

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
« ____ » _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Подсистема управления информационными запросами многоцелевой системы
ДЗЗ ИКИТ СФУ
09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Научный руководитель	_____	доцент, канд. техн. наук Р. В. Брежнев
	подпись, дата	
Выпускник	_____	магистрант гр. КИ17-02-5М А. А. Перевалова
	подпись, дата	
Рецензент	_____	ст. науч. сотр., канд. биол. наук. Е. В. Федотова
	подпись, дата	

Красноярск 2019

Продолжение титульного листа магистерской диссертации по теме:
«Подсистема управления информационными запросами многоцелевой системы
ДЗЗ ИКИТ СФУ»

Нормоконтролер

подпись, дата

Р. В. Брежнев

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Системы дистанционного мониторинга	8
1.1 Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз)	9
1.2 Единая территориально-распределенная информационная система дистанционного зондирования Земли (ЕТРИС ДЗЗ)	11
1.3 Информационные системы дистанционного мониторинга семейства «Созвездие-Вега»	12
Вывод.....	13
2 Интерпретируемые графические нотации в автоматизации обработки данных ДЗЗ	14
2.1 Программный комплекс SNAP.....	15
2.2 Программный комплекс IMC.....	17
2.3 Программный комплекс ENVI.....	19
2.4 Программный комплекс Erdas Imagine.....	21
Вывод.....	22
3 Концепция технологии графического моделирования процессов обработки данных ДЗЗ	24
3.1 Модель представления алгоритмических конструкций.....	25
3.2 Модель представления информационных запросов пользователей.....	27
3.3 Интерфейс специалиста по настройке алгоритмических конструкций	29
3.4 Интерпретатор алгоритмических конструкций	32
Вывод.....	42
4 Экспериментальная апробация программной подсистемы	43
4.1 Интерфейс графического моделирования алгоритмических конструкций.....	43
4.2 Примеры использования	49
Заключение	51
Список использованных источников	53
Приложение А Плакаты презентации	59

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно растет группировка спутников ДЗЗ, повышается количество и качество спутниковых данных, улучшаются их пространственные, спектральные, радиометрические и временные характеристики. Все это позволяет значительно расширять спектр задач мониторинга, решаемых на уровне государственных и коммерческих структур, а также среди населения. Следствием расширения спектра задач является изменение концепции систем дистанционного мониторинга (СДМ), которые становятся многоцелевыми. Многоцелевые системы должны обладать значительными объемами программно-алгоритмического обеспечения для того, чтобы автоматизировать разрешение информационных запросов пользователей, количество которых экспоненциально увеличивается, и снизить активное участие специалиста в разрешении запросов.

Также наблюдается тенденция к построению региональных СДМ для решения задач управления территориями на различных уровнях государственной власти: от федерального до муниципального, а также отдельных хозяйствующих субъектов. Такие системы в основном ориентированы на предоставление доступа к данным посредством интернет-браузеров, а не через настольные программные продукты. Архитектура этих систем подразумевает наличие территориально распределенных центров обработки больших объемов геопространственных данных.

При этом распределенные СДМ отличаются высокой сложностью и вариативностью информационно-вычислительных процессов (ИВП), из-за чего возникает необходимость создания инструментов, позволяющих эффективно управлять данными процессами. Поэтому в настоящее время различными научными коллективами ведутся активные исследования, направленные на создание интерактивных средств контроля и управления существующими ИВП.

Существующие распределенные СДМ обеспечивают управление обработкой данных с помощью web-интерфейсов, имеющих контекстные

формы и меню, отвечающие за определенные функции обработки. При этом алгоритмы процессов обработки представлены во внутренней реализации программных компонент, и для внесения каких-либо изменений требуется внедрение в программный код вплоть до модификации логики компонента. Также в исследованиях о построении подобных систем уделяется незначительное внимание задачам проектирования и автоматизации сложных ИВП, состоящих из потока задач, следующих друг за другом, с применением соответствующих интерактивных диалоговых инструментов, предназначенных для специалиста по обработке данных.

Визуальное моделирование сложных ИВП позволит организовать тщательно продуманные алгоритмические конструкции, которые формируют технологические процессы обработки данных, подразделяя их на минимальные логические единицы — задачи, которые могут быть представлены отдельными программными компонентами. И автоматизация выполнения этих процессов позволит исключить внедрение специалиста в программный код и оптимизировать управление информационными запросами конечного пользователя.

Многоцелевая система ДЗЗ ИКИТ СФУ в настоящее время имеет в наличии интерфейсы для отдельных задач обработки данных, но при этом отсутствуют встроенные инструменты для моделирования процессов без внедрения в программный код. При этом система является многокомпонентной и распределенной, а это значит, что она включает распределенные в пространстве серверы обработки, выполняющие определенные этапы обработки и анализа данных ДЗЗ под управлением различных операционных систем и технологий. Системные компоненты также распределены между серверами. При таких условиях построение алгоритмических последовательностей обработки данных в операторском режиме невозможно.

Архитектура системы ДЗЗ ИКИТ СФУ построена по модульному принципу, что позволяет реализовывать принцип повторного использования системных компонент при решении различных задач, в том числе в

параллельном режиме. Поскольку каких-либо унифицированных средств для автоматизации процесса многократного запуска программных компонент в системе не представлено, вопрос автоматизации является актуальным, так как эта ситуация приводит к необходимости постоянного участия и контроля со стороны оператора. В этом случае оператор вынужден в заданном порядке в соответствии с логикой определенного процесса запускать модули вручную, что в условиях пространственной распределенности и многозадачности является неприемлемым решением.

Таким образом, актуальной является задача разработки подсистемы управления информационными запросами в многоцелевой системе ДЗЗ СФУ, имеющей интерфейс, позволяющий моделировать процесс обработки данных графически с последующей интерпретацией модели в реальный алгоритм обработки данных, и модуль для автоматизации запуска данных процессов.

Целью работы является разработка программно-технологической платформы, позволяющей автоматизировать процессы разрешения информационных запросов в многоцелевой системе ДЗЗ ИКИТ СФУ.

Объектом исследования в работе является исполняемая графическая нотация моделирования потоков работ по обработке и анализу данных ДЗЗ.

Предметом исследования являются модель подсистемы управления информационными запросами многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ, методы управления ИВП, а также методы графического моделирования ИВП.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Аналитический обзор существующих систем дистанционного мониторинга, их характеристик, назначения и области применения.
- 2) Аналитический обзор программных комплексов ДЗЗ, в которых применяются графические нотации моделирования в автоматизации обработки данных ДЗЗ.
- 3) Выявление и анализ требований к разработке подсистемы управления информационными запросами.

4) Разработка интерфейса подсистемы управления процессами обработки данных и модуля запуска процессов обработки геопространственных данных.

Практическая значимость научно-исследовательской работы: разработка подсистемы управления информационными запросами многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ с учетом возможности графического моделирования процессов, предназначенной для формирования последовательности этапов обработки геопространственных данных, а также разработка модуля запуска процессов обработки геопространственных данных, предназначенного для запуска созданных конечным пользователем процессов с поддержкой многопоточного режима. Представленные в работе модели реализованы программно, обеспечены методически и встроены в систему агромониторинга на основе действующего программно-аппаратного комплекса ДЗЗ СФУ.

Основные положения диссертационной работы представлены на V Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» (Красноярск, 2018 г.).

1 Системы дистанционного мониторинга

Современные системы ДЗЗ активно развиваются, позволяя решать различные научные и прикладные задачи с использованием спутниковой информации. Возможности этих систем в настоящее время в основном ориентированы на непрерывное получение информации о различных явлениях, объектах и происходящих с ними процессах. При этом количество поступающих геопространственных данных и их качество значительно возросло за счет увеличения числа космических систем ДЗЗ, а также увеличилась их доступность.

Это требует создания новых подходов в организации работы с данными, а также технологий построения СДМ, чтобы обеспечить максимальную эффективность их работы в новых условиях[16].

Различные авторы в своих работах описывают требования к построению современных СДМ и проводят обзор уже существующих решений различного уровня и направления.

Так, авторы работ [1, 2, 24, 27, 28, 29] описывают решения в области построения СДМ на уровне информационно-поисковых систем. Данные системы дают пользователям доступ к данным дистанционного зондирования и результатам их обработки посредством разнообразных интерфейсов (картографические, информационно-поисковые формы, блоки управления данными и их получением и др.).

В работах [11, 13, 18] предлагается обобщенная схема построения СДМ с распределенными центрами обработки данных в виде следующих элементов и блоков:

- подсистема получения и предварительной обработки данных;
- подсистема тематической обработки данных;
- подсистема ведения архивов данных и продуктов тематической обработки;
- подсистема представления и анализа данных;

— блок управления и контроля работоспособности.

Особенностью систем, построенных по вышеизложенной схеме является то, что в рамках СДМ создаются только те программные блоки, которые обеспечивают работу с данными для решения тематических задач в конкретной системе. При этом чаще всего отсутствует необходимость создания блоков первичной обработки данных, так как эту задачу взяли на себя крупные центры приема и обработки спутниковой информации [42].

Важной задачей в организации работы распределенных СДМ является автоматизация процессов тематической обработки данных. С одной стороны, это обусловлено ростом поступающих данных, а с другой направленностью систем на решение различных управленческих и административных задач.

Распределенные системы ДЗЗ построенные по вышеизложенной схеме дают доступ к обработанным спутниковым данным, на основе которых пользователь проводит необходимый ему анализ. Со стороны пользователя предусмотрены интерфейсы, позволяющие задать параметры операций, производимых над спутниковыми изображениями, и визуально проследить за выполнением операций, при этом процессы обработки автоматизированы. Последовательность же операций для выполнения процесса обработки задается оператором.

1.1 Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз)

ИСДМ Рослесхоз — федеральная государственная информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров. Основной задачей системы является информационное обеспечение космического мониторинга пожарной безопасности.

Система разрабатывалась при участии ФГУ «Авиалесоохрана», Институте космических исследований РАН (ИКИ РАН), Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН и других организаций.

Система предоставляет информацию для оценки пожарной безопасности; динамике, статистике и оценке лесных пожаров и их последствий, а также для контроля эффективности работ по организации мониторинга и тушению лесных пожаров.

Рассмотрим основные элементы архитектуры ИСДМ Рослесхоз и их возможности:

- Блок автоматического сбора данных — отвечает за получение данных из различных источников, их входной контроль, предварительная обработка и занесение в специализированные архивы;

- Подсистема архивации данных — обеспечивает автоматизированное пополнение архивов, возможность выборки наборов данных для проведения обработки, обработку запросов и выборку данных для системы представления информации пользователям;

- Подсистема автоматической обработки — содержит специализированные блоки, выполняющие автоматизированную обработку для получения различной информации;

- Подсистема представления данных пользователям — обеспечивает представление пользователю доступа к информации и инструменты для ее анализа. Подсистема ориентирована на работу с удаленными пользователями.

- Блок верификации данных дистанционных наблюдений — используется для проверки получаемых в системе данных о конкретных пожарах.

В работах [8, 26, 33] описывается организация контроля над функционированием ИСДМ Рослесхоз. Описываемая подсистема управления в основном направлена на контроль правильности и своевременности выполнения программ на серверах и станции обработки, контроль за наличием актуальных данных в базах данных, а также на отслеживание и ведение сбоев.

Чтобы контролировать процессы, запускаемые на серверах, для их запуска используется специальная утилита, которая сохраняет в БД протоколы их выполнения и возвратные значения. И для доступа к информации о

выполнении программ разработан специализированный web-интерфейс, позволяющий получить информацию по набору различных критериев, таких как принадлежность процесса к той или иной группе, наличие ошибок и др.

Для контроля над работой станции обработки используются программы Remwatch и XV-Cron, позволяющие передавать по сети сообщения на сервер по протоколу UPD и отслеживать автоматическое выполнение заданий на обработку [15].

1.2 Единая территориально-распределенная информационная система дистанционного зондирования Земли (ЕТРИС ДЗЗ)

ЕТРИС ДЗЗ предназначена для интеграции в единое геоинформационное пространство информационных ресурсов ДЗЗ, распространения и предоставления данных ДЗЗ пользователям. Главной задачей системы является обеспечение потребителей данными ДЗЗ.

С помощью системы решаются задачи планирования применения орбитальной группировки КА ДЗЗ и наземной инфраструктуры ЕТРИС ДЗЗ, приема и обработки информации с КА ДЗЗ, систематизация и хранение данных ДЗЗ, обеспечение доступа пользователей к информационным ресурсам ЕТРИС ДЗЗ с помощью геопорталов и веб-сервисов [35].

В состав системы входят следующие подсистемы:

- планирования и управления;
- приема, регистрации и обработки данных ДЗЗ;
- каталогизации, хранения и распространения данных ДЗЗ;
- обмена данными.

Центры обработки данных, в которых размещены технологические процессы ЕТРИС ДЗЗ базируются на основе облачных технологий. При этом существуют три способа их использования.

Первый способ предоставляет конечным пользователям возможность создавать запросы на обработку данных с помощью унифицированного

интерфейса. Обработка данных при этом осуществляется либо по заранее составленному произвольному расписанию, либо по требованию пользователя в автоматическом режиме.

Для разработчиков технологий обработки предоставляется виртуальная машина с предустановленной операционной системой (ОС) и базовым ПО. Разработчики имеют возможность помещать в данную среду свои приложения и настраивать основные параметры.

Последний способ предполагает использование командами разработчиков, системных архитекторов и администраторов. В этом случае пользователю предоставляется виртуальная машина целиком или виртуальная инфраструктура, состоящая из нескольких машин, что открывает больше возможностей для решения специализированных задач обработки данных.

1.3 Информационные системы дистанционного мониторинга семейства «Созвездие-Вега»

«Созвездие-Вега» — семейство информационных систем, разрабатываемых ИКИ РАН, ориентированных на создание информационных сервисов на основе единой технологической платформы. В настоящее время в него входит БЕГА-Science и БЕГА-PRO [39].

БЕГА-Science — информационный сервис коллективного пользования для анализа многолетних спутниковых данных и других геопространственных данных при проведении научных исследований состояния и динамики биосферы.

БЕГА-PRO — информационный сервис для профессиональной работы с обновляемыми в режиме близком к реальному времени архивами спутниковых данных для решения задач мониторинга возобновляемых биологических ресурсов, относящихся прежде всего, к агропромышленному комплексу, лесному хозяйству и лесной промышленности.

Сервисы обеспечивают возможность удаленной работы пользователей с данными спутниковых наблюдений для решения научных и прикладных задач по исследованию биологических ресурсов. Основные пользователи данных систем — это специалисты, работающие в области сельского и лесного хозяйства [32].

Для работы в системах организованы специализированные web-интерфейсы, позволяющие выбирать и анализировать различные типы данных, оценивать состояние природных и лесных объектов, проводить сравнение различных типов данных, выбирать и анализировать ряды вегетационных индексов в произвольных точках.

В системах организована автоматизированная процедура получения спутниковой информации из системы архивации данных LANDSAT. Поступающие данные проходят автоматизированную первичную обработку, основной задачей которой является преобразование данных в вид, позволяющий организовать быстрый доступ пользователей к информации.

Вывод

В первой главе проведен обзор существующих СДМ, их область применения, особенности построения и основные функциональные возможности. Рассмотрены такие СДМ как: ИСДМ Рослесхоз, ЕТРИС ДЗЗ, а также информационные СДМ семейства «Созвездие-Вега».

Современные СДМ в основном направлены на взаимодействие с пользователем через web-интерфейсы, предоставление доступа к архивам спутниковых данных и результатам их обработки одновременно с инструментами, обеспечивающими проведение их обработки и анализа.

При этом все процессы обработки данных максимально автоматизируются, что позволяет получать однородную, объективную информацию, минимизирует расходы на эксплуатацию систем мониторинга, а также облегчает их практическое использование пользователями.

2 Интерпретируемые графические нотации в автоматизации обработки данных ДЗЗ

Для автоматизации различных бизнес-процессов активно используются интерпретируемые графические нотации, такие как BPMN, EPC, IDEF0 и др. При этом в зависимости от вида системы и поставленных задач выбирается подход BPM, либо workflow.

Выбор методологии зависит от направленности системы, например, BPM чаще используется в сферах здравоохранения, строительстве, финансовом секторе. Этот подход необходим для управления последовательностью действий и оптимизации того, что происходит внутри каждого этапа работы, а также улучшению взаимодействия между разными «черными ящиками», из которых выполняются последовательности функций. При этом подходе изучаются сами действия, отслеживается скорость и трудоемкость достижения результатов, происходит их оптимизирование и стандартизация [41].

Инструменты workflow в основном служат для построения следующих типов систем:

автоматизация делопроизводства и контроля исполнительской дисциплины;

- создание электронных архивов документов;
- автоматизация бухгалтерии;
- управление информационными системами.

Например, в работе [36] описана система документооборота, использующая технологию workflow. Частью этой системы является графический интерфейс для проектирования, моделирования и изменения правил рабочего процесса. Типичный пользовательский интерфейс, связанный с базовой реализацией, позволяет владельцу рабочего процесса отображать и перерисовывать, как работает процесс, определяя действия, этапы, точки принятия решений.

Выделим ключевые различия между данными технологиями моделирования потоков работ:

1) Workflow координирует взаимодействие между пользователем и программным обеспечением, тогда как BPM фокусируется на самом процессе и рассматривает все ресурсы системы.

2) Системы BPM гораздо сложнее и детализированнее — они показывают взаимодействие всех привлекаемых ресурсов.

3) Системы BPM, в основном, используются для помощи системам в осуществлении длительного процесса повышения эффективности, в то время как workflow — только для автоматизации шагов в конкретном процессе.

Из этих различий следует, что в рамках задач систем ДЗЗ более подходящей является технология workflow, так как задачей системы является управление процессами обработки данных и их автоматизация, которая ведет к повышению производительности системы, а не создание детализированной карты процессов системы с целью повышения эффективности использования ресурсов.

Рассмотрим некоторые программные комплексы обработки данных ДЗЗ, где применяются нотации моделирования.

2.1 Программный комплекс SNAP

Sentinel Application Platform (SNAP) — является прикладной платформой с открытым исходным кодом для обработки и анализа данных ДЗЗ, содержащая большой набор функций для анализа данных и визуализации.

Архитектура платформы включает в себя две подсистемы:

- SNAP Desktop — графический пользовательский интерфейс;
- SNAP Engine — ядро и интерфейс командной строки.

Отличительной способностью платформы является наличие инструмента для создания пользовательских цепочек обработки. Рабочий процесс обработки разработан с использованием интерфейса SNAP Graph Builder, позволяющим

пользователю создавать графики из списка доступных операторов и подключать узлы операторов к их источнику [38]. Пример процесса обработки данных, созданного с помощью SNAP Graph Builder представлен на рисунке 1.

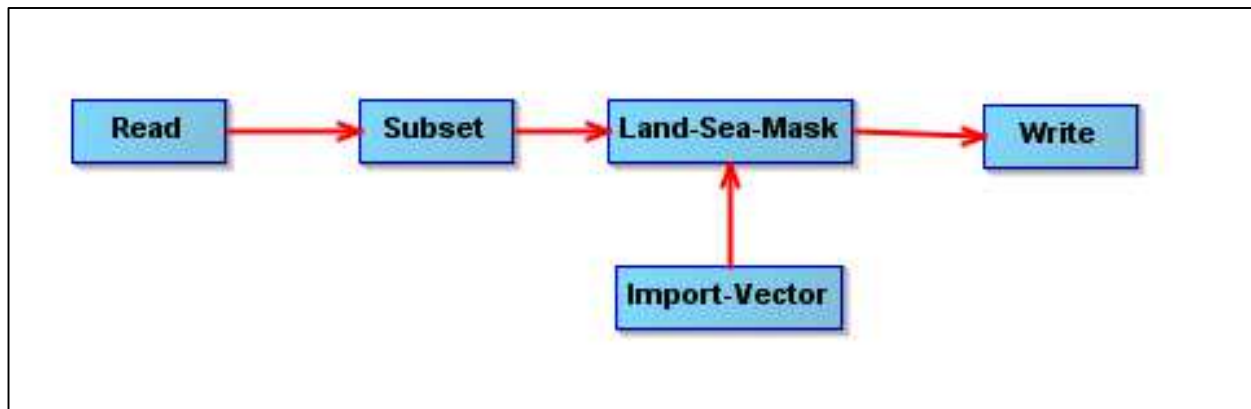


Рисунок 1 — Схема рабочего процесса, построенная с помощью SNAP Graph Builder

Здесь, первый блок (Read) отвечает за источник данных, а последний (Write) за файл приема обработанных данных. В процессе выполняется запрос от приемника назад к источнику для обработки графика. Как только запрос достигает источника, изображения передается через блоки-операторы в блок-приемник. Каждый раз, когда обрабатываемое изображение проходит через оператора, он преобразует изображение, и оно передается на следующий узел, пока не достигнет приемника.

При создании нового процесса в интерфейсе изначально имеются блок источника и приемника.

Далее пользователь может добавлять новые блоки-операторы, отвечающие за обработку изображения. Блоки соединяются стрелками, имеется возможность их перетаскивать и удалять, задавать различные параметры.

После запуска процесса пользователю предоставляется обработанное изображение.

Пример добавления нового блока в рабочую область представлен на рисунке 3.

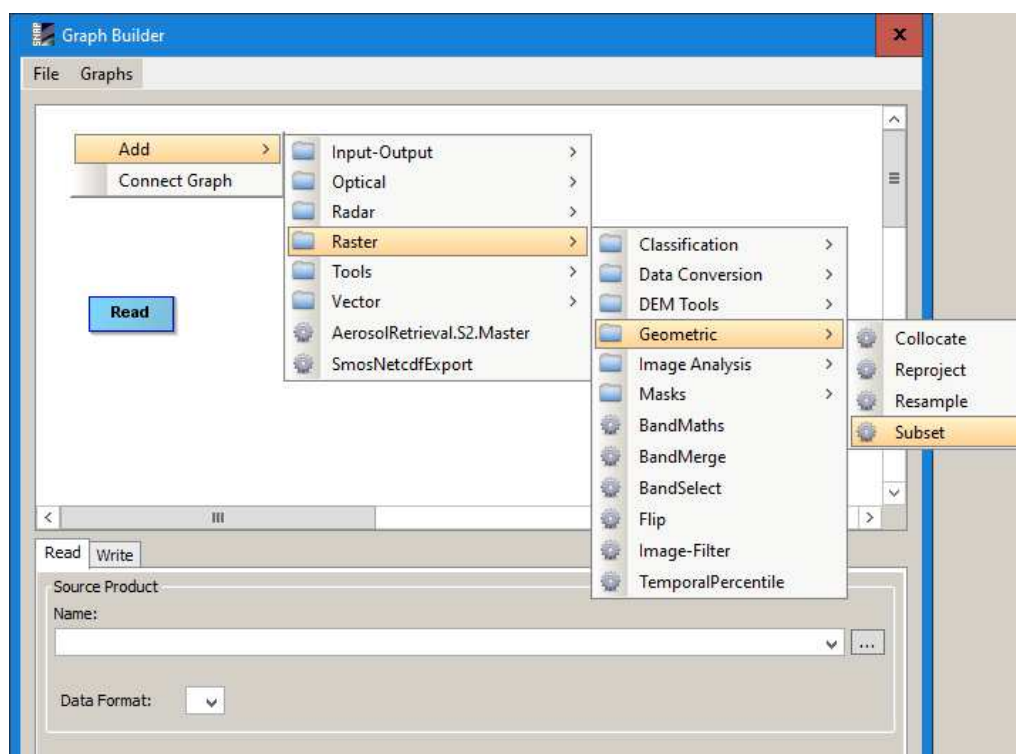


Рисунок 2 — Добавление нового блока в SNAP Graph Builder

2.2 Программный комплекс ИМС

IMAGE MEDIA CENTER (IMC) — российский геоинформационный программный комплекс, позволяющий решать задачи первичной, предварительной и тематической обработке, а также анализу геопространственных данных в рамках единой системы, разработанный Центром инновационных технологий.

Комплекс позволяет проводить разработку и сохранение пользовательских алгоритмов для проведения тематической обработки ДЗЗ.

В рамках данного комплекса используется такое понятие, как макрос — последовательность операций для автоматической обработки материалов ДЗЗ. Алгоритм можно сохранять в формате MCR, имеется возможность его последующего редактирования и выполнения запуска в серверном режиме [40].

На рисунке 4 представлен пример интерфейса с созданным макросом.

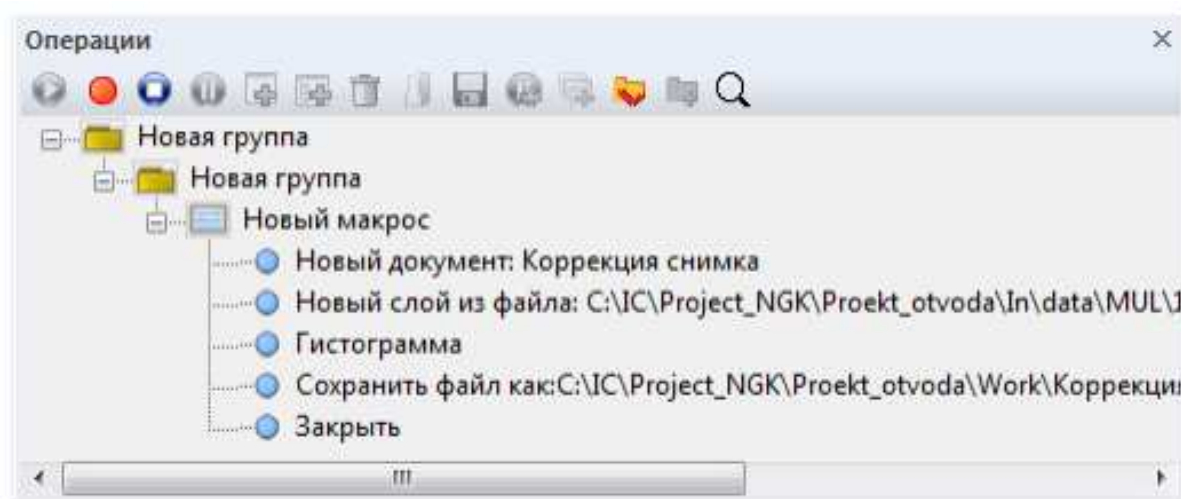


Рисунок 4 — Макрос в ПК ИМС

Пример диалогового окна с параметрами создания нового документа представлено на рисунке 5.

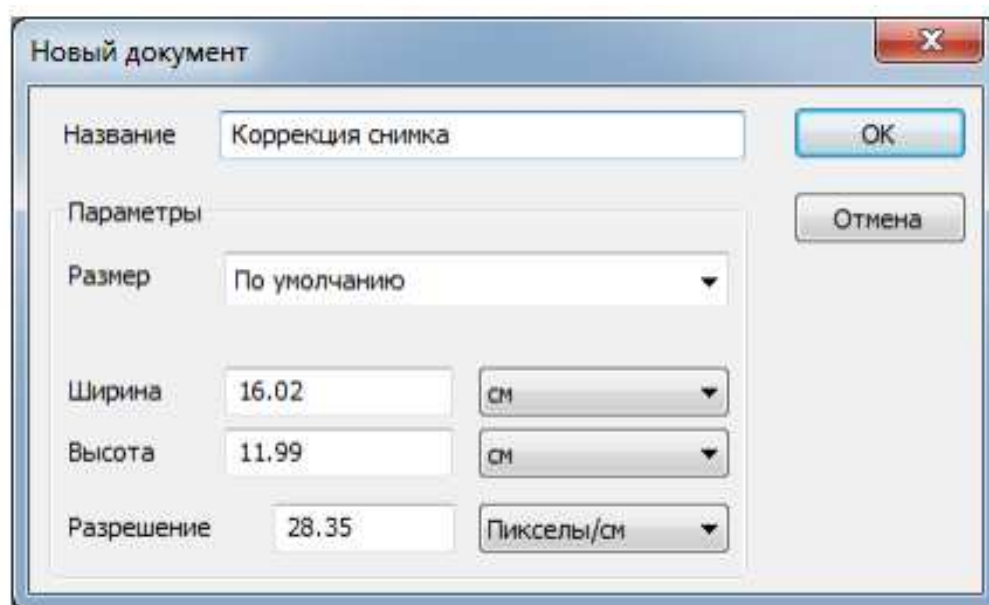


Рисунок 5 — Диалоговое окно с параметрами

Результатом тематической обработки являются векторные слои, содержащие отдельные векторные объекты, наполненные атрибутивными данными.

2.3 Программный комплекс ENVI

Программный комплекс ENVI — программный продукт для визуализации и обработки данных ДЗЗ с открытой архитектурой. Комплекс содержит автоматизированные модули рабочих процессов, обеспечивающих решение востребованных задач обработки геопространственных данных.

Для решения специализированных задач и создания собственных алгоритмов обработки используется язык программирования IDL.

Старые версии платформы позволяли создавать пользовательские процессы обработки данных с использованием ENVI API, что требовало знания синтаксиса языка IDL, но в новой версии для создания пользовательских рабочих процессов программный комплекс имеет инструмент визуального программирования ENVI Modeler. Инструмент позволяет создавать процессы с любым количеством аналитических инструментов ENVI. Пример процесса, построенного с помощью данного инструмента представлен на рисунке 6.

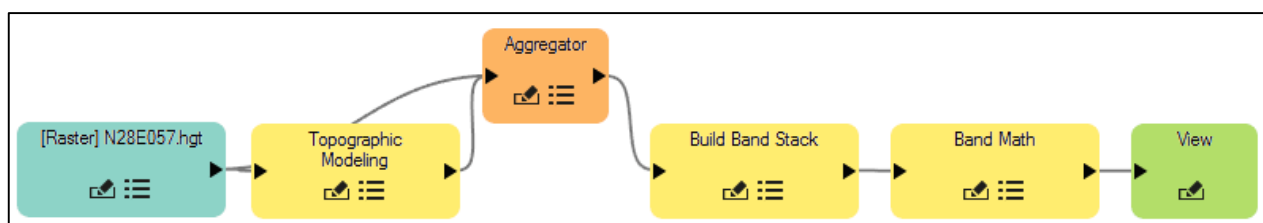


Рисунок 6 — Рабочий процесс, созданный с помощью ENVI Modeler

Модель процесса в ENVI Modeler состоит из двух основных элементов: узлов и соединителей. Узел — это базовый строительный блок, такой как входной файл, задача или другая операция. Соединитель — линия, соединяющая узлы через их входные и выходные параметры.

Отличительной особенностью моделирования в ENVI Modeler является возможность добавления блока, реализующего функциональную возможность пакетной обработки входящих данных, которая позволяет, например, выделять

объекты одновременно на нескольких изображениях или проводить однотипную обработку различных данных.

Контекстное меню, содержащее список задач для добавления в процесс представлено на рисунке 7.

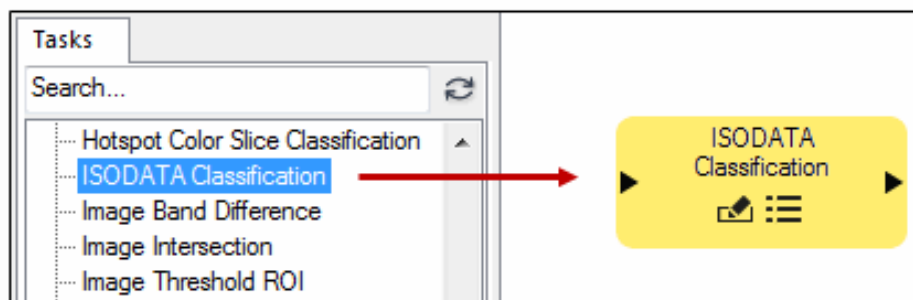


Рисунок 7 — Список задач ENVI Modeler

На рисунке 8 представлен пример диалогового окна для задания параметров узлу.

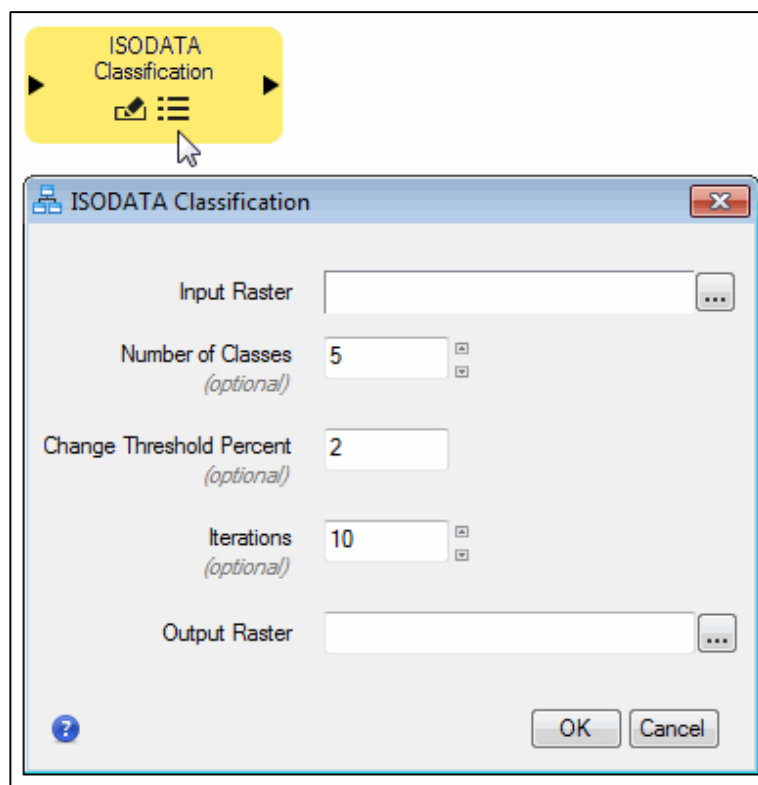


Рисунок 8 — Задание параметров оператору

2.4 Программный комплекс Erdas Imagine

Erdas Imagine — программный продукт, предназначенный для обработки данных ДЗЗ. Работает с растровыми данными, позволяет их обрабатывать и подготавливать для дальнейшей обработки в программных приложениях ГИС.

Одним из модулей программы является Spatial Modeler, позволяющий создавать различные графические модели обработки данных[37].

Spatial Modeler представляют пользователю функции, алгоритмы и аналитические процедуры, которые могут быть объединены в модели для решения геопространственных задач. При этом на официальном сайте Erdas Imagine приведены множество примеров готовых моделей различных процессов.

Пример модели процесса, построенной с помощью Spatial Modeler представлен на рисунке 9.

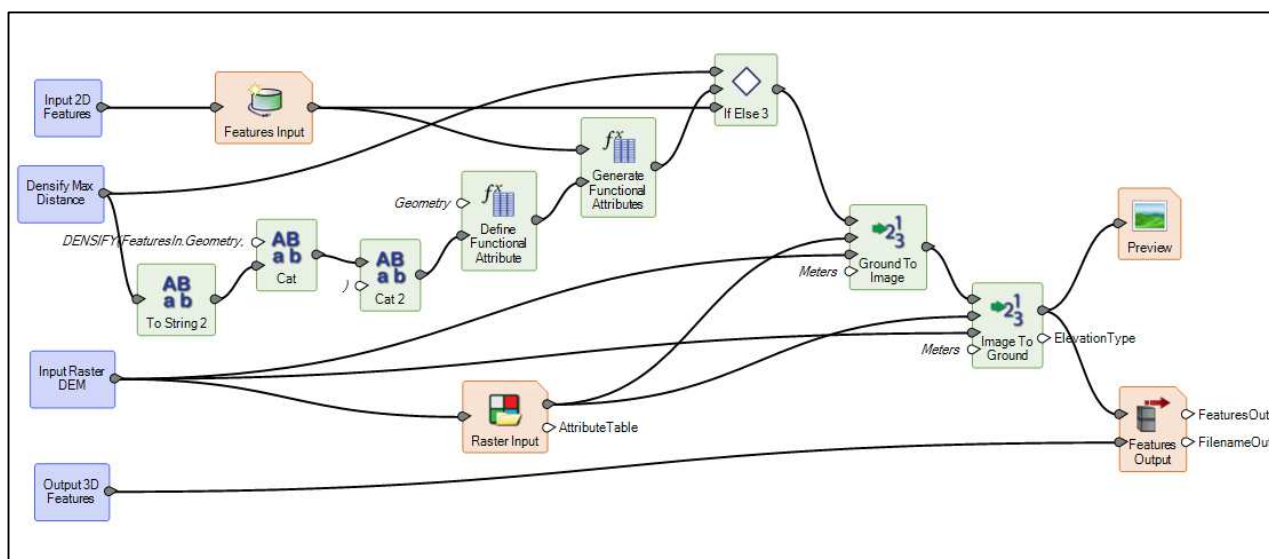


Рисунок 9 — Модель процесса Spatial Modeler

Пример диалогового окна параметров входных данных представлен на рисунке 10.

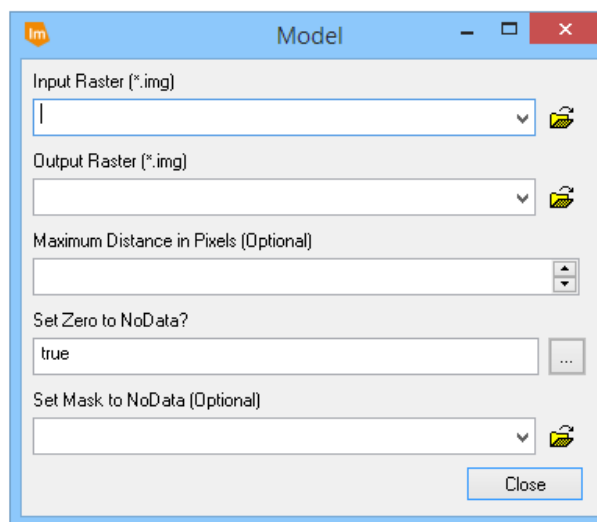


Рисунок 10 — Диалоговое окно параметров входных данных

Вывод

Во второй главе проведен обзор технологий моделирования потоков работ, таких как workflow и BPM.

В рамках обработки данных ДЗЗ более подходящей для графического моделирования процессов является технология workflow, основными задачами которой являются управление данными процессами и их автоматизация.

Также были рассмотрены прикладные программные комплексы, имеющие инструменты для графического моделирования процессов обработки данных, такие как: SNAP, IMC, ENVI и Erdas Imagine.

В SNAP за графическое моделирование процесса отвечает модуль SNAP Graph Builder, в IMC — интерфейс создания макросов, в ENVI — недавно появившийся модуль ENVI Modeler, а в Erdas Imagine модуль Spatial Modeler.

Наличие инструментов графического моделирования процессов в рассмотренных программных продуктах позволяет пользователям настраивать цепочки работ без наличия специализированных навыков программирования и получать на выходе обработанные данные, прошедшие все необходимые преобразования за один подход.

Но для обработки данных ДЗЗ с помощью этих платформ требуется их установка на компьютер пользователя, а также наличие этих данных на компьютере.

Выбор необходимых данных из архивов, создание их локальных копий, а затем проведение их обработки и анализа является малоэффективным методом в условиях постоянного роста объемов спутниковой информации.

3 Концепция технологии графического моделирования процессов обработки данных ДЗЗ

Рассмотренные выше СДМ ориентированы на предоставление пользователю доступа к данным ДЗЗ и их обработке с помощью специализированных web-интерфейсов [31]. Процессы обработки автоматизированы и выполняются в центрах обработки данных. При этом алгоритмы выполнения этих процессов строго запрограммированы и для внесения каких-либо изменений, либо для создания пользовательских алгоритмов требуется внедрение в программный код.

В то же время инструменты для визуального конструирования пользовательских процессов предоставляют описанные выше программные комплексы. Однако данные платформы носят прикладной характер и требуют установки дополнительного ПО на компьютер пользователя, а также локальных копий обрабатываемых данных.

Внедрение технологии графического моделирования процессов обработки данных ДЗЗ в распределенную СДМ позволило бы значительно расширить возможности специалистов по обработке данных в своих исследованиях.

На основе этого была создана концепция программной среды подсистемы управления запросами системы ДЗЗ СФУ.

В рамках рассматриваемой концепции под оператором будем понимать программный модуль, отвечающий за определенный модуль обработки данных.

Алгоритмическая конструкция — это совокупность гибко настраиваемых программных операторов (модулей), логически выстроенных в заданной последовательности и с заданным набором параметров. Набор параметров, а также их возможные значения определяют сценарии поведения оператора в составе конструкции.

Информационный запрос конечного пользователя — множество начальных условий, описывающих цель пользователя в Системе.

Основными компонентами создаваемой программной среды являются:

- справочник программных операторов — список программных модулей, отвечающих за обработку данных ДЗЗ;
- БД алгоритмических конструкций — база, содержащая информацию о созданных пользовательских алгоритмах обработки;
- специализированный интерфейс специалиста по настройке — интерфейс, позволяющий графически моделировать алгоритмические конструкции и редактировать уже существующие;
- интерпретатор конструкций — программный модуль, отвечающий за практическое исполнение алгоритмических конструкций.

3.1 Модель представления алгоритмических конструкций

Наиболее корректным и гибким подходом к представлению знаний системы о структуре и составе алгоритмических конструкций является реляционный подход, который позволяет связать операторы в логические последовательности, означить входные и выходные параметры и хранить неограниченное множество таких последовательностей. На рисунке 11 представлен фрагмент реляционной базы данных, предназначенной для управления алгоритмическими конструкциями.

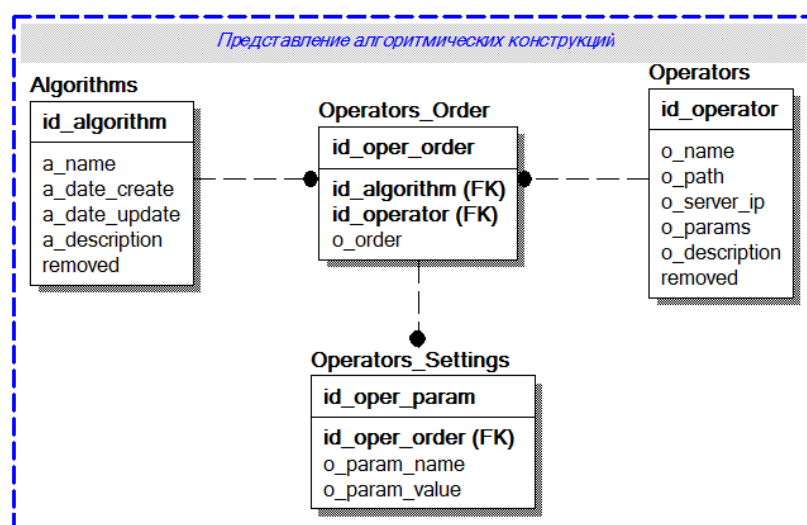


Рисунок 11 — Модель представления алгоритмической конструкции

Таблица «Operators» является справочником программных операторов, которые доступны специалисту при проектировании алгоритмических конструкций. Каждый оператор характеризуется следующими атрибутами:

- Название «o_name».
- Абсолютный путь к директории расположения «o_path».
- IP адрес сервера «o_server_ip», на котором размещен оператор.

Позволяет реализовать требование распределенности.

— Строка параметров «o_params», определенных по умолчанию. Атрибут является необязательным, но должен быть учтен при необходимости задания статичных параметров, неизменяемых независимо от решаемой задачи. В соответствии с требованием устойчивости программного оператора изменяемые параметры вынесены отдельно, а их состав неограничен, поэтому могут быть заданы разные, в том числе и не существующие параметры, но это не приведет к некорректной работе оператора и алгоритма в целом.

— Описание оператора «o_description» включает сведения о назначении оператора и его параметрах.

— Флаг существования «removed». Булев атрибут, который позволяет скрыть оператор без физического удаления.

— Таблица «Algorithms» является справочником созданных алгоритмических конструкций и включает следующие атрибуты:

- Название алгоритма «a_name».
- Дата и время создания «a_date_create».
- Дата и время изменения «a_date_update».
- Подробное описание назначения и состава алгоритма «a_description», которое формулируется специалистом.

Таблицы «Operators_Settings» и «Operators_Order» являются связующими сущностями для установления соответствий между алгоритмами, входящими в их состав операторами и их параметрами. По сути, определяют множества последовательностей операторов, их параметры и порядок, характеризующих алгоритмические конструкции.

Каждому алгоритму «id_algorithm» ставится в соответствие один или множество операторов «id_operator», для которых задан порядок функционирования в алгоритме «o_order» и множество параметров «o_param_name» и их значений «o_param_value».

3.2 Модель представления информационных запросов пользователей

Запрос конечного пользователя характеризуется пространственной локализацией, временной локализацией и целеуказанием, т.е. что делать с выбранным объектом. С точки зрения диалоговых схем и интерфейсных решений эти параметры могут быть определены разными способами: с помощью базы знаний, интерактивного выбора объектов или выделения областей и другими. А с точки зрения внутреннего представления фрагмент модели, представленный на рисунке 11, должен быть дополнен, как показано на рисунке 12.

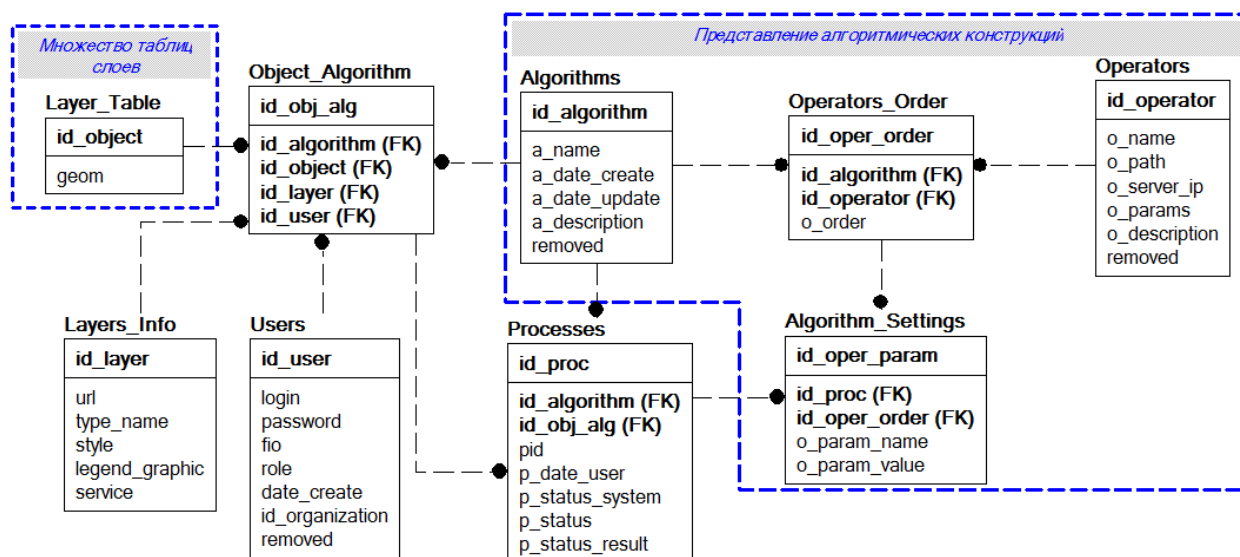


Рисунок 12 — Модель представления задачи мониторинга

На уровне модели пользователи представлены таблицей «Users» и характеризуются следующими атрибутами:

— Имя пользователя для идентификации в системе «login».

- Пароль для аутентификации пользователя при входе в систему «password».
- Полное имя пользователя «fio».
- Роль пользователя в системе «role» для определения авторизованного доступа к тому или иному набору прав.
- Дата регистрации в системе «date_create».
- Идентификатор организации, к которой принадлежит пользователь «id_organization».

Таблица «Layer_Table» является абстрактной таблицей, т.е., по сути, характеризует тематическую область данных, к которой относится множество таблиц. Каждая таблица представляет один набор однотипных объектов (точек, линий, полигонов), описываемых одинаковым составом атрибутов — слой. Таким образом, однотипные объекты делятся по классам (реки, дороги, поля, города и т.д.), а каждый класс представлен отдельным слоем.

Каждый слой, представленный в системе в табличном виде, имеет ряд дополнительных характеристик, которые представлены в расширяющей таблице Layers_Info.

- Для того чтобы каждый слой мог быть визуализирован на геопортале системы мониторинга предлагается использовать протокол WMS (атрибут «service»), который передает геопривязанные данные по Сети с использованием URL (атрибут «url»).

- Имя слоя для подстановки в строке URL запроса при визуализации (атрибут «type_name»).

- При отображении слой должен иметь свой стиль «style», который представляет собой XML-файл, содержащий, например, цвет и прозрачность контуров, заливки, шрифт и размер подписей к объектам и т.д.

- Обозначения стилей в слоях должны быть понятны пользователю, поэтому система генерирует легенду слоя «legend_layer» на основе XML-файла стиля.

Расширенная модель связывает основные объекты информационной среды, которыми являются пространственные объекты, пользователи — постановщики задачи и алгоритмы разрешения поставленных задач. Таким образом, системе мониторинга конечным пользователем может быть задано ограниченное множество целеуказаний для каждого пространственного объекта.

3.3 Интерфейс специалиста по настройке алгоритмических конструкций

Разрабатываемая подсистема управления информационными запросами должна иметь диалоговое средство, позволяющее моделировать процесс обработки данных графически с последующей интерпретацией модели в реальный алгоритм обработки данных.

Создания подобного диалогового средства позволит специалистам по настройке формировать процессы обработки данных на ограниченном подмножестве естественного языка, а не на формальном языке, требующем дополнительных знаний.

Концептуальная модель интерфейса, описывающая его основные элементы и функциональные возможности, представлена на рисунке 13.

Основными элементами интерфейса являются:

- рабочая область для моделирования;
- список существующих операторов;
- список существующих алгоритмов.

Основные функциональные возможности интерфейса это:

- добавление/удаление оператора в алгоритм;
- задание параметров оператора;
- определение порядка операторов;
- редактирование существующего алгоритма;
- очистка области для моделирования;

- сохранение нового алгоритма;
- сохранение редактируемого алгоритма;
- задание параметров алгоритма (название, дата создания, дата обновления, описание).

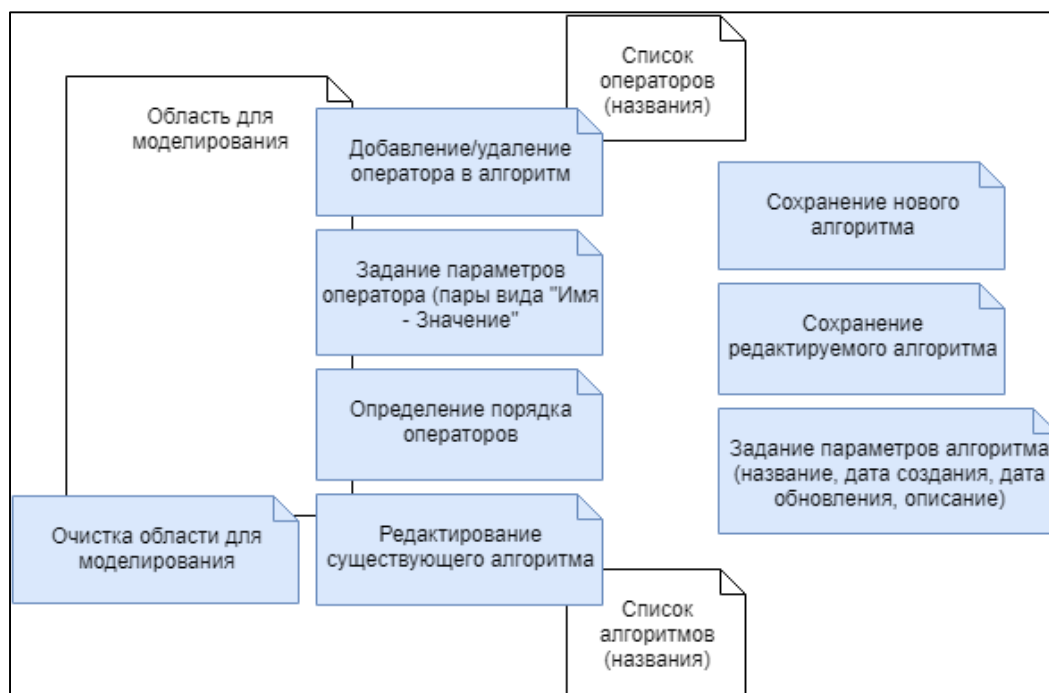


Рисунок 13 — Модель содержимого контекста взаимодействия

Таким образом на основе методологии workflow каждый программный модуль (оператор) представлен графическим блоком с названием. Рабочая область для моделирования позволяет выстраивать блоки функций и определять их порядок соединительными стрелками.

Графические элементы интерфейса в контексте использования в ДЗЗ обозначают следующее:

- 1) Блок характеризует программный модуль комплекса. Блок агрегирует содержание модуля и не раскрывает его функциональные детали и, таким образом, для оператора блок представляет «черный ящик», имеющий заданное количество входов и выходов. Некоторые примеры программных модулей, реализованных в комплексе ГИС СФУ, приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Примеры блоков в соответствии с программными модулями

Название модуля	Назначение
mod_combine_bands.py	Модуль для объединения отдельных каналов изображения в один многоканальный файл
mod_archive.py	Модуль для извлечения архивов .zip и .tar
mod_atmcor.py	Модуль атмосферной коррекции для Landsat. Метод DOS
mod_mosaic.py	Модуль для создания мозаики из отдельных фрагментов изображения
mod_ndvi.py	Модуль для расчета NDVI
mod_zonalstat.py	Модуль для расчета зональной статистики
mod_rmtree.py	Модуль для удаления директории с содержимым
mod_format_convert.py	Модуль для преобразования растровых форматов из исходного в заданный (по умолчанию в GTiff)

2) Блоки создают ориентированный граф, дуги которого определяют порядок выполнения операторов.

Интерфейс должен позволять добавлять и удалять блоки, а также перемещать их. Добавление и перемещение блоков основывается на функции Drag-and-Drop, позволяющей оперировать элементами интерфейса при помощи манипулятора «мышь» или сенсорного экрана.

Порядок блоков графически должен определяться с помощью соединительных стрелок, которые также можно перемещать. Для каждого блока должна существовать возможность задавать необходимое количество пар параметров вида «имя – значение».

При сохранении созданной/отредактированной алгоритмической конструкции должна быть реализована возможность задавать ее название и описание, а также автоматически определять дату создания и ее обновления.

3.4 Интерпретатор алгоритмических конструкций

Подсистема управления потоками работ отвечает за автоматический запуск подготовленных алгоритмических конструкций разрешения поставленных конечным пользователем или специалистом задач. Обязательным предусловием разрешения поставленной задачи является заранее подготовленная алгоритмическая конструкция, представленная в модели решаемых задач. Схема запуска приведена на рисунке 14.

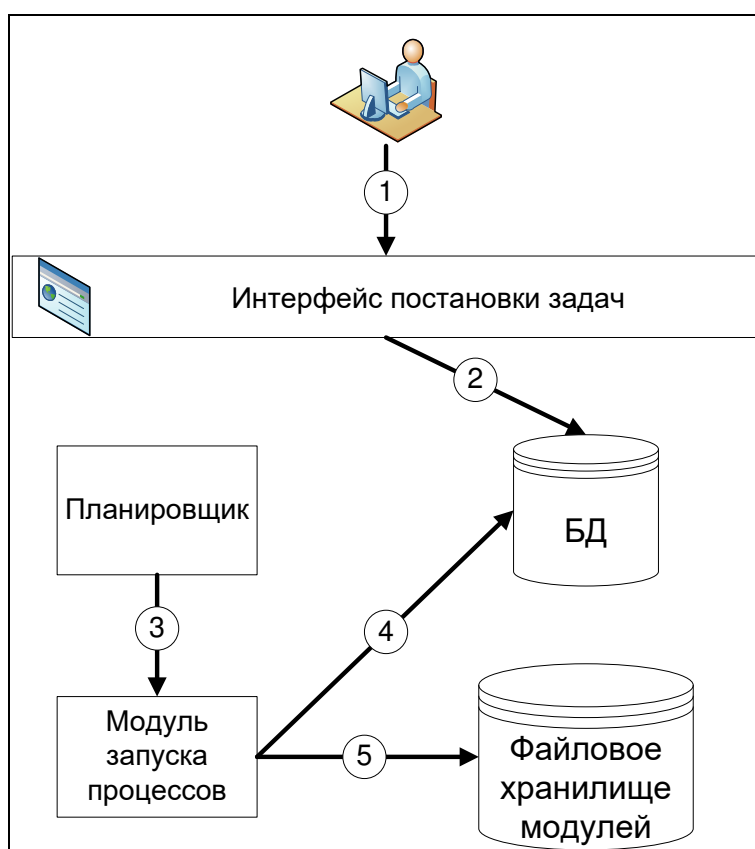


Рисунок 14 — Схема запуска алгоритмических конструкций

Схема включает следующие основные компоненты:

1) Постановщик задачи (конечный пользователь — в случае постановки задач мониторинга или специалист — в случае постановки вспомогательных задач по управлению данными в системе).

2) Интерфейс, предоставляющий пользователю диалоговые средства для визуального построения модели процесса и его инициализации и запуска. С

позиции специалиста по настройке интерфейс дополнительно включает диалоговые средства конструирования алгоритма.

3) База данных представляет собой тематическую область данных подсистемы управления (рисунок 11).

4) Файловое хранилище программных модулей представляет собой набор директорий для структурированного хранения модулей, реализованных преимущественно на языках программирования Python, PHP, C++.

5) Системный планировщик производит периодический старт модуля запуска процессов с частотой 1 раз в 1 минуту. Альтернативным подходом к решению задачи автоматического запуска программных операторов без использования планировщиков является создание службы, непрерывно просматривающей статусы заданий [20].

6) Модуль запуска процессов — программный оператор, который позволяет запускать алгоритмические конструкции в установленном специалистом порядке.

Поведение проектируемой системы описано с помощью диаграмм деятельности. Основными прецедентами системы являются:

1) Задание статуса процессу — программный модуль запуска процессов (ПМЗП) задает статус процесс. Задания имеют статусы: `plan` — означает, что процесс запланирован на определенную дату и время; `now` — означает, что процесс должен быть выполнен немедленно; `canceled` — процесс отменен пользователем; `ready` — процесс завершен; `inprogress` — процесс выполняется. Для начала работы прецедента в БД системы должны храниться соответствующие задания.

Прецедент начинается, когда модуль получает информационные запросы со статусом «`now/plan`». После этого инициализируется массив для хранения алгоритмических конструкций, где проверяется наличие существующего алгоритма. Далее инициализируется список последовательности команд запуска операторов алгоритма. Модуль получает параметры операторов и инициализирует очередь, процессу задается статус «`inprogress`». Запускается

команда запуска оператора, после чего ожидается сигнал завершения его работы. При завершении работы модуль задает процессу статус выполнения «ready».

При успешном окончании прецедента все программные модули будут иметь статус «ready», «inprogress», «canceled», «now» или «plan».

Диаграмма деятельности прецедента «Задание статуса процессу» представлена на рисунке 15.



Рисунок 15 — Диаграмма деятельности прецедента «Задание статуса процессу»

2) Получение и запись параметров – ПМЗП записывает в строку команды запуска параметры оператора и получает множество заданных параметров оператора. Для начала работы прецедента в БД системы должны храниться

необходимые программные модули, и должны быть созданы условия для записи параметров оператора.

Прецедент начинается, когда модуль получает данные алгоритма по ID. Модуль получает кортеж данных об алгоритме и множество операторов, входящих в состав этого алгоритма. Далее модуль получает кортеж данных оператора по ID и записывает в строку команды запуска параметры оператора, заданные по умолчанию, если они имеются. После чего модуль получает множество параметров определенных специалистом по настройке на этапе построения модели процесса.

При успешном окончании прецедента параметры всех операторов записаны и получены.

Диаграмма деятельности прецедента «Получение и запись параметров» представлена на рисунке 16.

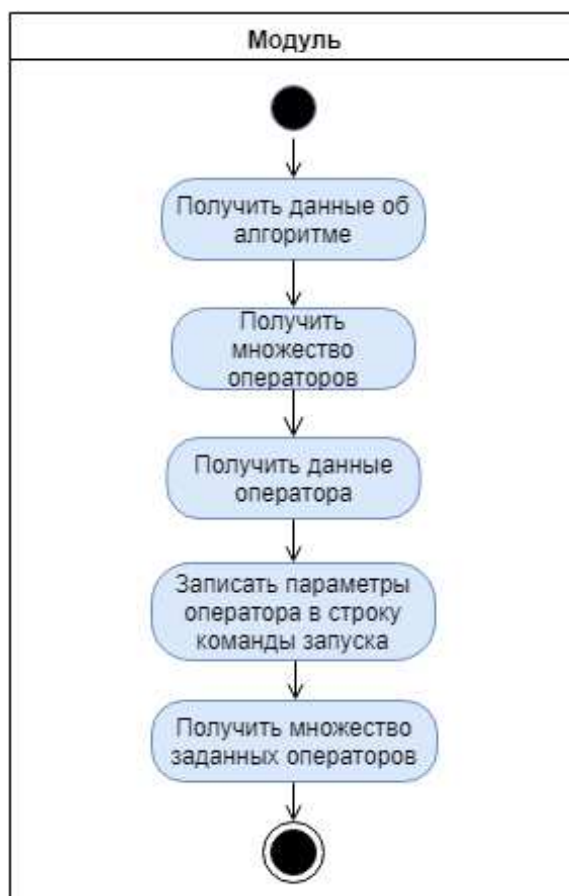


Рисунок 16 — Диаграмма деятельности прецедента «Получение и запись параметров»

3) Создание очереди — ПМЗП создает очередь и назначает каждому оператору из алгоритмической конструкции поток. Для начала работы прецедента в БД системы должны храниться необходимые программные модули.

Прецедент начинается, когда модуль инициализирует очередь. Модуль получает алгоритм, множество операторов этого алгоритма и инициализирует из них очередь.

При успешном окончании прецедента выстроена очередь из операторов алгоритма.

Диаграмма деятельности прецедента «Создание очереди» представлена на рисунке 17.

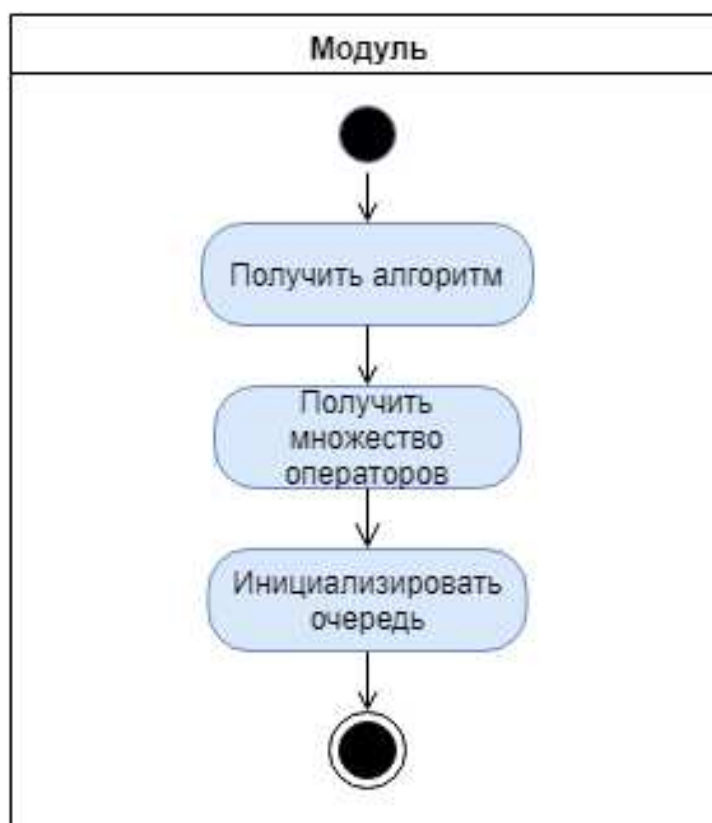


Рисунок 17 — Диаграмма деятельности прецедента «Создание очереди»

4) Запуск модуля — модуль управления процессами запускает на выполнение задания, которым соответствуют алгоритмические конструкции, представленные в БД и имеющие статусы 0 — удален или 1 — не удален.

Задания имеют иные статусы «ready», «inprogress», «canceled», «now» или «plan».

Условиями начала работы прецедента являются:

- частота запуска алгоритмов модулем управления процессами определена и задана в планировщике CRON;
- последовательность модулей и их входные и выходные параметры определены оператором;
- в БД системы сформирован соответствующий заданной последовательности алгоритм.

Прецедент инициируется планировщиком по заданному расписанию (1 раз в минуту). Модуль выполняет запрос к БД на выборку подготовленных алгоритмов, после чего БД возвращает результат запроса. Далее модуль получает последовательность модулей алгоритма, формирует команду для добавления алгоритма в очередь, создает системную очередь и создает системный процесс. Затем ожидается завершение работы процесса, и при его завершении ему задается статус 3 — завершен. После чего БД обновляет статус процесса.

Если подготовленных алгоритмов для выполнения не было найдено, то модуль переходит в режим ожидания следующего запуска по расписанию. При этом оператор может запускать модули вручную по расписанию, используя интерфейс командной строки и контролируя их выполнение.

При успешном окончании прецедента будут последовательно выполнены все процессы, занесенные в БД.

Диаграмма деятельности прецедента «Запуск модуля» представлена на рисунке 18.

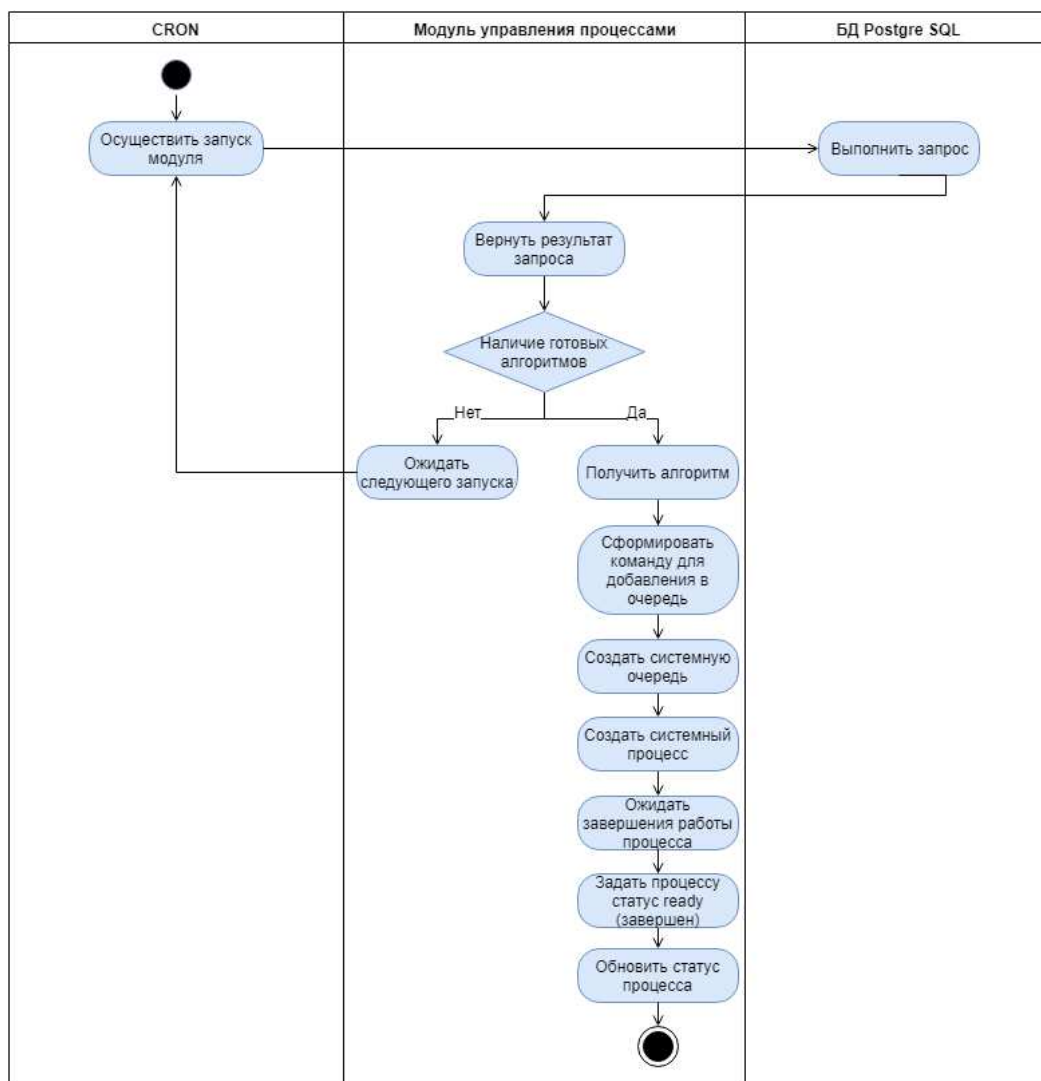


Рисунок 18 — Диаграмма деятельности прецедента «Запуск модуля»

5) Сохранение алгоритмической конструкции — пользователь сохраняет созданную в интерфейсе графического моделирования алгоритмическую конструкцию. Для начала работы прецедента созданный алгоритм должен содержать минимум один блок, задано название алгоритма.

Прецедент начинается, когда в интерфейсе нажата кнопка «Сохранить алгоритм». В БД посылается запрос с данными о дате создания алгоритма, названием и описанием. БД создает запись об алгоритме и возвращает ID созданного алгоритма. Далее для каждого блока определяется его порядковый номер и в БД отправляются запрос с данными об обрабатываемом операторе: порядковый номер и ID оператора, а также ID алгоритма. В БД создается соответствующая запись и возвращается ее ID. Затем в БД отправляются

запросы с параметрами обрабатываемого оператора и ID записи, полученной в предыдущем шаге. В БД создаются записи о параметрах оператора: имя, значение и полученный ID. Прецедент продолжается пока не будут обработаны все операторы сохраняемого алгоритма.

При успешном окончании алгоритма в БД появляются записи об алгоритме, входящих в него операторах и их параметрах.

Диаграмма деятельности «Сохранение алгоритмической конструкции» представлена на рисунке 19.

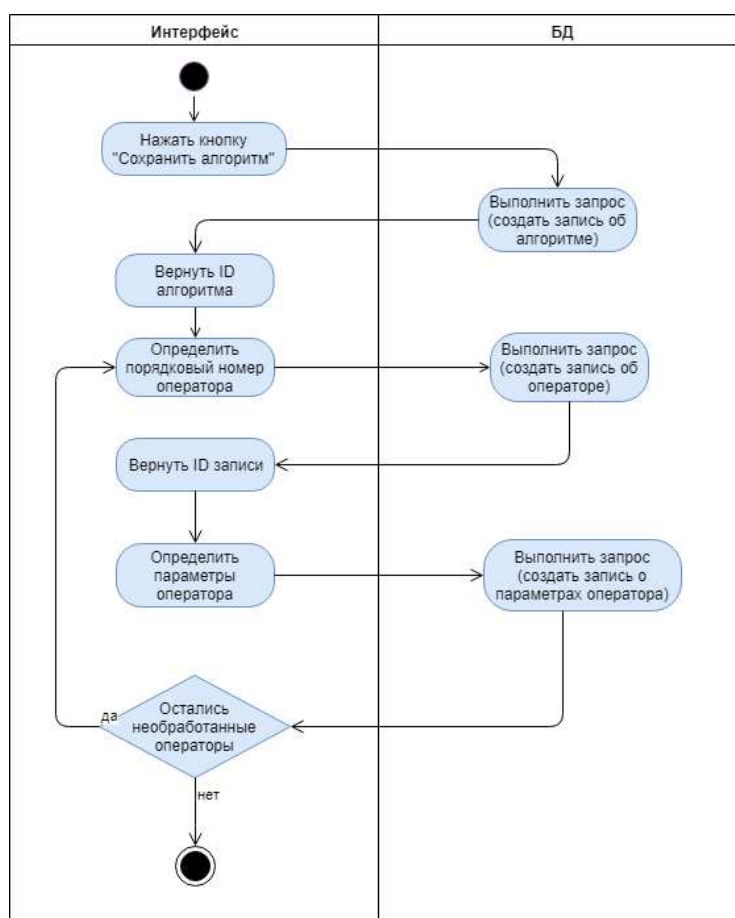


Рисунок 19 — Диаграмма деятельности прецедента «Сохранение алгоритмической конструкции»

6) Подготовка алгоритма к редактированию — пользователь выбирает алгоритм из списка существующих, и он отображается в рабочей области интерфейса графического моделирования. Для начала работы прецедента должен быть создан хотя бы один алгоритм.

Прецедент начинается, когда пользователь выбирает алгоритм из списка. В БД отправляется запрос с ID выбранного алгоритма, и возвращается кортеж данных об операторах: название и порядковый номер. В рабочей области создаются блоки операторов и формируются соединительные элементы (стрелки). Далее для каждого оператора отправляется запрос в БД с ID текущего алгоритма и ID текущего оператора, после чего БД возвращает данные о параметрах оператора. Полученные данные присваиваются обрабатываемому оператору.

При успешном окончании прецедента на рабочей области сформирована графическая последовательность операторов алгоритма.

Диаграмма деятельности «Подготовка алгоритма к редактированию» представлена на рисунке 20.

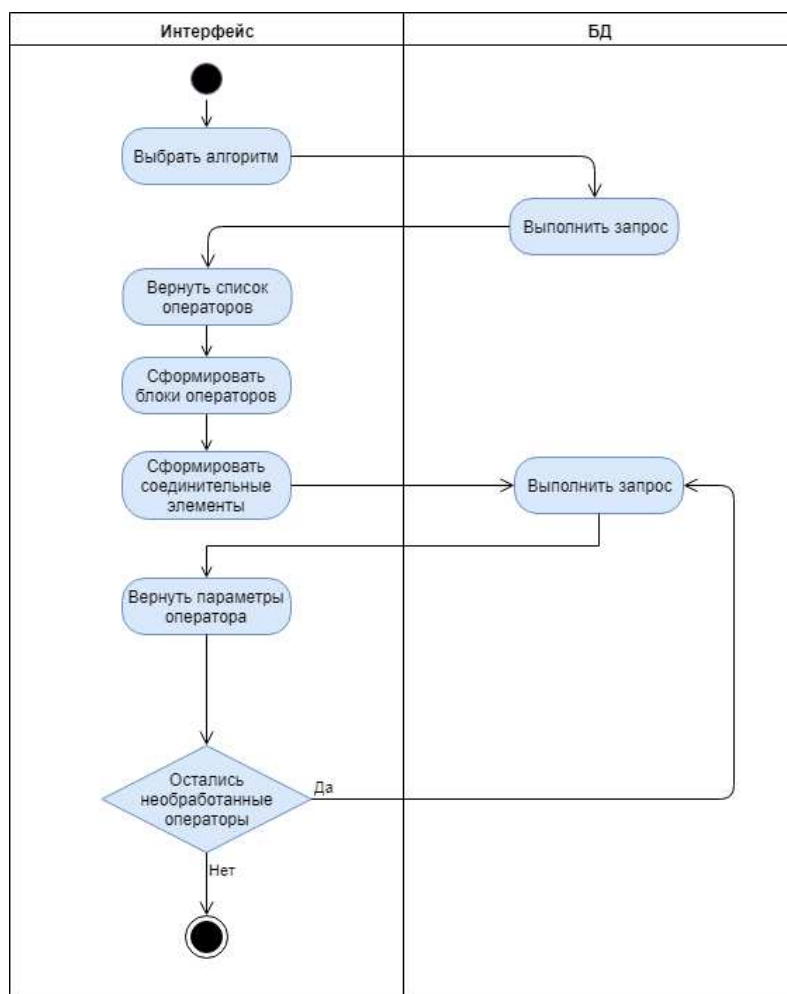


Рисунок 20 — Диаграмма деятельности «Подготовка алгоритма к редактированию»

Для описания особенностей физического представления подсистемы управления информационными запросами была создана модель компонентов (рисунок 21).

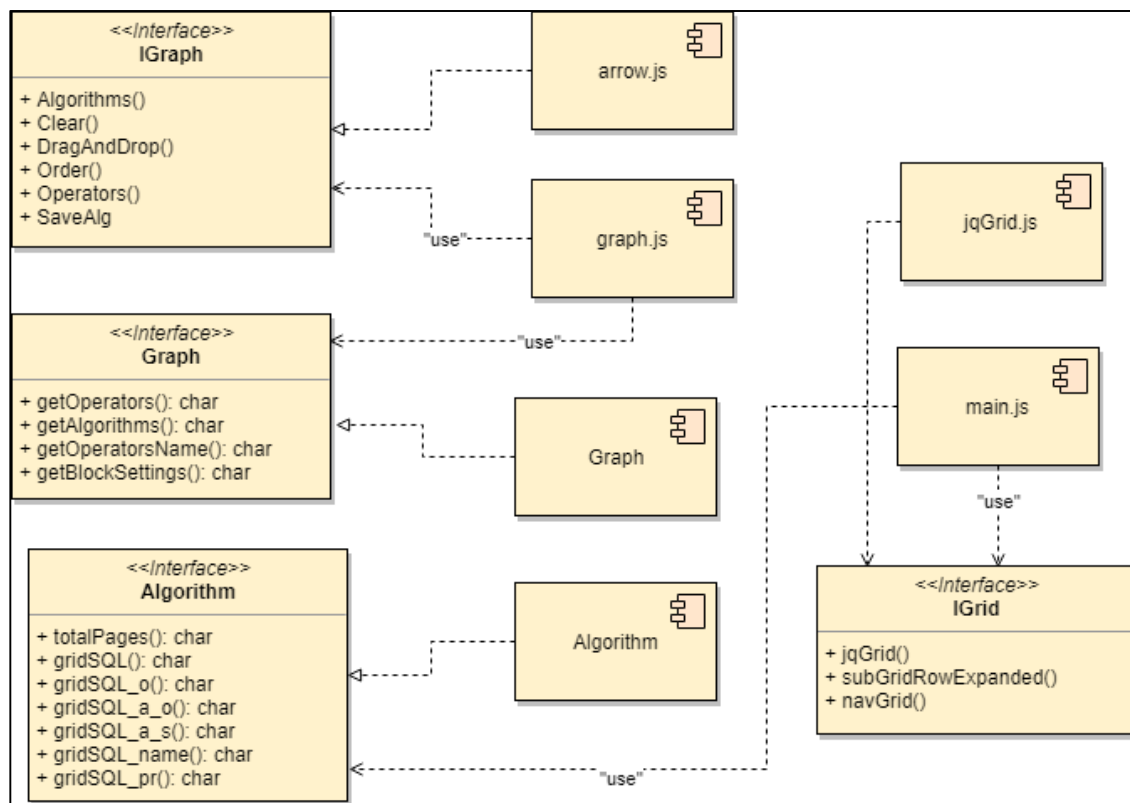


Рисунок 21 — Модель компонентов подсистемы управления информационными запросами

Компонент «Graph» — выполняет запросы к БД для получения списка операторов, алгоритмов, имен операторов, настроек оператора.

Компонент «graph.js» — отвечает за графическое представление операторов в интерфейсе и предоставление информации о каждом из них.

«arrow.js» — предоставляет функции графического отображения стрелок, соединяющих блоки.

«main.js» — отвечает за формирование таблиц «Алгоритмы», «Операторы» и «Процессы» в экспериментальном интерфейсе.

«Algorithm» — выполняет запросы к БД для формирования табличных интерфейсов.

«jqGrid.js» — предоставляет функции для формирования табличных интерфейсов.

Вывод

В третьей главе описана концепция создаваемой программной среды подсистемы управления информационными запросами системы ДЗЗ СФУ. Основными компонентами данной среды являются: справочник программных операторов, БД алгоритмических конструкций, специализированный интерфейс специалиста по настройке и интерпретатор конструкций.

Разработана модель представления алгоритмических конструкций в виде реляционной базы данных, что позволяет связать операторы в логические последовательности, задать входные и выходные параметры и хранить неограниченное количество таких последовательностей.

Также разработана модель представления информационных запросов пользователей в виде дополненной базы данных. Расширенная модель связывает основные объекты информационной среды, которыми являются пространственные объекты, пользователи — постановщики задачи и алгоритмы разрешения поставленных задач. Таким образом, системе мониторинга конечным пользователем может быть задано ограниченное множество целеуказаний для каждого пространственного объекта.

Разработана концептуальная модель интерфейса подсистемы, описывающая его основные элементы и функциональные возможности.

Рассмотрены прецеденты «Задание статуса процессу», «Получение и запись параметров», «Создание очереди», «Запуск модуля», «Сохранение алгоритмической конструкции», «Подготовка алгоритма к редактированию» и построены модели поведения данных прецедентов.

Также были определены основные и вспомогательные элементы программного окружения и разработана модель компонентов системы.

4 Экспериментальная апробация программной подсистемы

4.1 Интерфейс графического моделирования алгоритмических конструкций

Для того, чтобы убедиться в работоспособности и устойчивости разработанной модели, разработан экспериментальный интерфейс для экспериментальной апробации модели представления алгоритмических конструкций.

Данный интерфейс представляет собой динамические таблицы «Алгоритмы» и «Операторы», работающие с БД системы через AJAX запросы и PHP (рисунок 20).

Для создания нового алгоритма пользователь должен создать соответствующую строку в таблице с параметрами алгоритма. Диалоговое окно создания алгоритма представлено на рисунке 21.

Каждая строка алгоритма имеет подтаблицу со списком операторов алгоритма. Для добавления операторов в алгоритм пользователь создает соответствующие строки.

Аналогично создаются параметры оператора — в виде подтаблицы каждой строки оператора.

Все строки с данными в интерфейсе можно редактировать.

При этом для обеспечения устойчивости системы при удалении алгоритма или оператора, строка с их записью остается в БД, но меняется значение поля «removed», true — если удален, false — если нет.

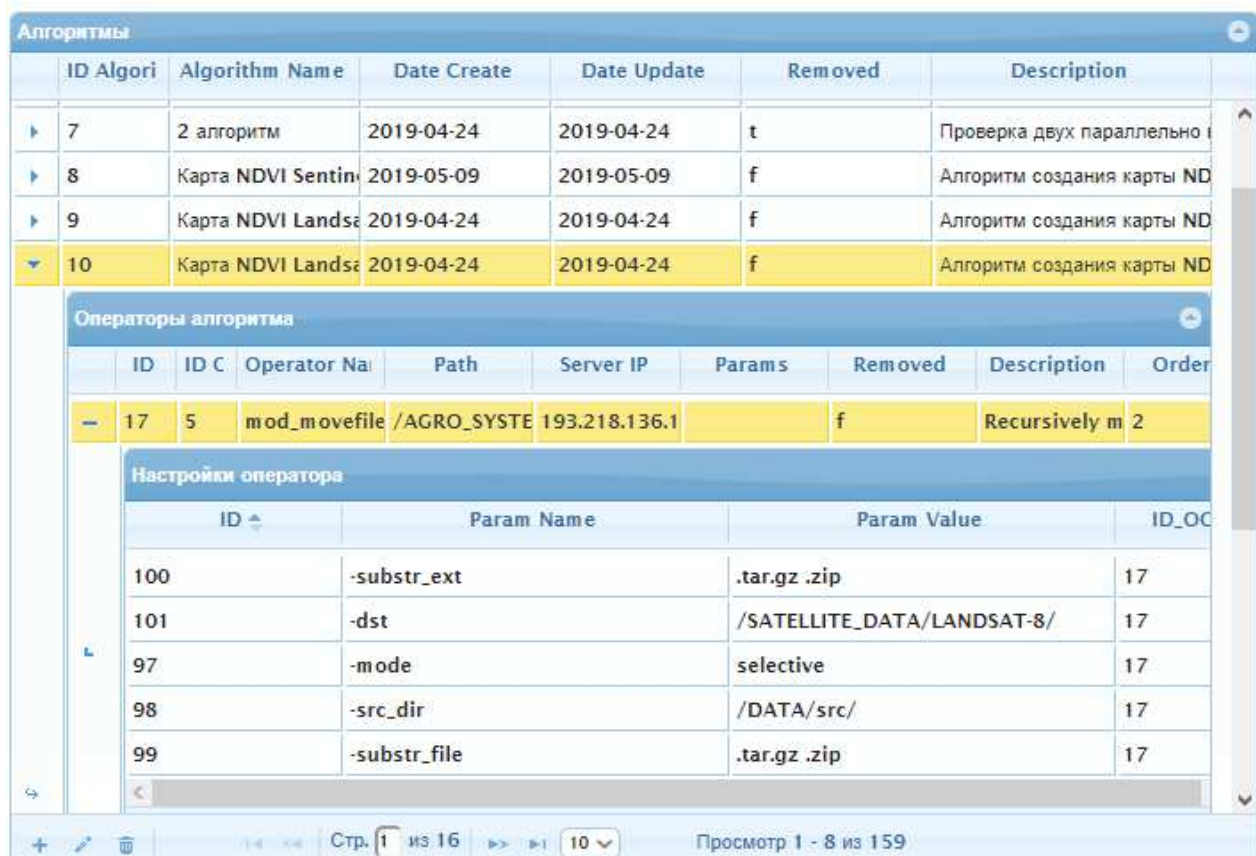


Рисунок 20 — Интерфейс для экспериментальной апробации модели представления алгоритмических конструкций

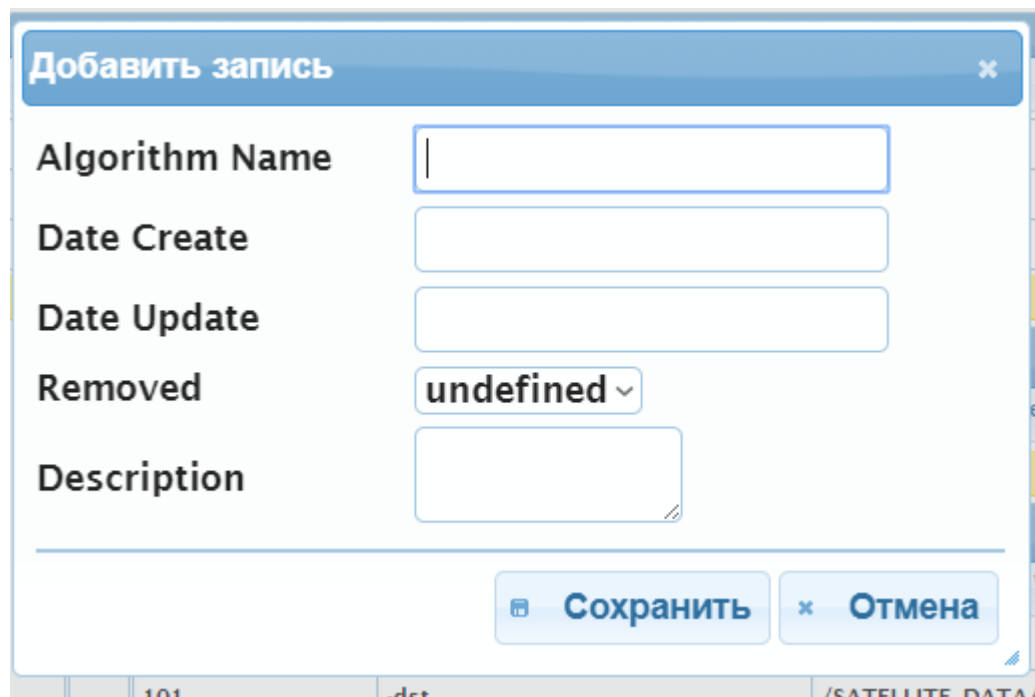


Рисунок 21 — Диалоговое окно создания алгоритма

Аналогично построен интерфейс «Операторы», позволяющий создавать, редактировать и удалять операторов (рисунок 22).

Операторы						
ID	Название	Путь	IP-адрес	Значение по умолчанию	Состояние	Описание
1	mod_mosaic.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль для созда
2	mod_atmcor.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль атмосфер
3	mod_archive.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль для извле
5	mod_movefile.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Recursively mov
6	mod_combine_ba	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль для объе

Рисунок 22 — Таблица «Операторы»

Разработанная модель с учетом экспериментального интерфейса является устойчивой и работоспособной. Пользователь может создавать и настраивать алгоритмы, не прибегая к использованию командной строки.

Рабочий интерфейс графического моделирования алгоритмических конструкций представлен на рисунке 23.

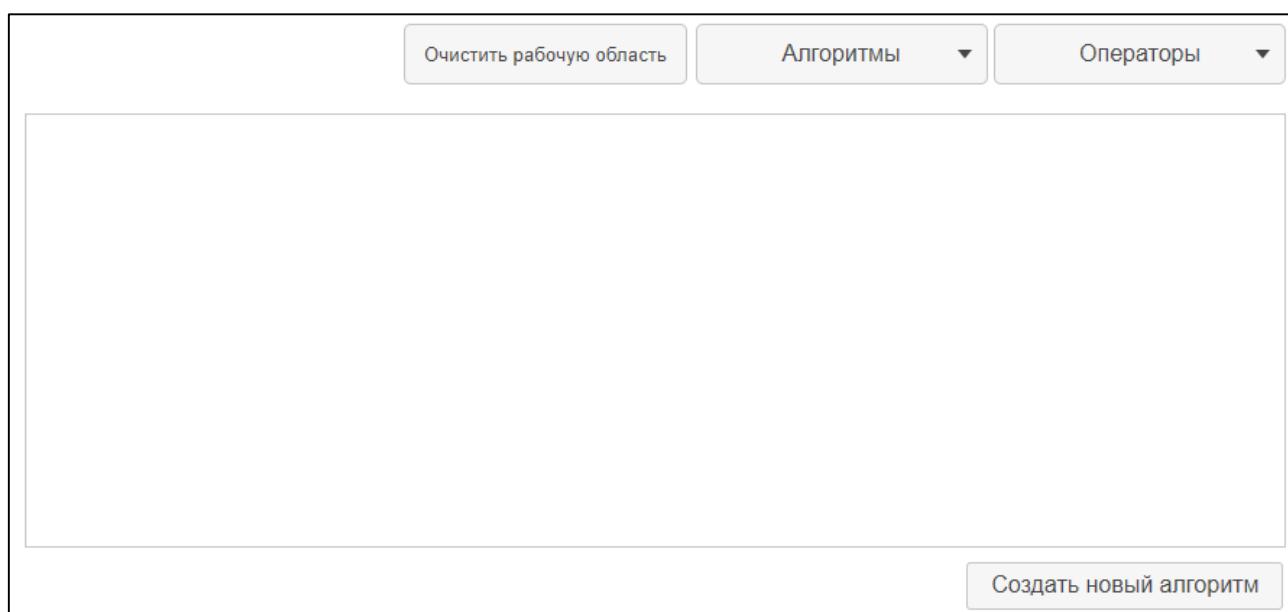


Рисунок 23 — Интерфейс графического моделирования

Для создания нового алгоритма пользователь должен открыть меню со списком операторов и щелчком правой кнопкой мыши добавить оператора на рабочую область (рисунок 24).

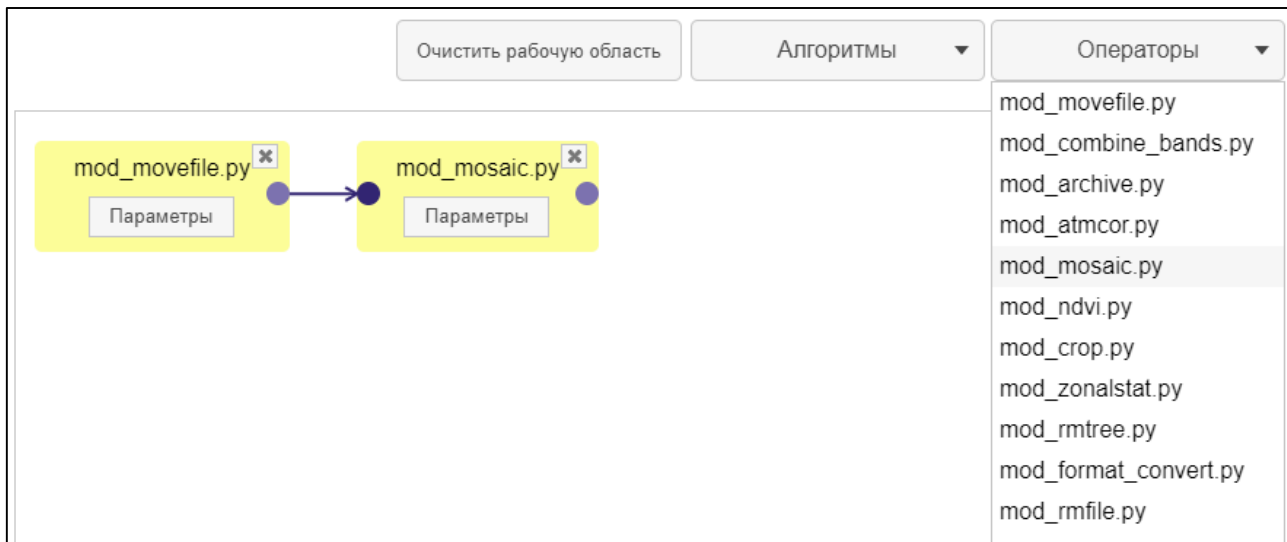


Рисунок 24 — Добавление операторов в алгоритм

Для сохранения алгоритма пользователь должен нажать кнопку «Сохранить алгоритм» и ввести данные об алгоритме (рисунок 25).

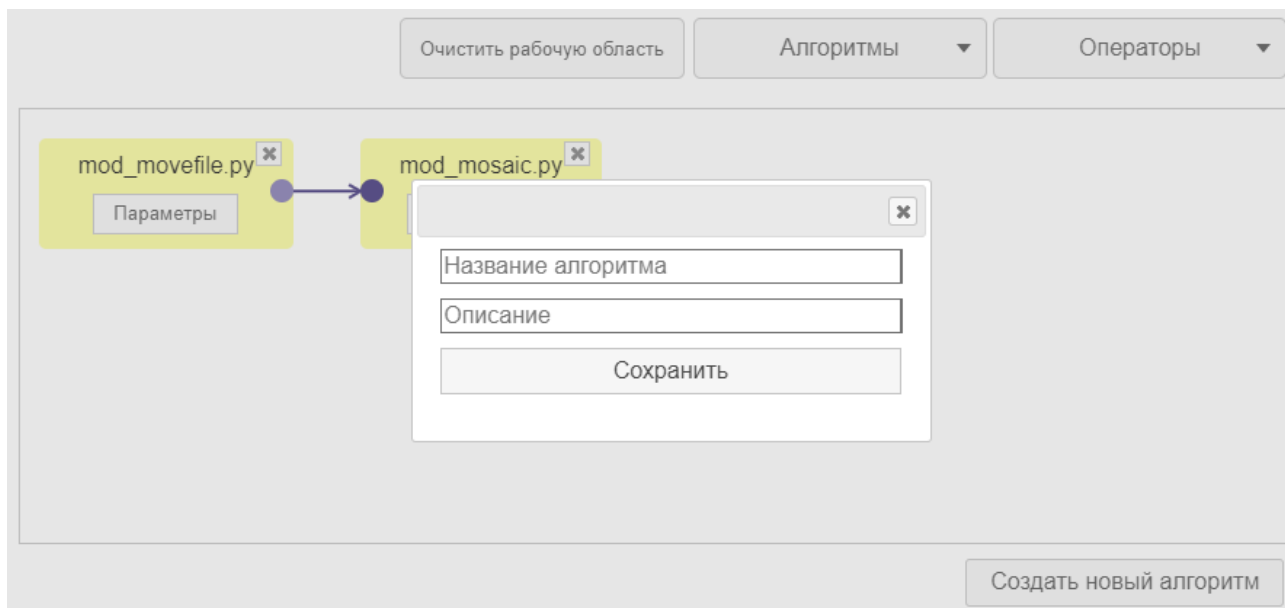


Рисунок 25 — Сохранение алгоритма

Для редактирования существующего алгоритма необходимо выбрать алгоритм в соответствующем меню (рисунок 26).

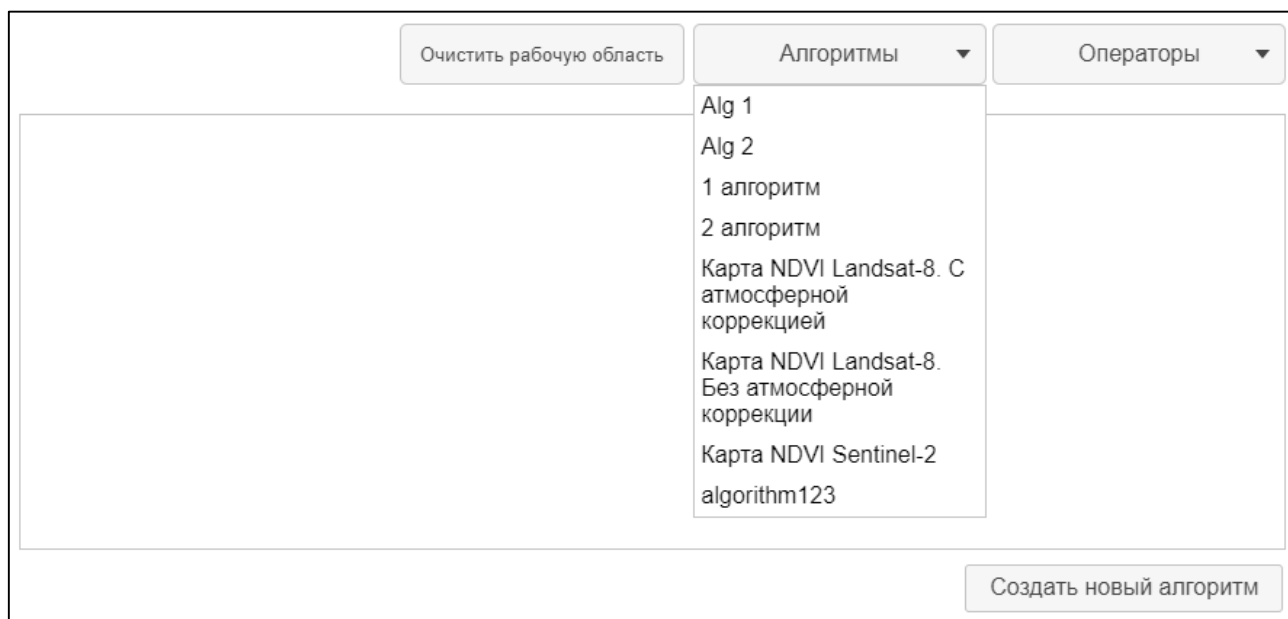


Рисунок 26 — Список алгоритмов

Пример открытого алгоритма представлен на рисунке 26.

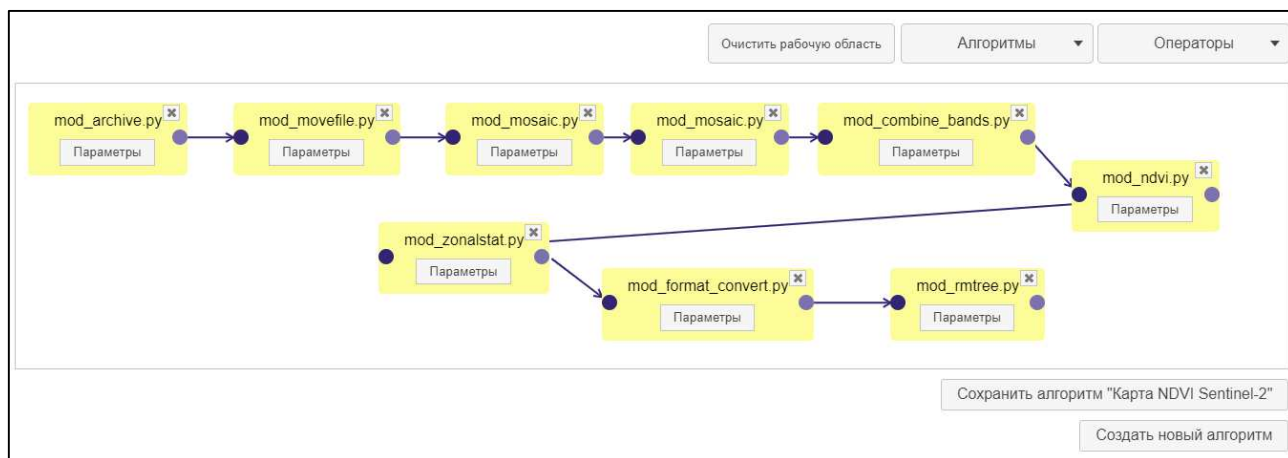


Рисунок 26 — «Алгоритм Карта NDVI Sentinel-2»

У каждого блока имеется кнопка «Параметры» для открытия диалогового окна с параметрами оператора (рисунок 27).

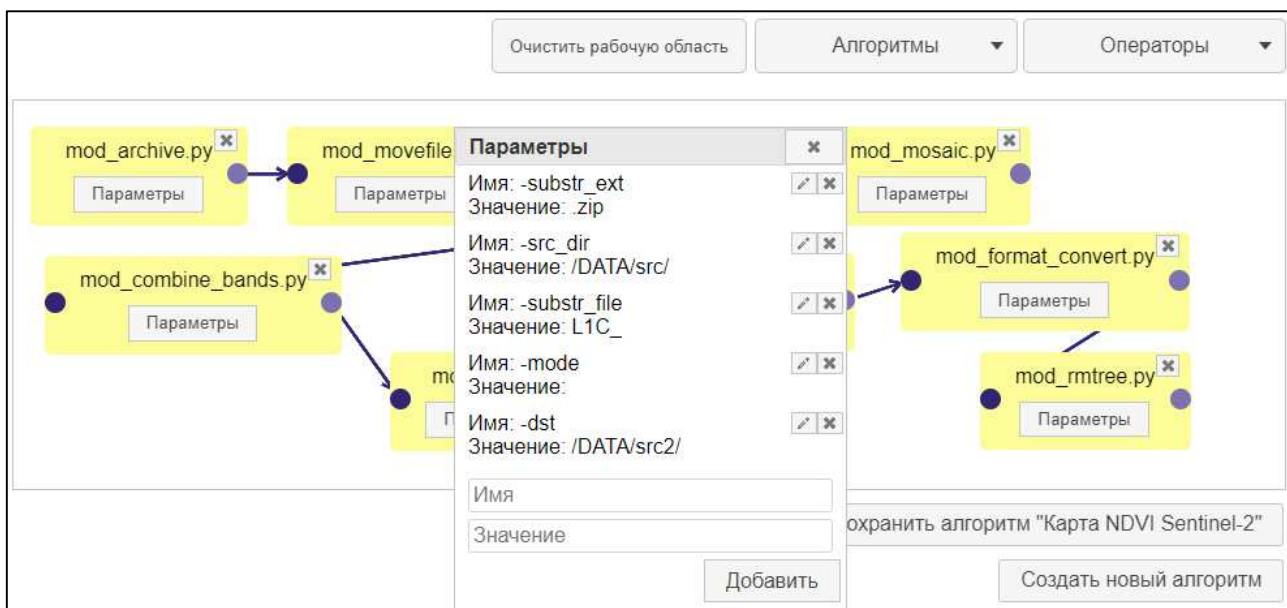


Рисунок 27 — Окно параметров

В режиме редактирования существующего алгоритма у пользователя есть выбор: сохранить текущий алгоритм или создать из него новый.

Для запуска процесса пользователь должен установить ему соответствующий статус с помощью интерфейса «Процессы» (рисунок 28).

Процессы						
pid	id_algorithm	p_dateuser	p_datesystem	p_status_result	p_status	id_proctab
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	5
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	2
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	3
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	4
3323	6	2019-04-23	2019-04-23		ready	1
	8	2019-05-09	2019-05-09	success	ready	8

Рисунок 28 — Интерфейс «Процессы»

По заданному расписанию 1 раз в минуту ПМЗМ последовательно запускает все процессы со статусом «now» или «plan».

Таким образом разработанная подсистема является работоспособной и реализует возможность графического моделирования алгоритмических конструкций.

4.2 Примеры использования

Результат выполнения приведенного выше алгоритма «Карта NDVI Sentinel-2» представлен на рисунке 29.

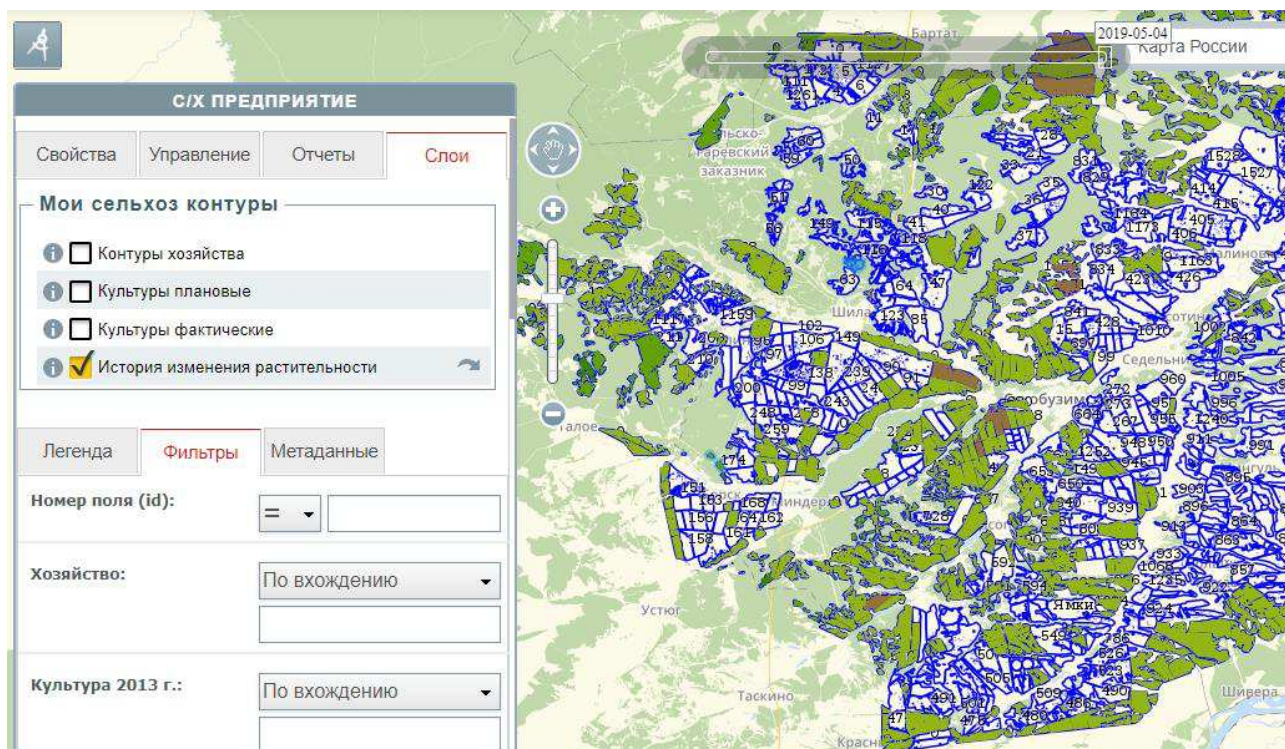


Рисунок 29 – Результат работы алгоритма «Карта NDVI Sentinel-2»

На рисунке 30 представлена составленная алгоритмическая конструкция «Создание и публикация RGB изображений».

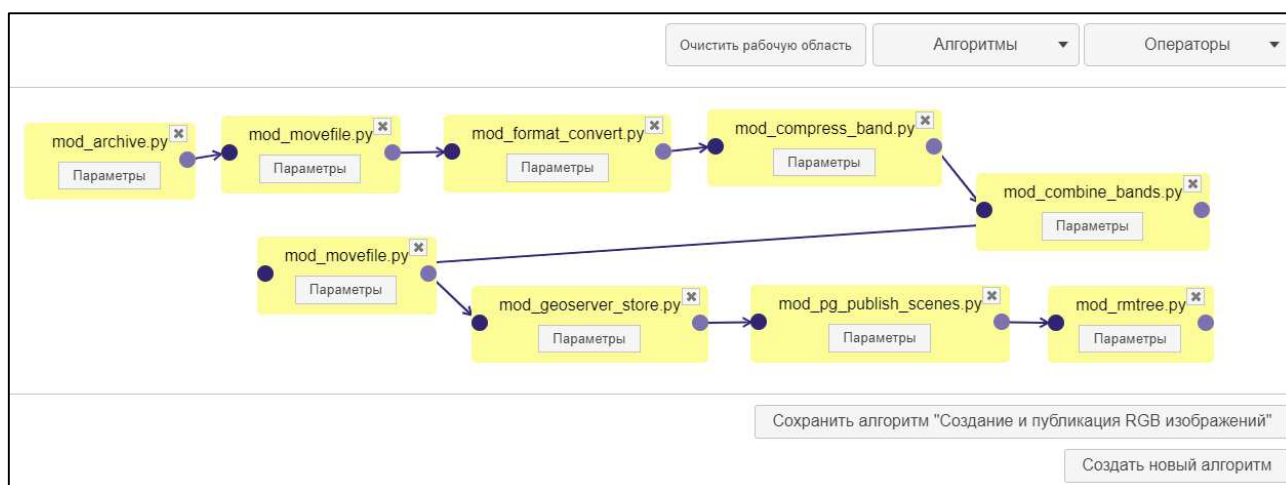


Рисунок 30 — Алгоритмическая конструкция «Создание и публикация RGB изображений»

Результат выполнения данного процесса представлен на рисунке 31.

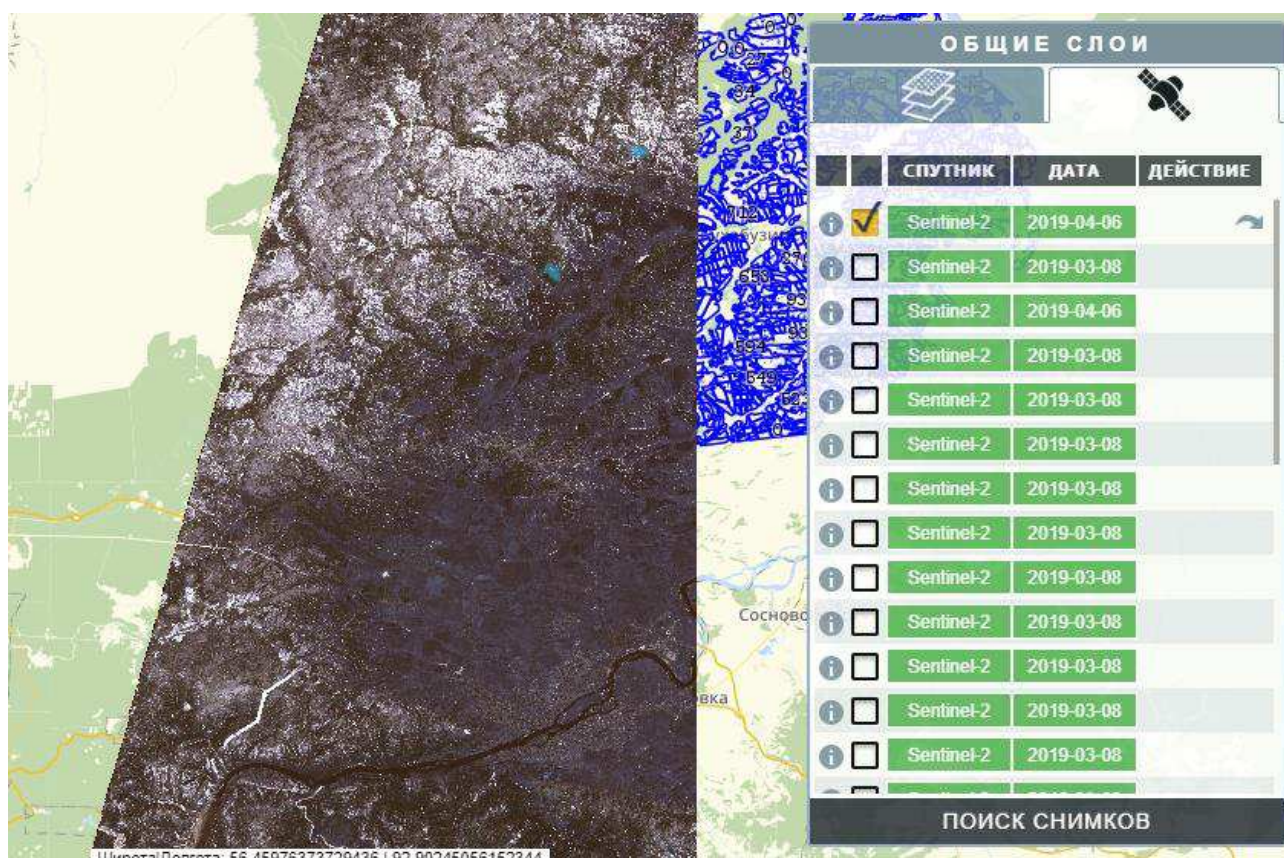


Рисунок 31 — Результат выполнения процесса «Создание и публикация RGB изображений»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения магистерской диссертации решены следующие задачи:

1) Выполнен анализ современного состояния развития систем дистанционного мониторинга, который показал, что концепция СДМ не предусматривает гибкого управления цепочками обработки данных ДЗЗ. В сформировавшейся концепции обработка данных осуществляется, как правило, строго запрограммированными алгоритмами, модификация которых требует изменение программного кода, что подразумевает привлечение программиста или навыки программирования у специалиста по обработке. В условиях масштабирования СДМ и расширения спектра решаемых задач такой подход является неприемлемым.

2) Проведен анализ функциональных возможностей комплексных программных продуктов обработки и анализа данных ДЗЗ, таких как ENVI, Erdas Imagine, SNAP и IMC. Трендом современных версий перечисленных программных комплексов является использование встроенных нотаций моделирования, которые могут быть интерпретированы в реальную алгоритмическую конструкцию обработки данных, что позволяет многократно использовать построенные конструкции.

3) Разработана и описана концепция программно-технологической платформы, которая исключает участие программиста в процессах обработки данных ДЗЗ. Концепция учитывает наличие интерфейса для графического моделирования процессов обработки данных, а также модуля автоматизированного запуска этих процессов.

4) Представленная концепция реализована в подсистеме управления запросами многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ. Подсистема включает модель представления алгоритмических конструкций, модель представления информационных запросов конечных пользователей, интерфейс графического

моделирования алгоритмических конструкций, интерпретатор алгоритмических конструкций.

5) Результаты работы представлены на V-ой Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», проводимой в ИКИТ СФУ в 2018 г., по результатам которой опубликована статья в научном журнале с международным участием, индексируемая в РИНЦ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Мальцев, Е.А. Инфраструктура центра приема спутниковой информации Сибирского федерального университета / Е.А. Мальцев, Ю.А. Маглинец // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли. — 2010. — №2. — С.182-188.
- 2) Маглинец, Ю.А. Развитие средств автоматизации приема и обработки спутниковой информации региональной системы ДЗЗ СФУ / Ю.А. Маглинец, Р. В. Брежнев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2011. — №3. — С.120-128.
- 3) Программно-технологическая инфраструктура представления и обработки геопространственной информации муниципального района / Ю.А. Маглинец, Е.А. Мальцев, Р.В. Брежнев и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2012. — №3. — С.316-323.
- 4) Маглинец, Ю.А. Современные тенденции в построении региональных систем ДЗЗ / Ю.А. Маглинец, Г.М. Цибульский, М.В. Носков // Журнал сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. — 2016. — №7. — С.1012-1018.
- 5) Brezhnev Ruslan V. Information support technique for solving agricultural land monitoring tasks based on earth remote sensing data / Brezhnev Ruslan V., Maglinets Yuriy A. // Журнал сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. — 2017. — №6. — С.819-827
- 6) Брежнев, Р.В. Организация взаимодействия конечных пользователей с системой агромониторинга / Р.В. Брежнев, Ю.А. Маглинец // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. — Красноярск: СФУ, 2017. — С.36-39.
- 7) Brezhnev Ruslan V. An ontological spatial monitoring system for agricultural land monitoring / Brezhnev Ruslan V., Mal'tsev E.A // Pattern recognition and image analysis (advances in mathematical theory and applications). — 2015. — №2. — P.201-208.

8) Организация контроля над функционированием распределенной системы ИСДМ Рослесхоз / А.А. Матвеев, А.С. Мамаев, А.А. Прошин, Е.В. Флитман // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2009. — №2. — С.535-541.

9) Саворский, В.П. Автоматизированная система управления данными, максимизирующая скорость доступа к архиву ДЗЗ / В.П. Саворский // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2008. — №2. — С.568-570.

10) Управление и контроль работоспособности систем автоматизированной обработки спутниковых данных / В.Ю. Ефремов, Е.А. Лупян, А.А. Мазуров и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2004. — №1. — С.467-475.

11) Построение автоматизированных систем сбора, хранения, обработки и представления спутниковых данных для решения задач мониторинга окружающей среды / М.В. Андреев, А.А. Галеев, В.Ю. Ефремов и др. // Солнечно-земная физика. — 2004. — №5. — С.8-11.

12) Кашницкий, А.В. Удаленный анализ и обработка данных ДЗЗ, предоставляемых сверхбольшими распределенными системами архивации / А.В. Кашницкий, Е.А. Лупян // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов. — Новосибирск, 2017. — С.102-106.

13) Опыт создания региональных, специализированных, научных информационных систем мониторинга на основе данных ДЗЗ / И.В. Балашов, М.А. Бурцев, Е.А. Лупян и др. // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов. — Новосибирск, 2017. — С.17-21.

14) Лупян, Е.А. Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга / Е.А. Лупян // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния. — Минск, 2017. — С.185-186.

15) Новые возможности технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга / Е.А. Лупян, И.В. Балашов, М.А. Бурцев и др. // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. — Красноярск: СФУ, 2016. — С.24-27.

16) Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга / Е.А. Лупян, И.В. Балашов, М.А. Бурцев и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2015. — С.53-57.

17) Фролова, М.В. Применение веб-технологий при разработке распределенных систем мониторинга / М.В. Фролова // Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2011. — С.41-43.

18) Технология построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных / В.Ю. Ефремов, Е.А. Лупян, А.А. Мазуров и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2004. — №1. — С.437-443.

19) Влацкая, И.В. Управление и обработка информации в распределенных системах / И.В. Влацкая, С.И. Сормов // Вестник ОГУ. — 2010. — №4. — С.132-136.

20) Создание инструментов для удаленной обработки спутниковых данных в современных информационных системах / А.В. Кашницкий, И.В. Балашов, Е.А. Лупян, В.А. Толпин, И.А. Уваров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 156-170.

21) Лежебоков, В.В. Управление информационными процессами обработки массивов данных большой размерности / В.В. Лежебоков // Известия волгоградского государственного технического университета. — 2009. — №6. — С.56-59.

22) Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга / В.А. Толпин, И.В. Балашов, В.Ю. Ефремов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2011. — №3. — С.93-108.

23) The technology of dynamic extension of attribute set for the search of satellite images in a database / Maltsev E., Maglinets Y., Brejnev R., Sosnin A., Kurnosov V. // Pattern recognition and image analysis (advances in mathematical theory and applications). — 2011. — №1. — P.35-40.

24) Возможности информационного сервера СДМЗ АПК / А.В. Толпин, С.А. Барталев, В.Ю. Ефремов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2010. — №2. — С.221-230.

25) Организация контроля за функционированием распределенных систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных / И.В. Балашов, В.Ю. Ефремов, А.А. Мазуров и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2010. — №4. — С.34-41.

26) Организация работы со спутниковыми данными высокого пространственного разрешения в информационно системе дистанционного мониторинга лесных пожаров федерального агентства лесного хозяйства РФ (ИСДМ Рослесхоз) / С.А. Барталев, М.А. Бурцев, В.А. Егоров и др. // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — №8. — С.50-55.

27) Построение систем, обеспечивающих динамическое формирование комплексных информационных продуктов на основе данных дистанционного зондирования / И.В. Балашов, В.Ю. Ефремов, Е.А. Лупян и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2009. — №2. — С.513-520.

28) Построение архивов результатов обработки спутниковых данных для систем динамического формирования производных информационных продуктов / И.В. Балашов, М.А. Бурцев, В.Ю. Ефремов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2008. — №1. — С.26-31.

29) Организация доступа пользователей системы дистанционного лесопатологического мониторинга к спутниковым данным и результатам их обработки / В.А. Толпин, Д.В. Ершов, В.Ю. Ефремов и др. // Современные

проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2008. — №2. — С.577-585.

30) Система автоматизированного сбора, обработки и распространения спутниковых данных для мониторинга сельскохозяйственных земель / С.А. Барталев, М.А. Бурцев, Д.В. Ершов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2005. — №1. — С.140-148.

31) Построение интерфейсов для организации работы с архивами спутниковых данных удаленных пользователей / М.В. Андреев, В.Ю. Ефремов, Е.А. Лупян и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2004. — №1. — С.514-520.

32) Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды / Е. А. Лупян, А.А. Прошин, М.А. Бурцев и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2015. — №5. — С.263-284.

33) Особенности организации контроля и управления распределенных систем дистанционного мониторинга / И.В. Балашов, В.Ю. Ефремов, А.А. Мазуров и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2011. — №3. — С.161-166.

34) Посевкин, Р.В. Использование естественно-языкового пользовательского интерфейса при взаимодействии пользователя с программной системой / Р.В. Посевкин // Успехи современной науки. — 2017. — №2. — С.67-70.

35) Лошкарев, П. А. Развитие ЕТРИС ДЗЗ с применением облачных технологий / П. А. Лошкарев, О. О. Тохиян, А. М. Курлыков, К. В. Кошкин, А. П. Гладков // ГЕОМАТИКА. — 2013. — № 4. — С. 22-26.

36) Margulius D.L. Workflow Meets BPM / D.L. Margulius // InfoWorld. — 2002. — №24. — P.64-65.

37) Феофилактова Т.В. Использование модуля MODELER программы ERDAS IMAGINE 9.2 для автоматизации процесса дешифрирования объектов

на основе нелинейных спектральных признаков / Т.В. Теофилактова, М.В. Борисова // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2010. — №6. — С.47-52.

38) ESA-SNAP — Stamps integrated processing for Sentinel-1 persistent scatterer interferometry / M. Fomelis, J.Manuel Delgado Blasco, Y. Desnos, M. Engdahl, D. Fernandez, L. Veci / IGARSS. — 2018. — P.1364-1367.

39) Саворский, В.П. Возможности анализа гиперспектральных индексов в информационных системах дистанционного мониторинга семейства «Созвездие-Вега» / В.П. Саворский, А.В. Кашницкий, А.М. Константинова, И.В. Балашов, В.А. Толпин и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2016. — №3. — С.28-45.

40) Лобзенов, В.Н. Полный цикл обработки материалов ДЗЗ в ПК ИМС / В.Н. Лобзенов, И.Г. Логванев // Международная научно-техническая конференция «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии». — 2014. — №14. — С.13-19.

41) Фраленко, В.П. Универсальный графический интерфейс визуального проектирования параллельных и параллельно-конвейерных приложений / В.П. Фраленко // Программные системы: теория и приложения. — 2016. — №3. — С.45-70.

42) Лупян, Е.А. Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга / Е.А. Лупян, М.А. Бурцев, А.А. Прошин, Д.А. Кобец // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2018. — №3. — С.53-66.

43) Камышная, И.Н. Применение технологии Workflow в электронном документообороте. Управление процессами. / И.Н. Камышная, И.А. Рахимов // Вестник МарГТУ. — 2011. — №2. — С.46.53.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Плакаты презентации

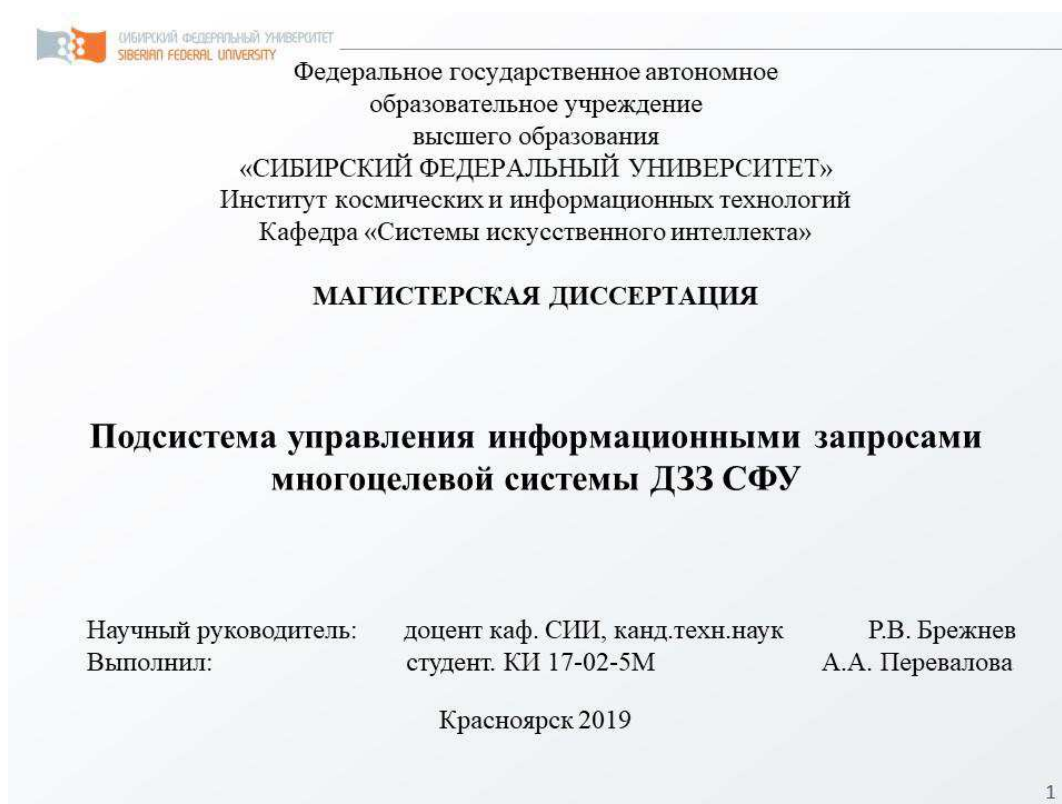


Рисунок А.1 — Плакат презентации №1



Рисунок А.2 — Плакат презентации №2

Актуальность



3

Рисунок А.3 — Плакат презентации №3

Объект исследования — исполняемая графическая нотация моделирования потоков работ по обработке и анализу данных ДЗЗ.

Предмет исследования — модель подсистемы управления информационными запросами многоцелевой системы ДЗЗ СФУ, методы управления ИВП, а также методы графического моделирования ИВП.

4

Рисунок А.4 — Плакат презентации №4

Цель: Разработка подсистемы управления информационными запросами многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ.

Задачи:

- провести аналитический обзор существующих систем агромониторинга, их характеристик, назначения и области применения;
- аналитически обзор программных комплексов ДЗЗ, в которых применяются графические нотации моделирования в автоматизации обработки данных ДЗЗ;
- выявление и анализ требований к разработке подсистемы управления процессами информационными запросами;
- разработка интерфейса подсистемы управления информационными запросами и модуля запуска процессов обработки геопространственных данных.

5

Рисунок А.5 — Плакат презентации №5

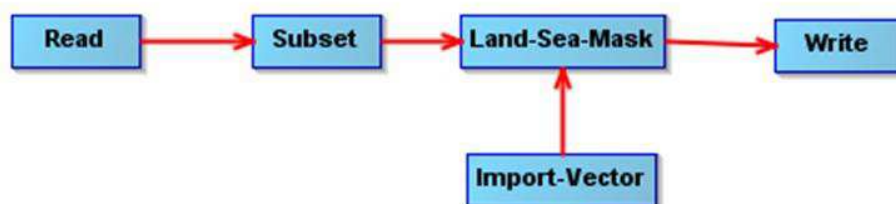
Функциональные возможности СМД



6

Рисунок А.6 — Плакат презентации №6

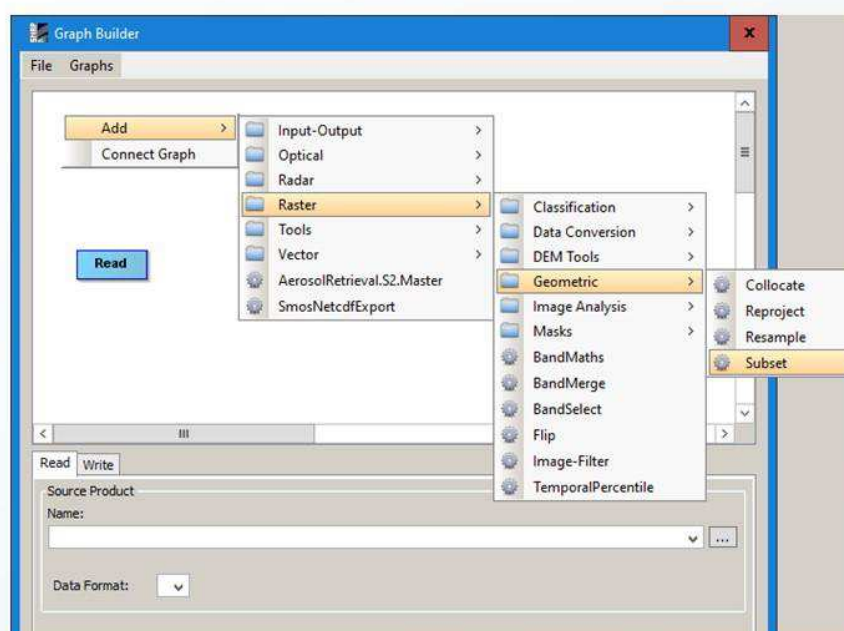
Sentinel Application Platform: SNAP Graph Builder



7

Рисунок А.7 — Плакат презентации №7

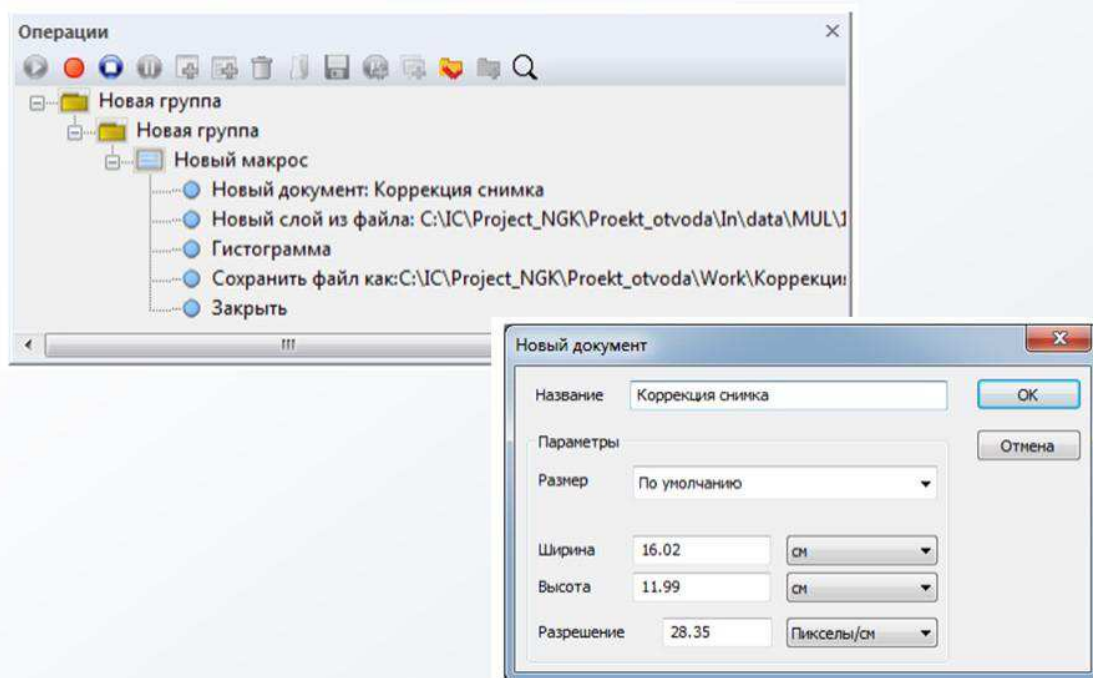
Sentinel Application Platform: SNAP Graph Builder



8

Рисунок А.8 — Плакат презентации №8

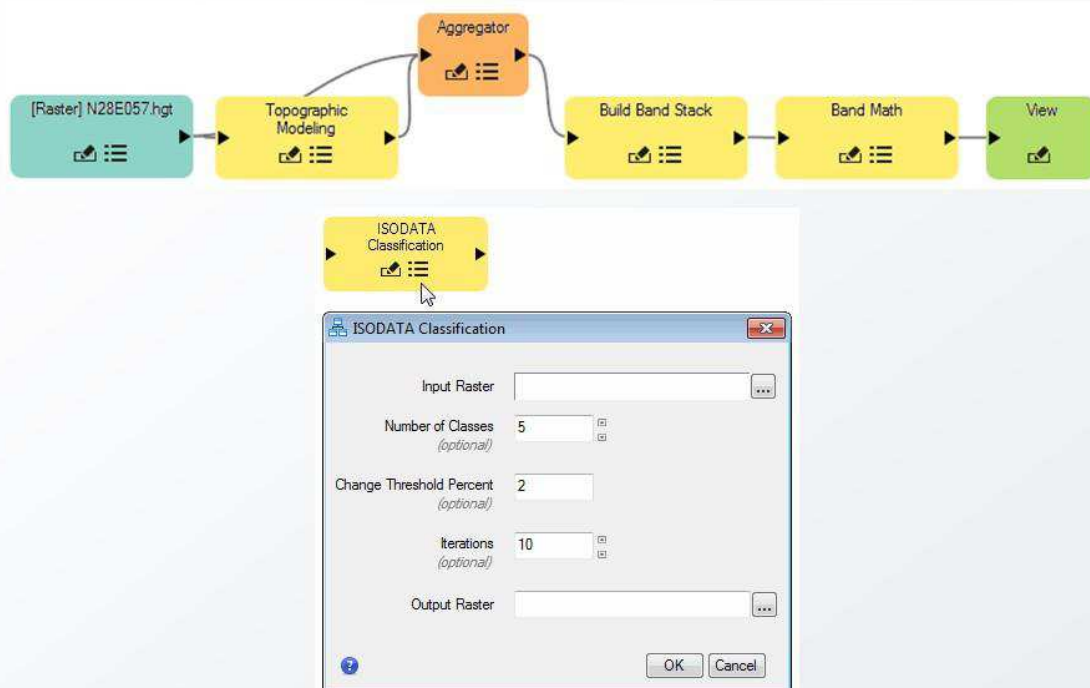
Image Media Center: макросы



9

Рисунок А.9 — Плакат презентации №9

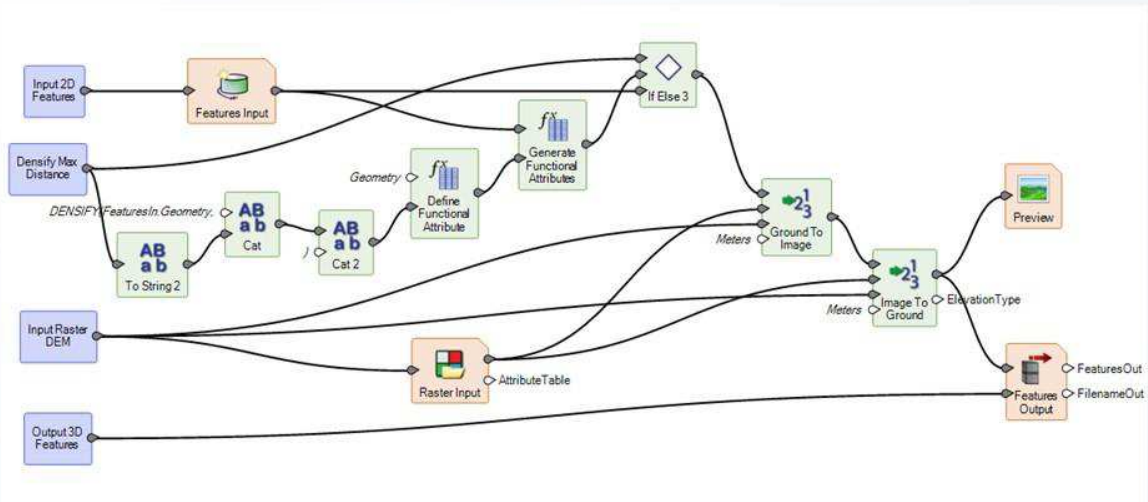
ENVI: ENVI Modeler



10

Рисунок А.10 — Плакат презентации №10

Erdas Imagine: Spatial Modeler



11

Рисунок А.11 — Плакат презентации №11

Концепция технологии графического моделирования процессов обработки данных ДЗЗ

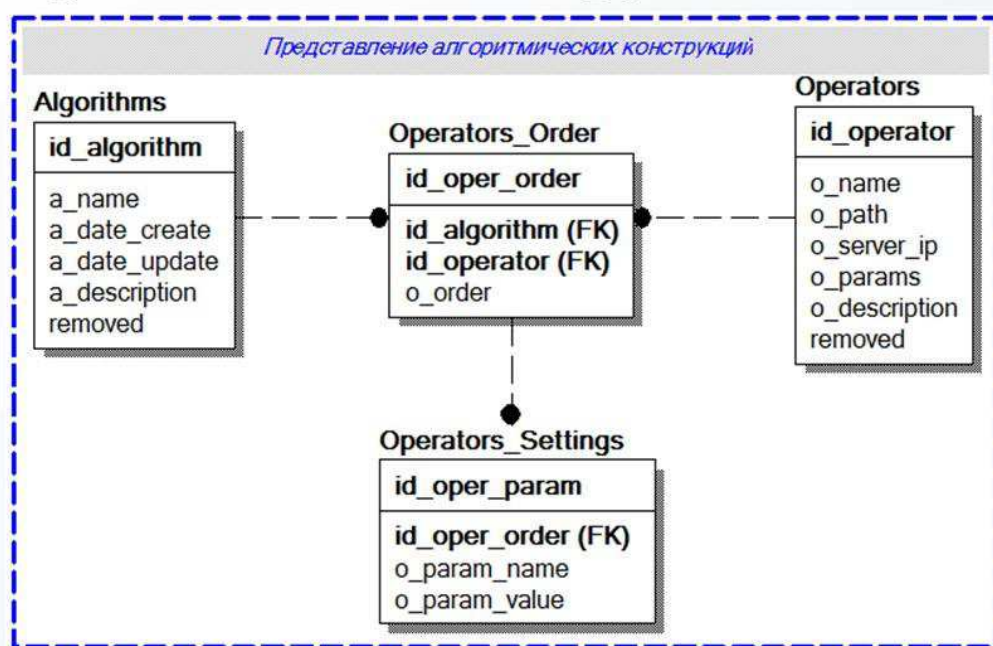
Основные компоненты создаваемой программной среды:

- Справочник программных операторов;
- БД алгоритмических конструкций;
- Специализированный интерфейс специалиста по настройке;
- Интерпретатор конструкций.

12

Рисунок А.12 — Плакат презентации №12

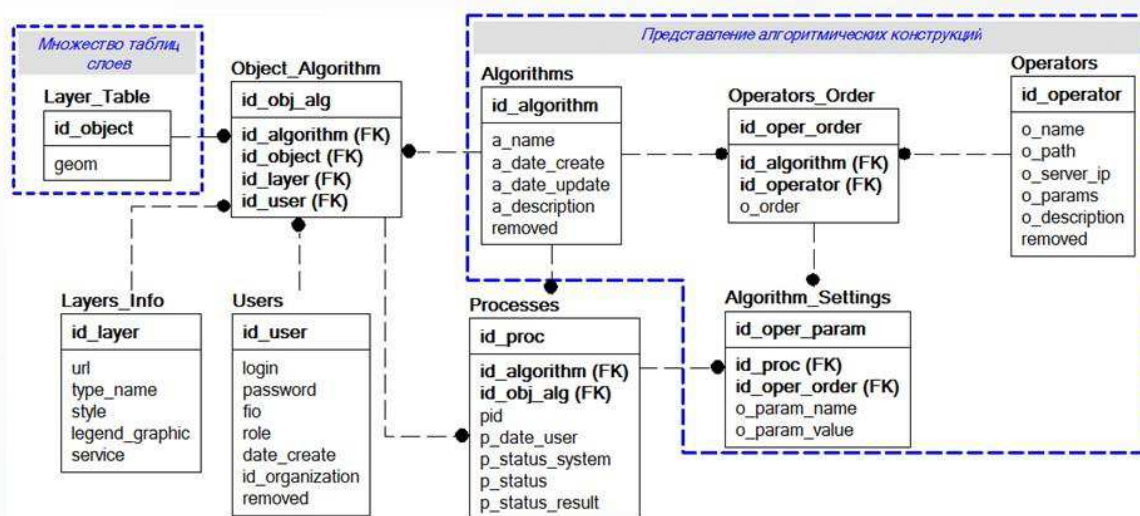
Модель представления алгоритмических конструкций



13

Рисунок А.13 — Плакат презентации №13

Модель представления информационных запросов пользователей



14

Рисунок А.14 — Плакат презентации №14

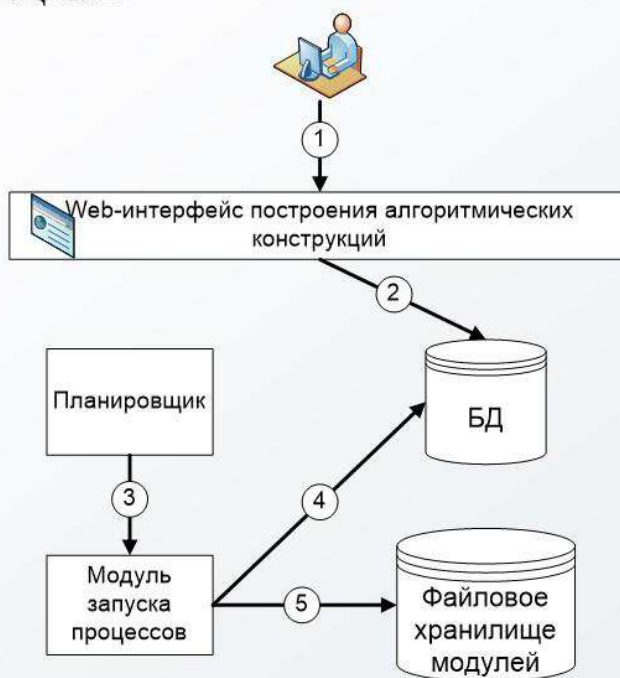
Интерфейс специалиста по настройке алгоритмических конструкций



15

Рисунок А.15 — Плакат презентации №15

Интерпретатор алгоритмических конструкций



16

Рисунок А.16 — Плакат презентации №16

Интерфейс для экспериментальной апробации модели представления алгоритмических функций

Алгоритмы						
ID Algori	Algorithm Name	Date Create	Date Update	Removed	Description	
7	2 алгоритм	2019-04-24	2019-04-24	t	Проверка двух параллельно	
8	Карта NDVI Sentinel	2019-05-09	2019-05-09	f	Алгоритм создания карты ND	
9	Карта NDVI Landsa	2019-04-24	2019-04-24	f	Алгоритм создания карты ND	
10	Карта NDVI Landsa	2019-04-24	2019-04-24	f	Алгоритм создания карты ND	

Операторы алгоритма									
ID	ID C	Operator Na	Path	Server IP	Params	Removed	Description	Order	
17	5	mod_movefile	/AGRO_SYSTE	193.218.136.1		f	Recursively m 2		

Настройки оператора			
ID	Param Name	Param Value	ID_OC
100	-substr_ext	.tar.gz .zip	17
101	-dst	/SATELLITE_DATA/LANDSAT-8/	17
97	-mode	selective	17
98	-src_dir	/DATA/src/	17
99	-substr_file	.tar.gz .zip	17

17

Рисунок А.17 — Плакат презентации №17

Интерфейс для экспериментальной апробации модели представления алгоритмических функций

Добавить запись

Algorithm Name

Date Create

Date Update

Removed

Description

undefined

Сохранить

Отмена

18

Рисунок А.18 — Плакат презентации №18

Интерфейс для экспериментальной апробации модели представления алгоритмических функций

Операторы						
ID	Название	Путь	IP-адрес	Значение по умолчанию	Состояние	Описание
1	mod_mosaic.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль для созда
2	mod_atmcor.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль атмосфер
3	mod_archive.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль для извле
5	mod_movefile.py	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Recursively mov
6	mod_combine_ba	/AGRO_SYSTEM/r	193.218.136.151		f	Модуль для объе

Стр. 1 из 16 10 Просмотр 1 - 10 из 159

19

Рисунок А.19 — Плакат презентации №19

Интерфейс графического моделирования

Очистить рабочую область

Алгоритмы ▼

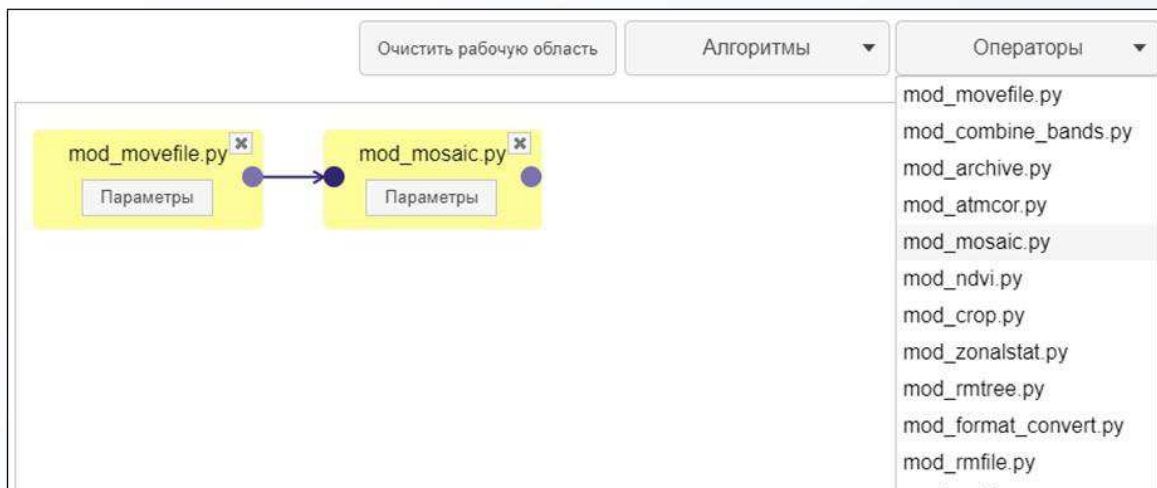
Операторы ▼

Создать новый алгоритм

20

Рисунок А.20 — Плакат презентации №20

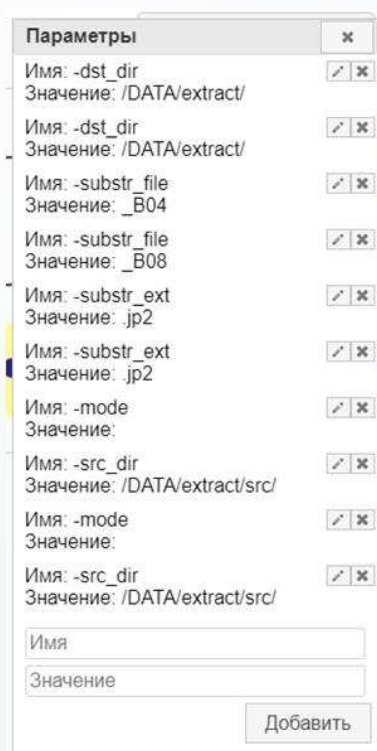
Добавление операторов в алгоритм



21

Рисунок А.21 — Плакат презентации №21

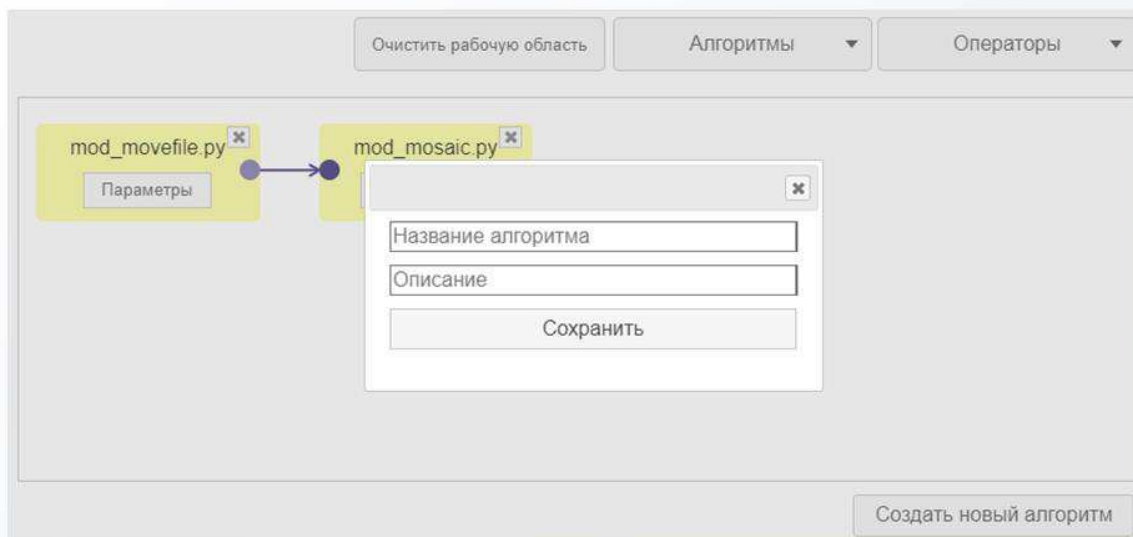
Параметры оператора



22

Рисунок А.22 — Плакат презентации №22

Сохранение алгоритмической конструкции



23

Рисунок А.23 — Плакат презентации №23

Интерфейс «Процессы»

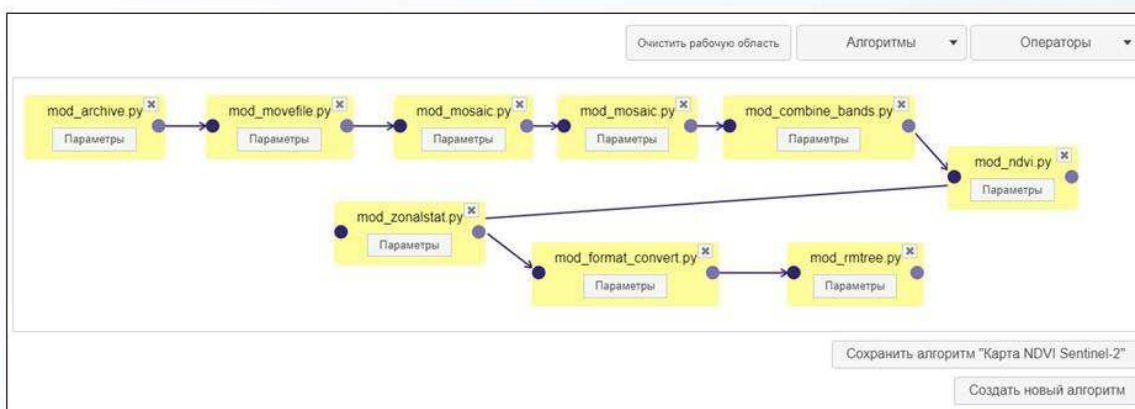
pid	id_algorithm	p_dateuser	p_datesystem	p_status_result	p_status	id_proctab
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	5
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	2
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	3
3323	6	2019-04-24	2019-04-24		ready	4
3323	6	2019-04-23	2019-04-23		ready	1
	8	2019-05-09	2019-05-09	success	ready	8

+ ✎ 🗑️ ⏪ ⏩ Стр. 1 из 16 10 ▼ Просмотр 1 - 8 из 159

24

Рисунок А.24 — Плакат презентации №24

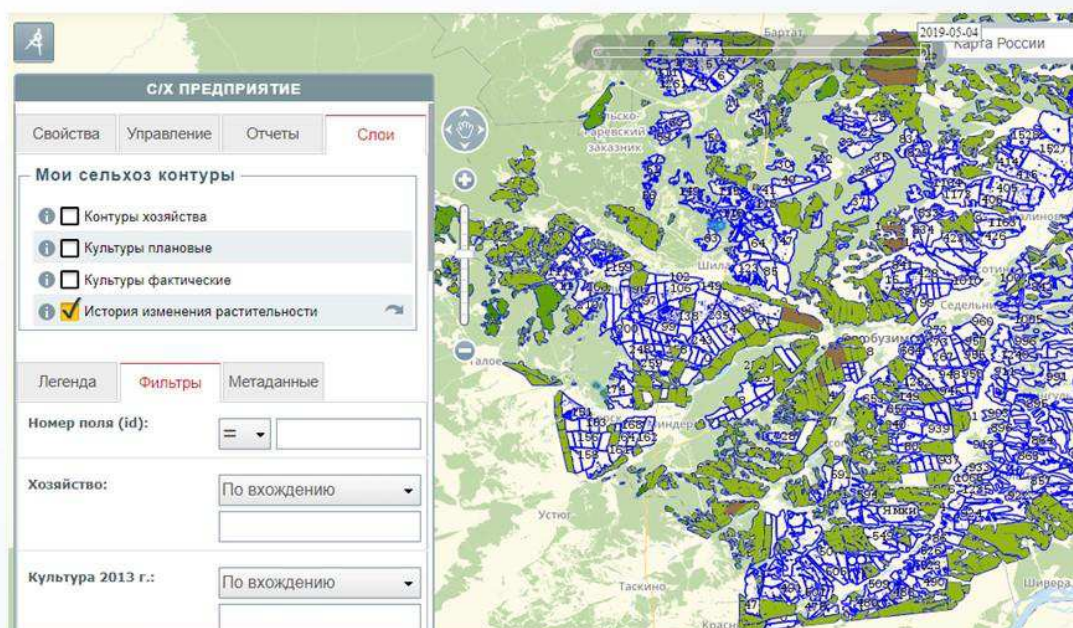
Алгоритм «Карта NDVI Sentinel-2»



25

Рисунок А.25 — Плакат презентации №25

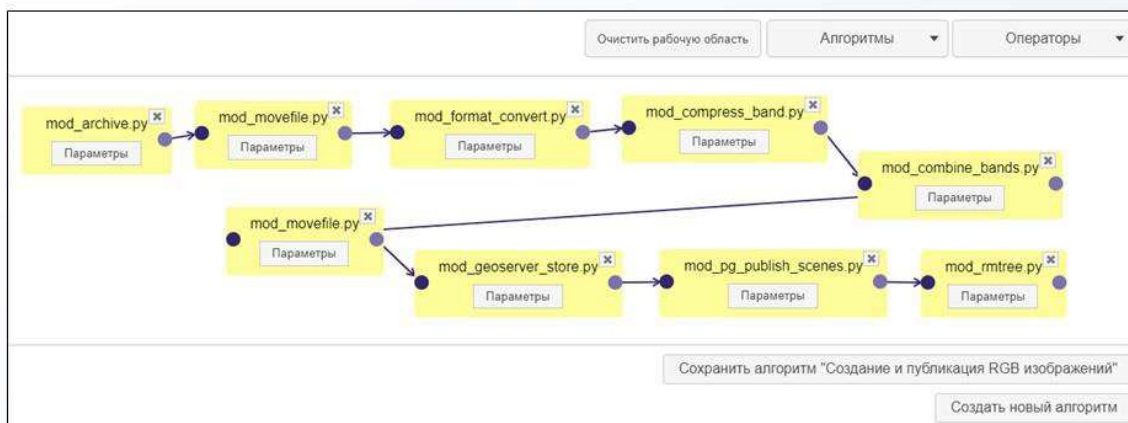
Результат работы алгоритма «Карта NDVI Sentinel-2»



26

Рисунок А.26 — Плакат презентации №26

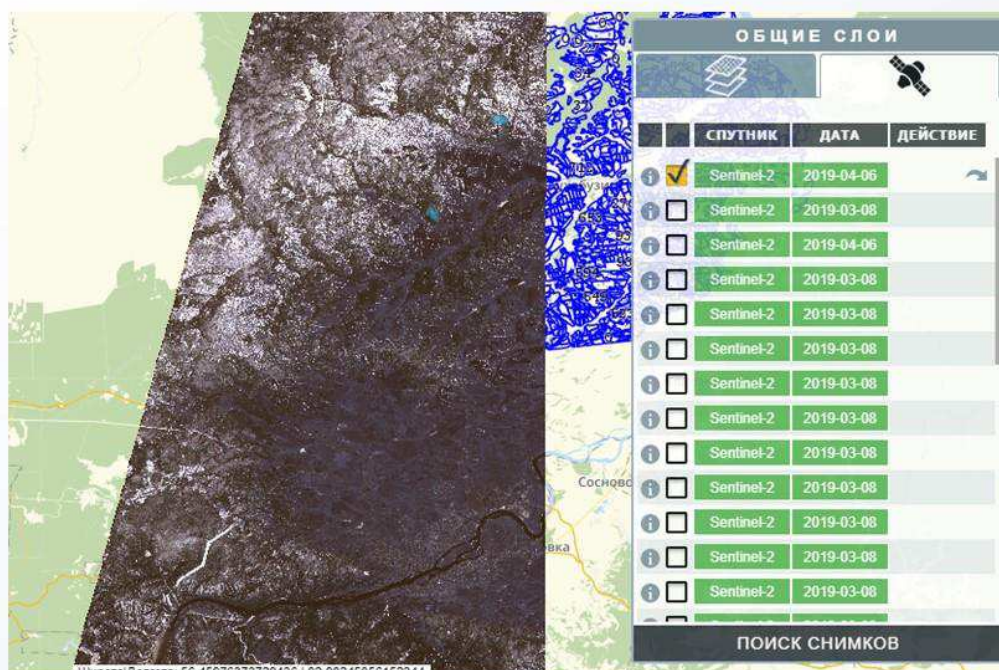
Алгоритм «Создание и публикация RGB изображений»



27

Рисунок А.27 — Плакат презентации №27

Результат работы алгоритма «Создание и публикация RGB изображений»



28

Рисунок А.28 — Плакат презентации №28

Заключение

- Выполнен анализ современного состояния развития СМД.
- Проведен анализ функциональных возможностей комплексных программных продуктов обработки и анализа данных ДЗЗ, таких как ENVI, Erdas Imagine, SNAP и IMC.
- Разработана и описана концепция программно-технологической платформы, которая исключает участие программиста в процессах обработки данных ДЗЗ. Концепция учитывает наличие интерфейса для графического моделирования процессов обработки данных, а также модуля автоматизированного запуска этих процессов.
- Представленная концепция реализована в подсистеме управления запросами многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ. Подсистема включает модель представления алгоритмических конструкций, модель представления информационных запросов конечных пользователей, интерфейс графического моделирования алгоритмических конструкций, интерпретатор алгоритмических конструкций.
- Результаты работы представлены на V-ой Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», проводимой в ИКИТ СФУ в 2018 г., по результатам которой опубликована статья в научном журнале с международным участием, индексируемая в РИНЦ.

29

Рисунок А.29 — Плакат презентации №29

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
« _____ » _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Подсистема управления информационными запросами многоцелевой системы
ДЗЗ ИКИТ СФУ
09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Научный
руководитель


подпись, дата

доцент, канд. техн. наук Р. В. Брежнев

Выпускник


подпись, дата

магистрант гр. КИ17-02-5М А. А. Перевалова

Рецензент

подпись, дата

ст. науч. сотр., канд. биол. наук. Е. В. Федотова

Красноярск 2019