



СТТ



Работа выполняется при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России в рамках проекта RFMEFI60716X0153

Автоматическое детектирование и идентификация объектов на снимках морской поверхности, полученных средствами ДЗЗ

Automatic detection and identification of objects on sea surface images obtained by remote sensing

ФГБУН ИПС РАН

А. Н. Виноградов
Е. П. Куршев

АО «СТТ групп»

С. А. Белов
С. В. Парамонов

АО «РАКУРС»

Т. Д. Данилова
П. Д. Тарасова

Разработка методов, алгоритмов и ПО для:

Определения морских районов с благоприятными океанографическими и метеорологическими характеристиками для дальнейшего осуществления их съёмки

Детектирования и идентификации объектов интереса (ОИ) по данным космической съёмки высокого разрешения фрагментов морских районов

Используемые материалы ДЗЗ и иные источники: снимки среднего разрешения и данные метеоспутников; данные AIS о перемещениях рыболовецких судов; данные съёмки с высоким разрешением со спутника или БПЛА.

Типовые объекты, обнаруживаемые на снимках

Typical objects detected in images



Основной объект интереса (ОИ) –
промысловое рыбное скопление пелагического типа

Объекты биологического происхождения:
группы морских млекопитающих и птиц;
планктонные поля; водоросли

Объекты искусственного происхождения:
скопления мусора; химические загрязнения; технические объекты
Суда, платформы и т.п.

**Объекты и артефакты естественного
небиологического происхождения**
Мели и рифы; слики на поверхности; тени облаков

Объект поиска

Search target



Рыбное пелагическое скопление — находящееся в приповерхностном слое образование, отличающееся оттенком и текстурой

Примеры объектов

Objects samples



Водоросли



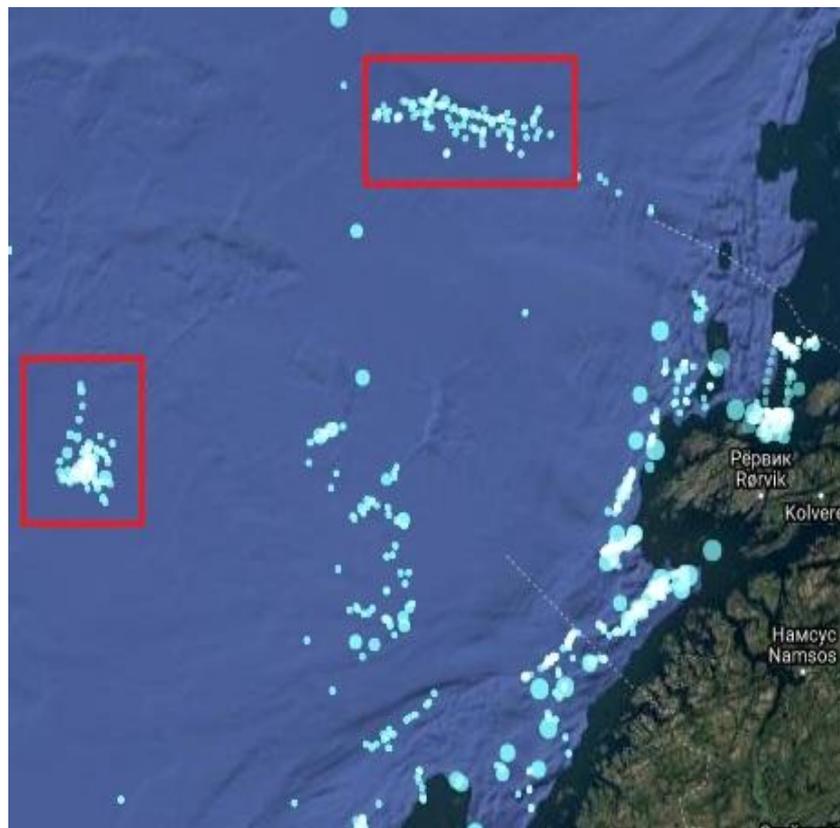
Древесный мусор



Технические сооружения

1. Определение зон поиска

Search area detection



**По местам скопления
и активности
рыбопромысловых судов**

Производится по данным AIS судов
в промысловом районе

**По поискам аналогий между
актуальными и историческими
данными**

о связи рыбопромысловой
активности и данными
океанографических
и метеорологических измерений

Данные для анализа и выявления зон поиска

Data for search area detection and analysis

Собираемые данные:

- температура поверхности океана (ТПО);
- направление и скорость морских течений;
- уровень солёности;
- характеристики взволнованности;
- скорость и направление приводного ветра;
- уровень растворенного кислорода;
- цветность воды;
- прозрачность (наличие взвесей);
- концентрация хлорофилла.

Используются данные, собираемые КА ДЗЗ, оснащённые метеоаппаратурой и/или аппаратурой многоканальной съёмки, радиолокационными спутниками.

Используемые продукты уровня L2/L4 (пример, продукты MODIS)

2. Детектирование наличия потенциальных объектов интереса



CTT



Detecting the presence of potential objects of interest

Для обработки длинных серий снимков морской поверхности (например, съемка БПЛА продолжительностью нескольких часов) предлагается использовать **автоматическое детектирование** наличия потенциальных ОИ

Применяемое ПО: **на базе «обученной нейронной сети»**, различающей «пустые» и «содержательные» кадры

3. Выделение

и классификация объектов

Object segmentation and classifying



При наличии большого числа «содержательных кадров» предлагается применение ПО автоматической обработки, осуществляющего:

**Выделение
границ объекта**

Классификацию

Отнесение к классу
«объект интереса»
либо «иное»,
с уточнением
класса или без

Детализацию объекта

Тип рыбного скопления,
размер, потенциальная
промысловая ценность

Выделение границ

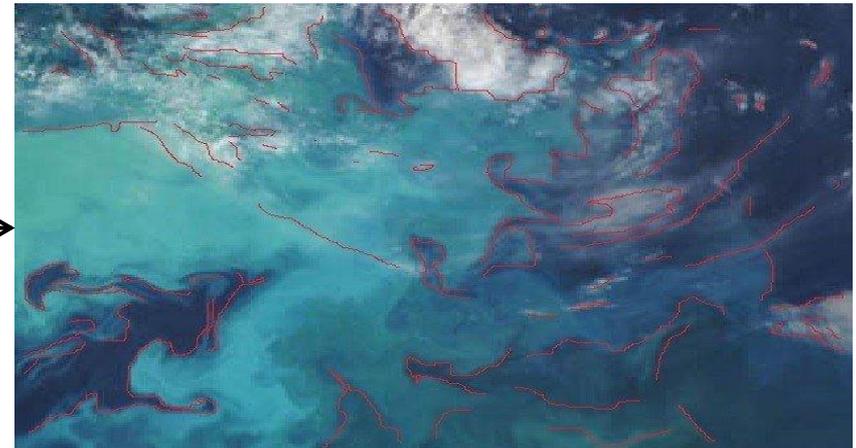
Border detection



Пятно на поверхности моря и следа от проходящего судна

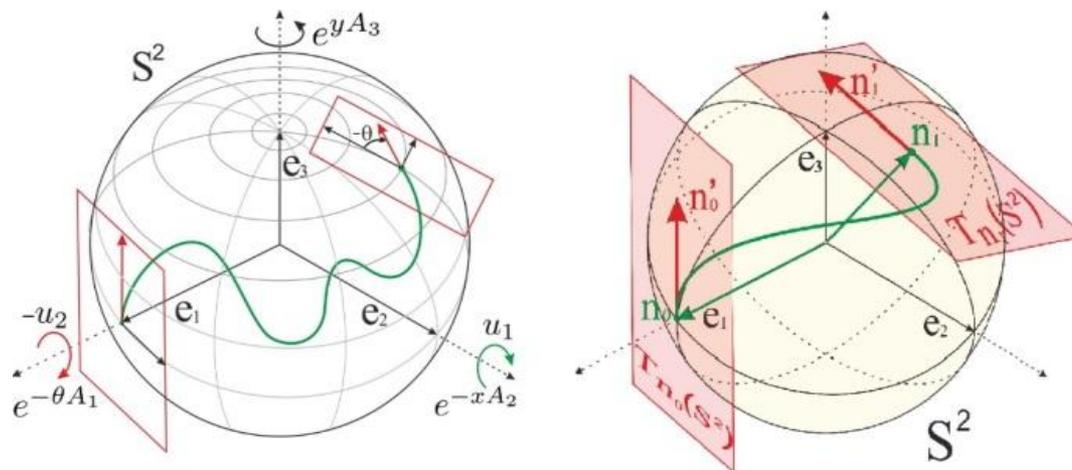


Область развития фитопланктона на фоне облачности атмосферы



Выделение границ — Алгоритм

Border detection - Algorithm



Обеспечивает решение задачи восстановления прерванных кривых, который, кроме полученных участков сглаженных кривых, учитывает также само исходное изображение

Базируется на аппарате геометрической теории управления и субримановой геометрии

Может работать как с плоским изображением, так и со сферическим изображением

Выделение границ — Алгоритм



Border detection - Algorithm

Требуется найти кривую $R: [0, T] \rightarrow SO(3)$, такую что

$$\dot{R} = u_1 X_1 + u_2 X_2, R(0) = id, R(T) = R_1,$$

и минимизирующую функционал

$$J(R) = \int_0^T E(R(t)) \sqrt{(\xi^2 u_1^2(t) + u_2^2(t))} dt$$

Численное решение: субриманова кратчайшая $R(t) = R_b(W(R_{fin}) - t)$, соединяющая единицу группы Id с R_{fin} находится интегрированием по $t \in [0, W(R_{fin})]$ уравнения

$$\dot{R}_b(t) = -u_1(t)X_1|_{R_b(t)} - u_2(t)X_2|_{R_b(t)}, R_b(0) = R_{fin},$$

где $u_1(t) = \frac{X_1|_{R_b(t)}(W)}{(\xi C(R_b(t)))^2}, u_2(t) = \frac{X_2|_{R_b(t)}(W)}{(C(R_b(t)))^2}.$

Алгоритм классификации объектов

Object classification algorithm

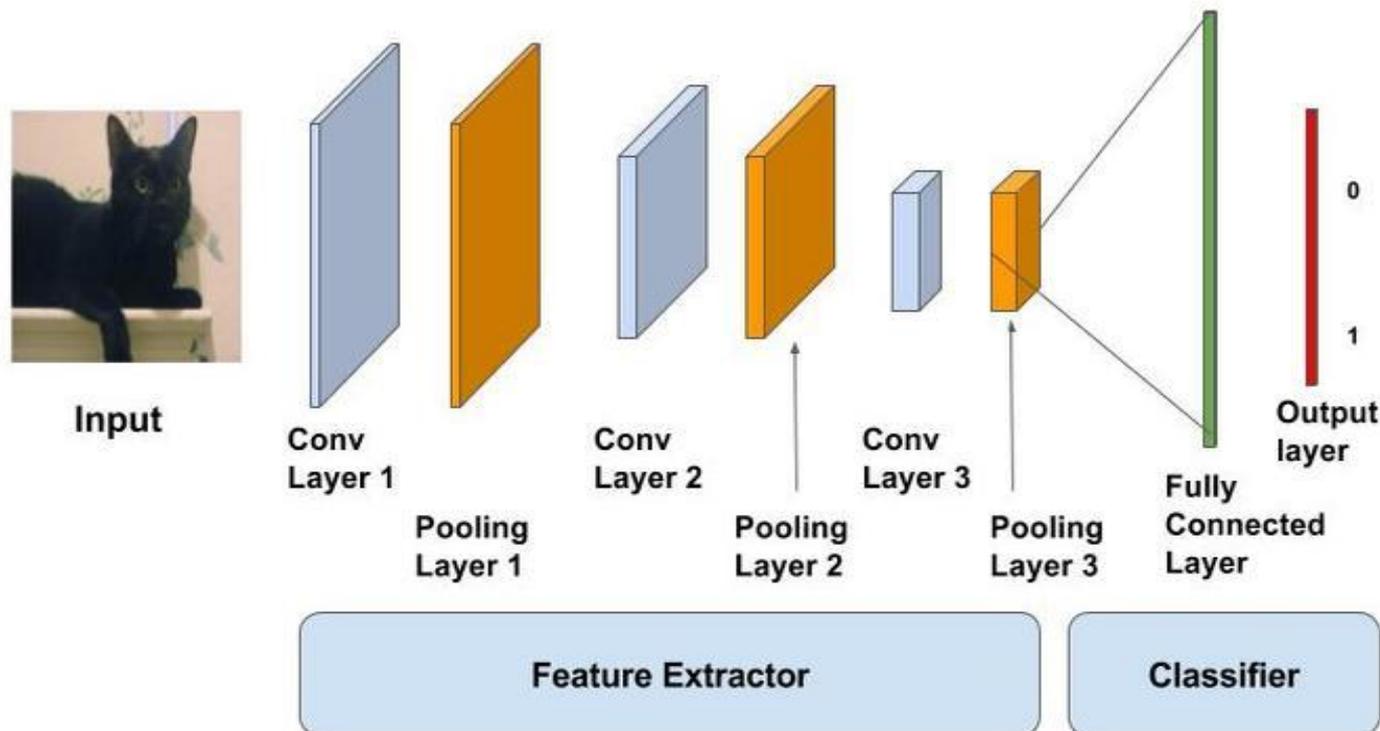


Классификатор построен на базе нейронной сети, «обученной» на наборе данных — изображений с различными типами объектов

Параллельно может производиться сегментация снимка для выделения групп пикселей, относящихся к объекту данного класса (построение маски объекта) для дальнейшего определения его характеристик

Классификатор на базе свёрточной нейронной сети

Convolution neural network based classifier

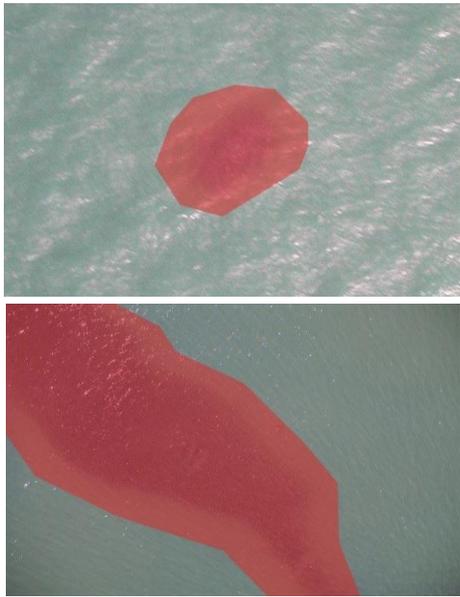


В процессе обучения СНС, сеть обрабатывает множество изображений из разных классов, и, как результат, формирует для каждого класса набор визуальных признаков класса.

Свёрточная сеть состоит из свёрточных слоёв, производящих с изображениями операции свёртки с различными вариантами ядра, и слоями понижения разрешения изображения. Промежуточным выходом СНС является коллекция визуальных характеристик (“feature maps”). Для изображений объектов, принадлежащих определённому классу, набор визуальных признаков будет индивидуальным.

Классификация: построение масок объектов

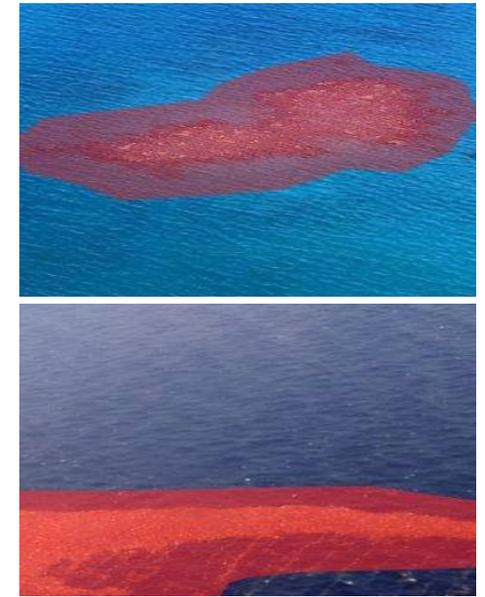
Classifier: object masks building



Основной класс ОИ
рыбное скопление



ОИ класса «водоросли»



ОИ класса «мусор»

Оценки качества работы алгоритма



Algorithm quality estimation

Оценка точности классификации объекта на снимке — F -мера ($F1$ score):

$$F1 = 2 * \frac{precision \cdot recall}{precision + recall}$$

Оценка точности сегментации объекта (наложения маски) — метрика пересечения множеств IoU (или индекс Жаккарда), при пороге обнаружения 0,5:

$$IoU = \frac{true_positive}{true_positive + false_negative + false_positive}$$

Результаты оценочного теста

Sample test results



Класс	F1	IoU
1	0,846	0,733
2	0,56	0,54
3	0,73	0,6
4	0,84	-

Тестирование на 4-х классах объектов:

- рыбные скопления;
- водоросли/планктон;
- загрязнения;
- морская поверхность без объектов.

Полученные результаты

Conclusion



Проведен анализ областей объектов интереса

на изображениях, полученных с помощью дистанционного зондирования акватории океанов и морей. Выявлены основные признаки, характеризующие ОИ, и определены значения этих признаков для различных типов ОИ.

Для случаев пересечения разных ОИ на одном снимке

разработан способ определения границ объектов интереса,

основанный на методе восстановления кривых на сферическом изображении.

Разработан алгоритм детектирования ОИ на спутниковых снимках.

Проведены эксперименты по расширению обучающего множества нейронной сети путем синтезирования изображений ОИ на основе модификации исходного множества реальных снимков. Эксперименты показали улучшение качества распознаваний объектов интереса при увеличении объёма обучающей выборки, пополняемой таким способом.



Благодарим за внимание!

Thank you for your attention!

+7(495) 545-45-40

cttgroup.ru