

И. В. Толкач, доцент

# СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЯРКОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД НА АЭРОФОТОСНИМКАХ

In this article some results of an analysis of spectral and light characteristics of images on some aero photo pictures based on investigations of the part of Negarelae Forestry Enterprise are given. In the course of the research the digitization of aero photo pictures and statistic analysis of histograms of distribution of brightness levels for three channels of an image (red, green, blue) has been carried out. The statistic analysis was executed for images of crowns of pine, fir, birch and aspen trees. The images of crowns of trees as well as spaces between crowns have been researched separately. As a result of the research statistical appropriateness of distribution of brightness levels for forest stand trees were ascertained.

**Введение.** Широкое внедрение в отрасль лесного хозяйства вычислительной техники, современных информационных технологий позволяет значительно повысить эффективность управления лесными ресурсами и работу отрасли в целом. Однако для функционирования таких технологий требуется постоянно обновляемая информация о лесном фонде, получение которой связано со значительными затратами времени, средств и, как следствие, длительным ревизионным периодом между проведением базового лесоустройства.

Для снижения стоимости получения данных о состоянии и текущих изменениях лесного фонда во многих странах применяются выборочные методы лесоинвентаризации, а также комбинированные методы, включающие натурную таксацию и дешифрирование материалов дистанционного зондирования (ДЗ) с воздушных и космических летательных аппаратов.

Использование системы глобального позиционирования (GPS), развитие цифровых систем дистанционного зондирования коренным образом изменили методы работы с картографической информацией.

Методы аналитико-измерительного дешифрирования аэрофотоснимков разрабатываются на протяжении уже более 100 лет [1].

Проведенные в 1925–1927 гг. С. А. Ашмариним, Г. Г. Самойловичем исследования показали, что дешифрирование насаждений по аэрофотоснимкам масштаба 1:8400–1:10 000 дают в целом близкие к истине итоговые данные при грубых погрешностях в отдельных случаях, а точность работ комбинированной таксации может быть принята не менее точности обычных работ по II разряду.

В 1926–1930 гг. были изучены особенности изображений всех категорий земель и насаждений, на основе которых было составлено руководство по дешифрированию аэрофотоснимков.

С помощью аэротаксационного метода за 1948–1956 гг. были обследованы леса СССР на площади 894,4 млн. га.

В 1950–1960 гг. были продолжены работы по созданию теории лесотаксационного

дешифрирования аэрофотоснимков. В этот период разработаны таксационно-дешифровочные признаки различных древесных пород, древостоев и категорий площадей, методика дешифрирования аэрофотоснимков и аэротаксации лесов. Эти вопросы нашли дальнейшее развитие в трудах В. С. Моисеева, А. М. Березина, Д. М. Киреева, А. С. Агеевко, И. Н. Мажугина, И. А. Трунова, В. И. Сухих, А. Я. Жукова, Т. Б. Тавянскаса, В. М. Жирина, Ю. А. Прокудина, Е. П. Данюлиса, П. А. Кропова и др.

Работы, проведенные ВО «Леспроект» в 1962–1970 гг., показали, что по цветным спектрально-аэрофотоснимкам масштаба 1:15 000 и крупнее с помощью современных стереоизмерительных приборов и научно обоснованных приемов и методов дешифрирования можно камеральным путем с достаточной точностью определить основные таксационные характеристики насаждений. Разработана технология лесоустроительных работ, основанная на рациональном сочетании наземной таксации с аналитико-измерительным камеральным дешифрированием спектрально-аэрофотоснимков, принятая в 1971 г. в качестве метода инвентаризации лесов.

С начала 1970-х гг. развернулись исследования по использованию средств космической техники для изучения природных ресурсов Земли [2, 3]. Возрастающая роль материалов дистанционного зондирования Земли из космоса объясняется улучшением качества снимков, оперативностью получения информации, возможностью сбора информации на территории, где применение традиционных наземных и аэрометодов невозможно или нецелесообразно.

С 1997 г. БГТУ, ЛРУП «Белгослес», Министерство лесного хозяйства, НИП ГИС НАН Беларуси, НИП ИТ НАН Беларуси, ГНТТП «Космоаэрогеология» и Институт прикладных физических проблем БГУ проводят научные разработки и их практическую реализацию с целью оперативного контроля за состоянием и рациональным использованием лесных ресурсов на основе наземных измерений, дешифрирования воздушных и космических снимков.

В настоящее время интенсивно разрабатываются методики и программное обеспечение, позволяющие проводить автоматизированное дешифрирование цифровых данных дистанционного зондирования лесов [3, 4]. Для этого необходимо тщательное изучение закономерностей изменчивости морфологических, спектральных и яркостных показателей цифровых изображений снимков, а также из взаимосвязи с таксационными показателями древостоев.

Целью данной работы стало изучение зависимости яркостных и спектральных показателей изображений крон деревьев для основных пород: сосны, ели, березы, осины.

**Общие положения.** Возможности дешифрирования, а также его полнота и качество зависят от ряда факторов: оптических свойств природных объектов, воздушной среды между земной поверхностью и съемочной системой, применяемых технических средств и технологий. Оптические свойства природных образований изменить невозможно, следовательно, необходимо приспособлять к ним технические средства и выбирать оптимальные условия съемки.

Поток лучистой энергии, прошедший атмосферу Земли, при падении на объект делится на три части: пропущенную, поглощенную и отраженную. Различные объекты живой и неживой природы имеют неодинаковое соотношение между этими составляющими светового потока.

Все объекты земной поверхности при съемке в видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах воспринимаются отдельно благодаря их яркостным различиям.

Отражательную способность объектов характеризуют несколько показателей: коэффициент полного отражения, коэффициент яркости (спектральной яркости), яркостный контраст и др.

У всех древесных пород в летний период коэффициенты спектральной яркости имеют примерно одни и те же величины. Максимум поглощения находится в синей и оранжево-красной зонах, максимум отражения – в зеленой зоне спектра ( $\lambda = 540\text{--}580\text{ нм}$ ), минимум отражения – в сине-фиолетовой ( $\lambda = 400\text{--}470\text{ нм}$ ) и красной зонах ( $\lambda = 680\text{--}690\text{ нм}$ ). В ИК диапазоне (0,7–0,9 мкм) коэффициент отражения у лиственных больше в 5 раз, а у хвойных – примерно в 4 раза, чем в видимой части спектра [1, 2].

Наименьшее значение контраста, начиная с которого объект выделяется среди других, называют порогом зрительного восприятия, который для большинства людей равен 0,01–0,02. Таким образом, средний человек в зависимости от цвета видит до 70–80 градаций яркости, при идеальных условиях наблюдения и

освещения, четкой границе между объектом и фоном и достаточно крупных размерах объекта.

С развитием многих отраслей производства, в том числе компьютерных технологий, появилась необходимость объективных способов описания и обработки цвета.

Цвета в природе редко являются простыми. Большинство цветов получаются смешением каких-либо других, поэтому для описания цвета вводится понятие цветовой модели – как способ представления большого количества цветов посредством разложения его на простые составляющие. Выделяют две модели цветообразования: аддитивную, основывающуюся на сложении, и субтрактивную, основывающуюся на их вычитании [5].

Различные виды моделей имеют различные цветовые охваты. Цветовой охват – диапазон цветов, который может быть воспроизведен, зафиксирован или описан каким-либо образом. Определенным цветовым охватом обладают электроннолучевая трубка монитора или телевизора, фотопленка, фотобумага, полиграфические краски, глаз человека.

Одной из основных моделей является RGB – модель цветообразования, основывающаяся на трех основных (базовых) цветах: красном (Red), зеленом (Green) и синем (Blue). Для представления цвета на экране монитора, канал изображения кодируется в зависимости от глубины цвета, например одним байтом при глубине цвета 24 бита, что дает возможность представить 256 градаций серого цвета. Таким образом, несложно подсчитать, что в модели RGB содержится или 16 777 216 цветов.

Печатающие устройства работают с другими первичными цветами и используют соответственно иную CMY-модель цветообразования. Первичными цветами здесь являются зелено-голубой (Cyan), светло-пурпурный или малиновый (Magenta) и желтый (Yellow). В некоторых принтерах для получения черного цвета дополнительно используется черный краситель.

При цифровой съемке природных объектов используются различные спектральные диапазоны, однако результатом съемки является изображение в серых тонах, с глубиной в зависимости от радиометрического разрешения. Анализ изображения выполняется комбинированием спектральных каналов и их отображением в одном из каналов цветовой модели. Таким образом, появляется возможность визуального анализа и дешифрирования изображения.

Цифровая обработка и дешифрирование изображений имеют значительное преимущество, так как человеческий глаз не в состоянии достоверно выделить небольшие цветовые различия изображения.

**Методика и объекты исследования.** Анализ спектральных и яркостных характеристик

основных пород выполнялся в несколько этапов. На первом этапе на основе материалов лесоустройства и анализа аэрофотоснимков в Центральном лесничестве Негорельского учебно-опытного лесхоза были подобраны выделы с преобладанием различных пород: сосны, ели, березы, осины. В этих насаждениях заложено восемь таксационно-дешифровочных временных пробных площадей.

На втором этапе выполнена оцифровка фрагментов негативов снимков залета в 2003 г. масштаба 1:15 000 на участках с заложенными временными пробными площадями.

Негативы были оцифрованы на сканере с разрешением 56 микрон в цифровой графический формат TIF с глубиной цвета 24 бит. В дальнейшем полученные цифровые изображения обрабатывались на ЭВМ с помощью графических пакетов прикладных программ для цветовой коррективки изображений.

На третьем этапе выполнялся статистический анализ цифровых изображений снимков. Целью исследования было изучение закономерностей распределения значений яркости для отдельных пород, статистический анализ распределений показателей яркости красного, синего и зеленого каналов для всех пикселей, составляющих полог леса на оцифрованном изображении АФС.

Вначале по данным отвода были обозначены границы пробных площадей, далее выполнена обработка изображения целиком, отдельно изображений крон и промежутков между кронами, определены яркостные значения и построены для них гистограммы распределения.

Для оценки величины показателей яркости по породам проведен анализ изображений на таксационно-дешифровочных временных пробных площадях. Для каждого изображения определялись яркостные значения красного, синего и зеленого каналов, а также основные статистические показатели: минимальное, максимальное и среднее значения, среднеквадратическое отклонение.

Следует отметить, что изображенный полог леса включает в себя различные породы и имеет различные морфологические признаки. Кроме того, в пределах одного снимка встречаются древостой разного возраста, состава, произрастающие в различных условиях, что дает различия в оптических характеристиках изображений. Эти различия необходимо учитывать, однако в данной работе они не учитывались, а проводилось исследование зависимостей яркостных показателей от породы.

**Результаты.** Анализ полученных результатов показал, что границы распределений и средние значения различны для каждой поро-

ды. Оценивая изображение полога леса на аэрофотоснимке можно отметить, что оно состоит из изображений крон отдельных деревьев, а также промежутков между кронами (теней), которые, в свою очередь, имеют цветовые и яркостные показатели, значительно отличающиеся от таковых для крон деревьев, что должно быть учтено в ходе анализа.

С этой целью на снимках отдельно выделены участки, включающие кроны, и отдельно – промежутки между кронами, для которых проведен анализ и определены статистические показатели. Результаты статистической обработки показателей яркости изображений крон и промежутков между кронами приведены в таблице.

Можно отметить, что интервалы значений яркости красного, зеленого, синего для участков изображений крон и участков между кронами имеют свои особенности.

Таблица  
Статистические показатели значений яркости по породам

Каналы	Значение			Среднеквадратическое отклонение
	min	max	среднее	
Сосна				
Красный	65	161	118,2	13,4
Зеленый	8	172	127,7	21,8
Синий	0	156	103,0	21,4
Ель				
Красный	61	172	109,1	15,1
Зеленый	0	186	109,9	27,7
Синий	0	176	88,3	31,3
Береза				
Красный	70	177	130,4	17,1
Зеленый	40	194	147,1	21,8
Синий	22	168	115,8	23,4
Осина				
Красный	98	204	158,7	17,3
Зеленый	97	212	181,9	16,1
Синий	71	196	153,0	20,0
Промежутки между кронами				
Красный	28	125	78,0	9,2
Зеленый	0	100	24,9	20,4
Синий	0	86	10,3	12,6

Так, максимальные средние значения по каналам имеет изображение крон осины. В порядке убывания значений яркости далее следуют изображения крон березы, осины, сосны и ели. Изображения участков между кронами имеют минимальные средние значения по всем каналам.

На заключительном этапе был проведен визуальный анализ графика распределении яркостных значений по породам (рис. 1), подтвердивший возможность выделения пород по значениям яркости.

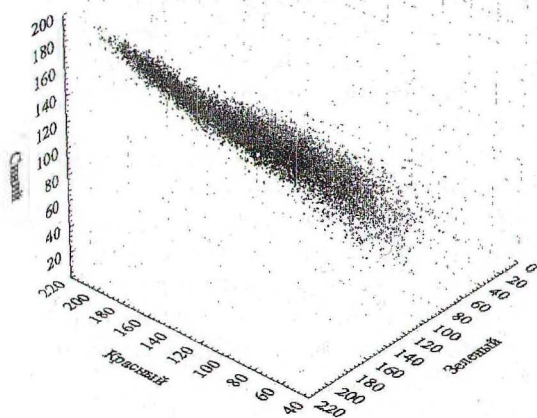


Рис. 1. Распределение значений яркости по породам

Проводя общий анализ полученных результатов, нужно отметить, что при проведении исследования использовались снимки одного залета с близкими характеристиками, хотя снимки разных залетов могут значительно отличаться по цвету.

С целью улучшения визуальных цветовых различий между породами (рис. 2) выполнялось их преобразование таким образом, чтобы интервал значений яркости был максимальным, т. е. от 0 до 255.

В результате после преобразований получены снимки с более четко выраженными яркостными различиями для отдельных пород (рис. 3).



Рис. 2. Изображение до преобразования

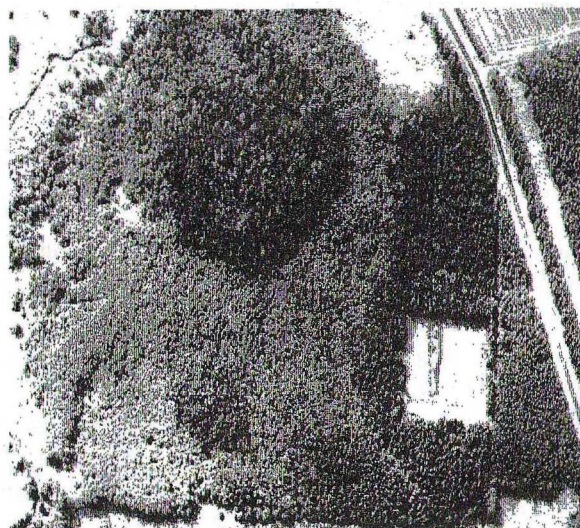


Рис. 3. Изображение после преобразования

**Выводы.** Проведенное исследование показало, что возможно производить определение яркостных значений, характерных для лесных насаждений, по оцифрованным изображениям аэрофотоснимков.

Величины средних значений яркости для различных пород различаются между собой, что дает возможность выделять отдельные породы.

Возможно улучшение цветовых различий между отдельными породами путем преобразования изображения методом увеличения яркостного интервала.

### Литература

1. Дмитриев, И. Д. Лесная авиация и аэрофотосъемка / И. Д. Дмитриев, Е. С. Мурахтанов, В. И. Сухих. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 366 с.
2. Данюлис, Е. П. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве / Е. П. Данюлис, В. М. Жирин, В. И. Сухих, Р. И. Эльман. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
3. Данилин, И. М. Лазерная локация Земли и леса: учеб. пособие / И. М. Данилин, Е. М. Медведев, С. Р. Мельников. – Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. – 182 с.
4. YE, R. Waldsimulation auf der Basis automatischer Luftbildmessung und unter Kontrolle von GIS / R YE. – 1995, 110 s.
5. Ашкенази, Г. И. Цвет в природе и технике / Г. И. Ашкенази. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96 с.