

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э.  
Баумана  
(национальный исследовательский университет)»

---

Е.М. Митрофанов

Руководство по выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Дистанционный мониторинг состояния и использования лесов»

Москва  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
2023

## Оглавление

1. Пример задания для курсового проекта.....	3
2. Выполнить планирование авиационного лазерного сканирования для заданной лесопокрытой территории. ....	4
3. Выполнить обработку плотного облака, полученного в результате авиационного лазерного сканирования с целью получения высотной модели древостоя. ....	7
4. Выполнить обработку плотного облака точек, полученного в результате наземного лазерного сканирования, с целью определения координат деревьев, их высоты и диаметров на высоте 1.3 м. ....	10
Литература.....	14

### **1. Пример задания для курсового проекта.**

1. Выполнить планирование авиационного лазерного сканирования для заданной лесопокрытой территории.
2. Выполнить обработку плотного облака, полученного в результате авиационного лазерного сканирования с целью получения высотной модели древостоя.
3. Выполнить обработку плотного облака точек, полученного в результате наземного лазерного сканирования, с целью определения координат деревьев, их высоты и диаметров на высоте 1.3м.

## 2. Выполнить планирование авиационного лазерного сканирования для заданной лесопокрытой территории.

На данном этапе обучающийся должен сформировать файл автопилота для беспилотного летательного аппарата (DJI MATRICE 350), способного нести на своем борту лазерный сканер (АГМ-1), позволяющий выполнить аэрофотосъемку заданного лесного выдела. Рекомендованный порядок действий:

1. Проанализировать характеристики модели лазерного сканера. Выполнить расчёт полосы захвата сканера для одного маршрута в процессе аэрофотосъемки для высоты в 140 метров над подстилающей поверхностью.

### Спецификации

Воздушный лазерный сканер для БПЛА. Технические характеристики.

Сканирующая система	
Частота сканирования	300 кГц
Максимальная дальность	100 м
Угол поля зрения	360 град
Скорость вращения сканирующего зеркала	20 об/сек
Возможность интеграции внешней камеры	
Система инерциального позиционирования АГМ-ПС.М	
Метрологические характеристики*	
Точность определения дальности	3 см

Рис 1. Фрагмент официальных характеристик лазерного сканера АГМ-1

2. Проанализировать характеристики стоковой камеры БВС DJI MATRICE 350 и рассчитать параметры съемки для него в соответствии с теорией одиночного снимка таким образом, что бы его поперечный базис фотографирования был равен  $1/3$  полосы охвата сканера, рассчитанной на предыдущем этапе.

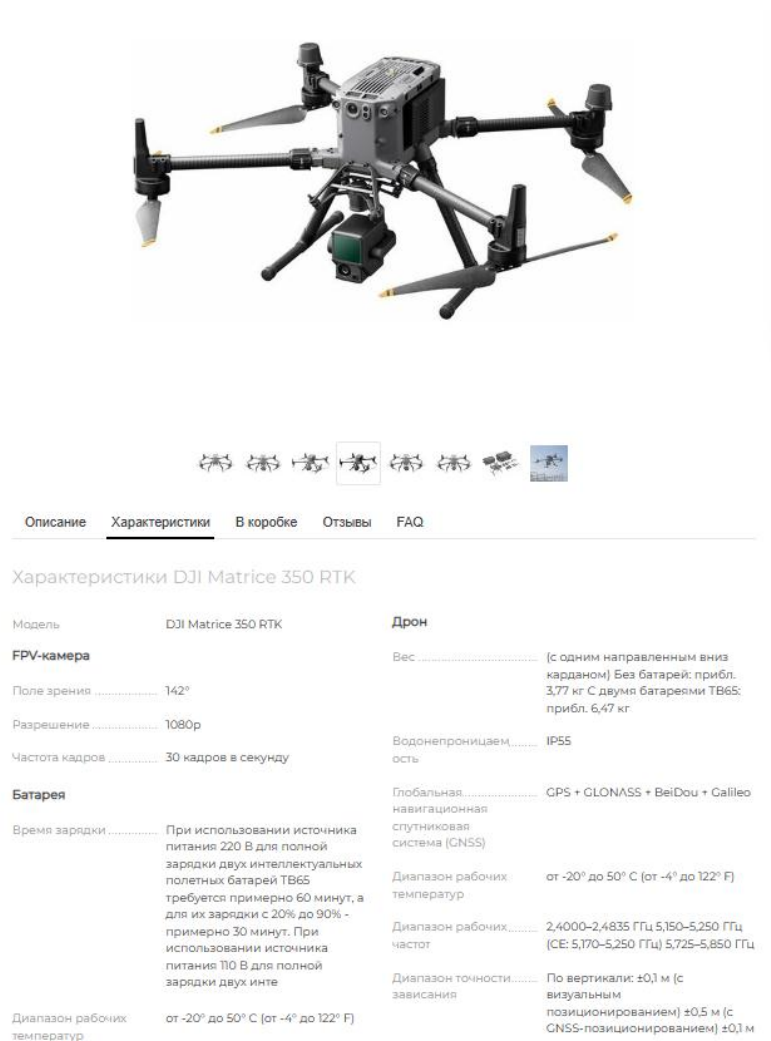


Рис 2. Фрагмент официального беспилотного комплекса DJI MATRICE 350

3. Запланировать полетное задание для камеры DJI MATRICE 350, которое будет обеспечивать оптимальную для лазерного сканера АГМ-1 съемочную траекторию в планировщике полетов (Q-Ground Control, Drone deploy).

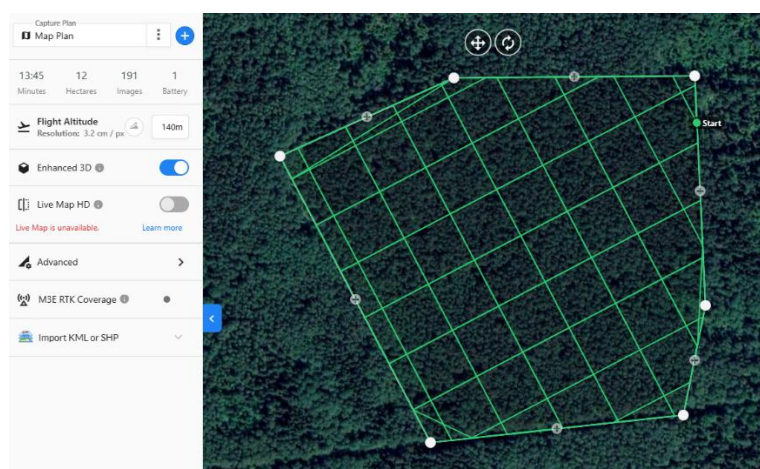
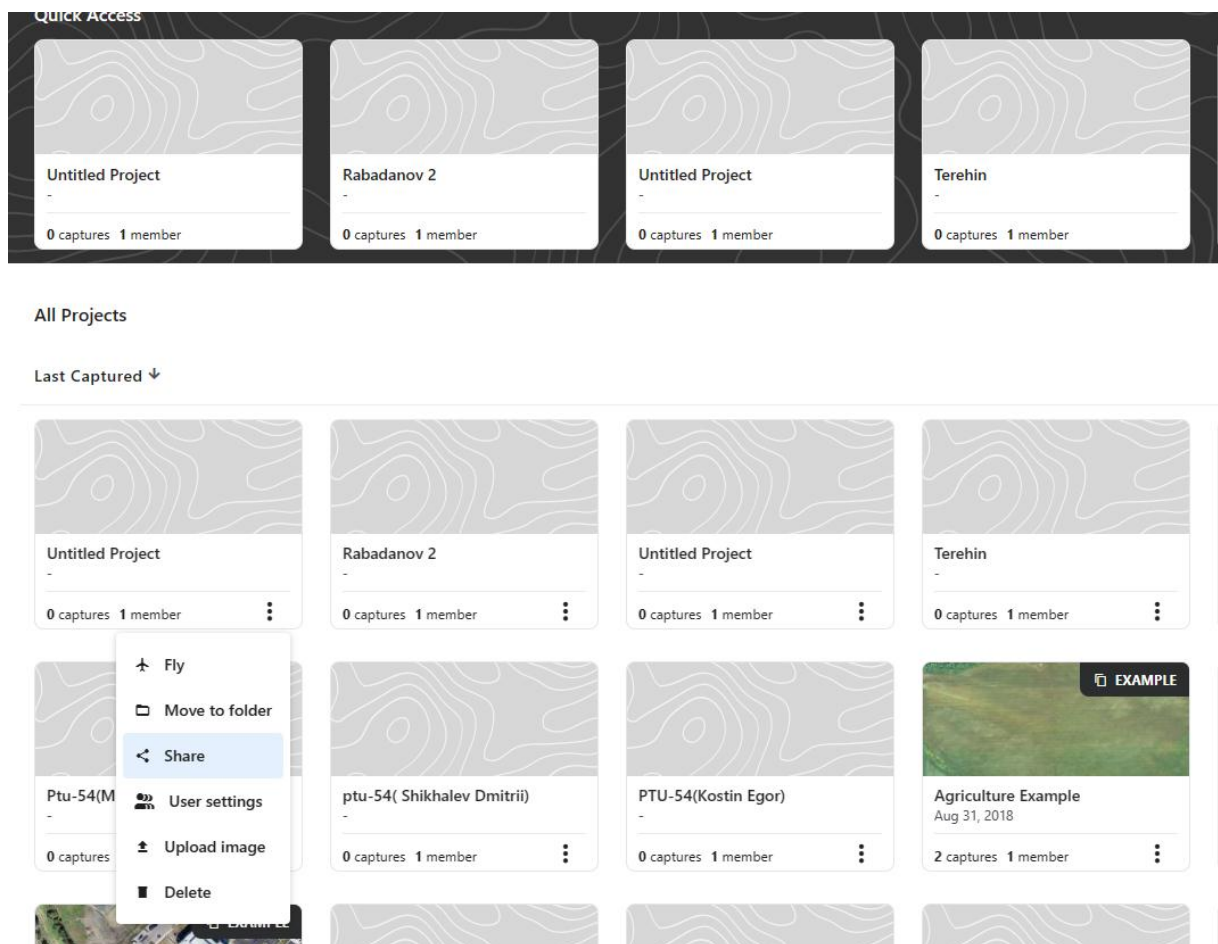


Рис 3. Общий вид полетного плана, подходящего для лазерного сканера АГМ-1

#### 4. Сохранить проект и экспортировать файл автопилота.

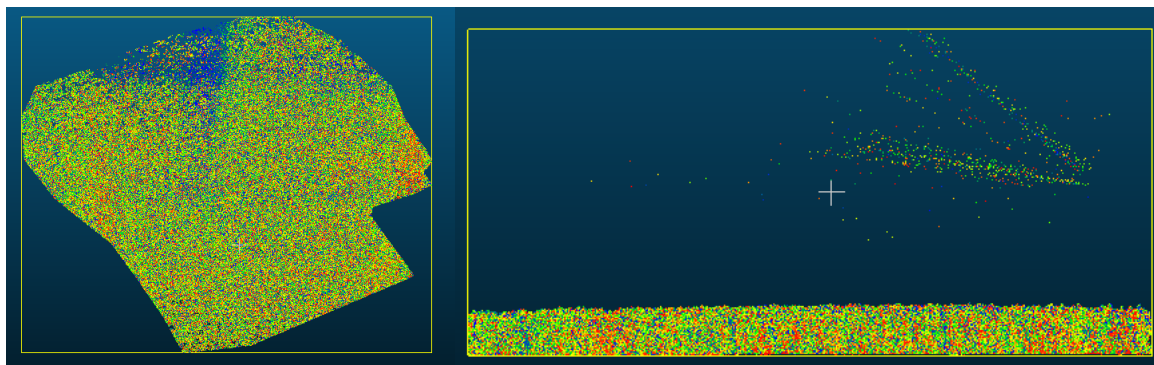


*Рис 4. Экспорт проекта через функцию share с генерацией файла автопилота в полетном контроллере Drone Deploy*

### 3. Выполнить обработку плотного облака, полученного в результате авиационного лазерного сканирования с целью получения высотной модели древостоя.

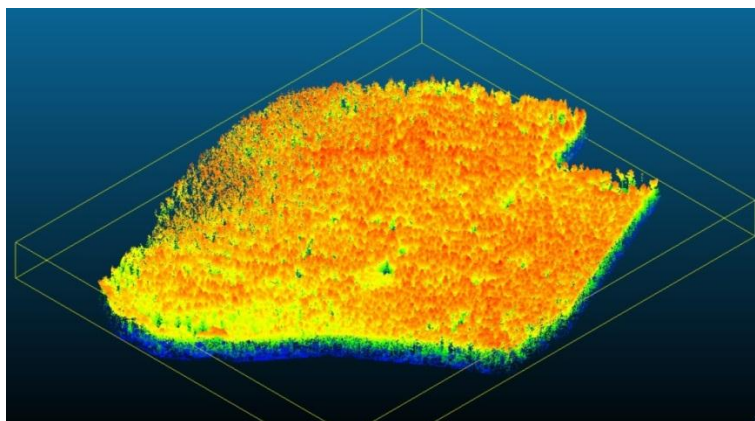
На данном этапе обучающийся должны выполнить обработку плотного облака точек, полученного с авиационного сканера АГМ-1 на лесопокрытую территорию, с целью получения высотной модели древостоя, которую можно будет в дальнейшем использовать для геоинформационного анализа. Рекомендованный порядок действий:

1. Чистка плотного облака в ручном режиме от явно ошибочных точек. Для этого рекомендуется использовать фильтр Statistical Outlier Removal (S.O.R.) и ручные средства сокращения размерности плотного облака по области интереса.



*Рис 5. Экспорт проекта через функцию share с генерацией файла автопилота в полетном контроллере Drone Deploy*

В полученное в результате выполнения данных операций откорректированное облако следует загрузить информацию о высотах точек в скалярное поле и экспортировать его в формате .las в качестве основы для последующих расчётов.



*Рис 6. Прошедшее процесс фильтрации плотное облако на территорию лесного выдела*

2.Классификация точек рельефа и построение на их основе непрерывной модели рельефа в виде mesh-построения. Для этого рекомендуется использовать CFS-фильтр или расчёт точек рельефа по алгоритмам Ostreet.

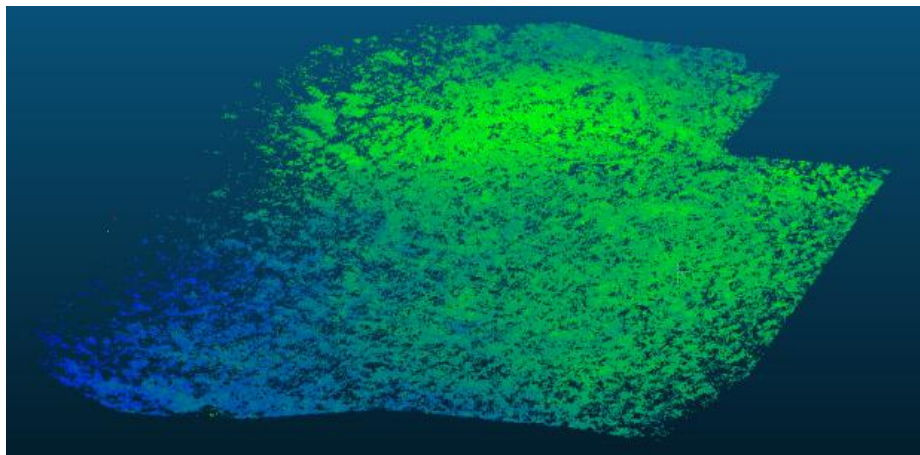


Рис 7. Классификация точек рельефа по плотному облаку (CFS-фильтр)

Вне зависимости от алгоритма, по которому были выделены точки рельефа, на их основе следует построить непрерывную модель, такую как mesh-построение.

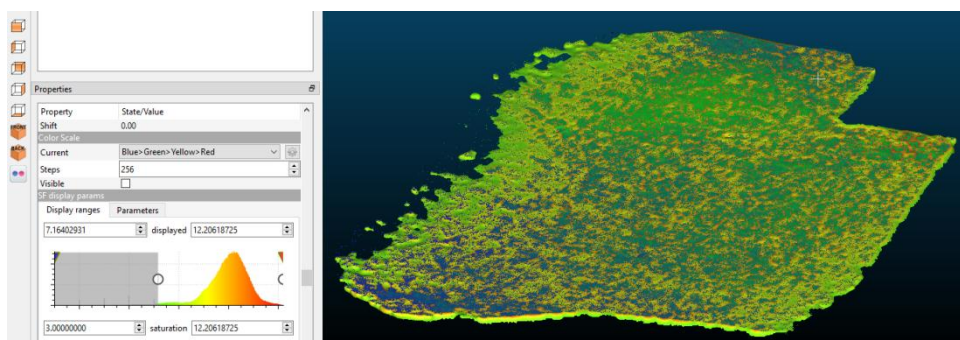
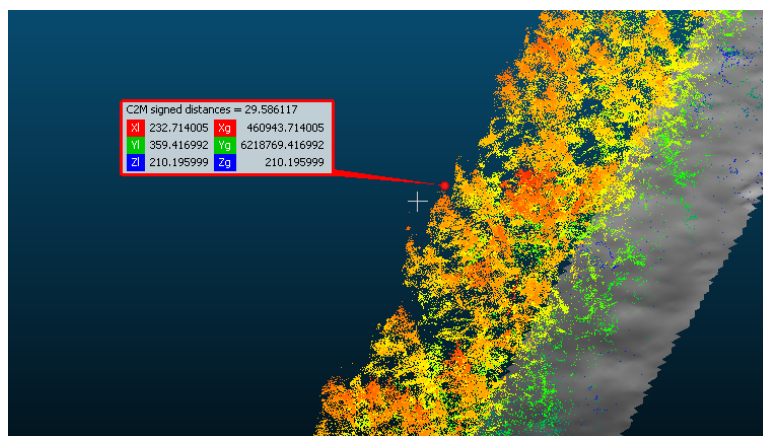


Рис 8. Цифровая модель рельефа в виде mesh

3. Создание модели высот растительности по данным авиационного лазерного сканирования. Используя непрерывную трехмерную модель рельефа, полученную на предыдущем этапе и точки плотного облака, не относящиеся к категории рельефа постройте высотную модель, используя функцию расчёта дистанции «point to mesh distance».





*Рис 9. Измерение высоты дерева по модели высот растительности*

Сохраните информацию о высотах каждой точки в скалярное поле и и экспортируйте полученный результат в формате .las

#### 4. Выполнить обработку плотного облака точек, полученного в результате наземного лазерного сканирования, с целью определения координат деревьев, их высоты и диаметров на высоте 1.3 м.

На данном этапе обучающийся должен получить атрибутивную информацию по каждому отдельному дереву в пригодном для использования в ГИС виде – электронной таблице атрибутов, пригодной для геокодирования. Рекомендованный порядок действий:

1. Загрузить исходное облако секции в проект. Выполнить стандартные операции по его предварительной обработке (фильтрация, экспорт координат в скалярное поле).

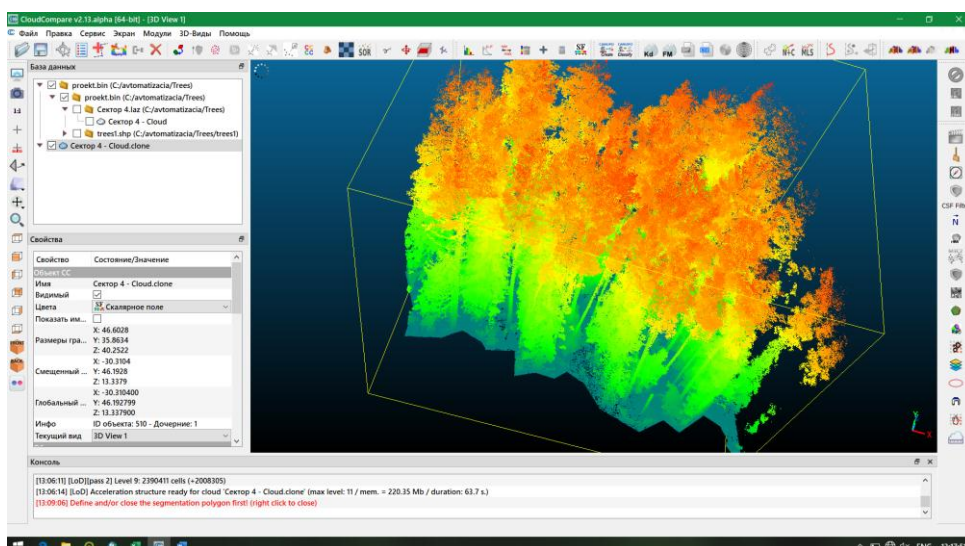


Рис 10. Загрузка и подготовка исходного облака на целевую секцию

2.Используя средства автоматизированной сегментации объектов плотного облака, оптимизированные под решение лесных задач, получить основные данные о пространственном положении деревьев на изучаемой локации и их основные характеристики.

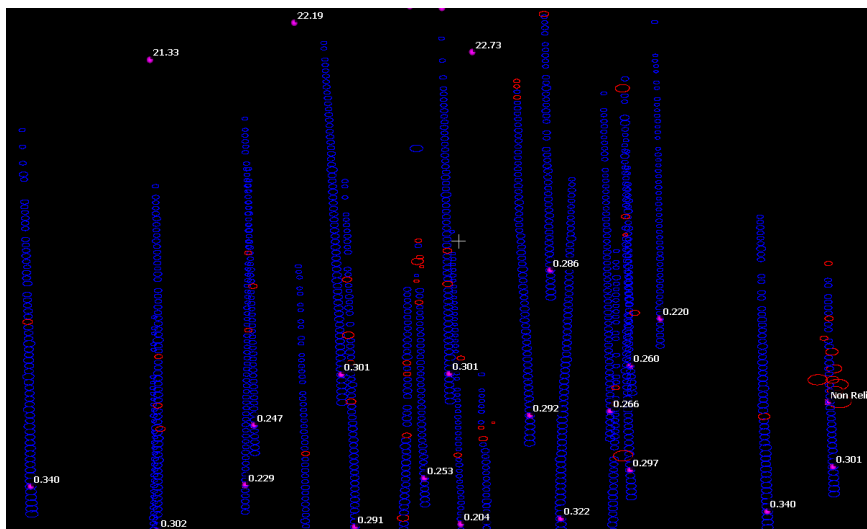


Рис 11. Расчет базовых параметров для каждого дерева по их образам, сегментированным по облакам точек.

3.Полученный результат экспортируется в векторный формат и проверяется визуально стандартными средствами анализа плотных облаков точек. Выделяются те деревья, которые не удалось выделить автоматически и отмечаются графическими примитивами.

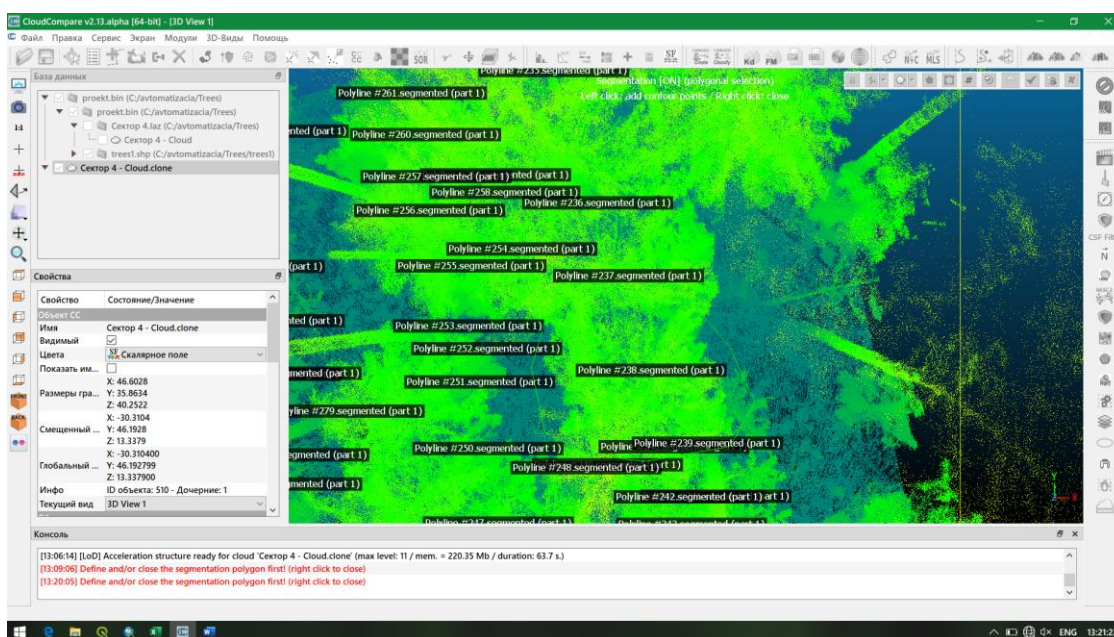
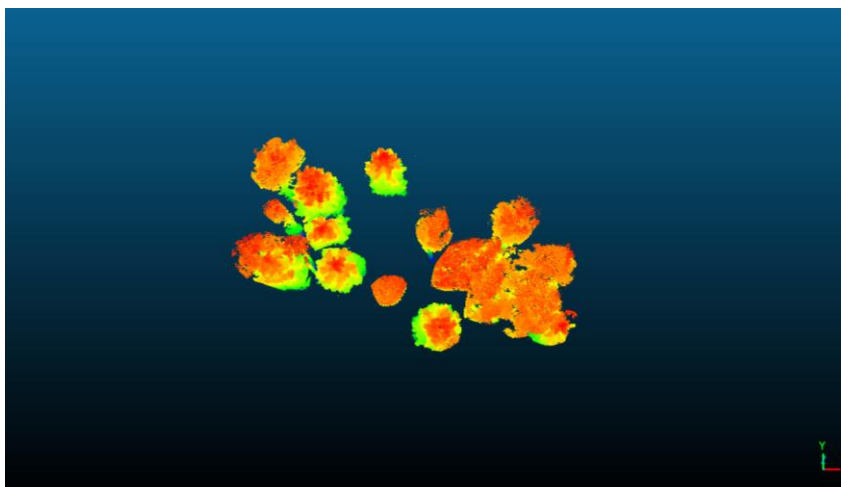


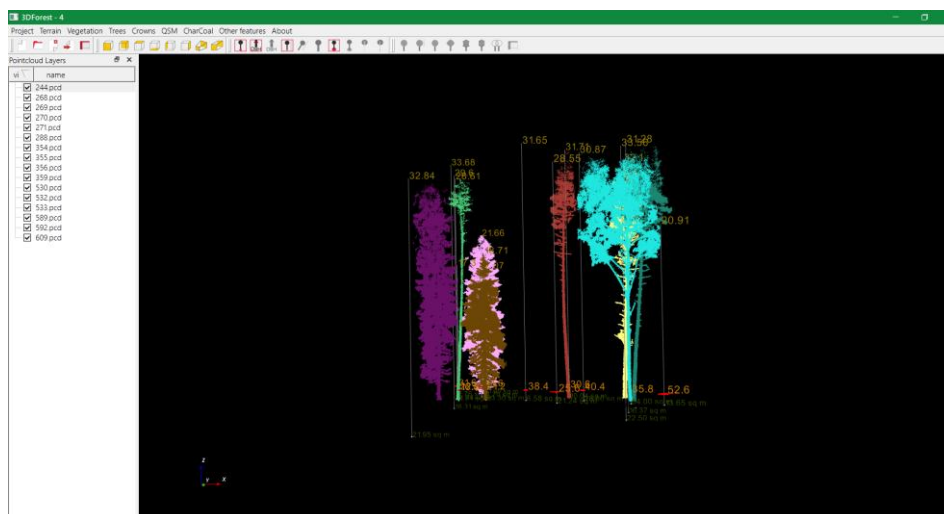
Рис 12. Визуальный анализ результата классификации

4.Стандартными средствами осуществляется вырезание образов целевых деревьев в отдельное облако.



*Рис 13. Образа отдельных деревьев, которые не были успешно автоматизировано расклассифицированы на предыдущем шаге*

5.Реклассификация дополнительного облака с образами проблемных деревьев и расчёт их таксационных характеристик.



*Рис 14. Реклассификация дополнительного плотного облака.*

6.Экспорт таблицы атрибутивных данных, содержащей в себе координаты отдельных деревьев и параметры в пригодном для геокодирования стандартными средствами ГИС виде.

Таблица 1 – Таблица параметров деревьев

Cloud_name	Points	X_coord_pos	Y_coord_pos	Z_coord_pos	Height	DBH_HT	X_coord_HT	Y_coord_HT	DBH_LSR	X_coord_LSR	Y_coord_LSR	CVex_area
100.pcd	90152	-91.678	70.993	-0.271	28.7	31.4	-91.736	70.985	-1	-1	-1	20.137
101.pcd	39201	-91.163	69.011	-0.195	27.56	24.6	-91.268	68.951	-1	-1	-1	11.759
102.pcd	383046	-91.198	68.224	-0.232	18.81	18.4	-91.2	68.196	-1	-1	-1	24.524
103.pcd	15268	-90.624	67.301	-0.164	8.42	17.6	-90.632	67.297	-1	-1	-1	0.222
244.pcd	112966	-94.55	71.872	-0.254	28.53	26.8	-94.502	71.927	-1	-1	-1	18.864
268.pcd	36010	-95.678	65.748	-0.252	27.5	27	-95.634	65.721	-1	-1	-1	13.061
269.pcd	39337	-96.219	67.189	-0.251	27.97	23.8	-96.113	67.126	-1	-1	-1	13.102
270.pcd	296899	-	67.439	-0.401	24.71	24.4	100.668	67.247	-1	-1	-1	32.451
271.pcd	305605	-	68.293	-0.374	28.59	33	-99.937	68.191	-1	-1	-1	50.999
288.pcd	924660	-96.569	68.22	-0.268	17.93	211	-97.49	69.121	-1	-1	-1	26.657
354.pcd	68867	-80.44	72.049	-0.329	8.14	50.8	-81.058	71.943	-1	-1	-1	6.388
355.pcd	280147	-65.75	73.777	-0.014	16.48	13.8	-65.774	73.763	-1	-1	-1	15.677
356.pcd	71105	-65.424	73.292	0.04	22.31	23.2	-65.444	73.23	-1	-1	-1	12.532
	112				30.							

Рис 15. Атрибутивная таблица

## Литература.

- Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. –261 с.
- Основы применения беспилотных аэрофотосъемочных систем : Учебно-методическое пособие / Е. М. Митрофанов, Н. С. Шайтура, А. В. Залецкий [и др.]. – Бургас : Институт за хуманитарни науки, икономика и информационни технологии=Институт гуманитарных наук, экономики и информационных наук, 2023. – 125 с. – EDN HNKBRE.
- Аэрокосмический мониторинг : Учебно-методическое пособие / Л. А. Коновалов, Е. М. Митрофанов, С. И. Чумаченко, М. Д. Князева. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. – 74 с. – ISBN 978-5-7038-5657-4. – EDN KRLNMB.