



**В. В. Миронюк, А. М. Білоус**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*

## УЗГОДЖЕНІСТЬ ОЦІНОК ПЛОЩІ ЛІСІВ ЗА ДАНИМИ ГЛОБАЛЬНОЇ КАРТИ ЗМІН ЛІСОВОГО ПОКРИВУ І МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ

Розглянуто методичні засади використання глобальної карти змін лісового покриву Global Forest Change (GFC) для картографування та визначення площі лісів на відносно невеликих територіях в умовах Українського Полісся. Для цього виконано порівняння точності класифікації та інтервальних оцінок площі лісового покриву, отриманих за результатами дешифрування мультиспектрального супутникового знімка RapidEye та карти GFC. Для створення опорного набору даних застосовано випадкову вибірку обсягом понад 4000 спостережень і непараметричний метод класифікації Random Forest (RF). За результатами статистичного аналізу встановлено, що на точність класифікації найбільший вплив мають три спектральні канали супутникового знімка (NIR, Red, Red-Edge) і чотири допоміжні топографічні змінні (X, Y, висота н.р.м., ухил). Для оцінювання показників точності класифікації використано додатковий набір даних обсягом близько 2000 спостережень. Це дозволило встановити помилку класифікаційної моделі, яка становить 1,6 %. Підтверджено, що мультиспектральні супутникові знімки RapidEye є важливим джерелом геопросторової інформації про лісові екосистеми і дають змогу створювати тематичні карти з високою точністю. Внаслідок проведеного дослідження виявлено, що карта GFC забезпечує досить високу точність (близько 75-85 %) дешифрування вкритих лісовою рослинністю ділянок, а її дані узгоджуються з фактичними показниками зімкнутості деревостанів. На основі цього можна стверджувати про можливість і доцільність застосування карти GFC для картографування лісового покриву на території Українського Полісся. Загалом треба визнати, що створені на основі даних GFC лісові карти можуть бути доречними за відсутності точніших картографічних матеріалів.

**Ключові слова:** лісова маска; точність; Global Forest Change; RapidEye; Random Forest.

**Вступ.** Технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є невід'ємною частиною досліджень стану й динаміки лісового покриву. Отриману інформацію широко застосовують для завдань тематичного картографування лісів, стратифікації території для проведення вибірових статистичних досліджень, виведення оцінок площі та детальних біофізичних параметрів лісових насаджень, насамперед показників запасу деревних стовбурів і наземної біомаси (Myroniuk & Heorhiian, 2017; Chirici et al., 2016; McRoberts, Liknes, & Domke, 2014; Latifi et al., 2016). Відправним пунктом дешифрування таксаційних показників лісових насаджень є створення так званої "лісової маски", яку отримують внаслідок відокремлення вкритих і непокритих лісовою рослинністю ділянок. Нині набуто значного досвіду стосовно вирішення цього питання із застосуванням мультиспектральних супутникових знімків, а також глобальних наборів геопросторових даних про ліси, які отримують на основі знімків MODIS, Landsat, радарних даних PALSAR тощо (Coulston et al., 2012; Lakyda, Myroniuk, & Hilitukha, 2014; Myroniuk & Heorhiian, 2017; Schepaschenko et al., 2015; Sexton, Song, & Feng, 2013; Shimada et al., 2014).

Недоліком подібних карт лісового покриву є неузгодженість між поняттями "tree cover" (зімкнутість дере-

востанів), якими вони оперують, і загальноприйнятим національним визначенням поняття "ліс". Адже до нього під час класифікації висуваються чіткі вимоги стосовно мінімальної площі і зімкнутості. Як свідчать дослідження, в окремих випадках між поняттями "tree cover" і "forest cover" існує істотна різниця (Schepaschenko et al., 2015). Дослідження вчених Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (IIASA) вказують на доцільність поєднання різних глобальних карт лісового покриву у вигляді гібридних продуктів методом географічно зваженої регресії, що сприяє підвищенню їхньої точності. Відповідно до висновків останніх наукових пошуків стосовно доцільності використання глобальних продуктів, дані з відносно високим просторовим розрізненням (30-60 м) забезпечують необхідні результати картографування лісового покриву та оцінки його площі в умовах України (Myroniuk, & Hilitukha, 2014).

Глобальна карта змін лісового покриву Global Forest Change (GFC) (Hansen et al., 2013), яку опублікували у 2013 р. учні університету штату Меріленд (США), стала продовженням розпочатої наприкінці 1990-х років технології представлення земного покриву у вигляді неперервних карт Vegetation Continuous Fields (VCF). Дані

### Інформація про авторів:

**Миронюк Віктор Валентинович**, канд. с.-г. наук, доцент. Email: [victor.myroniuk@nubip.edu.ua](mailto:victor.myroniuk@nubip.edu.ua)

**Білоус Андрій Михайлович**, д-р с.-г. наук, професор. Email: [bilous@nubip.edu.ua](mailto:bilous@nubip.edu.ua)

**Цитування за ДСТУ:** Миронюк В. В., Білоус А. М. Узгодженість оцінок площі лісів за даними глобальної карти змін лісового покриву і мультиспектральних супутникових знімків. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(5). С. 38-42.

**Citation APA:** Myroniuk, V. V., & Bilous, A. M. (2017). Consistency of forest area estimates according to global forest change data and multispectral satellite image. Scientific Bulletin of UNFU, 27(5), 38-42. <https://doi.org/10.15421/40270507>

GFC забезпечують попиксельну оцінку лісового покриття у відсотках від 0 до 100 %. Очевидно, що для деревостанів цей показник відповідатиме зімкнутості їхнього намету. За останнє десятиріччя увага до класифікації лісового покриття у вигляді неперервних карт за даними ДЗЗ різного просторового розрізнення зростає (Berberoğlu et al., 2008; McRoberts et al., 2016). Дослідження, які здійснили для умов Полісся України, вказують на тісний зв'язок фактичної зімкнутості лісових насаджень і даних GFC, що дає змогу використовувати її для картографування лісового фонду, застосовуючи під час класифікації порогове значення зімкнутості в діапазоні 20-40 % (Lakyda, Myroniuk, & Hilitukha, 2014).

Окрім задач класифікації лісового покриття, глобальна карта GFC знаходить своє застосування для оцінки площі лісів вибірконими методами. Зокрема, вона дає змогу виконувати стратифікацію території за певними інтервалами зімкнутості насаджень або безпосередньо використовуватися в імовірно-теоретичних (моделних) підходах для розрахунку середніх значень показників лісового фонду (McRoberts, Liknes, & Domke, 2014; McRoberts et al., 2016). Її роль в отриманні допоміжної інформації для виведення вибірових оцінок площі субтропічних та екваторіальних лісів досліджено в роботах (McRoberts, Liknes, & Domke, 2014; Sannier, McRoberts, & Fichet, 2016). Стратифіковану випадкову вибірку в поєднанні з глобальною картою GFC застосовано також для регіональної оцінки площі лісів України (Myroniuk & Neorhiian, 2017). Отримані результати не дають змогу зробити однозначний висновок про її точність, оскільки вона коливається в значному діапазоні. Так, найбільш узгодженими з офіційною статистикою виявилися результати для низки областей Полісся України, тоді як для південно-східних регіонів із низьким показником лісистості території отримано зміщені оцінки. Важливим питанням залишається дослідження ефективності карти GFC для картографування лісового покриття для відносно невеликих територій.

**Мета роботи** полягає в аналізі на прикладі локального об'єкта території Полісся України узгодженості між оцінками площі лісового покриття, одержаними за даними мультиспектральних супутникових знімків та даними глобальної карти змін лісового покриття GFC.

**Матеріали та методика дослідження.** Дослідження проводили на території Сновського району Чернігівської обл., де створено тестовий полігон загальною площею близько 45 км<sup>2</sup>. Із використанням чинних лісовпорядних інструкцій протягом 2014 р. в межах полігону виконано комплекс лісотаксацийних робіт та впорядкування території. Внаслідок створено 14 кварталів, в межах яких організовано таксацийні виділи. Під час лісовпорядних робіт застосовували методи натурної окомірно-виміральної таксациї. Внаслідок наповнення атрибутивної інформації по кожному виділу створено цифрову геопросторову базу даних земельного покриття дослідного полігону. Відповідно до неї територію на 67,2 % представлено лісовими землями, а решту – сільськогосподарськими угіддями (23,9 %), водами (0,3 %), болотами (5,3 %), садибами і спорудами (3,3 %) та іншими землями. Лісові ділянки, вкриті лісовою рослинністю у загальній структурі площі полігону становлять 41,8 %, зокрема лісові культури – 17,9 %.

За даними таксациї на полігоні зростає 1881,0 га лісових насаджень, зокрема: соснові (44,7 %), березові

(39,8 %), клейковільхові (13,1 %), осикові (0,7 %), дубові (0,6 %), ясеневі (0,5 %), акацієві (0,3 %), ялинові (0,1 %), кленові (0,1 %) та липові і тополеві (0,1 %). Особливістю дослідної території є значна площа насаджень сосни звичайної та берези звичайної, які з'явилися протягом останнього десятиріччя на колишніх сільськогосподарських угіддях і не віднесені в офіційному порядку до площі лісового фонду. Вони характеризуються нерівномірним розташуванням дерев, проте високою зімкнутістю деревного намету.

У дослідженнях використано набір геопросторових даних, який складався з п'ятиканального космічного знімка RapidEye (дата зйомки – 17.06.2011 р., просторове розрізнення – 5 м), з чотириканального космічного знімка IKONOS (дата зйомки – 12.08.2011 р., просторове розрізнення – 3,2 м, пахроматичний канал – 80 см), цифрової моделі рельєфу (ЦМР) території досліджень (просторове розрізнення – 10 м) та набору даних GFC станом на 2015 р. із трьома тематичними шарами: *treecover2000* – інформація про зімкнутість деревостанів станом на 2000 р. у формі неперервного зображення із значеннями растру від 0 до 100 %; *loss* – бінарний канал з інформацією про втрати лісів протягом 2000-2015 рр.; *gain* – аналогічний канал з інформацією про лісовідновлення для зазначеного періоду. Всі дані спроектовано в систему координат EPSG: 32636.

Щоб одержати опорну інформацію про площу лісового покриття, створено лісову маску на основі класифікації супутникового знімка RapidEye методом Random-Forest (RF). RF є одним з найефективніших методів машинного навчання для класифікації даних ДЗЗ. Цей метод не має специфічних вимог до розподілу досліджуваних параметрів і може використовуватися як для задач класифікації, так і регресії. В його основі лежить статистична процедура багатократного формування вибірок методом Монте-Карло, внаслідок якої на кожному етапі формується відповідна класифікаційна модель (дерево прийняття рішень). Поєднуючись, вони утворюють "ансамбль" класифікаційних дерев, звідки й походить назва "випадковий ліс". Інша підмножина (приблизно 1/3 від обсягу вибірки), яка не бере участі у класифікації, використовується для оцінки точності моделі. Параметрами алгоритму RF є *ntrees* – кількість вибірок або кількість дерев рішень та *mtry* – кількість факторів, обраних для створення розгалужень класифікаційних дерев.

Модель RF опрацьовано на основі атрибутивної інформації з лісовпорядної бази даних у середовищі R за допомогою пакета {randomForest}. Навчальну вибірку для розмежування вкритих і непокритих лісовою рослинністю ділянок створено з урахуванням таких категорій земного покриття, як: ліс (2 категорії), сільськогосподарські угіддя (2 категорії), луки, водно-болотні угіддя (2 категорії) та інші землі. У зв'язку з високою мінливістю спектрально-відбивних характеристик в кожному класі виділялося кілька більш однорідних категорій, наприклад ліс з переважанням листяних або хвойних видів, сільськогосподарські культури або пашні землі, низинне або верхове болото тощо. Навчальна вибірка обсягом 4000 випадкових точок рівномірно розподілялася по всій території досліджень, з яких 1729 потрапило на лісові насадження.

Перед початком досліджень виконано радіометричну корекцію супутникового знімка RapidEye з перетво-



ренням числових значень (DN) пікселів кожного каналу до величини відбиття на сенсорі TOA (Top of Atmosphere) за методикою DOS. ЦМР приведено до просторового розрізнення 5 м. Як незалежні змінні в класифікаційній моделі RF використано інформацію з п'яти каналів супутникового знімка (рис. 1), висоту н.р.м. (м) та ухил (°) відповідно до ЦМР, а також два додаткових канали з координатами X та Y кожного пікселя в системі EPSG: 32636.

Методика оброблення глобальної карти динаміки лісових екосистем GFC пов'язана з необхідністю інтерпретації неперервного шару зімкнутості насаджень *treecover2000* станом на 2000 р. та його сполученням із двома додатковими шарами – втрат (*loss*) та відновлення лісів (*gain*). Враховуючи попередній досвід оброблення цього продукту (Lakyda, Myroniuk, & Hilitukha, 2014; Myroniuk & Heorhiian, 2017), для розмежування вкритих і непокритих лісовою рослинністю ділянок канал *treecover2000* класифіковано із пороговим значенням зімкнутості насаджень 40 %. Актуалізацію площі лісів станом на 2015 рік проведено шляхом видалення з лісової маски ділянок, де значення *loss*=1, і додавання відповідної площі лісовідновлення (*gain*=1). Поодинокі групи пікселів, площа яких не відповідає мінімально прийнятій для ділянок лісового фонду 0,1 га, було вилучено з карти. Це дозволило позбутися "шумів", пов'язаних із фрагментарним розміщенням лісів, і помилок класифікації. Розрахунки для даних GFC виконувалися в програмному середовищі Google Earth Engine API за спеціально опрацьованим на мові Java скриптами.

**Результати дослідження.** Найбільш інформативними змінними для дешифрування супутникового знімка RapidEye виявилися дані інфрачервоного каналу (NIR), двох каналів видимого діапазону спектра (червоного (Red) і крайнього червоного (Red Edge)), а також топографічні показники X, Y, ЦМР та ухил. Істотно менший вплив на точність класифікаційної моделі мають канали зеленого (Green) і блакитного (Blue) діапазонів. Відносний внесок кожного показника в точність моделі оцінено на основі розрахунку критерію MDA (mean decrease in accuracy) і відображено на рис. 1. Загальна ідея критерію MDA полягає в ранжуванні змінних за величиною їхнього внеску в середню квадратичну помилку класифікації у разі їхнього виключення з моделі.

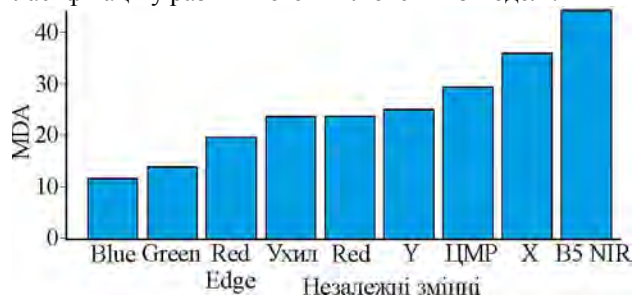


Рис. 1. Вплив різних показників на точність класифікаційної моделі

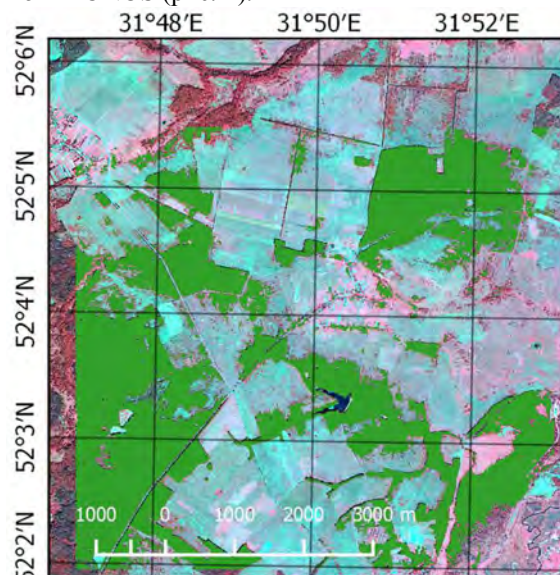
Помилку моделі оцінено під час класифікації на основі частини спостережень, які не брали участі в побудові дерев рішень. Вона становить тільки 1,6 %. Проте для отримання достовірнішої оцінки застосували окремий валідаційний набір обсягом 2300 випадкових точок, які візуально дешифрували за знімком IKONOS (покращене просторове розрізнення становило 80 см). На основі матриці помилок за відповідними статистич-

ними методиками (Sexton, Song, & Feng, 2013; Olofsson et al., 2014) розраховували показники точності класифікації, а також довірчі інтервали для оцінок площі лісового покриття (табл.).

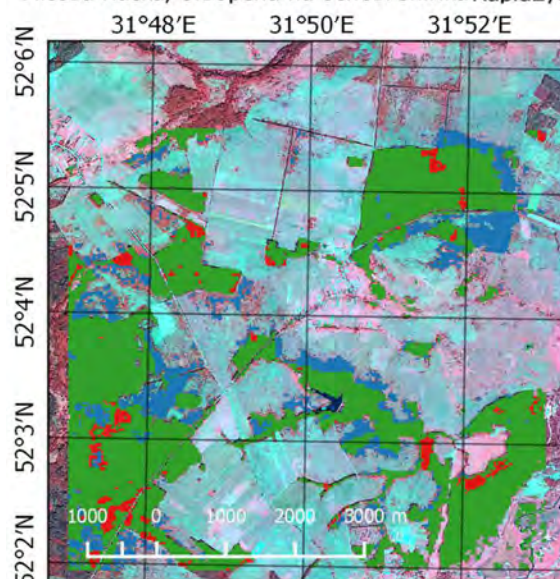
Табл. Точність тематичних карт для території досліджень

Набір даних	Розмір пікселя (м)	Площа лісового покриття, га	User's accuracy, %	Producer's accuracy, %	Скоригована площа лісового покриття, га	Довірчий інтервал за ймовірності 0,95, га
apidEye	5×5	1594	99	97	1657	36
GFC	30×30	1571	86	77	1594	90

Отже, треба зазначити, що глобальна карта GFC відображає лісовий покрив території досліджень із допустимою точністю. Для неї типовими є помилки пропуску даних, звідси – відносно низьке значення показника producer's accuracy (77 %). Проведений аналіз підтвердив попередньо зроблені висновки під час побудови класифікаційної моделі про високу точність лісової маски RapidEye. З метою візуалізації зроблено накладання розроблених тематичних карт на супутниковий знімок IKONOS (рис. 2).



Лісова маска, створена на основі знімка RapidEye



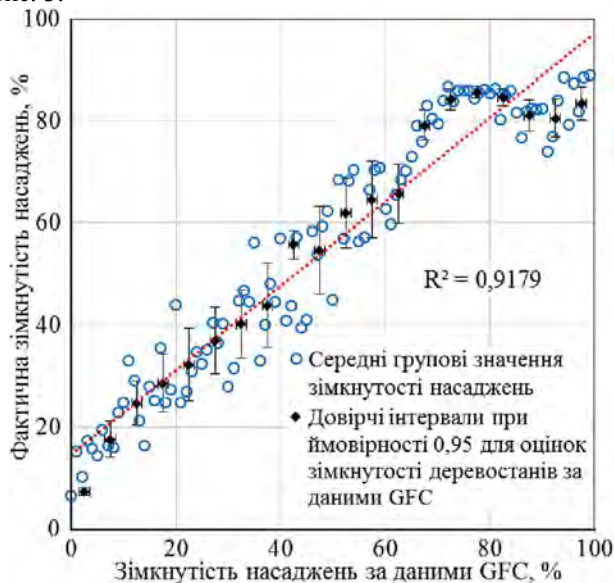
Лісова маска, одержана за даними карти GFC

■ Лісовий покрив ■ Втрати лісів ■ Лісовідновлення

Рис. 2. Лісовий покрив дослідного полігону відповідно до даних супутникового знімка RapidEye та глобальної карти GFC

На основі візуального аналізу теж треба відзначити високу узгодженість обох тематичних карт.

Обговорення отриманих результатів. Також досліджено наскільки узгоджуються фактичні показники глобальної карти GFC із фактичними даними, отриманими внаслідок дешифрування супутникового знімка RapidEye. Щоб зменшити вплив геометричних помилок канал *treecover2000* приведено до просторового розрізнення 90 м. Для ділянок, де відбулося відновлення лісів, приписано значення зімкнутості 40 %, а втрати лісів – 0 %. Фактичну зімкнутість насаджень обчислено як відповідну зональну статистику для кожного пікселя даних GFC розміром 90 x 90 м. Отримані результати на основі вибірки обсягом 5694 спостережень наведено на рис. 3.



**Рис. 3.** Співвідношення між зімкнутістю деревостанів та результатами її оцінки за даними глобальної карти лісового покриття GFC

Загалом наведена на рис. 3 інформація відтворює раніше зроблені висновки для лісів Полісся України (Lakyda, Myroniuk, & Hilitukha, 2014). Незважаючи на тісний зв'язок, для глобальної карти змін лісового покриття GFC характерним є певне заниження фактичної зімкнутості насаджень у діапазоні від 0 до 60 %. Проте ця обставина істотно не позначається на точності тематичного дешифрування лісових насаджень методом порогової класифікації. Отримані результати підтверджують спроможність глобальної карти динаміки лісових екосистем GFC оцінювати площу лісів навіть для локальних об'єктів Полісся України.

**Висновки.** За результатами виконаних досліджень можна зробити кілька важливих висновків. По-перше, мультиспектральні супутникові знімки RapidEye є важливим джерелом геопросторової інформації про ліс і дають змогу створювати тематичні карти з високою точністю. Класифікація супутникових знімків методом RF характеризується простотою у формуванні навчальної вибірки і дає змогу поєднувати, окрім спектральних, допоміжні набори даних, що підвищує загальну точність результатів. Глобальна карта змін лісового покриття GFC у цілому адекватно відображає стан лісового покриття для умов Полісся України, а тому може використовуватися для підготовки тематичних картографічних матеріалів різного просторового розрізнення. Оцінки площі лісового фонду на території тестового полігону виявилися узгодженими із даними, отриманими за супутниковими знімками RapidEye.

## Подяки

Наукова робота виконана за підтримки Міністерства освіти і науки України та Державного фонду фундаментальних досліджень України.

## Перелік використаних джерел

- Berberoglu, S., Donmez, C., Özkan, C., & Sunar, F. (2008). Percent tree cover mapping from Evisat MERIS and MODIS data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B8, pp. 1115–1119. Beijing 2008.
- Chirici, G., Mura, M., McNerney, D., Py, N., Tomppo, E. O., Waser, L., Travaglini, D. & McRoberts, R. E. (2016). A meta-analysis and review of the literature on the k-Nearest Neighbors technique for forestry applications that use remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 176, 282–294. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.001>
- Coulston, J. W., Moisen, G. G., Wilson, B. T., Finco, M. V., Cohen, W. B., & Brewer, C. K. (2012). Modeling percent tree canopy cover: a pilot study. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 78(7), 715–727.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Lakyda, P. I., Myroniuk, V. V., & Hilitukha, D. V. (2014). Analiz ta interpretatsiia karty vysokoho prostorovoho rozrinnia lisovykh ekosystem Polissia Ukrainy. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 4, 5–9. [in Ukrainian].
- Latifi, H., Fassnacht, F. E., Hartig, F., Berger, C., Hernández, J., Corvalán, P., & Koch, B. (2016). Stratified aboveground forest biomass estimation by remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 229–241. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.01.016>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.025>
- McRoberts, R. E., Vibrans, A. C., Sannier, C., Næsset, E., Hansen, M. C., Walters, B. F., & Lingner, D. V. (2016). Methods for evaluating the utilities of local and global maps for increasing the precision of estimates of subtropical forest area. *Canadian Journal of Forest Research*, 46, 924–932. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0064>
- Myroniuk, V. V., & Heorhiian, M. I. (2017). Zastosuvannia stratyfikovanoi vybirky dlia rehionalnoi otsinky ploshchi lisiv Ukrainy za danymy hlobalnykh kart lisovoho pokryvu. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 1, 69–74. [in Ukrainian].
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Sannier, C., McRoberts, R. E., & Fichtel, L. (2016). Suitability of Global Forest Change data to report forest cover estimates at national level in Gabon. *Remote Sensing of Environment*, 173, 326–338. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.10.032>
- Schepaschenko, D., See, L., Lesiv, M., McCallum, I., Fritz, S., Salk, C., Moltchanova, E., Perger, C., & Shchepaschenko, M. (2015). Development of a global hybrid forest mask through the synergy of remote sensing, crowdsourcing and FAO statistics. *Remote Sensing of Environment*, 162, 208–220. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.02.011>
- Sexton, J. O., Song, X., & Feng, M. (2013). Global, 30-m resolution continuous fields of tree cover: Landsat-based rescaling of MODIS vegetation continuous fields with lidar-based estimates of error. *Digital Earth*, 6(5), 427–448. <https://doi.org/10.1080/17538947.2013.786146>
- Shimada, M., Itoh, T., Motooka, T., Watanabe, M., Shiraishi, T., Thapa, R., & Lucas, R. (2014). New global forest/non-forest maps from ALOS PALSAR data (2007–2010). *Remote Sensing of Environment*, 155, 13–31. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.014>



## СОГЛАСОВАННОСТЬ ОЦЕНОК ПЛОЩАДИ ЛЕСОВ ПО ДАННЫМ ГЛОБАЛЬНОЙ КАРТЫ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСНОГО ПОКРОВА И МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Рассмотрена методика использования глобальной карты изменений лесного покрова Global Forest Change (GFC) для картирования и определения площади лесов на относительно небольших территориях. Для этого выполнено сравнение точности классификации и интервальных оценок площади лесного покрова, полученным по результатам дешифровки мультиспектрального спутникового снимка RapidEye и карты GFC. С целью создания опорного набора данных применены случайная выборка объемом более 4000 наблюдений и непараметрический метод классификации Random Forest (RF). На основании статистического анализа установлено, что на точность классификации наибольшее влияние имеют три спектральные каналы спутникового снимка (NIR, Red, Red-Edge) и четыре вспомогательных топографических переменные (X, Y, высота над уровнем моря, уклон). Для оценки показателей точности классификации использован дополнительный набор данных объемом около 2000 наблюдений. Определена ошибка классификационной модели (1,6 %) на основе части наблюдений, которые не принимали участие в построении деревьев решений. Подтверждено, что мультиспектральные спутниковые снимки RapidEye являются важным источником геопространственной информации о лесных экосистемах и позволяют создавать тематические карты с высокой точностью. В результате установлено, что карта GFC обеспечивает высокую точность (около 75–85 %) дешифровки покрытых лесной растительностью участков, а ее данные согласуются с фактическими показателями сомкнутости древостоев. На основе этого можно утверждать о целесообразности применения карты GFC для картографирования лесного покрова на территории Полесья Украины. В целом надо признать, что созданные на основе данных GFC лесные карты могут быть уместными при отсутствии точных картографических материалов.

**Ключевые слова:** лесная маска, точность, Global Forest Change, Rapid Eye, Random Forest.

V. V. Myronyuk, A. M. Bilous

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

## CONSISTENCY OF FOREST AREA ESTIMATES ACCORDING TO GLOBAL FOREST CHANGE DATA AND MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGE

The paper describes the technique of application of Global Forest Change (GFC) data for mapping and assessment of forested area for relatively small areas. For a study area of 45 km<sup>2</sup> established in the Chernigov region of Ukraine, the utilities of global and local forest maps were compared. In order to create a reference dataset, we used 4000 randomly distributed sampling points and nonparametric classification method Random Forest (RF) applied to RapidEye image. The influence of each predictor variable was estimated, so that we found three spectral bands (NIR, Red, Red-Edge) and four topographic ancillary variables (X, Y, elevation, slope) have the greatest impact on accuracy of the classification. The forest inventory database which includes the stand level variables as well as land cover information was used to distinguish forested and non-forested lands. The RF classifier was trained up using such land cover categories like forests (two classes), agricultural lands (two classes), grasslands, wetlands (two classes) and other lands. We assessed the performance of classification applying error matrix using additional 2000 random validation points. We have estimated the classification error to be 1.6 %, thus we have concluded that forestry-related thematic maps based on RapidEye images have high accuracy. GFC data were processed in Google Earth Engine API by custom java-scripts. We applied 40 % threshold for treecover2000 layer of GFC data to separate forested and non-forested areas. Afterwards we removed from the map all pixels where loss = 1 and added those with gain = 1. We estimated classification accuracy and confidential intervals of forested area both for maps derived from multispectral satellite image RapidEye and GFC data. The result demonstrated that the GFC data provided high accuracy (about 75–85 %) for delineating forested area, thus percent tree cover of GFC data are consistent with actual canopy cover of forest stands. We found that GFC data tends to have omission errors because of coarse spatial resolution. Finally, we concluded the feasibility of application of GFC data for mapping forests across Polissia of Ukraine. Thus, the CFC maps may be an attractive if local maps are not available or cannot be constructed.

**Keywords:** forest mask; accuracy; Global Forest Change; Rapid Eye; Random Forest.