

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛЕСОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

д.ф.-м.н. В.К. Иванов, к.ф.-м.н. А.М. Стадник, к.ф.-м.н. С.Е. Яцевич

Проведен анализ данных, полученных при дистанционном зондировании с борта самолета в широком диапазоне частот радиолокаторами бокового обзора. Осуществлена классификация лесов на тестовых полигонах.

Введение. Оперативное получение качественной, объективной и своевременной информации о состоянии лесных экосистем является одной из актуальных задач системы мониторинга лесов, которая создается в настоящее время в Украине. В основу такой системы должны быть заложены принципы, позволяющие развивать ее как комплексную многофункциональную и разноразноуровневую систему на базе информационных технологий, с широким применением средств аэрокосмической и вычислительной техники.

В условиях высоких антропогенных нагрузок на ландшафты важно оперативно получать регулярно обновляемую информацию, позволяющую своевременно оценить возможные потери лесного и сельского хозяйства и подготовить фактографические и прогнозныe материалы для принятия управляющих решений по устранению негативных явлений.

Для решения этой задачи необходимо создание системы дистанционного зондирования, способной обеспечивать точную и своевременную оценку состояния лесов, включая идентификацию и классификацию лесов, лесополос в отдельных регионах на разных фазах развития; наблюдение за ростом и состоянием лесов; картографирование.

Дистанционный мониторинг лесов должен опираться на совокупность дистанционных и наземных средств и методов получения информации о лесных объектах. В его функции входят сбор, передача, обработка, анализ, хранение, документирование информации о состоянии лесов и доведение ее до потребителей. При этом должны решаться следующие задачи:

- планирование и обеспечение аэрокосмических съемок, инструментально-визуальных наблюдений и наземных обследований;
- комплексная тематическая обработка и интерпретация аэрокосмической и наземной информации, направленная на решение конкретных задач, документирование ее результатов;
- обеспечение информацией банка данных лесов, необходимой для

его создания, ведения и обновления;

- разработка и совершенствование технологий и методов решения конкретных функциональных задач;
- совершенствование технической базы получения, интерпретации и обработки аэрокосмической информации.

Для решения задач исследования Земли наибольшее распространение получили методы радиолокационного обзора, в результате которого формируется радиолокационное изображение, подобное карте местности. Радиолокационное изображение воспроизводит элементы рельефа, гидрологическую сеть, растительный покров и т.п.

Имеющиеся различия в отражающих свойствах леса и изменение этих свойств под влиянием различных факторов позволяет использовать РЛС для их наблюдения. Анализируя сигналы, отраженные от лесных массивов и воспроизводимые на радиолокационном изображении, его структуру, отображающую группировку растений, конфигурацию однородных участков изображения, можно различать виды лесной растительности, ее границы, плотность, поражение болезнями, пожарами и т.д. [1 – 2].

Основная часть. Радиолокационный сигнал, отраженный растительными покровами при дистанционном зондировании поверхности, содержит составляющие, обусловленные как растительностью, так и поверхностью почвы [3 – 6]. Для уменьшения влияния шероховатости и влажности почвы обычно выбирается рабочая частота радиолокационного сигнала выше 8 ГГц [7]. Достаточно эффективным приемом минимизации влияния почвенного покрова является зондирование поверхности под различными углами. Как известно, интенсивность отраженного сигнала для хаотической и преимущественно горизонтальной ориентации отражателей (почва) плавно спадает с увеличением угла визирования. Если отражатели имеют преимущественно вертикальную ориентацию (растительность), то УЭПР увеличивается с ростом угла визирования [3].

Проведенные нами исследования с помощью данных, полученных многочастотным радиолокационным комплексом МАРС ИРЭ НАНУ [8], показали высокую изменчивость значений коэффициентов корреляции УЭПР при различных углах визирования от покрытия и высоты растительности, а также от влажности и диэлектрической проницаемости почв. При больших углах визирования (более 45°) наблюдается линейная зависимость между свойствами растительного покрова (проективное покрытие и высота растений) и интенсивностью отраженного сигнала. Для почвенных характеристик свойственна обратная зависимость – наиболее тесные связи отмечены при углах визирования 30 – 35°.

Лесные массивы отличаются от земель сельскохозяйственного назна-

чения и других нелесных площадей значительной дисперсией и большим средним значением сигнала. Наиболее светлый тон изображения (большие уровни сигнала) соответствует лиственным насаждениям, а более темный – хвойным. В процессе исследований изучены характеристики лесных насаждений. На тестовых полигонах определены породы, полнота и высоты насаждений, диаметры стволов, запасы леса и другие лесоводственно-таксационные показатели. Для детальных исследований и последующего дешифрирования было отобрано шесть однородных участков площадью до 50 га. В качестве опытных объектов на полигоне были подобраны участки, позволяющие максимально охватить породный состав, возрастной ряд, условия местопрорастания.

В лесном фонде исследуемого Скрипаевского лесничества доминируют сосновые насаждения, произрастающие в свежих сосново-дубовых суборах и судубравах на дерновых супесчаных и песчаных почвах. Леса Мохначанского лесничества представлены, в основном дубовыми насаждениями, произрастающими в свежих дубравах на серых лесных почвах.

В табл. 1 представлены некоторые статистические характеристики интенсивностей, отраженных от исследуемых лесных массивов сигналов в разных диапазонах длин волн (количество элементов, минимальные и максимальные значения сигнала, его средние значения и дисперсии), полученных после обработки радиолокационных изображений тестовых участков.

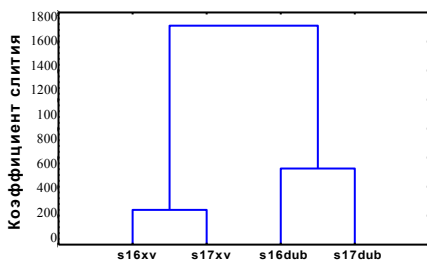
Таблица 1

Статистические характеристики

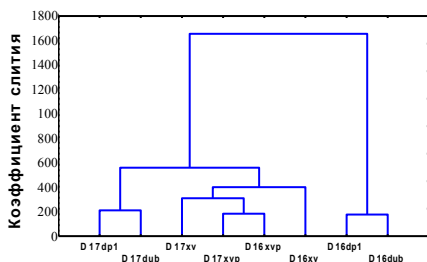
	Тип	Кол. точек	Среднее	Min	Max	Std. Dev.
РБОЗсм	dub	399	96.8922	46.0000	189.0000	20.77339
РБОЗсм	xv	399	73.6541	46.0000	143.0000	11.90269
РБОЗсм	xv	169	76.4911	56.0000	94.0000	8.11166
РБОЗсм	dub	399	97.3083	46.0000	173.0000	18.16418
РБОЗсм	xv	399	69.8045	46.0000	122.0000	9.69623
РБОЗсм	xv	189	68.8201	55.0000	88.0000	6.23472
РСА23см	dub	299	83.0736	53.0000	122.0000	14.90939
РСА23см	xv	399	124.1153	64.0000	183.0000	23.65352
РСА23см	xv	249	126.9719	103.0000	170.0000	11.80193
РСА23см	dub	399	150.7895	105.0000	205.0000	16.46943
РСА23см	xv	249	141.7108	73.0000	205.0000	23.12808
РСА180 ГГ	dub	399	128.6591	63.0000	208.0000	24.52522
РСА180 ГГ	xv	299	159.2107	92.0000	198.0000	19.90462
РСА180 ВВ	dub	399	155.1955	74.0000	231.0000	29.78966
РСА180 ВВ	xv	299	168.8361	97.0000	237.0000	27.91796

РБО 8мм	dub	129	117.6744	103.0000	136.0000	6.89901
---------	-----	-----	----------	----------	----------	---------

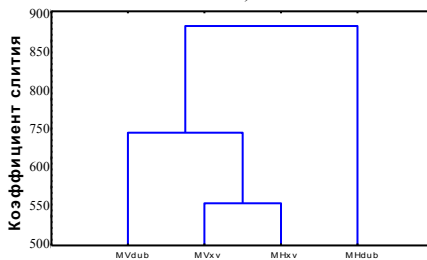
Распознавание типов леса проводилось по методу Уорда. Результаты



а)



б)



в)

Рис. 1. Распознавание типов леса по данным см (а), дм (б), метрового (в) диапазонов радиоволн

кластерного анализа представлены на дендрограммах (рис. 1). Обработка показала, что для всех диапазонов объекты разделяются на хвойный и дубовый лес (xv – хвойный, dub – дубовый). Для дубового леса в дм-диапазоне происходит разделение дубового леса на 2 класса в зависимости от угла облучения (D16 – 35°, D17 – 70°), а в метровом диапазоне такая же ситуация наблюдается для различных поляризаций радиолокатора (MV – вертикальная, MH – горизонтальная). Хвойный лес во всех диапазонах и на разных углах и поляризациях относится к одному классу. Для оценки точности распознавания растительности и лесов использован критерий χ^2 . Полученная классификация достоверна при 90 % уровне вероятности.

Закключение. Проведенные опытно-методические работы показали, что радиолокационное зондирование может использоваться для решения задач дистанционного мониторинга лесов.

Методика дешифрирования позволяет разделять лесные участки с разными лесоводственно-таксационными показателями. По результатам анализа радиолокационных изображений сделан вывод о различиях в статистических характеристиках для различных насаждений.

Для получения более точных оценок состояния лесов требуется также дальнейшая доработка методики, проведение исследований по поиску других признаков и уточнению динамического диапазона изображений лесных объектов, при дешифрировании необходимо также учи-

тывать рельеф местности. Для этого требуется провести дополнительные эксперименты с целью установить устойчивые статистические связи между пространственными характеристиками рельефа поверхности с отраженным от него сигналом под разными углами наблюдения.

Исследования, представленные в публикации, выполнены при частичной поддержке ДФФД Украины по плану работы по проекту №Ф7/354-2001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dong J., Kaufmann R.K., Myneni R.B., Tucker C.J., Kauppi P.E., Liski J., Buermann W., Alexeyev V., Hughes M.K. Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: carbon pools, sources, and sinks *Remote Sensing of Environment* // Vol. 84. – Issue 3, Mar-2003. – P. 393 – 410.
2. Fraser Gemmell, Jari Varjo, Mikael Strandstrom and Andres Kuusk Comparison of measured boreal forest characteristics with estimates from TM data and limited ancillary information using reflectance model inversion // Vol. 81. – Issue 2–3, August 2002. – P. 365 – 377.
3. Kulemin G.R., Shcherbinin I.V., Yatsevich S.E. et. al. Physical Principles of Microwave Remote Sensing of Terrains // Proc. of the 6th physics international school “Microwave physics and technique” – Varna (Bulgaria). – World Scientific Publ.Co. Singapore, Utopia Press. – 2 – 7 Oct. 1989. – P. 16 – 33.
4. Ulaby F.T., Baltilava P.P., Dobson M.C. Microwave backscatter dependence on surface roughness, soil moisture, and soil texture. Part 1 – Bare soil // *IEEE Trans. Geosci. Electron.* – 1983. – Vol. 16, № 4. – P. 286 – 295.
5. Ulaby F.T., Aslam A., Dobson M.C. Effects of vegetation cover on the radar sensitivity to soil moisture // *IEEE Trans. Geosc. Remote Sens.* – 1982. – Vol. 20, № 2. – P. 476 – 481.
6. Hallikainen M.T., Ulaby F.T., Dobson M.S., El-Rayes, Lin-Kun Wu. Microwave dielectric behavior of Wet soil // *IEEE Trans. Geosc. Remote Sens.* – 1985. – Vol. 23, № 1. – P. 25 – 34.
7. Улаби Ф.Т. Радиолокационные сигнатуры земной поверхности и контроль возобновляемых ресурсов // *ТНИЭР.* – 1982. – Т. 70, № 12. – С. 43 – 64.
8. Калмыков А.И., Цымбал В.Н., Курекин А.С. и др. Многоцелевой радиолокационный комплекс исследования Земли “МАРС” // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 1998. – Т. 3, № 2. – С. 119 – 129.

Поступила 14.05.2003

ИВАНОВ Виктор Кузьмич, доктор ф.-м. наук, ст. научн. сотр., зав. отд. ИРЭ НАНУ. Область научных интересов – дистанционное зондирование Земли с аэрокосмических носителей, радиолокация, радиотеплокация, обработка информации. E-mail: ivanov@ire.kharkov.ua.

СТАДНИК Александр Михайлович, канд. ф.-м. наук, ст. научн. сотр. ИРЭ НАНУ. Область научных интересов – дистанционное зондирование Земли с аэрокосмических носителей, радиолокация, обработка информации. E-mail: ostadnyk@ire.kharkov.ua.

ЯЦЕВИЧ Сергей Евгеньевич, канд. ф.-м. наук, научн. сотр. ИРЭ НАНУ. Область

научных интересов – дистанционное зондирование Земли с аэрокосмических носителей, радиолокация, радиотеплокация, обработка информации. E-mail: sey@ire.kharkov.ua .