

УДК 621.3.087+53.08+681.2+621.317

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

К.А. Вытовтов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: vytovtov_konstan@mail.ru

Е.А. Барабанова

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: elizavetaalex@yandex.ru

А.В. Новчадова

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: novav@ipu.ru

Т.Я. Гладких

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: golnikt@yandex.ru

Ключевые слова: мультиспектральная съемка, спектральный анализ, коэффициент спектральной яркости, геоинформационная система.

Аннотация: В данной статье представляются результаты исследований в области экологического мониторинга с использованием аппарата спектрального анализа и на основе обработки снимков мультиспектральной камеры. Разработан алгоритм идентификации объектов искусственного происхождения на фоне объектов природного происхождения.

1. Введение

Задача распознавания искусственных материалов на фоне естественных органических на сегодняшний день является актуальной. Работы в данном направлении ведутся рядом ученых и представлены в большом количестве статей, в частности некоторые результаты представлены в [1-3].

В статье [1] представлен анализ спектральных характеристик искусственного покрытия с применением спектрометра видимого диапазона. Обработка проводилась с использованием математической модели системы распознавания образов на основе

хорошо известных вегетационных индексов TCHVI (Three-Channel Vegetation Index) и NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). В качестве инструмента определения различия объектов авторами был использован критерий Неймана–Пирсона.

В статье [2] представлена структура для обнаружения замаскированных объектов с применением гиперспектральной обработки, затем применялся лидар для определения геометрии объекта.

Поскольку искусственные покрытия определяются на фоне органических материалов, то для построения математической модели используются коэффициенты спектральной яркости различной растительности [3].

Несмотря на актуальность данного направления исследования в экологии, данную задачу на сегодняшний день нельзя считать решенной.

В частности, в условиях съемки, проводимой авторами данной статьи, индексы, использованные в [1], на наш взгляд, не дали положительных результатов. Это также может быть связано с использованием искусственного покрытия из разных материалов и оттенков. Таким образом, существующие методы и модели не являются универсальными и требуют доработки с учетом конкретных условий.

2. Спектральный анализ и коэффициенты спектральной яркости

Данная работа посвящена идентификации искусственных материалов на фоне органических с использованием мультиспектральной камеры и геоинформационной системы «QGIS». Искусственное покрытие представляет собой ленты из полиэстера зеленой и коричневой расцветки. В качестве органических материалов рассматривалась растительность. На первом этапе был проведен анализ спектров отраженного света. На его основе получены выражения индексов коэффициента спектральной яркости для рассматриваемых материалов. Затем проведен натурный эксперимент и подтверждены полученные теоретические результаты.

Измерения спектров отраженного света от травы и листьев деревьев, а также от исследуемого искусственного материала были проведены с использованием спектрометра Ocean Insight SR в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах (от 350 нм до 1050 нм). Результаты измерений приведены на рис. 1 и рис. 2. Данные зависимости амплитуды отраженного сигнала от длины волны (рис. 1) позволяют найти индексы коэффициентов спектральной яркости [3].

На рис. 2 представлены коэффициенты спектральной яркости сочной листы и маскировочной сети. Из рис. 2 видно, что эти коэффициенты существенно различаются, например, при длине волны 400 нм и 750 нм, и практически равны в диапазоне от 510 нм до 610 нм. Поэтому, оптимальным было бы использование, например, формулы

$$(1) \quad IND = \frac{B_{750} - B_{600}}{B_{750} + B_{600}},$$

где B_{600} и B_{750} – коэффициенты спектральной яркости для длин волн 600 нм и 750 нм, соответственно. При этом, IND искусственного материала приблизительно равен 0,24, а IND растительности – 0,008.

Однако, наиболее распространенные и не дорогие мультиспектральные камеры не рассчитаны на эти диапазоны длин волн. Следовательно, для идентификации искусственных материалов либо потребуется дорогостоящая разработка новых мультиспектральных камер, либо использование дорогих гиперспектральных камер. Однако, наиболее целесообразным, с нашей точки зрения, является разработка новой математической модели, позволяющей идентифицировать искусственные

неорганические материалы на основе анализа снимков существующих мультиспектральных камер.

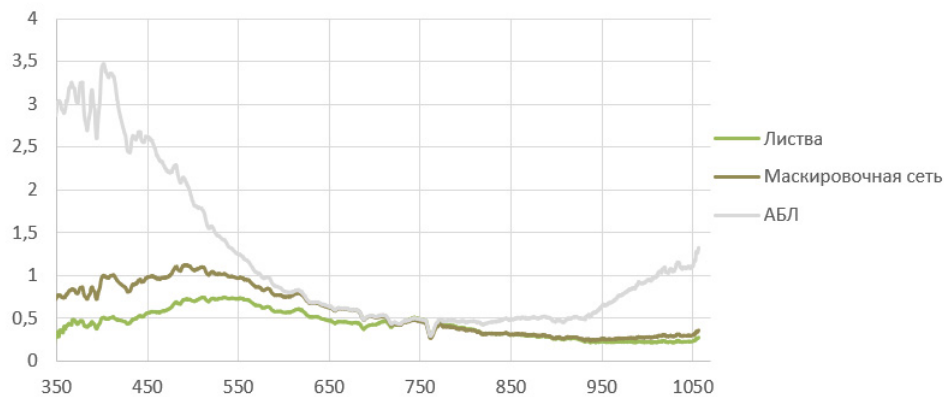


Рис.1. Спектры отражения сочной листвы и маскировочной сети.

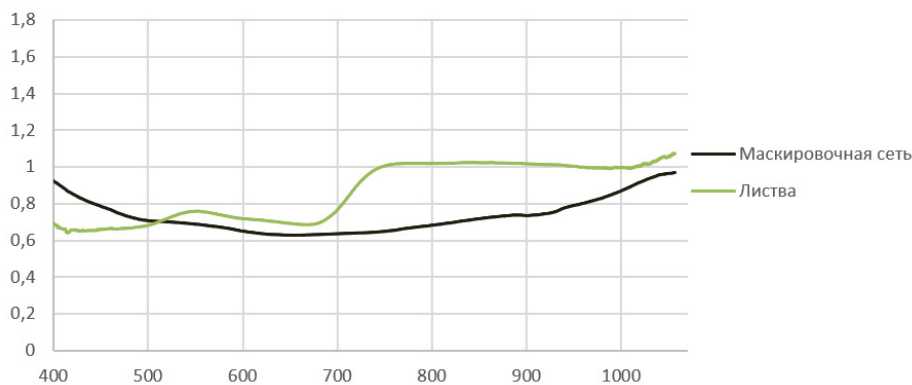


Рис.2. Коэффициенты спектральной яркости сочной листвы и маскировочной сети.

3. Экспериментальные результаты

Эксперимент проводился в дневное время в пасмурную погоду с использованием мультиспектральной камеры со следующими диапазонами длин волн: синий (*BLUE*) 475 ± 20 нм, зеленый (*GREEN*) 560 ± 20 нм, красный (*RED*) 668 нм, красный край (*REDEDEGE*) 717 ± 20 нм, инфракрасный (*NIR*) 840 ± 20 нм. Высота полета дрона с камерой – 50 м. При этом, автомобиль, покрытый синтетическим материалом из лент зеленой и коричневой расцветки, находился вблизи лесополосы. Далее обработка снимков пятиканальной камеры проводилась в геоинформационной системе «QGIS». RGB снимок, полученный обычной трехканальной камерой, представлен на рис. 3а. На снимке автомобиль, покрытый искусственным материалом под цвет растительности, плохо различим. На рис. 3б представлен результат обработки пятиканального снимка с использованием хорошо известной формулы [4]:

$$(2) \quad GNDVI = \frac{B_{NIR} - B_{GREEN}}{B_{NIR} + B_{GREEN}}$$

Из рисунка видно, что данная формула также не дает необходимого результата, поскольку индекс коэффициента спектральной яркости для органических (лиственный лес) и неорганических (искусственное покрытие) материалов приблизительно совпадает. На рис. 3в представлен результат обработки пятиканального снимка с использованием индекса *LCI* [4]:

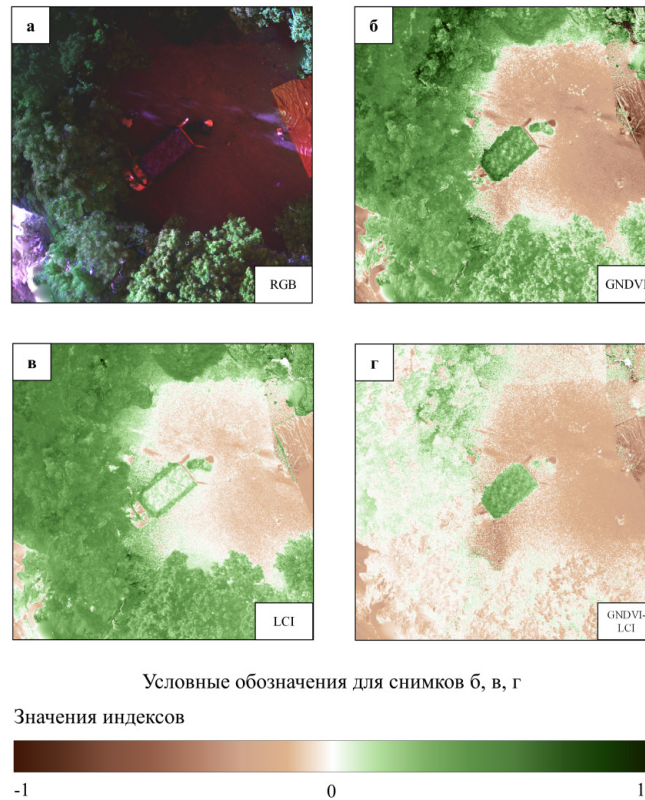


Рис. 3. Результаты обработки снимка пятиканальной камеры.

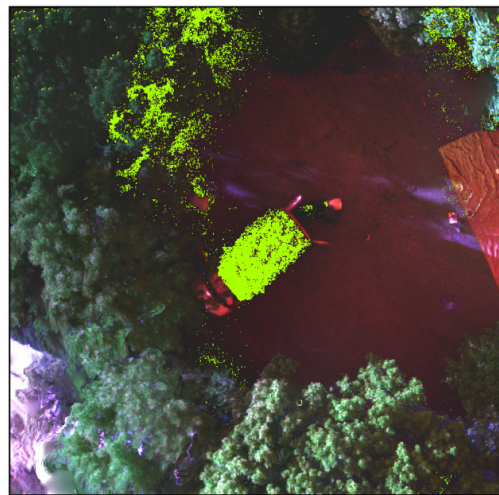


Рис. 4. Результирующее изображение.

$$(3) \quad LCI = \frac{B_{NIR} - B_{REDEDEGE}}{B_{NIR} + B_{RED}}$$

Здесь индекс коэффициента спектральной яркости неорганического материала (искусственное покрытие) существенно отличается от этого индекса для органического материала (лиственного леса), однако практически совпадает с индексом для грунта, что также не позволяет идентифицировать искусственное покрытие. Однако, очевидно,

что совместное применение (2) и (3) позволит проводить эффективную идентификацию. На рис. 3г представлен результат обработки пятиканального снимка с использованием соотношения $GNDVI-LCI$. В основе идентификации искусственного материала лежит аналитическое соотношение:

$$(4) \quad GNDVI - LCI = \frac{2(B_{NIR}+B_{BLUE})(B_{NIR}+B_{REDEDEGE})(B_{NIR}-B_{GREEN})}{(B_{NIR}+B_{BLUE})(B_{NIR}+B_{REDEDEGE})(B_{NIR}+B_{GREEN})} - \frac{(2B_{NIR}^2 - B_{BLUE}B_{REDEDEGE})(B_{NIR}+B_{GREEN})}{(B_{NIR}+B_{BLUE})(B_{NIR}+B_{REDEDEGE})(B_{NIR}+B_{GREEN})}.$$

На изображении отчетливо идентифицируется исследуемое покрытие. При этом, индекс коэффициента спектральной яркости для покрытия лежит в пределах от 0.2 до 0.4, для растительности – в пределах от –0.1 до 0.1, для грунта – от –0.3 до –0.1. Более полные значения индекса для различных объектов можно определить по шкале на рис. 3.

4. Заключение

В данной статье представляются результаты исследований в области экологического мониторинга с использованием технических средств спектрального анализа и программного обеспечения для обработки снимков мультиспектральной камеры. Прежде всего, проведен анализ спектров отражения для различных искусственных и естественных материалов. На его основе впервые получено простое аналитическое выражение (1) для идентификации искусственного покрытия под цвет растительности. Однако, сделан вывод о высокой затратности ее использования в связи с необходимостью разработки и производства новых мультиспектральных камер и предложен новый алгоритм идентификации объектов искусственного происхождения на фоне объектов природного происхождения с использованием уже существующих мультиспектральных камер на основе соотношения (4). Корректность результатов лабораторных исследований и теоретического анализа подтверждены натурным экспериментом.

Список литературы

1. Кузнецов А.Ю., Сергеев С.С. Анализ спектральных характеристик маскировочного покрытия с применением видеоспектрометра // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. №. 2. С. 258-264.
2. Yadav D. et al. Detection and Identification of Camouflaged Targets using Hyperspectral and LiDAR data // Defence Science Journal. 2018. Vol. 68, No. 6. P. 540-546.
3. Кучко А.С. Аэрофотография и специальные фотографические исследования. М.: Недра, 1988. 236 с.
4. Veneros J, Arora M.K., Tiwari K.C., Ghosh J.K. Comparing Six Vegetation Indexes between Aquatic Ecosystems Using a Multispectral Camera and a Parrot Disco-Pro Ag Drone, the ArcGIS, and the Family Error Rate: A Case Study of the Peruvian Jalca // Water. 2023. Vol. 15, No. 17. P. 3103.