DOI: 10.21178/2079-6080.2016.8.79
УДК 630*5

Новые методы в оценке качественных и количественных характеристик лесных насаждений

© А.И. Николаев

New methods in the assessment of qualitative and quantitative characteristics of forest stands

A.I. Nikolaev (All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry Branch "Siberian Forest Experiment Station")

The article presents new methods in the assessment of qualitative and quantitative characteristics of forest stands using unmanned remotely piloted aircraft and analysis of the cores of woody plants based on dendrochronology and biometrics. Field studies are based on collecting information from sample plots photographic methods and selection of the cores of woody plants. Processing the photograph based on the analysis of visual data and the interpretation of spatial sizes of the studied objects depending on the parameters used photographic equipment. To expedite office work and enhance its quality the author developed a smart software that minimizes manual labor and the appearance of human mistakes. The software is built on self-learning architecture that allows accumulating, analyzing and applying the experience to future work. As a result of the formed 3D model of the studied forest, with the mathematical calculation of forest indices of which allow to study objects of any resolution precision in size and time. In parallel with mathematical calculation and the three-dimensional model of forest plantations, examines all possible patterns of growth and development of forest stands, as laid down in the software databases and vast experience of the programs themselves.

The connection methods of processing of terrestrial photographs and remote imagery and analysis of wood cores together with application of self-learning and high performance computing systems allow multiple units to increase the quality, speed and informative value of the information collected on forest plantations, with the possibility of modeling and visualization of data in automatic mode.

Key words: qualitative and quantitative characteristics of forests, drone, intelligent computing system, the dendrochronology, biometrics, modeling of forest stands

Новые методы в оценке качественных и количественных характеристик лесных насаждений

А.И. Николаев

В сообщении приведены новые методы оценки качественных и количественных характеристик лесных насаждений с применением беспилотных дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов и анализа образцов древесины, основанном на дендрохронологии и биометрии. Полевые исследования строятся на сборе информации с пробных площадей фотографическими методами и отбором древесных кернов. Камеральная обработка фотоснимков основана на анализе визуальных данных и интерпретации пространственных размеров исследуемых объектов в зависимости от параметров применяемой фотоаппаратуры. Для ускорения камеральной работы и повышения ее качества автором разработано интеллектуальное программное обеспечение, позволяющие максимально сократить ручной труд и появление ошибок, связанных с человеческим фактором. Программное обеспечение построено по самообучаемой архитектуре, что позволяет накапливать, анализировать и применять получаемый опыт в будущем. В итоге формируется 3D-модель изучаемого лесного массива, с математическим обчетом таксационных показателей, позволяющая исследовать объекты с любым разрешением точности по размерам и по времени. Параллельно с математическим обчетом и построением трехмерной модели лесного насаждения анализируются все возможные закономерности роста и развития древостоев, как по заложенным в программное обеспечение базам данных, так и по накопленному опыту самих программ.

Соединение методов обработки фотоматериалов наземной и дистанционной съемки и анализа древесных кернов совместно с применением самообучаемых высокопроизводительных вычислительных систем позволяют многократно повысить качество, скорость и информативность собираемой информации о лесных насаждениях, с возможностью моделирования и визуализации данных в автоматическом режиме.

Ключевые слова: качественные и количественные характеристики лесов, БПЛА, интеллектуальные вычислительные системы, дендрохронология, биометрия, моделирование лесных насаждений.

Николаев Андрей Иванович — заведующий отделом научно-технической информации
E-mail: nikand@siblos.ru

«Сибирская лесная опытная станция» филиал ФБУ ВНИИЛМ
625017, г. Тюмень, ул. Механизаторов 5а, стр. 2

Качественные и количественные характеристики лесных насаждений имеют первостепенное значение в деле планирования, использования и восстановления лесов. Естественно, что от качества сбора и обработки параметров, характеризующих лесные насаждения, зависят точность и объективность принятия мер, направленных на рациональное и неистощительное ведение лесного хозяйства.

Указанные характеристики лесных насаждений оцениваются с периодичностью в 10 лет при лесоустройстве, качество которого контролируется посредством государственной инвентаризации лесов (далее ГИЛ) [1]. При обоих методах оценки количественных и качественных характеристик лесных насаждений используются глазомерный, инструментальный и глазомерно-инструментальный подходы [2]. Однако долгий цикл работ и высокая стоимость этих работ оставляют место для совершенствования.

С целью повышения достоверности и скорости, а также для уменьшения материальных и трудовых затрат при выполнении работ по оценке качественных и количественных характеристик лесных насаждений предлагаются новые подходы, основанные на использовании беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА) и принципов дендрохронологии вкупе с высокопроизводительными вычислительными системами.

В основу предлагаемого метода легли исследования, проводимые с 2012 года на базе филиала ФБУ ВНИИЛМ «Сибирская лесная опытная станция» (г. Тюмень).

Рассмотрим технологию применения метода подробнее на условном примере. Допустим, есть некоторый относительно однородный лесной массив, в границах которого закладываются пробные площади (ПП) согласно требованиям предполагаемого обследования. У деревьев на ПП берутся керны древе-

сных стволов, с отметкой их местоположения на участке. Из центра ПП производится панорамная (360°) фото- или видеосъемка с предварительно отмеченным ближайшим деревом (указывается расстояние до него от места съемки, диаметр ствола). Над ПП запускается БПЛА с полезной нагрузкой в виде фото-видеокамеры, производящей серию снимков (видеоряд) насаждения с разных углов обзора по ходу движения аппарата по заданному или управляемому маршруту. Практика показала, что для запуска БПЛА из насаждения достаточно свободного от крон деревьев столба (окна) равного 2×2 м, необязательно строго вертикального. Этим заканчиваются работы на ПП, требующиеся для определения основных качественных и количественных характеристик лесных насаждений, при необходимости проводятся дополнительные специальные исследования (анализ почв, напочвенный покров и т. п.).

Камеральные работы по обработке собранного материала производятся специалистом с помощью специально разработанного интеллектуального программного обеспечения. Для вычисления диаметров стволов, высоты деревьев, расположения их по территории (картирование), полноты древостоя и других общих показателей применяется блок интегрированных параллельных вычислений визуальных данных, полученных наземным и дистанционным методом (наземная панорама, съемка с БПЛА). Оператор указывает на панорамном снимке (в случае видеоряда он предварительно преобразуется в фотопанораму) диаметр отмеченного дерева, остальные помечаются перпендикулярными стволу линиями, соответствующими диаметрам деревьев (на рисунке 1 показана упрощенная схема первичной обработки фрагмента фотопанорамы).

Рис. 1. Первичная обработка оператором фрагмента наземной фотопанорамы

На фотоматериалах дистанционной съемки оператор указывает центр наземной съемки и отмеченное дерево с его верхней точкой кроны, остальные деревья помечаются по мере видимости по следующим параметрам: линия диаметра, верхняя точка кроны, нижняя точка ствола. Дополнительно в программу обработки фотоматериалов вносятся расстояние от центра съемки до отмеченного дерева и угол обзора камеры, установленной на БПЛА.

На рисунке 2 показана упрощенная схема обработки оператором дистанционного снимка, на самом деле, множество снимков, полученных с летательного аппарата, накладываются друг на друга для получения стереоэффекта, причем наложение и привязка фотоснимков с различных углов и высот съемки происходят в полуавтоматическом режиме, с заданием со стороны оператора только центра наземной съемки.

Рис. 2. Первичная обработка оператором фотоснимка с БПЛА

Этих данных и камеральных работ, выполняемых оператором, достаточно для автоматического анализа фотоматериалов. В ходе интеллектуальной программной обработки формируется объемная модель (3D) исследуемого древостоя, с математическим обобщением найденных закономерностей развития. На рисунке 3 наглядно показано формирование модели (начало построения) с одного ракурса

съемки ТО (точка обзора), каждый последующий виток анализа различных данных фотоматериалов корректирует натуральные параметры насаждения: диаметры и высоты древесных стволов i_n , их пространственное размещение L_n на основе расстояний между деревьями и рассчитанного параметра $S_{гпр}$ (площадь горизонтально-угловой просматриваемости) [3] и т. п.

Рис. 3. Построение объемной математической модели древостоя [3]

Образцы ядер древесных стволов анализируются авторским методом, основанным на принципах дендрохронологии, биометрии древесных растений и высокопроизводительных нейронных вычислительных системах [4]. В отличие от традиционного дендрохронологического исследования годичных колец по одному вектору (годичные приросты) в предлагаемой технологии используется многовекторный анализ древесного образца. Так, помимо расчета годичных приростов, анализируется распределение годичных колец во времени с выявлением закономерностей и сопоставлением с климатической составляющей, автоматически отбираемой с серверов погоды или из сохраненной информации. Помимо

основных явных признаков в процессе обработки формируются базы данных взаимосвязей рисунка годичных колец в зависимости от географического угла его сбора (направление по сторонам света), отклонения от идеального перпендикуляра к оси (секущей плоскости) ствола, а также связи с фенотипическими параметрами древесного ствола (лесного насаждения), вычисленными по описанной выше технологии. Разработанный интеллектуальный алгоритм собирает и обрабатывает такое количество информации, что этого вполне достаточно для полного построения трехмерной модели ядра с математическим отображением каждого древесного кольца, что позволяет не только удобно работать с этими

данными, но и хранить информацию в постоянно доступной форме.

Полученные характеристики кернов древесных растений загружаются в модель, созданную по фотоматериалам, при этом происходит группировка и привязка параметров и формируется единая модель объекта исследования.

В итоге работы по описанной технологии создается пакет информации на лесной участок с возможностью детализации любого уровня в силу математического описания и обоснования построенных моделей. Со временем база данных может использоваться не только как хранилище получаемой информации, но и в качестве обучающего материала для интеллектуального модуля, который на основе прецедентов рассчитывает все новые параметры, которые ему были неизвестны ранее, увеличивая свою результативность.

Принимая во внимание малую затратность сил и средств (вследствие большой доли автоматической обработки), получаемые модели позволяют наглядно оперировать качественными и количественными характеристиками лесных насаждений, предоставляя обширный потенциал как для лесоучетных работ, так и для научной деятельности.

Основные положительные стороны пред-

лагаемого метода:

- экономия сил и средств, направляемых на выполнение работ по анализу лесных насаждений, за счет сокращения цикла работ;

- повышение качества сбора и обработки полевого материала благодаря использованию передовых наукоемких технологий в направлении визуализации полученных данных и автоматического поиска закономерностей развития;

- применимость метода в различных областях ведения лесного хозяйства — от проектирования мероприятий с моделированием последствий, сказывающихся на лесах, и ландшафтной таксации до научных исследований и ГИЛ.

Описанная технология с успехом используется в деятельности филиала ФБУ ВНИИЛМ «СибЛОС» по направлениям анализа качественных и количественных показателей результатов ГИЛ, а также во всех работах, требующих оценки и изучения лесных насаждений. Точность исследования таксационных показателей описанным методом по сравнению с наземной глазомерно-инструментальной таксацией [5] по итогам 3 летнего периода составила 91%, с каждым годом этот показатель увеличивается за счет набора опыта и самообучения системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. — Утверждена приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 15.12.1994 г. — № 265.
2. Наставление по отводу и таксации в лесах Российской Федерации. — Утверждено приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 15.06.1993. — № 155.
3. Николаев, А.И. Исследования лесных насаждений с применением беспилотных дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов (БДПЛА) / А.И. Николаев // Молодой ученый. — 2014. — № 13. — С. 113-115.
4. Николаев, А.И. Разработка искусственного интеллекта на основе выявления закономерностей биометрических данных древесных растений и построения персонифицированных информационных моделей — биоинформационных паспортов каждого древесного ствола / А.И. Николаев // Молодой ученый. — 2014. — № 19. — С. 157-159.

5. ОСТ 56-109-99. Работы геодезические. Таксация и лесоустройство. Лесохозяйственное производство. Нормы точности. Методы выполнения измерений. — Утвержден приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 22.09.1999. — № 186.

REFERENCES

1. Instruktsiya po provedeniyu lesoustrojstva v lesnom fonde Rossii. — Utverzhdena prikazom Federal'noj sluzhby lesnogo khozyajstva Rossii ot 15.12.1994 g. — № 265.
2. Nastavlenie po otvodu i taksatsii v lesakh Rossijskoj Federatsii. — Utverzhdeno prikazom Federal'noj sluzhby lesnogo khozyajstva Rossii ot 15.06.1993. — № 155.
3. Nikolaev, A.I. Issledovaniya lesnykh nasazhdenij s primeneniem bespilotnykh distantsionno-pilotiruemykh letatel'nykh apparatov (BDPLA) / A.I. Nikolaev // Molodoj uchenyj. — 2014. — № 13. — S. 113-115.
4. Nikolaev, A.I. Razrabotka iskusstvennogo intellekta na osnove vyyavleniya zakonomernostej biometricheskikhannykh drevesnykh rastenij i postroeniya personifitsirovannykh informatsionnykh modelej — bioinformatsionnykh pasportov kazhdogo drevesnogo stvola / A.I. Nikolaev // Molodoj uchenyj. — 2014. — № 19. — S. 157-159.
5. ОСТ 56-109-99. Работы геодезические. Таксация и лесоустройство. Лесохозяйственное производство. Нормы точности. Методы выполнения измерений. — Утвержден приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 22.09.1999. — № 186.

Статья поступила в редакцию 14.02.2016.