

## Сборник методических материалов по программе ДО «Геоинформатика. Классификация данных дистанционного зондирования Земли»

### Геоинформатика и науки о Земле. Многообразие пространственных данных.

Географической наукой разработана система методов исследования земной поверхности, к которым относят методы геоинформатики; методы дистанционного зондирования; методы картографии.

Геоинформатика – это наука по обоснованию, проектированию, созданию и эксплуатации географических информационных систем (ГИС), таким образом в геоинформатике изучаются теория, методы и способы накопления и обработки информации, данных и знаний с помощью ЭВМ, и других технических средств. Геоинформатика развивается в окружении смежных наук и технологий, которые предметно и методически имеют с ней много общего.

Геоинформатика связана с науками, позволяющими сформировать наиболее полную картину, описывающую полную картину происходящего:

1. Геодезия предоставляет пространственную информацию, с помощью которой можно определить плановые координаты точек местности, высоты.
2. Фотограмметрия, так как необходимо знать методы обработки фотоснимков.
3. Прикладная математика, так как необходимы алгоритмы, с помощью которых будут функционировать геоинформационные системы, ведь необходимо фильтровать данные, классифицировать изображения и т.д.
4. Программирование, ведь все внедряемые технологии в системе должны быть запрограммированы.

В геоинформатике выделяют несколько ветвей (Рис.1):

1. Общая геоинформатика
2. Прикладная геоинформатика
3. Специальная геоинформатика



Рис. 1. Основные части геоинформатики

Почему геоинформатика так важна? С ее помощью можно проводить статистический, экономический, транспортный анализ сетей. Знания и данные, полученные с помощью геоинформатики могут оказать влияние на государственное, региональное и муниципальное управление. Осуществление военной разведки, экологического мониторинга, анализ чрезвычайных событий на высококачественном уровне возможен лишь с помощью применения ГИС, как и реализация геомаркетинга, логистики.

Стоит отметить современные космические программы, в рамках которых запущены спутники дистанционного зондирования Земли. Одна из основных целей миссий этих спутников – пополнение и обновление глобального архива спутниковых фотографий. Агентства, занимающие лидирующие позиции по пополнению архивов данных: НЦ ОМЗ из России; NASA, USGS, DigitalGlobe из США, JAXA из Японии; EUMETSAT/ESA, Airbus Defence and Space, e-GEOS из Европы; SI Imaging Services из Кореи, MDA из Канады и спутники из Китая.

Классификация данных, получаемых при реализации миссий:

1. По принадлежности (коммерческие и государственные);
2. По способу зондирования (есть как активные методы, так и пассивные);
3. По типу сигнала (аналоговые и цифровые);
4. По типу использования (метеорологические, оперативно-мониторинговые, ресурсные и кадастровые).

Космические съемки производятся как с помощью фотографических, так и с помощью сканерных систем. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) осуществляют с помощью датчиков, которые могут быть как активными, так и пассивными. Причем с помощью пассивных датчиков отслеживаются отраженное или испускаемое естественное излучение, а активные датчики сами излучают сигнал и фиксируют отражение от объекта.

Стоит отметить основные свойства космических снимков:

1. Высота съемки;
2. Полоса обзора (от 7 км до 2300 км);
3. Пространственное разрешение – это разрешение, показывающее соответствие участка на поверхности и пикселя на изображении (сверхвысокое разрешение до 1 м, высокое разрешение – от 1 м до 10 м, среднее разрешение – от 10 м до 30 м, низкое разрешение – от 30 м до 250 м, очень низкое разрешение – от 250 м до 3000 м);
4. Временное разрешение – это максимальная частота получения изображения на одной и той же территории сенсором. Есть аппараты, которые делают снимки каждые сутки, есть же и те, которые делают снимок раз в 26 дней;
5. Спектральные характеристики. В зависимости от числа одновременно используемых спектральных зон бывают панхроматические изображения – однозональные изображения, которые получаются во всем видимом диапазоне спектра, многозональные изображения – это изображения, в которых присутствует набор спектральных каналов в одном файле. Под спектральным разрешением понимают определенный интервал длин волн, в которых работает сенсор;
6. Динамический диапазон
7. Угол съемки
8. Тип орбиты космического аппарата

### **Космическая съемка. Характеристики данных ДЗЗ**

В настоящее время существует несколько видов программного обеспечения, позволяющих работать с пространственно распределенной информацией.

Знакомство с ГИС следует начать с рассмотрения природы географических данных. Географическое положение может быть представлено как двумерными, так и трехмерными координатами в декартовой системе координат, есть возможность представления координат в виде

двух координат – широты и долготы. К непространственной информации относят атрибуты (свойства) пространственных объектов. Пространственные отношения, в свою очередь, описывают и определяют внутренние взаимоотношения между пространственными объектами, например, направления объектов относительно друг друга, расстояние между ними, принадлежность (вложенность) объектов. Временные характеристики могут представлять жизненный цикл объекта, сроки получения данных и т.д.

Далее описаны термины, обозначающие основополагающие элементы в базе пространственных данных

- Элементы, смоделированные в базе данных ГИС – это либо реальный объект, либо смоделированный объект.

- Реальный объект – это объект окружающего мира, который представляет интерес для изучения.

Объект базы данных (Объект БД) – это элемент, который представлен в базе данных. Стоит отметить, что объект в цифровом формате представляет полный реальный объект, либо его часть.

Модель базы пространственных данных:

- Для каждого из типов реальных объектов реализуется представление. Каждый тип реального объекта представляется определенными пространственными объектами базы данных.

- Пространственные объекты группируют в слои

- Один слой может быть, как одиночным типом объекта, так и группой типов, которые связаны между собой.

При представлении объектов в базе данных они могут быть представлены как растровым способом в виде ячеек, сеток; так и векторным способом в виде точек, линий и полигонов.

В чем уникальность подхода при создании растровых моделей?

- Изучаемая территория разбивается на ячейки или элементы регулярной сетки.

- В каждой ячейке содержится только одно значение.

- Каждое местоположение соответствует определенной ячейке.

В чем отличие векторной модели данных?

- Модель строится на основании векторов, то есть направленных отрезков прямых

- Базовый элемент – точка.

- Объекты создаются при помощи точек и соединяющих их отрезков или дуг.

- Площадь можно определить с помощью набора линий.

- Векторная модель – это объектно-ориентированная система

Следует определить термины, которые отвечают за безразмерные типы объектов – это точка и узел. Их отличие заключается в том, что точка помогает определить геометрическое местоположение, а узел выступает в качестве конечной точки, либо топологического перехода.

Одномерные типы объектов определяются с помощью линии, линейного сегмента, строки, дуги, связи (между двумя узлами), направленной связи (это связь, имеющая определенное направление), цепочки (это последовательность из линейных сегментов или дуг), колец (это последовательность из цепочек, строк, связей или замкнутых дуг, которые не пересекаются).

Среди двумерных типов объектов стоит отметить пиксель, область, внутреннюю область и полигон.

Определим термины:

Пиксель – это самый малый элемент изображения.

Область – это ограниченный непрерывный объект, причем граница может как принадлежать объекту, так и не принадлежать.

Внутренняя область не включает границу.

Полигон – это объект, состоящий из внутренней области, внешнего кольца и непересекающихся внутренних колец.

После определения терминов стоит отметить в чем плюсы растровой и векторной моделей данных.

При использовании растровой модели человек имеет дело с более простой структурой данных, можно выполнять оверлейные операции, работать со сложными структурами, снимками.

При применении векторной модели используется компактная структура, присутствует топология, более качественная графика по сравнению с растровой моделью.

## **Программное обеспечение для обработки данных ДЗЗ. Знакомство со ScanEx Image Processor**

Перейдем к конкретному примеру программного обеспечения, позволяющего обрабатывать данные ДЗЗ - **ScanEx IMAGE Processor**

Программное обеспечение ScanEx IMAGE Processor позволяет выполнять следующие операции:

- Пакетная обработка растровых данных
- Импорт/Экспорт растровых данных
- Визуализация растровых данных
- Геометрическая коррекция растровых данных
- Фильтрация изображений
- Радиометрическая обработка изображений
- Спектральные преобразования
- Атмосферная коррекция
- Топографическая коррекция
- Классификация растровых изображений
- Алгоритм нейросетевой классификации и GTM
- Объектно-ориентированная классификация и тематическая интерпретация многозональной съемки
- Пользовательские алгоритмы обработки изображений
- Интерактивное создание тонально сбалансированных мозаик
- Увеличение пространственного разрешения
- Анализ изменения территории во времени – алгоритмы Change Detection
- Работа с фрагментом изображения
- Тематические продукты по данным MODIS
- Работа с векторными слоями
- Обработка рельефа
- Тематическая обработка радиолокационных снимков
- Тематическая обработка многозональных снимков
- Расчет радиационного баланса
- Гидрологическое моделирование
- 3D моделирование и визуализация
- 3D модель земного шара
- Средства разработчика (SDK)
- Предпечатная подготовка

## **Основы картографии, основы геоинформационных систем**

В картографии используются традиционные карты, стоит отметить, что они выступают в качестве образно-знаковой пространственной модели действительности. В ДЗЗ используются космические снимки, причем снимок картой не является.

В геоинформатике используются как снимки, так и карты.

Картографические методы можно сочетать с разнообразными методами математического моделирования.

В основе опций геоинформационных систем порой следует провести анализ данных с помощью статистических методов, либо с помощью алгоритмов обработки.

Вы можете воспользоваться сэмпингом растров. Сперва загрузите изображение.

Загрузка изображений из каталога в ScanEx Image Processor.

1. Необходимо через главное меню вызвать Файл, затем Открыть растр. На рисунке 2 отображена вкладка, которую увидит пользователь. После выставления необходимых настроек, а именно на вкладке «Добавить растры», сперва выбирается файл, затем необходимо импортировать растр. Если вы выберете растр, кликните по нему два раза, то диалоговое окно закроется автоматически.

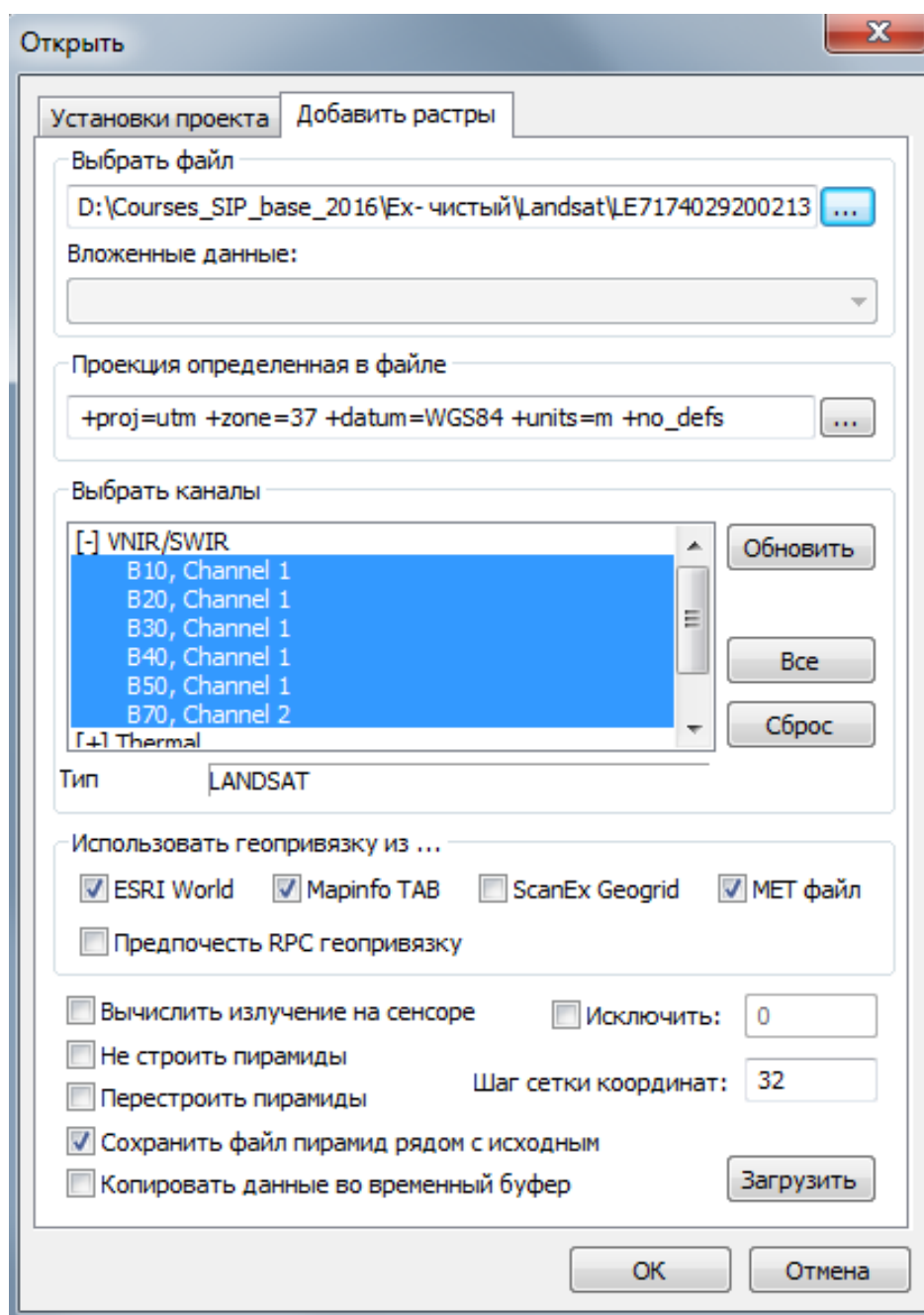


Рис. 2. Вкладка «Добавить растры»

Стоит отметить, что некоторые данные представляют собой набор комплектов. В таком случае после загрузки растра становится активной область «Выбрать каналы». Список представляет собой иерархическую структуру из нескольких разделов: VNIR/SWIR – видимая, ближняя и инфракрасная зоны, Thermal – дальняя инфракрасная группа каналов, PAN – панхроматический канал.

После завершения настроек изображение следует открыть в отдельном окне: Инструменты – Уместить в окне. После этого следует выполнить настройку изображения: Настройка отображения – Отображение.

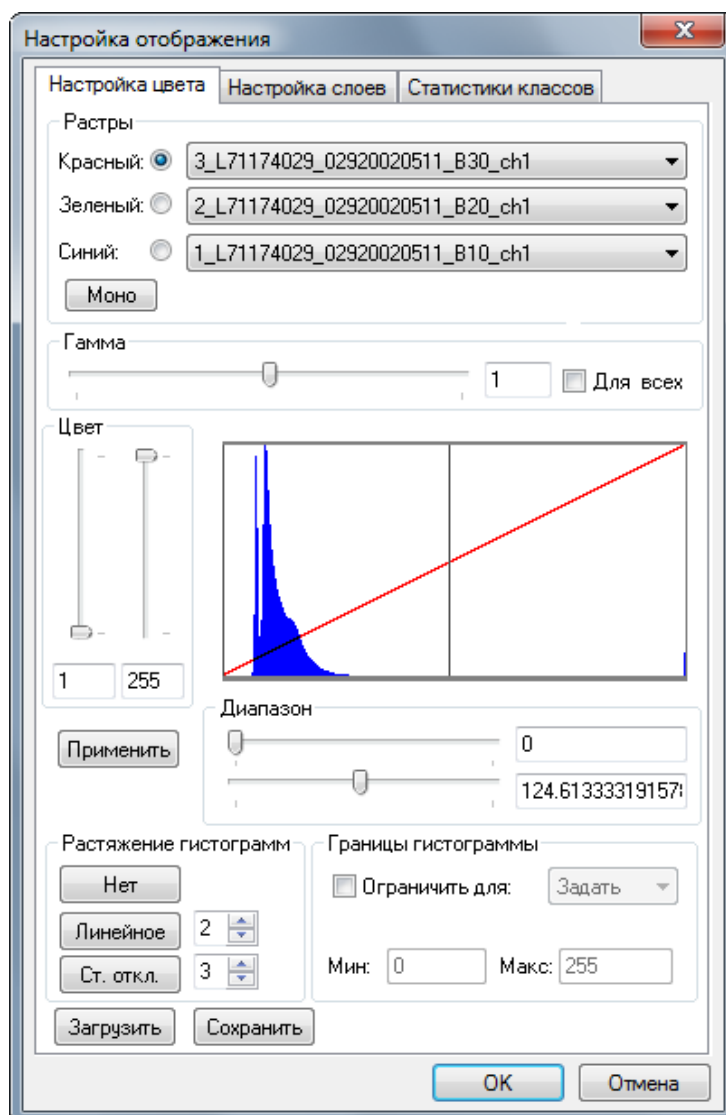


Рис. 3. Настройка отображения в диалоговом окне

После того, как выполнили настройку отображения, следует использовать инструмент из диалогового окна «Сэмплинг растров» (Рис.4). Есть возможность реализации двух операций – получать выборку по значениям яркости; получить статистические характеристик, которые указаны в растровых каналах, с учетом полигональных объектов.

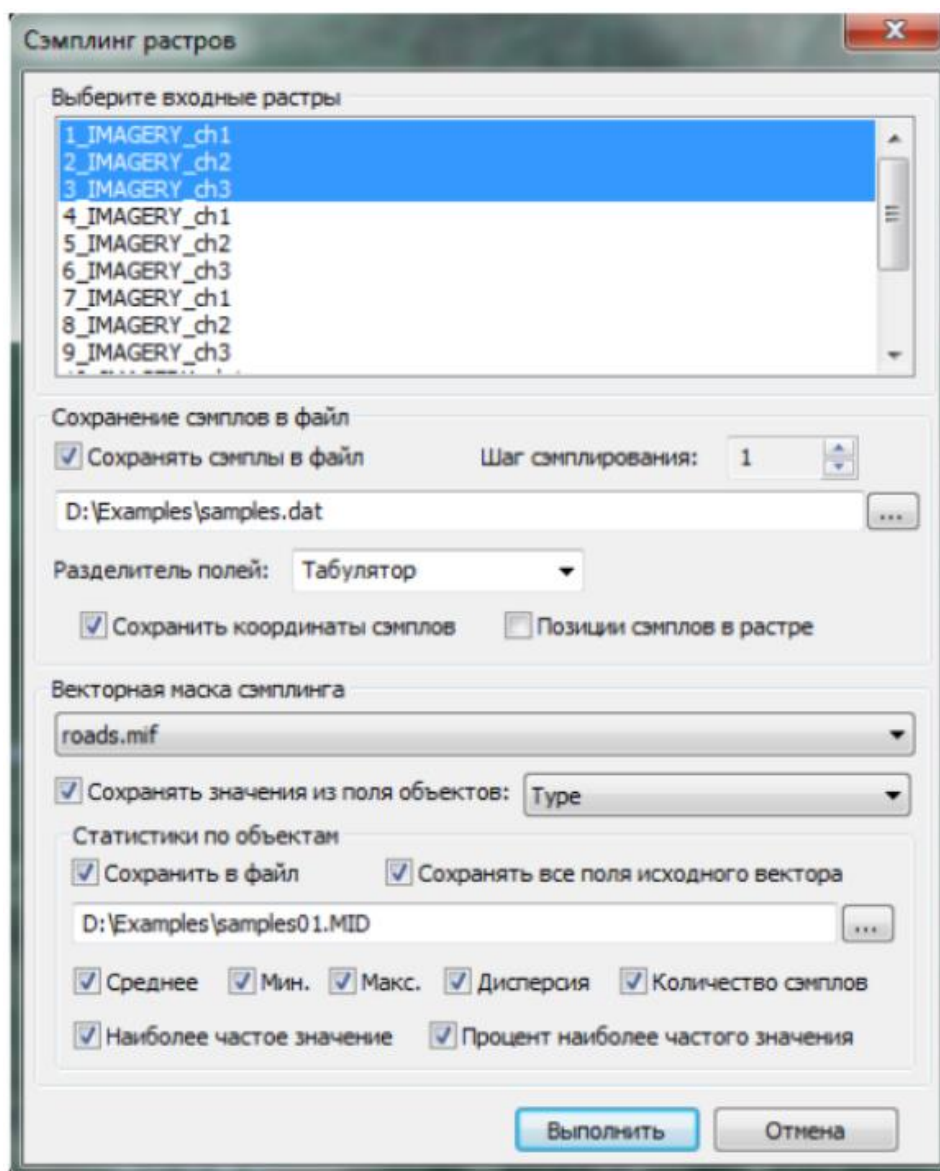


Рис. 4. Диалоговое окно Сэмплинг растров

Пользователь может сохранить координаты сэмплов, то есть в текстовом файле будут сохранены координаты пикселей.

Если пользователь кликнет Позиции сэмплов в растре, то это означает, что сохранение координат пикселей в пиксельной системе координат.

Стоит отметить, что названия флагов максимально отражают действия, которые будут выполнены программой.

### **Классификация данных ДЗЗ. Детектирование изменений на разновременных данных**

Классификация данных ДЗЗ можно проводить несколькими способами, которые были обозначены выше.

Рассмотрим подробнее неуправляемую классификацию ISODATA, а после – управляемую классификацию с помощью нейронных сетей прямого распространения, древовидного классификатора, принцип максимальной энтропии.

Сперва более подробно будет рассмотрен алгоритм ISODATA. При его применении реализуется: начальная обработка входных данных – используется метод главных компонент, затем к обработанным растрам применяется метод стандартных отклонений. Количество классов задает пользователь. Затем на основании Евклидовой метрики все пиксели изображений присваиваются



определенным классам. После этого осуществляется пересчет средних значений в классе. Кластеры могут объединяться или, наоборот, разделяться. Эта процедура будет производиться до тех пор, пока не будет получен итоговый растровый слой, где все объекты будут классифицированы.

Спектральная классификация производится без учителя (Рис.5).

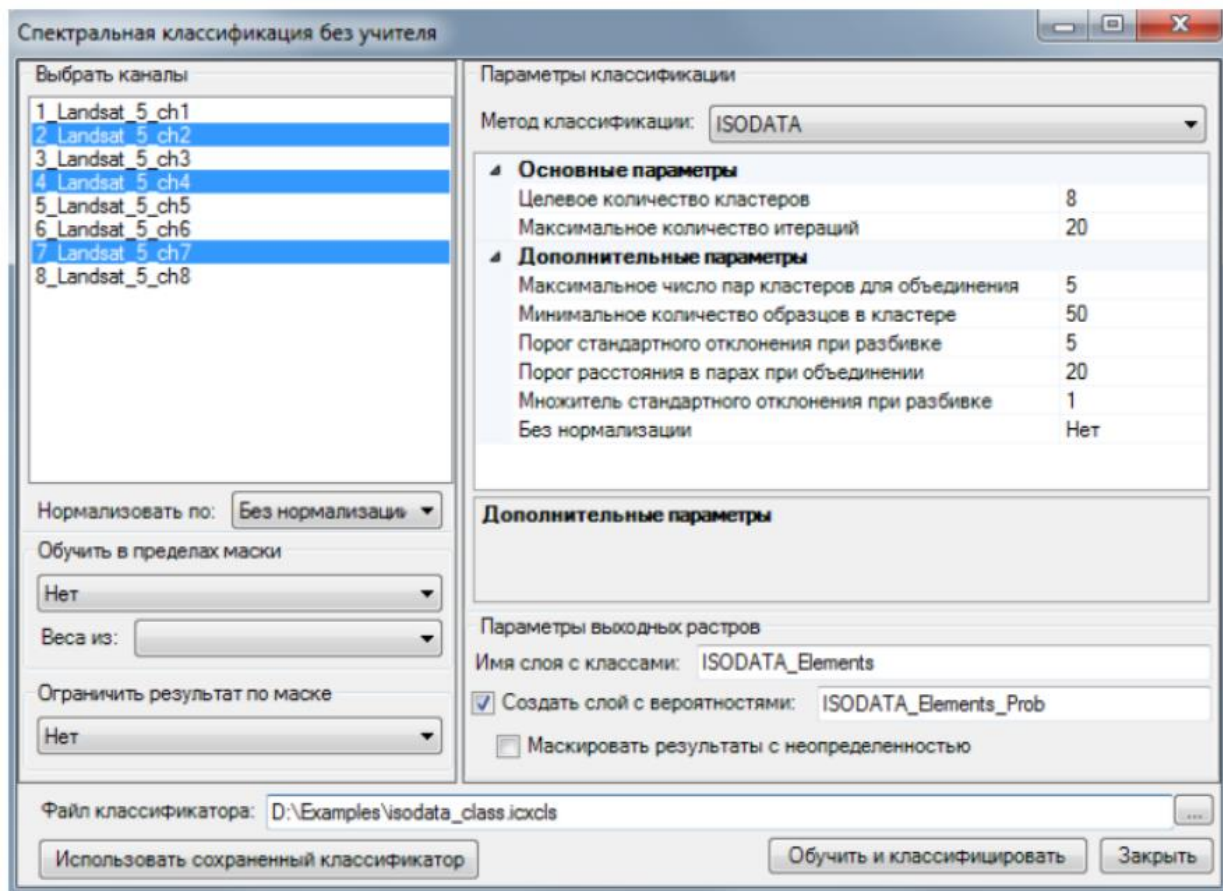


Рис.5. Диалоговое окно Спектральная классификация без учителя

В пункте «Выбрать каналы» пользователь должен выбрать спектральные каналы, которые следует обработать.

Нормализацию каналов можно провести тремя способами: без предварительной нормализации, нормализовать все данные, то есть все пиксели растра, по всем данным для обучения, то есть будут нормализованы только те пиксели, которые указаны в качестве пикселей для проведения обучения.

При использовании нейронных сетей прямого распространения следует создавать эталонный образец, на основании которого будет производиться обучение нейронной сети.

Спектральная классификация с учителем настраивается помощью диалогового окна с аналогичным названием (Рис.6).

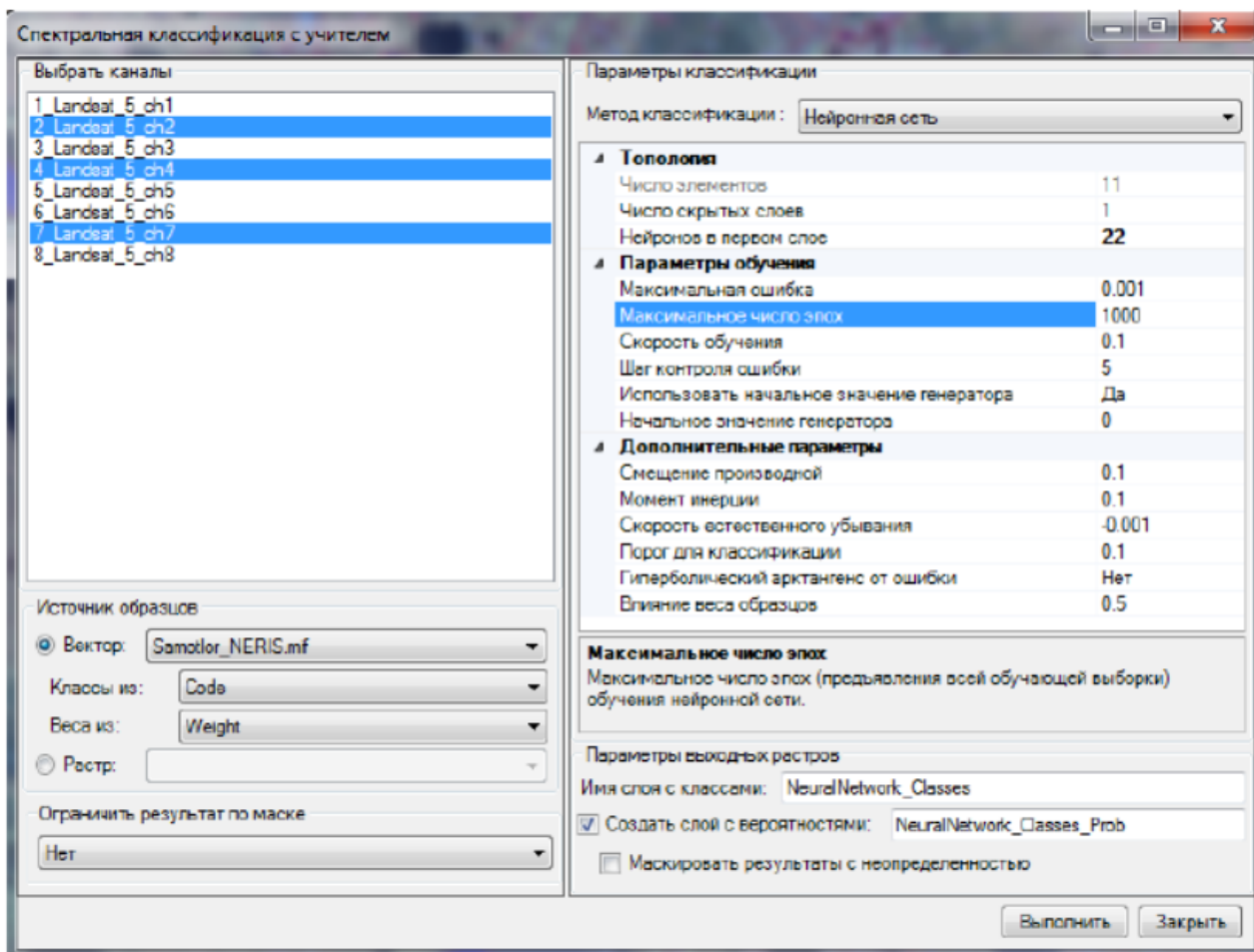


Рис.6. Спектральная классификация с учителем

При спектральной классификации с учителем необходимо задать в качестве метода классификации нейронную сеть, затем задать спектральные каналы, которые должны пройти процедуру классификации, после чего следует обозначить эталонный образец. Стоит отметить, что пользователь может самостоятельно провести настройку весов.

При выборе метода Нейронная сеть можно настроить параметры по определению топологии нейронной сети, в числе элементов можно определить количество тематических классов. При определении количества скрытых слоев можно определить от 0 до 2 скрытых слоев.

Древовидный классификатор основывается на том, что применяется группа древовидных классификаторов. В каждом из деревьев в вершине выполняется проверка значения переменной с пороговым значением.

Ниже на рисунке 7 продемонстрировано диалоговое окно Спектральная классификация с учителем, при выборе метода классификация «деревья».

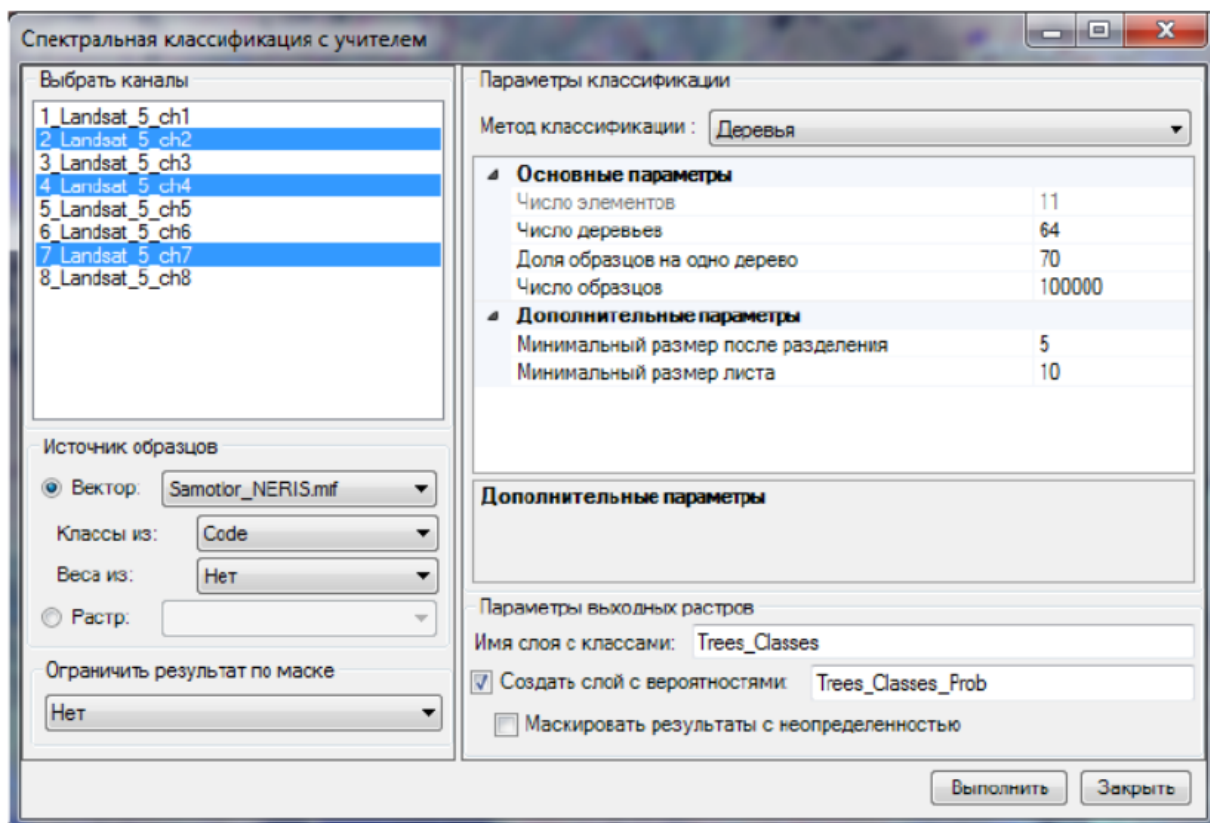


Рис.7. Диалоговое окно Спектральная классификация с учителем, метод классификации - «деревья»

Помимо этого, есть еще возможность использования бинарного классификатора. Для этого необходимо выбрать в классификации с учителем максимальную энтропию, а затем бинарный классификатор и выставить необходимые настройки (Рис.9).

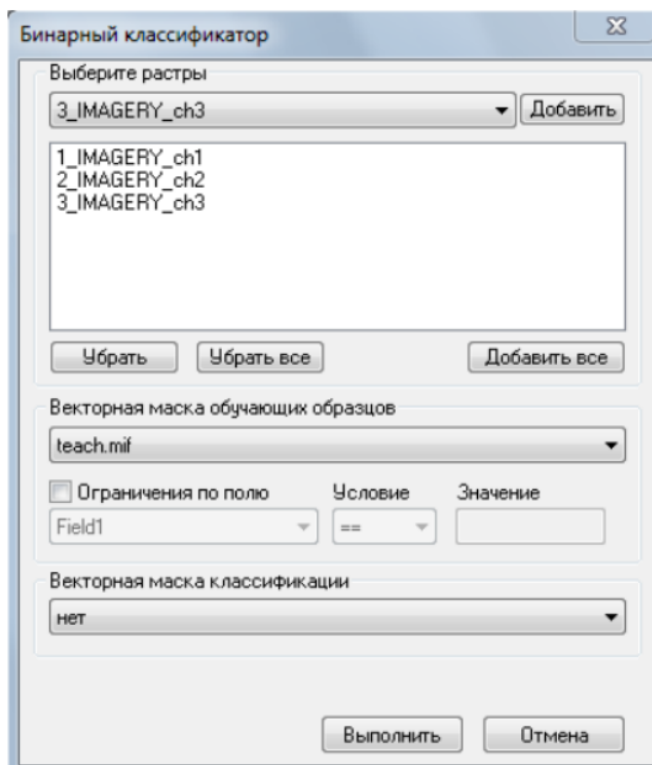


Рис.9. Бинарный классификатор

Пользователь может выбрать растры, которые необходимо классифицировать. Важно, чтобы в используемых каналах был одинаковый базис. При применении классификации максимальной энтропией может возникнуть ситуация, что недостаточно образцов для обучения. В этом случае пользователю будет выведено информационное сообщение.

### Детектирование изменений на разновременных данных

Многомерное детектирование изменений (MAD) – это современный метод детектирования изменений на снимках, которые были сделаны в разное время.

Это попиксельный метод, в котором реализовано линейное преобразование яркости. Цель этого преобразования – получить одноканальный снимок, в котором будут отображены отличия в объектах между снимками.

Пользователь должен обозначить референсные растровые каналы, сравниваемые каналы в том же порядке. Векторные маски не включать (Рис. 10), тогда сравнение будет проведено в пределах загруженного растра.

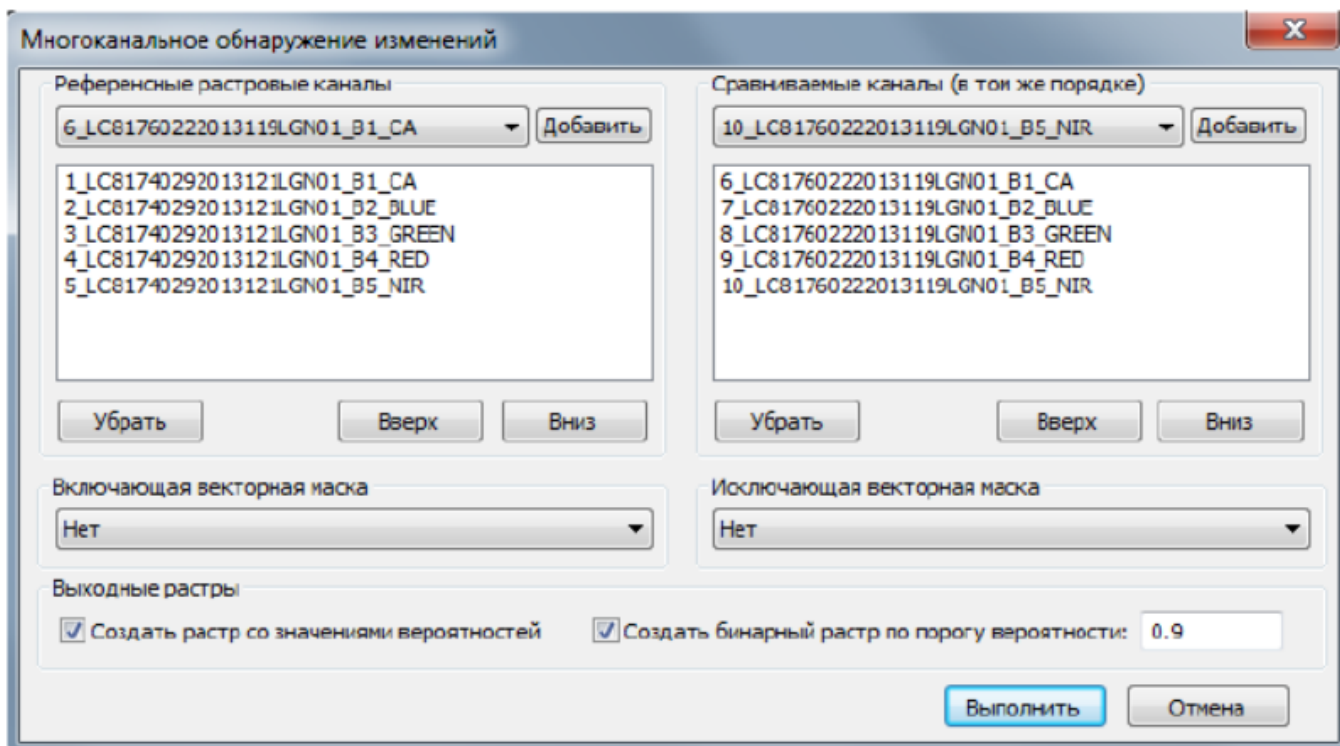


Рис. 10. Диалоговое окно Многоканальное обнаружение изменений

Если же Включающая векторная маска будет установлена «Выбранный регион», то будет выбрана прямоугольная область.

Если выбрать «Векторный слой», то будут сравниваться выбранные загруженные векторные слои.

Пример детектирования изображен на рисунке 11.

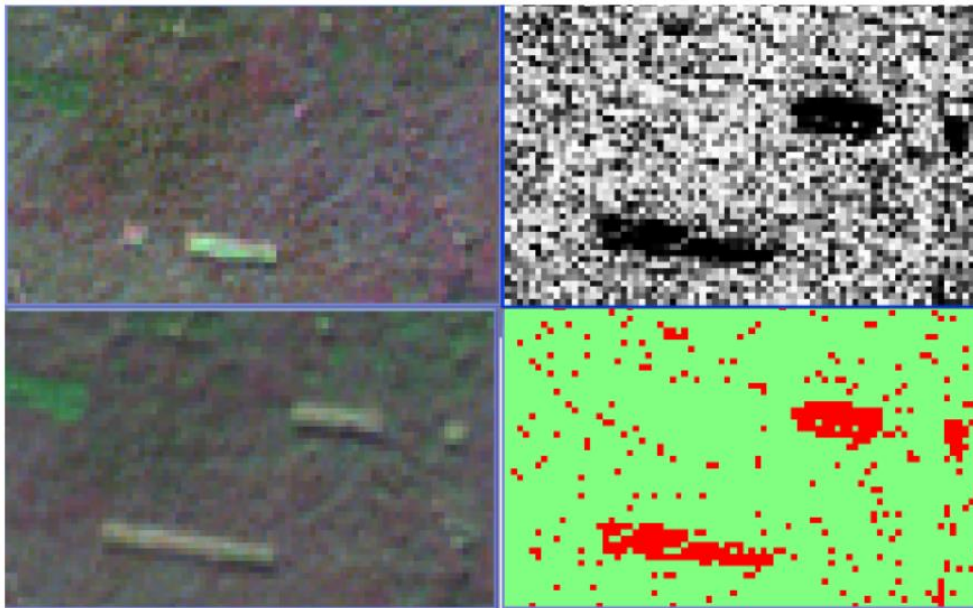


Рис.11. Детектирование аномалий (рубок)

На рисунке 12 пример детектирования вероятностного и бинарного.

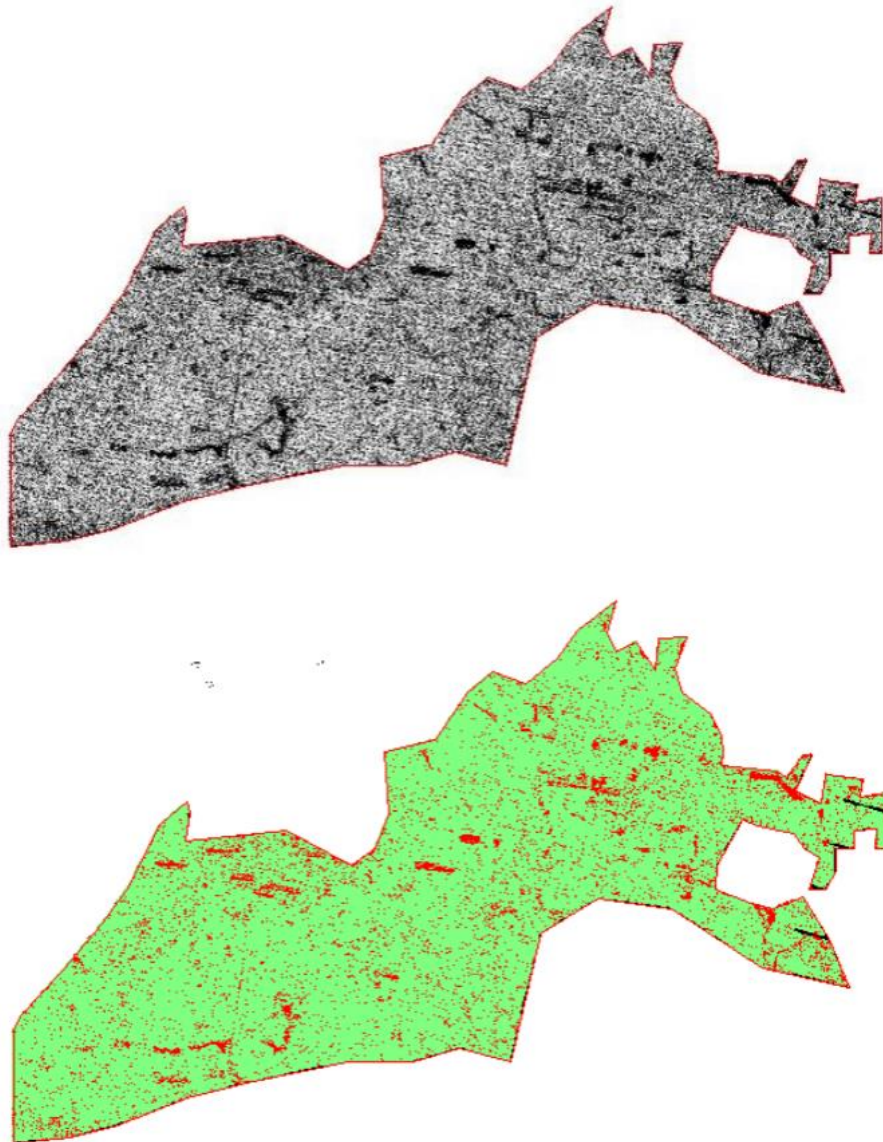


Рис. 12. Вероятностное и бинарное детектирование аномалий

На рисунке 13 пример детектирования растительности.

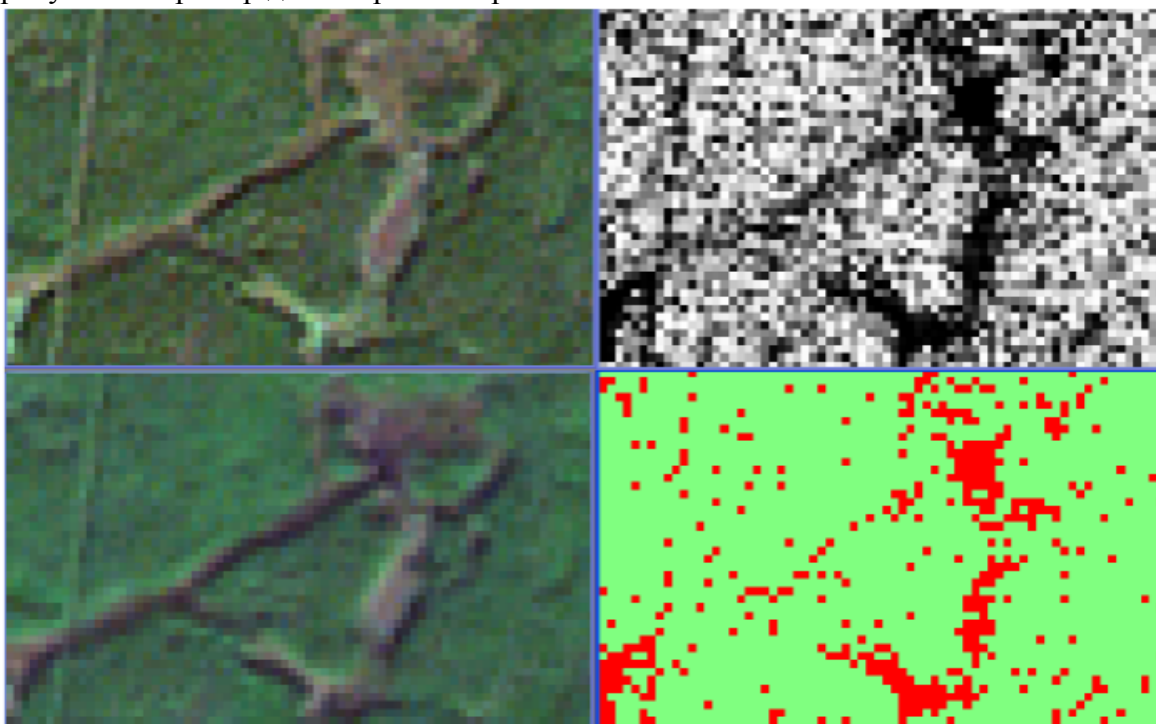


Рис.13. Пример детектирования растительности.

Описанные методы позволяют решать тематические задачи по оценке природных ресурсов и окружающей среды. Специалистами выделяется четыре основных области:

1. Геология и ресурсы
2. Гидрология и водные ресурсы
3. Растительные покровы, лесные покровы
4. Воздействие на окружающую среду

Например, с помощью снимков можно выявить карьерные разработки при освоении недр, определить и изучить внутреннюю структуру объектов. При исследовании лесов можно определить, где проводились рубки, типы рубок. Можно с помощью снимков ДЗЗ выявлять несанкционированные места, в которых размещаются отходы производства, несанкционированные застройки, оценка густоты застройки и озеленение городов. Так же есть возможность отслеживать аэрозольные загрязнения, наблюдать поверхности водоемов, их загрязнения, прогнозировать распространение загрязняющих веществ.

#### **Примеры обработки снимков**

На снимках ДЗЗ можно детектировать и воду. Далее разобран пример проекта.

На рисунке 14 изображено изображение по каналам В1-В3 – в реальных цветах (RGB):

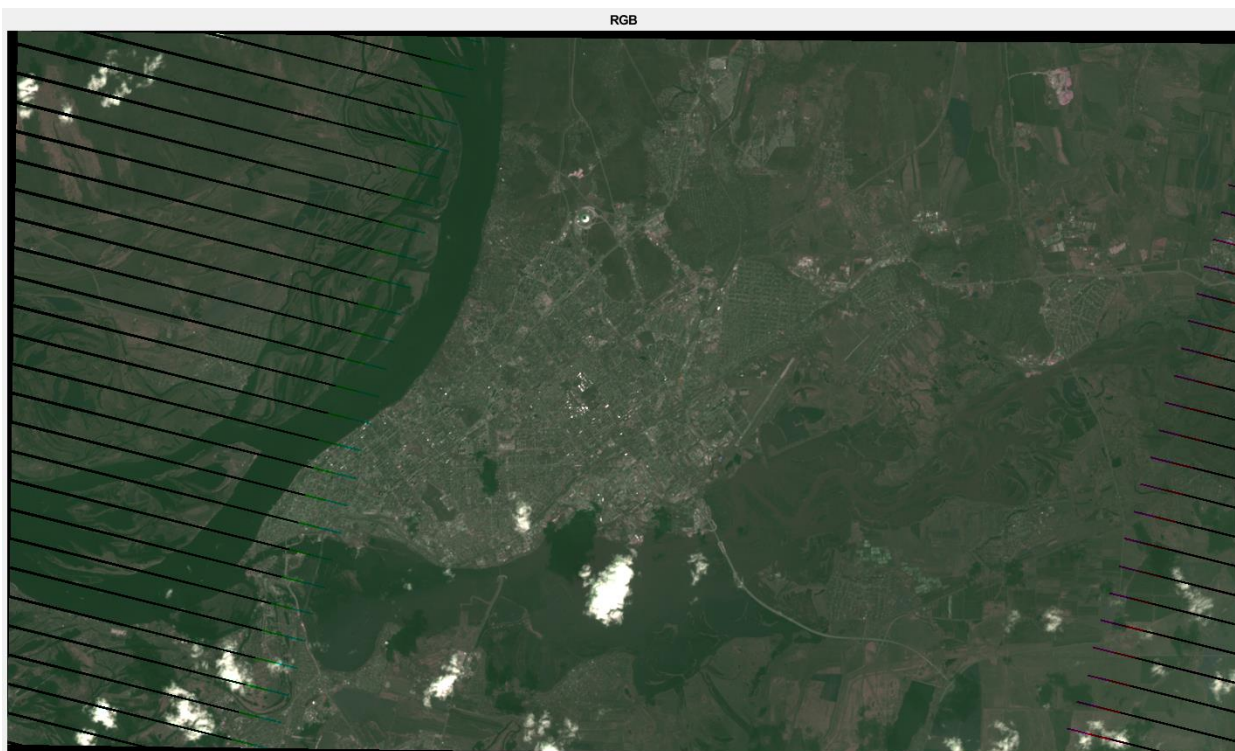


Рисунок 14. Изображение в RGB

Дополнительно к каналам В1-В8 вводятся канал 9 – NDWI. Он вычисляется как  $(G-NIR)/(G+NIR)$ , где G – зеленый канал, NIR – ближний ИК канал. Результаты представлены на рисунке:

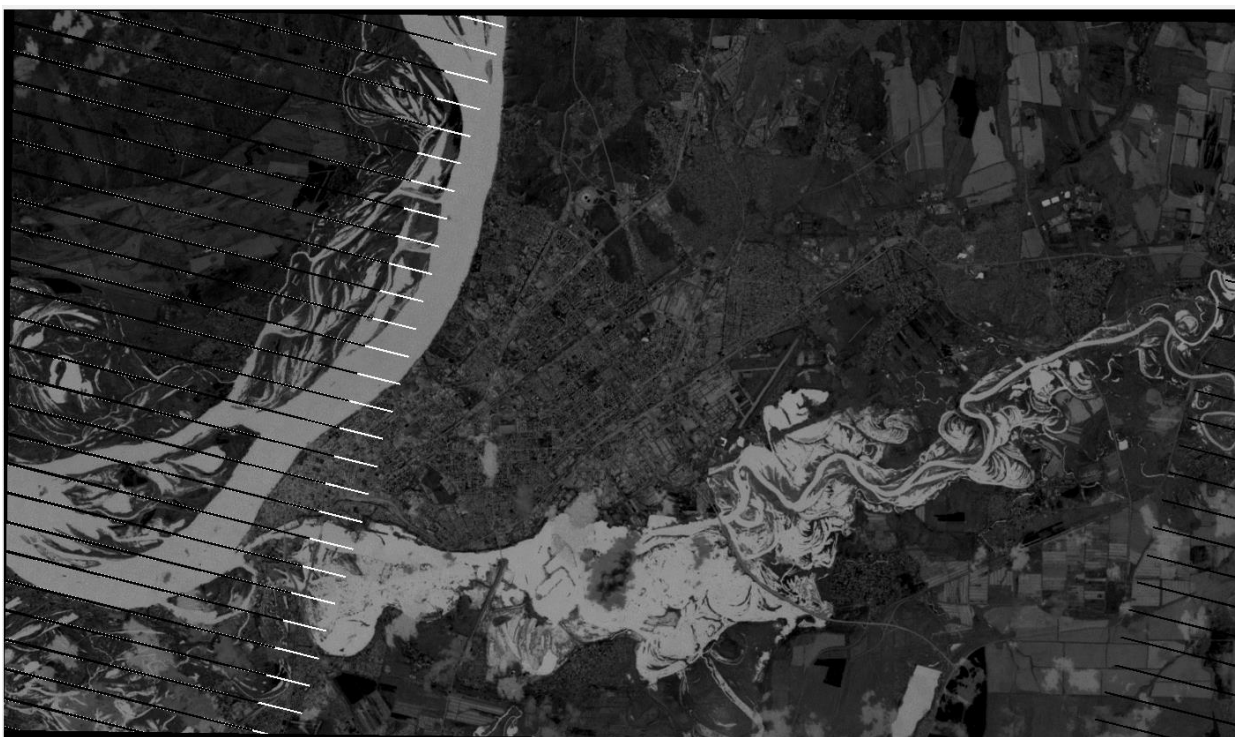


Рисунок 15. Изображение в ближнем ИК

После открытия изображений визуально определяется интересующая область с определенным типом поверхности, в проекте было решено детектировать воду. По изображению берется координата точки и задается ее радиус. Программа анализирует все точки, попавшие в область и

вычисляет средние показания по каждому из каналов, в том числе по каналам индексов (например, NDWI).

Далее для каждого канала необходимо указать допустимое отклонение. Если точка не выходит за ограничения, то она подсвечивается. Это реализовано путем подмены в RGB изображении точки на [255 0 0], что соответствует красному цвету.

При установке порога в 50% по NDWI и отключении других каналов наблюдаем много ложных срабатываний:



Рисунок 16. Подсветка воды при 50% допуске по NDWI

При 20% многие объекты не были обнаружены.



Рисунок 17. Подсветка воды при 20% пороге NDWI



В итоге решено остановиться на 30% пороге. Все еще есть ложные срабатывания, но не теряются полезные объекты.

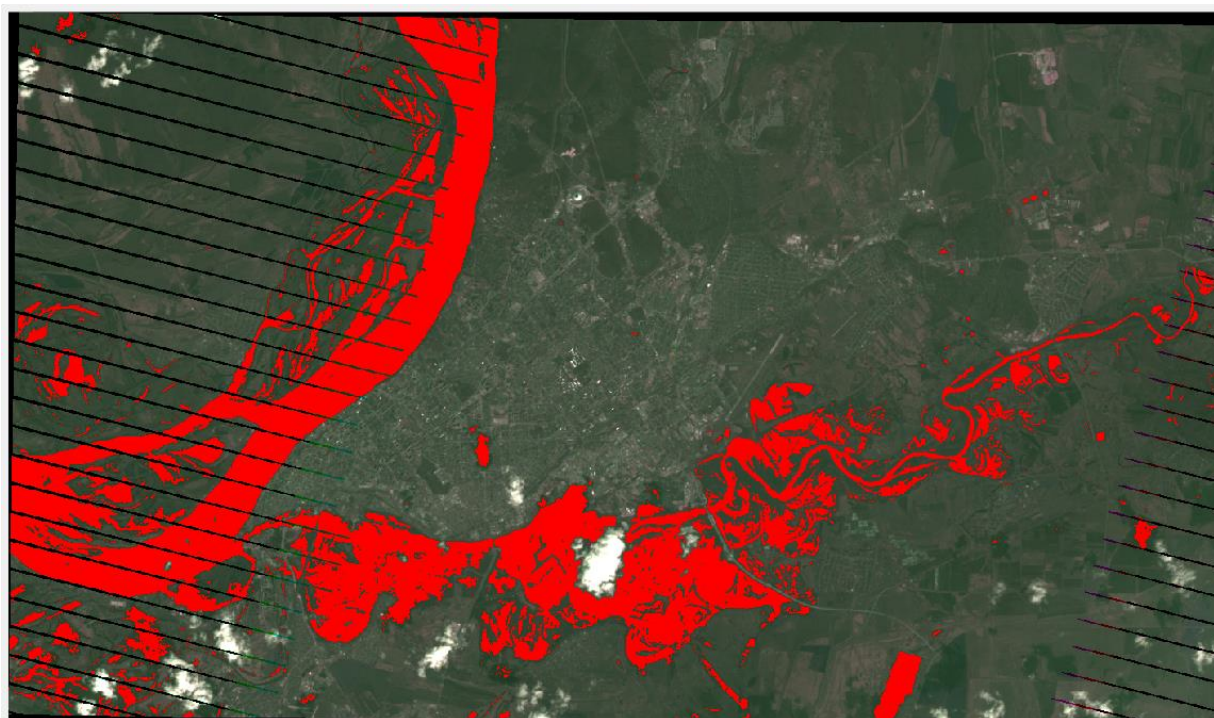


Рисунок 18. Подсветка воды при 30% пороге NDWI с дополнительной фильтрацией по ближнему ИК

При необходимости можно дополнительно сделать фильтрацию по температуре (20%), это уберет значительную часть озер, в которых температура выше, чем в реках

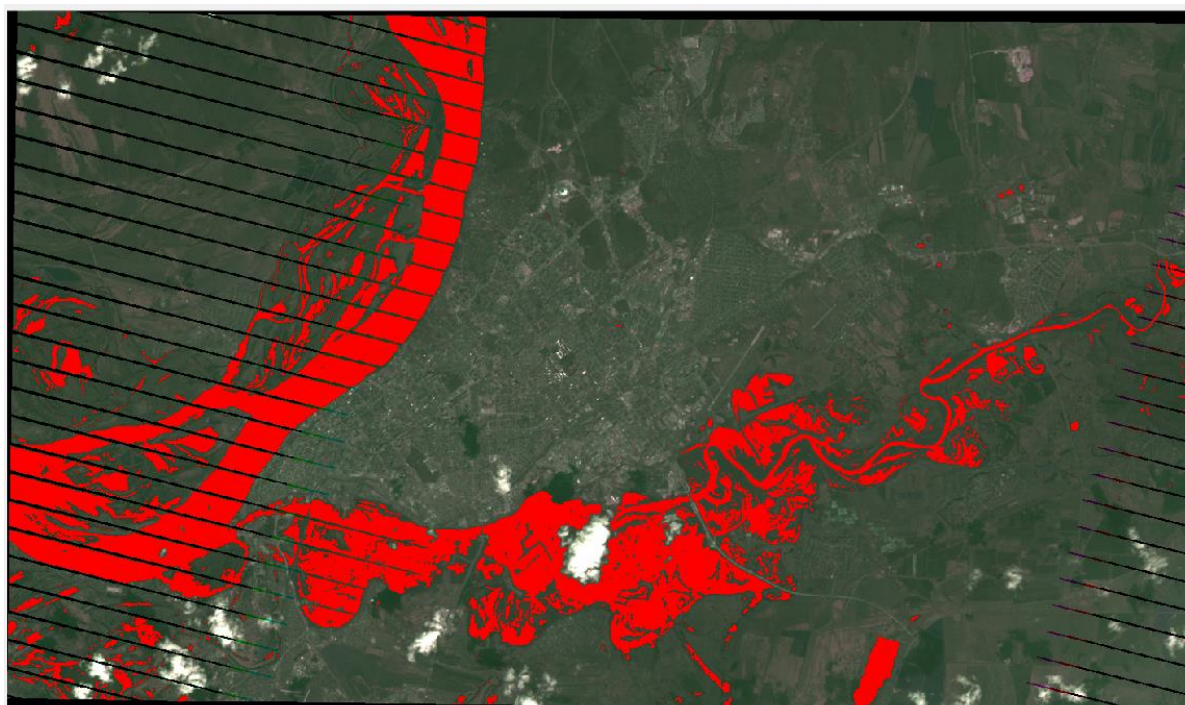


Рисунок 19. Подсветка воды при 30% пороге NDWI, с фильтрацией по ближнему ИК и температуре

### **Список литературы**

1. В.И. Кравцова «Космические снимки и экологические проблемы нашей планеты». Географический факультет МГУ им. Ломоносова, 2011, Москва.
2. Методическое руководство «Космические снимки и веб-ГИС технологии на уроках географии». Издательство ИТЦ «СКАНЭКС», Москва, 2015.
3. Берлянт А.М. Картография: учебник (2002-2014).
4. Лисицкий Д.В. Геоинформатика: учеб. пособие, Новосибирск: СГГА, 2012.