

Результаты мониторинга верхней границы леса в Дилижанском национальном парке (Республика Армения) по данным дистанционного зондирования

*Курамагомедов Башир Магомедович, Медведев Андрей Александрович,
Петрова Ирина Федоровна*

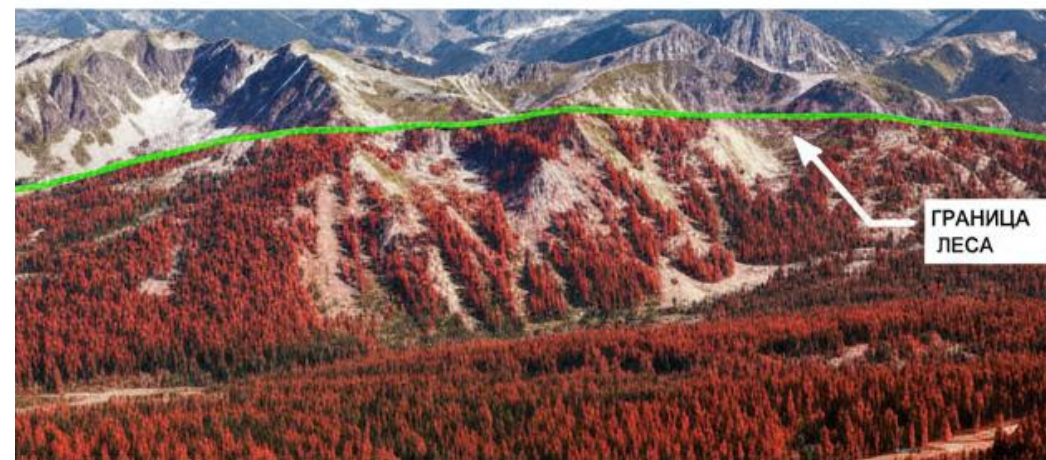
Национальный исследовательский университет, Высшая школа экономики

Институт географии РАН

Центр Эколого-ноосферных исследований НАН Республика Армения

Актуальность работы

- Граница леса — переходный зона между лесом и другими природными сообществами.
- Отражает:
 - *Климатические тенденции*
 - *Антропогенное воздействие*
- Дистанционное зондирование — единственный способ достоверного долгосрочного мониторинга.



Цель и задачи исследования

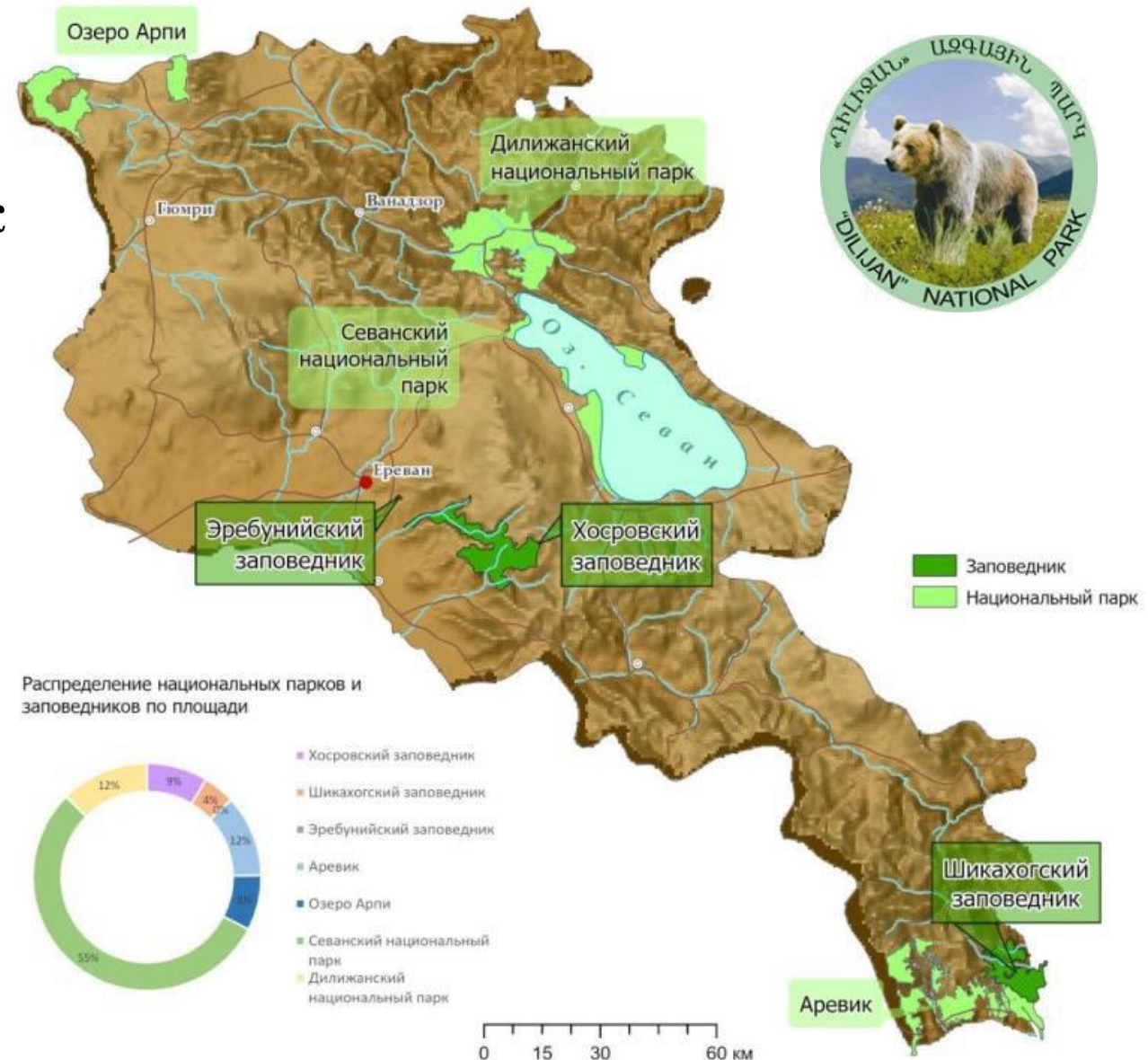
- **Цель:** выявить изменения верхней границы леса в Дилижанском НП с 1898 по 2024 гг.
- **Задачи:**
 - Реконструировать историческую границу (по топографическим картам и архивным снимкам CORONA)
 - Определить современное положение границы (по актуальным снимкам Planet , аэрофотосъёмка с БПЛА и полевые исследования)
 - Сравнить изменения и оценить тенденции.

Территория исследования

- Дилижанский национальный парк
- Основан в 1958 г.
- Площадь: 24 000 га
- Основные породы: дуб, бук, сосна, берёза, тис
- *Горный рельеф → затрудняет наземные наблюдения*

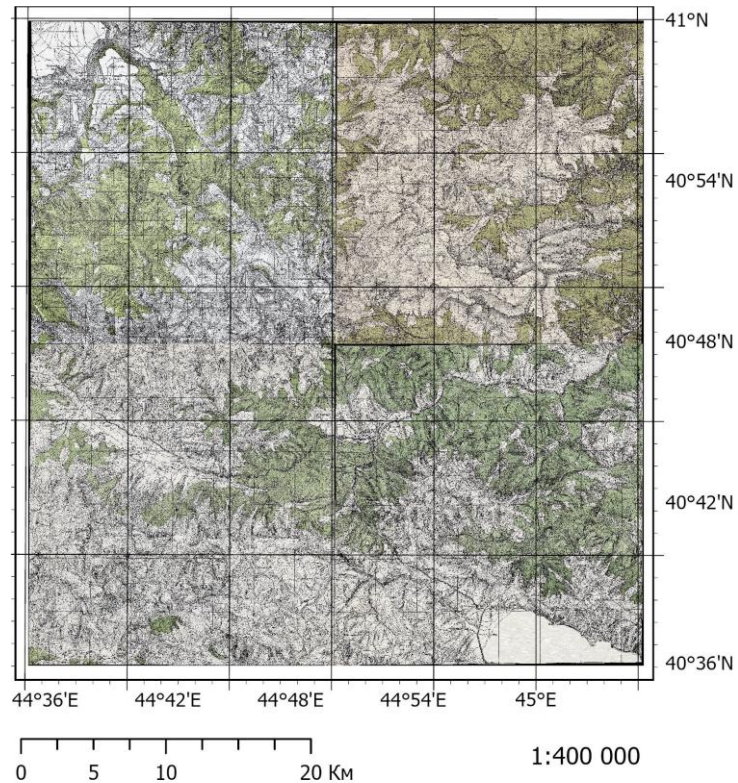
Верхняя граница леса проходит в среднем на высоте 2100 м.

Её динамика обусловлена комплексным воздействием различных факторов, как природных, так и антропогенных.



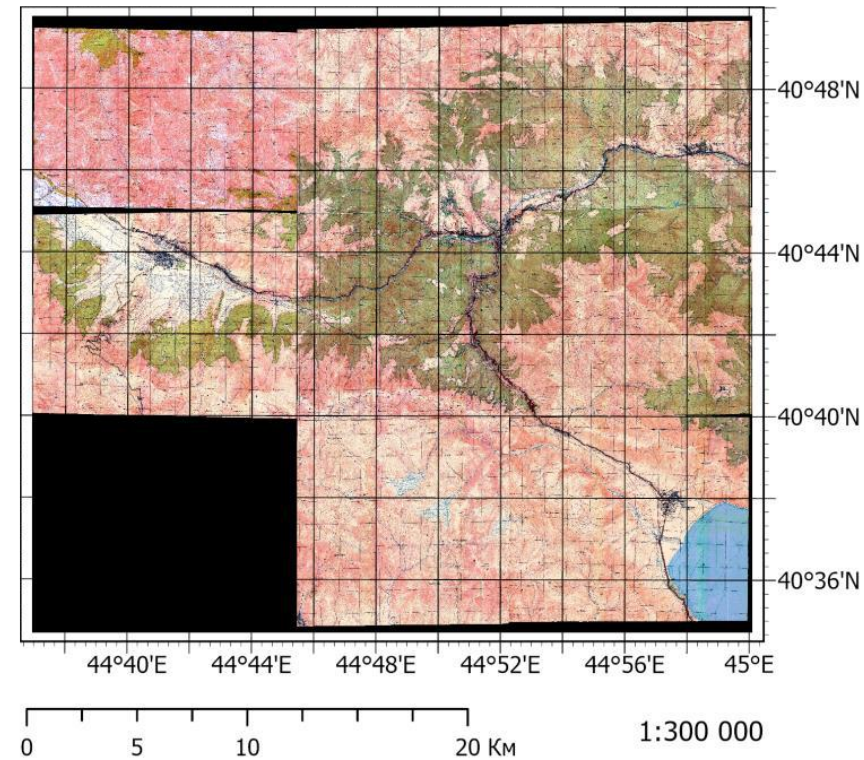
Источники данных дистанционного зондирования

Топографические карты



Масштаб оригинальной карты: 1:42 000

топографические карты за 1898 г.



Масштаб оригинальной карты: 1:25 000

топографические карты 1942-43 г.

Источники данных дистанционного зондирования

Архивные спутниковые снимки (CORONA)

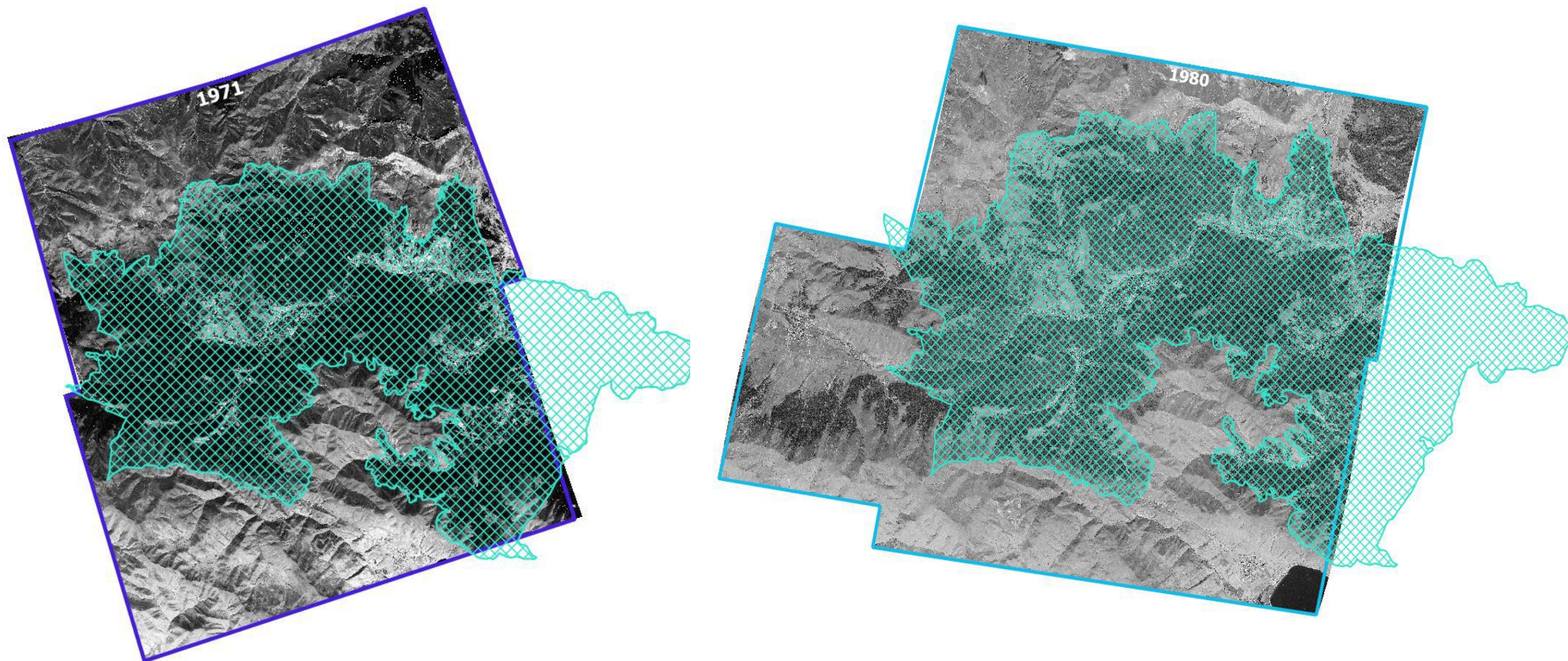
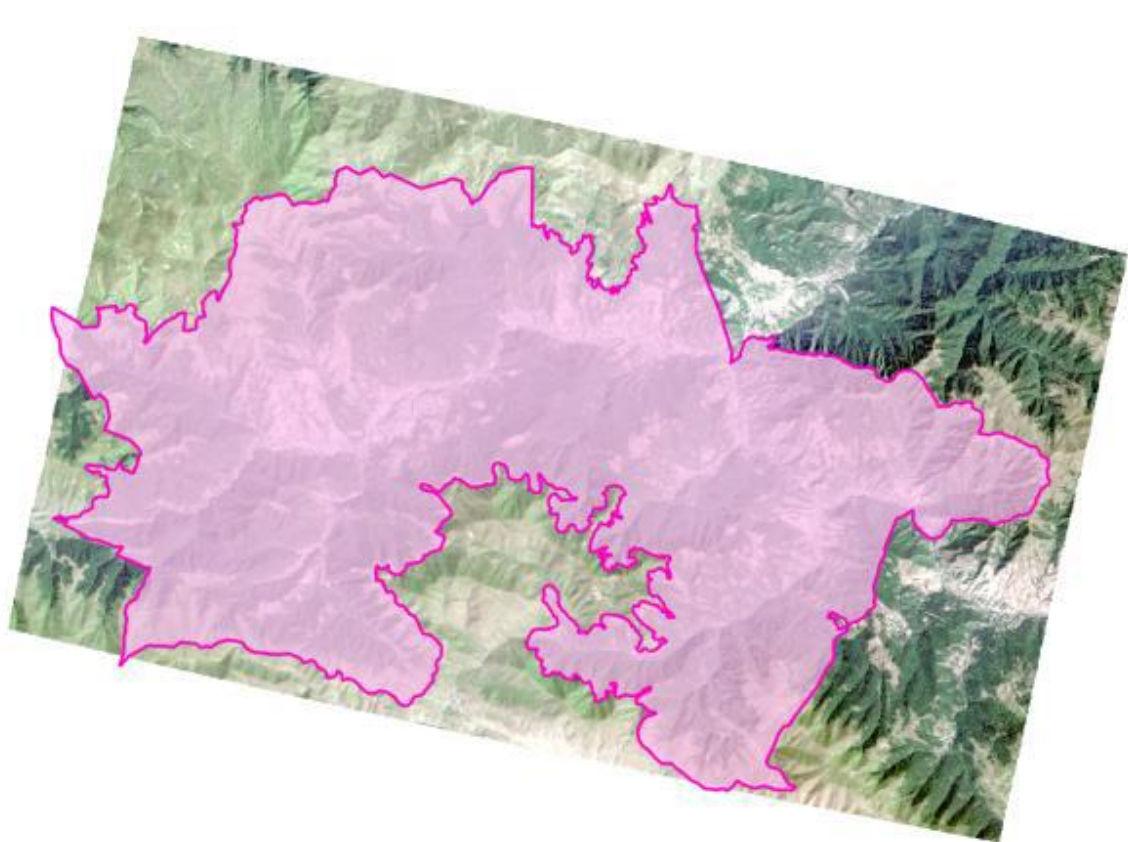


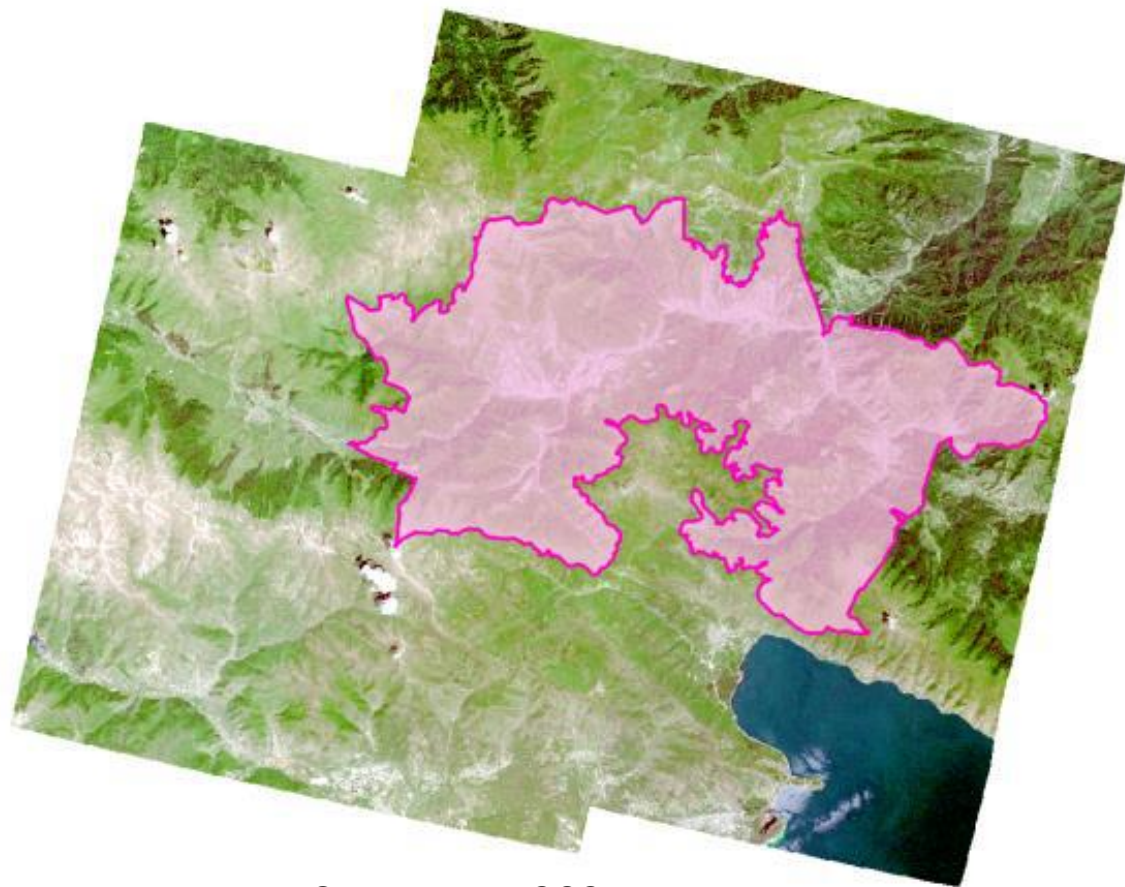
Схема покрытия НП снимками (пространственное разрешение снимков 2 м)

Источники данных дистанционного зондирования

Современные спутниковые снимки (PlanetScope)



Снимки за 2022 г.



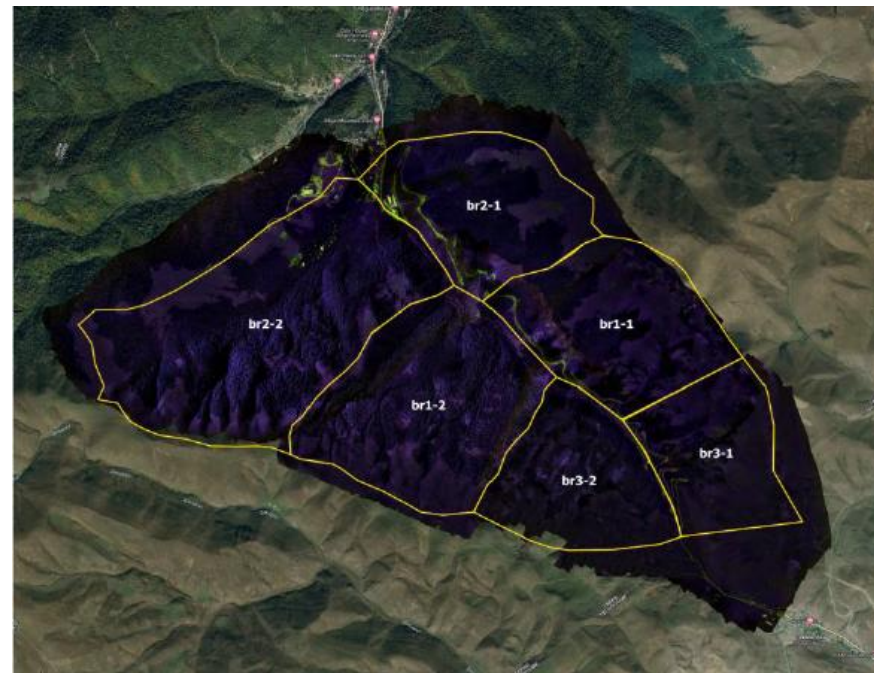
Снимки за 2024 г.

Источники данных дистанционного зондирования

Аэрофотоснимки с беспилотных летательных аппаратов

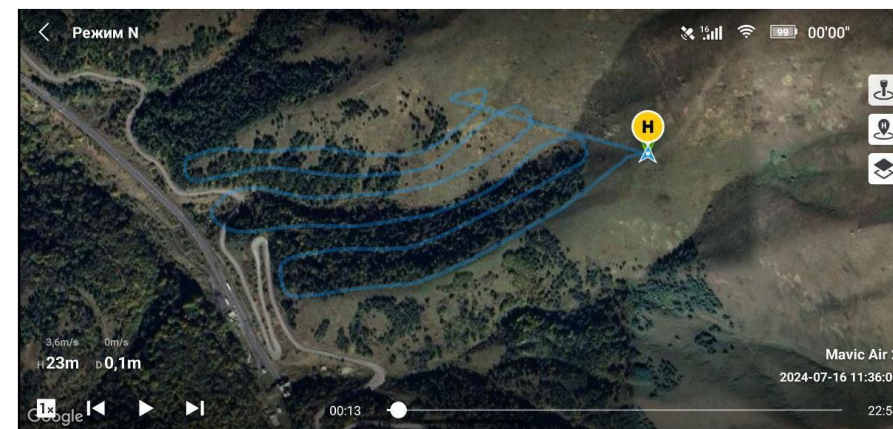


Оптическая аэрофотосъемка

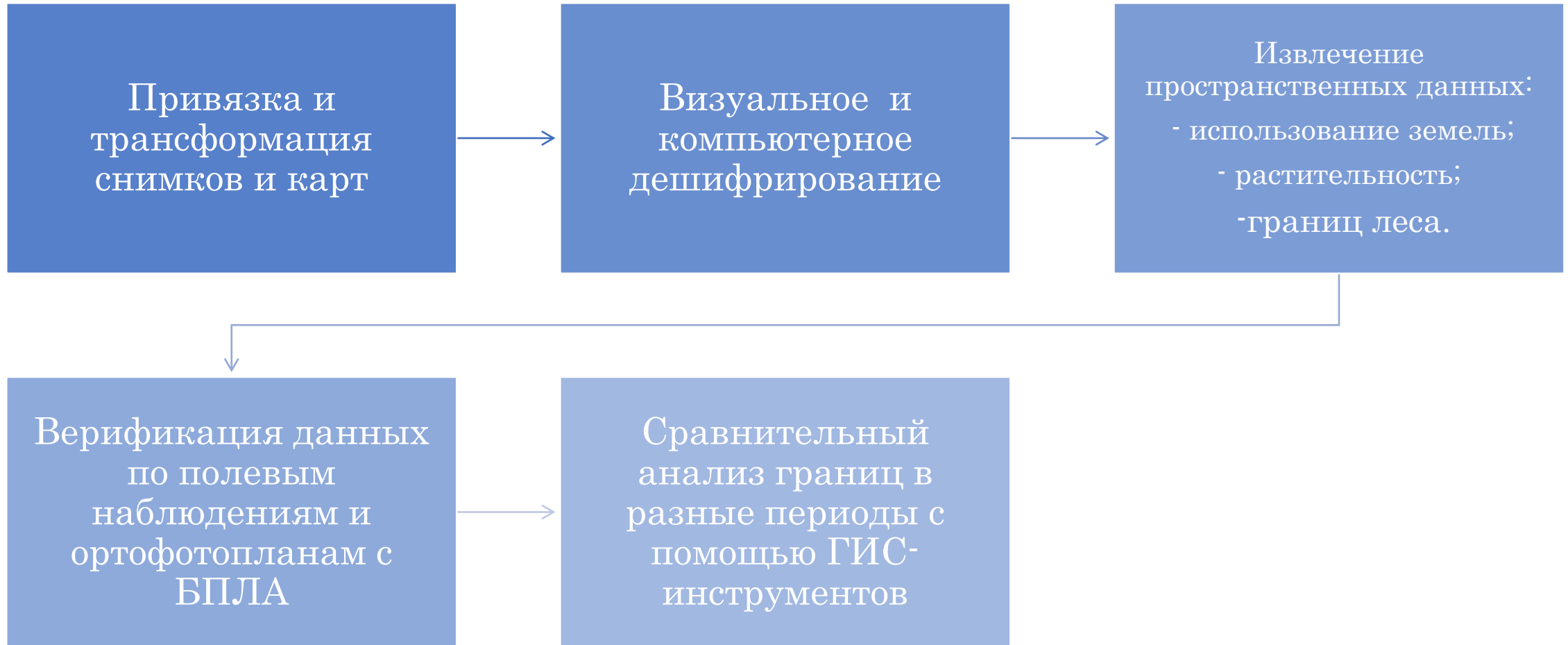


Мультиспектральная аэрофотосъемка

Пример территории аэрофотосъемки (июнь 2024 г.)

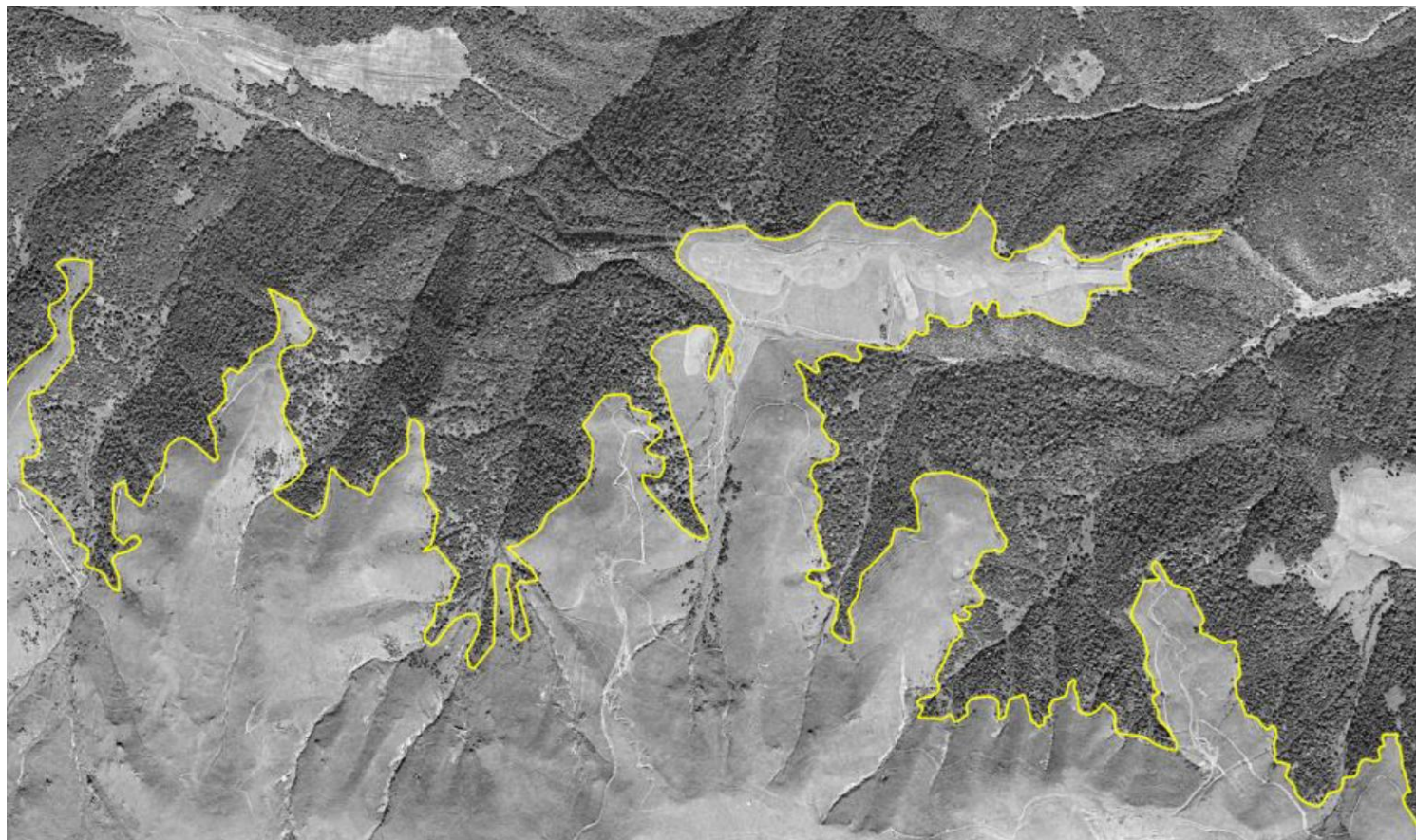


Методы обработки и анализа

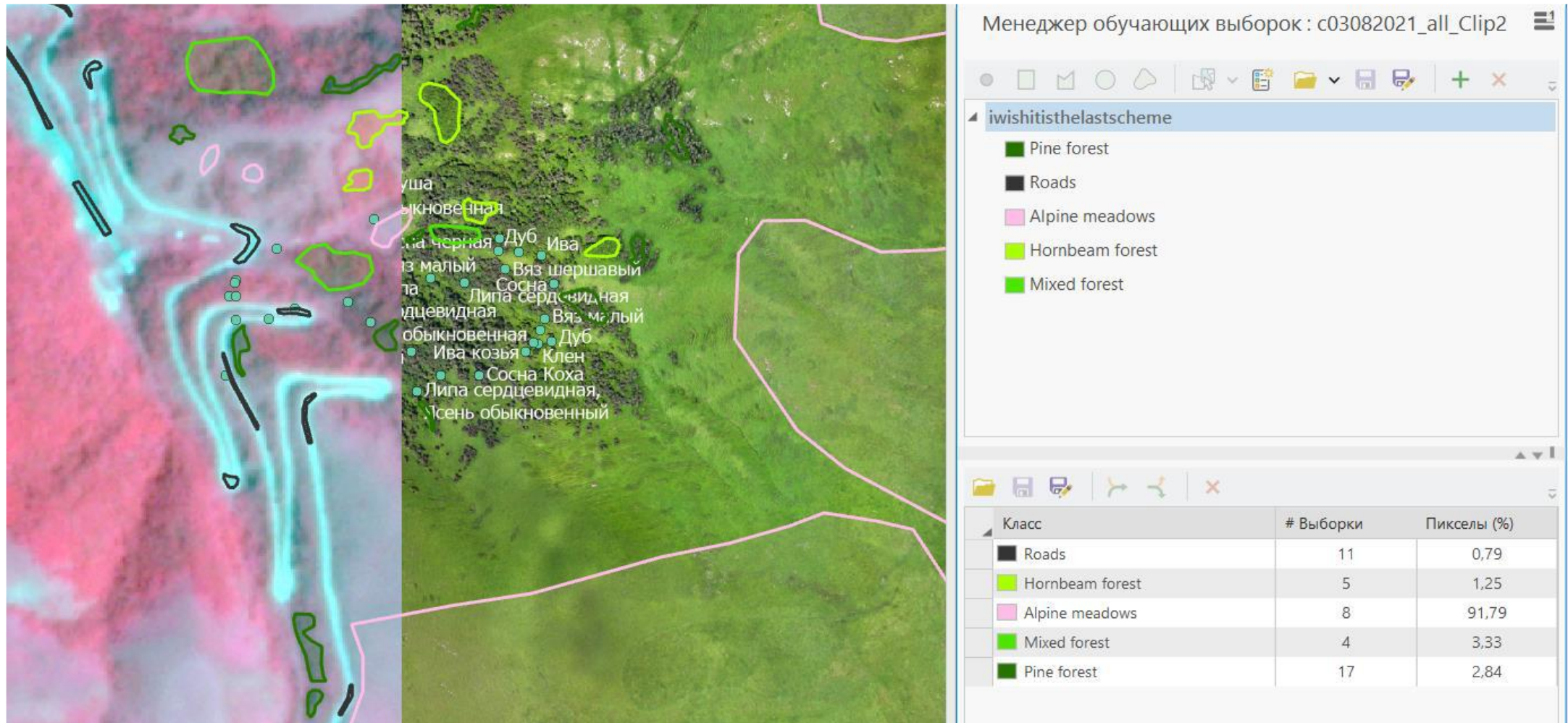


Верхняя граница леса по снимкам CORONA

- Схема дешифрирования на момент съёмки
- Учёт рельефа и породного состава
- Точность: ограничена разрешением и искажениями



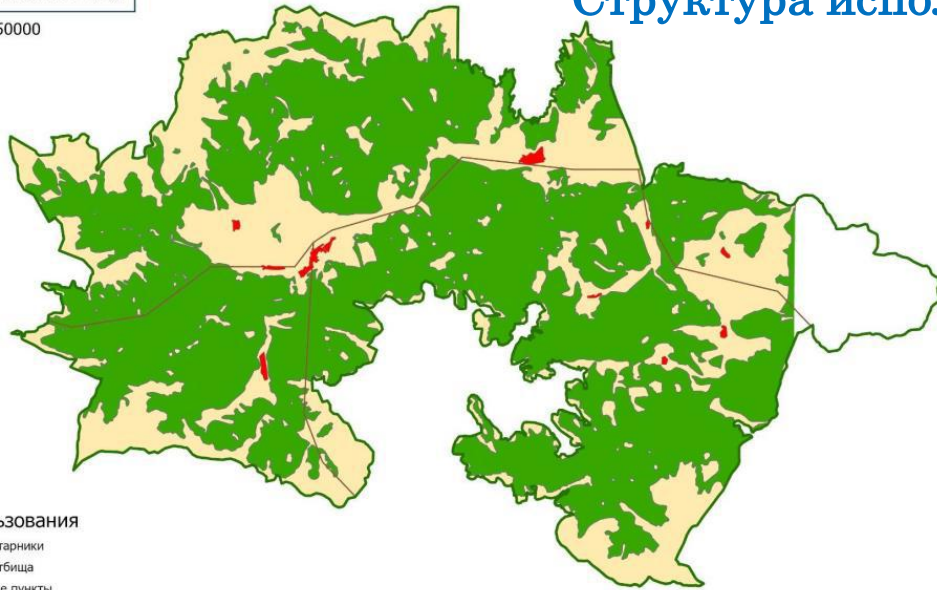
Компьютерное дешифрирование



Обучающие выборки на основе данных полевых описаний для классификации по снимкам PlanetScore, с уточнением по ортофотоплану

Составлено на основе
топографической карты 1898 года

1:150000



Тип использования

- Леса и кустарники
- Луга и пастбища
- Населенные пункты

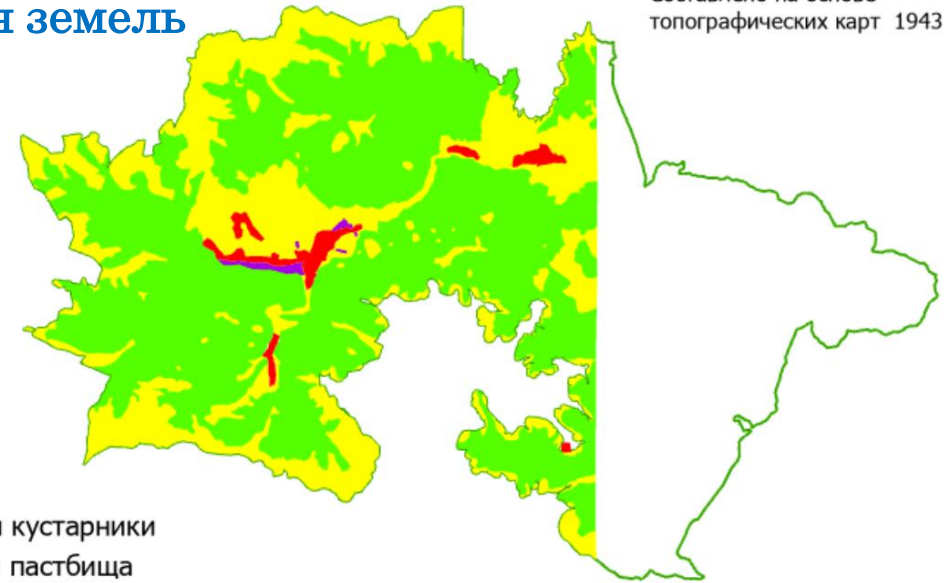
Прочее

Дороги

0 2 4 8 Км

Структура использования земель

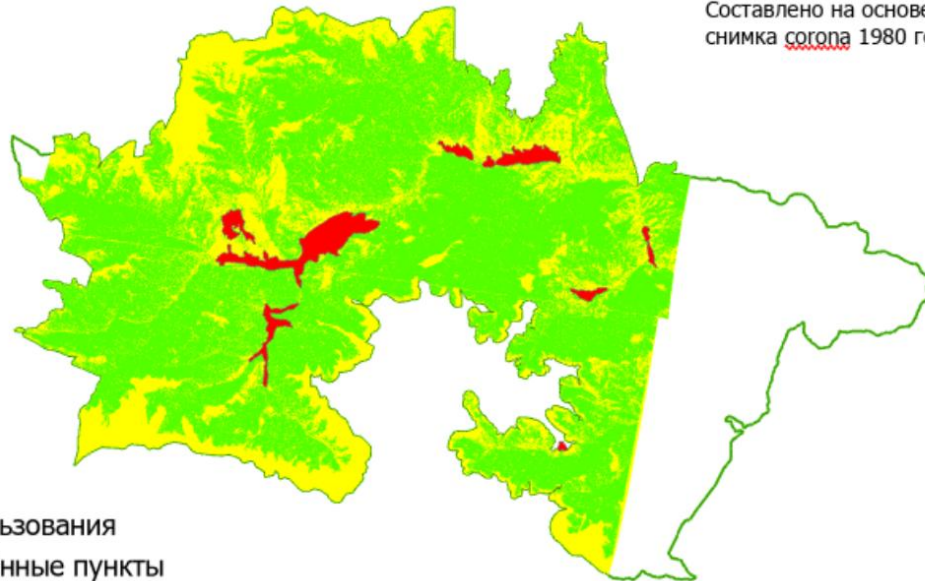
Составлено на основе
топографических карт 1943 года



0 2 4 8 Километры

- Леса и кустарники
- Луга и пастбища
- Обрабатываемые земли
- Населённые пункты

Составлено на основе
снимка согоса 1980 года



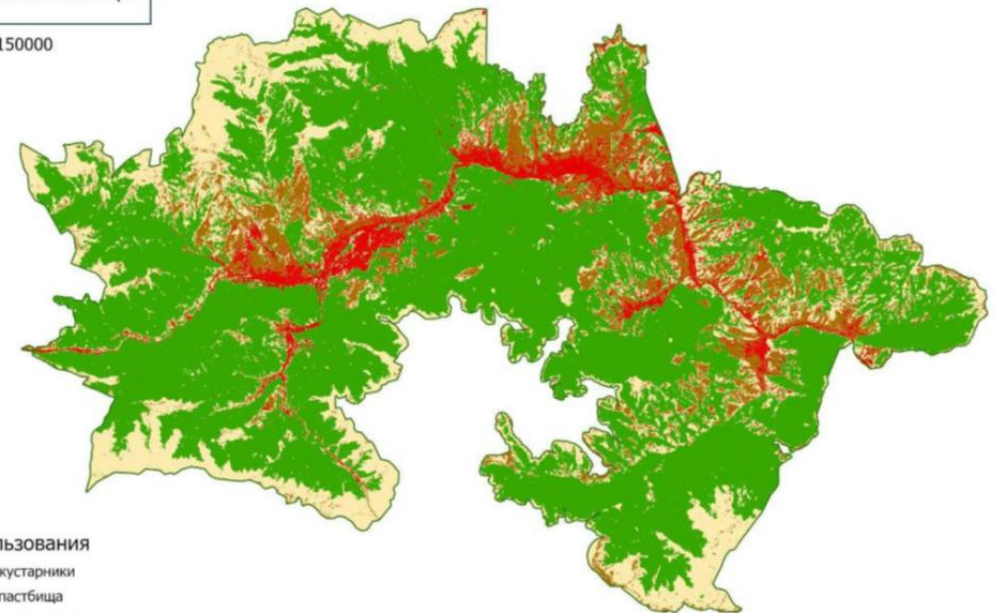
Тип использования

- Населённые пункты
- Леса и кустарники
- Луга и пастбища

0 2 4 8 Километры

космического снимка PlanetScope
02.09.2021

1:150000

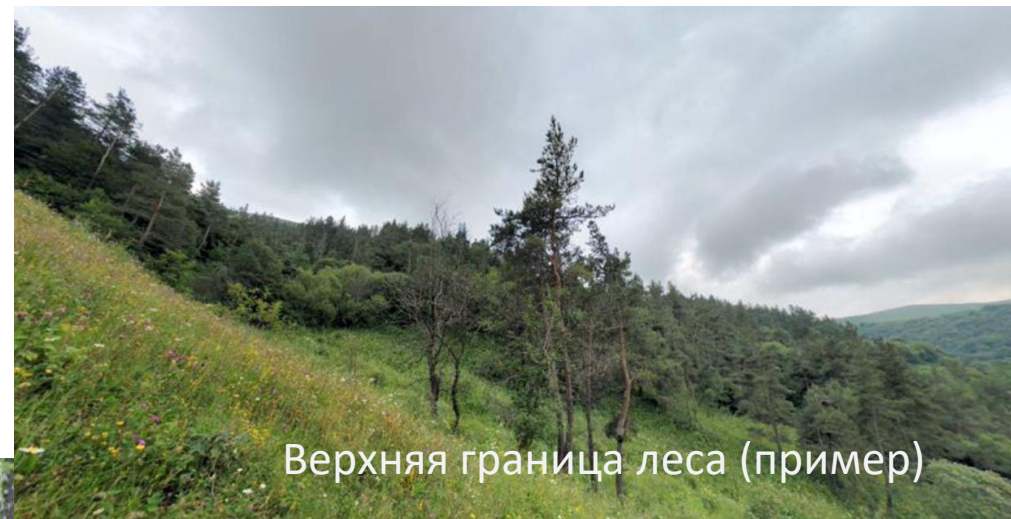


Тип использования

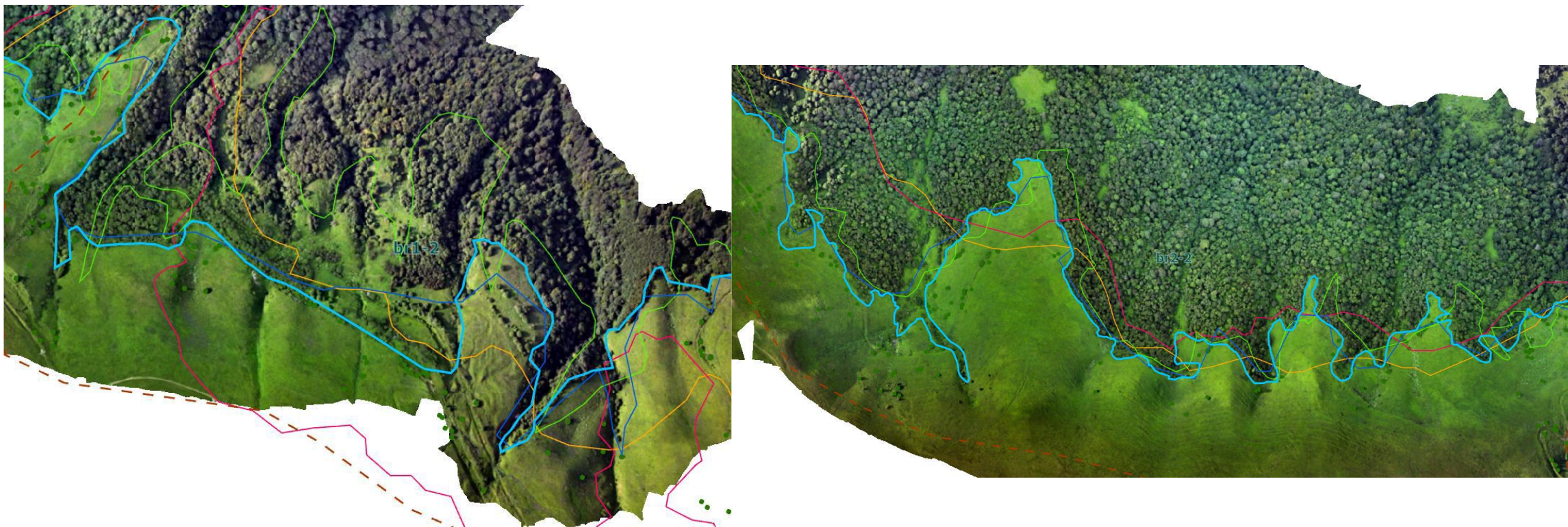
- Леса и кустарники
- Луга и пастбища
- Населенные пункты
- Обрабатываемые земли

0 2 4 8 Км

Примеры участков полевого обследования (июль 2024 г.)

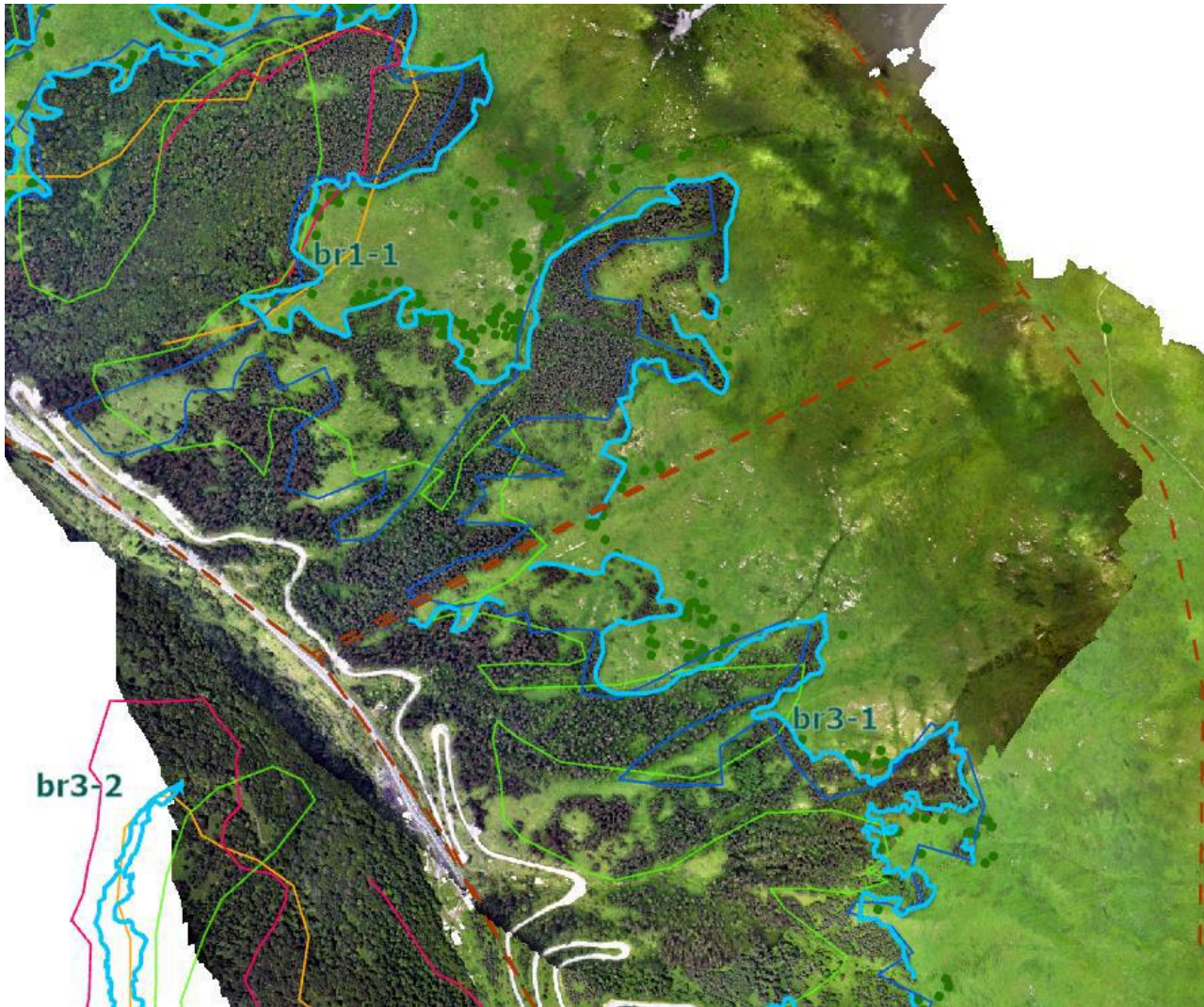


Дешифрирование современного положения границы по данным аэрофотосъемки с БПЛА (ключевые участки)



Изменение верхней границы леса на участках br 1-2 и br 2-2, прилегающих к дороге и скотопрогонным тропам, голубой контур — современная граница (источник: ортофотопланы, подготовленные по итогам съемки рабочих участков с использованием БПЛА), красный и оранжевый контуры — 1898 и 1943 гг. соответственно (источник: топографические карты), зеленый — граница 1980 г. (источник: снимки Corona и Keyhole), синий — 2021 г. (источник: снимок Planetscope от 03.08.2021).

Дешифрирование современного положения границы по данным аэрофотосъемки с БПЛА (ключевые участки)

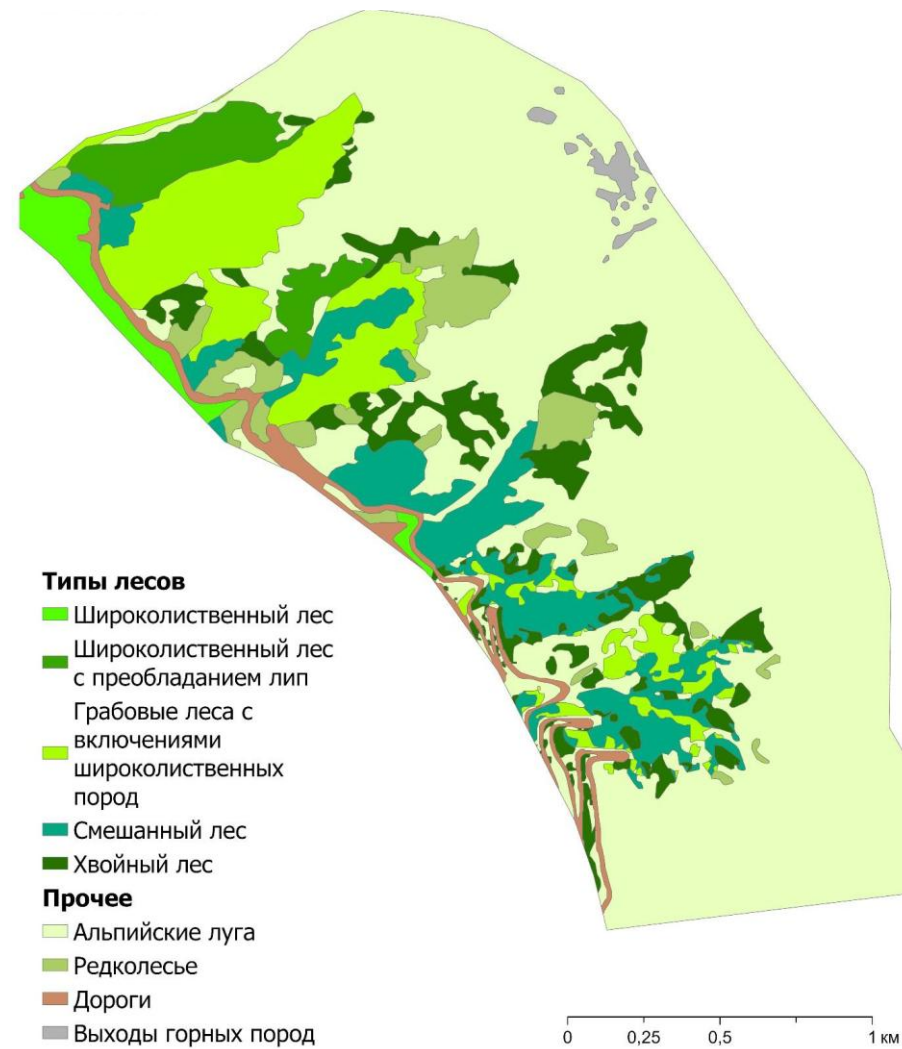
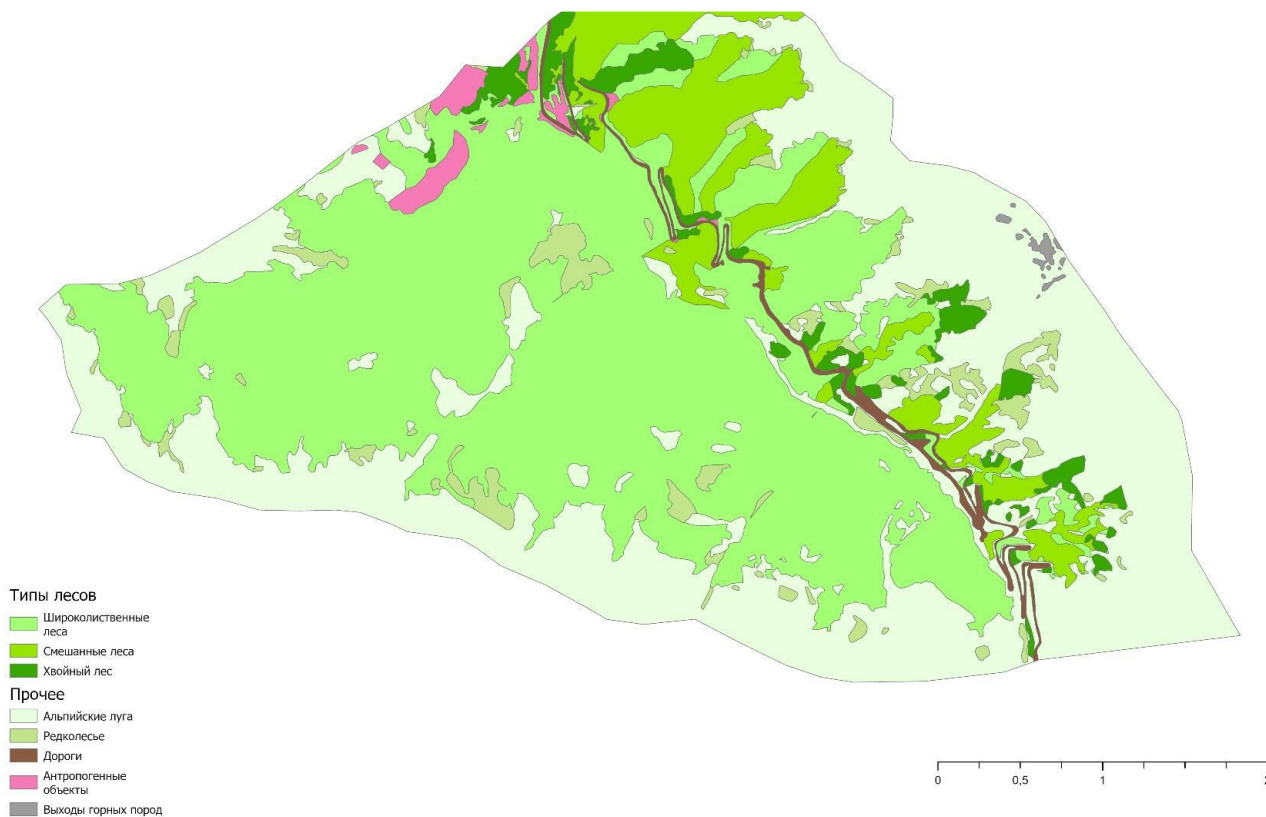


Изменение верхней границы леса на участках br 3-2 и br 1-1, процесс восстановления леса и продвижение верхней границы вверх по склону вследствие принятых лесовосстановительных мер, насаждениям сосны, а также локальные изменения ВГЛ, связанные с воздействием горных ветров и снега, голубой контур — современная граница (источник: ортофотопланы, подготовленные по итогам съемки рабочих участков с использованием БПЛА), красный и оранжевый контуры — 1898 и 1943 гг. соответственно (источник: топографические карты), зеленый — граница 1980 г. (источник: снимки Corona и Keyhole), синий — 2021 г. (источник: снимок PlanetScope от 03.08.2021).

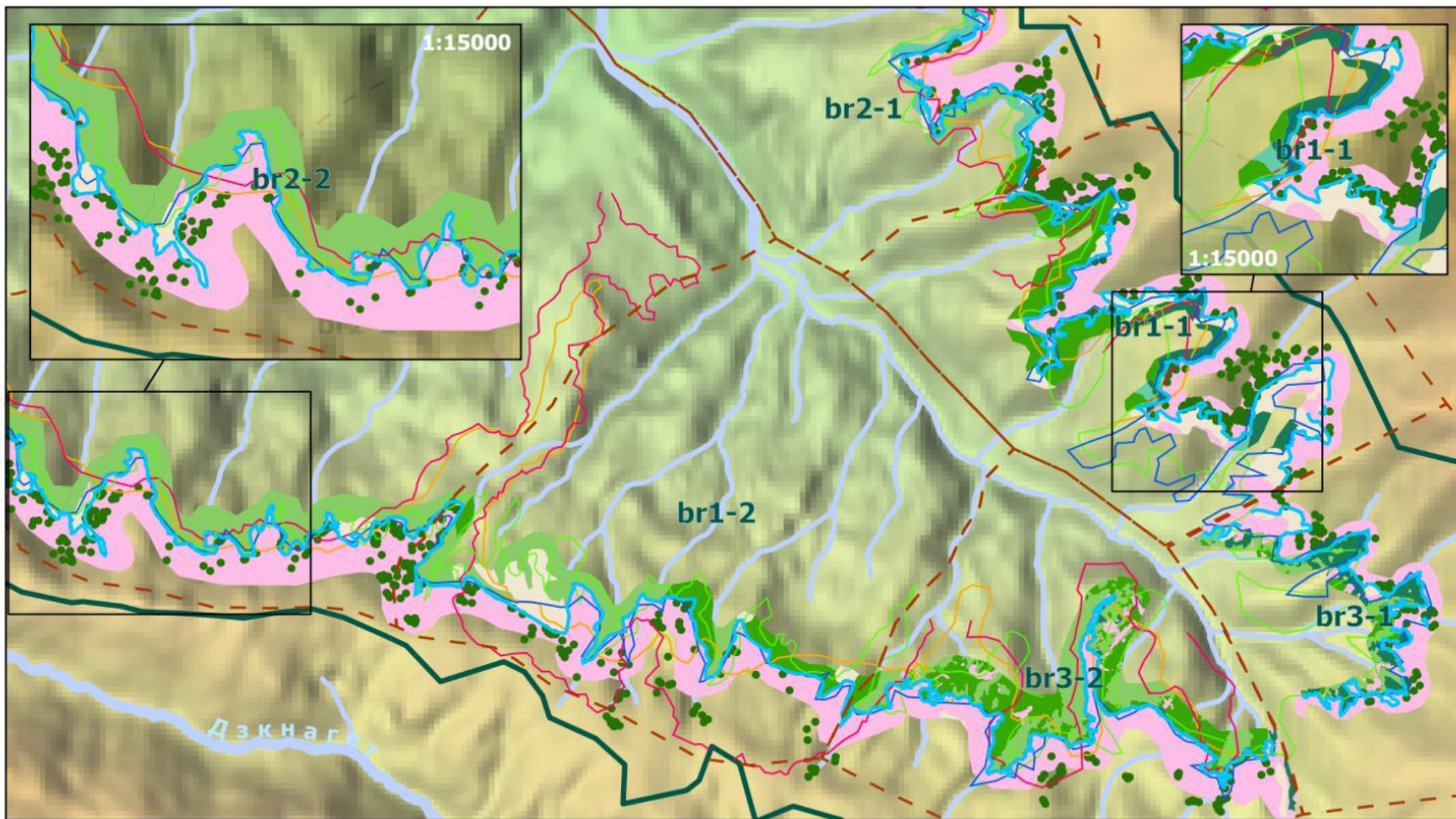
Пример каталога дешифровочных объектов

№	Название (семейство)	Фото	Условия нахождения образца	Дешифровочный эталон на ортофотоплане
1	Клен белый (Сапиндовые)		Северная экспозиция; Влажные условия; на опушке леса у ложбины	
2	Дуб скальный (Буковые)		Западная экспозиция; на опушке леса	

Пример схем предварительного дешифрирования ключевых участков по данным аэрофотосъемки



Результат дешифрирования верхней границы леса на ключевых участках



Верхняя граница леса

- ВГЛ по ортофотопланам
- ВГЛ по снимку PlanetScope 2021 г.
- ВГЛ по снимкам Corona и Keyhole
- 1980 г.
- ВГЛ по топографическим картам
- 1898 г.
- 1943 г.

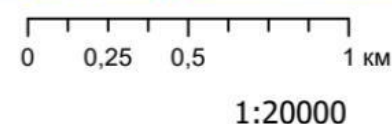
Схема дешифрирования растительного покрова

- Альпийские луга
- Редколесья
- Смешанные леса, лиственные и хвойные породы
- Сосновые леса
- Широколиственные леса
- Отдельно стоящие деревья

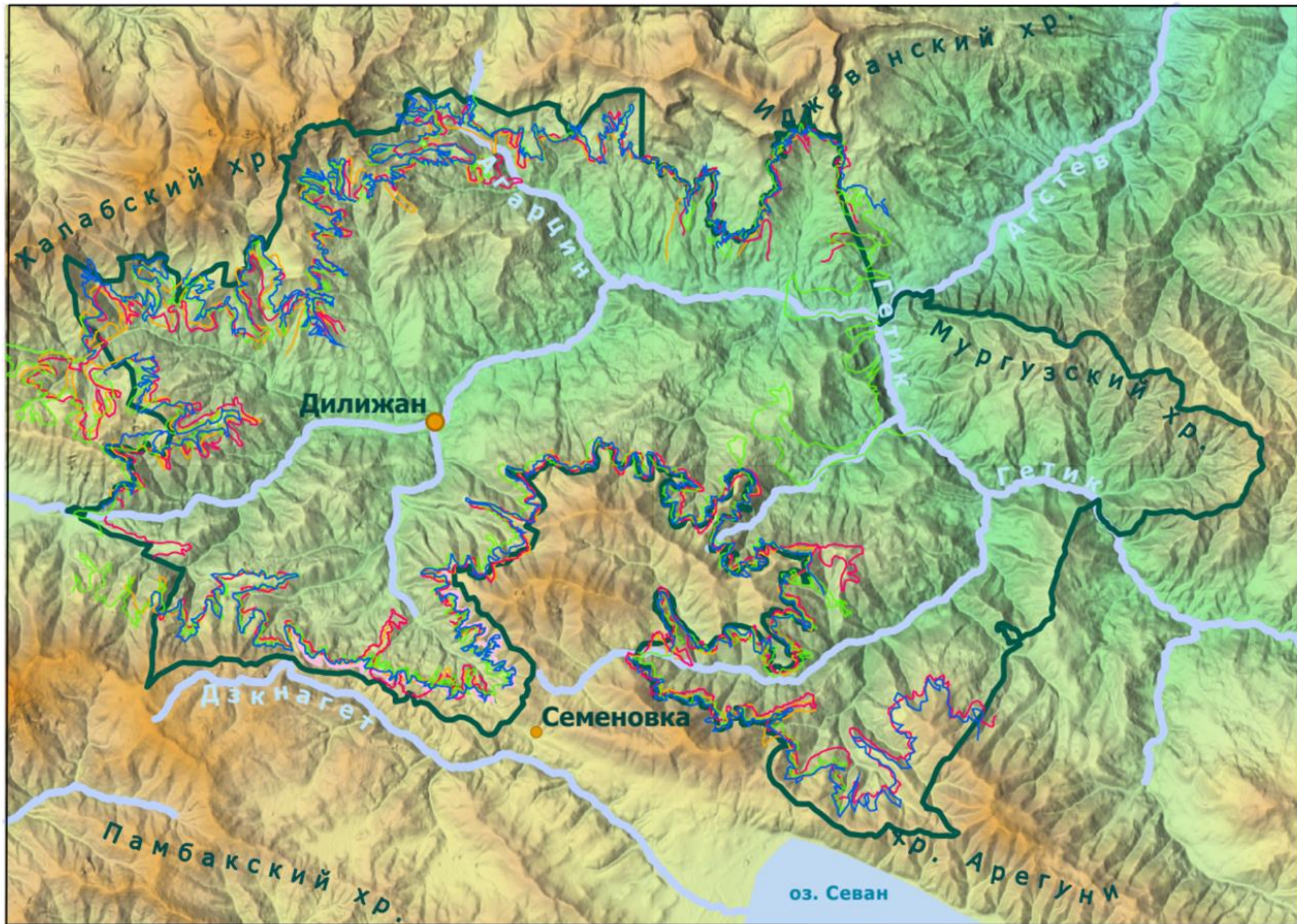
Условные обозначения

- Границы участков
- Границы Дилижанского национального парка
- Речная сеть

- Высоты, м
- 730-1150
 - 1150-1600
 - 1600-2000
 - 2000-2400
 - 2400-2800



Результат дешифрирования верхней границы леса



Верхняя граница леса

— ВГЛ по снимку
Planetscope 2021 г.

ВГЛ по топографическим
картам

— 1898 г.

— 1943 г.

ВГЛ по снимкам Corona и
Keyhole

— 1980 г.

Условные обозначения

Границы
Дилижанского
национального
парка

— Речная сеть

Населенные пункты

● Дилижан

● Семеновка

Высоты, м

730-1150

1150-1600

1600-2000

2000-2400

2400-2800

0 2,5 5 10 км 1:160000

Изменения верхней границы леса

- Полученные результаты свидетельствуют о сложном характере динамики верхней границы леса Дилижанского НП.
- На разных склонах имеются разные тенденции.
- Отсутствует четко выраженная тенденции к смещению границы леса вверх или вниз по склонам. Это связано с тем, что данный процесс определяется целым рядом факторов, действующих на локальном уровне: выпас скота,.
- На отдельных участках склонов отмечается стабильность в положении границ леса.

Выводы

- Комбинированный подход (дистанционное зондирование, картографические материалы и полевые наблюдения) обеспечивает высокую достоверность выделения состояния границы верхней границы леса за большой промежуток времени.
- Предложенная методика применима в других горных регионах.
- Перспективы:
 - Выявление связи с рельефом по ЦМР ;
 - Интеграция с данными из различных источников;
 - Оценка количественного и качественного состояния биоразнообразия по границе леса.