

АКТУАЛІЗАЦІЯ ВІДОМОСТЕЙ ПРО ЗЕМЛІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

К.О. Прядка, В.А. Пересадько

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків 61000, Україна,
kpryadka@gmail.com

Проаналізовано можливість використання космічних знімків Landsat у процесі підготовки вихідних даних для оновлення картографічного матеріалу окремого лісництва. Розглянуто перспективи інтенсифікації використання даних дистанційного зондування Землі для потреб прийняття управлінських рішень угалузі лісового господарства у зв'язку із затвердженням “Стратегії реформування лісового господарства України на період до 2022 року”. Проаналізовано досвід використання космічних знімків Landsat для вирішення практичних завдань у галузі моніторингу природного середовища, ведення природозахисної роботи, керування заходами, спрямованими на відновлення та нормалізацію відсотку лісового покриття у різних країнах світу, серед яких Фінляндія, Сполучені Штати Америки, Канада та Індія. З'ясовано переваги та недоліки застосування вказаного методу отримання картографічної інформації, зазначено особливості обробки вказаних знімків за найхарактернішими ознаками шуканого об'єкта. Проведено практичний експеримент, результатом якого є підготовка вихідних даних для окремого лісництва, що знаходиться в межах Харківської області. На основі цього експерименту надано короткий аналіз успішності застосування методу.

Ключові слова: дистанційне зондування, Landsat, космічний знімок, дешифрування, лісгосп, лісництво, лісовкриті території, групування, ГІС.

Постановка проблеми. Існуюча нині система обліку та управління лісовими ресурсами в Україні неодноразово зазнавала спроб реформування та введення до сучасних вимог європейського і світового досвіду ведення лісного господарства. Такі спроби стосувалися не лише принципів обліку деревини, відновлення і сталого розвитку лісових масивів, а й проблем забезпечення якісними картографічними матеріалами для потреб прийняття зважених управлінських рішень. Тим не менш процес уніфікації вимог до ведення картографічних даних на сьогодні не завершено, у нормативних документах відсутні єдині вимоги до засобів та інструментів збору інформації, вибір методів створення або оновлення матеріалів ухвалюють лісовпорядники окремих підприємств. Черговим кроком розв'язання існуючих проблем стало визначення засіданням Кабінету Міністрів України 15 листопада 2017 р. “Стратегії реформування лісового господарства України на період до 2022 року”, яка включає “вдосконалення системи лісовпорядкування, інвентаризації й моніторингу лісів на основі геоінформаційних технологій” [19].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробкою методик застосування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в управлінні лісовими ресурсами на теренах України займаються С.І. Ареф'єва, О.В. Барладін, О.Ю. Скляр, Л.І. Миколенко, Х.В. Бурштинська, Б.В. Поліщук, О.Ю. Ковальчук, М.П. Слободяник та ін.

Зокрема, публікації С.І. Ареф'євої, О.В. Барладіна, О.Ю. Скляра [1–3] присвячені розробкам

програмного забезпечення для уніфікації та з обробки ГІС даних у відповідності до управлінських рішень. Дослідження Х.В. Бурштинської, Б.В. Поліщук, О.Ю. Ковальчука, стосуються природничого аналізу стану лісів із використанням засобів ДЗЗ [4]. Роботи вчених, серед яких — В.В. Омельчук, М.П. Фомін, Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Т.М. Квартич, спрямовані на вирішення технічних питань створення та реалізації систем моніторингу не тільки лісових масивів, а й окремих природних комплексів взагалі [5–9].

Не вирішені раніше частини загальної проблеми. Згадані вище наукові доробки роблять важливий внесок у теоретичну частину питання збору та обробки польової інформації. Тим не менш зазначена наукова думка не завжди може бути повністю зрозумілою кінцевому користувачу — лісовпорядному інженеру лісгосподарського підприємства, що може зводити нанівець результати всіх наукових праць. Інформація, що розглядається в наукових виданнях, є загальною, але іноді її важко застосувати до окремих малих лісгосподарських об'єктів. Таким чином, перед створенням великої та всеохопної ГІС з управління лісовими ресурсами насамперед виникає необхідність отримати інформацію про найменшу ланку — лісництво. Якщо окреме лісництво не може дозволити собі коштовні засоби моніторингу та актуалізації картографічної інформації, необхідно розглянути спосіб отримання інформації шляхом ДЗЗ та розробити методики, адаптовані до українських реалій.

Метою статті є дослідження можливості застосування безкоштовних супутникових знімків Landsat 8 у процесі моніторингу та актуалізації картографічної інформації окремого лісництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зображення з системи супутників Landsat найбільш широко застосовуються кінцевими користувачами, що займаються тематичним картографуванням і моніторингом рослинного покриву. Це пояснюється декількома причинами: 1) програма Landsat бере свій початок з 1970 р., що надає можливість використовувати більш як 40-річний масив даних; 2) відповідність спектральних каналів сенсорів TM (Thematic mapper) і ETM+ (Enhanced thematic mapper) дає змогу забезпечити наступність і сумісність з раніше накопиченим масивом даних Landsat; 3) зручна роздільна здатність для регіонального картографування (30 м у мультиспектральному діапазоні для TM/ETM+); 4) 6 спектральних каналів сенсорів Landsat реєструють наземну рослинність, що дає змогу на їх основі отримати вегетаційні індекси (NDVI, RVI, SAVI, GEMI та ін.).

Американські вчені Cohen і Spies, які порівнювали просторові та і спектральні характеристики Landsat TM і французького супутника SPOT HRV (High Resolution Visible), дійшли висновку, що, незважаючи на вищі просторові характеристики HRV, якщо використовувати тільки просторові показники, TM є прийнятнішим для оцінювання лісів. Інший колектив учених (Lefsky et al., 2001) досліджував поведінку п'яти сенсорів (Landsat TM, AVIRIS, ADAR і LiDAR sensor) для оцінювання показників лісового насадження. Команда прийшла до висновку, що використання двох сенсорів (ADAR і AVIRIS) для комбінування високої просторової і спектральної здатності несуттєво покращує моделювання показників насаджень [13, с. 38].

Для оцінювання дефоліації бореальних лісів учені з Фінляндії використовували мультиспектральні та панхроматичні знімки аерофотознімання у поєднанні з даними національної бази лісової інвентаризації. Супутникові знімки були використані для виявлення спектральних характеристик пологів лісів, знімки аерофотознімання — для виявлення текстури пологів, а дані пробних площ національної інвентаризації — як контрольні під час оцінювання дефоліації. Були застосовані класифікації зважених відстаней та найближчого сусіда (KNN). На рівні пробних площ точність класифікації для трьох класів дефоліації (без дефоліації, слабка і сильна) становила 56 % (коефіцієнт Каппа). Найкориснішими для вивчення дефоліації стали 4-й і 5-й спектральні канали знімків Landsat TM [11, с. 1235].

Велика кількість робіт, заснованих на використанні супутникових знімків Landsat, присвячена оцінюванню можливості визначення таксаційних показників (віку, зімкнутості пологів, висоти дерев) за спектральними характеристиками. Американські

вчені проаналізували взаємозв'язок між значеннями спектральної яскравості каналів Landsat ETM+ і таксаційними показниками комерційних посадок сосни ладанної у східній частині штату Техас. Для моделювання показників віку і густоти насаджень була застосована багатоваріантна регресія. Лінійна комбінація NDVI, ETM4/ETM3 (відношення каналів 3 і 4 ETM+) та індексу вологості функції “tasseled cap” показала найкращу екстраполяцію віку насаджень ($R^2=78\%$) порівняно з іншими комбінаціями спектральних каналів і відповідних індексів. Проте моделі, що включають трансформовані спектральні канали, не підвищили точність екстраполяції густоти пологів ($R^2=60\%$). Результати принципального компонентного аналізу (principal component analyses), проведеного для стиглого насадження (старше 18 років), дали достовірну інформацію про зв'язок між структурою пологів і спектральними значеннями, отриманими сенсором ETM+ [18, с. 237].

Дані дистанційного зондування Landsat ETM+ були використані для виявлення потенційних земель лісовідновлення в Індії. Досліджувані площі лісів класифіковані з використанням NDVI, тоді як вологість ґрунтів визначено за допомогою розподілу індексу вологості ґрунтів SWI (Soil Wetness Index). На підставі цих двох індексів були отримані тематичні карти, на яких землі під можливе лісовідновлення мали нормальну вологість і низьку густоту лісу або його відсутність. Результати досліджень показали, що від 13 до 23 % досліджуваної території в Індії мають потенціал для активного лісовідновлення, а 53 % — для трав'яної рослинності [12, с. 1037].

Карта порушень (вирубки, пожежі) між 1990—2000 рр. для наземних екосистем Північної Америки (США і Канада) була розроблена з використанням програми LEDAPS (Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System) і архіву супутникових знімків Landsat. Результати дослідження свідчать про те, що індекс порушення, розрахований на основі динаміки змін після перетворення Tasseled Cap, щорічно становить 2—3 % для території США і Канади [16, с. 720].

Окремо розвивається напрям наукової думки стосовно екологічного моделювання розвитку лісових територій засобами ДЗЗ [14, 15, 17, 18].

Літературний аналіз інформації щодо картографування рослинного покриву показує наявність великих розбіжностей між різними дослідженнями, тому валідація даних на регіональному рівні залишається важливим етапом для оцінювання точності карт рослинності. Незважаючи на збільшення кількості методів розпізнавання рослинного покриву, виробництво точних карт та відображення змін у регіональному земле- і лісокористуванні залишається складним питанням.

Об'єктом запропонованого дослідження обрано лісництво Кочетоцьке-1, що входить до складу Державного підприємства “Чугуєво-Бабчанське лі-



Рис. 1. Фрагмент плану лісонасаджень лісництва Кочетоцьке-1 [19]
Fig. 1. A fragment of the Kochetok forest plantation-1 forestry [19]

сове господарство”, створеного на підставі наказу Міністерства лісового господарства України від 31.10.1991 р. № 133 “Про організаційну структуру управління лісовим господарством України”. Підприємство засновано на державній власності, на-

лежить до сфери управління Державного агентства лісових ресурсів України та входить до сфери управління Харківського обласного управління лісового та мисливською господарства.

ДП “Чугуєво-Бабчанський лісгосп” розташований у центральній частині Харківської області на території Чугуївського, Печенізького, Зміївського та Шевченківського адміністративних районів. Загальна площа земель становить 22074,0 га, з них лісництво Кочетоцьке-1 — 2619,0 га. План лісонаса-

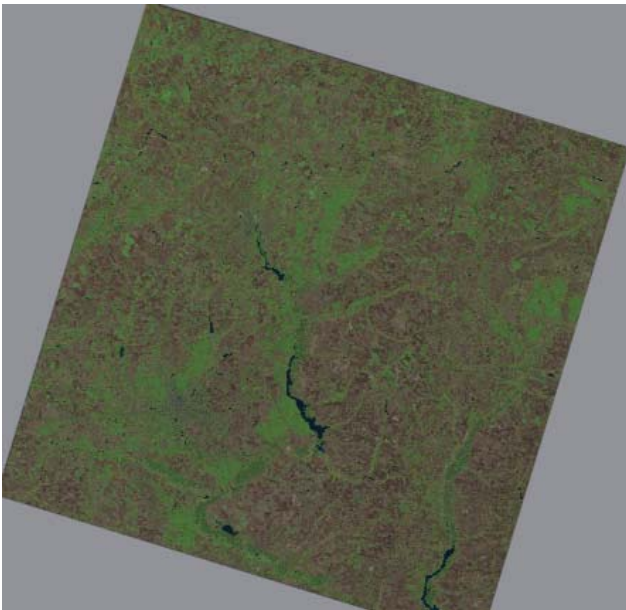


Рис. 2. Вихідне супутникове зображення [20]
Fig. 2. The original satellite image



Рис. 3. Об’єднані характерні ділянки
Fig. 3. Plots, united on the basis of characteristics



Рис. 4. Об'єкти, що відповідають критеріям пошуку
Fig. 4. Objects that match the search criteria



Рис. 5. Шуканий об'єкт
Fig. 5. The searched object

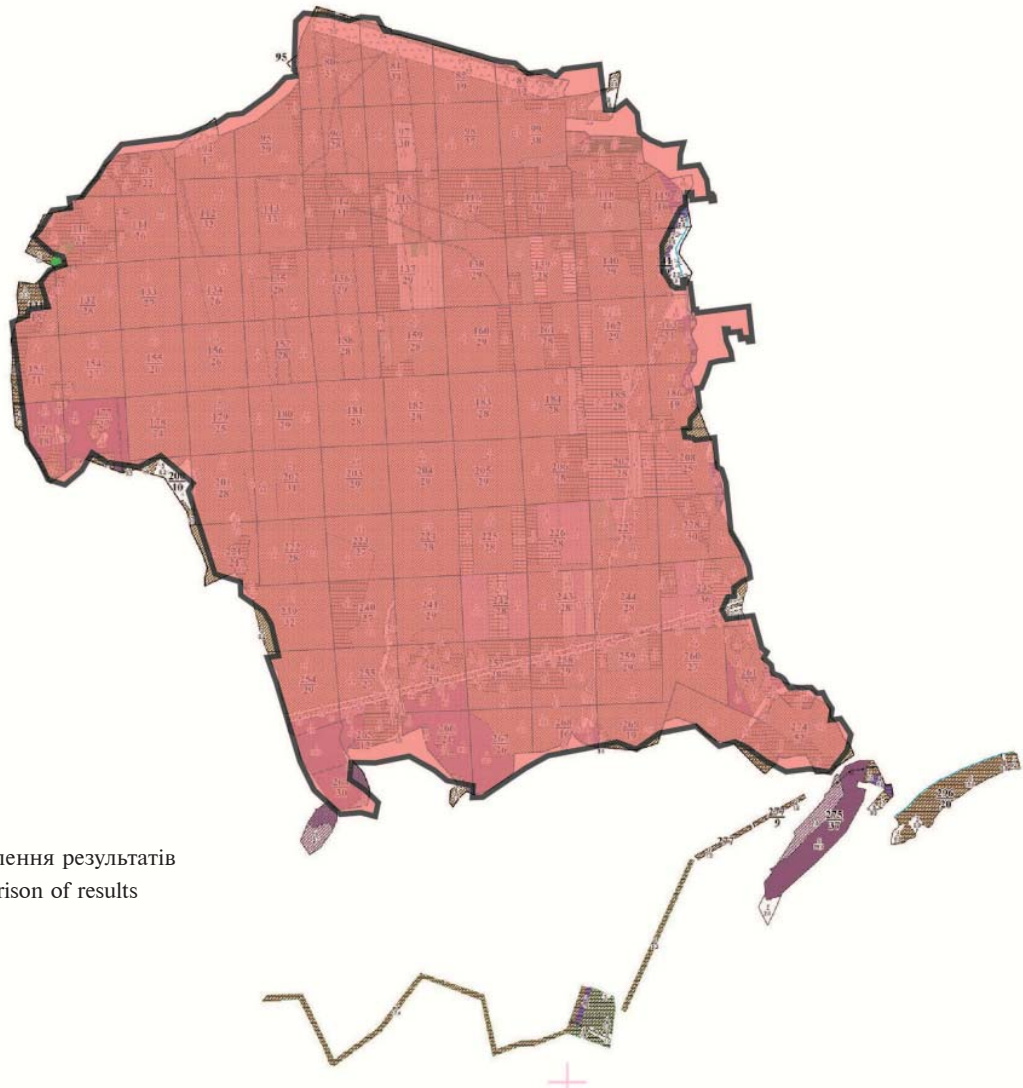


Рис. 6. Зіставлення результатів
Fig. 6. Comparison of results

джен (рис. 1) лісництва масштабу 1:25 000 був розроблений відповідно до лісовпорядкування у 2006 р.

Актуалізацію інформації було розпочато з відбору супутникового знімка Landsat 8 OLI на досліджувану територію [20].

Знімок обирали з урахуванням погодних умов на час знімання та пори року. Для аналізу було взято знімок, зроблений восени 2017 р. Перевагу надали осінньому періоду знімання

у зв'язку із завершенням сезонних аграрних робіт та відсутністю на полях культур, що могли бути помилково розпізнані як деревні насадження.

Враховуючи необхідність аналізу великого масиву даних (знімок охоплює північну частину Харківської області та південь Білгородської), вихідне зображення (рис. 2) було оброблене з використанням функції автоматичного розпізнавання Feature Extraction програмного продукту ENVI 5.0.

При виборі послідовності обробки знімка застосований принцип сегментації — інструмент, що автоматично розділяє зображення на сегменти, групує сусідні пікселі з однаковими характеристиками (відбивною здатністю, кольором, текстурою). Після групування пікселів за характерними ознаками (рис. 3) до зображення були застосовані так звані правила пошуку, що відповідали б найхарактернішими ознакам об'єкта та спрощували процес аналізу.

Враховуючи особливості об'єкта, серед усіх правил було обрано декілька, що найточніше опишуть властивості шуканої території: відбивна здатність, площа в пікселях та коефіцієнт подібності до прямокутника. Кожен з цих показників, за різними ознаками, у сукупності дав змогу звузити коло при відборі елементів місцевості. Так, застосування показника відбивної здатності листя на піку цвітіння ($\geq 0,5$) у поєднанні з аналізом знімка осіннього періоду дало змогу відкинути більшість території, відбивна здатність якої не відповідає параметрам. Для досліджувального лісництва це відкриті земельні ділянки, зайняті під сільське господарство, врожай на яких щойно прибрано.

Знаючи розміри шуканого об'єкта — 2619,0 га (26 190 000 м²), а також те, що отриманий знімок мав просторову роздільну здатність 30 м (90 м² в 1 пікселі), розрахували, що у лісництва має бути площа, яка становить $\leq 291\ 000$ пікселів. Ця інформація допоможе відкинути великі лісові масиви, які не було відсіяно на попередньому етапі.

Коефіцієнт подібності до прямокутника у цьому випадку не є основним критерієм відбору, проте застосовується для відфільтрування об'єктів прямокутної форми та антропогенного походження (зокрема, ділянки полів, де ще не завершилися сільськогосподарські роботи). Тому застосований коефіцієнт подібності до прямокутника становив 0,0—0,5.

Таким чином, задавши основні параметри пошуку, з попередньо класифікованого зображення отримали потенційні об'єкти аналізу (рис. 4).

У результаті простого візуального аналізу можемо знайти об'єкт, який відповідає вихідним вимогам, або змінити налаштування і повторити пошук знову у разі відсутності шуканого об'єкта. Результат аналізу можна експортувати, як звичайне растрове зображення, або у вигляді SHP-файлів з можливістю подальшої обробки у середовищі ГІС.

Якщо необхідно оновити картографічну інформацію для потреб лісовпорядкування подальшу обробку доцільно продовжити в середовищі ГІС. Робота з таким типом файлів дає змогу після попередньої геоприв'язки використовувати отримані дані для наступних аналітичних завдань.

Для верифікації результатів дешифрування території лісництва необхідно сумістити їх з наявною картографічною інформацією. Для цього було виконано геоприв'язку плану лісонасаджень лісництва Кочетоцьке-1 та зіставлено його межі з дешифрованим зображенням, у результаті чого встановлено незначний рівень розбіжності (рис. 6). Аналіз наведених результатів показав, що вихідне та експериментальне зображення збіжні на 87%, а площа дешифрованого полігона становила 22 785 334,594914 м² або 2278,5 га (2619 га за планом).

Таким чином, можна стверджувати про вдале проведення експерименту, хоча наведений метод не позбавлений недоліків.

Перш за все, до мінусів треба віднести повну відсутність малих частин лісництва у південній частині. Цей факт є основним недоліком методу, оскільки пошук більшої частини лісництва виключає можливість одночасного пошуку його малих частин, а отже, процедуру пошуку менших територій доведеться проводити окремо. Інший недолік може стосуватися не зовсім вірного збігу кордонів лісництва, на що може вплинути роздільна здатність аналізованого космознімка або застаріла картографічна інформація, відносно якої проводиться зіставлення. Тим не менш, з огляду на площу території, яку необхідно зняти класичними геодезичними методами за допомогою тахеометричного/теодолітного обходу чи ГНСС-знімання, виправлення окремих помилок шляхом коригування на місцевості вбачається суттєвою економією людських та матеріальних ресурсів.

Висновки. З урахуванням затвердження Кабінетом Міністрів України “Стратегії реформування лісового господарства України на період до 2022 року” важливість джерел достовірної інформації про лісові ресурси країни та роль ГІС в їх управлінні буде невинно зростати. Поряд з традиційними методами наземного геодезичного знімання ефективним способом моніторингу, оновлення та актуалізації картографічної інформації є отримання даних шляхом ДЗЗ. Використання космічних знімків Landsat 8 та їх аналіз за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ENVI 5.0 не можна назвати єдиним доступним методом отримання інформації, проте вказаний спосіб є одним із найшвидших і порівняно недорогих. Розглянуте джерело отримання інформації має низку недоліків, які, тим не менш, можливо усунути шляхом опрацювання зображень більшої роздільної здатності та удосконалення методики групування об'єктів пошуку.

Список бібліографічних посилань

1. Ареф'єва С.І. Розробка ГІС-сервера лісгосподарської галузі України. *Уч. зап. Таврич. нац. ун-та ім. В.И. Вернадського. Сер. Географія.* 2011. № 3. С. 24—32.
2. Барладін О.В. Використання даних дистанційного зондування Землі для створення електронних ресурсів. *Сучасні досягнення геод. науки та виробництва.* 2011. № 1. С. 162—167.
3. Барладін О.В., Скляр В.П. Використання геоінформаційних технологій для картографічного забезпечення актуальними даними лісового господарства. *Фотограметрія, геоінформ. системи та картографія.* 2011. № 2. С. 227—232.
4. Бурштинська Х.В., Поліщук Б.В., Ковальчук О.Ю. Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення. *Геодезія, картографія і аерофотознімання.* — 2013. № 78. С. 101—110.
5. Жолобак Г.М. Вітчизняний досвід супутникового моніторингу лісових масивів в Україні. *Косм. наука і технологія.* 2010. № 3. С. 46—54.
6. Карпінський Ю.О., Лященко А.А., Квартич Т.М. Концептуальні засади створення системи державного топографічного моніторингу місцевості. *Вісник геодезії та картографії.* 2011. № 3. С. 27—31.
7. Косенко Ю.Ю., Сосько С.П. Геоінформаційні системи в охороні довкілля, сільському та лісовому господарстві. Умань: УНУС, 2013. 127 с.
8. Омельчук В.В., Фомін М.П. Методика оцінки стану лісів України за даними дистанційного зондування Землі із космосу. *Вісник ЖНАЕУ.* 2009. № 1. С. 348—357.
9. Поліщук Б.В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів. *Геодезія, картографія і аерофотознімання.* 2008. № 70. С. 138—145.
10. Слободяник М.П. Використання методів ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу лісових ресурсів. *Вісник геодезії та картографії.* 2014. № 1(88). С. 27—31.
11. Giles M., Atkinson M., Peter W., Kelly K. Identification of Specific Tree Species in Ancient Semi-Natural Woodland from Digital Aerial Sensor Imagery. *Ecological Applications.* 2005. V. 15(4), P. 1233—1244.
12. Kumar S., Lisa G., Neven, Wee L. Yee. Assessing the Potential for Establishment of Western Cherry Fruit Fly Using Ecological Niche Modeling. *Journal of Economic Entomology.* 2014. V. 107(3). P. 1032—44.
13. Jinyao L., Xiaoping L., Kai L., Xia L. A Maximum Entropy Method to Extract Urban Land by Combining MODIS Reflectance, MODIS NDVI, and DMSPOLS Data. *International Journal of Remote Sensing.* 2014. V. 35(18). P. 37—41.
14. Jiajia L., Yunhong T., Ferry J. W. Topography Related Habitat Associations of Tree Species Traits, Composition and Diversity in a Chinese Tropical Forest. *Forest Ecology and Management.* 2014. V. 330, P. 75—81.
15. Mühlenberg M., Appelfelder J., Hoffmann H., Ayush E., Wilson K.J. Structure of the Montane Taiga Forests of West Khentii, Northern Mongolia. *Journal of Forest Science.* 2012. V. 58(2), P. 45—56.
16. Petrov A., Wessling J. Utilization of Machine-Learning Algorithms for Wind Turbine Suitability Modelling in Iowa, USA. *Wind Energy.* 2014. V. 18, P. 713—727.
17. Phillips S. J., Dudik M. Modeling of Species Distributions with Maxent: New Extensions and a Comprehensive Evaluation. *Ecography.* 2008. V. 31(2). P. 161—75.
18. Phillips S. J., Anderson R., Schapire R. Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions. *Ecological Modelling.* 2006. V. 190. P. 231—259.
19. Українське державне проектне лісовпорядне виробниче об'єднання ВО “Укрдержліспроект”. Офіційний сайт: <http://www.lisproekt.gov.ua>
20. U.S. Geological Survey URL: <https://glovis.usgs.gov>

Надійшла до редакції 08.05.2018 р.

АКТУАЛІЗАЦІЯ СВЕДЕНЬ О ЗЕМЛЯХ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

К.А. Прядка, В.А. Пересадыко

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков 61000, Украина

Дан анализ возможности использования космических снимков Landsat в процессе подготовки исходных данных для обновления картографического материала отдельного лесничества. Рассмотрены перспективы интенсификации использования данных дистанционного зондирования Земли для нужд принятия управленческих решений в области лесного хозяйства в связи с утверждением “Стратегии реформирования лесного хозяйства Украины на период до 2022 года”. Указаны особенности использования космических снимков Landsat для нужд решения практических задач в области мониторинга природной среды, ведения природоохранной работы, управления мероприятиями, направленными на восстановление и нормализацию процента лесного покрова в разных странах мира, в том числе Финляндии, США, Канады и Индии. Выявлены преимущества и недостатки применения указанного метода получения картографической информации, указаны особенности обработки использованных снимков по наиболее характерным признакам искомого объекта. Проведен практический эксперимент, результатом которого является подготовка исходных данных для отдельного лесничества, расположенного в пределах Харьковской области. На основе проведенного эксперимента предоставлен краткий анализ успешности применения метода.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, Landsat, космический снимок, дешифрирование, лесхоз, лесничество, лесопокрытые территории, группирование, ГИС.

METHODS OF REMOTE SENSING OF THE EARTH IN TASKS OF FOREST COVERED TERRITORIES DATA ACTUALIZATION

K. Priiadka, V. Peresadko

V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobodu sq., 4, Kharkiv 61000, Ukraine

Purpose. As the title implies, the article describes the problems of the use of remote sensing data for the purposes of forest management and use of forest resources. It gives a detailed analysis of the possibilities of using Landsat 8 space images with a resolution of 30 m/pixel for semi-automatic search of interest objects, using three screening criteria. It is shown that the current system of forestry accounting and management in Ukraine has repeatedly undergone attempts to reform and bring to the modern requirements of European and world experience in forestry. Nevertheless, the process of unification of the requirements for the management of cartographic information is not completed yet. **The purpose of the article** is to study the possibility of using Landsat 8 satellite images in the process of monitoring and updating the mapping information about the forestry.

Methods. The author's own achievements as well as the research results of domestic and foreign investigators made the methodical basis for the article.

Findings. Literature analysis of the information on the mapping of vegetation reveals shows, that there are existing large differences between different studies, therefore validation of data at the regional level remains an important point for assessing the accuracy of vegetation maps. Despite the growth of land-use detection methods, the production of precise maps and the reflection of changes in regional land and forest use remains a difficult issue. During the study was applied a segmentation principle — a tool that automatically divides the image into segments, grouping adjacent pixels with the same characteristics (reflectivity, color, texture) in ENVI 5.0. After grouping the pixels by the characteristic features the basic parameters search from the pre-classified image, were obtained potential objects of analysis.

Scientific novelty and practical significance. It has been found that analysis of the above results showed that the original and experimental images converge by 87 %. Along with the traditional methods of ground surveying, the effective way to monitor and update cartographic information is to obtain data by remote sensing. Using Landsat 8 satellite imagery and analyzing it with the help of the specialized software ENVI 5.0 cannot be called the only available method of obtaining information, but this method is one of the simplest and relatively inexpensive. This method of obtaining information has a number of shortcomings which, however, can be eliminated by processing larger resolution images and improving the method of grouping the desired objects.

Keywords: ERS, Landsat, space image, decryption, forestry, wooded area, grouping, GIS.

References

1. Aref'yeva S.I. Development of GIS-server of the forestry industry of Ukraine. *Uch. zap. Tavrych. nats. un-ta ym. V.Y. Ver-nadskoho. Ser. Heohrafiya*. 2011, no. 3, pp. 24—32 [in Ukrainian].
2. Barladin O.V. Using Earth Remote Sensing Data to Create Electronic Resources. *Suchas. dosyahn. heodez. nauky ta vyr-va*. 2011, no. 1, pp. 162—167 [in Ukrainian].
3. Barladin O.V., Sklyar V.P. Use of geoinformation technologies for mapping of relevant forestry data. *Fotohram., heoin form. systemy ta kartohr*. 2011, no. 2, pp. 227—232 [in Ukrainian].
4. Burshtyns'ka Kh.V., Polishchuk B.V., Koval'chuk O.Yu. Research of methods of classification of forests using space images of high distinction. *Heodeziya, kartohrafiya i aerofotoznmannya*. 2013, no. 78, pp. 101—110 [in Ukrainian].
5. Zholobak H.M Domestic experience of satellite monitoring of forest masses in Ukraine. *Kosm. nauka i tekhnolohiya*. 2010. no. 3, pp. 46—54 [in Ukrainian].
6. Karpins'kyi Yu.O., Lyashchenko A.A., Kvartych T.M. Conceptual basis for creating a system of state topographical monitoring of the area. *Visnyk heodeziyi ta kartohrafiyi*. 2011. no. 3, pp. 27—31 [in Ukrainian].
7. Kosenko Yu.Yu., Son'ko S.P. Heoinformatsiyni systemy v okhoroni dovkillya, sil's'komu ta lisovomu hospodarstvi. *Uman': UNUS*, 2013, 127 p. [in Ukrainian].
8. Omel'chuk V.V., Fomin M.P. Methodology of assessing the condition of forests of Ukraine according to the data of remote sensing of the Earth from the cosmos. *Visn. ZhNAEU*. 2009. no. 1, pp. 348—357 [in Ukrainian].
9. Polishchuk B.V. Modern achievements and problems in research on the development and condition of forests. *Heodeziya, kartohrafiya i aerofotoznmannya*. 2008. no. 70, pp. 138—145 [in Ukrainian].
10. Slobodyanyk M.P.. The use of remote sensing and GIS methods for monitoring forest resources. *Visnyk heodeziyi ta kartohrafiyi*. 2014. no. 1, pp. 27—31 [in Ukrainian].
11. Giles M., Atkinson M., Peter W., Kelly K. Identification of Specific Tree Species in Ancient Semi-Natural Woodland from Digital Aerial Sensor Imagery. *Ecological Applications*. 2005, vol. 15(4), pp. 1233—1244.
12. Kumar S., Lisa G., Neven, Wee L. Yee. Assessing the Potential for Establishment of Western Cherry Fruit Fly Using Ecological Niche Modeling. *Journal of Economic Entomology*, 2014, vol. 107(3), pp. 1032—1044.
13. Jinyao L., Xiaoping L., Kai L., Xia L. A Maximum Entropy Method to Extract Urban Land by Combining MODIS Reflectance, MODIS NDVI, and DMSPOLS Data. *International Journal of Remote Sensing*, 2014, vol. 35(18), pp. 37—41.

14. Jiajia L., Yunhong T., Ferry J. W. Topography Related Habitat Associations of Tree Species Traits, Composition and Diversity in a Chinese Tropical Forest. *Forest Ecology and Management*, 2014, vol. 330, pp. 75–81.
15. Mühlenberg M., Appelfelder J., Hoffmann H., Ayush E., Wilson K. J. Structure of the Montane Taiga Forests of West Khentii, Northern Mongolia. *Journal of Forest Science*, 2012, vol. 58(2), pp. 45–56.
16. Petrov A., Wessling J. Utilization of Machine-Learning Algorithms for Wind Turbine Suitability Modelling in Iowa, USA. *Wind Energy*, 2014, vol. 18, pp. 713–727.
17. Phillips S.J., Dudik M. Modeling of Species Distributions with Maxent: New Extensions and a Comprehensive Evaluation. *Ecography*, 2008, vol. 31(2), pp. 161–75.
18. Phillips S.J., Anderson R., Schapire R. (2006). Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions. *Ecological Modelling*, 2006, vol. 190, pp. 231–59.
19. Ukrainian State Project Designing Forest Enterprise Production Association “Ukrderzhlisproekt”. Official site: <http://www.lisproekt.gov.ua>
20. U.S. Geological Survey. Official site: <https://glovis.usgs.gov>