

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ СРЕДЫ QUANTUM GIS ДЛЯ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ АНТОЦИАНОВ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ

DEVELOPMENT AND TESTING OF THE QUANTUM GIS ENVIRONMENT MODULE FOR ASSESSING THE CONTENT OF ANTHOCYANINS IN VEGETATION

**Yu. Tsarev
A. Fedin
S. Lodygi**

Summary. The article discusses the development and testing of a plugin for the Quantum GIS software environment. The relevance of monitoring environmental quality using Earth remote sensing data is shown. The module implemented in the QGIS environment allows assessing the state of vegetation based on the VARI vegetative index. The software module was tested using the example of Landsat-8 satellite images of the Pochinkovsky Forest Nature Reserve in the Vologda Region for 2022.

Keywords: Quantum GIS, python, vegetation indices, anthocyanins, monitoring.

Царев Юрий Валерьевич

канд. техн. наук, доцент, Ярославский государственный
технический университет
tsarevyv@ystu.ru

Федин Александр Дмитриевич

Ярославский государственный
технический университет
fedinad.21@edu.ystu.ru

Лодыги Сергей Евгеньевич

Ярославский государственный
технический университет
lodiginse.18@edu.ystu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки и тестирования плагина для программной среды Quantum GIS. Показана актуальность мониторинга качества окружающей среды с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Реализованный в среде QGIS модуль позволяет оценить состояние растительности на основе вегетативного индекса VARI. Выполнено тестирование программного модуля на примере космических снимков спутника Landsat-8 заповедника «Починковский лес» Вологодской области за 2022 год.

Ключевые слова: Quantum GIS, python, вегетационные индексы, антоцианы, мониторинг.

Введение

Спутниковое зондирование обширно применяют, когда нужно проанализировать труднодоступные, подвижные или опасные объекты, а также обширные по площади участки нашей планеты. Дистанционное зондирование приходит на смену сравнительно медленным и дорогостоящим методам сбора информации с поверхности земли, происходящим при непосредственном контакте с объектом исследования. Как пример, неопределенности в сельскохозяйственной деятельности, вызванные нехваткой воды, можно было бы исключить, рассматривая прогнозирование и изучая пространственно-временные характеристики условий водного стресса в региональном масштабе с помощью дистанционного зондирования. Такой подход реализован авторами статьи [1]. В работе представлены теоретические аспекты пространственно-временной оценки индексов растительности, связанных с влажностью почвы, на основе данных дистанционного зондирования и метеорологических данных. В работе [2] обсуждается эксперимент, проведенный с использованием изображений данных видимого диапазона, полученные с ис-

пользованием аэрофотосъемки. Авторы сравнивают расчётные формулы для видимого индекса атмосферной устойчивости (VARI), индекса зеленого листа (GLI) и видимого индексы атмосферной устойчивости зеленого цвета (VIgreen). Группа исследователей изучила динамику вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для идентификации и картографирования наземной растительности по спутниковым данным Landsat на территории государственного природного заповедника «Нургуш». Особенности подхода была оценка значений спектральных индексов отдельно для сосновых, лиственных лесов и луговых фитоценозов. Выбор данных природных объектов основан на их различной чувствительности к воздействию природных и антропогенных факторов среды. Получена и проанализирована сезонная и многолетняя динамика NDVI разных видов растительности на исследуемой территории в период с 1988 по 2016 г. Выявлено влияние загрязнения от крупного промышленного комплекса на значения индекса NDVI для сосновых лесов. Установлено, что сосновые леса, расположенные на территории промышленной агломерации центра Кировской области, имеют более низкие значения индекса по сравнению с анало-

гичными лесными массивами, расположенными на территории государственного природного заповедника «Нургуш». Наблюдается тенденция к снижению значений вегетационного индекса на территории вблизи крупных промышленных предприятий. [3].

Таким образом, можно заключить, что использование вегетативных индексов, рассчитанных по данным Дистанционного зондирования Земли, для оценки качества растительного покрова земли является эффективным инструментом.

Методология

Для разработки модуля расчета индекса VARI был использован язык программирования Python.

В плагине реализованы функции:

- загрузка изображений (Красный, зелёный и синий спектры для расчета вегетационного индекса VARI)
- выбор вегетационного индекса (VARI).
- выбор пути сохранения результата.
- расчёт вегетационного индекса

Был разработан общий алгоритм расчета индекса VARI, который выглядит следующим образом. Сначала нужно импортировать необходимую для расчета функциональность из встроенных библиотек. С помощью конструкции from module import class необходимо импортировать следующие классы: QgsRasterCalculator

и QgsRasterCalculatorEntry из модуля qgis.analysis. QgsRasterCalculatorEntry создает объекты переменных для калькулятора растров. Для создания объекта необходимо указать растровый слой, номер используемого канала, а также название переменной, которая будет использоваться при расчете в калькуляторе растров. QgsRasterCalculator реализует функциональность картографической алгебры. Для создания объекта класса нужно указать следующие параметры: формула расчета в строковом формате, выходной путь, формат выходного файла и список входных объектов класса QgsRasterCalculatorEntry. Далее создаются объекты QgsRasterCalculatorEntry. У объектов данного класса настраиваются следующие свойства: ref — название переменной, которое будет использоваться в калькуляторе растров и содержать ссылку на исходный растр, raster — растровый слой, bandNumber — номер канала, используемый в расчете. Последним создается экземпляр класса QgsRasterCalculator. После объявления всех нужных переменных и объектов классов, следует выполнить метод processCalculation объекта класса QgsRasterCalculator для выполнения расчета вегетационного индекса. Алгоритм расчета вегетационного индекса и реализация вычисления индекса VARI на языке программирования Python представлены на рисунке 1.

Для тестирования модуля расчета индекса VARI были взяты спутниковые снимки Landsat-8 заповедника «Починковский лес» Вологодской области за 2022 год (рисунки 2). Заповедник Починковский лес — это эталон охотничьей природы, включающий в себя множество

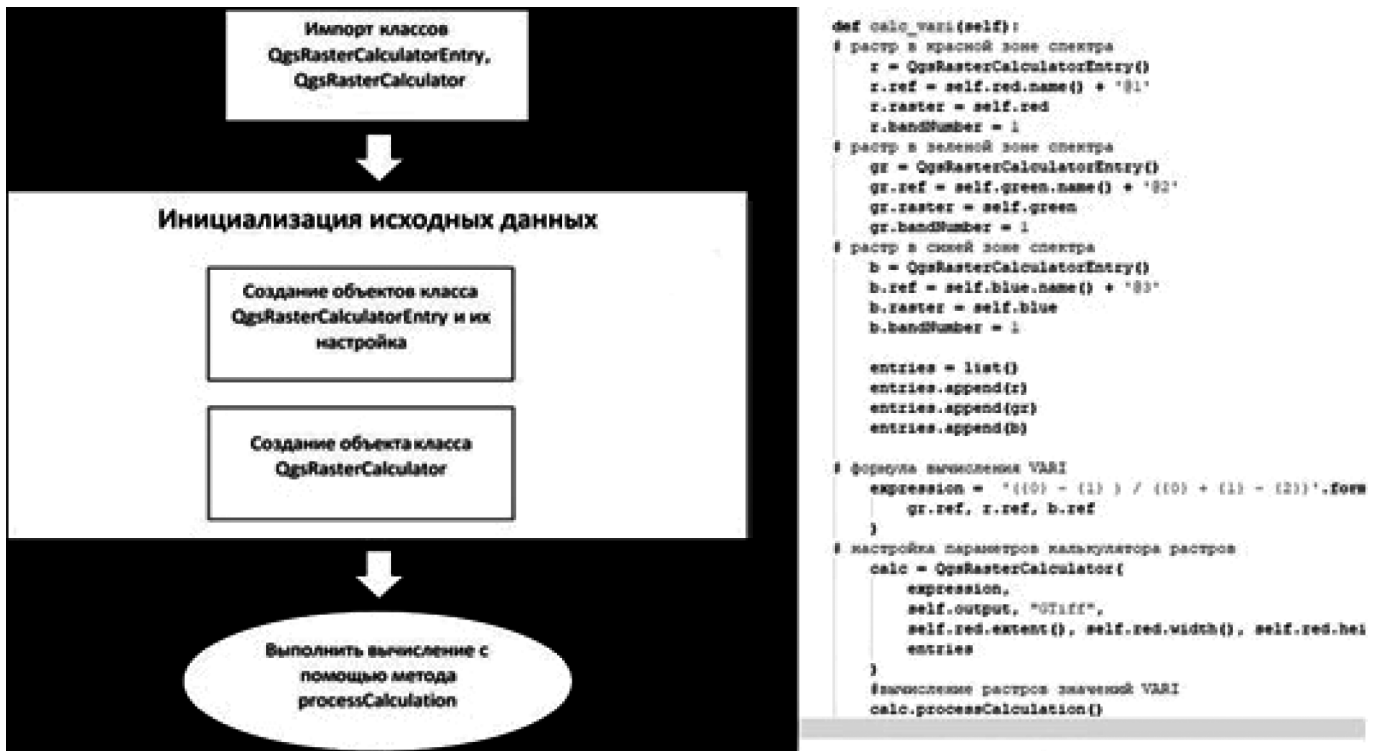


Рис. 1. Алгоритм расчета вегетационных индексов и реализация вычисления индекса VARI на языке Python

редких и уникальных видов деревьев, комплексов ассоциации южнотаежных видов. Генетическая резервация для восстановления популяций редких животных и растений. Регулирует гидрологический режим на большой территории Вологодской области. Обладает общеэкологическим, ресурсоохраняемым и научным значением.



Рис. 2. Границы исследуемого заповедника «Починковский лес» Вологодской области

Космические снимки были взяты из базы данных EROS (USGS Earth Resources Observation & Science (EROS)) для спутника Landsat-8 [4, 5]. Инструмент спутника OLI — это датчик со сканирующим четырехзеркальным телескопом и 12-битным квантованием. OLI собирает данные для видимого, ближнего инфракрасного и коротковолнового инфракрасного спектральных диапазонов, а также для панхроматического диапазона. Для расчета индекса VARI использовались диапазоны:

- Band 2 — Blue (голубой) 452–512 нм, разрешение 30 м;
- Band 3 — Green (зеленый) 533–590 нм, разрешение 30 м;
- Band 4 — Red (красный) 636–673 нм, разрешение 30 м.

Видимый Атмосфероустойчивый Вегетационный Индекс (VARI — Visible atmospherically resistant index) оценивает образование пигментов, характерных для растений в состоянии стресса. К ним относятся антоцианы, которые наблюдаются в значительной степени у угнетенной растительности. Данный индекс может показать наличие стрессового состояния у растений до того как оно будет выявлено. Для расчета индекса использовали формулу: $VARI = (f2 - f1) / (f2 + f1 - f3)$, где $f1$ и $f2$ — это коэффициенты спектральной яркости растительности в видимом зеленом (Band 3) и видимом красном (Band 4); $f3$ — это коэффициент спектральной яркости раститель-

ности в видимом синем (Band 2). Расчет концентрации антоцианов (mg/m^2) проводился по формуле: $C_{antc} = -0,2352 * \ln(VARI) + 0,8027$, приведенной в работе авторов [6].



Рис. 3. Цифровая карта индекса VARI в зоне заповедника «Починковский лес» за 08 августа 2022

Результаты и обсуждение

Цифровые карты VARI видимого атмосфероустойчивого вегетационного индекса представлены на рисунке 3 и 4. Данная цифровая карта получена на основе обработки каналов Band 4, Band 3 и Band 2 снимков спутника Landsat 8 от 08.06.2022 и 18.08.2022.



Рис. 4. Цифровая карта индекса VARI в зоне заповедника «Починковский лес» за 18.08.2022

Максимальные значения индекса VARI 0,11–0,26 в июне, а минимальные значения индекса VARI 0,06–0,13 в августе. Рассчитанные величины индекса свидетельствуют о низких концентрациях антоцианов в растительности (от 0 до 100 мг/м²), которая в данной зоне представлена преимущественно лиственными деревьями, кустарником, и травой, что свидетельствует об отсутствии негативного воздействия, приводящего к стрессовому состоянию.

Выводы

Был создан интерфейс и на языке программирования python реализована кодовая часть плагина оценки

вегетативного индекса VARI для программной среды Quantum GIS. После создания модуля расчета индекса VARI в среде Quantum GIS было осуществлено тестирование его работоспособности и выполнена оценка полученных результатов. Для тестирования модуля использовались космические снимки Landsat-8 от 8 июня 2022 по 18 августа 2022 года для территории заповедника «Починковский лес» Вологодской области. Данные цифровых карт индекса VARI для летних месяцев 2022 года выявили низкое содержание антоцианов в растительности. Значения видимого атмосферостойчивого вегетационного индекса находятся в интервале 0,0–0,2, что соответствует содержанию антоцианов (0–100 мг/м²) в растительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. García Galiano S.G. Assessment of vegetation indexes from remote sensing: theoretical basis. In : Erena M. (coord.), López-Francos A. (coord.), Montesinos S. (coord.), Berthoumieu J.-P. (coord.). The use of remote sensing and geographic information systems for irrigation management in Southwest Europe. Zaragoza : CIHEAM / IMIDA / SUDOE Interreg IVB (EU-ERDF), 2012. p. 65–75.
2. Eng, L.S., Ismail, R., Hashim, W., Baharum, A., 2019. The Use of VARI, GVI, and VIgreen Formulas in Detecting Vegetation In Aero Images. International Journal of Technology . Volume 10(7), pp. 1385–1394.
3. Адамович, Т.А. Анализ сезонной и многолетней динамики вегетационного индекса NDVI на территории государственного природного заповедника «Нургуш» / Т.А. Адамович, Г.Я. Кантор, Т.Я. Ашихмина, В.П. Савиных — Теоретическая и прикладная экология, Вып. № 1, 2018 — С. 18–24.
4. Earth Explorer. [Электронный ресурс]: Сервис доступа к спутниковым снимкам. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov>. (Дата обращения 05.11.2024)
5. Earth Explorer. [Электронный ресурс]: URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/> (Дата обращения 05.11.2024)
6. Vina, A., Gitelson, A.A. Sensitivity to Foliar Anthocyanin Content of Vegetation Indices Using Green Reflectance// IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. Vol. 8. № 3, 2011 — pp. 463–467.

© Царев Юрий Валерьевич (tsarevyv@ystu.ru); Федин Александр Дмитриевич (fedinad.21@edu.ystu.ru);

Лодыги Сергей Евгеньевич (lodiginse.18@edu.ystu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»