



## АНАЛІЗ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ЗА КІЛЬКІСНИМИ ТА ЯКІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ (НА ПРИКЛАДІ ВАСИЛЬКІВСЬКОГО РАЙОНУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

*Определены и проанализированы количественные и качественные показатели экологического состояния земельных ресурсов конкретной территории. Установлено корреляционную зависимость между экологическими показателями, которые характеризуют состояние земельных ресурсов. Проведена идентификация сельскохозяйственных угодий по данным ДЗЗ и определена достоверность классификации.*

*The qualitative and quantitative indices of ecological state of land resources of the territory have been determined and analysed. It was determined the correlation between ecological indices characterizing the state of land resources. The identification of agricultural lands had been carried out on the basis of remote sensing data as well as the reliability of the classification had been estimated.*

**Вступ.** Сучасні підходи до організації сільськогосподарського виробництва негативно позначаються на екологічному стані земель. Маємо чималу кількість досліджень з питань визначення їх стану.

За ступенем оглядовості, за оперативністю отримання, інформативністю та об'єктивністю дані дистанційного зондування Землі можуть бути цінним джерелом геопросторової інформації. Тому оцінювання стану земельних ресурсів за даними ДЗЗ є досить актуальним завданням. Воно важливе для держави, про що свідчать численні законодавчі акти, спрямовані на збереження та відтворення родючості ґрунтів.

Одним з етапів нашого дослідження було обґрунтування можливості використання даних ДЗЗ високого розрізнення для виділення класів об'єктів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питання оцінювання екологічного стану земельних ресурсів були і є предметом вивчення багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених. Ним займалися (а дехто й досі продовжує займатися) такі науковці та практики: С. М. Волков, Д. С. Добряк, О. П. Канаш, М. В. Козлов, А. М. Третьяк та інші [1, 3, 4, 7, 9]. Проте їх дослідження в основному стосуються виключно розроблення показників, що характеризують екологічний стан земельних ресурсів, їх кількісні або якісні показники. Невисвітленою досі залишається проблема взаємозв'язку між кількісними і якісними характеристиками екологічного стану земельних ресурсів.

Використання вегетаційних індексів для оцінювання й картографування стану рослинного покриву широко висвітлене в літературі [2, 5, 13, 14]. У працях [8, 11] обґрунтоване застосування вегетаційних індексів для підвищення достовірності класифікації космічних знімків. Питання, пов'язане з використанням вегетаційних індексів при тематичному дешифруванні агроресурсів, потребує детальнішого обґрунтування. Недостатньо висвітлена в літературі також проблема застосування даних ДЗЗ при вивченні стану агроресурсів з урахуванням особливостей ґрунтового-кліматичних умов.

© С. С. Кохан, А. А. Москаленко, 2012

**Мета дослідження** – порівняння показників екологічного стану земельних ресурсів, встановлення кореляційних залежностей між ними, обґрунтування особливостей використання даних ДЗЗ високого розрізнення для класифікування земель сільськогосподарського призначення.

**Методика дослідження.** У ході роботи застосовано методи кореляційно-регресійного аналізу та програмний засіб STATISTIKA 8. Для геоінформаційного картографування використовували ArcGIS 9.3, для попереднього і тематичного оброблення космічних знімків – Erdas Imagine та Idrisi Selva. Зокрема, в Erdas Imagine виконано радіометричне та спектральне поліпшення зображень, геометричну коррекцію знімків. Тематичне оброблення знімків виконано в Idrisi Selva.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сільськогосподарська спрямованість економіки Васильківського району призвела до надмірного навантаження на землю, породила такі негативні явища, як розрив взаємозв'язків між компонентними ланками агроландшафтів, погіршення загального екологічного стану території.

Для об'єктивного оцінювання інтенсивності використання земель та екологічного стану сільськогосподарських територій науковці пропонують чимало критеріїв та показників. Серед них: розораність сільськогосподарських угідь, сільськогосподарська освоєність, загальна та пользахисна лісистість, коефіцієнт антропогенного навантаження, коефіцієнт екологічної стабільності землекористування та коефіцієнт стійкості агроландшафту [1, 7, 9]. У нашому дослідженні використано показники, що враховують кількісне співвідношення угідь, а також ті, які характеризують якісний склад орних земель: індекс екологічної невідповідності використання орних земель та перевищення допустимої розораності [3].

Інформаційною базою для екологічного оцінювання стану сільськогосподарського землекористування є фондові та статистичні матеріали (дані кількісного і якісного обліку земель, узагальнені результати ґрунтового, еколого-агрохімічного та інших проблемно орієнтованих видів моніторингу, картографічні матеріали). Їх враховано для аналізу



стану використання земельних ресурсів у розрізі адміністративно-територіальних утворень (далі – АТУ) Васильківського району.

Виявлено, що у Васильківському районі підвищене антропогенне навантаження на землю, а територія належить до екологічно стабільно нестійких. Також прослідковується тісний зв'язок між екологічною стабільністю, розораністю і лісистістю території. Найбільшою стабільністю відзначаються АТУ з розораністю нижче 60 % і лісистістю території понад 15 %, причому при збільшенні лісистості й зменшенні розораності коефіцієнт стабільності зростає.

Територія лише однієї сільської ради характеризується середнім рівнем екологічної стабільності. Наші дані свідчать загалом про несприятливий екологічний стан території і про необхідність проведення заходів із землеустрою та охорони навколишнього природного середовища.

Щоб виявити напрями та інтенсивність зв'язку між досліджуваними показниками, використано кореляційний аналіз, результати якого зведено в таблицю та відображено на мал.1.

Для визначення кореляційних залежностей між показниками всі дані приведено до однієї шкали. У вибірку розрахунку кореляції не включено перевищення допустимої розораності, оскільки це похідні від індексу екологічної невідповідності сучасного використання орних земель. Для всіх інших показників використано парний Т-test і прийнято, що показники статистично достовірні на рівні значущості  $\alpha=0,05$ .

Для побудови графіків лінійної регресії на основі даних статистичної звітності розраховано коефіцієнти регресії  $a_0$  і  $a_i$ :

$$a_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{X}) \cdot (y_i - \bar{Y})}{\sum(x_i - \bar{X})^2}; \quad a_0 = \bar{Y} - a_1 \bar{X},$$

де  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  – середні значення змінних. Вибір  $a_0$ ,  $a_i$  здійснено за методом найменших квадратів.

Результати аналізу засвідчили, що показник полезахисної лісистості не має зв'язку з іншими характеристиками земельного фонду. Крім того, помірна негативна кореляція (-0,31) якісного показника "індекс екологічної невідповідності використання орних земель" виявлена лише для показника розораності сільськогосподарських угідь.

Враховуючи залежності коефіцієнтів антропогенного навантаження території та екологічної стабільності землекористування від ступеня розораності сільськогосподарських угідь, сільськогосподарської освоєності та лісистості, оцінено змінну  $Y$  ( $K_{ан.н}$  та  $K_{ек.ст}$ ) лінійною комбінацією незалежних змінних  $x_1, x_2, \dots, x_m$ .

Так, для  $m=3$

$$\bar{Y} = (B_1 \cdot X_1) + (B_2 \cdot X_2) + (B_3 \cdot X_3) + B_0,$$

де  $B_1 = b_1 \cdot S_y / S_1$ ;  $B_2 = b_2 \cdot S_y / S_2$ ;  $B_0 = \bar{Y} - (\bar{A}_1 \cdot \bar{X}_1) - (\bar{A}_2 \cdot \bar{X}_2)$ ;  $b_1 = r_{y1} - (r_{y2} \cdot r_{12}) / (1 - R_{12}^2)$ ;  $b_2 = r_{y2} - (r_{y1} \cdot r_{12}) / (1 - R_{12}^2)$ ;  $S_y$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\bar{X}_1$ ,  $\bar{X}_2$  – стандартні відхилення і середні значення;  $Y$ ,  $X_1$ ,  $X_2$ ;  $r_{y1}$ ,  $r_{y2}$ ,  $r_{12}$  – коефіцієнти парної кореляції Пірсона.

Щоб оцінити зв'язок змінних  $Y$ ,  $X_1$  та  $X_2$ , використано коефіцієнт множинної кореляції:

$$R_{Y12} = \sqrt{(b_1 \cdot r_{y1}) + (b_2 \cdot r_{y2})}.$$

Рівняння мають такий вигляд:

$$K_{ан.н} = (0,42 \cdot x_1) - (1,56 \cdot x_2) - (3,03 \cdot x_3) + 5,03; \quad (1)$$

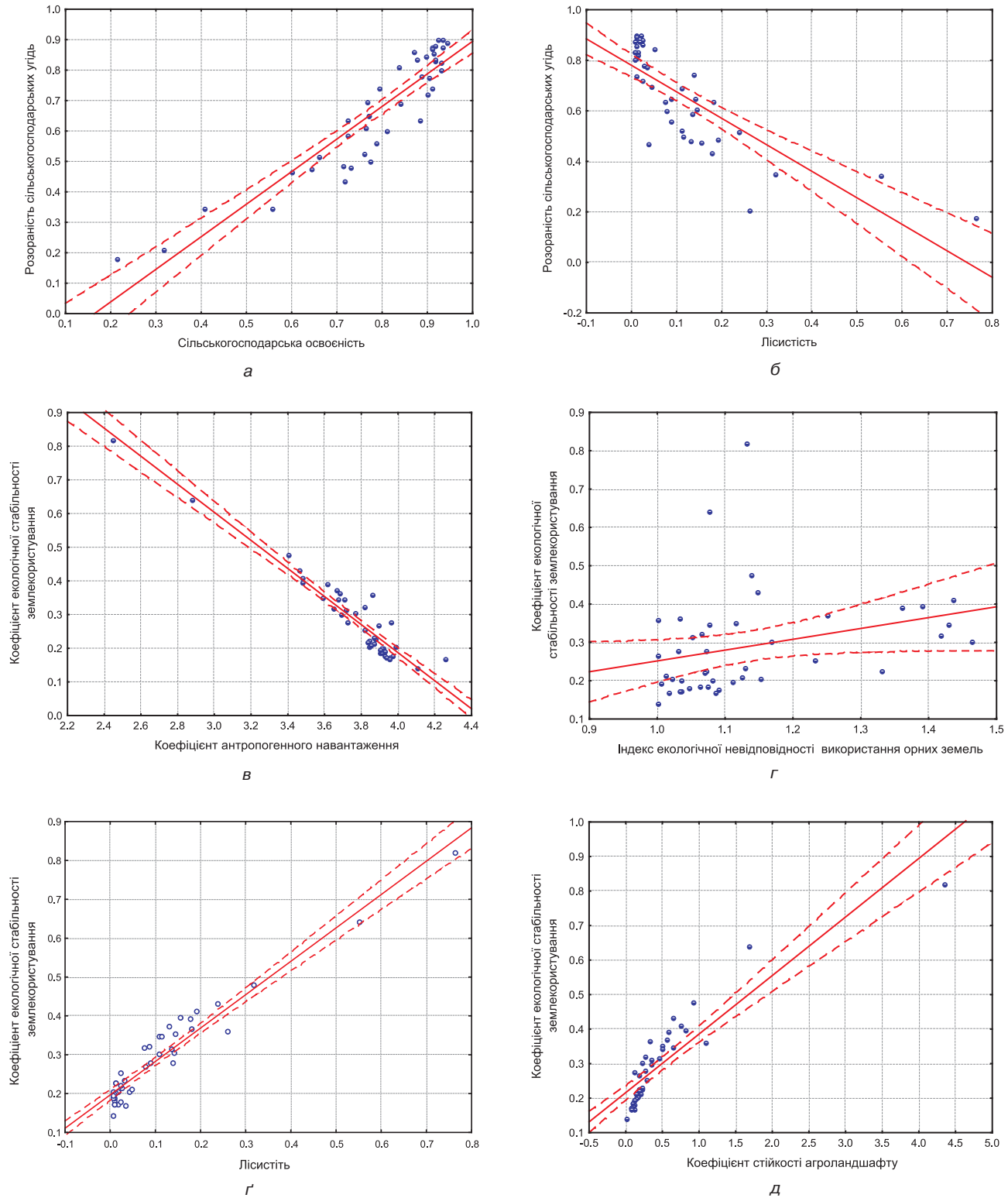
$$K_{ек.ст} = (-0,38 \cdot x_1) + (0,52 \cdot x_2) + (0,98 \cdot x_3) + 0,03, \quad (2)$$

де  $K_{ан.н}$  – коефіцієнт антропогенного навантаження на територію;  $K_{ек.ст}$  – коефіцієнт екологічної стабільності землекористування;  $x_1$  – розораність сільськогосподарських угідь;  $x_2$  – сільськогосподарська освоєність;  $x_3$  – лісистість території.

**Результати кореляційного аналізу показників екологічного стану території Васильківського району**

Показники	Розораність сільськогосподарських угідь	Сільськогосподарська освоєність	Лісистість	Полезахисна лісистість	Коефіцієнт антропогенного навантаження	Коефіцієнт екологічної стабільності землекористування	Коефіцієнт стійкості агроландшафту	Індекс екологічної невідповідності сучасного використання орних земель
Розораність сільськогосподарських угідь		0,92	-0,802	0,03*	0,66	-0,84	-0,71	-0,31
Сільськогосподарська освоєність	0,92		-0,891	0,08*	0,71	-0,84	-0,81	-0,08*
Лісистість	-0,80	-0,89		-0,12*	-0,93	0,96	0,93	0,12*
Полезахисна лісистість	0,03*	0,08*	-0,12*		-0,02*	-0,04*	-0,07*	0,27*
Коефіцієнт антропогенного навантаження	0,66	0,71	-0,93	-0,02*		-0,96	-0,90	-0,29*
Коефіцієнт екологічної стабільності землекористування	-0,84	-0,84	0,96	-0,04*	-0,96		0,89	0,29*
Коефіцієнт стійкості агроландшафту	-0,71	-0,81	0,93	-0,07*	-0,90	0,89		0,16*
Індекс екологічної невідповідності сучасного використання орних земель	-0,31	-0,08*	0,12*	0,27*	-0,29*	0,29*	0,16*	

Примітка: \* – коефіцієнти кореляції, де  $r_{емп} > 0,05$ . Нульова гіпотеза  $H_0$  відхиляється, якщо ймовірність  $r_{емп} < \alpha$  ( $r_{емп} < 0,05$ ).



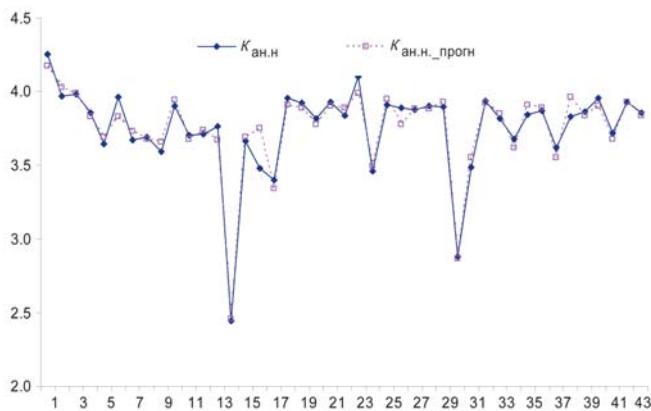
Мал. 1. Графіки залежностей між основними показниками:

а – залежність показника розораності сільськогосподарських угідь від показника сільськогосподарського освоєння:  $Y=+1,07 \cdot X-0,18$  ( $r=0,92$ ); б – залежність показника розораності сільськогосподарських угідь від лісистості:  $Y=-1,05 \cdot X+0,78$  ( $r=-0,80$ ); в – залежність коефіцієнта екологічної стабільності землекористування від коефіцієнта антропогенного навантаження:  $Y=-0,42 \cdot X+1,85$  ( $r=-0,96$ ); г – залежність коефіцієнта екологічної стабільності від індексу екологічної невідповідності використання орних земель:  $Y=0,28 \cdot X-0,03$  ( $r=0,29$ ); г – залежність коефіцієнта екологічної стабільності землекористування від лісистості:  $Y=0,86 \cdot X+0,20$  ( $r=0,96$ ); д – залежність коефіцієнта екологічної стабільності землекористування від коефіцієнта стійкості агроландшафту:  $Y=0,17 \cdot X+0,22$  ( $r=0,89$ )

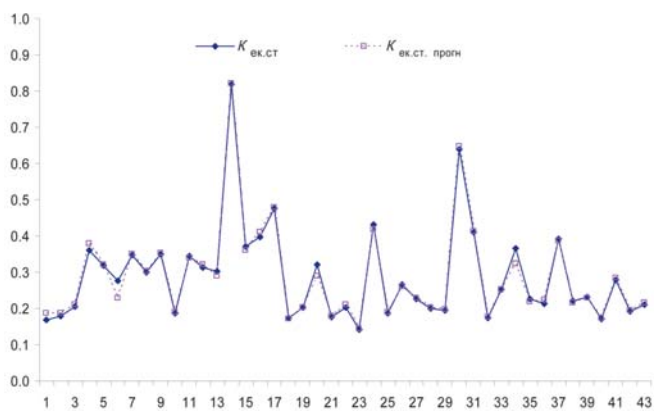


Оцінку якості рівняння регресії передає коефіцієнт детермінації, який у нашому дослідженні становить  $D=0,95$  для першого рівняння та  $D=0,98$  для другого і характеризує тісний позитивний кореляційний зв'язок.

Аналіз результатів використання перелічених рівнянь передає зміст мал. 2. Відносна похибка прогнозу в середньому становила 3,0 %, не перевищуючи 8 %.



а



б

Мал. 2. Графіки залежностей і відхилень між досліджуваними показниками: а – рівень антропогенного навантаження; б – рівень екологічної стабільності землекористування; 1-43 – номери сільських та селищних рад\*

\*Селищні ради: 1 – Глевахівська; 2 – Гребінківська; 3 – Дослідницька; 4 – Калинівська; сільські ради: 5 – Бархатівська; 6 – Варовицька; 7 – Великобугаївська; 8 – Великовільшанська; 9 – Великосолтанівська; 10 – Вінницько-Ставська; 11 – Гвоздівська; 12 – Данилівська; 13 – Дібрівська; 14 – Дзвінківська; 15 – Застугнянська; 16 – Здорівська; 17 – Іванковичівська; 18 – Ковалівська; 19 – Кодаківська; 20 – Крушинська; 21 – Ксаверівська; 22 – Лосятинська; 23 – Луб'янська; 24 – Малосолтанівська; 25 – Мар'янівська; 26 – Мархалівська; 27 – Митницька; 28 – Вільшансько-Новоселицька; 29 – Пінчуківська; 30 – Плесецька; 31 – Погребівська; 32 – Пологівська; 33 – Порадівська; 34 – Путрівська; 35 – Саливонківська; 36 – Пшеничнівська; 37 – Рославівська; 38 – Соколівська; 39 – Тростинська; 40 – Тростинсько-Новоселицька; 41 – Устимівська; 42 – Шевченківська; 43 – Яцьківська.

Результати свідчать про тісну залежність між показниками розораності, сільськогосподарського освоєння, лісистості й антропогенного навантаження на територію. Для коефіцієнта екологічної стабільності землекористування характерне широке варіювання похибок: для деяких значень вони становили 20-22 %, хоча абсолютне відхилення розрахованої величини становить від -0,06 до +0,03, що в інтервалі довіри до показника. Це підтверджує тісну залежність між показниками розораності, сільськогосподарського освоєння, лісистості й екологічної стабільності землекористування.

У ході дослідження проаналізовано можливість використання даних ДЗЗ для визначення екологічного стану території на рівні району. Для цього було взято космічні знімки Alos, отримані мультиспектральним сенсором (AVNIR-2) з просторовим розрізненням 10 м (мал. 3). Відомості з цих знімків знайшли застосування у вирішенні таких задач [2]:

- створення й оновлення карт і планів (масштаб 1:50 000 і дрібніше);
- вивчення змін рельєфу, спричинених різними факторами;
- контроль за використанням природних ресурсів;
- спостереження за стихійними явищами.



Мал. 3. Виділення меж району за космічним знімком Alos/AVNIR

Дане дослідження виконано в декілька етапів: попереднє оброблення космічного знімка Alos/AVNIR (радіометрична і геометрична корекція), тематичне оброблення даних (оцінювання роздільності спектральних сигнатур та класифікація космічного знімка на основі використання класифікатора за Байесом). Наразі автори розглядають можливість використання даних із супутника Alos для



ідентифікації основних типів покриття, що впливають на екологічну стабільність та антропогенне навантаження на територію.

Принагідно зауважимо таке: сумарна площа Васильківського району з містом Васильків, визначена за космічним знімком Alos, відрізняється на 0,7 % від даних статистичної звітності:

$$m_p = 0,05 \frac{M}{10\,000} \sqrt{P}, \quad (3)$$

де  $m_p$  – точність визначення площі, га;  $M$  – знаменник масштабу карти;  $P$  – площа досліджуваної території, га.

За розрахунками за формулою (3), для масштабу 1:50 000 допустиме відхилення визначення площі району становить 1 %.

Для створення навчальних вибірок при класифікації космічного знімка у межах району обрано еталонну територію площею 25 км<sup>2</sup>. Для виділення її меж використано космічний знімок QuickBird, який передував у часі знімку Alos/AVNIR, з просторовим розрізненням 0,61 м у надирі.

При підготовці навчальних вибірок використано сегментацію, щоб оптимізувати виділення меж угідь та забезпечити правильність проведення даної операції перед класифікацією. Виділені сегменти забезпечили можливість ефективного відбору однорідних пікселів у межах вибірок із близькими спектральними характеристиками (мал. 4).

Найуживаніші формули для розрахунків вегетаційних індексів ґрунтуються на здатності використовувати перевагу високого спектрального контрасту між спектральним віддзеркаленням рослинності в червоному і ближньому інфрачервоному діапазонах. У наукових працях [6, 14] пропонуються раціональні підходи до використання вегетаційних індексів для вирішення специфічних задач. За даними авторів праць [8, 13], використання вегета-

ційних індексів при створенні тематичної карти сприяє підвищенню точності класифікації типів покриттів ландшафту.

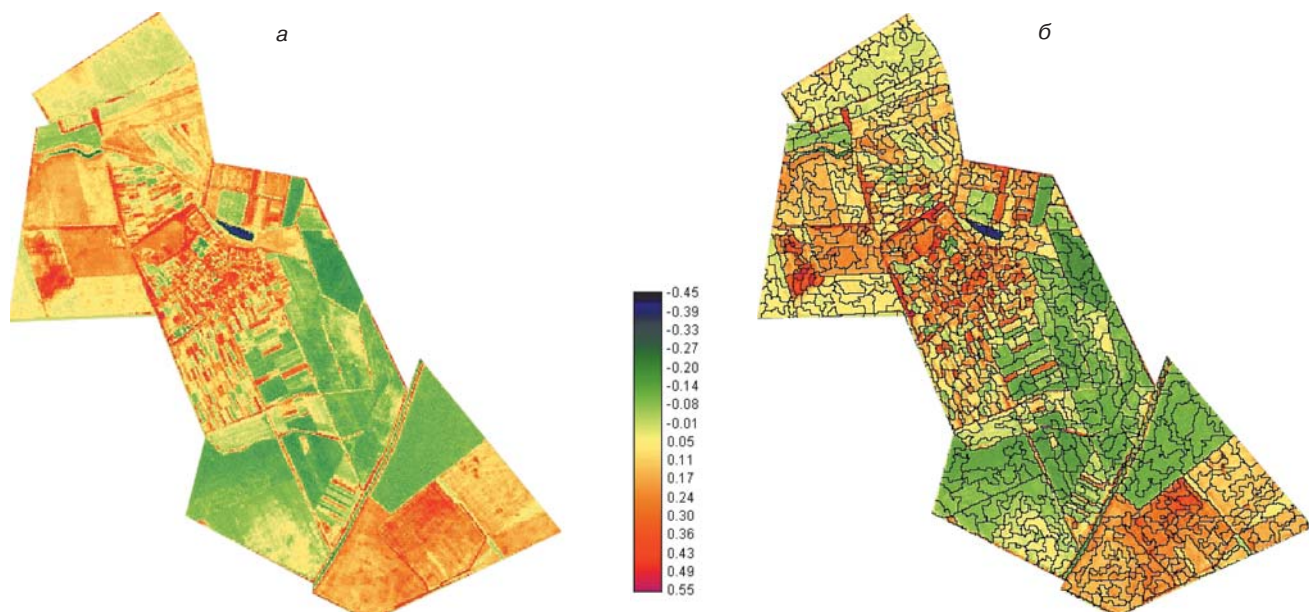
Комбінування спектральних даних для створення сигнатур здійснювали методом прямого перебору [10]. На час одержання космічного знімка Alos/AVNIR розвиток зернових культур знаходився на стадії наливу і дозрівання зерна. Тому розділити ярі, озимі зернові та ріпак лише за спектральними даними у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах можна було тільки з великими похибками.

Для підвищення ступеня роздільності культур та угідь сільськогосподарського призначення було використано метод вибору спектральних даних з урахуванням просторово-статистичних властивостей зображення. У літературі описано різні підходи до оцінювання статистичної відстані між двома вибірками, яку задають як евклідову відстань, або для цього застосовують математичні співвідношення: відстані Бхаттачарія, Джеффріса-Матусіти тощо, які враховують значення коваріації у межах досліджуваних вибірок.

Так, статистична відстань Бхаттачарія безпосередньо пов'язана з верхньою межею імовірності помилок класифікації. Вона розраховується за формулою

$$BD(i, j) = \frac{1}{8} (m_i - m_j)^t \frac{C_i + C_j}{2} (m_i - m_j) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{\frac{C_i - C_j}{2}}{\sqrt{|C_i|} \sqrt{|C_j|}} \right), \quad (4)$$

де  $BD(i, j)$  – відстань Бхаттачарія між класами  $i, j$ ;  $t$  – транспонування матриці і детермінант;  $C$  – матриця коваріації;  $m$  – вектор середніх.



Мал. 4. Аналіз виділення меж угідь: а – вегетаційний індекс NDVI; б – сегментація вихідного зображення NDVI



У нашому дослідженні використано підхід, який передбачає розділення пари імовірнісних розподілів, що ґрунтується на ступені їх перекриття, тобто на дивергенції.

Розрізняють модифікований варіант дивергенції – трансформовану або перетворену дивергенцію  $D_{ij}^T$ , виділяючи її математичну подібність з відстанню Бхаттачарія. Метод врахований у свою чергу при визначенні відстані Джеффіса-Матусіти:

$$D_{ij}^T = C(1 - e^{-D_{ij}/8}), \quad (5)$$

де  $D_{ij}$  – дивергенція між класами  $i$  та  $j$ ;  $C$  – константа (2, 100, 2000).

Через експоненціальний характер функції при її насиченні спостерігається зростання роздільності класів. Використання перетвореної дивергенції загалом дає змогу визначити поєднання спектральних комбінацій каналів для досягнення максимальної імовірності класифікації.

За підготовленими навчальними вибірками виконано кервану класифікацію території Васильківського району (мал. 5).

Оптимального розділення сигнатур сільськогосподарських культур та об'єктів несільськогосподарського призначення досягнуто в результаті використання перетвореної дивергенції. Так, для різних парних поєднань об'єктів роздільність характеризувалась як слабка та помірна. Для підвищення вірогідності класифікації проведено об'єднання класів об'єктів: яра пшениця, ярий ячмінь – у клас "ярі зернові"; озима пшениця, озиме жито – у клас "озимі зернові" тощо. Всі класи, що відповідають сільськогосподарським культурам, пасовищам, садам, сіножатям, об'єднано у клас сільськогосподарських угідь. Вірогідність виділення цього класу при використанні індексу Каппа [6] становила  $0,90 \pm 0,03$ .

Супутникові знімки Alos/AVNIR мають просторове розрізнення 10 м, що породжує деяку невизначеність при встановленні меж, а отже, і площі окремого поля, і сільськогосподарських угідь загалом. Технологічні дороги, що забезпечують під'їзд сільськогосподарської техніки до кожного поля (вони фактично обмежують поле з 2-х, а інколи і всіх 4-х сторін), мають змінну величину від 3 до 7 м. Це менша величина, ніж просторове розрізнення знімка, і тому вона не може бути визначеною на ньому. До об'єктів, які також є меншими, ніж просторове розрізнення знімка, належать осушувальні канали завширшки від 3 до 9 м (не враховуючи магістральні). Дешифрування лісовкритих площ також характеризується похибкою визначення, що пов'язано з подібністю спектральних сигнатур лісів, садів і заболочених ділянок.

За результатами класифікації досліджуваної території, загальна її лісистість становить 17 %, сільськогосподарська освоєність – 81 % (розбіжність з даними статистичної звітності за абсолютною величиною становить 3-4 %).



Мал. 5. Класифікація земель сільськогосподарського призначення району:  
а – NDVI; б – класифіковане зображення; в – класифіковане зображення з маскою населених пунктів



Для оцінювання визначення коефіцієнтів антропогенного навантаження на територію та екологічної стабільності землекористування за даними космічних зніманих складено рівняння множинної регресії:

$$K_{\text{ан.н}} = (-1,08 \cdot x_2) - (2,98 \cdot x_3) + 4,92; \quad (6)$$

$$K_{\text{ек.ст}} = (0,07 \cdot x_2) + (0,93 \cdot x_3) + 0,13, \quad (7)$$

де  $x_2$  – сільськогосподарська освоєність;  $x_3$  – лісистість території.

Розраховані значення за рівняннями (6) і (7) мають абсолютні відхилення від -0,29 до 0,14 для коефіцієнта антропогенного навантаження на територію та від -0,06 до 0,08 – для коефіцієнта екологічної стабільності землекористування. При використанні даних ДЗЗ розраховані значення коефіцієнта антропогенного навантаження не виходять за межі  $3,67 \pm 0,09$ , а екологічної стабільності землекористування – за  $0,32 \pm 0,04$ .

Для встановлення відповідності в регресійних моделях дійсним залежностям між ознаками визначено коефіцієнт детермінації ( $R^2=0,93$ ). Перевірка надійності зв'язку полягала у перевірці статистичної гіпотези, що коефіцієнт детермінації значно відрізняється від 0, а також у перевірці гіпотези, що коефіцієнти регресії дорівнюють 0:

$$H_0: R^2 = 0; \quad H_0: b = 0.$$

Гіпотезу про  $R^2$  перевірено за допомогою  $F$ -критерію, коефіцієнтів регресії на основі  $t$ -критерію. Оскільки  $F_{\text{розрах}} > F_{\text{крит}}$ , то коефіцієнт детермінації суттєво відрізняється від 0.

**Висновки.** Виявлено кореляційну залежність між основними кількісними показниками, що характеризують екологічний стан земельних ресурсів: розораністю сільськогосподарських угідь, сільськогосподарською освоєністю території, лісистістю, коефіцієнтом антропогенного навантаження, екологічної стабільності землекористування та стійкості агроландшафту. Виявлено також, що показник "полезахисна лісистість" не має зв'язку з іншими показниками. Помірна негативна кореляція якісного показника "індекс екологічної невідповідності використання орних земель" виявлена лише з показником "розораність сільськогосподарських угідь".

Проаналізовано можливість використання даних дистанційного зондування Землі для аналізу екологічного стану території на рівні району.

Оптимального розділення сигнатур сільськогосподарських культур та об'єктів несільськогосподарського призначення досягнуто з використанням статистичної метрики – перетвореної дивергенції. Вірогідність виділення класу сільськогосподарських угідь з використанням коефіцієнта Каппа становила  $0,90 \pm 0,03$ .

**Перспектива подальших досліджень** полягає у розробленні методики визначення кількісних характеристик екологічного стану агроландшафту за даними ДЗЗ.

## Література

1. Волков, С.Н. Землеустройство. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство [Текст]. – В 2 т. / С.Н. Волков. – Т. 2. – М.: Колос, 2001. – 648 с.
2. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи [Текст]: підручник / С.С. Кохан, А. Б. Востоков. – К.: Вища шк., 2009. – 511 с.
3. Добряк, Д.С. Класифікація сільськогосподарських земель як наукова передумова їх екологобезпечного використання [Текст] / Д.С. Добряк, О.П. Канаш, Д.І. Бабміндра, І.А. Розумний. – К.: Урожай, 2009. – 464 с.
4. Добряк, Д.С. Теоретичні засади сталого розвитку землекористування у сільському господарстві [Текст] / Д.С. Добряк, А.Г. Тихонов, Н.В. Гребенюк. – К.: Урожай, 2004. – 136 с.
5. Кохан, С.С. Аерокосмічні дослідження стану посівів сільськогосподарських культур [Текст] / С.С. Кохан. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С., 2011. – 315 с.
6. Кохан, С.С. Особливості використання класифікаторів зображень при використанні стану сільськогосподарських культур [Текст] / С.С. Кохан, А.А. Москаленко // Біоресурси і природокористування. – 2011. – № 1-2. – С. 198-204.
7. Методичні рекомендації щодо еколого-ландшафтного землевпорядкування сільськогосподарських підприємств [Текст]. – К.: НАУННІЗРПП, 2004. – 85 с.
8. Станкевич, С.А. Класифікування покриттів ландшафту з використанням повного набору нормалізованих міжканальних індексів і додаткових контекстуальних ознак [Текст] / С.А. Станкевич, О.І. Сахацький, А.О. Козлова // Космічна наука і технологія. – 2008. – Т. 14. – № 2. – С. 28-31.
9. Третяк, А.М. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування [Текст] / А.М. Третяк, М.І. Шквир. – К.: Ін-т землеустрою УААН, 2001. – 15 с.
10. Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов; пер. с англ. [Текст] / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 368 с.
11. Conrad, C. Per-Field Irrigated Crop Classification in Arid Central Asia Using SPOT and ASTER Data [Text] / C. Conrad, S. Fritsch, J. Zeidler [et al.] // Remote Sens. – 2010, 2, 1035-1056.
12. John, A. Richards. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction [Text] / John A. Richards, Xiuping Jia. – 4th Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 439 p.
13. Motohka, T. Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology [Text] / T. Motohka, K.N. Nasahara, H. Oguma, S. Tsuchida // Remote Sens. – 2010, 2, 2369-2387.
14. Zhang, X.A. Monitoring Vegetation Phenology Using MODIS [Text] / X. A. Zhang, M.A. Friedl, C.B. Schaaf [et al.] // Remote Sens. Environ. – 2003, 84, 471-475.

## Інтернет-джерело

15. [http://mapexpert.com.ua/index\\_ru.php?id=23&table=news](http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=23&table=news)

Надійшла 02.07.12