

СТВОРЕННЯ НЕПЕРЕРВНИХ ПОВЕРХОНЬ З ТОЧКОВИХ ДАНИХ

Кохан С.С., Поліщук І.П.

Вступ

Геостатистичні методи інтерполяції набувають дедалі більшого поширення в дослідженнях, пов'язаних з вивченням просторового варіювання властивостей ґрунту, зокрема вмісту рухомих форм елементів живлення, вологості, структури [3, 5, 6]. Методи геостатистики використовуються також для вивчення процесів розподілу важких металів у ґрунті, водоносному горизонті, а також поширення процесів засолення [4, 7, 8].

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

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

При здійсненні інтерполяції враховують:

- вид інтерполяції;
- площу, форму, місце розташування сусідньої території;
- кількість точкових даних;
- схему відбору;
- можливість використання зовнішньої інформації.

Розрізняють наступні види функцій інтерполяції:

- аналіз найближчих сусідів;
- зважені відстані;
- згладжування або інші нелінійні функції (зокрема Лапласа);
- оптимальні функції з використанням просторової коваріації.

Всі види інтерполяції в певній мірі згладжують дані з розрахунком середніх величин у межах вікна або пошукової відстані.

При відборі зразків ґрунту використовують декілька основних способів: рендомізований, регулярний, стратифікований рендомізований, кластерний (гніздовий), регулярний трансектний. Важливими факторами, які необхідно враховувати за відбору зразків вважають – локалізацію бурових проб, глибину відбору, частоту відбору, період року. Розташування точок відбору надзвичайно важливе для подальших досліджень. В ідеалі для створення картограм відбір зразків повинен здійснюватись рівномірно за площею. Поряд з цим не може

використовуватись повністю рівномірна сітка відбору зразків, якщо вона співпадає з рівномірно розташованими дренажними каналами або за умов стрічкового внесення добрив. В цих випадках доцільно вводити певний ступінь рендомізації (випадковості) в точках розміщення відбору зразків для врахування незакономірних варіацій. При рендомізованому способі відбору бурові проби розташовують абсолютно випадково, хоча не всі точки відбору можуть в подальшому аналізуватись. Кращим компромісом між закономірним і рендомізованим розташуванням точок відбору виступає розміщення окремих точок відбору рендомізовано в межах однорідних умов, наприклад однієї ґрунтової відміни. Такий спосіб називають стратифікованим рендомізованим. Точки відбору при цьому рендомізовано розташовані в межах площі одного ґрунтового різновиду, або характеризуються однаковими технологіями вирощування культур [1, 2].

Глибина відбору зразків залежить від культури та показників, які передбачено визначати. Зразки ґрунту для загально прийнятих досліджень відбирають на глибину 0-20 см. Виняток становлять ті випадки, коли проводять дослідження вмісту рухомих показників - $\text{NO}_3^- \text{-N}$ і $\text{SO}_4^{2-} \text{-S}$; для оцінки впливу рН на рухомість гербіцидів при безплужній системі обробітку ґрунту; показників родючості для культур з кореневою системою, розташованою дуже мілко або дуже глибоко; для вивчення можливої міграції забруднювачів за профілем ґрунту. Відбір зразків з меншої глибини часто рекомендують у випадках мінімального обробітку ґрунту, коли поживні речовини і вапно вносяться на поверхню і не можуть бути внесені вглиб при оранці. Це стосується постійних пасовищ, угідь на торф'яних ґрунтах, де глибина розташування кореневої системи обмежена, а також ґрунтів, на яких є можливість втрат фосфору при ерозії чи при поверхневому змиві. В таких випадках зразки відбирають з глибини 0 – 5 см.

Методи інтерполяції

Полігони Тіссена (Діріхле/Вороного) не відносять до поширених методів інтерполяції, але поряд з цим вони метод має свої особливості. Він доводить класифікаційну модель просторового прогнозу до екстремуму, в той час як прогноз атрибутивних значень в точках, де не проводився відбір зразків, забезпечується з урахуванням значення в найближчій точці. Полігони Тіссена розділяють місцевість таким способом, який передбачає одне спостереження на клітинку. Якщо точки розміщуються в межах регулярної сітки квадратів, тоді всі полігони Тіссена мають однакові розміри, клітинки регулярної сітки мають довжину сторін, рівну відстані в межах регулярної сітки. Якщо точки характеризуються нерегулярним розміщенням у просторі, одержують нерегулярну сітку полігонів (рис. 1). Лінії, які з'єднують точки, утворюють трикутника Делоней.

Полігони Тіссена часто використовуються в ГІС і в географічному аналізі як швидкий метод поєднання точкових даних з їх просторовим розміщенням. Прикладом використання полігонів Тіссена може бути метеорологія, оскільки всі метеорологічні дані для певної ділянки одержують з найближчих метеостанцій. Але таке припущення не завжди правильне, зокрема для поступово варіюючих явищ – опадів, температур, тиску повітря.

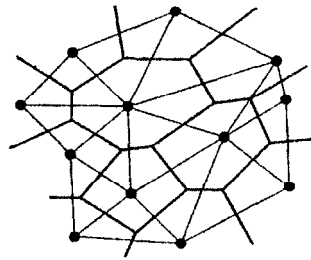


Рис. 1. Приклад полігонів Тіссена і трикутників Делоней (полігони Тіссена зображені жирними лініями, трикутники Делоней - тонкими)

Лінійна інтерполяція: метод зважених відстаней

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:

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

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

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 зворотніми 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.

Інтерполяція на основі зворотних відстаней звичайно використовується в ПС для створення растрових шарів з точкових даних. Коли дані розміщуються в межах регулярної сітки, контурні лінії можна пронизати через інтерпольовані значення, а карту подати у вигляді векторної контурної карти або растрового зображення з тінями (рис. 2).



Рис. 2. Метод зважених відстаней

Оптимальна інтерполяція

У випадку, коли даних достатньо, 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 складові: (а) детерміністичне варіювання (різноманітні рівні або тренди), які можна використовувати в якості корисної інформації; (б) варіювання, що просторово автокорелюють і які характеризуються складністю інтерпретації; (в) шум, який не корелює. Характер просторово корелюючого варіювання забезпечується функціями, такими як автоковаріограма і напівваріограма, що забезпечує інформацію для оптимізації інтерполяції зважених відстаней і радіуса пошуку. Експериментальні варіограми розраховуються на основі даних відбору зразків в одно-, двох-, 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'ємі, більші ніж підтримка (блочний крігінг), методи вводу інформації про тренди (універсальний крігінг) або про стратифікацію (стратифікований крігінг). Всі ці методи інтерполяції згладжують варіюючі поверхні і дають оцінку варіювання поверхні. В цілому варіограми можна використовувати для оптимізації схем відбору при картографуванні з точкових даних.

Матеріали і методи досліджень

З метою одержання первинних даних для створення неперервних поверхонь вмісту рухомих форм елементів живлення та вивчення просторового варіювання їх у темно-сірому опідзоленому ґрунті при вирощуванні озимої пшениці, було створено регулярну сітку квадратів 35 x 35 м загальною площею 5,5 га. 48 зразків ґрунту і рослин відбирались у фазі виходу в трубку і молочно-воскової стиглості зерна.

Зразок ґрунту складався з трьох бурових проб, відібраних в межах 1 м навколо точки з визначеними координатами. Відбір рослин в даних точках проводили для обліку та визначення варіювання урожайності.

Дослідження проводились на базі модельного господарства "Біотех" Бориспільського району Київської області. Ґрунт ділянки - темно-сірий опідзолений

крупнопилувато-легкосуглинковий, $pH_{КСГ}$ -6,0, гідролітична кислотність - 2,3 мг-екв/100г, вміст гумусу - 3,2%, вміст азоту сполук, що легко гідролізують - 40,2 мг/кг, рухомих фосфатів - 212 мг/кг, обмінного калію - 116 мг/кг (за методом Чирікова). На посівах озимої пшениці проводили ранньовесняне підживлення азотом в формі аміачної селітри в дозі 30 кг N/га. В досліді при визначенні просторового варіювання вмісту рухомих фосфатів використовували метод Мехлік 3 (0.2M CH_3COOH + 0.25 M NH_4NO_3 + 0,015M NH_4F + 0.013M HNO_3 + 0,001M EDTA – pH 2.5). Це багатоелементний екстрагент, що може використовуватись для всіх типів ґрунтів. Результати добре корелюють з методами Брей Р I, Мехлік I, і методом Олсена. Критична концентрація: ≥ 50 мг P/кг [7]. Багатоелементні екстрагенти набувають все зростаючої популярності завдяки зменшенню вартості і часу для проведення аналізів. Більшість екстрагентів вилучають ці катіони з обмінних центрів ґрунтових колоїдів за рахунок обміну на іони NH_4^+ (NH_4OAc , АВ-ДТПА), або Na^+ (Морган), або H^+ (Мехлік I), чи декількох із зазначених іонів (Мехлік III, модифікований Морган). Всі екстрагенти також вилучають калій, кальцій і магній з ґрунтового розчину. При дії на кислі ґрунти екстрагентів, які містять кислоти (Мехлік I і Мехлік III), може також вилучатись деяка кількість необмінних сполук калію за рахунок проникнення іону водню в міжпакетні простори слюдяних глин і заміщення там калію. Кислотні екстрагенти здатні також вилучати надмірні кількості кальцію і магнію з карбонатних ґрунтів за рахунок розчинення мінералів, що містять кальцій і магній.

Результати і обговорення

Результати досліджень свідчать про високу варіабельність вмісту рухомих фосфатів у темно-сірому опідзоленому ґрунті. Величина показника коливалась від 119,38 до 196,40 мг/кг ґрунту (рис.4). Підібрана експериментальна напівваріограма, одержана для варіюючої величини вмісту рухомих фосфатів, створена за допомогою програми для геостатистичного моделювання і передбачення Gstat. Сферична напівваріограма характеризується складовими: C_0 (залишковою дисперсією), $[C+C_0]$ (лімітованим радіусом кореляції), $C/[C+C_0]$ – процентом просторової кореляції значень (рис.5).



Рис.4. Передбачення вмісту рухомих фосфатів (мг/кг) у темно-сірому опідзоленому ґрунті з використанням ординарного крігінга відстань, м

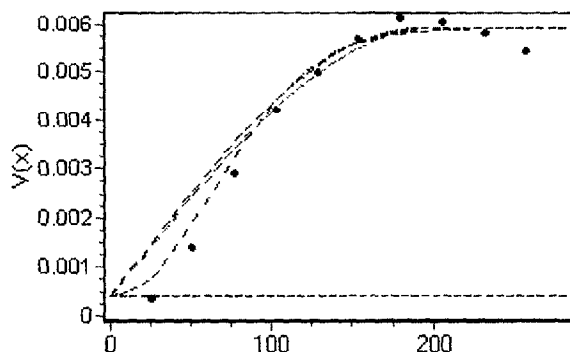


Рис. 5. Напівваріограми вмісту рухомих фосфатів за методом Мехлік 3

Напівваріограма представляє собою криву найкращого наближення, надаючи величину просторово-корелюючої випадкової складової. При зростанні відстані між точками збільшувалась і напівдисперсія, характеризуючи швидке зменшення просторової кореляції значень. Значення відстані між пробами у досліді становило 35 м (лаг). При створенні неперервних поверхонь з точкових даних при визначенні вмісту рухомих фосфатів у ґрунті одержані поверхні характеризували просторове варіювання показників. Коефіцієнт варіювання коливався від 30 до 50%. Варіювання вмісту рухомих фосфатів в значній мірі залежало від мезо- і мікро варіацій рельєфу ділянки, а також від якості внесення азотних добрив та проведення агротехнічних операцій з обробки ґрунту (рис.6).

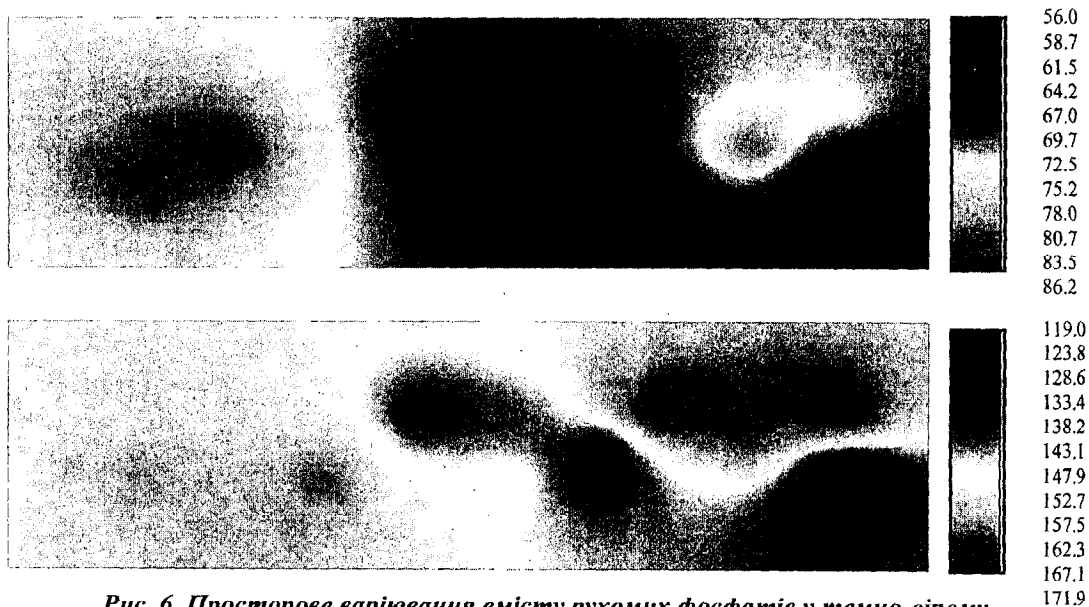


Рис. 6. Просторове варіювання вмісту рухомих фосфатів у темно-сірому опідзоленому ґрунті (за методом Чирікова і Мехлік 3)

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

Література

1. Географічні інформаційні системи/ За ред. Ван Мервіна М., Кохан С.С.-К.: НАУ.-2003.-206 с.
2. Моніторинг і відтворення якості ґрунтів /За ред. Дж.Гофмана, М.М.Городнього.-К.: НАУ.2003-266 с.
3. Bogart N., Vermoesen A., Salomez J., Hofman G., Van Cleemput O., Van Meirvenne M. 2000. The within field variability of mineral nitrogen in grassland. *Biol. Fert. Soils.* 32: 186-193.
4. Burgess T.M., Webster R. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semivariogram and punctual kriging. *J. Soil Sci.* 31: 315-331.
5. Burgess T.M., Webster R. 1981. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. IV. Sampling strategy. *J. Soil Sci.* 31: 643-659.
6. Cattle J.A., McBratney A.B., Budiman Minasny. 2002. Kriging methods evaluation for assessing the spatial distribution of urban soil Lead contamination. *J. Environ. Qual.* 31 : 1576-1588.
7. Mehlich, A. 1984. Mehlich III soil extractant: A modification of Mehlich II extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15:1409-1416.
8. Rossi R.F., Mulla D.J., Journel E.H., Franz E.H. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol. Mon.* 6(2): 277-314.