



**Жарикова Е. П., Трещев И. А., Григорьев Я. Ю., Григорьева А. Л.
E. P. Zharikova, A. I. Treschev, Ya. Yu. Grigoriev, A. L. Grigorieva**

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

DETECTION OF SURFACE CONDITION

Жарикова Евгения Павловна – ассистент кафедры прикладной математики и информатики Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: evgenia131094@mail.ru.

Mrs. Evgenia P. Zharikova – Teaching Assistant, Applied Mathematics and Computer Science Department, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: evgenia131094@mail.ru.

Трещев Иван Андреевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой информационной безопасности автоматизированных систем Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: ibas@knastu.ru.

Mr. Ivan A. Treschev – PhD in technical Sciences, head of the Department of information security of automated systems, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: ibas@knastu.ru.

Григорьев Ян Юрьевич – кандидат физико-математических наук, доцент, декан факультета компьютерных технологий Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: fct@knastu.ru.

Mr. Yan Yu. Grigoriev – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Computer Technologies, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: fct@knastu.ru.

Григорьева Анна Леонидовна – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой высшей математики Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: naj198282@mail.ru.

Ms. Anna L. Grigorieva – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Head of the Department of Higher Mathematics, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: naj198282@mail.ru.

Аннотация. В статье рассматриваются методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), способы оценки лесофонда: выявление пожаров, угнетённой растительности, вырубок. Исследуется применимость вегетационных индексов (ВИ) для задач ДЗЗ с возможностью их адаптации для объектов неживой природы. Показывается зависимость оптических спектров (видимого и инфракрасного). Осуществляется выбор оптимальных индексов в зависимости от параметров сканирования и расстояния до исследуемой поверхности. Предлагаются алгоритмы реализации программы, определяющей критические области различной природы. Разрабатывается средство автоматизации анализа карты состояний исследуемой поверхности.

Summary. The paper deals with the methods of remote sensing of the earth (ERS). Discusses the methods of assessing timber resources: the identification of fires, oppression of vegetation, deforestation. The applicability of vegetation indices (VI) for remote sensing problems with the possibility of their adaptation to objects of inanimate nature is investigated. The dependence of the optical spectra (visible and infrared) is shown. The optimal indices are selected depending on the scanning parameters and the distance to the surface under study. The algorithms of realization of the program defining critical areas of different nature are offered. Developed a tool to automate the analysis of the map of the States of the sample surface.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, управление летательным аппаратом, оптический спектр, карта расстояний.

Key words: remote sensing, management imately apparatus, optical spectrum, the map of distances.

УДК 004.021:004.93'11

В статье рассматриваются методы дистанционного зондирования Земли с оценкой состояния объектов живой и неживой природы. Большой объём информации о состоянии поверхности Земли несёт в себе отражение от неё солнечного света в различных спектральных диапазонах. Одну из ведущих ролей в дистанционном зондировании играют вегетационные индексы, являющиеся функциями от значений красного (RED, 0,6...0,7 мкм) и инфракрасного (NIR, 0,7...1,0 мкм) диапазонов. Вегетационные индексы позволяют классифицировать объекты живой природы. Рассматриваемые в работе ВИ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вегетационные индексы и их свойства

Вегетационные индексы	Диапазон	Интенсивность биомассы для корректной работы ВИ	Устойчивость к атмосферным явлениям	Устойчивость к влиянию почвы
RVI	[0, ∞]	от 30 %	Высокая	Низкая
NDVI	[-1, 1]	от 30 %	Высокая	Низкая
EVI	[-1, 1]	от 15 %	Высокая	Высокая
IPVI	[0, 1]	от 30 %	Низкая	Высокая
GNDVI	[-1, 1]	от 30 %	Высокая	Низкая
PVI	[-1, 1]	от 15 %	Низкая	Высокая

Для проведения сравнения ВИ, представленных в табл. 1, проводятся вычисления каждого индекса для одинаковых областей. Результаты измерений представлены на рис. 1, 2.

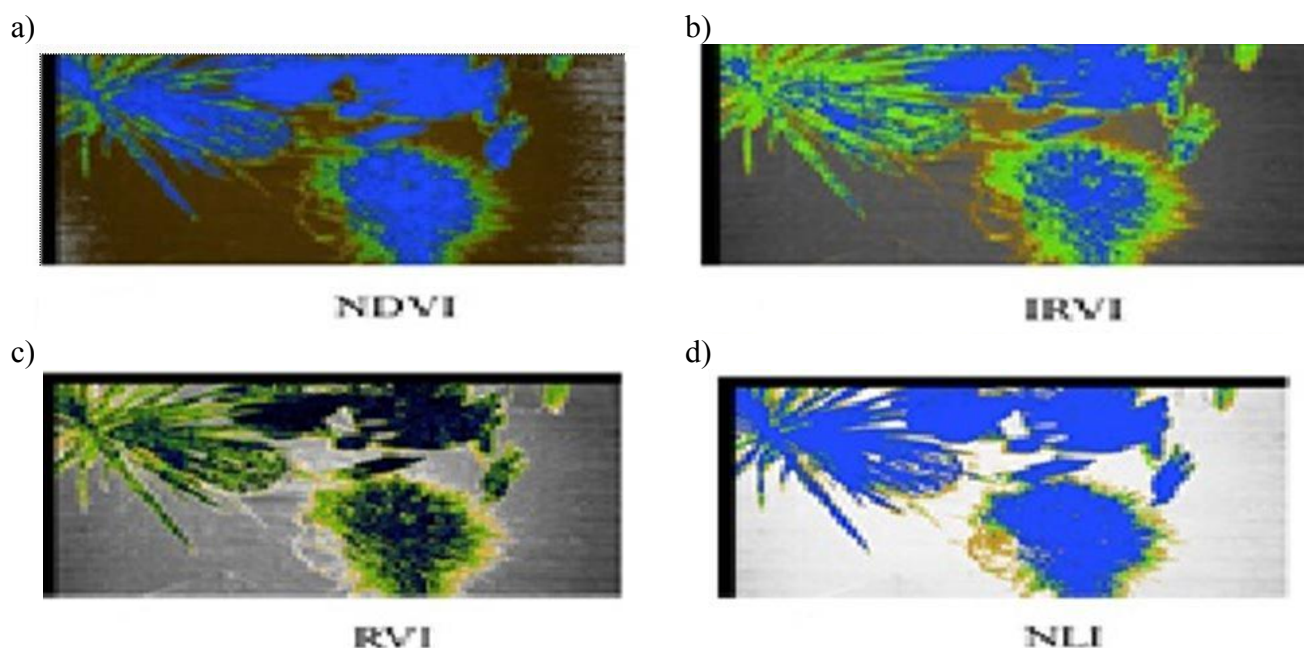


Рис. 1. Карты, построенные на основе различных вегетационных индексов (лабораторные снимки)

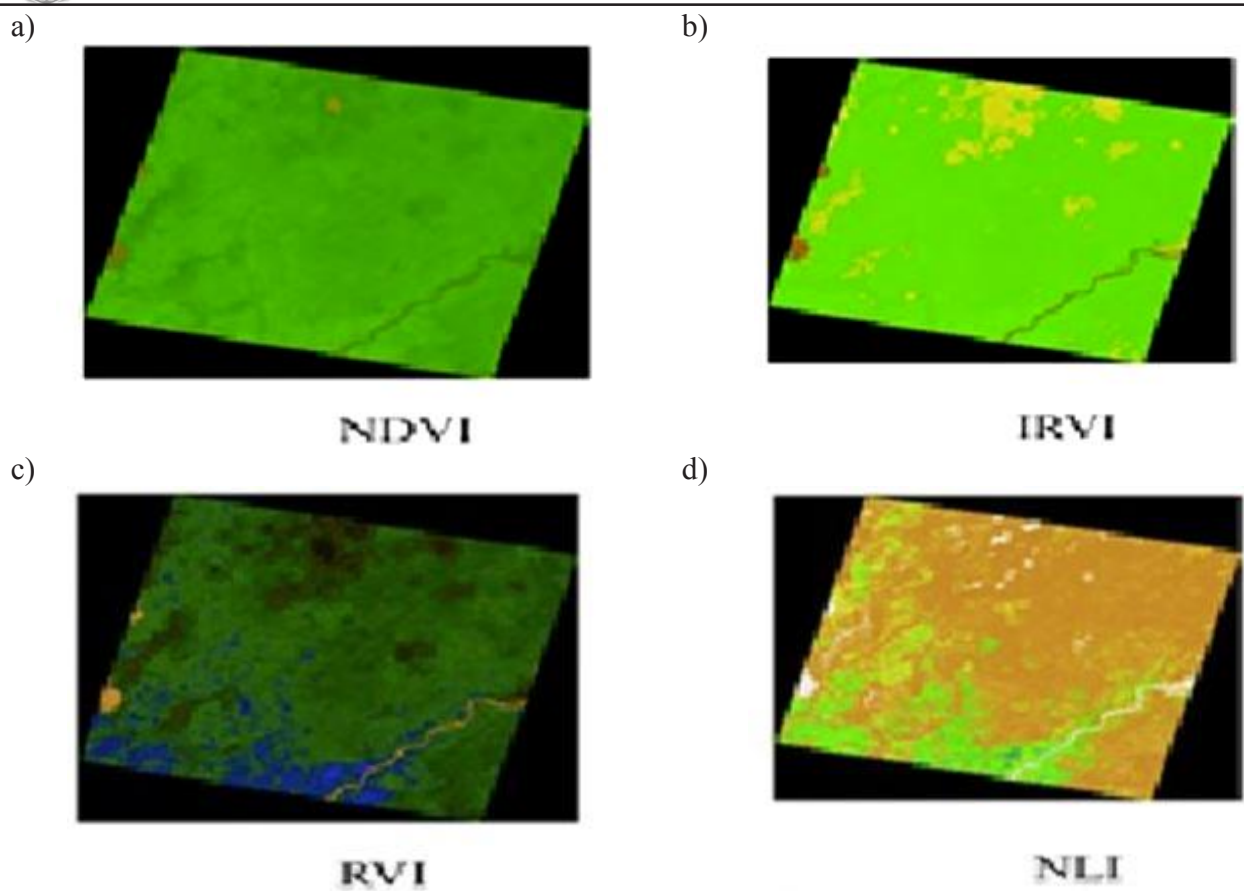


Рис. 2. Карты, построенные на основе различных вегетационных индексов (космические снимки)

Исследования показывают, что для космических снимков (расстояние более 100 км от поверхности Земли) NDVI является наиболее эффективным, что подтверждает его популярность в задачах ДЗЗ, однако при небольших расстояниях (не более 500 м) корректнее использование NLI и IRVI, что видно из рис. 2.

На основе полученных данных отражения растений в RED- и NIR-диапазонах, представленных на графиках (см. рис. 3, а, б, в), определяются зависимости, анализ которых позволяет в автоматическом режиме, путём регрессивного моделирования, выявить почвенную линию, а также линии резкого изменения состояния растительности и объектов неживой природы.

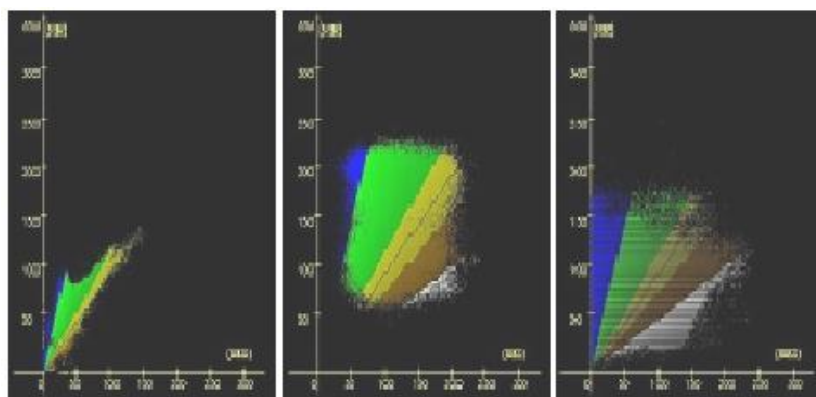


Рис. 3 – Графики зависимости отражения поверхности в RED- и NIR-диапазонах (снимок, сделанный при помощи БПЛА) (спутник, БПЛА, лабораторные условия)

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;
- жёлтым – угнетённая растительность;
- зелёным и синим – здоровая растительность.

Обработка экспериментальных данных позволяет определить почвенную линию, разграничивающую области живой и неживой природы.

К сожалению, ВИ не может дать точную характеристику биомассы (лес, поле), необходимо произвести анализ высот. В работе разрабатывается модель анализа насаждений. Согласно данной модели, строится карта глубины, определяемая двумерной матрицей A размером $M \times N$, где $\alpha_{i,j}$ – расстояние от точки наблюдения до объекта.

На рис. 4 представлен алгоритм построения матрицы, определяющей карту местности, отражающей наличие или отсутствие насаждений.



Рис. 4. Алгоритм построения матрицы, отражающей наличие и отсутствие насаждений

Помимо детектирования объектов живой природы, модель позволяет определять области горения.

Алгоритм детектирования пожара основан на определении динамических областей в потоке информации с RGB-камеры.

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

$$D_i = A_i - A_{i-1}.$$

2. Матрица D_i преобразуется в бинарную путём поэлементного сравнения с пороговым значением $0 < \text{MOTION_THRESHOLD} < 255$, которое показывает максимальное изменение яркости пикселя для статичной сцены:

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

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

3. Обрабатываются пиксели матрицы A_i в соответствии с правилом

$$\text{Arez}_i^{j,k} = \{1, A_i^{j,k,1} > \min \text{ и } A_i^{j,k,1} > A_i^{j,k,2} > A_i^{j,k,3},$$

где $\min = \frac{1}{N+M} \sum_j^N \sum_k^M (A_i^{j,k,1})$, $A_i^{j,k,R=1}$ – значение матрицы в одном из трёх цветовых каналов ($R = 1, G = 2, B = 3$), изменяется от 0 до 255.

4. Строится итоговая карта пожара по правилу

$$\text{fire}_i^{j,k} = \begin{cases} 0, & d_i^{j,k} = 0 \text{ или } \text{Arez}_i^{j,k} = 0 \\ 1, & d_i^{j,k} = 1 \text{ и } \text{Arez}_i^{j,k} = 1. \end{cases}$$

Следующим этапом является вычисление итогового состояния местности путём комбинирования рассмотренных ранее характеристик в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Комбинации характеристик

Насаждения	Здоровая биомасса (ВИ)	Большая биомасса (ВИ)	Почва (ВИ)	Антропогенный объект (ВИ)	Горение есть
Насаждения есть	Здоровый лес	Больной лес	Выгоревший/мёртвый лес	Дома	Горит лес
Насаждений нет	Здоровое поле / здоровая степь	Больное поле / больная степь	Вырубка	Дорога	Неизвестное возгорание

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

Итогом работы является универсальная модель, которая с учётом различных критериев и свойств определяет состояние поверхности. Разработанное на её основе средство автоматизации многофакторного анализа описывает карту состояний исследуемой поверхности.

Разработанная система может быть применена на беспилотных летательных аппаратах, оснащённых RGB-камерой, IR-камерой и дальномером, для мониторинга состояния лесов или сельскохозяйственных угодий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарикова, Е. П. Модели расчёта и фильтрации вегетационных индексов / Е. П. Жарикова, Я. Ю. Григорьев // Сборник материалов 48-й 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-й 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, А. Л. Григорьева // Постулат. Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема. – Биробиджан, 2018. – № 4(30).
4. Аппаратная реализация алгоритма шифрования по ГОСТ 28147-89 [Электронный ресурс] / М. Г. Котеков, И. Л. Трунов, Д. И. Серогодский [и др.] // Современные наукоёмкие технологии. – 2008. – № 3. – С. 51-52. – Режим доступа: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=23320> (дата обращения: 03.12.2018).
5. Курдюмова, Т. И. Математическая модель связи лазерного дальномера с типом лазерного излучателя / Т. И. Курдюмова, А. Л. Григорьева // Постулат. – 2018. – № 4-1(30). – С. 46.
6. Атюков, Н. В. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера / Н. В. Атюков, А. Л. Григорьева // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. В 2 ч. Ч. 1. – 2018. – С. 129–131.
7. Шишов, Р. И. Модели взаимодействия БПЛА со статическими объектами в трёхмерном пространстве / Р. И. Шишов, Я. Ю. Григорьев // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. В 2 ч. Ч. 2. – Комсомольск-на-Амуре, 2018. – С. 257–259.