

УДК 167.22:631.11:551.501.8
© 2010

*Шарий Г.І., кандидат наук із державного управління,
Ільєнко О.П., здобувач**

Головне управління Держкомзему у Полтавській області

МОНІТОРИНГ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СПЕКТРАЛЬНИХ ЗНІМКІВ СУПУТНИКА LANDSAT ETM+

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор Г.П. Жемела

Розглянуто питання здійснення моніторингу за станом використання сільськогосподарських угідь із допомогою багатоспектральних знімків супутника Landsat ETM+, а саме, визначено оптимальний метод ідентифікації на супутникових знімках видів рослин, які вирощуються на досліджуваній території. На підставі одержаної інформації створені спектральні бібліотеки, що дають змогу використовувати для ідентифікації рослин знімки інших супутників. Визначений метод дає можливість швидко і з мінімальними затратами одержувати достовірну інформацію.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), Landsat ETM+, класифікація зображень, піксель, неконтрольована та контрольована класифікації

Постановка проблеми. В умовах стрімкого росту населення нашої планети та виникнення продовольчих криз в окремих країнах, земля перетворюється на стратегічний ресурс, що забезпечує економічну безпеку й незалежність будь-якої держави. Саме для України, де земля є гарантом економічної стабільності та найбільшим національним багатством, раціональне її використання і збереження для прийдешніх поколінь є одним із найбільш пріоритетних напрямів діяльності.

За нинішніх умов техногенні навантаження на орні землі в Україні, за відсутності внесення органічних добрив, призводять до зменшення бонітету на 1 бал кожні два-три роки [1]. Значно погіршують ситуацію факти порушення сівозмін, зокрема регулярне вирощування на одному полі сільськогосподарських культур, які суттєво виснажують орний шар ґрунту (соняшник, ріпак, соя та інші). Для визначення стану використання сільськогосподарських угідь розвинені країни вже тривалий час використовують дані дистанційного зондування Землі, зокрема супутникову зйомку. Наша країна на сьогодні, на жаль, не має власних супутників спостереження, тому питан-

ня вільного одержання супутникових знімків із мінімальними затратами та їх аналізу й досі залишається відкритим. Можливим вирішенням даної проблеми є використання знімків американського супутника Landsat ETM+, що, у свою чергу, потребує визначення оптимальних способів аналізу цих знімків з урахуванням особливостей досліджуваних об'єктів.

Аналіз основних досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Американський супутник Landsat ETM+ є останнім із супутників дистанційного зондування Землі програми Landsat, який було запущено в 1999 році. Знімальна апаратура ETM+ забезпечує сканування земної поверхні в шести спектральних каналах із роздільною здатністю 30 метрів/піксель, у тепловому інфрачервоному каналі (60 метрів/піксель) з одночасною панхроматичною зйомкою (15 метрів/піксель), маючи при цьому ширину смуги огляду для всіх каналів 185 кілометрів. Основне завдання супутника – оновлення глобального архіву супутникових фотознімків. На сьогодні знімки з даного супутника вільно розповсюджуються через глобальну мережу Інтернет Геологічною службою США.

Варто зазначити, що 31 травня 2003 року скануючий прилад супутника частково вийшов з ладу, тому відзняті ним знімки містять паралельні темні смуги, які закривають близько 10 відсотків досліджуваної поверхні, проте даний дефект майже не впливає на результат ідентифікації рослин у їх загальній масі внаслідок значної площі досліджуваних об'єктів (сівозмін, поле) [6, 7].

Для оцінки стану використання сільськогосподарських угідь, зокрема ідентифікації видів культур, які на них вирощуються, із застосуванням багатоспектральних супутникових знімків, використовують так званий метод «класифікації», що враховує спектральні характеристики рослин.

* Керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П.В. Писаренко

Класифікація зображень – це використання набору правил, які допомагають вирішити, чи мають різні пікселі в зображенні подібні характеристики. Ці правила створені для виявлення підмножин просторових даних, відокремлених так званими «межами рішень». Усі пікселі, які потрапляють у межі об'єму, оточеного такими «межами рішень», потім виділяють і відносять до єдиного класу.

Піксель (іноді піксел, англ. – pixel, скорочено від англ. PICTURE'S ELEMENT – елемент зображення) – найдрібніша одиниця цифрового зображення в растровій графіці [3].

Загалом рослинність має власну специфічну закономірність поглинання світлового випромінювання пігментами, передусім, хлорофілом, який має дві головні смуги поглинання: в червоній зоні спектру з довжиною хвилі $\lambda = 660$ і 640 нм і в синій – $\lambda = 430$ і 450 нм. Максимум відбивної здатності хлорофілу припадає на зелену частину спектру з довжиною хвилі $\lambda = 550$ нм. Це дає можливість чітко ідентифікувати рослини на багатоспектральних супутникових знімках. Рослини можна також ідентифікувати за поглинаючими властивостями води, що міститься в листках. Смуги поглинання водою в ближньому інфрачервоному діапазоні припадають на наступні довжини хвиль: 960 та 1100 нм (більш слабкі); у середньому інфрачервоному діапазоні – 1400 , 1900 та 2700 нм (більш сильні). За зменшення вмісту води в листках, випромінювання стає більш яскравим на знімку в смугах поглинання ближнього інфрачервоного діапазону. Ця змінна особливо помітна за умов вмісту вологи в листках менше 80% . У видимому діапазоні подібна залежність не виявлена. В спектральному інтервалі 800 – 1100 нм рослинний покрив стає більш яскравим внаслідок збільшення об'єму листової маси [2].

Слід зазначити, що особливістю ідентифікації сільськогосподарських культур є їхнє часто нещільне розміщення на ґрунтовій поверхні, внаслідок чого підвищується вплив спектральних властивостей верхнього шару ґрунту.

Тому найбільш коректні результати ідентифікації можна одержати лише у тому випадку, коли площа листової поверхні досліджуваних рослин буде близькою до максимальної.

Разом із тим сам процес класифікації сільськогосподарських культур потребує чітких відомостей про спектральні характеристики рослин у кожному конкретному регіоні із визначеним оптимальним набором правил для їх найбільш повної ідентифікації.

Вищевикладене доводить, що для здійснення

ефективного моніторингу сільськогосподарських угідь необхідне глибоке дослідження методів класифікації щодо виявлення тих, які відповідають поставленим завданням.

Мета досліджень та методика їхнього проведення. Метою дослідження є визначення оптимального способу класифікації сільськогосподарських культур на багатоспектральних знімках супутника Landsat ETM+. *Об'єктом класифікації* були сільськогосподарські культури на супутникових знімках території двох польових сівозмін ТОВ «Агрістейт», розташованого в с. Ничипорівка Яготинського району Київської області.

Існує два головних методи, які використовуються в класифікації зображень: неконтрольована і контрольована класифікації [3].

Завдання *неконтрольованої класифікації (unsupervised classification)* – групувати пікселі з подібними багатоспектральними рисами в різних спектральних групах, кластерах або класах, що можна статистично відокремити. Кожен індивідуальний піксель у межах зображення порівнюється з кожним дискретним кластером відповідно, створюється тематична карта всіх пікселів у зображенні, які можуть належати до одного з кластерів. Один із недоліків цієї техніки – узагальнення, що призводить до виявлення довільних кластерів, які не мають жодної кореляції з особливостями досліджуваного об'єкта. Крім того, пікселі, що належать до кластерів, які мають спектральне перекриття, часто відносяться до одного з класів, що у більшості випадків є помилковим. Існує кілька різних видів алгоритмів, які зазвичай використовуються для аналізу зображення, – K-means і ISODATA.

Застосовуючи *контрольовану класифікацію (supervised classification)*, дослідник повинен мати апріорне знання про особливості об'єкта, який вивчається. Дослідник створює учбові вибірки, згідно з якими аналіз виконується для кожного зі новостворених класів. Усі пікселі в зображенні, які не належать значенням вибірок, потім ще раз порівнюються і відносяться до найближчого класу. До основних способів контрольованої класифікації належать: бінарне кодування, спосіб паралелепіпедів, методи спектрального кута та максимальної відповідності, алгоритми мінімальної спектральної відстані (Евклідова метрика) та відстані Махаланобіса [4, 5, 8].

В силу невисокої точності неконтрольованої класифікації даний спосіб було відкинуто, натомість використано спосіб контрольованої класифікації.

Результати досліджень. Для аналізу відбиралися

багатоспектральні знімки супутника Landsat ETM+ досліджуваної місцевості з мінімальною хмарністю станом на 19.05.2007 р., 06.06.2008 р. та 09.06.2009 року. У межах дослідження були проаналізовані результати різних методів контрольованої класифікації знімків з ідентифікацією на них основних видів сільськогосподарських культур. В силу значного обсягу одержаної інформації нижче наведемо лише результати класифікації одного знімка станом на 19.05.2007 року. У таблиці 1 подана структура польових сівозмін ТОВ «Агрістейт» та інформація про сільськогосподарські культури, які на них висівалися.

Внаслідок відмінності між сільськогосподарськими культурами відносно терміну вегетації, відсутня можливість об'єктивно класифікувати всі види сільськогосподарських культур протягом одного року, використовуючи лише один багатоспектральний супутниковий знімок на конкретну дату, оскільки не всі рослини матимуть достатню площу листової поверхні на час проведення дослідження. Враховуючи вищевикладене, для класифікації з наявних сільськогосподарських культур на першій та другій польових сівозмінах відібрані наступні: пшениця озима, кукурудза, горох, гречка, ріпак озимий, які на час проведення дослідження мали достатню площу листової поверхні.

Місце розташування польових сівозмін ТОВ

1. Структура польових сівозмін ТОВ «Агрістейт» та інформація про сільськогосподарські культури, які на них висівалися станом на 2007 рік

№ поля	Площа поля, га	Назви сільськогосподарських культур
І польова сівозмінa		
1.1	182	гречка + ріпак озимий
2.1	142	пшениця озима
3.1	130	пшениця озима
4.1	190	пшениця яра
5.1	168	горох + соняшник
6.1	130	кукурудза + ріпак озимий
7.1	95	трави однорічні
Разом	1037	
II польова сівозмінa		
1.2	150	соя + жито озиме
2.2	154	трави однорічні + буряк цукровий
3.2	160	ячмінь
4.2	154	трави однорічні + овес
5.2	44	кукурудза
6.2	53	ячмінь + трави багаторічні
7.2	190	кукурудза
8.2	156	кукурудза
9.2	166	пшениця озима
10.2	150	горох
Разом	1377	

«Агрістейт» показано на супутниковому знімку Landsat TM (рис. 1).

Під час проведення дослідження найточніші результати класифікації пшениці озимої, кукурудзи, гороху, гречки та ріпаку озимого було одержано з використанням алгоритму відстані Махаланобіса, оскільки останній враховує розподіл (дисперсію) значень яскравості пікселів на створених навчальних вибірках. При цьому відповідний піксель відноситься до того класу, дисперсія навчальної вибірки якого є вищою. Решта алгоритмів контрольованої класифікації мали суттєві неточності. Найпоширенішою помилкою було те, що окремі сільськогосподарські культури не були ідентифіковані взагалі або деякі з них були ідентифіковані на місці інших. Усі перелічені вище сільськогосподарські культури, що були класифіковані на багатоспектральному супутниковому знімку, автоматично помічалися визначеними кольорами для більш зручної їх візуалізації. У чорно-білому форматі, на жаль, відсутня можливість візуалізувати відмінності у забарвленні всіх класифікованих об'єктів або їхні спектральні особливості. На підставі одержаної інформації про структуру посівних площ і результатів класифікації можна оцінити реальну площу посівів тої чи іншої культури.

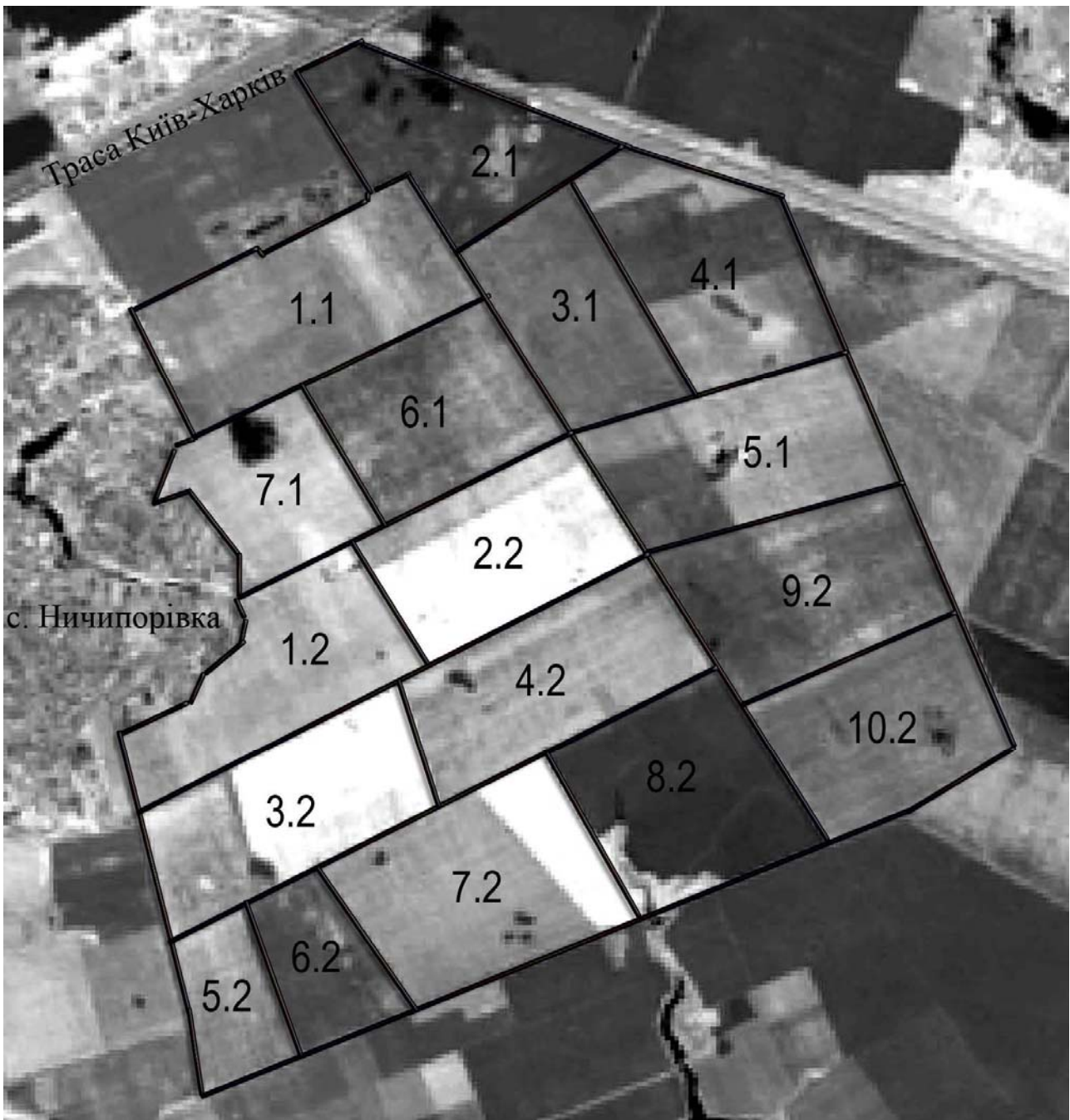


Рис. 1. Місце розташування польових сівозмін ТОВ «Агрістейт»

Нижче наведені результати класифікації визначених сільськогосподарських культур на багатоспектральному знімку Landsat ETM+ від 19.05.07 із використанням алгоритму відстані Махаланобіса (рис. 2).

Як видно на рис. 2, польові сівозміни розділені паралельними білими смугами, які є результатом часткової несправності сканера Landsat ETM+, про що вже йшлося вище. У випадку використання знімків інших супутників, інформація більшості з яких на сьогодні є платною, даного дефекту не буде.

Висновки. На сьогодні багатоспектральні знімки супутника Landsat ETM+, які вільно розповсюджуються на сайті геологічної служби США (USGS), є одним із найбільш дешевих способів одержання достовірної інформації про стан сільськогосподарських угідь, зокрема в Україні.

Встановлено, що серед загального переліку методів класифікації саме алгоритм відстані Махаланобіса є оптимальним для ідентифікації сільськогосподарських культур на багатоспектральних знімках супутника Landsat ETM+, оскільки він враховує нерівномірність розміщення рослин на

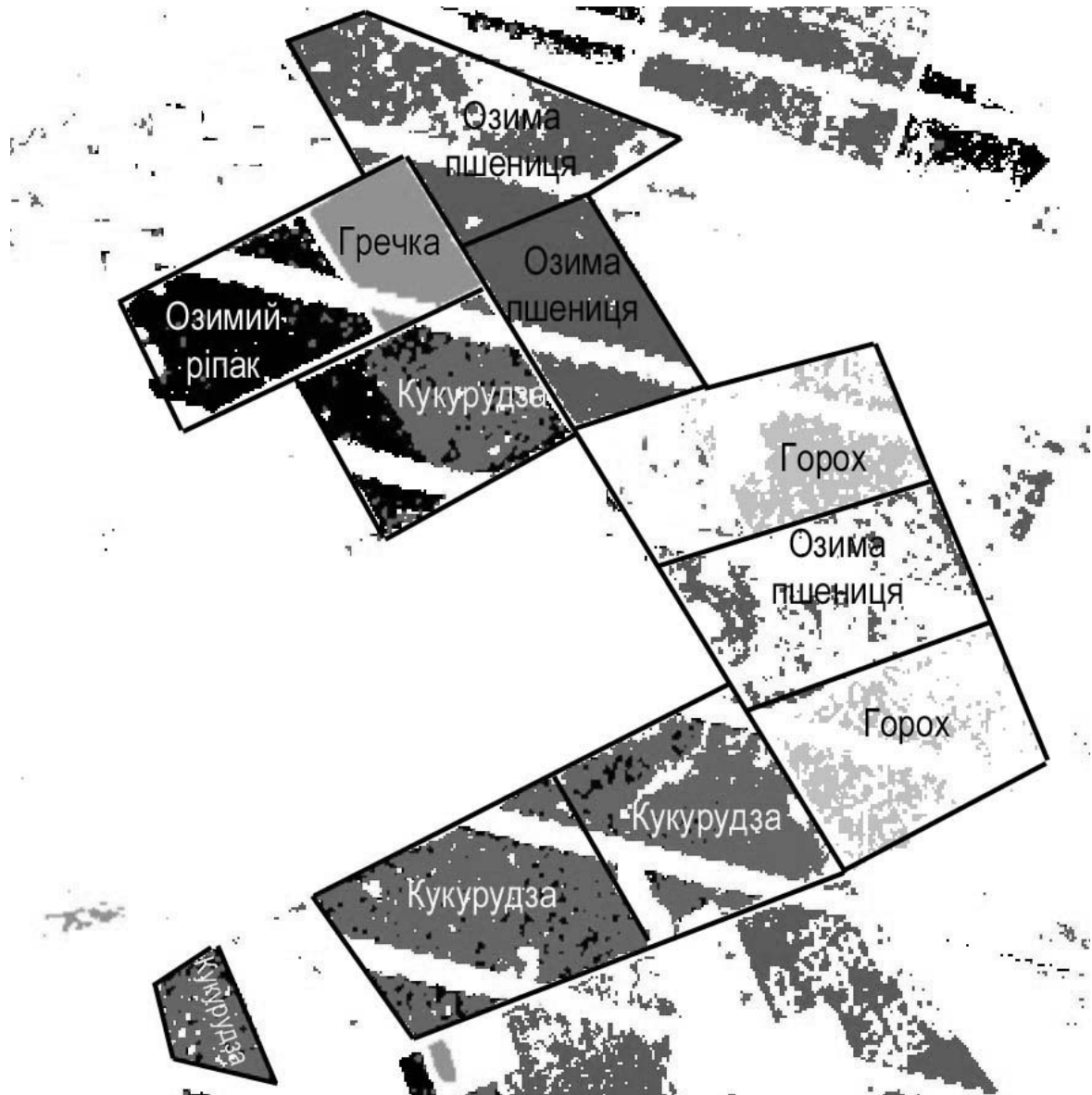


Рис. 2. Результат класифікації сільськогосподарських культур на багатоспектральному знімку супутника Landsat ETM+ із використанням алгоритму відстані Махаланобіса

грунті. Даний алгоритм дає змогу швидко одержати актуальну інформацію про стан використання сільськогосподарських угідь. У майбутньому, в міру підвищення рівня деталізації супутникових

знімків, подібні дослідження дадуть змогу оцінювати рівень забур'яненості, засоленість ґрунтів, фізичний стан рослин, потребу в добривах, прогнозовану врожайність та ін.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Канаши О. Нормативна грошова оцінка сільськогосподарських земель: Як вирішити нинішні проблеми? // Землевпорядний вісник. – 2009, №9. – С. 40-42.
2. Рекс Л.М. Практические основы агрокосмического мониторинга. Часть II/ Л.М. Рекс // Научный журнал КубГАУ. – Апрель 2009, /№48 (04). – С. 13-14.
3. Elachi C. and van Zyl, J., 2006, Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc. – P. 111-112.
4. Erdas Imagine Tour Guides™. ERDAS, Inc., – Norcross, GA, 2010. – 808 p.
5. Navulur K., 2006, Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm, CRC Press. – P. 47-50.
6. <http://glovis.usgs.gov/>
7. <http://landsat.usgs.gov/>
8. <http://www.itervis.com/ProductServices/ENVI/Tutorials/tabid/218/language/en-US/Default.aspx#classification> (ENVI Tutorial: Classification Methods)