

**Автоматизация анализа вегетационных индексов (NDVI)
в курсе географических дисциплин как средство формирования
исследовательских компетенций
(на примере мониторинга засухливости в ЕАО)**

Кокухина Софья Александровна

Приамурский государственный университет им.Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

В статье рассматривается методика интеграции технологий автоматизированного анализа спутниковых данных в процесс подготовки специалистов естественнонаучного и педагогического профилей. Основной акцент сделан на использовании данных спектрорадиометра MODIS и облачной среды Google Colab для расчета нормализованного относительного вегетационного индекса (NDVI).

Ключевые слова: педагогическое образование, исследовательские компетенции, автоматизация обработки данных, вегетационный индекс, NDVI, MODIS, дистанционное зондирование Земли, Еврейская автономная область, Google Colab.

Automation of vegetation index analysis (NDVI) in the course of geographical disciplines as a means of forming research competencies (using the example of aridity monitoring in the JAR)

Kokukhina Sofya Aleksandrovna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The article discusses the methodology for integrating automated satellite data analysis technologies into the process of training specialists in natural sciences and teaching. The main focus is on using data from the MODIS spectroradiometer and the Google Colab cloud environment to calculate the normalized relative vegetation Index (NDVI).

Keywords: pedagogical education, research competencies, automation of data processing, vegetation index, NDVI, MODIS, remote sensing of the Earth, Jewish Autonomous Region, Google Colab.

1. Введение

1.1 Актуальность

В условиях стремительной цифровизации всех сфер экономики и внедрения концепции управления на основе данных, требования к уровню

подготовки выпускников высших учебных заведений непрерывно возрастают. Для специалистов в области географии, экологии и педагогического образования критически важным становится не только владение фундаментальными теоретическими знаниями, но и умение применять современные информационные технологии для решения прикладных задач. Традиционные методы работы с картографическим материалом закономерно уступают место технологиям дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и алгоритмам автоматизированной обработки пространственных данных.

Еврейская автономная область (ЕАО) представляет собой регион с развитым агропромышленным комплексом, где климатические риски, в частности засушливые периоды, оказывают существенное влияние на экономическую и экологическую стабильность. В связи с этим мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий и лесного фонда является актуальной региональной задачей. Внедрение подобных реальных задач в учебный процесс позволяет реализовать проблемно-ориентированный подход в обучении. Однако классический ручной анализ спутниковых снимков требует значительных временных затрат и узкоспециализированного программного обеспечения, что часто делает его применение неэффективным в рамках стандартного академического часа.

1.2 Обзор исследований

К. А. Курганович и В. П. Макаров описали опыт использования данных дистанционного зондирования для изучения влияния пожаров на динамику растительности Цасучейского бора в 2000-2013 гг. Проведен анализ временных рядов среднегодовых значений вегетационных индексов NDVI для пробных площадей в растительных сообществах с разной степенью нарушенности пожарами [1]. О. С. Токарева и Ю. М. Полещук рассмотрели вопросы использования вегетационных индексов, определяемых на основе данных дистанционного зондирования земли из космоса [2]. В. В. Братков проанализировал возможность применения спектральных (вегетационных) индексов для картирования ландшафтов Большого Кавказа, повышающих точность выделения контуров природно-территориальных комплексов (ПТК). Методы [3]. Статья М.В., Кустова посвящена проблеме пространственно-временного анализа состояния растительности по многозональным космическим снимкам Landsat-8. Проведено изучение состояния растительного покрова в пределах городского округа Саранск по результатам вычисления вегетационных индексов [4]. Е. О. Макаров рассмотрел понятие вегетационного индекса, классификация вегетационных индексов их области применения, описываются методики расчета [5].

1.3 Цель исследования

Цель исследования – разработка и теоретическое обоснование образовательной методики, направленной на обучение студентов автоматизированному анализу вегетационных индексов. Основная идея заключается в том, что перенос вычислительной нагрузки на облачные

платформы и использование скриптов автоматизации позволяет освободить когнитивные ресурсы обучающихся от механической работы, направляя их на глубокую аналитическую деятельность, прогнозирование и интерпретацию экологических процессов.

2 Материалы и методы

Для реализации компетентного подхода в рамках моделирования геоинформационных процессов предложено использовать открытые данные дистанционного зондирования Земли. В качестве основного источника информации в учебном процессе выступают данные спектрорадиометра MODIS, установленного на спутниках Terra и Aqua. Данные аппараты обеспечивают регулярное глобальное покрытие поверхности Земли, что делает их оптимальным инструментом для мониторинга климатической динамики в образовательных целях.

Вместо использования сырых спутниковых снимков, требующих сложной радиометрической коррекции, методика опирается на готовый информационный продукт MOD13Q1. Этот продукт предоставляет композитные значения вегетационных индексов, обновляемые каждые 16 дней, что идеально подходит для отслеживания сезонных изменений. Ключевым показателем в проектируемом лабораторном практикуме выступает нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI). Этот показатель математически описывает состояние растительного покрова, фиксируя разницу в отражении растениями красного и ближнего инфракрасного излучения. Использование NDVI позволяет студентам с высокой точностью определять зоны угнетения растительности в периоды температурного стресса и дефицита влаги.

Технологической базой для проведения учебных исследований выбрана облачная интерактивная среда Google Colab. Данный выбор обусловлен отсутствием необходимости развертывания тяжелых геоинформационных систем (ГИС) на персональных компьютерах студентов или в компьютерных классах учреждения. Использование языка программирования Python открывает доступ к каталогу Google Earth Engine (GEE), обеспечивая быструю обработку массивов пространственных данных за счет удаленных облачных мощностей.

3 Практическая реализация

На этапе практической реализации разработанной методики студентам предлагается выполнить лабораторную работу в интерактивной облачной среде Google Colab. Первым шагом является инициализация рабочего пространства и подключение необходимых библиотек, в частности, ее для доступа к программному интерфейсу Google Earth Engine и geemap для интерактивной визуализации пространственных геоданных (Рис.1).

```
import ee
import geemap

ee.Authenticate(auth_mode='colab')
ee.Initialize()

Map = geemap.Map()

eao = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL/2015/level1") \
    .filter(ee.Filter.eq('ADM1_NAME', 'Yevrey'))
```

Рисунок 1 – Импорт библиотек и авторизация в сервисе

Обучающиеся проходят процесс аутентификации в облачном сервисе через встроенные механизмы среды (`auth_mode='colab'`), что формирует у них базовые навыки защищенной работы с API и облачными платформами (Рис.2).

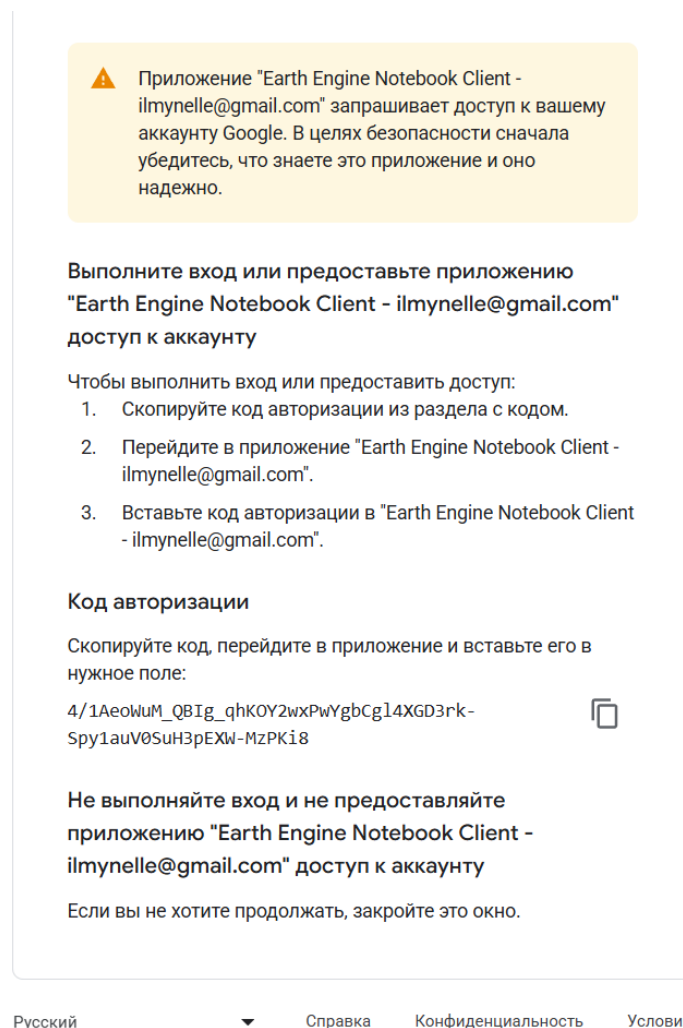


Рисунок 2 – Успешная авторизация и получение ключа

Далее алгоритм требует пространственной локализации исследования. Для исключения из анализа избыточных данных соседних регионов

(Хабаровского края и КНР), студенты задают точные полигональные границы Еврейской автономной области, используя международные базы пространственных данных. Скрипт автоматически фокусирует рабочую область карты на выбранном регионе (Рис.3).

```
eaο = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL/2015/level1") \
    .filter(ee.Filter.eq('ADM1_NAME', 'Yevrey'))

# если вдруг коллекция пуста, попробуем альтернативный фильтр (для надеж
if eaο.size().getInfo() == 0:
    eaο = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL/2015/level1") \
        .filter(ee.Filter.stringContains('ADM1_NAME', 'Yevrey'))

# фокусируем карту на контурах области
Map.centerObject(eaο, 7)

# обращаемся к каталогу MODIS за готовым индексом NDVI (продукт MOD13Q1)
modis_ndvi = ee.ImageCollection('MODIS/061/MOD13Q1') \
    .select('NDVI')

# выбираем нормальный год (июль 2020) и обрезаем по форме ЕАО
normal_year = modis_ndvi.filterDate('2020-07-01', '2020-07-31') \
    .mean() \
    .clip(eaο)

# выбираем засушливый год (июль 2021) и обрезаем по форме ЕАО
drought_year = modis_ndvi.filterDate('2021-07-01', '2021-07-31') \
    .mean() \
    .clip(eaο)
```

Рисунок 3 – Определение границ и обрезка области

Следующим этапом становится автоматизированное извлечение данных спектрорадиометра MODIS (продукт MOD13Q1) за выбранные временные интервалы. В учебных целях для наглядной демонстрации процесса мониторинга выбираются два периода: климатическая норма (например, июль полноводного 2020 года) и период подтвержденной региональной засухи (июль 2021 года). Студенческий скрипт автоматизирует фильтрацию глобальной коллекции снимков по заданным датам, обрезает растровые массивы точно по контуру ЕАО и вычисляет усредненное значение индекса NDVI для каждого пикселя.

Кульминацией программного кода является математическое вычитание растров: из значений нормального года программно вычитаются показатели засушливого периода (Рис.4). Эта операция позволяет однозначно локализовать участки, где произошло наибольшее угнетение растительного покрова из-за недостатка влаги.

```
drought_year = modis_ndvi.filterDate('2021-07-01', '2021-07-31') \
    .mean() \
    .clip(eao)

# вычисляем разницу: Норма минус Засуха
ndvi_difference = normal_year.subtract(drought_year)

# параметры визуализации
vis_params = {
    'min': 0,
    'max': 1500,
    'palette': ['green', 'yellow', 'orange', 'red']
}
```

Рисунок 4 – Программный расчет дельты значений индекса NDVI за исследуемые периоды

Визуализация результатов является важнейшим компонентом для интерпретации полученных данных в географическом и сельскохозяйственном контексте. С помощью инструментов библиотеки геестар обучающиеся накладывают полученный слой разницы NDVI на интерактивную базовую карту. Для слоя задается специальная цветовая палитра, где участки без негативных изменений окрашиваются в зеленый цвет, зоны умеренного стресса растений — в желтый, а очаги сильной засухи — в сигнальный красный (Рис.5).

Таким образом, массивы абстрактных цифровых значений трансформируются в наглядную тепловую карту. На полученной визуализации студенты могут отчетливо наблюдать, что наибольшее падение вегетационного индекса (красные зоны) сконцентрировано в южной и юго-западных частях ЕАО, в точности повторяя пойму реки Амур и основные сельскохозяйственные угодья Ленинского и Октябрьского районов. Это наглядно демонстрирует высокую уязвимость поверхностной корневой системы агрокультур к климатическим изменениям по сравнению с устойчивыми лесными массивами северной части области.

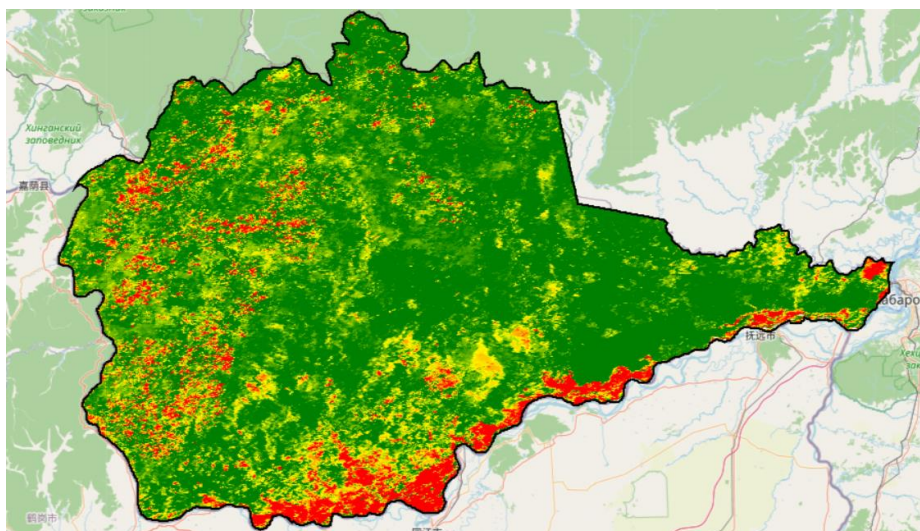


Рисунок 5 – Визуализация очагов засухи на территории ЕАО на основе разницы индексов NDVI

Результаты и обсуждение

Апробация разработанной образовательной методики в рамках лабораторного практикума показала её высокую педагогическую и практическую эффективность. В ходе эксперимента студенты не просто освоили синтаксис языка Python для работы с геопространственными данными, но и научились самостоятельно интерпретировать полученные результаты. Программный расчет дельты вегетационного индекса позволил наглядно визуализировать динамику отклика экосистем Еврейской автономной области на дефицит влаги в летний период.

Перенос вычислительной нагрузки на облачные мощности Google Earth Engine кардинально изменил временную структуру учебного занятия. Традиционные методы ГИС-анализа, включающие скачивание многогигабайтных растровых архивов и их ручную привязку, занимали до 80% времени лабораторной работы, оставляя студентам лишь финальные минуты на поверхностное ознакомление с картой. Автоматизация рутинных этапов позволила высвободить когнитивный ресурс обучающихся для верхнеуровневого анализа: сопоставления контуров засушливости с типами почв, границами сельскохозяйственных районов и гидрологическим режимом реки Амур.

С методической точки зрения, предложенный междисциплинарный подход обеспечил переход студентов от репродуктивного уровня освоения материала («выполнение по инструкции») к продуктивному и исследовательскому. Будущие специалисты получили представление о полном цикле работы с данными (Data Lifecycle) в науках о Земле — от автоматического запроса к API до генерации интерактивных картографических веб-приложений. Это закладывает прочный фундамент для формирования их технологической культуры и готовности к конструированию собственных цифровых уроков в будущей профессиональной педагогической деятельности.

4 Выводы

Внедрение технологий автоматизированного анализа спутниковых данных в систему высшего образования выступает ключевым фактором её цифровой трансформации. Разработанная и успешно апробированная методика мониторинга засушливости на территории Еврейской автономной области на основе данных MODIS доказала, что интеграция сред облачных вычислений (Google Colab) и профильных географических дисциплин доступна для студентов и не требует специализированной материально-технической базы.

Созданная в рамках исследования учебная модель позволила успешно совместить освоение ИТ-инструментов с решением реальной прикладной эколого-географической задачи региона. Полученный методический опыт обладает свойством высокой универсальности и масштабируемости. Алгоритмы автоматизации расчета дельты растров могут быть адаптированы для проведения студенческих исследований по оценке пирогенной обстановки

(лесных пожаров), динамики вырубки лесов или мониторинга зон затопления в периоды весенне-летних паводков на Дальнем Востоке, что открывает широкие перспективы для дальнейшего развития проектного обучения.

Библиографический список

1. Курганович К. А., Макаров В. П. Использование вегетационных индексов NDVI для оценки влияния пожаров на динамику растительности Цасучейского бора // Вестник ЗабГУ. 2015. №2 (117) С. 27-36.
2. Токарева О. С., Полищук Ю. М. Сравнительный анализ результатов дистанционного определения вегетационных индексов и данных биоиндикационных исследований в задачах экологического мониторинга //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. №. 2. С. 81-87.
3. Братков В. В., Кравченко И. В., Туаев Г.А. Применение вегетационных индексов для картографирования ландшафтов Большого Кавказа //Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2016. Т. 10. №. 4. С. 97-111.
4. Кустов М. В., Зарубин О. А., Саулин В. А. Анализ состояния растительности на основе вычисления вегетационных индексов по данным дистанционного зондирования Земли (на примере городского округа Саранск) // XLVI Огарёвские чтения: Материалы научной конференции: в 3-х частях, Саранск, 06–13 декабря 2017 года / Ответственный за выпуск П.В. Сенин. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2018. С. 126-129.
5. Макаров Е. О. Обзор существующих вегетационных индексов при выполнении анализа земной поверхности // Современные научные исследования и инновации. 2023. № 6(146).