



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Мытищинский филиал  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ «Лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства»

КАФЕДРА «Лесопромышленное производство, лесопромышленные технологии и геоинформационные системы» (ЛП-3)

## КУРСОВАЯ РАБОТА

*По дисциплине:*

*«Дистанционный мониторинг состояния и использования лесов»*

*НА ТЕМУ:*

*«Определение таксационных характеристик древостоя на эталонной локации (сектор 4) на основе плотного облака точек наземного лазерного сканирования»*

Студент группы ЛП3-41М

\_\_\_\_\_  
Супрунова А.А.  
(Подпись, дата)

Руководитель

\_\_\_\_\_  
Митрофанов Е.М.  
(Подпись, дата)

Москва 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |  |
|---|--|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 3                                      |
| 1 Дистанционное сканирование в лесном хозяйстве ..... | 4                                      |
| 1.1 Принцип сканирования .....                        | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 2 Алгоритм работы в CloudCompare .....                | 5                                      |
| 3 Результаты .....                                    | 24                                     |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                       | 26                                     |

## ВВЕДЕНИЕ

Лесное хозяйство является важной отраслью экономики многих стран, и эффективное управление лесным фондом включает в себя определение таксационных характеристик древостоя. Таксация древостоя - это процесс изучения и описания состояния леса, включающий в себя измерение его основных характеристик, таких как высота, диаметр, объем и т.д. Определение таксационных характеристик древостоя является важным этапом при проведении лесоустройства, а также при оценке потенциала лесных ресурсов и планировании лесохозяйственных мероприятий.

В данной курсовой работе рассматривается определение таксационных характеристик древостоя на эталонной локации на основе плотного облака точек, полученного наземным лазерным сканированием. Наземное лазерное сканирование является одним из наиболее точных и эффективных методов для сбора данных о древостое, позволяющим получить информацию о его геометрических характеристиках с высокой точностью. В работе будет описан процесс сбора и обработки данных, а также проведен анализ полученных результатов, с целью определения основных таксационных характеристик древостоя на эталонной локации. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего изучения древостоя, оценки его потенциала и принятия решений по управлению лесным фондом.

## 1 Дистанционное сканирование в лесном хозяйстве

Дистанционное сканирование в лесном хозяйстве - это метод работы с лесными массивами на основе дистанционных измерений, получаемых из различных источников, включая спутники, самолеты, дроны, а также наземные датчики.

Основной целью дистанционного сканирования в лесном хозяйстве является оценка количества и состояния лесных ресурсов, а также мониторинг их изменений во времени.

Преимущества дистанционного сканирования в лесном хозяйстве включают:

- возможность получения данных о лесных массивах с большой площади за короткий промежуток времени;
- повышение точности оценки объема лесных ресурсов и наличия различных пород деревьев;
- увеличение эффективности планирования и реализации лесного хозяйства.

Доступны разные методы дистанционного сканирования, включая мультиспектральную, радиолокационную томографию и лидарную (лазерную) технологии. Каждый из этих методов предоставляет уникальные данные и имеет свои особенности применения.

Например, лидар — это технология, которая использует лазер для получения 3D изображения поверхности леса с высокой точностью. С помощью лидарных данных можно получить информацию о высоте и плотности лесного покрова, а также определить положение отдельных деревьев внутри леса.

Дистанционное сканирование в лесном хозяйстве используется для многих целей, в том числе для планирования вырубок, контроля за заболеваниями деревьев, мониторинга степени загрязнения леса, а также для оценки возможных опасностей (например, опасных склонов) для глобальной экосистемы.

## **Планирование авиационного лазерного сканирования для заданной лесопокрытой территории.**

Организация аэрофотосъемочных мероприятий является довольно сложным процессом, который включает в себя множество этапов. Основная цель таких мероприятий - получение качественных фотографий земной поверхности с воздуха, которые могут быть использованы в различных приложениях, таких как составление карт, мониторинг изменений в ландшафте, планирование градостроительства и т. д.

Первый этап организации аэрофотосъемки - это определение области, которую необходимо снять. Это могут быть различные участки земли, относящиеся к разным проектам. На этом этапе также определяются требования к качеству снимков, масштабу, разрешению и т.д.

Затем выбираются подходящие способы и средства для съемки. Обычно это происходит с помощью специализированных камер, установленных на борту летательного аппарата (самолета, дирижабля, коптера и т.д.). Важно учитывать такие параметры, как высота полета, угол наклона камеры и перекрытие снимков.

Далее производится непосредственно съемка земной поверхности. При этом можно применять различные подходы, такие как продольное и поперечное перекрытие, чтобы получить стереопары изображений.

После съемки полученные фотографии проходят процесс обработки, включающий в себя несколько этапов. Сначала производится калибровка камеры, оценка фотометрических характеристик и геометрическая коррекция, чтобы получить высококачественные и точные изображения. Затем происходит создание цифровой модели рельефа и точки контроля, используемых для наложения различных слоев данных (например, карт генерального плана).

После получения обработанных фотографий и создания цифровых карт, проводится анализ и интерпретация полученных данных. Этот этап

может включать сопоставление существующих карт и данных, создание новых карт и планирование дальнейших проектов на основе полученных данных.

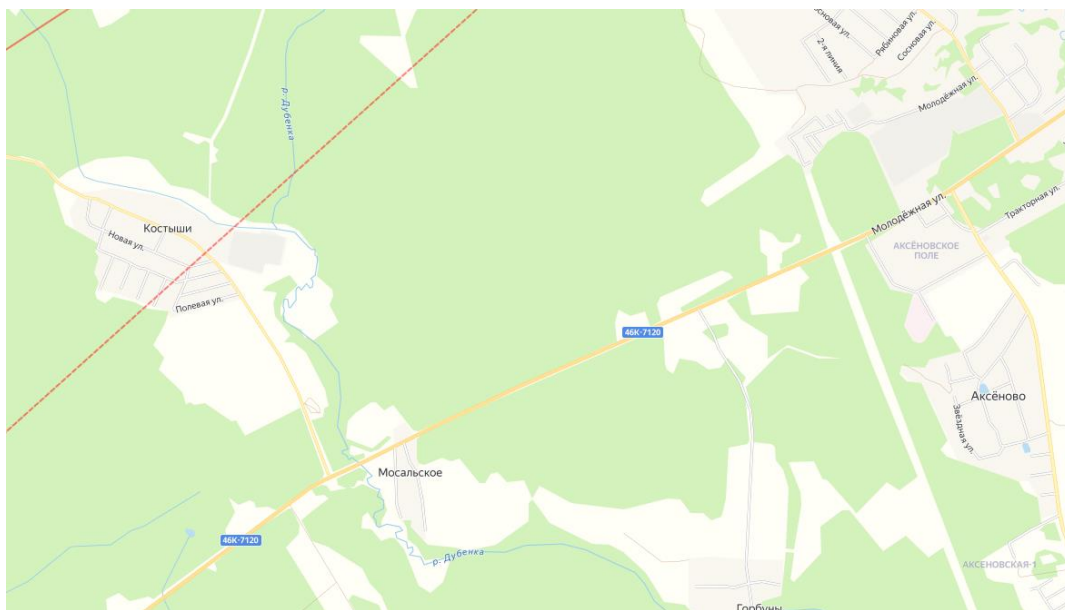
Организация аэрофотосъемочных мероприятий является комплексным и процессом, который требует высококвалифицированных специалистов и специального оборудования для достижения наиболее точных и качественных результатов.

Для съемки лесных территорий с помощью БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) с целью получения характеристик деревьев используются специальные сенсоры и камеры, которые позволяют получать информацию о форме, размере и плотности крон деревьев. Самый распространенный тип камеры для таких целей - это LIDAR (лазерное сканирование), которые используют лазерный луч для измерения расстояний и создания точной трехмерной карты лесной территории. Кроме того, некоторые БПЛА также оснащены мультиспектральными камерами, которые могут захватывать изображения в разных диапазонах спектра и выделять такие параметры, как хлорофилл и другие соответствующие характеристики растительности.

Для достижения наилучших результатов при съемке лесных территорий с помощью БПЛА важно учитывать такие факторы, как высота полета, угол наклона камеры, скорость полета и другие параметры, а также обеспечить достаточное поперечное и продольное перекрытие изображений. Обработка полученных изображений также является важным этапом и может включать создание цифровой модели рельефа, определение высоты деревьев и плотности крон, анализ состояния лесных насаждений и т.д.

Таким образом, съемка лесных территорий с помощью БПЛА и последующая обработка изображений является эффективным и точным методом для получения характеристик деревьев и анализа состояния лесных насаждений, что может существенно улучшить работу лесохозяйственных

предприятий и способствовать сохранению лесов как экологически важного ресурса.



**Рис.1** Примерное положение снимаемой территории в рабочем окне геопортала [fpln.tu](http://fpln.tu)

Традиционно анализ режима использования воздушного пространства начинают с проверки специальных режимных зон, в качестве определяющего фактора. Откройте интерфейс отображения специальных зон командой главного меню **«Зоны»** и убедитесь что, разделы **«Зоны ограничения полетов»**, **«Запретные зоны»**, **«Опасные зоны»** активны. **Запретные зоны** представляют собой зоны особого режима. Несмотря на свое категоричное название, полеты в ней возможны. Но их организация может потребовать серьезной организационно-подготовительной работы и санкции определенных органов или организаций. Отличительной особенностью данных зон является пристальное отслеживание несанкционированных полетов. **Опасные зоны** не рекомендуются для летных мероприятий и накладывают на операторов БАС дополнительные организационно-эксплуатационные ограничения. **Зоны ограничения полетов**, как следует из названия, ограничивают использование воздушного пространства РФ, однако имеют, либо свои заранее известные временные окна, либо жесткую систему приоритетов. Получение доступа в данные зоны возможно, однако требуется

согласование с держателем данной зоны. При анализе данных зон необходимо учитывать обозначения высот режимов. Обозначения типа **FL40** – это обозначение эшелона, для пересчета его в метры числовое значение необходимо умножить на **30**, таким образом будет получена высота над уровнем моря. Аббревиатура **GND** обозначает поверхность земли.

В результате анализа можно сделать вывод, что территория съемки не перекрывается со специальными режимными зонами использования воздушного пространства.

Существует достаточно большое число программных решений для автоматизации процесса аэрофотосъемки с использованием беспилотных воздушных средств. Они могут быть универсальными решениями, подходящими для большинства полетных контроллеров (**Q Ground Control, Mission Planner**), узкоспециализированными решениями для популярных серийных моделей БВС (**Pix4D Capture, Drone Harmony, Drone Deploy**) или специальными решениями от производителя (**DJI Control**). Они различаются по своему функционалу, однако общий вид интерфейса и правила построения полетного задания у них строятся по одинаковой схеме. В данной работе будет использоваться решение **Drone Deploy** в виде связки из геопортала и приложения для мобильного телефона или планшета, подключаемого к пульту управления беспилотным летательным судном.

Первым делом необходимо самостоятельно зарегистрироваться на ресурсе <https://www.dronedeploy.com/> . В процессе регистрации укажите рабочую электронную почту – на нее придет ссылка для активации аккаунта, по которой необходимо будет пройти для завершения. После того как аккаунт будет активирован, а пользователь авторизован в главном меню сайта появится кнопка «Dashboard» (рис.1.6).

После выполнения предварительных настроек можно приступить к формированию полетного плана. Основа для нового проекта создается нажатием на кнопку Project . Первым действием необходимо определить



примерное положение снимаемого объекта. Для этого в строке поиска следует ввести наименование ближайшего населённого пункта – Фряново.

*в) выбор высоты фотографирования*

Масштаб аэрофотосъемки определяется по стандартной формуле:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H}$$

где:

$m$  – масштабный коэффициент,

$f$  – фокусное расстояние камеры,

$H$  – высота аэрофотосъёмки.

Для того что бы перейти от масштаба аэрофотосъемки пространственному разрешению, также иногда называемого **Размером проекции пиксела на местность/Ground Sample Distance (GSD)** достаточно умножить масштабный коэффициент на размер чувствительного элемента матрицы цифрового фотоаппарата. Из перечисленных ранее параметров **размер чувствительного элемента матрицы цифрового фотоаппарата** определён строго, не может подвергаться изменениям и с его величиной можно ознакомиться в паспорте камеры. **Фокусное расстояние** цифровой камеры можно изменять, используя съёмные объективы, однако это изменение носит дискретный характер, что не позволяет гибко настраивать данный параметр. Так же далеко не все камеры поддерживают возможность смены объектива и встроенная камера БВС как раз относится к такому типу. Единственным параметром, которым можно гибко манипулировать с целью достижения требуемого проектного GSD – **высота полета**. Но тут важно закладывать допуск на потенциальный брак, обычно равный 10% от проектного GSD – это необходимо для того, что бы минимизировать шанс влияния внешних условий и аппаратных особенностей (порывы ветра/IMU) на получаемые результаты.

В техническом задании для данной работы требуется настроить задание таким образом, чтобы оно оптимально подходило для лазерного сканера АГМ-1 установленного на БПЛА. Работы предполагаются на высоте 140 м. поэтому единственным параметром, которым мы можем оперировать в процессе настройки – перекрытия.

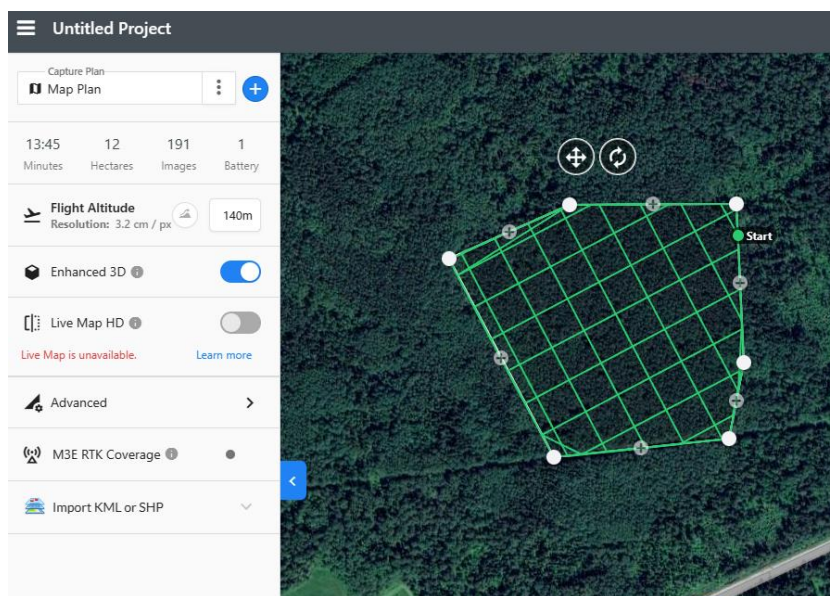


Рис.2 Определение высоты полета

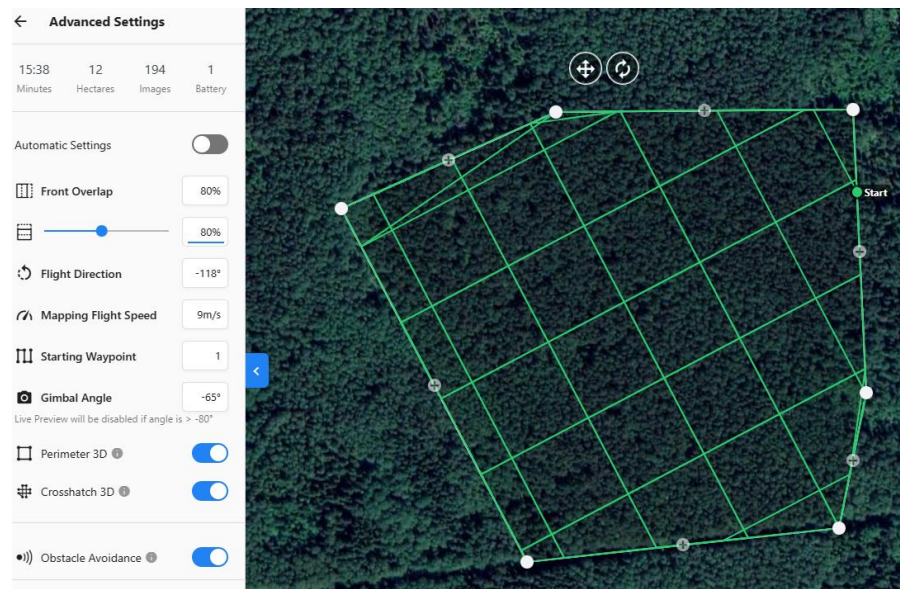
Продольное и поперечное перекрытие представляют собой ключевые параметры, используемые в аэрофотосъемке для получения высококачественных изображений земной поверхности. Продольное перекрытие – это наложение фотографий, сделанных с борта БВС находящегося на прямой траектории полета, одна за другой, в направлении движения самолета. Поперечное перекрытие - это наложение фотографий в направлении, перпендикулярном направлению движения БВС. Обычно перекрытие определяется в процентах. Для того, чтобы выдерживать требуемое техническим заданием перекрытие аэрофотоснимков необходимо рассчитать **базис фотографирования**. **Базисом фотографирования** называется расстояние, которое пролетает БВС между двумя соседними точками фотографирования. **Продольный базис** фотографирования определяет интервалы, с которыми будет выполняться фотографирование на одном маршруте. Увеличение этого параметра не сказывается на проектной

траектории аэрофотосъёмочного задания и будет незначительно сказываться на продуктивности работ.

**Поперечный базис** определяет расстояние между двумя параллельными маршрутами съёмки. Увеличение этого параметра приводит к увеличению числа маршрутов и следовательно ощутимо снижает продуктивность выполняемых работ.

В базе данных планировщика Drone Deploy имеется информация о камере БВС с учетом «кроп-фактора» (условный коэффициент, отражающий изменение поля зрения объектива при его использовании с кадровым окном уменьшенного размера), поэтому процесс расчёта базисов и точек фотографирования будет выполняться автоматически. Четкий регламент на величину продольного и поперечного перекрытия очень редко встречается в техническом задании на выполнение аэрофотосъёмочных работ, но когда это происходит, обычно увеличивают проектную величину перекрытий на 5 %.

Для выбора продольного и поперечного перекрытия в процессе планирования в **Drone Deploy** следует в окне расширенных настроек проекта убрать опцию **Automatic Settings** и вручную определить требуемые величины в соответствующие поля. С учетом технического задания и допусков на брак в полях продольного (**Front Overlap**) и поперечного (**Side Overlap**) следует установить значение 80 для каждого из параметров. Обратите внимание, как изменится траектория выполнения полетного задания и его расчётные параметры (рис.1.13).

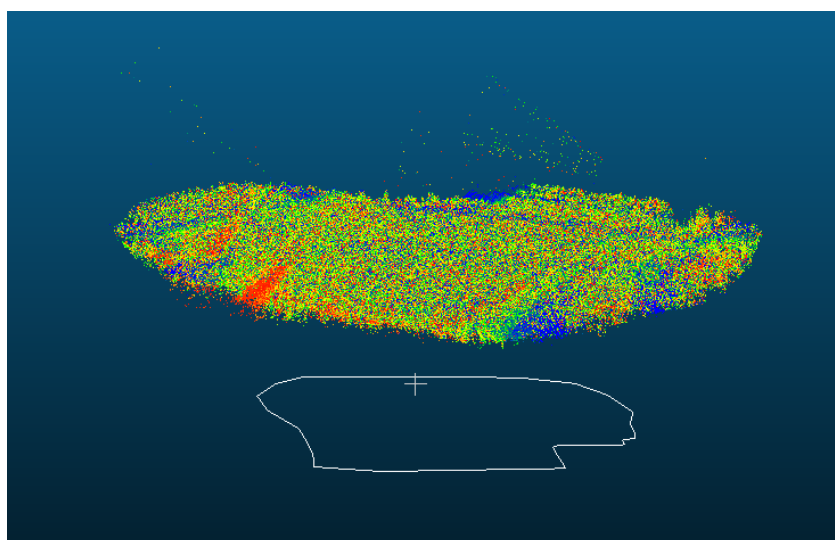


**Рис.3** Настройка продольного и поперечного перекрытия




Проект сохраняется и из него экспортируется файл автопилота.

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


В проект Cloud Compare облако **RawPoints1.las** и загружается векторный слой с границами лесного выдела **AOIcarbon.shp**. Первый файл представляет собой плотное облако точек, полученное в результате аэрофотосъемки с БВС «Геоскан 401 Лидар». Второй – граница выдела, который был выбран в качестве карбонового полигона. Прежде чем приступить непосредственно к обработке этого набора данных, следует выполнить серию базовых операций.

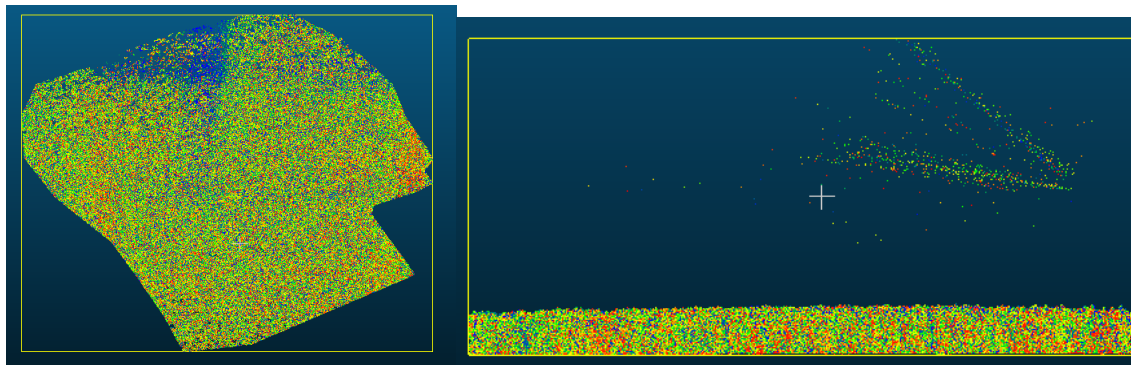


**Рис.4** Набор исходных данных для выполнения работы

Для начала выполняется вырезание рабочей сцены, используя в качестве маски векторный слой. Для этого выбирается перспективу отображения «сверху» (  **Set top View**) и используя уже известную команду сегментации (  **Segment**) выполните обрезание плотного облака по существующей в проекте полилинии (  **Use existed Polyline**).

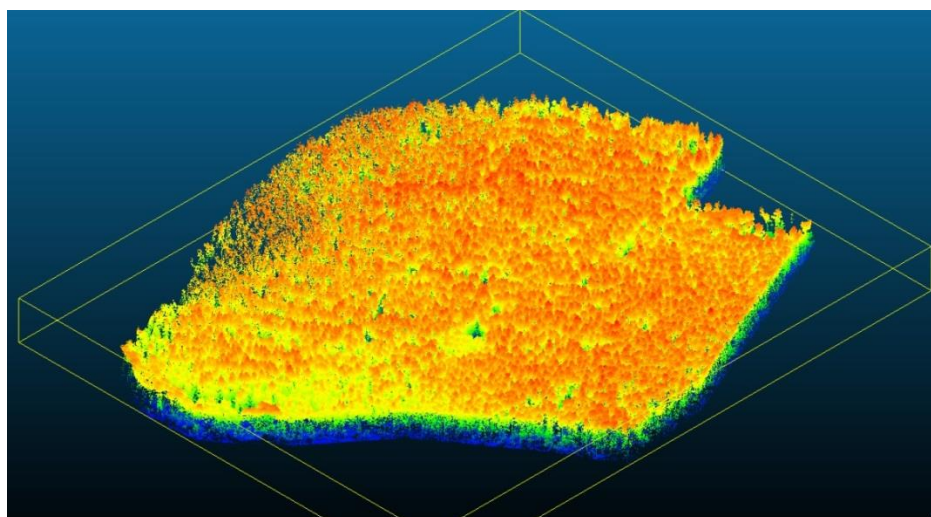
Обратите внимание что из за влияния атмосферы и особенностей сканера в процессе работы над кронами было сгенерировано большое количество «артефактных» точек, которое следует удалить из набора в

ручном режиме используя инструмент формирования кросс-секций ( **Cross Section**)



**Рис.5** Снижение размерности исходного плотного облака

Экспортируйте в полученное облако информацию о высотах точек в скалярное поле. Сохраните полученный результат в виде **.las** файла.



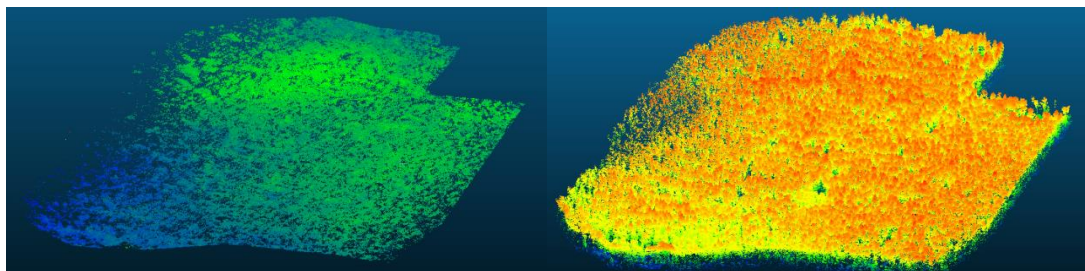
**Рис.6** Общий вид откорректированных данных для выполнения работы.

8.2 *Обработка плотного облака с целью получения информации о рельефе.*

Первой задачей будет выделение точек рельефа через использование специального фильтра (**Plugins – CFS Filter**) и установите в основных настройках режим для рельефных локаций (**Relief**), а в дополнительных **Cloth Resolution = 0.5** и запустите процесс. В результате работы будет

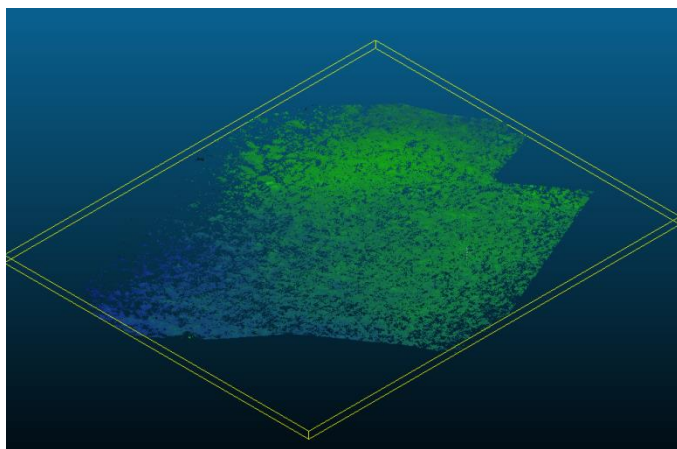


сгенерирована два дополнительных облака – с точками земной поверхности и прочими точками (в нашем случае это растительность).



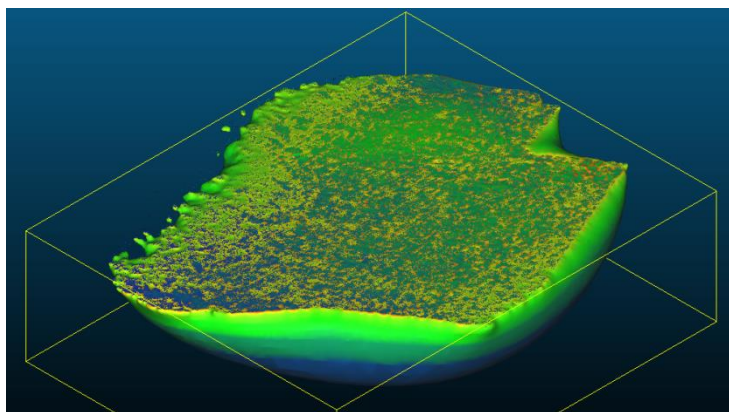
**Рис.7** Классификация точек рельефа по плотному облаку

Постройте нормали (**Edit – Normals - Compute**) для слоя с точками рельефа. В настройках установите **Octree = 3.2**, **Spanning Tree = 9**, остальные настройки оставьте по умолчанию. Если операция выполнена с достаточной точностью для сцены, то полученный результат должен не сильно отличаться от исходного облака. Если настройки были не оптимальными, на полученном изображении нормали будут сливаться в темные зоны-пятна.



**Рис.8** Результат построения нормалей для слоя с точками рельефа.

Постройте непрерывную модель через триангуляцию (**Pluggins – PoissonRecon**). Настройте диалог выполнения операции таким образом, чтобы уровень октодрева был не ниже 10, алгоритм **Diriclet** в **boundary**, с записью плотности в скалярное поле. Полученный результат должен выглядеть как на рисунке ниже.

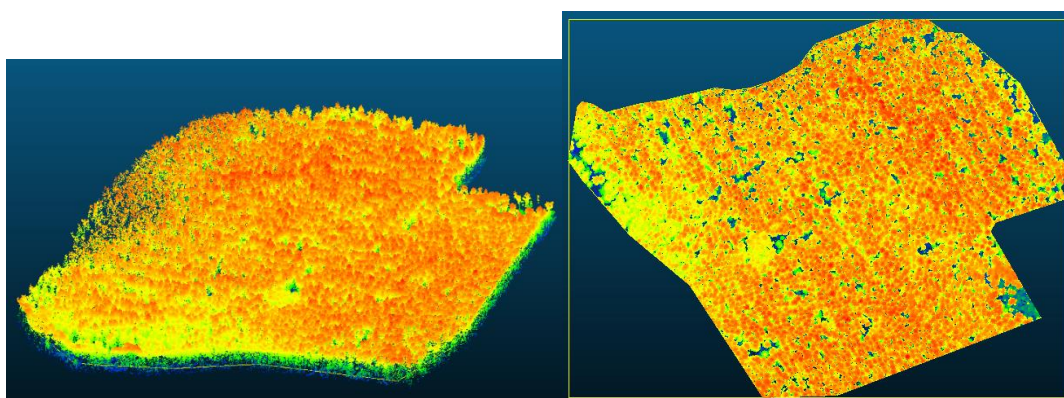


*Рис.9 Результат формирования непрерывной поверхности по точкам рельефа.*

Отфильтруйте избыточные точки по гистограмме таким образом, чтобы у вас осталась только непрерывная модель поверхности. «Оплавленные» края сцены пока можно проигнорировать.

На предыдущем этапе была получена цифровая модель рельефа, на основе которой можно сформировать модель высот объектов местности. В нашем случае это будут высоты древостоя.

В начале работы были сформированы два облака на основе применения CFS-фильтра, которые содержат точки рельефа и прочие точки сцены. Выберите облако с точками, не относящимися к рельефу и обрежьте его по созданной ранее площади.



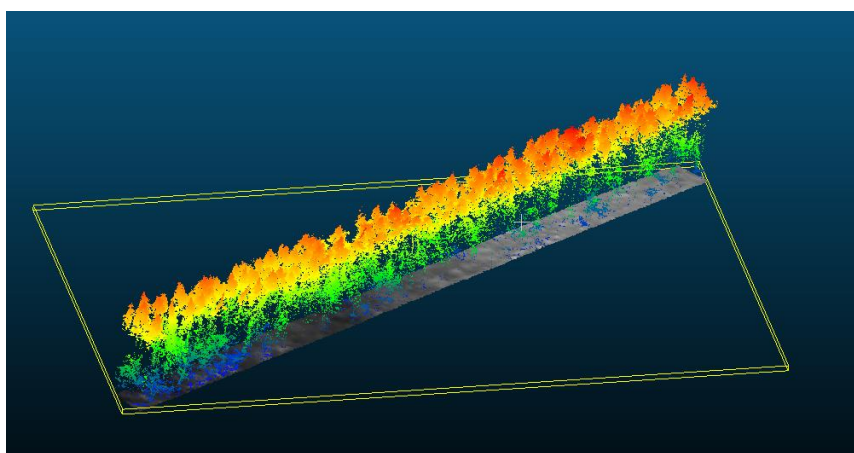
*Рис.10 Обрезка облака по полилинии.*

Теперь облако точек объектов, не относящихся к рельефу согласованно по границе с созданным ранее меш-построением с рельефом на данной территории. Для того, чтобы не запутаться в процессе формирования модели



создайте новую группу (**ПКМ на DB Tree – Create new Groop**) и перенесите туда меш с рельефом и облако с точками объектов земной поверхности, не относящихся к рельефу.

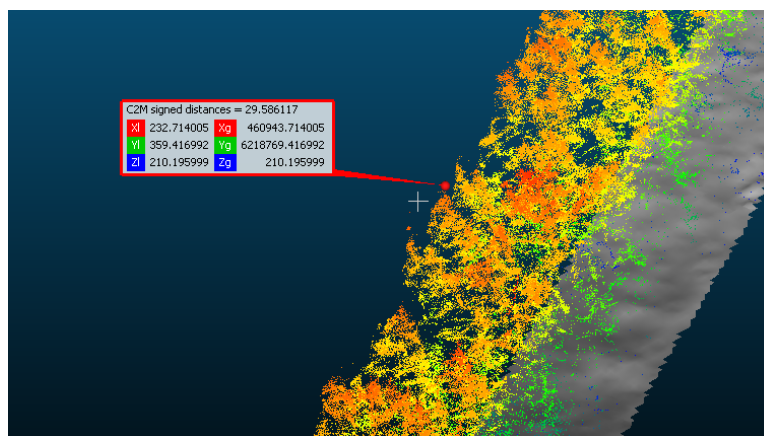
Задайте меш-построению цветовую схему «**Grey**». Создание модели высот растительности является сложным процессом с точки зрения вычислительных мощностей, поэтому для слабых компьютеров рекомендуется выполнять его не на полной сцене, а на фрагменте, ограниченном полилинией **Parcelline.bin**, расположенной в архиве с исходными данными.



**Рис.11** Зона интереса для специалистов по освещенности

Выберите эти два набора пространственных данных и запустите процесс расчёта дистанции от облака точек до меш-построения (**Tools – Distance- Cloud Mesh Distance**) с настройками по умолчанию.

Важно отметить, что дистанции будут рассчитаны как для точек, которые находятся над рельефом, так и для точек под рельефом. Поэтому используя команду фильтрации по значениям (**Edit – Scalar Fields – Split by value**) отсекайте все точки, значения которых будут отрицательными для рассчитанной дистанции. Полученное облако точек будет иметь в скалярном поле информацию о своей высоте (**C2M Signed Distance**) над плоскостью рельефа. Используя команду **Tools – Point Picking** выполните измерение высот 10 любых деревьев на сформированной сцене.



**Рис.12** Измерение высоты дерева по модели высот растительности

# Обработка плотного облака точек, полученного в результате наземного лазерного сканирования с целью получения таксационных характеристик

## Алгоритм работы в CloudCompare

### 1. Загружаем исходный файл Сектор-4.laz

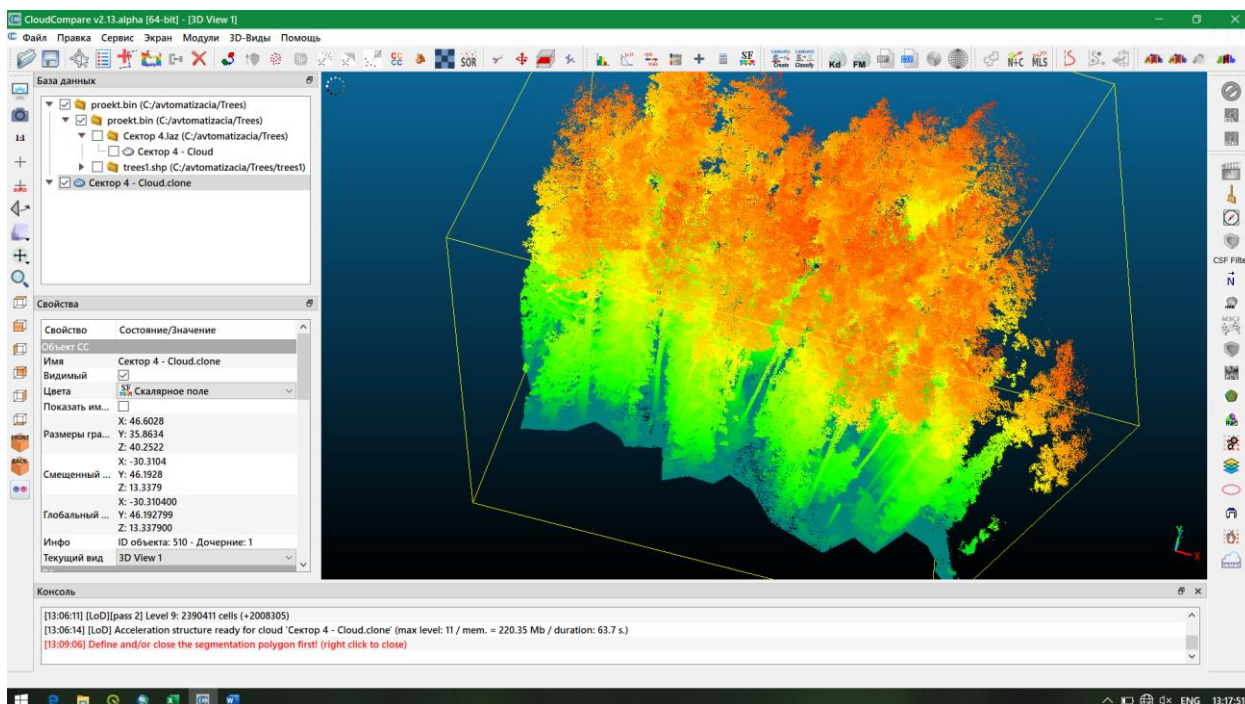


Рисунок 12 – Исходные данные

### 2. Клонировать облако с помощью инструмента «Clone the selected entities»:

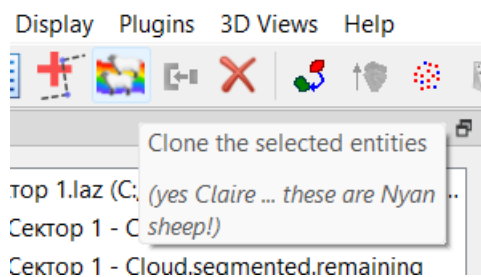


Рисунок 13 – Инструмент клонирования

Все дальнейшие действия только в клонированном облаке, чтобы не испортить оригинальный файл.

3. Загрузить файл trees1.shp (это срезы стволов на высоте 1,3 м – «пеньки»). Выглядит вот так:



Рисунок 14 – Шейп файл с «пеньками»

4. Поставить ортографическую проекцию (Set current view mode – Orthographic projection):

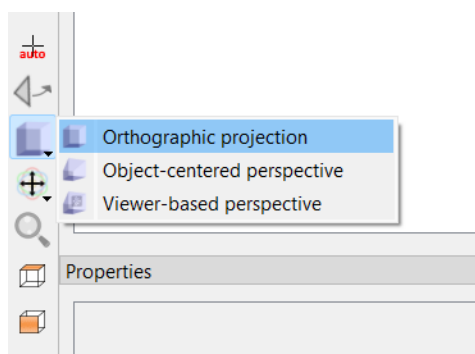


Рисунок 15 – Инструмент проекций

5. Поставить отображение – вид сверху (Set top view):

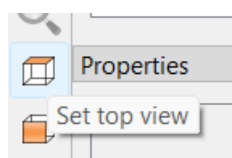


Рисунок 16 – Иконка отображения

6. Экспортировать координаты в скалярное поле (Tools – Projection – Export coordinate(s) to SF(s)):

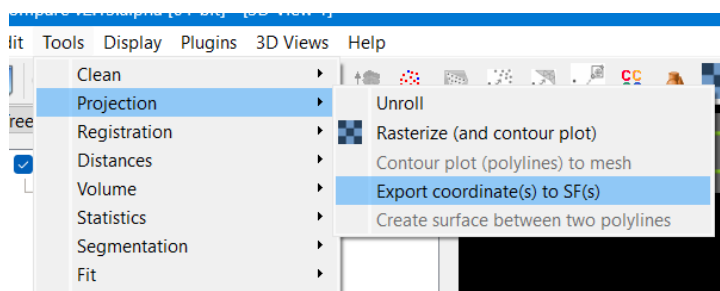



Рисунок 17 – Меню проекций

7 Формирование образа модельного дерева будет происходить в несколько этапов. Первым шагом будет локализация точек эталона в качестве подмножества. Используя команду (  Segment) выполняем вырезание требуемой локации из исходного облака с некоторым запасом.

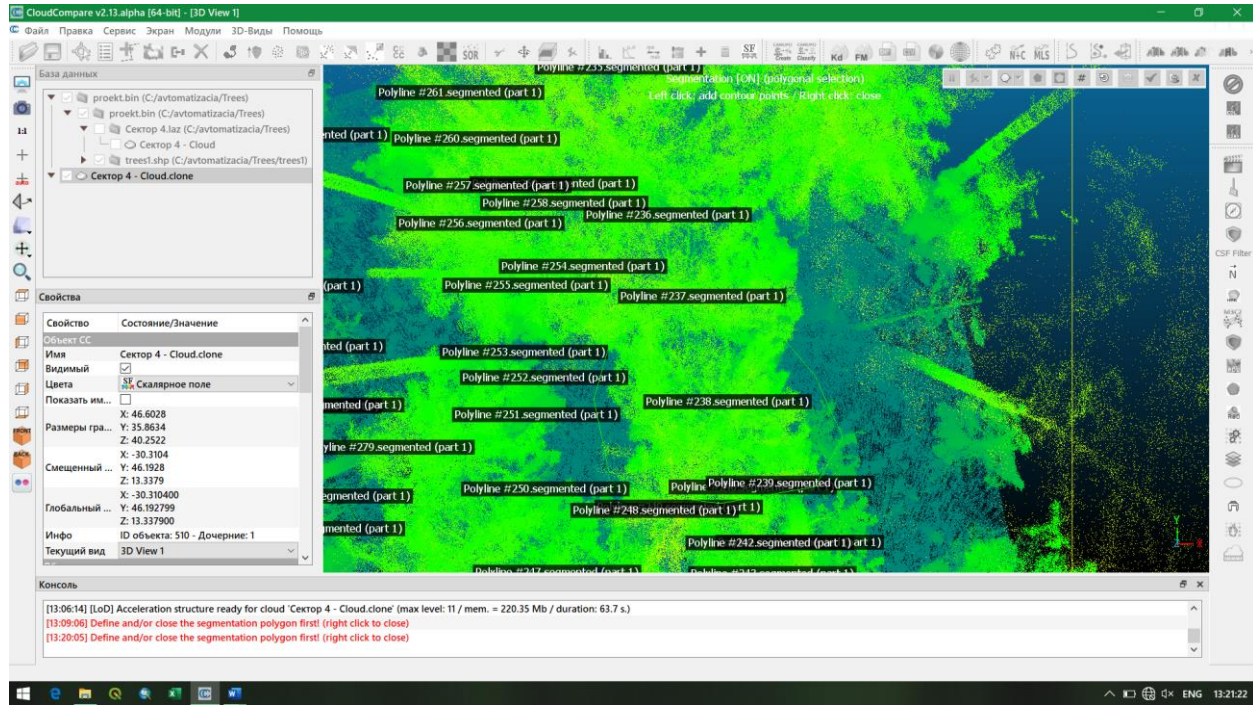
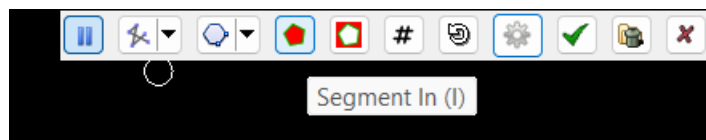


Рисунок 18 – Формирование модельного образа

8. После того, как выделили, нажать правую кнопку мыши. Далее нажать Segment In (I):



и зелёную галочку



Получится вот так:



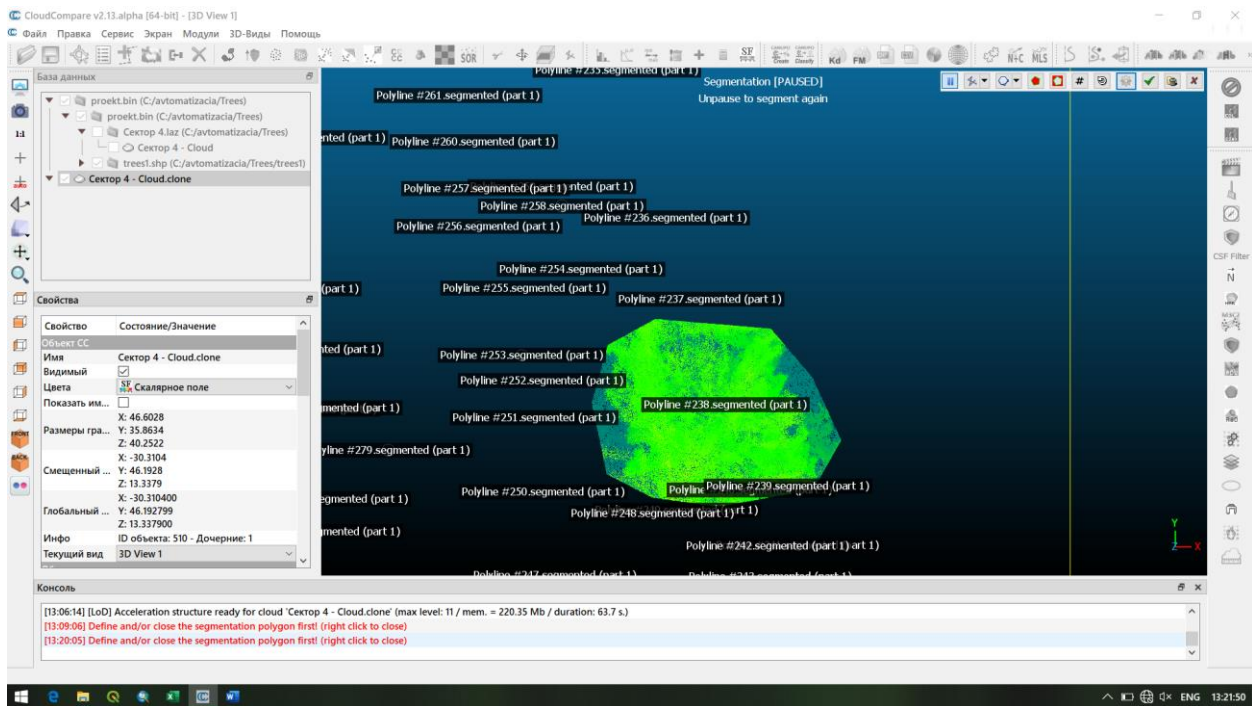



Рисунок 19 – Дерево выделилось в отдельное облако

9. Далее с помощью этих кнопок:



Рисунок 20 – Кнопки управления видом

вращаем дерево под разными углами, используя уже известные вам команды ( **Segment**) выполните чистку подмножества с кроной от фрагментов соседних деревьев и мусорных точек.

10. Готовое дерево сохраняем (File – Save) в форматах .laz и .pcd

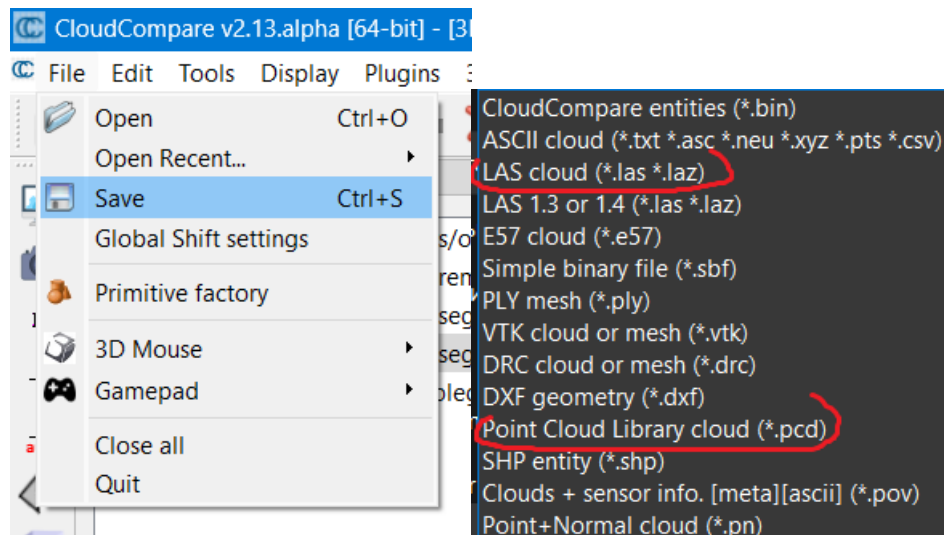


Рисунок 21 – Сохранение образа дерева

Названием файла должен быть номер дерева, например «156.laz» и «156.pcd». Чтобы узнать номер дерева, щёлкаем на срез его ствола из файла trees1.shp

### 3 Результаты

В результате из общего облака точек получаются отдельные образы деревьев:

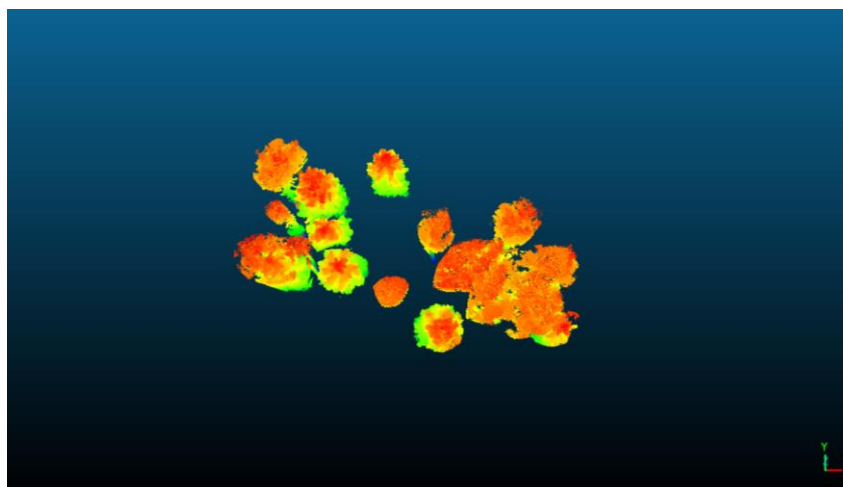


Рисунок 22 – Результат обрезки, отдельные образы деревьев

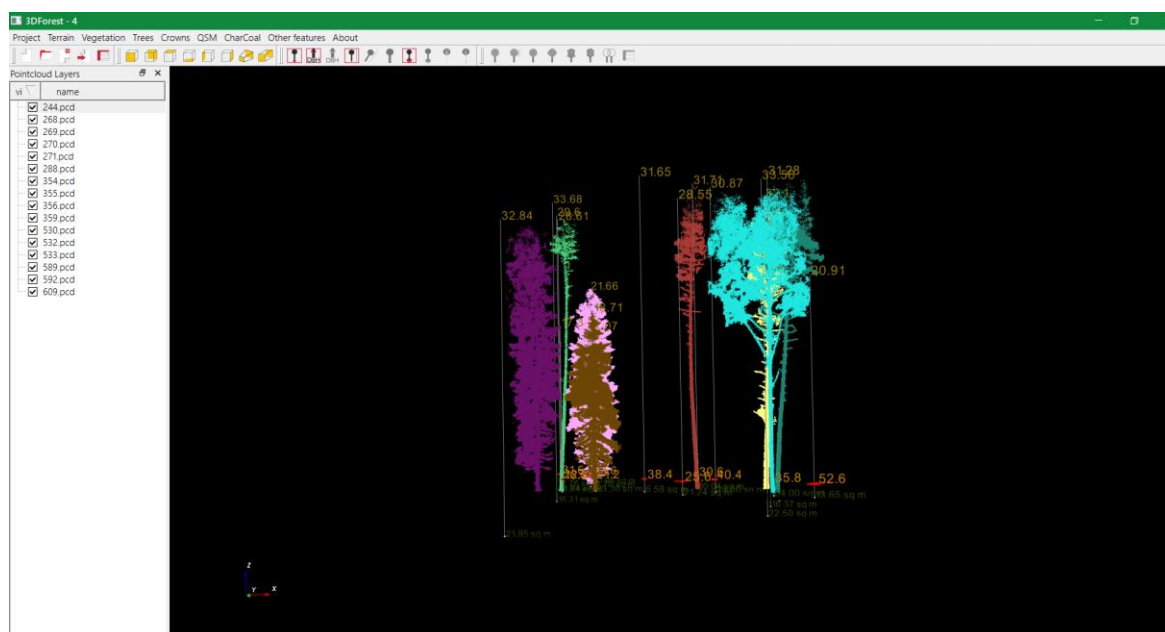


Рисунок 23 – Расчёт параметров в 3D Forrest



Полученные параметры сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Таблица параметров деревьев

| Cloud_name | Poin<br>ts | X_coord<br>_pos | Y_coord<br>_pos | Z_coord<br>_pos | Hei<br>ght | DBH<br>_HT | X_coord<br>d_HT | Y_coord<br>d_HT | DBH_<br>LSR | X_coord<br>_LSR | Y_coord<br>_LSR | CVex_<br>area |
|------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 100.pcd    | 901<br>52  | -91.678         | 70.993          | -0.271          | 28.<br>7   | 31.4       | -91.736         | 70.985          | -1          | -1              | -1              | 20.13<br>7    |
| 101.pcd    | 392<br>01  | -91.163         | 69.011          | -0.195          | 27.<br>56  | 24.6       | -91.268         | 68.951          | -1          | -1              | -1              | 11.75<br>9    |
| 102.pcd    | 383<br>046 | -91.198         | 68.224          | -0.232          | 18.<br>81  | 18.4       | -91.2           | 68.196          | -1          | -1              | -1              | 24.52<br>4    |
| 103.pcd    | 152<br>68  | -90.624         | 67.301          | -0.164          | 8.4<br>2   | 17.6       | -90.632         | 67.297          | -1          | -1              | -1              | 0.222         |
| 244.pcd    | 112<br>966 | -94.55          | 71.872          | -0.254          | 28.<br>53  | 26.8       | -94.502         | 71.927          | -1          | -1              | -1              | 18.86<br>4    |
| 268.pcd    | 360<br>10  | -95.678         | 65.748          | -0.252          | 27.<br>5   | 27         | -95.634         | 65.721          | -1          | -1              | -1              | 13.06<br>1    |
| 269.pcd    | 393<br>37  | -96.219         | 67.189          | -0.251          | 27.<br>97  | 23.8       | -96.113         | 67.126          | -1          | -1              | -1              | 13.10<br>2    |
| 270.pcd    | 296<br>899 | -<br>100.811    | 67.439          | -0.401          | 24.<br>71  | 24.4       | 100.66<br>8     | 67.247          | -1          | -1              | -1              | 32.45<br>1    |
| 271.pcd    | 305<br>605 | -<br>100.151    | 68.293          | -0.374          | 28.<br>59  | 33         | -99.937         | 68.191          | -1          | -1              | -1              | 50.99<br>9    |
| 288.pcd    | 924<br>660 | -96.569         | 68.22           | -0.268          | 17.<br>93  | 211        | -97.49          | 69.121          | -1          | -1              | -1              | 26.65<br>7    |
| 354.pcd    | 688<br>67  | -80.44          | 72.049          | -0.329          | 8.1<br>4   | 50.8       | -81.058         | 71.943          | -1          | -1              | -1              | 6.388         |
| 355.pcd    | 280<br>147 | -65.75          | 73.777          | -0.014          | 16.<br>48  | 13.8       | -65.774         | 73.763          | -1          | -1              | -1              | 15.67<br>7    |
| 356.pcd    | 711<br>05  | -65.424         | 73.292          | 0.04            | 22.<br>31  | 23.2       | -65.444         | 73.23           | -1          | -1              | -1              | 12.53<br>2    |
| 359.pcd    | 112<br>838 | -65.216         | 72.47           | 0.005           | 30.<br>08  | 30.8       | -65.275         | 72.374          | -1          | -1              | -1              | 26.65         |
| 530.pcd    | 961<br>47  | -65.752         | 76.021          | 0.131           | 31.<br>3   | 27.8       | -65.834         | 76.014          | -1          | -1              | -1              | 11.42<br>7    |
| 532.pcd    | 645<br>96  | -67.774         | 76.367          | 0.003           | 17.<br>86  | 17.2       | -67.804         | 76.355          | -1          | -1              | -1              | 6.061         |
| 533.pcd    | 147<br>666 | -65.805         | 76.812          | 0.079           | 31.<br>37  | 35.2       | -65.829         | 76.941          | -1          | -1              | -1              | 22.31         |
| 589.pcd    | 128<br>929 | -68.195         | 77.915          | 0.054           | 31.<br>41  | 37.4       | -68.356         | 78.02           | -1          | -1              | -1              | 32.82<br>6    |
| 592.pcd    | 133<br>763 | -65.553         | 79.119          | 0.026           | 10.<br>46  | 7.6        | -65.535         | 79.109          | -1          | -1              | -1              | 10.31<br>2    |
| 609.pcd    | 106<br>446 | -68.35          | 78.534          | 0.058           | 10.<br>55  | 6          | -68.318         | 78.518          | -1          | -1              | -1              | 12.25<br>5    |

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенной работы были определены таксационные характеристики древостоя на эталонной локации (сектор 4) на основе плотного облака точек, полученного наземным лазерным сканированием. Был проведен анализ полученных данных, с использованием специализированных программных средств, и были определены основные параметры древостоя, такие как высота, диаметр и площадь покрытия.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего изучения древостоя и планирования лесохозяйственных мероприятий на данной территории. Определение таксационных характеристик древостоя на эталонной локации позволит получить более точную и полную картину состояния лесных ресурсов в данном районе, что в свою очередь поможет принимать обоснованные решения по управлению лесным фондом и рациональному использованию лесных ресурсов.

Таким образом, использование наземного лазерного сканирования для определения таксационных характеристик древостоя на эталонной локации является эффективным инструментом для изучения и описания состояния леса, а полученные результаты могут быть использованы для планирования лесохозяйственных мероприятий и управления лесным фондом.