

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Обработка радиолокационных данных

*Электронные методические указания
к лабораторной работе № 3*

**САМАРА
2010**

Составители: ассистент Копенков Василий Николаевич,
ассистент Баврина Алина Юрьевна.

В лабораторной работе №3 по дисциплине «Методы обработки данных дистанционного зондирования» рассматривается инструментарий для углубленной обработки и анализа данных ДЗЗ с помощью радиолокационных аппаратов. Рассматриваются особенности радиолокационных снимков, вопросы геопривязки данных к территории, фильтрации снимков, вычисления текстурных характеристик и выделения водной поверхности для задачи получения зоны затопления паводковыми водами.

Методические указания предназначены для магистров по направлению 010400.68 «Прикладная математика и информатика», обучающихся по программе «Математические и компьютерные методы обработки изображений и геоинформатики».

Цель работы – изучение методов обработки и анализа космических снимков; получение навыков работы со специальным программным обеспечением; применение навыков обработки изображений к исследованию и анализу космических снимков.

1. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ


1.1. Инструкции к выполнению лабораторной работы.

1. Ознакомьтесь с руководством пользователя программного обеспечения обработки данных ДЗЗ.
2. Поместите все примеры в отдельно созданную директорию.
3. Предварительно прочитайте задание, затем выполните все действия, следуя инструкциям.
4. Сдайте работу преподавателю, показав окончательные и промежуточные результаты.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1. Открытие данных ДДЗ

В программе реализован подход единого базиса (т.е. единой системы координат и пространственного разрешения), к которому приводятся все изображения, загруженные в программу. Данный принцип позволяет одновременно работать с изображениями, исходно лежащими в различных картографических проекциях и имеющих различное пространственное разрешение.

Загрузка данных осуществляется командой **File->Open** главного меню или быстрой кнопкой  панели инструментов. Диалог **Open** состоит из двух вкладок – **Project Settings** и **Add Images**.

Перед загрузкой изображения необходимо указать систему координат и пространственного разрешения в вкладке **Project Settings** диалога **Open**.

Необходимо помнить, в случае автоматического определения картографической проекции и пространственного разрешения, данные параметры будут заданы в соответствии с первым загруженным в программу растровым изображением или векторным слоем, вне зависимости от автоматического определения картографической проекции и разрешения у последующих подгружаемых слоев.

Активизация автоматического режима происходит установкой флажка напротив опций **Auto Pixel Size** или **Auto Projection** в вкладке **Project Settings**.

Кнопка **Apply** – отвечает за изменение интерактивно внесенных в процессе работы настроек проекта, таких как картографическая проекция и пространственное разрешение (Рис. 1).

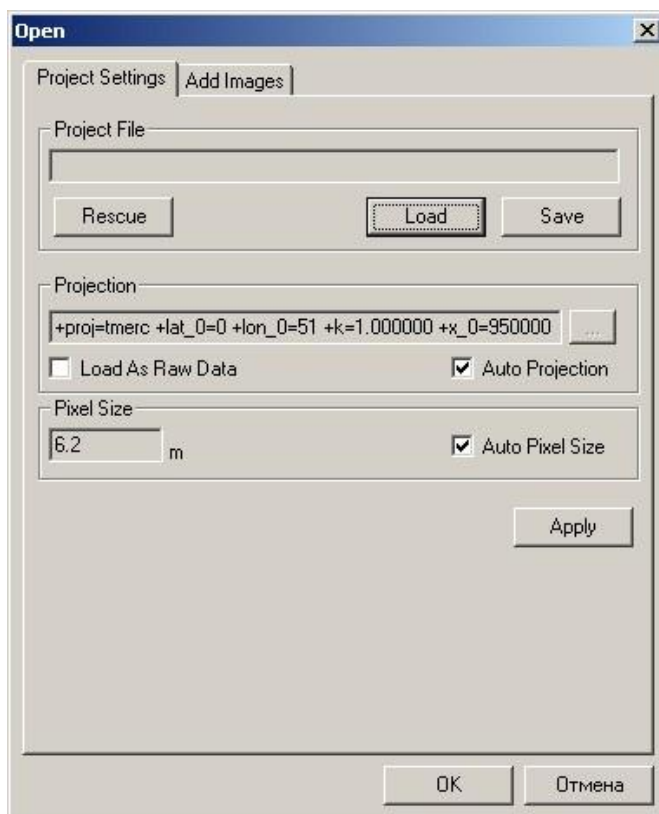


Рис. 1 Диалог **Open** закладка **Project Settings**

Загрузка изображений в проект осуществляется в закладке **Add Images** диалога **Open** (рис.2).

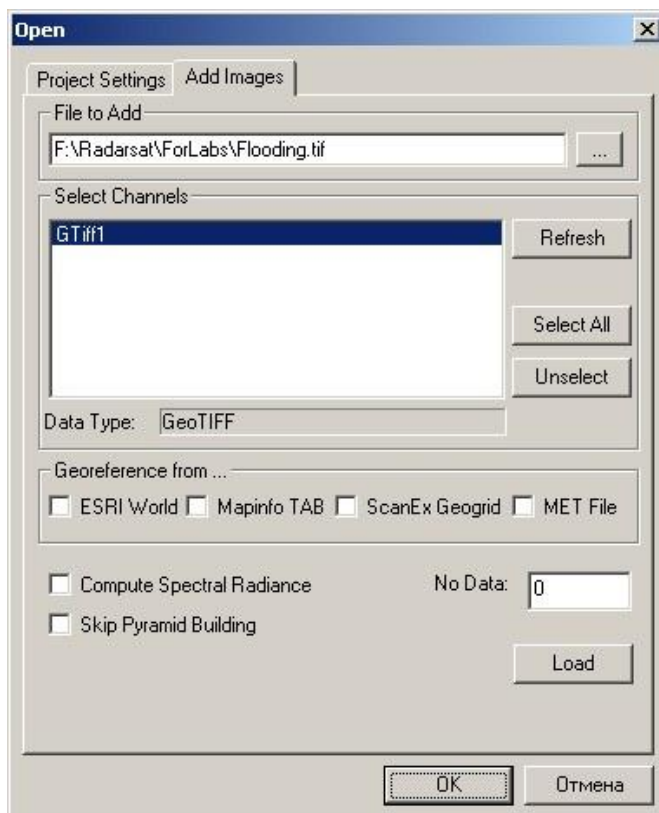


Рис. 2 Диалог **Open** закладка **Add Images**

В группе **File to Add** задается путь к загружаемому файлу. В списке **Select Channels** отображаются каналы подгружаемого изображения, и выбор каналов для загрузки в программу производится кнопками:

Кнопка **Refresh** – обновляет список.

Кнопка **Select All** – выбирает все каналы в загружаемом файле.

Кнопка **Unselect** – снимает выделение с выбранных каналов.

Поле **Data Type** – показывает тип загружаемых данных.

Группа **Georeference from...** считывает информацию о системе координат и пространственном разрешении загружаемого файла из дополнительных файлов.

В поле **No Data** - прописываются значения «нет данных» для загружаемого изображения.

Кнопка **Load** – загружает выбранные каналы в рабочий проект. Кнопка **OK** – закрывает диалог с сохранением настроек рабочего проекта. Кнопка **Cancel** – закрывает диалог без сохранения настроек рабочего проекта.

2.2 Инструментарий Extent

Инструмент **Extent** задает видимую часть для всех загруженных в программу изображений.

Для вызова инструмента необходимо выполнить команду **Tools→Extent** главного меню, будет загружен диалог **Extent**. Диалог **Extent** состоит из двух вкладок.

Вкладка **Set Extent** (рис. 3) задает видимую область. Группа **Extent Properties** позволяет задать видимую область путем указания координат левого верхнего угла и размера области.

Кнопка **Region to Extent** позволяет задать видимую область по выделенной прямоугольной области, заранее установленной инструментом **Select Region**.

Кнопка **Top Window 2 Extent** позволяет задать видимую область по границе изображения в активном рабочем окне.

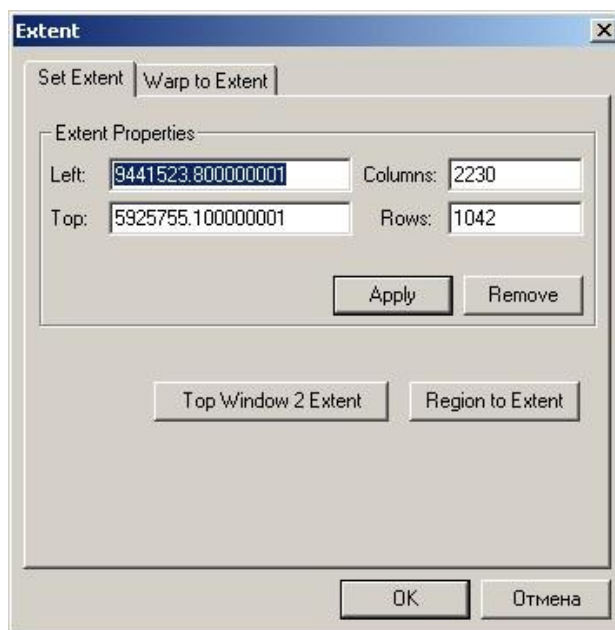


Рис.3 Диалог *Extent* закладка *Set Extent*

Закладка **Warp to Extent** – позволяет произвести ресемплинг растрового изображения из исходной системы координат в базис текущего рабочего проекта (рис. 4). При некоторых видах обработки (например, при автоматической векторизации) возникает необходимость выполнить ресемплинг изображения.

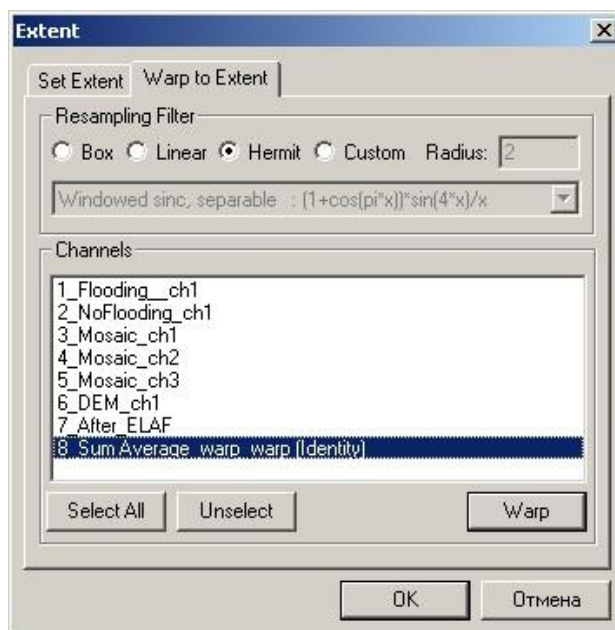


Рис.4 Диалог *Extent* закладка *Warp to Extent*

При ресемплинге можно использовать один из сверточных фильтров, выбрать который можно в группе **Resampling Filter**.

2.3. Визуализация изображений

Вывод на дисплей загруженного изображения осуществляется через рабочее окно программы, которое открывается командой **New RGB Window** в меню **Window**. За настройку параметров отображения в режиме **RGB** и **Grayscale** отвечает диалог **View Settings**.

Диалог **View Settings** – вызывается командой **Display View Settings** главного меню. Диалог состоит из трех закладок **Adjust Colors**, **Adjust Layers** и **Statistics of Classes** (рис. 5).

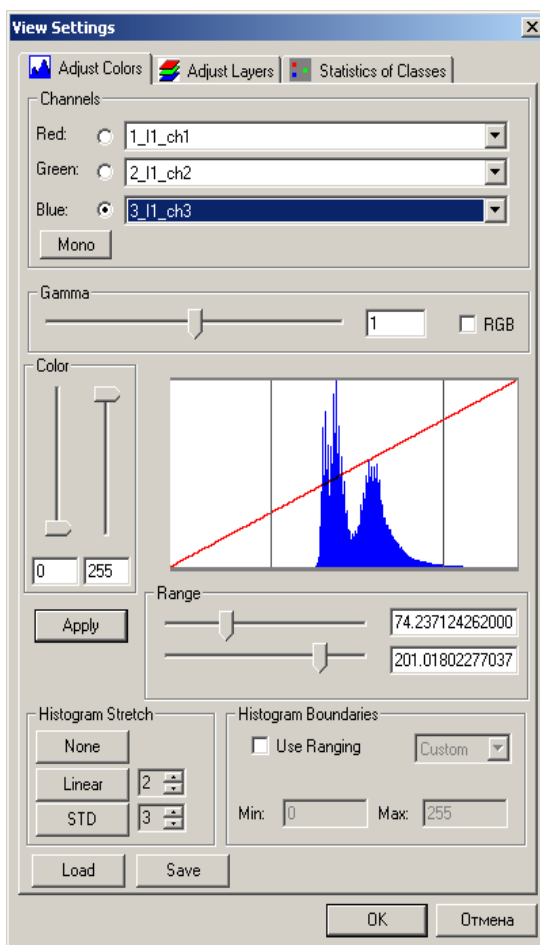


Рис. 5 Диалог **View Settings**, закладка **Adjust Colors**

На закладке **Adjust Colors** настраивается отображение растровых каналов.

В группе **Channels** – задаются каналы, отображаемые в слотах **RGB**. Список **Red** – задает отображение выбранного канала в красном слоте. Список **Green** – задает отображение выбранного канала в зеленом слоте. Список **Blue** – задает отображение выбранного канала в голубом слоте.

Для создания **Gray** представления необходимо либо интерактивно установить

один и тот же канал во все слоты, либо указать нужный канал в **Red слоте** и нажать на кнопку **Mono**, с помощью которой будет автоматически указан данный канал во всех остальных слотах.

Группа **Gamma** – задает гамма коррекцию. Движком регулируется величина гамма коррекции. Флаг **RGB** – при включении распространяет изменения гамма коррекции на все три слота **RGB**, в выключенном состоянии действие распространяется только на выделенный слот.

В группах **Color** и **Range** – вертикальными и горизонтальными движками регулируется яркость и контраст выделенного слота. В полях снизу и справа от движков можно задать значения вручную.

Кнопка **Apply** – подтверждает использование значений, заданных в полях групп **Gamma, Color** и **Range**.

Группа опций **Histogram Boundaries** включается флагом **Use ranging**, где можно произвести масштабирование гистограммы посредством задания ее пороговых значений в полях **Min**, где задается минимальное используемое значение, и **Max**, где задается максимальное используемое значение, также выбрать динамический диапазон отображения графика гистограммы в раскрывающемся списке напротив опции.

В группе **Histogram Stretch** производит различные преобразования с гистограммой изображения.


- Кнопка **STD** – выполняет нормализацию гистограммы, в поле напротив наборными счетчиком указывается число используемых стандартных отклонений при расчете нормализации.
- Кнопка **Linear** – выполняет линейное преобразование гистограммы, в поле напротив наборными счетчиками указывается коэффициент линейного преобразования диапазона гистограммы.
- Кнопка **None** – отменяет преобразование гистограммы.

На закладке **Adjust Layer** расположены элементы управления слоями, отображаемыми в текущем рабочем окне.

2.4. Работа с векторными слоями.

Программа позволяет импортировать и экспортировать векторные карты (слои), в форматах **MapInfo (MIF/MID)** и **ESRI ArcInfo / ArcView (SHP)**.

2.4.1 Загрузка векторных слоев

Для загрузки векторных слоев используется пункт меню **Vector->Vector Layers Control** или кнопка  на панели инструментов.

При этом на экране появляется диалог управления загрузкой и представлением векторных слоев **Vector Layers Control** (рис. 6).

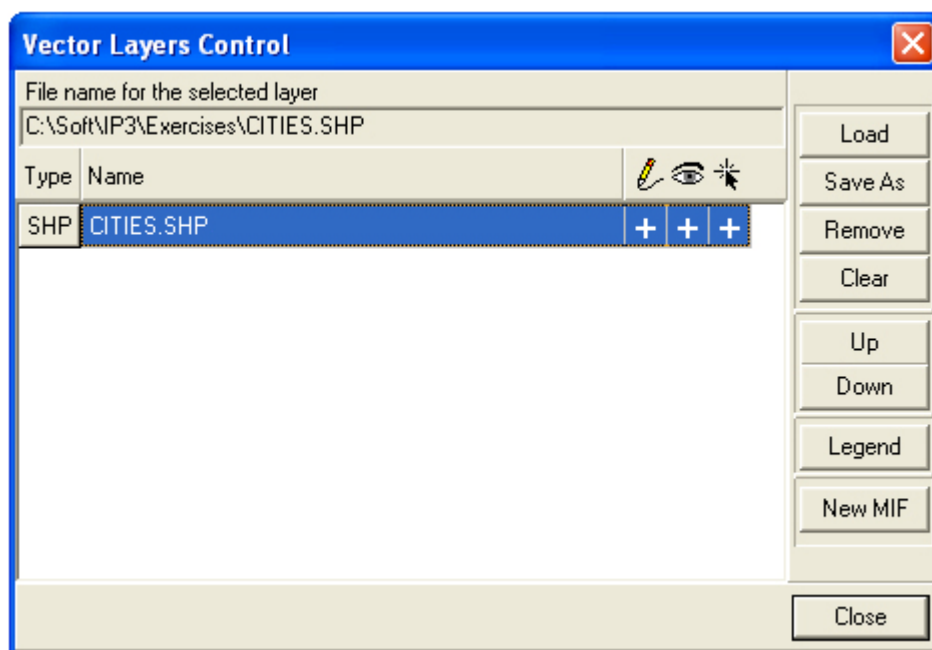


Рис. 6 Диалог *Vector Layers Control*

Кнопка **Load** – позволяет загрузить векторный слой. Кнопка **Save As** – позволяет сохранить загруженный файл с другим именем или форматом, а также изменить его систему координат. Кнопка **Remove** – закрывает текущий векторный слой без сохранения изменений, внесенных в процессе работы. Кнопка **Clear** – очищает векторный слой от всех находящихся в нем объектов. Кнопка **Up** – позволяет переместить текущий векторный слой на одну позицию вверх. Кнопка **Down** – позволяет переместить текущий векторный слой на одну позицию вниз. Кнопка **Legend** – вызывает диалог **Symbology**, отвечающий за параметры отображения векторного слоя. Кнопка **New MIF** вызывает диалог **Create New MIF File**, отвечающий за создание нового файла в формате **MapInfo MIF**.

2.4.2 Задание стиля отображения векторных слоев

В программе предусмотрена возможность определения стиля отображения векторных слоев. Можно использовать одну из трех схем:

- Стиль по умолчанию
- Единый стиль отображения
- По уникальному значению поля атрибутивной таблицы.

При использовании схемы **Uniform Style** всем объектам векторного слоя присваивается единый стиль отображения. Для использования данной схемы необходимо нажать кнопку **Uniform Style** в диалоге **Symbology**, в результате будет открыт диалог **Vector Display Properties**, отвечающий за определение стиля отображения объектов (рис. 7).

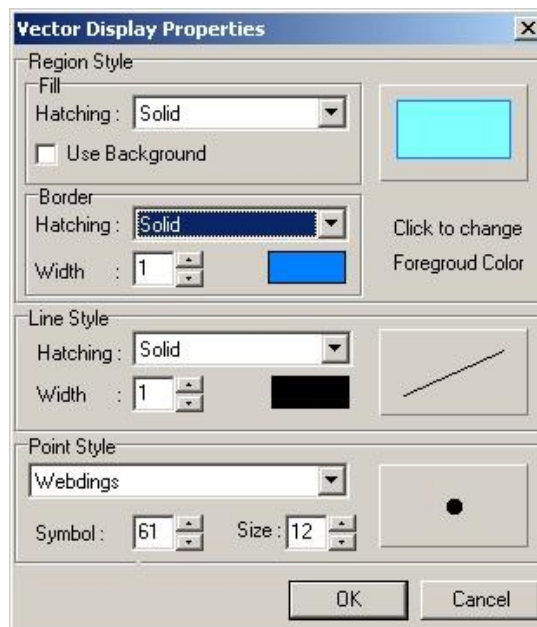


Рис. 7 Диалог *Vector Display Properties*

2.4.3. Создание нового векторного слоя.

В программе существует возможность создания нового (пустого) векторного слоя в формате **MapInfo MIF**.

Для создания нового векторного слоя откройте диалог **Vector Layers Control** командой меню **Vector->Vector Layers Control**, в котором кнопкой **New MIF** вызовите диалог **Create New MIF File** (рис. 8).

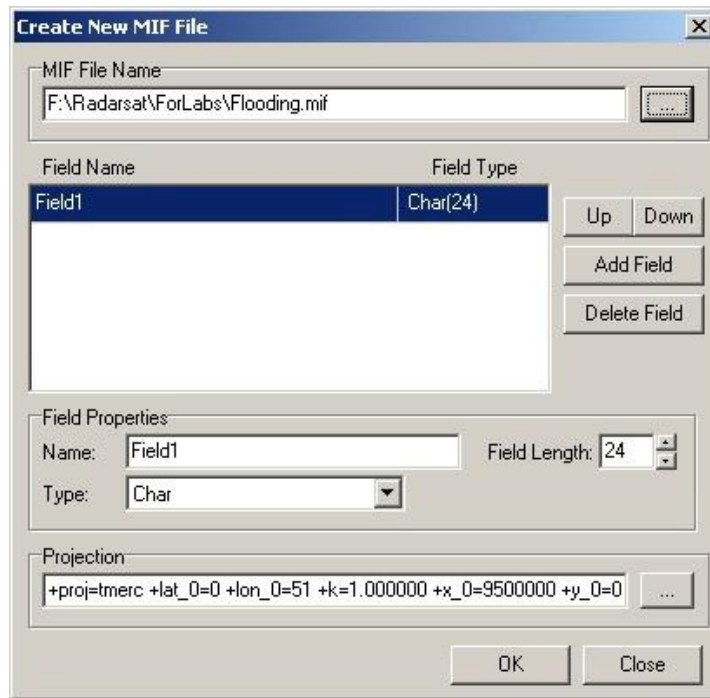


Рис. 8 Диалог *Create New MIF File*

В Группе **MIF File Name** – задается имя создаваемого файла. Таблица содержит список полей атрибутивной таблицы векторного слоя. Таблица состоит из двух столбцов:

- Столбец **Field Name** – отображает имя поля.
- Столбец **Field Type** – отображает тип поля.

Кнопка **Add Field** – добавляет новое поле. Кнопка **Delete Field** – удаляет выделенное поле. В группе **Field Properties** – определяются свойства добавляемого поля атрибутивной таблицы (тип сохраняемой информации). Группа **Projection** – задает систему координат создаваемого слоя. Кнопка **OK** – закрывает диалог, подтверждая внесенные изменения. Кнопка **Close** – закрывает диалог без сохранения изменений.

В результате будет создан новый векторный слой. Для редактирования созданный слой необходимо загрузить в программу, выполнив стандартный порядок действий описанный выше.

2.4.4. Создание и редактирование векторных объектов.

Все операции редактирования и создания объектов в векторном слое производятся в режиме «векторный редактор», для включения этого режима необходимо выполнить команду меню **Vector->Vector Editor**. В результате в

активном рабочем окне появится панель инструментов векторного редактора (рис. 9). Все инструменты данной панели продублированы в командах главного меню программы **Vector**, а так же в контекстном меню, появляющимся при клике правой кнопки мыши по полю рабочего окна. Закрывать панель инструментов векторного редактора можно кнопкой **Close**.

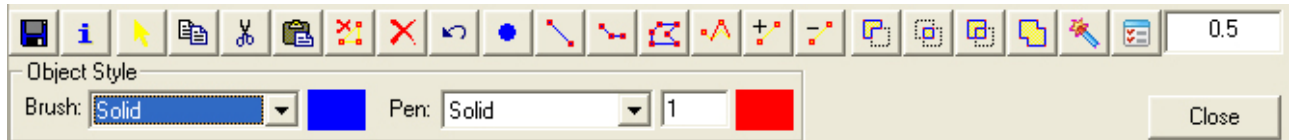






Рис. 9. Панель инструментов векторного редактора

При создании объектов можно задавать стиль объектов в группе **Object Style** на панели инструментов векторного редактора. При этом необходимо помнить, что стиль отображения векторных объектов в векторном слое стоит по умолчанию. Для изменения стиля любого объекта, необходимо выделить его инструментом **Select Object** , затем выбрать инструмент **Edit Object Properties**  и, удерживая нажатой кнопку **Shift**, кликнуть левой кнопкой мыши по выделенному объекту. В результате будет открыт диалог **Vector Display Properties**. После выбора параметров визуализации векторного объекта закройте диалог **Vector Display Properties** кнопкой **ОК**, снимите выделение с объекта.


На панели инструментов векторного редактора реализованы инструменты редактирования вершин и узлов, перед их активизацией предварительно выделите редактируемый векторный объект инструментом **Select Object** :

- ✓ Для перемещения вершин и узлов предназначен инструмент **Move Vertices** . Выделите узел или вершину, захватите ее инструментом, нажав левую кнопку мыши, и, не отпуская кнопки мыши, переместите в требуемое место.
- ✓ Для добавления новой вершины или узла используйте инструмент **Add Vertices** . Например, для добавления новой вершины необходимо кликнуть левой кнопкой мыши в требуемом месте на отрезке между двумя существующими вершинами.
- ✓ Для удаления вершин и узлов используйте инструмент **Delete Vertices** .

Для удаления вершины необходимо кликнуть по ней левой кнопкой мыши.





Все функции дублируются при нажатии на выделенный объект правой кнопкой



мышью.


При создании объектов **PolyLine** и **Region** можно воспользоваться режимом объединения двух или более векторных примитивов. Для создания группы необходимо выделить векторный объект, кликнув по нему инструментом **Select Object** , далее создать стандартным образом еще один векторный объект. После завершения его оцифровки, будет выведено сообщение о присоединения его к предыдущему объекту.

Режим «свободного рисования» включается при цифровании объектов с нажатой клавишей **Shift**.

В векторном редакторе предусмотрено несколько операторов для работы с объектами **Region**. Операторы:

- ✓ Оператор **Difference**, инструмент , исключение одного полигона по контуру другого полигона.
- ✓ Оператор **Intersection**, инструмент , исключение за пределами зоны пересечения полигонов.
- ✓ Оператор **Union**, инструмент , объединение полигонов.
- ✓ Оператор **Split operation**, инструмент , деление полигона другим полигоном.

Для правильного использования операторов **Difference**, **Intersection**, **Union**, следует первоначально выделить инструментом **Select Object**  полигоны, затем выбрать оператор и кликнуть в полигон, по которому производится обработка. Чтобы вырезать один полигон из другого, выполните описанные ниже действия два раза. Выделите два интересующих полигона, затем инструментом **Split operation**  нажмите внутри полигона, по которому производится обработка.

Удаление выделенного векторного объекта кнопкой **Delete Selected Objects**  либо нажатием на кнопку **Del** на клавиатуре.

2.4.5 Векторизация растровых данных

В программе существует возможность автоматической векторизации растровых изображений.

Для получения векторного слоя с площадными объектами по заданному

диапазону необходимо выполнить команду **Vector→Range Vectorization** главного меню, в результате будет загружен диалог **Range Vectorization** (рис. 10).

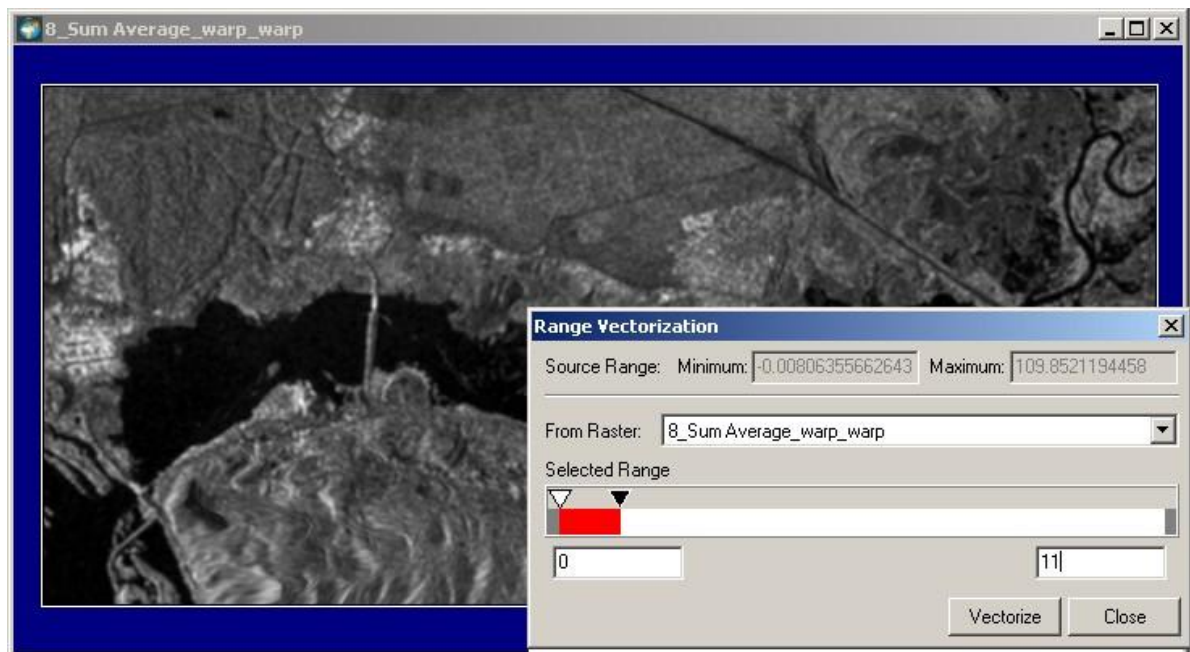


Рис. 10 Диалог **Range Vectorization**

Панель **Source Range** – отображает статистические характеристики векторизуемого растрового слоя. В списке **From Raster** – задается векторизуемый растровый слой. Шкала **Selected Range** – определяет яркостной диапазон, который необходимо векторизовать. Красным цветом показан выбранный диапазон.

Кнопка **Vectorize** – вызывает диалог настройки параметров векторизации **Vectorize** (рис. 11).

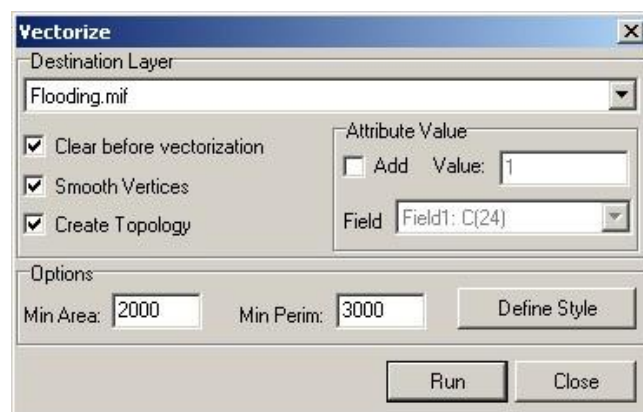


Рис. 11 Диалог **Vectorize**

В списке **Destination Layer** – задается векторный слой, в который будут помещены векторные объекты.

Флаг **Clear before vectorization** – при включении позволяет предварительно очистить указанный векторный слой от всех находящихся в нем объектов. Флаг

Smooth Vertices – при включении разрешает сглаживание вершин у векторных объектов. Флаг **Create Topology** – при включении позволяет построить топологически корректный слой.

Группа **Attribute Value** – отвечает за добавления атрибутивной информации к созданным векторным объектам.

Группа **Options** – отвечает за параметры при векторизации. Поле **Min Area** – задает минимальную площадь векторизуемого контура в м. кв. Поле **Min Perim** – задает минимальный периметр векторизуемого контура.

Кнопка **Define Style** – вызывает диалог **Vector Display Properties**, позволяющий определить стиль векторных объектов.

Кнопка **Run** – начинает процесс векторизации. Кнопка **Close** – закрывает диалог.

2.5 Геометрическая коррекция изображений

Геометрическая коррекция – это обеспечение с максимальной точностью перехода от внутренней системы координат снимка к выбранной картографической системе координат.

Систематическая геометрическая коррекция – коррекция систематических ошибок изображений с использованием математической модели, описывающей пространственное положение спутника и камеры в момент съемки. Входными параметрами для математической модели являются положение спутника, углы ориентации спутника и камеры, а так же параметры камеры (такие как время сканирования одной строки, фокусное расстояние, параметры дисторсии объектива).

Кроме того, систематическая коррекция может выполняться по предрассчитанной сетке координат. Многие операторы съемочных систем включают совместно с углами ориентации и рассчитанную сетку координат. Такие сетки сопровождают данные **TERRA\AQUA MODIS**, **TERRA ASTER**, **RADARSAT-1** (в формате **CEOS**), также такая сетка может быть экспортирована программой **Scan Magic**.

В программе систематическая коррекция производится в момент загрузки данных в программу и не требует выполнения каких-либо дополнительных действий, кроме определения требуемой системы координат (картографической проекции).

Для проведения геометрической коррекции необходимо использовать дополнительную информацию:

- ✓ опорные точки, описывающих переход из системы координат снимка к выбранной картографической системе координат. Для лучшего результата трансформации опорные точки должны быть нанесены равномерно по снимку.
- ✓ цифровые модели рельефа (**DEM**). Используя ЦМР и информацию о координатах, хранящуюся в опорных точках, можно выполнить геометрическую коррекцию за рельеф территории на снимке.

В программе реализовано несколько математических моделей, позволяющих увеличить точность геопривязки с использованием опорных точек, а также с возможностью произведения геометрической коррекции с учетом рельефа местности по ЦМР:

- ✓ **Satellite Orbital Modelling** – итерационная уточняющая модель, позволяет используя опорные точки, уточнить углы ориентации спутника и камеры, а также может быть использована при проведении ортокоррекции.
- ✓ **Polynomial Transformation** – полиномиальная модель, данный вид преобразований может быть использован в случае, если информация об углах ориентации спутника и камеры отсутствует. В программе существует возможность использования как классической, так и рациональной полиномиальной модели. При использовании данного класса преобразований есть возможность применять ЦМР.
- ✓ **Local (Hierarchical) Transformation** – данная модель может быть использована для исправления локальных ошибок, например коррекции обрывов и оврагов.

2.5.1. Установка опорных точек.

Перед тем как производить операцию, необходимо в рабочем окне программы настроить параметры отображения раstra, который будет трансформироваться. В случае привязки его к векторной карте, надо загрузить векторную карту. В случае привязки раstra к растру, надо создать второе рабочее окно и настроить в нем параметры отображения второго раstra, эталонного изображения, с которого берутся опорные точки (Рис. 12).

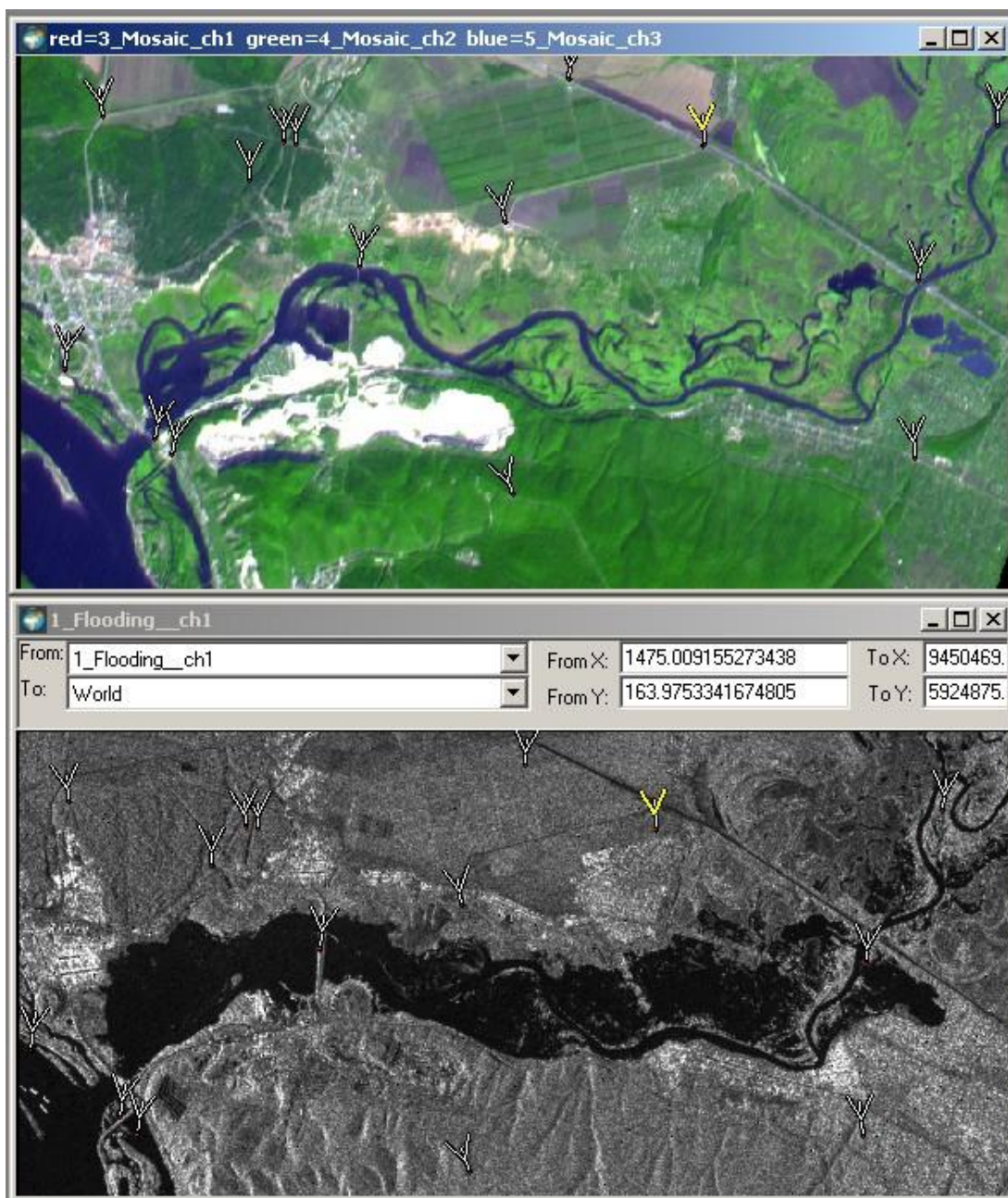


Рис. 12 Установка опорных точек

Необходимо сделать следующее:

- Найти на трансформируемом слое характерную точку (например, пересечение дорог или место слияния рек) и соответствующую ей точку на эталоне (векторной карте или растровом изображении).
- Установить курсор на найденную точку, и нажать левую кнопку мыши, затем, переместить курсор в соответствующую точку на эталоне, и еще раз нажать левую кнопку мыши. Опорная точка будет установлена, и отобразится в виде вектора. В соответствующих полях панели инструментов будут отображены начальная и конечная пара координат, и в случае необходимости координаты

могут быть подкорректированы.

- В случае необходимости, положения опорной точки могут быть подкорректированы вручную. Для этого необходимо выполнить команду **Transformation→Edit GCP**. Затем, навести курсор на начало или конец вектора, нажать левую кнопку мыши на точке, переместить в нужное место, и отпустить клавишу мыши.

2.5.2 Полиномиальная трансформация

Данный вид преобразований может быть использован в случае отсутствия информации о положении и углах ориентации спутника и камеры, а так же в случае проведения дополнительной коррекции данных прошедших предварительные этапы геометрической коррекции и в случае невозможности использования **итерационной уточняющей модели**.

При полиномиальной трансформации можно использовать несколько моделей аппроксимации:

- ✓ **Rigid, Rotation** – простой перенос и поворот без изменения масштаба пикселей по осям,
- ✓ **Polynomial** – классическое полиномиальное преобразование до 5-ой степени,
- ✓ **Rational Polynomial** – рациональное полиномиальное преобразование до 5-ой степени,
- ✓ **Simple Polynomial** – упрощенное полиномиальное преобразование до 5-ой степени.

Для проведения полиномиальной трансформации необходимо предварительно установить опорные точки.

Для выполнения коррекции открыть диалог **Polynomial Transformation** (рис. 13) с помощью команды **Transformation→Polynomial Transformation** главного меню.

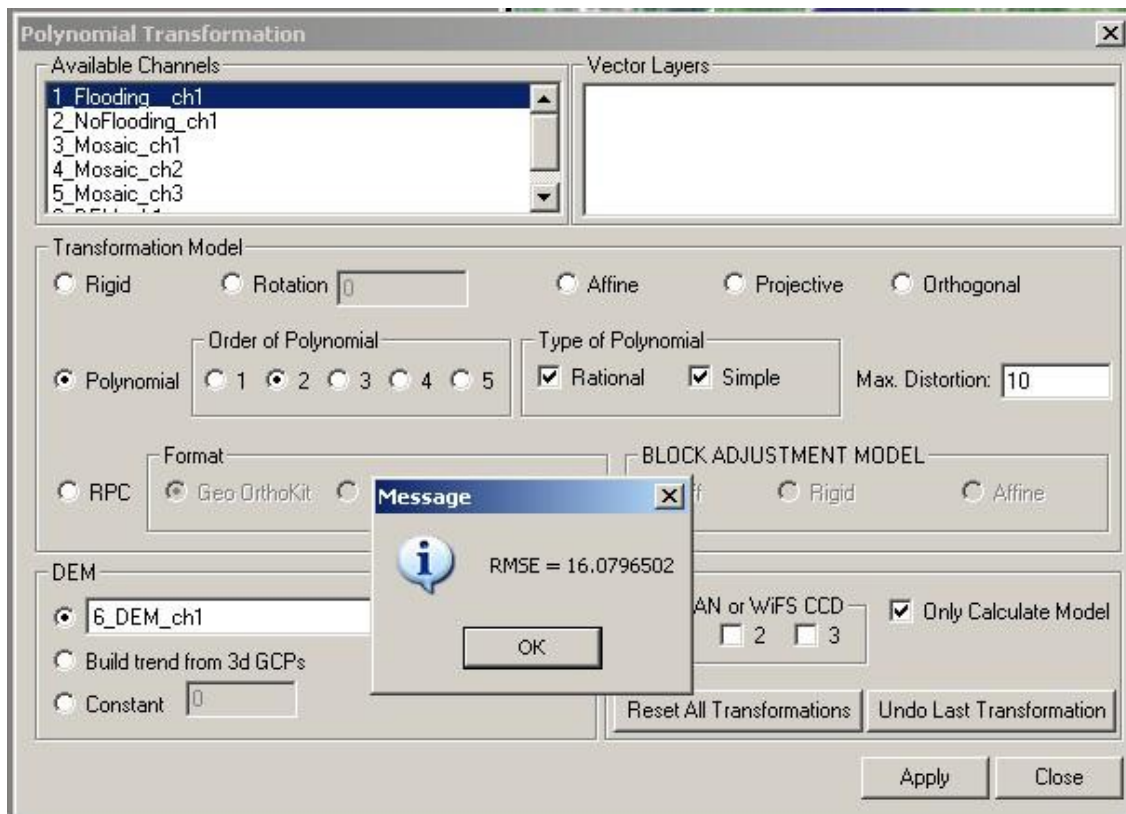


Рис. 13 Диалог *Polynomial Transformation*

В списке **Available Channels** – задаются трансформируемые каналы.

В группе **Transformation Model** – задается модель трансформации:

- **Rigid** – простой перенос без изменения масштаба пикселей.
- **Rotation** – поворот на заданный угол.
- **Affine** – упрощенная полиномиальная модель первой степени.
- **Projective** – упрощенная рациональная полиномиальная модель первой степени.
- **RPC** - уточнения модели данных формата **GeoOrthoKit** и **QuickBird** по опорным точкам на основе **RPC**- коэффициентов.
- **Polynomial** – полиномиальная модель заданной степени.

В группе **Order of Polynomial** – задается степень полиномиальной модели.

Флаг **Rational** – включает \ выключает использование рациональной полиномиальной модели. Флаг **Simple** – включает \ выключает использование упрощенной полиномиальной модели.

Поле **Max. Distortion** – задает параметр максимального искажения при использовании рациональной модели.

В группе **DEM** – задается матрица высот, используемая при трансформации:

- переключатель раскрывающегося списка позволяет выбрать растровый канал, содержащий матрицу высот.
- переключатель **Build trend 3d GCPs** строит матрицу высот по предварительным заданным **GCP** точкам с 3 координатами, одна из которых содержит высотную отметку
- переключатель включает поле **Constant**, где указывается значение высоты раstra при трансформации

В группе **Options** – задаются опции при трансформации. В группе **IRS-PAN or WiFS CCD** – задаются параметры трансформации данных сенсоров **PAN** и **WiFS** спутников **IRS-1C\1D**.

Флаг **Only Calculate Model** – производит расчет модели без выполнения коррекции. Кнопка **Reset All Transformations** – отменяет все внесенные при помощи полиномиальной трансформации поправки. Кнопка **Undo Last Transform** – отменяет последнюю проведенную полиномиальную трансформацию для тех растровых и векторных слоев, которые были трансформированы.

Кнопка **Apply** – закрывает диалог, выполняя полиномиальную трансформацию. Кнопка **Close** – закрывает диалог без сохранения внесенных изменений.

2.6 Работа с радиолокационными изображениями

Наиболее распространенными системами ДЗ являются системы, основанные на регистрации оптического (видимого) диапазона электромагнитного излучения. Недостатком таких систем является невозможность получения данных о состоянии поверхности планеты во время сильной облачности, дождя и в темное время суток. С этой проблемой справляются системы ДЗ на основе восприятия микроволнового излучения. Микроволновые волны способны проходить через облака, туман, пыль и дождь, так как они не рассеиваются в атмосфере в отличие от коротковолновых волн.

Радиолокационные снимки используются во многих областях: сельском, лесном хозяйстве, в гидрологии для мониторинга заболоченных и затопленных территорий, а также для обнаружения кораблей в море, в геологии для определения пород грунта.

В лабораторной работе рассматривается задача мониторинга областей затопления паводковыми водами. Её решают выделением водной поверхности на

снимках и преобразованием снимков в векторный формат. Векторный формат легче в дальнейшем импортировать в ГИС и анализировать совместно с другими данными.

2.6.1 Принципы получения радиолокационных изображений

Изображения, полученные с помощью радиолокационной съемки, отличаются от изображений, полученных в видимом и инфракрасном диапазоне.

Рассмотрим основные принципы получения радиолокационных снимков с помощью систем дистанционного зондирования.

Радар состоит из передатчика, приемника, антенны и системы для обработки и записи полученных данных. Передатчик генерирует последовательные импульсы излучения с постоянным интервалом, которые фокусируются антенной в пучок. Антенна облучает поверхность наклонно под определенным углом падения относительно движущейся платформы, на которой она расположена. Затем принимает отраженный сигнал от различных объектов, попавших в зону пучка. Сравнивая время задержки между временем излучения импульса и временем приема отраженного эха, можно определить расстояние и местоположение объектов. Благодаря тому, что платформа, на которой располагается радар, будь то самолет или спутник, движется, система обработки данных создает двумерное изображение поверхности (рис. 14).



Рис. 14 Пример радиолокационного изображения

Различные типы земной поверхности по-разному отражают радиолокационные лучи (рис. 15). Гладкая поверхность воды отражает лучи как зеркало, таким образом, что отраженные радиоволны не возвращаются к источнику, поэтому на снимках водная гладь отображается черным цветом. Деревья отражают лучи под различными углами, поэтому на снимках лесистая местность отображается оттенками от темно-серого до почти белого.

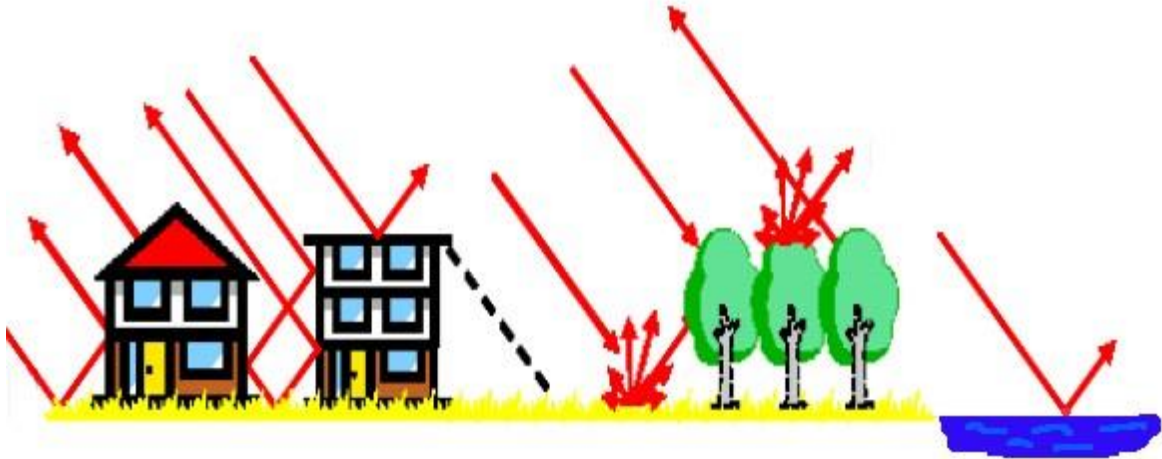


Рис. 15 Отражение радиолокационных лучей различными поверхностями

2.6.2 Данные КА Radarsat-1

Исходными данными для выполнения лабораторной работы являются радиолокационные изображения, полученные с космического аппарата RADARSAT-1 (Канада).

Космический аппарат RADARSAT-1 оснащен радиолокатором бокового обзора с синтезированной апертурой. Радиолокатор выполняет съемку поверхности в *S*-диапазоне длин волн (5.6 см), на горизонтальной поляризации излучения, в диапазоне углов падения от 10 до 59 градусов справа от линии пути спутника. Радиолокатор может работать в нескольких основных режимах. Режимы съемки изображений, использовавшихся в работе, и их основные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики режимов съемки

Орбита (имя изображения)	Дата	Луч	Пространственное разрешение Range x Azimuth, м	Угол наклона луча, градусы
64892	10.04.2008	F3	8.3 x 8.4	41-44
64992	17.04.2008	F5	7.1 x 8.4	45-47
65035	20.04.2008	S4	23 x 27	36-42
65285	07.05.2008	S4	23 x 27	36-42
65771	10.06.2008	S6	20 x 27	45-49

При сканировании местности используется автоматическое усиление сигнала,

на основании оценки статистических характеристик сигнала, соответствующего первой трети строки изображения (в случае необходимости, используется усиление сигнала для того, чтобы синтезированное изображение было бы более контрастным). Поэтому статистические характеристики изображения за различные даты могут быть различными.

2.6.3 Фильтрация спекл-шума

На всех радиолокационных снимках присутствует спекл-шум. Он отображается на снимках, в виде случайно распределенных черно-белых пикселей на всей поверхности изображения. Это происходит по причине интерференции множества отраженных лучей приходящихся на каждый отсчет снимка. К примеру, однородная поверхность, такая как поле, покрытое травой, без спекл-шума на снимке отобразится в виде равномерного оттенка светло серого цвета. На самом деле лучи отраженные от каждого края травы, дают в результате в ячейках изображения пиксели различной яркости относительно среднего тона, и травяное поле отображается не равномерным тоном, а зашумленным (рис. 16).

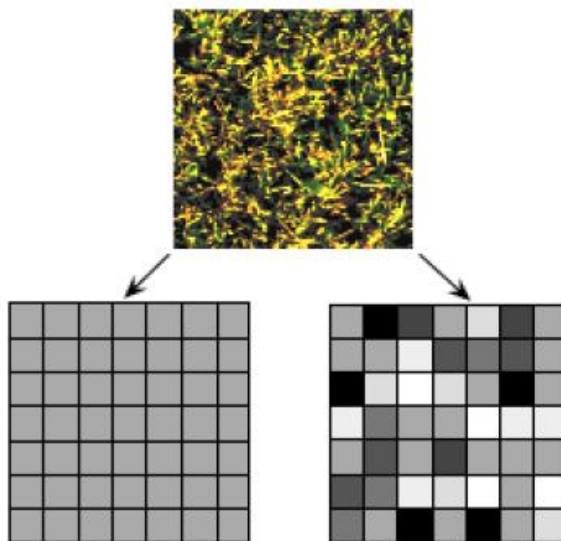


Рис. 16 Появление спекл-шума

Спекл-шум уменьшает качество изображения и делает его визуальное и цифровое распознавание достаточно сложной задачей.

Фильтрация спекл-шума состоит из обработки скользящим окном небольшого размера каждой ячейки изображения. В результате такой обработки изображение немного размывается, но также и уменьшается влияние спекл-шума. При использовании фильтра спекл-шума необходимо выбирать между хорошей

детализацией и степенью подавления спекл-шума для более точного определения типа поверхности.

Существует несколько специальных алгоритмов для фильтрации спекл-шума. В основном при разработке фильтров предполагается, что спекл-шум имеет мультипликативную модель. Например фильтр Ли, который при фильтрации не изменяет контуры объектов и контрастность отдельных частей. Формула для вычисления яркости центрального отсчета в скользящем окне для фильтра Ли:

$$f = f_c \cdot W + I_m \cdot (1 - W),$$

$$W = 1 - \frac{\delta^2}{\left(\frac{S}{I_m}\right)^2},$$

где f – вычисляемая яркость центральной ячейки в окне,

f_c – яркость центральной ячейки в окне,

I_m – среднее значение интенсивности в окне,

W – весовая функция,

δ – предполагаемая дисперсия шума,

S – стандартное отклонение интенсивности в окне.

Фильтр Куана также не изменяет контуры объектов и контрастность отдельных частей. Идея фильтра в том, что мультипликативная модель спекл-шума преобразуется к аддитивной модели шума. Затем к ней применяется критерий минимума среднеквадратической ошибки. Формула результирующего фильтра похожа на формула фильтра Ли. Она отличается лишь весовой функцией:

$$W = \frac{1 - \frac{I_m^2 \delta^2}{S^2}}{1 + \delta^2},$$

где I_m – среднее значение интенсивности в окне,

δ – предполагаемая дисперсия шума,

S – стандартное отклонение интенсивности в окне.

Для выполнения фильтрации спекл-шума необходимо выполнить команду **Radar** → **Speckle Noise** основного меню и выбрать конкретный фильтр, например, Улучшенный адаптивный фильтр Ли (рис. 17).

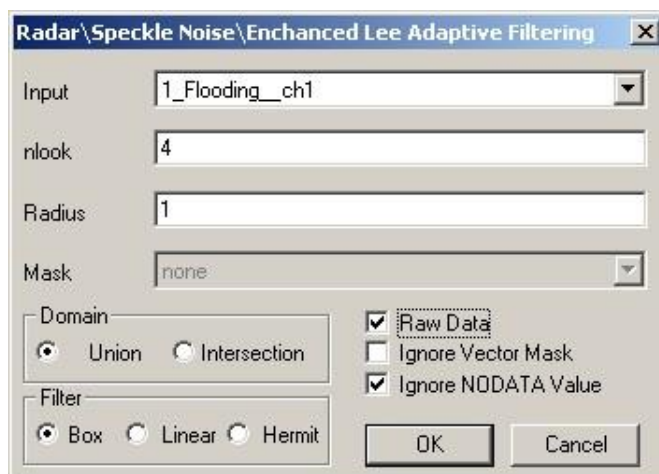


Рис. 17 Диалог *Enhanced Lee Adaptive Filtering*

В поле **Input** необходимо указать обрабатываемый канал, **nlook** – параметр, отвечающий за степень усреднения отсчетов изображения в локальном окне, **Radius** – радиус локального окна.

2.6.4 Вычисление текстурных признаков

Для анализа радиолокационных снимков используются не только яркостные характеристики изображения, но и его текстурные характеристики.

Текстурные характеристики вычисляются на основании сопряженности уровней яркости изображения в локальном прямоугольном окне, записанного в виде “Матрицы Сопряженности Уровней Серого” - Grey Level Cooccurrence Matrix (GLCM), впервые предложенной в работе Харалика. Сопряженность определяется на основе пар пикселей, разделенных заданным направлением и расстоянием.

Поскольку при использовании полного диапазона возможных уровней яркости (256) и небольшом размере окна почти все ячейки построенной матрицы будут пусты, для построения **GLC** весь диапазон значений яркости конкретного снимка разбивается на интервалы, внутри которых все яркости считаются одинаковыми. Интервалы могут быть как равномерными по яркости, так и по числу пикселей, попавших в каждый интервал.

Первый способ можно использовать, если гистограмма яркостей снимка не имеет выраженных пиков и занимает весь диапазон возможных значений. Если же у гистограммы яркостей имеется, например, лишь один узкий пик, этот способ приведет к появлению большого числа пустых ячеек матрицы. В этом случае применяется второй способ, основанный на вычислении по гистограмме яркостей

снимка такого набора интервалов, что площадь гистограммы над каждым из них примерно одинакова (это даст лучшее заполнение **GLC**-матрицы). Более того, используя гистограмму яркостей не всего снимка, а только интересующей нас части, можно еще больше улучшить равномерность заполнения **GLC**-матрицы, а, следовательно, и качество вычисления текстурных характеристик снимка.

Для каждого направления и расстояния создается собственная **GLC**-матрица, в ячейку (i, j) которой, в качестве меры, записывается вероятность того, что разделенные указанным способом пиксели имеют яркости i и j . Таким образом, **GLC**-матрица является квадратной, с размерностью по вертикали и горизонтали, равной числу использованных уровней яркости (интервалов).

В классификации текстур обычно используются не сами **GLC**-матрицы, а некоторые их производные характеристики, усредненные по направлению.

Обозначив вероятность, записанную в ячейке (i, j) **GLC**-матрицы через $f(i, j)$, определим следующие величины (таблица 2, 3).

Таблица 2 Моментные характеристики **GLC**-матрицы

$\mu_y = \sum_i i \sum_j f(i, j)$	средние по строкам
$\mu_x = \sum_j j \sum_i f(i, j)$	средние по столбцам
$\sigma_y = \sum_i (i - \mu_i)^2 \sum_j f(i, j)$	дисперсии средних по строкам
$\sigma_x = \sum_j (j - \mu_j)^2 \sum_i f(i, j)$	дисперсии средних по столбцам

Сами текстурные характеристики описываются следующим образом:

Таблица 3 Вычисление текстурных признаков

Angular Moment	угловой момент $\sum_{i,j} f(i, j)^2$
Entropy	энтропия $-\sum_{i,j} f(i, j) \log f(i, j)$
Inv Diff Moment	обратный момент разностей, $\sum_{i,j} \frac{1}{1 + (i - j)^2} f(i, j)$
Diff Moment	момент разностей, $\sum_{i,j} (i - j)^2 f(i, j)$

Correlation	корреляция, $\frac{\sum_{i,j} ((i - \mu_y) \cdot (j - \mu_x))^2 f(i, j)}{\sigma_y \cdot \sigma_x}$
Cluster Shade	“тень” кластеризации, $\sum_{i,j} ((i - \mu_y) + (j - \mu_x))^3 f(i, j)$
Cluster Prominence	“выпуклость” кластеров, $\sum_{i,j} ((i - \mu_y) + (j - \mu_x))^4 f(i, j)$
Sum Average	среднее сумм, $\sum_k k \sum_{i+j=k} f(i, j)$
Sum Entropy	энтропия сумм, $-\sum_k \sum_{i+j=k} f(i, j) \cdot \log(\sum_{i+j=k} f(i, j))$
Sum Variance	дисперсия сумм, $\sum_k (k - \mu_s)^2 \sum_{i+j=k} f(i, j)$, где μ_s среднее сумм
Diff Variance	дисперсия разностей, $\sum_k (k - \mu_d)^2 \sum_{i-j=k} f(i, j)$, где μ_d - среднее разностей
Diff Entropy	энтропия разностей, $-\sum_k \sum_{i-j=k} f(i, j) \cdot \log(\sum_{i-j=k} f(i, j))$

Следует заметить, что для определения затопленной территории пригодны не все текстурные признаки.

Для вычисления поля текстурных признаков в программе необходимо выбрать пункт Edit → **Filtering** → **Texture Features** основного меню (рис. 18).

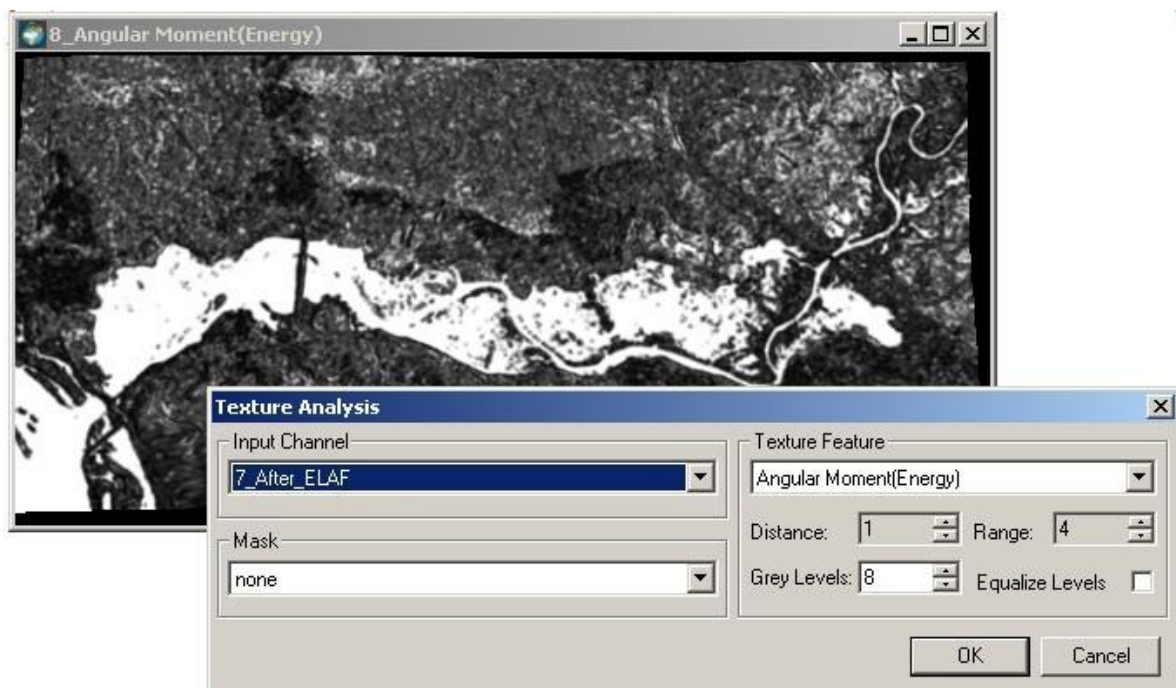


Рис. 18 Диалог Texture Analysis

Список **Input Channel** – задает канал, который требуется обработать. Список **Mask** – задает маску, в пределах которой будет выполнена обработка. В случае если маска не указана, будет обработано все изображение.

Поле **Distance** – задает расстояние, используемое при вычислении **GLC**-матрицы (чем больше это расстояние, тем больше должен быть используемый размер локального окна, чтобы получить достаточное для вычисления статистики число пар пикселей).

Поле **Radius** – задает размер локального окна, применяемого при построении **GLC**-матрицы. Размер локального окна вычисляется как $2^{\text{Radius}+1}$.

Поле **Grey Levels** – задает число интервалов яркости, используемых при вычислении **GLC**-матрицы.

Флаг **Equalize Levels** – нормализует интервалы яркости по количеству попавших в них пикселей. Во включенном состоянии, интервалы яркости получаются равными по числу попавших в них пикселей. В выключенном состоянии – строятся равные интервалы без учета количества попавших в них пикселей.

Список **Texture Feature** – задает вычисляемую текстурную характеристику.

Кнопка **OK** – приступает к вычислению текстурной характеристики. Кнопка **Cancel** – закрывает диалог.

3. ЛИТЕРАТУРА

1. Вудс Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Вудс, Р. Гонсалес. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. ИТЦ «СканЭкс» Image Processor – Программа обработки данных дистанционного зондирования Земли [Текст] / Руководство пользователя, Москва 2010 г. – 227 с. – www.scanex.ru.
3. ИТЦ «СканЭкс» Image Processor – Упражнения по анализу и обработке изображений [Текст] / Москва 2010 г. – 101 с.
4. Сойфер В.А. Теоретические основы цифровой обработки изображений [Текст] / В.А. Сойфер, В.В. Сергеев, С.Б. Попов, В.В. Мясников. – Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара, 2000 г. – 256 с.
5. Харалик Р.М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур [Текст] / Р.М. Харалик // ТИИЭР, 1979. – Т. 67, № 5. – С. 98-120.
6. Lee J.S. Refined Filtering of Image Noise Using Local Statistics, Computer Graphics and Image Processing [Текст] / J.S. Lee // Apr. 1981. – vol. 15, No. 4. – P. 380-389.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

4.1. Исходные данные

- Космические снимки с КА Radarsat-1 – исходные данные предоставляется преподавателем;
- Космический снимки с КА SPOT-2, используемый для уточнения географической привязки радиолокационных снимков – исходные данные предоставляется преподавателем;
- Цифровая модель рельефа, являющаяся фрагментом SRTM – исходные данные предоставляется преподавателем;
- Параметры настройки программного обеспечения.

4.2. Общий план выполнения работы

1. Изучить описание программного обеспечения.
2. Изучить правила настройки ПО.
3. Выполнить поэтапно все упражнения из раздела 6.
4. После выполнения каждого упражнения сохранить копию экрана (alt+printScrn).
5. Составить отчет о выполненной работе.
6. Сдать отчет преподавателю, получить зачет по работе.

4.3. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- Набор изображений экрана, соответствующих каждому из упражнений.
- Описание параметров преобразований.
- Списки точек привязки.
- Результирующий векторный слой, содержащий зону затопления.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Использование проекции.
2. Автоматическое определение разрешения.
3. Коррекция по гистограмме.
4. Определение стиля отображения объектов в векторном слое.
5. Операции с векторными объектами.
6. Технология привязки изображения к изображению.
7. Опорные точки.
8. Полиномиальная трансформация.
9. Принципы получения радиолокационных изображений.
10. Отличия радиолокационных изображений от оптических.
11. Фильтрация спекл-шума.
12. Тектурные признаки.

6. ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Все студенты выполняют поэтапно упражнения с набором изображений, предоставленным преподавателем.

Работа с данными КА Radarsat-1.

Исходные данные:

«Flooding.tif» – панхроматические данные режима Fine – изображение, полученное в момент максимального паводка (рис. 19).

«NoFlooding.tif» – панхроматические данные режима Standard – изображение, полученное в момент отсутствия паводка (рис. 20).

«Mosaic.tif» – мультиспектральное изображение с КА SPOT-4 (пространственное разрешение 20 м, приведенное к натуральным цветам и привязанное к местности) – используется для геолокации (рис. 21).

«DEM.tif» – изображение модели рельефа (SRTM) (рис. 22).

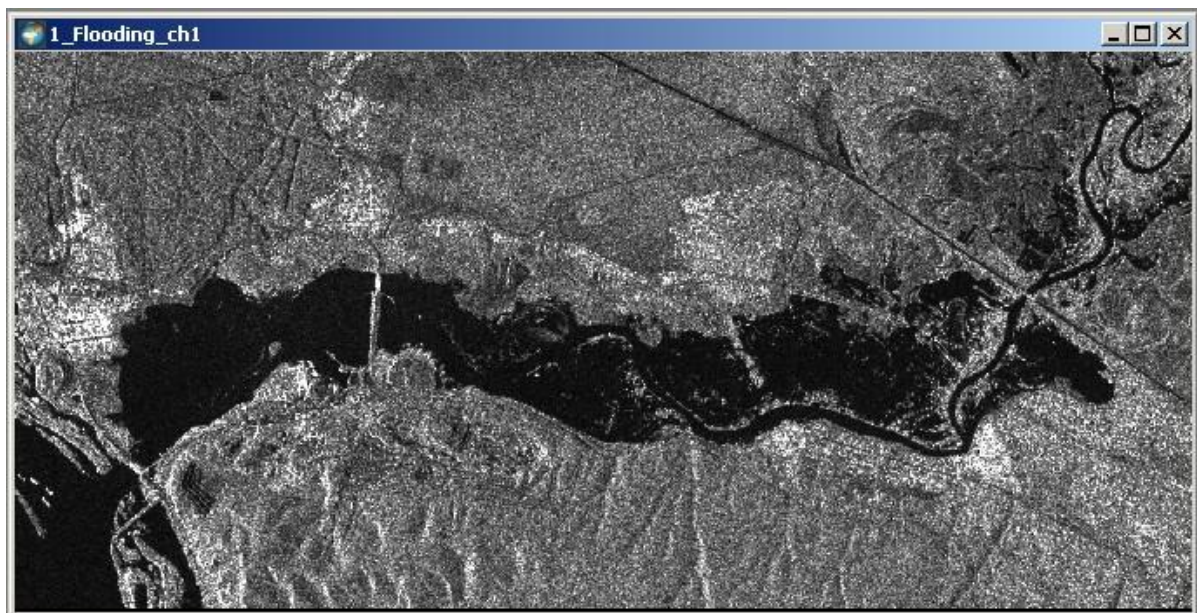


Рис. 19 Изображение Flooding.tif

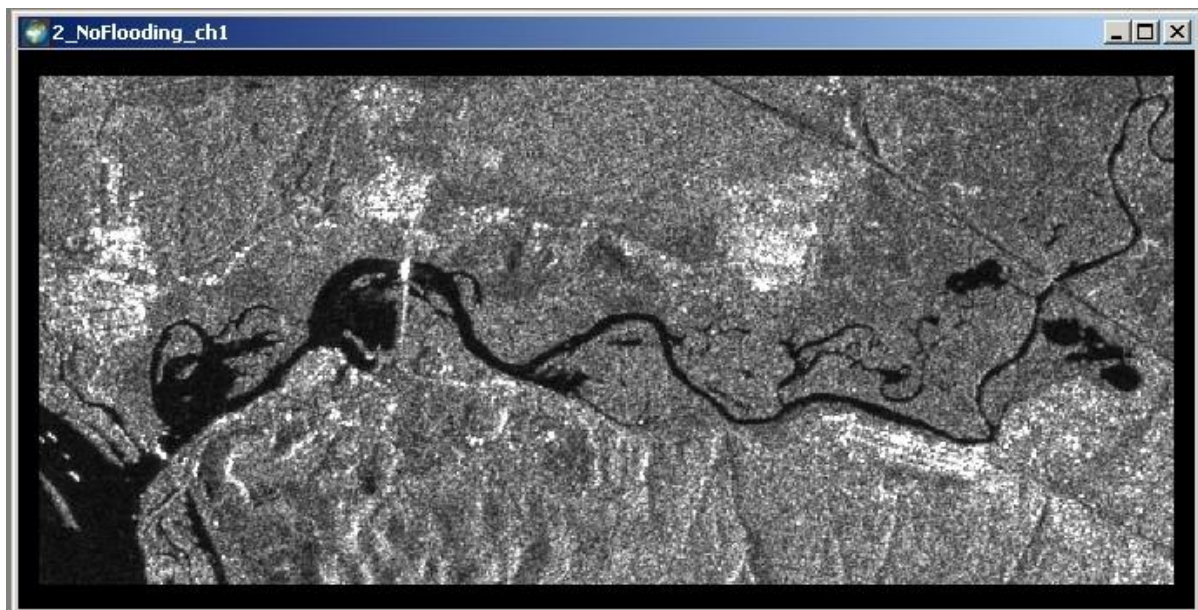


Рис. 20 Изображение NoFlooding.tif



Рис. 21 Изображение Mosaic.tif

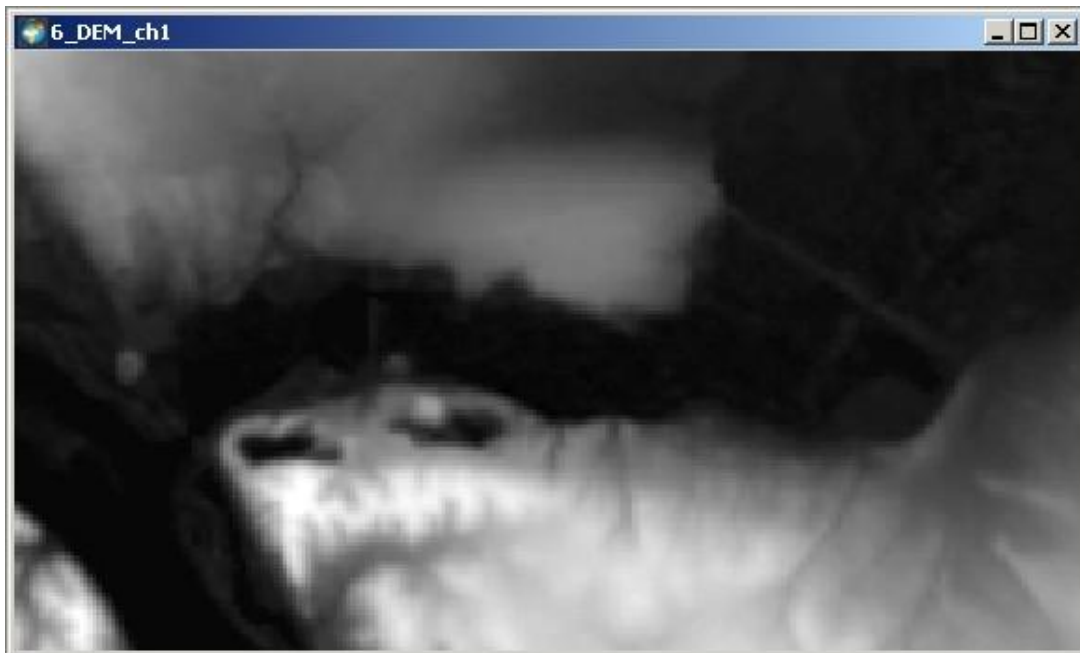


Рис. 22 Изображение DEM.tif

Задание:

- Установить галочки для автоматического определения проекции и разрешения;
- Загрузить «Flooding.tif»;
- Убедиться что выставилась проекция Гаусса-Крюгера, зона 9, датум Пулково, эллипсоид Крассовского;
- Загрузить «NoFlooding.tif»;
- Загрузить «Mosaic.tif»;
- Загрузить «DEM.tif»;
- Создать RGB-окно и просмотреть загруженные файлы. Убедиться, что «Flooding.tif» и «NoFlooding.tif» содержат данные различных разрешений и ширина реки на них разная. Настроить отображение (контрастирование) для изображения «Mosaic.tif». Визуализировать модель рельефа.
- Убедиться что изображения «Flooding.tif» и «NoFlooding.tif» имеют неточную географическую привязку (отобразив их совместно с «Mosaic.tif»).
- Произвести уточнение географической привязки «Flooding.tif». Для этого проставить опорные точки для «Flooding.tif», выбрав в качестве опорного изображения «Mosaic.tif». Произвести геометрическую трансформацию выбранного вида и порядка с использованием модели рельефа «DEM.tif». Обеспечить среднеквадратическую погрешность привязки не хуже 25 м. Убедиться в правильности привязки трансформированного изображения,

отобразив его совместно с изображением «Mosaic.tif» (рис. 23).

- Произвести уточнение географической привязки «NoFlooding.tif» с использованием модели рельефа «DEM.tif».
- Провести фильтрацию спекл-шума на «Flooding.tif».
- Произвести вычисление текстурных признаков для результата фильтрации, выбрать признак наиболее пригодный для дальнейшей обработки, настроить параметры вычисления признака.
- Выделить фрагмент, содержащий данные изображений «Flooding.tif» и «NoFlooding.tif». Установить Extent, равным выделенному фрагменту. Произвести ресемплинг каналов «Flooding.tif» и «NoFlooding.tif» с учетом нового Extent-a.
- Создать векторный слой «Flooding.mif». Произвести векторизацию диапазона значений текстурного признака, соответствующего водной поверхности (границы диапазона выбрать с помощью гистограммы признака – рис. 24) (рис. 25).
- Произвести фильтрацию спекл-шума на «NoFlooding.tif», вычислить текстурный признак. Создать векторный слой NoFlooding.mif», произвести векторизацию диапазона, соответствующего водной поверхности (рис. 26).
- С помощью операций над площадными объектами получить зону затопления при паводке в векторном виде (рис. 27).

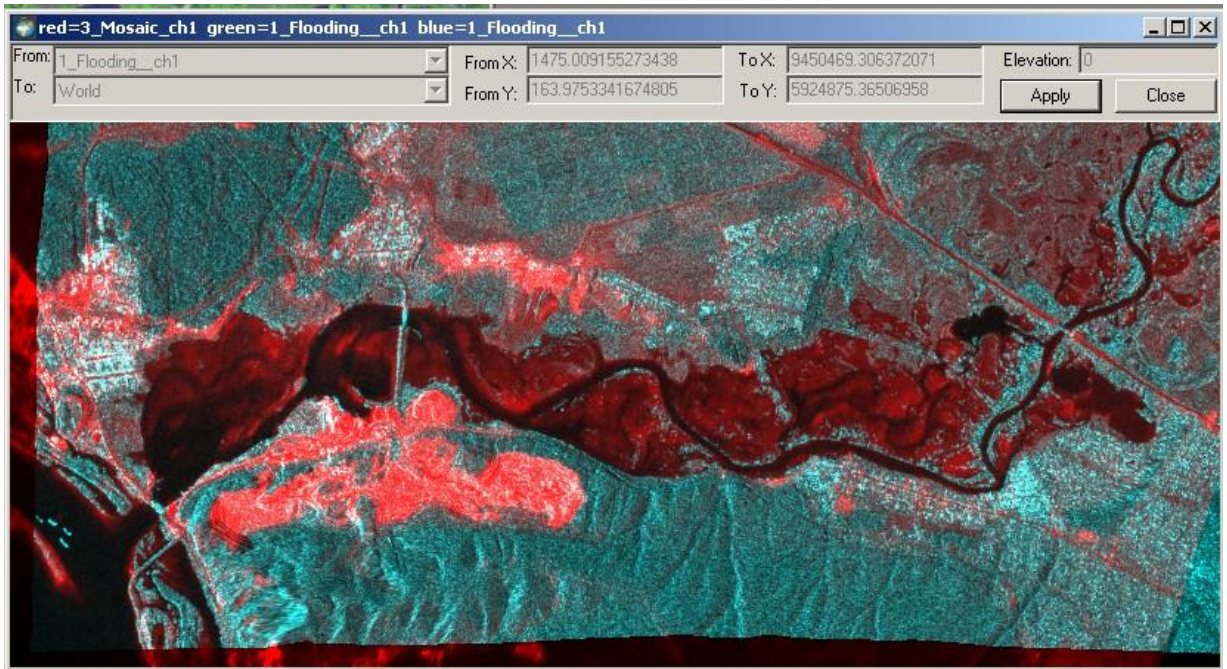


Рис. 23 Совместное отображение «Flooding.tif» и одного из каналов «Mosaic.tif»

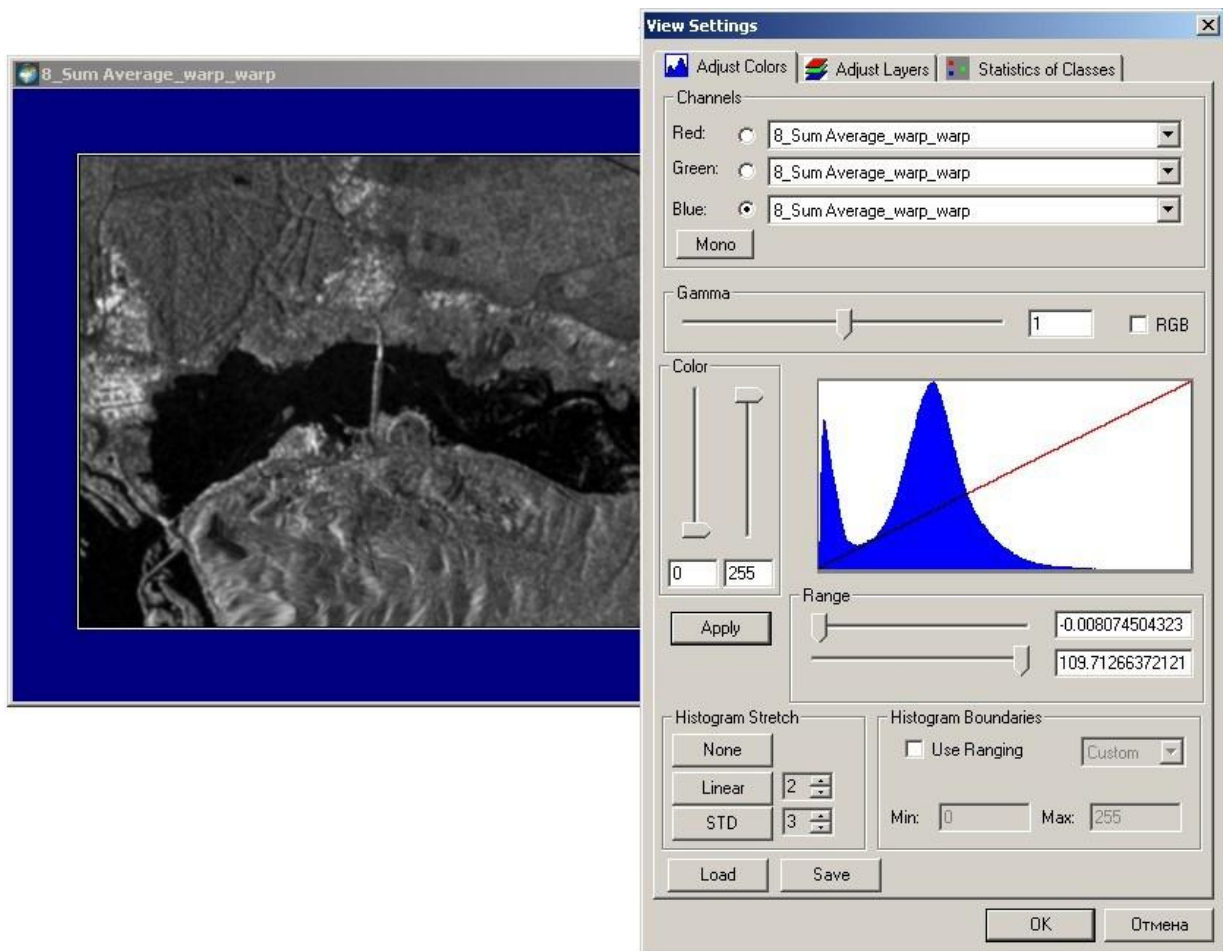


Рис. 24 Выбор диапазона яркостей текстурного признака на основе гистограммы

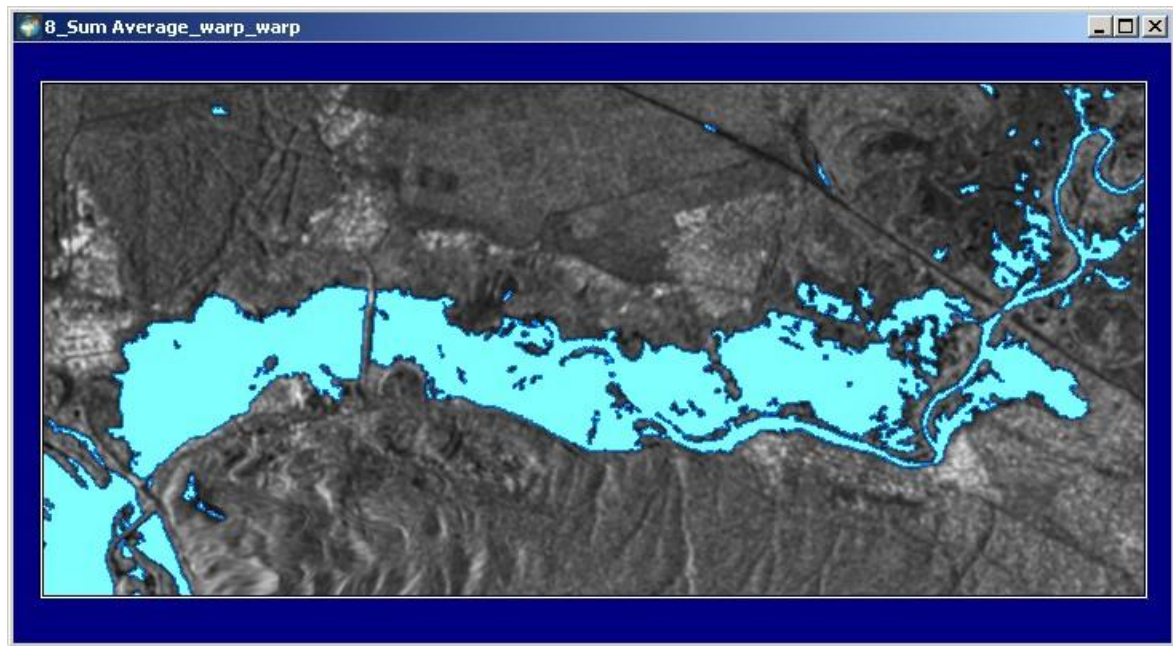


Рис. 25 Результат векторизации водной поверхности на «Flooding.tif»

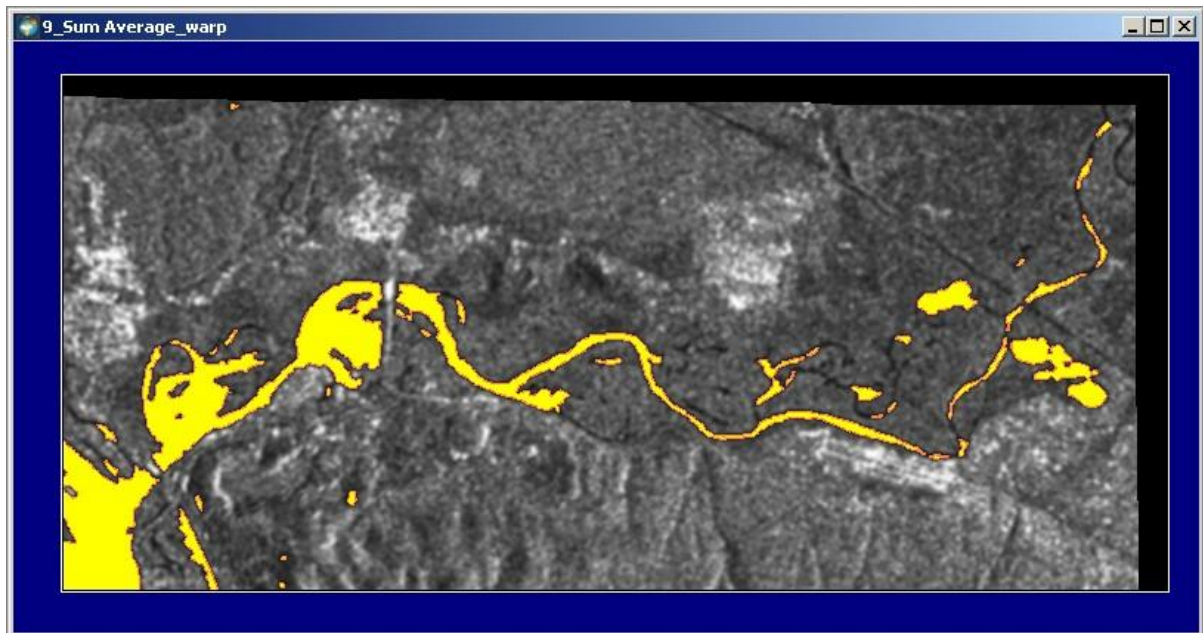


Рис. 26 Результат векторизации водной поверхности на «NoFlooding.tif»

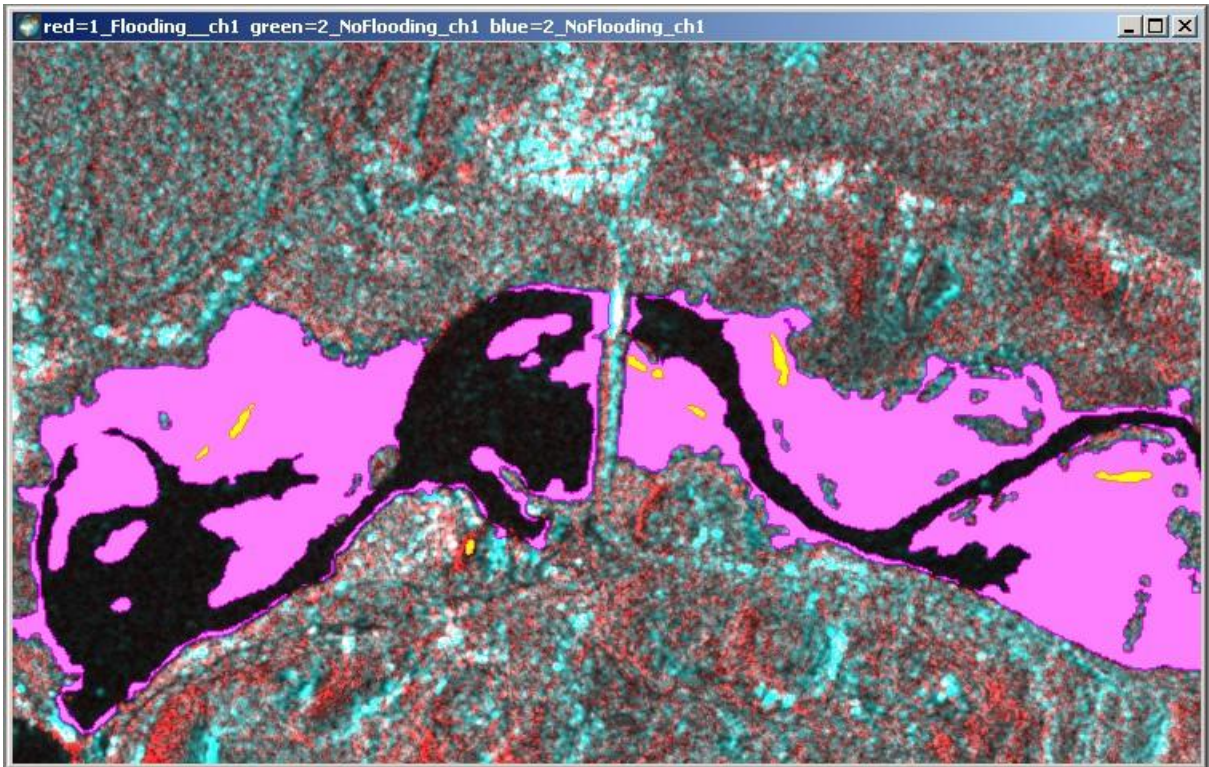


Рис. 27 Зона затопления паводковыми водами

СОДЕРЖАНИЕ

1. Подготовка к выполнению лабораторной работы.....	3
1.1. Инструкции к выполнению лабораторной работы.....	3
2. Выполнение лабораторной работы	4
2.1. Открытие данных ДДЗ	4
2.2. Инструментарий Extent	6
2.3. Визуализация изображений	8
2.4. Работа с векторными слоями.	10
2.4.1. Загрузка векторных слоев	10
2.4.2. Задание стиля отображения векторных слоев	11
2.4.3. Создание нового векторного слоя.....	11
2.4.4. Создание и редактирование векторных объектов.	12
2.4.5. Векторизация растровых данных	14
2.5. Геометрическая коррекция изображений.....	16
2.5.1. Установка опорных точек.	17
2.5.2. Полиномиальная трансформация.....	19
2.6. Работа с радиолокационными изображениями.....	21
2.6.1. Принципы получения радиолокационных изображений.....	22
2.6.2. Данные КА Radarsat-1	23
2.6.3. Фильтрация спекл-шума	24
2.6.4. Вычисление текстурных признаков.....	26
3. Литература.....	30
4. Порядок выполнения лабораторной работы	31
4.1. Исходные данные.....	31
4.2. Общий план выполнения работы	31
4.3. Содержание отчета	31
5. Контрольные вопросы	32
6. Этапы выполнения работы	33
Содержание	40