

ФИЦ КНЦ СО РАН «Институт Биофизики»
Лаборатория экологической информатики

**Спутниковое зондирование
сельскохозяйственных угодий с использованием
Google Earth Engine**

Авторы: Рачинский М.И. , Ботвич И. Ю.

Красноярск, 2025



»»» Введение



Современное сельское хозяйство предъявляет высокие требования к оперативности и точности контроля за состоянием угодий. Традиционные методы полевых обследований не отвечают этим требованиям в полной мере, поскольку характеризуются высокими временными и ресурсными затратами, а также ограниченным пространственным охватом. Технологии дистанционного зондирования предоставляют необходимые исходные данные, в то время как облачные платформы, в частности Google Earth Engine, обеспечивают вычислительные ресурсы для их анализа. Тем не менее, между получением обширных массивов данных и их практическим применением для решения задач агроменеджмента все еще существует значительный разрыв.

Ключевая проблема заключается в отсутствии унифицированных и автоматизированных инструментов, способных эффективно преобразовывать спутниковые данные в практически значимые показатели, особенно при работе в условиях высокой облачности, характерной для многих аграрных регионов.

В связи с этим, нами был разработан программно-алгоритмический комплекс на платформе GEE, который автоматизирует полный цикл обработки данных: от маскирования и фильтрации облачности до расчета ключевых спектральных индексов и температуры поверхности.

»»» Цель и задачи исследования

Цель: Разработка и практическая оценка методов спутникового зондирования сельскохозяйственных угодий на базе Sentinel-2, MODIS и Google Earth Engine для повышения эффективности агромониторинга.

Задачи:

1. Анализ литературы и методов ДЗЗ в агромониторинге.
2. Разработка алгоритмов GEE для Sentinel-2.
3. Разработка алгоритмов GEE для MODIS.
4. Сравнительный анализ данных Sentinel-2 и MODIS.
5. Оценка потенциала разработанных GEE-скриптов для агромониторинга.





»»» Платформа Google Earth Engine

- **Облачная платформа GEE:** Предоставляет доступ к архивам спутниковым данным и инструментам для их обработки.
- **Преимущества:**
 - Не требует загрузки и хранения больших объемов данных.
 - Высокая производительность вычислений.
 - Широкий набор геоаналитических инструментов.
 - **Языки программирования:** JavaScript, Python.

Среда разработки и анализа: Google Earth Engine Code Editor

5

Google Earth Engine ee-6zero96

Scripts Docs Assets **MCDQ1_Point_EL** Get Link Save Run Reset Apps

NEW Owner (1) users/6zero... Writer Reader (2) Archive Examples Image Image Collec... Clipped C... Expressio... Inspector Console Tasks

Click on the map to inspect the layers.

```
1 var table = ee.FeatureCollection("projects/ee-6zero96/assets/point_el");
2 var dataset = ee.ImageCollection('MODIS/061/MCD12Q1');
3 var igbpLandCover = dataset.select('LC_Type1');
4 var igbpLandCoverVis = {
5   min: 1.0,
6   max: 17.0,
7   palette: [
8     '05450a', '086a10', '54a708', '78d203', '009900', 'c6b044', 'dcd159',
9     'dade48', 'fbff13', 'b6ff05', '27ff87', 'c24f44', 'a5a5a5', 'ff6d4c',
10    '69ffff', 'f9ffa4', '1c0dff'
11  ],
12};
13
14 Map.addLayer(igbpLandCover, igbpLandCoverVis, 'IGBP Land Cover');
15 Map.addLayer(table);
16 Map.centerObject(table, 6);
```

Layers Карта Спутник

Используемые спутниковые наборы данных



| Спутник | Краткая характеристика | Пространственное разрешение | Временной охват | Интервал повторной съемки |
|-------------------|--|---|---|---------------------------|
| Sentinel-2 | Данные поверхностной отражательной способности | 10 м (B2,B3,B4,B8), 20 м (B5,B6,B7,B8A,B11,B12), 60 м (B1,B9) | с 28 марта 2017 г. по настоящее время | 5 дней |
| MODIS/MOD09A 1 | Данные поверхностной отражательной способности | 500 м | с 18 февраля 2000 г. по настоящее время | 8 дней |
| MODIS/MOD09Q 1 | Данные поверхностной отражательной способности | 250 м | с 18 февраля 2000 г. по настоящее время | 8 дней |
| MODIS/MOD11A 2 | Данные о температуре поверхности земли | 1 км | с 5 марта 2000 г. по настоящее время | 8 дней |

»»» Используемые спектральные индексы

- Вегетационные индексы:

NDVI — (Normalized Difference Vegetation Index)

- нормализованный относительный индекс растительности.

EVI — (Enhanced Vegetation Index) -

усовершенствованный вегетационный индекс.

$$\text{NDVI} = \frac{(Nir - Red)}{(Nir + Red)}$$

$$\text{EVI} = G * \frac{(Nir - Red)}{(Nir + C1 * Red - C2 * Blue + L)}$$

Биофизические индексы и параметры:

LSWI — (Land Surface Water Index) - индекс влажности поверхности земли.

LST — (Land Surface Temperature)- температура поверхности земли.

$$\text{LSWI} = \frac{(Nir - SWIR)}{(Nir + SWIR)}$$



Результаты: Расчет спектральных индексов Sentinel-2



Inspector Console Tasks

Search or cancel multiple tasks in the [Task Manager](#) or try the [Tasks Page in the Cloud Console](#)

UNSUBMITTED TASKS

Indices_S2_Minino2024 **RUN**

Мой диск > GEE_Exports_Minino

Тип Люди Изменено Источник

Название ↓

Indices_S2_Minino.csv

| | A | B | C | D |
|----|------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | date | NDVI_mean | EVI_mean | LSWI_mean |
| 2 | 2018_12_27 | 0.04893885456 | 0.1980641277 | 0.598020381 |
| 3 | 2018_12_30 | 0.04672462335 | 0.1533559348 | 0.5945092973 |
| 4 | 2019_01_01 | 0.0194274027 | 0.07559978646 | 0.6910227933 |
| 5 | 2019_01_04 | 0.03540373593 | 0.1666340686 | 0.6662181728 |
| 6 | 2019_01_06 | 0.04420611857 | 0.1927538618 | 0.6651542457 |
| 7 | 2019_01_24 | 0.02261023913 | 0.07242165552 | 0.7179493849 |
| 8 | 2019_02_08 | 0.04539178808 | 0.1617696055 | 0.5996665986 |
| 9 | 2019_03_27 | 0.2179608446 | 0.06743048492 | -0.264729811 |
| 10 | 2019_04_06 | 0.2235691183 | 0.0790954063 | -0.2830020254 |
| 11 | 2019_04_09 | 0.2222863912 | 0.07602002337 | -0.2988307024 |
| 12 | 2019_04_11 | 0.2244948657 | 0.07789807841 | -0.2912909729 |
| 13 | 2019_04_16 | 0.2285749226 | 0.07928199064 | -0.2899411786 |
| 14 | 2019_05_04 | 0.1937257295 | 0.07439359161 | -0.2779199495 |
| 15 | 2019_06_05 | 0.224863036 | 0.1138301212 | -0.2509991436 |
| 16 | 2019_06_28 | 0.3542959022 | 0.2267575097 | -0.04728390032 |
| 17 | 2019_07_08 | 0.6103258372 | 0.3737916427 | 0.1143416554 |
| 18 | 2019_08_02 | 0.5552064711 | 0.3193397274 | 0.09080845545 |
| 19 | 2019_08_04 | 0.4991736776 | 0.3154531697 | 0.0564747707 |
| 20 | 2019_08_09 | 0.4463008104 | 0.2686433733 | 0.008231228912 |

Результаты: Пакетная выгрузка снимков Sentinel-2



Inspector Console Tasks

Use to write to this console. print(...)

Найдено снимков для экспорта: 5

Задачи экспорта каждого снимка в Google Drive. Кол-во зада... JSON 5



Inspector Console Tasks

or try the [Tasks Page in the Cloud Console](#)

UNSUBMITTED TASKS

- sentinel2_Minino_2024_05_07
- sentinel2_Minino_2024_05_09
- sentinel2_Minino_2024_05_14
- sentinel2_Minino_2024_08_15
- sentinel2_Minino_2024_06_28

RUN RUN RUN RUN RUN



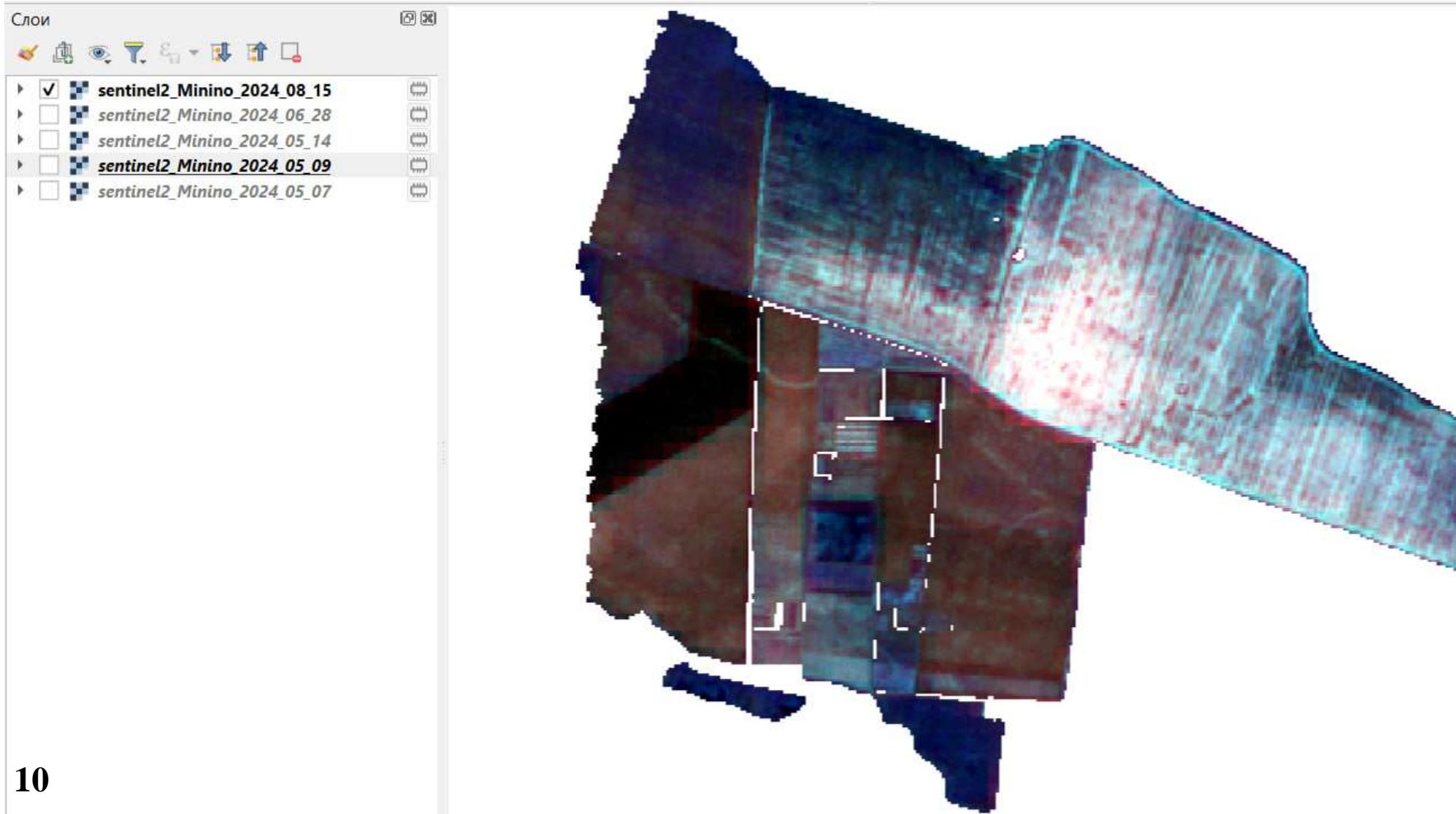
Мой диск > GEE_Exports_Minino

Тип Люди Изменено Источник

Название ↓

- sentinel2_Minino_2024_08_15.tif
- sentinel2_Minino_2024_06_28.tif
- sentinel2_Minino_2024_05_14.tif
- sentinel2_Minino_2024_05_09.tif
- sentinel2_Minino_2024_05_07.tif

»»» Визуализация экспортированных изображений



Результаты: Расчет спектральных индексов MODIS



ee-6zero96

Inspector Console Tasks

Search or cancel multiple tasks in the [Task Manager](#) or try the [Tasks Page in the Cloud Console](#)

UNSUBMITTED TASKS

| | |
|-----------------------|---------------------|
| NDVI_2000_2024_Minino | RUN |
| EVI_2000_2024_Minino | RUN |
| LSWI_2000_2024_Minino | RUN |

Мой диск > GEE_Exports_Minino

Тип Люди Изменено Источник

Название

| |
|---------------------------|
| NDVI_2000_2024_Minino.csv |
| EVI_2000_2024_Minino.csv |
| LSWI_2000_2024_Minino.csv |

NDVI_2000_2024_Minino.csv

| | A | B |
|----|--------------|--------------|
| 1 | system:index | NDVI |
| 2 | 2000_02_18 | |
| 3 | 2000_02_26 | |
| 4 | 2000_03_05 | |
| 5 | 2000_03_13 | |
| 6 | 2000_03_21 | |
| 7 | 2000_03_29 | 0.2408722129 |
| 8 | 2000_04_06 | 0.2373463288 |
| 9 | 2000_04_14 | 0.2128435297 |
| 10 | 2000_04_22 | |
| 11 | 2000_04_30 | 0.2587920593 |
| 12 | 2000_05_08 | |
| 13 | 2000_05_16 | 0.3579833896 |
| 14 | 2000_05_24 | 0.4063634864 |

Результаты: Температура поверхности земли (MODIS LST)



Inspector Console Tasks

Search or cancel multiple tasks in the [Task Manager](#) or try the [Tasks Page in the Cloud Console](#)

UNSUBMITTED TASKS

LST_2000_2024_Minino RUN

Мой диск > GEE_Exports_Minino

Тип Люди Изменено Источник

Название

LST_2000_2024_Minino.csv

LST_2000_2024_Minino.csv

| | A | B |
|----|--------------|--------------|
| 1 | system:index | LST |
| 2 | 2000_02_18 | |
| 3 | 2000_02_26 | -5.411710526 |
| 4 | 2000_03_05 | -4.160583333 |
| 5 | 2000_03_13 | -2.262776831 |
| 6 | 2000_03_21 | |
| 7 | 2000_03_29 | 6.33 |
| 8 | 2000_04_06 | |
| 9 | 2000_04_14 | 19.60882353 |
| 10 | 2000_04_22 | 15.69 |
| 11 | 2000_04_30 | 24.01535572 |
| 12 | 2000_05_08 | |
| 13 | 2000_05_16 | 26.92764988 |
| 14 | 2000_05_24 | 31.45211031 |

»»» Заключение

- В ходе выполнения исследования поставленная цель достигнута: разработан комплекс алгоритмов для автоматизированного спутникового зондирования сельскохозяйственных угодий с использованием Google Earth Engine.
- Реализованные алгоритмы обеспечивают эффективную обработку и анализ данных Sentinel-2 и MODIS, позволяя:
 - Рассчитывать спектральные индексы (NDVI, EVI, LSWI, LST).
 - Выгружать очищенные от облачности снимки и временные ряды показателей.
- Применение Google Earth Engine и разработанного инструментария открывает новые возможности для:
 - Оперативного и высокоточного агромониторинга.
 - Повышения эффективности управления сельскохозяйственным производством.
 - Поддержки принятия решений в точном земледелии.

«Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FWES-2021-0018)»