

1. ЛІСОВЕ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*5:528.871 Доц. С.І. Миклуш, канд. с.-г. наук; асист. С.А. Гаврилюк;
доц. О.Г. Часковський, канд. с.-г. наук; доц. М.М. Король, канд. с.-г. наук –
НЛТУ України, м. Львів

ДОСЛІДЖЕННЯ РОСЛИННОСТІ НА ОСНОВІ СКАНЕРНИХ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

Висвітлено питання дослідження фотосинтетично активної рослинності на базі відсканованих космічних знімків Landsat. Оцінено площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, сільськогосподарських угідь та водних об'єктів на території Хмельницької та Тернопільської областей, отримані результати порівняно з даними обліку.

*Assoc. prof. S.I. Myklush; assist. S.A. Havrylyuk; assoc. prof. O.H. Chaskovsky;
assoc. prof. M.M. Korol – NUFWT of Ukraine, L'viv*

A research of vegetation on the materials of scanner's satellite images

The research of photosynthesis vegetation on the materials of scanner's satellite images Landsat this article considers. The area of forest cover lands, agricultural significance and water objects on the Hmel'nitsk and Ternopil regions were estimated. Received results were compared with accounting data.

Одним з актуальних питань сьогодення є вивчення фотосинтезуючої частини біомаси як основи дослідження динаміки вуглецю в атмосфері [5], оцінки запасів біомаси, просторового розміщення лісових масивів та сільськогосподарських угідь при ландшафтному проектуванні, створення різноманітних геоінформаційних систем тощо. Детальну інформацію про рослинність можна отримати наземними та дистанційними методами. Наземними методами, як правило, отримують дані на обмежену частину земної поверхні, оскільки такі дослідження є дуже часо- та ресурсозатратними. На основі даних дистанційного знімання Землі (ДЗЗ) з використанням комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення досліджують значні території, причому це можна робити періодично.

Дослідження присвячені виявленню можливості та умов використання сканерних космічних знімків Landsat – 7 ETM+ для вивчення фотосинтетично активної рослинності. Об'єкт досліджень – зображення рослинності рівнинної частини Заходу України та особливості їх дешифрування.

Дослідження базуються на 4 космічних знімках Landsat – 7 ETM+, які покривають територію Тернопільської та Хмельницької областей, що зроблені у вегетаційний період 2000-2002 років. Геометричну корекцію здійснено на приймальних станціях супутника Landsat. Радіометрична корекція не проводилася, оскільки знімки покривають рівнинну частину. На зображеннях немає істотних видимих шумів. Для дешифрування космічних зображень використано програмне забезпечення Erdas Imagine та ArcGIS.

Дослідження біомаси доцільно здійснювати за адміністративними регіонами, тому важливо на зображенні достовірно встановити межі областей. Для їх встановлення використано цифрові карти фірми ESRI. Ці матеріали знаходяться у shape-форматі з визначеними координатами в системі WGS 84. Ефективність використання таких цифрових карт зростає при їх представленні у спеціалізованому векторному аоі-форматі програмного продукту Erdas Imagine. Використання матеріалів у такому форматі дає змогу виокремити космічні зображення необхідної конфігурації.

Першим етапом дешифрування даних ДЗЗ є виділення фотосинтезуючої рослинності з-поміж всіх об'єктів земної поверхні, які представлені на космічному зображенні. Існує кілька підходів до дешифрування знімків. Так, С.А. Барташов та ін. [1] використали методи найбільшої правдоподібності та мінімальної відстані для сегментації знімків на два класи об'єктів: вкритих та неvkритих лісовою рослинністю лісових ділянок. С.І. Миклуш та ін. вказують, що перед виділенням "лісової маски" необхідно проводити сегментацію космічного знімка [3] або використати неконтрольовану класифікацію [6]. Для дешифрування зображень рослинності рівнинної частини заходу України використано контрольовану класифікацію за правилом максимальної правдоподібності, що рекомендують більшість дослідників [2, 7, 9-11].

Для проведення дешифрування за методикою контрольованої класифікації потрібна достатня кількість польових матеріалів. Р.Н. Swain і S.M. Davis [11] рекомендують від 10N до 100N (де N – кількість каналів космічного знімка) даних для кожного класу. Збір такої кількості польових матеріалів вимагають значних затрат. Тому ми за основу використали цифрову карту рослинності, зроблену у Губмольт-університеті (м. Берлін) і має перекриття зі знімками, які ми взяли для проведення досліджень. Для вибору польових ділянок використано космічні знімки Quick Bird з просторовою роздільною здатністю 0,6 м. Дані з цих зображень переносилися на знімки Landsat – 7 ETM+ та проводили дешифрування з подальшою перевіркою отриманих результатів.

Методика виділення лісової рослинності на основі космічних знімків виглядає так. Цифрова карта лісової рослинності, яка перевірена за космічними зображеннями Quick Bird, має поздовжнє та поперечне перекриття з сусідніми знімками. Залежно від того, котрий із знімків необхідно дешифрувати, генеруємо точки на площині перекриття цих знімків. Для цього використано можливості програмного продукту ArcGIS. Для вкритих та не вкритих фотосинтетично активною рослинністю ділянок випадковим способом вибиралося по 700 точок згідно з пропозицією Р.Н. Swain'a і S.M. Davis'a [11], оскільки для класифікації бралися 7 каналів космічного знімка. Для використання цих точок при дешифруванні, останні переводилися з shape- у векторний формат Erdas Imagine та накладалися на космічне зображення.

Для здійснення дешифрування потрібно визначити класові сигнатури – статистичні параметри для віднесення пікселів космічного зображення до певного класу. Для їх формування використано згенеровані точки у аоі-форматі з їх спектральними характеристиками з кожного каналу космічного знімка. Для виділених класів у сигнатурах не обчислювалася коваріаційна

матриця, тому правило максимальної правдоподібності застосовувати в даному випадку неможливо. Класифікацію здійснено за правилом мінімальної відстані, яке не вимагає обчислення коваріаційної матриці [2]. Для більшої достовірності інтерпретувалися два види знімків: знімки, складені зі всіх каналів, окрім термальних та з додатково включеним NDVI-каналом [8], який найчастіше використовується для вирішення задач, котрі вимагають кількісної оцінки рослинного покриття і обчислюється за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED};$$

де: *NIR* – спектральні характеристики каналу космічного знімка, знятого у ближній інфрачервоній частині спектра; *RED* – спектральні характеристики каналу космічного знімка, знятого у червоній частині спектра.

Для космічних знімків Landsat -7 ETM+ під час обчислення вегетаційного індексу використовують 3 та 4 канали зображення. Здійснено дешифрування двох типів зображень показало такі результати (табл. 1).

Табл. 1. Оцінка точності виділення рослинності на космічних знімках

№ знімка	Оригінальний знімок		Знімок з NDVI-каналом	
	рослинність	інші категорії	рослинність	інші категорії
p183r25 7t	70,8	62,7	71,1	62,3
p183r26 7t	75,4	65,6	75,7	66,8
p184r25 7t	69,1	69,1	69,5	70,1
p184r26 7t	84,9	86,5	86,7	84,1

Як видно з табл. 1, дешифрування знімків із додатковим NDVI-каналом у всіх випадках дає вищу точність, аніж дешифрування оригінального знімка. Оцінку точності класифікації давали за першою класовою точністю (producer's accuracy) [9, 10].

Візуальна оцінка точності дешифрування космічних знімків показала, що клас рослинності охоплює лісові насадження, сільськогосподарські угіддя, на яких на час знімання зростала зелена рослинність, луки, зарослі зеленою рослинністю болота тощо, тобто фотосинтетично активна частина рослинності. Окрім названих категорій, до виділеного класу віднесли водні об'єкти через подібність їх спектральних характеристик з рослинністю. Тому наступним етапом класифікації є деталізація різних категорій у межах виділеного класу рослинності.

З використанням спеціалізованого алгоритму mask.gmd створено нові зображення, які покривають територію у межах Тернопільської та Хмельницької областей і містять тільки ті ділянки, які класифіковані як клас рослинності. Як і в попередньому випадку, створені 2 типи зображень – оригінальні та із додатковим NDVI-каналом. Натурними даними для створення класових сигнатур слугували фотоінтерпретовані зі знімка ділянки, віднесені до певного класу, причому кількість віднесених пікселів до окремого класу має бути приблизно однакова. Це потрібно для того, щоби в процесі класифікації за правилом максимальної достовірності всі три класи мали однакову імовірність: вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки, сільськогосподарські угіддя та водні об'єкти. Оцінку точності класифікації наведено у табл. 2.

Табл. 2. Оцінка точності класифікації рослинного вкриття

Область	Оригінальний знімок			Знімок з NDVI-каналом		
	клас 1*	клас 2	клас 3	клас 1	клас 2	клас 3
Хмельницька	98,7	97,8	96,8	98,2	97,5	97,0
Тернопільська	97,4	92,4	97,4	97,3	92,5	97,7

Примітка: клас 1 – вкриті лісовою рослинністю ділянки; клас 2 – сільськогосподарські угіддя; клас 3 – водні об'єкти.

Дані табл. 2 засвідчують, що чіткої різниці між класифікацією оригінального зображення чи з додатковим NDVI-каналом немає. Проте слід зазначити, що точність класифікації у всіх випадках перевищує 92 %.

Окрім оцінки точності, отримані цифрові карти дають змогу оцінити кількісні параметри окремих класів (табл. 3).

Табл. 3. Площі різних категорій земель за матеріалами космічного знімання, га

Класи дешифрування	Хмельницька область		Тернопільська область	
	оригінальне зображення	зображення з NDVI-каналом	оригінальне зображення	зображення з NDVI-каналом
Вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки	268413	263921	194670	191218
Сільськогосподарські угіддя	773040	765287	193922	198036
Водні об'єкти	33065	35096	9040	8998
Фотосинтетично активна рослинність*	1041453	1029208	388592	389254

Примітка: Клас фотосинтетично активної рослинності – це сума класу вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок та сільськогосподарських угідь.

За даними обліку лісів [4], станом на 2002 р. площа вкритих лісовою рослинністю ділянок Хмельницької області становила 258,7 тис. га, Тернопільської області – 181,1 тис. га. Як видно з табл. 3, отримані дані за матеріалами космічного знімання класу вкритих лісовою рослинністю ділянок вищі, ніж за даними обліку. Так, для Хмельницької області перевищення порівняно з даними обліку становить при дешифруванні оригінального зображення 3,7 %, зображення з NDVI-каналом – 2,0 %; для Тернопільської області – 7,5 та 5,6 % відповідно. Проте під час дешифрування зображення з NDVI-каналом дає меншу похибку в обох випадках. Перевищення площі вкритих лісовою рослинністю ділянок за матеріалами космічного знімання можна пояснити тим, що під час дешифрування до даного класу відносять насадження в межах населених пунктів, смуги вздовж доріг, поодинокі дерева в полі, чагарникові зарості тощо.

Запропоновану методику дешифрування рослинності за сканерними космічними знімками можна буде використати для оцінки лісистості окремих територій, здійснення інвентаризації лісових насаджень, дослідження сільськогосподарських угідь, водних об'єктів тощо. Значною перевагою використання даних ДЗЗ є їх періодичність, тому можна використати отримані дані та методику під час перманентних досліджень для потреб сільського, лісового та водного господарств, екологічних завдань та контролю за станом і змінами середовища.

Література

1. Барталёв С.А. Сравнительный анализ данных спутниковых систем "Космос – 1939", SPOT и "Landsat – TM" при изучении бореальных лесов/ С.А. Барталёв, В.М. Жирин, Д.В. Ершов// Исследование Земли из космоса. – 1995, № 1. – С. 101-114.
2. Гаврилюк С.А. Класифікація земель лісового фонду Західного Лісостепу України за матеріалами дистанційного знімання/ С.А. Гаврилюк, С.І. Миклуш// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 17.3. – С. 26-35.
3. Горошко М.П. Дистанційні спостереження за гірськими територіями басейну Верхньої Тиси/ М.П. Горошко, С.І. Миклуш, О.Г. Часковський// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2003, вип. 13.1. – С. 58-61.
4. Короткий довідник за матеріалами обліку лісів 2002 року. – Ірпінь. – 2003.
5. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: Монографія/ П.І. Лакида – Тернопіль: Збруч, 2002. – 256 с.
6. Миклуш С.І. Виділення "лісової маски" для Західного Лісостепу України/ С.І. Миклуш, С.А. Гаврилюк// Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків: С.А.М. – 2006, вип. 110. – С. 60-66.
7. Classification Techniques. – 1996. [Електрон. ресурс]. – Доступний з: <http://www.profc.udec.cl/~tutoriales/rsnote/cp11/11-1.htm>.
8. NDVI – [теорія] і практика. [Електрон. ресурс]. – Доступний з: <http://www.gis-lab.info/qa/ndvi.html>.
9. Nonparametric Assessment of Forest Attributes by Combination of Field Data of the Austrian Forest Inventory and Remote Sensing Data. Dissertation zur Erlangung des Doctorgrades an der Universität für Bodenkultur Wien/ T.Koukal. [Електрон. ресурс]. – Доступний з: http://www.rali.boku.ac.at/fileadmin/_H85/H857/diss/Koukal_Dissertation.pdf.
10. Potential of Remote Sensing and GIS as Landscape Structure and Biodiversity Indicators. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwurde der Facultat für Forst-und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg./ Ivits-Wasser E. [Електрон. ресурс]. – Доступний з: <http://www.portal.uni-freiburg.de/felis/data/evapub/thesis>.
11. Richards J.A. Remote sensing digital image analysis: an introduction/ J.A. Richards, J. Xiuping. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer, 1999. – 36 p.

УДК 630*187

*Доц. Ю.І. Черневий, канд. с.-г. наук; проф. П.Р. Третяк,
д-р біол. наук; викл. В.С. Данилів; викл. А.І. Савчин – Прикарпатський
лісогосподарський коледж, м. Болехів*

ХІД РОСТУ ВІКОВИХ ДЕРЕВ БУКА НА ВИСОЧИНІ ПЕРЕДКАРПАТТЯ

З'ясовано, що найбільший приріст бука у висоту спостерігається у віці 25-50 та 75-100 років, за діаметром – у віці понад 50 років, а за об'ємом – після 80 років. Середній річний приріст обсягу стовбурної деревини букового деревостану у віці 100 років може сягати величини 12 м³/га.

*Assoc. prof. Yu.I. Tchernevij; prof. P.R. Tretyak; teacher V.St. Danyliv;
teacher A.I. Savshyn – Prekarpathian Forestry College, Bolehiv*

Motion of growth of age-old beech trees on pre-carpathians height

The most increase of beech in a height is observed in age 25-50 and 75-100, after a diameter – after 50 years, and on volume – after 80. The average annual increase of volume of barrel wood of beech forest stands in age 100 is possible at the size of 12 m³/he.

Ліси Передкарпатської височини відносяться за геоботанічним районуванням до округи букових карпатських лісів та підокруги ялицево-букових