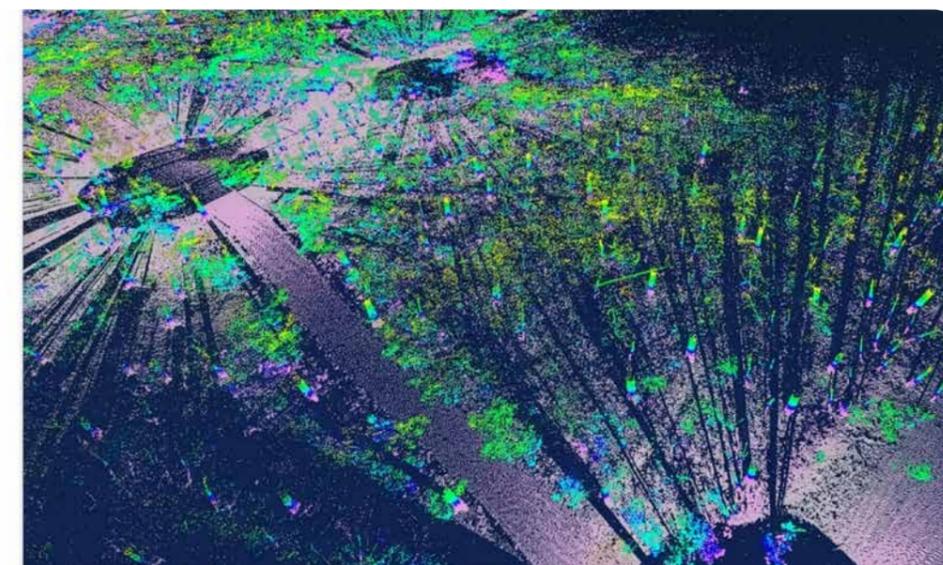


АВТОР Рыжиков М.М., АО «ГК ШАНЭКО», г.Москва

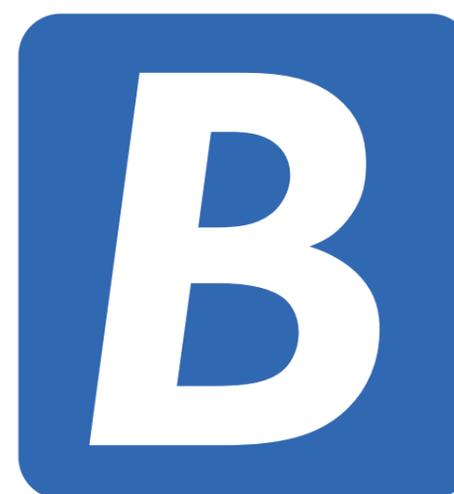
ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОДЕРЕВНЫХ СЪЕМОК

Процесс выполнения подеревной съемки начинается с нанесения на план каждого отдельно стоящего дерева, куста или группы кустарников. В настоящей статье предлагается рассмотреть ряд современных и хорошо зарекомендовавших себя методов

→ Подеревная съемка является дополнением к топографической и служит основой для дендроплана, который разрабатывается в рамках проектных работ



Trimble SX-10 и облако точек, получаемое стационарными сканерами в лесу



ВОЗДУШНАЯ ФОТОГРАММЕТРИЯ (АФС)

Аэрофотосъемка с БПЛА активно применяется при топографических съемках уже около десяти лет, она надежно зарекомендовала себя как удобный инструмент для создания топопланов. Но отрисовка отдельных деревьев часто затруднительна: кроны на фотоснимках (особенно в летнее время) сливаются и из-за этого не видно оснований стволов.

Зимой стволы лиственных деревьев хорошо распознаются на фоне белого снега, и нанесение их на план не составляет особого труда. Но стволы сосен и елей по-прежнему могут быть закрыты зелеными кронами. Впрочем, возможности программы Agisoft Metashape позволяют «приоткрыть» основания стволов у хвойных деревьев и определить их точное местоположение.

Точность такого координирования деревьев составляет порядка 20-30 см в плане.

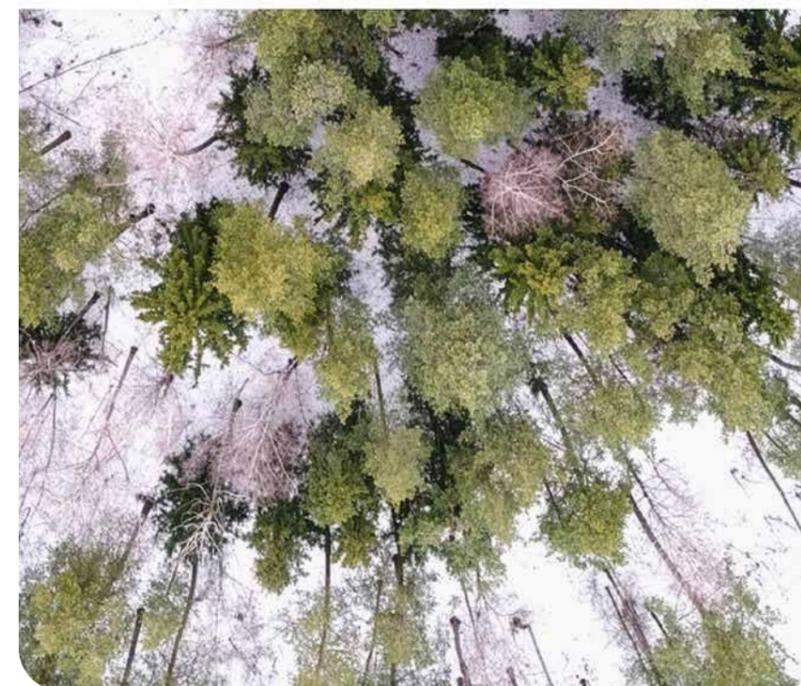
После расстановки всех деревьев на плане следует выполнить второй этап работы – стадию обследования деревьев. Это необходимо делать непосредственно в поле, поскольку ни различить породы, ни произве-

сти обмеры деревьев по данным аэрофотосъемки практически невозможно. Впрочем, выходить в поле на обследование могут уже только дендрологи с планом, без привлечения геодезистов.

На этапе описания дендролог может обследовать от 500 до 900 деревьев в день. Для облегчения работы ортофотоплан (любой из всех ракурсов) можно экспортировать в программу GlobalMapper, туда же подгрузить из AutoCAD отрисованный топоплан с деревьями и объединенный таким образом файл сохранить в формате .mbtiles. Данный формат поддерживается навигационной программой AlpineQuest, которую дендролог может установить себе на телефон. Таким образом он будет иметь на своем телефоне ортофотоплан с нанесенными деревьями и номерами. По этому плану будет осуществляться навигация (с автономной точностью около 5 м). Также есть возможность делать прямо на этом плане описания в виде геометок, используя систему кодирования, описанную ранее.



Осенью стволы деревьев сливаются с темным фоном земли



Зимой лиственные деревья видны хорошо, а ели и сосны на 50%

Плюсы методики:

- очень дешевый и вполне надежный метод; точность расстановки деревьев менее 50 см в плане;
- удобно делать съемку на больших объектах;
- не требует работы геодезистов в поле (за исключением досъемки рельефа в сложных местах, а также поиска коммуникаций);
- вся работа в поле выполняется дендрологами без привлечения геодезистов с оборудованием. Возможно, распределить участок на несколько человек;
- оборудование дендрологам не требуется, только телефон и рулетка;
- пропустить дерево или куст практически невозможно;
- легко оконтурить кустарники.

Минусы:

- методика применима только в зимний период (когда на земле лежит снег);
- в то же время распознавание пород деревьев в зимний период сильно усложняется, крайне желательно для описательного этапа ждать весны;
- возникают сложности для распознавания елового леса. Если такой лес густой – то в таких участках требуется досъемка тахеометром;
- требуется разрешение на полет квадрокоптера;
- диаметры и породы деревьев по снимкам определять нельзя – только в поле.

Рекомендации: методика применима и экономически оправдана, если объект большой,

и работа выпадает на зимний сезон. Еще лучше – если на раннюю весну, тогда можно дожидаться распускания почек и в это время выходить определять породы.

ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ

Лазерное сканирование в последнее время обретает все большую популярность для топографических съемок. Рассмотрим варианты применения разных типов сканеров для задач подеревной съемки.

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС) с помощью лидара, установленного на квадрокоптер. Может применяться для больших территорий, в условиях осени или зимы (пока на деревьях нет листьев), для массивов высоких отдельных деревьев. [2] Облако точек, создаваемое при ВЛС, позволяет определить стволы отдельных деревьев, порослью, густыми зарослями, молодыми елями – поскольку плотность облака, по сравнению с наземными сканерами, очень мала. Также следует отметить, что качество облака точек напрямую зависит от модели лидара, от высоты и скорости полета.

Мобильное лазерное сканирование (МЛС) с помощью сканера, закрепленного на автомобиле или ином средстве передвижения. Получаемое облако точек годится для распознавания стволов деревьев, но ширина полосы ограничивается примерно 20 м в стороны от оси проезда. Метод применим для подеревных съемок узких полос, например, городских улиц. [1]

Стационарное наземное лазерное сканирование (НЛС) производится со сканеров, закрепленных на штативе. Для сканирования массива леса при такой методике требуется большое число станций, сканер приходится переставлять через каждые 20-30 м. Работа такими сканерами в лесу малопродуктивна, в первую очередь из-за риска плохой сшивки облаков соседних станций.

Разновидностью стационарного лазерного сканирования является использование роботизированного **сканера-тахеометра Trimble SX-10**, который позволяет облегчить процесс сшивки облаков с соседних станций, но скорость падает до 20-25 станций в день (до 2-3 га леса).

В целом стационарное лазерное сканирование способно обеспечить очень ка-

чественное облако, которое позволяет определять стволы и их диаметры. Но сам процесс сканирования очень медленный. Кроме того, остается нерешенной проблема «мертвых зон» – невидимых для сканера участков, расположенных за большими деревьями и высокими кустами.

Технология ручного лазерного сканирования (SLAM) приобрела популярность в последние годы и на сегодня выглядит весьма привлекательной методикой. [3] Сравнительно миниатюрный сканер переносится оператором в руке, на вехе или на специальной станине. Прибор позволяет сканировать полосу шириной 40 м (по 20 м в стороны от оси траектории), показывая при этом хорошую точность в плане и по высоте. Это обеспечивается комбинированием технологии сшивки облака SLAM, возможностью приема спутниковых сигналов, а также корректировки траектории по наземным контрольным точкам.

Тестирование SLAM-сканера RS-10 на полигоне в лесу показало точность на контрольных точках порядка 5-7 см по высоте и 3-4 см в плане. В зависимости от количества батарей, за день можно отсканировать порядка 20-40 га леса, проходя его параллельными галсами и петлями.

Многие SLAM-сканеры, в том числе RS-10, поддерживают RTK-технологии и обеспечивают привязку траектории в первую очередь спутниковым способом. В высоких хвойных лесах, где нет возможности приема спутникового сигнала, прибор теряет «фиксированное» решение и переходит в режим SLAM. В таком порядке сканер сопоставляет каждый новый и предыдущий участки облака, и, находя на них общие четкие элементы, сшивает эти участки в единый массив точек.

Таким образом сканер строит своеобразный «висячий ход» из облака, постоянно наращивая его и определяя при этом свои координаты. Однако, через 100-150 м такая методика перестает обеспечивать требуемую точность, и для выравнивания траектории требуются уже опорные точки с известными координатами, на которые в процессе съемки ставится сканер. Это могут быть, например, гвозди в грунте, координаты которых определяют тахеометром или спутниковым приемником. Крайне желательно создавать такие опорные точки в высоких участках леса заранее, через каждые 150-200 м, в шахматном порядке – они будут служить опорой для поддержки траектории, когда «фиксированное решение» не будет приходиться длительное время.

Плюсы SLAM-сканирования:

- надежный и точный метод – около 5-10 см в плане и по высоте;
- скорость полевых работ в несколько раз выше, чем для тахеометрии или RTK, но ниже, чем для АФС или ВЛС;
- возможность освободить геодезистов от описательной части работ, переложив это на дендролога. Производительность полевой дешифровки – до 1-2 га/день одним человеком (500-900 деревьев);
- производительность сканирования – до 20-40 га/день (тахеометрия – до 1 га/день);
- методика применима как в зимний, так и в летний период;
- отлично распознается густой, высокий и хвойный лес;
- облако точек в хорошем качестве может помочь в определении диаметров деревьев, но не поможет распознать породы и характеристики.

Минусы:

- дороговизна: стоимость сканеров от 2 млн руб.;
- породы и характеристики деревьев нельзя определить камерально; фотографии также не помогут; потребуется второй этап – полевое обследование;
- само сканирование требует хорошей подготовки, в случае высокого густого леса требуется предварительное создание обоснования в виде жестких точек;
- уравнивание траектории движения сканера имеет недостатки, для производства работы требуется обязательный контроль точности;
- у многих SLAM-сканеров плохой обзор на задние и фронтальные области сканирования, поэтому качественное облако точек требует проходы «прямо и обратно»; чтобы облако точек было плотным, требуется большое количество проходов параллельными галсами, примерно через 40-50 м;
- сканеры боятся дождей, ударов; проход со сканером в густом подлеске затруднителен.

Рекомендации: это весьма перспективная методика на сегодняшний день. Ее использование ограничено главным образом высокой стоимостью самого SLAM-сканера. Кроме того, существует проблема определения координат в трудных условиях, из-за чего в высоком лесу сканирование должно сопровождаться проложением тахеометрических ходов.

В заключение можно сказать, что все вышеописанные методики рабочие, и могут быть взаимозаменяемыми. На сегодняшний день нет идеального решения. Лучше всего комбинировать методики, применяя те возможности, что есть в распоряжении организации. ■

Источники:

1. Алтынцева М.А., Комиссаров А.В., Алтынец М.А., 2024. Автоматизированная сегментация и классификация данных мобильного лазерного сканирования для векторизации контурной части топографического плана городской территории. Т. 29. № 6. С. 32-43.
2. Белов М.А., Шляхова М.М., 2023. Использование данных воздушного лазерного сканирования для решения задач лесного хозяйства. Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. № 1. С. 62-66.
3. Зуева-Носова А.В., 2024. Изучение инновационного метода применения технологий лазерного сканирования на винограднике Севастополя с применением ручного лазерного сканера GoSLAM RS100S (GSI). Сб: Южный урбанистический форум: наука и практика. С. 110-117.