
НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ГЕОСИСТЕМ

УДК 528.4: 528.1

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.012>

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ ТА БОНІТУВАННЯ: ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

І. О. УДОВЕНКО,

*кандидат економічних наук, доцент кафедри геодезії,
картографії і кадастру,*

Уманський національний університет садівництва

E-mail: irinaudovenko8@gmail.com

М. В. ШЕМЯКІН,

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри геодезії, картографії і кадастру,
Уманський національний університет садівництва*

E-mail: misha.uman@gmail.com

Н. В. ЛІХВА,

*старший викладач кафедри геодезії та землеустрою,
Одеська державна академія будівництва та архітектури*

E-mail: likhva_n@odaba.edu.ua

Анотація. У статті досліджуються сучасні методи і технології, що можуть застосовуватися для підвищення точності оцінки земель. Автори аналізують поточні проблеми у сфері бонітування та пропонують шляхи інтеграції геоінформаційних систем з метою створення більш об'єктивної та інформаційно насиченої картини якості земель. Мета статті - дослідження потенціалу використання новітніх технологій і геоінформаційних систем у визначенні якості та класифікації земель з наміром збільшення точності та неупередженості при оцінці земельних ресурсів. Під час дослідження використані наступні методи: порівняльний аналіз, метод автоматизованого дешифрування зображень, картографічний метод та геоінформаційний метод картування. В статті наголошується на значенні геоінформаційних систем у зборі, обробці та аналізі даних, що дозволяє враховувати широкий спектр факторів при оцінці земель, включаючи ерозійні процеси, родючість ґрунтів, екологічний стан

та інші критично важливі показники. Особливу увагу приділено можливостям використання дистанційного зондування та інших автоматизованих методів для збору даних. Результати дослідження мають практичне значення, оскільки можуть застосовуватися для оптимізації аграрного управління, планування використання земельних ресурсів та розробки стратегій їх ефективного використання та охорони. Перспективи подальших досліджень можуть включати розробку нових алгоритмів для аналізу та обробки даних, отриманих із супутникових знімків, а також вдосконалення існуючих геоінформаційних моделей оцінки земель. Також передбачається інтеграція отриманих моделей і систем в практичні аспекти землекористування та аграрного менеджменту для оптимізації використання земельних ресурсів та підвищення ефективності землекористування.

Ключові слова: бонітування земель, геоінформаційна система, геоінформаційне картографування, ПК «ArcGIS», GPS-вимірювання, агрохімічний моніторинг.

Актуальність

Для аналізу території України було створено сільськогосподарські карти різного територіального охоплення та різних масштабів. Проте вони не надають повного та єдиного розуміння якості земель та перспектив їх використання. Існуючі сільськогосподарські карти, створені в різний час, вже не відповідають зростаючим вимогам науки та практики. Існує недостатня кількість досліджень, присвячених картографуванню поточного стану сільськогосподарських земель, їх характеристик, способів використання та заходів для покращення агроекологічних властивостей, якості ґрунтів і їх захисту. Також бракує карт великих та середніх масштабів для комплексної оцінки земельних угідь.

Регіональний розвиток в Україні базується на обґрунтованому використанні земельних ресурсів, що спонукає зростаючий інтерес до земельної інформації як фундаменту для планування, розвитку та моні-

торингу природокористування. Надійна та оновлена інформація про територіальні об'єкти та процеси є критичною для ефективного управління динамічно змінюваними територіями [3, с. 27-28]. Інструментом, який може служити цій меті, є земельно-інформаційні системи, побудовані на основі інноваційних геоінформаційних технологій. Сучасні методи збору, обробки, візуалізації та розповсюдження інформації досягли високого рівня розвитку та широкого впровадження в повсякденне життя. В останні роки з'явилася потреба у впровадженні адаптивного підходу до якісної оцінки земель та їхнього бонітування. Цей підхід приймається як ключова концептуальна основа, система наукових поглядів, яка спрямована на знаходження методів не тільки для збереження та збільшення природно-ресурсного потенціалу сільськогосподарських земель, але й для якісної оцінки та бонітування земель з використанням геоінформаційних системних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Картування земель сьогодні є однією з пріоритетних задач сучасної картографії та науки про землеустрій. Цей напрямок опирається на теоретичні засади та методичні принципи картографічної науки, які були розроблені в наукових працях: Вертегел С., Вишняков В., Гуреля В., Сластін С., Піскун О., Харченко С., Мороз В. [2], Лазоренко-Гевель Н. [6], Пікколі Ф., Локателлі С., Скеттіні Р., Наполетано П. [23] та обумовлені сучасними підходами до візуалізації просторових даних.

Геоінформаційне картування, як спеціалізована галузь картографії, займається автоматизацією створення та використання карт з використанням геоінформаційних систем, баз даних та знань. Ця галузь розвивається на основі доробку багатьох вчених: Руденко М. [8], Сітковська А., Масляєва О. [9], Бутора А., Солоневич Б., Шварц К., Азіз К., Су С., Махмуд М. [14], Мохд Зукі Н., Мохамад А. [22], чий праці заклали фундамент для сучасного стану геоінформаційного картографування. Така наукова база дає можливості проведення досліджень у напрямку використання сучасних технологій та геоінформаційних систем з метою покращення рівня якості оцінки земель.

Мета дослідження. Метою є вивчення та аналіз можливостей застосування інноваційних технологій та геоінформаційних систем в процесах якісної оцінки та бонітування земель з метою підвищення точності та об'єктивності оцінювання земельних ресурсів.

Завдання дослідження включають:

- аналіз сучасного стану та основних проблем в якісній оцінці земель та їх бонітуванні;
- огляд інноваційних технологій, які використовуються в геоінформаційних системах для бонітування земель;
- вивчення можливостей застосування сучасних геоінформаційних систем у процесі оцінки якості земель;
- проведення експериментального бонітування земель за допомогою вибраних геоінформаційних систем;
- оцінка ефективності використання геоінформаційних систем у порівнянні з традиційними методами бонітування.

Матеріали і методи дослідження

Основою для проведення дослідження послужили мультиспектральні космічні зображення від супутникових систем класу «LandSat-8», отримані у червні-серпні 2023 р., топографічні мапи, кадастрові плани досліджуваних територій, а також дані українського геопорталу «Національна кадастрова система» [4].

У ході роботи були використані такі методи дослідження: порівняльний аналіз, метод автоматизованого дешифрування зображень, картографічний метод (морфометричний аналіз) та геоінформаційний метод картування.

Дослідження будується на засадах того, що створення атрибутивної бази даних є неможливим без відповідного упорядкування інформації, що є необхідною умовою для функціонування ефективної геоінформаційної системи (ГІС). Сучасні ГІС-програми та системи управління

базами даних пропонують інтуїтивні та зручні інструменти для роботи з даними. Векторні електронні карти здатні відображати не лише метричні параметри об'єктів, але й їх атрибути та семантичні особливості, які фіксуються в таблицях бази даних картографічних об'єктів. Атрибути об'єктів на електронній карті визначаються за допомогою програмного забезпечення «ArcGIS», яке включає такі дані як: назва земельного шару, його номер, назва об'єкта, код об'єкта, номер об'єкта, код локалізації, унікальний ключ об'єкта. Окрім атрибутів, об'єкти мають індивідуальні характеристики, відомі як семантичні властивості, що включають якісні та кількісні параметри об'єктів [24].

У цьому дослідженні використовується реляційна модель даних, яка ґрунтується на взаємозв'язках між різними атрибутами, відображаючи тим самим зв'язки між об'єктами та їх характеристиками у фізичному світі. Так, для надання інформаційній репрезентації об'єкта «просторового» статусу, необхідно додати до нього хоча б один атрибут, який точно вказує на просторове розташування об'єкта. Інтеграція такого атрибуту перетворює звичайну базу даних у геоінформаційну систему (ГІС). Просторові атрибути можуть бути визначені через відносне або абсолютне положення об'єкта, що призводить до двох основних моделей зберігання просторових даних: растрової (для відносного положення) та векторної (для абсолютного положення).

Результати дослідження

Керівництво агрохолдингів часто не має точної інформації про розміри власних засіяних площ і

якість земель, оскільки вони зазнають змін через різноманітні природні та управлінські впливи, що веде до постійних змін у характеристиках ґрунту та рослинності на окремих ділянках і між ними. Ця інформація має бути фундаментом для складання агротехнічних планів та електронних карт для кожного поля або ділянки зокрема. Розробка та впровадження систем оцінювання та бонітування земель аграрного призначення становлять ключовий напрямок сучасного розвитку. Важливість їхнього дослідження, розвитку та тестування впливає з потреби врахування економічних та територіальних аспектів, а також необхідності використання спеціалізованих аграрних карт [5, с. 53]. Велика кількість просторової та статистичної інформації різного часу та масштабу вимагає залучення потенціалу геоінформаційного картографування (ГК). Геоінформаційне картографування, яке є синтезом картографії, геоінформатики та методів дистанційного зондування, виявляється особливо корисним для проведення комплексних оцінок земель.

Особливості використання просторово-орієнтованої інформації полягають у великих об'ємах картографічних та аерокосмічних даних, що вимагають їх ефективної обробки та збереження з просторовим контекстом. Це стимулювало розробку спеціалізованих геоінформаційних технологій для аналізу та зберігання такої інформації. Методи синтезованого та систематичного картографування, що лягли в основу створення цифрових карт, потребували розробки математичних та картографічних методів моделювання, автоматизації технологій їх впровадження та формування картографічних баз даних [20]. Також ви-

користання аерокосмічних зображень для тематичного картування стало неможливим без впровадження автоматизованого дешифрування.

Це вимагало створення автоматизованих картографічних систем і систем автоматичної обробки зображень, які з часом стали ключовими елементами ГІС. Таким чином, можна констатувати програмно-технічну інтеграцію відповідних наукових дисциплін на платформі комп'ютерних систем і технологій ГІС. Геоінформаційне картографування виходить за рамки використання лише ГІС-технологій і є, перш за все, процесом картографування об'єктів та явищ, заснованим на методах аналізу та синтезу їх змістовного наповнення [7]. При картографуванні сільськогосподарських земель застосовується повна методична база, розроблена для землевпорядних досліджень.

Фактично, мультимасштабна геоінформаційна карта представляє собою глобальний інформаційний комплекс, інтегровану інформаційну систему даних (ІСД), що зберігається в базі даних та служить аналогом інфраструктури просторових даних (ІПД). Різниця між ними полягає в тому, що ІПД є універсальним депозитарієм, тоді як ІСД орієнтована на певні предметні сфери. Так, ІСД охоплює не тільки самі дані та технології їх візуалізації, а й програмне забезпечення для виконання спеціалізованих задач. Зокрема, ІСД надає можливість організувати новий порядок доступу до зберігання електронних аерокосмічних зображень та планів. Карта ІСД набуває форми лише в процесі візуалізації інформації [10]. Використання електронних мультимасштабних карт є інноваційною технологією, яка відкриває нові

шляхи для розв'язання традиційних завдань обліку та управління землями, а також дозволяє впоратися з новими викликами у сфері управління землекористуванням [8]. Для реалізації такої електронної карти потрібне застосування ГІС, яка може бути поділена на декілька підсистем, кожна з яких виконує певні функції.

Підсистема встановлення меж земель аграрного призначення з визначенням їх точних координат, з урахуванням рельєфу місцевості. Підсистема аналізу та обробки інформації земельних ресурсів для прийняття управлінських рішень. Підсистема реєстрації ідентифікаційних ознак земель із зазначенням їх характеристик та просторової прив'язки. Підсистема створення та обробки інформації за допомогою ідентифікаційних ознак, включаючи статистичні та динамічні дані. Підсистема презентації та візуалізації інформації. Підсистема моніторингу стану земель та розробки рішень щодо їх використання. Загальна система, що інтегрує всі вищевказані підсистеми та інформаційні ресурси, була реалізована в програмі «ArcGIS» [2, 13].

Електронна карта полів забезпечує підтримку геодезичних характеристик для візуалізації просторових даних, таких як проекція, тип еліпсоїда, координатна система та інші. Це надає можливість використовувати карту для моніторингу за допомогою GPS-вимірювань, включно з визначенням кутових та переломних точок на полях, місць для аналізу складу ґрунтів, точок агрохімічного моніторингу, навігаційних даних та інших параметрів. Кожен шар цієї карти пов'язаний з базою даних, де зберігається інформація, відповідна тематиці шару, та дані по кожному зображеному об'єкту на мапі.

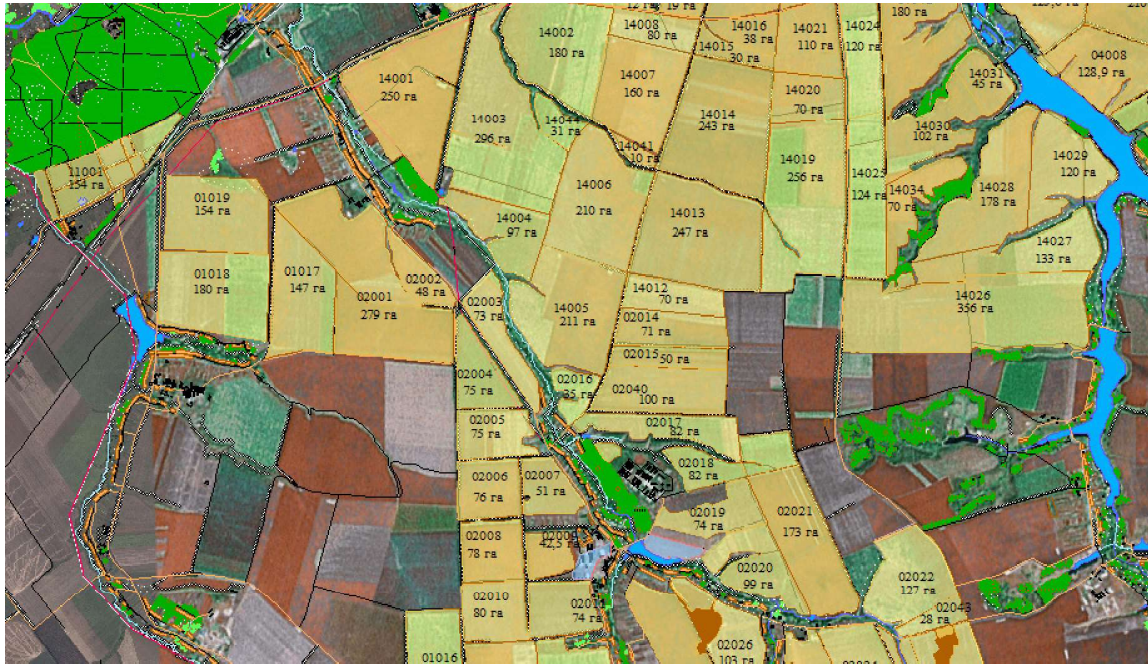


Рис. 1. Приклад карти з накладенням інформації з Google та векторної інформації, отриманої за допомогою ПК «ArcGIS» [19].

Система реєстрації земель створена для надання інформаційної підтримки у процесі керування аграрними підприємствами, враховуючи такі аспекти як рельєф, склад ґрунту, гідро-геологічні умови, актуальний клімат та фітосанітарний стан. Додатково, ця система обладнана модулем моніторингу сільськогосподарської техніки, що дозволяє автоматично збирати інформацію про здійснені агротехнічні заходи та оцінювати якість виконаних механізованих робіт.

Електронна карта полів дозволяє з точністю планувати, вести облік і контролювати всі види аграрної діяльності, адже базується на достовірній інформації про розміри полів, протяжності доріг та даних про об'єкти, що відмічені на карті. Моніторинг форм і характеристик полів здійснюється через GPS-вимірювання. Для створення точних контурів кордонів використовуються дані, отримані з геодезичних приладів, GPS-облад-

нання, растрових зображень і фотографій, інформації з дистанційного зондування землі, а також аерофото та супутникових знімків [16].

Для моделювання тривимірної графіки використовують інформацію з геодезичних інструментів та GPS-технологій. З допомогою ГІС-інструментарію можна обробити дані, отримані з геодезичного та супутникового обладнання, і відобразити їх на карті як мережу маршрутів та точок. Кожна точка фіксує відомості про свої координати, висоту, біологічні та хімічні характеристики ґрунтів. На базі цих даних формуються матриці рельєфу, матриці властивостей ґрунтів і навіть тривимірні зображення полів (рис. 1).

Зазвичай потрібно мати бази даних, що містять геопросторову та семантичну інформацію. Інтегроване зберігання такої інформації здійснюється з використанням геоінформаційних технологій та систем під-

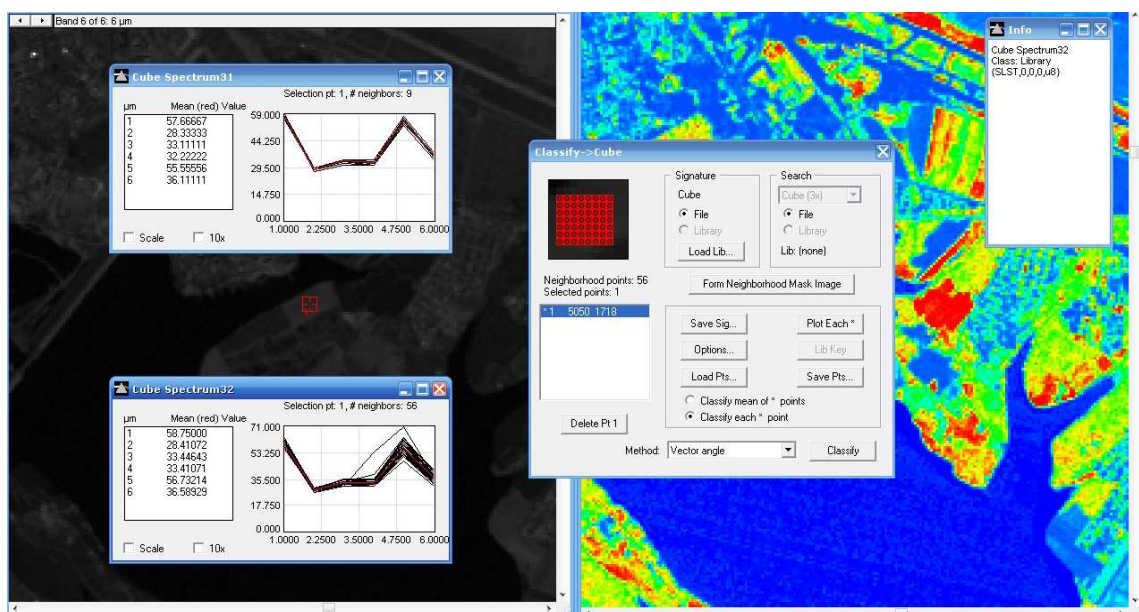


Рис. 2. Графіки спектральних яскравостей сільськогосподарських угідь у різних точках території в ПК «ArcGIS» (сформовано авторами на основі супутникових знімків космічного апарату «Landsat 8» [21]).

тримки прийняття рішень в області управління територіями.

Розробка проекту оцінки земель проводиться в програмі «ArcGIS», приклад інтерфейсу якого наведено на рис. 2. Процес створення проекту земельно-інформаційної системи охоплює три основних етапи [11]:

- 1) розробка концептуальної моделі бази даних оцінки земель;
- 2) створення і наповнення бази даних таблицями, що відображають стан земельного фонду території;
- 3) розробка спеціалізованих форм для взаємодії з таблицями бази даних та електронними картами.

Практична вагомість розробки земельно-інформаційної системи полягає в можливості створення об'єднаної бази даних, яка включатиме інформацію про території, правила їх використання, об'єкти нерухомості, транспортну та інженерну інфраструктуру, централізації та систематизації зберігання та оновлення цих даних, а також забезпечення доступу

громадськості до відкритих інформаційних ресурсів регіону. Максимальна точність векторизації меж оброблюваних площ становить від 5 до 20 метрів у плані, що цілком достатньо для здійснення класифікації даних, цифрового визначення кордонів та прийняття управлінських рішень. На деяких територіях роздільна здатність зображень може досягати 0.5 метра на піксель на землі, забезпечуючи високу точність картування більшості територій [15, 17].

Усі зібрані дані сортується на кілька категорій, на основі яких у системі обліку земель – «ArcGIS», розроблені технології для їх обробки, класифікації та зберігання у базі даних. Серед ключових технологій можна виділити наступні: технологія створення та оновлення карт на основі польових даних (сегмент «Геодезія»), технологія створення великомасштабних планів та топографічних карт (сегмент «Редактор карт»), технологія оновлення карт за резуль-

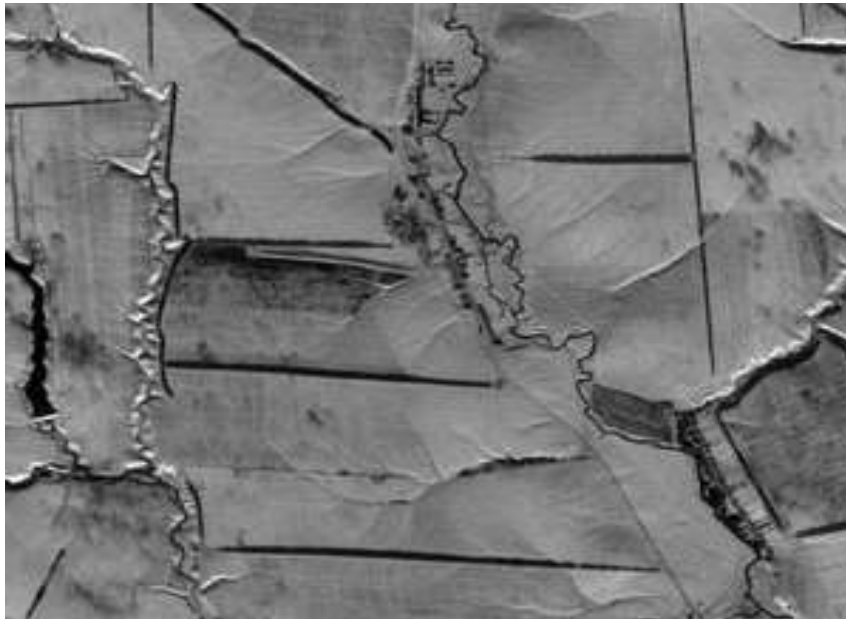


Рис. 3. Фрагменти космічних знімків з космічного апарату «Landsat 8» з наявними водно-ерозійними мережами (Просторова розрізненність, 30 м, спектральні діапазони B,G,R,NIR,SWIR) [25].

татами дистанційного зондування Землі та лазерного сканування [6]. Процес створення електронних карт полів розпочинається з прив'язки до гідрографічної мережі та ярово-балкового комплексу, який часто доповнюється дорожньою мережею та іншими видимими на ґрунтовій карті та картографічній основі об'єктами (рис. 3) [9].

Дані, отримані з космічних знімків, можна використовувати для оцінки та аналізу складових частин ґрунтів, таких як ерозія, солонцюватість та інші. Аналізуються форми, розміри складових, їх розташування щодо мезорельєфу, генезис ґрунтоутворюючих порід та інші дані, засновані на літературних джерелах і звітах попередніх досліджень. В результаті, електронна карта полів надає всю необхідну інформацію для розробки проектних рішень стосовно розміщення та оптимізації використання території під сільськогосподарські культури, диференціації за боніто-

ваними особливостями, тобто для адаптації технологій обробітку землі в межах системи землеробства та інтенсифікації виробничих процесів.

Засоби аналізу дозволяють виконувати просторові та логічні запити та аналіз інформації, а засоби тривимірних даних, формувати вибірки та графічних матеріалів (рис. 4).

Фундаментом підсистеми обліку використання земель є класифікатор об'єктів, який служить для розробки багаторівневих електронних карт у агросекторі та їх використання в управлінні аграрними холдингами. Він застосовується для створення схематичних зображень сільськогосподарських земель, реєстрації даних про поля, проведення агрохімічного моніторингу полів, тематичного картування з урахуванням різноманітних категорій та індикаторів, розробки карт оцінки земель та бонітування [22].

Система дозволяє візуально представляти дані про різноманітні ас-

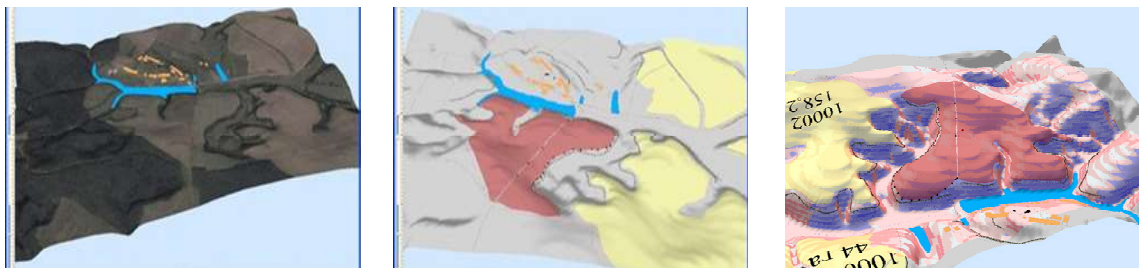


Рис. 4. Фрагменти тривимірних моделей електронної карти полів [25].

пекти полів і робочих зон через створення тематичних карт. Існують такі типи тематичних моделей: векторні, растрові та матричні. Такі карти розробляються на основі семантичної інформації об'єктів та даних, отриманих з бази даних. Для формування кольорових картограм потрібен проектний файл, який містить всі дані, необхідні для створення карти, включно з типом, колірною палітрою, кількістю кольорових градацій, легендою та іншими елементами.

Матриця якостей представляє собою цифрову модель, що ілюструє розподіл певної неперервної властивості, такої як забруднення повітря, кількість опадів чи рівень радіації. Величини в цій моделі змінюються плавно від одного елементу до іншого, створюючи поверхню, що моделює розподіл характеристики.

Матриця якостей ефективно використовується для комп'ютерного моделювання даних оцінки земель та їх бонітування. Для цього використовується спеціалізована методика, яка дозволяє обчислювати показники якості для кожної частини матриці на основі даних точкових випробувань. Точкові дослідження представляють собою зібрані дані агрохімічних показників від зразків ґрунту, отриманих через їх відбір та лабораторно-хімічний аналіз. Такі виміри можуть бути проведені за допомогою спеціальних зразконабірників або ін-

ших методів збору. Ґрунтовий аналіз дозволяє визначити рівень поживних речовин у ґрунті, які є критично важливими для здорового зростання та розвитку рослин та самого бонітування. Від цих даних залежить вибір та дозування добрив що вносяться, це стає одним із ключових факторів успіху в проведенні оцінки земель [14, 18].

Для формування матриці якісної оцінки земель та бонітування використовуються точкові дані на карті, в семантиці яких фіксуються величини досліджуваних характеристик, таких як: вміст азоту, доступного для рослин; вміст рухомого фосфору; вміст обмінного калію; рівень кислотності; вміст гумусу; ступінь насиченості базами.

Базовою для інтегрованої інформаційної системи даних (ІІСД) є електронна тематична карта, на якій відображені об'єкти з відповідною атрибутивною інформацією, статистичними або динамічними даними, а також оцінками та прогнозами.

Для ухвалення обґрунтованих рішень з обробки певних полів, застосування добрив, визначення основних агрохімічних, вегетаційних та фітосанітарних показників, а також для порівняння урожайності оброблюваних культур, необхідний доступ до всієї пов'язаної інформації, її аналіз та прийняття рішень. Джерелами цієї інформації можуть бути

індивідуальні виміри, зроблені за допомогою GPS-обладнання працівниками агрохолдингу, або спеціалізоване обладнання на сільськогосподарських машинах. Отже, потрібний неперервний моніторинг земель. Для збору всіх згаданих даних та надання статистичної інформації необхідна геоінформаційна система, яка охоплює повний спектр даних [23]. Так електронна карта полів у цій ГІС забезпечує детальний облік і контроль над усіма аспектами аграрної діяльності, базуючись на достовірних даних: розмірах полів, довжині доріг, інформації про поля та інше [23]. Завдяки карті можна провести глибокий аналіз умов, які впливають на вирощування рослин на кожному конкретному полі або його частині. Карти служать основою для розробки структури сівозміни, оптимізації виробництва для збільшення прибутковості та якісної оцінки земель і проведення бонітування. Електронні карти полів дозволяють точно планувати, вести облік і контролювати аграрні процеси, опираючись на точні виміри площ, протяжності доріг та інші об'єкти, що відзначені на них під час їх створення.

Для кожного поля складається паспорт, що містить відомості про його площу, культивовану культуру, попередні культури, механічний склад ґрунтів, наявність ухилів та ступінь ерозії ґрунтів тощо. До кожної робочої ділянки можна прикріпити дані про результати агрохімічного дослідження [14].

Програма на основі точкових вимірів створює модель поверхні, що відображає розподіл поживних елементів по всій ділянці. Цей метод дозволяє виявити місцеві відмінності на кожній робочій ділянці, показую-

чи реальний розподіл елементів, а не лише їх середнє значення. Проте для деяких розрахунків потрібно використовувати узагальнені показники вмісту поживних речовин у ґрунті для всієї ділянки. Програмне забезпечення дозволяє обчислити єдине значення на основі розподілених даних за допомогою різних методів. Такий підхід до агрохімічного моніторингу є прогресивним і готує ґрунт для диференційованого внесення добрив [6].

Для якісної оцінки земель і проведення бонітування кожен тип земель аналізується на предмет ступеня впливу таких негативних процесів, як засолення, заболочування, ерозія, дефляція, затоплення, опустелювання та інші, що спостерігаються на вивченій території. Визначення екологічного стану дає змогу виявити продуктивний потенціал земель, встановити рекомендації та правила для їх використання як природного ресурсу, а також розробити заходи для відновлення їх характеристик.

Стан видів земель оцінюється за встановленою методикою, що включає порівняльний аналіз та дані ґрунтових досліджень, таких як ґрунтовий опис та картування ґрунтів. Відповідно до цієї методики, якісний стан може бути визначений як задовільний, незначний, помірний, сильний екологічний тиск або критичний і кризовий. Критерії для якісної оцінки земель і проведення бонітування подані в таблиці 1.

Ця шкала використовується для визначення якісного стану різних типів земель шляхом порівняння зібраних балів із встановленими нормативними параметрами. Оцінка здійснюється в балах за спеціалізованою шкалою, яка враховує не лише

1. Критерії якісної оцінки стану земель для проведення їхнього бонітування (сформовано авторами)

Якісний стан земель	Прояв негативних процесів	Можливе використання
Задовільний	Не виявляються	Інтенсивне використання
Слабкий	Слабкого ступеня	Інтенсивне використання
Середній	Середнього ступеня	Обмежене використання
Достатній	Достатнього ступеня	Обмежене використання
Критичний	Дуже сильного ступеня	Часткова або повна консервація
Кризовий	Поява умов для виникнення екологічних проблем	Виведення з сільськогосподарського обігу

тип, але й інтенсивність негативних процесів. Ця система оцінки базується на бальних показниках, де найвищий бал призначається для найбільш негативного ступеня вияву фактору. Відповідно до зменшення інтенсивності кожного процесу, кількість балів знижується. Шкала визначається в межах від 0 до 5 балів, при цьому бали розподіляються залежно від того, який із оцінюваних факторів, а також ступінь їх вияву, найбільш шкідливі та необоротні для досліджуваної території та для проведення їхнього бонітування.

Групу придатності формують типи земель з однаковим якісним станом, схожим бонітетним балом та порівнянною продуктивністю. Рельєф та властивості ґрунту, які впливають на негативні процеси, є основою для розподілу на групи придатності. Таким чином, кількість груп залежить від виразності рельєфу і різноманітності ґрунтів. В залежності від придатності земель для ріллі чи пасовищ, з урахуванням потреби в організаційно-господарських, агротехнічних та меліоративних заходах, землі слід класифікувати за сьома типами:

- 1) землі, які можна використовувати під орання;
- 2) землі, що підходять для оранки з використанням спеціальних агротехнічних прийомів;

3) землі, що стануть придатними для орання після їх поліпшення;

4) землі, що підходять для використання як пасовища;

5) землі, які можна використовувати як пасовища після поліпшення;

6) землі, що підходять для пасовищ з умовою проведення складних гідротехнічних меліорацій;

7) землі, що не придатні для сільськогосподарських потреб.

Не на всіх територіях можливо виявити усі вищевказані типи земель; їх розмаїття визначається якісним станом та їхньою придатністю для використання. Виділені типи земель пов'язані як із конкретними категоріями рельєфу, так і з подібною продуктивністю та екологічним станом. Бонітування земель служить базою для розробки характеристик землекористування [1]. Зони об'єднують типи земель, що є схожими з якісної точки зору, що представлено у таблиці 2.

Трансформація агроугідь допомогла усунути низку проблем у використанні земель, зокрема випадки розрізненості та розбиття ділянок, а також дозволила припинити обробіток деградованих та низькопродуктивних земель. Завдяки використанню ГІС-технологій було створено структурно-функціональну модель організації використання земель та

2. Характеристика стану земель для проведення їхнього бонітування (удосконалено авторами)

Номер зони	Номер типу земель	Характеристика зони
1	1	Включає орні масиви без прояви або з проявом у слабкому та середньому ступені дефляції, засолення, заболочування, розташовані на рівнинах, пониженнях і пологих схилах
2	2	Включає орні масиви слабо, середньозаболочені, середньозасолені на пониженнях
3	3	Включає орні масиви середньозаболочені, сильнозасолені, слабodefльовані на рівнинах
4	4	Включає кормові угіддя без прояву або з проявом у слабкому та середньому ступені дефляції, заболочування, засолення, розташовані на рівнинах, пониженнях і западинах
5	5, 6	Включає кормові угіддя з проявом у середній та сильній ступені заболочування, засолення розташовані на рівнинах, пониженнях і на сильно знижених ділянках
6	7	Включає орні масиви та кормові угіддя на знижених ділянках та западинах при кризовому та критичному екологічному стані

сівозмін, яка дозволяє автоматизувати процеси землеустрою. Усі компоненти цієї моделі взаємопов'язані і розташовані таким чином, що враховують взаємодію один з одним. Розроблені методики мають на меті підняти аграрне виробництво на вищий рівень ефективності та забезпечити зростання його рентабельності [2, с. 95].

Всі дані, зібрані під час аерофотозйомки, включно з інформацією про структуру посівних площ, продуктивність культур, використання добрив та засобів захисту рослин, були інтегровані в ПК «ArcGIS». Використання цієї програми надає можливості для:

- управління та зберігання електронних карт полів агрохолдингів;
- проведення інвентаризації та моніторингу земель агрохолдингів;
- ведення обліку полів, земельних правовідносин, кадастрового обліку земельного фонду незалежно від форми власності;
- здійснення агрономічного

обліку та аналізу стану земель та посівів.

Висновки та перспективи

Розробка та впровадження систем обліку земель сільськогосподарського призначення є одним із ключових напрямків розвитку сьогодення. Необхідність у дослідженні, вдосконаленні та тестуванні цих систем обумовлена рядом причин, зокрема потребою в прийнятті обґрунтованих економічних, територіальних, навігаційних та статистичних рішень. Доступність та точність важливої інформації здатна підвищити ефективність управління земельними ресурсами підприємствами, сприяючи їх розвитку на новому рівні.

Визначено, що оцінка стану земель для проведення їхнього бонітування має вирішальне значення для розвитку земель, сприяючи відбору ґрунтів для аграрного використання, підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур та ефективній спеціалізації агропромисло-

вості. Агроландшафтне планування спрямоване на зниження навантаження на земельні ресурси та створення умов для збереження та відновлення їх родючості. Реалізація бонітування в господарюванні є ключовою для збалансованого використання землі та захисту екосистем.

Доведено, що активізація використання внутрішньогосподарських землеустроїв на основі земель, а також перехід до вдосконалення інтенсивного використання природи через структурування земель в межах збалансованого управління земельними ресурсами сприятиме зміні просторово-функціональних характеристик земель, визначенню агрономічних заходів та підвищенню економічної віддачі від землі та ефективності аграрного виробництва. Інтеграція ГІС-технологій є ключовим елементом в адаптивних ландшафтних системах оцінка стану земель для проведення їхнього бонітування, що веде до зростання урожайності та покращення якості продукції, оптимізації внесення добрив та засобів захисту рослин, а також до ефективного управління земельними активами.

Список літератури

1. Бутенко Є. В., Харитоненко Р. А. Продуктивний потенціал земель та принципи його оцінки в Україні. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2017. № 1. С. 58-65.
2. Вертегел С., Вишняков В., Гуреля В., Сластін С., Піскун О., Харченко С., Мороз В. Розробка методики створення і оновлення картографічної основи з використанням космічних знімків від супутників «SUPER VIEW-1». *Екологічна безпека та природокористування*. 2022. №41(1). с. 89–101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101>.
3. Горлачук В. В. Інноваційне управління земельною власністю. монографія Чорномор. держ. ун-т ім. Петра Могили, Національний гірничий університет. Миколаїв, Ілліон. 2013. 179 с.
4. Кадастр і реєстрація. URL: <http://kyiv.land.gov.ua/icat/vedenniaderzhavnoho-zemelnoho-kadastru/> (дата звернення 02.11.2023).
5. Кононенко Ж. А. Інтенсифікація як складова економічної ефективності використання землі. *Ефективна економіка*. 2017. № 4. С. 50–56.
6. Лазоренко-Гевель Н. Ю. Створення інформаційних моделей даних моніторингу природних комплексів. *Містобудування та територіальне планування*. 2014. № 51. С. 275–283.
7. Македон В. В., Байлова О. О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2023. Випуск 47. С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.
8. Руденко М. В. Технології цифрової трансформації сільськогосподарських підприємств. *Агросвіт*. 2019. № 23. С. 8-18. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2019.23.8>.
9. Сітковська А. О., Масляєва О. О. Земельно-ресурсний потенціал аграрного сектору: стан та особливості використання. *Агросвіт*. 2023. № 9-10. С. 77–81.
10. Таратула Р. Б. Роль державного земельного кадастру в інформаційному забезпеченні системи управління земельними ресурсами. URL: http://natureus.org.ua/repec/archive/1_2016/28.pdf (дата звернення 02.11.2023).
11. Abbas Z., Yang G., Zhong Y., & Zhao Y. Spatiotemporal Change Analysis and Future Scenario of LULC Using the CA-ANN Approach: A Case Study of the Greater Bay

- Area China. Land. 2021. 10(6), p. 584. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10060584>.
12. ArcGIS Desktop 10.8.x system requirements. System Requirements Documentation. URL: <https://desktop.arcgis.com/en/system-requirements/latest/arcgis-desktop-system-requirements.htm>. (дата звернення 02.11.2023).
13. ArcGIS Pro Documentation 2021. Area Solar Radiation (Spatial Analyst) URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/area-solar-radiation.htm> (дата звернення 02.11.2023).
14. Butora Aaron & Soloniewicz Brent, Schwartz, Cameron, Aziz, Christian, Su, Si-chang, Mahmoud, Mohammed. The Practical use of GIS in Agriculture. 2022. DOI: 10.1109/CSCI58124.2022.00270.
15. GIS Data Guide. URL: <https://guides.lib.purdue.edu/c.php?g=353290&p=2378621> (дата звернення 02.11.2023).
16. GIS for Land Administration – Esri. URL: www.esri.com/industries/cadastre/ (дата звернення 02.11.2023).
17. GIS In Agriculture: Best Practices For AgriTech Leaders. URL: <https://eos.com/blog/gis-in-agriculture/> (дата звернення 02.11.2023).
18. Kamel Boulos M. N., Wilson J. P. Geospatial techniques for monitoring and mitigating climate change and its effects on human health. International Journal of Health Geographics. 2023. №22 (2). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12942-023-00324-9>.
19. Landsat Science. URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/> (дата звернення 02.11.2023).
20. Makedon V., Mykhailenko O., Dzyad O. Modification of Value Management of International Corporate Structures in the Digital Economy. European Journal of Management Issues. 2023. №31(1). pp. 50-62. DOI: <https://doi.org/10.15421/192305>.
21. MapTiler Satellite. URL: <https://www.maptiler.com/satellite/> (дата звернення 02.11.2023).
22. Mohd Zuki N. F. A., Mohamad Abdullah N. The Application of GIS in Environmental Engineering: Opportunities and Limitations. Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment. 2022. № 3(1). pp. 1222–1230. URL: <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rt-cebe/article/view/2782> (дата звернення 02.11.2023).
23. Piccoli F., Locatelli S. G., Schettini R., Napolitano P. An Open-Source Platform for GIS Data Management and Analytics. Sensors (Basel). 2023. Apr 7. 23(8). P. 3788. DOI: 10.3390/s23083788. PMID: 37112129; PMCID: PMC10143508.
24. Satellite Sensors. URL: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/> (дата звернення 02.11.2023).
25. U.S. Geological Survey (USGS). All Maps. URL: <https://www.usgs.gov/products/maps/all-maps> (дата звернення 02.11.2023).

References

1. Butenko, Ye. V., Kharytonenko, R. A. (2017). Productive potential of lands and principles of its assessment in Ukraine. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, no 1, pp. 58–65. (in Ukrainian).
2. Vertegel, S., Vyshnyakov, V., Gurelia, V., Slastin, S., Piskun, O., Kharchenko, S., & Moroz, V. (2022). Development of the methodology for creating and updating the cartographic base using space images from the "SUPER VIEW-1" satellites. *Environmental Security and Nature Management*, 41(1), 89–101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101> (in Ukrainian).
3. Horlachuk, V. V. (2013). Innovative land property management: monohrafiia Chornomor. derzh. un-t im. Petra Mohyly, Natsionalnyi hirnychy universytet. Mykolaiv: Ilion. 179 p.
4. Kadastr i reyestratsiya (2023). Retrieved

- from: <http://kyiv.land.gov.ua/icat/vedenniaderzhavnoho-zemelnoho-kadastru/> (accessed 02 November 2023) (in Ukrainian).
5. Kononenko, Zh. A. (2017). Intensification as a component of economic efficiency of land use. *Efektivna ekonomika*, № 4, 50–56. (in Ukrainian).
6. Lazorenko-Hevel, N. Yu. (2014). Creation of information models of monitoring data of natural complexes. *Urban planning and territorial planning*, No. 51, 275–283. (in Ukrainian).
7. Makedon, V. V., Bailova, O. O. (2023). Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences"*, Issue 47, 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3 (in Ukrainian).
8. Rudenko, L. G. (2019). Current trends in the development of cartography in Ukraine. Edited by Kyiv: Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine. (in Ukrainian).
9. Sitkovska, A. O., Masliaieva, O. O. (2023). Land and resource potential of the agricultural sector: state and features of use. *Ahrosvit*, no 9-10, 77–81. (in Ukrainian).
10. Taratula, R. B. (2016). The role of the state land cadastre in the information provision of the land resources management system. Available at: http://natureus.org.ua/repec/archive/1_2016/28.pdf (accessed 02 November 2023) (in Ukrainian).
11. Abbas, Z., Yang, G., Zhong, Y., & Zhao, Y. (2021). Spatiotemporal Change Analysis and Future Scenario of LULC Using the CA-ANN Approach: A Case Study of the Greater Bay Area, China. *Land*, 10(6), 584. <https://doi.org/10.3390/land10060584>
12. ArcGIS Desktop 10.8.x system requirements. System Requirements Documentation. (2022). Available at: [https://desktop.arcgis.com/en/system-requirements/latest/arcgis-desktop-system-requirements](https://desktop.arcgis.com/en/system-requirements/latest/arcgis-desktop-system-requirements.htm) (accessed 02 November 2023)
13. ArcGIS Pro Documentation (2021). Area Solar Radiation (Spatial Analyst). Available at: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/area-solar-radiation.htm> (accessed 02 November 2023)
14. Butora, Aaron & Soloniewicz, Brent & Schwartz, Cameron & Aziz, Christian & Su, Sichang & Mahmoud, Mohammed. (2022) The Practical use of GIS in Agriculture. 10.1109/CSCI58124.2022.00270.
15. GIS Data Guide. Available at: <https://guides.lib.purdue.edu/c.php?g=353290&p=2378621>
16. GIS for Land Administration – Esri. Available at: www.esri.com/industries/cadastre/ (accessed 02 November 2023)
17. GIS In Agriculture: Best Practices For Agri-Tech Leaders. Retrieved from: <https://eos.com/blog/gis-in-agriculture/> (accessed 02 November 2023)
18. Kamel Boulos, M. N., Wilson, J. P. (2023). Geospatial techniques for monitoring and mitigating climate change and its effects on human health. *International Journal of Health Geographics*, 22(2). <https://doi.org/10.1186/s12942-023-00324-9>.
19. Landsat Science. Available at: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/> (accessed 02 November 2023)
20. Makedon, V., Mykhailenko, O., & Dzyad, O. (2023). Modification of Value Management of International Corporate Structures in the Digital Economy. *European Journal of Management Issues*, 31(1), 50-62. <https://doi.org/10.15421/192305>.
21. MapTiler Satellite. Available at: <https://www.maptiler.com/satellite/> (accessed 02 November 2023)
22. Mohd Zuki, N. F. A., & Mohamad Abdullah, N. (2022). The Application of GIS in Environmental Engineering: Opportunities and Limitations. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, 3(1), 1222–1230. Available at: <https://publish->

- er.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rtcebe/article/view/2782 (accessed 02 November 2023)
23. Piccoli, F., Locatelli, S. G., Schettini, R., Napoletano, P. (2023). An Open-Source Platform for GIS Data Management and Analytics. *Sensors* (Basel), Apr 7, 23(8), 3788. doi: 10.3390/s23083788. PMID: 37112129; PMCID: PMC10143508.
24. Satellite Sensors. Available at: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/> (accessed 02 November 2023)
25. U.S. Geological Survey (USGS). All Maps. Available at: <https://www.usgs.gov/products/maps/all-maps> (accessed 02 November 2023)
-

Udovenko I., Shemiakin M., Likhva N.

INNOVATIVE APPROACHES TO QUALITATIVE LAND ASSESSMENT AND VALUATION: USE OF MODERN TECHNOLOGIES AND GEO-INFORMATION SYSTEMS

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 1'24: 139-154.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.012>

Abstract. The article examines modern methods and technologies that can be used to increase the accuracy of land valuation. The authors analyze the current problems in the field of rating and propose ways of integrating geoinformation systems in order to create a more objective and information-rich picture of land quality. Study of the potential of using the latest technologies and geoinformation systems in determining the quality and classification of land with the intention of increasing accuracy and impartiality in the assessment of land resources. During the research, the following methods were used: comparative analysis, the method of automated image decoding, the cartographic method and the geo-information mapping method. The article emphasizes the importance of geoinformation systems in the collection, processing and analysis of data, which allows taking into account a wide range of factors when evaluating land, including erosion processes, soil fertility, ecological status and other critically important indicators. Special attention is paid to the possibilities of using remote sensing and other automated methods for data collection. The results of the research are of practical importance, as they can be used to optimize agricultural management, plan the use of land resources, and develop strategies for their effective use and protection. Prospects for further research may include the development of new algorithms for the analysis and processing of data obtained from satellite images, as well as the improvement of existing geoinformation models for land evaluation. Integration of the obtained models and systems into the practical aspects of land use and agricultural management is also envisaged to optimize the use of land resources and increase the efficiency of land use.

Keywords: land assessment, geoinformation system, geoinformation mapping, PC "ArcGIS", GPS measurement, agrochemical monitoring.
