

Восстановление высоты зданий с использованием машинного обучения и цифровой модели поверхности ArcticDEM

*Окунева Влада Викторовна¹, Самсонов Тимофей Евгеньевич^{1,2},
Варенцов Михаил Иванович^{1,2}*

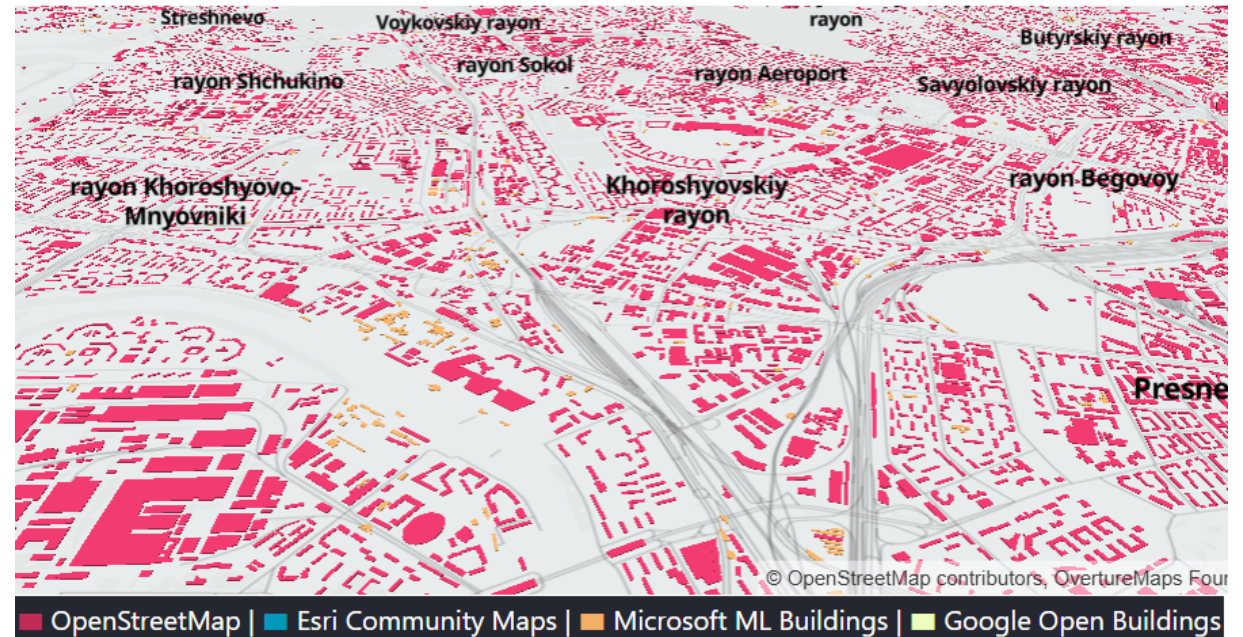
*¹Московский государственный университет имени
М.В. Ломоносова, ²ФГБУ «Гидрометцентр России»*

Актуальность:

- Требование к детальному описанию городской подстилающей поверхности
- Необходимость регулярного обновления данных
- Отсутствие полного, глобального, актуального набора данных
- Разнообразие параметров и неоднородность городской среды в разных частях мира

Overture Maps

- ✓ Интеграция нескольких источников данных (OpenStreetMaps, Microsoft Buildings, Google Open Buildings)
- ✓ Регулярный выпуск обновлений
- ✓ Стандартизированная структура хранения данных



Используемые тематические слои:

- Здания
- Дорожная сеть

ArcticDEM



ЦМП ArcticDEM



Извлечение высот вдоль дорог



Построение ЦМР



*Вычитание полученной ЦМР
из исходной ЦМП*

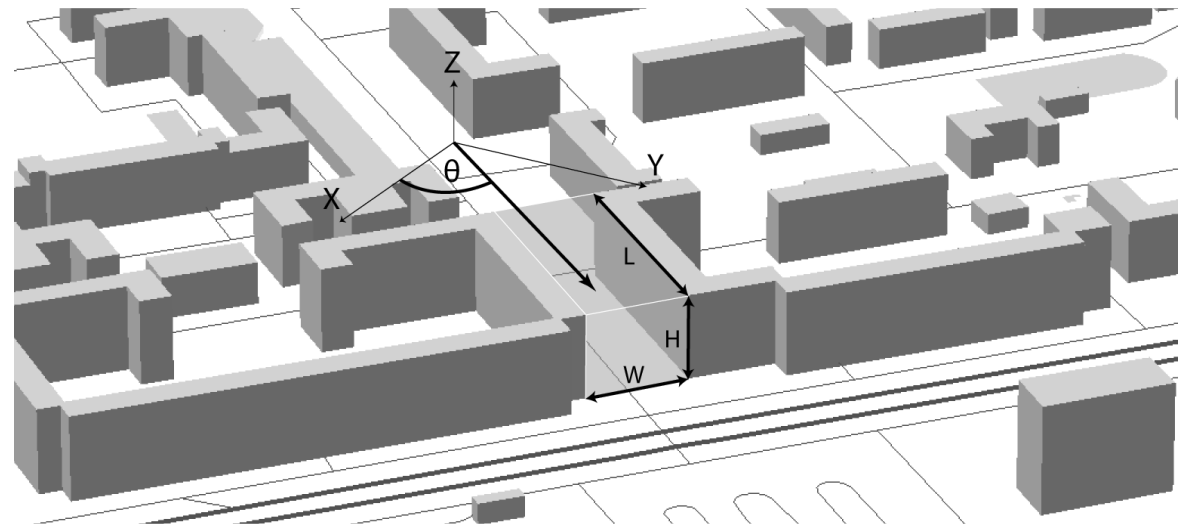


Извлеченная высота

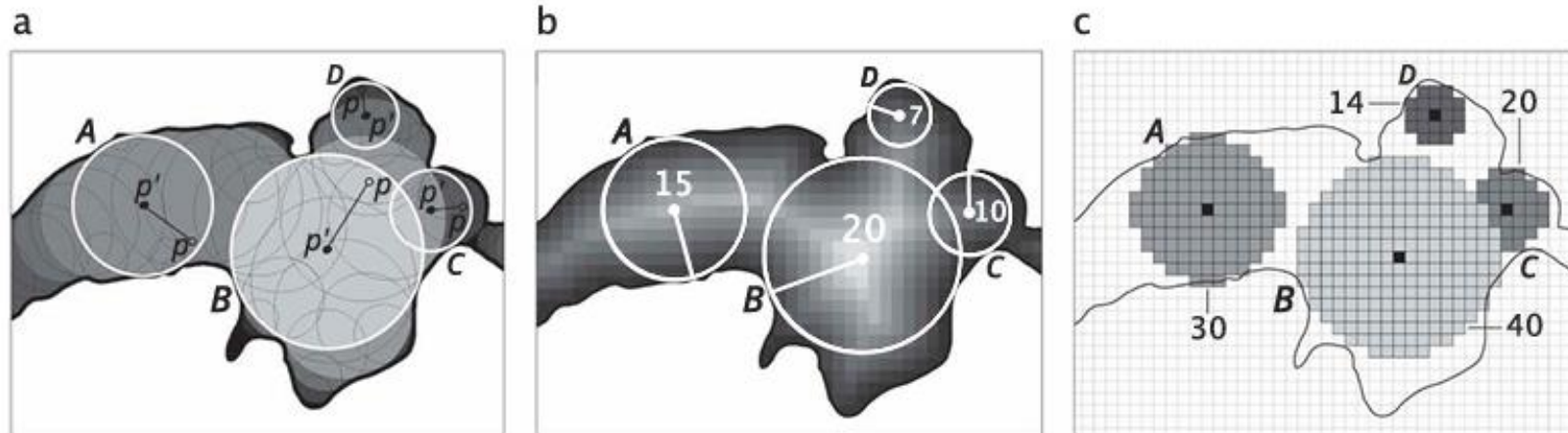
Городской каньон

Вычисление ширины области по кругу:

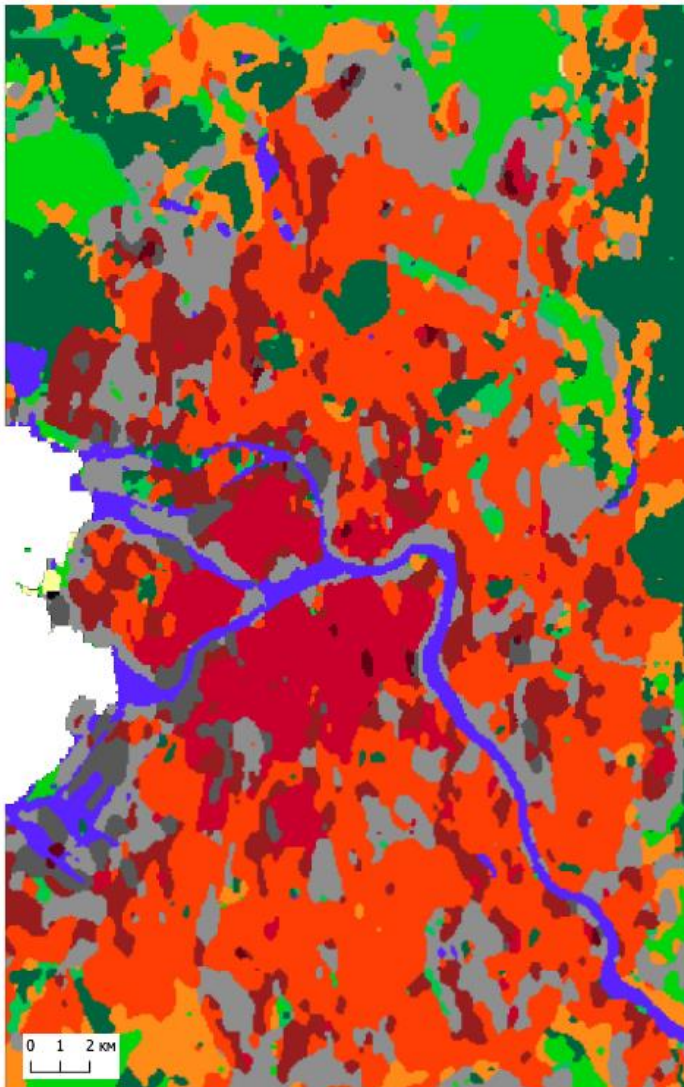
1. Определение ширины области на основе радиуса.
2. Нахождение евклидова расстояния до ближайших сторон.
3. Распределение удвоенного расстояния в окрестности круга соответствующего размера (более яркие пиксели представляют большие диаметры окружностей)



W — ширина. **H** — высота. **L** — длина. **θ** — направление

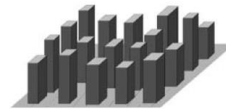


Локальные климатические зоны (ЛКЗ)

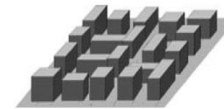


Типы локальных климатических зон застройки (built-up)

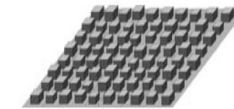
1. Компактная высокоэтажная застройка (Compact high-rise)



2. Компактная среднеэтажная застройка (Compact midrise)



3. Компактная малоэтажная застройка (Compact low-rise)



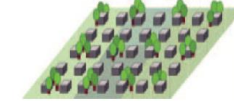
4. Открытая высокоэтажная застройка (Open high-rise)



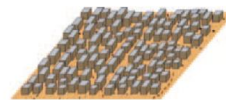
5. Открытая среднеэтажная застройка (Open midrise)



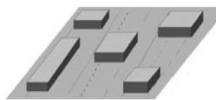
6. Открытая малоэтажная застройка (Open low-rise)



7. Облегченная малоэтажная застройка (Lightweight low-rise)



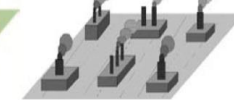
8. Крупногабаритная малоэтажная застройка (Large low-rise)



9. Рассеянная застройка (Sparsely built)

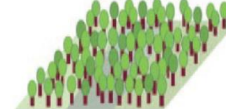


10. Тяжелая промышленность (Heavy industry)



Типы локальных климатических зон земельного покрова (land cover)

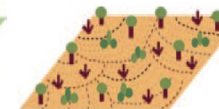
A. Частые деревья (лесные и парковые массивы) (Dense trees)



B. Редкие деревья (Scattered trees)



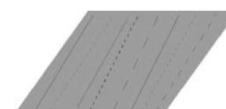
C. Кустарники (Bush, scrub)



D. Низкорослая растительность (Low plants)



E. Обнаженные горные породы/искусственное покрытие (Bare rock or paved)



F. Обнаженные почвы / песок (Bare soil or sand)



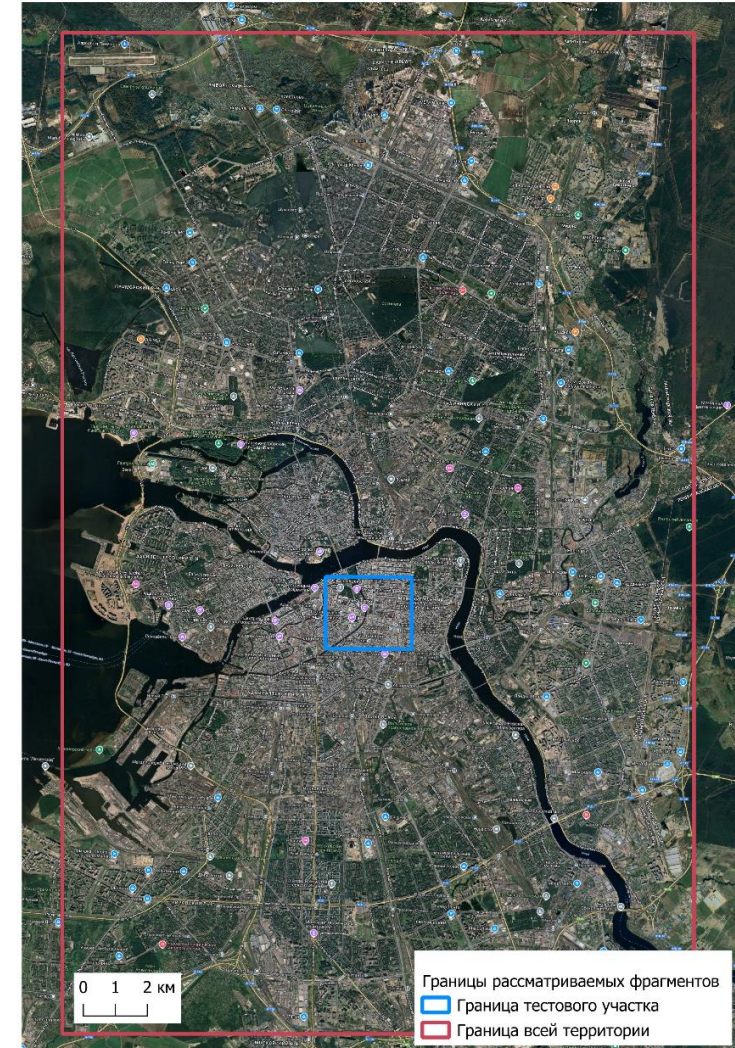
G. Водные объекты (Water)



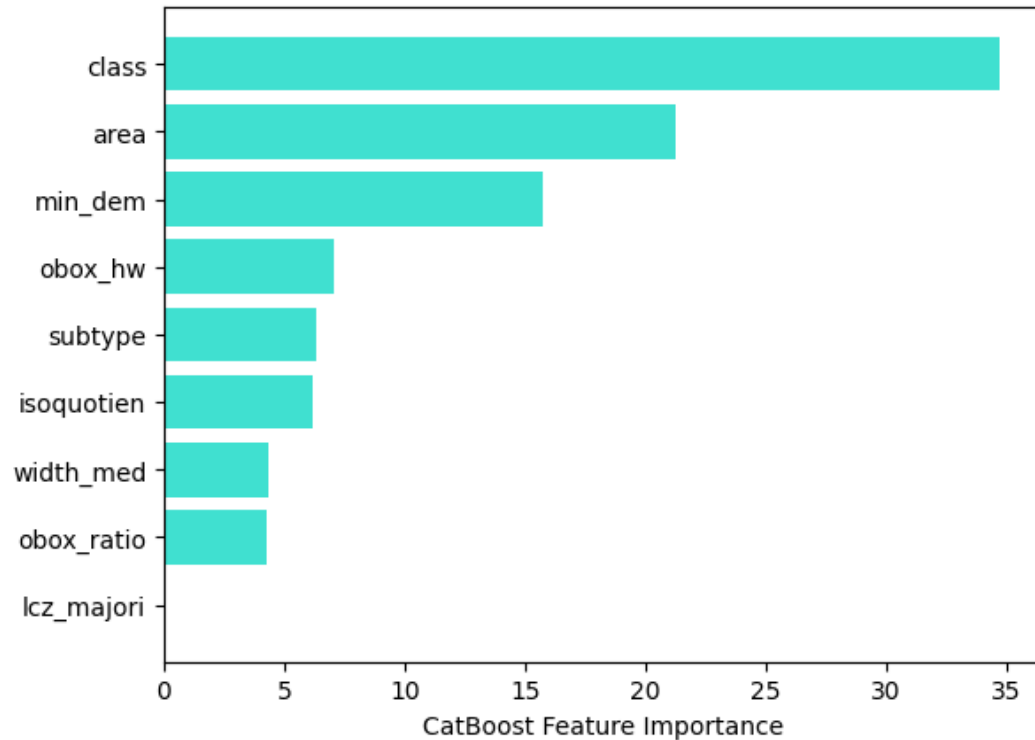
Восстановление высот зданий на основе деревьев решений с оптимизацией методом градиентного бустинга

Признаки:

1. Полученные из ArcticDEM высоты (*min_dem*)
2. Осредненная ширина каньона в заданной окрестности (*width_medi*)
3. Площадь здания (*area*)
4. Компактность (*isoquotien*)
5. Пропорции минимального по площади ограничивающего прямоугольника (*obox_hw*)
6. Отношение площади здания к площади этого прямоугольника (*obox_ratio*)
7. Тип здания (*subtype*)
8. Класс здания (*class*)
9. Преобладающая в радиусе 100 м локальная климатическая зона (*lcz_majori*)



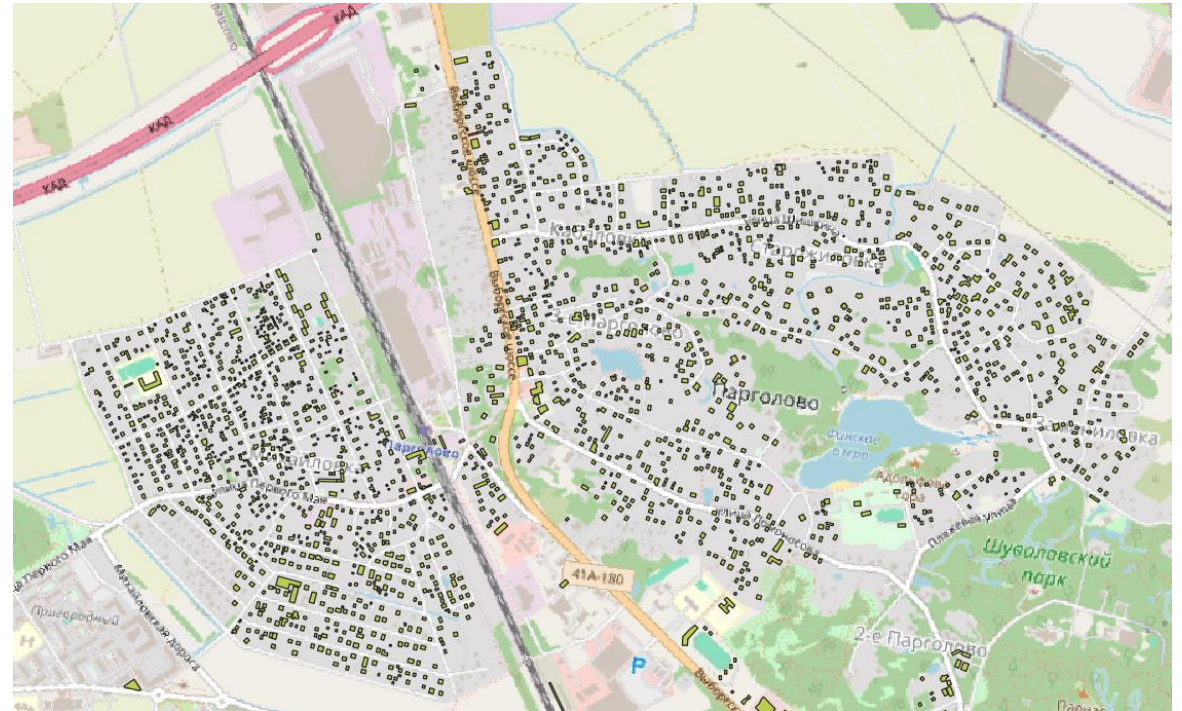
Применение модели восстановления высот для ЛКЗ 6



RMSE: 5.83

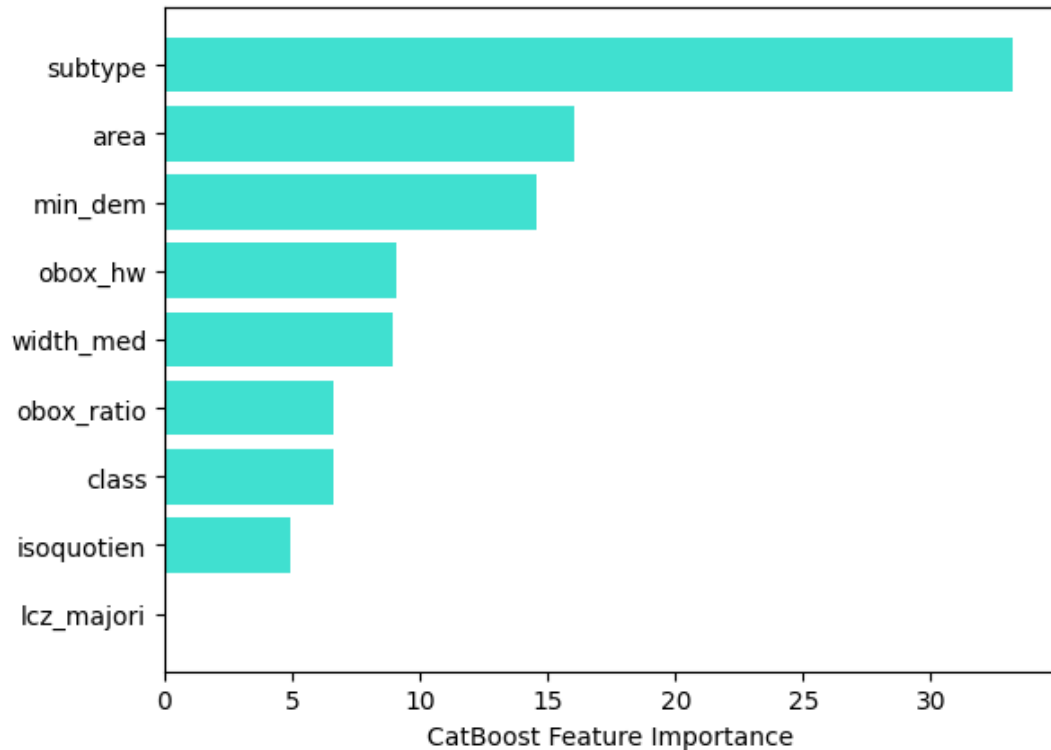
R2 (тренировочная): 0.98

R2 (валидационная): 0.76



Открытая малоэтажная застройка

Применение модели восстановления высот для ЛКЗ 8



RMSE: 7.81

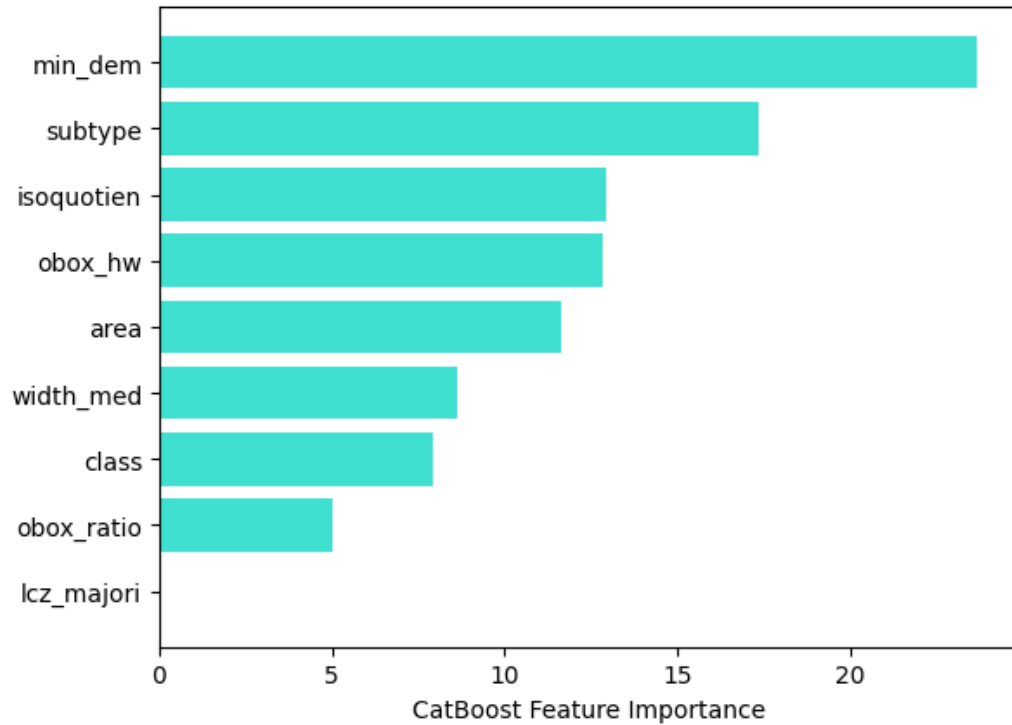
R2 (тренировочная): 0.98

R2 (валидационная): 0.79



Крупногабаритная малоэтажная застройка

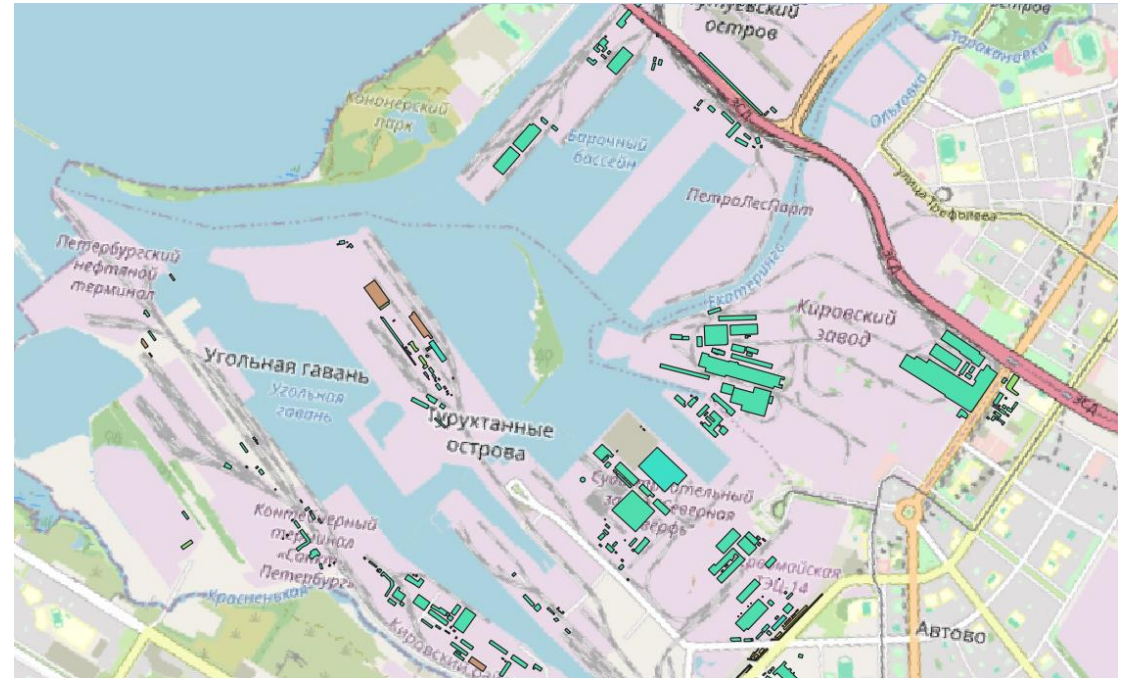
Применение модели восстановления высот для ЛКЗ 10



RMSE: 8.08

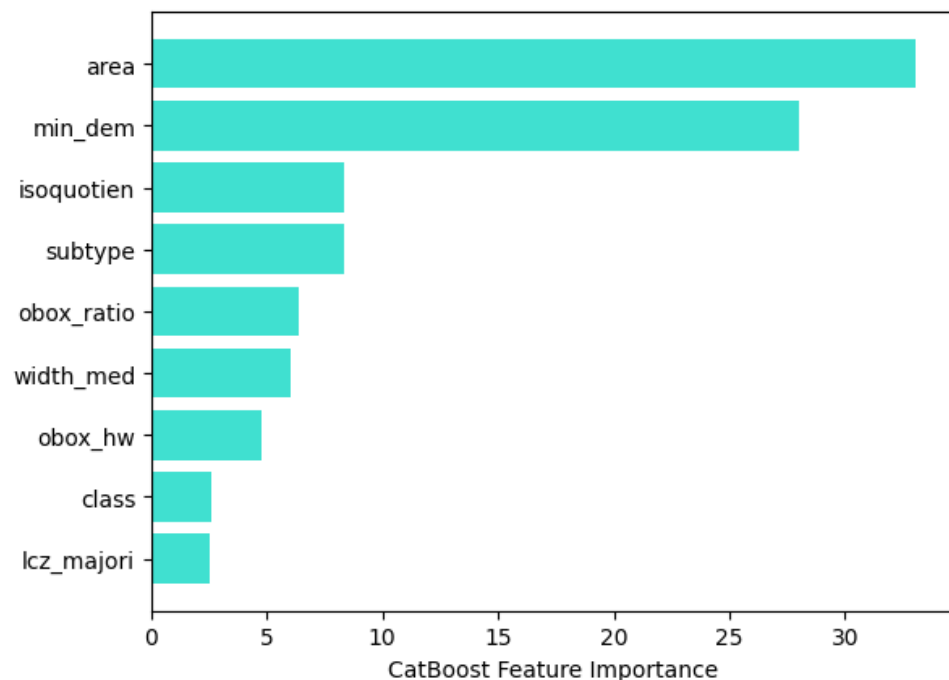
R2 (тренировочная): 0.98

R2 (валидационная): 0.82



Тяжелая промышленность

Восстановление высот зданий на основе деревьев решений с оптимизацией методом градиентного бустинга на разных масштабах

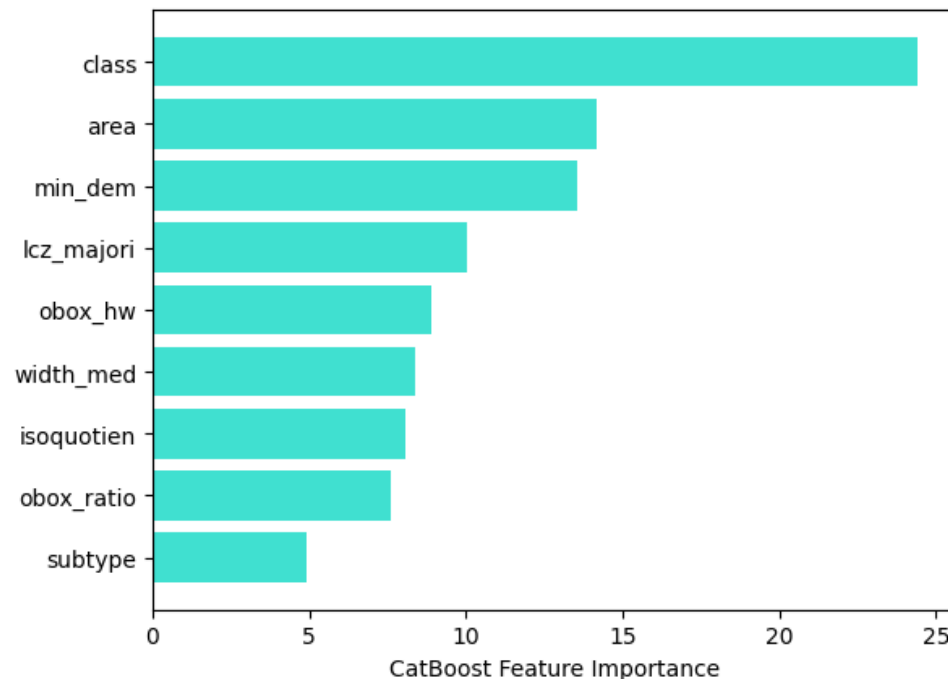


RMSE: 3.27

R2 (тренировочная): 0.78

R2 (валидационная): 0.54

*На центральный район Санкт-Петербурга
(локальный масштаб)*



RMSE: 7.08

R2 (тренировочная): 0.96

R2 (валидационная): 0.74

*На всю территорию Санкт-Петербурга
(глобальный масштаб)*

Результаты:

- Изменение значимости признаков в зависимости от типа ЛКЗ
- Значимость ЦМП ArcticDEM и ее потенциал в дальнейших исследованиях
- Высокая эффективность модели при восстановлении высот зданий, имеющих различные характеристики
- Высокая точность модели при работе в масштабе всего города