

Aplikácia geoštatistiky pri modelovaní rozloženia tuhého spadu v Košiciach

Častým problémom pri sledovaní parametrov životného prostredia je správna interpretácia nameraných hodnôt. Zvyčajne sa pri spracovaní týchto údajov používa iba bežná štatistika, prípadne ručné alebo klasické spôsoby interpolácie na vykreslenie máp izolínií. V mnohých prípadoch by sa dali z nameraných údajov získať cenné informácie — napríklad vymedziť oblasti s rizikovým obsahom znečisťujúcej látky, alebo optimalizovať hustotu vzorkovacej siete. Kvalita interpolácie (modelovania) pritom samozrejme závisí od množstva, spoľahlivosti a reprezentatívnosti nameraných údajov, ale aj od samotného interpolačného procesu. Ak vezmeme do úvahy, že rozloženie znečistenia, napríklad v pôde, značne ovplyvňuje topografia terénu, vegetácia, zástavba a prevládajúci smer vetra, je zjavné, že klasické štatistické a interpolačné metódy pre tieto účely zväčša nevyhovujú.

Priestorová interpolácia s využitím geoštatistiky

Termín geoštatistika použil prvýkrát G. Matheron (1963) a definoval ju ako aplikovanie teórie náhodných funkcií na popis a oceňovanie prírodných javov, pričom prírodný jav môže charakterizovať priestorová distribúcia jednej alebo viacerých tzv. regionalizovaných premenných veličín. V prípade ekológie to znamená, že napr. distribúcia znečistenia v trojrozmernom priestore charakterizuje niektoré zákonitosti šírenia a rozptylu tohto znečistenia.

V počiatočných aplikáciách sa geoštatistika aplikovala predovšetkým v oblasti teológie pri modelovaní a hodnotení ložísk úžitkových nerastov,

avšak pre jej nesporné výhody sa postupne rozšírila aj v poľnohospodárstve (na modelovanie rozloženia bonity pôdy), meteorológii (modelovanie rozloženia atmosférických zrážok), lesníctve (modelovanie šírenia škodcov v porastoch) a v poslednom rade v ekológii (Myers, 1988).

Geoštatistické riešenie, na rozdiel od klasických interpolačných metód (napr. IDS, metódy polynómov, trendových povrchov a pod.), uvažuje so stupňom korelácie medzi hodnotami vzoriek v určitej oblasti ako funkcií vzdialenosti a smeru medzi vzorkami. Týmto postupom možno definovať anizotropiu v danej oblasti — to znamená, že v určitom smere existuje medzi vzorkami lepšia spojitost (vyššia korelácia), daná faktormi ovplyvňujúcimi rozloženie znečistenia v priestore. Z tejto tzv. elipsy anizotropie (obr. 1) sa získavajú údaje, vstupujúce do procesu riešenia.

Zjednodušený postup riešenia:

- *tvorba databázy nameraných údajov;*
- *štatistická analýza súboru* (definovanie parametrov rozdelenia);
- *štruktúrna analýza* (zistovanie anizotropie) — základný krok každej geoštatistickej štúdie, od jej spoľahlivosti závisia konečné výsledky modelovania;
- *rozdelenie skúmanej oblasti na pravidelnú sieť;*
- *geoštatistickou metódou zvanou krigovanie* odhadnutie hodnôt sledovaných parametrov pre jednotlivé plochy (definované sieťou) a zároveň výpočet odchýlok odhadu;

- *vykreslenie máp izolínií* rozloženia znečistenia v skúmanej oblasti a vykreslenie máp izolínií odchýlok odhadu.

Metóda krigovania minimalizuje rozptyl odhadu modelovanej veličiny, je to teda metóda najlepšieho nestranného lineárneho odhadu veličiny (Journel, Huijbregts, 1978). Inými slovami, v súčasnosti je to najpresnejšia interpolačná metóda.

Modelovanie rozloženia tuhého spadu v Košiciach

Na modelovanie rozloženia tuhého spadu v Košiciach sa použili údaje, ktoré každý mesiac namerajú pracovníci MHS na 35 stanoviskách, rozmiestnených na území mesta v pomerne pravidelnej sieti. Použili sa priemerné hodnoty za vykurovacie obdobie 1989—1990 (kvôli eliminácii náhodných chýb vyplývajúcich zo spôsobu odberu).

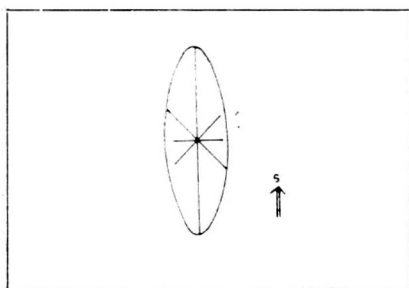
Po vytvorení databázy z nameraných údajov sa vykonala štatistická analýza tohto súboru. Z výsledkov vyplynulo, že ide o normálne rozdelenie premennej s dvoma extrémnymi hodnotami, nameranými v blízkosti dvoch hlavných zdrojov znečistenia v Košiciach (SMZ a tepláreň).

Ďalším krokom bola štruktúrna analýza s cieľom charakterizovať štruktúru priestorového rozdelenia náhodných premenných pomocou tzv. variogramov. Z výsledku vyplýva silná anizotropia v smere S—J, čo vyplýva najmä z prevládajúceho smeru vetrov v košickej kotline, ako aj z topografie terénu.

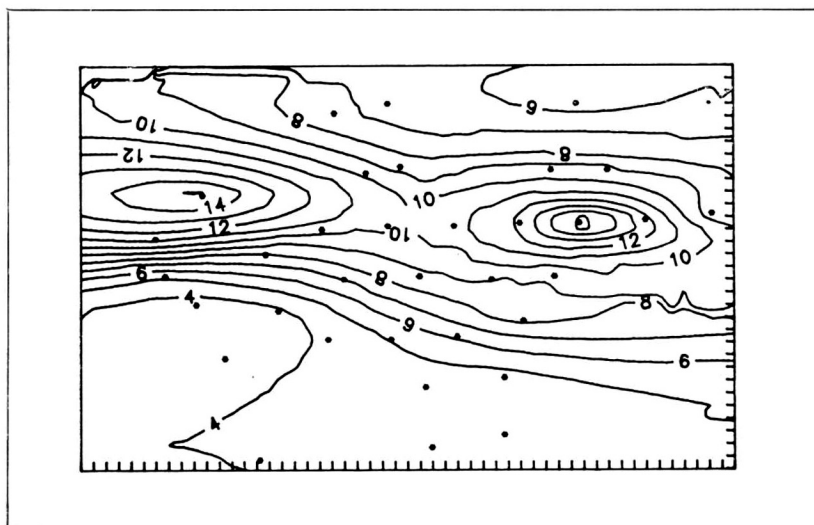
Celá oblasť záujmu sa rozdelila na 2301 štvorcov 200×200 m. Pre plochu každého štvorca sa krigovaním odhadla hodnota spadu tuhých častíc v $g \cdot m^{-2}$.

Výsledným modelom rozloženia tuhého spadu je mapa izolínií (obr. 2), na ktorej môžeme lokalizovať dva hlavné zdroje znečistenia i sledovať smer a rozsah znečistenia v meste.

Doplňujúcim výsledkom je mapa izolínií odchýlok odhadu, znázor-



1. Elipsa anizotropie, skonštruovaná podľa smerových variogramov. Hlavná os elipsy poukazuje na smer najvyššej priestorovej korelácie medzi vzorkami.



2. Mapa izolínií krigovaných odhadov spadu tuhých častíc ($\text{g}/\text{m}^2/\text{mesiac}$). Hviezdičkami sú označené lokality odberu vzoriek.

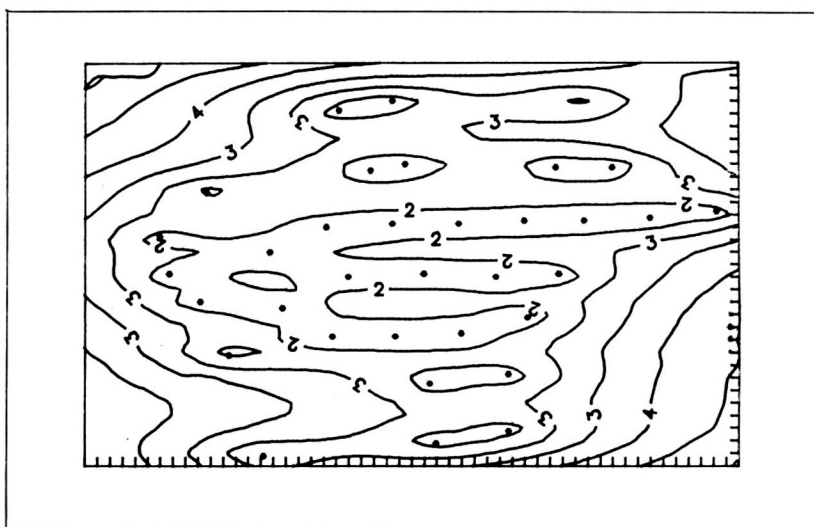
ňujúca rozloženie spoľahlivosti odhadnutých hodnôt v skúmanej oblasti (obr. 3). Táto mapa sa môže využiť ako podklad pri optimalizovaní siete stanovísk odberu vzoriek. V oblastiach s vysokými hodnotami odchýlok odhadu by bolo zrejme vhodné sieť zhustiť, a naopak, v miestach s nízkymi hodnotami odchýlok možno niektoré lokality vynechať.

* * *

Využitie geoštatistiky v oblasti ekológie a životného prostredia má oproti bežne používaným metódam nesporné výhody. Množstvo publikácií a výskumných úloh odborníkov z najznámejších svetových pracovísk zaoberajúcich sa ekológiou (napríklad niektorých laboratórií U. S. Environmental Protection Agency, Sandia National Laboratories, alebo Stanford University) potvrdzuje vhodnosť tohto prístupu pri riešení najrozmanitejších environmentálnych problémov, napríklad rozloženia ťažkých toxických prvkov v pôde alebo šírenia rádioaktívneho spadu v priestore.

Škoda, že v porovnaní so zahraničím sa táto metóda v našich podmienkach aplikuje dosť zriedkavo. Problémov, ktoré by sa dali pomocou nej riešiť, je viac než dosť.

Štefan Szabó



3. Mapa izolínií odchýlok odhadu ($\text{g}/\text{m}^2/\text{mesiac}$).

Literatúra

Englund, E. J., Sparks, A. D., 1988: Geostatistical user's guide. U. S. EPA Environmental Monitoring Systems Laboratory.
Journel, A., Huijbregts, Ch., 1978: Mi-

ning geostatistics. Academic Press, London.

Matheron, G., 1963: Principles of geostatistics. Economic Geology, 58.

Myers, D. E., 1988: Multivariable geostatistical analysis for environmental monitoring. Sciences de la Terre 27. Nancy.