Современные подходы к автоматизированному поиску археологических объектов по данным ДЗЗ: опыт и направления работы

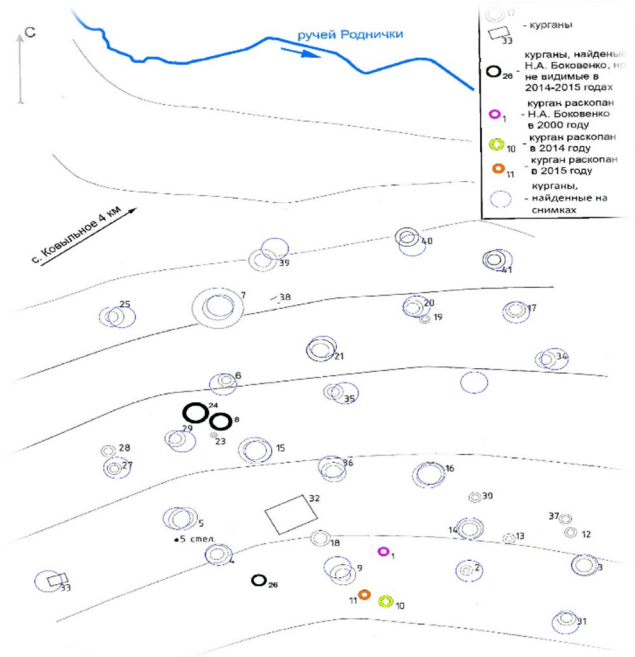
Батуев А.И., Максимович Н.В., Сидорина И.Е.

Санкт-Петербургский государственный университет

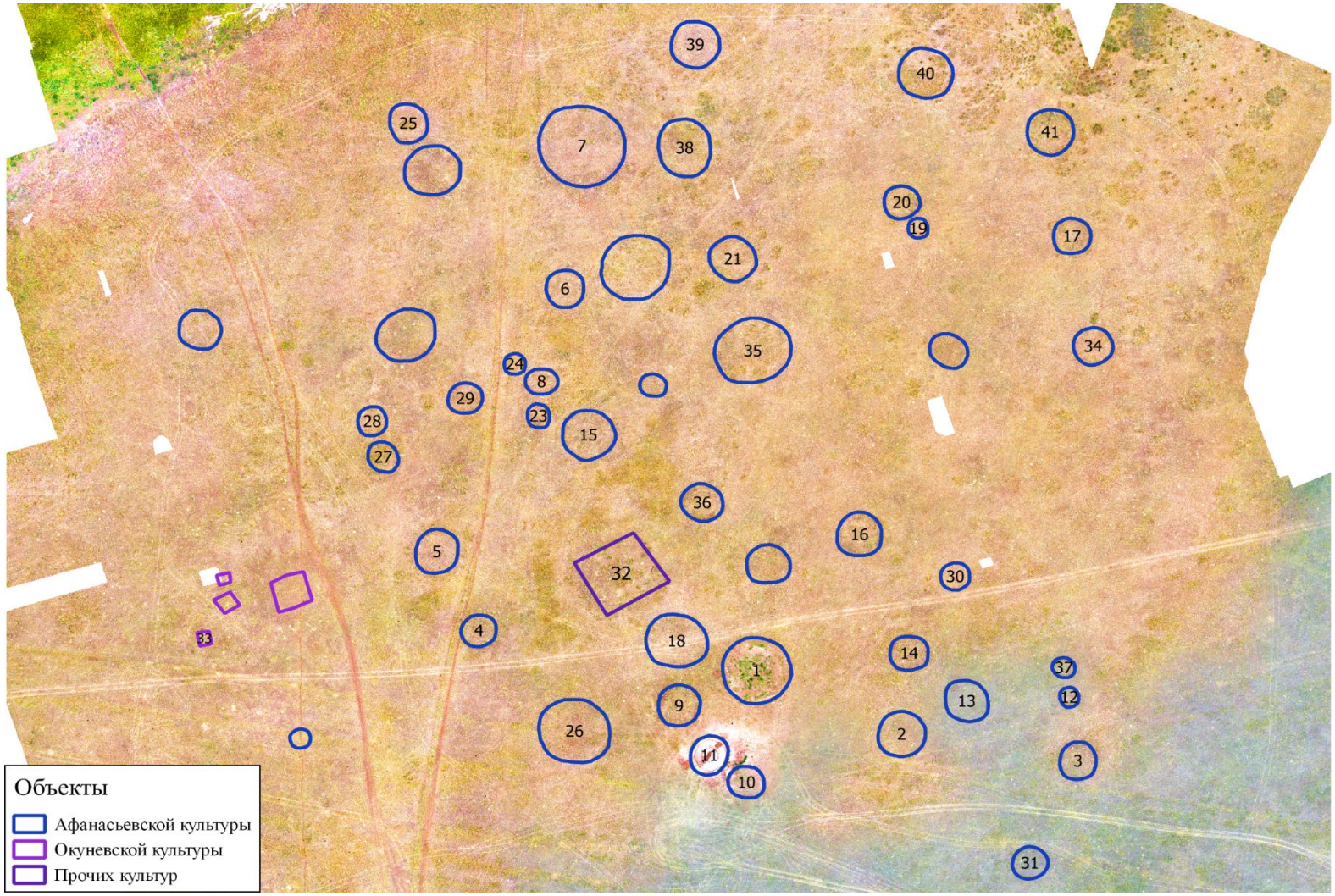
Вступление (картография/геоинформатика), обозначение проблемы

- Применение методов обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) в археологических исследованиях развивается в сторону автоматизации поиска объектов методами машинного обучения, в том числе для задач инстанс-сегментации
- Сотрудники Санкт-Петербургского Института истории материальной культуры Российской академии наук (ИИМК РАН) много лет изучают объекты афанасьевской культуры в районе Среднего Енисея
- В 2017 г. на конференции в ИКИ был представлен доклад А.А. Кружилиной **«Применение методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в археологических исследованиях могильника Нумахыр (Республика Хакасия)»**

Визуальное дешфрирование

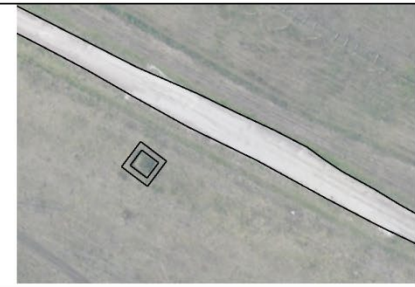
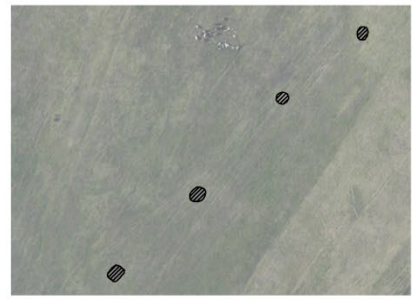
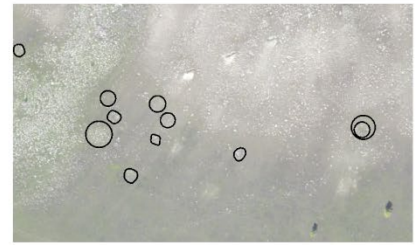
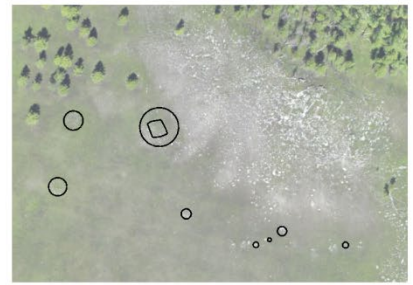


- В ходе дешифрирования найдено **10** новых объектов (предположительно **7** Афанасьевских курганов и **3** Окуневских).
- Часть объектов была подтверждена в полевой сезон 2018 года.



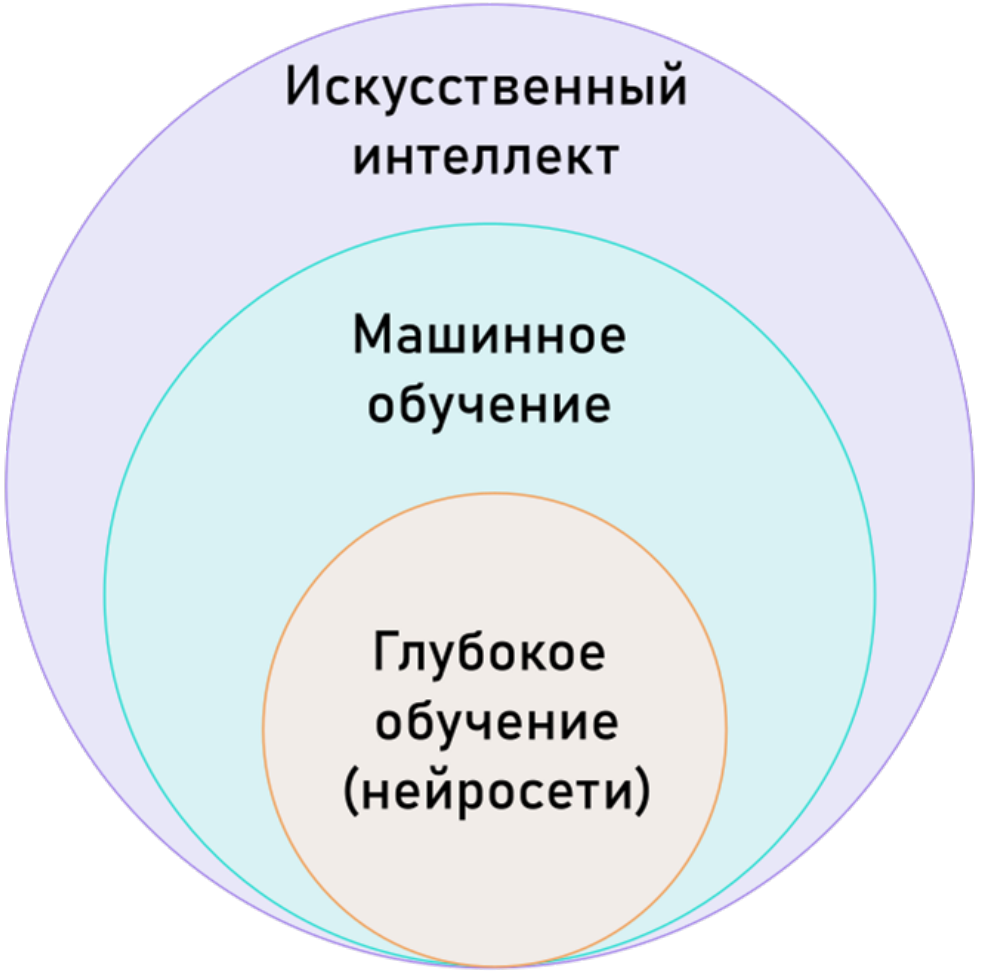
В 201 4 г. в рамках дипломной работы Жовтис Е.В. по снимкам, предоставленным Сканэкс провела археологическое дешифрирование, по результатам которого найдено **750** археологических памятников на территории Боградского, Усть-Абаканского и Ширинского района республики Хакасия.
Был создан каталог дешифрирования археологических памятников для 22 объектов результатам космической съемки и для 23 по данным аэросъемки.
Мы не знаем, сколько из них подтверждено.

КАТАЛОГ ДЕШИФРИРОВАНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ

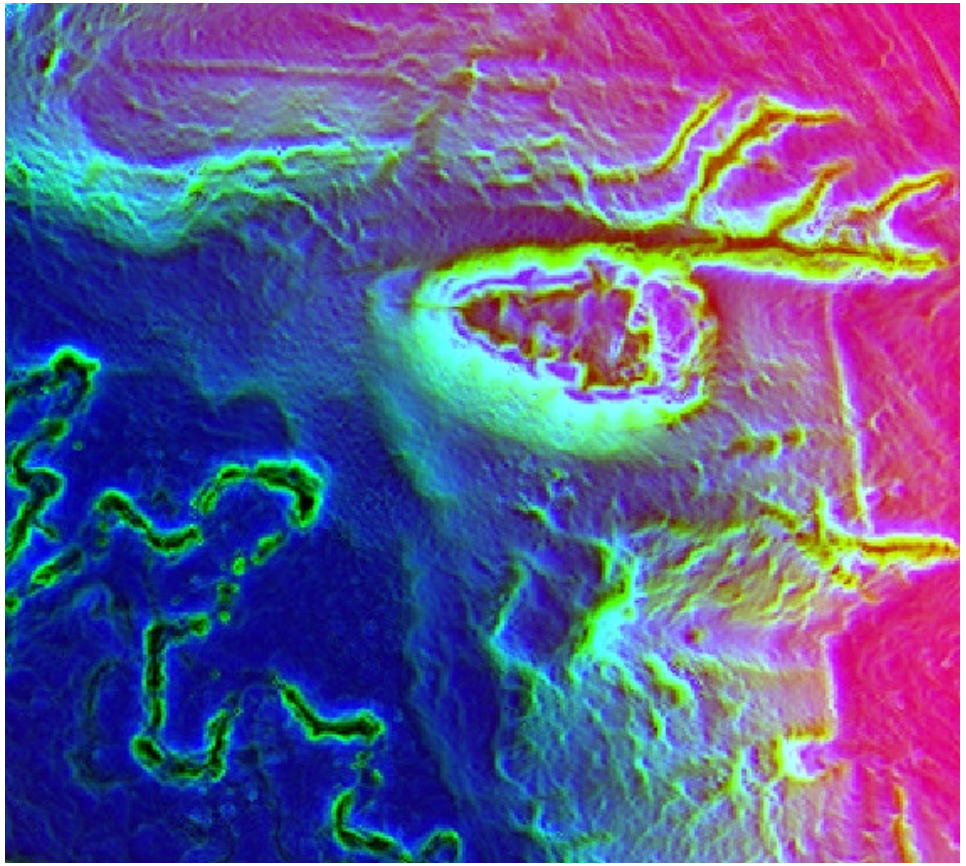
		Объект находится в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Координаты кургана 52°17'16,19"N, 93°22'56,29"E. Конструкция кургана прямоугольная, имеется насыпь, вокруг которой расположен ров.
		Объекты находятся в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Примерное местоположение курганов 52°17'12,94"N, 93°23'42,70"E. Цепь прямоугольных курганов СЗ-ЮВ направления, ограды и надмогильные конструкции не сохранились.
		Объекты находятся в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Примерное местоположение курганов 52°13'18,74"N, 93°33'59,61"E. Памятники круглые, с каменной насыпью.
		Объекты находятся в районе Ермаковское, Красноярский край, на правом берегу реки Иджим. Примерное местоположение курганов 52°13'09,87"N, 93°34'23,47"E. Памятники разных диаметров и конструкций.

Основные понятия.

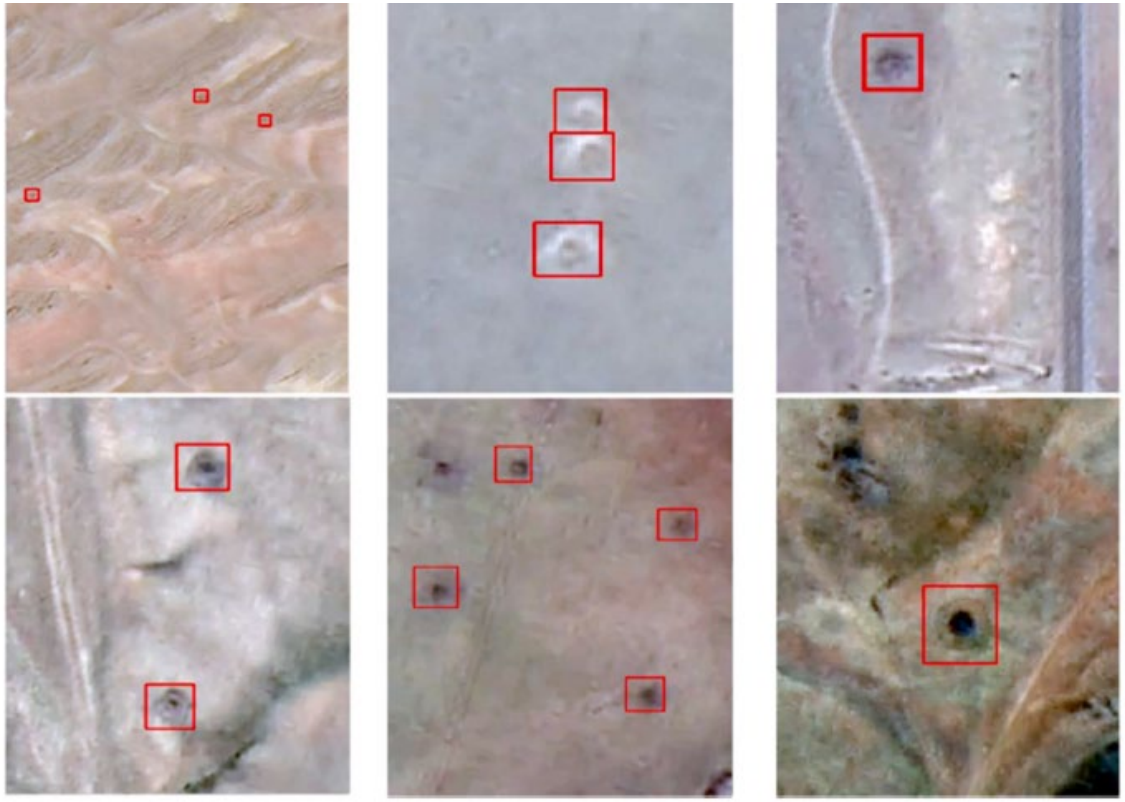
- Искусственный интеллект (Artificial Intelligence, AI) выступает в качестве общей рамки, объединяющей все подходы к автоматизированному дешифрированию с помощью данных ДЗЗ [1];
- Машинное обучение (Machine Learning, ML) представляет собой набор методов, в рамках которого модель не программируется жестко, а обучается на данных. Оптимален для задач с определенными спектральными признаками (спектральные каналы, индексы, морфология рельефа) [1];
- Глубокое обучение (Deep Learning, DL) является специализированным подразделом машинного обучения, основанным на многослойных нейросетях. Необходимо, когда объекты определяются формой, текстурой и контекстом, а не только спектром.



Глубокое обучение (Deep Learning) в археологии

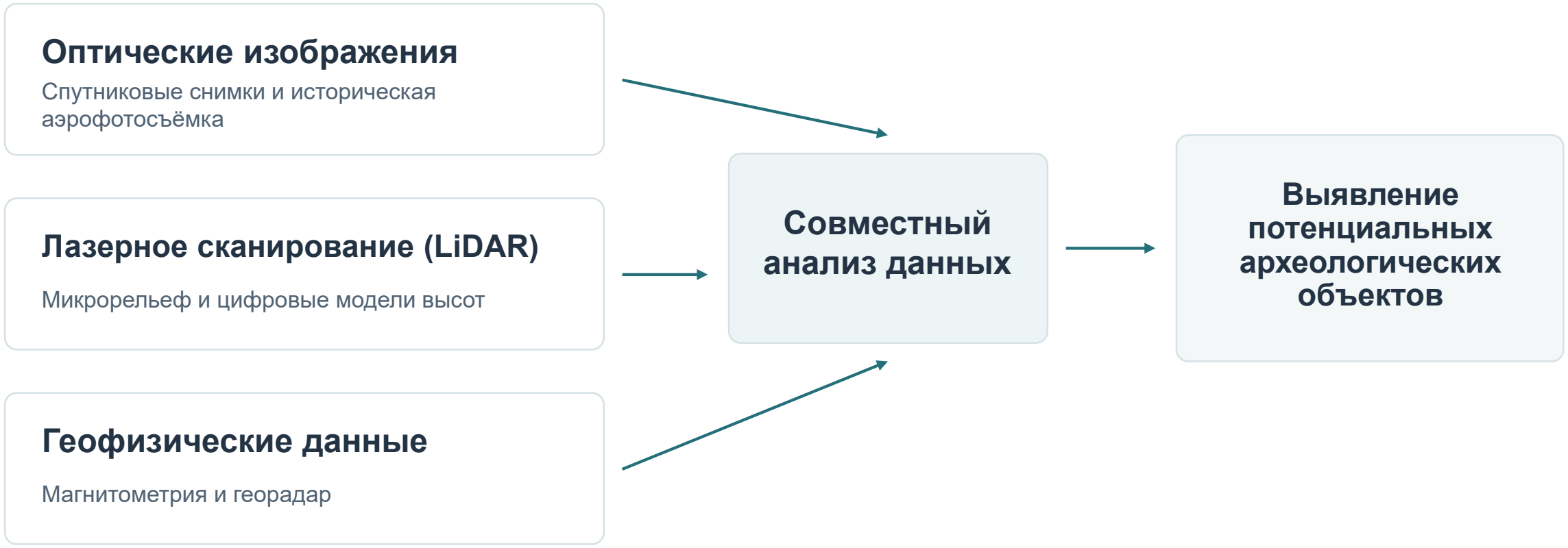


Многоканальный растр, сформированный по данным лидарной съёмки, для обучения U-Net



Пример детекции курганов на Алтае (Chen F., Zhou R., Van de Voorde T., Chen X., Bourgeois J., Gheyle W., Goossens R., Yang J., Xu W. Automatic detection of burial mounds (kurgans) in the Altai Mountains // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2021. Vol. 177. P. 217–237.)

Мультимодальные подходы в археологической разведке



«Экспедиция. Data Science»: интеграция данных и методов

Разнородные данные

Снимки, LiDAR, георадар, магнитометрия

→

Единая программная система

Совместная обработка и анализ данных

→

Автоматизированный конвейер

Последовательность этапов от загрузки до проверки

01

Сбор данных

Снимки · LiDAR · геофизика

→

02

Подготовка

Привязка · очистка · согласование

→

03

Совместный анализ

Объединение признаков из разных источников

→

04

Поиск объектов

Выявление и оценка потенциальных аномалий

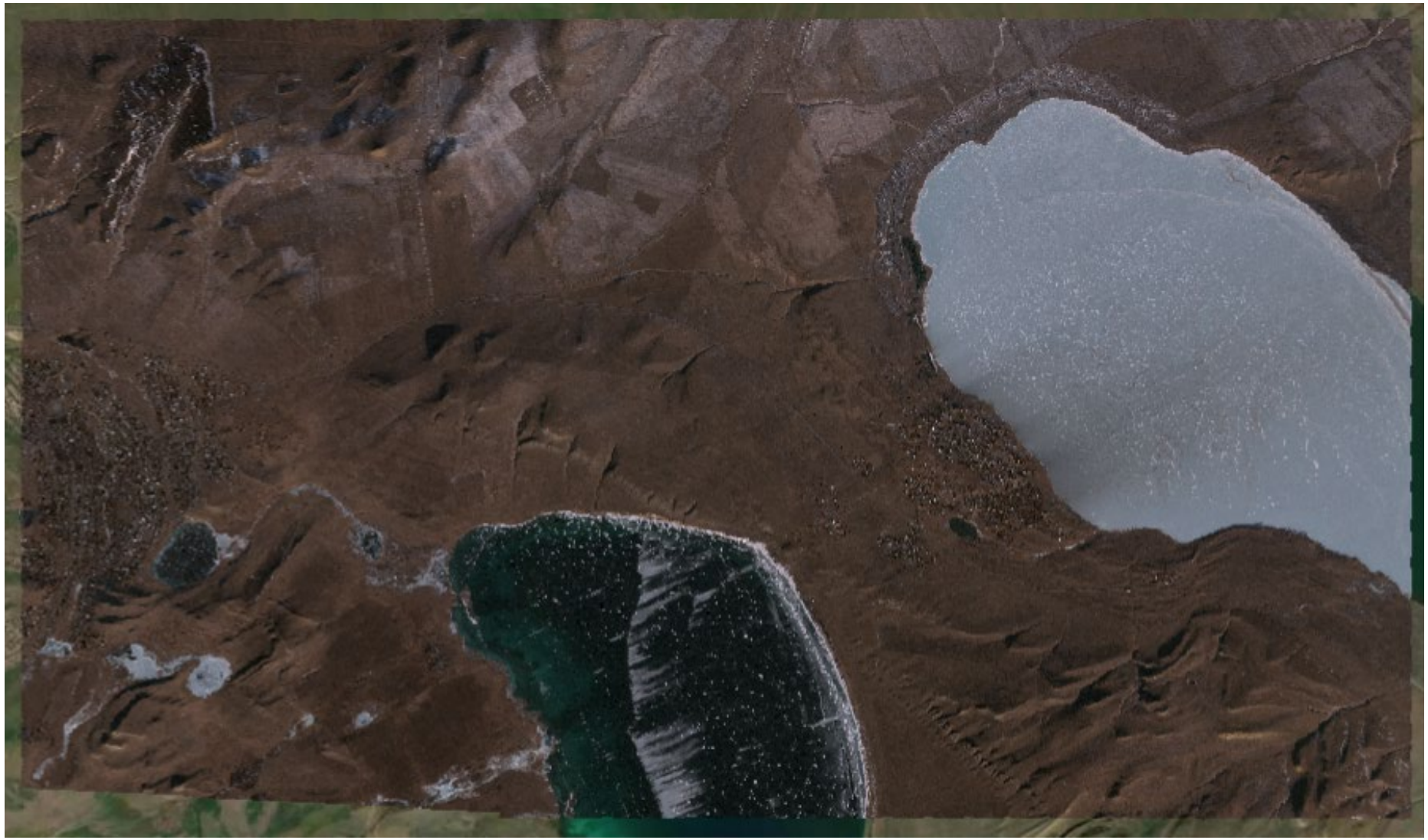
→

05

Проверка

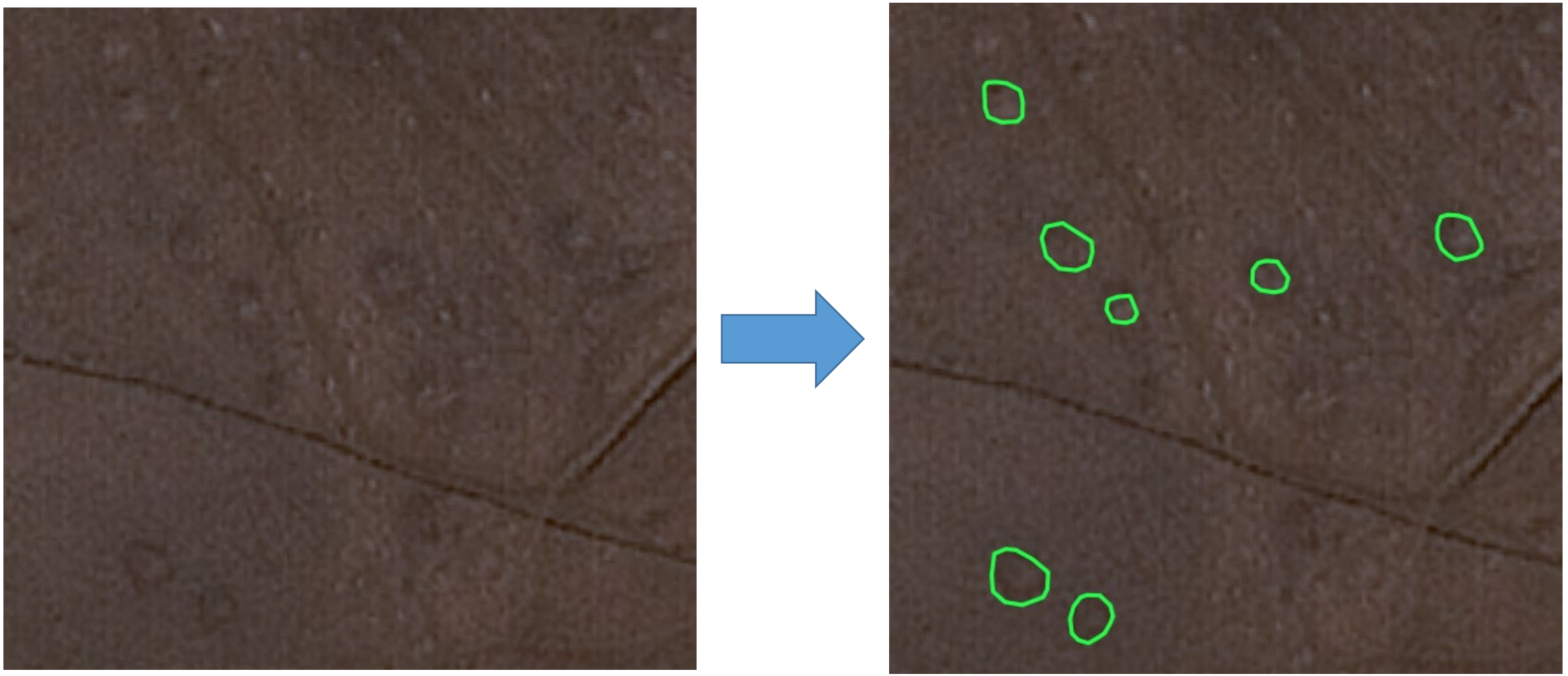
Экспертная оценка · полевые исследования

Данные дистанционного зондирования, используемые в работе



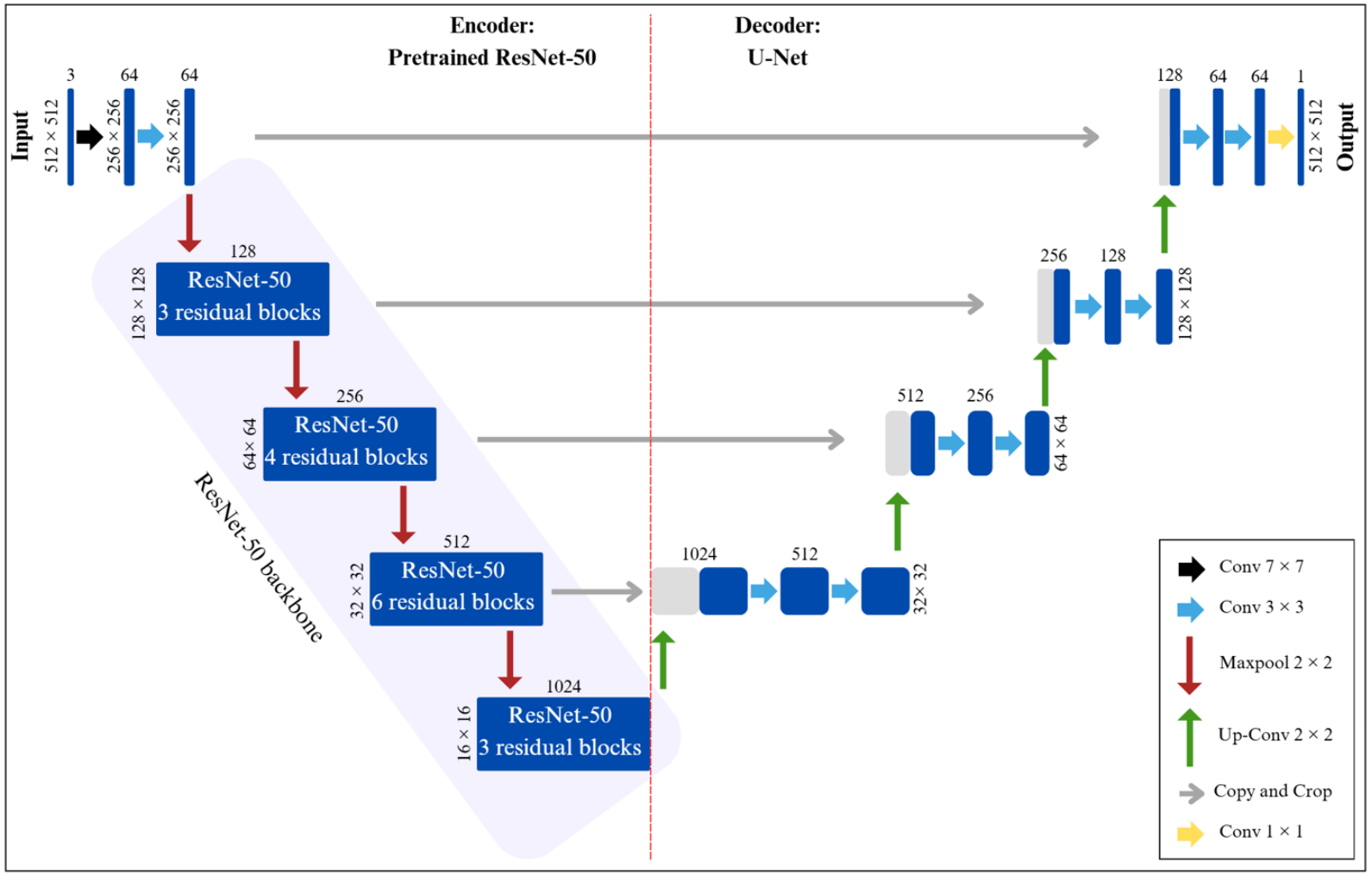
Снимки SPOT6 2013-2014 годов (2 снимка)

Полевые данные и их обработка (курганы в Хакасии)
Визуальное дешифрирование



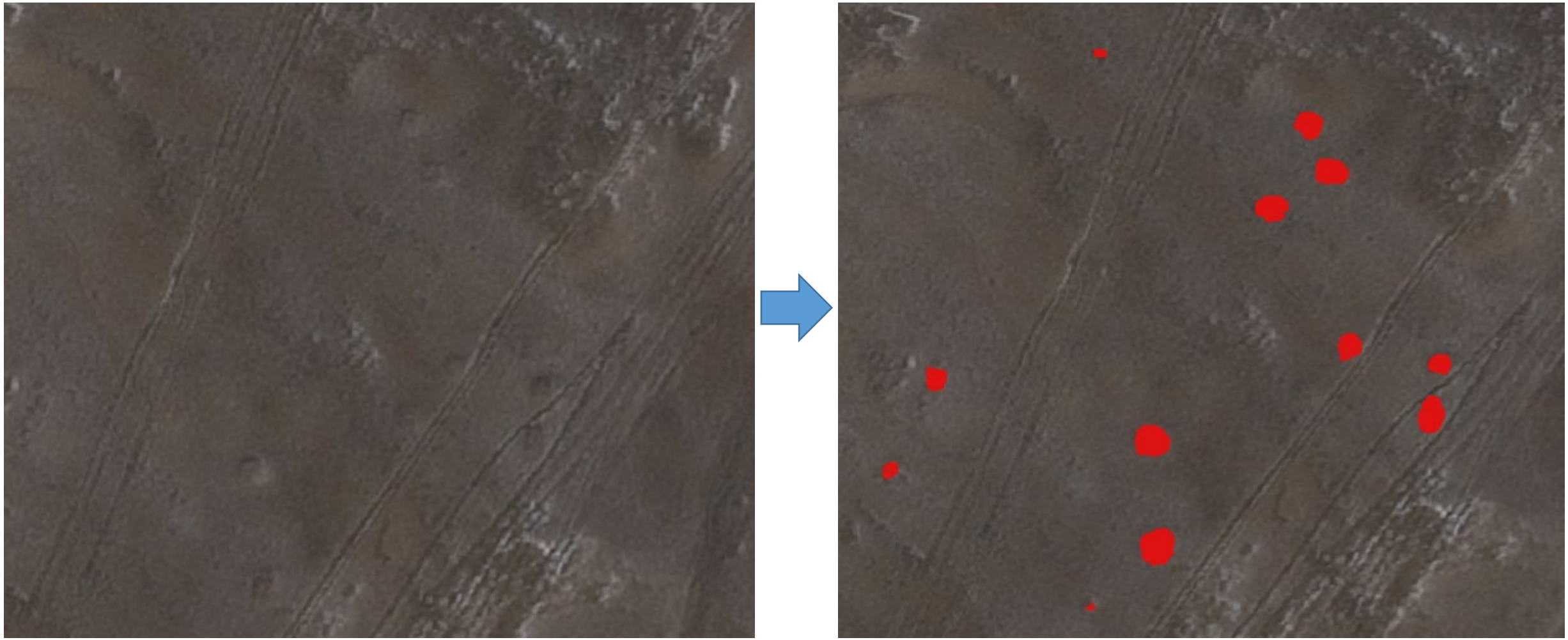
Предполагаемые курганы Афанасьевской культуры

Предобученная нейросетевая архитектура U-Net



Общая схема строения архитектуры U-Net с предобученными весами ResNet (в основе - ImageNet)

Применение нейросетевой модели на основе архитектуры U-Net (энкодер - ResNet34), обученной снимках SPOT6



Сегментация предположительных курганов

Исследовательские вопросы? Что дальше?

Основными проблемами являются:

- отсутствие достаточного количества подтвержденных данных, на которых можно обучать нейросети
- разная сохранность объектов (контуры могут сильно различаться)
- археологи находят только какую-то часть наследия человеческой деятельности, поэтому не все методы анализа распределения объектов подходят
- отсутствие открытого доступа к качественным данным ДЗЗ

Выводы:

- Тем не менее, данное направление представляет интерес для дальнейшего развития
- Автоматизированный поиск археологических объектов является самым перспективным на данный момент способом обнаружения большого количества памятников при обследовании трудондоступных обширных территорий

Спасибо за внимание!