



ПРИ ГРАНТОВОЙ  
ПОДДЕРЖКЕ  
МИНОБРНАУКИ  
РОССИИ



# Современные методы ДЗЗ для исследования арктических экосистем: систематический обзор и перспективы

Екатерина Фабер<sup>1</sup>

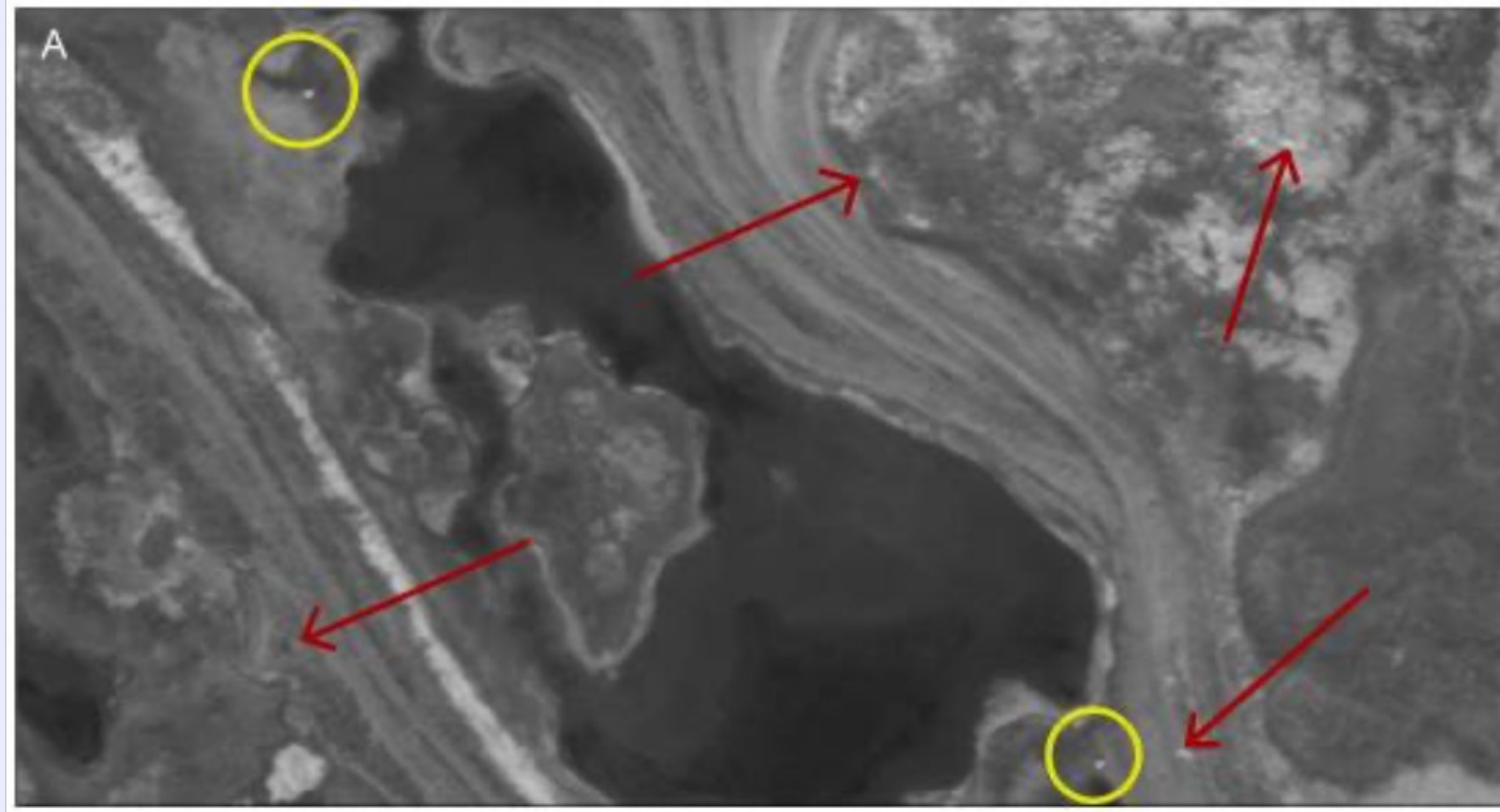
<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет, ВШЭ и ФГБУ "ФНКЦ КМ" ФМБА России  
[faber.cat.rina@gmail.com](mailto:faber.cat.rina@gmail.com)

Доклад подготовлен в рамках участия в проекте «Билет в Арктику» при поддержке  
«Росатом» и Минобрнауки



ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА  
Москва, ИКИ РАН, 11-15 ноября 2024

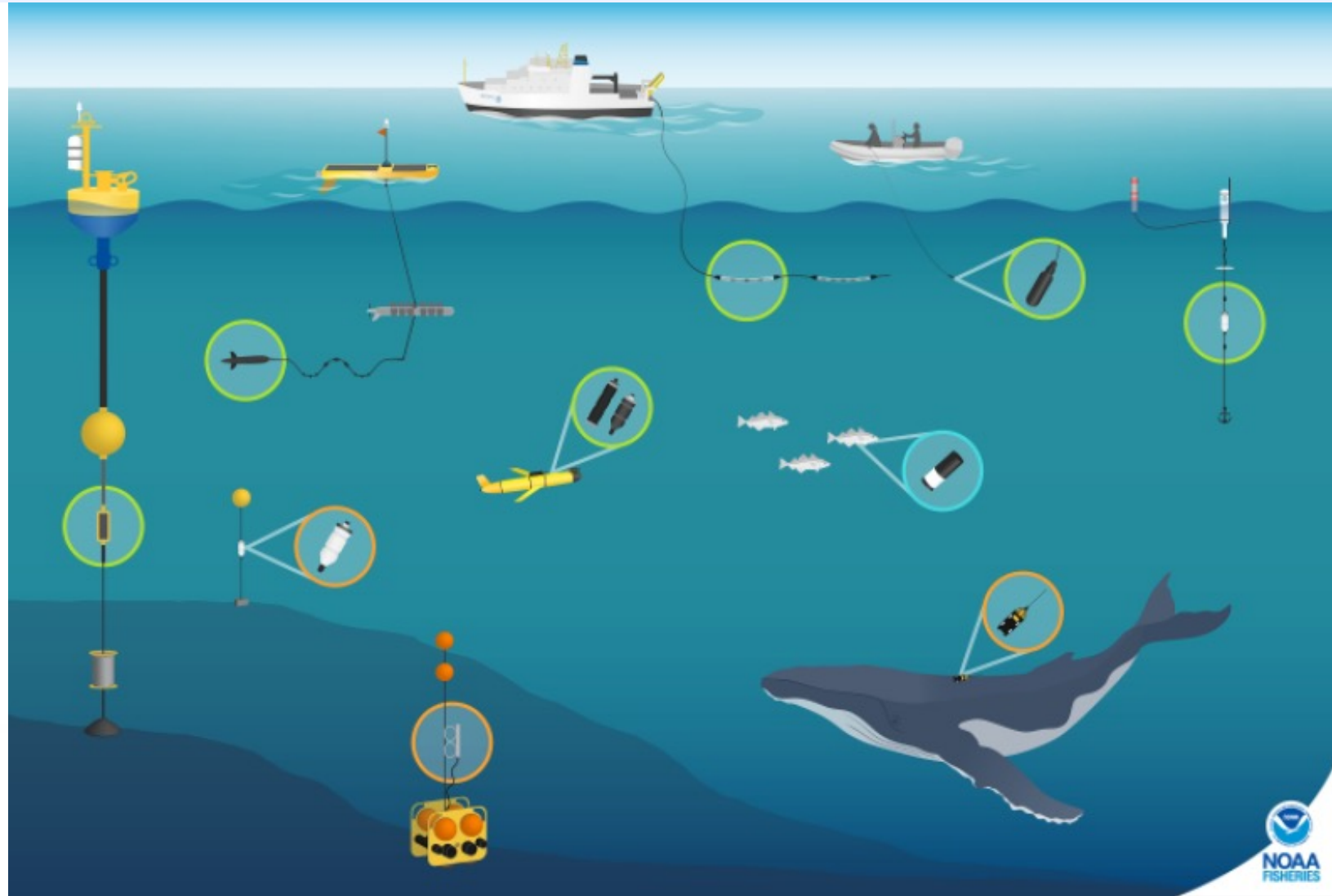
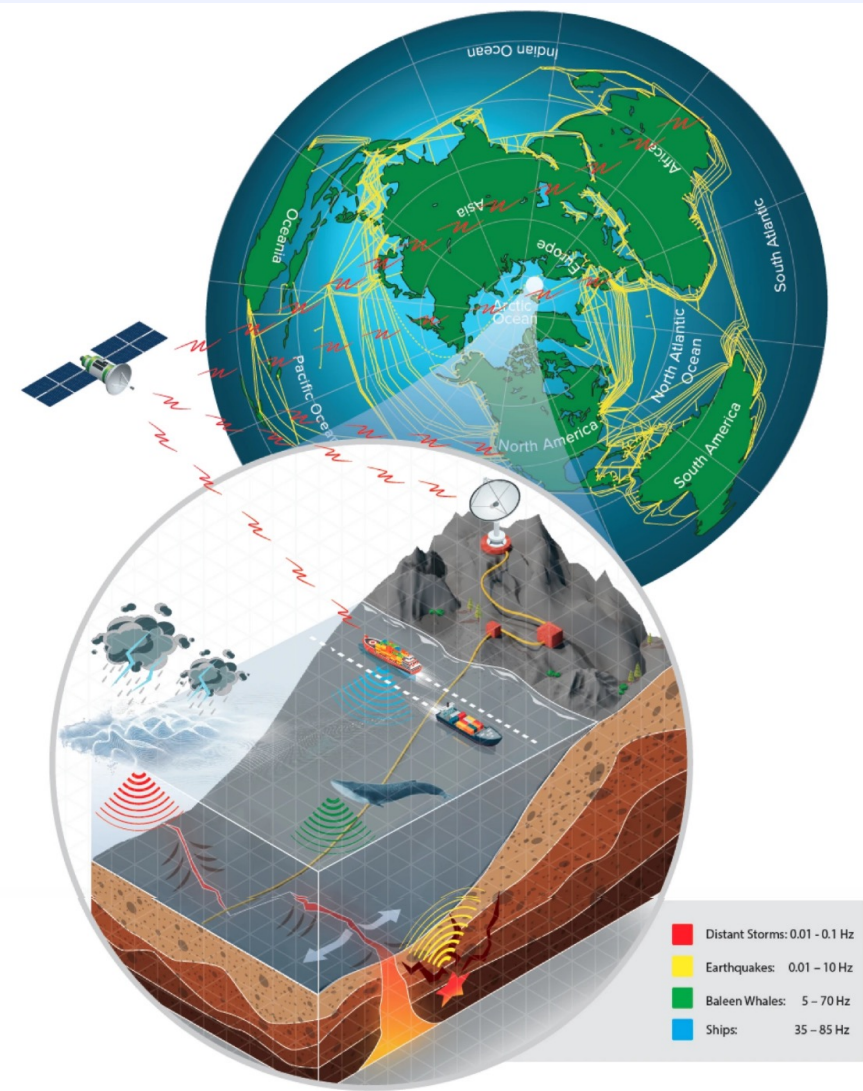
## Polar Bears from Space: Assessing Satellite Imagery as a Tool to Track Arctic Wildlife (2014)



«Наш первоначальный, независимый обзор изображений был утомительным и потребовал в общей сложности 100 часов; это сделало нереалистичным повторное изучение изображений во второй раз (после нашего совместного изучения точек), а также затруднило набор большего количества наблюдателей. Надежный, автоматизированный процесс значительно улучшит применимость этой техники.»

doi: 10.1371/journal.pone.0101513

# Сбор и анализ данных



Источники: <https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/track-whale-detections-interactive-map> (справа)

<https://www.nature.com/articles/s41598-022-23606-x/figures/1> (слева)

# Цели и задачи мониторинга

## Цели:

- Оценка состояния биоразнообразия в Арктике
- Мониторинг изменений в среде обитания арктических животных
- Прогнозирование последствий изменений климата и человеческой деятельности

## Задачи:

- Сбор данных о популяциях ключевых арктических видов
- Анализ миграционных маршрутов и их изменений
- Оценка влияния судоходной деятельности и нефтегазовой промышленности на экосистему



# Рассматриваемые данные и методы

## Подходящие данные для мониторинга за животными:

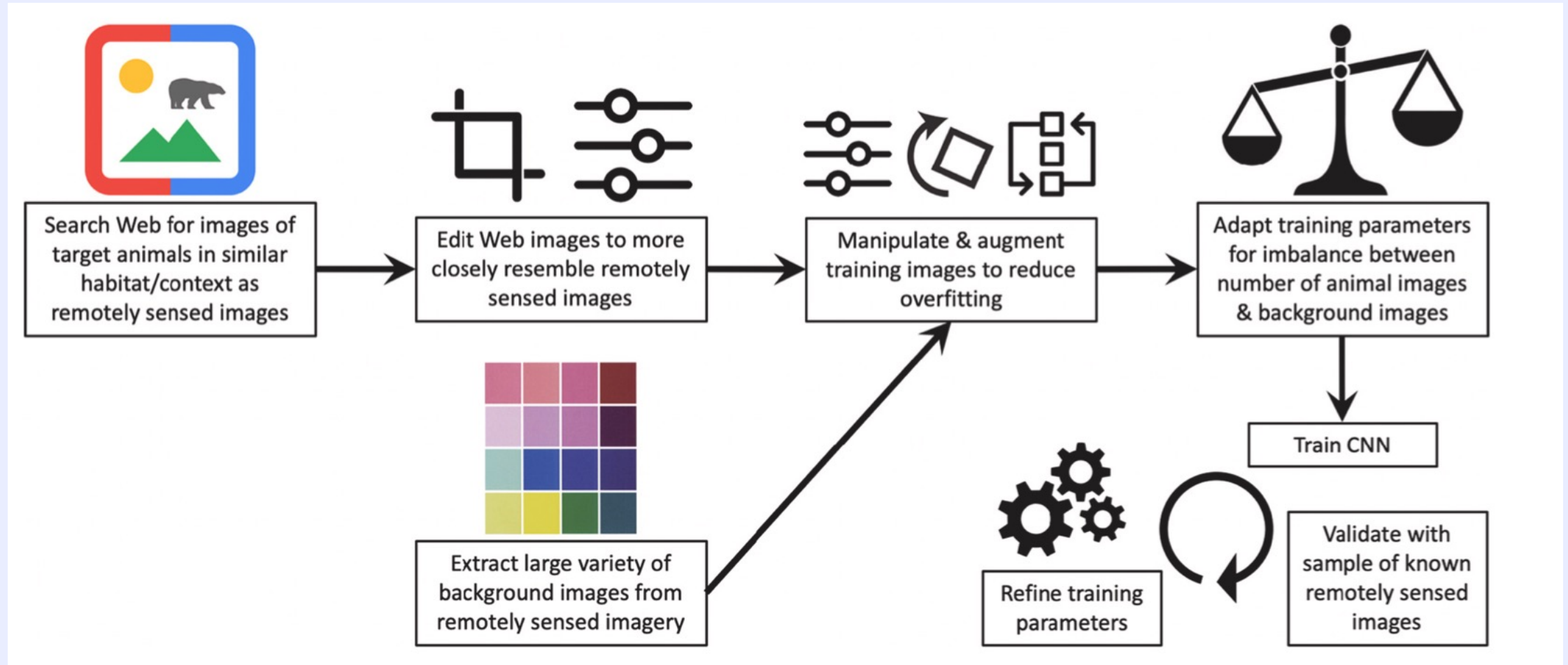
- Спутниковая съемка (оптические и радарные изображения)
- Лазерное сканирование (LiDAR)
- Гиперспектральные снимки
- Примеры используемых спутников (например, Sentinel, Landsat)

## Внедрение методов МО и ИИ:

- Алгоритмы машинного обучения для классификации изображений
- Анализ миграционных маршрутов с помощью ИИ
- Оценка состояния среды обитания с использованием нейронных сетей



# Процесс обучения

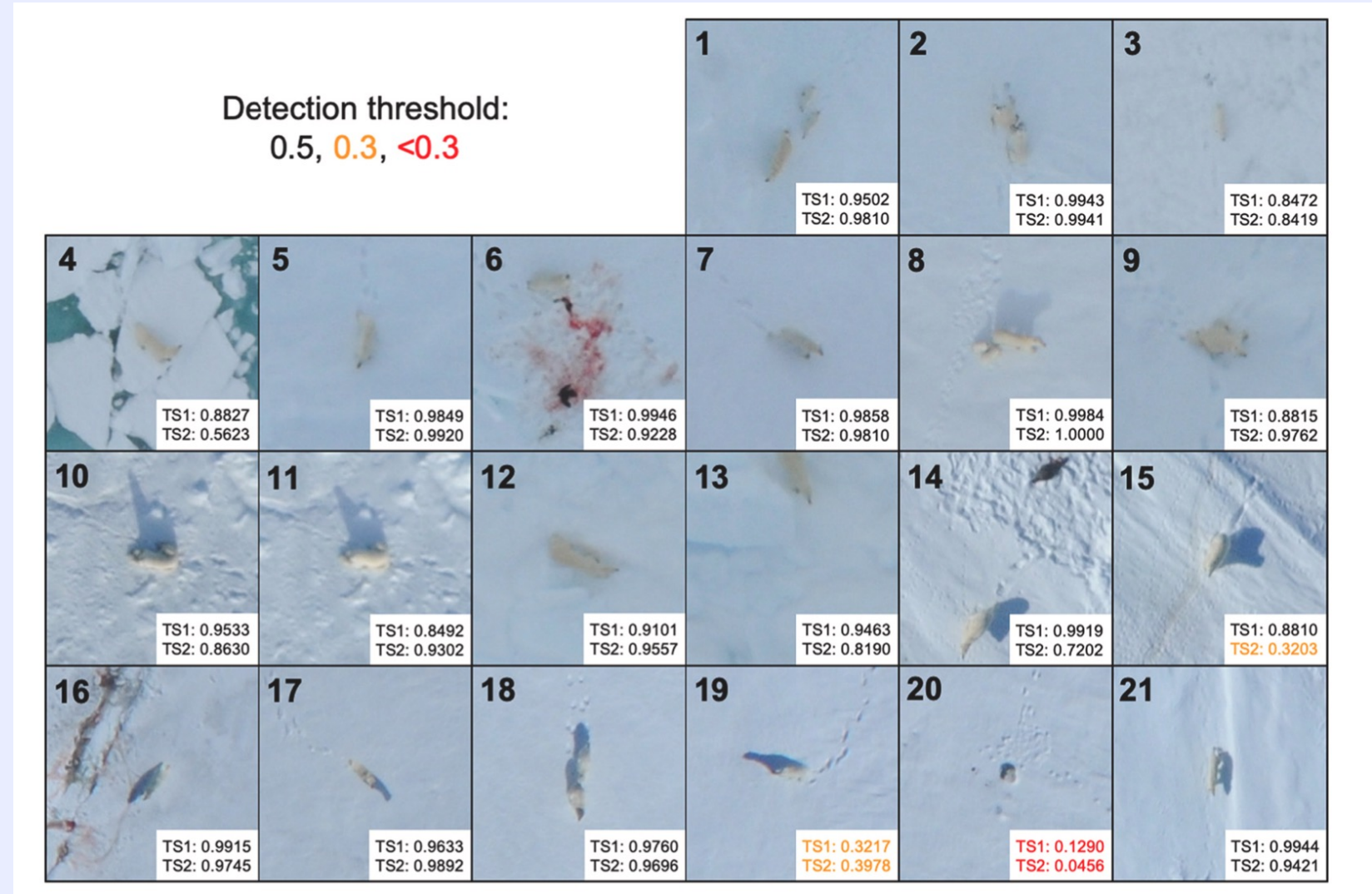


**Рисунок:** Общий рабочий процесс использования различных веб-изображений животных для обучения глубокой сверточной нейронной сети (CNN) с целью обнаружения животных в обширном наборе изображений, полученных с помощью дистанционного зондирования, когда в наборе изображений слишком мало априори известных экземпляров животных для обучения CNN. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101547>

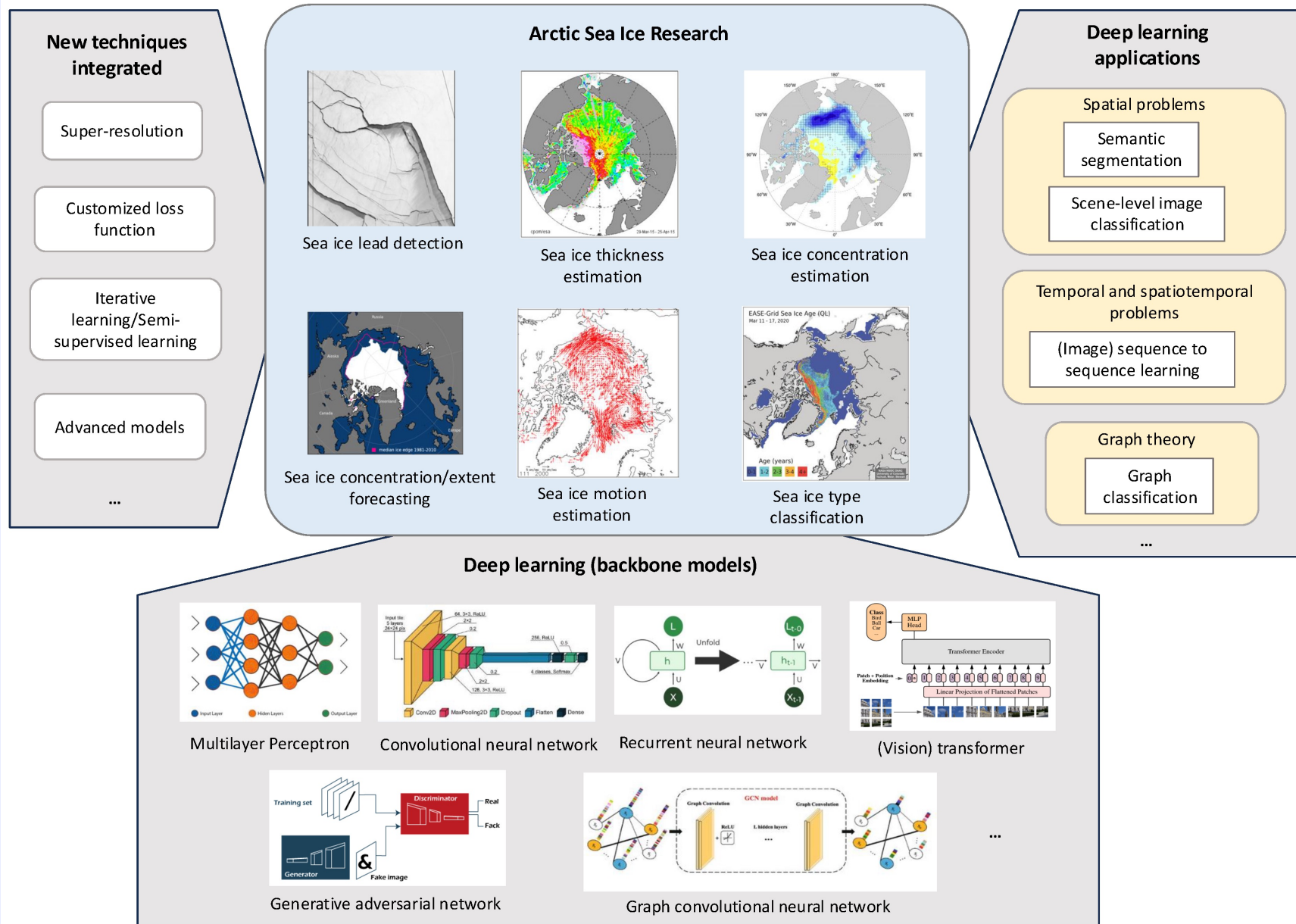
# Результаты обучения

## Рисунок:

Коллаж из всех известных изображений белых медведей, полученных во время аэрофотосъемки залива Баффина в 2010 году, обрезанных до фрагментов размером 224 × 224 пикселя. Изображения с соответствующими буквами представляют одного и того же медведя, запечатленного на двух последовательных фотографиях. Вероятности присутствия белых медведей на изображениях по оценкам глубокой нейронной сети (ResNet-50), обученной с использованием веб-изображений белых медведей после первого (TS1) и второго (TS2) этапов обучения. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101547>



# Методы обучения





# Методы обучения: распознавание среды



## Методы глубокого обучения для оценки:

- толщины морского льда
- концентрации морского льда
- прогнозирования концентрации морского льда
- движения морского льда
- классификации типов морского льда

Sea Ice Application	Deep Learning Problem Formulated	Deep Learning Techniques (Models)	Output	References
Sea ice thickness estimation	Regression	Regression fully connected neural network		[48]
		Convolutional neural network (1D CNN, attention-based CNN)	Thematic maps showing sea ice thickness	[41,44,49]
	Clustering	Deep scattering network		[52]
	Time-series forecasting	Recurrent neural network (PredRNN++), hybrid deep learning model	Near-term forecast of sea ice thickness, creating continuous sea ice thickness maps in future timestamps	[45,53]

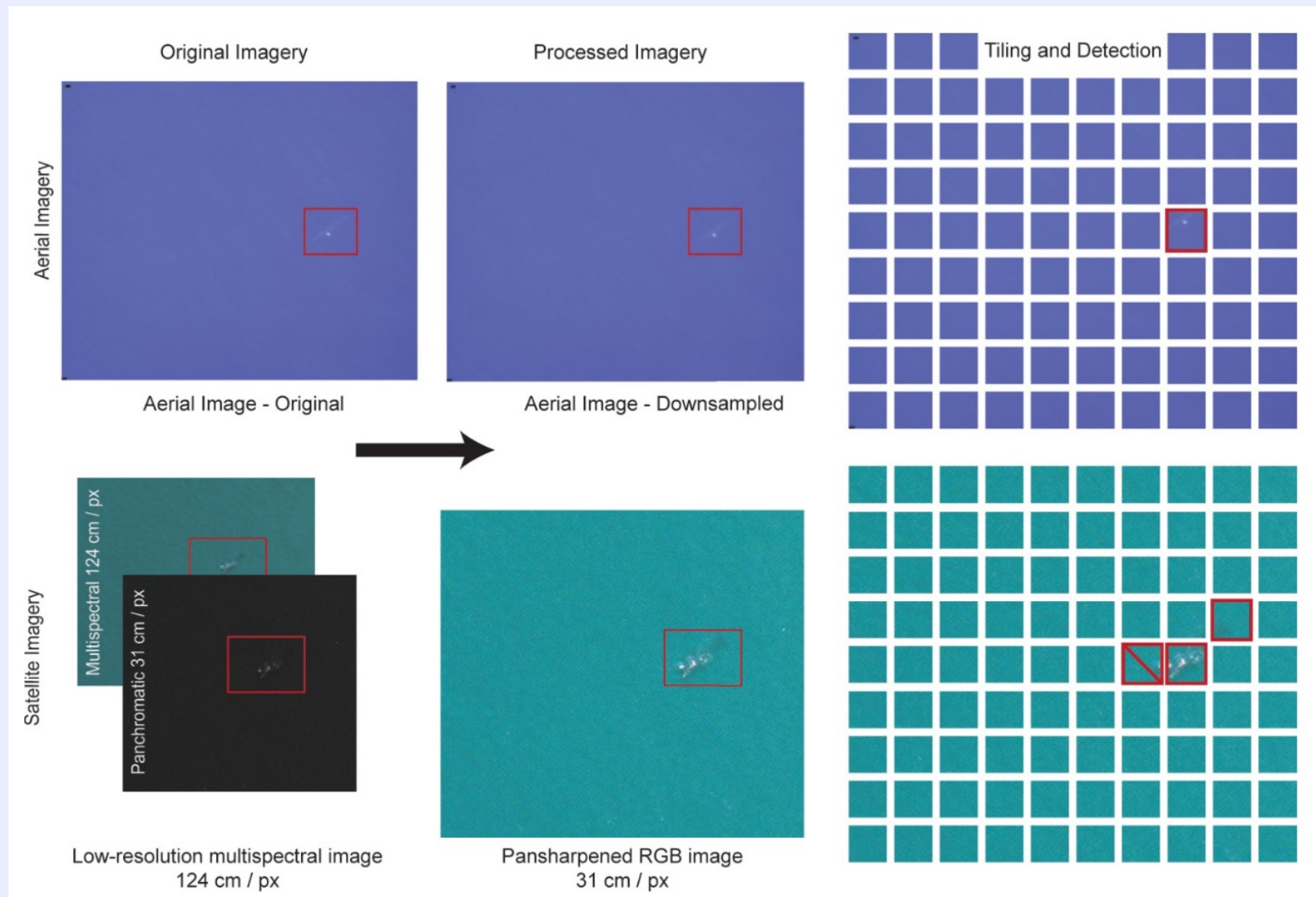
<https://doi.org/10.3390/rs16203764>

# Процесс распознавания: сегментация

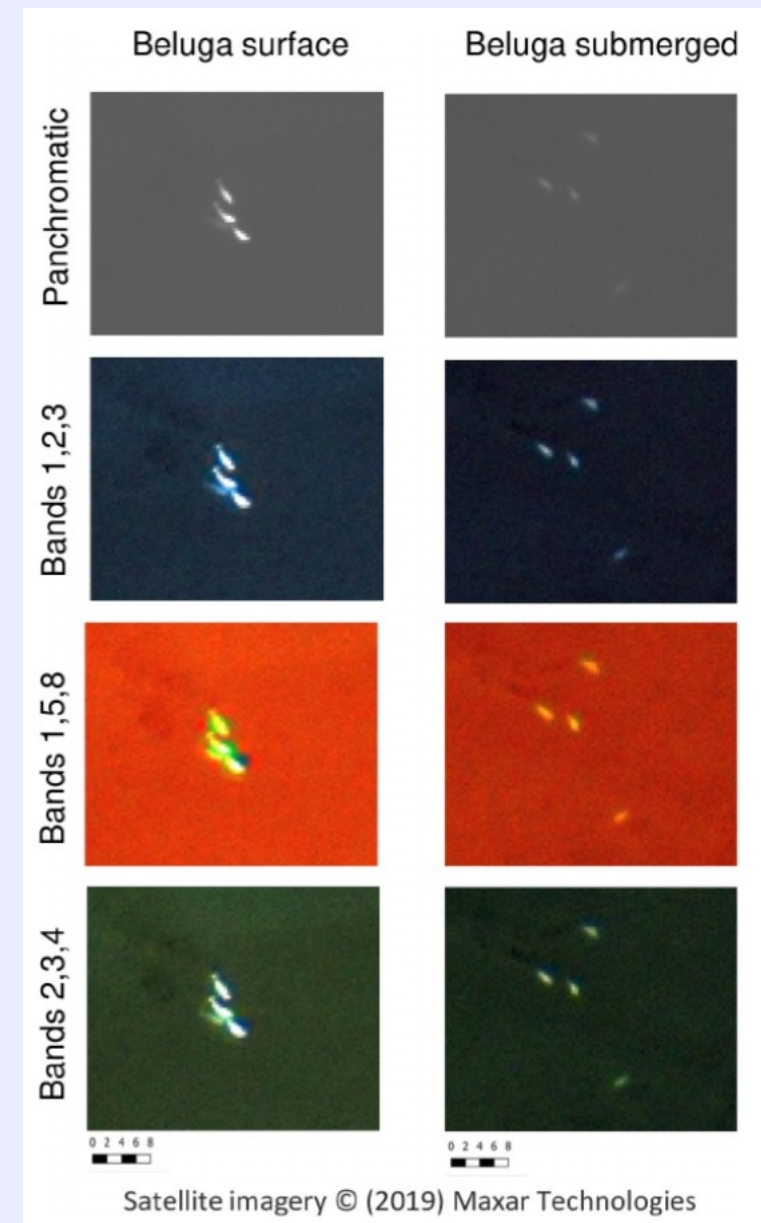
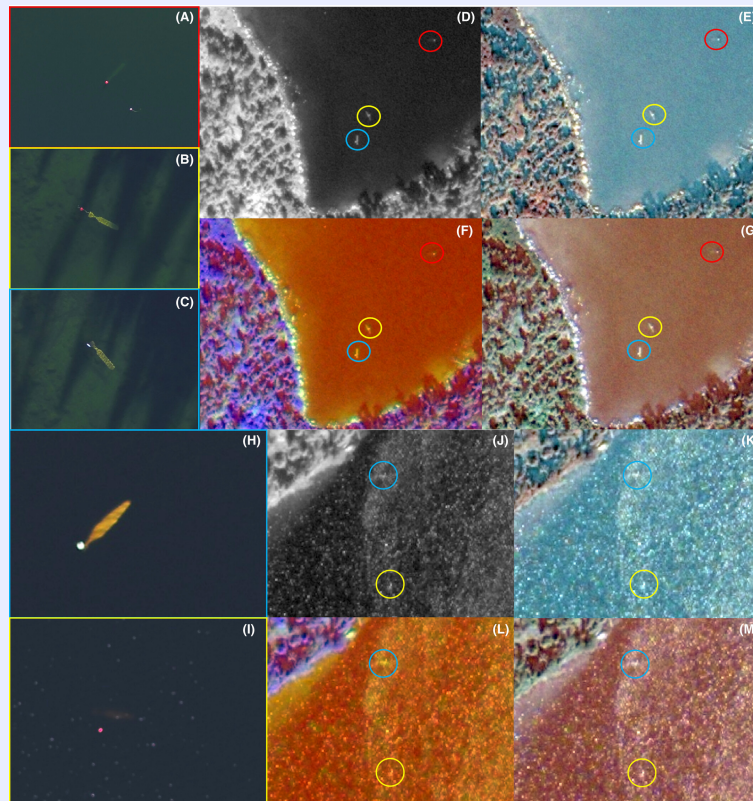
**Рисунок:** Автоматизированный рабочий процесс. Аэрофотоснимки (выше) подвергаются понижению разрешения, мозаичное разделение и затем используются для обучения модели.

Спутниковые снимки (ниже) подвергаются обработке (панхроматическая резкость) и мозаичному изображению, прежде чем модель сможет обнаружить китов. Спутниковые снимки опубликованы по лицензии CC BY с разрешения DigitalGlobe Foundation, оригинальные авторские права 2014

г.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212532.g001>



# Результаты



## Рисунок:

Предобработанные изображения белух на поверхности и под водой из WorldView-3imagery в масштабе 1:177. Переиздано по лицензии CC BY с разрешения Maxar Technologies. Подсчет арктических китов из космоса <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254380>

<https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rse2.396> (слева)



# Дальнейшее развитие

Происходят улучшения в аналитических методах, таких как глубокое машинное обучение, которое позволит аналитикам извлекать больше информации из снимков с очень высоким разрешением

- 1. Адаптация существующих моделей:** Можно адаптировать уже обученные модели для распознавания льда, добавив в них дополнительные слои или изменив архитектуру сети, чтобы она могла обрабатывать изображения с животными. Это может включать использование методов переноса обучения, где предварительно обученная модель дообучается на новом наборе данных с изображениями животных.
- 2. Распознавание поведения:** Разработка моделей для анализа поведения животных на льду. Это может быть полезно для мониторинга миграционных паттернов, поиска пищи или взаимодействия между видами.
- 3. Интеграция с другими технологиями:** Использование ИИ в сочетании с датчиками и беспилотными летательными аппаратами (дронами) для автоматизированного мониторинга и сбора данных о животных на льду.