

УДК 528.88

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ НА ОСНОВЕ RGB-СНИМКОВ

Д.Е. Федоров, к.т.н., доцент (ФГБОУ ВО КузГАУ им. В.Н. Полецкова)
 Н.А. Стенина, к.т.н., доцент, декан (ФГБОУ ВО КузГАУ им. В.Н.
 Полецкова)
 г. Кемерово

В последние годы значительно возрос интерес к прикладному использованию цифровых технологий в сельском хозяйстве. И одной из таких технологий являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Сферы применения БПЛА в сельском хозяйстве весьма разнообразны: создание ортофотоплана, дифференцированное внесение средств защиты растений, отпугивание диких животных, мониторинг сельскохозяйственных объектов и т.д.

Аэрофотосъемка является одной из наиболее распространенных операций, выполняемых БПЛА. С помощью беспилотника, оснащенного мультиспектральной камерой, можно создавать вегетационные карты индекса, например NDVI для количественной оценки качества растительности и ее плотности:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где *NIR* – яркость пикселя в ближнем инфракрасном свете; *RED* – яркость пикселя в красном свете.

Однако мультиспектральные камеры являются достаточно дорогостоящим оборудованием. Зачастую стоимость таких камер превышает стоимость самого беспилотника. Альтернативой могут являться вегетационные индексы, получаемые с помощью обычных RGB-камер. В таблице 1 приведены примеры таких индексов и формулы их расчета.

Таблица 1 – Вегетационные индексы на основе RGB-снимков [1, 2, 3]

Наименование индекса	Формула расчета
VARI	$\frac{GREEN - RED}{GREEN + RED - BLUE}$
GLI	$\frac{2 \cdot GREEN - RED - BLUE}{2 \cdot GREEN + RED + BLUE}$
NGRD (VIgreen)	$\frac{GREEN - RED}{GREEN + RED}$

где *RED*, *GREEN* и *BLUE* – яркость пиксела соответственно в красном, зеленом и синем свете.

Индекс VARI используется для оценки доли растительности с минимальной чувствительностью к атмосферным эффектам, для чего в уравнение было добавлено значение яркости в синем свете. С его помощью можно провести оценку доли растительности с ошибкой менее 10% [4]. Индекс VARI можно использовать и для определения индекса пожароопасности. Кроме того, оно чувствительно к изменению содержания хлорофилла в листьях. [3]

Еще одним вегетационным индексом является GLI, который может использоваться для идентификации почвенного покрова и определения зеленой растительности, почвы, воды или снежного покрова. В одной из работ [5] приводятся данные о том, как, наблюдая динамику этого индекса в течение 10–30 дней, можно выявить фенологические изменения и деградацию тропических лесов.

Индекс VIgreen был изначально создан для анализа воздействия пшеницы на состояния пастбищ. Если значение отрицательное, то участок представляет собой почву или что-то неживое, а если значение положительное, то это растительная масса. В некоторых работах приводятся исследования возможности применения данного индекса для определения хлорофилла в листьях риса [6], а также для выявления болезни увядания сосны [7].

Таким образом, литературный анализ показывает, что даже на основании снимков с обычных RGB-камер можно получить вегетационные индексы, дающие много полезной информации. Поэтому целью настоящей работы являлась разработка программы для построения карт вегетационных индексов на основании снимков с RGB-камер.

Разработка программы велась на языке Python 3.11 в среде PyCharm версия 2023.2.1. Тестирование программы осуществлялось по изображениям спутниковых снимков. Внешний вид приложения и общий алгоритм работы программы представлены на рис. 1.

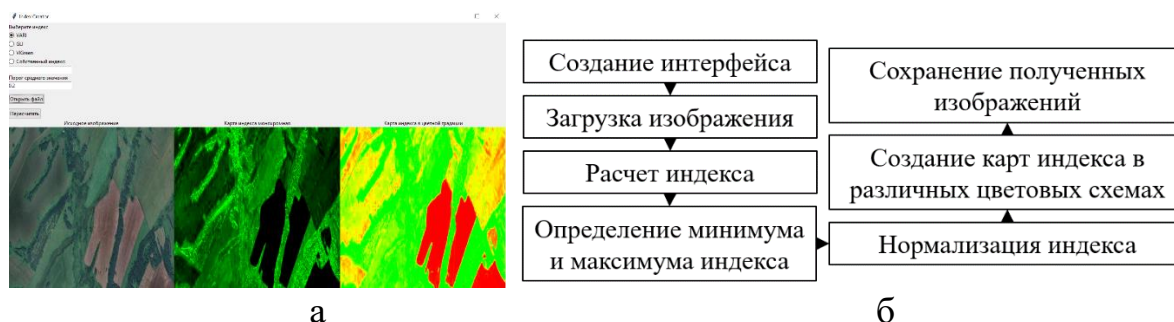


Рисунок 1 – Внешний вид (а) и алгоритм (б) разработанной программы

В программе имеется возможность выбрать один из трех рассмотренных выше индексов, либо ввести формулу расчета вручную. Исходное изображение разбивается на 3 канала – R, G и B (красный, зеленый, синий). После этого происходит расчет индекса по формуле для каждого пикселя изображения, определяется минимум и максимум индекса и строится исходная карта индекса.

Далее осуществляется расчет нормализованного индекса I_n по следующей формуле:

$$I_n = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}, \quad (2)$$

где I – значение индекса в текущей точке; I_{min} и I_{max} – соответственно минимальное и максимальное значение индекса по всему изображению.

При расчете нормализованного индекса происходит построение соответствующей карты в цветовой схеме красный-желтый-зеленый. При этом в настройках программы можно менять среднее значение нормализованного индекса, которое будет соответствовать желтому цвету. Заключительным этапом является автоматическое сохранение обеих карт индекса в виде файла изображения.

На рис. 2 приведен пример построения карт различных индексов в разработанной программе.

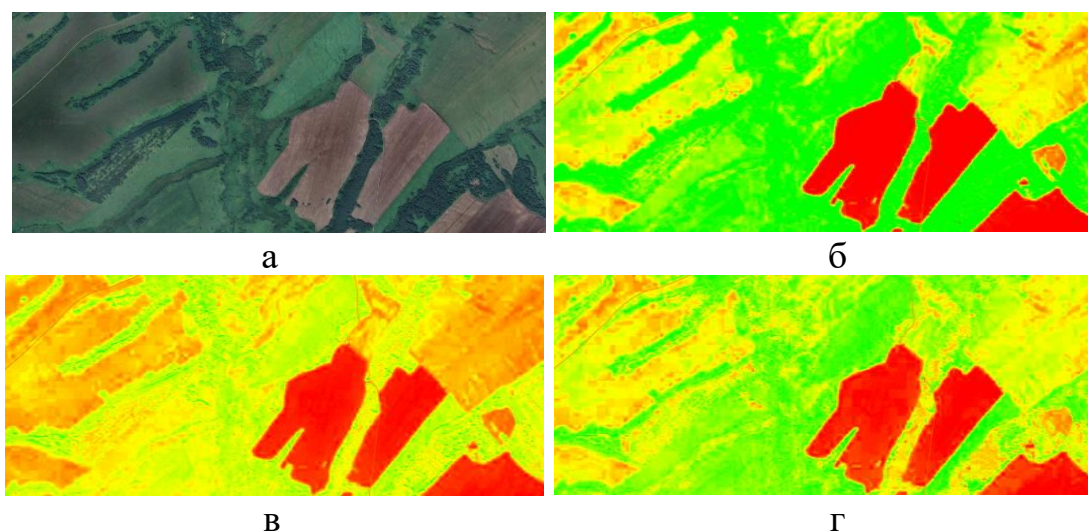


Рисунок 2 – Пример построения карт индекса в разработанной программе:
 а – исходное изображение; б – карта индекса VARI, в – карта индекса VIgreen, г – карта индекса GLI

Таким образом, была разработана программа для построения карт индексов на основе RGB-снимков, полученных спутниками из космоса или с помощью БПЛА. Программа позволяет строить карты как известных индексов, так и составлять свои на основании введенной пользователем

формулы. Получаемые на основе программы карты индекса могут использоваться для оценки качества растительной фракции, ее густоты, определения проблемных зон, выявления заболеваний деревьев и растений, а также засушливых областей лесов с высоким уровнем пожароопасности.

Список литературы:

1. Chen P. Evaluation of Cotton Defoliation Rate and Establishment of Spray Prescription Map Using Remote Sensing Imagery / P. Chen, W. Xu, Y. Zhan, W. Yang, J. Wang, Y. Lan // Remote Sens. – 2022. – Vol. 14 (4206). <https://doi.org/10.3390/rs14174206>.
2. Ricardo A. Monitoring of Corn Growth Stages by UAV Platform Sensors / A. Ricardo, H. Marcos, J. Walter, D. Persio, O. Jackson // International Journal of Advanced Engineering Research and Science. – 2019. - № 6. – pp. 54-58. <https://doi.org/10.22161/ijaers.69.5>.
3. Eng L.S. The Use of VARI, GLI, and VIgreen Formulas in Detecting Vegetation In aerial Images / L.S. Eng, R. Ismail, W. Hashim, A. Baharum // International Journal of Technology. – 2019. - Volume 10(7). - pp. 1385-1394. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i7.3275>.
4. Mokarram M. Relationship between Land Cover and Vegetation Indices / M. Mokarram, A.D. Boloorani, M. Hojati // Case Study: Eghlid Plain, Fars Province, Iran. European Journal of Geography. – 2016. – Vol. 7(2). - pp. 48–60.
5. Muraoka H. Spectral Vegetation Indices as the Indicator of Canopy Photosynthetic Productivity in a Deciduous Broadleaf Forest / H. Muraoka, H.M. Noda, S. Nagai, T. Motohka, T.M. Saitoh, K.N. Nasahara, N. Saigusa // Journal of Plant Ecology. – 2013. – Vol. 6(5). - pp. 393–407.
6. Yuliantika G. Analisis Penggunaan Saluran Visible untuk Estimasi Kandungan Klorofil Daun Pade dengan Citra Hymap. (Studi Kasus: Kabupaten Karawang, Jawa Barat) / G. Yuliantika, A. Suprayogi, A. Sukmono // Jurnal Geodesi Undip. – 2016. – Vol. 5(2). - pp. 200–207.
7. Kim S.R. Hyperspectral Analysis of Pine Wilt Disease to Determine an Optimal Detection Index / S.R. Kim, W.K. Lee, C.H. Lim, M. Kim, M.C. Kafatos, S.H. Lee, S.S. Lee // Forests. – 2018. – Vol. 9(3). - pp. 1–12.

Информация об авторах

Федоров Дмитрий Евгеньевич, к.т.н., доцент кафедры агроинженерии, КузГАУ, 650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, fedorov_de@inbox.ru

Стенина Наталья Александровна, к.т.н., доцент, декан Инженерного факультета, КузГАУ, 650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, engineer@ksai.ru