

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Жарикова Евгения Павловна

**Исследование и разработка методов и алгоритмов
дистанционного зондирования земли**

Направление подготовки 02.04.03
«Математическое обеспечение и администрирование информационных
систем»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук, доцент, декан «факультета компьютерных технологий»
Григорьев Ян Юрьевич

Рецензент:

кандидат технических наук, начальник бюро администрирования и программирования учетной системы филиала ПАО «Компания «Сухой» «КнААЗ им. Ю.А. Гагарина»
Степаненко Виктор Евгеньевич

Защита состоится 22 июня 2018 года в 15 часов 10 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681000, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 312/3.

Автореферат разослан 15 июня 2018 г.

Секретарь ГЭК

А.А. Сиротин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность темы заключается в том, что на сегодняшний день не существует модели, которая могла бы в автоматическом режиме, оценить состояние и в максимально короткие сроки построить карту местности, содержащую описание критических областей, что очень сильно замедляет процесс реагирования на аномалии.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы, позволяющей на основе заданных признаков строить карту, содержащую n характеристик в каждой её точке, с выявлением критических областей.

Для достижения цели решаются следующие *задачи*:

- определение основного набора свойств (определение основных признаков лесного пожара, угнетенной растительности, вырубки леса), позволяющих строить карту, содержащую n характеристик в каждой её точке;
- анализ полученной карты и выделение критических областей, соответствующих состоянию оцениваемой поверхности;
- разработка ПО.

Объектом исследования являются модели дистанционного зондирования земли.

Предметом исследования является автоматизированная система, позволяющая на основе заданных признаков строить карту, содержащую n характеристик в каждой её точке, с выявлением критических областей.

Научная новизна исследования

- проводится комплексный анализ существующих индексов, характеризующих состояние поверхности содержащих объекты живой природы, рассматриваются способы адаптации существующих характеристик для произвольных объектов.
- Рассматривается универсальный подход к построению многокритериальной карты характеристик, описывающей состояние

поверхности на основе моделей, определяющих разные свойства (горение, состояние биомассы, химический состав поверхности).

- Для разработки автоматизированного комплекса используется компилируемый язык программирования, позволяющий увеличить быстродействие системы по сравнению с интерпретируемыми языками, которые использовались другими исследователями для решения отдельных задач, входящих в разрабатываемую систему.

Достоверность и обоснованность результатов исследования.

Основные положения и выводы, полученные в диссертации, обоснованы, аргументированы и подтверждены экспериментально, как в лабораторных, так и в реальных условиях при исследовании поверхностей различной природы. Разработанное программное обеспечение тестировалось как на реальном оборудовании, так и с помощью средств виртуализации.

Практическая значимость заключается в построении модели, позволяющей, без постоянного участия человека, оценить состояние и в самые короткие сроки построить карту местности, содержащую описание критических областей.

Апробация результатов

Результаты работы докладывались на:

– 1-й Всероссийской научной-практической конференции «Градиент науки», апрель 2018 г.

– 48-ой научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов», Комсомольск-на-Амуре, апрель 2018 г.

Публикации

– журнал 1-й Всероссийской научной-практической конференции «Градиент науки», «Постулат» №4 (2018);

– сборник материалов 48-ой научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов» (Комсомольск-на-Амуре, апрель 2018 г.).

Структура и объем.

Магистерская диссертация состоит из списка сокращений, введения, общей характеристики, трех глав, заключения и списка литературы. Объем работы – 95 страниц, в том числе 22 рисунка, 8 таблиц и 2 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение раскрывает актуальность темы, определяются цели и задачи исследования, объект, предмет, указываются научная новизна, практическая значимость, достоверность и обоснованность результатов исследования.

В первой главе раскрывается понятие дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

Производится оценка технической базы формирующей потоки данных при реализации процессов ДЗЗ. Выделяются три основные схемы получения данных: наземная, воздушная и космическая. Наиболее подходящей, для локальных задач, является воздушная схема, реализуемая на базе БПЛА. При построении карт характеристик имеется возможность выбора необходимых траекторий, как в ручном так и в автономном режиме, а также минимизируется время получения данных, что позволяет оперативно определять аномалии. Спутниковые системы позволяют получить информацию в период от 1 до 26 суток.

Рассматриваются и предлагаются новые методы ДЗЗ в задачах оценки лесфонда: оценка пожара, оценка угнетенной растительности, оценка вырубок леса.

При определении пожара для каждого пикселя получаемого изображения определяется динамическая характеристика, заключенная в диапазоне изменения интенсивности излучения. Такой подход позволяет выявить как открытое пламя, так и задымление, что характеризует верховой и низовой пожары.

Помимо динамических свойств используется цветовой анализ, области характеризующей открытое пламя описываются системой (4):

$$\begin{cases} R(x, y) > R_{mean}, \\ R_{mean} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (R(x_i, y_i)), \\ R(x, y) > G(x, y) > B(x, y), \end{cases} \quad (4)$$

где $(R(x, y), B(x, y) \text{ и } G(x, y))$ — значения красного, синего и зеленого каналов в пикселе (x, y) , K — общее количество пикселей, R_{mean} — среднее значение интенсивности красного цвета, определяемое соотношением, либо задаваемое пользователем.

В работе предлагается, используя потоки в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне определять температурные характеристики.

Использование многофакторной идентификации пожара, включающей все предложенные методы, минимизирует вероятность ошибки.

Для задач по выявлению территорий с угнетенной растительностью применяются вегетационные индексы (ВИ). В работе используется индекс NDVI, характеризующий количественную оценку растительного покрова и описанный соотношением (5):

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}, \quad (5)$$

где NIR (Near Infra-Red) – процент отраженной радиации (показание канала снимка) в ближнем инфракрасном диапазоне: 0.78-0.89 мкм; RED – процент отраженной радиации (показание канала снимка) в красном диапазоне: 0.61-0.68 мкм.

Определенное эмпирически соответствие значение индекса NDVI и типа земного покрытия (в том числе по типу и качеству растительного покрова) представлено в таблице 1.

Таблица 1 – соответствие индекса NDVI и земного покрытия

NDVI	Тип покрытия
0.67 - 0.1	Мощная, густая растительность (лес)
0.4 - 0.5	Скудная разреженная древесная и кустарниковая растительность
0.2 – 0.4	Кустарники и пастбища
0.09 – 0.2	Открытая почва
-0.1 – 0.1	Горные породы, песок, снег
-0.42 - -0.33	Водный объект
-0.55 - -0.5	Бетон, асфальт

Совместное использование лазерных дальномеров и вегетационных индексов позволяет сократить вероятность ошибки при оценке угнетенной растительности путем определения «плотности» и «шероховатости». NDVI не покажет патологий, если болезненная растительность имеет скудную листву, сохраняющую фотосинтетическую активность, но меньшую «плотность» чем у здорового растения. Применение лазерных дальномеров позволяет строить 3D-карты местности для оценки «шероховатости» поверхности путём поиска локальных экстремумов. Величина шероховатости позволяет выявить высокую растительность, поля, степи. Систематический мониторинг помогает выявить незаконные вырубки. Наложение данных о ВИ повышает вероятность точности таких выводов.

Во второй главе описываются способы оценки биомассы с помощью ВИ и варианты адаптации для поверхностей смешанного типа. Методы определения типа поверхности, содержащей биомассу, с помощью ВИ требуют непосредственного участия исследователя. На основе, полученных данных отражения растений в RED и NIR диапазонах, представленных на графиках а, б, в (рисунок 1), определяются зависимости, анализ которых позволяет в автоматическом режиме, путем регрессионного моделирования, выявить почвенную линию, а так же линии резкого изменения состояния растительности и объектов неживой природы.

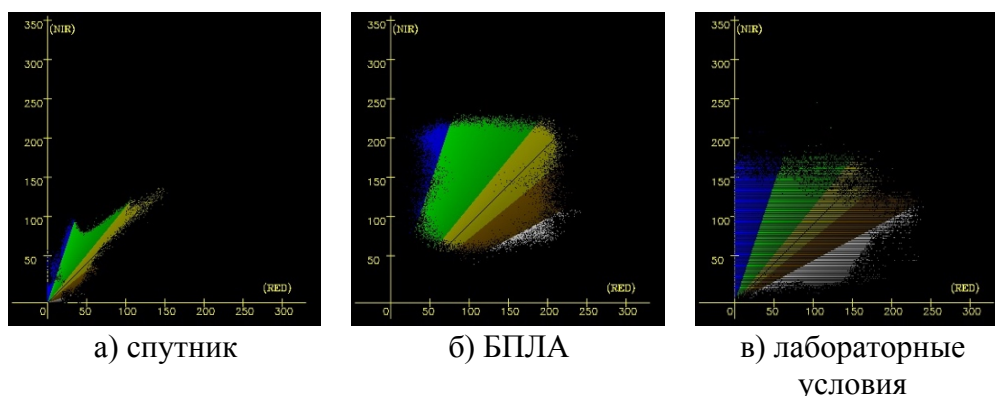


Рисунок 1– Графики зависимости отражения поверхности в RED и NIR диапазонах (снимок сделанный при помощи БПЛА)

На графиках значения представлены в виде яркости пикселя изображений в RED и NIR диапазонах, то есть они могут изменяться от 0 до 255. Цвета на графиках имеют следующие значения:

- серым цветом выделены: искусственные материалы (бетон, асфальт), вода, снег, лёд;
- коричневым - открытая почва;
- желтым - угнетенная растительность;
- зеленым и синим – здоровая растительность.

Как видно из графиков, в зависимости от типа почвы наклон почвенной линии будет изменяться, однако, зная интервал значений ВИ для почвы, данный наклон всегда можно вывести автоматически.

Для определения лесных пожаров разрабатывается модель базирующаяся на концепциях компьютерного зрения. Алгоритм детектирования основан на определении динамических областей.

1) Получение матрицы D_i путём вычитания из матрицы A_i , описывающей текущий кадр, матрицы A_{i-1} , которая описывает предыдущий кадр. Матрица D_i описана соотношением (6):

$$D_i = A_i - A_{i-1}. \quad (6)$$

2) Преобразование матрицы D_i в бинарную путем поэлементного сравнения с пороговым значением $0 < \text{MOTION_THRESHOLD} < 255$.

$$d_i^{j,k} = \begin{cases} 0, & d_i^{j,k} \leq \text{MOTION_THRESHOLD}, \\ 1, & d_i^{j,k} > \text{MOTION_THRESHOLD}, \end{cases} \quad (7)$$

где $d_i^{j,k}$ - элемент матрицы D_i , с номеров j, k .

3) Обработка пикселей матрицы A_i в соответствии с правилом (8):

$$\text{Arez}_i^{j,k} = \begin{cases} 1, & A_i^{j,k,1} > \min \text{ и } A_i^{j,k,1} > A_i^{j,k,2} > A_i^{j,k,3}, \\ 0 & \end{cases}, \quad (8)$$

где $\min = \frac{1}{N+M} \sum_j \sum_k (A_i^{j,k,1})$, $A_i^{j,k,1}$ - значение матрицы в одном из трех цветовых каналов, изменяется от 0 до 255.

4) в получение итоговой карты пожара по правилу (9)

$$fire_i^{j,k} = \begin{cases} 0, & d_i^{j,k} = 0 \text{ или } Arez_i^{j,k} = 0, \\ 1, & d_i^{j,k} = 1 \text{ и } Arez_i^{j,k} = 1. \end{cases} \quad (9)$$

Для определения типа местности разрабатывается модель анализа насаждений. Строится карта глубины, определяемая двумерной матрицей А размером MxN, где $a_{i,j}$ - расстояние от точки наблюдения до объекта.

На рисунке 2 представлен алгоритм построения матрицы, определяющей карту местности, отражающей наличие или отсутствие насаждений.

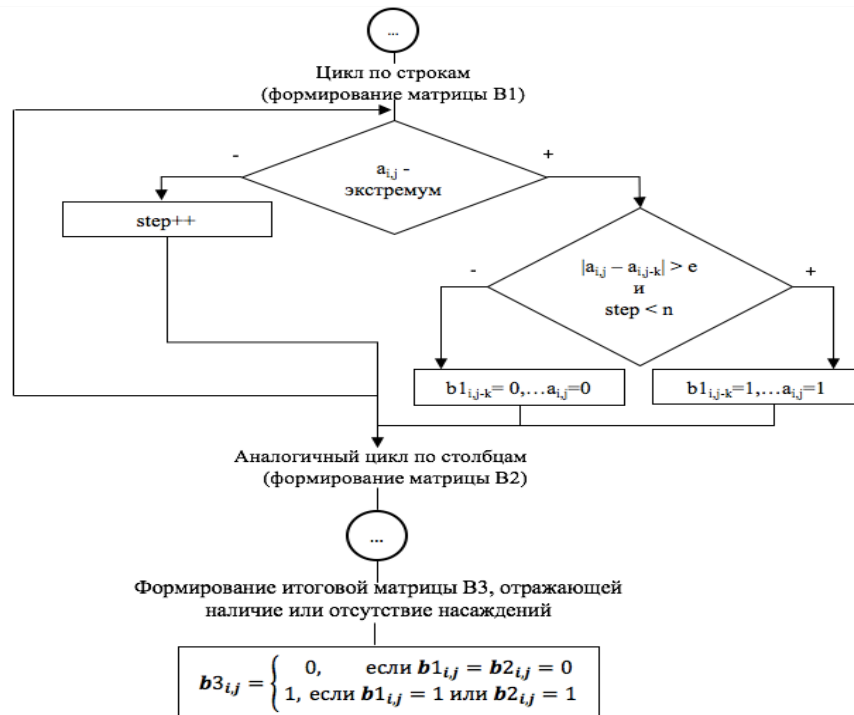


Рисунок 2 – Алгоритм построения матрицы (B3), отражающей наличие и отсутствие насаждений

Строится универсальная карта путем комбинирования рассмотренных ранее характеристик, в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Комбинации характеристик

	Здоровая биомасса(ВИ)	Большая биомасса (ВИ)	Почва (ВИ)	Антропогенный объект (ВИ)	Горение есть
Насаждения есть	Здоровый лес	Большой лес	Выгоревший/ мертвый лес	Дома	Горит лес
Насаждений нет	Здоровое поле/степь	Большое поле/степь	Вырубка	Дорога	

Если отсутствует карта высот, то разделение леса и поля не указывается.

В *третьей главе* описывается процесс разработки программного обеспечения. Разрабатываемая система представляет собой два блока: picture_analys и cv_methods. Структура разработанного ПО представлена на рисунке 3.

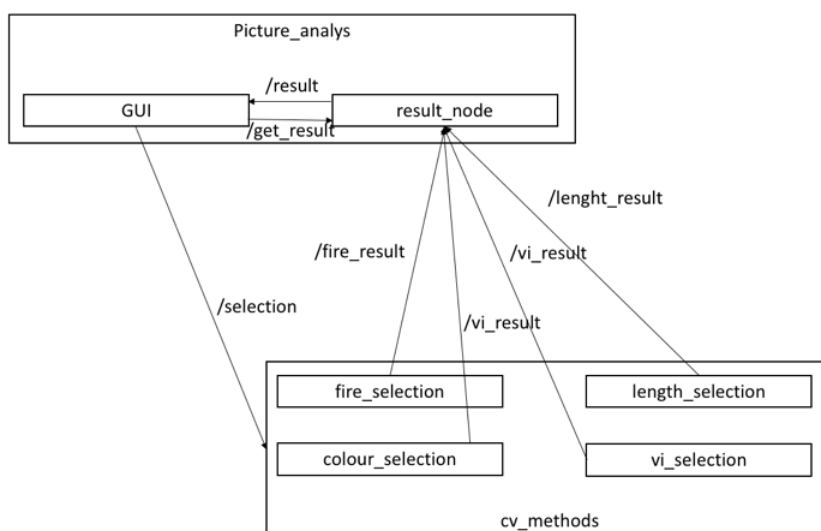
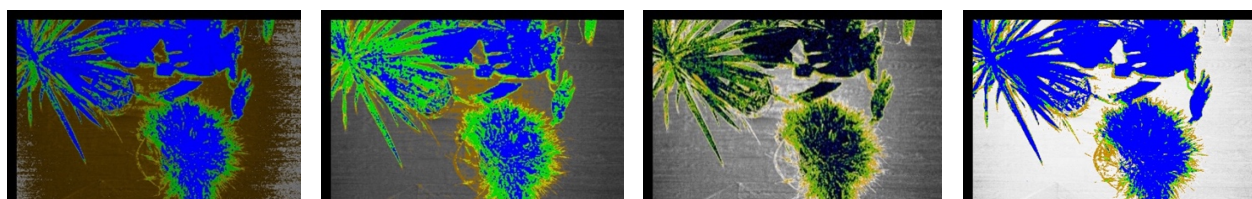


Рисунок 3 – Структура ПО

Примеры карт характеристик, построенные в результате работы модулей блока cv_methods представлены на рисунках 4, 5, 6.



a) NDVI

b) IRVI

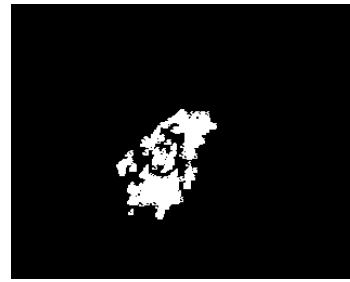
c) RVI

d) NLI

Рисунок 4 – Карты построенные модулем vi_selection на основе различных ВИ (лабораторные снимки)



а) Исходное изображение

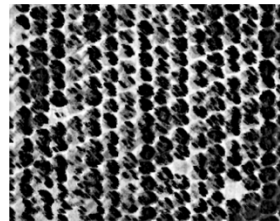


б) Бинарная карта найденного пожара

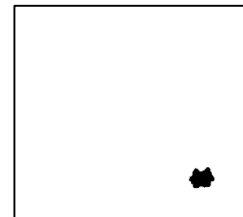
Рисунок 5 – Карта построенная модулем fire_selection



а) RGB



б) карта глубины



в) бинарная карта насаждений

Рисунок 6 – Карта построенная модулем length_selection

Итоговая комплексная обработка отдельных карт производится на основе алгоритма, блок-схема которого представлена на рисунке 7.

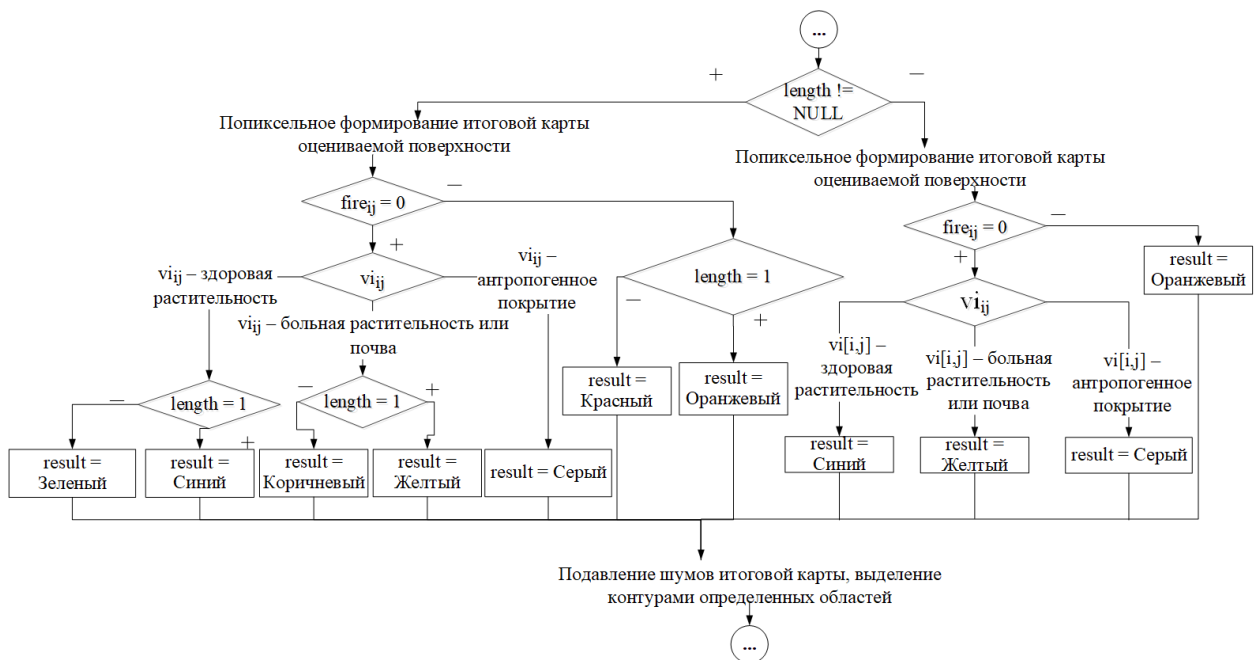


Рисунок 7 – алгоритм итоговой комплексной обработки отдельных карт

Результат работы программы дает возможность многофакторного анализа оцениваемой поверхности.

В *заключении* приводятся основные результаты исследований, проводится анализ, полученных результатов и их сравнение с существующими аналогами.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1 Жарикова, Е.П. Модели расчета и фильтрации вегетационных индексов/ Е.П. Жарикова, Я.Ю. Григорьев // сборник материалов 48-ой научно- технической конференции студентов и аспирантов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов». - 2018. - С. 162-164.

2 Жарикова, Е.П. Сравнение вегетационных индексов в задачах оценки поверхностей / Е.П. Жарикова, Я.Ю. Григорьев // сборник материалов 48-ой научно- технической конференции студентов и аспирантов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов». - 2018. - С. 165-167.

3 Жарикова, Е.П. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования/ Е.П. Жарикова, Я.Ю. Григорьев // Постулат. Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема (Биробиджан). – 2018. - № 4 (30).