

DOI: 10.58168/TBiEc2025_309-315

УДК 630.5

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВОСТОЯ

MODERN TECHNOLOGIES FOR REMOTE MEASUREMENT OF TREE STAND PARAMETERS

Савченко С.И., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Абрамов В.В., к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Воронин П.В., к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Майер Е.И., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Жужукин К.В., к.т.н. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Savchenko S.I., graduate student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Abramov V.V., candidate of Technical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Voronin P.V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Mayer E.I., graduate student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

Zhuzhukin K.V., candidate of Technical Sciences FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Аннотация: статья посвящена актуальным методам и инструментам дистанционного измерения параметров древостоя. Особое внимание уделяется интеграции цифровых технологий в лесное хозяйство, включая использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), наземных лазерных сканеров и космических снимков.

Abstract: the article is devoted to current methods and tools for remote measurement of tree stand parameters. Special attention is paid to the integration of digital technologies into forestry, including the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), ground-based laser scanners and satellite imagery.

Ключевые слова: средства дистанционного измерения, беспилотный летательный аппарат, наземное лазерное сканирование, лазерное сканирование древостоя, лесозаготовки, лесосечные работы.

Keywords: remote measuring equipment, unmanned aerial vehicle, ground-based laser scanning, laser scanning of plantings, logging, logging operations.

Стратегия развития лесного комплекса РФ до 2030 года направлена на переход от экстенсивных к интенсивным методам лесопользования, что требует внедрения инновационных технологий для повышения точности таксации и минимизации экологического воздействия. В этой связи дистанционные методы измерения параметров древостоя становятся ключевой частью современного лесного хозяйства. Их применение позволяет оптимизировать планирование рубок, оценивать запасы древостоя и прогнозировать экологический ущерб.

В настоящее время используется большое количество средств дистанционного измерения таксационных параметров насаждений (рис. 1).



Рисунок 1 – Современные средства дистанционного измерения параметров древостоя.

Применение космических снимков позволяет анализировать среднее таксационные показатели (высота ствола, диаметр на высоте груди, объем древостоя) на больших площадях леса. Однако низкое разрешение космических снимков часто недостаточно для детальной оценки отдельных деревьев, что ограничивает применение при планировании рубок (рис. 2).

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является одним из перспективных направлений в лесном хозяйстве. Использование дронов обеспечивает высокую скорость сбора данных, например БПЛА Luftera LQ- 5 имеет максимальную скорость до 70 км/ч, а максимальная дальность радиосвязи 15 км, что позволяет исследовать труднопроходимые участки леса (рис. 3).

Картографический материал получаемый путем RGB, лидарной и мультиспектральной съемки имеет высокое качество, что позволяет детально исследовать древостой (рис 4).

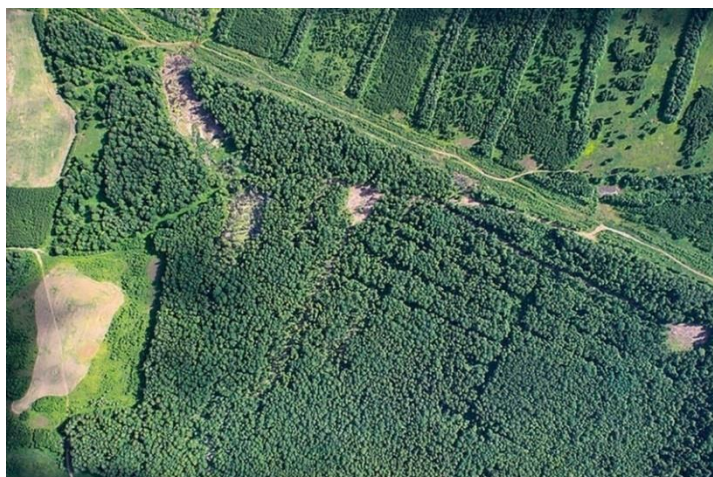


Рисунок 2 – Космический снимок леса



Рисунок 3 – Беспилотный летательный аппарат Luftera LQ-5 с мобильным лазерным сканером Luftera LS – 100

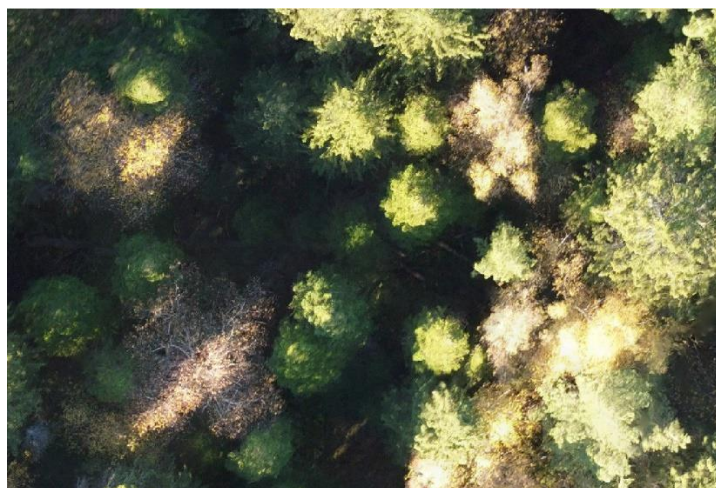


Рисунок 4 – RGB съемка, выполненная с помощью беспилотного летательного аппарата

В настоящее время существует большое количество программного обеспечения для выполнения геопространственного анализа снимков с БПЛА. Одним из ПО является специализированный пакет для языка программирования R. Ключевые возможности lidR: обработка облаков точек, создание цифровых моделей, анализ растительности, 3D-визуализация.

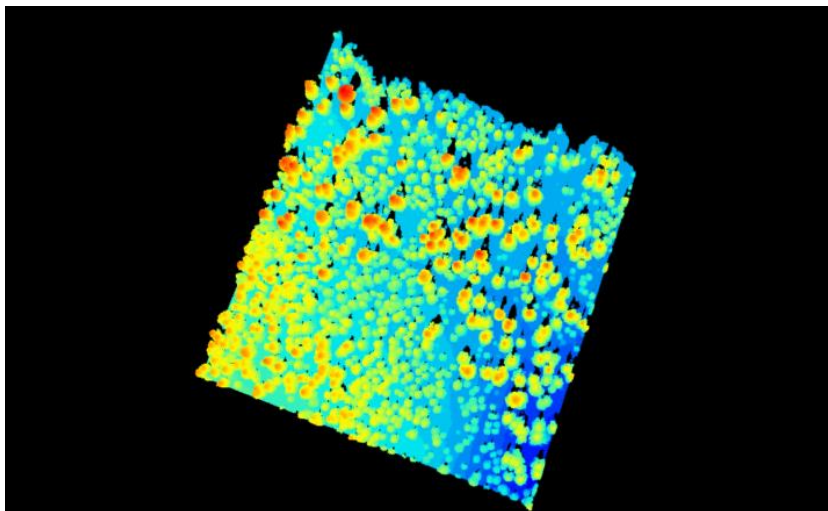


Рисунок 5 – Обработка облака точек в специализированном пакете lidR для языка программирования R

Развитие технологии наземного лазерного сканирования позволяет получать измерительную информацию с относительной погрешностью около 10% (рис 6), а некоторые модели наземных лазерных сканеров Z+F IMAGER 5016 работают с погрешностью измерения 2 мм на 100 метров дистанции при максимальной дальности сканирования – 365 м.

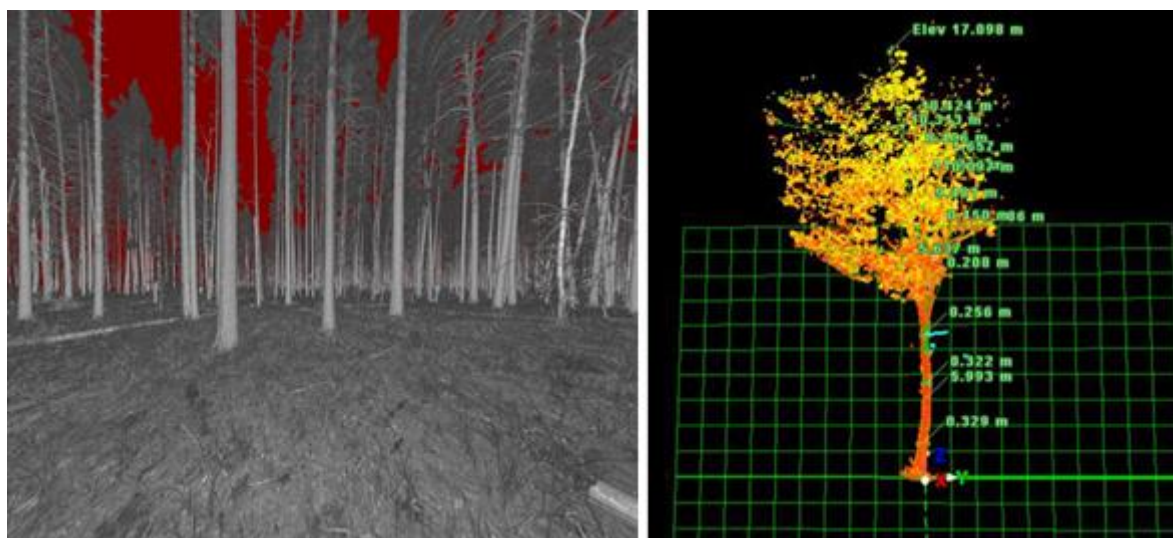


Рисунок 6 – Пример построения графической 3D-модели исследования на основе данных, полученных путем наземного лазерного сканирования

Программное обеспечение 3D Forest автоматизирует обработку данных наземного лазерного сканирования, позволяя определить основные таксационные параметры отдельных деревьев такие как: высота дерева, диаметр ствола (DBH), объем древесины, параметры кроны (рис 7).

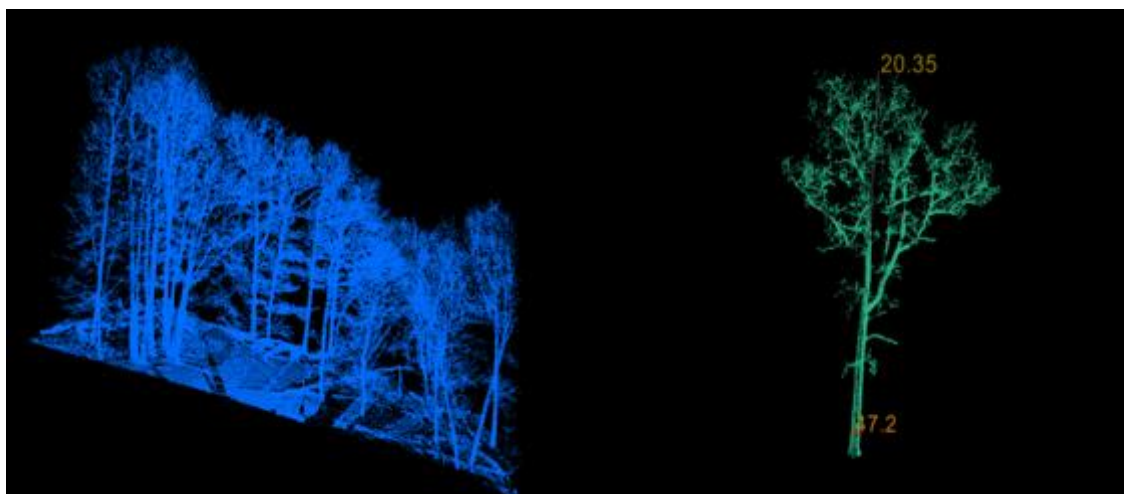


Рисунок 7 – Автоматизированная обработка данных наземного лазерного сканирования в программном обеспечении 3D Forest

Комбинация данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), наземных лазерных сканеров (TLS) и спутниковых систем открывает новые возможности для комплексной оценки лесных экосистем.

Цифровые технологии позволяют трансформировать лесное хозяйство, делая его более эффективным и экологически устойчивым. Несмотря на существующие ограничения, такие как высокая стоимость и технические сложности, дальнейшее развитие методов дистанционного зондирования позволит создать системы мониторинга, способные оперативно реагировать на изменения в экосистемах.

Список литературы

1. Абрамов, В. В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах : дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01: защищена 24.04.09 / В. В. Абрамов; Воронеж. гос. лесотехн. акад. - Воронеж, 2009. - 366 с.
2. Афоничев, Д.Н. Обоснование протяженности лесовозного уса / Д.Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 3. – С. 85–88.
3. Афоничев, Д.Н. Размещение лесовозного уса на лесосеке / Д.Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2009. – № 3. – С. 92–94.

4. Иванова, Н.В., Шашков, М.П., Шанин, В.Н., Грабарник, П.Я., 2020. Оценка качества автоматического детектирования деревьев по материалам аэрофотосъемки с помощью квадрокоптера. Доклады международной конференции «Математическая биология и биоинформатика». Лахно, В.Д. (ред.). Т. 8. ИМПБ РАН, Пущино, Россия, статья № e36.

5. Бондаренко, А. В. Моделирование природно-производственных условий в задачах исследования первичного транспорта леса в горной местности / А. В. Бондаренко, В. В. Абрамов, Ф. В. Пошарников // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 2. - URL: www.science-education.ru/102-5518.

6. Григорьев, И.В. Средообразующие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации / И.В. Григорьев, А.И. Жукова, О.И. Григорьева, А.В. Иванов. – СПб.: ЛТА, 2008. – 174 с.

7. Заикин, А.Н. Теория, методы и модели интенсификации лесосечных работ / А.Н. Заикин. – Брянск: БГИТА, 2009. – 212 с.

8. Низаметдинов Н.Ф., Моисеев П.А., Воробьев И.Б. 2021. Лазерное сканирование и аэрофотосъемка с БПЛА в исследовании структуры лесотундровых древостоев Хибин // Известия вузов. Лесной журнал. № 4. С. 9–22.

9. Алешко Р.А., Гурьев А.Т. Методика тематического дешифрирования спутниковых снимков лесных территорий на основе структурных моделей // Известия ВУЗов. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 7. С. 76–77.

References

1. Abramov, V. V. Development and justification of effective skidding technology in low-forest areas : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.21.01: protected 24.04.09 / V. V. Abramov; Voronezh. gos. lesotechn. acad. - Voronezh, 2009. - 366 p.

2. Afonichev, D.N. Justification of the length of the logging mustache / D.N. Afonichev // Bulletin of the Moscow State University of Forests – Forest Bulletin. – 2011. – No. 3. – pp. 85-88.

3. Afonichev, D.N. Placement of a logging mustache on a cutting area / D.N. Afonichev // Bulletin of the Moscow State University of Forests – Forest Bulletin. – 2009. – No. 3. – pp. 92-94.

4. Ivanova, N.V., Shashkov, M.P., Shanin, V.N., Grabarnik, P.Ya., 2020. Evaluation of the quality of automatic detection of trees based on aerial photography using a quadcopter. Reports of the international conference "Mathematical Biology and Bioinformatics". Lakhno, V.D. (ed.). Vol. 8. IMPB RAS, Pushchino, Russia, article no. e36.

5. Bondarenko, A.V. Modeling of natural production conditions in the tasks of primary forest transport research in mountainous areas [Electronic resource] / A.V. Bondarenko, V. V. Abramov, F. V. Posharnikov // Modern problems of science and education. - 2012. - No. 2. - URL: www.science-education.ru/102-5518.

6. Grigoriev, I.V. Environmental technologies for the development of cutting areas in the conditions of the North-Western region of the Russian Federation / I.V. Grigoriev, A.I. Zhukova, O.I. Grigorieva, A.V. Ivanov. – St. Petersburg: LTA, 2008. – 174 p.
7. Zaikin, A.N. Theory, methods and models of intensification of logging operations / A.N. Zaikin. – Bryansk: BGITA, 2009. – 212 p.
8. Nizametdinov N.F., Moiseev P.A., Vorobyov I.B. 2021. Laser scanning and aerial photography from UAVs in the study of the structure of forest-tundra stands of Khibiny // Izvestiya vuzov. Forest magazine. No. 4. pp. 9-22.
9. Aleshko R.A., Guryev A.T. Method of thematic decoding of satellite images of forest areas based on structural models // Izvestiya VUZov. Instrument engineering. 2013. Vol. 56. No. 7. pp. 76-77.