بررسي كارائي روش‌هاي زمين آماري به منظور پهنه‌بندي برخي از ويژگی‌های خاک در منطقه اخترآباد

فريدون سرمديان*[۱] و روحا... تقي‌زاده مهرجردي[۲]
[۱]دانشيار دانشكده مهندسي و فناوري كشاورزي، دانشگاه تهران، ايران
[۲]دانشجوي دكتري دانشكده مهندسي و فناوري كشاورزي، دانشگاه تهران و دانشجوي بورسيه دانشگاه يزد، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۷/۱۰/۲۹، تاريخ تصويب: ۸۸/۶/۳۱)

چكيده

مديريت پايدار اكوسيستم مستلزم شناخت و ارزيابي تغييرات مكاني و زماني در ويژگی‌های آن به منظور بهره‌برداري بهينه و پايدار از منابع مي‌باشد. از مهم‌ترين عوامل مؤثر در مديريت پايدار اكوسيستم حفظ كيفيت خاک آن مي‌باشد. به اين منظور درک چگونگي توزيع مكاني ويژگی‌های خاک دارای اهميت مي‌باشد. در اين پژوهش به منظور پيش‌بيني پراكنش مكاني درصد رس، سرب، ماده آلي، روي، منگنز، مس، ظرفيت تبادل كاتيوني، آهن و ميزان شوري خاک در منطقه اخترآباد از روش‌هاي كريجينگ و تابع معكوس فاصله بهره‌گيری شد. پس از بررسي عادی بودن داده‌ها اقدام به ترسيم تغييرها شد، بمنظور انتخاب مدل مناسب براي برازش بر روي تغييرنما تجربي از ميزان RMSE بهره‌گيری شد. سپس با بهره‌گيری از روش ارزشيابي متقابل و بهره‌گيری از روش‌هاي ارزيابي خطا، مانند RMSE مناسب ترين روش ميان‌يابي گزينش شد. نتايج نشان داد كه براي پهنه‌بندي ويژگی‌های خاک روش‌هاي كريجينگ بر روش IDW برتری دارد، چون داده‌ها داراي ساختار مكاني قوي مي‌باشند. در نهايت با در نظر گرفتن بهترين روش ميان‌يابي، نقشه‌هاي پهنه‌بندي ويژگی‌های خاک در محيط GIS تهيه شد.

واژه‌هاي كليدي: ويژگی‌های خاک، زمين‌آمار، درون‌يابي، ارزيابي متقابل

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۳۱۷۸۷ فاكس: ۰۲۶۱--۲۲۳۱۷۸۷ E-mail: fsarmad@ut.ac.ir

مقدمه

زمين‌آمار يكي از روش‌هاي بسيار مفيد در برآورد توزيع مكاني داده‌هاست (Borges & Mallarino, 1997). اين روش براي اولين بار حدود ۴۰ سال پيش در فعاليت‌هاي معدن‌كاوي (Burgess & Webster, 1980 and Krige, 1951)، هواشناسي (Cahn et al, 1994) مورد بهره‌گيری قرار گرفت. زمين‌آمار در واقع ابزاري است كه با بهره‌گيری از آن مي‌توان تغييرات مكاني ويژگي‌هاي خاک را تعيين كرد و از اين راه ميزان اين ويژگی را در مكان‌هايي كه نمونه‌برداري در آن صورت نگرفته است پيش‌بيني كرد (Bregt et al, 1992). بهره‌گيری از زمين‌آمار در خاكشناسي از اوايل دهه۱۹۸۰ شروع شد و پس از آن كاربرد روش‌هاي زمين‌آماري در خاكشناسي جنبه همگانی به خود گرفت(Cressie, 1990). تغييرپذيري ويژگی‌های خاک ها نتيجه كنش و برهمكنش بسياري ازفرآيندهاي زماني و مكاني است (George & Max, 1997 and Cahn et al, 1994). در گذشته تغييرپذيري ويژگی‌های خاک در مزرعه اغلب با روش‌هاي آماري معمول و با فرض اينكه تغييرات ويژگي‌هاي خاک در درون واحدهاي نقشه به صورت تصادفي است، صورت مي‌گرفت. ولي امروزه مشخص شده كه دقت روش‌هاي زمين آماري در برآورد توزيع مكاني داده‌هاي اندازه‌گيري شده به علت در نظر گرفتن پيوستگي مكاني داده‌ها نسبت به روش‌هاي معمول آماري بيشتراست (Goovaerts, 1998). به طوري كه در سال‌هاي اخير بهره‌گيری از اين روش‌ها به منظور برآورد ويژگی های فيزيكي و شيميايي خاک‌ها افزايش يافته است (Alison et al, 2005, Burgess & Webster, 1980, Parkin, 1993 and West, 1989). و در دهه اخير داده‌هاي بدست آمده از راه GPS ، GIS و زمين آمار نقش مهمي در بررسی توزيع مكاني ويژگي هاي خاک داشته‌اند و نتايج بدست‌آمده اغلب نمايانگر اين است كه تغييرات ويژگي‌هاي خاک مي‌تواند در فواصل بسيار كوچک (در حد چند ميليمتر) تا فواصل طولاني (چندين كيلومتر) صورت گيرد (Kroulík et al, 2006 Jiachun et al ۲۰۰۷) طي پژوهشی كه بر روي پراكنش ميزان ماده آلي در خاک‌هاي شمال شرق چين داشته‌اند به اين نتيجه رسيدند كه روش كريجينگ معمولي مي‌تواند توزيع مكاني ماده آلي خاک را به دقت برآورد نمايد. (Xiaopeng & Lingqing ۲۰۰۸) براي برآورد مكاني آلودگي جيوه در خاک‌هاي منطقه باوجي چين از روش كريجينگ معمولي بهره‌گيری كردند. آنان همچنين از روش كرجينگ گسسته براي كمي كردن غلظت‌هاي جيوه بالاتر از حد آستانه بهره‌گيری كردند.

Shao et al (۲۰۰۶) با بهره‌گيری از زمين آمار و نيز از روش كريجينگ توزيع مكاني عناصر غذايي موجود در خاک‌هاي منطقه هبي‌چين را مشخص كردند.

Shi et al (۲۰۰۵) نقشه پراكنش شوري خاک را در مناطق ساحلي بخشي از كشور چين با بهره‌گيری از روش-هاي زمين‌آماري تهيه كردند. Joanna et al (۲۰۰۶) با بهره‌گيری از روش كريجينگ فعاليت ميكروبي و ويژگی های كلوني آن‌ها را در خاک‌هاي آلوده به فلزات سنگين مورد بررسی قرار دادند و نتايج ايشان نشان داد كه در صورتي كه عمليات نمونه‌برداري به دقت انجام گيرد، اين روش‌ها مي‌توانند در برآورد اين دسته از ويژگي‌هاي خاک بسيار مفيد باشند. Carlos et al (۲۰۰۳) با بهره‌گيری از روش‌هاي زمين‌آماري موفق به تعيين پراكنش مكاني نيتروژن و كربن خاک شدند و سپس با بهره‌گيری از نقشه-هاي تهيه شده از اين راه موفق به پيش‌بيني وضعيت ترسيب كربن در برخي از مراتع برزيل شدند.

Alison et al(۲۰۰۵) قابليت دو روش كريجينگ معمولي و كوكريجينگ را براي برآورد برخي از ويژگي‌هاي فيزيكي و شيميايي خاک مانندماده آلي، رطوبت، فسفر و پتاسيم قابل دسترسی در خاک و واكنش خاک مورد مقايسه قرار دادند نتايج ايشان نشان داد كه روش كوكريجينگ به همراه متغير كمكي شوري نسبت به روش كريجينگ معمولي در برآورد ويژگي‌هاي ياد شده از دقت بالايي بر خوردار است. Kroulík et al (۲۰۰۶) نقشه تغييرات مكاني ويژگی‌های خاک (شامل نيروي لازم برای شخم وEC) را با بهره‌گيری از زمين آمار تهيه كردند و با نقشه بدست آمده از عملكرد محصول به همين روش مقايسه نمودند. آن‌ها از راه مقايسه اين نقشه‌ها با هم توانستند مناطقي را

که نیاز به مدیریت ویژه دارند مشخص نمایند. Meul and Van Meirvenne (۲۰۰۳) روش‌هاي مختلف درون يابي شامل كريجينگ، كوكريجينگ،را براي تشخيص روند غير پايای بافت خاک به کاربروند. در این بررسی دو نوع روند در تغييرات ديده شد: يكي تغييرات با روندي در مقياس بزرگ و ديگري تغييرات محلي، و مشخص شد كه كريجينگ عمومي وكوكريجينگ معمولي بهترين برآورد را در برآورد روند غير پايای بافت خاک دارند. Mohammadi (۲۰۰۰) با بهره‌گیری از برآوردگرهاي زمين‌آماري و با كمک گرفتن از اطلاعات رقومي سنجنده (TM) به عنوان متغير ثانويه، برخي از ويژگی های خاک سطحي، شامل شوري، درصد رطوبت اشباع، نسبت جذب سديم و درصد آهک را برآورد نموده است. نتايج نشان داد كه برآوردگرهاي زمين‌آماري نسبت به روابط همبستگي خطي از برتري نسبي برخوردار بوده و روش كريجينگ به عنوان روش برتر برآورد داده‌ها مكاني خاک معرفي شد. (Sokouti et al ۲۰۰۶) به منظور پيش‌بيني پراكنش شوري خاک در دشت اروميه از روش‌هاي زمين‌آماري بهره‌گیری كردند. نتايج نشان داد كه روش كريجينگ با مدل گوسي از دقت بالايي براي برآورد ميزان شوري در نقاط بدون داده‌ها برخوردار است. MC (Bratney et al۲۰۰۳) نقشه‌هاي جامع ويژگی‌های فيزيكي شيميايي و زيستي خاک را با بهره‌گیری از روش‌هاي زمين‌آمار، GIS و فن سنجش از دور براي مناطق گسترده‌ای تعيين كردند.

جلوگيري از تخريب و انهدام منابع خاک و حفاظت آن يكي از مهم‌ترين وظايف و مسئوليت‌هايي است كه نسل امروز در برابر آيندگان دارد و اين مهم تنها از راه برنامه‌ريزي و بهره‌وري بهينه از منابع خاک امكان‌پذير است. بهره‌بروي از اراضي مي‌يابد بر پايه استعداد و تناسب آن براي كاربردهای گوناگون صورت گيرد تا علاوه بر كسب بيشينه بازده، ظرفيت توليدي اراضي نيز براي بهره‌گیری‌هاي بعدي حفظ شود. يكي از پايه‌اي‌ترين داده ها براي ارزيابي اراضي تهيه نقشه خاک مي‌باشد. به طورمسلم تهيه نقشه‌هاي دقيق‌تر ما را در تصميم‌گيري بهينه اراضي كمک شاياني مي‌كند. هدف از اين بررسي، مقايسه و ارزيابی كارايي برخي از روش‌هاي زمين‌آماري مانند كريجينگ و IDW در ارزيابي تغييرات مكاني برخي از ويژگي هاي خاک‌هاي منطقه اخترآباد مانند درصد رس، سرب، ماده آلي، روي، منگنز، مس، ظرفيت تبادل كاتيوني، آهن و ميزان شوري برای ارزيابي اراضي براي كشاورزي آبي و مرتع مي‌باشد.

روش پژوهش

روش پژوهش در اين بررسی به شرح زير مي‌باشد:

بررسی های خاکشناسي. در شكل (۱) موقعيت منطقه مورد بررسی و پراكنش نقاط اندازه‌گيري شده را نشان مي‌دهد. با در نظر گرفتن واحدهاي مختلف خاک و اراضي مشخص شده برروي نقشه كه از روي عكس‌هاي هوايي و نقشه‌هاي پستی و بلندی استخراج شد و بر پايه بررسی‌های خاکشناسي استاندارد با مقياس ۱:۲۰۰۰۰ (نيمه تفضيلي دقيق) با فاصله حدود ۷۵۰ در ۷۵۰ متر، درکل ۳۵ نمونه از عمق ۳۵-۰ سانتيمتري سطح خاک در فصل تابستان جمع آوري شد. لازم به يادآوری است كه همه نقاط برروي گره‌هاي شبكه قرار نداشته و بعضي از نقاط از درون شبكه نمونه‌برداري شدند. با توجه به اينكه در اين پايگاه نياز به داده‌های خاک برای انجام پروژه هاي چراي دام (مرتع باز) و انواع زراعت هاي آبي شامل گندم و جو بود و از طرف ديگر تغيير ويژگی های غالب خاک‌ها در محدوده ۳۵ سانتيمتري بوده است و در بخش زيرين تغييرات بسيار متفاوتي وجود داشت، لذا عمق ۳۵-۰ سانتيمتري برای بررسی و پهنه‌بندي گزينش شد. اين نمونه‌ها پس از انتقال به آزمايشگاه هوا خشک شده و مشخصه هاي درصد رس، سرب، ماده آلي، روي، منگنز، مس، ظرفيت تبادل كاتيوني، آهن و ميزان شوري اندازه‌گيري شد (Sparks et al, 1996).

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^{n} D_i^{-\alpha}} \quad (۱)$$

که در آن : λ_i = وزن ایستگاه i ام، D_i = فاصله ایستگاه i ام تا نقطه مجهول، α = توان وزن دهي

روش کریجینگ: کریجینگ برآوردي است که میزان یک متغیر را درنقاط نمونه‌برداري نشده به صورت ترکیبي‌خطي ازمیزان همان متغیر درنقاط پیرامون آن درنظر مي‌گیرد و براي برآورد نقاط ناشناخته، به هریک از نمونه‌ها وزني نسبت مي‌دهد(Hassani-pak, 1998).

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i) \quad (۲)$$

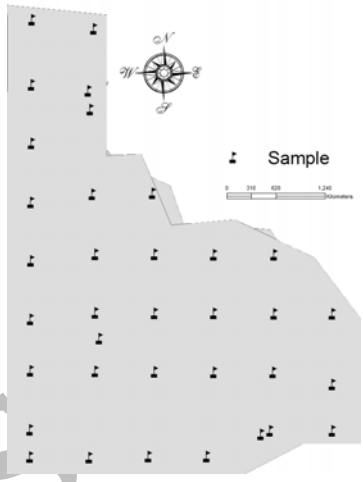
که درآن Z^* میزان متغیر مکاني برآورد شده، Z(xi) میزان متغیر مکاني دیده شده درنقطه x_i و λi وزني است که به نمونه x_i نسبت داده مي‌شود و بیانگر اهمیت نقطه i ام دربرآورد است.

روش کریجینگ بهترین برآوردگر خطي نااریب با کمترین میزان واریانس مي‌باشد(۲) بنابراین باید میزان واریانس برآورد کمترین بوده و براي برقراري شرط نااریبي باید اوزان طوري تعیین شوند که مجموع آن‌ها ۱ شود یعني :

$$\begin{cases} Var\left[Z^0(x_0)\right] = E\left[\left(Z^*(X_0) - Z(X_0)\right)^2\right] = \min \\ \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1 \end{cases}$$

تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابي

پس از رسم تغییرنما و برازش مدل مناسب، عملیات میان‌یابي با روش کریجینگ و تابع معکوس فاصله با توان-هاي مختلف بررسي شد. براي این منظور مي‌توان از شیوه-هاي مختلفي بهره گرفت که یکي از مناسب ترین آن‌ها بهره‌گیری از نتایج ارزشیابي متقابل مي‌باشد (Joumel & Huijbregts, 1978, Krige, 1951). در این پژوهش به



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی و پراکنش نقاط اندازه‌گیري شده

عادی سازي داده‌ها: داده‌هایي که چولگي بالایي داشتند غیرعادی تشخیص داده شد و برای عادی‌سازي آن‌ها از روش‌هاي گرفتن لگاریتم و ریشه دوم مربعات بهره‌گیری شد.

روش‌هاي میان‌یابي

روشIDW: در این روش براي هر یک از نقاط اندازه-گیري وزني بر پایه فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول(۴) در نظر مي‌گیرد. سپس این وزن ها توسط توان وزن‌دهي کنترل مي‌شود، به طوري‌که توان‌هاي بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش داده و توان‌هاي کوچکتر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تري بین نقاط همجوار توزیع مي‌کنند. البته باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، تنها فاصله آن‌ها را در نظر مي‌گیرد، یعني نقاطي که داراي فاصله یکساني از نقطه برآورد هستند داراي وزن یکساني مي‌باشند Hassani-pak, (1998). میزان عامل وزني با بهره‌گیری از فرمول زیر محاسبه مي‌شود:

(۴)

منظور آزمون برازندگي روش‌هاي ميانيابي، از روش ميانگين مربعات باقي مانده (RMSE) بهره‌گیری شد، که فرمول محاسبه آن به شرح زير مي‌باشد.

$$R.M.S.E = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(z^*(xi) - Qz(xi))^2}$$

که در آن: $z^*(xi)$: ميزان برآورد شده متغير مورد نظر، $z(xi)$: ميزان اندازه‌گيري شده متغير مورد نظر (ميزان مشاهده‌اي) و n: شمار مشاهده‌ها مي‌باشد.

نتايج

خلاصه آماري داده‌هاي مربوط به ۹ مشخصه خاک در جدول (۱) آورده شده است. درآغاز عادی بودن متغيرها مورد نظر بررسي قرار گرفت. با توجه به نمودار و ميزان چولگي مشخصه هاي مورد بررسي، عادی بودن داده‌ها بازبینی شدند. بر اين پايه براي مشخصه هاي خاک غير عادی تشخيص داده شد روش ريشه دوم و لگاريتم‌گيري براي عادی شدن به کار برده شد.

جدول ۱- نتايج تجزيه آماري ويژگی های خاک

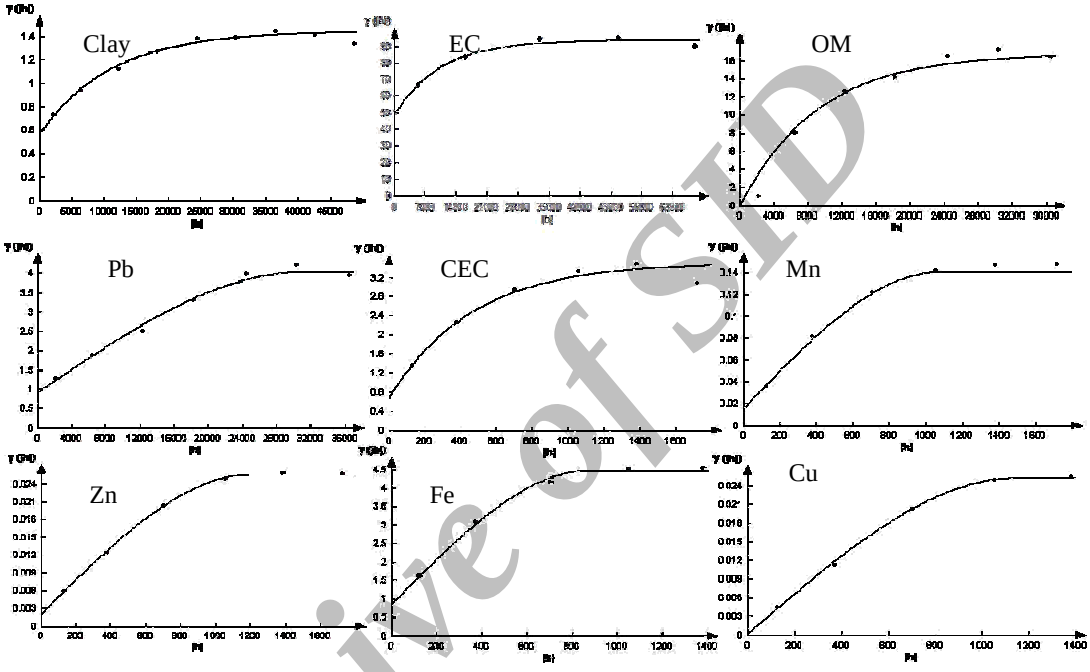
ويژگی‌های خاک	کمينه	بيشينه	ميانگين	انحراف معيار
مس(PPM)	۲/۰۴	۰/۳۶	۲/۷۸	۰/۳۶
روي(PPM)	۰/۰۵	۱/۰۲	۰/۵۵	۰/۱۵
منگنز(PPM)	۰/۵۳	۱۴/۸۴	۷/۵۸	۲/۴۵
آهن(PPM)	۱/۹۷	۴/۱۳	۲/۸۸	۰/۵۱
سرب(PPM)	۱/۶۱	۲/۰۷	۱/۸۱	۰/۱۲
شوري(dSm^{-1})	۰/۴۴	۷/۶۱	۱/۰۷	۱/۳۱
کربن آلي(%)	۰/۱۱	۰/۵۲	۰/۲۳	۰/۰۹
رس(%)	۸	۲۹	۱۶/۸۲	۵/۰۷
تبادل کاتيوني (meq/100g)	۷/۵	۱۴/۴	۱۰/۶۸	۱/۸

اولين گام در بهره‌گیری از روش کريجينگ بررسي وجود ساختار مکاني در بين داده‌ها توسط تجزيه تغييرنما مي‌باشد، بدين منظور اقدام به ترسيم تغييرنما با بهره‌گیری از داده‌هاي عادی شد. شکل(۲) تغييرنماهاي مربوط به روش کريجينگ را نشان مي‌دهد. از ميزان RMSE کمتر براي گزينش مناسب ترين مدل برای برازش بر روي تغييرنما تجربي بهره‌گیری شد بنابراين مدل کروي[1] براي متغيرهاي منگنز، سرب، مس، آهن و روي مناسب تشخيص داده شد. اين مدل به ازاي فواصل کم بين جفت نقاط در نزديکي مبدا رفتار خطي دارد. اما در فاصله‌هاي بزرگتر، شيب آن کاهش مي‌يابد. و مدل نمايي[2] براي شوري، ماده آلي، رس و ظرفيت تبادل کاتيوني مناسب شد. اين مدل به‌طور جانبي به آستانه ميل مي‌کند. بنابراين شعاع تاثير فاصله‌اي است که ميزان نيم‌تغييرنما به ۹۵ درصد آستانه رسيده باشد (جدول۲). شيب کم نيم‌تغييرنما در نزديکي مبدا دلالت بر وجود پيوستگي متغير مکاني دارد. بخش پرش نيم‌تغييرنما که قسمت مياني نيم‌تغييرنما مي‌باشد، تا حدودي دلالت بر درجه همگني محيط دارد. هر چه شيب اين منحني بيشتر باشد، محيط ناهمگن‌تر است و در فاصله کمتري به سقف مي‌رسد. با بهره‌گیری از تجزيه همبستگي مکاني مي‌توان گزينش اوليه روش‌هاي درون‌يابي را انجام داد. از طرف

۱- Spherical

۲-Exponential

ديگر يكي از شرايط پايه‌اي براي بهره‌گيری از روش‌هاي زمين‌آماري ايستا بودن داده‌ها است. ايستايي به اين مفهوم است كه مشخصه‌هاي يک تابع توزيع تصادفي از يک نقطه به نقطه ديگر تغيير نكند. يكي از روش‌هاي تشخيص پايايي داده‌ها تجزيه تغييرنما است. اگر نيم‌تغييرنما به سقف معيني نرسد و ثابت نشود و همچنين اگر جفت نقاط داراي حالات سينوسي باشند، نشان‌دهنده نبود پايايي است كه در مورد مشخصه شوري چنين موردي ديده شد، پس بعد از حذف روند اقدام به ترسيم تغييرنما شد.



شكل ۲- تغييرنماهاي مشخصه‌هاي خاک با توجه به روش كريجينگ

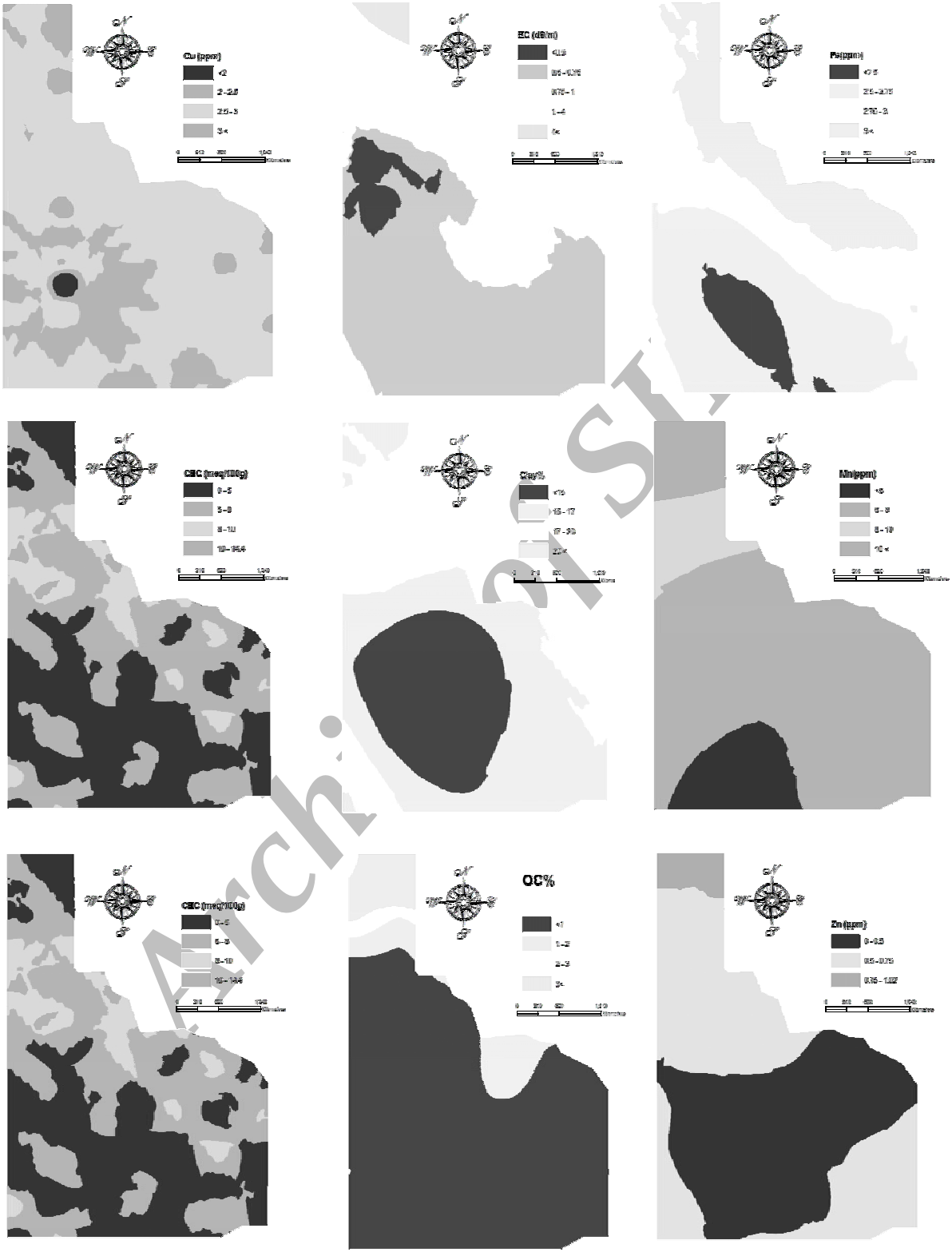
جدول ۲- ميزان **RMSE** براي گزينش بهترين مدل برای برازش برروي تغييرنما تجربي

ويژگی‌های خاک	كروي	نمايي	گوسين
مس (PPM)	۴/۵۶	۲/۳۲	۴/۸۹
روي (PPM)	۲/۹۸	۲/۹۲	۳/۷۸
منگنز (PPM)	۴/۰۷	۳/۵۶	۴/۶۶
آهن (PPM)	۳/۲۳	۲/۱۱	۴/۳۱
سرب (PPM)	۵/۳۴	۳/۸۷	۵/۶۷
شوري (dSm^{-1})	۹/۱۲	۱۰/۷۶	۹/۹۸
كربن آلي (%)	۵/۳۴	۶/۶۵	۵/۹۸
رس (%)	۱۱/۳۴	۱۲/۶۵	۱۱/۸۴
تبادل كاتيوني (meq/100g)	۷/۶۷	۸/۴۶	۷/۸۲

پس از مدل‌سازي تغييرنما، از دو روش IDW و كريجينگ براي پيش‌بيني تغييرات مكاني ويژگی‌های خاک بهره‌گیری شد. براي ارزيابي دو روش يادشده از مشخصه RMSE بهره‌گیری شد. برپايه جدول (۳) به منظور برآورد بيشتر ويژگی های خاک روش كريجينگ بر روش IDW برتری داشت چون داده‌ها داراي ساختار مكاني قوي مي-باشند. نسبت اثر قطعه‌اي به آستانه را مي‌توان براي ارزيابي ساختار مكاني داده‌ها مورد بررسي قرار داد. هنگامي اين نسبت كمتر از ۰/۲۵ باشد متغير مورد نظر داراي ساختار مكاني قوي مي‌باشد، بين ۰/۲۵-۰/۷۵ ساختار مكاني ميانگين بوده و هنگاميكه بزرگتر از ۰/۷۵ باشد ساختار مكاني ضعيف مي‌باشد(Jiachun Shi et al, 2006). با توجه به اينكه نسبت اثر قطعه‌اي برآستانه(C_O/C_O+C) براي ويژگی های مورد بررسي كمتر از ۰/۲۵ مي‌باشد، اين مشخصه ها داراي پيوستگي مكاني قوي مي‌باشند. پس از گزينش مناسب‌ترين روش ميانيابي براي هر ويژگی خاک اقدام به ميانيابي شد و در نهايت با بهره‌گیری از روش GIS نقشه پهنه‌بندي ويژگی‌های خاک تهيه شد (شكل۳).

جدول ۳- نتايج خطاي ميانيابي براي برآورد ويژگی‌های خاک

ويژگی‌های خاک	كريجينگ	ميانگين متحرک وزن دار(IDW)			
		توان ۱	توان ۲	توان ۳	توان ۴
مس (PPM)	۳/۵۷	۳/۸۷	۴/۹۷	۵/۰۱	۶/۵۶
روي (PPM)	۵/۳۲	۵/۷۸	۶/۸۷	۵/۹۶	۶/۰۸
منگنز (PPM)	۴/۷۸	۴/۸۸	۵/۱۴	۴/۹۶	۶/۱۱
آهن(PPM)	۴/۷۲	۴/۹۳	۵/۰۴	۵/۵۹	۷/۰۷
سرب (PPM)	۵/۱۸	۶/۸۶	۶/۷۱	۷/۳۳	۷/۲۵
شوري (dSm^{-1})	۹/۶۵	۱۰/۶	۱۱/۳۵	۱۲/۰۵	۱۲/۵۶
كربن آلي (%)	۳/۴۹	۴/۶۶	۵/۴	۵/۹۶	۶/۲۵
رس (%)	۱۱/۳۶	۱۱/۴۷	۱۱/۸۸	۱۱/۶۶	۱۱/۷۵
تبادل كاتيوني (meq/100g)	۵/۹۸	۷/۲۱۹	۶/۶۹۹	۸/۲۴۳	۶/۹۲۸



شكل ۳- نقشه پهنه‌بندي ويژگی‌های خاک با توجه به بهترين روش ميان‌يابي

بحث و نتيجه‌گيري

نتايج نشان داد که بيشتر ويژگی‌های مورد بررسی داراي چولگي بالايي بودند. که دليل آن مي‌تواند کم بودن شمار نمونه‌ها و نبود پراکنش مناسب مي‌باشد. البته بهره‌گيری از ريشه دوم و لگاريتم، داده‌ها را تا حد زيادي عادی ساخت. در هنگامي که توزيع داده‌ها پيچيده بوده و برازش آن‌ها توسط توزيع‌هاي معمول آماري دشوار مي‌باشد مي‌توان از کريجينگ گسسته نيز بهره‌گيری نمود. پس از ترسيم تغييرنما و برازش مدل مناسب بر روي آن، مشخصه‌هاي مربوطه استخراج شد، نتايج نشان داد که شعاع تاثير ويژگی های مورد بررسي بسيار به هم نزديک مي‌باشد. استحکام ساختار فضايي در بيشتر ويژگی های خاک مورد بررسی بسيار قوي مي‌باشد که نشان دهنده پيوستگي مکاني و دقت بالاي مدل‌هاي برازش داده شده مي‌باشد، که خود نقش بسزايي در بالا بردن دقت برآورد دارد.

نتايج نشان داد که روش کريجينگ داراي دقت بالاتري نسبت به روش IDW مي‌باشد که با نتايج Jiachun et al (۲۰۰۳)، Carlos et al،(۲۰۰۶) Joanna et al (۲۰۰۷) هماهنگ مي‌باشد. اين پژوهشگران نيز روش‌هاي زمين‌آماري را روش‌هاي مناسبي براي پهنه‌بندي ويژگی های خاک مي‌دانند. (Jiachun et al ۲۰۰۶) طي پژوهشی که بر روي پراکنش ميزان ماده آلي در خاک‌هاي شمال‌شرق چين داشته‌اند به اين نتيجه رسيدند که روش کريجينگ معمولي مي‌تواند توزيع مکاني ماده آلي خاک را به دقت برآورد نمايد. (Xiaopeng & Lingqing ۲۰۰۸) براي برآورد مکاني آلودگي جيوه در خاک‌هاي منطقه باوجي چين از روش کريجينگ معمولي بهره گرفتند و دقت بالاي اين روش را تاييد کردند. (Shao et al ۲۰۰۶) با به کاربردن روش زمين آمار و بهره‌گيري از روش کريجينگ توزيع مکاني عناصر غذايي موجود در خاک‌هاي منطقه هبي چين را مشخص کردند. (Shi et al ۲۰۰۶) نقشه پراکنش شوري خاک را در مناطق ساحلي بخشي از کشور چين با بهره‌گيری از روش‌هاي زمين‌آماري تهيه کردند. (Joanna et al ۲۰۰۶) با بهره‌گيری از روش کريجينگ فعاليت ميکروبي و ويژگی‌های کلوني آن‌ها را در خاک‌هاي آلوده به فلزات سنگين مورد بررسی قرار دادند و نتايج ايشان نشان داد که در صورتي که عمليات نمونه‌برداري به دقت انجام گيرد، اين روش‌ها مي‌توانند در برآورد اين دسته از ويژگي-هاي خاک بسيار مفيد باشند. Sokouti et al (۱۳۸۶) به منظور پيش‌بيني پراکنش شوري خاک در دشت اروميه از روش‌هاي زمين‌آماري بهره‌گيری کردند. نتايج نشان داد که روش کريجينگ با مدل گوسي از دقت بالايي براي برآورد ميزان شوري در نقاط بدون داده‌ها برخوردار است. (MC Bratney et al ۲۰۰۳) نقشه‌هاي جامع ويژگی های فيزيکي شيميايي و زيستي خاک را با بهره‌گيری از روش-هاي زمين‌آمار، GIS و فن سنجش از دور براي مناطق گسترده‌ای از استراليا تعيين کردند.

با توجه به رشد سريع جمعيت و توسعه مناطق صنعتي و مسکوني که عامل موثري در محدود شدن اراضي براي کشاورزي به شمار مي‌آيند، نياز به بهره‌گيری از اراضي موجود احساس مي‌شود. کشاورزي پايدار در صورتي تحقق مي‌يابد که اراضي بر حسب تناسب براي انواع کاربري‌ها طبقه‌بندي شوند. بنابراين به منظور عدم گسترش آثار ناشي از بهره برداري نادرست از اراضي، لزوم يک برنامه ريزي بهينه و دراز مدت در زمينه بهره‌برداری از اراضي بر پايه استعدادشان و نوع نيازهای جامعه امروز انساني مشهود است. در اين راستا يکي از پايه‌اي‌ترين داده های منابع اراضي، تهيه نقشه خاک با دقت قابل مي‌باشد و امروزه مشخص شده که دقت روش‌هاي زمين آماري در برآورد توزيع مکاني داده‌هاي اندازه‌گيري شده به علت درنظر گرفتن پيوستگي مکاني داده‌ها نسبت به روش‌هاي معمول آماري بيشتر است.

درکل، نتايج اين بررسی نشان داد که روش‌هاي زمين-آماري از کارائي قابل قبولي براي پهنه‌بندي ويژگی های خاک برخوردار هستند، لذا پيشنهاد مي‌شود در بررسی‌های بعدي از ديگر روش‌هاي زمين‌آماري از جمله کريجينگ گسسته نيز بهره‌گيری شود.

منابع

1- Alison, B. T., Kenneth, J. M., Burras, C. L., Donald, G. B. and Philip, M. D.2005. Improving Map Accuracy of Soil Variables Using Soil Electrical Conductivity as a Covariate. Precision Agriculture 6: 255–270

2- Borges, R. and Mallarino, A. P.1997. Field-Scale Variability of Phosphorus and Potassium Uptake by No-Till Corn and Soybean. Soil Sci. Soc Am J 61:846–853

3- Bregt, A. K., Stoorvogel, J.J., Bounma, J. and Stein, A.1992. Mapping Ordinal Data in Soil Survey: a Costa Rican Example. Soil Sci. Soc Am J 56:525–531

4- Burgess, T.M., Webster, R.1980. Optimal Interpolation and Iisarithmic Mapping of Soil Properties. I. The Variogram and Punctual Kriging. J Soil Sci. 31 :315–331

5- Cahn, M. D., Hummel, J. W and Brouer, B. H.1994. Spatial Analysis of Soil Fertility for Site-Specific Crop Management. Soil Sci. Soc Am J 58:1240–1248

6- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T.B., Karlen, D. L., Turco, R. F. and Konopka, A. E.1994. Field scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. Soil Sci. Soc. Am J 58:1501–1511

7- Carlos, C. C., Keith, P., Martial, B. and Jerry, M. M. 2003.Combining Soil C and N Spatial Variability and Modeling Approaches for Measuring and Monitoring Soil Carbon Sequestration. Environmental Management 33: 274–288

8- Cressie, N.1990. The Origins of Kriging: Mathematical Geology 22: 239-252.

9- George, J. D. and Max D. M. 1997. Six Factors Which Affect the Condition Number of Matrices Associated with Kriging. Math Geology 29: 669-683

10- Goovaerts, P. 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability microbiological and physico-chemical soil properties. Biol Fertil Soils 27:315–334

11- Hassani-pak, A. 1998. Geostatistics. University of Tehran. 367p.

12- Jiachun Shi, Haizhen Wang, Jianming Xu, Jianjun Wu, Xingmei Liu, Haiping Zhu Chunlan Yu, 2007, Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China, Environ Geol. Vol. (52):1-10.

13- Joanna, M. B., Tim, P., Cindy, H. N., Jayson, D. W. and Allan, K. 2006. Bacterial Activity, Community Structure, and Centimeter-Scale Spatial Heterogeneity in Contaminated Soil. Microbial Ecology 51: 220–231

14- Joumel, A. G. and Huijbregts, Ch. J.1978. Mining Geostatistics: Academic Press, New York, 600 p.

15- Kollias, V. J., Kalivas, D. P. and Yassoglou, N. J.1999. Mapping the Soil Resources of a Recent Alluvial Plain in Greece Using Fuzzy Sets in a GIS Environment. Eur. J Soil Sci. 50:261– 273

16- Krige, D. G.1951. A Statistical Approach to Some Basic Mine Valuation Problems on the Witwatersrand. Jour. Chem. Metal. Min. Soc. South Africa 52:119-139.

17- Kroulík, M. Mimra, m., F. Kumhála, V. Prošek, 2006 .Mapping spatial variability of soil propertiesand yield by using geostatic method. RES.AGR.ENC, 52, 17-24.

18- MC Bratney, A.B., M .L. Mendonca, B. Minasny, 2003. on digital soil mapping, Geoderama, 117:3-52

19- Meul, M., Van Meirvenne, M. 2003. Kriging soil texture under different types of nonstationarity. Geoderma 112 (2003) 217– 233.

20- Mohammadi, j. 2000; Evaluation and mapping of soil salinity hazard in Ramhormoz area (Khuzestan) using disjungtive kriging. Journal of Agricultural Reasearch,25(6);45-57

21- Parkin, T. B.1993. Spatial Variability of Microbial Process in a Soil – A Review. J Environ Qual. 22:409–417

22- Shao, W. H., Ji, Y. J., Li, P. Y. and You, L. B. 2006. Spatial Variability of Soil Nutrients and Influencing Factors in a Vegetable Production Area of Hebei Province in China. Nutr Cycl Agroecosyst 75:201–212

23- Shi, Z., Li, Y., Makeschine, F. and Wang, R. C. 2005. Assessment of temporal and spatial variability of soil salinity in a coastal saline field. Environ. Geol. 48: 171–178.

24- Sokouti Oskouyi, R., M. H. Mahdian., Sh. Mahmoodi and A. Ghahraman. 2006. Comparing the applicability of geostatistic methods to predict the variability of soil salinity, a case study of Urmia plain. Pajouhesh and Sazandegi. 74: 90-98.

25- Sparks, D.L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Leoppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, G. T. Johnston and M. E. Summer, 1996, Methods of soil analysis, Soil Sci. Soc. Of Am., Madison, Wisconsin.

26- Wei, J. B., Xiao, D. N., Zhang, X. Y., Li, X. Z. and Li, X. Y. 2006. Spatial Variability of Soil Organic Carbon in Relation to Environmental Factors of a Typical Small Watershedin the Black Soil Region, Northeast China. Environmental Monitoring and Assessment 121: 597–613

27- West, C. P., Mallarino, A. P., Wedin, W. F. and Marx, D. B .1989. Spatial Variability of Soil Chemical Properties in Grazed Pastures. Soil Sci Soc Am J 53:784–789

28- Xiaopeng, Y. and Lingqing, W. 2008. Spatial Analysis and Hazard Assessment of Mercury in Soil around the Coal-Fired Power Plant: A Case Study from the City of Baoji, China. Environ Geol 53:1381–1388.

Accuracy Assessment of Geostatistical Methods for Zoning Soil Properties in Akhtarabad

F. Sarmadian*[1] and R. Taghizadeh Mehrjardi[2]
[1] Associate Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran
[2] Ph.D. student, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran
(Received: 18 January 2009, Accepted: 22 September 2009)

Abstract

The spatial and temporal distributions of ecosystem characteristics are required for sustainable management and optimum exploitation of the resources. Soil quality preservation is one of the most important factors in sustainable ecosystem management. Therefore, knowing the spatial distribution of soil characteristics is very important. In the present study, Kriging and IDW methods were used for prediction of spatial distribution of salinity, Pb, Cu, Zn, Mn, CEC; and percentage of OM and clay in soils of Akhtarabad region. After data normalization, the variogram was developed. For selecting the best model for competing on experimental variogram, the lower RMSE value was used. The best model for interpretative was selected by means of cross validation and error evaluation methods, such as RMSE method. The results showed that Kriging method is better than IDW method for prediction of soil properties spatial distribution due to strong spatial structure. Finally, the soil characteristics maps were prepared using the best interpolation method in GIS environment.

Keywords: Soil properties, Geostatistics, Interpolation, Cross validation

*Corresponding author: Tel: +98 261 2231787 , Fax: +98 261 2231787 , E-mail: fsarmad@ut.ac.ir