|  |  |
| --- | --- |
| *voenmeh* | МИНОБРНАУКИ РОССИИ  федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  **(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)** |
| БГТУ.СМК-Ф-4.2-К5-01 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет |  | И |  | Информационные и управляющие системы |
|  |  |  |  |  |
| Кафедра |  | И5 |  | Информационные системы и программная инженерия | |
|  |  |  |  |  |
| Направление |  | 09.04.04 Программная инженерия | | |

ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе на тему

|  |
| --- |
| Изучение используемых алгоритмов обработки |
| данных дистанционного зондирования Земли |
|  |
|  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы | | | |  | | И9М33 |
| Харитонов А.С. | | | | | | |
| Фамилия И.О. | | | | | | |
| **РУКОВОДИТЕЛЬ** | | | | | | |
| Мишина О.А. | |  |  | | | |
| Фамилия И.О. Подпись | | | | | | |
| Оценка |  | | | |  | |
| «\_\_\_\_\_» |  | | | | 2019 г. | |

Содержание

ВВЕДЕНИЕ3

1 ТЕХНОЛОГИЯ SSCIP6

1.1 Требования6

1.2 Композиция7

1.2.1 Клиент-серверное взаимодействие8

1.2.2 Клиентская компонента9

1.2.3 Серверная компонента10

1.3 Пример погружения алгоритма обработки в систему10

1.4 Структурная схема программного комплекса11

1.4 Вывод12

2 АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОЙ ГИСТОГРАММЫ14

2.1 Основные принципы построения алгоритма14

2.2 Особенности классификации по текстурным признакам15

2.3 Принципы выбора признаков16

2.4 Иллюстрация применения алгоритма17

2.4.1 Классификация хвойных лесов17

2.4.2 Классификация лиственных лесов18

2.5 Управление программой20

3 ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА GPU 22

ЗАКЛЮЧЕНИЕ23

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ24

сПисок определений обозначений и сокращений

ПО – программное обеспечение

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли

ГИС – геоинформационная система

ДДЗЗ – данные дистанционного зондирования Земли

ОС – операционная система

ПК – персональный компьютер

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

SFTP – Secure FTP – защищенный протокол передачи файлов на основе SSH

GPU - graphics processing unit – графический процессор

Введение

Данные дистанционного зондирования Земли, особенно высокодетальные, становятся все популярнее, расширяется спектр их пользователей, соответственно растет и востребованность ПО для работы с ними.

Следствием несомненного успеха проекта Google Maps/Earth стал новый взгляд на данные ДЗЗ и область их применения. Растет популярность средств Web-публикации снимков и карт, и если раньше 3D было вотчиной профессионалов, то теперь оно доступно практически всем.

Производительность современных компьютеров массового спроса стала настолько высокой, а стоимость хранения данных настолько низкой, что на обычном ноутбуке можно выполнить объемный фотограмметрический проект или сложную обработку гигабайтов данных. Не стоит на месте и наука, постоянно предлагая новые высокоэффективные алгоритмы обработки данных дистанционного зондирования. Все эти факторы оказывают непосредственное влияние на развитие ПО для обработки данных ДЗЗ.

Так, рост производительности компьютеров позволил реализовать более сложные алгоритмы пересчета (resampling) изображений «на лету» (бикубический сплайн, недавно добавленный в ERDAS IMAGINE Leica Geosystems [1], Швейцария) и более совершенные алгоритмы сжатия изображений (различные варианты wavelet-сжатия [2]). Если раньше сжатие с потерей качества считалось непригодным для профессиональной обработки данных ДЗЗ вследствие нарушения их радиометрической целостности и появления артефактов, то теперь использование сжатых изображений стало обычной практикой. Большинство приложений высокодетальных снимков не требуют сохранения радиометрической точности, а новые алгоритмы дешифрирования не так чувствительны к «шуму» потерь, как методы классификации, применявшиеся в эпоху Landsat.

Что в работе с данными ДЗЗ осталось неизменным так это пошаговость обработки и ориентированность многих программных продуктов на выполнение конкретных этапов, что затрудняет работу неопытному пользователю. Казалось бы, уже сделано все, что можно, в области географической привязки изображений, визуализации, монтажа, классификации, разработчикам осталось только повышать удобство использования продуктов и устранять ошибки. Но накопление у пользователей архивов ранее привязанных снимков сделало востребованной функцию автоматической привязки снимка к снимку (AutoSync в ERDAS IMAGINE [3]). При монтаже множества снимков в единую мозаику теперь используются математическое моделирование вариаций освещенности (а не просто их статистическое выравнивание) и специальные средства, ранее применявшиеся только военным ведомством (image dodging).

Значительным шагом вперед в деле извлечения полезной информации из данных ДЗЗ стали коммерциализация и распространение алгоритмов дешифрирования на основе объектно-ориентированного подхода и специальных фильтров. Feature Analyst (VLS, США) и семейство продуктов компании Definiens (ФРГ) хорошие примеры таких узкоспециализированных, но в своей области очень мощных программных средств [4].

В ближайшей перспективе тенденции развития ПО для работы с данными ДЗЗ сохранятся. Рост производительности компьютеров позволит и далее повышать автоматизацию рутинных операций обработки данных, а также реализовывать более совершенные алгоритмы, качественно улучшающие получаемые результаты.

Сохранится специализация ПО и разделение работы с данными ДЗЗ на этапы. Несмотря на продолжительные разговоры о грядущем слиянии средств обработки изображений и ГИС, тем не менее, до сих пор этого не произошло, по-прежнему сохраняется специализация отдельных приложений обработки данных ДЗЗ.

1 технология SSCIP

Привлечение высокопроизводительных ЭВМ к решению трудоемких задач обработки данных ДЗЗ неизбежно влечет проблему "враждебности" супер-ЭВМ к пользователю: как правило, многопроцессорная ЭВМ управляется операционной системой семейства Unix и функционирует как вычислительный сервер, взаимодействуя с внешними клиентами через защищенное SSH-соединение; распространенные же программы удаленного SSH-доступа (типа PuTTy или SSH Secure Shell) предоставляют пользователю лишь сервис командной строки [5]. Это приводит к тому, что использование многопроцессорных ЭВМ оказывается доступным только для пользователей с опытом работы в Unix и недоступным рядовому пользователю ОС семейства Windows, которыми оснащено подавляющее большинство ПК в нашей стране. И даже с учетом этого обработка данных на многопроцессорной ЭВМ выполняется в несколько приемов: загрузка данных с помощью SFTP-клиента, запуск команды обработки на удаленной машине (с помощью SSH-терминала), закачка на локальную машину результатов (также с помощью SFTP-клиента).

Таким образом, для массового привлечения супер-ЭВМ к решению трудоемких задач обработки изображений необходимо создавать не только программные средства, реализующие широкий круг методов и алгоритмов обработки изображений на многопроцессорной технике, но также технологии, упрощающие трудоемкий для рядового пользователя процесс использования удаленной многопроцессорной Unix-машины. Попыткой решения этой задачи стал рассматриваемый в настоящей работе экспериментальный программный комплекс SSCCIP.

1.1 Требования

Командой разработчиков комплекса были сформулированы следующие требования к разрабатываемой программной системе SSCCIP:

* Система должна представлять собой автоматизированное рабочее место оператора под управлением ОС Windows и обеспечивать сервис высокопроизводительной обработки данных ДЗЗ на удаленной многопроцессорной ЭВМ.
* Система должна обеспечивать визуализацию исходных данных и результатов обработки.
* Система должна обеспечивать возможность интерактивного формирования задания оператора на обработку.
* Система должна обеспечивать полностью прозрачное для оператора выполнение вычислительного задания на многопроцессорной ЭВМ.
* Система должна обеспечивать возможность своей настройки на конкретную вычислительную среду (многопроцессорную ЭВМ, вычислительную компоненту, систему управлениями пакетными заданиями и пр.).
* Система должна по возможности обеспечивать максимальную легкость расширения новыми алгоритмами.

Последнее требование представляется особенно важным, так как легкость наращиваемости подобного рода систем и их адаптации к потребностям конкретных пользователей являются необходимыми условиями возможности их дальнейшего развития.

1.2 Композиция

Вычислительная система SSCCIP состоит из трех основных компонент:

* Клиентской, функционирующей на клиентской ЭВМ и управляемой пользователем.
* Серверной, функционирующей на удаленной многопроцессорной ЭВМ и выполняющей непосредственно вычисления.
* Коммуникационной, связывающей клиентскую и серверную компоненты защищенным каналом.

1.2.1 Клиент-серверное взаимодействие

Для подавляющего большинства многопроцессорных вычислительных серверов единственным разрешенным способом клиентского сетевого подключения является защищенный SSH-канал. Такой канал в системе SSCCIP обеспечивается:

Со стороны сервера: системным SSH-демоном, поддерживающим прикладные SSH-протоколы SFTP приема-передачи файлов и rexec удаленного выполнения программ/команд на сервере [6].

Со стороны клиента: библиотекой CryptLib, созданной Питером Гутманном в университете Окленда (Новая Зеландия) [7]. На базе данной библиотеки авторами реализованы прикладные SSH-протоколы SFTP и rexec.

На верхнем уровне клиентская компонента взаимодействует с вычислительным сервером по следующей схеме:

* Клиентская компонента закачивает на вычислительный сервер файлы с исходными данными и файл с описанием задания (далее «файл-задание»), включающий указание имен исходных и результирующих файлов, алгоритмов обработки и их параметров.
* Клиентская компонента запускает (ставит в очередь задач) на сервере серверную компоненту и ожидает завершения вычислений (с некоторым интервалом опрашивает очередь задач многопроцессорной ЭВМ).
* Серверная компонента разбирает файл-задание и выполняет указанную в нем операцию над указанными данными, сохраняя результат в указанных файлах.
* После завершения вычислений клиентская компонента скачивает результаты обработки с вычислительного сервера на клиентскую ЭВМ и выполняет  их визуализацию.

1.2.2 Клиентская компонента

Клиентская компонента представляет собой Windows-приложение SSCCIP\_Client, реализованное на языке C++ . Ее код организован в виде технологического каркаса (framework), обеспечивающего легкость введения новых операций обработки: код, выполняющий общие для всех операций обработки действия (загрузку файлов данных и задания на сервер, запуск и отслеживание задания, загрузка результатов с сервера), вынесен в обобщенную подпрограмму обработки executeParallelTask(); для кодирования конкретной операции обработки необходимо реализовать только действия, специфичные для данной операции: интерактивное конфигурирование операции (выбор обрабатываемых файлов и файлов для сохранения результата, параметризация алгоритма обработки) и визуализацию результата обработки. Для этого в каркасе объявлен интерфейс IParallelTask с двумя методами: Configure() и Visialize(), которые должен определить реализующий данный интерфейс конкретный класс обработки. Метод Configure(), возвращает содержание файла-задания, список файлов для загрузки на сервер перед вычислениями и список файлов для загрузки с сервера после вычислений. С помощью метода Visialize(), вызываемого каркасом после загрузки с сервера результатов вычислений, конкретная операция обработки выполняет визуализацию результатов. Для выполнения конкретной операции обработки необходимо параметризовать обобщенную операцию executeParallelTask() классом конкретной операции.

Каркас также содержит средства визуализации изображений различных графических форматов.

1.2.3 Серверная компонента

Серверная компонента представляет собой Unix-приложение SSCCIP\_Server, разработанное на языке C++ с использованием созданной авторами библиотеки высокопроизводительной обработки изображений на многопроцессорной ЭВМ SSCC\_PIPL [8]. SSCCIP\_Server – это MPI-приложение, запускаемое на каждом вычислительном узле многопроцессорной ЭВМ загрузчиком MPI mpirun. Код SSCCIP\_Server также реализован с использованием идеологии технологического каркаса. В частности, для практически важных типов обрабатывающих процедур «пиксел-пиксел» и «окрестность-пиксел» созданы обобщенные подпрограммы, выполняющие общие для всех операций обработки действия (разбор файла-задания, загрузка исходного изображения с поддержкой множества графических форматов, определение параметров распараллеливания и собственно распараллеливание вычислений, сохранение результата обработки в графическом файле). Конкретная операция обработки реализуется классом алгоритма, интерфейс которого согласован с библиотекой SSCC\_PIPL.

1.3 Пример погружения алгоритма обработки в систему

Апробация технологического каркаса SSCCIP была выполнена на примере погружения в систему алгоритма нахождения кольцевых структур на космоснимках.

1. Алгоритм является операцией типа «окрестность-пиксел», поэтому определение новой операции для серверной компоненты свелось к разработке класса алгоритма, совместимого с библиотекой SSCC\_PIPL (по сути – описания алгоритма на языке окрестности обрабатываемого пиксела) и специализации этим классом обобщенной процедуры типа «окрестность-пиксел».
2. Для клиентской компоненты необходимо было реализовать процедуры конфигурирования алгоритма и визуализации его результата.
3. Интерактивная процедура конфигурирования позволяет пользователю указать пути к исходному изображению и результату обработки, радиусу искомых кольцевых структур, статистических параметрах поиска и пр.; выполнена показом диалогового окна.
4. Результатом выполнения алгоритма на суперЭВМ является изображение с черным фоном и серыми/белыми пикселами центров найденных вогнутых/выпуклых кольцевых структур, поэтому процедура визуализации свелась к отрисовке на исходном изображении черных/белых окружностей заданного радиуса, определяющих положение найденных выпуклых/вогнутых кольцевых структур и визуализации полученного изображения.

Все остальные операции (загрузка исходного изображения и файла задания на суперЭВМ, постановка расчетного задания в очередь и отслеживание его статуса, разбор файла-задания, чтение исходного и запись результирующего изображения, распараллеливание вычислений и возврат результата обработки на ПК пользователя) было выполнено кодом каркаса SSCCIP. Как видно, погружение нового алгоритма в систему не потребовало от программиста написания кода, относящегося к параллелизму или сетевым коммуникациям [9].

1.4 Структурная схема виртуального кластера SSCCIP

Виртуальный кластер программного комплекса SSCCIP используется для обработки данных физических экспериментов, осуществляемых в Институте Ядерной Физики Сибирского Отделения Российской Академии Наук. Задачи характеризуются использованием однопоточных программ и параллелизацией на уровне данных. Для создания виртуальных ресурсов на локальном кластере используются штатные возможности PBS Pro [10]. PBS Pro запускает требуемую виртуальную машину, описанную в скрипте, и останавливает ее по завершению задания, после чего вычислительный узел может использоваться в обычном режиме другими заданиями. В качестве среды виртуализации используется KVM [11]. Обмен данными между Институтом и программным комплексом осуществляется через суперкомпьютерную сеть Новосибирского Научного Центра (10 Гбит/с).

На рисунке 1 изображена схема виртуального кластера SSCCIP

C:\Users\User\Downloads\Untitled Diagram (1).png

Рисунок 1 – Структурная схема виртуального кластера программного комплекса

1.5 Вывод

Общим результатом работ по разработке программного комплекса SSCCIP стало создание технологического каркаса программного комплекса высокопроизводительной обработки данных ДЗЗ на удаленной многопроцессорной ЭВМ. В рамках данного комплекса могут решаться различные задачи обработки и анализа данных ДЗЗ, причем от разработчика технологии требуется лишь кодирование деталей, специфичных для погружаемого алгоритма.

**2 АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОЙ ГИСТОГРАММЫ**

Программа предназначена для автоматической классификации многоспектральных и текстурных изображений. Данная программа разработана Сидоровой Валерией Сергеевной в лаборатории Обработки Изображений Института Вычислительной Математики и Математической геофизики Сибирского отделения Российской Академии Наук.

2.1 Основные принципы построения алгоритма

Векторное пространство признаков  классифицируется предложенным новым алгоритмом кластерного анализа с применением оценок качества классификации. Под качеством понимается изолированность полученных унимодальных кластеров. В основе нового алгоритма лежит быстрый непараметрический метод Нарендры, разделяющий векторное пространство на унимодальные кластеры, соответствующие локальным максимумам гистограммы [12]. Он не использует никаких предположений о функциях распределения различных классов, не требует никаких априорных данных (число кластеров, количество итераций и т.д.). Поиск максимумов ведется методом наискорейшего спуска с учетом дискретности данных. Быстрота алгоритма достигается за счет представления векторов в форме линейного списка, упорядоченного по их возрастанию. Алгоритм Нарендры предполагал предварительное квантование векторного пространства, но число уровней квантования задавалось произвольно.

Новый алгоритм автоматизирует выбор числа уровней квантования, основываясь на оценке изолированности кластеров по предложенной мере. Строится ряд классификаций методом Нарендры для различного числа уровней квантования, и из этого ряда  автоматически выбираются лучшие распределения, соответствующие минимумам меры изолированности кластеров. Такой подход позволяет получить лучшие распределения по унимодальным кластерам, сократив при этом их число.

Предложенная индикаторная мера оценки качества распределений основана на вычислении среднего отношения значения многомерной гистограммы на границе унимодального кластера и в области модального вектора.  Показано, что она позволяет корректно оценить изолированность кластеров  данных высокой плотности, характерной для дистанционного зондирования. Мера соответствует требованиям  достоверности неконтролируемой классификации, в отличие от традиционно применяемых мер, основанных на соотношении дисперсий и расстояний между кластерами, которые могут быть корректно использованы лишь в задачах контролируемой классификации для оценки разделимости классов.

2.2 Особенности классификации по текстурным признакам

Статистические текстурные признаки являются пространственными характеристиками, а не точечными в отличие от спектральных, поэтому есть некоторые особенности классификации. Текстурные признаки вычисляются в окрестности (окне) каждой точки изображения. Предложен автоматический выбор окна одного размера для всех точек изображения. От размера окна существенно зависят результаты классификации. Его выбор осуществляется путем перебора различных значений размера, начиная с некоторого небольшого, и построения распределения,  лучшего по изолированности кластеров (выше описан алгоритм)  для каждого из размеров. Предполагается, что для некоторого размера окна значения признаков стабилизируются для всех текстур изображения, и число кластеров перестает меняться. Этот размер и выбирается.

Другая особенность в том, что на границах объектов с разной текстурой появляются ложные кластеры. Для индикации этих узких кластеров применяется пороговый метод, доля граничных точек по отношению к площади превышает порог для ложных кластеров. Предложен алгоритм объединения ложных кластеров  в цепочки по принципу плохой изолированности в пространстве признаков,  с учетом  близости их сегментов в плоскости изображения. Цепочка ложных кластеров выстраивается до тех пор, пока не попадется истинный кластер, и тогда всей цепочке присваивается его номер.

2.3 Принципы выбора признаков

Автоматизация выбора различных моделей или статистик текстуры основана на сравнении значений предложенной ранее меры качества неконтролируемой классификации. Реализовано вычисление текстурных признаков:

* Статистик Харалика [13].
* Основанных на известной авторегрессионной модели случайного поля SAR (Simultaneus Autoregressive), определенной на двумерном тороидальном массиве изображения с заданной формой соседства пикселей. Параметры модели рассчитываются по известному численному алгоритму в условиях максимального правдоподобия; приближенные значения параметров, характеризующие зависимость пикселя от ближайших соседей и уровня шума, вычисляются в каждой точке изображения и используются как признаки текстуры, формируя многомерный вектор.

В зарубежной литературе рассмотрено применение текстурных признаков, основанных на модели SAR, для контролируемой классификации эталонных текстур альбома Бродатца [14]. Использование этой модели для неконтролируемой классификации – новая разработка, повышающая уровень автоматического распознавания по сравнению с мировыми аналогами [15].

В качестве примера автором программы приводится анализ и сравнение результатов классификации изображения лесных ландшафтов на аэроснимке для двух систем признаков [12]. Для обеих систем был выполнен автоматический отбор признаков по предложенной мере. Сравнение систем признаков показало, что качество классификаций (по мере) выше для второй системы для любого числа уровней квантования. Сопоставление кластерных карт и карт, полученных наземными измерениями, подтвердило этот вывод. Исследовались различные сочетания признаков Харалика и среднего тона, однако их мощности оказалось не достаточно, чтобы различить некоторые возрастные фазы двух типов леса (сосняков и кедровников). Признаки по модели SAR показали большую различительную мощностью, чем по системе Харалика. Они позволили распознать с точностью наземной таксации возрастные фазы насаждений леса различных типов и возрастов, близких по визуальным свойствам.

2.4 Иллюстрация применения алгоритма

2.4.1 Классификация хвойных лесов

На рисунке 3b черно-белый аэроснимок лесного ландшафта Западной Сибири масштаба 1:50000. Большую часть лесов на изображении составляют хвойные леса. Наиболее трудно различимы по текстуре   кедровые и сосновые насаждения некоторых фаз. Однако их удалось отнести в разные кластеры автоматической классификацией. На рисунке 3с картосхема выделов изображения, построенная лесоводами по данным  наземной таксации. Выдел или контур (связная область) устанавливается лесоводами по преобладающим насаждениям   определенного типа и возраста, но может включать и другие элементы. На рисунке 3а полученная кластерная карта по двум признакам:  параметру06модели SAR, отражающему степень гранулированности текстуры, и среднему тону.

В результате выполнения программы получено: размер окна для сбора текстурных статистик 16х16 пикселов, 41 кластер для 82 уровней квантования, значение меры 0.47. Лесу соответствует 30 кластеров. Сравнение карты рисунка 3a и картосхемы рисунка 3с показывает, что кластеры на карте разделены по типам и фазам леса в соответствии с картосхемой.

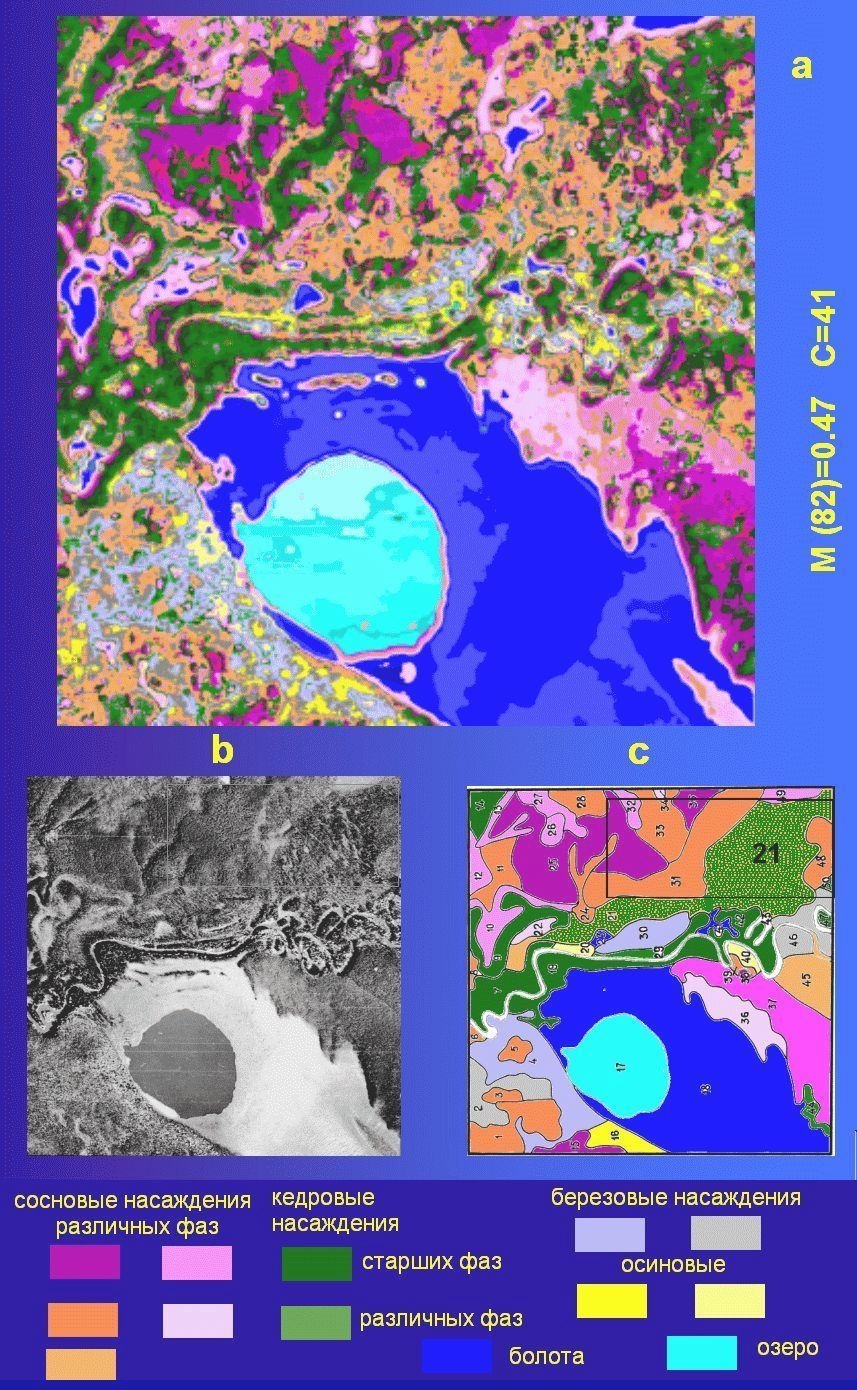


Рисунок 3 - a) кластерная карта по признакам Харалика, b) аэроснимок лесного ландшафта, с) картосхема наземной таксации

2.4.2 Классификация лиственных лесов

На рисунке 4a черно-белый аэроснимок ландшафта лиственных лесов Западной Сибири. Особенностью рассмотренного изображения является высокая степень изрезанности границ ивняков, расположенных в пойме реки, что порождает большое число узких кластеров при кластеризации.

На рисунке 4b представлена картосхема выделов изображения, построенная по данным  наземной таксации. Представлены выделы ивняков и тополевников в различных возрастных состояниях.  Небольшую площадь слева вверху занимают березняки. Значительную площадь покрывают разнотравные луга, изображение которых также имеет текстуру.

## ris2

Рисунок 4 – a) аэроснимок лесного ландшафта, b) картосхема наземной таксации, c) кластерная карта

 Классификация осуществлялась с использованием в качестве  признаков: параметра модели текстуры SAR, среднего тона и дисперсии. Эти три признака позволили отличить лес от лугов и различить разновозрастные насаждения ивняков и тополевников.  Пространство признаков классифицировалось по  алгоритму для текстурных изображений.  В результате получены: размер окна для сбора статистик 14х14 пикселов, минимум меры, равный  0.38 при n = 61 в диапазоне изменения числа уровней квантования n:  40< n<255. Почти все оказались узкими (тоньше окна для сбора статистик), и алгоритм объединил полученные кластеры. Алгоритм автоматически выбрал 100 (число задавалось)  наиболее крупных кластера, чьи сегменты наиболее компактны в плоскости изображения, и присоединил к ним остальные. 44 из этих 100 кластеров соответствует лесу. Карта окончательной классификации показана на рисунке 4c.

Тополевникам соответствует четыре крупных выдела. Они различаются по возрасту и составу. В результате классификации по трем признакам каждый из этих выделов оказался  представленным несколькими только своими кластерами.

Большая часть ивняков является сообществом крупных деревьев (150 лет) и поросли близкого возраста 40 лет, составляющих два яруса. Эти ивняки отнесены к одному наибольшему кластеру уже на первом этапе классификации. Два кластера соответствуют  сообществу ивняков в возрасте 75 и 30 лет. Ивняки  молодого возраста (10-30), быстро меняющие вид на снимке,  представлены несколькими фазами. Они попали в разные кластеры.

Березняки возраста 150 лет визуально мало отличаются от ивняков, однако они выделились в собственные кластеры.

Анализ результатов показывает,  что полученные предложенным автоматическим алгоритмом кластерные карты соответствуют картосхемам наземной таксации. Каждому типу и состоянию леса соответствует 1-3 кластера. Точность распознавания не уступает наземной таксации [12].

2.5 Управление программой

Алгоритм реализован в программной среде системы объектно-ориентированного программирования Visual C++ версии 5.0 фирмы Microsoft c библиотекой классов MFC, разработанная для ОС Windows.   
При разработке программы  использовался механизм многодокументного интерфейса MDI, который позволяет работать одновременно с несколькими изображениями (документами), каждое из которых связано со своим окном.

Параметры выбора режима работы программы подробно описаны в меню Help пользовательского окна программы.  Может быть задан интервал и шаг по числу уровней квантования для поиска лучших распределений с выводом на экран их кластерных карт и характеристик. В другом режиме можно просмотреть подряд все классификации для выбранных уровней квантования.

Статистические текстурные признаки вычисляются в одном из выбранных каналов как дополнение к спектральным, в частных случаях могут быть заданы лишь спектральные, или только текстурные.

Общие характеристики найденных распределений (значение меры изолированности, число уровней квантования, число кластеров) и свойства соответствующих кластеров: значения наиболее вероятных векторов и их плотности вероятности, площади, граничные точки по всем спектральным каналам и др., заносятся в таблицы и могут быть показаны на экране и записаны в файл. Карта кластеров получается в виде BMP-файла (256-цветного) [16].

**3** **ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА GPU**

В последние годы появился большой практический интерес к использованию современных графических процессоров в качестве универсального вычислителя. GPU ориентирован на поиски более эффективного решения задач машинной графики, в частности он содержит аппаратные функции, позволяющие эффективно выполнять массовые вычисления (однотипные операции над большим объемом данных). Эти возможности позволяют использовать GPU в задачах, не связанных с визуализацией, но также опирающихся на массовые вычисления, например в задачах обработки и анализа изображений. На ряде практических задач вычисления на GPU обеспечили 70-кратное ускорение по сравнению с вычислениями на центральном процессоре, что соответствует временным результатам, получаемым на суперЭВМ. Концепция универсальных вычислений на GPU получила поддержку производителей графических ускорителей (технологии CUDA от NVIDIA, ATI Stream от AMD), что делает доступным написание программ, использующих GPU, на языке высокого уровня без знаний архитектуры сопроцессора. Это, а также невысокая стоимость современных GPU, делает их вовлечение в процессы обработки и анализа данных ДЗЗ актуальной научной задачей. В частности, возможна разработка распределенной технологии, позволяющей использовать ЭВМ с современным графическим ускорителем как вычислительный сервер, обслуживающий вычислительные запросы клиентов на обработку данных ДЗЗ. При разработке данной технологии неоценимую помощь могут оказать сведения о системе SSCCIP (принципы организации, архитектура и программный код) [17].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения научно-исследовательской работы за семестр было проведено рассмотрение многофункциональной системы обработки данных дистанционного зондирования Земли с использованием современных методов и алгоритмов обработки изображений, распределенных параллельных программных технологий и Web-ресурсов, разрабатываемой лабораторией обработки изображений Института Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН. В частности, рассмотрен экспериментальный программный комплекс SSCCIP, предназначенный для выполнения задачи высокопроизводительной обработки ДДЗЗ на многофункциональных ЭВМ без снижения работоспособности пользователя. Стоит отметить, что хотя инновационная разработка, основанная на использовании кластерной архитектуры и параллелизации, заявляет о серьезной конкуренции на международном уровне, также в разработке присутствует ряд недостатков: моральной устаревание коммуникационной среды, недостаточная пропускная способность сети, следовательно, трудности при работе с файлами, размер которых исчисляется сотнями гигабайт.

Также в работе представлен анализ уникальной программы, предназначенной для автоматической классификации многоспектральных и текстурных изображений.

В последнем разделе работы представлен краткий обзор проведения высокопроизводительных вычислений на GPU.

Список использованных источников

1. Geospatial World // Leica Geosystems Geospatial Imaging Announces ERDAS IMAGINE 9.2 [Электронный ресурс], URL: <https://www.geospatialworld.net/news/leica-geosystems-geospatial-imaging-announces-erdas-imagine-9-2/> (дата обращения: 14.1.19).
2. habr // Вейвлет-сжатие «на пальцах» [Электронный ресурс], URL: <https://habr.com/ru/post/168517/> (дата обращения: 14.1.19).
3. University of New England // IMAGINE AutoSync User’s Guide [Электронный ресурс], URL: <http://faculty.une.edu/cas/szeeman/rs/> docs/AutoSync.pdf (дата обращения: 14.1.19).
4. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации // Программное обеспечение для обработки данных ДЗЗ [Электронный ресурс], URL: <http://www.gisa.ru/47299.html> (дата обращения: 14.1.19).
5. PuTTY: Telnet/SSH Клиент [Электронный ресурс], URL: <https://putty.org.ru/> (дата обращения: 14.1.19).
6. Энциклопедия Windows [Электронный ресурс], URL: <http://windata.ru/windows-xp/faq-xp/ispolzovanie-rexec/> (дата обращения: 14.1.19).
7. CryptLib [Электронный ресурс], URL: <http://www.cs.auckland.ac.nz/> ~pgut001/cryptlib (дата обращения: 14.1.19).
8. Лаборатория обработки изображений ИВМиМГ СО РАН // SSCC-PIPL: библиотека обработки изображений на многопроцессорных ЭВМ [Электронный ресурс], URL: <http://ipl.sscc.ru/lab/RFFI10/> RU/SSCC-PIPL/main.htm (дата обращения: 15.1.19).
9. Лаборатория обработки изображений ИВМиМГ СО РАН // SSCCIP - технология высокопроизводительной обработки данных ДЗЗ на многопроцессорных ЭВМ [Электронный ресурс], URL: <http://ipl.sscc.ru/lab/RFFI10/RU/SSCCIP10rus.htm> (дата обращения: 15.1.19).
10. Altair. PBS works [Электронный ресурс], URL: <https://www.pbsworks.com/PBSProduct.aspx?n=PBS-Professional&c=Overview-and-Capabilities> (дата обращения: 15.1.19).
11. Losst // Что такое виртуализация KVM [Электронный ресурс], URL: <https://losst.ru/kvm> (дата обращения: 15.1.19).
12. Лаборатория обработки изображений института вычислительной математики и математической геофизики // Программа разделения многомерной гистограммы по унимодальным кластерам [Электронный ресурс], URL: [http://loi.sscc.ru/lab/Weblab/LeraKlas/DEMRU/ DemonRu](http://loi.sscc.ru/lab/Weblab/LeraKlas/DEMRU/%20DemonRu) (дата обращения: 15.1.19).
13. R. M. Haralick. Statistical and structural approaches to texture // Proceedings of the IEEE, 1979. Vol. 67, no. 5, p. 768–804.
14. Brodatz P. A. Photographic Album for Artists and Designers // New York: Dover. – 1996.
15. CyberLeninka. Пестунов И.А., Мельников П.В. Информативность систем текстурных признаков для классификации спутниковых изображений с высоким пространственным разрешением, 2012 г.,10 с. [Электронный ресурс], URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/> informativnost-sistem-teksturnyh-priznakov-dlya-klassifikatsii-sputnikovyh-izobrazheniy-s-vysokim-prostranstvennym-razresheniem (дата обращения: 15.1.19).
16. Лаборатория обработки изображений ИВМиМГ СО РАН // Автоматическая классификация изображения по спектральным и текстурным признакам на основе многомерной гистограммы [Электронный ресурс], URL: <http://ipl.sscc.ru/lab/RFFI10/RU/svs10.htm> (дата обращения: 15.1.19).
17. CyberLeninka. Бучнев А.А., Пяткин В.П., Русин Е.В. Программные технологии для обработки данных дистанционного зондирования Земли, 2011 г., 10 с. [Электронный ресурс], URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/programmnye-tehnologii-dlya-obrabotki-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli> (дата обращения: 15.1.19).