

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

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОДЕРЕВНЫХ СЪЕМОК

Подеревная съемка является одним из самых точных видов инженерно-геодезических изысканий для качественной и количественной оценки лесных массивов. Процесс ее выполнения можно разделить на две части: геодезическая топосъемка и описание

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



**ПЕРВАЯ ЧАСТЬ** включает в себя нанесение на план каждого отдельно стоящего дерева, куста или группы кустарников (точность нанесения в плане – 50 см<sup>[1]</sup>), и вопрос состоит в том, как выполнить ее оптимально.

Информацию по методикам проведения таких работ найти сложно. Как показывает опыт, единых подходов в настоящее время нет, и каждая организация делает подеревную съемку в зависимости от имеющегося оборудования. Сегодня все более активно применяются БПЛА, спутниковые приемники, наземные и воздушные сканеры.

Развитие приборов и методик в последние 15–20 лет дали возможность разнообразить подходы к топографическим съемкам, среди которых:

- ▶ тахеометрическая съемка;
- ▶ спутниковая RTK-съемка;
- ▶ воздушная фотограмметрия (АФС);
- ▶ лазерное сканирование (ВЛС, МЛС, НЛС, SLAM);
- ▶ наземная фотограмметрия (GoPro и Insta 360).

В рамках **описательной части** работ необходимо обследовать нанесенные на план деревья и составить таблицу – перечетную ведомость. В нее заносится порода дерева, количество стволов, диаметр на уровне груди, высота дерева, дается оценка по трехбалльной системе, а также комментарий по состоянию дерева<sup>[1, 2]</sup>. Иногда, по особым требованиям, нужно определять радиус кроны дерева.

Только осмотр дерева «вживую» позволяет полноценно определить его породу и дать качественную оценку состояния. Для такой работы либо геодезист должен обладать минимальными навыками дендрологии, либо к бригаде должен быть прикреплен дендролог. ▶▶



геодезистов, делая одновременно классическую и подеревную съемку, измеряя, описывая и кодируя деревья, может снимать до 1 га заросшей территории в день. Это около 500–700 кустов и деревьев.

Тахеометрия считается самым надежным и точным методом, который хорошо работает на небольших объектах до 10 га, а также подходит для высокого, хвойного леса, выполним зимой и летом.

С учетом того, что все съемочные точки будут иметь единую кодировку и точные координаты стволов, дальнейшая камеральная обработка сводится к минимуму. Останется список снятых точек внести в Excel, там отредактировать столбцы до формы перечетной ведомости, дополнительно добавив к каждой строке координаты точки. Затем, используя утилиты типа MenuGeo, списком занести данную ведомость в AutoCAD, автоматом получив различные блоки деревьев с соответствующими номерами.

### СПУТНИКОВАЯ RTK-СЪЕМКА

За последние пять лет возможности спутниковых приемников сильно возросли. Это связано с развитием разных спутниковых группировок (GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo), а также с массовым внедрением в приемники инерциальных датчиков, встроенных фотокамер, лазерных дальномеров. Все это позволяет успешно применять новые модели приемников в условиях, где раньше спутниковая съемка считалась недоступной – в городской застройке, лесах.

RTK-съемка хорошо применима к невысокому лесу (высота деревьев до 15 м). Высокие деревья, особенно хвойные, по-прежнему, представляют проблему для надежного позиционирования. Работа приемников зависит не от густоты, а от высоты леса. В сплошной поросли легче работать, чем в высоком редком сосняке. Поэтому для спутниковой съемки хорошо подходят невысокие

лиственные леса, редкие группы отдельных деревьев, а также участки поросли и бурелома. В зимних условиях прием спутникового сигнала несколько лучше, чем в летних. При работе в высоком лесу необходимо быть внимательным и отсекаать «ложные» фиксированные решения, а лучше такие участки доснимать тахеометром – это является оптимальным комбинированием методик.

Главным преимуществом метода RTK над тахеометрией является требование только одного человека для работы с прибором. Соответственно, два геодезиста из одной тахеометрической бригады могут разделиться и двумя RTK-приемниками снимать в два раза большие объемы.

Проблема метода в том, что под высокими деревьями скорость съемки замедляется, под кронами пропадает «фиксированное» решение и геодезисту приходится применять различные хитрости:

▶ удлинять вежу со стандартных двух метров до четырех-пяти – это немного уменьшает переотражение радиосигнала, которое является главной проблемой для спутникового приемника в лесу;

▶ использовать инерциальный датчик – это позволяет наклонять приемник, производить съемки под углом к стволу дерева, не приближаясь к нему слишком близко;

▶ использовать доводки по азимуту и расстоянию. В этом случае геодезист снимает только один пикет, и от него до всех ближайших деревьев определяет азимут (по электронному компасу контроллера), а также расстояние (при помощи лазерной рулетки). Таким образом, от одной снятой точки можно отложить целую группу стоящих рядом деревьев;

▶ использовать встроенные видеокamеры приемника ▶▶

▶ И здесь нельзя не отметить технический прогресс – в помощь натуралистам в последнее время пришли определители пород – бесплатные программы для телефона. В качестве примера можно привести PictureThis или PlantNet, которые распознают породы по фотографиям листа, цветка, плода или почки. Точность определения вида такими программами составляет порядка 90%<sup>[3]</sup>.

Определение пород деревьев в зимний период крайне нежелательно, т.к. распознавание лиственных деревьев по голым ветвям представляет трудность даже для профессиональных дендрологов.

Важным элементом всех методик подеревной съемки является единая система кодирования при описании деревьев. Кодировка позволяет вести записи в электронном виде – в телефон, планшет, используя диктофон с распознаванием голоса. Расшифровка кодов ведется в программе Microsoft Excel, в полуавтоматическом режиме и

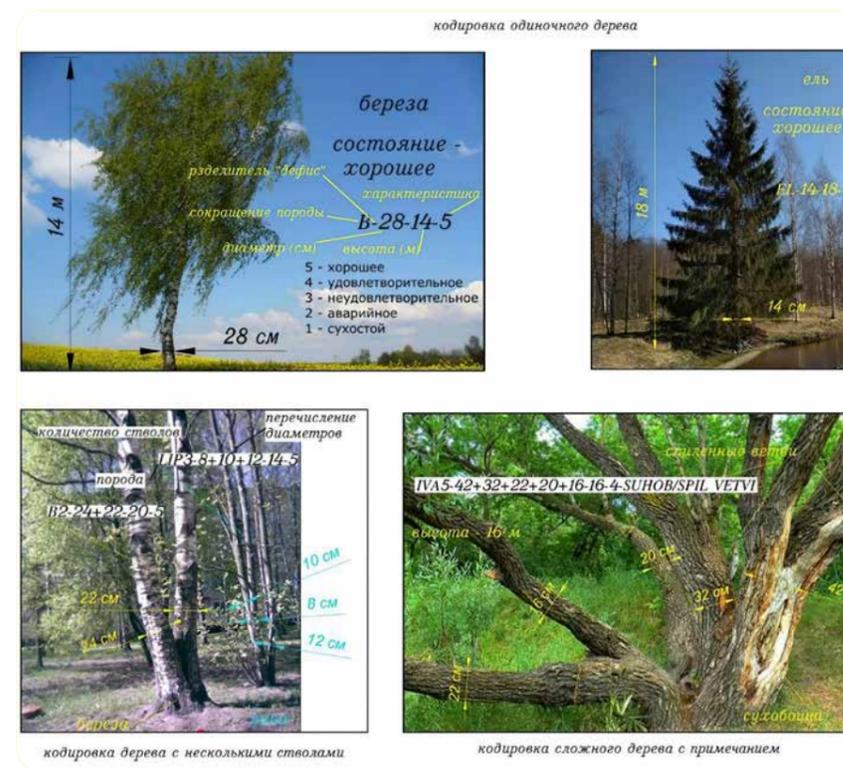
позволяет превращать полевые записи в конечную пересчетную ведомость за несколько часов.

**Нанесение деревьев и кустов на план** можно сделать несколькими способами. Рассмотрим некоторые из них.

### ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Тахеометрическая съемка является классической методикой. Тахеометр есть в каждой изыскательской организации, а принципы линейно-угловой съемки известны любому геодезисту. Одна бригада из двух

№ п/п	Порода	Кол-во стволов	Диаметр ствола, см	Высота ствола, м	Оценка состояния	Примечания	У, восток, м	Х, север, м
3034	Сосна	1	32	23	Отличное		1577201,6	387981,1
3035	Береза	1	28	24	Отличное		1577198,8	387982,4
3036	Береза	1	34	24	Отличное		1577197,9	387982,3
3037	Береза	1	26	23	Отличное		1577196,3	387982,2
3038	Сосна	1	18	18	Хорошее		1577192,6	387982,7
3039	Лень	1			Единичные побеги	1577193,4		387982,8
3040	Сосна	1	40	23	Хорошее	Зарубки от топора	1577194,5	387986,6
3041	Сосна	1	34	23	Отличное		1577194,9	387991,9
3042	Сосна	1	32	23	Отличное		1577197	387991,9
3043	Береза	1	32	25	Хорошее		1577198,3	387992,1
3044	Береза	2	16+20	20	Отличное		1577211,9	387989,8
3045	Сосна	1	32	23	Хорошее		1577212,5	387989,9
3046	Сосна	1	28	23	Отличное	Выбои	1577214,3	387990,2
3047	Лень	1					1577215,6	387990,7
3048	Сосна	1	22	23	Отличное		1577208,6	387993,5
3049	Береза	1	36	24	Отличное		1577209,7	387993,9
3050	Береза	1	22	22	Отличное		1577208	387993,9
3051	Сосна	1	18	20	Отличное		1577207	387994,1
3052	Сосна	1	12	12	Удовлетворительное		1577205,8	387998,2
3053	Лень	1					1577205,7	388001,3
3054	Береза	1	32	23	Удовлетворительное	Ускок ствол	1577208,5	388009,8
3055	Береза	1	22	22	Хорошее		1577214	387997,9
3056	Лень	1					1577214,5	388000,1
3057	Береза	1	36	25	Хорошее	Выбои	1577216,3	388000,5
3058	Береза	1	30	23	Отличное		1577218	388001,3
3059	Сосна	1	30	23	Хорошее	Выбои	1577207,3	388002,3





▶ (применимо только для новых моделей). Недоступная точка при этом вычисляется фотограмметрическим путем;

▶ использовать комбинацию встроенного лазерного дальномера и инерциального датчика (применимо только для новых моделей).

*Плюсы спутникового RTK-метода:*

▶ производительность в два раза выше, чем при тахеометрической съемке (требуется один геодезист, а не двое);

▶ при использовании всех четырех спутниковых созвездий фиксированное решение не пропадает даже в лесу (за исключением хвойных лесов, а также непосредственно под кронами деревьев);

▶ отображение на экране контроллера уже снятых деревьев позволяет отказаться от меток краской на стволах;

▶ использование датчика наклона, инерциального датчика, встроенных видеокамер, электронного компаса контроллера, лазерного дальномера облегчает процесс съемки.

#### НАЗЕМНАЯ ФОТОГРАММЕТРИЯ

(GoPro или Insta360) Использование любительских видеокамер для задач топографической съемки появилось недавно в результате экспериментов геодезистов. Сейчас методика используется как недорогая альтернатива SLAM-сканерам.

Методика наземной фотограмметрии внешне очень похожа на методику SLAM-сканирования, только вместо сканера в руках или на вехе переносится связка из 3–4 камер GoPro или одна камера Insta360. Во время пешей ходьбы камеры делают снимки каждую секунду, или примерно каждые полтора метра. Также существует вариант записывать видео, а затем камерально вычлнять из потока ключевые кадры. Передвигаясь галсами и

”

**ПЛЮСАМИ МЕТОДА НАЗЕМНОЙ ФОТОГРАММЕТРИИ ЯВЛЯЕТСЯ НЕВЫСОКАЯ СТОИМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ, БЫСТРОТА ВЫПОЛНЕНИЯ СЪЕМКИ (ДО 20 ГА В ДЕНЬ). ТЕСТЫ ТОЧНОСТИ ДАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСА ПОКАЗАЛИ НА КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧКАХ ОШИБКИ ДО 5 СМ ПО ВЫСОТЕ И ДО 10 СМ В ПЛАНЕ, ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ ОЧЕНЬ ХОРОШИМ РЕЗУЛЬТАТОМ**

замкнутыми петлями, на участок площадью 1 га набирается порядка 2000 снимков (для 4-х камер GoPro). Эти снимки обрабатываются в программе Agisoft Metashape по классическому принципу воздушной фотограмметрии. Можно сделать аналогию, что наземная фотограмметрия – это тот же квадрокоптер, но не летящий, а переносимый на руках.

Плюсами метода наземной фотограмметрии является невысокая стоимость оборудования, быстрота выполнения съемки (до 20 га в день). Тесты точности данной технологии в условиях леса показали на контрольных точках ошибки до 5 см по высоте и до 10 см в плане, что является очень хорошим результатом.

#### РЕКОМЕНДАЦИИ

Можно сказать, что все вышеописанные методики рабочие, и могут быть взаимозаменяемыми.

Лучше всего комбинировать методики, применяя те возможности, что есть в распоряжении организации:

▶ тахеометрическую съемку удобно применять на небольших объектах (до 10–15 га), со сложным и высоким лесом;

▶ RTK-съемку удобно применять на больших участках с редкими деревьями, на участках с порослью и невысоким лесом; она плохо применима в условиях хвойного, а также высокого лиственного леса;

▶ воздушную фотограмметрию (АФС) удобно применять, если полевые работы выпали на зимний период – в таком случае можно быстро, дешево и надежно распознать деревья на фоне снега;

▶ использование наземной фотограмметрии (камеры GoPro

или Insta 360) является дешевой альтернативой SLAM-сканированию. Методики примерно равны по точности, но наземная фотограмметрия проигрывает по удобству производства, а также по качеству облака; для обработки крайне важно иметь мощный компьютер;

▶ наземная фотограмметрия рекомендуется как дополнение к классическим методам съемки, таким, как тахеометрия или RTK-съемка. Также можно рассматривать наземную фотограмметрию как альтернативу аэрофотосъемке на небольших объектах (при невозможности совершать полеты), или как обучающую технологию перед покупкой лазерного сканера. /

*Источники:*

1. Постановление Правительства г.Москвы №770-ПП от 4 октября 2005 г. «О Методических рекомендациях по составлению дендрологических планов и перечетных ведомостей».
2. Нехуженко Н.А., 2004. «Основы ландшафтного проектирования и ландшафтной архитектуры». Невский Диалект, Санкт-Петербург.
3. Li D., Shi G., Li J., Chen Y., Zhang S., Xiang Sh., Jin Sh., 2022. PlantNet: a dual-function point cloud segmentation network for multiple plant species. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 184. pp. 243-263.
4. T. Takubo, M. Sato, and A. Ueno, 2024. "Incorrect Fix Detection for RTK Positioning Based on Relative Position Between Multiple Antennas" Osaka Metropolitan University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka, Osaka 558-8585, Japan