

УДК 528.7

Доманська М. В., Боднар С. П.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ ЗВАЛИЩ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДЗЗ

Проводиться аналіз можливостей використання матеріалів ДЗЗ для ідентифікації несанкціонованих звалищ побутових відходів. Досліджуються автоматизовані методи пошуку та дешифрування полігонів твердих побутових відходів і несанкціонованих сміттєзвалищ. Для дослідження використано модулі аналізу й обробки цифрових знімків ERDAS Imagine.

Ключові слова: ДЗЗ, цифровий знімок, дешифрування, сміттєзвалище.

© М. В. Доманська, С. П. Боднар

Постановка проблеми. Екологічна ситуація в Україні з кожним роком набуває все більш напруженого характеру. Кожного дня виробляються сотні тисяч тон будівельного сміття та комунально-побутових відходів населених пунктів, відходів промислових та сільськогосподарських підприємств. За даними Міністерства екології та охорони навколишнього середовища, щорічно загальний обсяг побутових відходів збільшується на 50 млн. куб. м. або 14 млн. т (300-400 кг в рік на 1 особу), а промислових відходів – на 175 млн. куб. м з яких переробляють та належним чином утилізують не більше 2–3%. Більша ж частина цього об'єму, яка не попадає на переробку або не підлягає знищенню, вивозиться на місцеві полігони та звалища твердих промислових відходів (ТПВ). Сьогодні в Україні існує близько 4500 полігонів ТПВ, більшість з яких є несанкціонованими [2]. Загальний об'єм сміття, який накопився на звалищах, вже перевищує 15 млрд. т., а за оцінкою департаменту екологічної безпеки Міністерства екології та охорони навколишнього середовища концентрація в Україні всіх видів відходів становить близько 35 млрд. т, причому 2,6 млрд. т є високотоксичними. Зокрема, наприклад, тільки автомобільних покришок щорічно накопичується близько 12,5 млн. штук [10]. Самі ж звалища займають велику територію, за деякими оцінками до 4 % території України, що призводить до нераціонального використання земельних ресурсів. Крім цього багатометрові нагромадження побутових відходів з рештками вологого паперу та продуктів харчування створюють ідеальні умови для розвитку бактерій, хімічні сполуки різного складу забруднюють ґрунт та підземні води, а висока температура гниття відходів з виділенням органічних газів спричиняє часті пожежі на звалищах, особливо в літній період.

Важливого значення в Україні набуває проблема моніторингу та вирішення питання стихійних звалищ, які найчастіше розміщуються поблизу або ж на територіях міст та великих промислових підприємств. Систематичний пошук їх розташування, дослідження стану та складу відходів не проводиться жодною з відповідних служб. Зрозуміло, що оперативне виявлення незаконних звалищ побутових відходів потребує значних часових та матеріальних затрат. Вирішення ж цього завдання можливе з використанням даних ДЗЗ, які характеризуються високою оперативністю, регулярністю та точністю. Розробка та впровадження методики пошуку, виявленні

та моніторингу несанкціонованих сміттєзвалищ за матеріалами ДЗЗ дозволить сформувати базу даних для моніторингу локалізації і накопичення побутових відходів та для прийняти оперативних управлінських рішень щодо їх ліквідації, а загалом покращення екологічної ситуації в країні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених даній проблемі. Дослідження питань впливу звалищ на навколишнє середовище займалися І. Б. Абрамов, А. В. Лущик та А. П. Лущик, В. Г. Чуніхін. Застосуванням методів автоматичної класифікації даних для ідентифікації структури звалищ займалась О. В. Бровкіна [1]. Перші дослідження в Україні в цьому напрямку були виконані в 2007 р. в ДНВЦ «Природа» під керівництвом В. С. Готиняна [8]. Робота присвячена дослідженню геодинамічного районування Київської області з використанням космічних знімків для аналізу розміщення полігонів утилізації відходів. Оцінку впливу на довкілля Васильківського сміттєзвалища засобами ДЗЗ/ГІС-технологій подано у праці Л. Д. Грекова, Г. Я. Красовського та В. І. Клименка [9]. Японські спеціалісти С. Оші, Я. Яцуока, М. Тамура розробили деякі особливості дешифрування побутових відходів за характеристиками яскравості, використовуючи нормовані спектральні індекси NDVI та VSW [7]. Проте проблема розробки методики дистанційного виявлення несанкціонованих сміттєзвалищ залишається мало досліджуваною.

Постановка завдання. Проведення аналізу можливостей використання доступних матеріалів ДЗЗ для ідентифікації звалищ із застосуванням різних методик класифікації даних ДЗЗ. Виявлення несанкціонованих сміттєзвалищ за допомогою найбільш ефективного класифікатора на основі проведеного дослідження полігону твердих побутових відходів в м. Гаспра.

Невирішені частини загальної проблеми: розробка автоматизованого методу обробки матеріалів ДЗЗ та впровадження найбільш ефективних способів моніторингу звалищ побутових відходів та ідентифікації несанкціонованих сміттєзвалищ з використанням даних ДЗЗ.

Виклад основного матеріалу. Основу дистанційного зондування складає вимірювання енергії електромагнітного випромінювання. Відомо, що будь-яке тіло, яке має температуру вищу за абсолютний нуль, випромінює електромагнітні хвилі. Ця

властивість і використана у сенсорах природно-ресурсних супутників Землі, призначених для фіксації та вимірювання параметрів електромагнітного випромінювання. Екологічне дешифрування космічних знімків, як основного матеріалу космічного знімання, та їх інтерпретація з картографічними даними дозволяють оцінити і прогнозувати розвиток небезпечних процесів, а це, в свою чергу, дозволяє вирішувати суспільно важливі питання [5, 6].

Для отримання необхідної інформації при тестовому вирішенні завдання ідентифікації полігонів ТПВ був обраний ресурс Google Планета Земля, що є найдоступнішим джерелом геоінформаційних даних. За представленими матеріалами проведений аналіз та здійснена вибірка фрагментів попередньо оброблених космічних знімків. На рис. 1 приведений фрагмент космічного знімка території сміттєзвалища в м. Гаспра (АР Крим) з розрізненністю близько 10 м на один піксель, на рис. 2 показаний космічний знімок сміттєзвалища, що знаходиться неподалік від Національного музею народної архітектури та побуту в Пирогово.

Ідентифікація полігонів побутових відходів проводилася з використанням модулів з аналізу та обробки цифрових космічних знімків ERDAS Imagine 9.1.

До складу побутових відходів входять матеріали та речовини з різними спектральними властивостями, тому дешифрування таких об'єктів є досить складним. Для ідентифікації звалищ побутових відходів було побудовано графік спектральної яскравості різних поверхонь (ліс, с/г угіддя, відкритий ґрунт, сміттєзвалище, забудована територія, вода) у трьох спектральних діапазонах: блакитному (0,42-0,50 мкм), зеленому (0,52-0,60 мкм) та червоному (0,61-0,69 мкм). За допомогою графіків спектральних властивостей можна визначити зони накладання різних об'єктів. Ці перекриття зумовлені неоднорідністю спектральних властивостей сміття, що може містити, окрім відходів, ґрунт, пісок, щебінь, яким пересипаються шари сміття. Найбільший контраст звалища мають з водою та рослинними масивами [1]. Для вибору оптимального способу дешифрування знімків були досліджені наступні алгоритми класифікації об'єктів дослідження.

Некерована класифікація. Проводиться шляхом відбору піків гістограм на 8-бітному зображенні. Вона дозволяє об'єднати три спектральні канали, в яких об'єкт дослідження має найбільший



Рис. 1. Полігон ТПВ в м. Гаспра, АР Крим



Рис. 2. Несанкціоноване сміттєзвалище в Пирогово, Київ

контраст з навколишнім середовищем. В підсумку отримуємо зображення з різними рівнями генералізації. При використанні грубої генералізації (рис. 3 *a*) з виділенням 10 класів отримане чітке відмежування рослинного покриву від решти території. Але необхідно відмітити, що при цьому методі класифікації спектральні

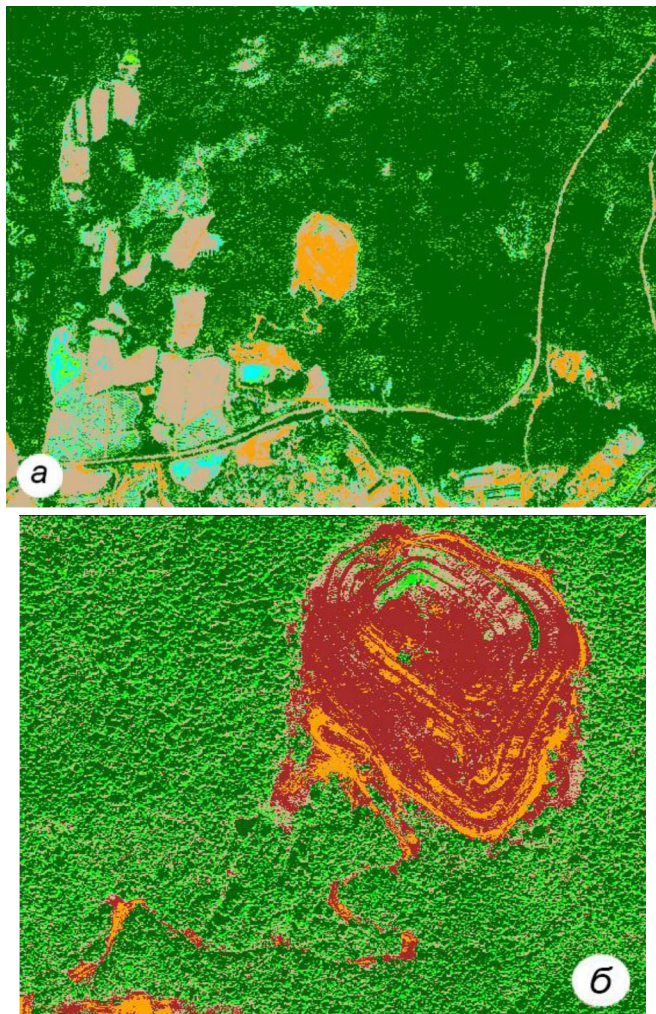


Рис. 3 Результати дешифрування методом некерованої класифікації:

a – грубий рівень генералізації,

б – детальний рівень генералізації

властивості сміттєзвалища та сільськогосподарських угідь не відображаються достовірно. Точність дешифрування склала близько 40%. При детальному рівні генералізації проведена класифікація зображення по 20 тематичним класам (рис. 3 б). Зауважимо, що і цей метод класифікації описує територію неоднозначно, бо спектральні характеристики одного об'єкта дублюються в різних класах, що призводить до труднощів їх відмежування, проте підвищує точність ідентифікації місця положення сміттєзвалища до 60%. Результати некерованої класифікації приведені на рис. 3 а, б.

Керована класифікація. Для того щоб класифікувати зображення за необхідними категоріями, необхідно навчити алгоритм класифікації розрізняти ці категорії один від одного. З цією метою використовують репрезентативні вибірки категорій або вибірки з навчанням. Для цього необхідно створити набір еталонів, по якому в подальшому і проводиться дешифрування зображення [4]. З методів *керованої класифікації* можуть бути використані наступні доступні алгоритми класифікацій:

- метод максимальної правдоподібності;
- метод паралелепіпедів;
- метод мінімальних відстаней;

Для проведення керованої класифікації на тестовому космічному знімку були розпізнані та обрані наступні еталони:

- лісові масиви;
- сільськогосподарські угіддя;
- відкритий ґрунт;
- водні об'єкти;
- сміттєзвалища;
- населені пункти.

Результат класифікації *методом максимальної правдоподібності* приведений на рис. 4.

Цей метод вважається одним з основних, оскільки ґрунтується на ймовірнісних принципах. В основі даного способу лежить статистичний підхід до вирішення завдання. Класифікатор відносить кожне вимірювання до того об'єкта, для якого правдоподібність одержання цього вимірювання є максимальною [3]. При цьому результатом проведення дешифрування стало достатньо чітка ідентифікація рослинного покриву, хоча деякі межі розмиті: клас забудови ідентифікувався абсолютно недостовірно, включивши в

себе частини об'єктів зі всіх еталонів, проте чітко виділились ділянки з відкритим ґрунтом. Клас сміттєзвалищ ідентифікувався надійно, хоча присутні деякі неточності у визначенні меж звалища внаслідок великої різноманітності спектральних властивостей відходів.

При використанні *методу мінімальних спектральних відстаней* (див. рис. 5) розраховується відстань між значеннями яскравості пікселя і вектором середніх значень кожного еталону (вибірки) [1]. Для реалізації методу задавались наступні параметри:

- Select Classes from Regions – список областей інтересів;
- Maximum Stdev from mean – максимальна помилка відстані (пікселі, відстань до яких буде більшою за задану величину, класифікуватись не будуть);
- Maximum Stdev from mean – максимальне стандартне відхилення від середнього значення.

Якщо задати другий та третій показники одночасно, то точність дешифрування значно підвищиться. Проте значно гірше від попереднього методу класифікується рослинність, межі забудови також є недостовірними. Недоліком даного методу є нехтування дисперсією спектральних характеристик пікселів у межах полігону.

Метод паралелепіпедів (див. рис. 6) проводиться шляхом створення паралелепіпедів з використанням максимальних та мінімальних значень відбиття або стандартного значення відхилення всередині еталону [1]. Він дає кращу ідентифікацію меж рослинного покриття, проте водні об'єкти набувають значних спотворень і в результаті класифікуються невірно. Клас звалища на тестовому знімку визначився із значним спотворенням меж.

Порівнюючи всі класифікатори, виявлено, що метод максимальної правдоподібності при виявленні та ідентифікації звалищ ТПВ є найбільш достовірним. Ця достовірність рахується як відсоток правильності віднесення певного пікселя до відповідного класу, що для даного методу становить близько 70%.

На основі проведеного аналізу класифікаторів для ідентифікації несанкціонованих сміттєзвалищ був вибраний метод з навчанням. За еталонами, що були створенні при ідентифікації полігону з твердими побутовими відходами у м. Гаспра, проводилось дешифрування знімка в межах можливого розміщення несанкціонованого сміттєзвалища. Після обробки зображення були виявленні подібні спектральні характеристики об'єктів на двох тестових космічних

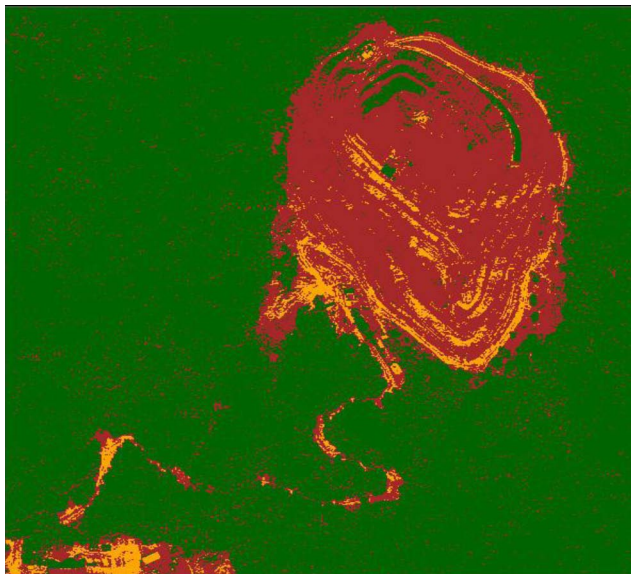


Рис. 4. Результат класифікації методом максимальної правдоподібності

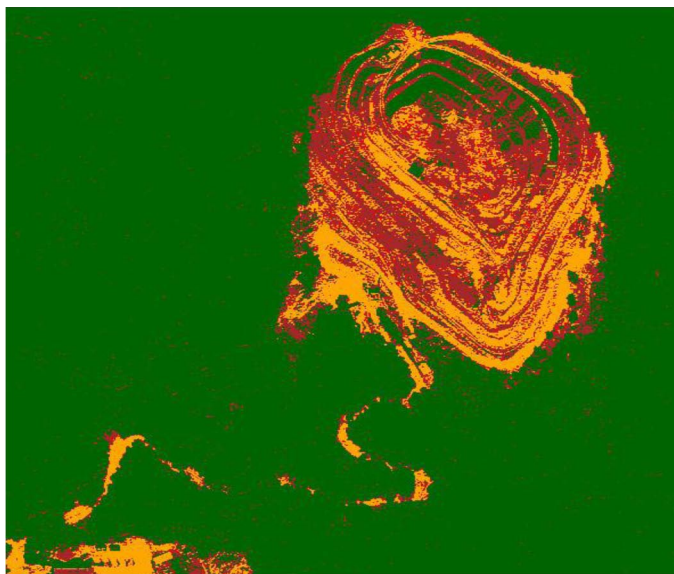


Рис. 5. Метод мінімальних спектральних відстаней

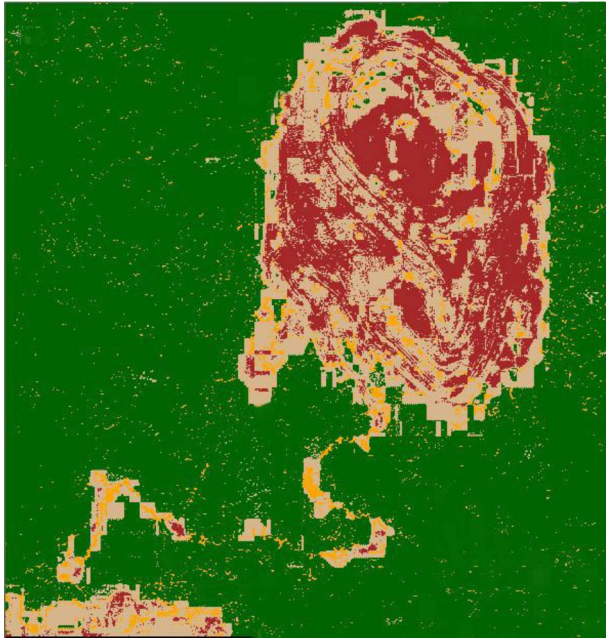


Рис. 6. Метод паралелепіпедів

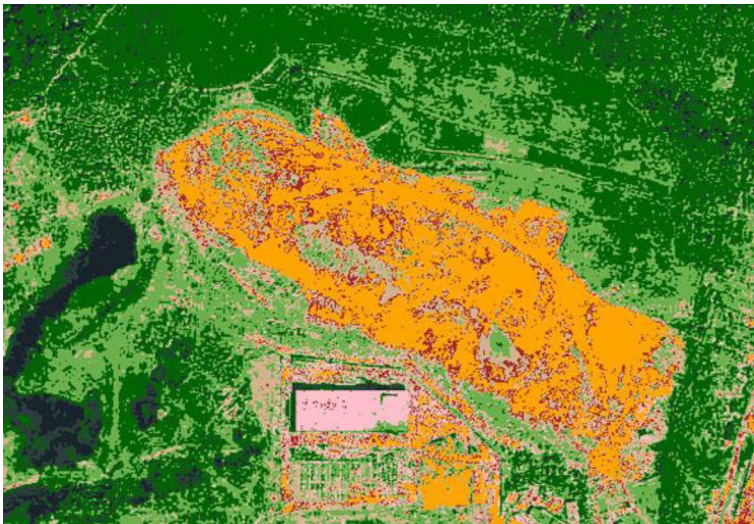


Рис. 7. Результат виявлення тестового «стихійного» звалища

знімках, що дає змогу зробити висновок про можливу наявність розміщення стихійного сміттєзвалища (див. рис. 7), яке знаходиться по вулиці Червонопрапорна, 94А. Слід зауважити, що при проведенні класифікації на тестовому знімку достатньо чітко виділились межі сміттєзвалища, що надає змогу визначити його площу – близько 514 м².

Протестований метод обробки матеріалів ДЗЗ дозволив детально дослідити територію забруднення твердими промисловими відходами, визначити місце розташування та площу поширення звалища. При цьому доцільно поєднувати алгоритми автоматизованого оброблення інформації з візуальним дешифрування фахівця.

Висновки. При дослідженні різних методів дешифрування звалищ твердих побутових відходів виявлено, що метод некерованої класифікації дає результати з точністю до 60%, яка може бути підвищена до 70% при використанні методів керованої класифікації. За допомогою даного методу обробки космічних знімків на основі проведення співставлення спектральних характеристик досліджуваних об'єктів можна ідентифікувати розміщення несанкціонованих сміттєзвалищ, уточнювати межі поширення звалищ.

Таким чином, застосування матеріалів ДЗЗ для дослідження, ідентифікації та моніторингу звалищ твердих побутових відходів є перспективним і ефективним методом, що надає нові можливості отримання та використання інформації для пошуку незаконних сміттєзвалищ та прийняття відповідних рішень.

Рецензент – кандидат географічних наук, молодший науковий співробітник Р. С. Філозоф

Література:

1. *Кохан, С. С.* Оцінка можливостей ідентифікації звалищ за багатоспектральними космічними знімками / С. С. Кохан, А. А. Москаленко // Вісник геодезії та картографії. – 2009. – №6 (63). – С. 29-34.
2. *Кучерявий, В. П.* Полігони твердих побутових відходів західного лістотепу України та проблеми їх фітомеліорації / В. П. Кучерявий, В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.2. – С. 56-66.

3. *Панарин, В. А.* Применение космических снимков в муниципальном управлении урбанизированных территорий для задач территориального планирования / Панарин В. А. // Геоматика. – 2009. – №3. – С. 40-55.

4. *Рис, У.* Основы дистанционного зондирования / Рис У. – М : Техносфера. – 2006. – 336 с.

5. *Чандра, А. М.* Дистанционное зондирование и геоинформационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. – М : Техносфера. – 2008. – 312 с.

6. *Шовенгерд, Р. А.* Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Шовенгерд Р. А. – М. : Техносфера. – 2010. – 560 с.

7. *Аристов, М.* Мониторинг мусоросвалок и обнаружение стихийных свалок по данным ДЗЗ / Аристов М. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://internetgeo.ru/archive_ua/14-22009.html.

8. Геодинамічне районування території Київської області з використанням космічних знімків (для аналізу полігонів захоронення відходів) [Готинян В. С., Аристов М. В., Томченко О. В., Миколенко Л. І.]. – К: ДНВЦ «Природа». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pryroda.gov.ua/index.php?newsid=57>.

9. *Греков, Л. Д.* Оцінка впливу на довкілля Васильківського сміттєзвалища засобами ДЗЗ/ГІС-технологій / Греков Л. Д., Красовський Г. Я., Клименко В. І. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://www.pryroda.gov.ua/index.php?newsid=707>.

10. *Цатуриян, М. В.* Україні розлилося «сміттєве море» / Цатуриян М. В. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/v-ukrajin-roztilosja-smtteve-more-28587>.

М. В. Доманская, С. П. Боднар

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ДЗЗ

Проводится анализ возможностей использования материалов ДЗЗ для идентификации несанкционированных свалок бытовых отходов. Исследуются автоматизированные методы поиска и дешифрирования полигонов твердых бытовых отходов и несанкционированных свалок. Для исследования использовано модули анализа и обработки

цифровых снимков ERDAS Imagine.

Ключевые слова: ДЗЗ, цифровой снимок, дешифрирование, свалка.

M. Domanska, S. Bodnar

IDENTIFICATION UNAUTHORIZED MUNICIPAL LANDFILLS BASED ON REMOTE SENSING

The materials of remote sensing are using for identification of unapproved municipal landfill. There are recearced the automated methods of searching and interpretation of solid domestic wastes and unapproved scrap-heaps. For researching are used ERDAS Imagine modules for analysis and processing of digital images.

Keywords: remote sensing, digital snapshot, recognizing, scrap-heap.

Надійшла до редакції 6 березня 2013 р.