

УДК 528.8 : 630*5(477.41)

ДЕШИФРУВАННЯ ВИДОВОГО СКЛАДУ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ SENTINEL-2

М. І. Георгіян, студент*

В. В. Миронюк, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

mykola.georgian@gmail.com, victor.myroniuk@nubip.edu.ua

У статті розглянуто питання використання лісовпорядної бази даних і супутникових знімків Sentinel-2 для дешифрування видового складу лісових насаджень. Із цією метою застосовано техніку поєднання набору супутникових знімків, одержаних протягом одного вегетаційного періоду, у вигляді безхмарного сезонного композитного зображення. Використано алгоритм, який передбачає поканальний аналіз супутникових знімків Sentinel-2 і відбір із сукупності спостережень для кожного пікселя лише тих з них, які мають найбільше значення нормалізованого різницевого вегетаційного індексу NDVI і не потрапили на хмари. Під час створення набору вихідних даних для дешифрування супутникових знімків застосовано стратифіковану випадкову вибірку, яку спроектовано на основі чотирьох тематичних класів (страт) глобальної карти лісових екосистем – Global Forest Change. У результаті аналізу дешифрувальних ознак встановлено доцільність використання даних спектральних діапазонів видимого (зеленого, червоного), інфрачервоного спектра, а також додаткових змінних у вигляді географічних координат X та Y. Розроблено класифікаційну модель алгоритмом Random Forest, що дозволило дало змогу з точністю 95 % встановити площу лісових насаджень з перевагою сосни звичайної, яка домінує на території досліджень. Опрацьований підхід доцільно використовувати для задач моніторингу лісів у випадку відсутності достовірних наземних спостережень.

Ключові слова: Sentinel-2, Random Forest, видовий склад насаджень, дешифрування супутникових знімків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наявність актуальних даних про стан лісового фонду є важливою передумовою ефективного управління лісгосподарським виробництвом. Значну роль у вирішенні багатьох питань інформаційної підтримки лісової галузі відіграють дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які дозволяють оперативно отримувати об'єктивну

* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент В.В. Миронюк

інформацію про стан та динаміку лісового покриву. За сучасних умов значення технологій дистанційного моніторингу лісів зростає. Переконливим свідченням ефективності використання даних ДЗЗ для практичних і наукових цілей є постійне розширення спектра задач, які вирішують завдяки результатам обробки супутникових знімків. Ефективність їхнього застосування залежить від точності дешифрування та достовірності інтерпретації отриманих результатів.

Сучасні дані ДЗЗ володіють необхідними технічними характеристиками, що дозволяють вирішувати широке коло завдань космічного моніторингу лісів [3, 4]. Передумови використання даних ДЗЗ визначають, виходячи зі специфіки задач. Так, на основі різночасових знімків вдається відслідковувати динаміку змін лісового покриву, наприклад виявити площі, де зникли лісові масиви; ділянки, де відбулося лісовідновлення. Основними параметрами даних космічної зйомки, які необхідно враховувати для отримання якісного результату, є просторове та спектральне розрізнення, ширина смуги сканування, періодичність зйомки.

Дані ДЗЗ мають важливе значення для встановлення площі лісів, створення різноманітних тематичних лісових карт. Їх використовують для визначення видового складу насаджень, стратифікації території під час статистичної інвентаризації, розрахунку вибіркової оцінки параметрів лісового фонду статистичними методами [10, 11].

Найчастіше для класифікації космічних знімків використовують непараметричні методи, які не мають специфічних вимог до особливостей розподілу досліджуваних показників. Серед найбільш сучасних підходів стосовно класифікації даних ДЗЗ добре зарекомендував себе алгоритм Random Forest (RF) – один із методів машинного навчання [5]. В його основі лежить статистична процедура багатократного формування вибірок методом Монте-Карло, в результаті якої на кожному етапі формується відповідна класифікаційна модель (дерево прийняття рішень). Поєднуючись, вони утворюють «ансамбль» класифікаційних дерев, звідки й походить назва «випадковий ліс». Приблизно 1/3 спостережень, які не використали у

класифікації, використовують для оцінки точності моделі. Параметрами моделі є *mtry* – кількість змінних випадково відібраних алгоритмом для класифікації та *ntrees* – кількість згенерованих дерев рішень. На кожному етапі відбирають кращі результати, які потім усереднюють. Протягом останнього десятиріччя метод RF заслужив значної уваги під час класифікації видового складу лісових насаджень із використанням різних наборів геопросторових даних [3, 9].

Сучасні підходи стосовно дешифрування даних ДЗЗ дозволяють поєднувати спектральну інформацію космічних знімків із додатковими наборами геопросторових даних: цифрові моделі рельєфу, глобальні карти земного покриву, лісовпорядні картографічні бази даних тощо. Здебільшого використання додаткової інформації забезпечує високу точність і достовірність кінцевого результату. У цілому, сучасний стан технологій ДЗЗ спроможний забезпечити ефективне рішення великої кількості задач у сфері лісового господарства як на регіональному, так і на державному рівнях.

Мета досліджень полягає у дослідженні можливості картографування лісового фонду на основі глобального набору даних Global Forest Change та мультиспектральних супутникових знімків Sentinel-2.

Матеріали та методика досліджень. Для досягнення поставленої мети як дослідну територію обрано відокремлений підрозділ НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція» (ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»), площа якого становить 17932 га. Відповідно до даних лісовпорядкування вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки займають 16393 га. Різноманітність видового складу лісових масивів представлена такими деревними видами: сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), вільха клейка (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.) та ін.

У дослідженні використано два типи геопросторових даних: глобальну карту лісів університету Меріленд (GFC, Hansen, 2013) [8] та мультиспектральні супутникові знімки Sentinel-2. За сучасних умов знімки Sentinel-2, які здійснюють періодичну зйомку земної поверхні з просторовим

розрізненням 10–60 м, викликають особливий інтерес для картографування та моніторингу лісового покриву.

Дані GFC використано на першому етапі, який полягав у відокремленні лісової рослинності від інших типів земного покриву задля створення «лісової маски». Із метою проведення аналізу й обробки інформації використано статистичну систему R, яка є вільним програмним забезпеченням. Істотно спрощує аналіз глобальної карти лісів GFC пакет {*gfcanalysis*}. Його було завантажено із загального репозиторію CRAN (Comprehensive R Archive Network) [13].

Для створення актуальної карти лісового покриву базовий шар GFC *trecover 2000* класифіковано з урахуванням змін, які відбулися у лісовому покриві за останні 16 років (відповідно шари *loss* – інформація про загальні втрати лісів, тобто будь-якої форми перетворення вкритих лісовою рослинністю ділянок на неvkриті протягом 2000–2016 рр. (закодована як 1 – є втрати, 0 – втрати відсутні), і *gain* – аналогічна інформація про загальне збільшення площі лісів для періоду 2000–2015 рр. (1 – є відновлення, 0 – відновлення відсутнє). Техніка порогової класифікації даних GFC за умов України детально описано в роботах [1, 2]. У наших дослідженнях із метою створення лісової маски для території ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» використано порогове значення зімкнутості деревостанів 40 %.

Здебільшого забезпечити потрібний охват території на основі однієї сцени космічного знімка не вдається, оскільки на заваді можуть стати конфігурація ділянки, відсутність даних ДЗЗ на вибраний проміжок часу або погодні умови. Найбільші складності для даних ДЗЗ оптичного діапазону зумовлює хмарність території на момент зйомки. Для створення безхмарного композиту зі знімків Sentinel-2 було опрацьовано 14 сцен, одержаних у період із 17.06.2016 р. по 29.08.2016 р. Зауважимо, що відбирали виключно знімки, у яких хмарність була меншою 20 %. Усі вони представлені даними рівня обробки L-1C, що передбачає проведення радіометричної та геометричної корекції, реєстрації на глобальній системі координат із субпіксельною точністю.

Процедура «маскування» хмар, зазвичай, складається з двох етапів: видалення густої хмарності та перистих хмар (димки). У зв'язку з цим під час досліджень лісової рослинності часто доводиться оперувати сезонними композитними зображеннями, створеними шляхом поєднання за певним правилом пікселів часової серії космічних знімків, що перекриваються. Серед наявних алгоритмів зі створення композитних зображень найбільш уживаним є метод, який базується на поєднанні знімків за максимальним значенням нормалізованого різницевого індексу (NDVI) [6, 7]. Переваги використання композитних зображень полягають у тому, що вони представляють усереднену характеристику спектральних характеристик земної поверхні та містять меншу кількість пропусків даних. Проте очевидними будуть також і недоліки: у часовій серії простежуватиметься більший вплив тих космічних знімків, на яких рослинність є зеленішою.

На подібних «найбільш зелених» композитах зменшується контраст між трав'яною та деревною рослинністю, внаслідок чого може погіршитися розпізнавання лісових насаджень. Доречною методика створення композитних зображень за використанням підходом виявляється для періодів, коли не відбувається істотних змін у значеннях індексу NDVI (наприклад, як в нашому випадку – протягом літніх місяців).

Із метою розробки класифікаційної моделі космічних знімків Sentinel-2 було створено навчальну вибірку. Ми використали випадкову стратифіковану вибірку, а критерієм для виділення страт обрано відмінність у видовому складі насаджень. Для цього з лісовпорядної бази даних відібрано насадження, в складі яких участь головної породи становила 8 одиниць і більше. З метою математичної обробки інформації використано шифри, утворені поєднанням перших двох літер назви роду та виду таксономічної назви деревних рослин в латинській інтерпретації: сосна – PISY, дуб – QURO, вільха – ALGL, береза – BEPE, граб – CABE та інші – Other.

Одними із ключових питань є обґрунтування обсягу вибірки. Під час створення територіальної схеми відбору необхідно забезпечити достатню

кількість даних як для великих, так і малих страт. Вважається, що мінімальний обсяг вибірки для однієї страти коливається в межах від 20 до 100 спостережень [9]. Загальний обсяг стратифікованої вибірки може бути обчислено за формулою (1):

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

де N – загальна кількість вибірових одиниць в області інтересу (кількість пікселів); $S(\hat{\theta})$ – прогнозоване значення стандартної помилки оцінки загальної точності класифікації; W_i – частка площі, віднесеної до i -того класу; S_i – стандартне відхилення у страті, $S_i = \sqrt{U_i \cdot (1 - U_i)}$.

Розрахунок обсягу вибірки відповідно до формули (1) наведено у табл. 1.

1. Розрахунок обсягу навчальної вибірки для класифікації космічних знімків Sentinel-2

	Other	CABE	BEPE	ALGL	QURO	PISY	Всього
Кількість пікселів	128	116	125	327	1939	14669	17304
W_i	0,007	0,007	0,007	0,019	0,112	0,848	
Точність розпізнавання класів (U_i)	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,90	
S_i	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,30	
$W_i \cdot S_i$	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,25	0,33
Стандартна помилка (SE) загальної точності класифікації							0,01
Обсяг вибірки							1083

Спосіб розміщення	Обсяг вибірки за стратами						
рівномірне	180	180	180	180	180	180	1083
пропорційне	8	7	8	20	121	918	1083
пропорційне <i>All</i>	50	50	50	50	103	780	1083
пропорційне <i>Al2</i>	75	75	75	75	91	691	1083
пропорційне <i>Al3</i>	100	100	100	100	80	603	1083

Для формування випадкової навчальної вибірки обсягом 1083 спостережень використано пропорційне розміщення вибірових одиниць між стратами *Al2* (табл.1). Для цього використовувався програмний продукт QGIS, який дозволив поєднати спектральні характеристики деревних видів із атрибутивною інформацією таксаційної бази даних.

Результати досліджень та їх обговорення. Із метою дешифрування видового складу лісових насаджень обрано один із сучасних методів класифікації – Random Forest (RF) [5]. Як фактори у класифікаційній моделі використано спектральні та топографічні показники: канали Green, Red, NIR, SWIR1, растрові шари з координатами X і Y в системі EPGS: 32635 (рис. 1).

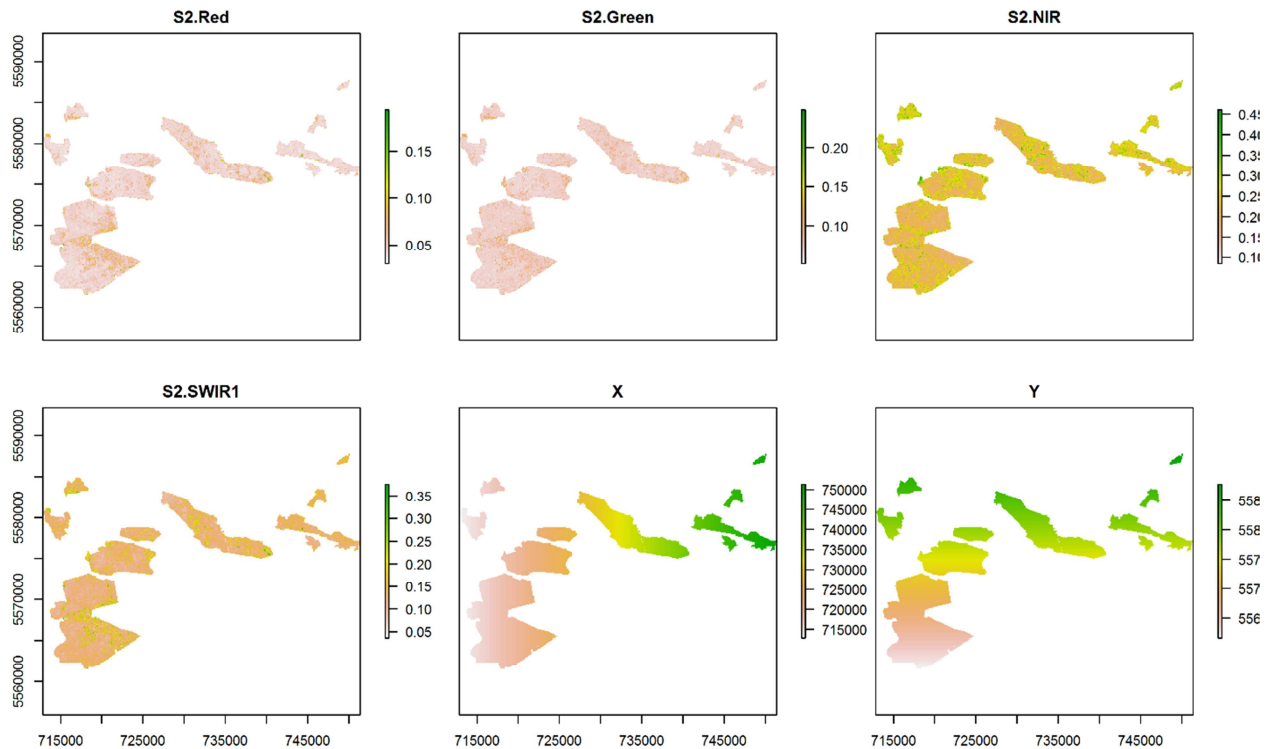


Рис. 1. Набір растрів, використаних як незалежні змінні під час розробки класифікаційної моделі знімка Sentinel-2

Узагальнену інформацію про особливості розподілу значень спектральних каналів космічних знімків Sentinel-2 для різних деревних видів, одержаних на підставі 1083 спостережень навчальної вибірки, наведено на рис. 2.

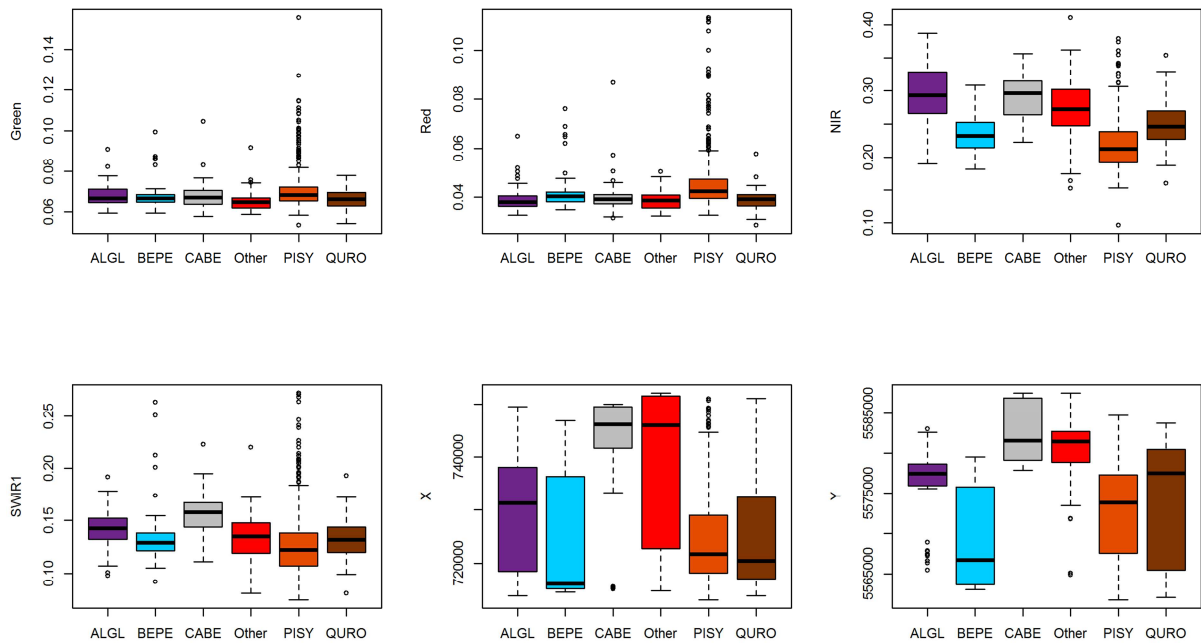


Рис. 2. Коробчасті діаграми значень спектральних каналів Sentinel-2 та допоміжної інформації, використаних для дешифрування видового складу насаджень

Із наведеного рисунка можна одержати загальне уявлення про можливість дешифрування видового складу насаджень на основі поєднання космічних знімків та допоміжної інформації. Зауважимо, що введення в класифікаційну модель координат X та Y покращує ідентифікацію насаджень за участю граба (CABE) та інших деревних видів (Other), які в географічному відношенні розташовані у Голосіївському районі м. Києва (північно-східної частини ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»). Доцільність включення різних показників до класифікаційної моделі досліджували шляхом оцінювання їхнього відносного впливу на точність класифікації. Встановлено, що найбільший вплив на результат класифікації мають канали Sentinel-2 інфрачервоного діапазону NIR та SWIR1, а також додаткові змінні з координатами X та Y.

На рис. 3 наведено розподіл площі лісових насаджень за домінантними деревними видами, встановленої шляхом дешифрування, та за даними лісовпорядкування. Більш узгодженими виявилися результати для насаджень із переважанням сосни звичайної. На нашу думку, невідповідність результатів

класифікації для деревних видів, які займають незначну площу лісового фонду і рідко утворюють чисті насадження, пов'язується з використанням лісовпорядної бази даних для створення навчальної вибірки, а не даних наземних вимірювань – окремі спостереження в межах таксаційного виділу могли потрапити на супутній деревний вид.

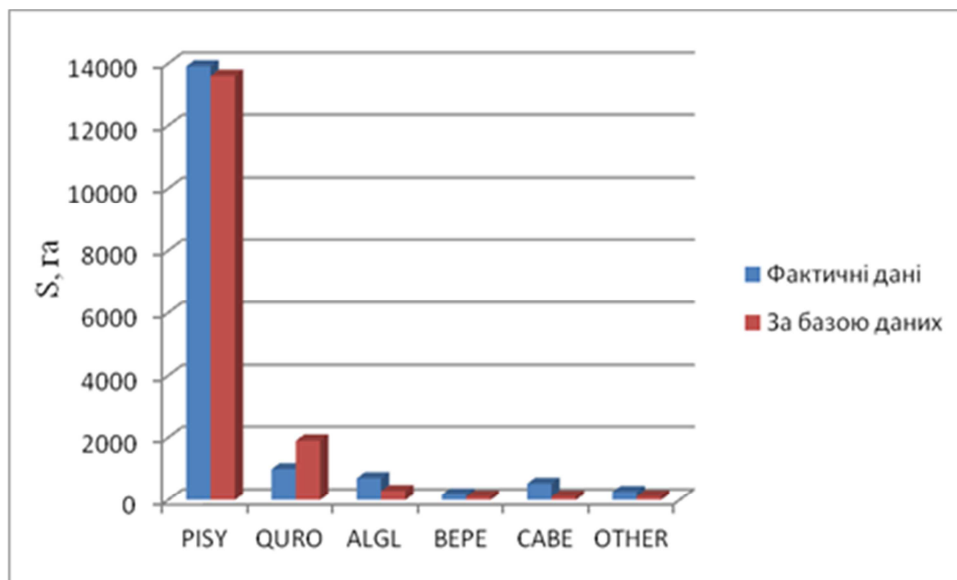


Рис. 3. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю ділянок за домінантними деревними видами

Точність розпізнавання видового складу було оцінено під час класифікації. Зазначимо, що метод RF використовує частину спостережень приблизно (33 %) від обсягу вибірки для оцінювання точності. Цей процес відомий під назвою беггіна (bagging). Відповідно до нього загальна точність дешифрування видового складу становить близько 75 %. Закономірно, що найточніші результати (близько 95 %) отримано для насаджень з переважанням сосни звичайної. Для решти деревних видів помилки істотно більші.

Висновки і перспективи. У результаті проведених досліджень встановлено, що глобальні карти лісового покриву GFC можуть бути використані для відокремлення вкритих і неvkритих лісовою рослинністю ділянок на рівні окремого лісогосподарського підприємства. Супутникові знімки Sentinel-2 є перспективними для вирішення різних завдань дистанційного моніторингу лісів, у тому числі картографування видового

складу лісових насаджень. При цьому методика поєднання супутникових знімків у вигляді сезонних композитних зображень дозволяє створювати безхмарні мозаїки зі знімків на значних територіях. Дані лісовпорядної бази даних можна використовувати для розробки класифікаційної моделі, проте з метою підвищення точності тематичних продуктів потребують уточнення наземними вимірюваннями.

Список літератури

1. Зібцев, С. В. Динаміка лісового покриву Чорнобильської зони відчуження за даними глобальної карти лісових екосистем високого просторового розрізнення [Електронний ресурс] / С. В. Зібцев, В. В. Миронюк, Д. В. Гілітуха // Лісове і садово-паркове господарство. – 2015. – № 6. – Режим доступу: http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-6/ukr/zibtsev_myronyuk.
2. Лакида, П. І. Аналіз та інтерпретація карти високого просторового розрізнення лісових екосистем Полісся України / П. І. Лакида, В. В. Миронюк, Д. В. Гілітуха // Збалансоване природокористування. – 2014. – № 4. – С. 5–9.
3. Миклуш, С. І. Дешифрування різнопланових космічних знімків для оцінювання груп порід [Електронний ресурс] / С. І. Миклуш, О. Г. Часковський, С. А. Гаврилюк // Наук. праці Лісівничої академії наук України : збірник наук. праць. – 2013. – Вип. 11. – С. 144–150. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/jpdf/eine_2002_13_4.pdf.
4. Миронюк, В. В. Сучасні методи оцінки таксаційних показників лісових насаджень на основі дешифрування космічних знімків [Текст] / В. В. Миронюк // Наук. вісник НУБіП України. – 2013. – № 183. – Ч. 1. – С. 209–215.
5. Breiman, L. Random Forest / L. Breiman // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45. – № 1. – P. 5–32.
6. Continuous fields of land cover for the conterminous United States using Landsat data: first results from the Web-Enabled Landsat Data (WELD) / M. C. Hansen, A. Egorov, D. P. Roy. et all. // Remote Sensing Letters. – 2010. – Vol. 2. – № 4. – P. 279–288.
7. Helmer, E. H. Cloud-Free Satellite Image Mosaics with Regression Trees and Histogram Matching / E. H. Helmer, B. Ruefenacht // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 2005. – Vol. 71. – № 9. – P. 1079–1089.
8. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change / M. C. Hansen, P. V. Potapov, R. Moore // Science. – 2013. – Vol. 342. – P. 850–853.
9. Immitzer, M. Tree Species Classification with random forest using very high spatial resolution 8-band WorldView-2 satellite data / M. Immitzer, C. Atzberger, T. Koukal // Remote Sensing. – Vol. 4. – P. 2661–2693.

10. Stratified aboveground forest biomass estimation by remote sensing data / H. Latifi, F. E. Fassnacht, F. Hartig et al. // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2015. – Vol. 38. – 229–241.

11. McRoberts, R. E. Using a remote sensing-based, percent tree cover map to enhance forest inventory estimation / R. E. McRoberts, G. C. Liknes, G. M. Domke // Forest Ecology and Management. – 2014. – Vol. 331. – P. 12–18.

12. Map Accuracy Assessment and Area Estimation. A Practical Guide : [National forest monitoring assessment working paper No. 46/E]. – Rome: FAO, 2016. – 60 p.

13. The Comprehensive R Archive Network [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cran.r-project.org> .

References

1. Zibtsev, S. V., Myroniuk, V. V., Hilitukha, D. V. (2015). Dynamika lisovoho pokryvu Chornobylskoi zony vidchuzhennia za danymy hlobalnoi karty lisovykh ekosystem vysokoho prostorovoho rozrznennia [Dynamics of forest cover Chernobyl exclusion zone according to global maps of forest ecosystems of high spatial resolution]. Forestry and horticulture. 6: http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-6/ukr/zibtsev_myronyuk .

2. Lakyda, P. I., Myroniuk, V. V., Hilitukha, D. V. (2014). Analiz ta interpretatsiia karty vysokoho prostorovoho rozrznennia lisovykh ekosystem Polissia Ukrainy [Analysis and interpretation of maps high spatial differentiation of forest ecosystems Woodlands of Ukraine]. Sustainable nature. 4, 5–9.

3. Myklush, S. I., Chaskovskyi, O. H., Havryliuk, S. A. (2013). Deshyfruvannia riznoplanovykh kosmichnykh znimkiv dlia otsiniuvannia hrup porid [Decoding of diverse satellite images for assessing species groups]. Scientific papers Forest Academy of Sciences of Ukraine Collected Works. 11, 144–150: http://nbuv.gov.ua/jpdf/eine_2002_13_4.pdf .

4 Myroniuk, V. V. (2013). Suchasni metody otsinky taksatsiinykh pokaznykiv lisovykh nasadzhen na osnovi deshyfruvannia kosmichnykh znimkiv [Modern methods of evaluating performance taksatsiinykh woodland-based decryption of satellite images]. Scientific Journal NUBiP Ukraine. 183 (1), 209–215.

5. Breiman, L. (2001). Random Forest. Machine Learning. 45 (1), 5–32.

6. Hansen, M. C., Egorov, A., Roy D. P. et all. (2010). Continuous fields of land cover for the conterminous United States using Landsat data: first results from the Web-Enabled Landsat Data (WELD) / // Remote Sensing Letters. 2 (4), 279–288.

7. Helmer, E. H., Rufenacht B. (2005). Cloud-Free Satellite Image Mosaics with Regression Trees and Histogram Matching. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 71 (9), 1079–1089.

8. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore R. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. Science 342,850–853.

9. Immitzer, M., Atzberger, C., Koukal T. Tree Species Classification with random forest using very high spatial resolution 8-band WorldView-2 satellite data . 4, 2661–2693.
10. Latifi, H., Fassnacht, F. E., Hartig, F. et all. (2015). Stratified aboveground forest biomass estimation by remote sensing data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 38, 229–241.
11. McRoberts, R. E., Liknes, G. C., Domke, G. M. (2014). Using a remote sensing-based, percent tree cover map to enhance forest inventory estimation. Forest Ecology and Management. 331, 12–18.
12. Map Accuracy Assessment and Area Estimation (2016). A Practical Guide : National forest monitoring assessment working paper. – Rome: FAO,. 46/E, 60.
13. The Comprehensive R Archive Network : <https://cran.r-project.org/>.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ SENTINEL-2

В статье рассматриваются вопросы использования лесоустроительной базы данных и спутниковых снимков Sentinel-2 для дешифрирования видового состава лесных насаждений. С этой целью применено сочетание набора спутниковых снимков, полученных на протяжении одного вегетационного периода, в виде сезонного композитного изображения. Мы использовали алгоритм, который предусматривает поканальный анализ спутниковых снимков Sentinel-2 и отбор из совокупности наблюдений для каждого пикселя только тех из них, которые имеют наибольшее значение нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI и не попадают на облака. При создании набора исходных данных для дешифрирования спутниковых снимков применено стратифицированную случайную выборку, которую спроектировано на основе четырех тематических классов (страт) глобальной карты лесных экосистем – Global Forest Change. В результате анализа дешифровочных признаков установлена целесообразность использования данных спектральных диапазонов видимого (зеленого, красного), инфракрасного спектра, а также дополнительных переменных, представленных географическими координатами X и Y. Разработанная классификационная модель алгоритмом Random Forest позволила с точностью 95 % определить площадь лесных насаждений с преобладанием сосны обыкновенной, которая доминирует на территории исследований. Разработанную методику целесообразно использовать для задач мониторинга лесов в случае отсутствия достоверных наземных наблюдений.

Ключевые слова: Sentinel-2, Random Forest, видовой состав насаждений, дешифрирование космических снимков.

CLASSIFICATION OF TREE SPECIES COMPOSITION OF FOREST STANDS USING SENTINEL-2 SATELLITE IMAGES

The article discusses the use of forest inventory database and satellite imagery Sentinel-2 for classification of tree species composition on forested area. For this purpose, we applied technology for mosaicking satellite images obtained during the one growing season in a form of cloudless composite image. We used an algorithm that implies an analysis of satellite images Sentinel-2 and selection for each pixel of a band the observation that is not cloud contaminated and has the maximum value of the normalized-difference vegetation index NDVI. We used a stratified random sampling to create a reference dataset for classification of the satellite imagery. It was designed based on four thematic classes (strata) of the global map of forest cover – Global Forest Change. It was found in an analysis of collected signatures, that the data from visible wavelength (green, red) and infrared spectrum accompanied by additional variables in the form of geographic coordinates X and Y significantly contribute to classification. The classification algorithm Random Forest allowed to achieve an accuracy of 95% for classification of forested areas with a predominance of pine trees that dominate across the research area. Applied technique should be used for forest monitoring tasks in a case of absence of reliable ground-truth observations.

Keywords: *Sentinel-2, Random Forest, tree species composition, interpretation of satellite images.*