

РОЗДІЛ V. БУДІВНИЦТВО ТА ГЕОДЕЗІЯ

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4\(42\)-457-474](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4(42)-457-474)

УДК 528.94:332.3

**Віталій Іванович Зацерковний¹, Віктор Васильович Ворох²,
Володимир Геннадійович Івшин³, Олександр Леонідович Деркач⁴**

¹доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геоінформатики

Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

E-mail: vitalii.zatserkovnyi@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5187-6125>. Scopus ID: 57200165109

²аспірант, кафедри геоінформатики

Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

E-mail: fainkucha@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0112-8422>

³студент бакалаврату, кафедри геоінформатики

Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

E-mail: vovaivsin6@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0858-7655>

⁴студент магістратури, кафедри геоінформатики

Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

E-mail: d.derkach2014@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2534-6446>

ВИКОРИСТАННЯ ДЗЗ ТА ГІС В ЕКСПЕРТНІЙ ГРОШОВІЙ ОЦІНКІ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У роботі розглянуто можливість використання ГІС та даних ДЗЗ для уточнення результатів експертної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення. Актуальність дослідження зумовлена запровадженням ринку земель в Україні та необхідністю врахування реальної продуктивності угідь під час визначення їх вартості. Дослідження виконано на прикладі земель Чернігівської області, зайнятих під вирощування кукурудзи. Для оцінювання продуктивності використано супутникові знімки Sentinel-2 за 2017–2023 роки та вегетаційний індекс NDVI. На основі зіставлення значень NDVI зі статистичними показниками врожайності встановлено їх взаємозв'язок, що дало змогу здійснити просторовий прогноз урожайності та розрахувати рентний дохід у межах окремих земельних ділянок. Отримані результати свідчать про доцільність застосування сучасних технологій на практиці експертної грошової оцінки земель.

Ключові слова: експертна грошова оцінка; землі сільськогосподарського призначення; геоінформаційні системи (ГІС); дистанційне зондування Землі (ДЗЗ); нормалізований диференційований індекс рослинності (NDVI); урожайність кукурудзи; рентний дохід; дохідний підхід.

Рис.: 14. Табл.: 1. Бібл.: 29.

Актуальність теми дослідження. Землі сільськогосподарського призначення є стратегічним ресурсом аграрного сектору України та основою формування продовольчої безпеки держави. Ефективність їх використання значною мірою залежить від обґрунтованості управлінських рішень, зокрема у сфері оцінювання земель, яке слугує економічною базою для регулювання земельних відносин, оподаткування, укладення цивільно-правових угод та планування землекористування [28]. Відповідно до положень Земельного кодексу України, землі сільськогосподарського призначення виділяються в окрему категорію земель, для якої встановлюється спеціальний правовий режим використання та оцінювання [28].

Згідно із Законом України «Про оцінку земель», експертна грошова оцінка земельних ділянок проводиться з метою визначення їхньої вартості з урахуванням природних, економічних і виробничих характеристик, що формують дохідність землекористування [18]. Одним із ключових елементів такої оцінки є визначення рентного доходу, який безпосередньо залежить від продуктивності земель, насамперед урожайності сільськогосподарських культур. Метод прямої капіталізації рентного доходу, закріплений у чинній Методиці експертної грошової оцінки земельних ділянок, залишається базовим інструментом економічного оцінювання земель сільськогосподарського призначення в Україні [29].

Разом із тим, у практиці проведення експертної грошової оцінки земель досі переважає використання усереднених показників урожайності, отриманих на основі статистичних або нормативно-довідкових даних. Такий підхід не завжди враховує реальну просторову неоднорідність ґрунтового покриву, відмінності у зволоженні, агротехнологічних умовах та фактичному стані посівів у межах окремих земельних ділянок [20; 13]. У результаті це може призводити до спотворення величини розрахункового рентного доходу, та відповідно, до заниження або завищення оціночної вартості земель.

Особливо актуальною зазначена проблема є для земель, зайнятих під вирощування кукурудзи на зерно – однієї з провідних товарних культур в Україні. Урожайність кукурудзи характеризується значною просторовою та міжрічною мінливістю, що зумовлюється як природними чинниками, так і особливостями технології вирощування [20]. За таких умов використання медіанних нормативних показників урожайності без просторового уточнення не забезпечує достатнього рівня об'єктивності економічної оцінки земельних ділянок.

Сучасний розвиток геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування (ДЗЗ) створює нові можливості для отримання оперативної, об'єктивної та просторово деталізованої інформації про стан рослинного покриву. Застосування багатоспектральних супутникових знімків та вегетаційних індексів, зокрема, нормалізований диференційований індекс рослинності (NDVI), дозволяє оцінювати вегетаційний стан посівів і непрямо характеризувати їхню продуктивність у межах окремих полів та земельних ділянок [1; 7; 19; 21]. Численні наукові дослідження підтверджують наявність статистично значущого зв'язку між значеннями NDVI та урожайністю сільськогосподарських культур [7; 21].

Водночас аналіз наукових публікацій свідчить, що потенціал матеріалів ДЗЗ в задачах економічної оцінки земель використовується обмежено. У більшості випадків супутникові дані застосовуються для агромоніторингу, оцінювання стану посівів або планування технологічних заходів агровиробництва, тоді як їх інтеграція безпосередньо в процедуру експертної грошової оцінки земель залишається недостатньо опрацьованою [4; 6; 11; 12]. Це формує наукову прогалину між економічними методами оцінювання земель і сучасними геоінформаційними підходами до аналізу продуктивності агроландшафтів.

У зв'язку з цим актуальним є обґрунтування підходу, який поєднує метод прямої капіталізації рентного доходу з результатами ДЗЗ, до прикладу: урожайності кукурудзи на зерно та підвищення об'єктивності експертної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення. Реалізація такого підходу дозволяє врахувати реальну просторову мінливість продуктивності земельних ділянок і підвищити наукову та практичну обґрунтованість економічних розрахунків у сфері землекористування.

Постановка проблеми. Чинна система експертної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення в Україні передбачає використання дохідного підходу, зокрема методу прямої капіталізації рентного доходу. Водночас на практиці результати такої оцінки значною мірою залежать від способу визначення урожайності сільськогосподарських культур, яка безпосередньо впливає на величину розрахункового доходу.

У більшості випадків урожайність задається на основі усереднених нормативних або статистичних показників, що не враховують просторові відмінності в межах окремих земельних ділянок та фактичний стан посівів. Це знижує чутливість оцінки до реальних умов землекористування, до прикладу: для земель, зайнятих під вирощування кукурудзи на зерно.

Разом з тим матеріали ДЗЗ дозволяють отримувати просторово деталізовану інформацію про розвиток сільськогосподарських культур, однак такі дані поки що обмежено використовуються в процедурі експертної грошової оцінки земель. У зв'язку з цим актуальним є питання поєднання традиційних підходів економічної оцінки земель із можливостями ГІС та супутникових спостережень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оцінки земель сільськогосподарського призначення ґрунтуються на поєднанні економічних, природних та просторових чинників, що зумовлює міждисциплінарний характер відповідних досліджень. Теоретичні та методичні засади експертної грошової оцінки земель в Україні сформовані в межах національної наукової школи землеустрою та економіки землекористування. У працях А. М. Третяка та А. Г. Мартина розглянуто принципи формування вартості земельних ресурсів, роль рентного доходу в системі оцінки земель, а також обґрунтовано застосування дохідного підходу для земель сільськогосподарського призначення [13; 20]. Зазначені дослідження підкреслюють визначальне значення урожайності сільськогосподарських культур як базового економічного показника, що безпосередньо впливає на результати експертної грошової оцінки.

Нормативно-методичні аспекти проведення експертної грошової оцінки земель закріплені у чинних законодавчих і підзаконних актах, зокрема в Земельному кодексі України, Законі України «Про оцінку земель» та Методиці експертної грошової оцінки земельних ділянок [17; 18; 28; 29]. У цих документах визначено загальні підходи до оцінювання земель, порядок застосування методу прямої капіталізації рентного доходу та перелік факторів, що мають враховуватися при визначенні вартості земельних ділянок.

Значний масив наукових досліджень присвячений використанню матеріалів ДЗЗ для оцінювання стану рослинного покриву та продуктивності сільськогосподарських культур. Класичні роботи J. Rouse, C. Tucker, A. Huete та F. Varet з колегами заклали теоретичні основи застосування вегетаційних індексів для аналізу біофізичних характеристик рослинності [4; 6; 11; 12]. Зокрема, індекс NDVI набув широкого поширення завдяки простоті розрахунку та стабільному зв'язку з параметрами біомаси й фотосинтетичної активності рослин.

Подальший розвиток супутникових систем спостереження Землі, зокрема запуск місії Sentinel-2, значно розширив можливості застосування багатоспектральних даних у сільському господарстві. У працях M. Drusch та співавторів, а також у технічній документації Європейського космічного агентства наведено характеристики спектральних каналів Sentinel-2 та обґрунтовано їх придатність для розрахунку вегетаційних індексів і моніторингу посівів [4; 6]. Ці дослідження стали методичною основою для численних прикладних робіт, спрямованих на оцінювання просторової мінливості стану сільськогосподарських угідь.

Методичні аспекти обробки та аналізу просторових даних із використанням ГІС висвітлені в працях зарубіжних і вітчизняних дослідників. Зокрема, у роботах P. Longley, T. Lillesand, J. Jensen розглянуто принципи інтеграції растрових супутникових даних у ГІС, методи просторового аналізу та інтерпретації результатів ДЗЗ [8; 11; 12]. Українські науковці В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек та їхні співавтори детально описали можливості застосування ГІС для аналізу просторової структури природних і господарських об'єктів, що є важливим підґрунтям для досліджень у сфері землеустрою та оцінки земель [2; 26; 27].

Разом із тим аналіз наукових публікацій свідчить, що більшість досліджень зосереджені на використанні ДЗЗ для агромоніторингу, оцінювання стану посівів або оптимізації технологій вирощування сільськогосподарських культур. Питання ж безпосереднього використання супутникових даних для уточнення економічних параметрів експертної грошової оцінки земель, зокрема показників урожайності в межах дохідного підходу, залишаються недостатньо висвітленими. Це зумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на інтеграцію матеріалів ДЗЗ у процедуру експертної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення.

Метою статті є обґрунтування та апробація підходу до експертної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення, зайнятих під посівами кукурудзи на зерно, із застосуванням ГІС та матеріалів ДЗЗ, на основі методу прямої капіталізації рентного

доходу, з використанням вегетаційного індексу NDVI для просторового уточнення показників урожайності та підвищення об’єктивності економічних розрахунків у межах чинної нормативно-правової бази України.

Виклад основного матеріалу. Застосування ГІС і матеріалів ДЗЗ в експертній грошовій оцінці земель сільськогосподарського призначення зумовлене необхідністю переходу від узагальнених економічних показників до просторово деталізованого аналізу продуктивності земельних угідь. На відміну від традиційних підходів, що базуються переважно на статистичних або нормативних даних, використання ГІС і ДЗЗ дозволяє врахувати фактичний стан земель і посівів у межах конкретних ділянок, а також просторову неоднорідність сільськогосподарського виробництва.

Основні напрями застосування ГІС і матеріалів ДЗЗ у процесі оцінювання земель сільськогосподарського призначення узагальнено на (рис. 1).

У межах цієї роботи зазначені напрями реалізовано при оцінці продуктивності посівів кукурудзи та подальшому визначенні рентного доходу.

Представлена схема ілюструє, що дані ДЗЗ та ГІС можуть використовуватися не лише для картографування землекористування, але й для аналізу стану рослинності, визначення урожайності, оцінки ґрунтових та рельєфних умов, а також для підтримки прийняття рішень у сфері землекористування та оцінної діяльності.

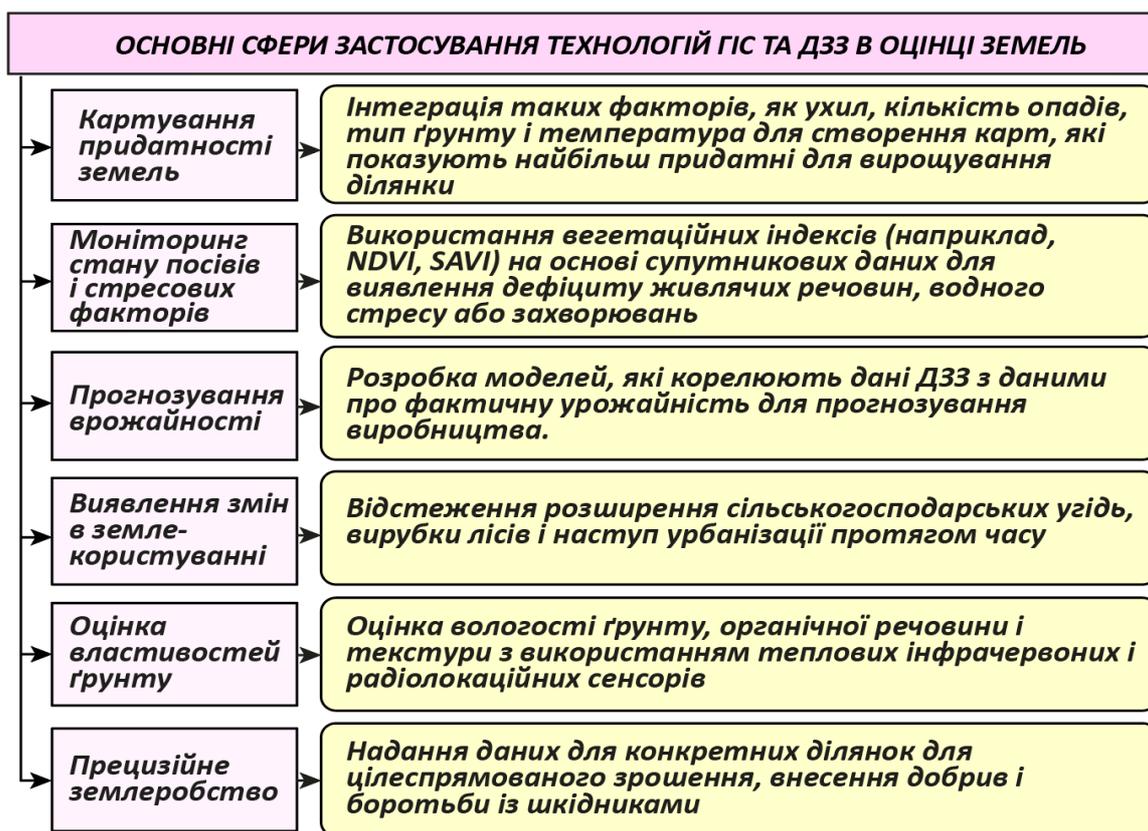


Рис. 1. Основні сфери застосування технологій ГІС та ДЗЗ в оцінці земель

Використання зазначених технологій забезпечує низку переваг порівняно з традиційними методами експертної оцінки. Зокрема, ГІС та ДЗЗ дозволяють оперативно отримувати актуальні просторові дані, здійснювати аналіз великих за площею територій, виявляти внутрішньопольову неоднорідність земельних ділянок і відстежувати зміни стану угідь у часовому розрізі. Узагальнені переваги застосування ГІС та ДЗЗ у контексті експертної оцінки земель наведено на (рис. 2).

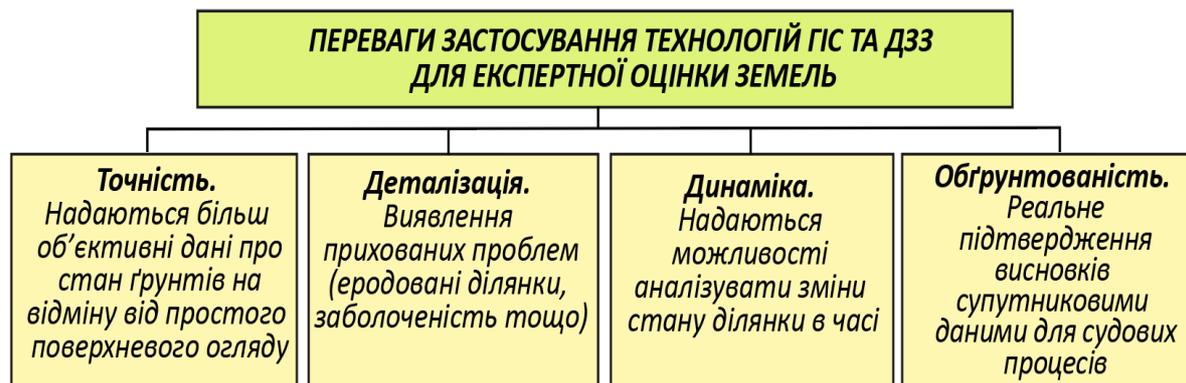


Рис. 2. Переваги застосування технологій ГІС та ДЗЗ для експертної оцінки земель

Інтеграція просторових, економічних і кадастрових даних у межах ГІС формує основу для комплексного підходу до експертної грошової оцінки земель. Узагальнену схему реалізації такого підходу із використанням ГІС та матеріалів ДЗЗ на (рис. 3), де показано взаємозв'язок між етапами збору вихідної інформації, просторового аналізу та формування результатів оцінювання.

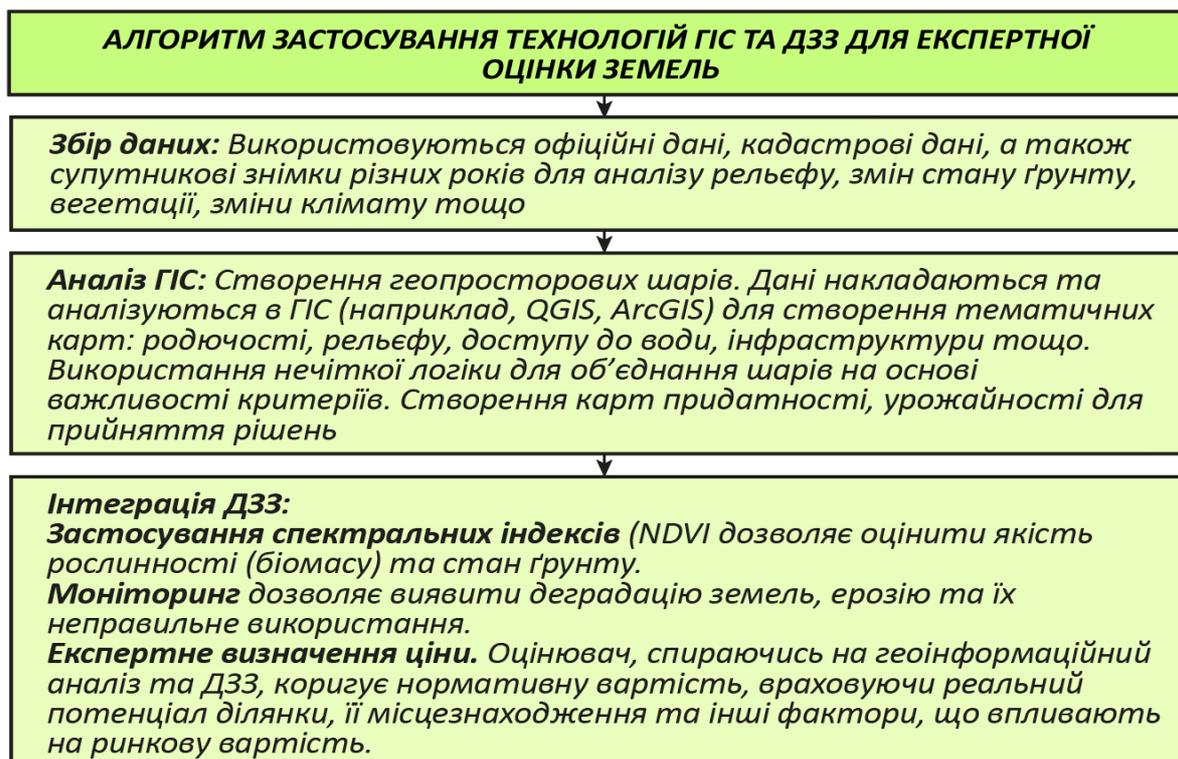


Рис. 3. Схема застосування технологій ГІС та ДЗЗ для експертної оцінки земель

Представлена схема відповідає логіці реалізації дослідження, використаний авторами при визначенні експертної грошової оцінки земель у межах Михайло-Коцюбинської територіальної громади.

Застосування ГІС і матеріалів ДЗЗ формує інформаційну основу для подальших економічних розрахунків у межах дохідного підходу. Саме на цьому етапі просторові характеристики земельних ділянок трансформуються в кількісні показники, що використовуються при визначенні рентного доходу. Зазначена схема відображає перехід від збору та обробки просторових даних до їх економічної інтерпретації, що є принципово важливим для реалізації дохідного підходу в експертній грошовій оцінці земель.

Експертна грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення відповідно до чинного законодавства України ґрунтується на застосуванні дохідного підходу, який передбачає визначення вартості земельної ділянки через її здатність генерувати дохід у процесі господарського використання. У межах цього підходу ключовим показником є рентний дохід, що формується в результаті сільськогосподарського виробництва і відображає економічний потенціал земельної ділянки [16-18; 29].

Для подальшого обґрунтування можливості інтеграції даних ДЗЗ в процедуру експертної грошової оцінки земель необхідно розглянути загальні принципи реалізації дохідного підходу, який є базовим при оцінюванні земель сільськогосподарського призначення відповідно до чинної нормативної бази України.

У межах даного дослідження зазначені підходи реалізуються для конкретного об'єкта – земельних ділянок сільськогосподарського призначення Михайло-Коцюбинської територіальної громади Чернігівського району, що дозволяє перейти від загальних положень до практичних розрахунків.

Вартість земельної ділянки визначається як відношення рентного доходу до коефіцієнта капіталізації, який враховує рівень ризику та альтернативну дохідність інвестицій у земельні ресурси та розраховується за формулою (вираз 1):

$$V = \frac{R}{k}, \quad (1)$$

де V – вартість земельної ділянки, грн/га;
 R – чистий рентний дохід, грн/га;
 k – коефіцієнт капіталізації.

Чистий рентний дохід визначається як різниця між валовим доходом від реалізації сільськогосподарської продукції та витратами, пов'язаними з її виробництвом. Такий підхід дозволяє врахувати економічні умови господарювання та специфіку вирощування конкретних культур. Розрахунок рентного доходу здійснюється за формулою (вираз 2):

$$R = D - C, \quad (2)$$

де D – валовий дохід, грн/га;
 C – виробничі витрати, грн/га.

Валовий дохід формується на основі показників урожайності сільськогосподарських культур та середньої ціни реалізації продукції на ринку. З урахуванням цього валовий дохід може бути представлений у вигляді, формула (вираз 3):

$$D = Y \times P, \quad (3)$$

де Y – урожайність культури, т/га;
 P – ціна реалізації продукції, грн/т.

Таким чином, у межах дохідного підходу саме урожайність виступає ключовою ланкою між просторовими характеристиками земельної ділянки та її економічною вартістю. Це створює методичні передумови для використання показників, отриманих за матеріалами ДЗЗ, зокрема вегетаційних індексів у подальшому як показника уточнення економічних розрахунків.

У традиційній практиці експертної грошової оцінки урожайність часто визначається на основі усереднених статистичних або нормативних показників, що не враховують просторову неоднорідність земельних ділянок.

У зв'язку з цим у сучасних дослідженнях дедалі більшого значення набуває використання матеріалів ДЗЗ та ГІС, які дозволяють отримувати просторово детальні характеристики стану посівів і використовувати їх для уточнення показників урожайності. Саме ГІС забезпечують інтеграцію супутникових даних із кадастровою та економічною інформацією, створюючи єдине аналітичне середовище для реалізації дохідного підходу в експертній оцінці земель [8; 11; 12].

Для просторового уточнення показників урожайності в межах дохідного підходу доцільним є використання вегетаційних індексів, що відображають біофізичний стан посівів. Одним із найбільш поширених інструментів дистанційної оцінки стану рослинності є нормалізований диференційний вегетаційний індекс NDVI, який характеризує інтенсивність фотосинтетичної активності рослин і має тісний зв'язок з біомасою та врожайністю сільськогосподарських культур. Значення індексу NDVI визначається за співвідношенням, формула (вираз 4):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (4)$$

де *NIR* – відбивна здатність у ближньому інфрачервоному діапазоні;
RED – відбивна здатність у червоному спектральному діапазоні.

На основі отриманих середніх значень вегетаційного індексу NDVI в межах окремих полів та відповідних статистичних показників урожайності кукурудзи формується математична залежність, яка описує взаємозв'язок між біофізичним станом посівів і їхньою продуктивністю. Зазначена залежність реалізується у вигляді простої лінійної регресійної моделі, узагальнений вигляд якої може бути представлений таким чином:

$$Y = a * NDVI + b, \quad (5)$$

де *Y* – прогнозована урожайність кукурудзи, ц/га;
NDVI – середнє значення вегетаційного індексу в межах відповідного поля;
a, b – параметри регресійної моделі, визначені за результатами статистичної обробки багаторічних даних.

Використання такої залежності дає змогу перейти від дистанційно отриманих індикаторів стану рослинності до кількісної оцінки урожайності, що надалі використовується для просторового моделювання продуктивності сільськогосподарських угідь у середовищі ГІС.

У практичному вимірі значущість удосконалення підходів до експертної грошової оцінки земель суттєво зросла після запровадження ринку земель сільськогосподарського призначення. З 31 березня 2020 року Верховною Радою України було ухвалено Закон України № 2178-10 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обігу земель сільськогосподарського призначення», яким запроваджено поетапне відкриття ринку земель. З 1 липня 2021 року зазначений закон набрав чинності, надавши фізичним і юридичним особам право купівлі та продажу земель сільськогосподарського призначення. Унаслідок цього грошова оцінка земель набула статусу одного з ключових інструментів регулювання земельних відносин та ухвалення управлінських рішень у сільськогосподарському секторі.

Чинна офіційна методика оцінки земель сільськогосподарського призначення базується переважно на площі ділянок та системі коригувальних коефіцієнтів, що враховують їх географічне положення, приналежність до природно-сільськогосподарських зон, наближеність до населених пунктів, інфраструктури, зон з обмеженим режимом використання, а також показники родючості ґрунтів, зокрема бонітет. Водночас умови функціонування відкритого ринку землі формують додатковий рівень невизначеності, оскільки ринкова вартість ділянок з подібними формальними характеристиками може суттєво відрізнятися залежно від економічних очікувань покупців, конфігурації землекористування та можливостей подальшої консолідації угідь. Частина таких відмінностей зумовлена факторами, що мають чітко виражену просторову природу й можуть бути кількісно оцінені із застосуванням ГІС та матеріалів ДЗЗ.

У цьому контексті супутникові дані виступають одним із найбільш інформативних джерел просторової інформації для оцінки земель, оскільки дозволяють оперативно отримувати узгоджені показники стану рослинного покриву та продуктивності угідь на великих територіях [9].

Разом з тим, запровадження ринку земель сільськогосподарського призначення актуалізувало проблему відповідності чинних підходів до оцінювання реальним ринковим умовам. Нормативна грошова оцінка, яка використовується як базовий інструмент, не завжди відображає фактичний продуктивний потенціал земельних ділянок, оскільки ґрунтується переважно на узагальнених коефіцієнтах і не враховує просторову неоднорідність урожайності в межах конкретних полів.

У зв'язку з цим виникає потреба в доповненні традиційних методів оцінки інструментами, що дозволяють кількісно враховувати реальні показники використання земель. Саме в цьому контексті подальший аналіз зосереджується на конкретному об'єкті дослідження та характеристиці земельних ділянок, для яких здійснюється просторово обґрунтоване визначення продуктивності та економічної цінності.

Об'єктом дослідження є земельні ділянки сільськогосподарського призначення, розташовані в межах Михайло-Коцюбинської територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області, просторове положення яких наведено на (рис. 4).

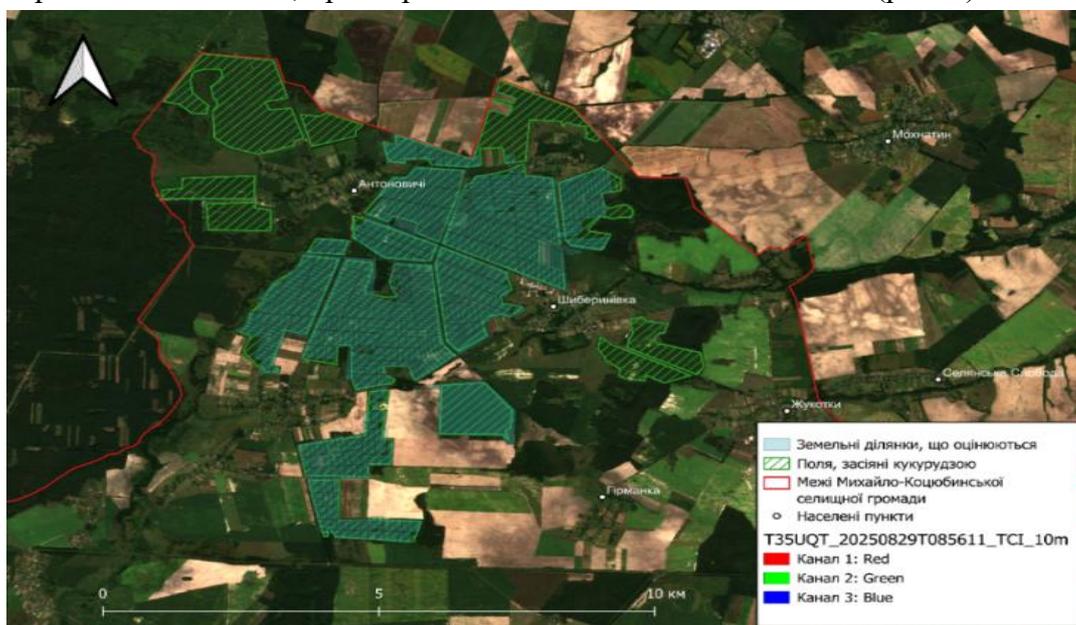


Рис. 4. Територія дослідження (власна розробка за даними [22])

Сільське господарство є одним із провідних напрямів господарської діяльності Михайло-Коцюбинської територіальної громади, що зумовлює доцільність вибору цієї території як об'єкта дослідження.

Типи ґрунтів на території громади: чорноземи, вилугувані та підзолисті лужні дернові, торф'яно-болотні. Тобто існують сприятливі умови для вирощування, крім зернових культур, що переважають на території громади, технічних культур (зокрема, буряку), а також придатні для садівництва та городи. За агроекологічною оцінкою ґрунти громади належать до умовно-задовільних та задовільних [15].

Рельєф Чернігівського району в основному рівнинний, місцями слабохвилястий. Не створює особливих перешкод для сільськогосподарського виробництва, за винятком фактора прорізання неглибокими долинами річок що може призвести до виникнення у весняний період неглибоких за площею вимочок, в яких можуть гинути посіви, та відповідно, призводить до зниження урожайності сільськогосподарських культур. Крутість схилів становить 0-3°, що не є впливом на водні ерозійні процеси. В окремі роки на території Чернігівського району в зимовий період за наявності низького снігового покриву, в подальшому весняно-літнього періоду, спостерігались пилові бурі, для боротьби з якими були в подальшому висаджені лісозахисні смуги [25].

Класифікація культур на території Михайло-Коцюбинської територіальної громади станом на 2019 рік та літо 2025 року представлені відповідно на (рис. 5 та 6).

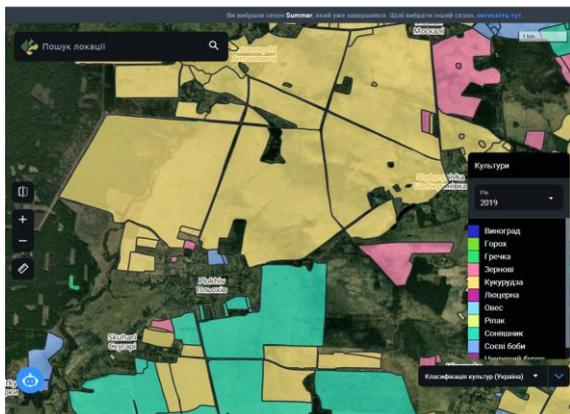


Рис. 5. Класифікація культур станом на 2019 рік [5]

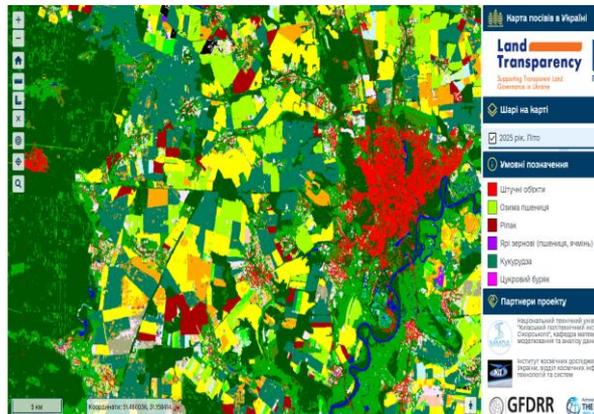


Рис. 6. Класифікація культур на території Михайло-Коцюбинської територіальної громади станом на літо 2025 року [10]

Просторову структуру посівів сільськогосподарських культур у межах громади за різні часові зрізи наведено на (рис. 5 та 6).

У межах дослідження визначено урожайність кукурудзи, яка є однією з культур з найбільшими посівними площами та стабільною товарною орієнтацією в Чернігівській області. Для визначення місця розташування полів з кукурудзою було використано карти посівів України від Land Transparency за 2022-2024 роки.

З урахуванням обраного дохідного підходу для експертної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та можливостей просторового аналізу в середовищі ГІС, дослідження виконувалося як послідовність взаємопов'язаних аналітичних процедур, спрямованих на інтеграцію даних ДЗЗ, статистичної інформації та економічних розрахунків.

Для проведення експертної грошової оцінки окремих земельних ділянок, зареєстрованих у Державному земельному кадастрі, у межах дослідження було реалізовано комплекс аналітичних операцій, що включав ідентифікацію полів із посівами кукурудзи, розрахунок середніх значень вегетаційного індексу NDVI за супутниковими знімками 2017–2023 років, встановлення статистичної залежності між цими значеннями та офіційними показниками врожайності, побудову регресійної моделі та її інтеграцію в середовище ГІС для подальшого прогнозування врожайності й визначення капіталізованого рентабельного доходу.

Для ідентифікації культур використовувалися дані платформ Crop Monitoring (2017–2021 рр.) та Land Transparency (2022–2023 рр.). З урахуванням результатів попередніх досліджень, які вказують на максимальний рівень кореляції між значеннями NDVI та врожайністю кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості, для аналізу було відібрано супутникові знімки з мінімальним відсотком хмарності за першу та другу декади серпня 2017–2023 років. Для кожного знімка з використанням інструментів алгебри карт розраховано індекс NDVI, результати якого наведено на (рис. 7).

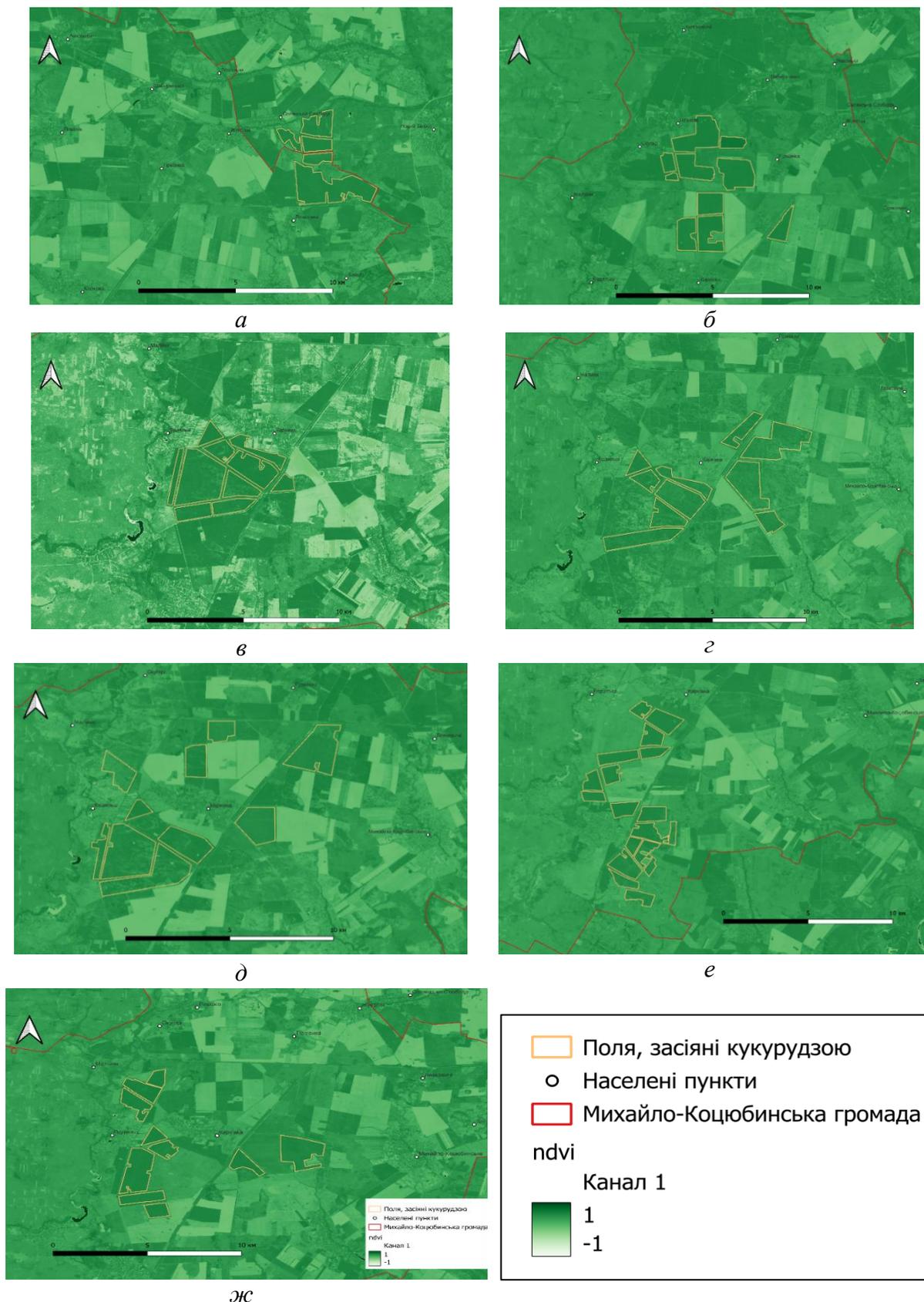


Рис. 7. Розрахований NDVI для знімків 2017-2023 років:
а – 16.08.2017; *б* – 11.08.2018; *в* – 19.08.2019; *г* – 05.08.2020; *д* – 15.08.2021;
е – 18.08.2022; *ж* – 05.08.2023 (власна розробка за даними [3])

На основі отриманих карт NDVI було виділено території полів із посівами кукурудзи (рис. 8) та виконано їх векторизацію (рис. 9) в ГІС. Аналогічні операції проведено для всіх років досліджуваного періоду.



Рис. 8. Виділення території полів з посівами кукурудзи

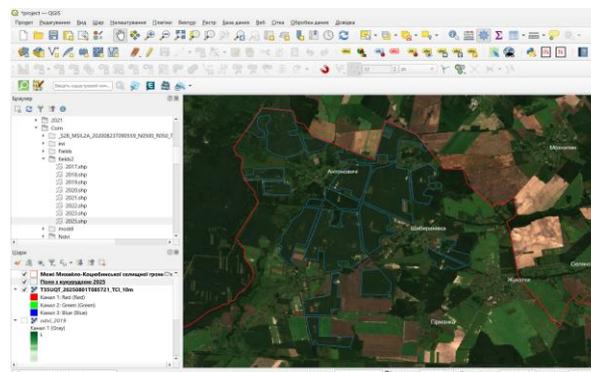


Рис. 9. Векторизація полів в ГІС, засіяних кукурудзою [10]

Для кожного векторизованого поля визначено середнє значення NDVI шляхом зональної статистичної обробки растрових даних із використанням інструмента Zonal Statistics as Table. У результаті сформовано узгоджену вибірку середніх значень NDVI та статистичних показників врожайності кукурудзи за 2017–2023 роки, наведених у (табл. 1).

Таблиця 1 – Обраховані значення NDVI та врожайність за 2017 – 2023 роки [власна розробка за даними 23]

Дата знімку	Середнє значення NDVI полів з кукурудзою	Врожайність (ц/га)
16.08.2017 року	0,575695	75,3
11.08.2018 року	0,605051	94,0
18.08.2019 року	0,56862	79,5
05.08.2020 року	0,550427	77,1
15.08.2021 року	0,561466	85,5
18.08.2022 року	0,561038	76,3
05.08.2023 року	0,604963	92,6

Отримані дані використано для проведення кореляційно-регресійного аналізу в програмному середовищі Statistica 12, де змінна X відповідала значенням NDVI, а змінна Y – показникам врожайності. Побудований графік залежності (рис. 10) засвідчив наявність суттєвого позитивного зв'язку між аналізованими параметрами: коефіцієнт кореляції становить 0,8213, рівень значущості $p < 0,05$, а коефіцієнт детермінації – близько 67 %.

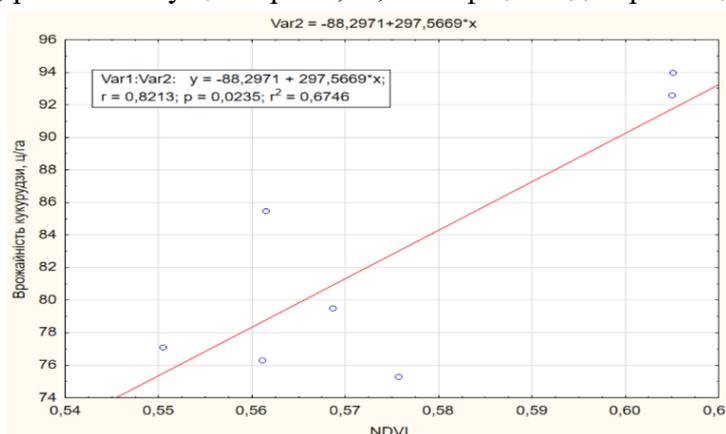


Рис. 10. Графік залежності між NDVI та врожайністю (власна розробка)

На основі отриманих результатів сформовано лінійну регресійну модель прогнозування врожайності кукурудзи, згідно (табл. 1), та є релевантною для умов Чернігівської області.

Побудовану модель застосовано до супутникового знімка за 29.08.2025 року з мінімальною хмарністю, у результаті чого отримано картографічну модель прогнозованої врожайності кукурудзи (рис. 11).

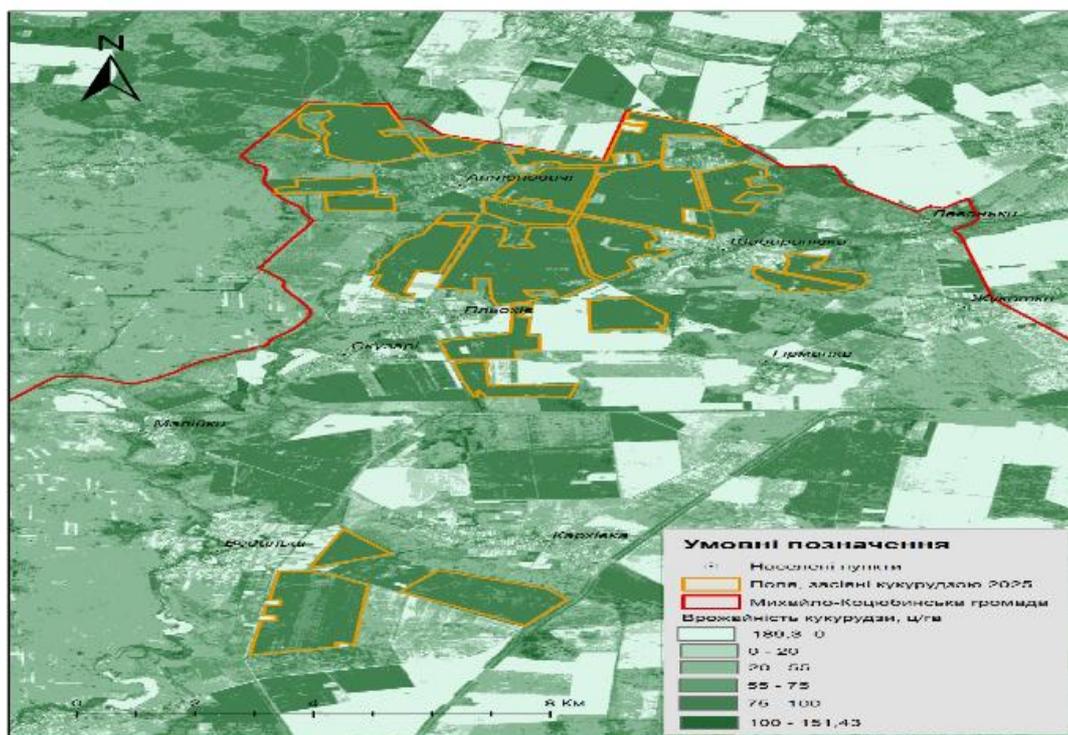


Рис. 11. Картографічна модель прогнозу врожайності кукурудзи за 2025 рік (власна розробка)

Таким чином, у межах дохідного підходу до експертної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення показник урожайності виступає одним із ключових параметрів, що визначає величину очікуваного доходу від використання земельної ділянки. З огляду на це, доцільним є пошук кількісної залежності між урожайністю сільськогосподарських культур та характеристиками стану рослинного покриву, які можуть бути отримані за матеріалами ДЗЗ.

Отже, застосування вегетаційного індексу NDVI у поєднанні зі статистичним аналізом дозволило побудувати математичну модель прогнозування врожайності кукурудзи. Розрахунок формула 6:

$$Y=297,57*X-88,297. \quad (6).$$

Слід зазначити, що отримана регресійна модель є емпіричною та відображає залежність, характерну для умов Чернігівської області у межах досліджуваного періоду. Її застосування до інших регіонів або культур потребує додаткового калібрування з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей та агротехнологій.

Подальше використання інструментів просторового аналізу дозволило визначити середні значення врожайності в межах кожної з 650 оцінювальних земельних ділянок. Отримані значення було приєднано до атрибутивної таблиці шару земельних ділянок за ідентифікатором FID, фрагмент рис. 12.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

№	Shape	Категорія	Кадастр	Площа	світлот	Врожайність середня, ц/га	Ціна
60	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:1003	2,58	Васильєв Лідія Михайлівна	38,907859	01.03
0	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:03:000:0031	0,16	БЕЙ ГАЛИНИ МИКОЛАЙВНИ	41,654317	Для ведення особистого сільськогосподарського господарства
325	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:08:000:0316	3,42	Галуш Оксесандр Петрович	44,054401	01.03
321	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:08:000:0017	3		47,645885	01.01
436	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0170	3,66	Ломано Ніна Василівна	49,303864	01.01
640	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:1311	0,88	Пархоменко Григорій Митрофанович	52,356429	01.01
664	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:4021	0,16	Михайло-Кочубинська селища рада Че	52,794878	01.01
510	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0399	3,28	Котель Валентина Михайлівна	56,040888	01.01
229	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1304	0,62		56,104967	01.01
647	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:1310	0,89	Пархоменко Григорій Митрофанович	56,672833	Для ведення товарного сільськогосподарського виробництва
649	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:1313	0,87	Моргул Юрій Григорович	57,651471	Для ведення товарного сільськогосподарського виробництва
490	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0268	3,78	Марченко Віра Григорівна/Приславка Ми	60,361218	01.01
443	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0177	3,74	Бородявка Олександр Сергійович	62,538733	01.01
445	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0179	3,79	Піщак Валентина Михайлівна	63,262096	01.01
230	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1305	0,54	Алексієнко Володимир Вікторович	66,688773	01.01
612	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0223	4,12	Сора Надія Андріївна	66,655372	01.01
289	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:07:000:0291	3,11	Лисенко Наталія Михайлівна	66,159691	01.03
395	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0083	3,39	Новосад Валентина Василівна	68,235643	01.01
322	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:0064	2,97		66,461854	01.01
228	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1303	0,63	Ярошенко Зінаїда Григорівна	68,930328	01.03
131	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:0104	3,31	Ярош Любов Станіславівна	69,076742	01.01
619	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0232	3,56	Коліноко Михайло Петрович	69,123448	01.01
326	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:08:000:0330	3,03	Ятченко Юрій Михайлович	69,697511	01.03
396	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0084	3,47	Любченко Ольга Анатоліївна	69,98437	01.01
620	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0233	3,59	Середно Міхала Петрович	70,215522	01.01
231	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1311	0,83	Назаренко Тамара Іванівна	70,382879	01.03
444	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0178	3,8	Піщак Валентина Михайлівна	71,598893	01.01
315	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:07:000:0206	0,7	МИХАЙЛО-КОЧУБІНСЬКА СЕЛИЩНА	70,564528	01.01
504	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0292	3,77	Колончук Іван Михайлович	70,764402	01.01
397	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0085	3,48	Любченко Ольга Анатоліївна	71,258258	01.01
232	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1312	0,63	Жигун Зінаїда Григорівна	72,01047	01.03
306	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:07:000:0310	3,42	Назаренко Тамара Іванівна	72,024384	01.03
444	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:0505	3,17	Стародуб Петро Михайлович	72,191738	01.03
437	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0171	3,99	Шеремет Катерина Станіславівна	72,331948	01.01
52	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:0503	3,17	Стародуб Олексій Іосифович	72,814141	01.03
227	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1271	0,51		73,296324	01.03
368	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:05:000:1266	1,07	Бакун Надія Володимирівна	73,432777	01.01
51	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:0502	3,23	Маланченко Тамара Михайлівна	73,621604	01.03

Рис. 12. Результат приєднання атрибутів з розрахованої таблиці із середніми значеннями пікселів до шару земельних ділянок (власна розробка)

На основі прогнозованої врожайності визначено обсяг валової продукції шляхом множення показників урожайності на площі земельних ділянок. Для розрахунку доходу використано середню ринкову ціну реалізації зерна кукурудзи, що становить 6954,7 грн/т [28]. Визначення експертної грошової оцінки здійснювалося методом капіталізації чистого операційного доходу із застосуванням ставки капіталізації 7 %, що відповідає чинним методичним рекомендаціям [14]. Усі розрахунки виконано в середовищі ГІС із використанням калькулятора полів, фрагмент (рис. 13).

№	Shape	Категорія	Кадастровий номер	Площа	Врожайність середня, ц/га	Фактична врожайність, ц/га	Чистий операційний дохід, грн	Ставка капіталізації	Ціна, грн	світлот
60	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:1003	2,58	38,907859	246	17144,6	0,07	244878	Васильєв Лідія Михайлівна
0	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:03:000:0031	0,16	41,654317	7	4683,092	0,07	68216	БЕЙ ГАЛИНИ МИКОЛАЙВНИ
325	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:08:000:0316	3,42	44,054401	293	20359,2	0,07	290780	Галуш Оксесандр Петрович
321	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:08:000:0017	3	47,645885	242	16849,8	0,07	240712	
436	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0170	3,66	49,303864	313	21780,7	0,07	311155	Ломано Ніна Василівна
640	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:1311	0,88	52,356429	79	56074,41	0,07	78677	Пархоменко Григорій Митрофанович
664	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:4021	0,16	52,794878	15	10421,48	0,07	146878	Михайло-Кочубинська селища рада
510	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0399	3,28	56,040888	303	210839	0,07	301197	Котель Валентина Михайлівна
229	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1304	0,62	56,104967	56	38951,93	0,07	552170	
647	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:1310	0,89	56,672833	60	56662,33	0,07	79660	Пархоменко Григорій Митрофанович
649	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:1313	0,87	57,651471	79	56268,57	0,07	78940	Моргул Юрій Григорович
490	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0268	3,78	60,361218	349	242436,7	0,07	348331	Марченко Віра Григорівна/Приславка Ми
443	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0177	3,74	62,538733	314	218303,9	0,07	311827	Бородявка Олександр Сергійович
445	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0179	3,79	63,262096	320	220085,6	0,07	318230	Піщак Валентина Михайлівна
230	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1305	0,54	66,688773	50	34577,03	0,07	49395	Алексієнко Володимир Вікторович
612	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0223	4,12	66,655372	345	239888,5	0,07	342697	Сора Надія Андріївна
289	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:07:000:0291	3,11	68,159691	271	188587,6	0,07	269302	Лисенко Наталія Михайлівна
395	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0083	3,39	68,235643	294	204415,3	0,07	292028	Новосад Валентина Василівна
322	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:0064	2,97	66,461854	262	182154	0,07	260230	
228	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1303	0,63	68,930328	57	39917,96	0,07	57025	Ярошенко Зінаїда Григорівна
131	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:0104	3,31	69,076742	267	185388	0,07	264840	Ярош Любов Станіславівна
619	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0232	3,56	69,123448	308	213868,8	0,07	305286	Коліноко Михайло Петрович
326	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:08:000:0330	3,03	69,697511	251	174563,7	0,07	249378	Ятченко Юрій Михайлович
396	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0084	3,47	69,98437	311	216291,2	0,07	308874	Любченко Ольга Анатоліївна
620	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0233	3,59	70,215522	301	209243,3	0,07	298919	Середно Міхала Петрович
231	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1311	0,83	70,382879	58	40345,4	0,07	57838	Назаренко Тамара Іванівна
444	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0178	3,81	71,598893	321	223321,7	0,07	319319	Піщак Валентина Михайлівна
315	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:07:000:0206	0,7	70,564528	49	33930,8	0,07	46478	МИХАЙЛО-КОЧУБІНСЬКА СЕЛИЩНА
504	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0292	3,77	70,764402	345	239615,1	0,07	342307	Колончук Іван Михайлович
397	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0085	3,48	71,258258	300	209750,2	0,07	286214	Любченко Ольга Анатоліївна
232	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:07:000:0310	3,42	72,024384	284	197448,1	0,07	282067	Назаренко Тамара Іванівна
306	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:0505	3,17	72,191736	229	158956	0,07	227082	Стародуб Петро Михайлович
437	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:06:000:0171	3,99	72,331948	336	233519,4	0,07	333599	Шеремет Катерина Станіславівна
52	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:0503	3,17	72,814141	226	158984,3	0,07	224632	Стародуб Олексій Іосифович
227	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:06:000:1271	0,51	73,296324	37	25411,3	0,07	36480	
368	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425589900:05:000:1266	1,07	73,432777	98	68442,52	0,07	97759	Бакун Надія Володимирівна
51	PolYGON ZM	Землі сільськогосподарського призначення	7425587200:05:000:0502	3,23	73,621604	238	165381,4	0,07	236291	Маланченко Тамара Михайлівна

Рис. 13. Атрибути з розрахованими значеннями чистого операційного доходу та вартості земельних ділянок (власна розробка)

Підсумковим результатом дослідження є карта експертної грошової оцінки земельних ділянок, розташованих у межах Михайло-Кочубинської територіальної громади (рис. 14).

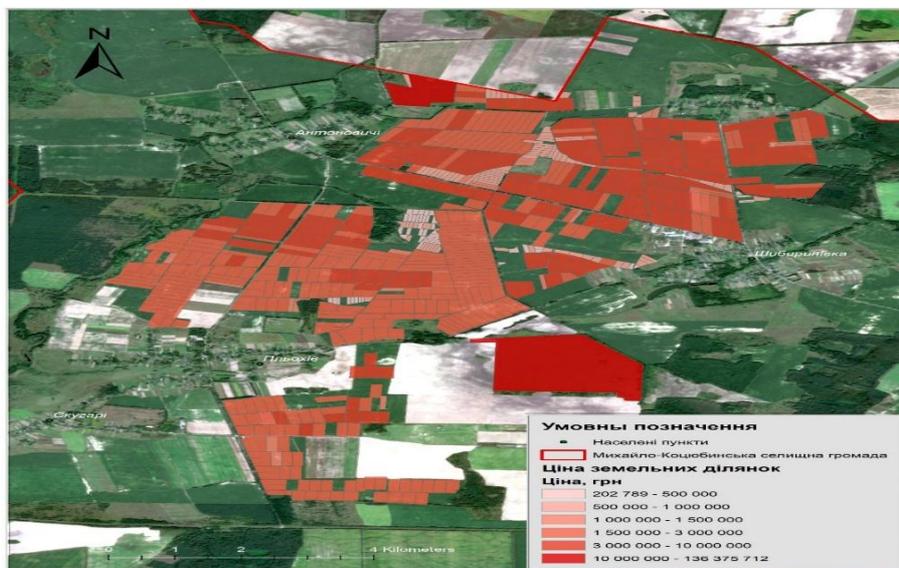


Рис. 14. Результати проведення експертної грошової оцінки (власна розробка)

Зазначені значення відображають капіталізований дохід для великих за площею земельних масивів і не є прямим аналогом ринкової ціни одиначної земельної ділянки.

Ціни земельних ділянок коливаються в межах від 202 тис. до 136 млн грн залежно від площі та обчисленої врожайності земельної ділянки. Отримані значення вартості мають значний діапазон і перевищують очікувані середні ринкові показники, що зумовлено методичними особливостями розрахунку. У межах цього дослідження дохід визначався на основі валової продукції без детального врахування виробничих витрат, пов'язаних із вирощуванням кукурудзи. Таким чином, отримані результати слід розглядати як порівняльну експертну оцінку, що відображає відносні відмінності продуктивності земельних ділянок, а не як остаточну ринкову вартість з урахуванням повного циклу витрат (значення варіюються в районі 75 ц/га – 90 ц/га), та офіційних ринкових цін на продукцію. Проте, слід зауважити, що це ціни без врахування виробничих витрат на виробництво зерна кукурудзи. Ці витрати можуть включати в себе обробіток ґрунту, закупівлю відповідних добрив та їх реалізацію внесення за допомогою агродронів, полив, паливно-мастильні матеріали тощо.

Визначені значення вартості коливаються в широкому діапазоні, що зумовлено відмінностями площ земельних ділянок та рівнем їх прогнозованої продуктивності. Просторовий аналіз результатів експертної грошової оцінки дозволив виявити закономірності розподілу вартості земельних ділянок залежно від їхньої площі та рівня продуктивності посівів. Найвищі показники характерні для великих за площею угідь із підвищеними значенням NDVI тоді як нижчі – для дрібних і просторово неоднорідних ділянок, які зокрема розташовані біля транспортної інфраструктури або на деградованих ґрунтах.

Висновки. Застосування технологій ГІС та ДЗЗ при здійсненні експертної грошової оцінки дає можливість визначення об'єктивної вартості земель сільськогосподарського призначення, а отже, і ухвалення ефективних управлінських рішень щодо управління земельними ресурсами та здійснення економічно ефективного їх використання.

Проведено аналіз нормативно-правових та методичних положень, що регламентують проведення експертної грошової оцінки земельних ділянок в Україні. Згідно з цими положеннями застосовуються три основні методичні підходи: зіставлення цін продажу аналогічних земельних ділянок, урахування витрат на земельні поліпшення та метод капіталізації чистого операційного (рентного) доходу. У роботі обґрунтовано доцільність використання саме методу капіталізації рентного доходу, який відображає економічний

потенціал сільськогосподарських угідь. Наукові дослідження закордонних та вітчизняних фахівців вказують на можливість визначення врожайності за даними ДЗЗ з високою точністю результатів.

Встановлено залежність між середніми значеннями вегетаційного індексу NDVI для полів з кукурудзою, отриманих із супутникових знімків Sentinel-2, та статистичними показниками врожайності кукурудзи по Чернігівській області за 2017–2023 роки. Проведений кореляційно-регресійний аналіз показав високий позитивний зв'язок між цими параметрами ($r = 0,8213$), що підтвердило можливість використання NDVI як надійного показника прогнозу врожайності.

На основі розрахованої моделі залежності «NDVI – статистична врожайність кукурудзи» було створено прогноз врожайності кукурудзи на 2025 рік. Отримана картографічна модель дозволила оцінити просторову мінливість продуктивності сільськогосподарських угідь у межах Михайло-Коцюбинської територіальної громади Чернігівського району.

Проведено розрахунок експертної грошової оцінки земельних ділянок шляхом визначення рентного доходу (добуток прогнозованої врожайності на ринкову ціну зерна — 6954,7 грн/т) і подальшої його ділення на запропоновану ставку капіталізації 7 % (0,07). Результати розрахунків показали значну варіацію вартості земель — від приблизно 202 тис. грн до понад 136 млн грн, що обумовлено відмінностями у площі ділянок, рівні прогнозованої врожайності та агроекологічних умовах.

Робота може бути вдосконалена шляхом використання даних щодо виробничих витрат на вирощування та збір кукурудзи та статистичних даних щодо врожайності культур в розрізі агровиробничих груп ґрунтів. Також може бути запропоновано використання ряду інших вегетаційних індексів (EVI, LAI) в перспективі отримання більш точних даних врожайності.

Отримані результати підтверджують ефективність інтеграції методів з використанням ДЗЗ та геоінформаційного аналізу у процесі експертної грошової оцінки. Такий підхід дає змогу підвищити точність визначення рентного доходу, отримати науково обґрунтовані результати оцінки та створити основу для автоматизованого визначення вартості сільськогосподарських угідь.

Впровадження і адаптація запропонованих підходів може істотно підвищити точність, узгодженість і прозорість системи оцінки землі.

Список використаних джерел

1. Baret, F., & Guyot, G. (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35, 161–173.
2. Бурачек, В. Г., Железняк, О. О., & Зацерковний, В. І. (2011). *Геоінформаційний аналіз просторових даних*. НДУ ім. М. Гоголя.
3. Copernicus. (2025). *Copernicus Browser*. <https://browser.dataspace.copernicus.eu>.
4. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., et al. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36.
5. EOS Data Analytics. (2025). *EOS Satellite Monitoring*. <https://crop-monitoring.eos.com/main-map/fields/all>.
6. European Space Agency (ESA). (2015). *Sentinel-2 user handbook*. ESA.
7. Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295–309.
8. Jensen, J. R. (2016). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. New York, NY: Pearson.
9. Kussul, N., Lavreniuk, M., Shelestov, A., Skakun, S., & Yailymov, B. (2017). *Agriculture land appraisal with use of remote sensing and infrastructure data*. <https://scispace.com/pdf/agriculture-land-appraisal-with-use-of-remote-sensing-and-3a87cm2m.pdf>.
10. Land Transparency. (2025). *Карта посівів в Україні*. <https://ukraine-cropmaps.com>.

11. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. New York, NY: Wiley.
12. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information systems and science*. Hoboken, NJ: Wiley.
13. Мартин, А. Г. (2011). *Економіка землекористування*. Аграрна наука.
14. Мельничук, В. О. (2025). Експертна грошова оцінка земельних ділянок сільськогосподарського призначення: нові підходи до визначення ставки капіталізації. *Облік і фінанси АПК: науково-освітній портал*. <https://magazine.faaf.org.ua/ekspertna-groshova-ocinka-zemelnih-dilyanok-silskogospodarskogo-priznachennya-novi-pidhodi-do-viznachennya-stavki-kapitalizacii.html>.
15. Михайло-Коцюбинська селищна територіальна громада. (2022). *Стратегія розвитку Михайло-Коцюбинської селищної територіальної громади*.
16. Верховна Рада України. (2011). Про Державний земельний кадастр, Закон України від 7 липня 2011 р. № 3613-VI (зі змінами). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>.
17. Верховна Рада України. (2003). Про землеустрій, Закон України від 22 травня 2003 р. № 858-IV (зі змінами). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15>.
18. Верховна Рада України. (2003). Про оцінку земель, Закон України від 11 грудня 2003 р. № 1378-IV (зі змінами). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15>.
19. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 309–317.
20. Третяк, А. М. (2010). *Земельні ресурси України: оцінка, використання, охорона*. ДІА.
21. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127–150.
22. Державна служба статистики України. (2025). *Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах*. https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvhu_reg.htm.
23. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. (2025). *Електронні сервіси Державного земельного кадастру*. <https://e.land.gov.ua/services>.
24. ТОВ «МінфінМедіа». (2025). *Світові ціни на кукурудзу*. <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/commodities/corn>.
25. Залозний, О. А. (2020). *Проект землеустрою, що забезпечує еколого-економічне обґрунтування сівозмін та впорядкування угідь земельної ділянки (кадастровий номер 7425588700:09:000:5491, площа 14,2274 га, у тому числі сіножаті 0,6450 га), що перебуває в користуванні на умовах оренди гр. Пугача В. І., Терехівська сільська рада, Чернігівський район, Чернігівська область*. Чернігів.
26. Зацерковний, В. І., & Тішаєв, І. В. (2014). *ГІС у землеустрої та кадастрі*. Логос.
27. Зацерковний, В. І., Тішаєв, І. В., & Віршило, І. В. (2016). *Геоінформаційні системи в науках про Землю*. НДУ ім. М. Гоголя.
28. Верховна Рада України. (2001). Земельний кодекс України, Закон України від 25 жовтня 2001 р. № 2768-III (зі змінами та доповненнями). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.
29. Кабінет Міністрів України. (2002). *Методика експертної грошової оцінки земельних ділянок: Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 11 жовтня 2002 р. № 1531 (у чинній редакції)*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1531-2002>.

References

1. Baret, F., & Guyot, G. (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35, 161–173.
2. Burachek, V. H., Zhelezniak, O. O., & Zatserkovnyi, V. I. (2011). *Heoinformatsiyni analiz prostorovykh danykh [Geoinformation analysis of spatial data]*. NDU im. M. Hoholia.
3. Copernicus. (2025). *Copernicus Browser*. <https://browser.dataspace.copernicus.eu>.
4. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., et al. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36.
5. EOS Data Analytics. (2025). *EOS satellite monitoring*. <https://crop-monitoring.eos.com/main-map/fields/all>.
6. European Space Agency (ESA). (2015). *Sentinel-2 user handbook*. ESA.

7. Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295–309.
8. Jensen, J. R. (2016). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (4th ed.). New York: Pearson.
9. Kussul, N., Lavreniuk, M., Shelestov, A., Skakun, S., & Yailymov, B. (2017). *Agriculture land appraisal with use of remote sensing and infrastructure data*. <https://scispace.com/pdf/agriculture-land-appraisal-with-use-of-remote-sensing-and-3a87cm2m.pdf>.
10. Land Transparency. (2025). *Crop map of Ukraine*. <https://ukraine-cropmaps.com>.
11. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). *Remote sensing and image interpretation* (7th ed.). New York: Wiley.
12. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information systems and science* (4th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
13. Martyn, A. H. (2011). *Ekonomika zemlekorystuvannia [Economics of Land Use]*. Ahrarna nauka.
14. Melnychuk, V. O. (2025). Ekspertna hroshova otsinka zemelnykh dilianok silskohospodarskoho pryznachennia: novi pidkhody do vyznachennia stavky kapitalizatsii [Expert monetary valuation of agricultural land plots: new approaches to determining the capitalisation rate]. *Oblik i finansy APK: naukovo-osvitnii portal – Accounting and finance in agriculture: scientific and educational portal*. <https://magazine.faaf.org.ua/ekspertna-groshova-ocinka-zemelnih-dilyanok-silskogospodarskogo-pryznachennya-novi-pidhodi-do-vyznachennya-stavki-kapitalizacii.html>.
15. Mykhailo-Kotsiubynska selyshchna terytorialna hromada [Mykhailo-Kotsyubynska settlement territorial community]. (2022). *Stratehiia rozvytku Mykhailo-Kotsyubynskoi selyshchnoi terytorialnoi hromady – Development strategy for the Mykhailo-Kotsyubynskiy settlement territorial community*.
16. Verkhovna Rada Ukrainy [Verkhovna Rada of Ukraine]. (2011). *Pro Derzhavnyi zemelnyi kadastr [On the State Land Cadastre], Law of Ukraine No. 3613-VI dated 7 July 2011 (as amended)*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>.
17. Verkhovna Rada Ukrainy [Verkhovna Rada of Ukraine]. (2003). *Pro zemleustrii [On Land Management], On Land Management, Law of Ukraine dated No. 858-IV (as amended)*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15>.
18. Verkhovna Rada Ukrainy [Verkhovna Rada of Ukraine]. (2003). *Pro otsinku zemel [On Land Valuation], Law of Ukraine No. 1378-IV (as amended)*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15>.
19. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium* (pp. 309–317).
20. Tretiak, A. M. (2010). *Zemelni resursy Ukrainy: otsinka, vykorystannia, okhorona [Land resources of Ukraine: assessment, use, protection]*. DIA.
21. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127–150.
22. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (2025). *Ploshchi, valovi zbory ta urozhainist silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy ta po rehionakh [Areas, gross harvests and yields of agricultural crops by type and region]*. https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvxu_reg.htm.
23. Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan heodezii, kartohrafii ta kadastru [State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre]. (2025). *Elektronni servisy Derzhavnoho zemelnogo kadastru. – Electronic services of the State Land Cadastre*. <https://e.land.gov.ua/services>.
24. MinfinMedia LLC. (2025). *Svitovi tsiny na kukurudzu [World corn prices]*.
25. Zaloznyi, O. A. (2020). Proiekt zemleustroi, shcho zabezpechuie ekoloho-ekonomichne obgruntuvannia sivozmin ta vporiadkuvannia uhid zemelnoi dilianky (kadastrnyi nomer 7425588700:09:000:5491, ploshcha 14,2274 ha, u tomu chysli sinozhati 0,6450 ha), shcho perebuvaie v korystuvanni na umovakh orendy hr. Puhacha V. I., Terekhivska silska rada, Chernihivskiy raion, Chernihivska oblast [Land management project providing ecological and economic justification for crop rotation and land improvement of a land plot (cadastral number 7425588700:09:000:5491, area 14.2274 ha, including hayfields 0.6450 ha), which is used on lease terms by Mr. V. I. Pugach, Terekhivska Village Council, Chernihiv District, Chernihiv Region].

26. Zatserkovnyi, V. I., & Tishaiev, I. V. (2014). *HIS u zemleustroi ta kadastri [GIS in land management and cadastre]*. Logos.

27. Zatserkovnyi, V. I., Tishaiev, I. V., & Virshylo, I. V. (2016). *Heoinformatsiini systemy v naukakh pro Zemliu [Geographic Information Systems in Earth Sciences]*. NDU im. M. Hoholia.

28. Verkhovna Rada Ukrainy [Verkhovna Rada of Ukraine]. (2001). *Zemelnyi kodeks Ukrainy [Land Code of Ukraine]*, Law of Ukraine No. 2768-III (as amended and supplemented). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.

29. Kabinet Ministriv Ukrainy [Cabinet of Ministers of Ukraine]. (2002). *Metodyka ekspertnoi hroshovoi otsinky zemelnykh dilianok: Zatverdzhena postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11 zhovtnia 2002 r. № 1531 [Methodology for expert monetary valuation of land plots: Approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1531 dated 11 October 2002]* (as amended). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1531-2002>.

Дата першого надходження статті до видання: 24.11.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 07.12.2025

UDC 528.94:332.3

Vitaliy Zatserkovnyi¹, Victor Vorokh², Volodymyr Ivshyn³, Oleksandr Derkach⁴

¹Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Geoinformatics
Taras Shevchenko National University (Kyiv, Ukraine)

E-mail: vitalii.zatserkovnyi@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5187-6125>. Scopus ID: [57200165109](https://scopus.com/authid/detail.url?authorID=57200165109)

²Graduate Student of the Department of Geoinformatics
Taras Shevchenko National University (Kyiv, Ukraine)

E-mail: fainkucha@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0112-8422>

³Bachelor's student of the Department of Geoinformatics
Taras Shevchenko National University (Kyiv, Ukraine)

E-mail: vovaivsin6@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0858-7655>

⁴Master's Student of the Department of Geoinformatics
Taras Shevchenko National University (Kyiv, Ukraine)

E-mail: d.derkach2014@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2534-6446>

USE OF REMOTE SENSING AND GIS IN EXPERT MONETARY VALUATION OF AGRICULTURAL LANDS: A CASE STUDY OF CHERNIHIV REGION

The article examines the possibilities of applying geographic information systems (GIS) and Earth remote sensing data in expert monetary valuation of agricultural land. The relevance of the study is determined by the introduction of the agricultural land market in Ukraine, which requires more substantiated and transparent approaches to land value assessment. The use of only regulatory indicators or averaged statistical data does not allow for adequate consideration of spatial variability in land productivity.

The object of the study is agricultural land parcels located within the Mykhailo-Kotsiubynske territorial community of Chernihiv district, selected agricultural fields cultivated with maize. To assess land productivity, Sentinel-2 satellite imagery for the period 2017–2023 and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were used. Based on average NDVI values and official statistical data on maize yields, a correlation and regression analysis was carried out, which revealed a stable relationship between the spectral characteristics of crops and actual yield values.

The obtained relationship was applied for spatial forecasting of maize yield within individual land parcels using GIS tools. Further calculations were performed in accordance with the income approach by determining rental income and its capitalization. As a result, cartographic materials of expert monetary valuation were developed, reflecting spatial differences in land value. The results confirm the feasibility of integrating GIS and remote sensing data to improve the reliability and objectivity of expert monetary valuation of agricultural land.

Keywords: expert monetary valuation; agricultural land; geographic information systems (GIS); Earth remote sensing (RS); Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); maize yield; rental income; income approach.

Fig.: 14. Table.: 1. References: 29.