

УДК 519.652

ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ (ГІС)

Р. Й. Ріпецький, В. М. Сеничак

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
тел. +380 (3422) 4-21-23; e-mail: math@nung.edu.ua*

Описано математичний характер розподілу просторової ознаки по території за даними точкових спостережень з метою розроблення методів інтерполяції. Для цього використано TIN-поверхні та grid-поверхні. На основі міжшарового аналізу отримано рівняння для лінійної інтерполяції просторових даних в програмних засобах ГІС. Отримані методи перевірені для побудови картограми забруднення території.

Ключові слова: *математична модель, інтерполяція, геоінформаційна система.*

Геостатистичні методи інтерполяції набувають дедалі більшого поширення в дослідженнях природних процесів, пов'язаних з вивченням властивостей просторових даних, зокрема рельєфу, вмісту рухомих форм елементів та шкідливих речовин в ґрунті, підземних водах, інтенсивність освітлення територій як природними так і штучними джерелами світла, а також при просторових змінах властивостей та структури [2]. Математичне моделювання та чисельний аналіз цих процесів неможливий без попередньої побудови адекватної математичної моделі, яка б давала змогу отримувати апроксимовані значення просторових характеристик у довільній точці місцевості.

Розвиток програмних засобів ГІС відкриває нові можливості в методах дослідження просторових даних на основі математичної інтерполяції [3].

ГІС – це комп'ютерна технологія, що забезпечує обробку просторових даних на визначеній території і забезпечує побудову картограм [1].

Аналіз розподілу просторових показників здійснюється засобами ГІС шляхом створення цифрових картограм. Як правило, картограми будуються на основі експериментальних даних шляхом отримання прямих замірів. Причому заміри проводяться не на всій території, а лише в її характерних точках. Це дає змогу економити ресурси під час збору експериментальних даних. Значення показників у сусідніх точках, де заміри не проводилися, отримують методами інтерполяції.

Найбільш поширений метод побудови картограм в ГІС – використання grid-поверхонь на основі регулярних сіток. Кожна комірка сітки

містить тільки значення показника, що виступає як атрибутивна ознака, за даними якої будується картограма.

Таким чином, задача просторової інтерполяції полягає в отриманні функції поверхні просторової ознаки на території дослідження за даними спостережень, що обрані у довільних пробних точках. Важливими фактором, який необхідно враховувати, вважають локалізацію пробних точок. Розташування точок відбору надзвичайно важливе як для отриманні поверхні відгуку, так і для подальших досліджень.

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

1. визначення території пошуку або сусідньої території навколо точки, значення якої необхідно передбачити;
2. характер розміщення точкових даних у межах даної території;
3. вибір математичної функції для відображення функції відгуку при обмеженій кількості точок;
4. вид інтерполяції.

Виконання вказаних пунктів повинно забезпечити побудову картограми розміщення просторової ознаки. В ідеалі для створення картограм розміщення точок повинно рівномірно охоплювати територію.

У випадку, коли даних достатньо, більшість методів інтерполяції дають аналогічні результати. Якщо дані неузгоджені, вибір відповідного методу інтерполяції є надзвичайно важливим. Геостатистичні методи, що забезпечують інтерполяції на основі розподілу просторового варіювання, дають можливість визначити тренд показника у будь-якому напрямку.

Grid-поверхня – це набір квадратних комірок визначеного користувачем розміру, який покриває прямокутну область зі сторонами, паралельними до осей координат. Кожній комірці ставиться у відповідність якесь числове значення. Цими значеннями можуть бути висота рельєфу, концентрація забруднень шкідливими речовинами, інтенсивність освітлення. В такому випадку відповідно отримується grid-поверхні рельєфу, забруднень, інтенсивності освітлення. Аналогічно можна досліджувати інші явища, що пов'язані з вивченням властивостей просторових даних.

Створення grid-поверхонь відбувається шляхом просторової інтерполяції на основі вихідних даних у вигляді набору точок із заданими числовими даними.

Досліджувану територію многокутної форми розбивають на рівномірну сітку.

Кожна комірка сітки містить тільки одне значення показника, яке виступає як атрибутивна ознака, за даними якої будується картограма. Практично викладена вище методика реалізується в програмах ГІС.

Полігон, який є територією дослідження, розбивають на відповідні ділянки.

Потім виділяють ті з них, що складають якусь розрахункову область, і конвертують у grid-поверхню, яку використовують як маску

(тобто ту частину карти, на якій провадитимуть усі подальші обчислення методами просторової інтерполяції. Наступним кроком є, власне, формування TIN-поверхні, яку використовують для інтерполяції даних grid-поверхні опису показника.

Для створення картограм призначені програмні засоби MapInfo, ArcView та інші. В процесі створення потрібно, щоб всі комірки регулярної сітки мали заповнені значення атрибутивних ознак. Метод точкових спостережень надає значення лише в окремих точках (рис. 1а). Інші комірки сітки повинні бути заповнені розрахунковими значеннями шляхом інтерполяції. Інтерполяція в ГІС виступає як основний метод, який залучається до обробки просторових даних.

Можна уявити собі, що значення розподіленої ознаки виступають у вигляді поверхні, загальний вигляд якої невідомий. Відомими є лише значення показника в кількох характерних точках. Тоді поверхня може бути апроксимована трикутниками, що дозволить складати рівняння площини кожного трикутника у просторі. Вершини трикутників отримують значення відомого показника за даними в точках спостереження. Такі поверхні отримали назву TIN-поверхонь. TIN-поверхня володіє особливими аналітичними можливостями, а також дозволяють виконувати цікаві види аналізу. Проекція TIN-поверхні на площину може мати вигляд (рис.1б).

Математичний опис TIN-поверхні буде у вигляді з кількох рівнянь, що описують у просторі положення трикутників. Їх вершини мають координати просторового розміщення X_i , Y_i та значення показника Z_i , яке взято за результатами замірів.

Рівняння площини одного з трикутників у просторі, за відомими координатами вершин записується за допомогою визначника третього порядку.

Наприклад, для $\triangle ABE$ (рис.1б) позначимо координати вершин $A(X_1, Y_1)$, $B(X_2, Y_2)$, $E(X_3, Y_3)$. В точках A, B, E відомі значення показника, які позначимо як Z_1, Z_2, Z_3 .

$$\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Якщо у визначнику замість координат $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ поставити їх числові значення, а також отримані заміром значення показника замість Z_1, Z_2, Z_3 , то перейдемо до рівняння виду

$$Z = aX + bY + c, \quad (2)$$

де a, b, c – постійні величини для даного трикутника.

За допомогою складеного рівняння площини у просторі можна знайти значення показника Z для будь-якої точки з координатами X, Y що належать даному трикутнику. Іншими словами, для будь-якої пари координат, для яких справедлива умова

$$(X, Y) \in \triangle ABE, \quad (3)$$

за допомогою рівняння (2) можна отримати розрахункове значення показника. Таким чином, в межах простору трикутника можна здійснювати лінійну інтерполяцію за рівнянням (2) при виконанні умови (3).

Особливістю ГІС є здатність до просторового аналізу, в ході якого визначається взаємне розміщення об'єктів. Сучасні ГІС-технології дозволяють автоматизувати процеси розрахунків за умовою (3), використовуючи методи просторових відношень, якими наділені програмні пакети [4].

Зведення задач до формування умови (3), безумовно, потребує автоматизованих методів її розв'язку.

Так, в процесі інтерполяції до умови (3) можна віднести задачу по відборі клітинок grid-поверхні, центроїди яких знаходяться в межах проекції заданого трикутника TIN-поверхні.

Це дозволить для вибраних клітинок за відповідною формулою (4) розрахувати значення Z за координатами центроїду цих клітинок.

В програмних засобах ГІС окремо формуються два тематичні шари: у вигляді поверхні grid (рис.1а) та у вигляді трикутників TIN-поверхні (рис. 1б).

Автоматизований метод інтерполяції відбувається за наступним алгоритмом з використання операторів просторого відношення. Для аналізу умови (3) вводимо два об'єкта: об'єкт А як TIN-поверхня та об'єкт В як grid-поверхня. Далі проводиться відбір тих клітинок grid-поверхні, центри тяжіння яких виконується умова (3).

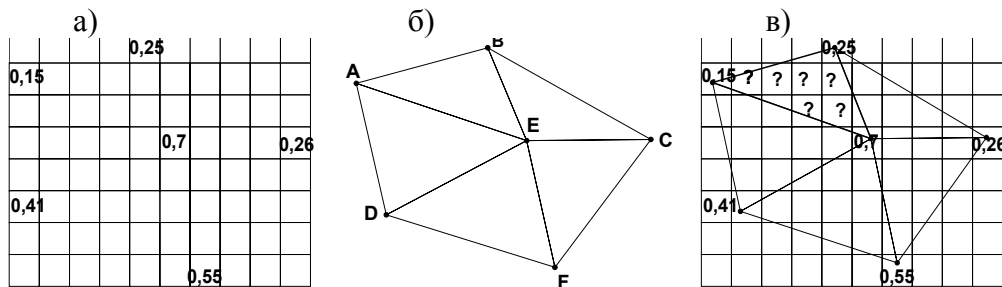


Рис.1. Інтерполяції просторових даних на основі поверхонь:

- а) тематичний шар grid-поверхні; б) тематичний шар TIN-поверхні;
- в) міжшаровий аналіз інтерполяції даних

Отже, grid-поверхня та TIN-поверхня розміщують у різних тематичних шарах. Інтерполяція даних базується на можливостях міжшарового аналізу, а саме визначати в середину якого трикутника TIN-поверхні потрапили поточні координати X та Y . Тобто в програмних засобах може бути реалізована можливість перевірки умови (3). Якщо за координати X та Y прийняти центроїди клітинок grid-моделі, розрахункове значення Z буде виступати як атрибутивна ознака. А в межах $\triangle ABE$ буде проведена лінійна інтерполяція даних за допомогою рівняння (2). Центроїди клітинок регулярної сітки grid-поверхні, які потрапили до простору $\triangle ABE$, і для яких шляхом інтерполяції визначаються розрахункові значення, показані знаком «?» (рис.1в).

Таблиця 1. Оператори просторового відношення

Оператор	Дія	Запис умови
Contains	Об'єкт А містить об'єкт В	object A Contains object B
Within	Об'єкт В знаходиться в середині об'єкту А	object B Within object A

Запропонований метод інтерполяції на основі поверхонь може використовуватися в ГІС при географічному аналізі як швидкий метод поєднання точкових даних з їх просторовим розміщенням.

На основі наведеного методу інтерполяції отримана картограма забруднень території. промисловими підприємствами про концентрацію у ґрунті шкідливих речовин.

На основі наведеного методу інтерполяції була отримана картограма забруднень території промислового підприємства про концентрацію у ґрунті шкідливих речовин. В нашому випадку досліджувана територія промислового підприємства складала площу 10000 м² і була розбита на 14 трикутників.

На основі експериментальних даних була утворена TIN поверхня забруднення території, що складалася з 14 трикутників. Якість побудови тематичної картограми забруднень оцінювалася від розмірів клітинки grid-поверхні. В якості атрибутивної ознаки виступала концентрація шкідливих речовин. Спочатку в клітинки сітки, в яких знаходилися вершини трикутників, були внесені відомі експериментальні значення концентрації забруднень з точок спостереження. Заповнення рівномірної сітки здійснено методом просторової інтерполяції на основі TIN поверхні з використанням в ГІС для заповнення рівномірної сітки з точкових даних.

Згідно методики, експериментальні значення забруднень отримували ті комірки сітки, в яких знаходяться вершини трикутників.

Побудова картограми забруднень оцінювалася в залежності від розміру клітинок сітки.

Рівняння (4) були розв'язані в програмі Mapinfo, з урахуванням умови (3) шляхом створення просторових запитів.

Література

1. Географічні інформаційні системи / За ред. Ван Мервіна М., Кохан С.С. – К.: НАУ. – 2003. – 206 с.
2. The within field variability of mineral nitrogen in grassland / N.Bogart, A.Vermoesen, J.Salomez, G.Hofman, O.Van Cleemput, M.Van Meirvenne. 2000. *Biol. Fert. Soils*. 32: 186-193.
3. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence / R.E.Rossi, D.J.Mulla, E.H.Journal, E.H.Franz. 1992.. *Ecol. Mon.* 6(2): 277-314.
4. Апроксимація рельєфу Львівщини у картографічній системі ARCVIEW. О. Левченко, Львівський національний університет імені

Івана Франка. Вул. Університетська, 1, м. Львів, 79000, e-mail: kis@franko.lviv.ua.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 13.10.2011 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., професором **Мойсишиним В.М.***

INTERPOLATIONS OF SPATIAL DATA ON THE BASIS OF SURFACES FOR THE PROGRAMMATIC TOOLS OF THE GEOINFORMATICAL SYSTEMS (GIS)

R. Y. Ripetskyy, V. M. Senychak

*Ivano-Frankivs'k National Technical University of Oil and Gas;
76019, Ivano-Frankivs'k, Carpathians st., 15;
ph. +380 (3422) 4-21-23; e-mail: math@nung.edu.ua*

Formulated task to describe mathematically the character of distributing of spatial sign on territory from data of point supervisions. The decision of task is related to development of methods of interpolation. TIN-surfaces and grid-surfaces are used. On the basis of the interstratified analysis the equalization is got for linear interpolation of spatial data in programmatic tools GIS. The got methods are tested for construction of map of contamination of territory.

Key words: *mathematical model, interpolation, geoinformatical system.*