

Интеллектуальная аквакультура и биоресурсы Белого моря

Название проекта:

Гибридный фреймворк дистанционного зондирования для оценки биомассы фукоидных водорослей на литорали

Трек: Кейс №44

Название команды: Рыбный четверг

ИТМО¹
Учреждение: МГУ²
СПбПУ³

Состав команды: *Кащенко Григорий (капитан)¹, Малышкина Марина²,
Захарова Юлия³, Андреева Алина³, Гордеева Ярослава³*

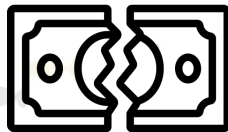
Решаемая задача (кейс):

Разработка воспроизводимого метода
оценки запасов фукоидов на литорали с
применением данных ДДЗ и съемки БПЛА

Проблема:



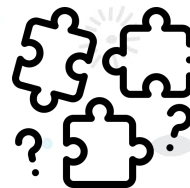
трудоемкость



дороговизна



истощение
ресурсов



субъективность
оценки

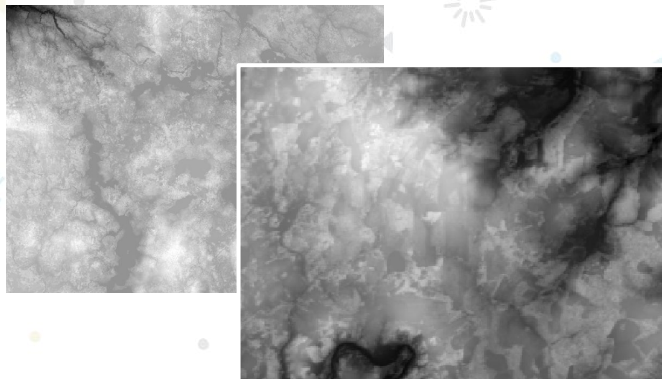


низкая степень
покрытия

рабочие “вызовы”

- Протокол съемки
- Протокол расчета биомассы
- Валидация и оценка метода
- Расчет стоимости метода

Оценка реализуемости проекта: Техническая осуществимость и ресурсы:



Данные различных спутниковых миссий
(Sentinel-2, Landsat, MODIS)



ArcGIS

QGIS

Программное обеспечение
(PythonGIS, QGIS, ArcGIS и т.д.)



Мультиспектральные БПЛА
(DJI Mavic 3M)

Требования к данным



облачность менее 10%



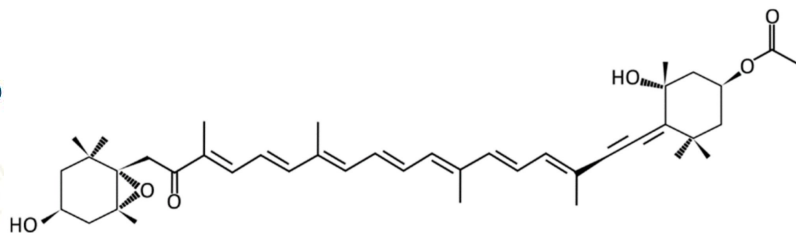
высота Солнца более 30°



не более 2.5 суток до
сизигии



скорость ветра
менее 5 м/с



Fucoxanthin

ИННОВАЦИОННОСТЬ РЕШЕНИЯ:

Индекс NDVI имеет низкую корреляцию с биомассой бурых водорослей из-за:

- смещения в сине-зеленую область (пигмент фукоксантин);
- снижения отражения в БИК-диапазоне (вода в талломе).

$$NDVI_{base} = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RE}}{\rho_{NIR} + \rho_{RE}}$$

Коэффициенты отражения:

ρ_G - $\lambda \approx 560$ нм, Band 3

ρ_{RE} - $\lambda \approx 705$ нм, Band 5

ρ_{NIR} - $\lambda \approx 842$ нм, Band 8

здоровое



NDVI = 0,72

больное



NDVI = 0,14

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

Индекс F-NDVI (Fucoid-NDVI), состоящий из базовой вегетационной компоненты и коэффициента, компенсирующего влияние пленки влаги.

$$F-NDVI = NDVI_{base} \cdot K_{wet}$$

$$NDWI = \frac{\rho_G - \rho_{NIR}}{\rho_G + \rho_{NIR}}$$

$$K_{wet} = 1 - \alpha \cdot \max(0, NDWI - NDWI_{th})$$

α - калибруется по данным БПЛА, $1.5 \leq \alpha \leq 3.0$

$NDWI_{th}$ - спектр открытой воды, $NDWI_{th} \approx 0.2$



Все
анализируемые
метрики



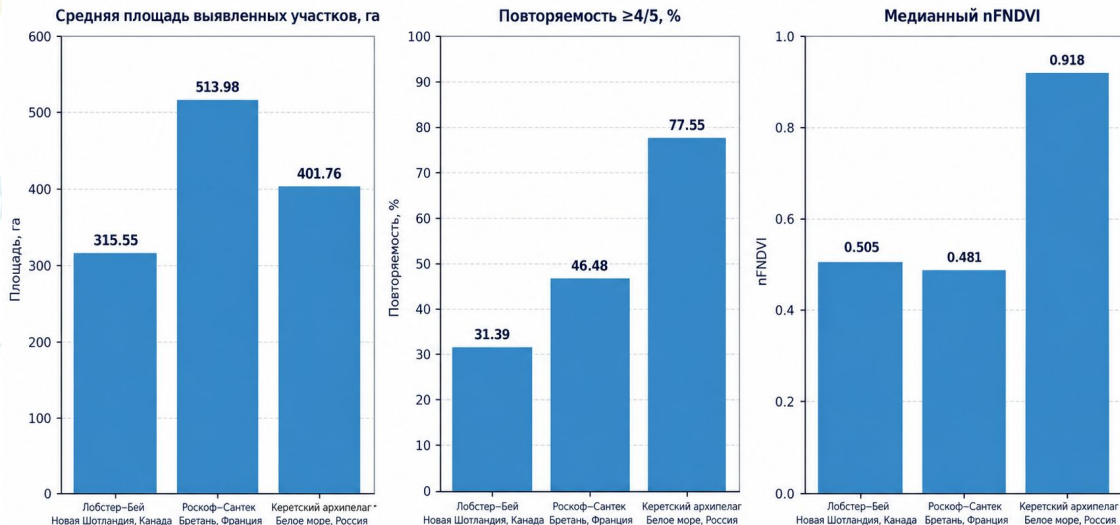
ФЕДЕРАЛЬНОЕ
АГЕНТСТВО
ПО РЫБОЛОВСТВУ



Биомедицинские
Инновационные
Технологии

Эффективность решения:

Ключевые показатели F-NDVI для трех тестовых акваторий



Экстраполяция на всю акваторию

$$M_{total} = \sum_{j=1}^N (\beta_0 + \beta_1 \cdot F-NDVI_j) \cdot S_{pixel}$$

Для i-й рамочной площадки зависимость
биомассы от спектрального индекса

$$B_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \overline{F-NDVI}_i + \varepsilon_i$$

Для класса $\geq 4/5$ рассчитывается нормированный
относительный показатель nF-NDVI

$$nFNDVI = \text{clip} \left(\frac{FNDVI_{\text{median}} - T_{\text{ref}}}{P_{95} - T_{\text{ref}}}, 0, 1 \right)$$

T_{ref} – медиана индивидуальных пороговых значений Отсу
 P_{95} – 95-й процентиль медианного F-NDVI внутри устойчивого класса

Доверительный интервал M_{total}

$$CI_{95\%} = \hat{B}_{total} \pm t_{0.05, n-1} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^M \left(\frac{S_j^2}{n_j} \right) \cdot A_j^2}$$

M – количество выделенных классов/полигонов

S_j^2 – дисперсия биомассы в j-м полигоне

n_j – число площадок в полигоне

A_j – площадь полигона.

Экономическая эффективность:

Экономическая эффективность F-NDVI

Быстрое, точное и масштабируемое картирование прибрежных донных сообществ

Пример расчета: 10 км береговой линии
(~300 га)

Традиционное обследование

Водолазная съемка



Стоимость
1,5 – 2,0 млн руб.
на 10 км берега (~300 га)



Сроки
3 – 4 недели



Объем обследования
Практически вся зона



Масштабируемость
Ограничена
(высокие затраты и трудоемкость)

Высокая стоимость, длительные сроки,
сложная масштабируемость

Метод F-NDVI

Спутниковые данные + наземная верификация



Стоимость
320 – 365 тыс. руб.
на 10 км берега (~300 га)



Сроки
5 – 7 дней



Объем обследования
Приоритетные участки
(на 15–20 % меньше, чем по обычному NDVI)



Масштабируемость
Высокая
(эффективно для больших территорий)

Точнее, быстрее, доступнее



Средняя экономия
~1,41 млн руб.
на 10 км берега



Стоимость ниже
в 4 – 5 раз



Сроки короче
в 3 – 5 раз



Площадь приоритетной
проверки меньше
на 15 – 20 %
по сравнению с обычным NDVI



- F-NDVI нельзя напрямую перевести в абсолютную биомассу (кг/м² или т) без полевой калибровки.
- Минимальная полевая верификация необходима для подтверждения состава сообществ и калибровки биомассы.





ФАРВАТЕР
БИОХАКАТОН



Пайплайн

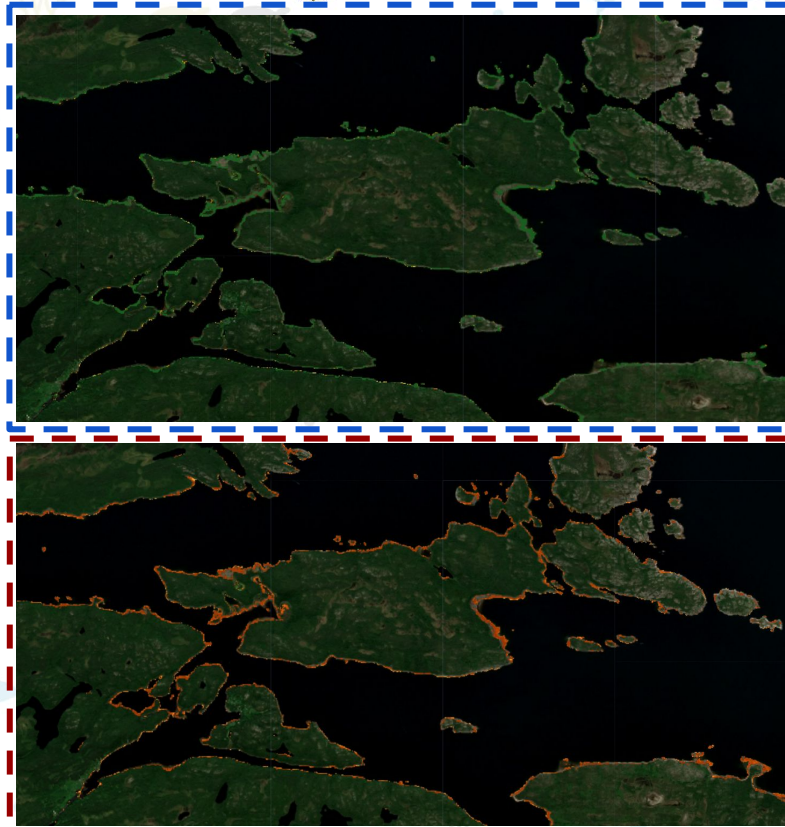
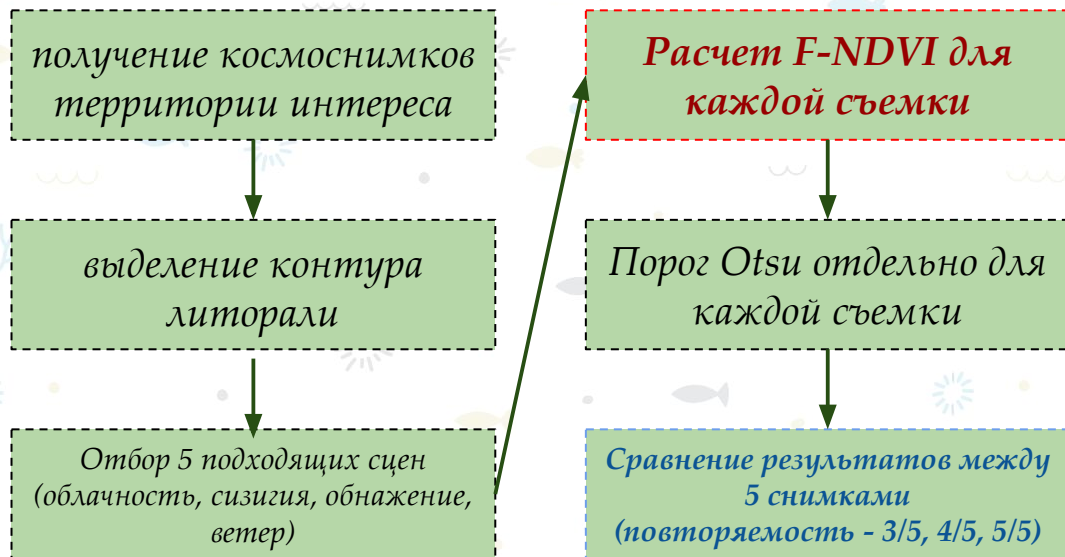


ФЕДЕРАЛЬНОЕ
АГЕНТСТВО
ПО РЫБОЛОВСТВУ

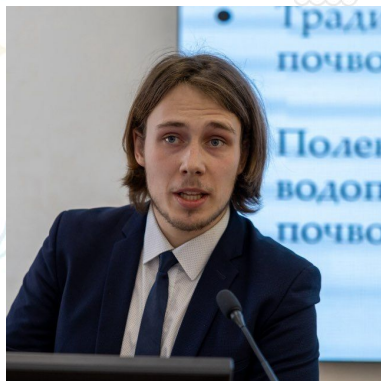


Биомедицинские
Инновационные
Технологии

Визуализация решения:



Команда:



Кащенко Григорий
ИТМО



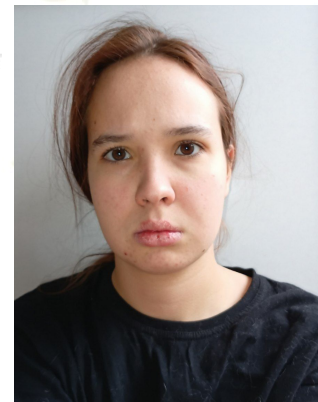
Захарова Юлия
СПбПУ



Гордеева Ярослава
СПбПУ



Андреева Алина
СПбПУ



Малышкина Марина
МГУ