

УДК 528.94+504.064.3:574

к.т.н. Лазоренко-Гевель Н.Ю.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ГЕОСТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ І ЗМІН ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗАСОБАМИ ГІС

Обґрунтовано застосування геостатистичних методів і моделей в аналізі компонентів природних комплексів, проведено геостатистичний аналіз і моделювання окремих компонентів природних комплексів: ґрунтів, поверхневих вод засобами ГІС відповідно до загальної схеми процесу побудови геостатистичної моделі.

Ключові слова: *геостатистичні методи, кригінг, методи Бокса-Кокса та логарифмічний.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Необхідність покращення технік опрацювання екологічних даних для досягнення більшої ефективності процесу моніторингу природних комплексів зумовлена широким використанням нових методів аналізу. Застосування геостатистичних методів, які були розроблені спочатку як засіб оцінювання запасів руди, виявилось успішним і для аналізу даних моніторингу довкілля з різною метою. Інтерес до геостатистики як інструменту аналізу екологічних даних підтверджується зростанням кількості видань літератури відповідної тематики [7-13] та ін.

Моніторинг, здійснюваний для виявлення змін у природних комплексах та з'ясування небезпеки надмірного забруднення – витратний процес. Оцінювання ризику забруднення в місцях, де не проводилося відбору проб, має важливе значення для розмежування екологічно чистих і забруднених територій. Однак точність оцінювання ризику залежить від багатьох факторів, в т. ч. й від використовуваної для цього методики.

Геостатистика має в своєму розпорядженні сучасні методи, які полегшують кількісне оцінювання просторових параметрів компонентів природних комплексів і дозволяють їх просторово інтерполювати.

Аналіз останніх досліджень. Дана публікація є узагальненням циклу робіт автора, які присвячені проблемам ведення геоінформаційного моніторингу природних комплексів в Україні. Основою для написання статті стали праці [3-5] та науково-дослідні роботи в сфері створення баз цифрових картографічних даних, розроблення геоінформаційних систем для ведення моніторингу природних комплексів [1, 2]. Роботи виконано в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (НДІГК).

Виклад основного матеріалу. Запропонований геостатистичний підхід відрізняється від класичного статистичного тим що, статистика оперує незалежними випадковими величинами, а геостатистика аналізує залежні змінні, які є районованими і корелюються у просторі або часі. Ступінь кореляції, яку відображає варіограма, визначається добутком половини математичного очікування M_x на квадрат різниці між значеннями пар точок $Z(x)$ і $Z(x + h)$, де h – інтервал відстані між точками:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} M_x [Z(x) - Z(x + h)]^2, \quad (1)$$

Запропоновано використання геостатистичного методу кригінгу як засобу оцінювання лінійної інтерполяції без зміщення, який є процесом теоретичного зваженого ковзного середнього:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i), \quad (2)$$

де $Z(x_0)$ – це значення в місці, де не бралася проба і яке буде приблизно оцінено в місці x_0 ; $Z(x_i)$ – відоме значення в місці відбору проб x_i ; λ – вагова функція.

В результаті дослідження вхідних даних результатів моніторингу природних комплексів було виявлено, що вони не підпорядковуються нормальному закону розподілу, який є властивим для лінійної геостатистики, тому необхідно виконати їх нормалізацію. Для перетворення даних запропоновано методи трансформування: Бокса-Кокса та його частковий випадок – логарифмічне перетворення.

Перетворення Бокса-Кокса для деякої вхідної послідовності x_i , де $i=0, 1, 2, 3 \dots n$; визначено наступним чином:

$$x(\lambda) = \begin{cases} \frac{x_i^\lambda - 1}{\lambda}, \lambda \neq 0 \\ \ln(x), \lambda = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Для цього перетворення параметр λ брався такий, що максимізує логарифм функції правдоподібності

$$f(x, \lambda) = -\frac{N}{2} \times \ln \left[\sum_{i=1}^N \frac{(x(\lambda) - \bar{x}(\lambda))^2}{N} \right] + (\lambda - 1) \times \sum_{i=1}^N \ln(x_i), \quad (4)$$

де $x(\lambda) = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N x_i(\lambda)$, – середньоарифметичне з даних перетворених за методом Бокса-Кокса [3].

Геостатистичне моделювання результатів моніторингу компонентів природних комплексів було проведено за допомогою методів кригінгу та тематичного картографування засобами інструментальної ГІС ArcGIS 9.2 відповідно до загальної схеми процесу побудови геостатистичної моделі (рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис.4) [3, 6].

Для виявлення оптимального методу побудови геостатистичних поверхонь було виконано порівняння похибок інтерполяції і вибрано модель, яка точно відображає явище, що вивчається. Для моделі, яка точно інтерполює значення, середня похибка повинна бути близькою до нуля, середня квадратична похибка і середнє із стандартних похибок інтерполяції повинні мати найменше із можливих значень, а середня квадратична нормована похибка повинна бути близькою до одиниці.

Результати моніторингу рівня концентрації свинцю в ґрунтах Київської області (рис. 1) було одержано з використанням чотирьох геостатистичних методів: ординарного, простого, універсального та диз'юнктивного кригінгу.

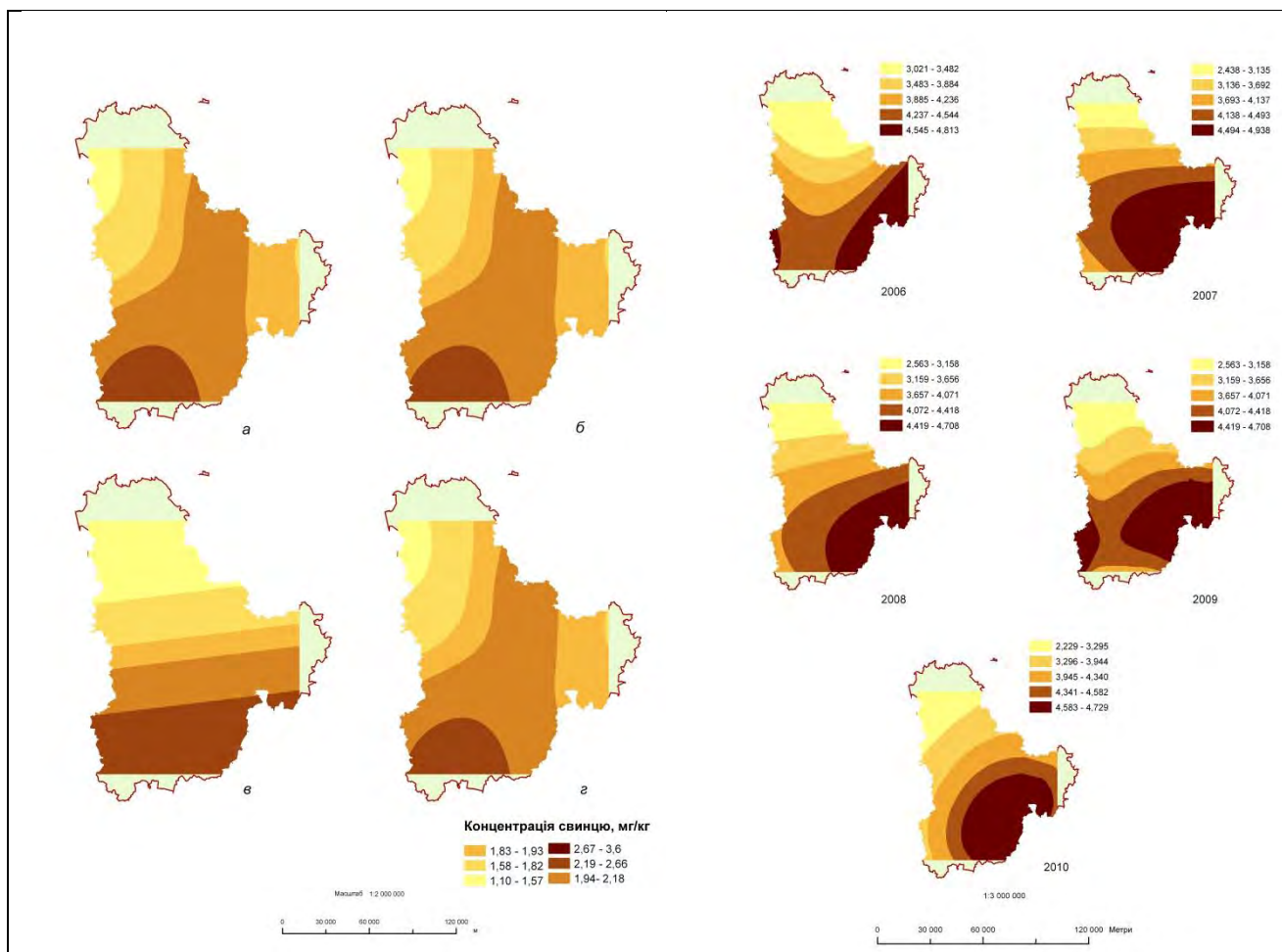


Рис. 1. Результати інтерполяції значень свинцю з використанням різних методів кригінгу: *а* – ординарний; *б* – простий; *в* – універсальний; *з* – диз'юнктивний

Рис. 2. Просторовий розподіл інтегрального показника агроекологічного стану ґрунтів Київської області

В результаті перехресної перевірки виявлено, що метод універсального кригінгу [6] оптимально інтерполює значення просторового розподілу свинцю.

Моделювання просторового розподілу інтегрального показника агроекологічного стану ґрунту за даними спостережень з 2006 по 2010 рр. геоінформаційними та геостатистичними методами показало, що стан ґрунтового покриву змінюється в напрямку з півночі на південь і південний схід Київської області від задовільного і незадовільного до кризового [3, 5].

Просторовий розподіл індексу забруднення води басейну р. Дніпро, отриманий методами простого кригінгу та тематичного картографування, показав, що клас якості води змінюється від II до III, тобто якість води – від доброї до помірно забрудненої (рис. 3, рис. 4) [4].

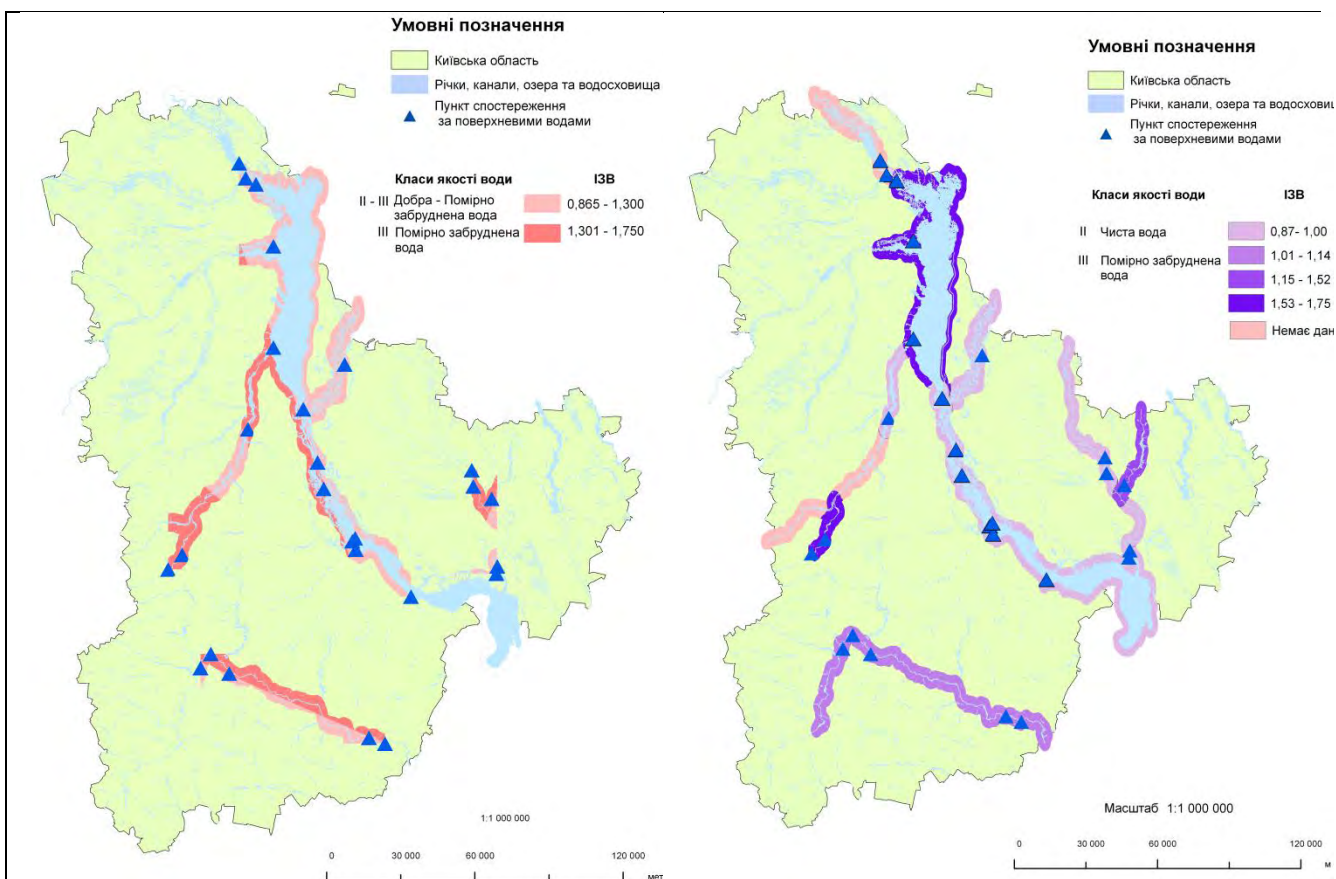


Рис. 3. Просторовий розподіл індексу забрудненості вод басейну річки Дніпро, отриманий методом простого кригінгу для кожної окремо взятої річки

Рис. 4. Просторовий розподіл індексу забруднення вод басейну річки Дніпро, отриманий методом тематичного картографування

Висновки. Запропоновані методи геостатистичного аналізу і моделювання стану і змін компонентів природних комплексів значно полегшують процес оцінювання результатів моніторингу.

Проблемою існуючої системи моніторингу є те, що спостереження проводять не по всій території, а лише на окремих об'єктах мережі. Розглянуті геостатистичні методи дозволяють не тільки інтерполювати значення в місцях, в яких не були проведені спостереження, будувати поверхні просторового розподілу показників результатів моніторингу компонентів природних комплексів, а й оцінювати похибку побудови геостатистичних моделей.

Запропоновані геостатистичні та геоінформаційні методи можна застосовувати для моделювання й оцінювання стану та змін інших компонентів природних комплексів при вирішенні завдань екологічного моніторингу, а отриману в результаті інформацію використовувати для аналізу ризиків та прийняття управлінських рішень як у сфері землевпорядкування і кадастру, так і загалом для процесу планування розвитку економіки.

Література:

1. Звіт про науково-дослідну роботу “Картографо-інформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об'єктів системи моніторингу” / [Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко та ін.] – К.: НДІГК, 2009. – 139 с.
2. Звіт про науково-дослідну роботу “Картографо-інформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об'єктів системи моніторингу” / [Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко та ін.] – К.: НДІГК, 2010. – 178 с.
3. Лазоренко-Гевель Н.Ю. Геостатистичне моделювання агроекологічного моніторингу ґрунтів засобами ГІС / Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Вісник геодезії та картографії, вип. № 2. – 2013. — С. 43-49.
4. Лазоренко-Гевель Н.Ю. Геостатистичне моделювання результатів моніторингу поверхневих вод Київської області засобами ГІС / Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Вісник геодезії та картографії, вип. № 1.– 2014.– С. 32-38.
5. Лазоренко-Гевель Н. Геостатистичне моделювання результатів агроекологічного моніторингу ґрунтів Київської області // Н. Лазоренко-Гевель // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. – Львів, НУ ”Львівська політехніка”, 2014. – Вип. I (27). – С. 98-102.
6. ArcGis 9 Geostatistical Analyst. Руководство пользователя. Russian Translation by DATA +, Ltd. — 2001. — 285 с.
7. Chiles J.-P. Geostatistical analysis of validation data of an air pollution simulator / J.-P. Chiles, S. Seguret, P.-M. Riboud // GEOSTATS. – VIII International Geostatistics Congress. – Chile. – 2008. – P. 861-870. – Режим доступу: http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/CHILES_Communication_02080.pdf
8. Clark I. Practical Geostatistics 2000 / I. Clarc, W. V. Harper. – Ecosse

North America Llc, Columbus, Ohio, USA. – 2000. – 325 p.

9. Krivoruchko K. Using Geostatistical Analyst for analysis of California air quality / K. Krivoruchko // – P. 1-13. – Режим доступу: http://www.mssanz.org.au/MODSIM03/Volume_02/A13/10_Krivoruchko.pdf.

10. Markus J. A review of the contamination of soil with lead II / J. Markus, A. B. McBratney // Spatial distribution and risk assessment of soil lead. Environment International. – 2001. – 27. – P. 399-411.

11. McGrath, D., Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silvermines area, Ireland / D. McGrath, C. Zhang, O. T. Carton // Environmental Pollution. – 127. – 2004. – P. 239-248.

12. Matheron G. Principles of geostatistics. Econ. Geol / G. Matheron. – 58. – 1963. – P. 1246-1266.

13. Zhang C. S. Background contents of heavy metals in sediments of the Changjiang River system and their calculation methods / C. S. Zhang, S. Zhang, L. C. Zhang, L. J. Wang // Journal of Environmental Sciences 7. – 1995. – P. 422-429.

Аннотация

Обосновано применение геостатистических методов и моделей в анализе компонентов природных комплексов, проведен геостатистический анализ и моделирование отдельных компонентов природных комплексов: почв, поверхностных вод средствами ГИС согласно общей схемы процесса построения геостатистической модели.

Abstract

The application of geostatistical analysis and modeling of the component status and changes in natural complexes by means of GIS is proved due to the total scheme of the process building a geostatistical model.