



## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ПОЛІПШУВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ТА ФОРМУВАННЯ ПОХІДНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОРЕСУРСІВ

*Обосновано использование пространственных улучшающих преобразований для дешифрирования космических изображений с целью пространственно-временного исследования агресурсов. Признано, что оптимальным методом превращения является применение оператора Лапласа.*

*Application of spatial enhancement transformations for satellite images interpretation for the purpose of spatio-temporal research of agricultural resources is grounded. It is determined that the optimal transformation method is application of Laplacian operator.*

**Вступ.** Використання аерокосмічних засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) сприяє одержанню об'єктивної, достовірної та різнобічної інформації. Така інформація забезпечує можливість спостереження за станом агресурсів, факторами, що впливають на них, оцінювати і прогнозувати розвиток подій.

За результатами дешифрування даних ДЗЗ визначається поточний стан і розвиток сільськогосподарських культур, у т. ч. їх фенологічні фази, кількісні та якісні зміни посівів, вологість ґрунту, що в цілому дає змогу комплексно аналізувати досліджувані об'єкти і явища.

Дані космічного знімання повинні пройти кілька етапів тематичного оброблення. При дослідженні агресурсів одним із основних етапів оброблення даних є поліпшувальні перетворення та формування похідних зображень. Це гарантує ефективне дешифрування зображень для потреб інвентаризації агресурсів та визначення стану культур.

Для кращої візуалізації об'єктів на багатозональних знімках насамперед застосовується такий прийом, як поліпшення цифрових зображень. Цього досягають зміною яскравості та контрасту всього зображення або окремих його ділянок; виділенням контурів заданої контрастності; фільтрацією значень яскравості з метою відбору елементів зображення тощо.

Методи спектрального поліпшення зображень застосовують з урахуванням значень яскравості пікселів у межах кожної ділянки спектра. В їх основі лежить аналіз і перетворення гістограм. Нової інформації при цьому не створюється. Такі поліпшення здійснюють за допомогою функцій, які виконують перетворення багатозональних значень кожного пікселя окремо.

Методи просторового поліпшення ґрунтуються на аналізі значень сусідніх пікселів. Їх застосовують або локально для деякого оточення заданого пікселя, або глобально – до всього зображення та одночасно в усіх зонах. Цей процес здійснюють для виокремлення або зміни просторової інформації в зображенні, отриманому в ході дистанційного зондування.

© С. С. Кохан, 2010

**Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми.** До найпоширеніших методів тематичного цифрового оброблення зображень для підвищення ефективності дешифрування сільськогосподарських культур, визначення фаз їх росту і розвитку, виявлення ділянок, уражених шкідниками, хворобами, а також забур'янених, аналізу динаміки нагромадження біомаси, прогнозування врожайності належать просторові поліпшувальні перетворення, синтез зображень та класифікація зображень [2,5].

Використання методів ДЗЗ в дослідженні агропромислового виробництва пов'язане з його специфікою: сезонністю, залежністю від впливу погодних умов та застосування агротехнологій. Важливими чинниками, які визначають використання космічних знімків в агросекторі, є вартість даних ДЗЗ, періодичність знімань, наявність спектральних каналів, що забезпечують визначення вегетаційних індексів, оцінювання вологості ґрунтів тощо [6].

Важливим у ході інвентаризації культур та визначення стану посівів є процес виявлення гомогенності / гетерогенності посівів. Використання для цього знімків високого просторового розрізнення навіть при наявності інфрачервоного спектрального каналу та невеликої площі сцени знімання для вирішення таких завдань – невиправдано дороге задоволення. Тому доцільно використовувати знімки, які дозволяють вирішувати завдання на базовому та регіональному рівнях з найменшими витратами коштів.

Аналіз публікацій, в яких висвітлюються можливості застосувань аерокосмічної інформації, зокрема використання мультиспектральних знімків у вивченні стану агресурсів, показав, що їхні автори надають перевагу обґрунтуванню питань використання даних ДЗЗ для інвентаризації агресурсів, класифікації угідь, визначення їх стану [3,7]. Відомості, які б обґрунтовували особливості тематичного оброблення аерокосмічної інформації з урахуванням специфіки об'єкта досліджень – агресурсів, дуже обмежені, особливо коли йдеться про застосування просторових поліпшувальних перетворень, створення похідних зображень для підвищення ефективності дешифрування складових агроландшафту.

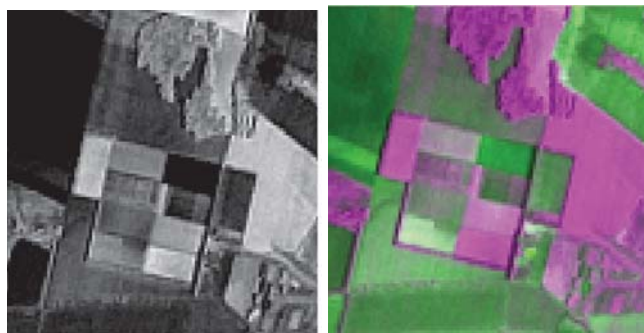


**Мета** даного дослідження: обґрунтувати особливості тематичного оброблення даних ДЗЗ для вивчення стану агроресурсів. **Завдання** дослідження: визначити групи фільтрів, які забезпечують виокремлення гетерогенних посівів, створення похідних зображень для дешифрування аерокосмічної інформації в ході просторово-часового аналізу агроресурсів; обґрунтувати необхідність створення бази еталонів (сигнатур); обґрунтувати використання методу просторового поліпшення зображень шляхом об'єднання зображень з різним розрізненням.

**Виклад основного матеріалу.** У дослідженні використано космічні знімки, одержані у липні 2008 р. із супутника IRS 1D (сенсор LISS 3), у двох спектральних каналах з просторовим розрізненням 23 м, матеріали замовного знімання в ІТЦ ScanEx і знімки IRS-P6 (LISS-4) в панхроматичному та мультиспектральному діапазонах (червень 2007 р.) для території Маньківської державної сортопробувальної станції. У програмному засобі Erdas Imagine виконано радіометричні та спектральні поліпшувальні перетворення зображень, геометричну корекцію, синтез 24-бітної композиції. Використання модулів для фільтрації зображень проводилось у програмному середовищі Idrisi Andes. Вихідне зображення території відтворено на мал. 1, а, для якого проведено лише лінійне розтягування контрасту.

Головні ознаки, за якими дешифрують рослинність на космічних знімках, – це тональність зображення і спектральна яскравість, які визначають за даними, одержаними в мультиспектральних діапазонах [6]. Синтезована кольорова композиція з поєднанням спектральних каналів (інфрачервоний – червоний – інфрачервоний; (див. мал. 1, б) відображує не лише межі полів, але й неоднорідність посівів на цих полях. Виявити інші особливості за 23-метрового просторового розрізнення та з використанням спектральних поліпшувальних перетворень не вдалося. Для виокремлення пікселів, які характеризують інші культури у межах полів, використано різні оператори для фільтрування спектральних значень пікселів.

Перш ніж здійснити просторові поліпшувальні



Мал. 1. Приклади лінійного розтягування контрасту (а) та синтезу кольорової композиції (б)

перетворення, було проаналізовано застосування різних фільтрів, оскільки теоретичною основою даного дослідження є обґрунтування базової операції просторових перетворень та аналіз інформації у межах ковзного по зображенню вікна, що є в основному матрицею розміром 3×3, 5×5, 7×7 пікселів. Операцію застосовують до пікселя, що перебуває в центрі вікна. Його значення перераховується з використанням заданої функції від значень навколишніх «найближчих сусідів». Потім вікно зсувається на один піксель уздовж рядка зображення до його краю, після чого вікно зміщують на один рядок [4].

У математиці таку операцію називають *згорткою*, а матрицю (ковзне вікно) – *ядром згортки*. У процесі цифрового оброблення зображень ця операція реалізує різні прийоми фільтрації яскравості зображення. Це так званий процес зваженого усереднення пікселів у конкретному вікні. Тому фільтрація передбачає зміну просторових і спектральних (просторово-частотних) характеристик об'єктів для поліпшення зображення. Матричну функцію (ядро згортки), застосовувану у ковзному вікні, називають *фільтром*.

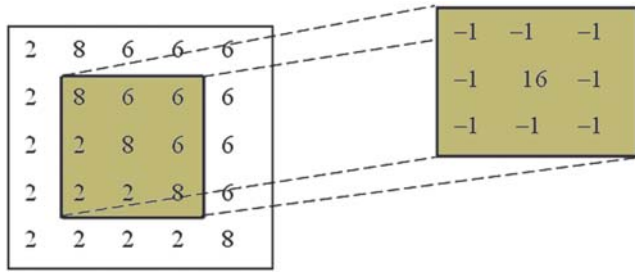
Зазвичай відображуються ділянки як з низькою, так і з високою просторовими частотами. Око людини добре розрізняє об'єкти з високими значеннями просторової частоти і контрасту. Методи фільтрації спрямовані на такі перетворення зображень, щоб об'єкти на них чітко проглядалися і сприймалися людським оком.

Загальна формула фільтрації (згортки) така:

$$B(f) = \frac{\sum_{i=1}^q \left( \sum_{j=1}^q f_{ij} B_{ij} \right)}{F}, \quad (1)$$

де  $B(f)$  – значення пікселя перетвореного зображення (результат фільтрування);  $f_{ij}$  – числові значення коефіцієнтів фільтра, які розміщені в  $i$ -му рядку й  $j$ -ій колонці матриці;  $B_{ij}$  – значення пікселя початкового зображення в межах ковзного вікна, що відповідає  $f_{ij}$ ;  $q$  – розмір фільтра, визначальний розмір сторони ковзного вікна (наприклад, при  $q = 3$  вікно має розмір 3×3 пікселя);  $F$  – величина, що залежить від типу операції фільтрування і дорівнює або сумі коефіцієнтів фільтра, або 1, якщо сума коефіцієнтів дорівнює 0. У разі, якщо  $B(f) < 0$ , його значення замінюють на 0.

Величина  $F$  використовується для нормування значень у межах вікна так, аби дані на виході фільтрації були приблизно в тому ж діапазоні, що й початкові. Хід процесу фільтрації у ковзному вікні відображено на мал. 2. Зазвичай яскравість центрального пікселя у ковзному вікні визначають як середньозважений показник яскравості пікселів у певному околі. Для кожного пікселя залежно від його положення у вікні встановлюється свій ваговий коефіцієнт. Прийняті значення вагових коефіцієнтів, дібрані з урахуванням мети перетворення зображення, передають характер самого перетворення. Якщо



Мал. 2. Виконання операцій фільтрування

всі вагові коефіцієнти однакові, відбувається усереднення значення яскравості у межах вікна. Це спричинює погіршення контрасту зображення, згладжування зображення і призводить до виключення його контрастних елементів [1]. У випадку, якщо для центрального пікселя встановлюється позитивний ваговий коефіцієнт, а для пікселів в околі – негативні значення, то при розрахунку середньозваженого показника центрального пікселя одержують високі значення тоді, коли яскравість центрального пікселя значно відрізняється від крайових величин, і низькі значення, якщо яскравості центрального і крайових пікселів близькі за величиною. У новому зображенні зростає контрастність. Саме такий спосіб просторового фільтрування застосовується для підкреслення меж.

Найбільше використовуються такі фільтри (в дужках указано рекомендовані розміри у пікселях):

- середньоарифметичний (3×3, 5×5, 7×7);
- медіанний (3×3, 5×5);
- адаптивний (3×3, 5×5, 7×7);
- модальний (3×3, 5×5, 7×7);
- високочастотний (3×3);
- Лапласа (3×3, 5×5, 7×7);
- оператор Собеля (3×3).

Використання фільтрів вимагає попереднього визначення завдань, які стоять перед дешифрувальником: необхідність проведення генералізації зображення; підкреслення високочастотних локальних змін; виокремлення ліній і контурів тощо.

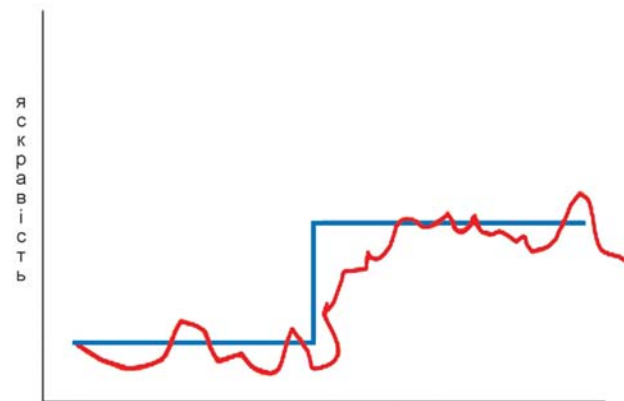
Так, *середньоарифметичний фільтр* (низькочастотний) зазвичай використовують для генералізації або згладжування зображення. Всі його коефіцієнти за розміру вікна 3×3 пікселя мають значення 1. Піксель, що нас цікавить (відповідний центру вікна), замінюється середнім арифметичним усіх значень у межах вікна. Усереднювання призводить до втрати деталей зображення, що служить аргументом на користь вікна малого розміру. Використання фільтру в наших дослідженнях забезпечувало згладжування деталей, але не задовольняло вирішення завдання в цілому – виділення гетерогенних посівів.

*Медіанний, адаптивний і модальний фільтри* відносять до статистичних. При їх використанні матриця фільтру не створюється. Значення пікселя в центрі вікна замінюється числом, визначеним

шляхом аналізу розподілу значень у вікні. Такі фільтри використовують для зменшення випадкових шумів у зображенні зі збереженням меж об'єктів. Застосування даної групи фільтрів забезпечувало генералізацію зображень, зумовлювало розмивання меж, а тому не було ефективним у визначенні гетерогенності посівів.

*Високочастотні фільтри* застосовують, щоб поступово видалити змінні значення і виокремити високочастотні локальні зміни, виділити ділянки з різкими переходами на фоні поступових змін. Ця група фільтрів забезпечує виокремлення контурів, але при цьому не обов'язково виключаються значення інших пікселів об'єктів.

Сама природа і властивості досліджуваних об'єктів спонукають до вибору й використання відповідного алгоритму рішень, який ставить за мету виділення меж, контурів тощо. Реальні значення даних дають складнішу картину межі, спотворену шумами датчика або самою природою об'єктів (мал. 3). У растрових моделях даних немає чітких меж, тому постає необхідність пошуку алгоритму їхньої локалізації та виокремлення.



Мал. 3. Зображення реальної межі типу «стрибок» і теоретичне моделювання:

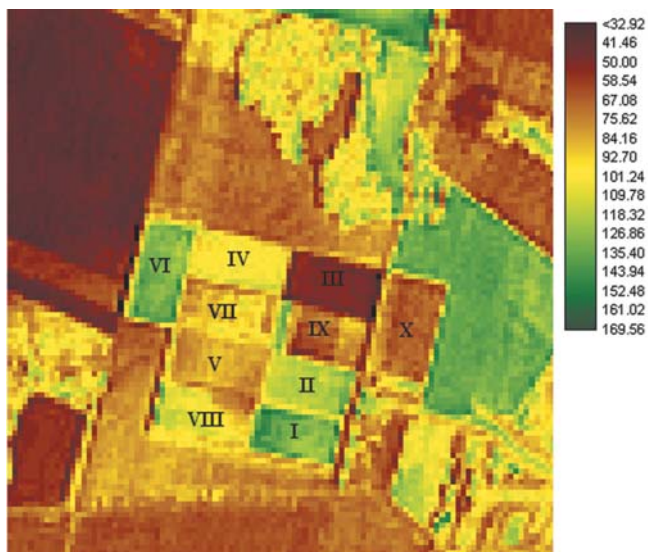
— фактичне значення даних; — межа типу «стрибок»

Застосування *оператора Собеля* у дослідженні забезпечувало виділення лінійних об'єктів. Проте визначення гетерогенних посівів ускладнювалось через згладжування пікселів у межах полів.

Виділення меж і лінійних об'єктів – важлива операція при обробленні цифрових зображень. Вона є основною технікою поліпшення зображень. У дослідженнях агроресурсів (для виділення ґрунтових відмін, сільськогосподарських угідь) процес виділення меж під час цифрового оброблення аерокосмічних зображень передбачає застосування просторових поліпшувальних перетворень, створення похідних зображень, застосування теорії нечітких множин для класифікації зображень [8-10].

Використаний у дослідженні *оператор Лапласа* призначався для виокремлення лінійних об'єктів і контурів на зображенні. Так, він забезпечив виділення гетерогенних посівів у межах окремих полів (мал. 4).





Мал. 4. Зображення після застосування оператора Лапласа

Узагальнюючи міркування про використання фільтрів для інфрачервоного каналу зображення, доцільно зазначити, що такі оператори, як середньоарифметичний фільтр і медіанний забезпечували генералізацію зображення, а модальний оператор сприяв розмиванню меж, ускладнюючи процес виокремлення полів. Оператор Лапласа гарантував виділення меж полів сільськогосподарських культур, а також виявлення пікселів у межах кожного поля, які характеризували неоднорідність розвитку культур, або ж включення пікселів, що вказують на розміщення мікродослідних ділянок.

Для зручності інтерпретації одержаних результатів за допомогою знімка в інфрачервоному спектральному каналі (за липень 2008 р.) було використано палітру NDVI. Значення, відображені у легенді, відповідають величині відбитої електромагнітної енергії. Аналіз зображення показав, що на момент знімання на полі III було завершено збирання врожаю (за даними наземних досліджень – це сидеральний пар). Про це свідчать низькі значення відбиття. Для полів VI (соняшник) та I (цукрові буряки) характерні високі значення відбиття електромагнітної енергії, що властиве для культур з потужним розвитком біомаси. Виявлено також, що на полі I проводиться мікроділянковий дослід, який характеризується вищим рівнем відбиття на зображенні у межах поля. Зернові культури у момент знімання перебували у різних фазах: озима пшениця (поле VIII) – молочної, поле X – воскової стиглості, ярий ячмінь (поле IX) – воскової та молочно-воскової (поле VII) стиглості. Найявність змішаних пікселів на полі свідчить про розміщення на ньому мікроділянкового дослідження круп'яних культур, хоча ідентифікація культур ускладнювалась співвідношенням розмірів поля і пікселя космічного знімка. Проте поле характеризується неоднорідністю умов зволоження: близькість лісосмуги зменшує втрати вологи з ґрунту.

Тому масиви ячменю мають неоднакову ступінь дозрівання.

Виділені на основі дешифрування космічного знімка поля виступають дискретними об'єктами простору, які в геоінформаційній системі відображаються як полігони, тоді як чергування культур і розвиток біомаси, динаміку накопичення сухої речовини відносять до явищ, які безперервно змінюються.

Дослідження показало, що для зернових і пропасних культур виявити неоднорідність у розвитку рослин та наявність мікроділянкових дослідів можна завдяки використанню мультиспектральних даних середнього розрізнення.

**Просторове поліпшення зображень шляхом об'єднання зображень з різним розрізненням.**

Даний метод просторового поліпшення являє собою комбінування двох зображень з метою отримання мультиспектрального зображення з просторовим розрізненням у панхроматичному діапазоні. Відомо кілька методів отримання такого мультиспектрального зображення. Спочатку в усіх моделях виконується трансформація зображення з низьким просторовим розрізненням у систему рядків і колонок зображення з високим розрізненням. До найпоширеніших і ефективніших відносять такі: IHS (інтенсивність, тон, насиченість); PCA (аналіз головних компонент); арифметичні комбінації і синтез на основі вейвлет-перетворення.

У більшості моделей використовують перетворення знімків методом головних компонент. Потім виконується RGB-синтез зображення з високим просторовим розрізненням з другою і третьою компонентами. Передбачається, що перша (головна) компонента (ГК1) еквівалентна панхроматичному зображенню, оскільки в ній яскравість і контрастність максимально підкреслені й вона подібна за властивостями до знімка у видимій зоні спектра. Вся специфічна спектральна інформація міститься в інших компонентах.

Слід враховувати, що спектральні властивості панхроматичного знімка не поширюються на ближню інфрачервону зону, а це призводить до помилок у відображенні меж "рослинність – ґрунт" на новому зображенні. Для об'єднання зображень необхідно, щоб вони були радіометрично подібні. Перед заміною першої компоненти до зображень з високим розрізненням добирають гістограми із збереженням їх форми, а максимальний радіометричний діапазон зміни яскравості визначається по ГК1. PCA-перетворення (перетворення даних з використанням PCA-матриці) конвертує взаємопов'язані мультиспектральні діапазони у новий набір некорельованих компонент. Панхроматичне зображення об'єднується з мультиспектральними діапазонами з низьким розрізненням методом зворотного PCA-перетворення.

Синтез за методом IHS перетворює кольорове зображення з RGB (червоний, зелений, синій) в IHS (інтенсивність, тон, насиченість). При цьому RGB-зображення трансформується у три окремих



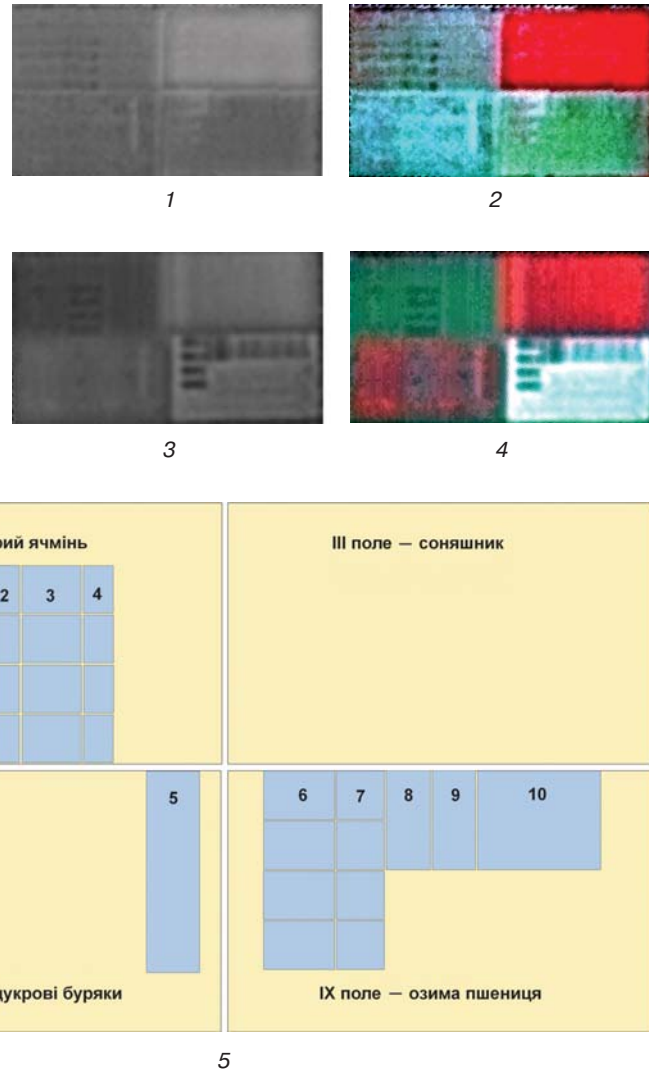
зображення, кожне з яких має максимальні характеристики відповідної інтенсивності (I), насиченості (S) і відтінків кольорів (H). Зображення з максимальним I при синтезі замінюється панхроматичним зображенням з високим розрізненням. Потім виконується зворотне IHS-перетворення панхроматичного зображення одночасно із зображеннями H і S. В результаті отримують IHS-зображення.

У синтезі на основі *вейвлет-перетворення* панхроматичне зображення з високим розрізненням спочатку розкладають на ряд панхроматичних зображень з низьким розрізненням і відповідними вейвлет-коефіцієнтами (просторові деталі) для кожного рівня. Потім окремі діапазони мультиспектрального зображення замінюють панхроматичним діапазоном низького розрізнення, яке приблизно дорівнює розрізненню вихідного мультиспектрального зображення. Просторові деталі з високим розрізненням уводяться в кожний мультиспектральний діапазон у ході зворотного вейвлет-перетворення для кожного мультиспектрального діапазону разом з відповідними вейвлет-коефіцієнтами.

У зв'язку з тим, що в дослідженні використовувались знімки із супутника IRS 1D, одержані лише у двох спектральних діапазонах (2008 р.) та з різних витків (2007 р.), виявилось доцільним використання методу трансформації Броувея – одного з найдосконаліших методів *арифметичних комбінацій*.

Основна особливість методу трансформації Броувея полягає у тому, що кожний діапазон вихідного мультиспектрального зображення множать на діапазон панхроматичного зображення з високим просторовим розрізненням, а потім отриманий добуток ділять на суму мультиспектральних діапазонів. Застосування цього методу трансформації для досліджуваної території забезпечило одержання мультиспектрального зображення із просторовим розрізненням 5,8 м (мал. 5). Нове зображення можна використовувати для створення / оновлення карти масштабу 1: 25 000.

Аналіз синтезованих зображень свідчить про можливість використання методу трансформації Броувея для підвищення просторового розрізнення та вирішення завдання на виділення однорідності / неоднорідності посівів. Так, на знімках, зроблених у червні, розрізняються мікродослідні ділянки з посівами зернових культур, ідентифікувати які через малі площі ділянок та при розрізненні 5,8 м неможливо, проте їх можна виокремити серед виробничих посівів. На знімках, зроблених у липні, мікродослідні ділянки, на яких розмі-



Мал. 5. Поліпшення просторового розрізнення з використанням трансформації Броувея:  
 зображення: 1 (інфрачервоний канал + PAN) і 2 (MSS+PAN) – 16.06.2007 р.;  
 зображення: 3 (інфрачервоний канал + PAN) і 4 (MSS+PAN) – 10.07.2007 р.;  
 зображення 5: розміщення культур у виробничих посівах та у межах мікроділянок:  
 IV поле: 1 – ярий ячмінь; 2 – яре тритікале; 3 – яра пшениця; 4 – овес;  
 VII поле: 5 – цукрові буряки;  
 IX поле: 6 і 9 – озиме тритікале; 7 і 8 – озиме жито; 10 – озима пшениця

щені різні зернові культури, ідентифікуються краще. Зернові культури на момент знімання перебувають у фазах молочно-воскової та повної стиглості, що полегшує виділення культур серед загального масиву посівів.

Складно було визначити малі ділянки у виробничих посівах цукрових буряків, що пов'язано з густиотою посіву, яка змінюється протягом вегетації.

Синтезуючи зображення, ми помітили явище спотворення кольорів. Якість синтезу залежала від якості вихідних даних (вона була задовільною) та кваліфікації оператора.

**Висновки.** Мультиспектральні супутникові зображення з високим і середнім розрізненням –



важливе джерело даних для отримання геоспорової інформації різної деталізації. Встановлено, що під час дослідження агроресурсів та їх оцінки основними етапами тематичного оброблення є застосування спектральних і просторових поліпшувальних перетворень та формування похідних зображень.

Досліджено, що для виділення контурів та меж полів доцільно використовувати оператор Лапласа. Аналіз космічних знімків показав, що операція фільтрування забезпечила можливість визначення неоднорідності у розвитку рослин, виділення мікродослідних ділянок серед виробничих посівів.

Використання методів просторового поліпшення зображень шляхом об'єднання зображень з різним розрізненням довело свою ефективність для візуальної інтерпретації об'єктів, картографування та інтеграції з геоінформаційними системами. Метод трансформації Броувея забезпечив підвищення якості просторового розрізнення зображення, що в свою чергу сприяло визначенню конфігурації мікроділянок у межах полів.

#### Література

1. Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований [Текст]: учебник / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 336 с.
2. Колесник, В.И. Применение ДЗЗ и ГИС-технологий для прогнозирования урожайности зерновых [Текст] / В.И. Колесник, К.В. Колесник, В.П. Петренкова [и др.] // Уч. зап. Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. «География». – 16. – 2003. – № 2. – С. 73-80.
3. Кондратьев, К.Я. Аэрокосмические методы изуче-

ния состояния сельскохозяйственных культур и почв [Текст] / К.Я. Кондратьев, В.В. Козодеров, П.П. Федченко // Применение методов дистанционной диагностики в сельском хозяйстве – К.: Наук. думка, 1989. – С. 6-32.

4. Кохан, С.С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи [Текст]: підручник / С.С. Кохан, А.Б. Востоков.– К.: Вища шк., 2009. – 511 с.

5. Кохан, С.С. Наукове обґрунтування можливості прогнозу продуктивності зернових культур на основі даних дистанційного зондування Землі [Текст] / С.С. Кохан, І.П. Поліщук, О.В. Сиротенко. – К.: МП «Леся», 2009. – 28 с.

6. Кравцова, В.И. Космические методы исследования почв [Текст]: учебное пособие / В.И. Кравцова. – М.: Аспект Пресс, 2005.–190 с.

7. Лялько, В.И. Возможности прогнозирования урожайности зерновых культур на основе совместного использования многозональных космических снимков AVHRR NOAA и “Landsat TM” (на примере Киевской области) [Текст] / В.И. Лялько, А.И. Сахацкий, А.Я. Ходоровский [и др.] // Космічна наука і технологія. – 2002. – № 2/3. – С. 249-255.

8. Bucha, V. Interactive objects extraction from remote sensing images [Text] / V. Bucha, S. Ablameyko // In: Geographic uncertainty in environmental security. Morris A. and Kokhan S., ed. – Springer, 2007. – P. 225-239.

9. Robinson, V.B. Issues and challenges of incorporating fuzzy sets in ecological modeling. [Text] / V.B. Robinson // In: Geographic uncertainty in environmental security. Morris A. and Kokhan S., ed. – Springer, 2007. – P. 33-53.

10. Schiewe, J. Fuzzy models for handling uncertainty in the integration of high resolution remotely sensed data and GIS [Text] / J. Schiewe, M. Ehlers // In: Geographic uncertainty in environmental security. Morris A. and Kokhan S., ed. – Springer, 2007. – P. 89-107.

Надійшла 28.01.10