

Использование мультиспектральных индексов для диагностики пластикового мусора на спутниковых изображениях океана

¹ Даниличева О.А., ^{1,2} Ермаков С.А.

¹ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

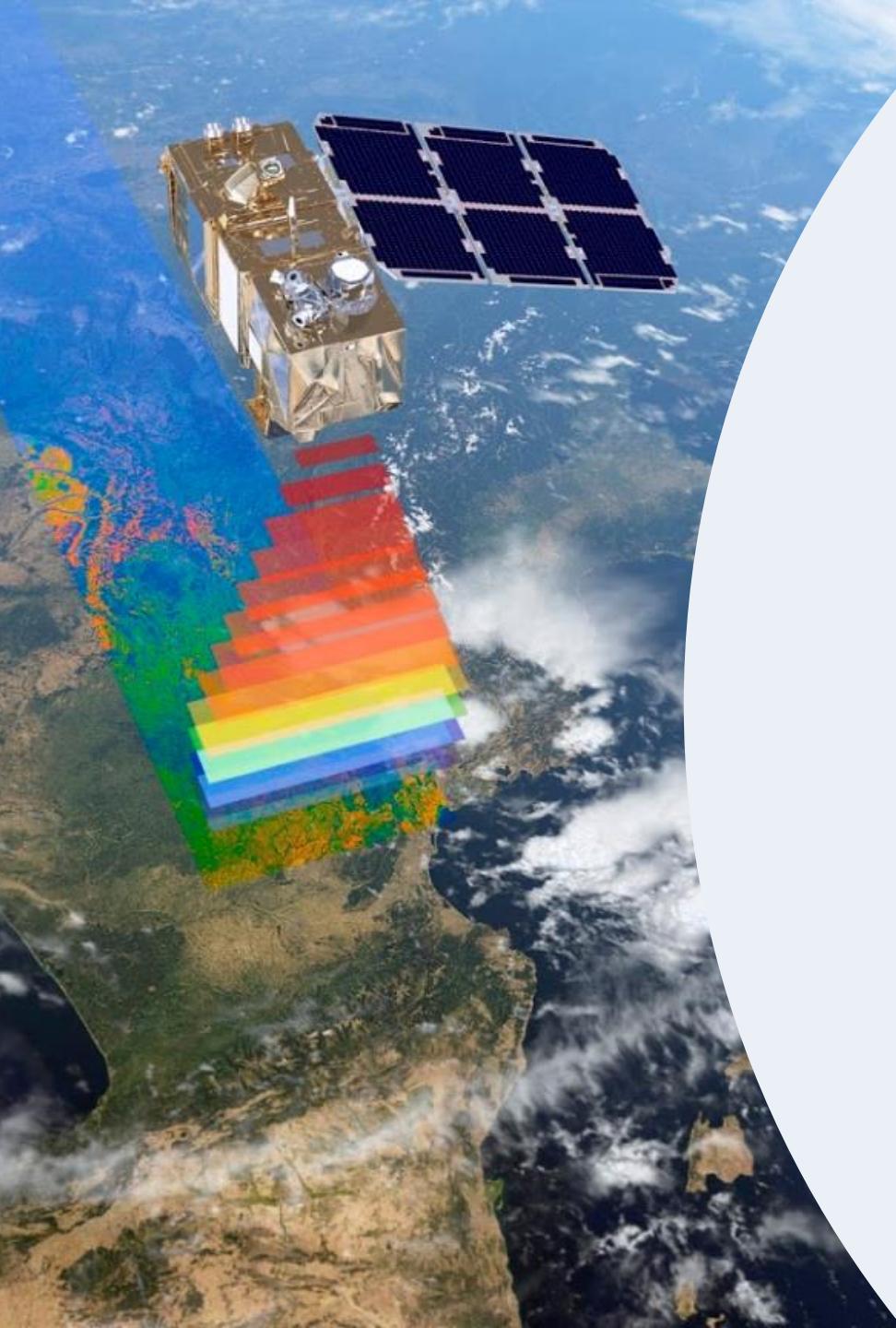
² Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-17-00167).

Актуальность

Морской мусор, включая пластиковые отходы, представляет собой антропогенные загрязнения, которые попадают в морские и пресноводные экосистемы. Пластиковые отходы оказывают негативное влияние на морскую фауну, вызывая интоксикацию, удушение и гибель животных. Таким образом, пластиковый мусор, который поступает из различных источников, в том числе через речной сток в океан, оказывает существенное отрицательное воздействие на морские экосистемы, что делает мониторинг пластиковых отходов важной экологической задачей.





Одним из наиболее распространённых методов решения проблемы выявления пластика на поверхности водоёмов с использованием данных дистанционного зондирования является применение различных спектральных индексов. Однако при наличии множества таких индексов возникает вопрос о том, какой из них наиболее информативен для диагностики пластиковых загрязнений.

Данная работа посвящена сравнительному анализу существующих спектральных индексов, рассчитанных на основе спутниковых мультиспектральных изображений поверхности океана и внутренних водоёмов, с целью определения наиболее эффективного индекса для обнаружения плавающего пластикового мусора в океане.

Анализируемые данные



Помимо сравнения индексов между собой в контексте выявления пластикового мусора, рассматривается также возможность дифференциации пластиковых отходов от других поверхностных загрязнений, таких как деревянные фрагменты, толстые биогенные плёнки (водоросли саргассума, фитопланктон), морская слизь, нефтяные пятна и пленки олеиновой кислоты.

Спектральные индексы

Floating Debris Index

$$FDI = R_{NIR} - R_{RE} + (R_{SWIR} - R_{RE}) \times \frac{\lambda_{NIR} - \lambda_{RE}}{\lambda_{SWIR} - \lambda_{RE}} \times 10,$$

Floating Algae Index

$$FAI = R_{NIR} - R_{Red} - (R_{SWIR} - R_{Red}) \times \frac{\lambda_{NIR} - \lambda_{Red}}{\lambda_{SWIR} - \lambda_{Red}},$$

Normalized Difference Vegetation Index

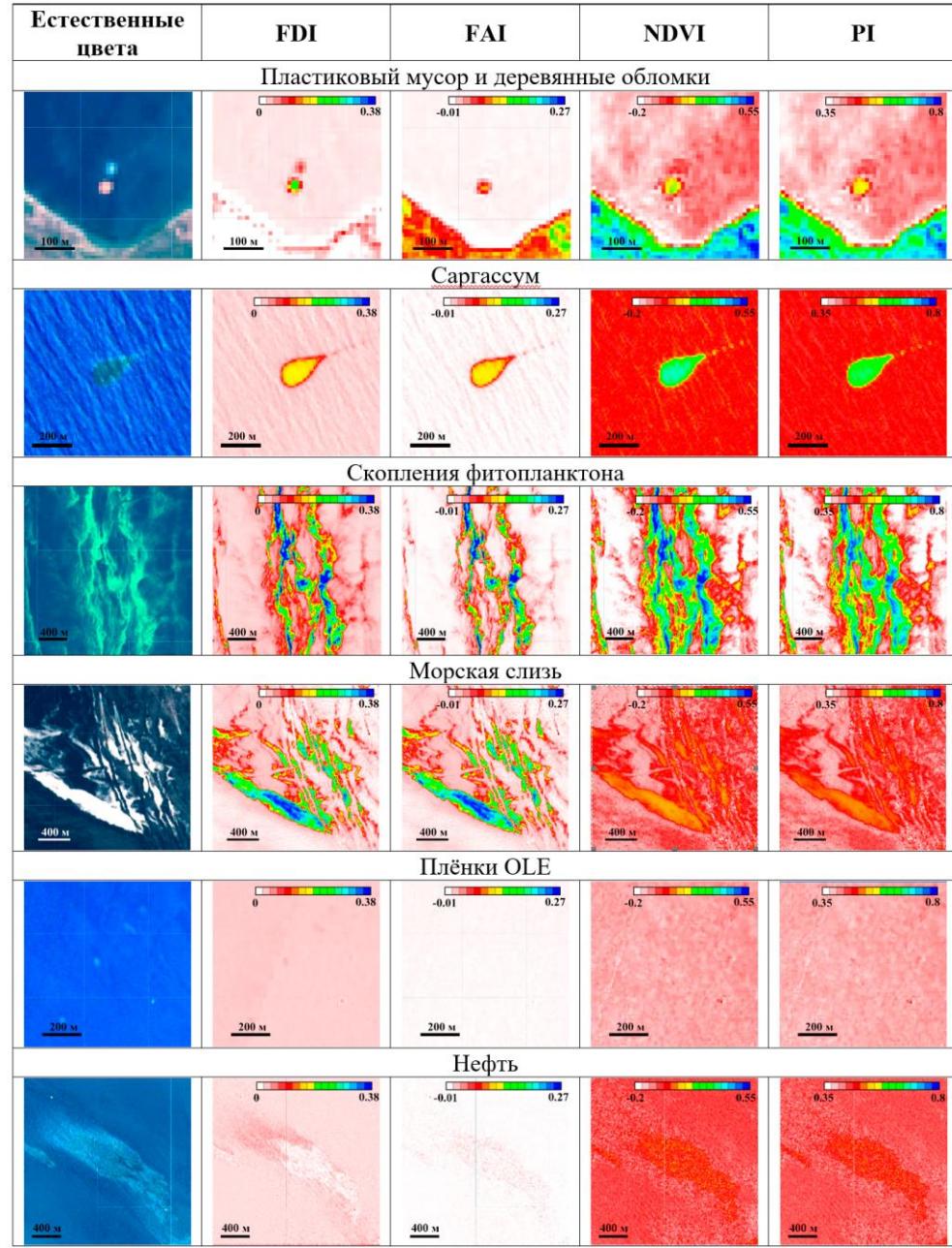
$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{Red}}{R_{NIR} + R_{Red}},$$

Plastic Index

$$PI = \frac{R_{NIR}}{R_{NIR} + R_{Red}},$$

где R_i – коэффициент отражения на длине волны i . Для расчётов индексов используются следующие значения длин волн: красный диапазон Red – 665 нм, красная граница RE (Red Edge) – 740 нм, ближний инфракрасный диапазон NIR (Near-Infrared) – 865 нм, коротковолновый инфракрасный диапазон SWIR (Short Wave Infrared) – 1610 нм.

Сравнительный анализ



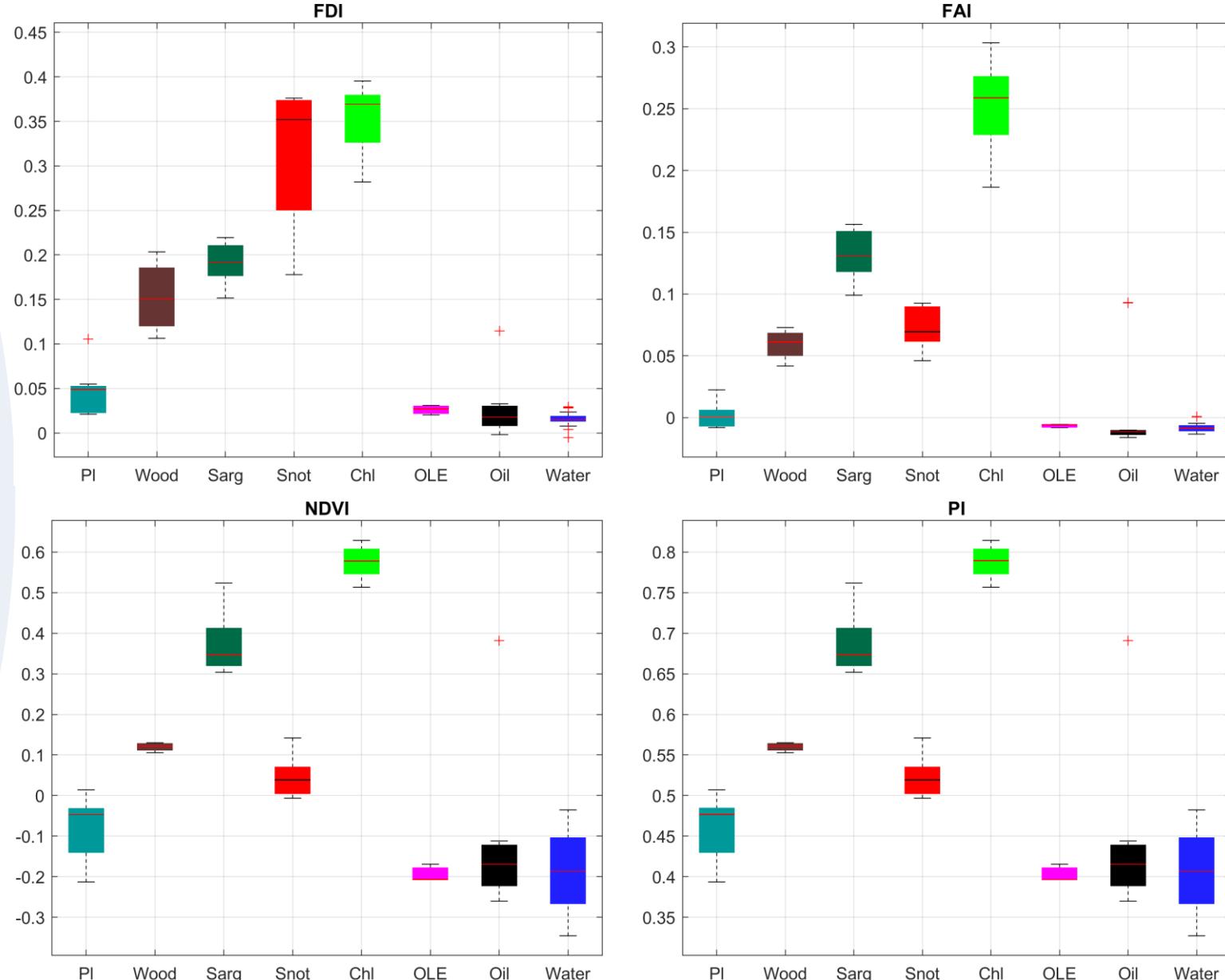
Проведено сравнение рассматриваемых индексов для разных типов загрязнений. На слайде представлены примеры анализируемых изображений в естественных цветах для различных типов загрязнений на поверхности воды и рассчитанные пространственные распределения индексов FDI, FAI, NDVI и PI.

Из приведенных на слайде рисунков следует, что рассматриваемые индексы дают достаточно контрастные карты распределения загрязнений, однако для количественных выводов относительно эффективности того или иного индекса следует рассмотреть статистические оценки последних.

Сравнительный анализ

Эффективность индексов определяется как дисперсией значений индекса для каждого типа загрязнения - чем меньше дисперсия, тем надежнее определяется тип загрязнения, так и разницей между их медианными значениями, что позволяет облегчить процесс распознавания различных типов загрязнений между собой. Помимо этого, поскольку представленные индексы используются для обнаружения загрязнений на поверхности воды, значение индекса загрязнения должно существенно отличаться от значения индекса чистой воды.

На слайде видно, что в задаче обнаружения и идентификации загрязнений пластиком на поверхности воды индекс FAI показывает большую эффективность по сравнению с другими перечисленными индексами, включая Plastic Index (PI), что может быть неожиданным.



Заключение

- Выполнен сравнительный анализ имеющихся в литературе мультиспектральных спутниковых изображений загрязнений разного типа на поверхности воды, включая пластиковый мусор, деревянные фрагменты, толстые биогенные пленки саргассума и фитопланктона, морскую слизь, нефтяные пленки, пленки поверхностно-активного вещества.
- Рассчитаны наиболее широко используемые при анализе мультиспектральных данных спектральные индексы: FDI, FAI, NDVI и PI. Показано, что в задачах обнаружения и идентификации загрязнений пластиком на поверхности воды большей эффективностью по сравнению с перечисленными на данный момент индексами характеризуется индекс FAI, а не Plastic Index (PI), как можно было бы ожидать.
- В то же время, использование индекса FAI не позволяет однозначно идентифицировать пластиковый мусор, например, в присутствии нефтяных пленок. Таким образом, задача диагностики пластикового мусора с использованием существующих спектральных индексов пока не может считаться полностью решенной и требует дальнейшего развития принципов такой диагностики.