



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Обработка данных прибора AVHRR спутника NOAA средствами
ГИС Idrisi»

Исполнитель Игнатьев Эдуард Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

заведующий кафедрой


(подпись)

канд. физ.- мат. н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна

(фамилия, имя, отчество)

« 15 » 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Дистанционное зондирование.....	5
1.1 Понятие дистанционного зондирования.....	5
1.2 Основные системы дистанционного зондирования.....	9
1.3 Космический аппарат серии NOAA.....	11
1.4 Характеристики каналов сканера AVHRR.....	14
2 Понятия ГИС.....	17
2.1 Основные понятия ГИС.....	17
2.2 Составные части ГИС.....	20
2.3 Обработка данных дистанционного зондирования с помощью ГИС IDRISI.....	22
3 Использование ГИС IDRISI для обработки спутниковых данных.....	25
3.1 Пакет ГИС IDRISI.....	25
3.2 Трансформация изображения (модуль WINDOW).....	27
3.3 Повышение контрастности изображения.....	30
3.3.1 Повышение контраста изображения с помощью (модуль STRETCH)...	33
3.4 Подавление импульсных шумов.....	35
3.4.1 Подавление импульсных шумов с помощью модуля FILTER	38
3.5 Геометрическая коррекция и географическая привязка спутниковых снимков.....	42
3.5.1 Проведение геометрической коррекции и географической привязки в ГИС IDRISI.....	45
4 Анализ изображений с помощью ГИС IDRISI.....	52
4.1 Вычисление индекса NDVI.....	52

4.2	Вычисление альбедо.....	60
4.3	Классификация спутниковых изображений.....	63
4.3.1	Визуальная и автоматическая интерпретация изображений.....	65
4.3.2.	Простая классификация (модуль RECLASS).....	67
4.3.3	Классификация с обучением.....	72
	Заключение.....	88
	Список литературы.....	89

ВВЕДЕНИЕ

Мир движется вперед, а это значит, что человек должен контролировать Новое, в том числе осваивать земную территорию. Каждая страна начала гонку по изучению Земли из космоса, ее физических, химических свойств, особенно изменения климата. Спутники необходимы для контроля космического наблюдения.

В основе исследований Земли с использованием спутников лежит сбор данных дистанционного зондирования. Это включало информацию о состоянии окружающей среды, экологии, землепользовании, изучении растительного покрова, оценке воздействия извержений вулканов, землетрясений, наводнений, лесных пожаров, оценке урожайности сельскохозяйственных культур. Спутник ДЗ эффективно используется в области: экологической, метеорологической, океанологической гидрологии. С помощью этой информации можно упростить человеческую жизнь во всем мире.

Данные с аппаратов дистанционного зондирования поступают на землю в виде фотографий, обычно в цифровом виде. В работе представлены, среди прочего, космические спутники дистанционного зондирования земли и их оборудование. Рассмотрим также, как получают изображения Земли, где они обрабатываются, какие программы для них используются и что они содержат.

1 Дистанционное зондирование

1.1 Понятие дистанционного зондирования

Дистанционное зондирование считается средством получения информации о заданной площади поверхности (месте), объекте или явлении в результате анализа с космического аппарата.

Даже после того, как мы получим такую информацию и проанализируем спутниковые данные, мы получим огромное количество информации, и нам придется объединить ее с описанием ситуации. С этой целью необходимо интерпретировать окончательный анализ электромагнитных измерений. Объект отображает или излучает его. А также фиксируется точка в пространстве на определенном расстоянии от нее (рис. 1.1).

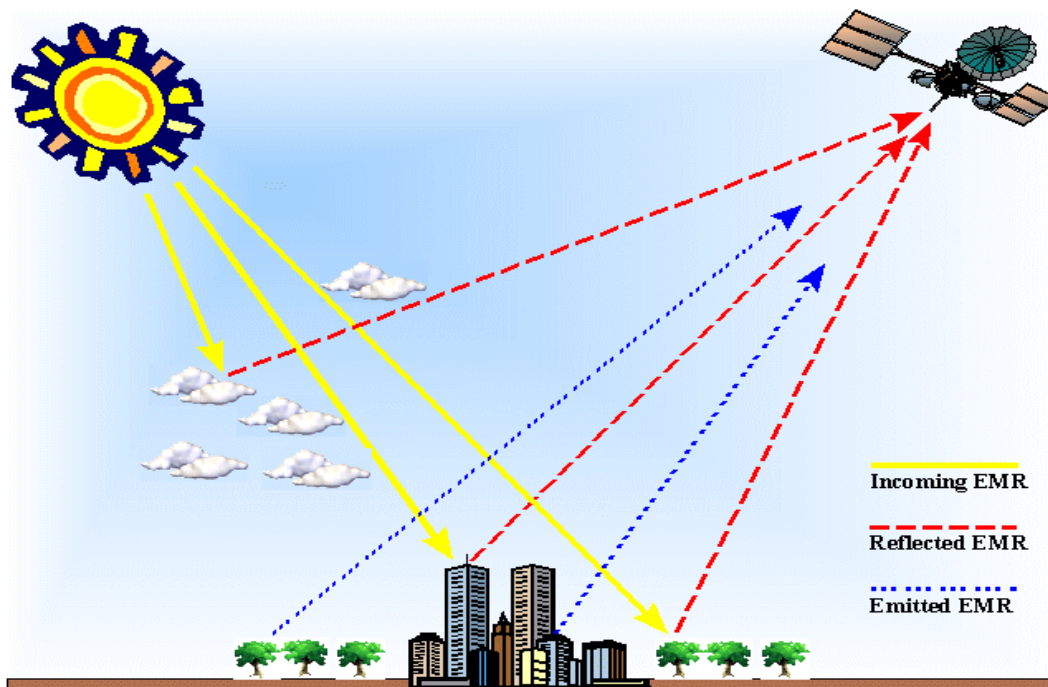


Рис. 1.1 Суть метода дистанционного зондирования

Объекты обладают физико-химическими и физическими свойствами,

которые изучаются на расстоянии. Человек является прямым свидетельством естественных форм ДЗ, то есть слуха, зрения, обоняния.

Изображение также может быть получено с помощью одного из методов удаленного мониторинга. Однако существуют значительные ограничения, в том числе в отношении видимой или близкой части электромагнитного спектра. Эмульсия фотопленки чувствительна к нему.

Методы ДЗ основаны на использовании датчиков и сенсоров. Их устанавливают на самолетах и космических кораблях. Который регистрирует ЭМИ в форматах, которые значительно удобнее цифровой обработки и значительно шире диапазона ЭМИ. Большинство методов используют инфракрасное, тепловое инфракрасное и электромагнитное излучение в радиодиапазоне. Считается, что это идеальная схема дистанционного зондирования, которая показана на рисунке 1.2.[1]

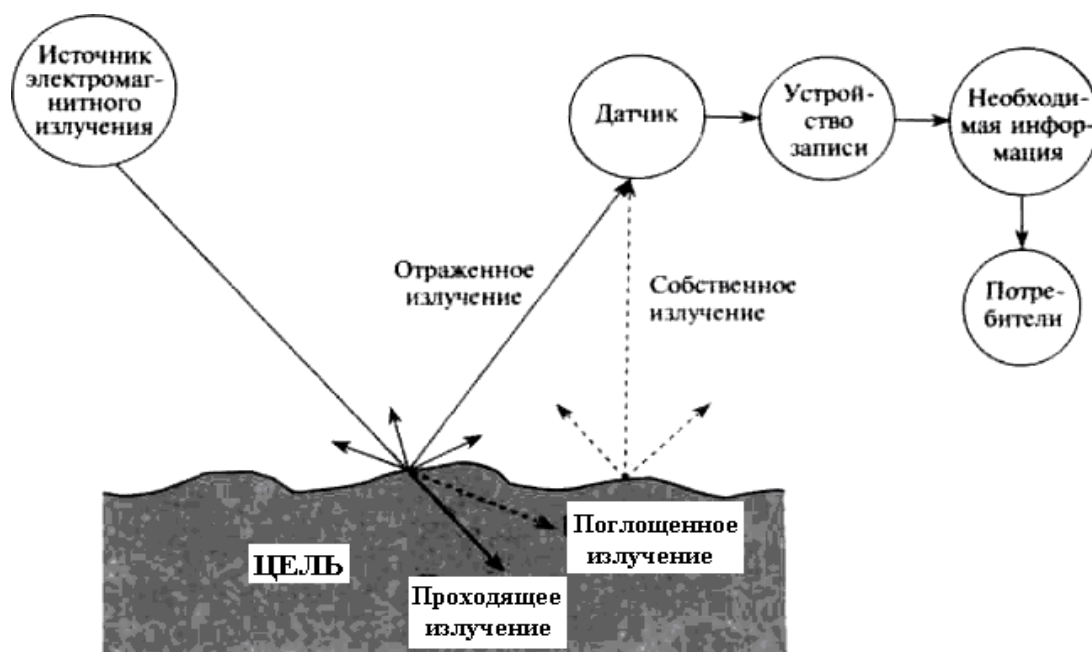


Рис. 1.2 Идеальная схема дистанционного зондирования

В состав схемы входят элементы указаны в таблице 1.1.

Состав схемы ДЗ

Наименование	
ЭМИ	ответный сигнал
процесс распространения излучения	регистрация данных
взаимодействие с веществами объекта	предоставление их клиентам

Длина волны не зависит от уровня интенсивности излучения, который мы знаем по всей волне, источник производит ЭМИ высокой энергии, это то, что описано в этой модели. В этом случае излучение не взаимодействует с воздухом. Поэтому, когда он распространяется, потери энергии не происходит. Вся длина волны создает отражающее, однородное или собственное вторичное излучение, возникающее в результате взаимодействия с материалом, испускающим излучение.

Датчик улавливает пространственную информацию за счет излучения от объектов. Высокая точность, компактный и простой дизайн должны быть идеальным сенсорным устройством. Вышеуказанные затраты на его эксплуатацию не должны быть дорогостоящими.

По биологическим, химическим и физическим свойствам объект исследования может быть идентифицирован путем интерпретации всех его частей как мгновенного преобразования на наземную станцию, передавая данные, записанные датчиком.

Потребители, которые предоставляют информацию в этом формате на своих прикладных устройствах, должны иметь, по крайней мере, большой опыт работы с удаленными материалами. [1]

Есть несколько причин, почему такая схема не может быть на практике, она отображена в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Причины не существования идеальной схемы ДЗ

Описание	
однотипные потоки излучения во времени и пространстве не могут давать ни одного источника	спектры интенсивности излучения меняются в связи с взаимодействием излучения с газами атмосферы, молекулами водорода и частями атмосферы
совпадения различных веществ могут быть возможными в спектральном чувствительности и, если условие не одинаковое, то одно вещество обладает различной спектральной чувствительностью	чтобы фиксировать все длины волн ЭМС, нужна идеальная антенна, которой пока нет
иногда возможна задержка времени интерпретации полученной информации и ее приема в связи с техническими ограничениями	при получении информации в определенной форме потребитель не получает ее сразу, так как переданный формат может быть различен
если потребители не обладают навыками дешифровки и анализов полученных при сборе и анализе дистанционных датчиков и параметров их	

1.2 Основные системы дистанционного зондирования

Для дистанционного зондирования в широком его применении используются космическое, авиационное и морское речное, озерное оборудование. Основные системы ДЗ считаются спутниками.

Само понятие о дистанционном зондировании возникло после появления первого фото в 19 в. Астрономия стала одним из первых направлений, которые начали использовать ДЗ. Позднее вооружение взяли и военнослужащие. Они использовались для стратегического решения после сбора сведений противника. В годы Гражданской войны в США для того, чтобы оценить обстрел артиллерийских орудий, подвоз орудий, перемещение военных, использовались фотоснимки с неуправляемыми летающими аппаратами. В течение всех времен появление новой техники означало, что, после исследований, результат этого был с начала внедрения технологии в военные цели.

Для анализа развития территорий, мониторинга окружающей среды и картографии гражданской среды применение ДЗ стало применяться лишь в середине XX века, после окончания ВМВ. Для оценок развития территорий, мониторинга окружающей среды и картографии гражданской среды применение метода ДЗ стало применяться лишь в середине XX века. Люди поняли, что для качественного дистанционного зондирования необходимо проводить наблюдения на околоземных орбитах, и для того были разработаны космические аппараты и спутники. Выход ДЗ в космос пришёл на 60-е годы XXв.

Это стало технологическим взрывом в области дистанционного зондирования, связанных с пилотируемыми космическими полетами, разведываниями, метеорологией и ресурсами. В процессе проектов CORNA, ARGON, LANYAD были созданы разведывательный спутник, его задача была

приобретение фотографий с низких орбит. После 1960 г. возможности дистанционных зондирования военных целей значительно увеличились. Стереопара снимков была с разрешением 2 метра. Спутники значительно улучшили время работы на орбитах и достигли нескольких месяцев, что нельзя сказать о первой генерации аппаратов, время работы которых длилась 7-8 суток.

Первым, кто запускал спутник в метеорологии, стали Соединенные Штаты США. В 1960 году они проверили это. Спутник был предназначен для задач, связанных с климатом, перемещением циклонов и прогнозом погоды. Такой спутник - Тирос.

Советский Союз и Россия тоже запустили спутник серии «Космос» и назывались «Метеор-1», это было 69-м годом XX века. До 90-х годов этого столетия были запущены более 100 космических спутников этой серии, а затем проект был закрыт. Российская метеорологическая программа была восстановлена в 2009 году запуском космического спутника «Метеор М» осенью 2009 года.

На данный момент ведущая среди ДЗ-данных - американский спутник NOAA, который бесплатно распространяется и обладает очень высоким радиометрическим разрешением.

Рассмотрим эту космическую аппаратуру, применяющуюся в области метеорологии. А так же его комплектации и возможностей. Затронем с нее программу обработки информации.[1, 2]

1.3 Космический аппарат серии NOAA

Использование устройства принадлежит Национальному управлению океанических и атмосферных исследований. Спутник NOAA использует основу метеорологической системы (рис.1.3).



Рис. 1.3 Общий вид спутника NOAA

Эти спутники запускаются с полярной системы и синхронно вращаются по круговым орбитам на высоте порядка восьмисот пятидесяти километров примерно в одно и то же время местного солнечного периода на любой поверхности Земли, проходящей через это устройство, которое называется синхронной орбитой полярного солнца. Рассмотрите альтернативы технического свойства устройств NOAA.

Аппарат этой версии способен решать различные задачи, указаны в таблице 1.3.

Решение задач спутника

Наименования задач
мониторинг погодных условий и их изменения
производить измерения вертикального профиля температуры атмосферы, а также характеристики приповерхностного ветра и температуры поверхности моря
получение информации о состоянии околоземного космического пространства
сбор информации с платформ геофизического мониторинга окружающей среды
прием и ретрансляция сигналов бедствия в рамках системы поиска и спасения «Коспас»/SARSAT, а также определение местоположения источников этих сигналов.

Данные, полученные с этого космического аппарата, используемые в разных направлениях, показаны в таблице 1.4

Области применения данных со спутника

сельское хозяйство
климатология, контроль глобальных атмосферных изменений
поиск полезных ископаемых и энергоносителей
землепользование
наблюдение прибрежных зон и океанов
лесное хозяйство
контроль водных ресурсов
мониторинг ЧС

В таблице 1.5 указаны технические характеристики

Таблица 1.5

Технические характеристики космического аппарата серии NOAA

Наименование			Значения
Высота орбиты (км)			≈850
Ширина (м)			4.18
Диаметр (м)			1.8
Масса (кг)	Общая		1712
	Полезная нагрузка		386
Солнечная батарея	Размер (м)		2.37 x 4.91
	Мощность (кВт)	Начало	1.5
		Конеч	1.4

Для работы в области дистанционного зондирования спутник серии NOAA будет оснащен сканером AVHRR с маркировкой на рисунке 1.4.

О котором будет изложено в следующем разделе

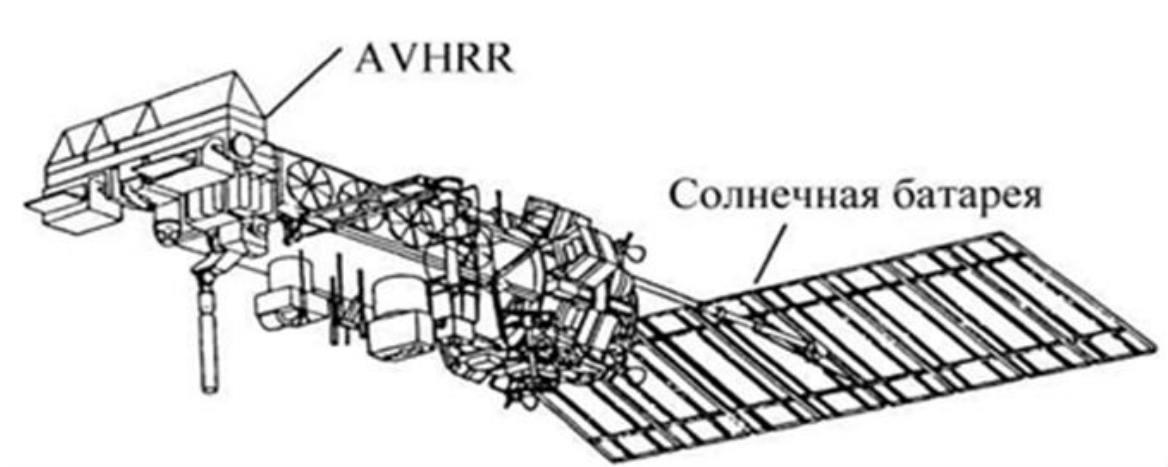


Рис. 1.4 Космический спутник NOAA

1.4 Характеристики каналов сканера AVHRR

Благодаря радиометру AVHRR на спутнике NOAA, с помощью которого мы получаем изображения, потому что AVHRR является основной системой зондирования. Он выполняет мониторинг температуры поверхности суши и моря, облачного покрова, снега и снежного покрова, осадков, мелиорации земель, растительности, влажности почвы, мониторинг вулканической активности и мониторинг поверхности моря на предмет загрязнения разливами нефти. Система в большей степени используется для решения задач, связанных с прогнозированием погоды и анализом погодных условий, съемка происходит в видимом и инфракрасном диапазоне (рис.1.5).

Сканер AVHRR на спутнике NOAA обладает техническими данными показаны в таблице 1.6.

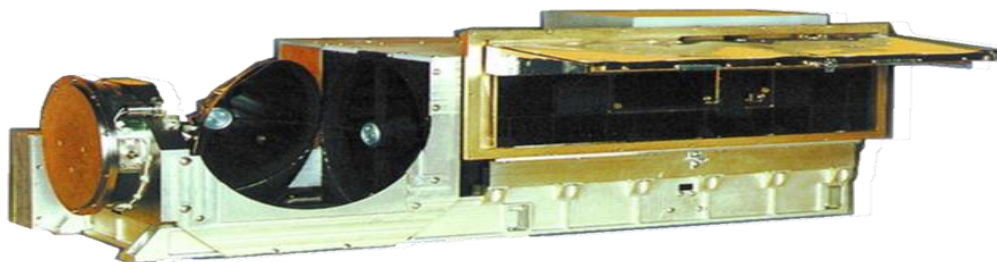


Рис. 1.5 Общий вид радиометр AVHRR

Таблица 1.6

Характеристики радиометра AVHRR

Наименование		Значения
ширина полосы съемки (км)		2400- 2800
рабочие диапазоны (мкм)		0.58-0.68
		0.72-1.10
		3.55-3.93
		10.3-11.3
		11.5-12.55
пространственное разрешение в надири (км)		1.1x1.1
мгновенное поле зрения (мрад)		1.3
угол обзора (градусы)		±55.4
частота вращения сканирующего зеркала (об/мин)		360
скорость передачи данных радиометра (кбит/с)	режим HRPT	665.4
	режим GAC	66.54

Сканер AVHRR работает в 5 зонах для поиска местности, описание которых приведено ниже.

Первый канал 0,58-0,68 мкм является желтой частью видимого спектра оптического излучения и расположен вблизи максимального уровня солнечного излучения. Этот канал часто называют "альбедо" или "альбедо-1", потому что величина отражения, измеренная в этом канале, очень близка к реальному альбедо, по-видимому, спектра.

Второй канал между 0,72 и 1,10 мкм относится к ближнему инфракрасному спектру. Следует отметить, что очень высокая (более 0,9) корреляция между 1 и 2 каналами. Разница между первым и вторым ТВ играет ключевую роль в определении типа индексов растительности, определении и разделении слоя снега, льда и облачности, автоматическом распределении моря и суши.

Третий канал, 3,55-3,93 мкм, относится к спектральному сегменту, где в дневное время интенсивность отражения и рассеяния солнечных лучей сопоставима с интенсивностью излучения от поверхности Земли или облаков. Более конкретно, третий канал относится к спектру оптических спектров, где излучаемая солнцем мощность составляет 6000 К, а земная - 293 К.

Четвертый канал, 10,3-11,3 мкм, представляет собой так называемый "тепловой канал", который соответствует одному из наиболее важных "окон прозрачности" в инфракрасной области. Этот канал традиционно используется для измерения температуры излучения поверхности.

Пятый канал 11,5-12,5 мкм в сочетании с 4. Канал представляет собой "окно общей прозрачности". 5. Канал высокой зависимости от 4-го канала, но его особенность заключается в том, что влияние этого канала на линию поглощения водяного пара, согласно последним спектрометрическим данным, поглощение кристаллов льда составляет разницу между 4 и 5 программами, бесценную для идентификации перистых облаков.

Перед обработкой тематических данных он выполняет первоначальную обработку, которая включает в себя грубые ошибки в исходной форме, географические и временные привязки изображения, калибровку данных, последняя специальная процедура, которая позволяет перейти от значений, которые регистрирует радиометр, к значениям, которые являются альбедо температуры излучения. [7]

2 Понятия ГИС

2.1 Основные понятия ГИС

Современные исследования дистанционного наблюдения требуют современных решений, и ГИС стала таким инструментом.

ГИС - это современная компьютерная технология, которая была внедрена в нашу жизнь для решения современных задач картографирования и анализа объектов на Земле и событий на ней. Эта система работает с картами с большим объемом базы данных, такими как опросы и статистический анализ, которые имеют возможность для полномасштабного визуального анализа и географического геопространственного анализа. Многие люди думают, что такие функции ничем не отличаются от ГИС от других информационных систем, но это не так. ГИС предоставляет уникальную возможность применять широкий спектр задач, связанных с анализом и прогнозированием явлений, событий во внешнем мире, пониманием и выделением ключевых факторов, причин и потенциальных последствий, планированием стратегических решений и других последствий предпринятых действий. (рис.2.1).

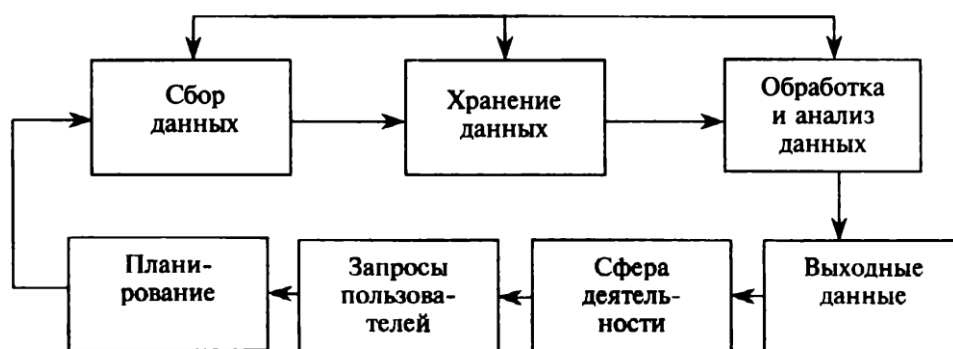


Рис.2.1 Простая схема работы ГИС

Создание карты, географический анализ не являются чем-то совершенно новым. Тем не менее, светодиодная ГИС предлагает новую, современную, эффективную, продуктивную и рыхлую способность анализировать проблемы и решать проблемы, с которыми сталкиваются отдельные объекты и конкретные организации (групп). Обеспечивает автоматический анализ и прогнозирование. ГИС включает в себя множество методов и методов обработки данных (рис.2.2).



Рис.2.2 Различных методов и технологий обработки данных в ГИС

В настоящее время ГИС - это многомиллионная индустрия, в которую вовлечены сотни тысяч людей по всему миру. Эта методика используется практически во всех сферах человеческой деятельности - от анализа глобальных проблем, таких как перенаселение, загрязнение территорий, вырубка лесов, глобальная и региональная погода, до решения частных задач: поиск оптимального маршрута между объектами, выбор оптимального

расположения новых офисов, поиск домов по своему адресу, прокладка трубы в помещениях, различные коммунальные задачи.

2.2 Составные части ГИС

Геоинформационная система включает в себя 5 ключевых компонентов продемонстрированы в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Ключевые компоненты ГИС

Наименование	
инструменты	программное обеспечение
данные	исполнители
методы	

Аппаратное обеспечение — это компьютер, который использует ГИС-систему, все периферийные устройства, используемые для получения данных, ввода в компьютер и предоставления результатов ГИС пользователю. ГИС теперь работает на нескольких компьютерных платформах, от централизованного сервера до автономного или сетевого настольного компьютера.

Программное обеспечение ГИС включает в себя инструменты для хранения, анализа и представления географических пространственных данных. ключевые компоненты программного обеспечения: инструменты для управления и обработки пространственных данных; базовая система управления данными; инструменты для поддержки пространственных запросов, анализа, визуализации изображений; графический пользовательский интерфейс для удобства работы с функциями и инструментами.

Данные являются основными компонентами ГИС. Географическая информация, относящаяся к геопространственным данным, а также табличные или абстрактные данные могут собираться и компилироваться самими

пользователями или приобретаться у поставщиков по коммерческим и другим причинам. В вычислительной технике географические информационные системы интегрируют пространственную информацию в другие типы данных и другие типы источников данных. Он может использовать СУБД, которые многие организации используют для управления данными и обеспечения их доступности.

Широкое применение ГИС-технологий невозможно без тех, кто работает с программами и разрабатывает планы их использования при решении реальных задач. Пользователи ГИС могут выступать в качестве технического эксперта, который разрабатывает и поддерживает систему, и в качестве обычного сотрудника конечного пользователя, которому ГИС помогает решать обычные повседневные задачи и проблемы.

Степень успеха, эффективность методов, включая экономическое применение ГИС, во многом определяется правильно составленным планом и правилами работы, которые составляются в соответствии с конкретными характеристиками, задачами и функциями каждой организации. Существующие и разрабатываемые географические информационные системы могут существенно отличаться от других с точки зрения вычислительных возможностей и базовых технологий, необходимых технических конфигураций, ресурсов информационных технологий и т.д. для. Кроме того, каждый раз, когда разработчик автоматизированной системы не может ответить на вопрос "относится ли его система к ГИС?", Поэтому важно составить список типичных показателей категории информационных систем ГИС и описать их основные характеристики, которые могут быть получены в результате систематического анализа.

2.3 Обработка данных дистанционного зондирования с помощью ГИС IDRISI

Удаленная обработка данных включает в себя стандартные этапы, такие как предварительная и тематическая обработка данных и комплексный анализ данных (рис. 2.3).

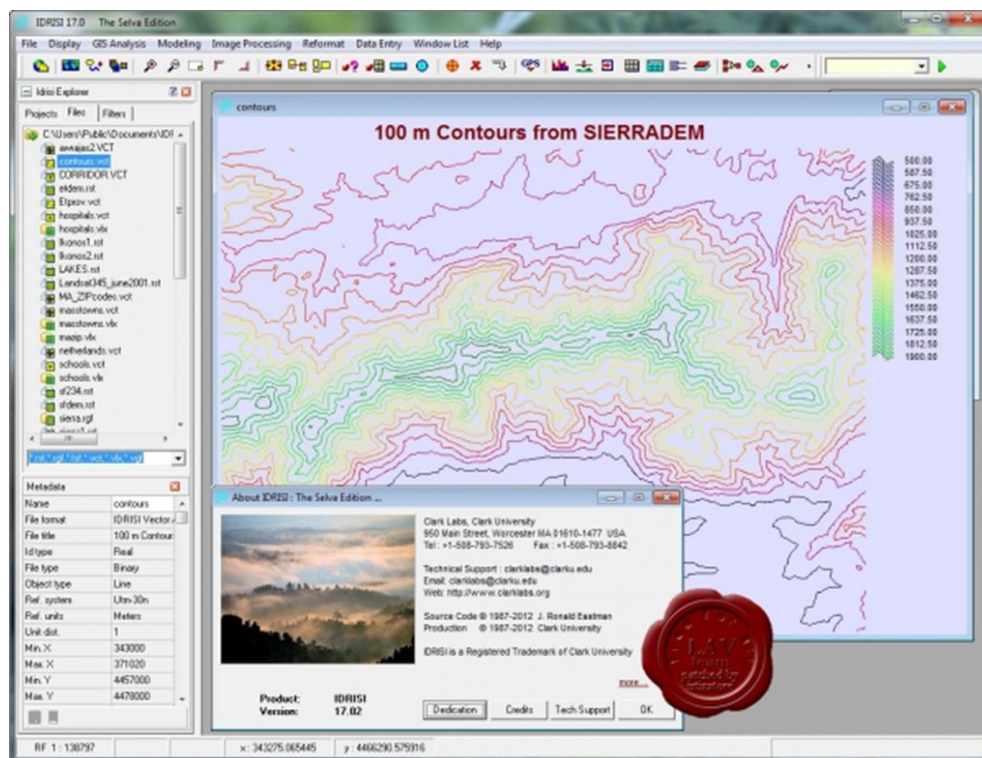


Рис. 2.3 Интерфейс ГИС IDRISI

Целью предварительной обработки данных ДЗ является подготовка изображения к дальнейшему использованию и предназначена для его классификации.

Виды тематической обработке приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Состав тематическая обработка снимков со спутника

Наименование	
геометрическая коррекция и географическая привязка спутниковых снимков	атмосферная коррекция спутниковых снимков
подавление импульсного шума на спутниковых изображениях	сегментация объектов на спутниковых снимках с помощью яркостного порога
подчеркивание границ объектов и выделение контуров на спутниковых снимках	повышение контраста изображения
синтез спутниковых изображений	классификации изображений с обучением
кластерный анализ спутниковых снимков	преобразование спутниковых снимков методом главных компонент

3 Использование ГИС IDRISI для обработки спутниковых данных

3.1 Пакет ГИС IDRISI

IDRISI это название было дано 14-й версии компании IDRISI производителем clarklab Corporation из Университета Кларка. Система предназначена для обработки данных удаленного мониторинга. ГИС IDRISI включает в себя множество независимых модулей. Для каждой версии набор функциональных модулей может быть различным, но основные группы могут быть примерно одинаковыми (таб. 3.1).

Таблица 3.1

Перечень функциональных модулей

Наименование		
Управление проектом	Ввод данных	Отображение
Управление атрибутивными данными	Управление пространственными данными	Географический анализ
Статистический анализ	Обработка изображений	Периферийные модули

Эти модули могут быть использованы для решения различных задач пространственного анализа. ГИС ИДРИСИ ориентирована на обработку растровых данных, но она также обладает возможностями обработки векторных данных.

Главным преимуществом ГИС Идрис является довольно простое управление аналитическими модулями, управление ими осуществляется в стандартном меню Windows. Входные данные ГИС ИДРИСИ - это изображения, сделанные на различных спутниковых устройствах, которые представлены в цифровом виде на дисках или других носителях. В дополнение к данным спутникового слежения вы можете использовать отсканированные географические карты различных размеров в цифровом и бумажном формате.

3.2 Трансформация изображения (модуль WINDOW)

В задачу данного дипломного проекта входила обработка с помощью ГИС IDRISI данных прибора AVHRR спутника NOAA за 3 августа 1994 года района Ленинградской области.

ГИС IDRISI позволяет производить следующие действия с изображениями, меняющие их размер и форму: изменение проекции изображения, проведение географической привязки и геометрической коррекции, вырезание из изображения его части, сжатие и увеличение его размеров, транспонирование изображения и склеивание двух изображений в одно. Первые две из перечисленных операций будут рассмотрены в следующем разделе. Здесь мы кратко рассмотрим остальные.

Пожалуй, наиболее распространенной операцией трансформации изображений является вырезание фрагмента. Эта операция проводится с целью экономии ресурсов компьютера и сокращения времени обработки снимков. Вырезание фрагмента осуществляется с помощью модуля WINDOW (пункт меню Reformat → WINDOW). Диалоговое окно состоит из нескольких частей рисунок 3.1. Вверху слева можно выбрать один из двух способов использования модуля: для вырезания фрагмента из одного файла или для вырезания окна из нескольких изображений. При выборе первого варианта система ожидает введения имени файла и выходного файла рисунок 3.2. При выборе второго варианта следует указать изображения, из которых будет вырезаться одинаковый фрагмент, а также префикс, который будет добавлен либо к началу названия исходного файла, либо к концу. Нашими входными файлами служат снимки спутника NOAA прибора AVHRR первого и второго каналов полученные 3 августа 1994 года.

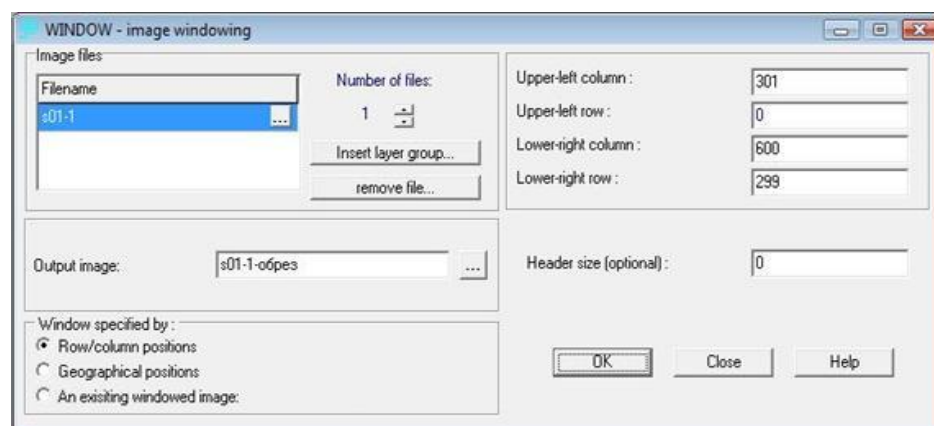


Рис. 3.1 - Диалоговое окно модуля WINDOW

Далее указываем, как будут описаны координаты фрагмента: путем задания координат углов номерами колонок и столбцов или географическими координатами (величинами X и Y).

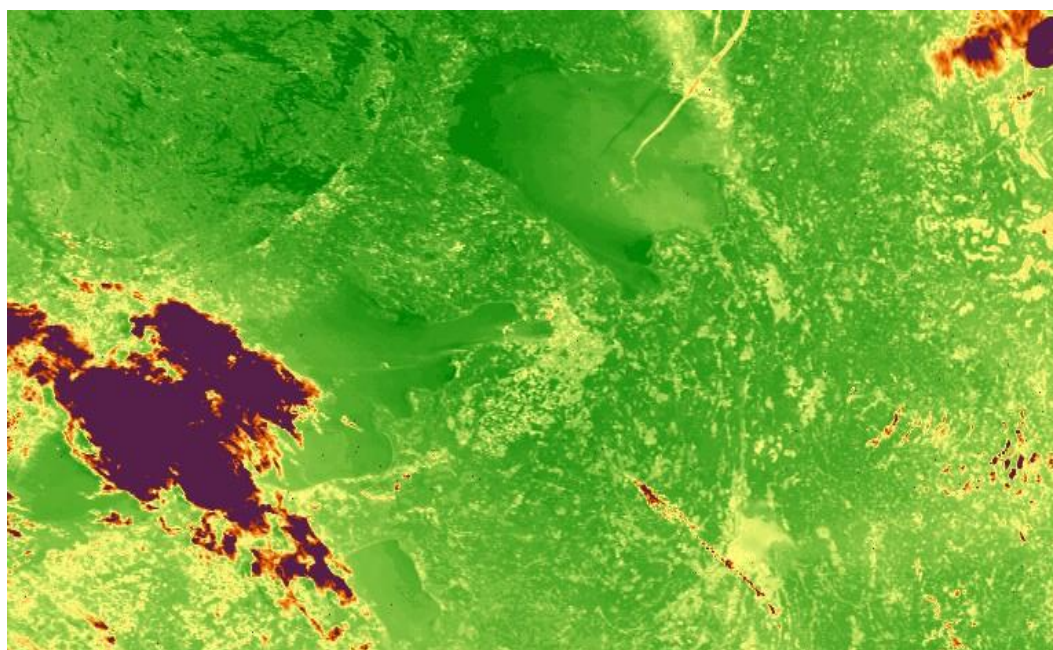


Рис. 3.2 Исходный снимок

Возможен вариант описания окна путем указания имени уже вырезанного фрагмента. При этом система вырежет окно с теми же координатами углов. Описание координат углов (левого верхнего и правого нижнего) должно быть произведено в правой нижней части диалогового окна. В нашем случае

ограничиваем 301-ой и 600-ой колонками и 0-м и 299-м рядами. Результат представлен на рисунке 3.3.

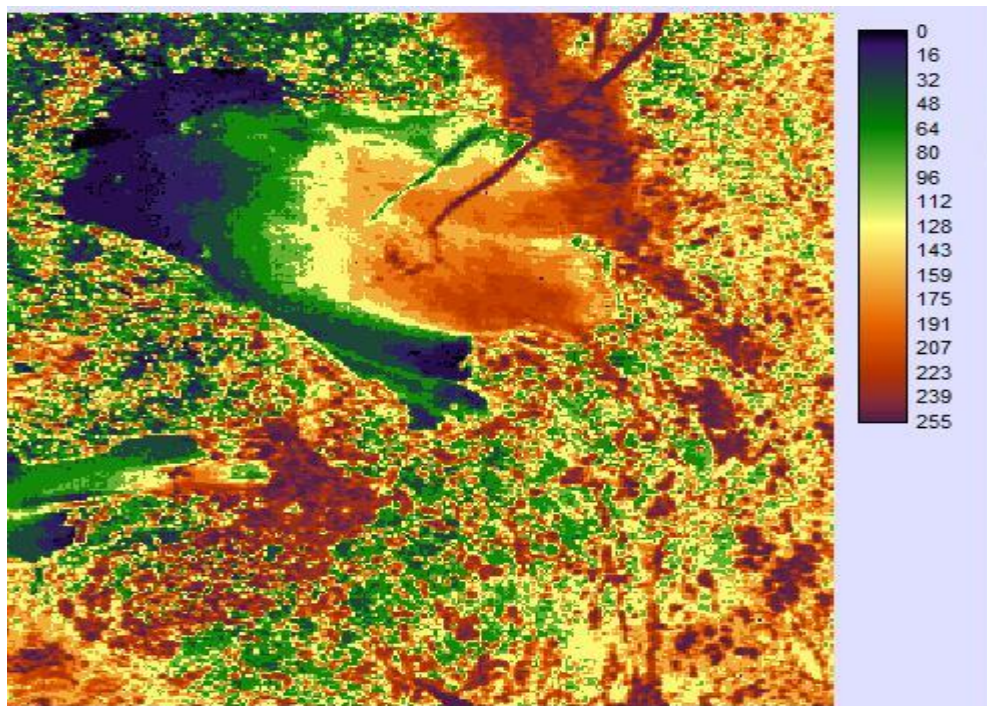


Рис 3.3 - Обрезанный фрагмент

3.3 Повышение контрастности изображения

Возможность визуальной интерпретации спутниковых снимков зависит в первую очередь от контрастности их изображений. Контрастность изображения определяется как:

$$C = (f_{\max} - f_{\min}) / f_{\max}, \quad (3.1)$$

где $f_{\max}$ - максимальное значение яркости, присутствующее на изображении, $f_{\min}$ - минимальное значение яркости.

Если диапазон яркости, используемый в изображении, является лишь частью возможного диапазона из 256 значений для 8-битного кодирования сигнала, контраст между изображением и фоном будет слабым. Цифровая обработка позволяет увеличить диапазон яркости и тем самым увеличить контрастность.

Существует много различных способов улучшить контрастность, давайте рассмотрим два метода.

Линейные компоненты гистограмм. В соответствии со столбчатыми диаграммами, показанными на рисунке. 3.4. минимальная яркость изображения составляет 84, максимальная - 153. интервал на уровне 70 занимает менее трети от общего числа 256 индикаторов. Линейное растягивание пикселей дает новым значениям исходных пикселей формулу:

$$f_{\text{new}} = a + b f_{\text{old}}, \quad (3.2)$$

где f_{old} - старое значение яркости пикселя, для рис. 3.1 получим систему

$$0 = a + b \cdot 84$$

$$255 = a + b \cdot 153.$$

Отсюда найдем значения коэффициентов $a = -310.435$, $b = 3.696$.

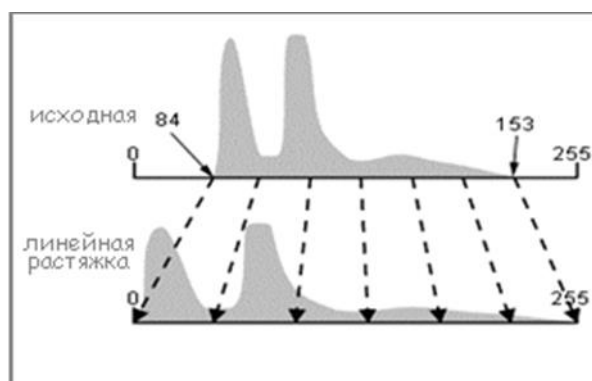


Рис. 3.4 Методика линейной растяжки гистограммы

Используя уравнение 3.2, определяется коэффициент преобразования всех остальных значений, чтобы охватить все возможные интервалы изменения яркости. В этом случае контраст значительно возрастает, в области светлый оттенок выглядит светлее, а темные объекты выглядят темнее, и анализ изображения облегчается.

Особый случай растяжек линий метод "контрастная лупа" позволяет разделить только небольшой фрагмент области яркости исходного изображения и растянуть его на все возможные динамические области, добавив контрастные детали, занимающие выделенную область. Поскольку обычное увеличительное стекло дает возможность поочередно просматривать изображение мелких частиц, добавляя их до нужного размера, контрастное увеличительное стекло дает возможность поочередно просматривать мельчайшие детали, расположенные в разных областях - диапазон динамических динамиков из-за малого контраста оставался бы невидимым для зрителя. Например, видно русло реки, а пиксели в воде имеют яркость 40-76. Если исследователю требуется детальное рассмотрение изображений воды, особенно возможности, увидеть изменения, проникшие в осадок, то в этом случае рекомендуется растянуть только небольшое количество гистограмм, что соответствует воде 40-76 во всем диапазоне 0-255. для всех пикселей со значениями, меньшими или большими, чем 40, задано значение 0, для пикселей со значениями,

превышающими или превышающими 76, задано значение 255. эти области будут потеряны. Однако контраст с водой значительно больше.

Эгалитаризм — это также выравнивание гистограммы. Этот метод рекомендуется использовать при разделении диапазона яркости исходного изображения, которое не является однородным, как видно на изображении. 3.5.

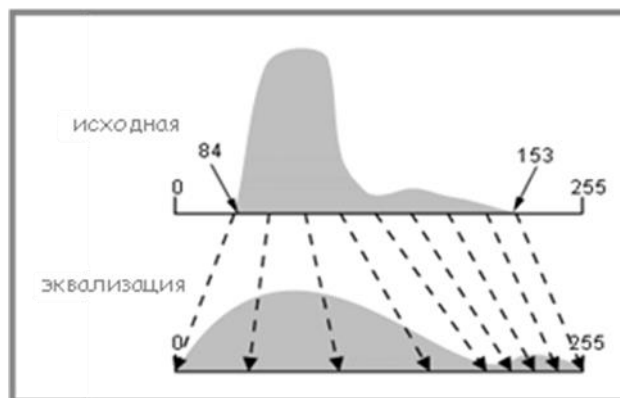


Рис. 3.5 Методика эквализации

Метод контрастности гистограмм может быть использован для выравнивания гистограмм, т.е. для создания нового изображения, в котором каждый уровень яркости получает один и тот же уровень частоты. В этом случае выделяются пиксели, значение которых на изображении чаще всего определяет контрастность областей, соответствующих нескольким уровням, но несколько редко встречающихся пикселей получают одно значение.

Следует понимать, что в процессе "растягивания" настройка исходного цветного изображения искажается исходной цветовой шкалой, поэтому многие методы обработки, такие как сортировка, становятся неэффективными. Одним из важных применений теневого изображения является его использование в визуальной интерпретации.[6]

3.3.1 Повышение контраста изображения с помощью (модуль STRETCH)

Методы преобразования гистограмм для увеличения контрастности изображения реализованы в меню растягивания экрана. На рис. 3.6 показан пример заполнения формы для запуска модуля stretch.

Из рисунка 3.6 видно, что растягивающие сигналы серии, а возможны в трех состояниях: "линейный", "выравнивание гистограммы" и "линейная стабильность". Первый режим выполняет линейное "растягивание" гистограмм, второй режим - выравнивание гистограмм, третий режим - линейное "растягивание" с возможностью установки процента насыщенности. Этот параметр определяет процентное соотношение сигналов в исходном изображении, которое заменяется максимальными и минимальными значениями. В зависимости от процента насыщенности вы можете растянуть спектр сигнала в нужном направлении и до желаемого уровня

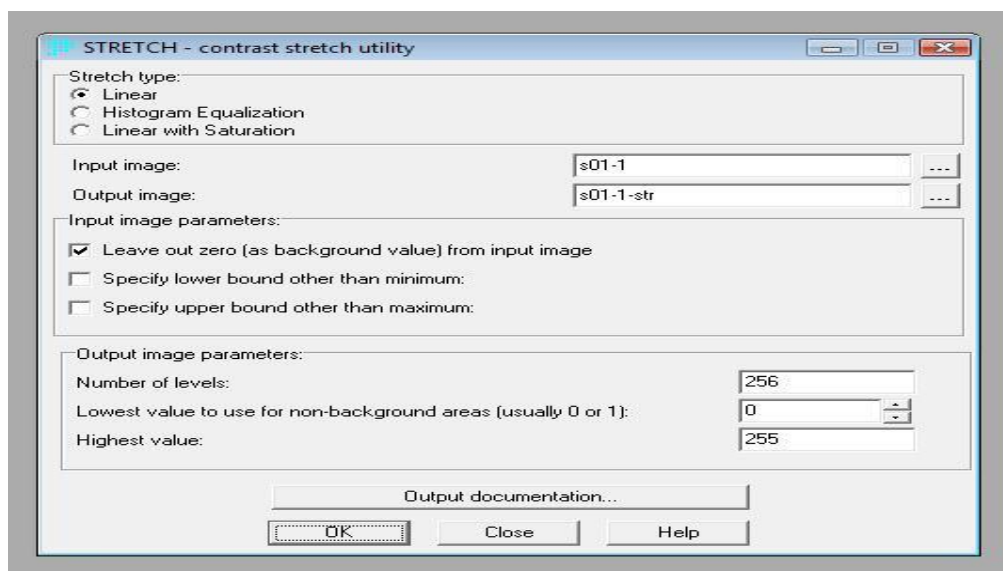


Рис. 3.6 Диалоговое окно модуля STRETCH

Показана работа с модулем растяжения (рис.3.7). Здесь справа приведена исходная часть изображения спутникового радиометра AVHRR и его гистограмма, построенная на этом изображении, справа - результат обработки в

линейном режиме и его гистограмма по полученным изображениям. Контраст между сигналами, связанными с облачными и влажными поверхностями, и пикселями суши и воды значительно возрастает.

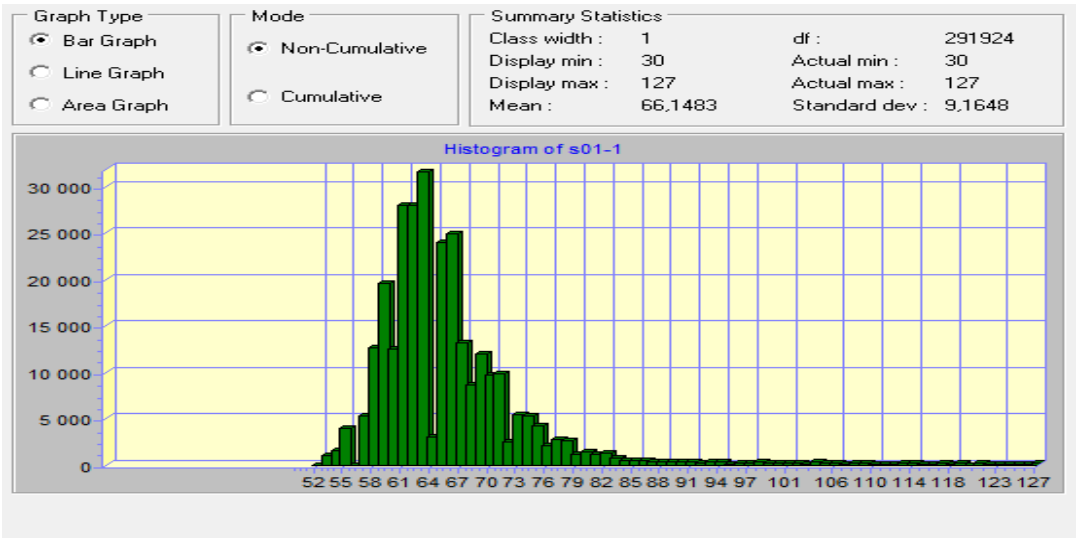


Рис. 3.7 До применения функции STRETCH

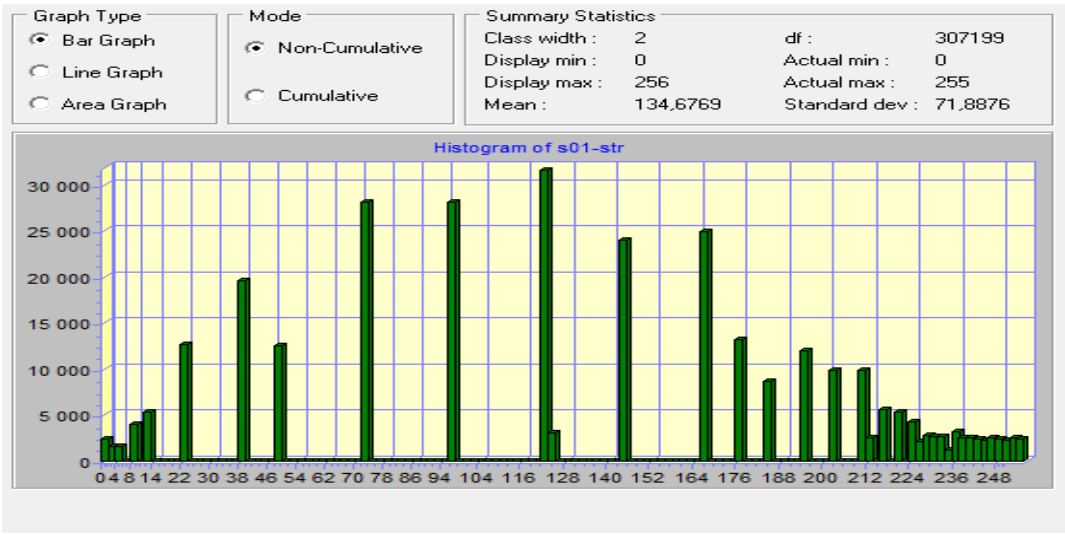


Рисунок 3.8 После применения функции STRETCH

3.4 Подавление импульсных шумов

В дополнение к информации, полезной на реальных снимках, включающей различные вибрации из-за шума детектора, пропускания, квантования и т. Д. Одним из наиболее распространенных методов борьбы с импульсными нарушениями, которые появляются на изображении в виде рассеянных точек, являются локальные фильтры. Алгоритм локального фильтра основан на последовательном управлении изображением в окне определенного типа, выполняя определенную функцию над пикселями, которые попали на окно этого окна. Схематично показан процесс последовательного прохождения прямоугольного окна размером 3x3 пикселя на рисунке 3.9.

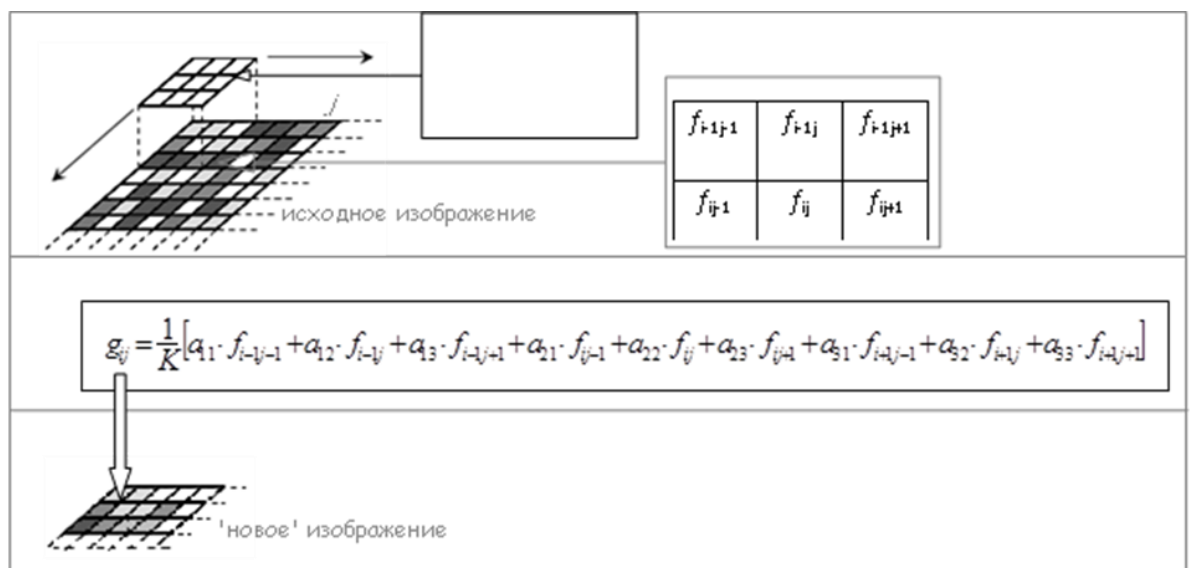


Рис. 3.9 Методика локальной фильтрации растрового изображения

Каждый элемент окна имеет число, называемое массовым коэффициентом. Во-первых, массовые коэффициенты обладают некоторыми свойствами, прежде всего они положительны. Во-вторых, веса удовлетворяют условиям пространственного инварианта: $a_{11} = a_{13} = a_{31} = a_{33}$, $a_{12} = a_{21} = a_{23} = a_{32}$, и в-

третьих, шкалы нормализованы таким образом, чтобы их сумма была равна единице, что обеспечивает правильное воспроизведение средней яркости изображения. Обработка включает в себя умножение коэффициентов массы на соответствующую яркость исходного изображения и умножение полученных результатов. Вычисленные значения присваиваются пикселю "отфильтрованного" изображения, соответствующему центру пиксельного окна.

На рис. 3.10 показан пример обработки фрагмента спутника с помощью двух фильтров: линейного среднего и медианного. В обоих случаях использовалось девятизначное окно (рис. 3.11), указывающее на эффективность сглаживания контраста с линией изображения. Анализ изображений, полученных при обработке указанными фильтрами, выявил не только полное или частичное устранение помех, но и размытие краев объектов. А медианфильтр обеспечивал как лучшее подавление помех, так и сохранение контуров изображения

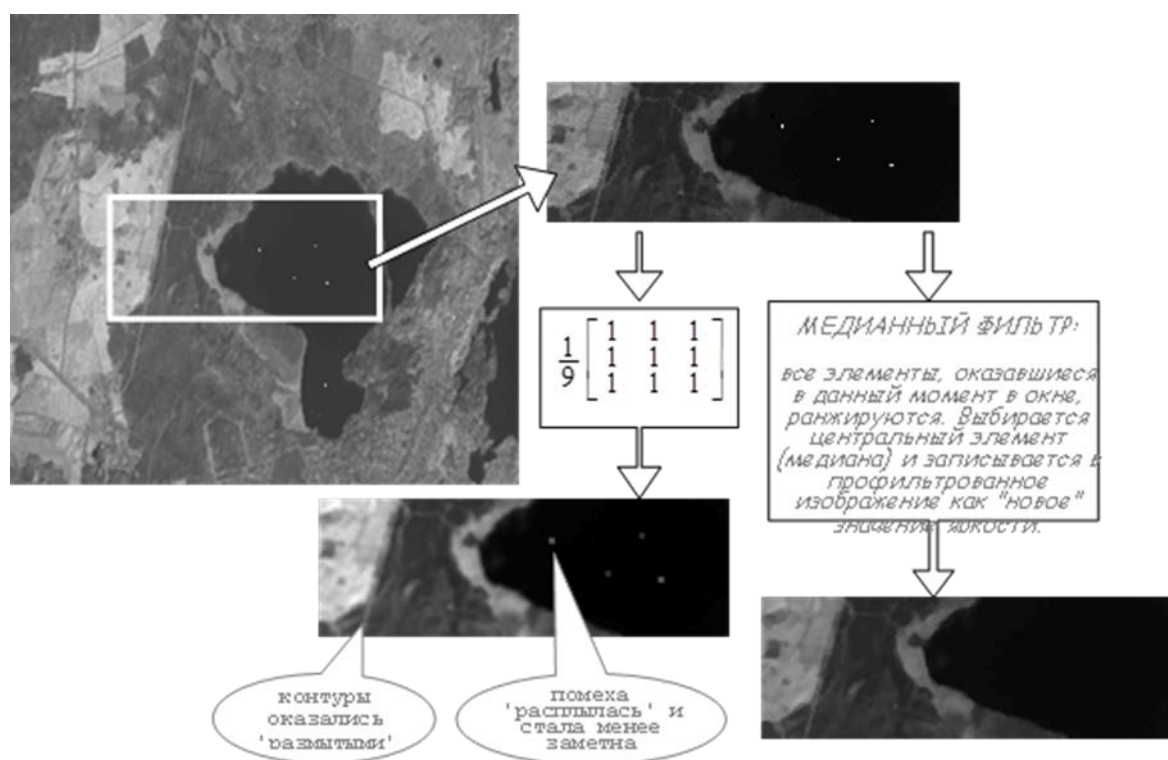


Рис. 3.10 Обработка фрагмента двумя фильтрами

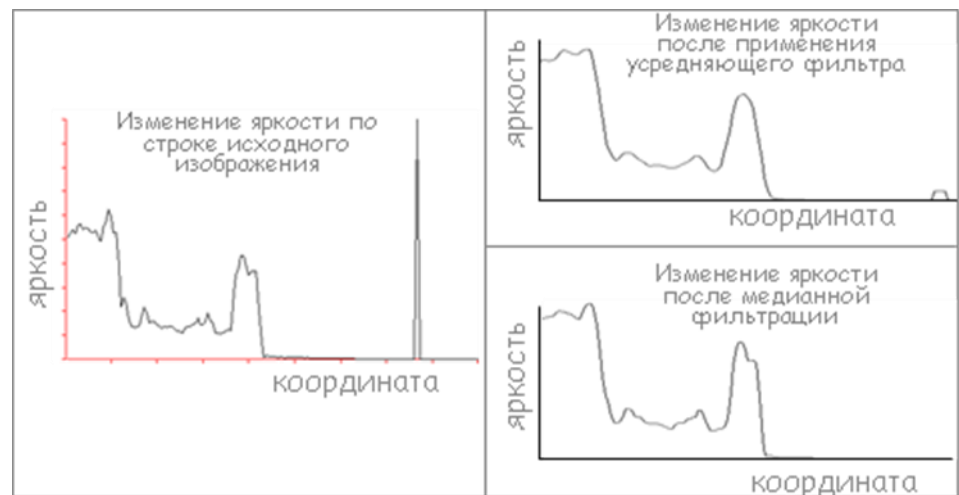


Рис. 3.11 Профиль яркости вдоль строки исходного фрагмента и его сглаживание после применения низкочастотных фильтров.

3.4.1 Подавление импульсных шумов с помощью модуля FILTER

Реальные изображения, наряду с полезной информацией содержат различные помехи, вызванные шумом датчика, ошибками при передаче данных, при квантовании сигнала и другими причинами. Одним из наиболее распространенных способов борьбы с импульсными помехами, появляющимися на изображении в виде разрозненных точек, является локальная фильтрация. Алгоритм локальной фильтрации основан на последовательном просмотре изображения окном заданной формы и выполнении определенных действий над пикселями, попадающими в это окно, размером 3*3 пикселя. Диалоговое окно модуля FILTER представлено на рисунке 3.12.

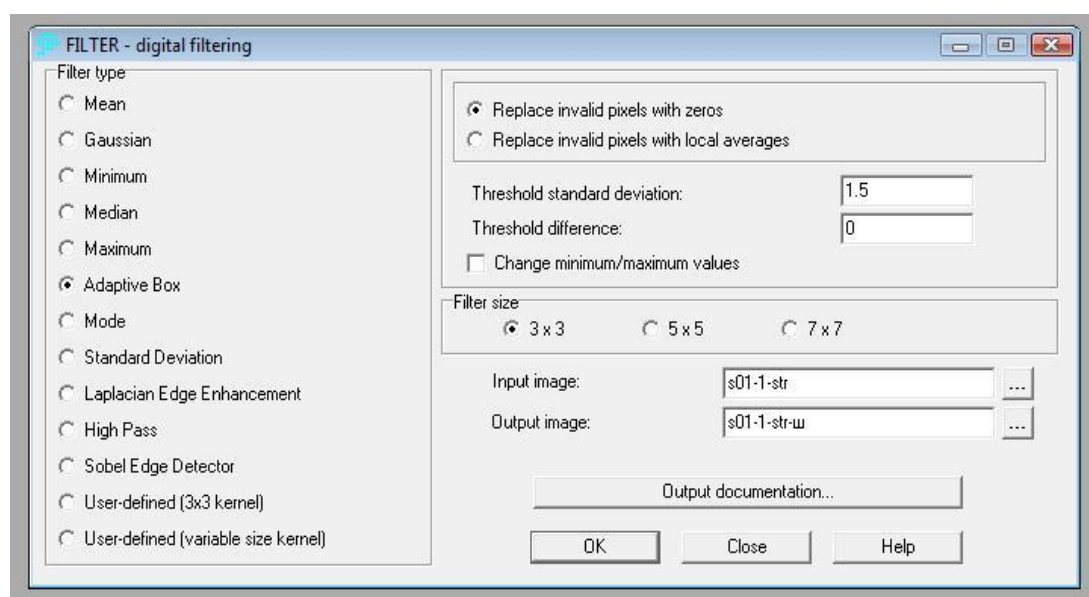


Рис. 3.12 Диалоговое окно модуля FILTER

Фильтр Adaptive Box (адаптивного диапазона) проводит оценку изменчивости значений в окрестности из 3-х, 5-ти или 7-ми пикселей вокруг каждого пикселя.

В процессе работы фильтра рассчитываются среднее значение и стандартное отклонение. Значение центрального пикселя меняется, если оба

приведенные ниже условия оказываются выполненными:

- значение центрального пикселя находится вне диапазона $k \cdot \sigma$ относительно среднего, где σ — это стандартное отклонение, рассчитанное для значений, попадающих в окрестность 3×3 , 5×5 или 7×7 пикселей, а коэффициент k — параметр, заданный пользователем при запуске модуля;

- разность между значением центрального пикселя и средним значением для оставшихся пикселей в окрестности больше, чем заданное пользователем пороговое значение.

При этом в зависимости от выбора пользователя, значение обрабатываемого пикселя изменяется либо на 0, либо на среднее по окрестности, рассчитанное для значений, которые попадают в описанный пользователем диапазон $k \cdot \sigma$.

Если же хотя бы одно из приведенных выше условий не выполняется, значение центрального пикселя остается тем же.

Как уже было упомянуто, этот фильтр хорошо работает для удаления с изображения случайного шума типа «соль и перец», который появляется, когда при приеме изображения дают сбой отдельные датчики. На изображении это выглядит как некоторое количество исключительно ярких (или наоборот — слишком темных) пикселей. Рассматриваемый фильтр призван контролировать такие выбросы (или нетипичные, резко выделяющиеся наблюдения). Фильтр исключает значения, которые выходят за границы $\pm k$ (по умолчанию $k = 1.5$) стандартных отклонений вокруг выборочного среднего и одновременно отличаются от соседних значений более чем на заданное пороговое число. Проблема задания порогового значения решается с помощью анализа гистограммы изображения (выбросы представлены на гистограмме как неоправданно большие или малые низкочастотные значения), а также с помощью анализа самого изображения с помощью функции *Cursor inquiry mode*.

Гистограммы исходного, отфильтрованного и отфильтрованной части с помощью описываемого фильтра изображения представлены на рисунках 3.13; 3.14; 3.15.

Проверим результаты применения фильтрации с помощью модуля Image Calculator. Для этого заполним форму, в которой укажем что из исходного изображения, вычитается изображение, подвергнутое фильтрации, а итоговое изображение, на котором четко видны помехи в виде отдельных точек.

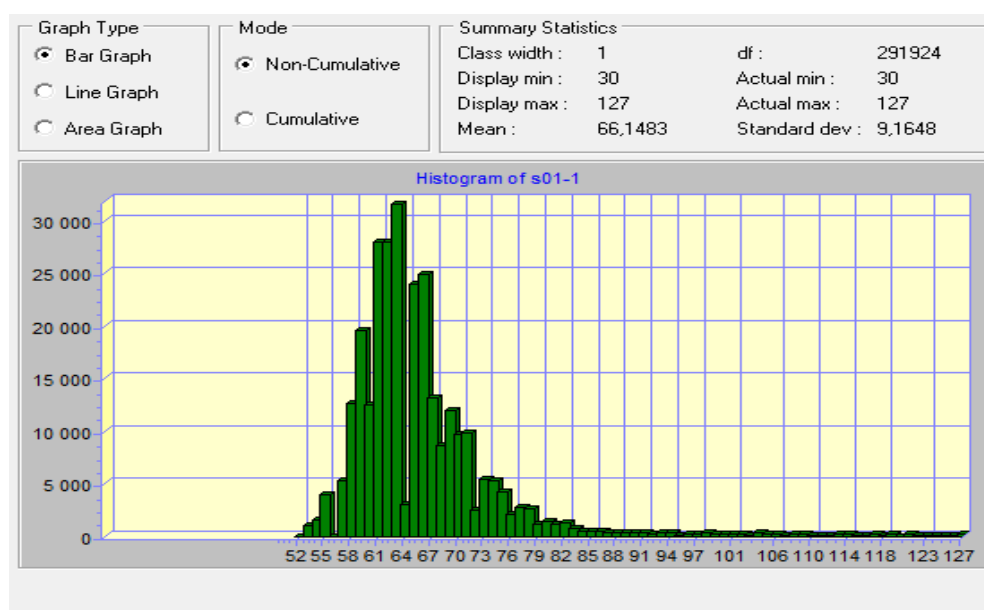


Рис. 3.13 Гистограмма исходного изображения

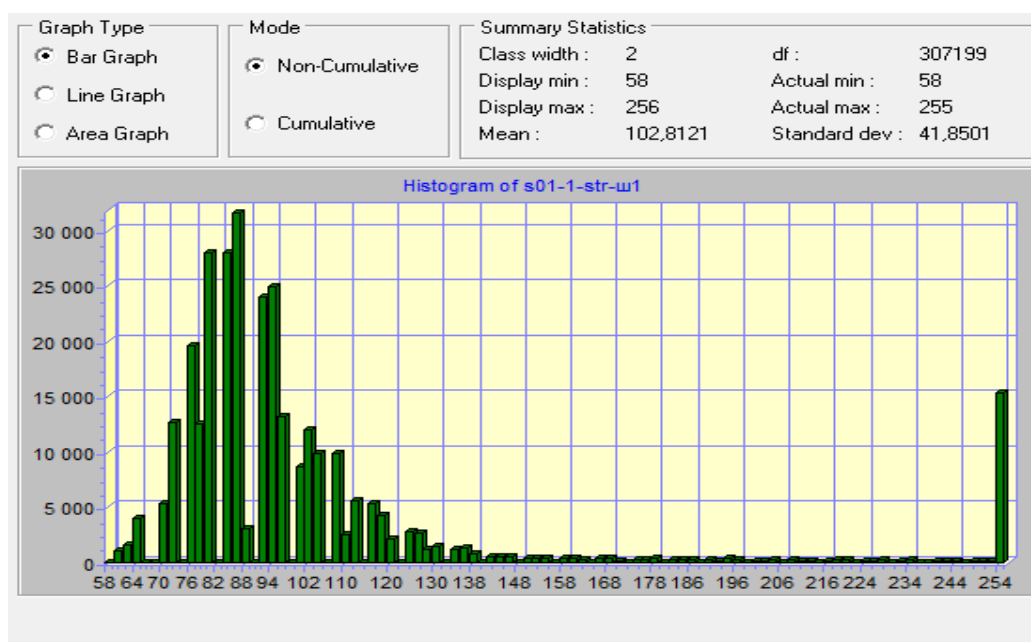


Рис. 3.14 Гистограмма отфильтрованного изображения

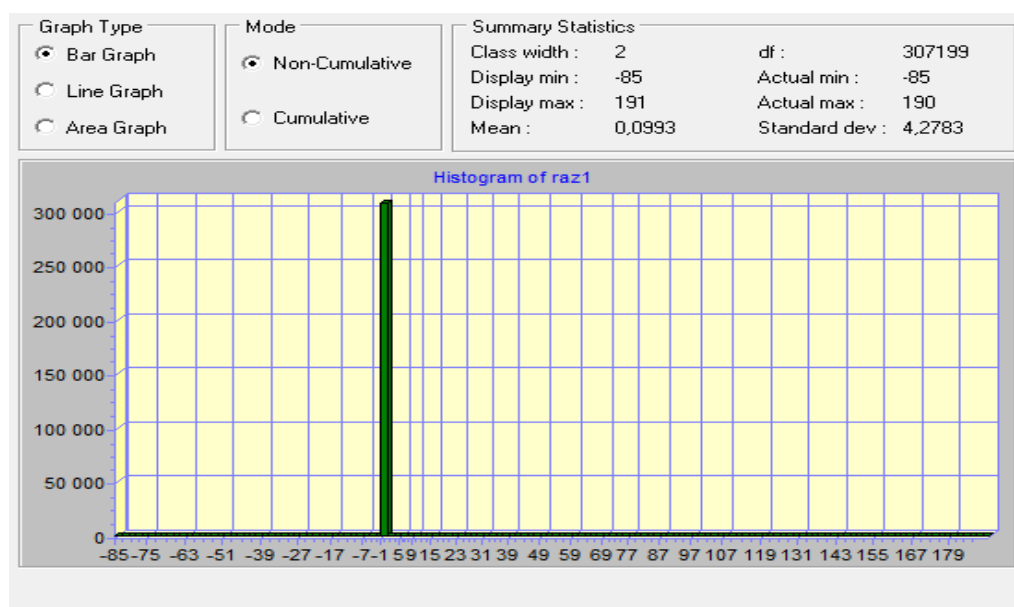


Рис. 3.15 Отфильтрованная часть

Так же был подвергнут фильтрации снимок, полученный со второго канала, но результаты этого этапа работы не представлены в дипломном проекте.

3.5 Геометрическая коррекция и географическая привязка спутниковых снимков

Спутниковые снимки, как и все удаленные данные, представляют собой геометрическое искажение, вызванное кривизной земной поверхности, вращением земли во время сеанса передачи спутниковых данных и многими другими причинами.

Назначение геометрических спутниковых изображений и географических связей приведено в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Наименование
измерение расстояния на рисунке, необходимое для различных задач картографии города
сравнение снимков одного участка, полученных с спутника по разным виткам или с различными спутниками
определение географических координат ширины и длины объектов, которые изображены на снимке
возможность синтеза снимка с другими данными о природе для анализа дальнейшего

Для решения вышеперечисленных задач вам необходимо перевести изображение в обычные картографические проекции. Есть два способа решить эту проблему.

Первый способ заключается в определении точной даты сканирования рассматриваемой области, точного положения спутника при сканировании на

орбите. Время, в которое начинается сканирование каждой линии, определяется указанием корабельных часов, содержащихся в телеметрии со спутников. Положение спутника на орбите может быть рассчитано по известным элементам орбиты в любой модели.

Второй метод известен как "метод точечного контроля". На картинке разные точки выбраны довольно хорошо, и карта определяет географические координаты этих точек. Затем изображение изменяется для перехода в новую систему координат.

Первый способ позволяет автоматизировать захват изображения, не полагаясь на динамические условия съемки, которые способствуют надежной установке опорных точек на обрабатываемом участке. Другой метод позволяет обрабатывать архивные изображения, для которых элементы орбиты неизвестны.

Давайте подробнее рассмотрим второй метод.

На карте и слайде есть одни и те же точки, где удобно использовать мыс, крутые изгибы рек и так далее. Нет, нет, нет, аппроксимация полинома определяет соотношение географических координат точек нового числа X , y и координат исходного числа x , y .

Обычно используют полиномы I степени:

$$x' = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy \quad (3.3)$$

$$y' = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy$$

или II степени:

$$x' = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2; \quad (3.4)$$

$$y' = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2$$

Коэффициенты a_0 и b_0 ответственны за сдвиг изображения по x и по y , члены с коэффициентами a_1 , a_2 , b_1 , b_2 - за линейное изменение масштаба по x и

по y , члены с коэффициентами a_3, b_3 - за вращение изображения, члены с a_4, a_5, b_4, b_5 - за нелинейное изменение масштаба.

Количество точек на линейной аппроксимации степени I должно быть не менее трех, квадратной степени II - не менее шести, кубической степени III - не менее десяти. Но на практике необходимо довести количество баллов до 15-20 и разделить все цифры, что дает возможность находить коэффициенты методом наименьшего квадрата.

3.5.1 Проведение геометрической коррекции и географической привязки в ГИС IDRISI

Рассмотрим процедуру RESAMPLE более детально на примере привязки спутникового снимка, показанного на рисунке 3.16. Это часть сцены спутника NOAA, снятая прибором AVHRR 3-го августа 1994г.

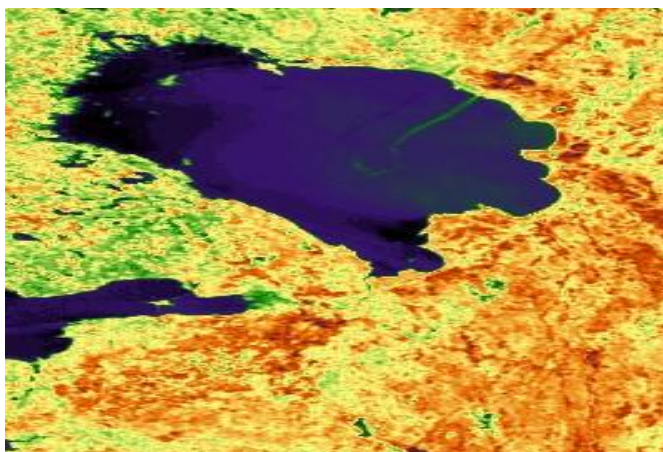


Рис. 3.16 Спутниковый снимок

На рисунке показан результат съемки вторым каналом прибора AVHRR. На снимке видны: Ладожское озеро, Финский залив Балтийского моря, а также окружающая их территория. Оценить искажения, возникшие при съемке местности, вы можете, сравнив спутниковый снимок, представленный на рисунке 3.16 с картой, показанной на рисунке 3.17.

Снимок был импортирован в систему IDRISI. Ниже описан процесс географической привязки и геометрической коррекции снимка с помощью модуля RESAMPLE, результатом чего является изображение, сохраняющее всю измеренную на спутнике информацию и имеющее в качестве координат градусы широты и долготы.

Файл привязки, который необходим для работы модуля RESAMPLE, предлагается сформировать для контрольных точек, отмеченных на рисунке 3.17 цифрами. Файл привязки ставит в соответствие текущие координаты

изображения и координаты в выбранной системе координат.

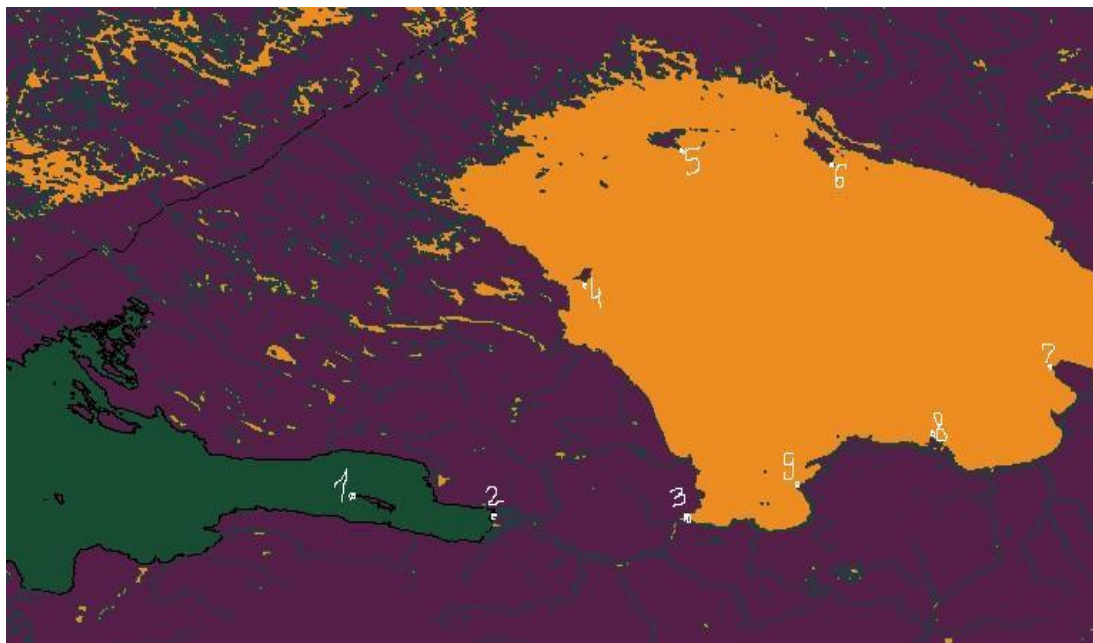


Рис. 3.17 Карта Ленинградской области

Это обычный текстовый файл, который можно создать средствами системы IDRISI, а можно воспользоваться для этого любым текстовым редактором. Если воспользоваться возможностями системы IDRISI, необходимо вызывать редактор Edit (пункт меню Data Entry → Edit), в качестве типа файла выбрать correspondence file и задать имя файла привязки KOOP. cor.

Правило построения файла привязки состоит в следующем: на первой строке должно стоять число, указывающее, сколько контрольных точек будет использовано (N). В нашем случае $N=9$, так как мы выбрали 9 контрольных точек. Далее, начиная со следующей строки, следует описание контрольных точек: по одной точке на строку. Описание контрольных точек состоит из перечисления координат X и Y каждой из точек сначала в старой системе координат (в системе координат спутникового снимка), а затем в новой системе координат:

Координаты X и Y должны отделяться друг от друга пробелом. Четыре числа, соответствующие координатам, занимают одну строку. На момент

запуска модуля RESAMPLE файл привязки должен быть сформирован.

Для контрольных точек, показанных на рисунке 3.17, файл привязки для снимка, представленного на рисунке 3.16, должен оказаться примерно следующим рисунок 3.18:

X			
358.6			
395.1			
445.3			
372.9			
372.4			
410.4			
504.5			
491.8			
460.2			

Рис. 3.18 - Корреспондентский файл

1-Западная оконечность острова Котл

2-Стрелка Васильевского острова

3-Исток Невы

4-Южная оконечность острова Коневец

5-Юго-восточная оконечность острова Валаам

6-Южная оконечность острова Мантсинсаари

7-Мыс Волчий нос (устье Свири)

8-Мыс Воронок

9-Мыс Песочный нос

Точки описаны в том порядке, в каком они пронумерованы на рисунке 3.17. Выбранные точки легко опознаются как на карте, так и на спутниковом снимке.

При запуске модуля RESAMPLE (пункт меню Reformat → RESAMPLE) возникает диалоговое окно, показанное на рисунке 3.19.

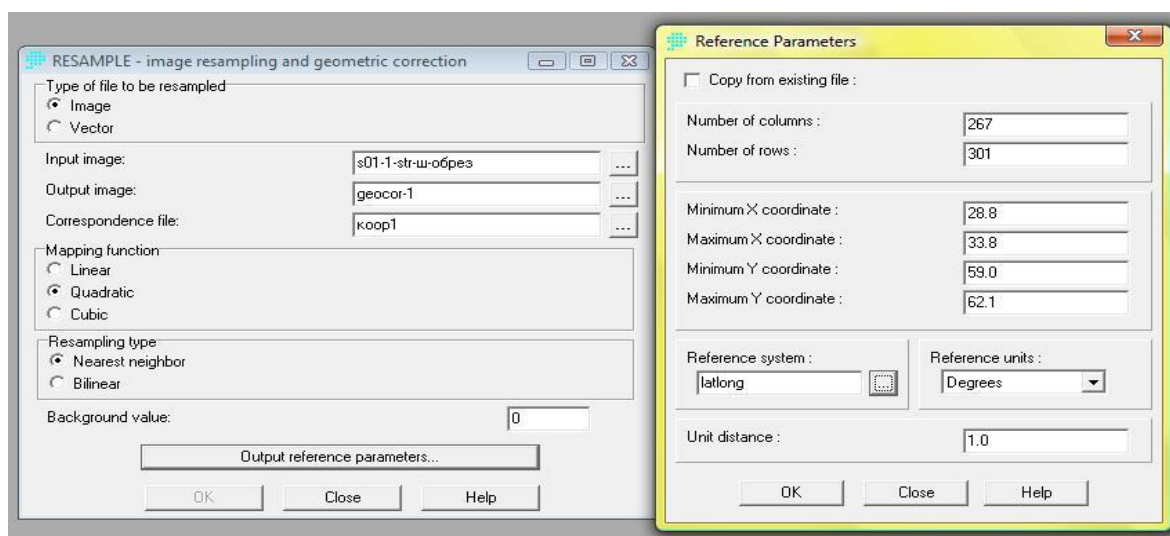


Рис. 3.19 - Диалоговое окно модуля RESAMPL

Вводим имя файла, затем имя выходного файла (преобразованного), а также имя файла привязки, который мы уже сформировали по описанным выше правилам. Описание системы координат должно соответствовать той системе координат, в которой получим изображение. Описание plane означает, что система координат не имеет своего файла описания (своего reference system parameter file). В этом случае она не может быть спроектирована в другую систему координат с помощью модуля PROJECT. В нашем случае выберем Latlong, что означает использование обычной географической системы координат (напомним, что мы снимали координаты контрольных точек с карты в географической системе координат). Единицы новой системы координат (reference units) опишем как градусы (degrees). В качестве единицы длины (unit distance) оставим 1.

Далее следует определить важный параметр — способ пересчета старых значений в новые или способ аппроксимации (mapping function). Система предлагает использовать полиномы первой степени (линейные), второй степени (квадратичные) или третьей степени (кубические). Правило состоит в том, что нужно использовать полином наименьшей степени, при условии, что расчет с его использованием дает удовлетворительные результаты. Здесь встает вопрос о необходимом количестве контрольных точек. Минимальное число точек,

необходимое для корректной работы метода, составляет:

3 для линейного полинома,

6 для квадратичного,

10 для кубического.

Однако практика показывает, что для удовлетворительной аппроксимации требуется число точек как минимум в два раза превышающее числа, указанные выше. Дополнительное требование состоит в том, что точки должны быть по возможности равномерно распределены по изображению.

При работе со спутниковыми данными, на которых присутствует шум в виде отдельных ярких или, наоборот, темных точек, а также шум типа выпавших полос, следует сначала отфильтровать изображение и лишь затем подвергать его описанной в этом пункте трансформации, что и было сделано. Иначе при пересчете значений структура шума будет нарушена, он будет «размазан» и удалить его окажется намного сложнее.

Поскольку исходное прямоугольное изображение при действии модуля RESAMPLE оказывается, как правило, повернутым, на новом (тоже прямоугольном) изображении возникают пиксели, которым не соответствуют никакие пиксели исходного изображения. Эти новые пустые пиксели считаются фоном и могут быть заполнены любым выбранным пользователем значением. Это значение вводится в окошко `background value`. Как правило, это либо 0 (черный цвет в стандартной палитре), либо 255 (белый цвет).

Наконец, при заполнении диалогового окна, показанного на рисунке 3.19, следует описать координаты, ограничивающие итоговое изображение (`Minimum X=28.8`, `Maximum X=33.8`, `Minimum Y=59.0`, `Maximum Y =62.1`), а также задать число колонок и строк в пересчитанном файле (`Columns=267/Rows=301`). Координаты, ограничивающие выходное изображение, должны быть заданы в единицах новой системы координат. Важно понимать, что заданием пограничных координат можно вырезать из исходного изображения любой фрагмент; при работе этого модуля нет условия,

что вся входная информация должна быть представлена на итоговом изображении. Задавая число колонок и столбцов итогового изображения, следует помнить о разрешении входного изображения. Нужно постараться сохранить имеющееся разрешение. Заметим, что задача эта отнюдь не простая. Задание параметров Minimum X и Y, Maximum X и Y, а также Columns и Rows часто вызывает проблемы. Нужно помнить, что в случае неудачного результата приобретается опыт применения подобных процедур, а модуль всегда можно запустить повторно с другими параметрами что мне и пришлось проделать.

После заполнения диалогового окна запускается модуль RESAMPLE. Система выдаст промежуточный результат, описывающий среднеквадратическую ошибку (RMS) в определении новых координат. При этом система выдает список контрольных точек (точки будут перечислены в той последовательности, в какой они стоят в файле привязки), для каждой точки будет показана среднеквадратическая ошибка ее аппроксимации. Ошибки будут приведены в единицах входного файла. Система делает паузу, предоставляя возможность оценить полученную аппроксимацию и, если ошибка для какой-то из точек слишком велика, отказаться от использования этой точки.

В результате система выдаст преобразованное изображение в новой системе координат. Пример работы модуля RESAMPLE для снимка, показанного на рисунке 3.16, с файлом привязки, приведенным выше, при заполнении диалогового окна модуля, отображен на рисунке 3.20:

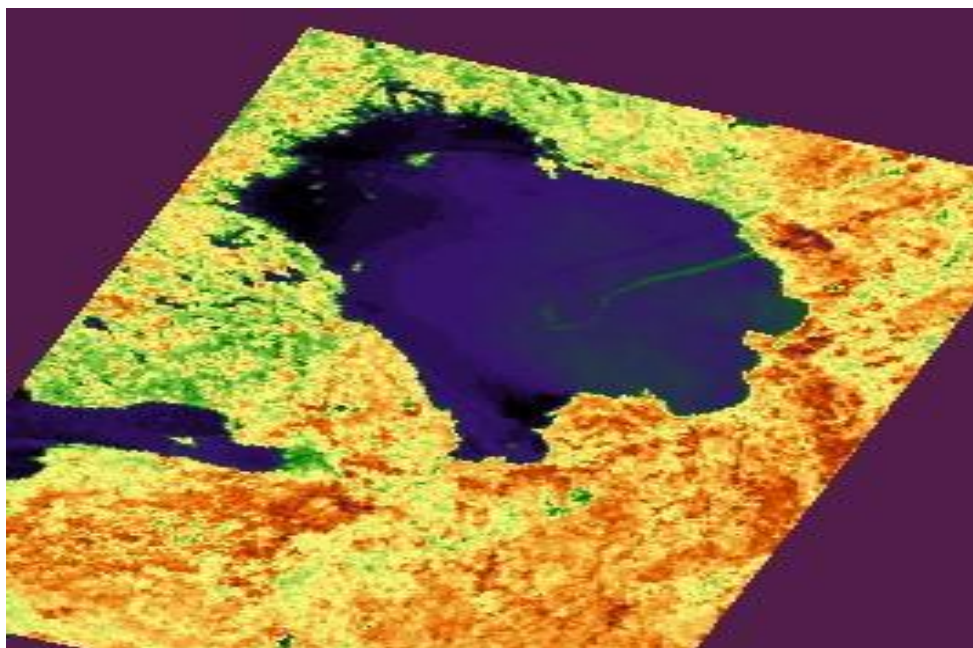


Рис. 3.20 - Трансформированный снимок прибора AVHRR

Исходное изображение оказалось повернутым (чего и следовало ожидать), а форма объектов стала соответствовать той, что представлена на карте (сравните с рисунком 3.20 и 3.21).

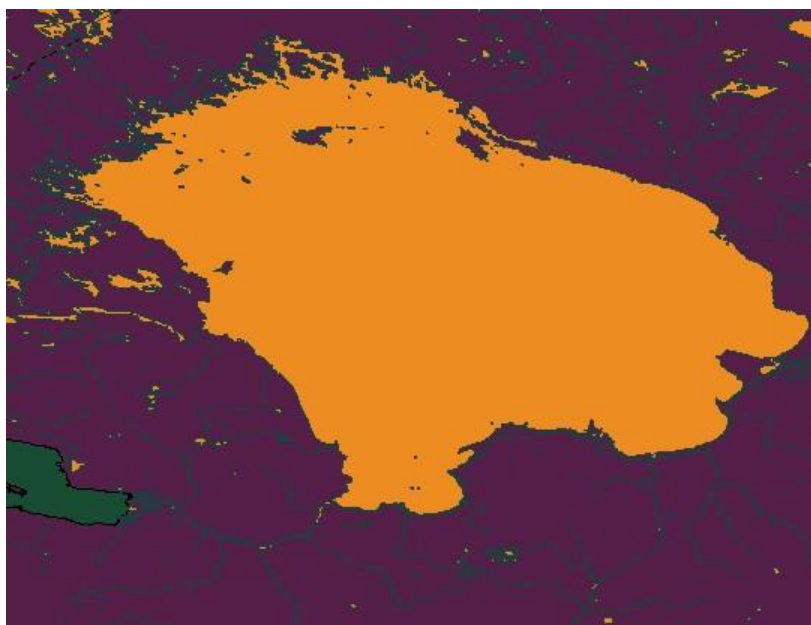


Рис. 3.21 - Цифровая карта

4 Анализ изображений с помощью ГИС IDRISI

4.1 Вычисление индекса NDVI

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - простой количественный показатель количества фотосинтетической активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова.

Вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} , \quad (4.1)$$

где NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра

RED - отражение в красной области спектра

Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной.

Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр. На рисунке 4.1 представлены участки характеристической кривой отражения растительности (усредненной), используемые для расчета NDVI.

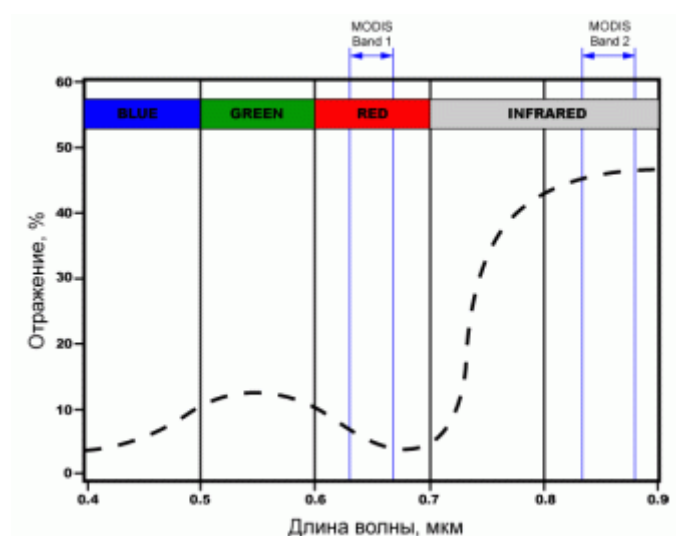


Рис. 4.1 - Участки характеристической кривой отражения растительности (усредненной), используемые для расчета NDVI

NDVI может быть рассчитан на основе любых снимков высокого, среднего или низкого разрешения, имеющих спектральные каналы в красном (0,55-0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75-1,0 мкм). Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространенные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования (Arc View Image Analysis, ERDAS Imagine, ENVI, Ermapper, Scanex MODIS Processor, ScanView и др.).

Снег и облака обуславливают наиболее яркие фрагменты изображения в видимом участке спектра (1-й канал AVHRR — 0,58-0,68 мкм), причем облака

имеют приблизительно одинаковую яркость в видимом участке и в ближнем инфракрасном диапазоне (2-й канал — 0,725-1,0 мкм). Яркость снега (льда) во 2-м канале меньше, чем облаков, и может составлять менее 60% их яркости. Изображения почвы и растительности имеют во 2-м канале большую яркость, чем в 1-м.

В таблице 4.1 приведены комбинации каналов спутников, используемых для расчета NDVI.

Таблица 4.1

Комбинации каналов камер спутников, используемые для расчета NDVI

MSS Landsat(4,5)	5 (0.6-0.7 мкм), 6 (0.7-0.8 мкм) или 7 (0.8-1.1мкм)
TM Landsat(4,5)	3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.76-0.90 мкм)
ETM+ Landsat7	3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.75-0.90 мкм)
AVHRR NOAA	1 (0.58-0.68 мкм), 2 (0.72-1.0 мкм)
MODIS Terra(Aqua)	1 (0.62-0.67 мкм), 2 (0.841-0.876 мкм)
ASTER Terra	2 (0.63-0.69 мкм), 3 (0.76-0.86 мкм)
LISS IRS(1C/1D)	2 (0.62-0.68 мкм), 3 (0.77-0.86 мкм)

Совместное использование данных 1-го и 2-го каналов AVHRR позволяет решать ряд узкоспециализированных прикладных задач:

- анализа альбедо облачного покрова и поверхности Земли;
- детектирования дымов и туманов;

- определения различий между снеговыми и водонасыщенными облаками;
- наблюдения за водной оболочкой Земли (вода, как правило, имеет более низкий отраженный сигнал);
- расчета вегетационных индексов;
- наблюдения земной поверхности через атмосферную дымку (последняя пропускает ближнее инфракрасное излучение).

Со времени разработки алгоритма для расчета NDVI (Rouse BJ, 1973) у него появилось довольно много модификаций, предназначенных для уменьшения влияния различных помехообразующих факторов. Таких, к примеру, как поглощение аэрозолями атмосферы (atmospheric - resistant vegetation index - ARVI), отражение от почвенного слоя (soil adjusted vegetation index - SAVI) и др. Для расчета этих индексов используются формулы, учитывающие отношения между отражающей способностью различных природных объектов и растительностью в других диапазонах, помимо красного и инфракрасного, что делает их более сложными в применении.

Благодаря особенности отражения в NIR-RED областях спектра, природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, (что позволяет использовать этот параметр для их идентификации).

Для отображения индекса NDVI используется стандартизованная непрерывная градиентная или дискретная шкала, показывающая значения в диапазоне от -1..1 в % или в так называемой масштабированной шкале в диапазоне от 0 до 255 (используется для отображения в некоторых пакетах обработки ДЗЗ, соответствует количеству градаций серого), или в диапазоне 0..200 (-100..100), что более удобно, так как каждая единица соответствует 1% изменения показателя.

В таблице 4.2 представлены типы объектов и их значения в красной и инфракрасной области спектра.

Таблица 4.2

Отражательная способность различных типов объекта.

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0.1	0.5	0.7
Разряженная растительность	0.1	0.3	0.5
Открытая почва	0.25	0.3	0.025
Облака	0.25	0.25	0
Снег и лед	0.375	0.35	-0.05
Вода	0.02	0.01	-0.25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0.3	0.1	-0.5

Но, как правило, для задач, связанных с картографированием растительности, используют не масштабированную шкалу, начинающуюся с 0 (значения NDVI меньше 0 растительность принимать не может).

В ГИС IDRISI предусмотрено большое число функций для расчета различных вегетативных индексов (Analysis → Image Processing → Transformations → VEGINDEX). Представление об этих функциях можно получить из рисунка 4.2

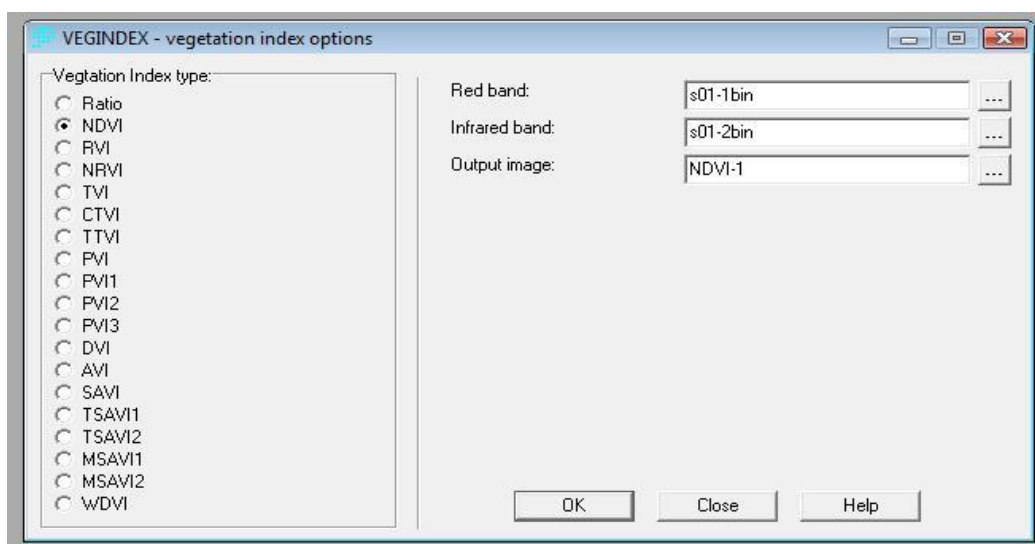


Рис. 4.2 - Диалоговое окно модуля VEGINDEX

Вегетативные индексы были рассчитаны также для прибора AVHRR. Для этого прибора индекс NDVI рассчитывается по формуле 4.2

$$(\text{NOAA GVI GUIDE}): \quad \text{NDVI} = (\text{Ch2} - \text{Ch1}) / (\text{Ch2} + \text{Ch1}), \quad (4.2)$$

где Ch2 - сигналы 2-го ("инфракрасного") спектрального канала;

Ch1 - сигналы 1-го ("красного") канала. Получившиеся результаты в стандартной палитре представлены на рисунке 4.3

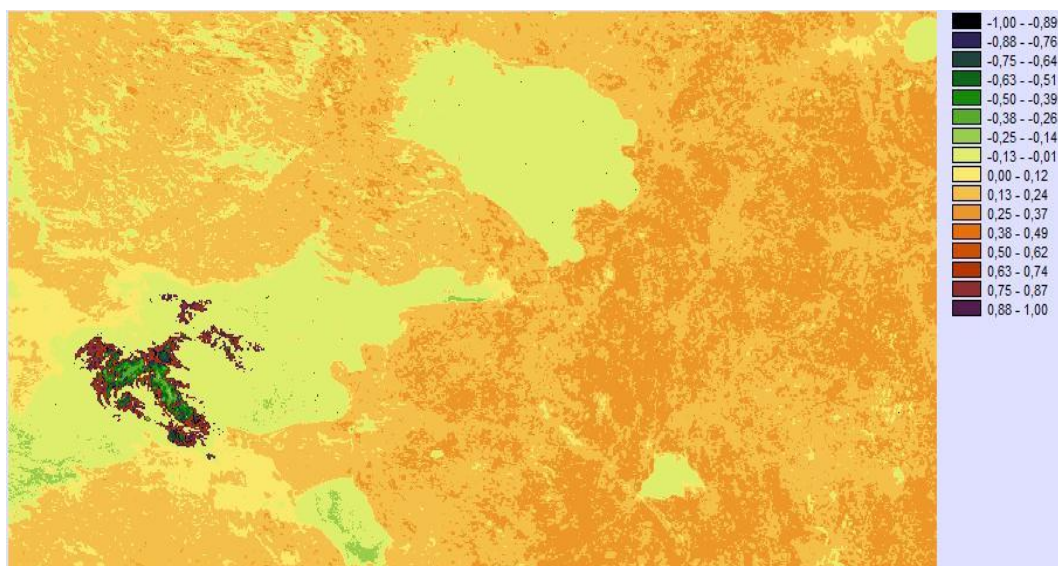


Рис. 4.3 – Вегетативный индекс NDVI для прибора AVHRR

А на рисунке 4.4 представлена гистограмма изображения, полученного в результате расчета вегетативного индекса.

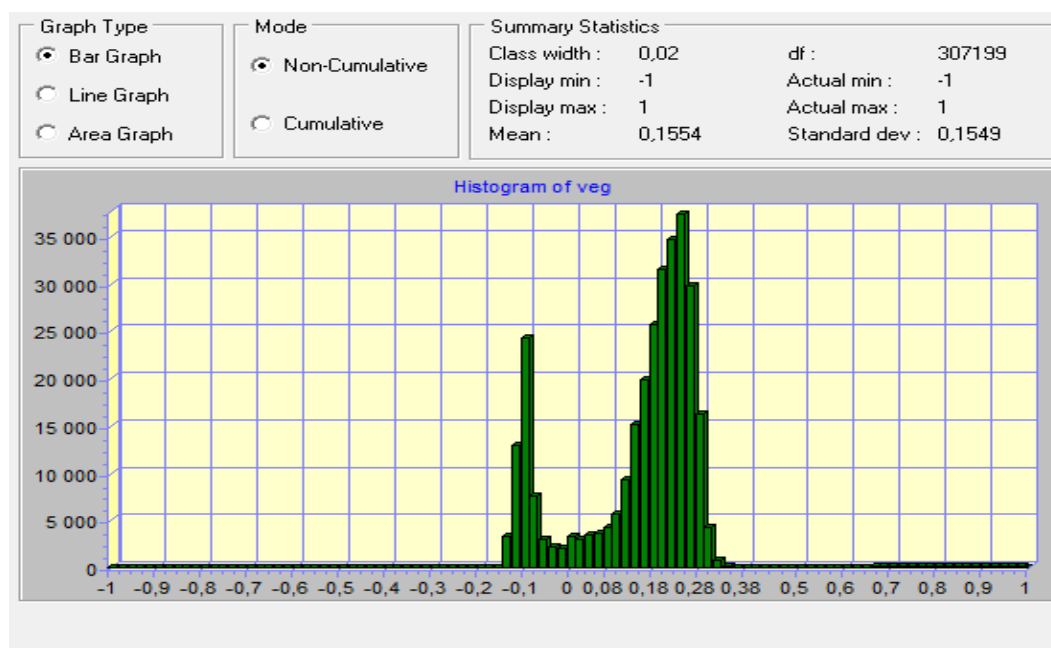


Рис. 4.4 Гистограмма изображения, полученного в результате расчета вегетативного индекса

Анализ изображения, полученного при помощи индекса NDVI в (таб. 4.3)

Таблица 4.3

Анализ изображения, полученного при помощи индекса NDVI

Светло- желтый цвет	Низкие значения температуры	Облачность или снежный покров
Оранжевый цвет	Высокие значения температуры	Земная поверхность
Светло- зеленый цвет	Средние значения температуры	Водная поверхность

При применении данного индекса водная поверхность получилась зеленым цветом, оранжевым цветом изображена земная поверхность, ярко-желтым цветом представлена облачность. Данный метод частично справился с поставленной задачей.

4.2 Вычисление альбедо

Во многих случаях яркостная коррекция исходного изображения предполагает определение некоторых характеристик подстилающей поверхности, таких как альbedo или яркостная температура, с учетом результатов предполетной калибровки приборов и проверки их чувствительности на борту спутника.

Альbedo - величина, характеризующая отражающую способность поверхности тела. Измеряется отношением количества отраженного поверхностью света к количеству света, падающего на него. Выражается в процентах или долях единицы. Альbedo поверхности Земли зависит от географической широты, времени года, времени суток, состояния растительного покрова, водной поверхности. Альbedo влажной почвы 5-10%, леса 5-20%, травяного покрова 20-25%, снежного покрова 70-90%. От величины альbedo зависит радиационный баланс поверхности Земли.

Определим альbedo на основе сигналов 2-го канала прибора AVHRR спутника NOAA полученный 3 августа 1994 года. Для этого был подготовлен файл путем вырезания из исходного файла данных нужного фрагмента (400*200), включающего Финский залив, часть которого закрыта облаками рисунок 4.6. Эта часть файла исходных данных обрабатывается по формуле 4.3:

$$A = GX + J, \quad (4.3)$$

где A - значения альbedo;

X - показания прибора AVHRR;

G , J - постоянные коэффициенты, известные из технической документации на AVHRR.

Коэффициенты для расчета альbedo взяты из технической документации. Для спутника NOAA-12 и 2-го канала прибора AVHRR коэффициенты G , J соответственно равны 0.1014400 и -3.9925614. Значения альbedo были

рассчитаны с помощью калькулятора изображений (Analysis → Mathematical Operators → Image Calculator). Для этого была заполнена форма на рисунке 4.5.

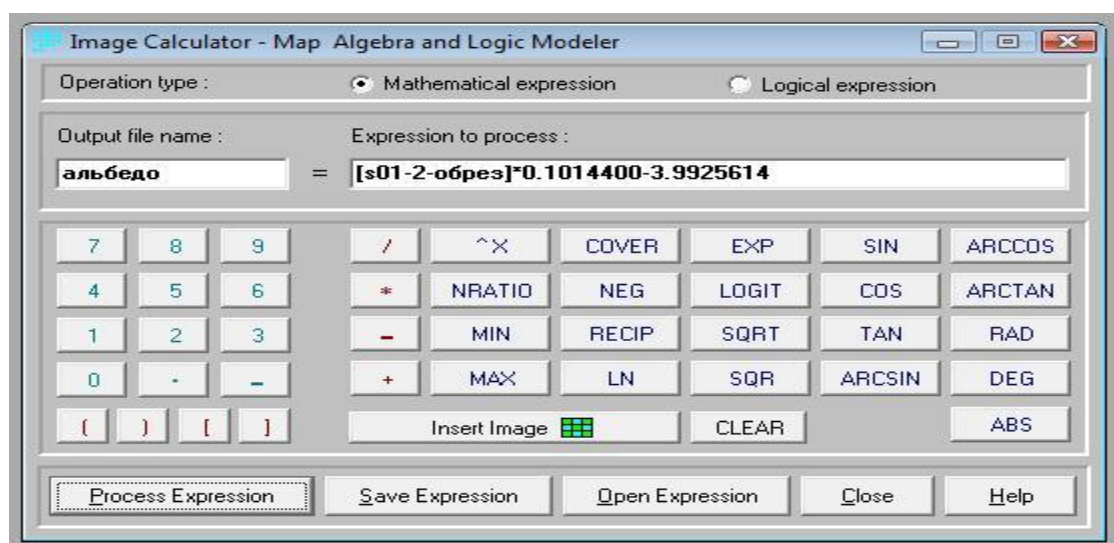


Рис. 4.5 - Калькулятор изображений, настроенный для расчета альбедо

Значение каждого пикселя формируемого файла альбедо, равно значению соответствующего пикселя файла, умноженного на коэффициент 0.1014400, с последующим вычитанием коэффициента 3.9925614.

Получившееся изображение представлено на рисунке 4.6:

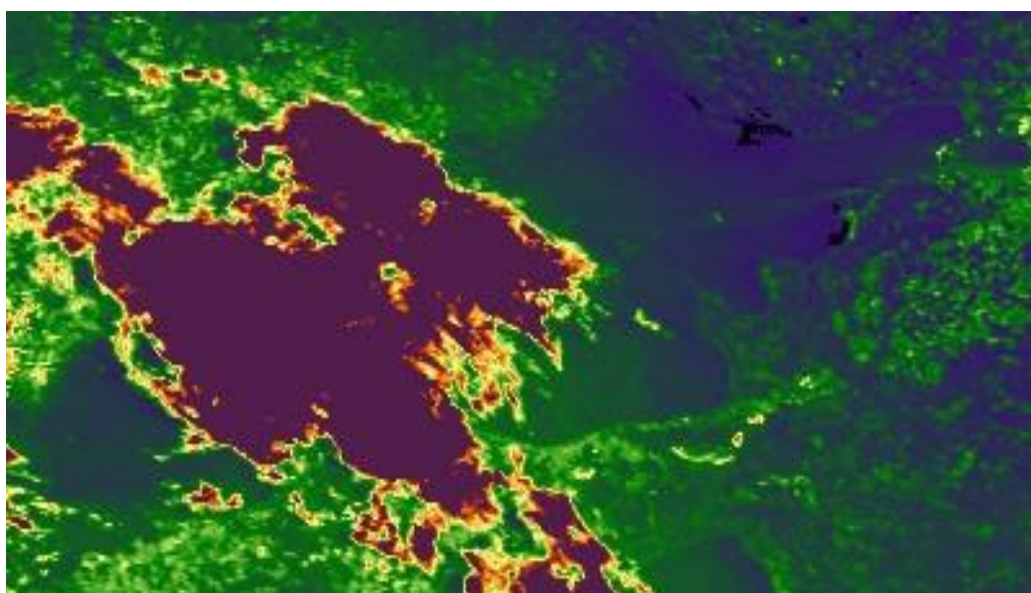


Рис. 4.6 - Альбедо по результатам обработки данных 2-го канала AVHRR
Исходные данные приняты со спутника AVHRR в Санкт-Петербурге 3

августа 1994 года.

На полученном снимке хорошо выделяется облачность на фоне земной поверхности.

4.3 Классификация спутниковых изображений

Спутниковые изображения используются чаще всего для того, чтобы получить информацию о свойствах объектов, расположенных под спутниковой области. Под классификацией обычно понимают процедуру, позволяющую вынести решение о принадлежности данного изображения или его фрагмента к одному из классов. Вопрос может стоять так: есть ли некий объект на исследуемой территории и, если есть, то где? Определение, что такое класс и каковы его признаки, зависит от задачи. Например, это могут быть наблюдения за льдом на крупном озере. Другой вариант вопроса — как изменились границы некой области, причем такая постановка вопроса может возникнуть при изучении распространения застройки вокруг крупных городов или при контроле за вырубкой лесов.

Задачи классификации изображений разделяют на задачи идентификации и задачи определения параметров положения. Иногда задачи идентификации и определения параметров положения объединяют в одну, называемую задачей распознавания.

Распознавание образов - раздел информатики, разрабатывающий принципы и методы классификации и идентификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуаций, т.е. всех тех объектов, которые могут быть описаны конечным набором некоторых признаков или свойств, характеризующих объект. В общей теории распознавания образов различают два типа задач:

- таксономии (обучение без учителя);
- собственно распознавания (обучение с учителем).

К задачам первого типа относятся те, в которых предъявляемые объекты необходимо разделить на несколько групп (образов) только на основе их описаний, причем число групп может быть известно или не известно.

К задачам второго типа относят те, в которых необходимо определить класс описания некоторого распознаваемого объекта. При решении этих задач

предполагается, что число классов конечно и задано. Классы могут пересекаться.

4.3.1 Визуальная и автоматическая интерпретация изображений

Человеческий глаз совместно с человеческим мозгом являются очень серьезным инструментом для анализа изображений. Опытному эксперту достаточно взглянуть на спутниковый снимок, чтобы по характерным формам, текстурам, перепадам яркости определить, какая местность представлена на снимке. По ряду изображений, полученных в последовательные моменты времени, человек может указать на изменения, произошедшие на местности, причем для опытного интерпретатора не будет препятствием то, что какой-то объект одновременно изменил и форму, и свойства (например, некий водоем наполовину высох и «зацвел»). Интерпретатор умеет комбинировать полученную при визуальном наблюдении информацию, одновременно оценивая форму, текстуру, соседство одних объектов с другими, а также другие особенности изображения. Однако результаты такой интерпретации чаще всего бывают представлены в виде описаний или комментариев. Если в результате интерпретации спутникового изображения нужно получить численное изображение, приходится отдавать предпочтение автоматической классификации.

Автоматическая классификация спутниковых изображений проводится на базе сопоставления результатов измерений в разных спектральных областях. Она проводится с целью определить по спутниковым снимкам тип подстилающей поверхности, например, разделить области, занятые полями и лесами, выделить водоемы, населенные области, а, возможно, также определить тип растительности. Система IDRISI располагает методами классификации, которые можно разделить на две группы — методы классификации с обучением и без обучения. Процесс обучения состоит в том, что пользователь помогает системе собрать спектральную информацию о классах, которые должны быть выделены в процессе классификации, после чего система относит каждый пиксель изображения к тому классу, спектральные характеристики которого наиболее близки к спектральным характеристикам пикселя. При

классификации без обучения система группирует пиксели со сходными характеристиками, а отнести полученную группу к тому или иному классу — задача пользователя. Вне этих двух групп методов находится очень простой метод классификации, который обычно используют для генерализации изображений или для построения так называемых бинарных изображений, состоящих из нулей и единиц. С него мы и начнем.

4.3.2. Простая классификация (модуль RECLASS)

Модуль RECLASS предназначен для группирования значений сигналов, формирующих изображение, в новые классы. Покажем возможности этого модуля на примере решения задачи по формированию класса «озера» на основе значений файла. Рассмотрение гистограммы этого изображения (рисунок 4.7) совместно с анализом значений снимка с помощью инструмента позволяет сделать вывод о том, что к классу «озера» могут быть отнесены значения сигналов от 0 до 61. Остальные значения, от 61 до 255 относятся к другим классам.

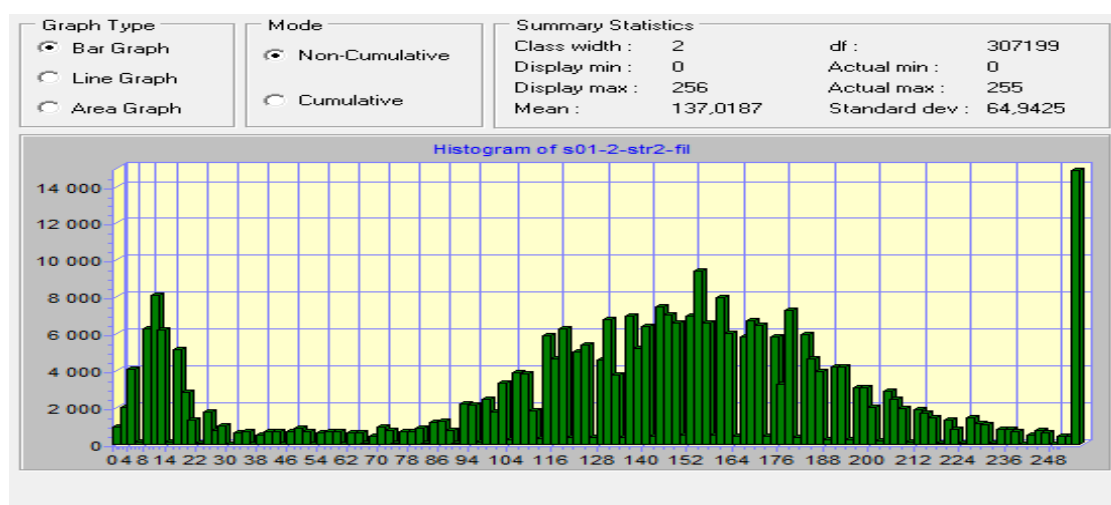


Рис. 4.7 - Гистограмма изображения 2 канала

Уловить крайнее значение, ограничивающее класс, бывает трудно; возможно, при решении аналогичных задач придется сделать несколько попыток запуска модуля RECLASS. Поскольку нас интересуют лишь озера, сформируем два класса — «озера» и «не озера». Первому из них присвоим значение 1, а второму значение 0. Чтобы реализовать это, заполним диалоговое окно модуля RECLASS (пункт меню Analysis → Database Query → RECLASS) которое показано на рисунке 4.8:

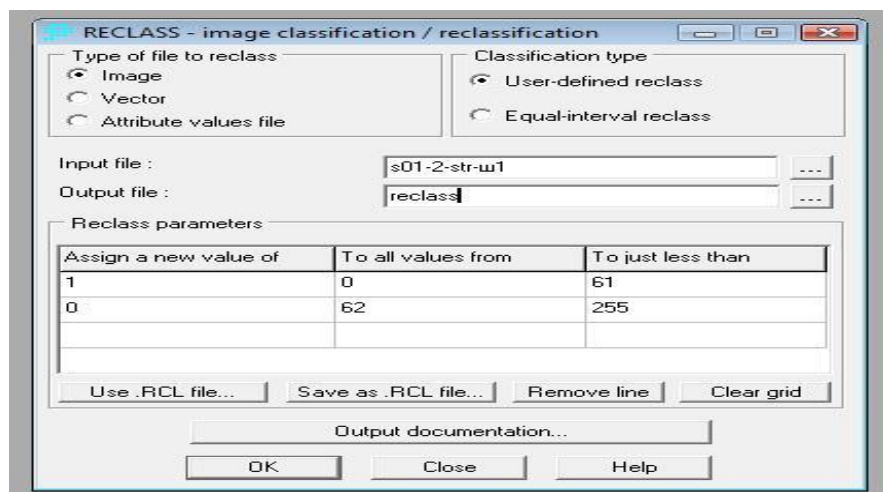


Рис. 4.8- Форма для задания условий применения модуля RECLASS

При заполнении окна укажем системе, что будем сами описывать процесс классификации: user-defined reclass. (Другая возможность применения этого метода классификации состоит в использовании опции equal-interval reclass, при реализации которой значения изображения группируются в классы равными интервалами в заданном диапазоне). При использовании этого метода нужно четко понимать, куда относится промежуточное число, в данном случае 62. Следующая запись интервалов проясняет данный вопрос:

Новое значение x new изображения	Интервал значений x исходного изображения
(Assign a new value of:) 1	$0 \leq x < 61$
(Assign a new value of:) 0	$61 \leq x < 255$

Изображение, показывающее озера на местности, изображенной на снимке, которое получено в результате применения модуля RECLASS с описанными выше параметрами, представлено на рисунке 4.9:



Рис. 4.9 - Результат отображения файла, получившегося в результате применения модуля RECLASS

Добавим еще один класс-облачность, которая четко видна на снимке, и таким образом получим три класса: водные объекты, земная поверхность и облачность. Интервал значений также определим, анализируя гистограмму и снимок.

$$1: \quad 0 \leq x < 61$$

$$0: \quad 61 \leq x < 248$$

$$2: \quad 249 \leq x < 256$$

Все три класса представлены на рисунке 4.10:



Рис. 4.10-Результат классификации изображения

На следующем этапе получившийся файл был векторизован. В данном случае векторизация проводилась с целью сопоставления результатов работы модуля RECLASS с географической картой, но следует заметить, что во многих случаях векторизация (несмотря на большую длительность этой процедуры) является логическим завершением классификации, позволяя использовать полученные результаты для сопоставления с другими изображениями или экспортировать их в другие ГИС, например, а ARC/INFO. В данном случае предполагалось провести векторизацию растровых полигонов в векторный файл, поэтому был выбран пункт меню Reformat → Raster/Vector Conversion → POLYVEC и заполнена форма рисунок 4.11.

RASTERVECTOR - Raster / Vector conversion

Raster/Vector - Vector/Raster
☐ Vector to raster ☒ Raster to vector

Conversion option
☐ Raster to point ☐ Raster to line ☒ Raster to polygon

Output option
☒ Idrisi polygon file
☐ Idrisi line file of arcs and Idrisi point file of polygon locators
☐ Idrisi polygon file, Idrisi line file of arcs, and Idrisi point file of polygon locators

Input image : reclass-2 ...

Output Idrisi polygon file: ras-vec-2 ...

☐ Exclude a background polygon

OK Close Help

Рис. 4.11 - Форма для задания условий применения модуля
RASTERVECTOR

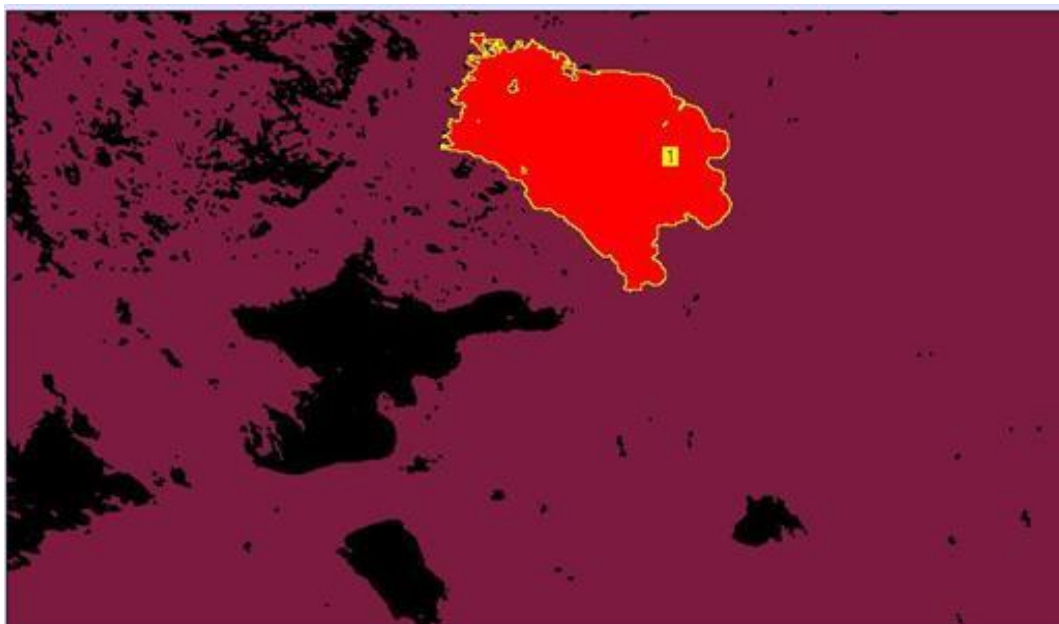


Рис. 4.12 - Результат векторизации

В результате проведенной классификации можно сделать вывод о том, что данная простая классификация дает хорошие результаты, а именно на снимке четко разделены все три класса рисунок 4.10, сохраняются контуры объектов это видно из рисунка 4.12, то есть результат векторизации соответствует географической карте.

4.3.3 Классификация с обучением

Классификация с обучением состоит из двух процессов: обучения системы и собственно классификации на основе информации, собранной в процессе обучения. Можно выделить следующие шаги, которые проходит исследователь при проведении рассматриваемого типа классификации:

Определение типов поверхности, которые должны быть выделены системой на исследуемой местности, иначе говоря, какие классы должны быть получены в процессе классификации спутникового изображения.

1-Выделение на спутниковом снимке участков, полноценно представляющих выбранные классы.

2-Оцифровка выбранных участков с целью использования их как обучающих полигонов.

3-Сбор информации о спектральных характеристиках классов на базе обучающих полигонов. Создание файлов сигнатур.

4-Проведение классификации путем сравнения спектральных характеристик каждого пикселя изображения со спектральными свойствами каждого из классов и отнесение пикселя к ближайшему по своим свойствам классу.

Методы классификации с обучением подразделяют на жесткие и мягкие методы классификации. Первые приписывают каждый пиксель к одному из классов, как уже говорилось — к тому, к которому пиксель ближе по своим спектральным характеристикам. Вторые оценивают вероятность попадания каждого пикселя в каждый из выбранных классов. Рассмотрим лишь методы жесткой классификации.

В качестве исходных данные прибора AVHRR спутника NOAA за 3 августа 1994 года район Ленинградской области, предварительно обработанные.

Итак, у нас есть спутниковое изображение. До начала классификации следует определить, какие типы поверхности мы выделим с помощью системы IDRISI на изучаемой местности. Пусть это будут такие же три класса (водные объекты, земная поверхность, облачность), как и при простой классификации, чтобы в дальнейшем сравнить результаты этих двух классификаций. Во всяком случае, сможем уверенно выделить на местности (а также на спутниковом снимке) однородные участки, представляющие каждый из выбранных классов. Эти участки следует оцифровать по спутниковому снимку, используя инструмент системы IDRISI (on screen digitizing).

Карта местности, к которой относятся упомянутые измерения, приведена на рисунке 4.13:

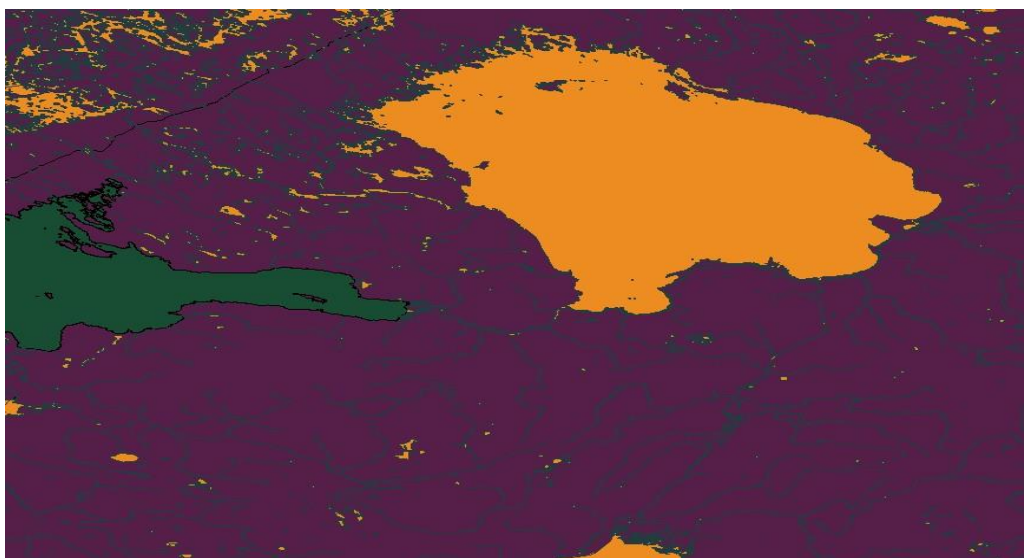


Рис. 4.13 - Карта местности, для которой будет проводиться классификация

Для начала проведем оцифровку участков, представляющих каждый из выбранных классов.

При нажатии на кнопку  появляется диалоговое окно оцифровки. Система предлагает выбрать тип векторного файла, который мы хотим создать, а также задать имя выходного файла. Выбираем тип polygon. То, что мы начинаем

создавать, называется обучающими полигонами.

Каждый класс должен быть представлен на снимке некоторым количеством однородных полигонов. Полигоны должны быть однородными в том смысле, что они должны содержать пиксели, принадлежащие только описываемому классу: ни пограничные области, ни области, в принадлежности которых к описываемому классу мы не уверены, не должны попасть в обучающие полигоны. Первым будем оцифровывать полигоны, относящиеся к водным объектам. Класс, к которому относится этот полигон, будет иметь идентификатор 1 ($ID = 1$). Располагаем курсор на границе первого полигона и нажимаем на левую кнопку мышки. Далее щелкаем этой же кнопкой мышки по границе полигона. Чтобы закончить оцифровку, щелкаем правой кнопкой мышки (это нужно сделать на предпоследней вершине полигона). Система замкнет полигон.

Чтобы оцифровывать следующий полигон, снова нажимаем на кнопку.

Возникнет диалоговое окно с вопросом «Add another feature?» и идентификатор следующего полигона. Если следующий полигон относится к тому же классу, что и предыдущий, идентификатор надо поменять на соответствующий номер: все полигоны, относящиеся к одному классу, должны быть оцифрованы с единым идентификатором — это принципиально. При переходе к оцифровке полигона следующего класса, меняем идентификатор: $ID = 2$. Продолжаем оцифровку. В итоге получится некоторое количество обучающих полигонов, которые для системы будут составлять группы: каждая группа будет иметь единый идентификатор и представлять один класс.

На рисунке 4.14 показаны обучающие полигоны, созданные для изображений спутника NOAA. Полигоны, окрашенные светло-зеленым цветом, представляют класс «водные объекты», голубым — класс «земная поверхность», желтым — класс «облачность».

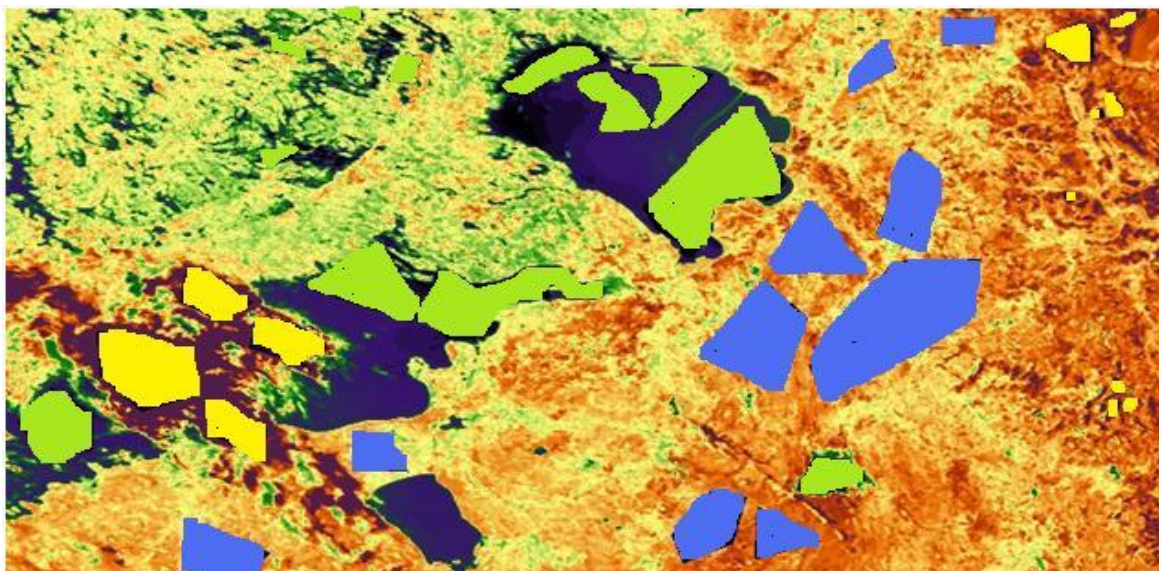


Рис. 4.14- Обучающие полигоны для классов «водные объекты», «земная поверхность» и «облачность»

Создадим такое количество обучающих полигонов, чтобы пиксели, содержащиеся в них, полноценно описывали каждый из классов. Считается, что при использовании для классификации n спектральных каналов обучающие полигоны должны содержать не менее $10n$ пикселей.

По окончании оцифровки, нажимаем на кнопку  (save digitized data).

Для создания файлов сигнатур предназначен модуль MAKESIG. Модуль MAKESIG (пункт меню Analysis → Image Processing → Signature Development → MAKESIG) использует обучающие полигоны, чтобы создать файлы сигнатур. Обработывая спутниковые данные в разных спектральных диапазонах, система собирает статистическую информацию о сигналах, характеризующих каждый из классов в каждом из спектральных диапазонов, и записывает эту информацию в файлы сигнатур. Образцы классов находятся в файле сигнатур выборка-2.sgf, с использованием которого и была проведена классификация.

При запуске модуля MAKESIG диалог с системой проходит в два этапа. Последовательно появляющиеся диалоговые окна модуля представлены на рисунке 4.15:

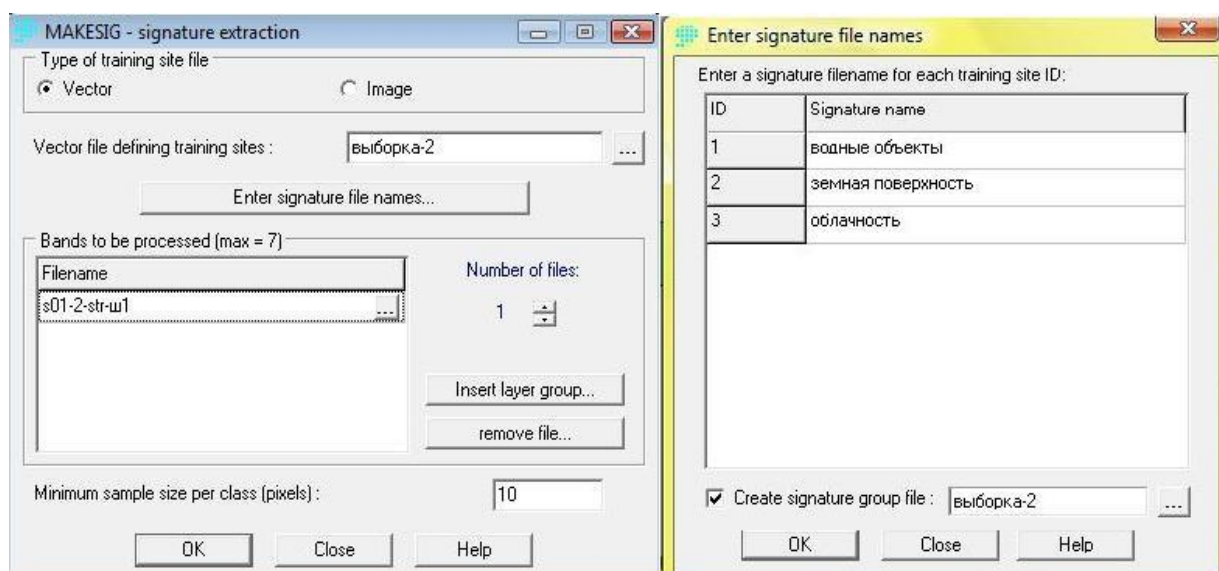


Рис. 4.15 - Два последовательно возникающих диалоговых окна модуля MAKESIG

Для начала MAKESIG интересуется, в каком виде представлены обучающие полигоны — в векторном или растровом. Основанием для операции перевода файла в растровую форму служит то, что возможности манипуляций с растровым файлом в системе IDRISI гораздо богаче, чем с векторным. А необходимость манипуляций возникает, поскольку довольно часто оказывается необходимым редактировать полученные файлы сигнатур.

Итак, сообщила системе, в какой форме заданы обучающие полигоны. После этого указала имя файла, содержащего границы полигонов (выборка-2).

Далее сообщаем системе, сколько спектральных диапазонов предстоит обрабатывать, и вводим имена файлов, содержащих спектральные спутниковые данные.

В нашем примере результатом работы модуля MAKESIG будет три файла сигнатур: водные объекты.sig, земная поверхность.sig и облачность.sig, содержащих статистическую информацию по каждому из классов. Система создает эти файлы в формате, содержимое которого легко прочитать.

В качестве примера ниже приведен файл сигнатуры водные объекты.sig:

1
C:\noaa\s01-2-str-w1.rst
0
253
1.30320148468017E+0001
1.68023777493778E+0002

Число, стоящее в первой строке, показывает количество спектральных каналов, по которым созданы сигнатуры. Далее идут блоки информации для каждого из спектральных каналов: имя файла со спектральной спутниковой информацией, минимальное, максимальное значение сигнала описываемого класса в данном спектральном диапазоне, коэффициенты ковариации между данными измерений в этом и других спектральных диапазонах. Проверить, насколько удачными получились файлы сигнатур можно с помощью модуля SIGCOMP (пункт меню Analysis → Image Processing → Signature Development → SIGCOMP) предназначен для сравнения сигнатур. Результатом запуска модуля SIGCOMP для сигнатур, полученных по обучающим полигонам, показанным на рисунке 4.14, является диаграмма, представленная на рисунке 4.16.

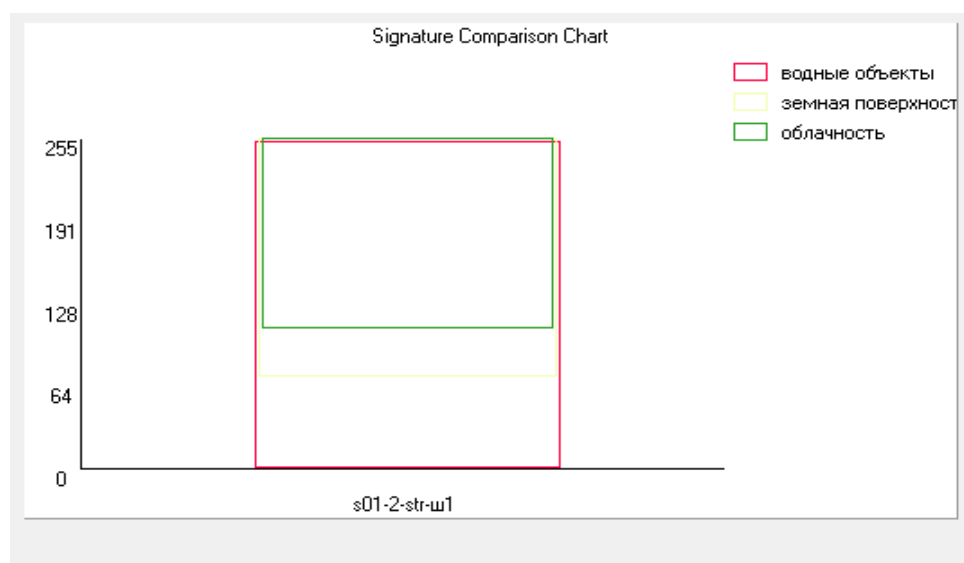


Рис. 4.16 - Диаграмма сигнатур

Здесь очень наглядно показаны диапазоны значений пикселей, которые система будет использовать для выявления классов на спутниковом изображении. По оси ординат отложены значения пикселей, на оси абсцисс — имена файлов спектральных данных и таким образом указаны спектральные интервалы, для которых созданы файлы сигнатур. Эта диаграмма дает нам возможность оценить верность созданных файлов сигнатур.

Теперь перейдем к рассмотрению методов классификации. Модуль MAXLIKE (пункт меню Analysis → Image Processing → Hard Classifiers → MAXLIKE) проводит классификацию спутниковых изображений методом максимального правдоподобия, базируясь на информации, собранной при работе модуля MAKESIG или FUZSIG (соответственно эти модули должны быть запущены до запуска модуля MAXLIKE) и содержащейся в файлах сигнатур. В процессе классификации используются характерные распределения яркостей, полученные для каждого из классов. Эти распределения считаются распределениями вероятности попадания конкретных значений яркости в тот или иной класс. Кроме того, метод использует введенные пользователем априорные вероятности для каждого из классов. Процедура классификации состоит в том, что для каждого из пикселей анализируемого спутникового изображения рассчитывается вероятность попадания в тот или иной класс. Пиксель относят к тому классу, для которого полученная вероятность максимальна. При вызове модуля MAXLIKE активизируется диалоговое окно, показанное на рисунке 4.17:

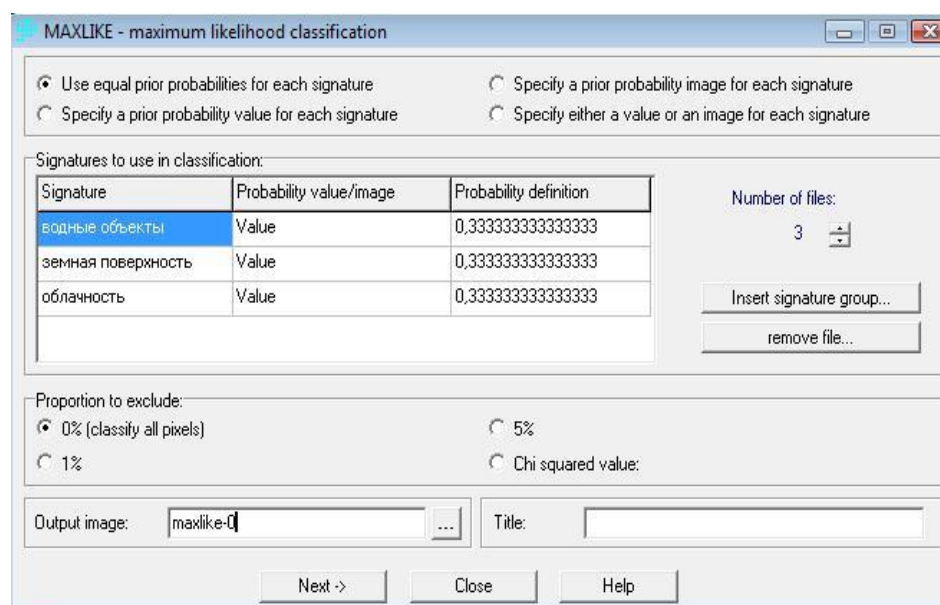


Рис. 4.17 - Диалоговое окно модуля MAXLIKE

При описании априорных вероятностей для каждого из классов следует иметь в виду следующее. Если априорные вероятности неизвестны, следует задать равные априорные вероятности для всех классов.

Вероятности задаются как числа в формате real в интервале от 0 до 1. Если существует априорное представление, что каждый из классов занимает определенную часть классифицируемого изображения (например, известно, что лес занимает 64% исследуемой области, а остальные два класса делят оставшуюся вероятность в соотношении 1:3), тогда априорную вероятность следует задать, выбрав вторую опцию (для класса «лес» в нашем случае априорная вероятность будет 0.33, для всех классов). Третья возможность задать априорные вероятности — это описать их в виде изображений (типа real) для каждого из классов. В этом случае пиксели, относящиеся к разным частям изображения, будут иметь разные вероятности принадлежать выбранным классам: одни значения для одного класса, другие — для другого. Значения вероятностей должны лежать в диапазоне от 0 до 1, и в сумме для каждого пикселя должна получаться единица. Наконец, последняя возможность задать априорные вероятности состоит в комбинации двух предыдущих возможностей: для одних классов вероятность может быть задана единым для класса числом,

для других классов — изображениями. Практическое применение различных методов описания априорных вероятностей показывает, что задание априорных вероятностей (особенно использование изображений для описания априорных вероятностей) улучшает результат классификации в случае, когда метод работает в режиме «классифицировать все пиксели (0% to exclude)». Если системе позволено часть пикселей оставить не расклассифицированными, априорные вероятности мало влияют на результат.

Этот метод работает хорошо, если обучающие полигоны, на базе которых формируются файлы сигнатур, достаточно однородны. Дополнительное требование состоит в том, что суммарное количество пикселей, использованных для построения файлов сигнатур не должно быть меньше десятикратно увеличенного количества спектральных диапазонов. Это необходимо, чтобы набрать статистически достоверный материал. Результатом работы описанного модуля является файл, пиксели которого содержат номера классов, к которым они были отнесены в процессе классификации (рисунок 4.18). В случае если была выбрана опция «часть пикселей оставить не расклассифицированными», часть пикселей будет содержать значение 0 (рисунок 4.19). Кроме того, результирующее изображение имеет легенду, расписывающую классы по номерам.

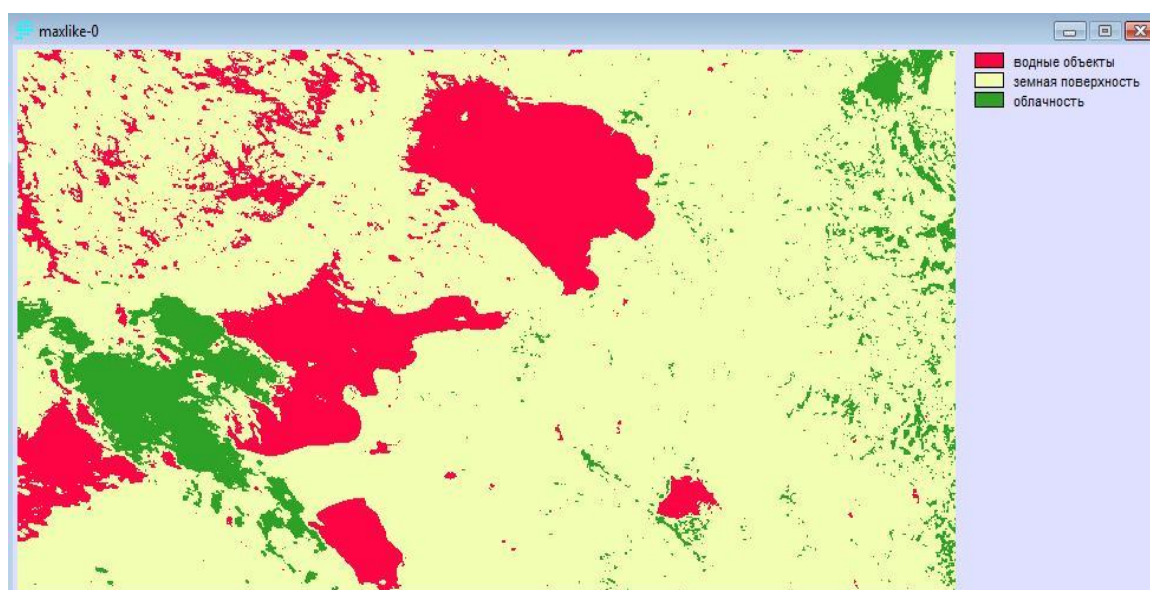


Рис. 4.18 - Результат классификации (все пиксели классифицируются)



Рис. 4.19 - Результат классификации (1-% пикселей не классифицируются)

Анализ итогов классификации, представленных на рисунках 4.18 и 4.19, позволяет сделать заключение об удовлетворительном в целом результате. Сопоставление полученных изображений с картой местности, представленной на рисунке 4.13, показывает, что в целом искомые классы выделены правильно. При сравнении изображений на рисунках 4.18 и 4.19 следует иметь в виду, что основная разница между ними в том, что на втором изображении есть не расклассифицированные пиксели, при отображении которых использован черный цвет. Сопоставление изображений показывает, что в случае, когда системе позволено часть пикселей оставить не расклассифицированными, не отнесенными ни к одному из классов оказываются в основном пиксели, ни к одному из определенных в процессе обучения классов действительно не относящиеся. Кроме того, не расклассифицированными оказались пограничные пиксели классов (что более-менее естественно), а также пиксели, относящиеся к прибрежным зонам озер.

Метод минимального расстояния до среднего MINDIST(пункт меню Analysis → Image Processing → Hard Classifiers → MINDIST) проводит классификацию спутниковых изображений способом оценки минимального расстояния до среднего для каждого из классов, базируясь на информации,

собранной при работе модуля MAKESIG и записанной в файлах сигнатур. Диалоговое окно представлено на рисунке 4.20:

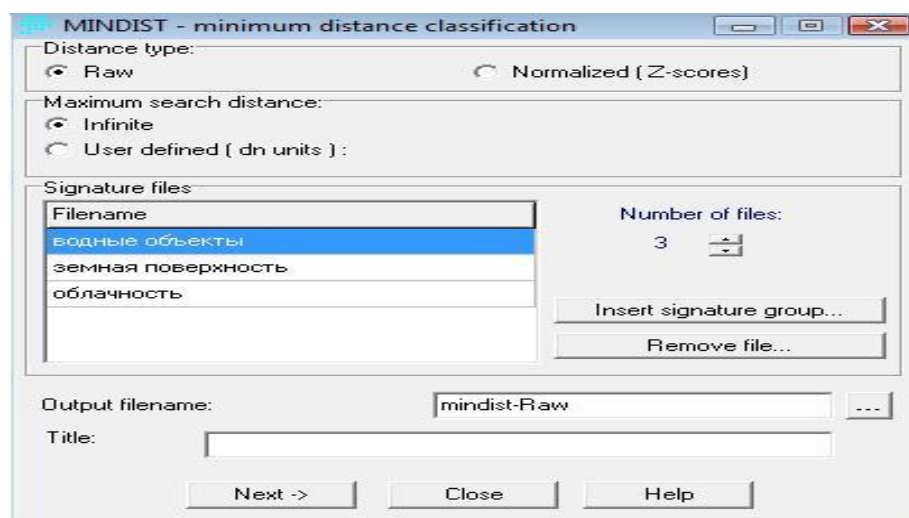


Рис. 4.20 - Диалоговое окно модуля MINDIST

Базовым значением для этого метода является среднее значение яркости каждого из классов (для каждой из сигнатур), измеренное в каждом из спектральных диапазонов. Метод относит пиксели к тому классу, среднее значение которого ближе к значению яркости рассматриваемого пикселя. Метод MINDIST имеет два под-метода Raw и Normalized (нормированный по среднеквадратическому отклонению). Метод Normalized позволяет учитывать разную изменчивость данных, на основе которых были построены сигнатуры: это достигается нормализацией расстояния в пространстве яркостей для каждого спектрального интервала.

Запускаем модуль MINDIST, выбираем Raw (без нормирования). Нажимаем кнопку Insert signature group (вставить групповой файл спектральных портретов), вводим его имя. Выбираем пункт, не ограничивающий максимальное расстояние, используемое системой при классификации (Maximum search distance-Infinite) и назовем выходящий файл, нажимаем кнопку Next и выбираем файл для классификации, нажимаем ок. Затем повторяем эту же операцию, но уже с нормированием. Результаты

применения модуля MINDIST представлены на рисунках 4.21 и 4.22:

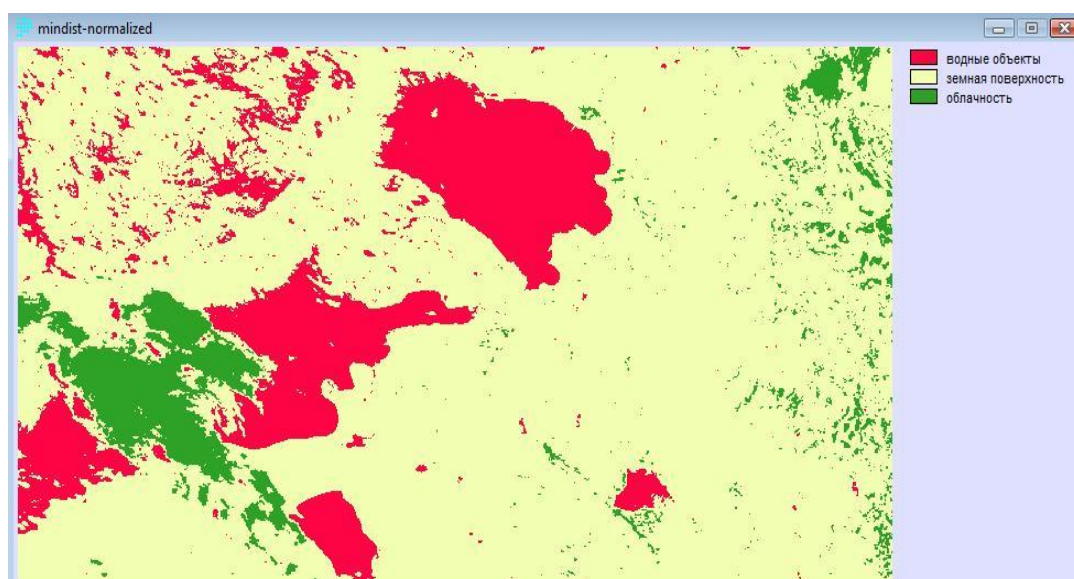


Рис. 4.21 - Результат классификации (с нормированием)



Рис. 4.22 - Результат классификации (Raw без нормирования)

При сравнении результатов двух способов, есть незначительное отличие, а именно классификация без нормирования дает более точный результат, так как отражает даже мелкие водные объекты и облачность.

Метод классификации по параллелепипеду (PIPED). Метод PIPED (пункт меню Analysis → Image Processing → Hard Classifiers → PIPED) проводит

классификацию спутниковых изображений, используя в качестве пороговых (сверху и снизу) максимальное и минимальное значения яркостей в используемых спектральных интервалах для каждого из классов. Пиксель считается принадлежащим некоторому классу, если значения яркости этого пикселя в каждом из спектральных диапазонов попадают в интервал между максимальным и минимальным значениями яркости для этого класса. Этот метод называют методом классификаций по параллелепипеду. По сравнению с MAXLIKE и MINDIST метод PIPED дает в среднем наилучшие результаты классификации.

Как и в методах MAXLIKE и MINDIST модуль PIPED работает, базируясь на информации, собранной при работе модуля MAKESIG или FUZSIG и записанной в файлах сигнатур. Как и в предыдущих случаях, при запуске модуля файлы сигнатур могут быть описаны по отдельности или системе будет предложено использовать групповой файл сигнатур. Классификация по параллелепипеду использует пороговые значения сверху и снизу, которые могут быть заданы двумя способами. Первый состоит в использовании максимального и минимального значений яркости для каждого класса, полученных в процессе обучения и записанных в файлах сигнатур. Второй способ предполагает использование средних значений для каждого класса и установку пороговых значений на расстоянии заданного количества стандартных отклонений (z -score). Последний способ считается предпочтительным, поэтому именно он используется по умолчанию. Пиксели, не попадающие в заданный интервал пороговых значений, остаются не расклассифицированными. Согласно теоретическим выкладкам, использование величины z -score, равной 1.96, должно привести к тому, что 5% пикселей останутся не расклассифицированными. Величина z -score = 2.58 расширяет интервал сигналов, и в этом случае 1% пикселей остается не приписанным ни к одному из классов.

Метод классификации по параллелепипеду не гарантирует, что один и тот же пиксель не может быть отнесен к разным классам. На практике это

происходит, если диапазоны значений разных классов пересекаются. (Проверить, происходит ли это в вашем случае, можно, запустив модуль сравнения сигнатур, SIGCOMP, который наглядно показывает интервалы значений для разных классов во всех использованных спектральных интервалах, получившиеся в результате процесса обучения). Естественно, встает вопрос, к какому из возможных классов будет отнесен рассматриваемый пиксель. Ответ состоит в том, что система отнесет пиксель к последнему из возможных классов, а именно к тому, файл сигнатуры которого был перечислен в списке последним. Поэтому в случае использования описываемого метода классификации становится принципиально важным, в какой последовательности перечисляются файлы сигнатур в диалоговом окне метода PIPED рисунок 4.23:

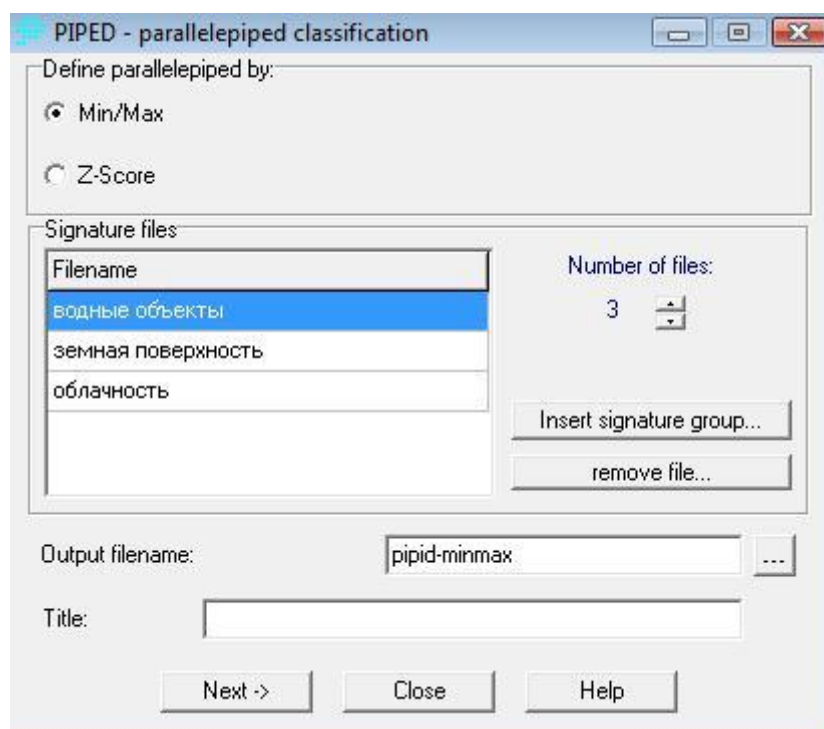


Рис. 4.23 - Диалоговое окно модуля PIPID

Перечислять их следует, начиная с наименее значимых (менее важных в данном процессе классификации) и заканчивая наиболее значимыми.

Как и в случае других методов классификации, результатом классификации по параллелепипеду является файл, пиксели которого содержат номера классов, к которым они были отнесены в процессе классификации.

Не расклассифицированные пиксели будут содержать значение 0. Кроме того, результирующее изображение будет иметь легенду, помогающую читать изображение.

Результат классификации с использованием метода RPPED представлен на рисунке 4.24 и 4.25. Изображение получено при определении параллелепипеда с помощью среднего для каждого из классов.

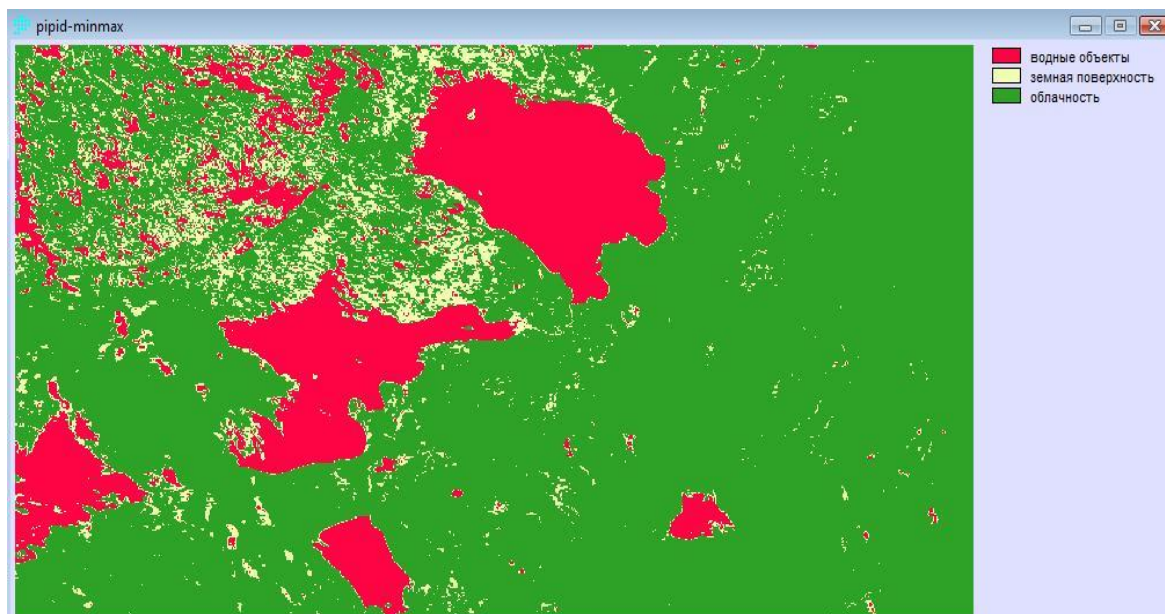


Рисунок 4.24 - Классификация RPPID с использованием метода Min/Max



Рис. 4.25 - Классификация RPPID с использованием метода Z-Score

При сравнении двух методов RPID, можно сказать, что результаты классификации неудовлетворительны. Метод Min/Max не отличает земную поверхность от облачности, выделяя лишь водные объекты. Метода Z-Score где 1% пикселей остается не расклассифицированными дает такой же результат как и метод MAXLIKE, где также не расклассифицированными остаются 1% пикселей.

Если для сравнения результатов классификации с обучением методом MINDIST, MAXLIKE и RPID, за основу взять результат простой классификации, результат которой представлен на рисунке 4.11, то можно сделать вывод о том что наиболее точный результат классификации дает метод MAXLIKE, когда классифицируем все пиксели, и MINDIST (normalized), другие способы менее удовлетворительны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время цифровая обработка изображений является одной из динамично развивающихся информационных технологий, которая находит применение в робототехнике, полиграфии, медицине, физическом материаловедении и так далее.

Современные методы спутникового слежения позволяют не только получить изображение Земли, но и получить изображение. Приборы, которые знают полосы поглощения газов в атмосфере, позволяют измерять концентрацию, в том числе газов, выделяющих парниковые газы, а также вредных газов, природных и искусственных, хотя их очень мало. Спутник "Метеор-3" и установленный на нем прибор TOMS смогли за сутки оценить состояние всех озоновых слоев Земли. Спутник NOAA, помимо нескольких снимков поверхности, позволяет изучать озоновый слой, а также изучать вертикальный профиль атмосферного давления, температуры, влажности на разных высотах в сотнях точек обзора.

В работе рассматриваются основные цифровые методы обработки изображений, такие как изображения спутников Земли с использованием оптических и радиолокационных методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чандра А.М. Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы перевод Кирюшена А.В. Техносфера Москва 2008.
2. Кашкин. В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений / В. Б. Кашкин. А. И. Сухинин. - М. : Логос, 2001.-264с.
3. Гонсалес. Р. Цифровая обработка изображений ' Р. Гонсалес. Р. Вудс. М. : Техносфера. 2006. - 1072 с.
4. Цифровая обработка аэрокосмических изображений учеб. пособие / В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин. - Красноярск : ИПК СФУ, 2008
5. Сероухова О.С Лабораторный практикум по дисциплине Геоинформационные системы – Санкт-Петербург 2007
6. Симакина Т.Е. Лабораторный практикум по цифровой обработке спутниковых снимков с помощью ГИС IDRISI Санкт-Петербург 2004
7. Кондратьев А.В. Методы обработки цифровой многоспектральной спутниковой информации Санкт-Петербург 1997
8. Калинин Н.А.,Толмацев Н.И. Космические методы исследований в метеорологии Пермь 2005