

УДК 630*585

СЕЗОННА ДИНАМІКА СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМНОГО ПОКРИВУ ТА ЇЇ РОЛЬ У ДЕШИФРУВАННІ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЗА ЗНІМКАМИ LANDSAT

В. В. МИРОНЮК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
докторант кафедри лісової таксації та лісовпорядкування
**Національний університет біоресурсів і природокористування
України**

E-mail: victor.myroniuk@nubip.edu.ua

Анотація. Використання часових серій супутникових знімків Landsat сприяє вдосконаленню методів дослідження стану та динаміки лісових ресурсів. Інформація про сезонну мінливість спектральних характеристик різних типів земного покриву дає змогу підвищити точність картографування лісового фонду. В роботі проаналізовано часову динаміку спектральних властивостей різних типів ландшафтів рівнинної частини України. Для цього використано 621 сцену супутникових знімків Landsat 8 OLI, одержаних упродовж 2014–2016 рр. Дані супутникових знімків аналізували після виконання радіометричної корекції, видалення хмар та зведення до 12 місячних композитних мозаїк. Аналіз виконували для шести каналів видимого та інфрачервоного спектра, а також їхніх комбінацій. На основі випадкової стратифікованої вибірки протягом кожного місяця одержано усереднені показники спектральних каналів для основних типів земного покриву. Дешифрування опорних даних виконано візуально за знімками високого просторового розрізнення сервісів Google Earth та Bing Maps. У результаті досліджень встановлено доцільність використання каналів короткохвильового інфрачервоного діапазону Band 6 і Band 7, комбінацій каналів Band 6 / Band 7 та Band 5 / Band 7 для дешифрування типів земного покриву та створення лісової маски. Відмінності у видовому складі лісових насаджень найбільше проявляються в каналах червоного та інфрачервоного спектра Band 4 і Band 5, а також короткохвильового діапазону – канали Band 6 і Band 7. У тепловому діапазоні електромагнітного випромінювання зазначених відмінностей практично немає. Виконані дослідження створюють наукове підґрунтя для формування оптимального набору класифікаційних ознак під час дешифрування сезонних композитних зображень Landsat 8 OLI.

Ключові слова: Landsat 8 OLI, сезонна композитна мозаїка, супутникові знімки, спектральні властивості, спектральний канал.

Актуальність дослідження. Класифікація лісового покриву за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) розширює уявлення про стан і динаміку лісів. Нині функціонує низка систем супутникового

моніторингу, які забезпечують періодичну зйомку значної частини земної поверхні упродовж 1–30 днів та необхідну детальність знімків. Дані Landsat (TM, ETM+, OLI) є стандартним продуктом для моніторингу лісових територій, що забезпечує просторове розрізнення (30 м), повторювальність зйомки (16 днів, 8 днів – для областей поздовжнього перекриття) і ширина охопту знімків (185 × 185 км). Завдяки якісній калібровці сенсорів і стабільності результатів радіометричної корекції багаторічний архів знімків Landsat надає унікальні можливості для дослідження лісів.

Незважаючи на тривалий період зйомки та спрощення доступу до даних Landsat протягом останніх років, кількість якісних супутникових знімків для окремих територій може виявитися недостатньою. Значні обмеження створюють умови зйомки, зокрема хмарність і стан атмосфери. Відразу після відкриття в 2008 р. доступу до архіву знімків Landsat Геологічної служби США (USGS) з'явилися алгоритми створення безхмарних композитних зображень, які базуються на попиксельному аналізі часових серій супутникових знімків. Повторювальні спостереження збільшують ймовірність появи для певної ділянки безхмарних знімків і створюють можливість вибору «найкращих доступних пікселів» (best-available-pixel, BAP) відповідно до встановлених критеріїв: сезону зйомки, хмарності тощо. Нині вважають, що для картографування земного покриву на значних територіях використання окремих сцен Landsat недоцільне, натомість BAP розглядають як основний засіб для проведення масштабних досліджень [1]. Важливим завданням для сучасної науки є опрацювання відповідних підходів для картографування земного покриву, у тому числі лісів, на основі часових серій супутникових знімків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдяки змінам фенологічного стану рослинності та пов'язаними з цим біофізичними параметрами деревного намету багатосезонні знімки успішно використовують для розпізнавання деревних видів. Більшість з проведених досліджень базувалися на окремих сценах знімків Landsat, іноді одержаних протягом кількох років. Знімки, зроблені впродовж осіннього сезону, виявляються інформативнішими, ніж літні та весняні, а поєднання їх у часовій серії забезпечують найвищу точність класифікації. Дослідження на основі серій комерційних супутникових даних RapidEye (просторове розрізнення 6,5 м) і Formosat-2 (просторове розрізнення 8 м), одержаних протягом одного вегетаційного періоду, були проведені нещодавно в Німеччині та Франції, засвідчивши ефективність сучасних методів класифікації часових серій мультиспектральних супутникових знімків для розпізнавання деревних видів [7; 8].

Проблема використання сезонних композитних зображень для картографування лісів порушувалася в дослідженнях М. А. Hansen et al. [6], методи дешифрування видового складу лісових насаджень за часовими серіями супутникових знімків розглядалися в роботах R. A. Hill et al. [3], D. Sheeren et al. [8], моделювання структури насаджень і запасу

наземної біомаси – у дослідженнях Н. S. J. Zald et al. [4]. Відповідно до висновків F. E. Franklin et al. [5] класифікація земного покриву на основі часових серій знімків виявилася на 6,38 % точнішою порівняно з аналогічними результатами, одержаними без урахування часової динаміки спектральних характеристик.

Отже, питання створення часових серій супутникових знімків має важливе значення для розширення можливостей систем ДЗЗ для картографування лісового фонду. Вільний доступ до архіву Landsat дає змогу використовувати велику кількість інформації для створення ефективних комбінації супутникових знімків, а сучасні технології їхньої класифікації забезпечують передумови для вирішення великомасштабних завдань обліку лісів України.

Мета дослідження полягає у дослідженні динаміки спектральних властивостей різних типів земного покриву рівнинної частини України за даними часових серій супутникових знімків Landsat 8 OLI.

Матеріали і методи дослідження. Задля дослідження динаміки спектральних характеристик різних типів земного покриву використано стратифіковану випадкову вибірку обсягом 4690 спостережень, яку спроектовано для областей рівнинної частини України на основі глобального набору геоданих Global Forest Change (GFC). Її обсяг було обчислено за формулою [2]:

$$n = \frac{(\sum W_i \cdot S_i)^2}{[s(\hat{\sigma})]^2 + (1/N) \sum W_i \cdot S_i^2} \approx \left(\frac{\sum W_i \cdot S_i}{s(\hat{\sigma})} \right)^2, \quad (1)$$

де N – загальна кількість вибірових одиниць в області інтересу (кількість пікселів); $s(\hat{\sigma})$ – прогнозоване значення стандартної помилки оцінки загальної точності класифікації; W_i – частка площі, віднесеної до i -го класу; S_i – стандартне відхилення у страті, $S_i = \sqrt{U_i \cdot (1 - U_i)}$, U_i – показник точності класифікації «user's accuracy».

На основі чотирьох класів GFC опрацьовано територіальну основу стратифікованої вибірки: стійкий лісовий покрив (stable forest), стійкий нелісовий покрив (stable non-forest), втрати лісів (loss), відновлення лісів (gain). Обсяг вибірки для кожної області розраховано за формулою (1), орієнтуючись на очікувану величину помилки $s(\hat{\sigma}) = 0,02$ та показник точності $U_i = 0,90$ – для двох найбільш представлених класів stable forest та stable non-forest і $U_i = 0,50$ – для інших двох класів, що відображають зміни.

Для інтерпретації вибірових одиниць використано дані високого просторового розрізнення сервісів Google Earth та Bing Maps. Для цього було опрацьовано спеціальну схему інтерпретації вибірових одиниць. На першому етапі визначали належність вибірової одиниці до одного із семи класів земного покриву (таблиця). Далі класифікацію деталізували із вибором відповідної підкатегорії. До вкритих лісовою рослинністю відносили ділянки з деревною рослинністю, які мали зімкнутість щонайменше 10 %.

Можливість аналізу різночасових знімків Google Earth під час візуального дешифрування вибірових одиниць дала змогу з високою достовірністю ідентифікувати групи лісових насаджень залежно від їхнього складу. Зокрема, листяні насадження найточніше ідентифікувалися на основі аналізу знімків, зроблених упродовж періоду вегетації й осіннього або зимового сезонів, коли вони перебувають у безлистомому стані. Під час інтерпретації даних вважали, що кожна вибірова одиниця являє собою центр ділянки площею 0,1 га на місцевості. Рішення про віднесення ділянки до відповідної категорії приймали на основі положення її центру, а зімкнутість насаджень – за співвідношенням між кількістю точок сітки, які потрапили на крони, та їх загальною кількістю для вибірової одиниці.

Кількісна характеристика опорних даних

| № | Адміністративна область | Категорія земель | | | | | | | Всього |
|-------|-------------------------|------------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|---------|------|--------|
| | | ліс | с.-г. угіддя | травостої | інфра-структура | чагарники | водойми | інше | |
| 1 | Вінницька | 77 | 120 | 12 | 6 | 1 | 6 | 0 | 222 |
| 2 | Волинська | 132 | 77 | 17 | 7 | 0 | 3 | 0 | 236 |
| 3 | Дніпропетровська | 60 | 95 | 24 | 13 | 4 | 15 | 4 | 215 |
| 4 | Донецька | 52 | 112 | 10 | 13 | 19 | 5 | 11 | 222 |
| 5 | Житомирська | 106 | 62 | 48 | 10 | 4 | 9 | 0 | 239 |
| 6 | Запорізька | 33 | 124 | 21 | 18 | 6 | 17 | 0 | 219 |
| 7 | Київська | 68 | 88 | 31 | 15 | 12 | 11 | 2 | 227 |
| 8 | Кіровоградська | 30 | 103 | 63 | 9 | 2 | 5 | 0 | 212 |
| 9 | Луганська | 72 | 88 | 28 | 11 | 12 | 4 | 7 | 222 |
| 10 | Львівська | 83 | 44 | 69 | 18 | 14 | 4 | 0 | 232 |
| 11 | Миколаївська | 32 | 112 | 40 | 9 | 5 | 13 | 2 | 213 |
| 12 | Одеська | 47 | 103 | 32 | 15 | 12 | 8 | 3 | 220 |
| 13 | Полтавська | 73 | 101 | 27 | 10 | 0 | 10 | 0 | 221 |
| 14 | Рівненська | 103 | 51 | 55 | 11 | 7 | 10 | 0 | 237 |
| 15 | Сумська | 61 | 91 | 35 | 14 | 14 | 7 | 2 | 224 |
| 16 | Тернопільська | 58 | 124 | 23 | 8 | 4 | 2 | 0 | 219 |
| 17 | Харківська | 51 | 114 | 35 | 6 | 7 | 11 | 2 | 226 |
| 18 | Херсонська | 30 | 99 | 48 | 5 | 0 | 23 | 0 | 205 |
| 19 | Хмельницька | 52 | 109 | 33 | 8 | 18 | 5 | 3 | 228 |
| 20 | Черкаська | 59 | 107 | 33 | 7 | 0 | 12 | 0 | 218 |
| 21 | Чернігівська | 72 | 72 | 73 | 7 | 4 | 5 | 0 | 233 |
| Разом | | 1351 | 1996 | 757 | 220 | 145 | 185 | 36 | 4690 |

Кількість вибірових одиниць за адміністративними областями коливалася в межах від 205 до 239 спостережень. Лісові насадження представляли понад 1350 спостережень (28,8 % від загального обсягу). З

них 557 спостережень – хвойні насадження, 417 – листяні, 276 – мішані.

Результати дослідження та їх обговорення. Із метою дослідження динаміки спектральних характеристик лісових насаджень залежно від їхнього складу в середовищі Google Earth Engine (GEE) сформовано часову серію супутникових знімків Landsat 8 OLI. Для цього використовували колекцію знімків «LANDSAT/LC8_L1T_TOA», які пройшли геометричну та радіометричну корекцію за методикою TOA. В часовому діапазоні їх було відфільтровано з 01.01.2014 по 31.12.2016 р. Задля зменшення впливу атмосферних ефектів на результати досліджень відбиралися виключно знімки з хмарністю не вище ніж 10 %. Крім цього за допомогою стандартних алгоритмів GEE зі знімків видалено пікселі, для яких імовірність наявності хмар становила понад 50 %. Таким чином було відібрано 621 практично безхмарне зображення Landsat 8 OLI для рівнинної частини України.

В аналізі спектральних характеристик використано інформацію з шести каналів: Band 4 – Red (0,64–0,67 мкм) видимого діапазону; Band 5 – NIR (0,85–0,88 мкм) ближнього інфрачервоного (ІЧ) діапазону; Band 6 – SWIR 1 і Band 7 – SWIR 2 корокохвильового ІЧ діапазону (1,57–1,65 мкм і 2,11–2,29 мкм); два теплові спектральні канали Band 10 – TIRS 1 і Band 11 – TIRS 2 (10,60–11,19 мкм і 11,50–12,51 мкм). Блакитний і зелений діапазони не використовували, оскільки вони мають більшу чутливість до атмосферних ефектів. Крім цього, беручи до уваги попередній досвід подібних досліджень, створено додаткові канали на основі індексу NDVI і таких співвідношень: Band 4 / Band 6, Band 4 / Band 7, Band 5 / Band 6, Band 5 / Band 7, Band 6 / Band 7. Всю колекцію супутникових знімків було згруповано за місяцями, а для кожної вибіркової одиниці встановлено медіальні значення зазначених спектральних каналів чи їхніх комбінацій.

Дешифрування видового складу лісових насаджень зазвичай здійснюють із застосуванням лісової маски. Аналізуючи можливість розділення різних класів земного покриву, найбільш інформативними виявилися канали короткохвильового інфрачервоного діапазону Band 6 і Band 7, а також комбінації каналів, наведені на рис. 1. Доречним під час класифікації знімків виявилось також співвідношення каналів Band 6 / Band 7, яке підкреслює відмінності лісових насаджень та інших категорій земного покриву. Аналогічне твердження, хоча дещо меншою мірою, стосуються також співвідношення Band 5 / Band 7.

Із аналізу рис. 2 треба зазначити, що для трьох груп деревних порід у різних спектральних діапазонах протягом року спостерігається специфічний тренд. Відмінності в фенологічному стані рослинності досить чітко проявляються в каналах червоного та інфрачервоного спектра (Band 4 і Band 5). У безлистому стані (протягом жовтня–квітня) група листяних деревних видів має більші значення відбиття в червоному діапазоні та найменші – в інфрачервоному. Протягом травня–вересня ця закономірність набуває протилежного характеру, що пояснюється появою фотосинтезуючого апарату та накопиченням зеленої біомаси.

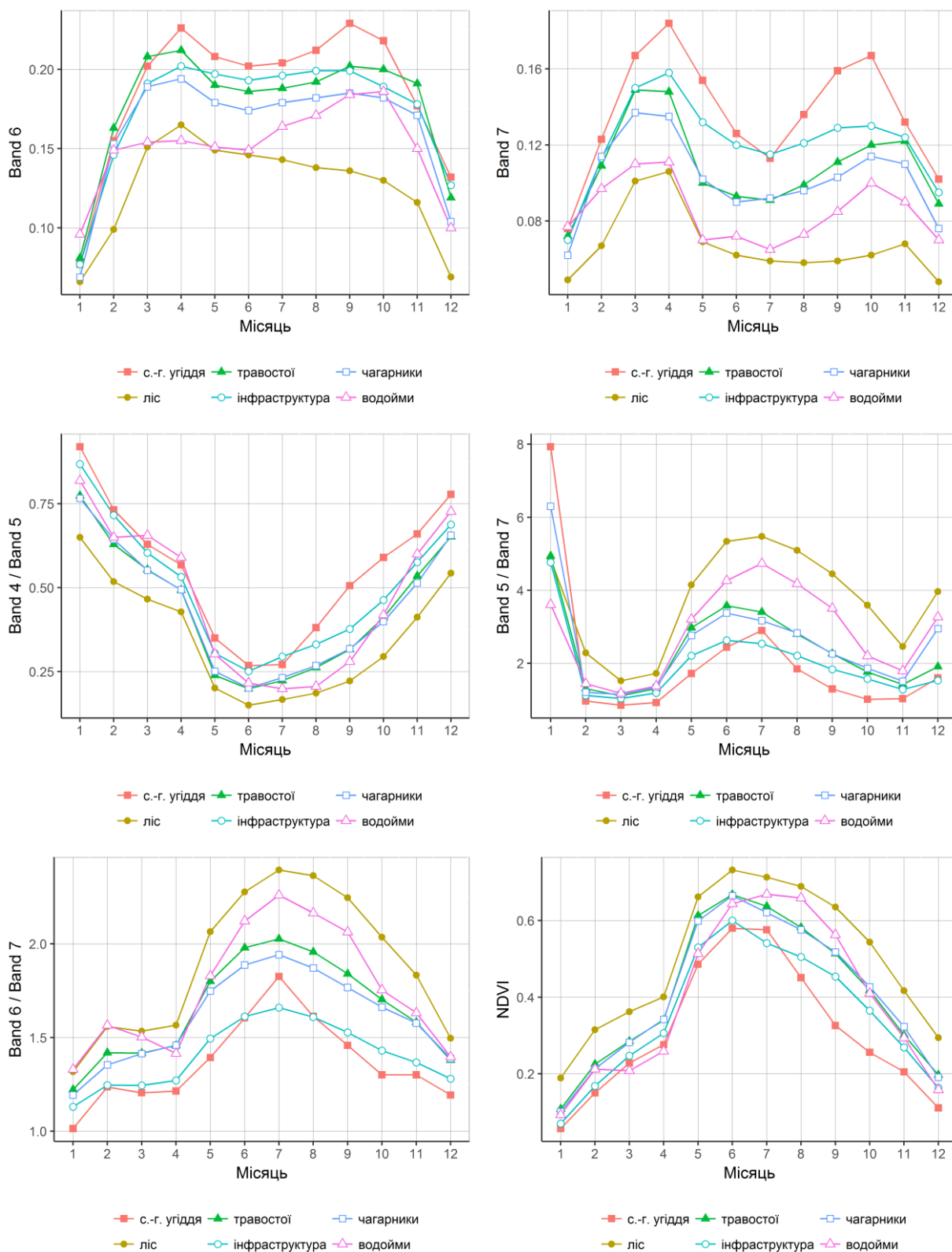


Рис. 1. Спектральні властивості категорій земного покриття за даними знімків Landsat 8 OLI

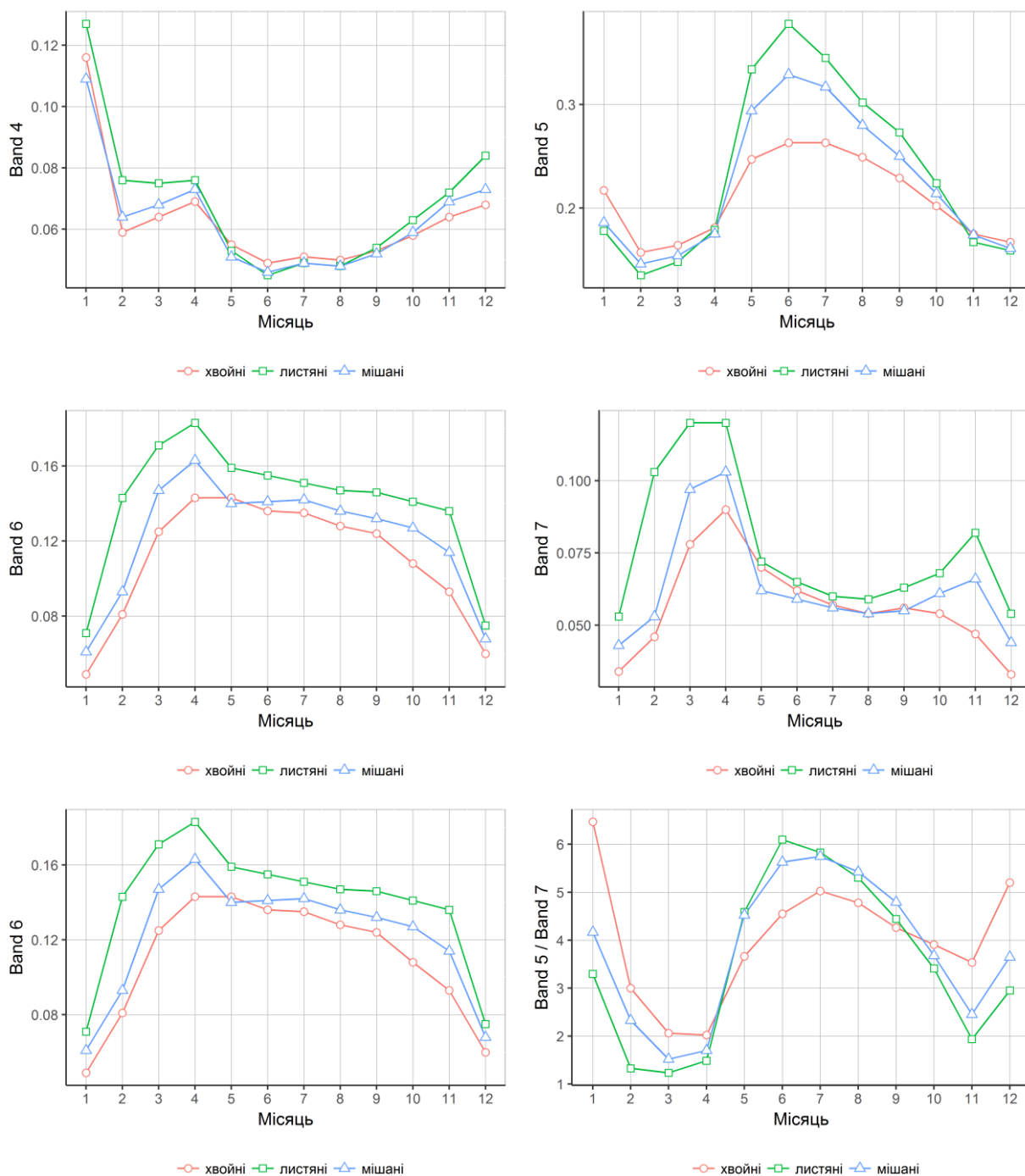


Рис. 2. Динаміка спектральних властивостей груп деревних видів у каналах видимого й інфрачервоного діапазонів знімків Landsat 8 OLI

Найбільші відмінності між трьома групами деревних порід майже упродовж усього року проявляються в короткохвильовому інфрачервоному діапазоні каналу Band 6 і дещо менше – Band 7. У тепловому діапазоні електромагнітного випромінювання зазначених відмінностей майже немає. Це вказує на недоцільність їхнього використання під час класифікації супутникових знімків за групами деревних видів.

Співвідношення каналів додають більшої диференціації під час розпізнавання груп лісових насаджень різного видового складу. Хвойні

деревні види виділяються у всіх комбінаціях діапазонів електромагнітного спектра. Відмінності спектральних властивостей між листяними та мішаними насадженнями дещо менші, а в період вегетації практично зникають, проте істотно зростають у період відсутності фотосинтетичного апарату. Отже, за винятком каналів теплового діапазону (Band 10, Band 11), всі представлені на рисунках показники варто використовувати як незалежні змінні для дешифрування лісових насаджень за знімками Landsat 8 OLI.

Розглянуті закономірності спектральних характеристик різних категорій земного покриву створюють необхідні передумови для розробки науково обґрунтованих методів дешифрування видового складу лісових насаджень за часовими серіями супутникових знімків Landsat 8 OLI.

Висновки та перспективи. Різні завдання класифікації супутникових знімків вирішуються на основі часових серій супутникових знімків, одержаних упродовж одного календарного року або більш тривалого періоду. У першому випадку річна серія знімків інформує про фенологічні зміни рослинного покриву або сезонний стан поверхні різних об'єктів (наприклад, лід, сніговий покрив, пашні) протягом одного року, у другому – відображає усереднену багаторічну динаміку їхнього спектра та найістотніші зміни. Фенологічні зміни допомагають знайти відмінності між подібними типами покриву, зокрема сільськогосподарськими угіддями та луками, лісовими насадженнями і чагарниками. Встановлені у роботі закономірності часової динаміки спектральних властивостей різних категорій земного покриву, у тому числі лісових насаджень залежно від їхнього складу, є основою для опрацювання ефективних методів картографування лісів на території рівнинної частини України.

Список використаних джерел

1. Gomez C. Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review / C. Gomez, J. C. White, M. A. Wulder // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2016. – Vol. 116. – P. 55–72.
2. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change / P. Olofsson, G. M. Foody, M. Herold et al. // Remote Sensing of Environment. – 2014. – Vol. 148. – P. 42–57.
3. Hill R. A. Mapping tree species in temperate deciduous woodland using time-series multi-spectral data / R. A. Hill, A. K. Wilson, M. George, S. A. Hinsley // Applied Vegetation Science. – 2010. – Vol. 13. (1). – P. 86–99.
4. Integrating Landsat pixel composites and change metrics with lidar plots to predictively map forest structure and aboveground biomass in Saskatchewan, Canada / H. S. J. Zald, M. A. Wulder, J. C. White // Remote Sensing of Environment. – 2016. – Vol. 176. – P. 188–201.
5. Large area mapping of annual land cover dynamics using multi-temporal change detection and classification of Landsat time-series data / S. E. Franklin, O. S. Ahmed, M. A. Wulder et al. // Canadian Journal of

- Remote Sensing. – 2015. – Vol. 41. – P. 293–314.
6. Monitoring conterminous United States (CONUS) land cover change with Web-Enabled Landsat Data (WELD) / M. C. Hansen, A. Egorov, P. V. Potapov // Remote Sensing of Environment – 2014. – Vol. 140. – P. 466–484.
 7. Tiggles J. Urban vegetation classification: Benefits of multitemporal RapidEye satellite data / J. Tiggles, T. Lakes, P. Hostert // Remote Sensing Environment. – 2013. – Vol. 136. – P. 66–75.
 8. Tree Species Classification in Temperate Forests Using Formosat-2 Satellite Image Time Series / D. Sheeren, M. Fauvel, V. Josipovic et al. // Remote Sensing. – 2016. – Vol. 8. – 29 p.

References

1. Gomez, C., White, J. C., & Wulder, M. A. (2016). Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 116, 55–72.
2. Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57.
3. Hill, R. A., Wilson, A. K., George, M., & Hinsley, S. A. (2010). Mapping tree species in temperate deciduous woodland using time-series multi-spectral data. *Applied Vegetation Science*, 13 (1), 86–99.
4. Zald, H. S. J., Wulder, M. A., White, J. C., Hilker, T., Hermosilla, T., Hobart, G. W., & Coops, N. C. (2016). Integrating Landsat pixel composites and change metrics with lidar plots to predictively map forest structure and aboveground biomass in Saskatchewan, Canada. *Remote Sensing of Environment*, 176, 188–201.
5. Franklin, S. E., Ahmed, O. S., Wulder, M. A., White, J. C., Hermosilla, T., & Coops, N. C. (2015). Large Area Mapping of Annual Land Cover Dynamics Using Multitemporal Change Detection and Classification of Landsat Time Series Data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 41 (4), 293–314.
6. Hansen, M. C., Egorov, A., Potapov, P. V., Stehman, S. V., Tyukavina, A., Turubanova, S. A., et al. (2014). Monitoring conterminous United States (CONUS) land cover change with Web-Enabled Landsat Data (WELD). *Remote Sensing of Environment*, 140, 466–484.
8. Tiggles, J., Lakes, T., & Hostert, P. (2013). Urban vegetation classification: Benefits of multitemporal RapidEye satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 136, 66–75.
9. Sheeren, D., Fauvel, M., Josipovic, V., Lopes, M., Planque, C., Willm, J., & Dejoux, J. F. (2016). Tree Species Classification in Temperate Forests Using Formosat-2 Satellite Image Time Series. *Remote Sensing*, 8, 29.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМНОГО ПОКРОВА И ЕЕ РОЛЬ В ДЕШИФРИРОВАНИИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО СНИМКАМ LANDSAT

В. В. Миронюк

Аннотация. Использование временных серий спутниковых снимков Landsat способствует совершенствованию методов исследования состояния и динамики лесных ресурсов. Информация о сезонной изменчивости спектральных характеристик различных типов земного покрова позволяет повысить точность картирования лесного фонда. В работе проанализирована временная динамика спектральных свойств различных типов ландшафтов равнинной части Украины. Для этого использовано 621 сцену спутниковых снимков Landsat 8 OLI, полученных в течение 2014–2016 гг. Данные спутниковых снимков анализировались после выполнения радиометрической коррекции, удаления облаков и сведения к 12-месячным композитным мозаикам. Анализ выполнялся для шести каналов видимого и инфракрасного спектра, а также их комбинаций. На основе случайной стратифицированной выборки на протяжении каждого месяца получены усредненные показатели спектральных каналов для основных типов земного покрова. Дешифрирование опорных данных выполнено визуально по снимкам высокого пространственного разрешения сервисов Google Earth и Bing Maps. В результате исследований установлено целесообразность использования каналов коротковолнового инфракрасного диапазона Band 6 и Band 7, комбинаций каналов Band 6 / Band 7 и Band 5 / Band 7 для дешифрирования типов земного покрова и создания лесной маски. Различия в видовом составе лесных насаждений больше всего проявляются в каналах красного и инфракрасного спектра Band 4 и Band 5, а также коротковолнового диапазона – каналы Band 6 и Band 7. В тепловом диапазоне электромагнитного излучения указанные различия практически отсутствуют. Выполненные исследования создают научную основу для формирования оптимального набора классификационных признаков во время дешифровки сезонных композитных изображений Landsat 8 OLI.

Ключевые слова: Landsat 8 OLI, сезонная композитная мозаика, спутниковые снимки, спектральные свойства, спектральный канал.

SEASONAL DYNAMICS OF SPECTRAL REFLECTANCE OF LAND COVERS AND ITS ROLE IN MAPPING FOREST STANDS USING LANDSAT IMAGES

V. Myroniuk

Abstract. Application of seasonal series of Landsat satellite images facilitates development of methods used for investigation of current state and dynamics of forests. An information on seasonal variability of spectral reflectance of different land cover types increases an accuracy of forest mapping. The article summarizes the analysis of temporal dynamics of

spectral features collected for different landscapes of flat part of Ukraine. We used 621 scenes of Landsat 8 OLI acquired during 2014-2016. The spectral data were analyzed after radiometric correction of satellite images to TOA reflectance, cloud filtering and composing into 12 monthly mosaics. For the analysis we selected 6 bands of visible and infrared spectra as well as different combinations of these bands. Using stratified random sampling we extracted median values of reflectance for each land cover type and month. High resolution satellite images from Google Earth and Bings Maps were used for visual interpretation of sampling points. As a result, we concluded the good separability of land covers in shortwave-infrared range (Band 6 and Band 7) and following band combinations: Band 6 / Band 7 and Band 5 / Band 7. The difference in tree species composition of forest stands is the biggest for red and near-infrared spectra (Band 4 and Band 5), and in shortwave-infrared bands (Band 6 and Band 7). The reparability between tree species proups is negligible for both thermal bands of Landsat 8 OLI images. The conducted research forms the basis for selecting optimal combination of predictor variables for classification of seasonal composited mosaics using Landsat time series.

Keywords: Landsat 8 OLI, seasonal composited mosaics, satellite images, spectral reflectance, spectral band.

УДК 630*2:551.582.2(477)(476)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДУБРАВ БЕЛОРУССКОГО И УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

А. М. ПОТАПЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук,
В. В. УСЕНЯ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

П. И. ЛАКИДА, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

А. П. БАЛА, кандидат сельскохозяйственных наук;

Л. М. МАТУШЕВИЧ, кандидат сельскохозяйственных наук

*Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины,*

Киев, Украина

E-mails: petro.lakyda@ukr.net

Аннотация. Выполнена оценка структуры и динамики дубовых насаждений Белорусского и Украинского Полесья и проведен сравнительный анализ их таксационных показателей. Установлено, что за последние 10 лет наблюдается тенденция к сокращению площади дубрав. При этом доленое участие площади дубрав также