

УДК 528.88+504.9

Р.М. ШЕВЧУК

ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ НЕЛЕГАЛЬНОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ

***Анотація.** У статті розглядається проблема верифікації результатів супутникового моніторингу територій нелегального видобутку бурштину. Запропоновано нову методiku верифікації даних ДЗЗ шляхом відбору проб поверхневих відкладів для спектрального аналізу. Перевагами її використання є дешевизна, оперативність, безпека дослідника. Зазначено, що методика носить універсальний характер і може бути використана при моніторингу територій видобутку корисних копалин, що видобуваються відкритим способом.*

***Ключові слова:** бурштин, нелегальний видобуток, верифікація, спектральний аналіз, супутниковий моніторинг.*

Вступ

При проведенні супутникового моніторингу територій видобутку корисних копалин відкритим способом досить важливим етапом є верифікація отриманих результатів. Методики оцінки нанесених державі збитків внаслідок незаконного користування надрами або видобутку корисних копалин без проведення рекультивації базуються на обчисленнях, в основі яких лежить площа порушених і забруднених земель. Тому від точності обчислення площі залежить коректність кінцевих результатів усього дослідження.

Існуючі методи верифікації даних, такі як наземні вимірювання та перевірка точності класифікації – матриця помилок, мають суттєві недоліки.

Недоліки наземного вимірювання зумовлені особливостями ведення незаконної діяльності: інтенсивністю, локальністю, криміналом. Інтенсивність видобутку призводить до постійної появи нових ділянок, що зумовлює необхідність регулярних вимірювань і, як наслідок, – великих фінансових затрат. Локальність характеризується наявністю великої кількості малих ділянок порушених земель на невеликій території, що вимагає часових затрат. Багато таких ділянок охороняються кримінальними елементами, і туди немає доступу або є ризик життя і здоров'ю дослідника.

Щодо застосування матриці помилок, то для цього необхідно мати еталон, в якості якого виступає знімок надвисокого розрізнення. Такі знімки є дорогими і в умовах відсутності фінансування ускладнюють виконання задачі. Неefективним цей метод також роблять геологічні особливості досліджуваної території. Основними типами ґрунтів Українського Полісся є дерново-підзолисті, дернові, дерново-піщані, що залягають на піщаному субстраті, який оголюється при порушенні ґрунтового покриву. Тому території нелегального видобутку бурштину і, приміром, вирубки лісів на багатозональних космічних знімках виглядають однаково через особливості сприйняття людським оком візуальної інформації або мають подібні відтінки у псевдокольорах. А повністю автоматизувати процес дешифрування через недосконалість алгоритмів розпізнавання образів неможливо, тому і виникає

потреба в розробці якісно нової методики верифікації даних обробки дистанційного зондування Землі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Слід зазначити, що проблема використання даних ДЗЗ для супутникового моніторингу територій нелегального видобутку бурштину вивчена недостатньо. Основні напрацювання в цьому напрямку висвітлені у роботах фахівців ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі» ІГН НАН України (В.Є. Філіпович, М.С. Лубський, Г.Б. Крилова), Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (В.О. Охарев), Національного університету водного господарства та природокористування (А.В. Прокопчук, С.М. Трохимець, Р.М. Янчук). У цих роботах досліджувалися можливості застосування багатозональних супутникових знімків для виявлення ділянок нелегального видобутку за рахунок текстурних, спектральних та температурних відмінностей піщаних відвалів від оточуючих об'єктів навколишнього середовища. Визначалася динаміка утворень таких відкладів шляхом обрахунку площ порушених земель за тривалий період з використанням різночасових космічних зображень. Проводилася оцінка завданих державі збитків внаслідок нелегального старательства.

Невирішені частини загальної проблеми

Незважаючи на певні напрацювання в даному напрямку, досі не розроблено методики, яка дозволяла б оперативно і без значних фінансових затрат проводити верифікацію результатів обробки даних ДЗЗ в умовах високої інтенсивності видобутку бурштину та недоступності частини територій для наземних вимірювань.

Постановка проблеми

Метою статті є розробка методики верифікації результатів супутникового моніторингу територій нелегального видобутку бурштину.

Виклад основного матеріалу

Для вирішення існуючих проблем верифікації даних нами було розроблено методику, яка базується на спектральному аналізі проб поверхневих відкладів, відібраних у місцях нелегального видобутку бурштину. Різниця спектральних характеристик зумовлена характером відкладів внаслідок глибини порушення земель в залежності від виду діяльності (рис. 1).

Застосування методики проводиться у наступні етапи:

1. Відбір проб для спектрального аналізу.
2. Спектральний аналіз проб поверхневих відкладів за допомогою спектрорадіометра Field spec.
3. Обробка первинних даних спектрорадіометра, формування спектральних бібліотек.

4. Корекція спектральних бібліотек відповідно до кількості каналів сенсора супутника та їх діапазону.

5. Класифікація знімка методом spectral angle mapper з використанням корегованих даних.

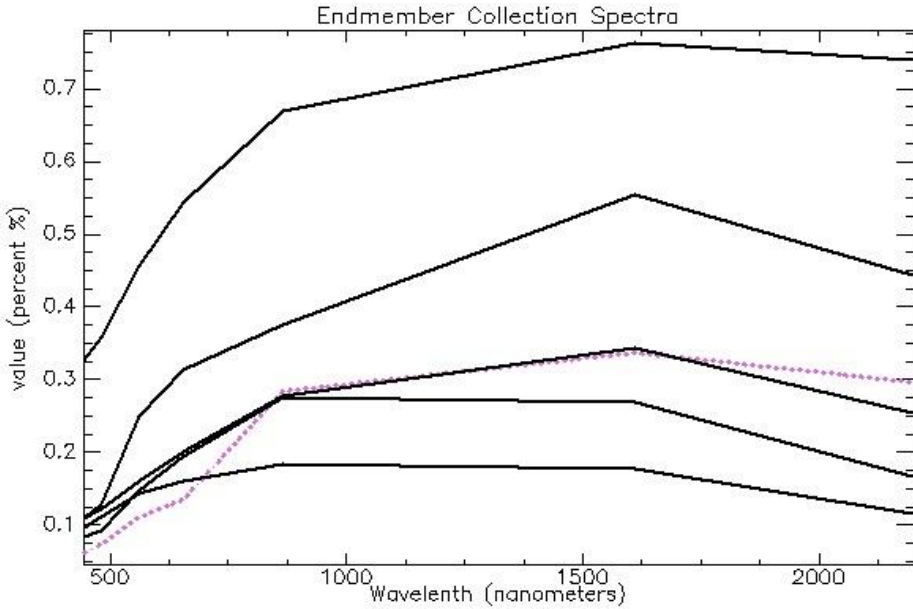


Рис. 1 – Спектральні характеристики поверхневих відкладів. Суцільні лінії – на територіях видобутку бурштину, штрихована – місцях вирубки лісів

На першому етапі здійснюється відбір проб поверхневих відкладів на ділянці, де вже вівся видобуток бурштину-сукциніту. Характер відкладів на ділянках видобутку бурштину зумовлений особливостями ведення цієї діяльності: вологий спосіб з використанням мотопомп призводить до перемивання й перевідкладання порід, що залягають на різних глибинах. Вони відрізняються структурою, вологістю і, відповідно, мають різні спектральні характеристики. Саме наявність сукупності таких відкладів на поверхні вирізняє ділянку нелегального видобутку бурштину з-поміж інших ділянок порушеного ґрунтового покриву. Це потрібно враховувати при відборі проб задля досягнення максимально можливої точності верифікації і відбирати зразки не лише за кольором, але й структурою, вологістю та глибиною залягання у залишених ямах-копанках. Відклади на сусідніх ділянках будуть ідентичними у межах геоморфологічного району, тому зникає потреба у відвідуванні кожної з них, як це робиться при наземних вимірюваннях. Зразки для нашого дослідження були відібрані на ділянці поблизу с. Юрово Олевського району Житомирської області з метою верифікації результатів дослідження ділянки Обище-Суцани-Юрово-Шебедиха.

Далі проводиться спектральний аналіз відібраних проб за допомогою спектрорадіометра Fieldspec. Вимірювання здійснюються в діапазоні від 350 нм до 2500 нм з інтервалом в один нанометр, тобто у 2150 каналах, і створюється декілька файлів формату asd для кожного зразка.

На третьому етапі вираховується середнє значення відбиття для кожного діапазону довжини хвилі і створюються спектральні бібліотеки кожної. Для виконання таких завдань використовується програма *Wiewspecpro*. Після формування спектральних бібліотек здійснюється їх корекція відповідно до кількості каналів сенсора супутника та їх діапазону. Для OLI/TIRS, знімки якого ми використовували, це сім каналів (coastal aerosol, blue, green, red, NIR, SWIR 1, SWIR 2). Показники відбиття у кожному з діапазонів повинні бути однакового формату для бібліотек та зображення.

На заключному етапі проводиться класифікація зображення з використанням корегованих бібліотек, а її результат порівнюється з результатами обробки даних ДЗЗ, які треба верифікувати (рис. 2).

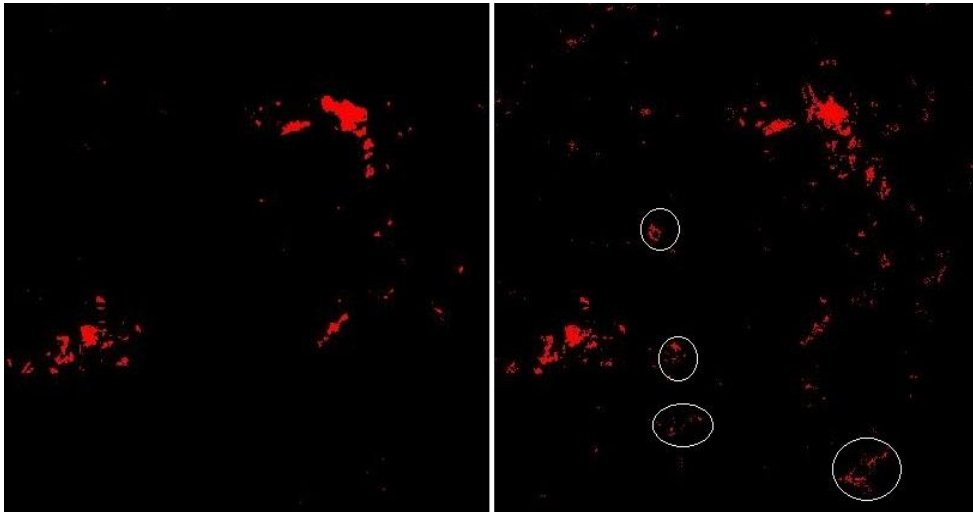


Рис. 2 – Класифікації ділянки нелегального видобутку бурштину (Обище-Шебедиха-Юорова, Олевський район, Житомирська область). Зліва – за запропонованою технологією, справа – класифікація з навчанням. Обведено території вирубки лісів, що були віднесені до порушених земель внаслідок нелегального видобутку бурштину

Запропонована методика верифікації дозволяє визначити місця нелегального видобутку бурштину серед інших територій з порушеними землями, що підвищує точність обрахунку площ. Її застосування має ряд переваг:

- дешевизна;
- можливість скорочення наземних вимірювань до мінімуму;
- оперативність;
- можливість верифікації даних про недоступні ділянки, що охороняються;
- безпека дослідника.

Запропонована технологія має універсальний характер і може також бути використана при моніторингу територій видобутку корисних копалин відкритим способом – вапняку, ільменіту, граніту тощо.

Висновки

У статті запропонована нова методика верифікації результатів супутникового моніторингу територій нелегального видобутку бурштину. Застосування методики дає можливість оперативної і з мінімальними витратами перевірити точність обробки даних ДЗЗ, в тому числі і територій, що охороняються. Методика також може бути використана при моніторингу територій видобутку інших корисних копалин, які видобуваються відкритим способом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Охарев В.О. Космічний моніторинг та геоінформаційні технології в задачах комплексної оцінки техногенного забруднення довкілля / В.О. Охарев // Тези 16-ї Української конференції з космічних досліджень. Одеса, 22–27 серпня 2016 – С. 212.
2. Філіпович В.Є. Методика і технологія оцінки шкоди, нанесеної Українській державі внаслідок нелегального видобутку бурштину / В.Є. Філіпович, Р.М. Шевчук // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2016 – № 11. – С. 15–21.
3. Філіпович В.Є. Методика пошуку та локалізації ділянок незаконного видобутку бурштину за матеріалами багатозональної космічної зйомки / В.Є. Філіпович, Г.Б. Крилова, М.С. Лубський // Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: зб. наук. праць 14-ї Міжнар. наук.-практ. конфер. (5–9 жовтня 2015 р., м. Київ, Пуща-Водиця). – С. 181–198.
4. Філіпович В.Є. Оперативний контроль поширення нелегального видобутку бурштину та оцінка збитків, заподіяних державі, за матеріалами багатозональної космічної зйомки / В.Є. Філіпович // Екологічна безпека та природокористування – 2015. – № 4. – С. 91–97.
5. Філіпович В.Є. Супутниковий моніторинг територій незаконного видобутку бурштину / В.Є. Філіпович // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2015. – № 6. – С. 4–7.
6. Янчук Р.М. Ідентифікація та визначення площ, порушених унаслідок видобування бурштину земель, на основі багатозональних супутникових знімків sentinel-2 / Р.М. Янчук, А.В. Прокопчук, С.М. Трохимець // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2017 – №1(33). – С. 120–124.

Стаття надійшла до редакції 07.08.2017