

УДК 528.92

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ ГРУНТІВ

С. С. Кохан

Доктор технічних наук, доцент, завідувач
кафедри*

E-mail: GIS_DZZ_chair@nubip.edu.ua

А. А. Москаленко

Асистент*

E-mail: an_moskalenko@yahoo.com

*Кафедра геоінформаційних систем і технологій
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Л. Г. Шило

Заступник завідувача відділу досліджень з
моніторингу ґрунтівДУ «Інститут охорони ґрунтів України»
вул. Машинобудівників, 26, смт Чабани,
Київська обл.

Розроблено структуру бази геопросторових даних у вигляді набору моделей (концептуальної й логічної) та відобразено її фізичну реалізацію для забезпечення якісної оцінки ґрунтів. Проведено порівняльний аналіз ефективності різних методів інтерполяції (методу звязаних відстаней, бікубічного сплайну, універсального крігінга) для створення тематичних карт показників якості ґрунтів на прикладі вмісту гумусу. Істотної різниці між інтерполяторами не виявлено

Ключові слова: геоінформаційне картографування, база геопросторових даних, концептуальна модель, інтерполяція

Разработана структура базы геопространственных данных в виде наборов моделей (концептуальной и логической) и отображена ее физическая реализация с целью обеспечения качественной оценки почв. Проведен сравнительный анализ эффективности разных методов интерполяции (метода взвешенных расстояний, бикубического сплайна, универсального кригинга) для создания тематических карт показателей качества почв на примере содержания гумуса. Существенной разницы между интерполяторами не установлено

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, база геопространственных данных, концептуальная модель, интерполяция

1. Вступ

Земля, в комплексі з іншими природними ресурсами, є основою господарської діяльності людини. Водночас вона зазнає негативного впливу інтенсифікації людської діяльності, що призводить до зниження родючості ґрунтів.

Основний метод визначення дійсного стану земель - оцінка їх кількісних і якісних показників в просторово-часовому аспекті. Знання про стан земель виступають першочерговими при прийнятті рішень з організації їх раціонального використання та охорони, розробки землевпорядних проектів, ведення обліку земель, планування сівозмін тощо. При цьому найважливіша роль належить просторовому аналізу картографічних даних, що, у свою чергу, вимагає необхідності практичної реалізації картографічного забезпечення територій на основі застосування геоінформаційних технологій і використання комп'ютерного моделювання.

2. Постановка проблеми

При вивченні якісного стану земель на геоінформаційне картографування покладені такі завдання: перетворення даних в єдині формати для подальшої обробки просторових даних; автоматизоване створення тематичних карт певного змісту й масштабу; здійснення інформаційно - картографічного моделювання земельних ресурсів з урахуванням природних та ан-

тропогенних чинників впливу; оперативне створення карт поточного стану на основі результатів, отриманих при моделюванні, прогнозуванні та аналізі отриманих результатів; забезпечення картографічної підтримки прийняття рішень.

3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Визначення якісного стану земель є важливим на сучасному етапі розвитку земельних відносин, про що свідчить увага до цього питання у законодавстві: Земельному кодексі України, Законах України «Про охорону земель», «Про земельний кадастр», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про державний контроль за використанням та охороною земель» та інших, Постанові Кабінету Міністрів України «Про моніторинг земель» та ряді інших нормативних документів та методик. Водночас залишається багато аспектів оцінки якісного стану земель, що законодавчо та методично не врегульовані.

Питання визначення та оцінки стану земельних ресурсів розглянуті в ряді робіт [1, 2]. Проте аспекти просторової диференціації земельних ресурсів у більшості досліджень не висвітлювалися.

Питання використання геоінформаційних систем для вирішення окремих завдань землеустрою та земельного кадастру розглянуті в роботах [3 - 7].

Для вирішення практичних завдань з аналізу земельних ресурсів у багатьох країнах проводяться ро-

боти по створенню якісно нових типів баз даних – баз геопросторових даних [8 – 13].

В Україні питання практичної реалізації комплексної оцінки якісного стану земель з використанням просторово-часових характеристик в даний час не отримали достатнього розвитку.

Наразі типових структур баз геопросторових даних (БГД), що дозволяють накопичувати, систематизувати та аналізувати інформацію про стан земельних ресурсів за кількісними та якісними показниками на державному та регіональному рівнях, не запроваджено; інформативність наявного картографічного матеріалу не відповідає сучасному стану розвитку інформаційних технологій. Це не дозволяє повною мірою розробляти і впроваджувати автоматизовані системи обробки інформації та оперативного контролювати зміну стану земель та їх цільове використання.

4. Методика дослідження

Однією зі складових методології наукового дослідження природи загалом, і земельних ресурсів зокрема, є побудова та використання моделей, які можуть набувати різноманітних форм і враховують найістотніші риси реальних об'єктів, процесів, явищ і систем. Для досягнення мети дослідження обґрунтовано й розроблено структуру БГД у вигляді набору моделей (концептуальної, логічної, фізичної). Концептуальна модель БГД, що використовувалась при проведенні досліджень, побудована на основі уніфікованої мови моделювання UML (Unified Modeling Language) з подальшою реалізацією в програмному комплексі ArcGIS 9.3.

5. Геоінформаційне картографування та інтерполяція у забезпеченні тематичного картографування якісної оцінки ґрунтів

Перелічені завдання часто вирішуються різними відомствами й організаціями, у процесі роботи яких дублюється різноманітна інформація. Найчастіше якість земель оцінюють за одним з критеріїв: структурою земельних угідь; функціональному використанню земель; агрохімічною паспортизацією земель сільськогосподарського призначення; результатами бонітування ґрунтів; нормативною грошовою оцінкою земель. Розробка БГД в дослідженні передбачає використання показників якісного стану земель, що характеризують структуру земельних угідь і дані турів агрохімічних обстежень.

5.1. Геоінформаційне картографування

Для побудови системи геоінформаційного картографування з метою оцінювання якісного стану земель сільськогосподарського призначення необхідно створити математичну модель, що надалі стане основою для створення наборів, баз та банків геопросторових даних подібних систем.

Формально геоінформаційну систему S можна описати як сукупність вхідних, проміжних і вихідних моделей геопросторових даних, процесів їх обробки і перетворення, а також взаємодії процесів між собою і користувачів із системою [7].

Початковими даними для побудови такої моделі є: $Z = \{z\}$ – множина земельних ділянок сільськогосподарського призначення та $Q = \{q\}$ – множина об'єктів оцінки земель сільськогосподарського призначення. Водночас множина об'єктів оцінки земель сільськогосподарського призначення є підмножиною множини земельних ділянок сільськогосподарського призначення $Q \subseteq Z$.

В процесі проектування будуються: $G = \{g\}$ – модель видів просторового подання досліджуваних об'єктів земельних ресурсів та $A = \{a\}$ – модель непросторових характеристик (атрибутів) об'єктів. Просторове подання об'єктів можна виразити через геометричні примітиви. Атрибути описують кількісні та якісні характеристики земель сільськогосподарського призначення. Описати зміну об'єкта протягом деякого часу можливо через побудову наступної моделі: $T = \{t\}$ – модель часових аспектів подання просторової інформації.

Подальша модель: $D = \{d\}$ – фізична модель бази геопросторових даних для оцінювання якісного стану земель сільськогосподарського призначення.

P – множина процесів/засобів обробки інформації. До такої множини слід віднести: моніторинг, моделювання, прогнозування та проектування.

Моніторингові моделі описують зв'язки між інформацією бази даних, процесами, подіями і фізичними величинами, що з нею пов'язані, та допомагають кількісно і якісно виразити зміни, що впливають на кінцевий результат.

Множина моделей дозволяє досліджувати явища і процеси через відтворення моделю, відповідно до завдань дослідження, тих чи інших істотних властивостей, структур досліджуваного об'єкта, взаємозв'язків і відносин між його елементами. Геоінформаційне моделювання базується на створенні багатопланових електронних карт, у яких опорний шар описує геопросторові дані певної території, а кожний з інших – один з аспектів стану цієї території.

При геоінформаційному моделюванні інтегрування та узагальнення інформації за просторовими ознаками, формування й подання геообразень застосовуються як до вхідних даних, так і до результатів прогнозування та проектування.

Моделі прогнозування описують передбачення майбутнього стану предмета чи явища на основі аналізу його минулого і сучасного, надають інформацію про якісні й кількісні характеристики розвитку об'єкту досліджень в перспективі.

Множина моделей проектування дозволяє розробити запобіжні, природоохоронні заходи та способи раціонального використання земель в сільськогосподарському виробництві.

Прогнозні та проектні моделі дозволяють проаналізувати зміни в просторі та часі, а також на основі спостережень побудувати передбачення подальшого ходу змін.

M – множина тематичних карт та інших геообразень, що детально ілюструють результати обробки інформації, накопиченої в базі геопросторових даних.

Формально систему геоінформаційного картографування для оцінювання якісного стану земель сільськогосподарського призначення S можна записати у вигляді:

$$S = \{C, F | C=(Z, Q, G, A, T, D, P, M)\}$$

де F – множина функцій перетворення моделей.

Тоді F_{ZQ} – функція формування множини об'єктів геоінформаційного картографування для оцінювання якісного стану земель сільськогосподарського призначення;

F_{QG} – функція формування моделі геометричного подання просторових об'єктів земельних ресурсів;

F_{QA} – функція формування моделі непросторових даних;

F_{GT} , F_{AT} – функція формування моделі рівнів узагальнення досліджуваних об'єктів земельних ресурсів;

F_{GD} , F_{AD} , F_{TD} – функції формування фізичної моделі геопросторових даних;

F_{DP} , F_{PM} , F_P – функції аналізу просторової та атрибутивної інформації.

Предметна область процесу проектування представлена у вигляді орієнтованого графу (рис. 1).

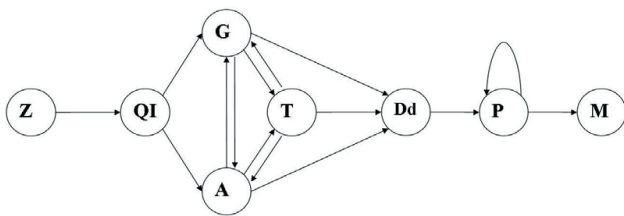


Рис. 1. Граф відображення інформаційного простору проектування системи

На основі аналізу необхідності вирішення розглянутих завдань і взаємодії всіх факторів впливу та елементів системи, визначено реалізацію досліджуваної системи на основі створення інтегрованого банку геопросторових даних ГІС якості земель (рис. 2), в якому накопичуються і систематизуються вихідні дані та результати моделювання й проектування.

Всі землі сільськогосподарського призначення мають важливу характеристику – ґрунтовий покрив – від його якості залежить придатність земель для використання в сільському господарстві. Цифрова модель ґрунтового покриття містить дані типів та підтипів ґрун-

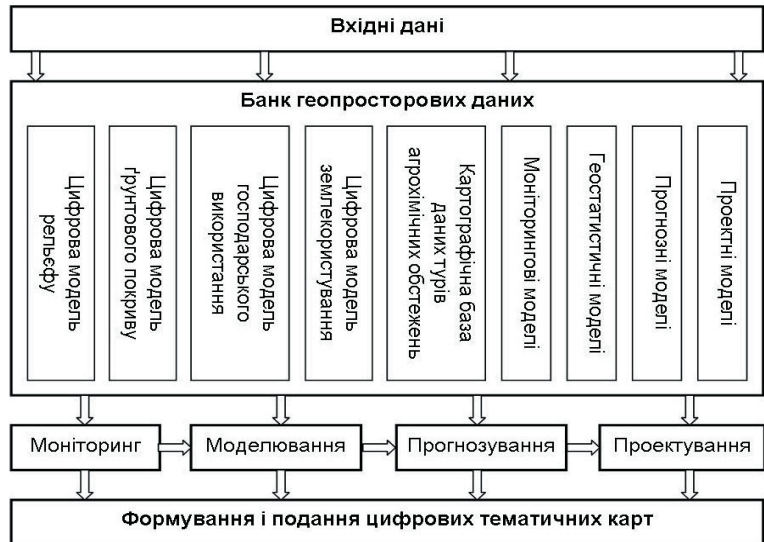


Рис. 2. Узагальнена структурно-функціональна модель для забезпечення геоінформаційного картографування якісного стану земель сільськогосподарського призначення

тів, генетичний номенклатурний список та гранулометричний склад ґрунтів, межі агропромислових груп ґрунтів, наявність деградаційного процесу та його тип, показники якісного стану ґрунту. Модель подання ґрунтового покриття проілюстровано на рис. 3. При проектуванні концептуальної моделі враховано два варіанти наявності даних про ґрунтовий покрив:

- 1) за даних великомасштабних обстежень ґрунтів – агропромислові групи враховуються, як сукупність ґрунтових відмін;
- 2) при відсутніх даних про великомасштабні обстеження ґрунтів – агропромислові групи визначаються із планів організації території, на яких раніше були визначені.

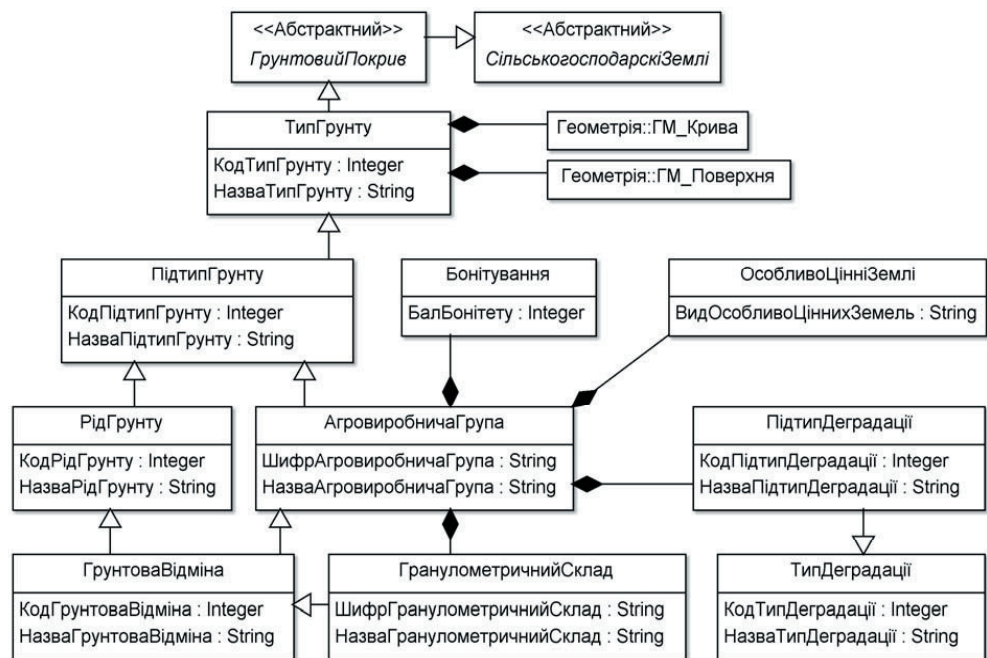


Рис. 3. UML-модель ґрунтового покриття

Цифрова модель атрибутів земельних ділянок за певним господарським використанням відображає геопросторові дані меж земельних ділянок, види та групи угідь за господарським використанням, що визначає вплив діяльності людини на ґрунти. Модель проілюстровано на рис. 4.

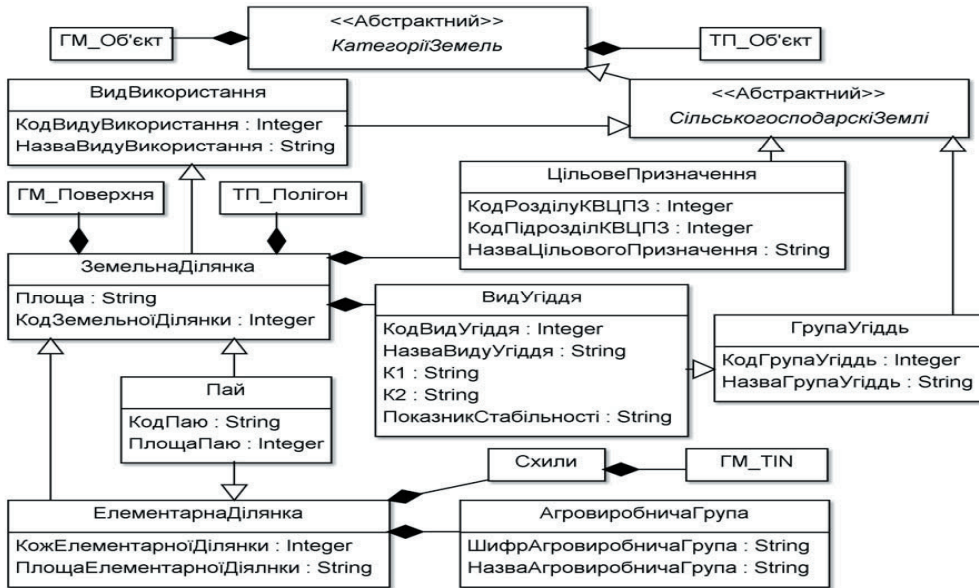


Рис. 4. UML-модель атрибутів земельних ділянок з певним господарським використанням

Одним з основних методів дослідження якісного стану ґрунтів є агрохімічне дослідження, результатами якого є агрохімічний паспорт земельної ділянки. Агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення проводиться з метою здійснення державного контролю за зміною показників родючості та забруднення ґрунтів токсичними

речовинами й радіонуклідами, для раціонального використання земель сільськогосподарського призначення (рис. 5).

Агрохімічну паспортизацію, як обов'язковий захід на всіх землях сільськогосподарського призначення, було запроваджено Указом Президента України від 2 грудня 1995 року № 1118/95 "Про суцільну агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення".

База даних турів агрохімічних обстежень містить відомості про проведені агрохімічні дослідження, що дає можливість встановити стан родючості ґрунтів та його зміни і розробити рекомендації щодо застосування добрив. Агрохімічне обстеження є джерелом даних для якісної оцінки земель та розроблення агрозаходів щодо захисту ґрунтів від деградаційних процесів, оскільки до агрохімічного паспорту входить більше 20 показників якісного стану ґрунту: агрофізичні (гранулометричний склад, щільність ґрунту, продуктивна волога), агрохімічні (кислотність, рН, сума ввібраних основ, вміст гумусу, лужногідролізованого азоту, рухомих форм фосфору, калію, мікроелементів тощо), екотоксикологічні (вміст важких металів, залишків пестицидів, радіонуклідів тощо).

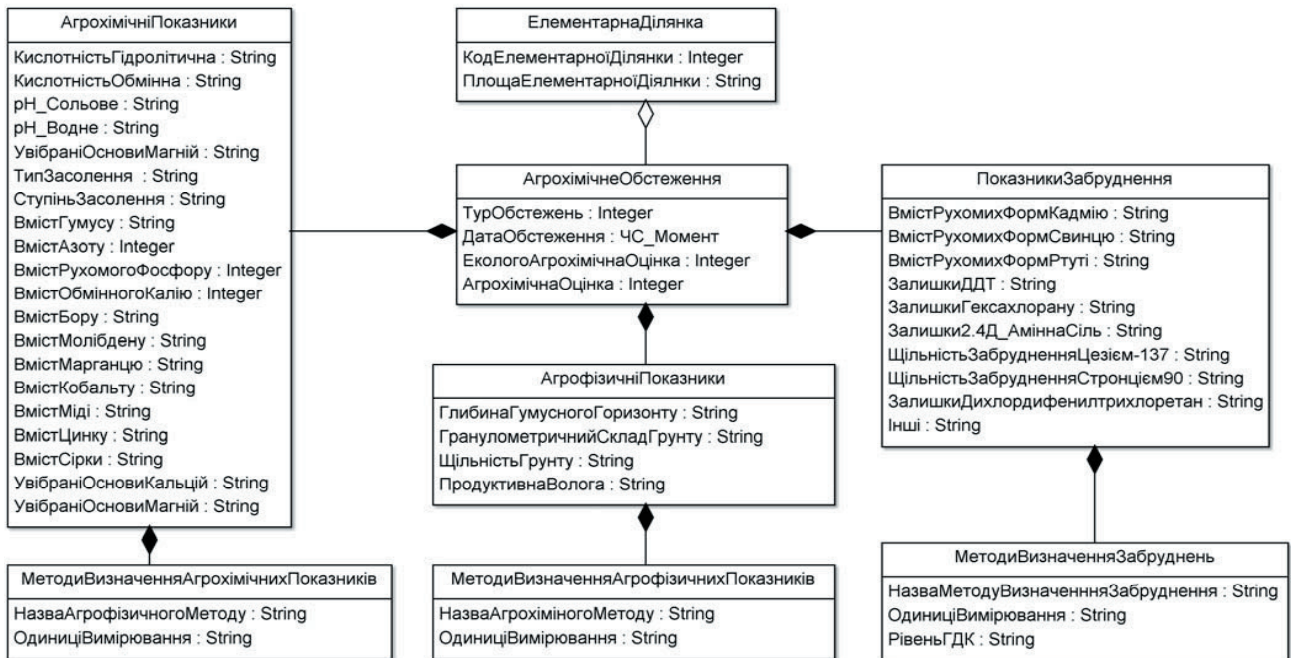


Рис. 5. UML-модель атрибутів агрохімічного обстеження

Оскільки за роки проведення спостережень відбувались зміни у кількості показників паспорту земельної ділянки, в базу геопросторових даних включений весь набір показників. Попередні дослідження були проведені відповідно до вимог чинного на момент дослідження паспорту, а отже містять елементи, що не включені в поточний паспорт. Так, в поточній редакції агрохімічного паспорту є показники, що раніше не досліджувались.

Клас *АгрохімічнеОбстеження* – це клас, що об'єднує всі види показників агрохімічного дослідження.

Класи *АгрофізичніПоказники*, *АгрохімічніПоказники* та *ПоказникиЗабруднення* – містять набір показників, за якими проводиться дослідження.

Такі класи як *МетодиВизначенняАгрофізичнихПоказників*, *МетодиВизначенняАгрохімічнихПоказників*, *МетодиВизначенняЗабруднення* містять перелік стандартизованих методик агрохімічного дослідження та одиниць, в яких вимірюється той чи інший показник. Клас *МетодиВизначенняЗабруднення* додатково включає інформацію про гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин.

Безперечним є ефективність застосування геоінформаційних систем (ГІС) у задачах попереднього аналізу вхідних даних, просторового інтегрування інформації з різноманітних джерел, формування 3D – моделей, буферного, мережного, оверлейного аналізу й моделювання з оперативним поданням результатів в наочному картографічному вигляді.

Головною метою здійснення агрохімічної паспортизації є контроль динаміки родючості ґрунтів: визначення поточного стану і властивостей ґрунтів за агрофізичними, агрохімічними та фізико - хімічними показниками. Дані агрохімічної паспортизації земель використовуються при здійсненні контролю за станом родючості ґрунтів [ст. 37 Закону України «Про охорону земель»], у процесі регулювання земельних відносин при переоформленні земельних ділянок при зміні власника земельної ділянки або землекористувача ; надання земельних ділянок у тимчасове користування, в тому числі в оренду; проведенні грошової оцінки земель та визначення розмірів оплати за землю. Ці дані передбачають визначення та оцінку довгострокових і короткострокових тенденцій змін у ґрунтах і виявлення деградаційних процесів.

Система оцінки якісного стану земель повинна забезпечити можливість обміну даними із системами різних користувачів, які потребують подібної інформації.

Користувачами системи оцінки якісного стану земель можуть бути органи виконавчої влади, науково - дослідні й проектні інститути, землевласники й землекористувачі різних форм власності.

Основним поняттям при побудові моделей на концептуальному і формалізованому рівнях є поняття «система» - безліч об'єктів з відношеннями (зв'язками) між цими об'єктами та їх атрибутами. Об'єкти виступають окремими частинами системи, причому їх кількість може бути необмежено.

Атрибути представляються на основі ISO 19110. Взаємодія геоінформатики та картографії виступає основою для формування такого напрямку як геоінформаційне картографування, суть якого становить автоматизоване інформаційно-картографічне моделю-

вання природних і соціально - економічних геосистем на основі географічних інформаційних систем.

5. 2. Інтерполяція

У дослідженні проведено аналіз застосування різних методів інтерполяції з метою отримання цифрових тематичних карт, які відображують варіювання показників якісного стану ґрунтів. Зокрема для досягнення поставленої задачі використані дані останнього туру обстежень за вмістом гумусу по території навчально-дослідного господарства НУБіП України - Агрономічної дослідної станції, проведеного ДУ «Держґрунтохорона».

В якості зображення посилання використано GRID модель, одержану на основі значень вмісту гумусу із застосуванням стратифікованого рендомізованого способу відбору зразків у межах однорідних умов (агровиробничої групи ґрунтів).

Геостатистичні методи інтерполяції набувають дедалі більшого поширення в дослідженнях, пов'язаних з вивченням просторового варіювання агрохімічних властивостей ґрунтів. Інтерполяція – метод передбачення величин атрибутивних даних у тих місцях, в яких не здійснювався відбір зразків з урахуванням значень у точках, що локалізуються в межах одного регіону чи області. Інтерполяція використовується з метою конвертування точкових спостережень у послідовні поверхні.

Локальні методи інтерполяції використовують інформацію безпосередньо з найближчих точкових даних. Згідно такого підходу інтерполяція передбачає:

- визначення площі пошуку або сусідньої території навколо точки, значення якої необхідно передбачити;
- пошук точкових даних у межах заданої сусідньої території;
- вибір математичної функції для відображення варіювання для обмеженої кількості точок;
- оцінка варіювання в точці регулярної сітки.

При здійсненні інтерполяції враховують вид інтерполяції, площу, форму, місце розташування сусідньої території; кількість точкових даних; схему відбору зразків; можливість використання зовнішньої інформації [6].

Умовно розділяють жорстку інтерполяцію та згладжуючу (апроксимацію). У дослідженні використано локальні інтерполятори - метод зважених відстаней, інтерполяцію на основі бікубічного сплайну, універсальний крігінг.

Метод зворотних відстаней поєднує в собі ідеї наближення і поступові зміни поверхні тренду. Метод передбачає, що величина атрибута z в точці, де не проводився відбір зразка, дорівнює середньозваженій відстані до точок, розташованих в безпосередній близькості або в межах певної площі, яка оточує дану точку. Первинні точки розташовуються в межах регулярної сітки або розподіляються нерегулярно в межах певної площі, тому інтерполяція здійснюється в точки щільної регулярної сітки з метою створення карти.

Розрахунок зважених середніх значень проводиться за формулою:

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot z(x_i), \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (1)$$

де зважені відстані λ_i подаються за допомогою $\phi(d(x, x_i))$.

Необхідно, щоб величина $\phi(d)$ задовольняла умову: $d \rightarrow 0$, що звичайно використовується із зворотними або від'ємними степенями функцій d^{-r} , $e^{-(d)}$, $e^{-(d^2)}$. Найбільш поширеним видом $\phi(d)$ є передбачення за допомогою зважених відстаней:

$$\hat{z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) \cdot d_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-r}}, \quad (2)$$

де x_j – точки, на які інтерполюють поверхню, x_i – дані в точках відбору. Оскільки $\phi(d) \rightarrow \infty$ як $d \rightarrow 0$, значення для точки інтерполяції, яке співпадає з величиною в точці, може копіюватись. Це найпростіше лінійне інтерполювання, при якому зважені відстані розраховуються з лінійних функцій відстані між множиною точок і точкою, значення якої необхідно передбачити [14, 15].

Завдання інтерполяції з використанням бікубічних сплайнів полягає у побудові на кожному фрагменті даної території кубічного полінома, значення якого в точках вимірювань збігаються із вимірними значеннями змінної.

Додатковою є вимога узгодження перших і других похідних у граничних точках фрагментів та дві граничних умови (нульова або нахил, чи певна кривизна).

Кубічний сплайн задається значеннями функції у вузлах і значеннями похідних на межі відрізка інтерполяції (перших або других похідних):

- якщо відоме точне значення першої похідної на обох границях, такий сплайн називають фундаментальним; похибка інтерполяції становить $O(h^4)$;
- якщо значення першої (або другої) похідної на границі не відоме, то можна задати так звані природні граничні умови $S''(A)=0$, $S''(B)=0$, й отримати природний сплайн.

Похибка інтерполяції природним сплайном складає $O(h^2)$. Максимум похибки спостерігається в околицях граничних вузлів. У внутрішніх вузлах точність інтерполяції значно вища.

Інтерполяція кубічними сплайнами є окремим випадком кусково-поліноміальної інтерполяції. В цьому спеціальному випадку між будь-якими двома сусідніми вузлами функція інтерполюється кубічним поліномом, а його коефіцієнти на кожному інтервалі визначаємо на межі при $x = x_0$ з умов сполучення у вузлах:

$$f_i = y_i, f'(x_i - 0) = f'(x_i + 0),$$

$$f''(x_i - 0) = f''(x_i + 0), i = 1, 2, \dots, n - 1.$$

Кубічний поліном визначаємо у вигляді:

$$f_i(x) = a_i + b_i(x - x_{i-1}) + c_i(x - x_{i-1})^2 + d_i(x - x_{i-1})^3$$

при $x_{i-1} \leq x < x_i$, $f(x_i) = y_i$; $f_i(x_{i-1}) = a_i$; $i = 1, 2, \dots, n - 1$.

За умов достатньої кількості зразків, більшість методів інтерполяції дають аналогічні результати. Коли дані розсіяні, вибір відповідного методу інтерполяції є надзвичайно важливим. Геостатистичні методи забезпечують оптимізацію інтерполяції на основі розподілу просторового варіювання на три складових:

- детерміністичне варіювання (рівні або тренди), які можна використовувати в якості корисної інформації;
- варіювання, що просторово автокорелюють і які характеризуються складністю інтерпретації;
- шум, який не корелює.

Характер просторово корелюючого варіювання забезпечується функціями: автоковаріограмою та напівваріограмою. Експериментальні варіограми розраховуються на основі даних відбору зразків в одно-, дво-, трьохвимірному просторі. Такі експериментальні дані пристосовують до одного з видів варіограм, які використовують, щоб одержати величини для розрахунку зважених відстаней. Методи геостатистики забезпечують значну гнучкість інтерполяції, надаючи можливість проведення інтерполяції на площі або об'єми, більші ніж підтримка (блочний крігінг), методи інтерполяції бінарних даних (індикаторний крігінг), методи вводу інформації про тренди (універсальний крігінг). Такі методи інтерполяції згладжують варіюючі поверхні і дають оцінку варіювання поверхні. Геостатистичні методи інтерполяції передбачають, що просторове варіювання будь-якої послідовної характеристики надто нерегулярне, щоб здійснити моделювання за допомогою простої згладжуючої математичної функції. Варіювання можна описати за допомогою випадкових поверхонь. Атрибут характеризується як регіоналізоване варіювання. Підбір варіограми у дослідженні здійснено у вигляді сферичної моделі.

Результати інтерполяції вмісту гумусу представлені на рис. 6, а – в.

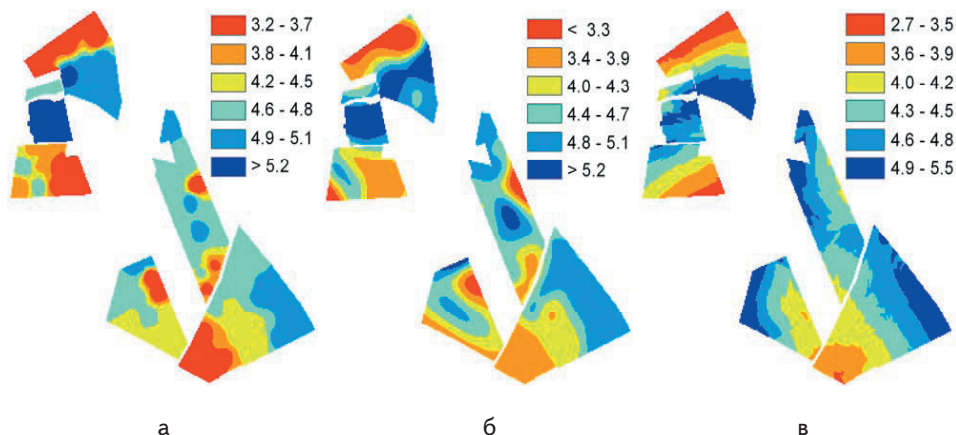


Рис. 6. Тематичні растри вмісту гумусу, одержані на основі використання інтерполяторів: а – за методом зважених відстаней; б – бікубічного сплайну; в – універсального крігінгу

Результати статистичного аналізу не засвідчили істотної різниці між методами інтерполяції. Визначено інтервальну оцінку, як довірчий інтервал (2Δ), який покриває з довірчою ймовірністю $\theta(0.95)$ невідомий параметр генеральної сукупності.

Для нормального розподілу модель інтервальної оцінки середнього генеральної сукупності μ має вигляд: $\mu \in [X - \Delta, X + \Delta]$, або $\mu \in [4.405 \pm 0.008]$ для методу зважених відстаней (діапазон значень становить 3.220-5.370 %), $\mu \in [4.377 \pm 0.009]$ для сплайн-інтерполяції (діапазон значень 1.845-6.078), $\mu \in [4.398 \pm 0.007]$ для універсального крігінга (діапазон значень варіює від 2.746 до 5.454 %), $\mu \in [4.389 \pm 0.009]$ для цифрового тематичного зображення, одержаного за даними хімічного аналізу ґрунту (діапазон вмісту гумусу становив 3.220-5.370 %) (рис. 7, а, б; рис. 8).

вибір локального інтерполятора не є важливим при великій кількості точок відбору (визначається сотнями) [16].

Кількість точок для проведення інтерполяції у дослідженні зменшена на 15 % у порівнянні з кількістю при наземному відборі.

Поряд з цим не відмічено зниження точності інтерполяції.

Метод зважених відстаней забезпечив одержання інтервалу інтерпольованих значень, який на 98 % відповідав діапазону вмісту гумусу, одержаному за даними хімічного аналізу.

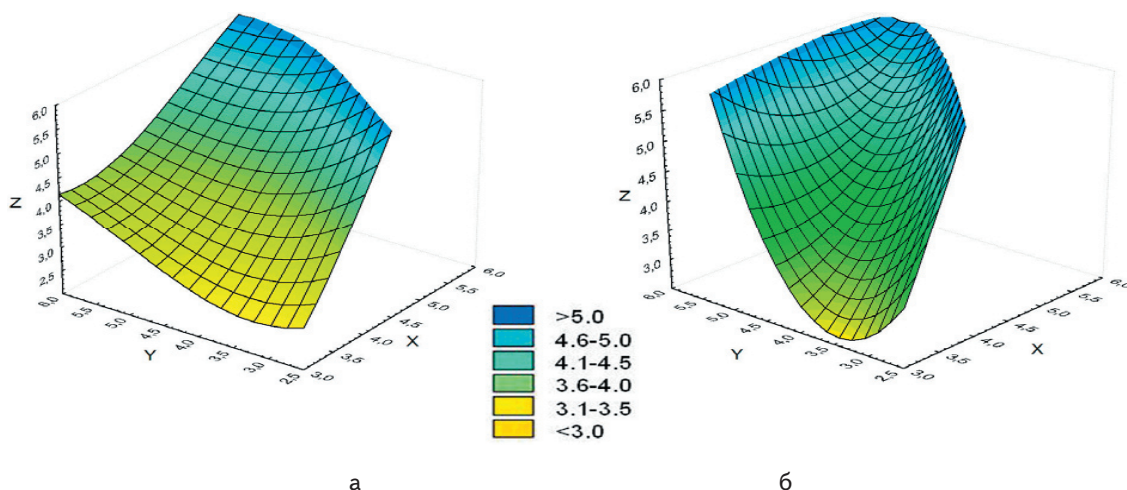


Рис. 7. Варіювання вмісту гумусу в ґрунтах за даними різних інтерполяторів: а – X – метод зважених відстаней, Y – сплайн-інтерполяція, Z – за даними агрохімічного обстеження ґрунтів; б – X – метод зважених відстаней, Y – універсальний крігінг, Z – за даними агрохімічного обстеження ґрунтів

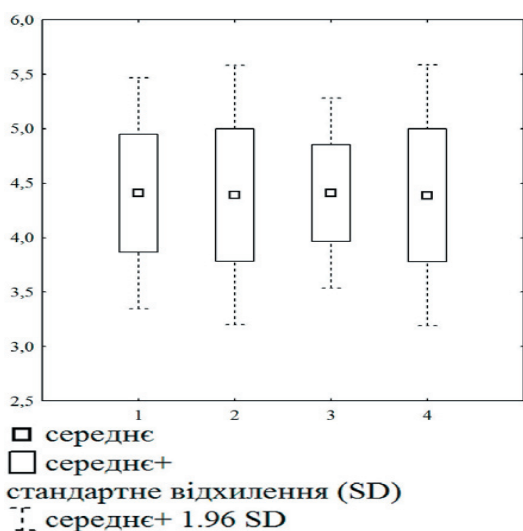


Рис. 8. Графічне відображення описової статистики вмісту гумусу, визначеного на основі різних інтерполяторів: 1 – метод зважених відстаней; 2 – сплайн; 3 – універсальний крігінг; 4 – розподіл вмісту гумусу за даними агрохімічного обстеження ґрунтів

Аналіз створених неперервних поверхонь вмісту гумусу у ґрунтах досліджуваної території показав, що

Використання методів інтерполяції для створення неперервних поверхонь з точкових даних надає виняткову можливість зменшення кількості зразків при відборі, що знижує витрати на збір даних і проведення хімічних аналізів та забезпечує можливість розрахунку оптимальної кількості зразків для відбору з урахуванням точності визначення відповідного показника.

6. Висновки

У дослідженні обґрунтовані теоретичні основи геоінформаційного картографування, розроблено структуру бази геопросторових даних у вигляді набору моделей (концептуальної й логічної) та відображено її фізичну реалізацію для забезпечення якісної оцінки ґрунтів.

Проаналізовано використання різних інтерполяторів з метою одержання цифрових неперервних поверхонь на прикладі вмісту гумусу у ґрунтах. Істотної різниці при застосуванні різних інтерполяторів не відмічено.

Інтерполяція як складова геоінформаційного картографування може ефективно використовуватися для зниження собівартості агрохімічних обстежень за рахунок оптимізації кількості зразків.

Література

1. Булигін, С. Ю. Рациональне землекористування: стан та перспективи [Текст] / С. Ю. Булигін, А. О. Ачасова // Землеустрій і кадастр. – 2005. – № 3. – С. 36 – 47.
2. Добряк, Д. С. Класифікація сільськогосподарських земель як наукова передумова їх екологобезпечного використання [Текст] / Д. С. Добряк, О. П. Канаш, Д. І. Бабміндра, І. А. Розумний. – К.: Урожай. – 2009. – 464 с.
3. Карпінський, Ю. Про формування національної інфраструктури просторових даних в Україні [Текст] / Ю. Карпінський, А. Лященко // Географія в інформаційному суспільстві. Зб. наук. праць. У 4-х тт. – К.: Обрії, 2008. – Т. 1. – С. 72-80.
4. Лихогруд, М. Г. Структура бази даних автоматизованої системи державного земельного кадастру [Текст] / М. Г. Лихогруд // Инж. геодез. – 2000. – Вип. 43. – С. 120–128.
5. Лященко, А. А. Концептуальне моделювання геоінформаційних систем [Текст] / А.А. Лященко // Вісник геодезії та картографії. – 2002. – №4(27). – С.44–50.
6. Палеха, Ю. Н. Градостроительство и ГИС в Украине на рубеже веков. Ретроспективный анализ [Текст] / Ю. Н. Палеха // ГИС обозрение. №2, 2001. – С.ХІІ – ХVІІ.
7. Черняга, П. Г. Використання ГІС-технологій в землевпорядному проектуванні [Текст] / П. Г. Черняга, С. В. Булакевич // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наукових праць. Львів: «Львівська політехніка», 2005. – С. 209–294.
8. Jones, R. J. A. Pedotransfer rules for environmental interpretations of the EU Soil Database. In: C. Le Bas and M. Jamagne (eds.). Soil databases to support sustainable development [Text] / R.J.A. Jones, J.M.Hollis // EUR16371 EN, INRA-SESCPE, Joint Research Centre, IRSA, Orléans. –1996. – P.125–133.
9. Kuldeep, T. Land Use / Land cover change detection in Doon vally (Dehradun Tehsil), Uttarakhand: using GIS&Remote Sensing Technique [Text] / T. Kuldeep, K. Kamlesh // International Journal of Geomatics and Geosciences, vol 2, No 1, 2011, pp. 34-41.
10. Behrens, T. Digital Soil Mapping in Germany – a review [Text] / T. Behrens, T. Scholten // Journal of Plant Nutrition and Soil Science, vol. 169(3), 2006. pp 434–443.
11. Forkuo, Eric K.. Digital Soil Mapping in GIS Environment for Crop-Land Suitability Analysis – research article [Text] / Eric K. Forkuo, K. Abrefa // International Journal of Geomatics and Geosciences, Vol. 2, No 1, 2011, pp. 133–146.
12. Raj Setia. Soil Informatics for Evaluating and Mapping Soil Productivity Index in an Intensively Cultivated Area of Punjab, India [Text] / Raj Setia, Vipran Verma, Pawan Sharma // Journal of Geographic Information System, vol. 4, 2012, pp 71–76.
13. Iuliana Cornelia NICULIĂ. Methods for natural land mapping units delineation for agricultural land evaluation, Agronomy Series of Scientific Research [Текст] / Iuliana Cornelia NICULIĂ, Mihai NICULIĂ // Lucrari Stiintifice Seria Agronomie, vol. 54, Nr. 1, 2011, pp 44–49.
14. Кохан, С. С. Відбір просторових зразків при створенні послідовних поверхонь [Текст] / С. С. Кохан, А. В. Бикін, І. П. Поліщук // Науковий вісник НАУ. – 2003. – Вип. 68. – С. 225–230.
15. Кохан, С. С. Створення неперервних поверхонь з точкових даних [Текст] / С. С. Кохан, І. П. Поліщук // Ученые записки Таврического национального университета. – 2004. – Т. 17 (56), № 2. – С. 149–156.
16. Кохан, С. С. Вплив просторових структур на точність методів інтерполяції [Текст] / С. С. Кохан, І. П. Поліщук // Ученые записки Таврического национального университета. Серия: География. – 2005. – Т. 18 (57), № 1. – С. 67–74.