



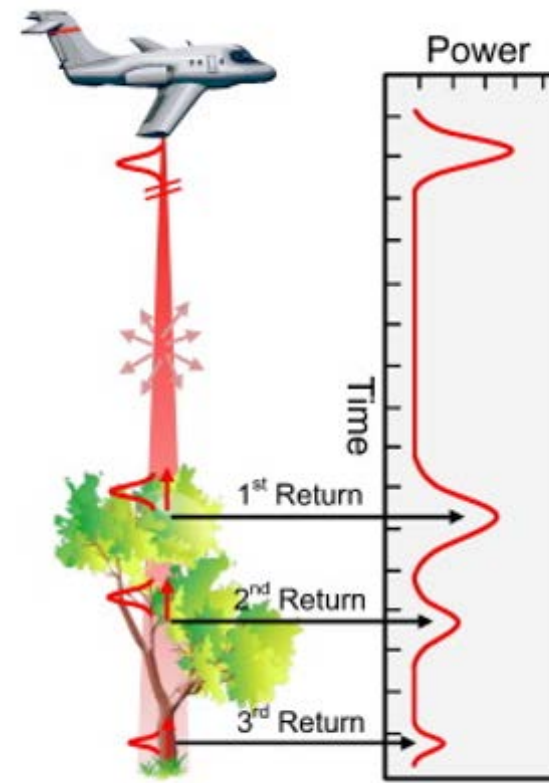
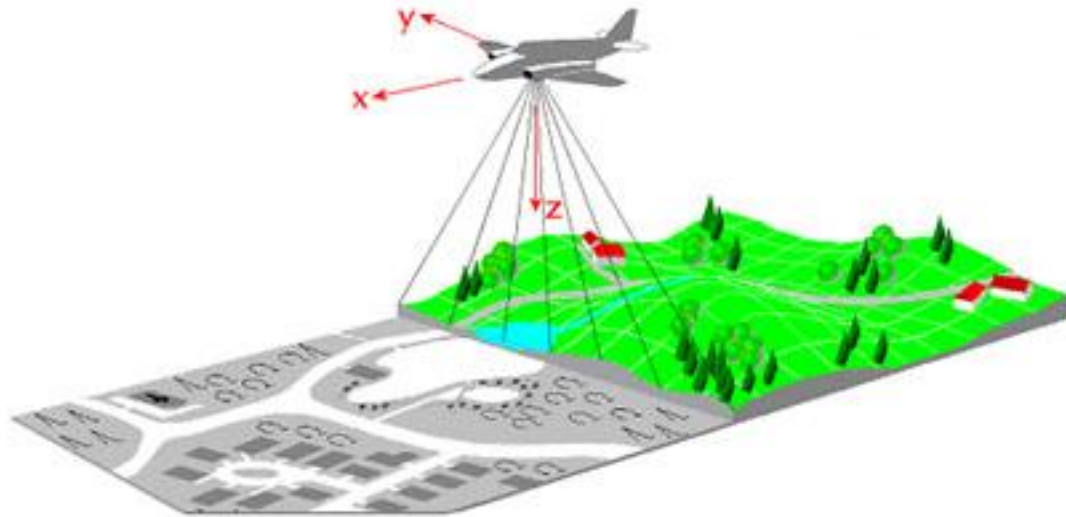
Таксация леса с использованием данных лазерного сканирования

Докладчик: **Александр Кедров**, заместитель директора ООО «ЦКТиУ» (Россия, Пермь)

02.03.2021

Что такое LiDAR?

Дистанционное зондирование методом лазерного сканирования (LiDAR), акроним с английского «Light Detection and Ranging», — это технология получения информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем.





Способы таксации леса

Зональный (АВА):

Единица расчета: площадь или ячейка

Параметры для расчета:

- ВЛС: высота и плотность точек растительности
- Снимки: спектральные характеристики

Расчёты осуществляются на ячейку



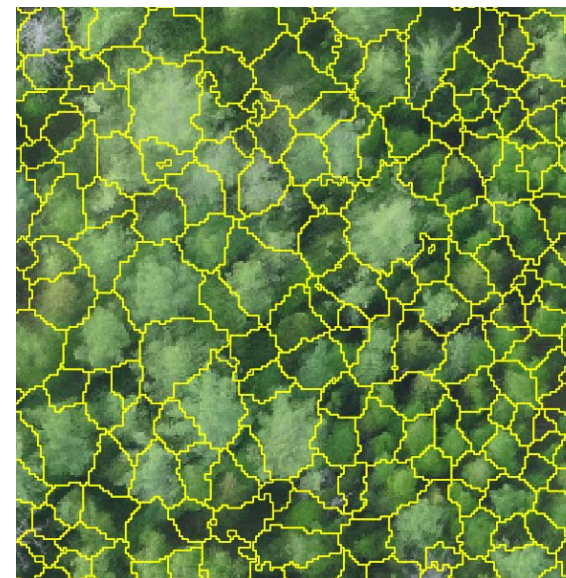
Обнаружение отдельных деревьев (ITD):

Единица расчета: отдельное дерево

Извлечение параметров отдельного дерева: высоты, средний диаметр кроны и т.д.

Автоматическое определение контура крон

Расчёты осуществляются для каждого дерева



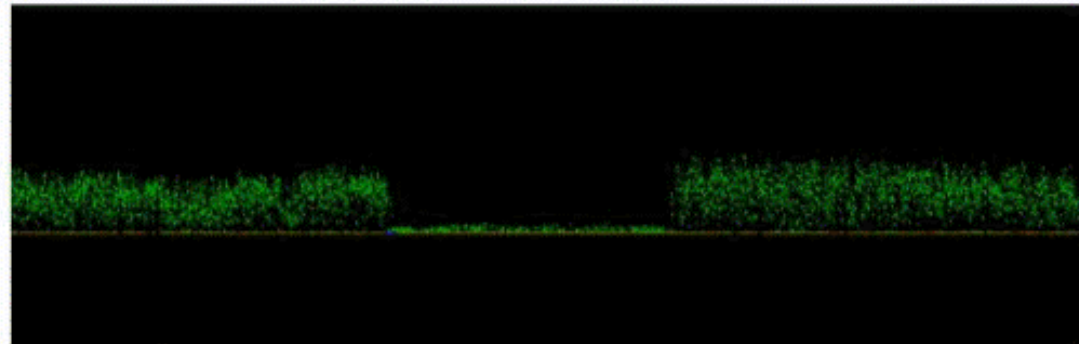
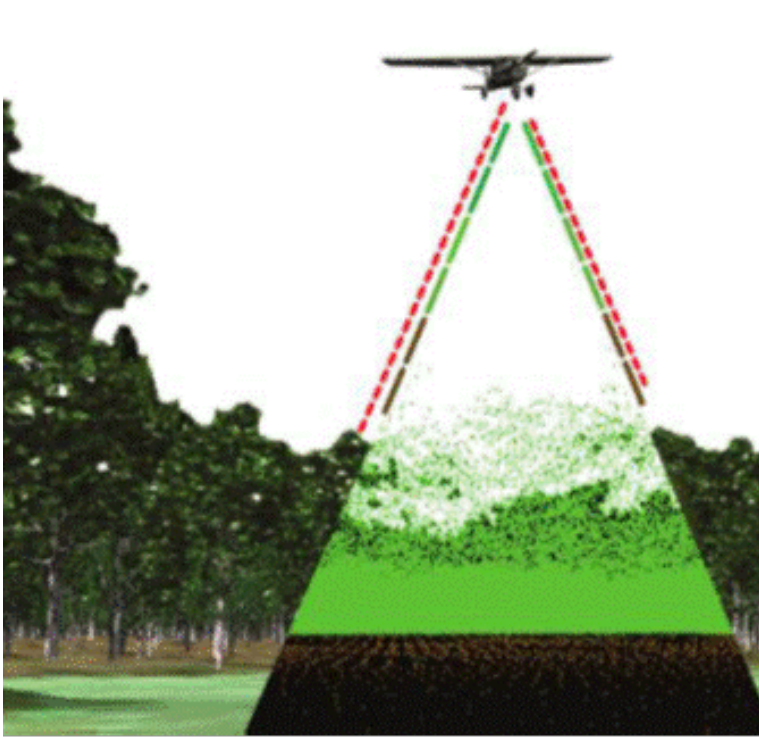
Данные дистанционного зондирования

Лазерные данные:

- облако точек 3D (x, y, z координаты) – плотность точек от 0.5 до 100 на м²

Аэрофотоснимки/спутниковые изображения:

- Комбинации спектральных каналов (RGB, NIR, SWIR и т.д.)

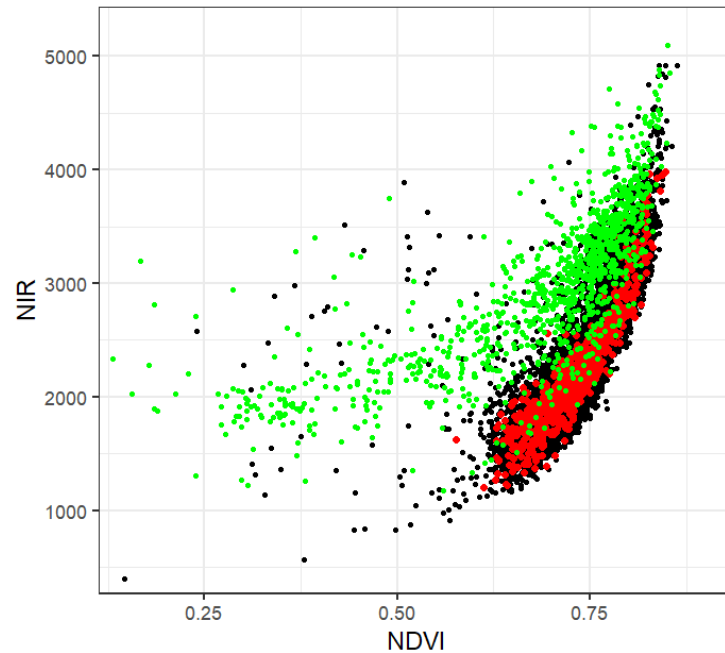


Проект пробных площадей

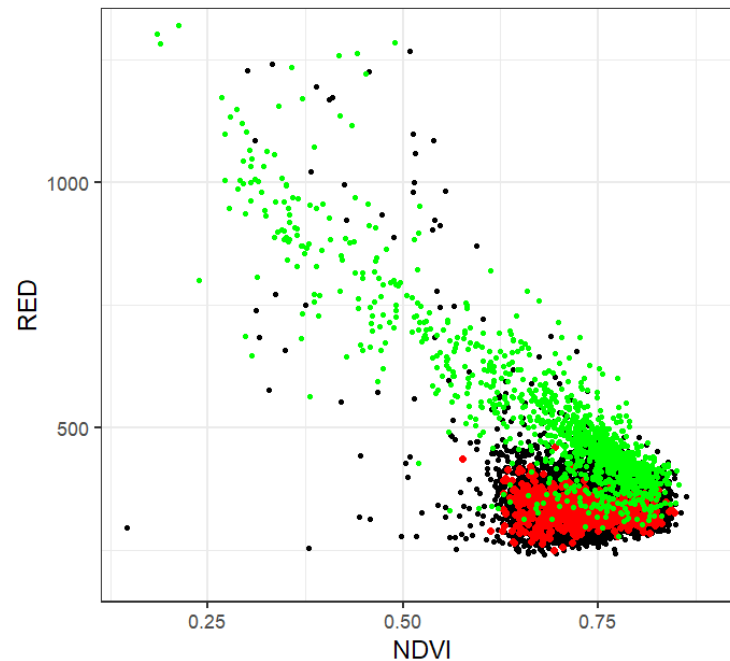




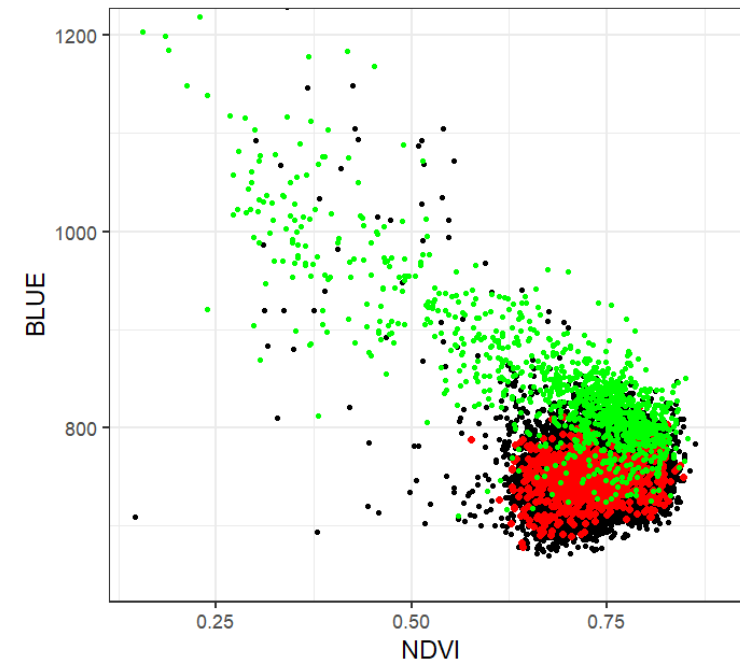
Проект пробных площадей



• нелесные • пробы • случайные



• нелесные • пробы • случайные

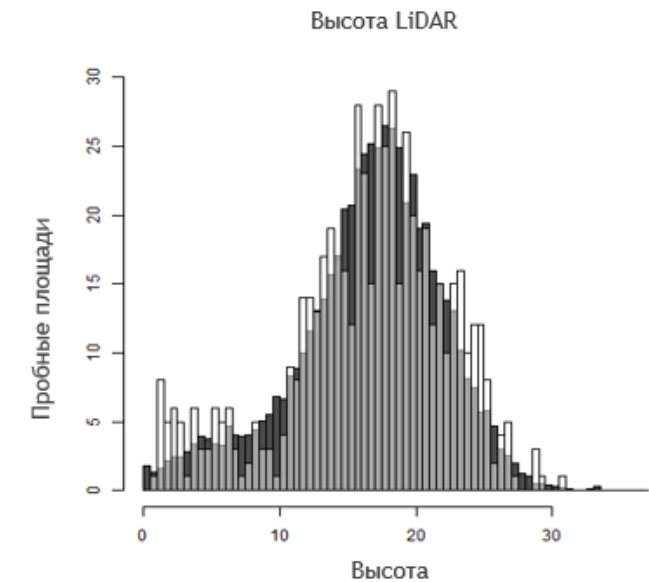
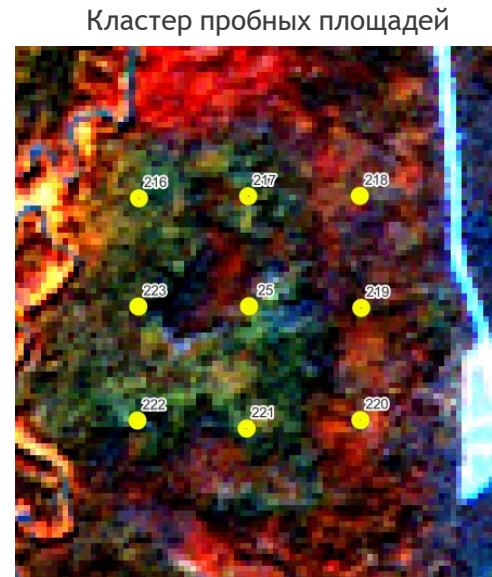
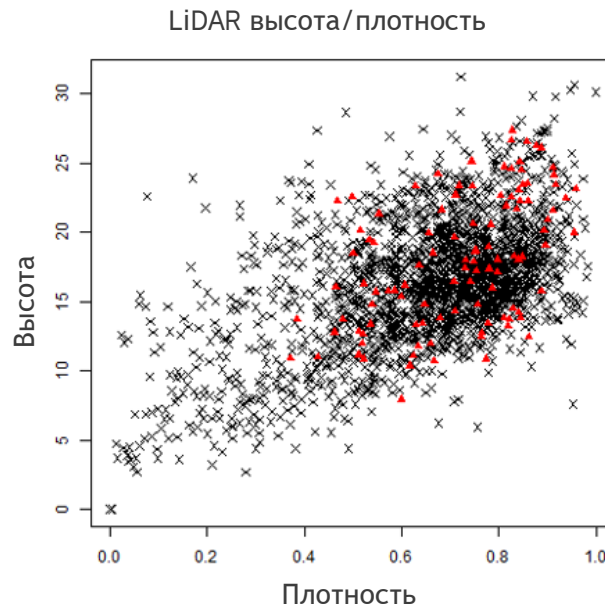


• нелесные • пробы • случайные



Полевые данные

- Калибровочные пробные площади для математического моделирования от 500 до 1000 шт
- Создание проекта закладки пробных площадей на основе данных лазерного сканирования для их равномерного распределения в каждой страте



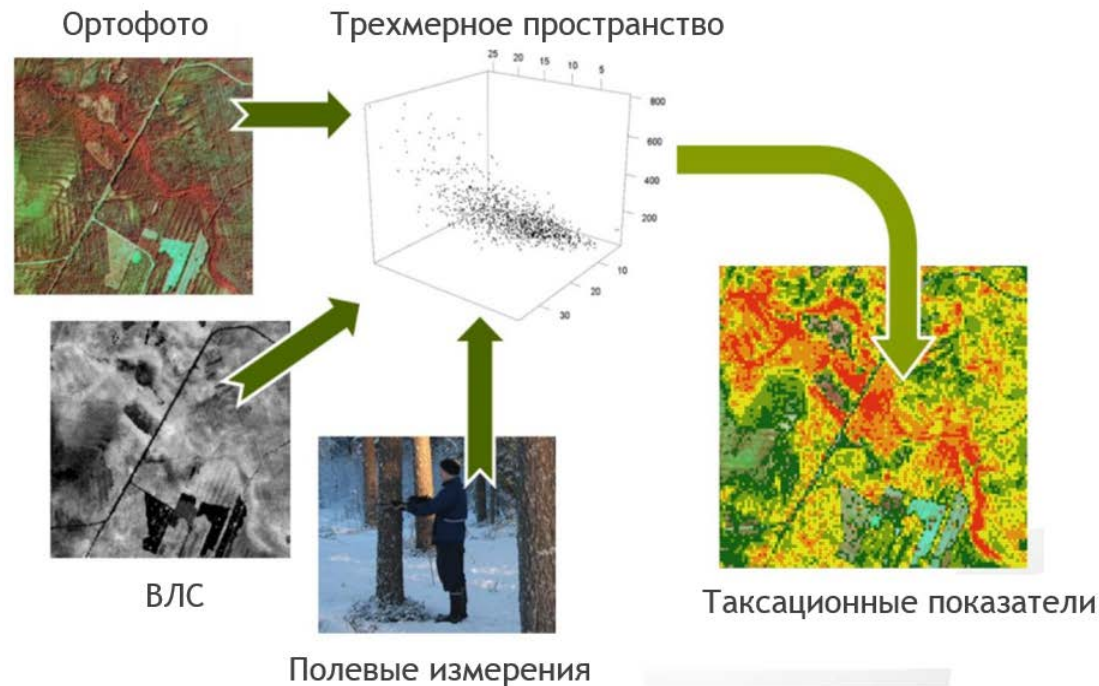
Моделирование

Прогнозирование таксационных показателей происходит с использованием статистических моделей:

- Линейная регрессия: метод наименьших квадратов
- Метод ближайших k-соседей: k-MSN

В модели инвентаризации:

- Переменные лазерного сканирования
- Переменные аэрофотосъемки/спутниковых данных
- Доп. переменные (напр. данные лесоустройства)



Расчётные показатели

Расчет таксационных показателей в разрезе пород для каждой ячейки сетки:

- Средний запас, м3/га
- Сумма площадей сечений, м2/га
- Средний диаметр, см
- Средняя высота, м
- Количество деревьев, шт/га
- Средний возраст, лет

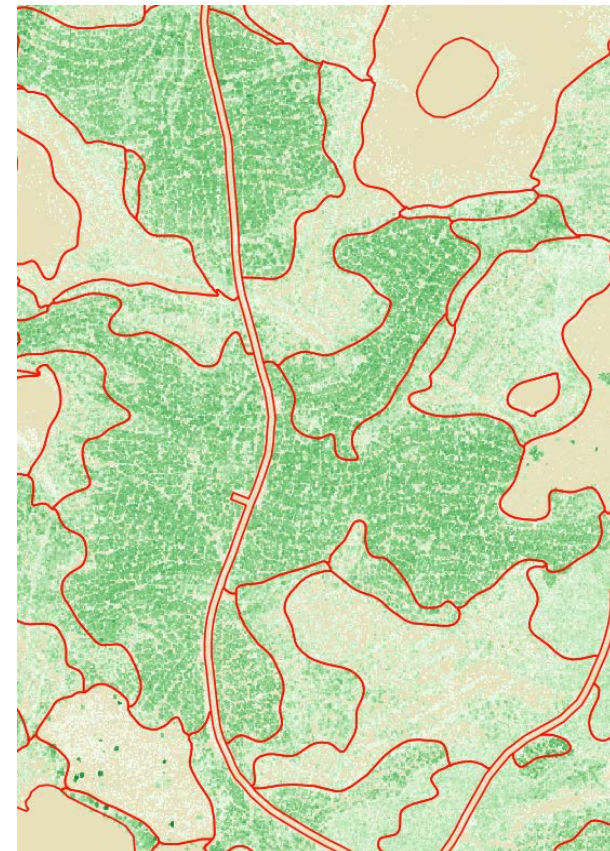
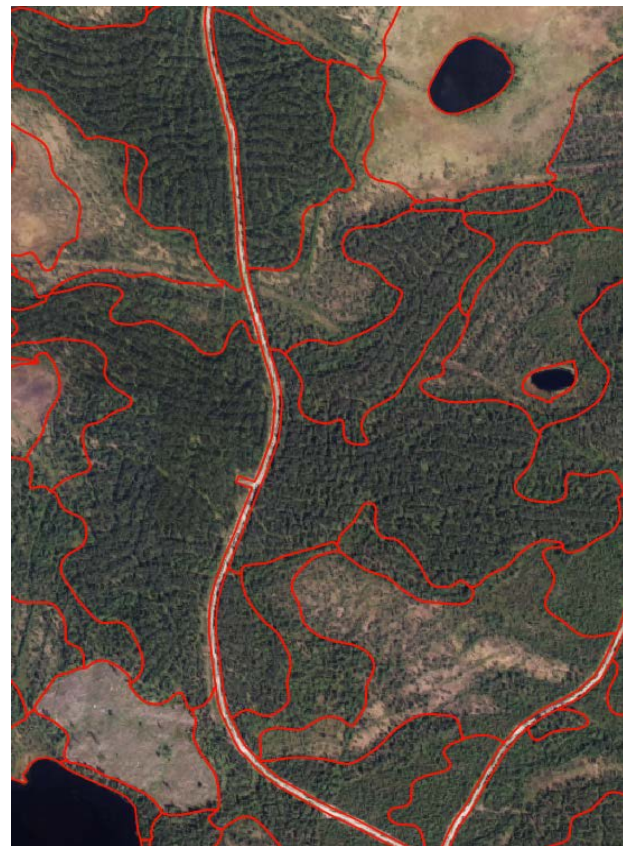


	OBJECTID *	Shape *	LASER_H	V	V1	V2	V3	V4	V8	V10	G	G1	G2	G3	G4	G8	G10
	4	Polygon	22.75	301.7	78.6	0.5	215.1	0	0	7.5	33.3	9.3	0.1	22.9	0	0	1
	5	Polygon	22.74	381.2	136.4	1	243.6	0	0	0.3	39.8	14.8	0.2	24.8	0	0	0
	6	Polygon	21.82	270.8	26.8	0	235.2	0	8.6	0.2	31.5	5.1	0	25.6	0	0.8	0
	7	Polygon	21.39	321.9	92.3	12.8	202.1	0	11.8	3	36.7	11.4	1.4	22.5	0	1.1	0.4



Формирование границ лесотаксационных выделов (сегментация)

- Разгачивание выделов: высота (LiDAR), полнота (LiDAR), породный состав (спутниковые/аэрофото снимки)
- Формирование лесотаксационных выделов можно регулировать по параметрам заказчика
- Корректировка существующих границ лесотаксационных выделов





Адаптация методологии в России



Article

Airborne Laser Scanning Based Forest Inventory: Comparison of Experimental Results for the Perm Region, Russia and Prior Results from Finland

Tuomo Kauranne ^{1,2}, Sergey Pyankov ³, Virpi Junttila ^{1,*}, Alexander Kedrov ³,
Andrey Tarasov ³, Anton Kuzmin ⁴, Jussi Peuhkurinen ², Maria Villikka ²,
Ville-Matti Vartio ² and Sanna Sirparanta ²

¹ LUT School of Engineering Science, Lappeenranta University of Technology, FI-53851 Lappeenranta, Finland; tuomo.kauranne@lut.fi

² Arbonaut Ltd., Kaislakatu 2, FI-80130 Joensuu, Finland; jussi.peuhkurinen@arbonaut.com (J.P.); maria.villikka@arbonaut.com (M.V.); ville-matti.vartio@arbonaut.com (V.-M.V.); sanna.sirparanta@arbonaut.com (S.S.)

³ Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University, RU-614990 Perm, Russia; pyankovsv@gmail.com (S.P.); kedalex@gmail.com (A.K.); andrew.tarasov1993@gmail.com (A.T.)

⁴ Faculty of Science and Forestry, University of Eastern Finland, FI-80101 Joensuu, Finland; anton.kuzmin@arbonaut.com

* Correspondence: virpi.junttila@lut.fi; Tel.: +35-850-323-8926

Academic Editors: Joanne C. White and Timothy A. Martin

Received: 9 December 2016; Accepted: 1 March 2017; Published: 7 March 2017

<https://www.mdpi.com/1999-4907/8/3/72>



Article

Predicting Tree Diameter Distributions from Airborne Laser Scanning, SPOT 5 Satellite, and Field Sample Data in the Perm Region, Russia

Jussi Peuhkurinen ^{1,*}, Timo Tokola ², Kseniia Plevak ¹, Sanna Sirparanta ¹, Alexander Kedrov ³
and Sergey Pyankov ³ 

¹ Arbonaut Ltd., FI-80130 Joensuu, Finland; Kseniia.plevak@arbonaut.com (K.P.); sanna.sirparanta@arbonaut.com (S.S.)

² Faculty of Science and Forestry, University of Eastern Finland, FI-80101 Joensuu, Finland; timo.tokola@uef.fi

³ Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University, RU-614990 Perm, Russia; kedalex@gmail.com (A.K.); pyankovsv@gmail.com (S.P.)

* Correspondence: jussi.peuhkurinen@arbonaut.com; Tel.: +358-505-87-5585

<https://www.mdpi.com/1999-4907/9/10/639>



arbonaut



Perm
State
University

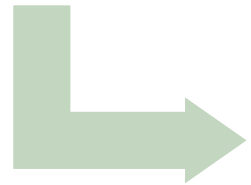




Этапы проведения работ:

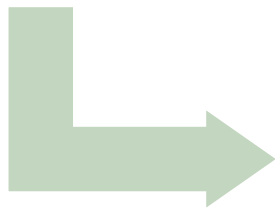
Подготовительные работы

- Сбор исходной информации об объекте
- Сбор и обработка данных АФС и ВЛС
- Подготовка проекта сети калибровочных пробных площадей



Полевые работы

- Измерительные работы на калибровочных пробных площадях
- Геодезическая съемка центров круговых площадок постоянного радиуса



Камеральные работы

- Обработка данных полевых измерений
- Вычисление зависимостей таксационных характеристик, получение математической модели
- Вычисление таксационных показателей для сетки
- Сегментация и расчет таксационных характеристик для сегментов
- Оформление документации

ООО «ЦКТиУ», www.parmagis.ru

Квартал 144

64	7.1	7Е1П2Б	1	18	Е	100	19	24	5	4	3	Е ДМ	0.9	305	2165	1516	1
					П	75	15	20				ЧБ				217	3
					Б		18	20								433	3
		подрост:	9Е1П (20)	1.0 м,	3.0	тыс.шт/га, благонадежный											
65	44	Вырубка			С							2 Е ЧЕР					
												ЧС					
		год вырубки	18														
66	7.7	8Е1П1Б	1	18	Е	120	19	24	6	4	4	Е ДМ	0.6	235	1809	1448	2
					П	75	14	16				ЧБ				181	3
					Б	90	19	24								181	3
		подрост:	8Е2П (20)	1.0 м,	4.5	тыс.шт/га, благонадежный											
67	16.3	6Б4Е	1	17	Б	55	18	20	6	3	2	Е ЧЕР	1	305	4971	2982	2
					Е	60	15	20				ЧС				1989	1
		подрост:	9Е1П (20)	1.0 м,	3.0	тыс.шт/га, благонадежный											
68	2.9	8Е1П1Б	1	17	Е	100	17	24	5	4	3	Е ДМ	0.5	185	536	428	1
					П	70	14	20				ЧБ				54	3
					Б	80	18	24								54	3
		подрост:	8Е2П (15)	1.0 м,	4.5	тыс.шт/га, благонадежный											
69	4.1	5Е1П4Б	1	16	Е	60	16	20	3	2	2	Е ЧЕР	1	280	1148	574	1
					П	65	14	16				ЧС				115	2
					Б	45	16	16								459	2
		подрост:	8Е2П (20)	1.0 м,	2.5	тыс.шт/га, благонадежный											
70	10	8Е1П1Б	1	19	Е	100	20	24	5	4	3	Е ДМ	0.8	305	3050	2440	1
					П	75	15	20				ЧБ				305	3
					Б	65	17	20								305	3
		подрост:	8Е2П (15)	1.0 м,	4.0	тыс.шт/га, благонадежный											
		ОЗУ: Водоохранная зона															
71	5.1	5Е5Б	1	16	Е	60	15	20	3	2	3	Е ЧЕР	0.9	270	1377	688	1
					Б	50	16	16				ЧС				689	3
		подрост:	9Е1П (20)	1.0 м,	2.5	тыс.шт/га, благонадежный											





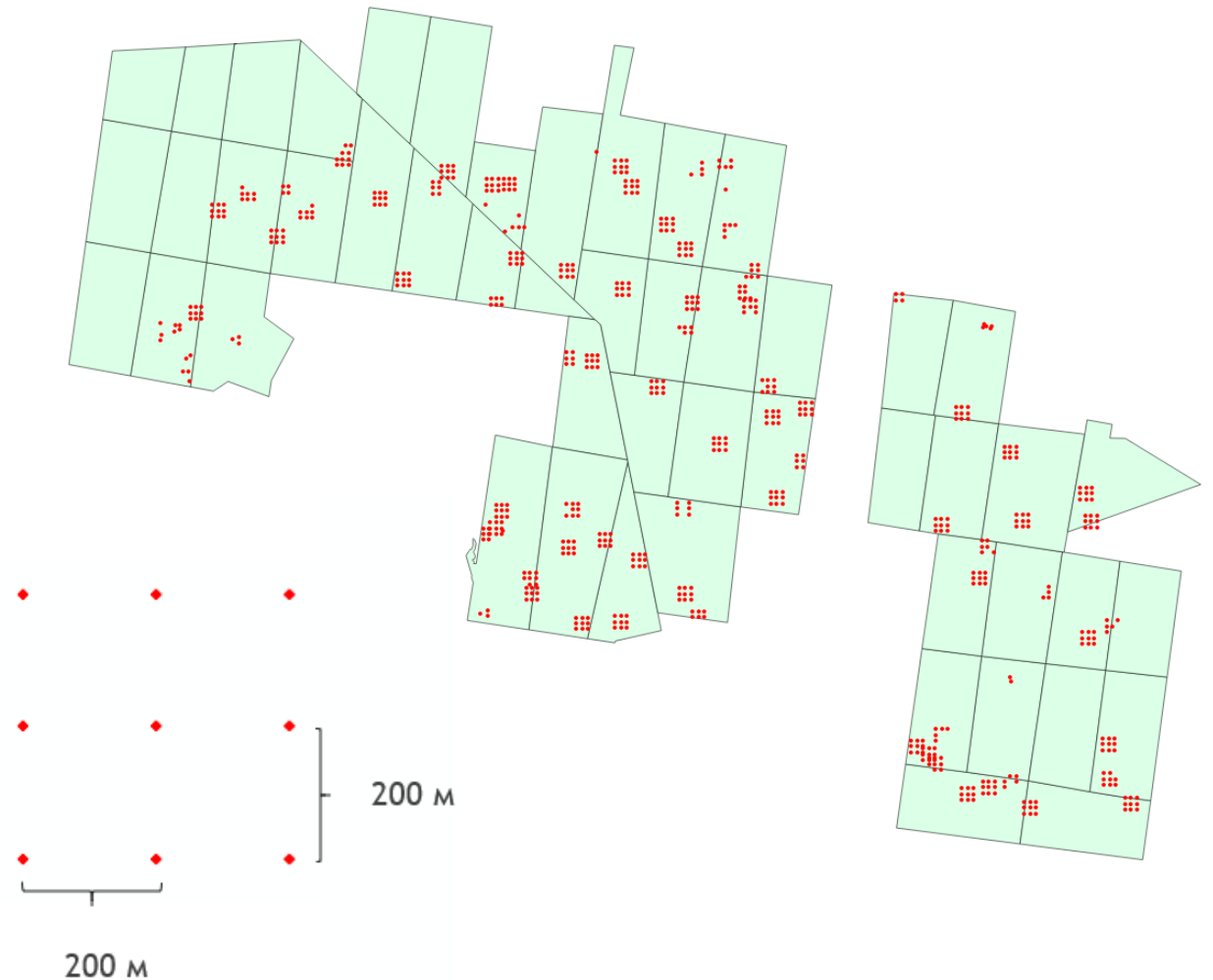
Преимущества метода

Особенности	Метод ВЛС	Таксация стандартными методами
1. Объем полевых работ при площади объекта 100 000 га	500-700 круговых площадок постоянного радиуса (9 м) со сплошным пересчетом и обмером модельных деревьев	≈25 000 круговых реласкопических площадок (при S выдела 20 га) с обмером модельных деревьев и ≈1500 км таксационного хода
2. Информация о высоте древостоя	Точная цифровая модель высоты растительности на всю территорию объекта работ	Выборочное измерение модельных деревьев на пунктах таксации
3. Информация о рельефе	Точная цифровая модель рельефа	Топографические карты 1:25 000
4. Разграничение выделов	Автоматическое (сегментация)	Полностью ручное



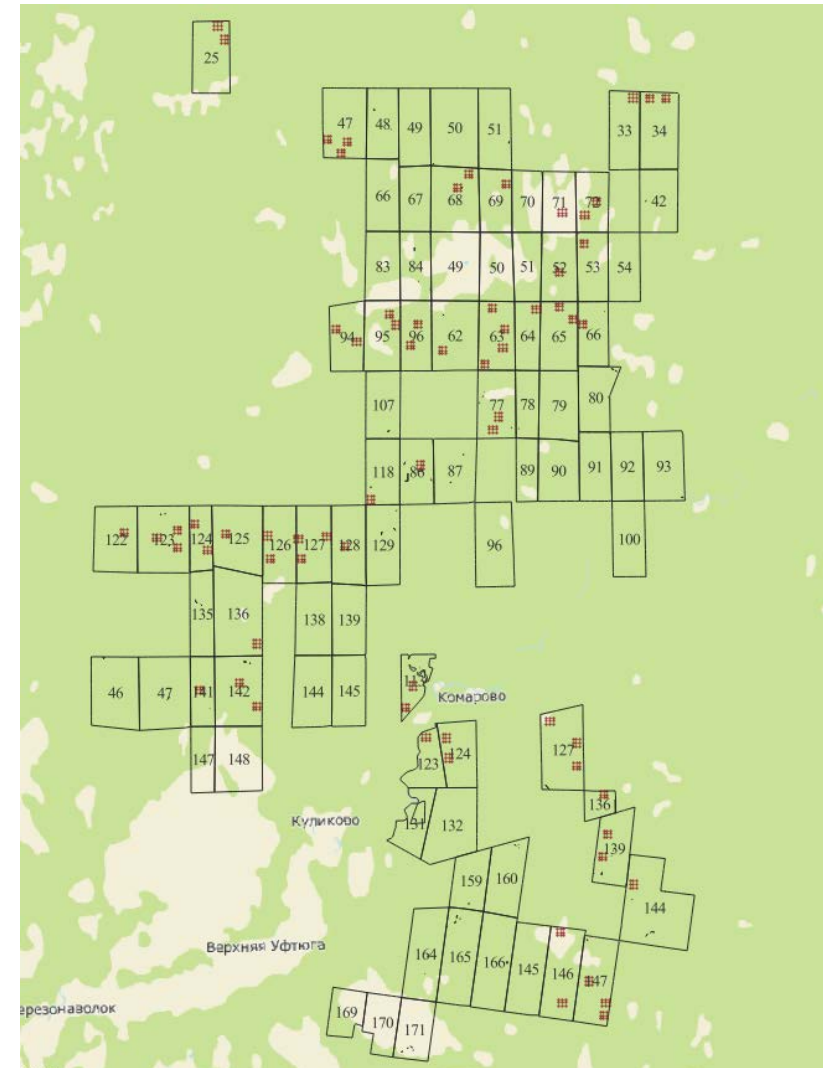
Работы в 2018 году

- Красноборское лесничество Архангельской области
- Площадь лесного участка: 43 560 га
- Количество пробных площадей: 609 шт.
- Данные ВЛС с плотностью 4-6 точек/кв.м (съёмка 2018 года)
- Данные АФС с инфракрасным каналом (съёмка 2017 и 2018 года)



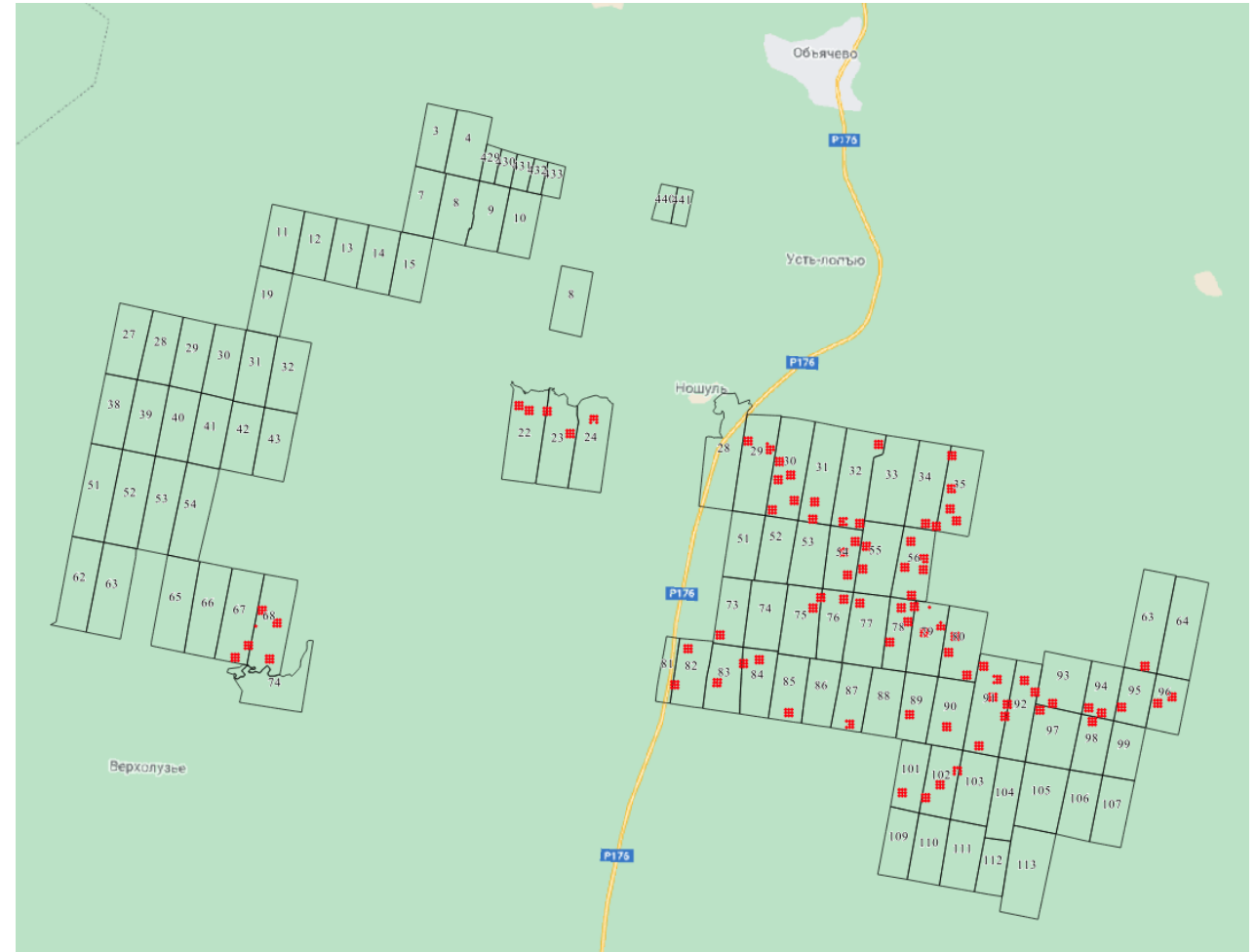
Работы в 2019 году

- Красноборское лесничество Архангельской области
- Площадь лесного участка: 87 350 га
- Количество пробных площадей: 640 шт.
- Данные ВЛС с плотностью 4-6 точек/кв.м (съёмка 2018 года)
- Данные АФС с инфракрасным каналом (съёмка 2017 и 2018 года)



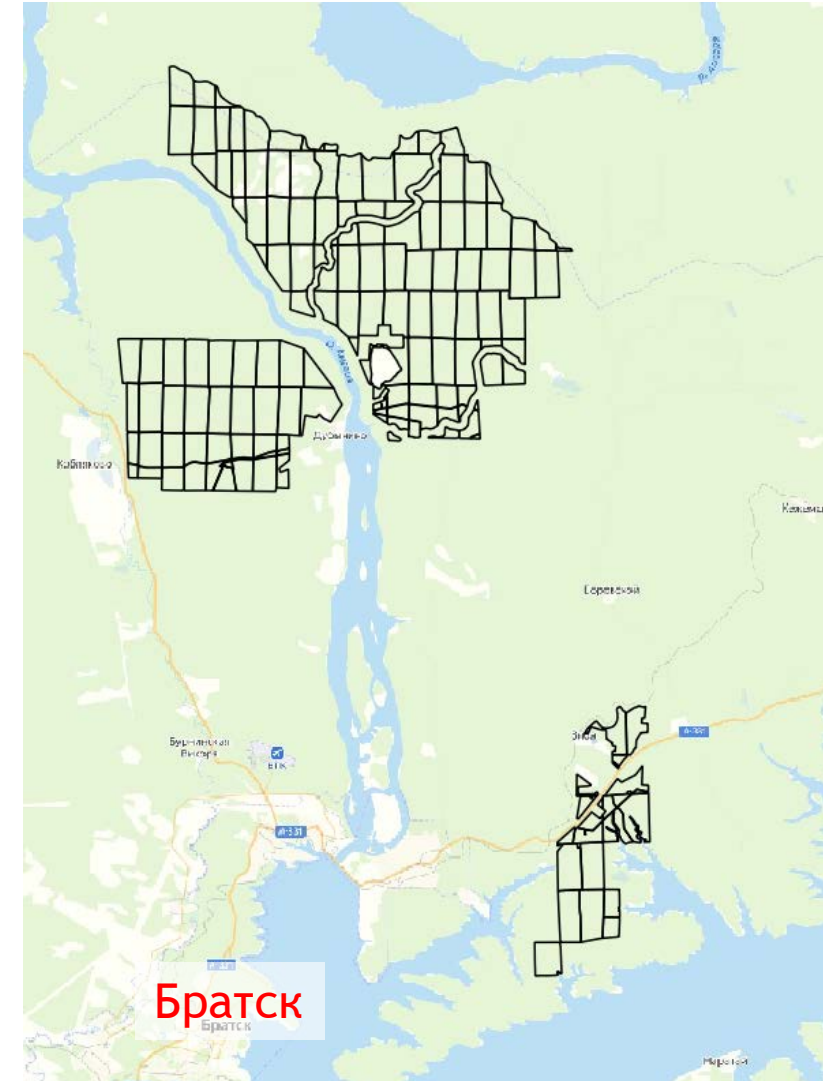
Работы в 2020 -2021 гг.

- Прилузское лесничество Республика Коми
- Площадь лесного участка: 98 878 га
- Количество пробных площадей: 734 шт.
- Данные ВЛС с плотностью 4 точки/кв.м
(съёмка 2020 года)
- Данные АФС с инфракрасным каналом
(съёмка 2020 года)



Работы в 2020 -2021 гг.

- Падунское лесничество Иркутской области
- Площадь лесного участка: 75 560 га
- Количество пробных площадей: 896 шт.
- Данные ВЛС с плотностью 4 точки/кв.м
(съёмка 2020 года)
- Данные АФС с инфракрасным каналом
(съёмка 2020 года)



Проверка точности результатов

Показатель	Тип ошибки	Величина ошибки в зависимости от способа таксации лесов				
		Нормативная (по лесоустроительной инструкции)			ВЛС (по итогам полевой проверки)	ВЛС (по факту заготовки)
		Глазомерно- измерительный	Глазомерный	Дешифровочный		
Высота, %	Случайная (при вероятности 0,68)	±8	±10	±15	+3,5	-
Диаметр, %		±10	±12	±20	+0,9	-
Запас на 1 га, %		±15	±20	±30	+9,3	±8
Возраст, лет <40		±5	±10	±15	±5	-
41-100		±10	±15	±20	±10	
>100		±10	±25	±35	±10	
Полнота		±0,1	±0,1	±0,2	+0,1	-
Коэффициент состава преобладающей породы		±1,0	±1,5	±2,0	+1,0	±0,4
Запас, %	Систематиче- ская	±5	±5	±10	+9	±4,2



Формирование цены

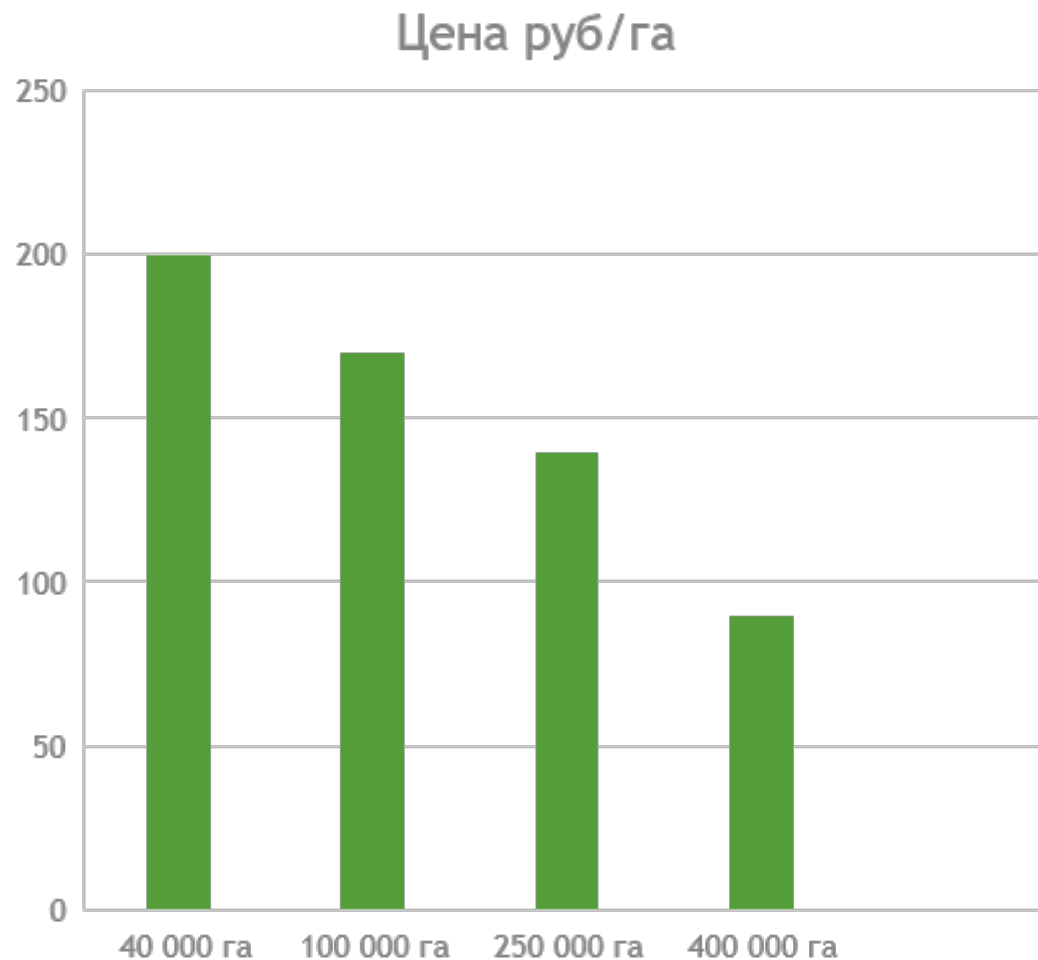
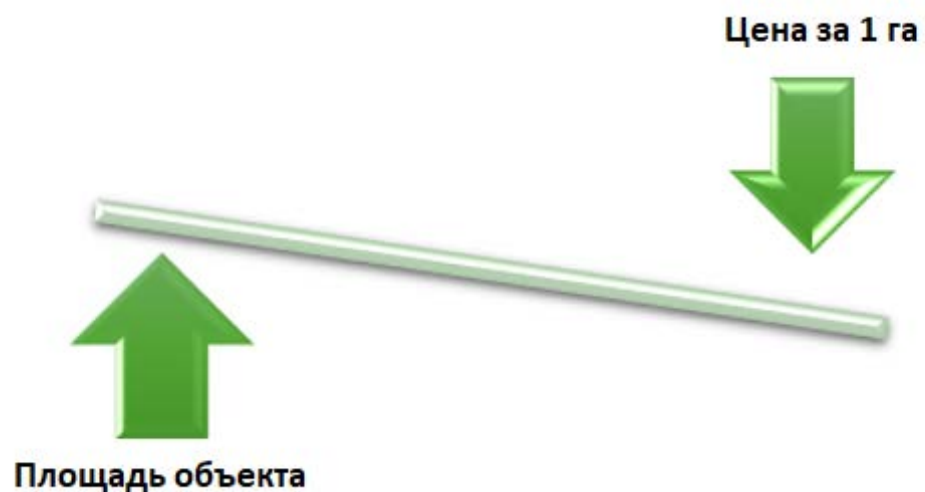
Факторы:

Полевые пробные площади:

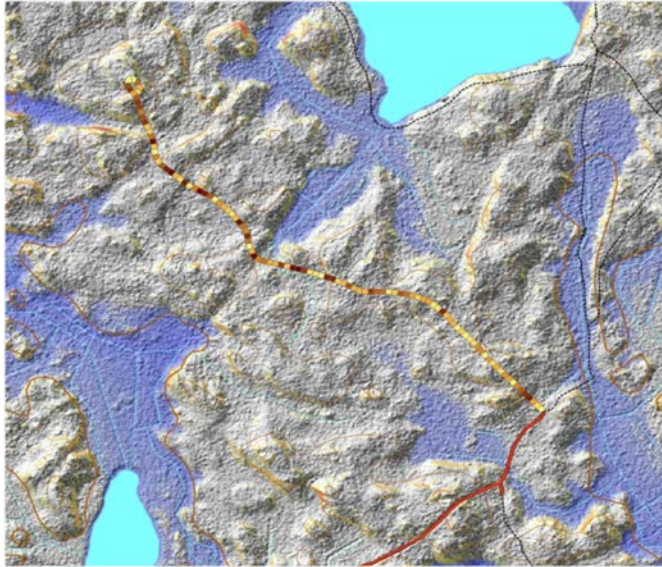
- разнообразие лесорастительных условий
- инфраструктура и доступность участков

Съемка территории:

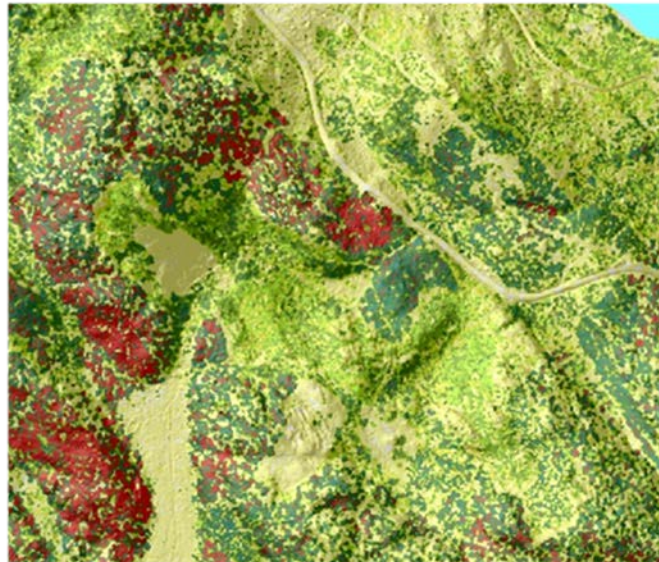
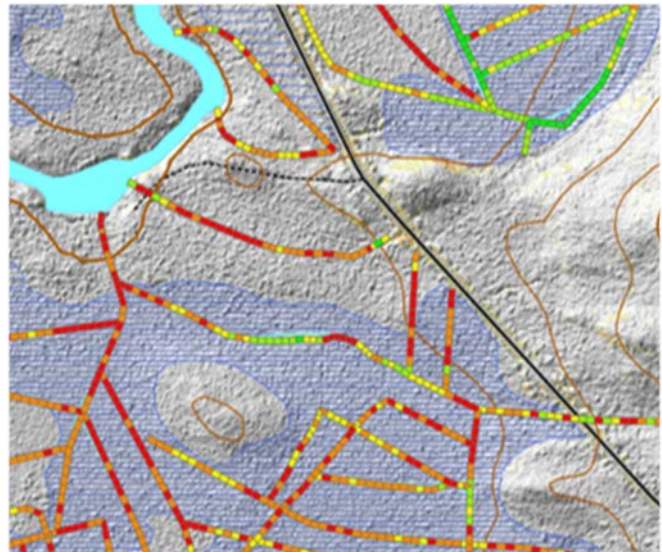
- удаленность от посадочной площадки
- компактность участков съемки



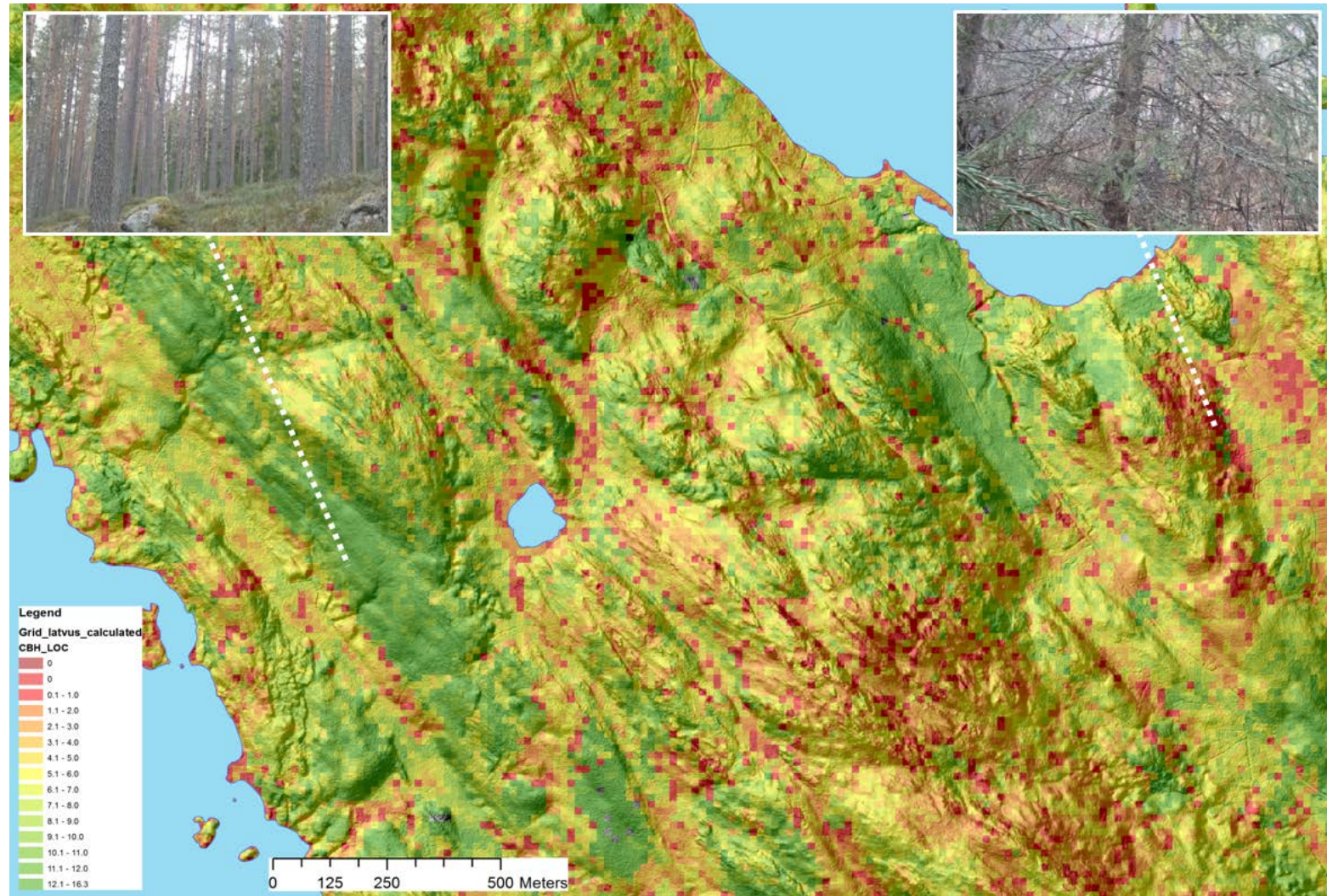
Дополнительные данные



- Цифровая модель рельефа (ЦМР)
- Проектирование лесных дорог
- Проектирование гидромелиоративной сети
- Расчет индекса заболоченности
- Модель высоты крон (CHM)

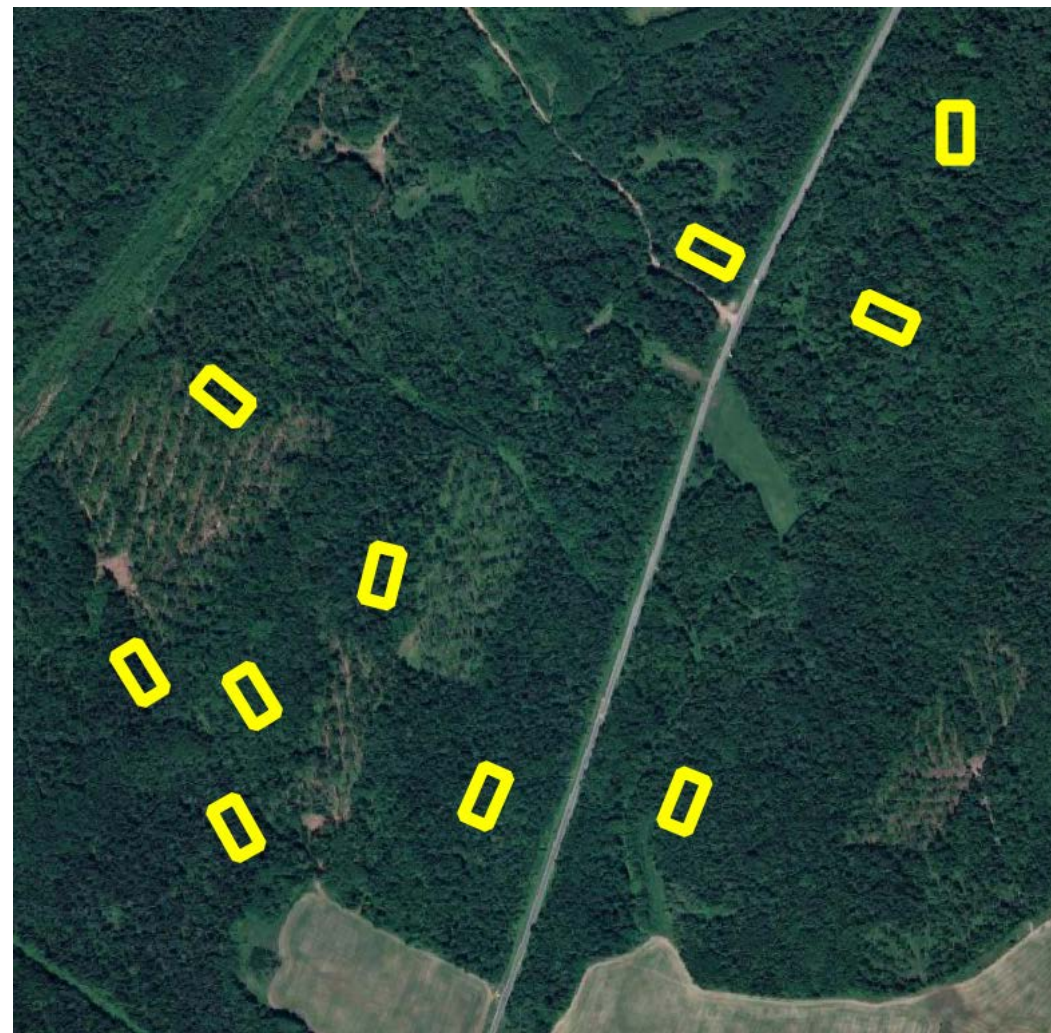
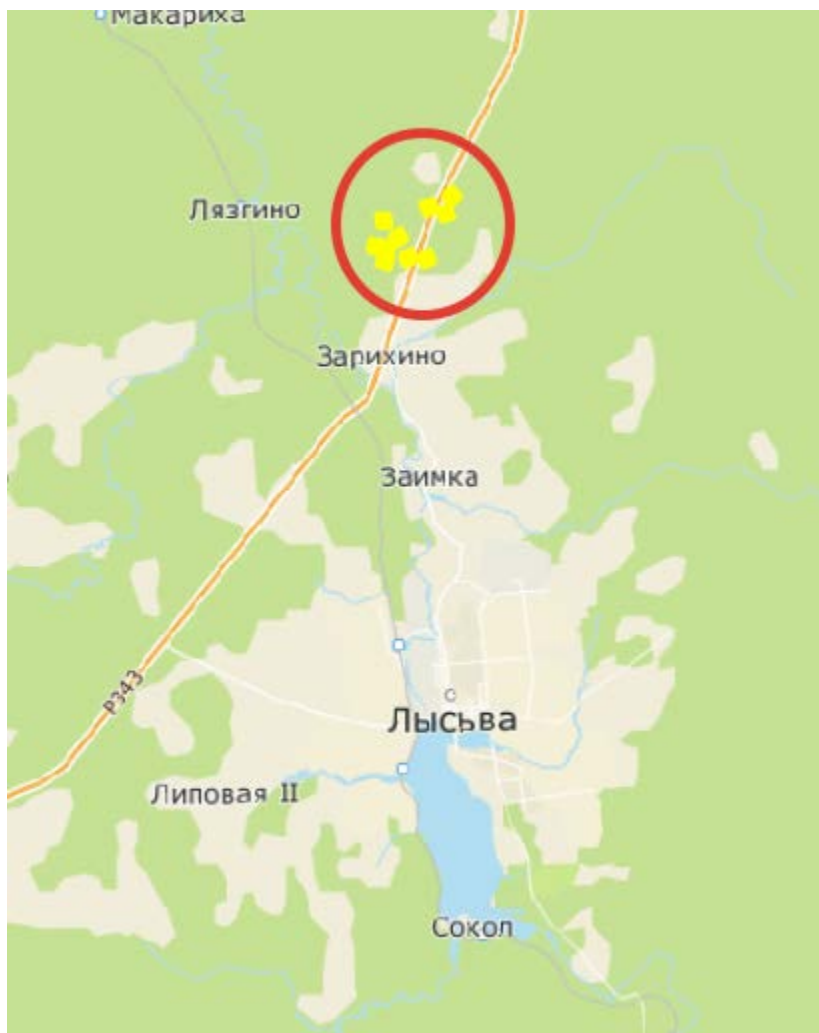


Оценка рисков распространения лесных пожаров



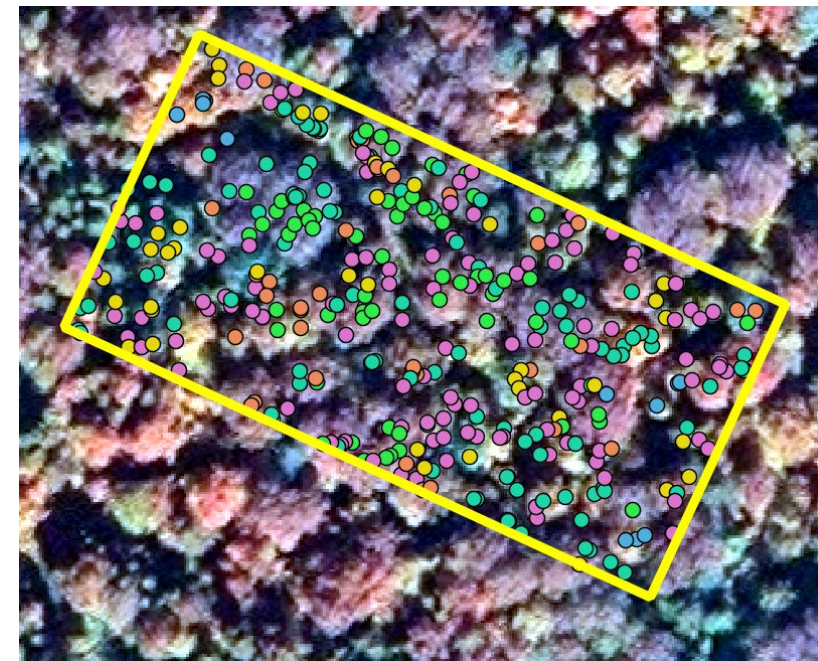
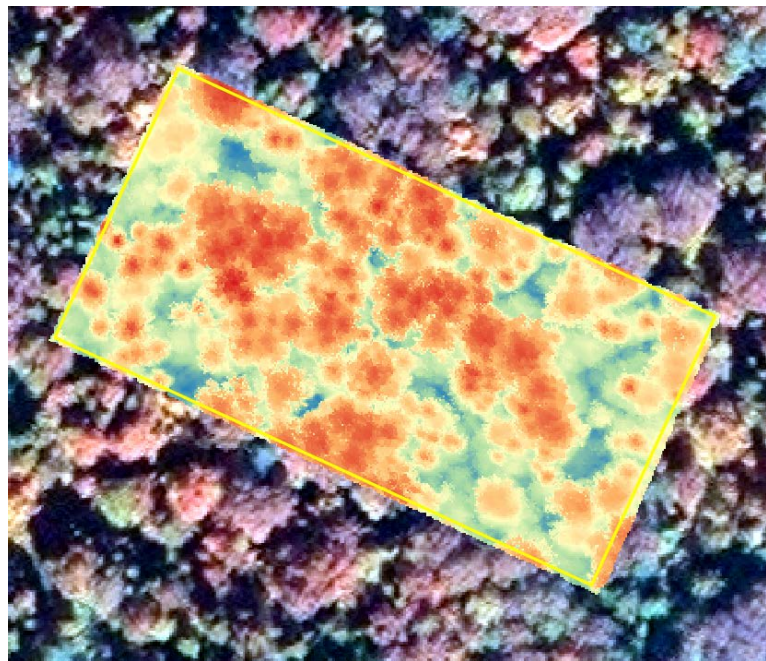


Полигон для отработки методов таксации лесосек





Пробная площадь полигона





Спасибо за внимание!

Кедров Александр - kedalex@gmail.com

+7 902 83 83 199