

УДК 528.8

Прокопчук А. В., асистент, Янчук О. Є., к.т.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ АЗОТУ В РОСЛИННОМУ ПОКРИВІ

У статті наведено методику визначення відносних показників вмісту азоту у рослинному покриві на основі супутникових знімків. Представлену методику апробовано з використанням гіперспектрального знімку на частину території Львівської області.

Ключові слова: гіперспектральний знімок, вегетаційний індекс, NDVI, NDWI.

Постановка проблеми. З кожним роком забруднення навколишнього середовища, мінеральними добривами стає все масштабнішим. Причиною цього є нераціональне удобрення сільськогосподарських земель, в результаті якого надлишок нітратів потрапляє в ґрунтові води, річки, моря та океани. Також, надлишок азоту, викликаючи затримку цвітіння сільськогосподарських культур знижує їх урожайність.

Одним із засобів для контролю за цією проблемою, можуть слугувати картографи розподілу індексів рослинності, отримані на основі даних дистанційного зондування землі. Зокрема, проаналізувавши гіперспектральні цифрові знімки місцевості, можна визначити приховані для людського ока характеристики сільськогосподарських культур, наприклад рівень азоту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За останні роки з'явилася досить значна кількість статей, об'єктом досліджень в яких є дані дистанційного зондування Землі. В Україні дослідженням гіперспектральних знімків займається д.т.н. Станкевич С.А. [1], який в своїх роботах розробив методи та запропонував алгоритми для оцінки інформативності та оптимізації гіперспектральних зображень. Широко досліджуються питання моніторингу стану рослинності за супутниковими знімками, зокрема методи прогнозування урожайності сільськогосподарських культур [2, 3].

Постановка завдання. На сьогодні однією з основних характеристик, яка описує загальний стан рослинності на певній території, є нор-

малізований відносний вегетаційний індекс NDWI [4] – кількісний показник фотосинтетично-активної біомаси рослин. Із винайденням гіперспектральних сканерів та отриманням даних у вузьких спектральних діапазонах, з'явилась можливість визначати окремі якісні характеристики рослинного покриву (вміст азоту, лігніну, ацетатів та каротиноїдів, тощо). Для визначення вмісту азоту використовується індекс NDNI [5] – нормалізований відносний індекс нітрогену на основі якого можна побудувати карти удобрення сільськогосподарських угідь. Використовуючи такі карти можна суттєво знизити витрату азотних добрив, підвищити урожайність.

Визначити цей індекс можна з використанням гіперспектральних супутникових знімків. Для отримання точних результатів, важливим є виконання радіометричної та атмосферної корекції даних.

Метою даної роботи є апробація методики побудови картограми розподілу індексу NDNI, з використанням гіперспектрального знімку на частину території Львівської області.

Методика дослідження. Останніми роками все більшу увагу привертають дослідження з використанням мультиспектральних (або багатозональних) та гіперспектральних знімків, завдяки яким отримують численні якісні характеристики об'єктів на земній поверхні.

Мультиспектральні системи формують декілька окремих зображень для широких спектральних зон в діапазоні електромагнітного випромінювання від видимого до інфрачервоного. На відміну від мультиспектральних, гіперспектральні знімальні системи одночасно формують зображення для вузьких спектральних зон на всіх ділянках спектрального діапазону. Для гіперспектрального знімання важлива не кількість спектральних зон (каналів), а ширина зони та послідовність вимірювань. Інформативність гіперспектральних та мультиспектральних знімків можна оцінити за спектральними кривими (рис. 1).

Аналіз гіперспектральних зображень став одним із найефективніших та найпрогресивніших напрямків в обробці даних дистанційного зондування Землі. Гіперспектральні знімки на відміну від інших даних ДЗЗ дозволяють отримувати більш точну та детальну інформацію. На основі даних про величину відбитої енергії від об'єктів земної поверхні можна отримати величезний масив аналітичних матеріалів для створення на їх основі нової виконавчої продукції [6].

Одним із важливих завдань, які можна вирішувати з використанням гіперспектральної інформації – є побудова індексних зображень. Ці зображення будуються на основі «спектральних індексів» отриманих з використанням комбінацій значень яскравостей в окремих, інформативних для виділення досліджуваного об'єкта, каналах.

На даний час існує близько 160 варіантів вегетаційних індексів, кожен з яких був визначений емпірично на основі аналізу спектральних кривих відбиваючої здатності рослинності та ґрунтів. Важливий інтерес представляють індекси розраховані за даними з вузьких спектральних зон, до яких також належить Normalized Difference Nitrogen Index (NDNI) – індекс вмісту азоту в рослинному покриві [7]:

$$NDNI = \frac{\log\left(\frac{1}{P_{1510}}\right) - \log\left(\frac{1}{P_{1680}}\right)}{\log\left(\frac{1}{P_{1510}}\right) + \log\left(\frac{1}{P_{1680}}\right)}, \quad (1)$$

де P_{1510} і P_{1680} – зображення з певною, вказаною в основі, довжиною хвилі.

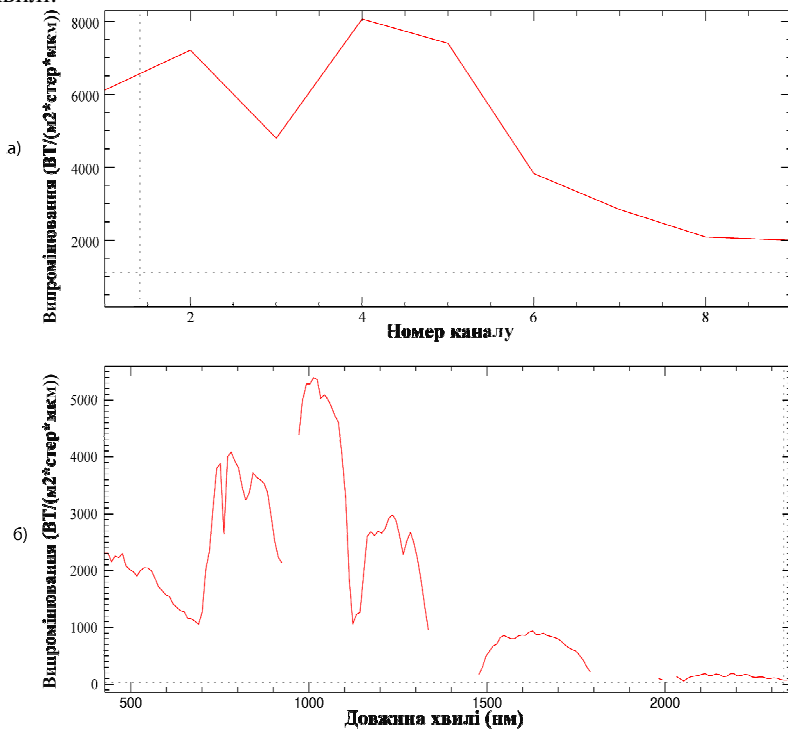


Рис. 1. Спектральні криві побудовані на основі відбиваючої здатності рослинності з використанням: а) мультиспектральних знімків; б) гіперспектральних знімків

Для розрахунку відносного вмісту азоту використовуються знімки зроблені в середньому інфрачервоному діапазоні (SWIR). Вегетаційні

індекси чутливі до хлорофілу в багатьох випадках відображають вміст азоту. В результаті азотного голодування, листки набувають блідо-зеленого кольору, зменшуються. І навпаки, за надлишку азоту пришвидшується ріст, утворюються рихлі тканини, затримується цвітіння [5, 8].

Виклад основного матеріалу. Вихідними даними для розрахунку індексу NDVI, були цифрові знімки місцевості зроблені гіперспектральним сканером HYPERION, встановленим на супутнику “Earth Observing-1” (EO-1).

HYPERION сканує поверхню землі в 242 спектральних зонах видимої та інфрачервоної області (рис. 2) з роздільною здатністю до 30 м. Цифрові зображення місцевості отримані в результаті роботи сканера мають ширину 7,65 км, довжину – 185 км [9].

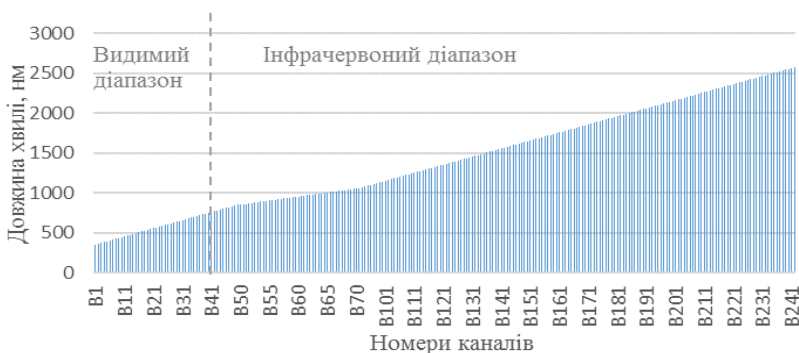


Рис. 2. Спектральне покриття модуля HYPERION

З врахуванням спектрального покриття модуля HYPERION формулу (1) можна записати у такому вигляді:

$$NDVI = \frac{\log(1/B_{136}) - \log(1/B_{153})}{\log(1/B_{136}) + \log(1/B_{153})}, \quad (2)$$

де B136, B153 – 136 та 153 канали з довжинами хвиль 1507,73 нм і 1679,2 нм відповідно.

Із сервера Геологічної служби США (USGS – United States Geological Survey) [10] завантажено знімок EO1N1820242009118110PX, на територію Львівської області, а саме частини Городоцького, Самбірського, Дрогобицького, Яворівського районів.

Перед тим як приступити до побудови картограми, потрібно виконати попередню обробку знімків, а саме:

- видалити шуми (аномалії);
- виконати атмосферну корекцію [11].

Обробка даних виконувалася в програмних комплексах: ENVI 5.1 та IDRISI SELVA. Корекції підлягали лише ті канали зображення, які використано для побудови індексного зображення, а саме: Band136 (рис. 3, а), Band153 (рис. 3, в).

Фільтрація аномалій (дефектів, які виникають через помилки роботи сканера та перешкод у атмосфері), здійснювалась з використанням методу аналізу головних компонент [12].

Атмосферна корекція (видалення помилок викликаних атмосферою та сонячним випромінюванням) виконувалась за допомогою модуля FLAASH [13, 14, 15].

Результати корекції представлені на рис. 3, б, 3, г.

На наступному етапі, за допомогою калькулятора зображень, за формулою (2) побудовано картограму розподілу індексу NDNI. Оскільки, отримані значення індексів для кожного пікселя знаходились в діапазоні від -1 до 1, виконано нормалізацію гістограми та її масштабування [11]. Завдяки цьому: суттєво покращилась контрастність, значення індексів були приведені до відсоткової шкали (рис. 4, а, б).

Візуальна ідентифікація типів рослинного покриву здійснювалась на основі композиту каналів 2, 4, 6 модуля ALI [16] супутника EO-1 (рис. 4, в), який являє собою зображення у звичних для людського ока кольорах.

Отримані результати можуть бути використані, не лише як вихідні дані для подальшого аналізу, а завдяки координатній прив'язці в системі WGS84, як готовий продукт для моніторингу вмісту нітрогену та планування внесення азотних добрив.

Результуючі значення індексів являють собою відносні показники вмісту азоту у рослинному покриві, які дозволяють визначити зони із низьким вмістом нітрогену, як для окремих полів так і для більших територій. Ці значення можуть бути інтерпретовані, та з врахуванням польових досліджень, перераховані в абсолютні показники.

Використовуючи композитне зображення (рис. 4, в) на картограмах розподілу індексу NDNI (рис. 4, а, б) вдалося ідентифікувати ділянки з низьким значенням індексу 0-40%, якими виявились сільськогосподарські угіддя без рослинного покриву, забудовані землі та водні об'єкти. Отже, отримані індексні зображення можна використовувати не лише для оцінки стану рослинності, а і для моніторингу за сходженням сільськогосподарських культур та за розширенням забудованих територій.

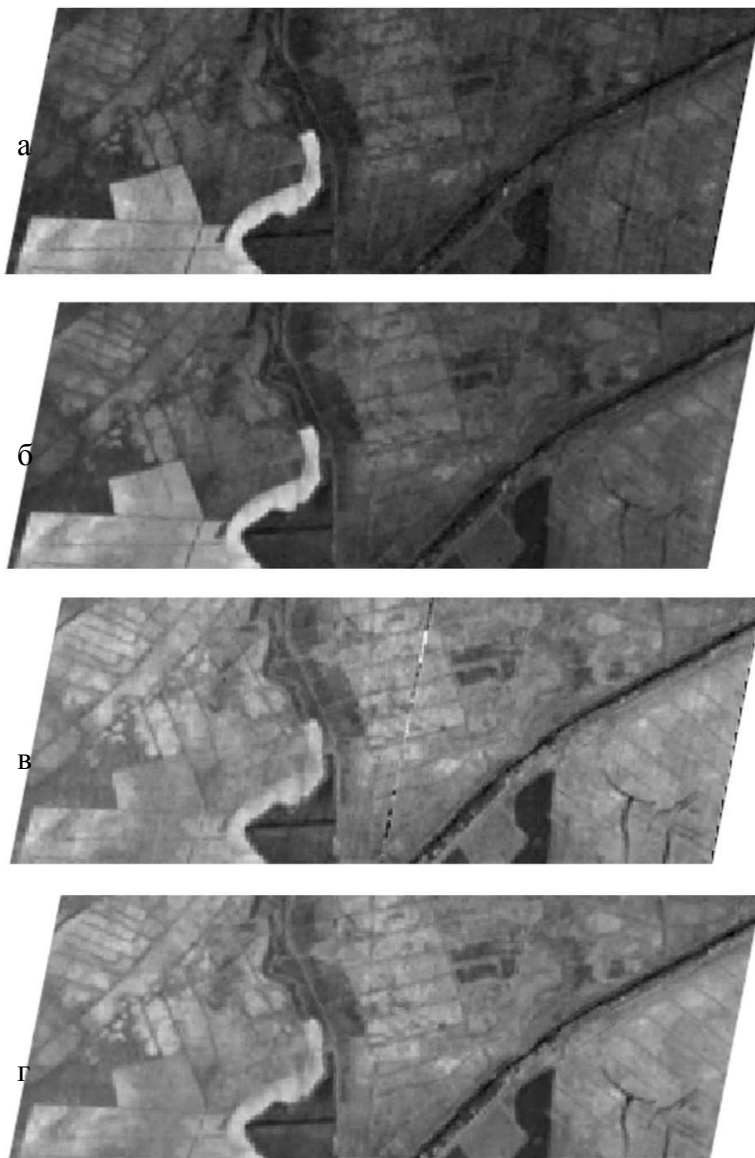


Рис. 3. Фрагменти зображень HYPERION: а) канал 136 до корекції; б) канал 136 після корекції; в) канал 153 до корекції; г) канал 153 після корекції

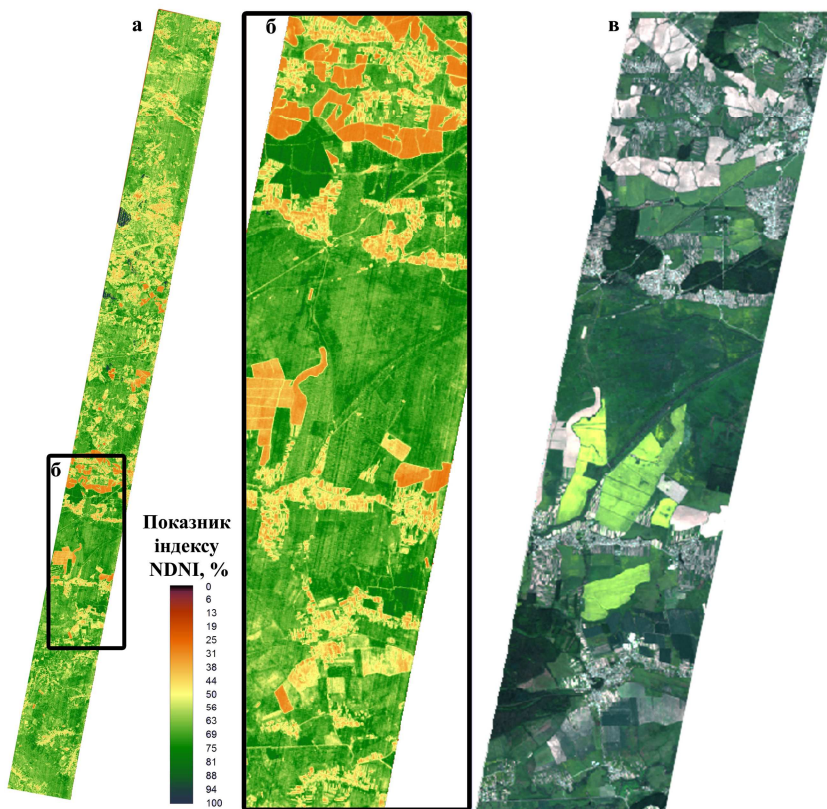


Рис. 4. Результуючі зображення: а), б) картограма розподілу індексу NDVI та збільшений фрагмент; в) композит каналів 2, 4, 6 (ALI, EO-1)

1. Станкевич С. А. Метод оцінювання інформативності гіперспектральних зображень в задачах дистанційного зондування землі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.07.12 "Дистанційні аерокосмічні дослідження" / С. А. Станкевич. – К., 2008. – 32 с.
2. Антонов В. Н. Мониторинг состояния посевов и прогнозирование урожайности яровой пшеницы по данным ДЗЗ / В. Н. Антонов, Л. А. Сладких // Геоматика. – 2009. – № 4. – С. 50–53.
3. Куссуль Н. Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур Украины по спутниковым данным / Н. Куссуль, Н. Ильин, С. Скаун, А. Лавренюк // International Book Series "Decision Making and Business Intelligence, Strategies and Techniques". – 2008. – № 3. – С. 103–109.

4. Crippen R. E. Calculating the Vegetation Index Faster / R. E. Crippen // Remote Sensing of Environment. – 1990. – Vol. 34. – P. 71–73. 5. Черепанов А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28–32. 6. Колесникова О. Н. Возможности ПК ENVI для обработки мультиспектральных и гиперспектральных данных / О. Н. Колесникова, А. С. Черепанов // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 24–27. 7. Serrano L. Remote sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data: Decomposing biochemical from structural signals / Lydia Serrano, Josep Penuelas, Susan L. Ustin // Remote Sensing of Environment. – 2002. – Vol. 81. – P. 355–364. 8. Siegmann B. Comparison of narrow band vegetation indices and empirical models from hyperspectral remote sensing data for the assessment of wheat nitrogen concentration / B. Siegmann, T. Jarmer, H. Lilienthal, N. Richter, T. Selige, B. Höfled. In: Proceedings of the EARSeL 8th SIG-Imaging Spectroscopy Workshop 2013, 08-10 April 2013, Nantes. 9. EO-1 / Hyperion Science Data User's Guide, Level 1_B [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://eo1.gsfc.nasa.gov/new/general/Disk2HyperionScienceDataUsersGuide_public_L1B.pdf. – Назва з екрану. 10. United States Geological Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://glovis.usgs.gov/>. – Назва з екрану. 11. Обработка данных ДЗЗ - Этапы обработки данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?table=Menu&id=26#menu4. – Назва з екрану. 12. Abdi H. Principal component analysis / H. Abdi, L.J. Williams // Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. – 2010. – Vol. 2. – P. 433–459. 13. Datt B. Hyperion data processing workshop: Hands-on processing instructions [Электронный ресурс] / Bisun Datt, David Jupp. – Режим доступа: ftp://ftp.eoc.csiro.au/pub/djupp/Hyperion/Workshop/Minimal_Set/Documents/Hyperion%20Data%20Processing%20Instructions.pdf. – Назва з екрану. 14. ENVI Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User's Guide [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: http://www.exelisvis.com/portals/0/pdfs/envi/Flaash_Module.pdf. – Назва з екрану. 15. Veli-Heikki Vesanto Atmospheric correction of a seasonal time series of Hyperion EO-1 images and red edge inflection point calculation [Электронный ресурс] / Veli-Heikki Vesanto. – 2012. – Режим доступа: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/36454/atmosphe.pdf?sequence=1>. – Назва з екрану. 16. EO-1 Satellite Imagery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.panorama.com/EO-1.html>. – Назва з екрану.

Рецензент: к.т.н., доцент Дмитрів О. П. (НУВГП)

Prokopchuk A. V., Assistant, Yanchuk O. E., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

USE SATELLITE IMAGES FOR THE DETERMINATION OF NITROGEN IN VEGETATION COVER

In article the method of using satellite images to determine the relative indices of nitrogen in vegetation is produced. The method was tested using hyperspectral image at a Lviv region fragment.

Keywords: hyperspectral image, vegetation index, NDNI, NDWI.

Прокопчук А. В., ассистент, Янчук А. Е., к.т.н., доцент
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ

В статье приведена методика определения относительных показателей содержания азота в растительном покрове на основе использования спутниковых снимков. Представленная методика апробирована с использованием гиперспектрального снимка на часть территории Львовской области.

Ключевые слова: гиперспектральный снимок, вегетационный индекс, NDNI, NDWI.
