

УДК 630*587.5

В. В. Коцан¹, И. В. Толкач¹, М. А. Ильючик², С. В. Ковалевский¹¹Белорусский государственный технологический университет²РУП «Белгослес»**ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЛЕСНОГО
АНАЛИТИКО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СТЕРЕОДЕШИФРИРОВАНИЯ
ДЛЯ ЗАДАЧ ЛЕСОУСТРОЙСТВА**

Проведение аналитико-измерительного дешифрирования в стереорежиме для целей лесоустройства в первую очередь позволит повысить точность определения границ выделов. Это происходит за счет лучшей просматриваемости полога древостоя и четкого различия в высоте между насаждениями разного возраста, которые на ортофотоплане косвенно определяются по размерам крон деревьев.

Проведение измерительного дешифрирования и использование моделей зависимости между таксационными и дешифровочными показателями позволит рассчитать основные таксационные показатели (состав древостоя, средний диаметр, средняя высота, полнота и запас древостоя), и, что немаловажно, эти показатели определяются на основании анализа полога всего выдела, что порой затруднительно в полевых условиях. Такой подход позволит уменьшить количество ошибок, возникающих при таксации выделов с неравномерным распределением пород по площади выдела, а также уменьшить количество пунктов таксации, а в некоторых случаях позволит не заходить в отдельные выделы.

Целью данных исследований является проработка указанных вопросов на практике и применительно к производственным вопросам лесоустройства на территории лесных массивов Республики Беларусь, выявление сложности внедрения данной технологии в производство и определение ее слабых мест для дальнейшей доработки.

Ключевые слова: лесоустройство, стереодешифрирование, аналитико-измерительное дешифрирование, таксационные показатели, модели взаимосвязи.

V. V. Kotsan¹, I. V. Tolkach¹, M. A. Il'yuchik², S. V. Kovalevskiy¹¹Belarusian State Technological University²RUE "Belgosles"**PRACTICAL ASPECTS OF APPLICATION OF THE FOREST
ANALYTICAL-MEASURING STEREO-DECODING METHOD
FOR TASKS OF FOREST MANAGEMENT**

Conducting of analytical-measuring decoding in stereo mode for forest management purposes will primarily improve the accuracy of determination the boundaries of plots. This is due to better visibility of the canopy of the stand and a clear difference in height between plantations of different ages, which are indirectly determined on the orthophotomap by the size of the crowns of trees.

Conducting of measuring decoding and using models of the relationship between taxation and decoding indicators will allow to calculate the main taxation indicators (composition of the stand, average diameter, average height, completeness and stand stock) and, importantly, these indicators are determined on the basis of the analysis of the canopy of the entire stand, which is sometimes difficult in field conditions. This approach will reduce the number of errors that occur during taxation of plots with an uneven distribution of rocks over the area of the plot, as well as reduce the number of taxation points, and in some cases will allow not going into separate plots.

The purpose of these investigations is the study of these issues in practice and in relation to production issues of forest management on the territory of the forests of the Republic of Belarus. And also identify the difficulties of introducing this technology into production and determinate its weaknesses for further development.

Key words: forest management, stereo-decoding, analytical-measuring decoding, taxation indicators, relationship models.

Введение. На территории ГЛХУ «Воложинский лесхоз» было проведено аналитико-измерительное стереодешифрирование на 59 выделах в 3 кварталах. По результатам камеральной об-

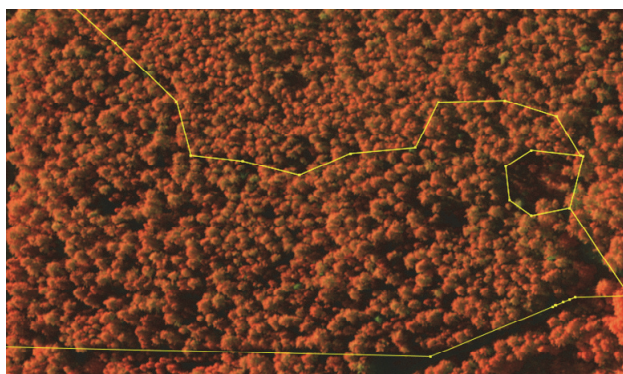
работки контрольных объектов в полевых условиях глазомерным методом (при необходимости проводились инструментальные измерения) была проведена проверка полученных результатов.

На основании анализа дешифровочной и натурной таксации были разработаны модели зависимости между таксационными и дешифровочными показателями, при этом статистические показатели данных уравнений указывают на необходимость их доработки после сбора большего количества полевого материала [1].

Основная часть. Сбор полевых данных на контрольных объектах проводился глазомерным методом таксации в соответствии с ТКП 622-2018 (33090) «Технические требования при лесоустройстве. Отвод и таксация лесосек в лесах Республики Беларусь» [2]. Глазомерный (визуальный) метод таксации применяется в молодняках, средневозрастных, приспевающих насаждениях, а также в спелых и перестойных насаждениях, не включенных в размер главного пользования. Глазомерно (визуально) определенные показатели лесного насаждения при необходимости уточняются инструментальными замерами. Минимальное количество пунктов таксации для каждого выдела определяется в соответствии с ТКП 622-2018 (33090). описа-

ния в пунктах таксации производились независимо от наличия или отсутствия различий таксационных показателей насаждения. Таксационная характеристика в целом для таксационного выдела определялась как среднее значение показателей пунктов таксации.

В ходе полевой проверки данных дешифрирования выявились некоторые недочеты дешифровочного метода с использованием снимков сканера Leica ADS100 [3]. При определении таксационной характеристики выдела невозможно точно определить санитарное состояние выдела, на актуальных снимках хорошо различимы сухостойные деревья, особенно куртины сухостоя, вызванные, например, поражением корневой губки. В данной ситуации возможно назначение санитарных рубок в зависимости от степени повреждения древостоя. Но определить наличие упавших деревьев и объем захламленности в выделе по снимкам, а следовательно, и назначить соответствующие хозяйственные мероприятия является невозможным. На рис. 1 показано изображение выдела с захламленностью на снимке и в натуре.



Вид на снимке



Вид в натуре

Рис. 1. Выдел с захламленностью



Вид на снимке



Вид в натуре

Рис. 2. Выдел с подростом ели

Также в ходе камерального дешифрирования снимков невозможно определить наличие в выделе подроста, его породный состав, таксационную и качественную характеристики. Иногда однородный на снимке выдел имеет в натуре часть с подростом и часть, в которой он отсутствует, и поэтому должен быть разделен на 2 выдела, так как в данных древостоях необходимо проведение различных мероприятий по дальнейшему лесовосстановлению. На рис. 2 показан выдел в натуре с наличием подроста и его изображение на снимке.

Также в ходе полевой проверки было замечено, что древостои, имеющие 2-й ярус (на контрольных объектах состав 2-го яруса был 10Е), имеют сложности при определении таксационной характеристики. На рис. 3 представлен вид на снимке и вид в натуре соснового древостоя с 2-м ярусом ели. Дешифровочным методом сложно определить таксационную характеристику 2-го яруса и выяснить, достаточно ли полноты еловой части древостоя для его выделения.

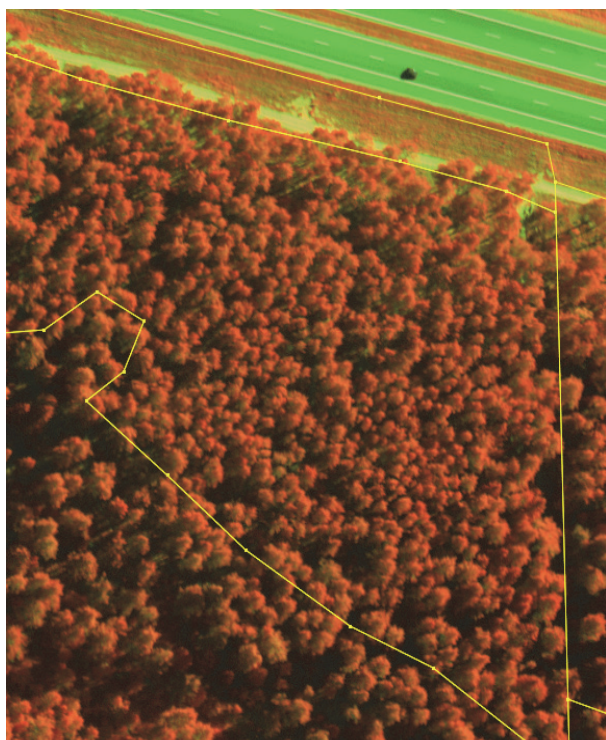
Также существуют нюансы при таксации дешифровочным методом таких категорий земель, как дороги и квартальные просеки. По снимкам практически невозможно определить их состояние и назначить хозяйственные мероприятия, если такие требуются. При нанесении на снимке дорог затруднительно, а порой

невозможно определить их местоположение. На рис. 4 изображена дорога, часть которой просматривается на снимке, но дальнейшее ее положение необходимо определять в натуре.

Исследуемый объект находится в лесном фонде ГЛХУ «Воложинский лесхоз» в пойме реки Исloch, что сказывается на его рельефе. Он имеет склон в сторону русла реки, а места яры и ложбины, в некоторых частях исследуемого объекта перепад высот на участке в 30 м достигает до 9 м (рис. 5). Этот факт приводит к тому, что возникают существенные ошибки при определении средней высоты древостоя и в некоторых случаях при определении границ выдела или выделении новых выделов в стереорежиме. При дешифрировании снимка часть древостоя, находящаяся в понижении, имеет меньшую высоту и выделяется в отдельный выдел.

Таким образом, после проведения камерального дешифрирования отдельные моменты в таксационной характеристике выдела необходимо уточнять таксаторам в натуре.

На основании материалов, собранных при натурной таксации контрольных объектов, и выявленных неточностей моделирования таксационных показателей с помощью пакета программ Statistica 10.0 был проведен корреляционный анализ зависимостей между таксационными и дешифровочными показателями.

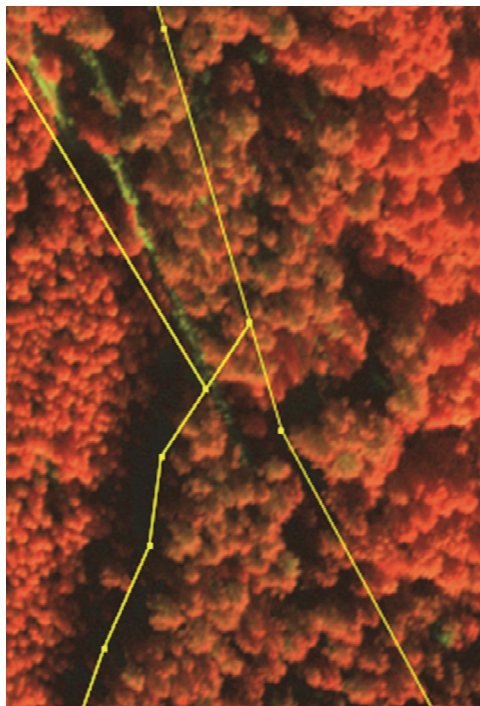


Вид на снимке



Вид в натуре

Рис. 3. Выдел с 2-м ярусом ели

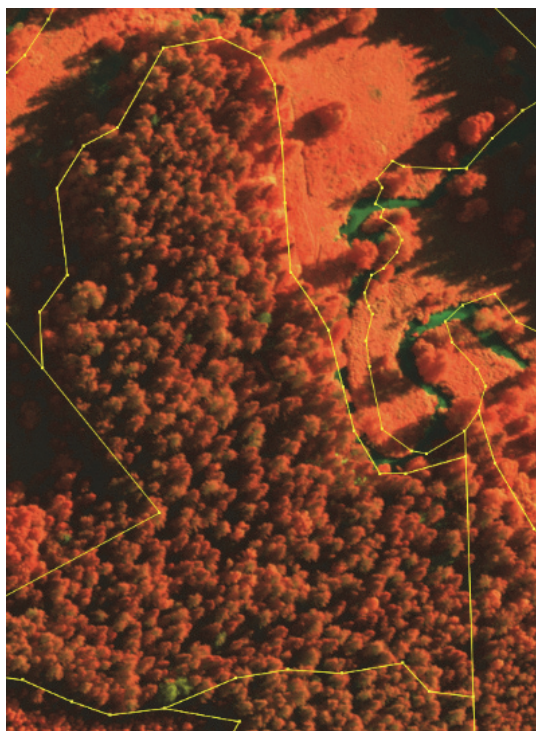


Вид на снимке



Вид в натуре

Рис. 4. Категория земель «дороги»



Вид на снимке



Вид в натуре

Рис. 5. Выдел с большим перепадом высот

Измеренный средний диаметр древостоя имеет наибольшую связь с высотой ствола – на это указывает коэффициент корреляции, равный 0,47. Этот показатель имеет значение ниже нормы, что говорит о неоднородности анализируемой совокупности.

При дальнейшем анализе было выявлено, что средняя измеренная высота древостоя имеет взаимосвязь средней силы со средним дешифрованным диаметром кроны (0,62) и дешифрованной высотой древостоя (0,70). Полнота имеет досто-

верную связь с дешифровочным диаметром кроны, коэффициент корреляции которой равен 0,51.

При анализе модели, определяющей диаметр ствола на основании диаметра кроны и высоты дерева, в некоторых выделах было замечено значительное отклонение этого показателя от полевых данных. При детальном анализе этих выделов выявлено, что они состоят из деревьев двух поколений, диаметр крон которых существенно различается. Этот факт приводит к тому, что при измерительном дешифрировании диаметра кроны, если не определить разновозрастность древостоя, будет получен усредненный диаметр кроны для обоих поколений. Недостовременно измеренный дешифровочный показатель приводит к тому, что диаметр основной части древостоя занижается или завышается (в зависимости от того, какое поколение принимается основным пологом). Даже если нет оснований для выделения 2-го яруса, для таких насаждений необходимо разрабатывать другие модели, так как здесь существенную роль играет соотношение деревьев различных возрастов.

Подобные проблемы возникают при определении зависимости между дешифровочной сомкнутостью полога и полнотой древостоя. Разработанная нами модель для определения полноты древостоя на основании дешифровочной сомкнутости и высоты в разновозрастных древостоях дает большие отклонения от натурных данных. Это объясняется различным характером зависимости между сомкнутостью и полнотой древостоя в различном возрасте. А в разновозрастных насаждениях при этом необходимо также учитывать соотношение количества стволов данных возрастов.

Зависимость дешифрированной высоты древостоя от измеренной высоты древостоя имеет коэффициент корреляции 0,7, это свидетельствует о том, что существуют ошибки в определении высоты дешифровочным методом, в некоторых случаях они доходят до 2 м.

С увеличением полноты происходит и увеличение сомкнутости полога древостоя. При этом

в некоторых выделах, полнота которых равна 0,7, сомкнутость полога равна 0,66, что ниже, чем в среднем по выборке. Объясняется это тем, что возраст данных древостоев около 100 лет, что влечет за собой другое соотношение диаметров кроны и диаметров ствола и, как следствие, полноты древостоя. А так как основная выборка представлена средневозрастными и приспевающими древостоями, то эти выделы выпадают из общей совокупности.

С увеличением диаметра кроны сомкнутость полога увеличивается, при этом присутствуют древостои, где той же сомкнутости соответствуют древостои с меньшими диаметрами крон. При сомкнутости полога, равной 0,7, диаметры крон равны 3,6 и 3,8 м². Это может быть следствием разновозрастности древостоев и связанных с этим проблем, описанных выше. Для того чтобы сделать обоснованные выводы и найти закономерности, необходимо больше полевого материала.

Заключение. В ходе полевых работ были выявлены положительные и отрицательные моменты использования предлагаемой технологии. Определены объекты лесного фонда, таксация которых дешифровочным методом является затруднительной и требует полевой проверки полученных результатов. Из положительных моментов выявлено, что использование предлагаемой технологии позволит более точно определять границы выделов и уменьшит количество ошибок, которые получают за счет неоднородной структуры выдела.

Технология рационального сочетания наземной таксации с аналитико-измерительным стереодешифрированием для задач лесоустройства с использованием цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD, разработанная на основании проделанных дешифровочных работ на территории ГЛХУ «Воложинский лесхоз», а также предыдущие разработки кафедры лесоустройства [4, 5] могут быть внедрены в производственный процесс РУП «Белгослес», что позволит усовершенствовать существующую систему, повысить ее точность и уменьшить трудозатраты.

Список литературы

1. Коцан В. В., Толкач И. В. Организационно-техническая схема применения метода лесного аналитико-измерительного стереодешифрирования для задач лесоустройства // Лесное хозяйство: материалы докл. 83-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотр. и асп. (с междунар. участием), г. Минск, 4–14 фев. 2019 г. Минск: БГТУ, 2019. С. 18.
2. Технические требования при лесоустройстве. Отвод и таксация лесосек в лесах Республики Беларусь: ТКП 622-2018 (33090). Введ. 12.07.2018. Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2018. 96 с.
3. Толкач И. В., Саевич Ф. К. Спектральные и яркостные характеристики основных лесобразующих пород на снимках сканера Leica ADS100 // Труды БГТУ. 2016. № 1: Лесное хоз-во. С. 24–27.

4. Пушкин А. А., Сидельник Н. Я., Ковалевский С. В. Использование материалов космической съемки для оценки пожарной опасности в лесах // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 36–40.

5. Ожич О. С., Толкач И. В. Автоматизированная система измерительного дешифрирования чистых сосновых древостоев на цифровых аэро- и космических снимках // Лесное хозяйство: тез. докл. 81-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотр. и асп. (с междунар. участием), г. Минск, 1–12 фев. 2017 г. Минск: БГТУ, 2017. С. 16.

References

1. Kotsan V. V., Tolkach I. V. Organizational and technical scheme for applying the parameters of forest analytics-measuring stereo-decryption for forest inventory problems. *Tezisy dokladov 83-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Lesnoye khozyaystvo"* [Theses of the 81st scientific and technical conference "Forestry"]. Minsk, 2019, p. 18 (In Russian).

2. ТКР 622-2018 (33090). Technical requirements in forest management. The allocation and inventory of cutting areas in conducting forest management activities in the forests of the Republic of Belarus. Minsk, Ministry of forestry of the Republic of Belarus Publ., 2018. 96 p. (In Russian).

3. Tolkach I. V., Saevich F. K. Spectral and brightness characteristics of the main forest-forming species in the images of the Leica ADS100 scanner. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 1: Forestry, pp. 24–27 (In Russian).

4. Pushkin A. A., Sidel'nik N. Ya., Kovalevskiy S. V. The using of the satellite imagery for the assessment of the forest fire danger. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 1: Forestry, pp. 36–40 (In Russian).

5. Ozhich O. S., Tolkach I. V. Automated system for measuring the interpretation of pure pine stands on digital airborne and satellite images. *Tezisy dokladov 81-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Lesnoye khozyaystvo"* [Theses of the 81st scientific and technical conference "Forestry"]. Minsk, 2017, p. 16 (In Russian).

Информация об авторах

Коцан Владимир Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: wolodia250@belstu.by

Толкач Игорь Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: i.tolkach@belstu.by

Ильючик Михаил Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, начальник отдела приема и обработки космической информации. РУП «Белгослес» (220014, г. Минск, ул. Железнодорожная, 27, Республика Беларусь). E-mail: info@belgosles.by

Ковалевский Сергей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: kovalevsky@belstu.by

Information about the authors

Kotsan Vladimir Vasil'yevich – PhD (Agriculture), Assistant Lecturer, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: wolodia250@belstu.by

Tolkach Igor' Vladimirovich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: i.tolkach@belstu.by

Ilyuchik Mikhail Aleksandrovich – PhD (Agriculture), Head of the Department of Receiving and Processing Space Information. RUE "Belgosles" (27, Zheleznodorozhnaya str., 220014, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belgosles.by

Kovalevskiy Sergey Vladimirovich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kovalevsky@belstu.by

Поступила 31.03.2020