

идентификацию с достаточно высокой точностью. Средняя точность классификации составила $96,7 \pm 3,6$ (%) для обучающих выборок, $95 \pm 3,3$ (%) – для валидационных. В будущем классификационные модели могут быть улучшены путем включения в них большего числа образцов. Необходимо отметить, что помимо мягких лиственных пород БИК-спектроскопия может быть применена и для исследования других, в том числе коммерчески ценных, пород древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хох А. Н. Выявление фактов фальсификации термически модифицированной древесины сосны обыкновенной методом БИК-спектроскопии / А. Н. Хох // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы : сб. науч. тр. – 2023. – № 53. – С. 124–129.
2. Bächle, H. Classification of thermally modified wood by FT-NIR spectroscopy and SIMCA / H. Bächle, // Wood Science and Technology. – 2012. – Vol. 46. – P. 1181–1192.
3. Brereton, R. G. Re-evaluating the role of the Mahalanobis distance measure. / R. G. Brereton, G. R. Lloyd // Journal of Chemometrics. – 2016. – Vol. 30. – №4. – 134-143.

УДК 630*587

С.С. Цай, ст. преп., канд. с.-х. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ЛИДАРНОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НА ЛЕСОСЕКАХ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ УГЛОВ НАКЛОНА МЕСТНОСТИ, ОГРАНИЧИВАЮЩИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ МАШИН

Использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в различных отраслях экономики непрерывно увеличивается, находя новые сферы применения. Это связано с улучшением технических характеристик самих БЛА, внедрением автоматизированных алгоритмов пилотирования, расширением видов навесного оборудования, а также совершенствованием возможностей этого оборудования вследствие уменьшения веса и линейных размеров, увеличения функциональности. Несомненно, использование беспилотных комплексов в интересах лесной отрасли перспективно и может способствовать решению ряда практических задач лесного хозяйства и лесоустройства.

Рассматриваемая работа посвящена вопросам использования материалов лидарной съемки с беспилотных летательных аппаратов для целей определения на участках лесосечного фонда углов наклона

местности, ограничивающих использование комплекса лесных машин по заготовке и трелевке древесины на рубках главного пользования.

Объекты исследования. В качестве объектов, на которых проводились работы по выполнению лидарной съемки, выступали участки лесосечного фонда с выраженным рельефом на территории Горецкого лесхоза Первомайского лесничества (кв. 40, выдела 1, 4, 13, 14) и Мстиславского лесничества (кв. 146, выдела 6-11, 31 - 33, 35), рис. 1. У руководства лесхоза возникли обоснованные подозрения о невозможности использования лесозаготовительной техники на вышеприведенных участках. С целью уточнения крутизны склонов этих участков было решено провести лидарную съемку силами специалистов отдела дистанционного зондирования и мониторинга лесов РУП «Белгослес».

Используемое оборудование. В качестве летательного аппарата использовался БЛА DJI Matrice 300RTK, на котором посредством 3-осевого стабилизированного подвеса закреплялось навесное оборудование для выполнения лидарной съемки – лидар DJI Zenmuse L1.

Данное устройство обладает уникальными характеристиками, поскольку является одним из первых в истории лидарным датчиком, устанавливаемым на беспилотные летательные аппараты. При весе около 0,9 кг прибор обладает техническими характеристиками, позволяющими в процессе съемки получать данные геодезической точности. Для выполнения съемки данный лидар был любезно предоставлен компанией «Хобби-парк».

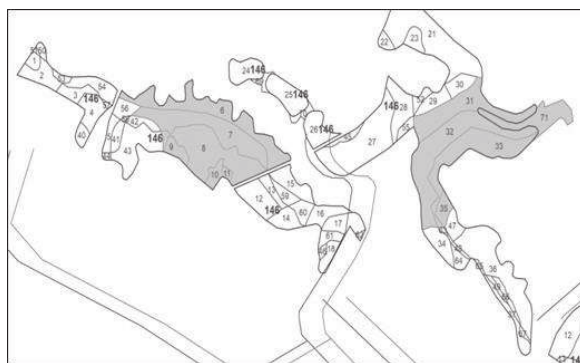


Рисунок 1 – Расположение участков лесосечного фонда с выраженным рельефом на территории, Мстиславского лесничества Горецкого лесхоза

Подготовительные и съемочные работы. Проведение лидарной съемки, с использованием указанного выше оборудования, осуществлялось специалистами РУП «Белгослес» на объектах лесосечного фонда Горецкого лесхоза (см. выше).

В процессе подготовительных работ в камеральных условиях выполнялось уточнение участка съемочных работ по предварительным данным, которые были переданы работниками Горецкого лесхоза.

за. Для этого в геоинформационную систему «ArcMap» были загружены цифровые лесоустроительные картографические материалы по указанному лесхозу, на основании которых были определены границы участков для съемки и сформированы полетные задания по каждому из участков для загрузки в контроллер БЛА. В соответствии с полетным заданием лидарная съемка участков выполнялась на высотах 80 – 100 метров. Параметры проведения съемки устанавливались из соображения необходимости получения цифровой модели земной поверхности под пологом леса, поэтому настройка плотности точек на 1 квадратный метр была установлена достаточно большая – порядка 100 точек/м². Съемка проводилась методом линейного сканирования в режиме «Repetitive» с использованием только одиночного отклика. Процент перекрытия соседних полос составил 50%.

Обработка материалов лидарной съемки выполнялась с использованием программных средств DJI Terra и геоинформационной системы Global Mapper. Первоначальные данные лидарной съемки обрабатывались в программном приложении DJI Terra, с помощью которого была проведена фильтрация данных и сформирован файл облака точек с расширением «Las». Дальнейшая обработка данных проводилась в геоинформационной системе Global Mapper, при помощи которой были выделены точки, отраженные от земной поверхности, и построена цифровая модель рельефа участков. Также с использованием ПО Global Mapper были построены продольные профили вдоль скатов земной поверхности на обследуемых участках и определены углы наклона. На рис. 2 представлен продольный профиль для одного из участков в квартале 146, выдел 31 – 35.

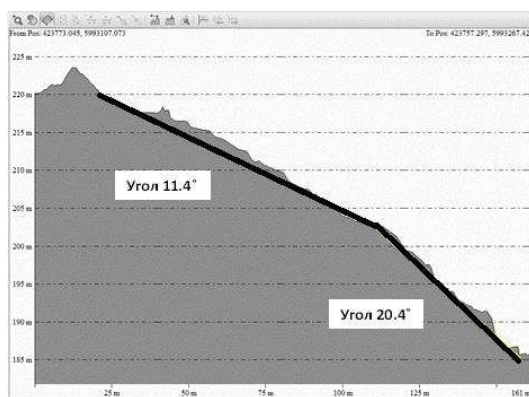


Рисунок 2 – Профиль земной поверхности вдоль склона на участке лесосечного фонда (кв. 146, выдел 31 – 35) Мстиславского лесничества Горецкого лесхоза

Полученные результаты (значения углов наклона рельефа местности) в большинстве случаев подтвердили опасения работников лесхоза о превышении допустимых углов наклона местности на обследуемых участках.