

Двадцать вторая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

Технологии и методы построения геосервиса обработки данных МСА и ГСА

Жаркова А.В., Трофимов И.С. (1)

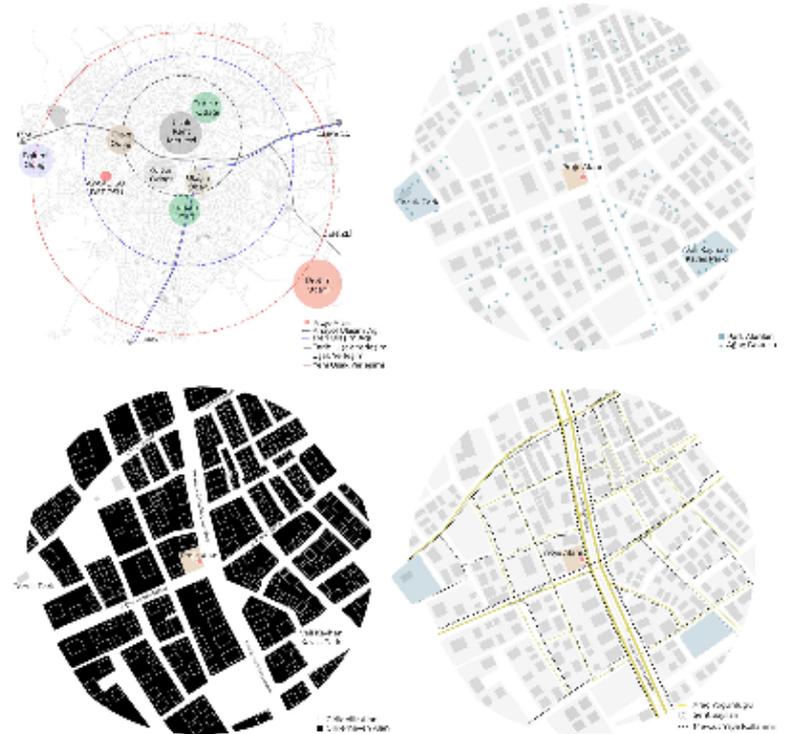
(1) Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет),
Долгопрудный, РФ

11 - 15 ноября 2024 г.
Москва

Актуальность

Современный этап развития геоинформатики, картографии, других наук о Земле ознаменовался переходом к широкому использованию методов и средств телекоммуникации на основе сети Интернет и сотовой связи.

Важнейшим элементом современной геопространственной индустрии становятся геопорталы как средство доступа к геопространственным информационным ресурсам.



Цель и задачи работы

Цель работы – разработка архитектуры облачного сервиса, а именно пользовательского интерфейса, программного интерфейса, серверной части, обладающего набором функций для обработки изображений с МСА и ГСА.

3.3.1 Провести анализ существующих решений в области создания пользовательских сервисов для хранения и обработки геопространственных данных.

3.3.2 Составить и обосновать перечень необходимых технологий и инструментов, необходимых для создания сервиса.

3.3.3 Разработать сервис с базовым набором функций на планирующейся к изготовлению в рамках проекта НТИ аппаратной инфраструктуре.

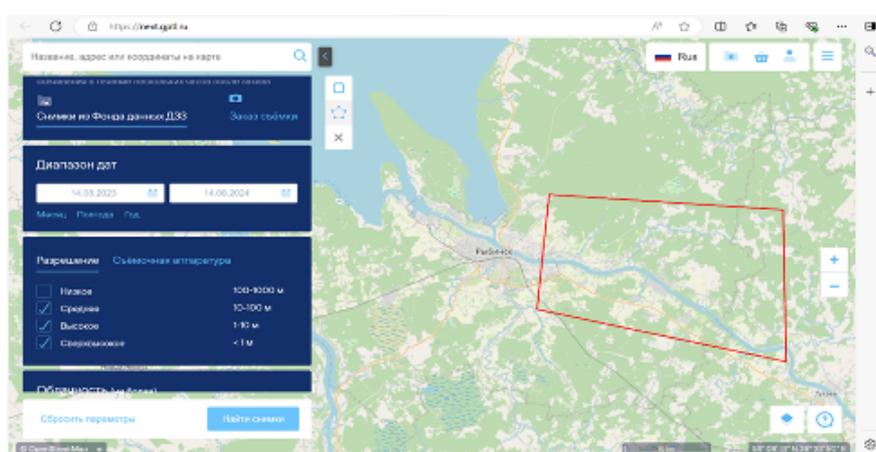
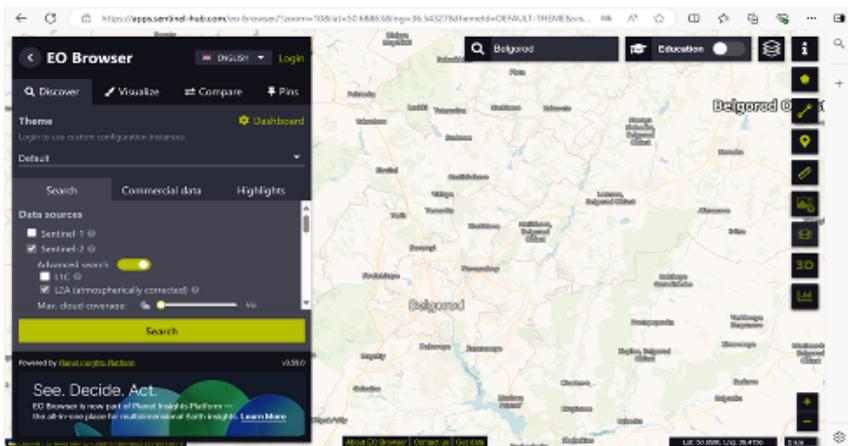
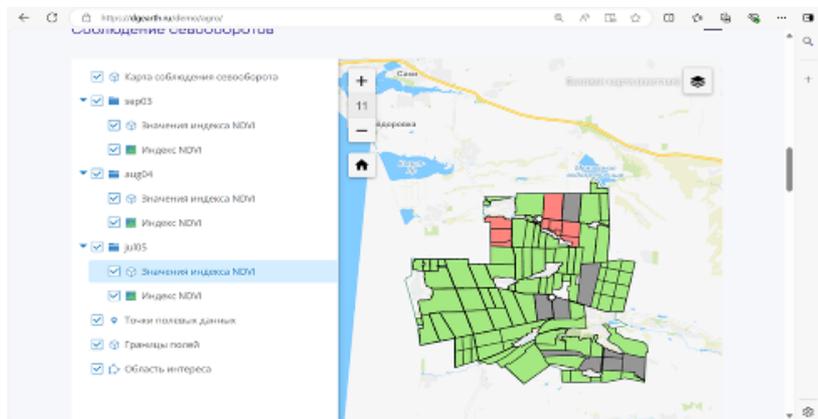
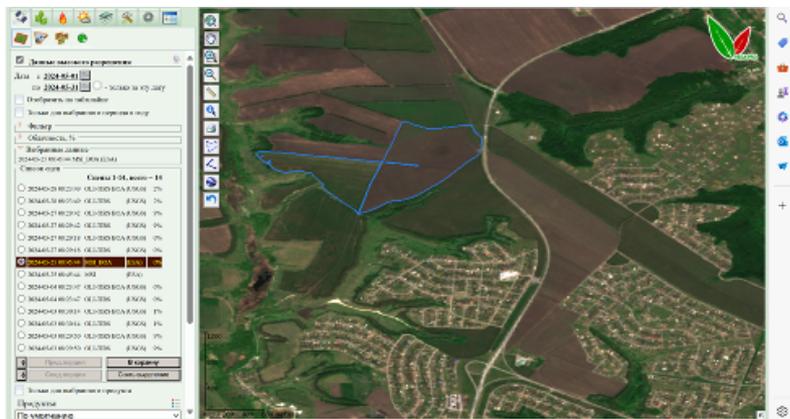
Проект был выполнен при содействии фонда НТИ в рамках аванпроекта (3 месяца)

Результаты

Степень внедрения: интернет-ресурс готов для работы сторонних пользователей, однако требуется дополнительное внесение в хранилище набора спутниковых снимков Земли.

Области применения: экологический контроль, сельское хозяйство, лесное хозяйство, мониторинг чрезвычайных ситуаций.

Имеющиеся продукты



https://bpt.ptonz.ru/catalog/W/searchData/@56.39566444471668.40.69610595703125.9

БАНК БАЗОВЫХ ПРОДУКТОВ

МАСШТАБНЫЕ СЛОЖНЫЕ ПОРЯТКИ | МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР

ПОИСК ДАННЫХ

Область интереса:

Исторический объект: 3091/1475

Диапазон дат:

01.04.2023 31.08.2023

Сенсоры:

БАЗОВЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПОРЯТКИ

- ПМСС
- ИИС
- ДОУБ
- Гейзер-ПТ
- НАОМ

СРЕДНЕЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПОРЯТКИ

- DU-TIRS
- КМОС
- ШМСА-БР

Найти

Шкала: 56.855
Длина: 42.383

Leaflet | © OpenStreetMap contributors, © PGC/KOMOS | © ПКЦ | © ПЦ ОИС

https://bpt.ptonz.ru

ГИП «ГЕОТРОН»

УПРАВЛЕНИЕ

Наборы данных

- 3D данные
- Оперативные данные
- Открытые ресурсы
- Тематические обработки
- Тематические проекты (демко)
- Тематические сервисы
- Цифровая Земля (демко)

Инструменты

Республика Крым

- Интерактивные порятки
- Мемор М (КМОС)
- Ресурсы-ПТ

https://bpt.ptonz.ru/track

Очистить карту

Поиск

Планирование съёмки

Анализ данных

Оптический

Дата начала* 01.04.2023 Дата окончания* 31.08.2023

Объекты съёмки: 1 из 1

Объект № 1

Координаты: 25.7143; 56.8294; 25.7581; 56.8431; 25.775; 56.8486; 25.8117; 56.8563

Тип аппаратуры: EarthScanner

Разрешение: 0.5 м

Уровень облачности: L1

53,06 км²

1000 М 25.8117 56.8276

© 2019 ГИС «ГЕОТРОН»

Преимущества сервиса

В ходе анализа существующих программных решений были взяты для реализации следующие предложения, отличающие сервис от других существующих продуктов:

- Использование отечественных технологий при развертывании сервиса: Selectel и Яндекс Диск (REST API);
- Маленькое время на загрузку результатов обработки за счет системы кэширования;
- Расчет LST для данных с МСА (а именно Landsat 8);
- Предоставление данных с НА “Гиперспектрометр МФТИ”;
- Представление классификации не только для данных с МСА, но и для данных с ГСА;
- Обезличенное отслеживание кликов для поиска АОI/ПОI пользователей, а следовательно улучшения качества будущих тематических продуктов (за счет наземной валидации и др.);
- Открытый доступ к данным.

Характеристика данных

Landsat 8

Тип съёмки	Опико-электронный
Режим съёмки	Моносъёмка
Количество каналов	11
Набор каналов	PAN+RGB+SWIR+TIR
Разрешение на местности PAN, м	15
Разрешение на местности MS, м	30
Разрешение на местности другое, м	30(SWIR), 100(TIR)
Ширина полосы захвата	185
Точность привязки CE90, м	18
Динамический диапазон, бит/ пиксель	16

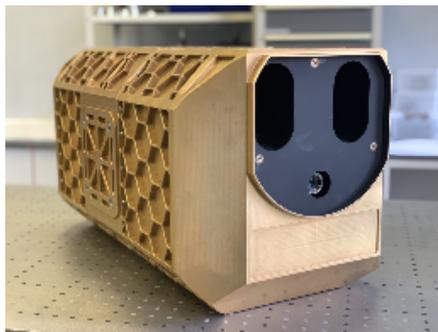


EO-1 Hyperion



Параметр	EO-1		
	ALI	HYPERION	AC
Спектральный диапазон	0.4-2.4 мкм	0.4-2.5 мкм	0.9-1.6 мкм
Пространственное разрешение	30 м	30 м	250 м
Ширина полосы	36 км	7.5 км	185 км
Спектральное разрешение	Вариативно	10 нм	6 нм
Разрешение панхроматического канала	10 м	н/д	н/д
Количество каналов	10	220	256

НА “Гиперспектрометр МФТИ”

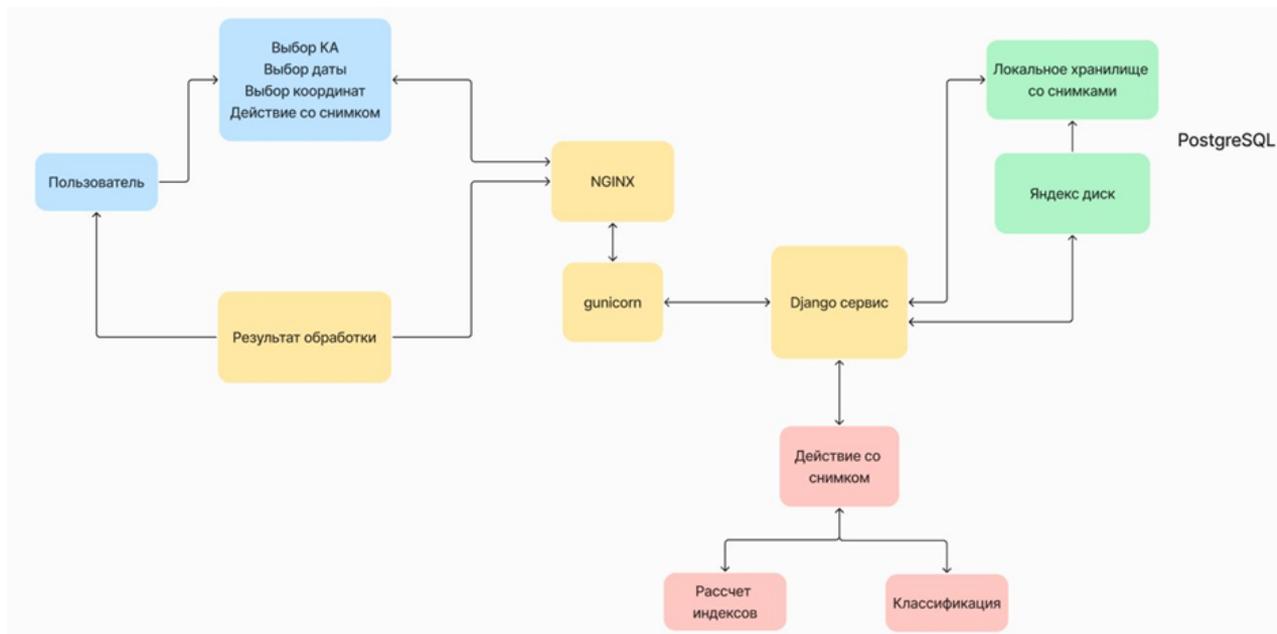


Тип камеры	Видимый	Инфракрасный	Панхроматический
Спектральный диапазон, мкм	0.47-0.90	0.90-1.60	0.50-0.75
Количество спектральных каналов	90	90	—
Максимальное количество спектральных каналов, получаемых одновременно во время съемки	70	30	—
Ширина спектрального канала (спектральное разрешение), нм	25	30	—
Угол наклона Солнца над местным горизонтом, градусы	40	40	20
Разрешение в надире (проекция в пикселях), метры	45	70	120
Поле зрения, градусы	3.5	3.5	10x10
Протяженность маршрута съемки, км	500	500	500

Выбор методов, технологий. Особенности реализации

- База данных: PostgreSQL
- Основные языки: Python 3.10 + Javascript
- Бекенд-фреймворк: Django
- Хранение снимков: Yandex Disk
- Обработка снимков: numpy

Архитектура внутренней части сервиса



Архитектура внутренней части сервиса

Алгоритмическая обработка. Индексы

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

где NIR – растровый файл ближнего инфракрасного канала, R – растровый файл красного канала;

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR}$$

где G – растровый файл зеленого канала, NIR – растровый файл инфракрасного канала;

$$NDSI = \frac{G - SWIR}{G + SWIR}$$

где G – растровый файл зеленого канала, SWIR – растровый файл инфракрасного канала;

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

где SWIR – растровый файл коротковолнового инфракрасного канала, NIR – растровый ближнего инфракрасного канала;

Индексы. LST

$$TOA = \text{radiance_mult_band_10} \cdot \text{Band_10} + \text{radiance_add_band_10}$$

где TOA – переведенные цифровые сигналы в значение излучения верхней части атмосферы, 'Band 10' – данные с дальнего ИК-канала, radiance_mult_band_10 – мультипликативный коэффициент масштабирования для конкретной полосы конкретного снимка, radiance_add_band_10 – аддитивный коэффициент масштабирования для конкретной полосы конкретного снимка.

$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{TOA} + 1\right)} - 273,15$$

где BT – яркостная температура снимка в градусах Цельсия, K1, K2 – калибровочные константы из метаданных снимков, 273,15 – константа для перевода из Кельвинов в градусы Цельсия.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$$

где P_v – доля растительности, NDVImax – максимальное значение пикселя, NDVImin - минимальное значение пикселя.

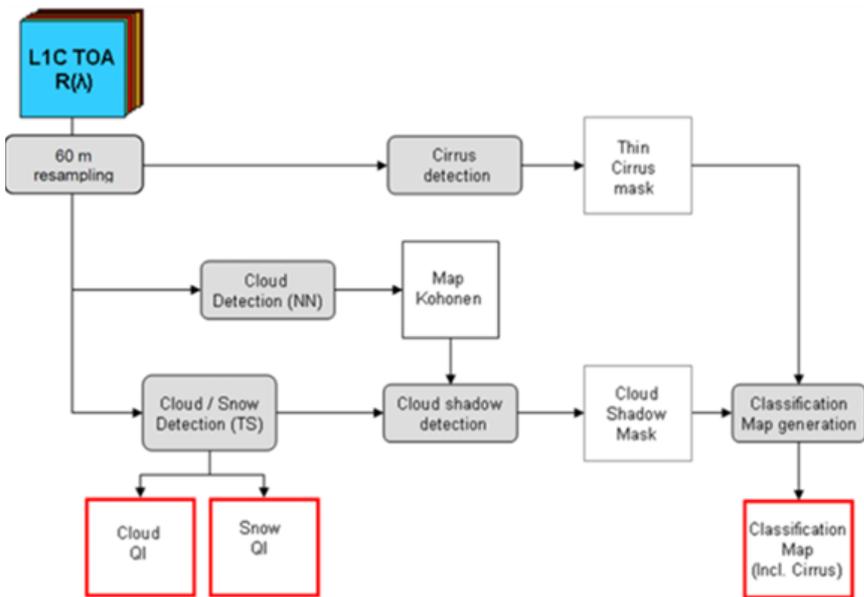
$$E = 0,004 \cdot P_v + 0,986$$

где E – коэффициент излучения, 0,004 и 0,986 - корректирующие константы.

$$LST = \frac{BT}{1 + \frac{10,8}{14388} \cdot BT \cdot \ln E}$$

где LST – температура земной поверхности, 10,8 – длина волны дальнего ИК-канала в микрометрах, 14388 - константа (полученная при умножении постоянной Планка на постоянную Больцмана, деленную на скорость света).

Алгоритмическая обработка. Классификация



Архитектура SCL модели от ESA (EO-browser)

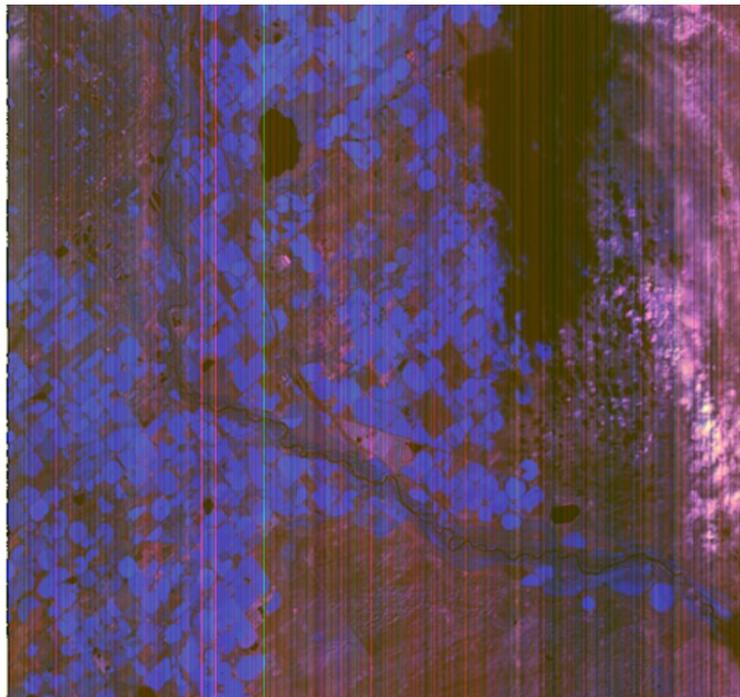
Label	Classification
0	NO_DATA
1	SATURATED_OR_DEFECTIVE
2	CAST_SHADOWS
3	CLOUD_SHADOWS
4	VEGETATION
5	NOT_VEGETATED
6	WATER
7	UNCLASSIFIED
8	CLOUD_MEDIUM_PROBABILITY
9	CLOUD_HIGH_PROBABILITY
10	THIN_CIRRUS
11	SNOW or ICE

Алгоритмическая обработка. Классификация

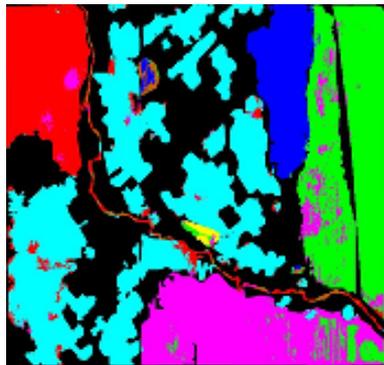
По итогу классификация для данных с MCA и GCA в разработанном геосервисе проводится с использованием предрасчитанных индексов, как и в SCL. Алгоритм классификации заключается в следующем: сначала выделяется фон по пиксельной маске любого канала (в сервисе выбран SWIR). Затем рассчитывается индекс NDVI и те пиксели, значения NDVI в которых больше либо равны 0.25 считаются растительностью. Следующим шагом считается индекс NDWI и те пиксели, NDWI в которых больше 0 считаются водой. Далее отбираются пиксели, не принадлежащие ни одному из вышеперечисленных классов. Для них считается индекс NDBI, и, если значение NDBI больше 0, то алгоритм считает это зоной городской застройки. По итогу классификации выделяется 4 класса: город, растительность, водные объекты и не вошедшие ни в один класс пиксели. Для обработки снимков используется библиотека numpy, где каждый канал хранится в виде матрицы со значениями с плавающей точкой.

Общее время ожидания результатов расчета снимков с предложенной нами моделью составляет до 5 секунд. Это связано с тем, что используется кэширование предрасчитанных индексов. В дальнейшем планируется улучшать используемый алгоритм классификации, внедряя методы машинного обучения.

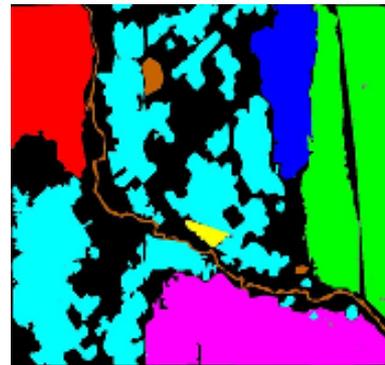
Классификация ГСА. 3 метода



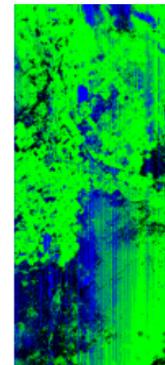
Исходный снимок вдхр. Милтон (США), ИК-канал



k-NN



SpectralNET



ESA-lite

Model/Metric	accuracy	precision	recall	F1-score
K-NN	0,92	0,92	0,82	0,84
SpectralNet	0,99	0,99	0,99	0,99

Внешний вид сервиса



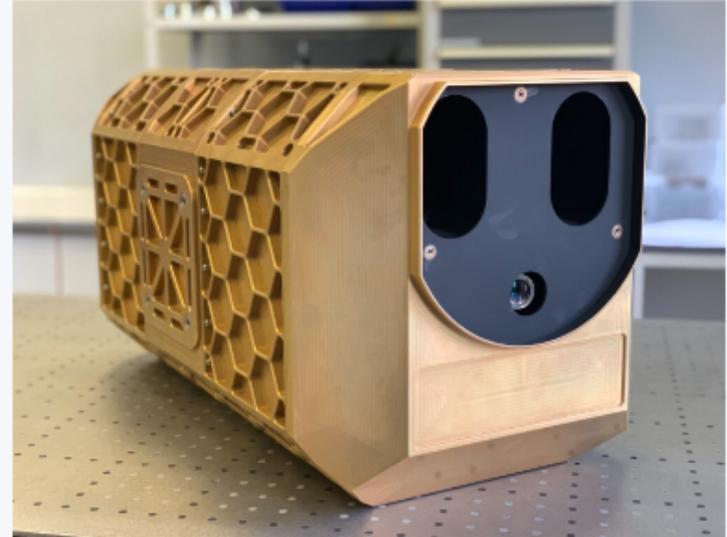
[Главная](#) [Карта](#) [О сервисе](#) [О нас](#) [Контакты](#)



Геопортал МФТИ

Наш геопортал позволяет получить бесплатный доступ как к мультиспектральным, так и к гиперспектральным снимкам! Вы сможете рассчитать все базовые индексы (NDVI, NDWI, NDSI), а также провести расчет LST для данных MCA, выполнить классификацию снимков.

[Перейти к работе](#)



ГЕОПОРТАЛ

[Карта](#)
[О сервисе](#)

О НАС

[О нас](#)

КОНТАКТЫ

[МФТИ](#)
lvsonmfti@yandex.ru

<https://geosmipt.ru/>

Современные мелкосерийные МКА, такие как Dove (США), EROS (Израиль), оснащены в большей степени мультиспектральными камерами. Однако, для большинства оперативных задач экологического мониторинга и сельского и лесного хозяйства, например, мониторинга посевных площадей и целеуказания на их обработку, необходимо применение гиперспектральных камер, что подтверждено мировым опытом отечественных (Фирсов Н.А., Подлипнов В.В., Ивлиев Н.А.) и иностранных исследователей (Aneese, I., Thenkabail, P. S., McCann, C., Repasky, K. S., Lawrence, R., и Powell, S.). Это связано с тем, что при увеличении количества спектральных каналов становится возможным более точная, по сравнению с мультиспектральными камерами, идентификация сельскохозяйственных культур и анализ их распределения по площади, в том числе и посезонно. При этом принятие решений по оперативному контролю площадей отраслевыми ведомствами традиционно возможно на основе готовых тематических продуктов, получаемых в результате обработки данных, разрабатываемым сервисом, как в видимом, так и в ближнем коротковолновом ИК-диапазоне.

Пользовательский сервис предоставления данных ДЗЗ, способен обеспечить предоставление результатов предобработки и обработки мультиспектральных и гиперспектральных изображений по основным спектральным индексам:

- нормализованному дифференцированному вегетационному индексу (NDVI),
- нормализованному разностному водному индексу (NDWI),
- нормализованному разностному индексу снега (NDSI).

Для данных с мультиспектральной аппаратуры возможен расчет температуры земной поверхности (LST).

Также в нашем сервисе возможна загрузка результатов тематической классификации гиперспектральных снимков в открытом доступе!

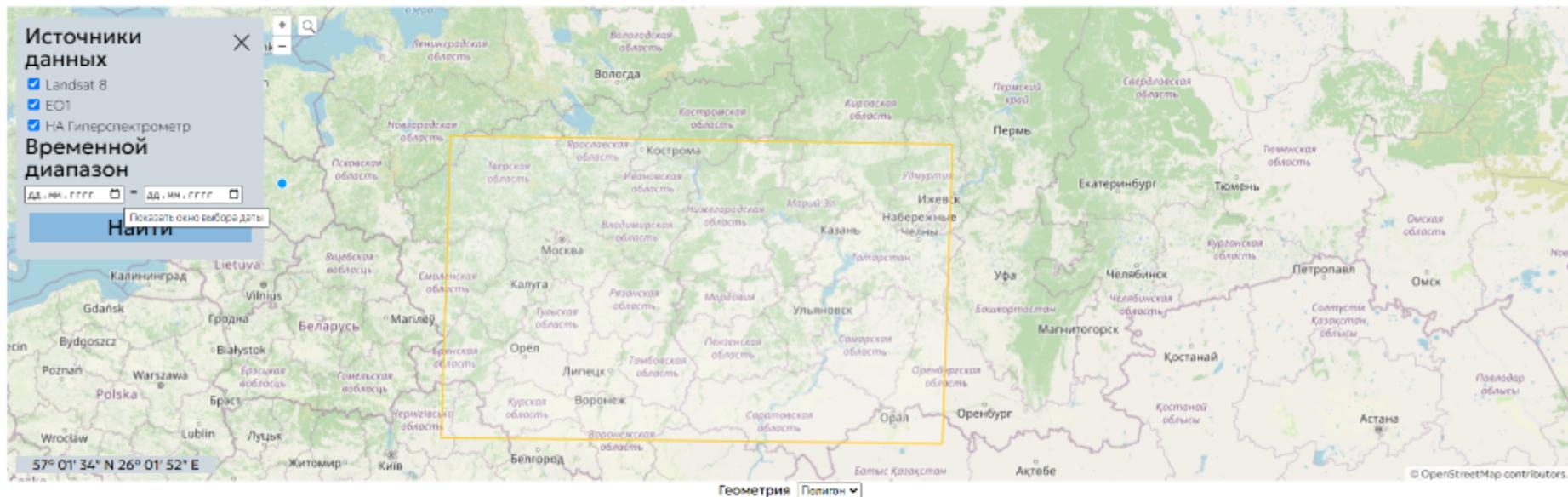
Основные КА, данные которых представлены в нашем сервисе: Landsat 8, EO-1 Hyperion.

Разработки лаборатории представляют собой системные платформенные решения служебного борта космических аппаратов. За счёт единства электрических, механических и информационных интерфейсов, приборы лаборатории представляют собой экосистему, которая постоянно развивается в сторону миниатюризации, унификации, повышения технических характеристик.

Также мы реализовываем научно-исследовательскую деятельность по следующим основным направлениям:

- физико-технические проблемы дистанционного зондирования природной среды и современные геоинформационные системы,
- космические оптико-электронные и СВЧ системы наблюдения,
- космические системы связи и навигации,
- методы и средства цифровой обработки изображений,
- современные прикладные компьютерные технологии.

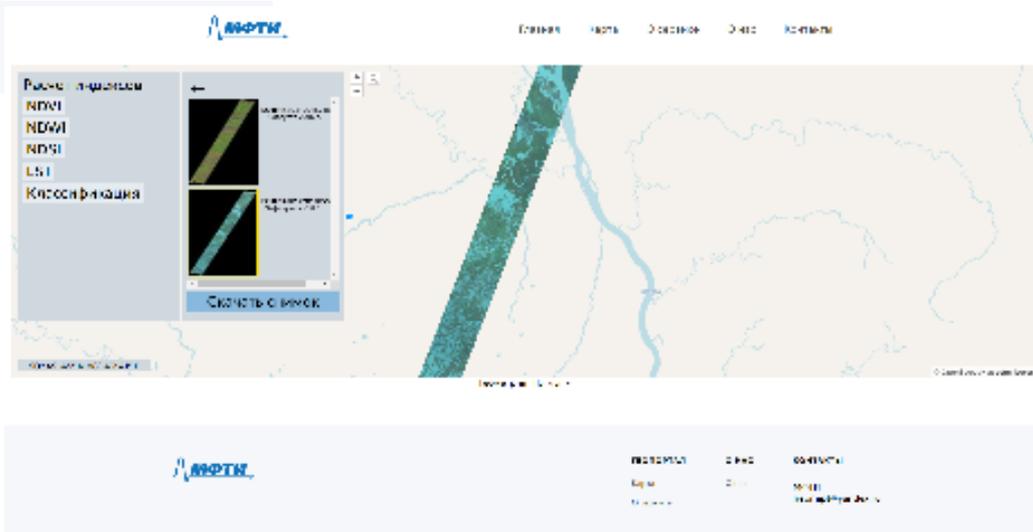
МФТИ
lvsomipt@yandex.ru



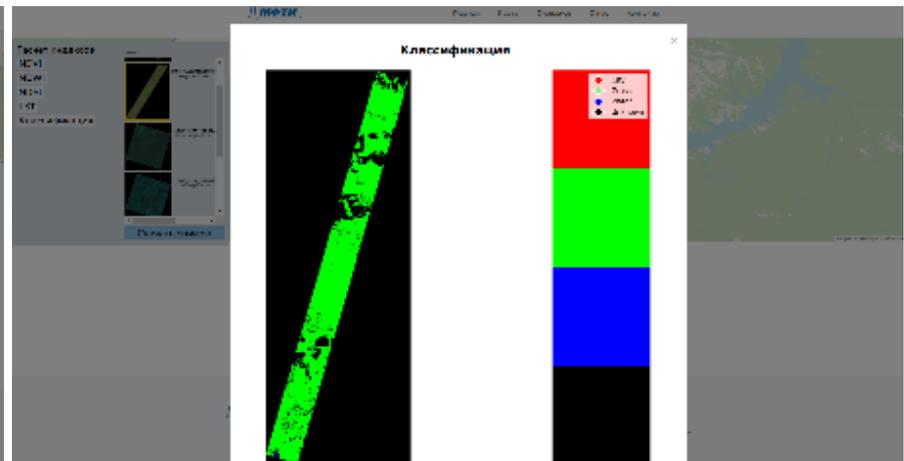
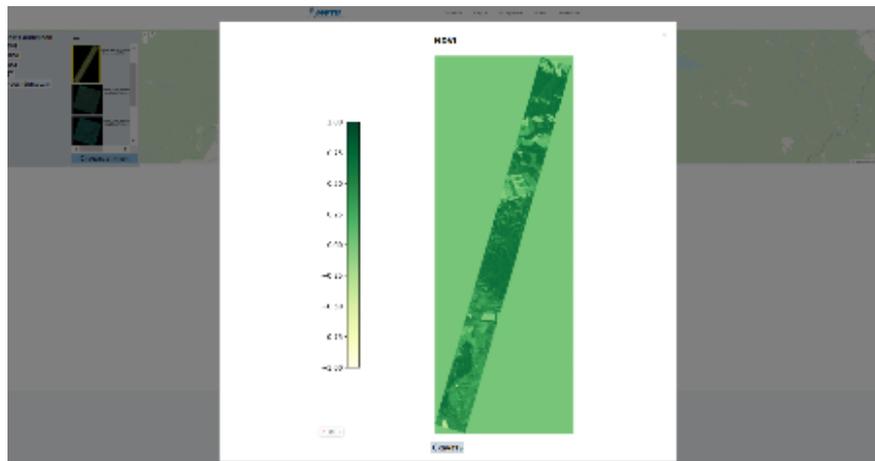
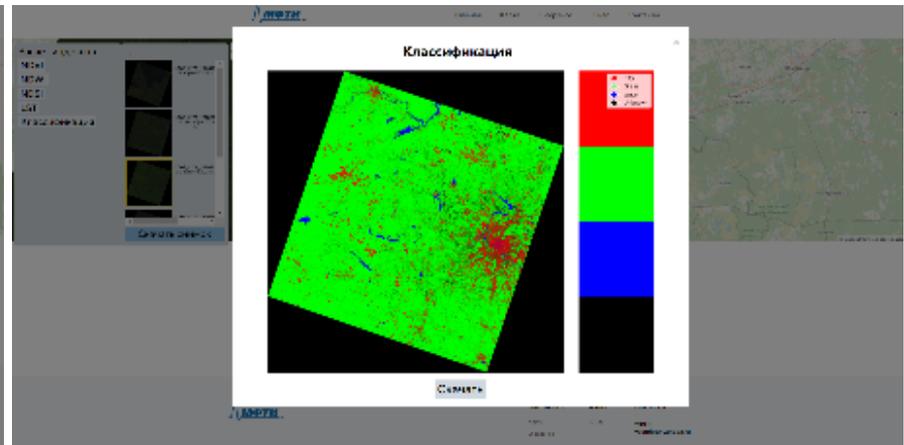
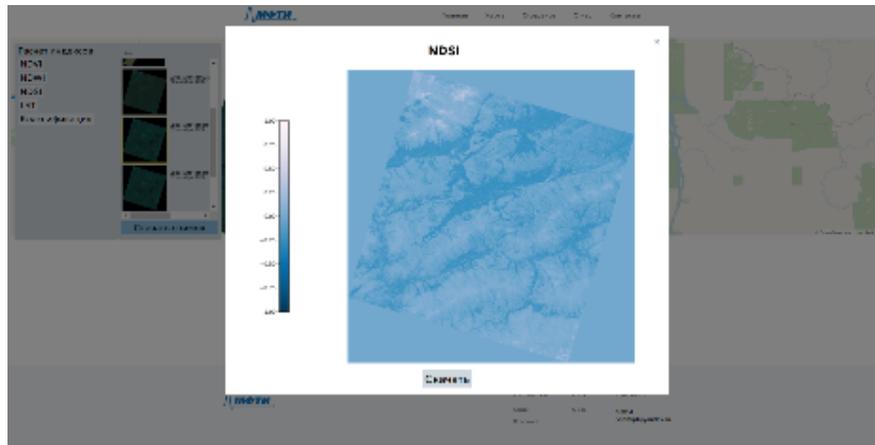


Отображение снимков с МСА

Отображение снимков с ГСА



Расчет индексов и проведение классификации



НА “Гиперспектрометр МФТИ”



[Главная](#) [Карта](#) [О сервисе](#) [О нас](#) [Контакты](#)



ГЕОПОРТАЛ

[Карта](#)
[О сервисе](#)

О НАС

[О нас](#)

КОНТАКТЫ

[МФТИ](#)
ivsormipt@yandex.ru

NDV



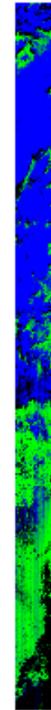
NDWI



NDS



Классификация



Развертывание сервиса

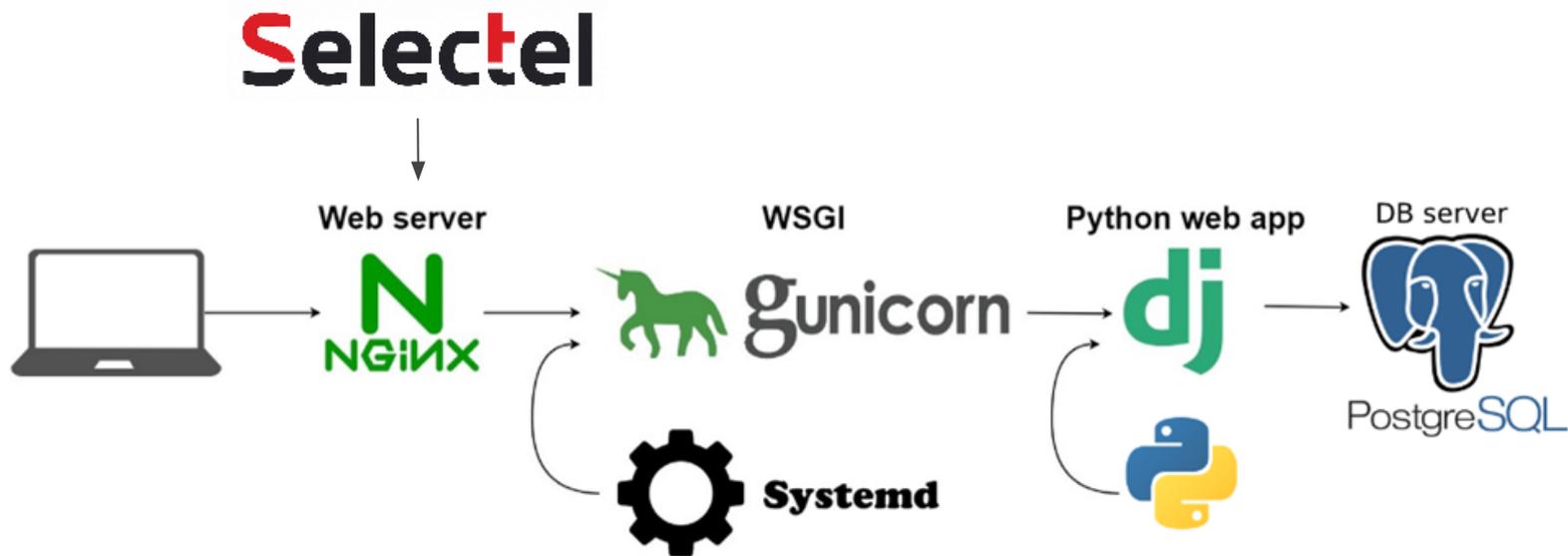


Схема развертывания сервиса

Выводы

В ходе работы мы:

- Провели анализ существующих решений в области создания пользовательских сервисов для хранения и обработки геопространственных данных.
- Составили и обосновали перечень необходимых технологий и инструментов, необходимых для создания сервиса.
- Разработали сервис с базовым набором функций на планирующейся к изготовлению в рамках проекта НТИ аппаратной инфраструктуре.

В дальнейшем планируется:

- адаптировать сайт под мобильные устройства в части просмотра индексов;
- улучшить классификацию;
- увеличить количество данных с разных КА.

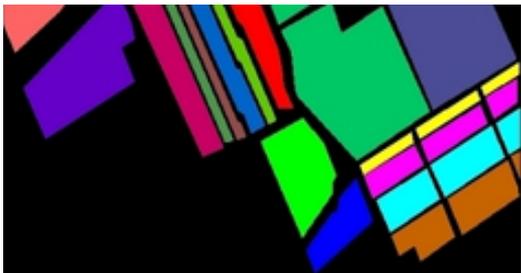
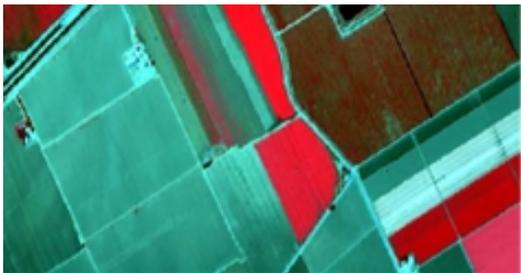
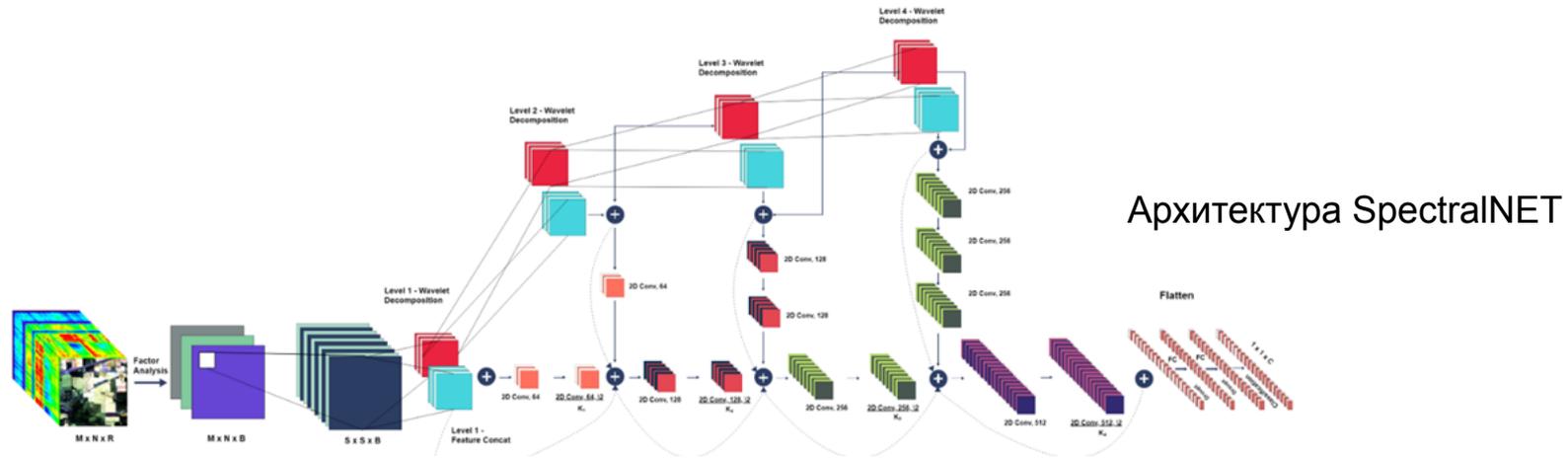
Двадцать вторая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

Технологии и методы построения геосервиса обработки данных МСА и ГСА

Жаркова А.В., Трофимов И.С. (1)

(1) Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет),
Долгопрудный, РФ

11 - 15 ноября 2024 г.
Москва



Классы для выбранного авторами CNN снимка

- | | | | |
|--|-----------------------|---|---------------------------|
|  | Unknown |  | Soil_vinyard_develop |
|  | Brocoli_green_weeds_1 |  | Corn_senesced_green_weeds |
|  | Brocoli_green_weeds_2 |  | Lettuce_romaine_4wk |
|  | Fallow |  | Lettuce_romaine_5wk |
|  | Fallow_rough_plow |  | Lettuce_romaine_6wk |
|  | Fallow_smooth |  | Lettuce_romaine_7wk |
|  | Stubble |  | Vinyard_untrained |
|  | Celery |  | Vinyard_vertical_trellis |
|  | Grapes_untrained | | |