مقایسه سه روش درون یابی برای پیش بینی مکانی شوری خاک در دره ویسه

فاطمه زارعیان[۱]، جلال محمودی*[۲]، محمدرضا جوادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۱۸

چکیده:

بررسی تغییرات مکانی شوری خاک در کنار دیگر تغییرات محیطی امری ضروری است. پیش‌بینی میزان شوری خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده با استفاده از تعداد معدودی نقاط اندازه‌گیری شده و تهیه نقشه پراکنش شوری برای برنامه ریزی اصلاح خاک اهمیت زیادی دارد. این تحقیق با هدف ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک، مقایسه روش‌های مختلف زمین آماری در برآورد آن و تهیه نقشه پراکنش مکانی آنها انجام شده است. در منطقه تعداد ۷۸ نمونه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال یافت. در آزمایشگاه شوری خاک اندازه‌گیری شد. برای درون‌یابی شوری خاک از روشهای کریجینگ، روش عکس فاصله وزن دار و روش توابع پایه شعاعی در محیط GIS استفاده شده است. در این رابطه برای ارزیابی روش‌ها، با کمک دو پارامتر آماری MAE و MBE انجام شده است. خطای برآورد این روش۰/۱۴ و انحراف آن ۰/۰۱ دسی زیمنس بر متر بدست آمده است. نتایج نشان داد که از بین روش‌های مختلف، روش کریجینگ دقت بالاتری برای برآورد مقادیر شوری دارد.

واژه‌های کلیدی: پراکنش مکانی، روش‌های زمین آماری، شوری، کریجینگ، عکس فاصله وزن دار، توابع پایه شعاعی

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

[۲]- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی نور ،ایران.

*نویسنده مسئول .j_mahmoudi۲۰۰۵@yahoo.com

[۳]- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی نور ،ایران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

اهمیت شوری خاک از آنجا ناشی می شود که درصد قابل توجهی از زمین‌های تحت آبیاری جهان در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا واقع شده است. در ایران نیز شوری از مهمترین مشکلات کشاورزی است که به دلیل زیاد بودن تبخیر از سطح خاک، بارندگی کم، پستی و بلندی زمین‌ها، آبیاری با آب دارای کیفیت نامناسب و سنگ‌های مادری است (۲۲). خاک محصول فرآیندهایی است که به صورت تدریجی و پیوسته در زمان و مکان تغییر می‌نماید (۲۴). بسیاری از متغیرها و خصوصیات خاک دارای پیوستگی مکانی می‌باشند، شناخت کمی این تغییرات برای اعمال مدیریت خاص مکانی ضروری است(۲۶). نحوه بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های مختلف خاک نظیر شوری می‌تواند از عوامل مهم خطا در برآورد داده‌های اندازه‌گیری نشده باشد(۲۲). زمین آمار شاخه‌ای از علم آمار کاربردی است که قادر به ارائه مجموعه وسیعی از تخمین‌گرهای آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در مکان‌های نمونه‌برداری نشده با استفاده از اطلاعات حاصل از نقاط نمونه‌برداری شده می‌باشد (۲۳). لذا قادر به تهیه نقشه‌های کمی با دقت معلوم در مورد متغیرهای مورد بررسی خاک و تغییرپذیری تولید است (۱۳). روش‌های مختلفی برای برآورد متغیرهایی که تغییرات زمانی و مکانی دارند وجود دارد. تفاوت عمده این روش‌ها مربوط به نحوه محاسبه است. تخمین زمین آمار شامل دو مرحله است: مرحله اول شناخت و مدلسازی ساختار فضائی متغیر است که به وسیله آنالیز واریوگرام قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر توسط توابع زمین آماری از جمله کریجینگ می‌باشد (۴).

نخستین بار تجربه به کارگیری زمین آمار در علوم خاک؛ تجزیه و تحلیل های مکانی PH و میزان شن خاک توسط kampil (۱۹۷۸) بود. بعد از آن Burgess (۱۹۸۰) از کریجینگ معمولی برای درون‌یابی خصوصیات خاک استفاده کردند (۳). در ایران اولین مرتبه Hajrasuliha (۱۹۸۰) به منظور تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک از این روش استفاده کرد. Walter (۲۰۰۱) در بررسی‌های تحلیل مکانی شوری برای پیش بینی شوری سطح خاک از روش کریجینگ استفاه کرده است(۲۶). Hart sock et al (۲۰۰۰) تغییر پذیری شوری خاک را بدون اشاره به نوع روش به کار برده مورد بررسی قرار داده است(۶). Mohammadi (۲۰۰۰) با استفاده از زمین آمار برخی خصوصیات خاک را برآورد نمود و نتایج نشان داد که روش کریجینگ به عنوان روش برتر نسبت به روش‌های معمولی برآورد داده‌های مکانی معرفی گردید(۱۱). Nourbakhsh (۲۰۰۳) در تحقیقی گزارش نمودند که با بررسی تغییر پذیری شوری خاک و تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری به این نتیجه رسیده اند که تغییرات مکانی تیمارها در درون ردیف های کشت، کمتر از تغییرات عرضی بین ردیف ها است. تحقیق وی نیز با تعیین ساختار فاصله ای متغیر شوری و فاصله بهینه نمونه برداری نسبت به انتخاب مناسب ترین روش تخمین شوری به روش کریجینگ پرداخته است(۱۴). AL-Omran (۲۰۰۴) برای

Archive of SID

www.SID.ir

تخمین واکنش اسیدیته خاک و هدایت الکتریکی در منطقه‌ای از روشهای زمین آمار استفاده کرد. نتایج حاصل در این تحقیق نشان داد که از بین روشهای مختلف زمین آمار – روش کریجینگ دارای بیشترین دقت و مناسبترین روش برای ترسیم پراکندگی پارامترهای واکنش خاک می‌باشد و مدل کروی بیشترین برازش را با داده‌ها نشان می‌دهد(۱). Perez (۲۰۰۷) تغییر پذیری مکانی پارامترهای فرسایش پذیری خاک شامل شن، رس، سیلت، ماده آلی را مورد مطالعه قرار داد نتایج نشان داد که روش کریجینگ تغییر پذیری فاکتورهای مورد نظر را با دقت بیشتری برآورد می‌نماید(۱۵).

Sokouti (۲۰۰۷) کارایی برخی روش های زمین آماری برای پیش بینی پراکنش مکانی شوری خاک در دشت ارومیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ و نیم تغییرنمای گوسی از دقت بالایی برای برآورد شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است(۲۲).

این تحقیق با هدف ارزیابی و تحلیل ساختار مکانی شوری به عنوان یکی از جنبه های تخریب خاک، مقایسه روش های مختلف زمین آماری در برآورد آن و تهیه نقشه پراکنش مکانی شوری خاک در حوزه آبخیز دره ویسه انجام شده است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه:

محدوده مطالعاتی دره ویسه در جنوب شرقی شهرستان کرج در استان تهران بین "۲۰ '۰۰ ۵۱° تا "۴۵ '۰۵ ۵۱° طول شرقی و "۲۰ '۴۶ ۳۵° تا "۵۰ '۴۹ ۳۵° عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوزه آبخیز ۲۵۱۶/۵۳ هکتار می‌باشد. محیط منطقه طرح ۲۳/۶۲ کیلومتر، حداقل ارتفاع حوزه ۱۳۱۵ متر و حداکثر ارتفاع آن ۲۵۵۴ متر می‌باشد. چهار نوع تیپ گیاهی مرتعی که عبارت است از:

۱.Astragalus spp + Grasses + Acanthophyllum spp

۲. Astragalus spp Grasses + Bushy trees

۳-Astragalus spp + Grasses + Artemisia spp

۴. Astragalus spp + Perennial Grasses

در منطقه شناسایی شده است. مراتع منطقه اکثرا" در وضعیت فقیر قرار دارند و پوشش گیاهی حدود ۳۰ درصد آنها را تشکیل داده و بقیه سطح مراتع از سنگ و سنگریزه، خاک لخت و لاشبرگ تشکیل شده و زاد آوری و تجدید حیات در گیاهان بسیار ضیف و تعداد زیادی از آنها در معرض انقراض می‌باشند.ساختار زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی مربوط به دوران سوم زمین شناسی و دوره آئوسن با سازند کرج می‌باشد. بنابراین غالب سنگهای در برگیرنده آن آتشفشانی و از نوع گدازه‌های آندزیتی و بازالتی به همراه شیل، توف، توف آهکی، شیل با میان لایه ماسه سنگی، ماسه سنگ توفی بهمراه کنگلومرا و به مقدار کمی نیز رسوبات آبرفتی و پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه ای دوران کواترنری (چهارم زمین شناسی) می‌باشد. تیپ های اراضی در سه رخساره متفاوت شامل کوهها، تپه

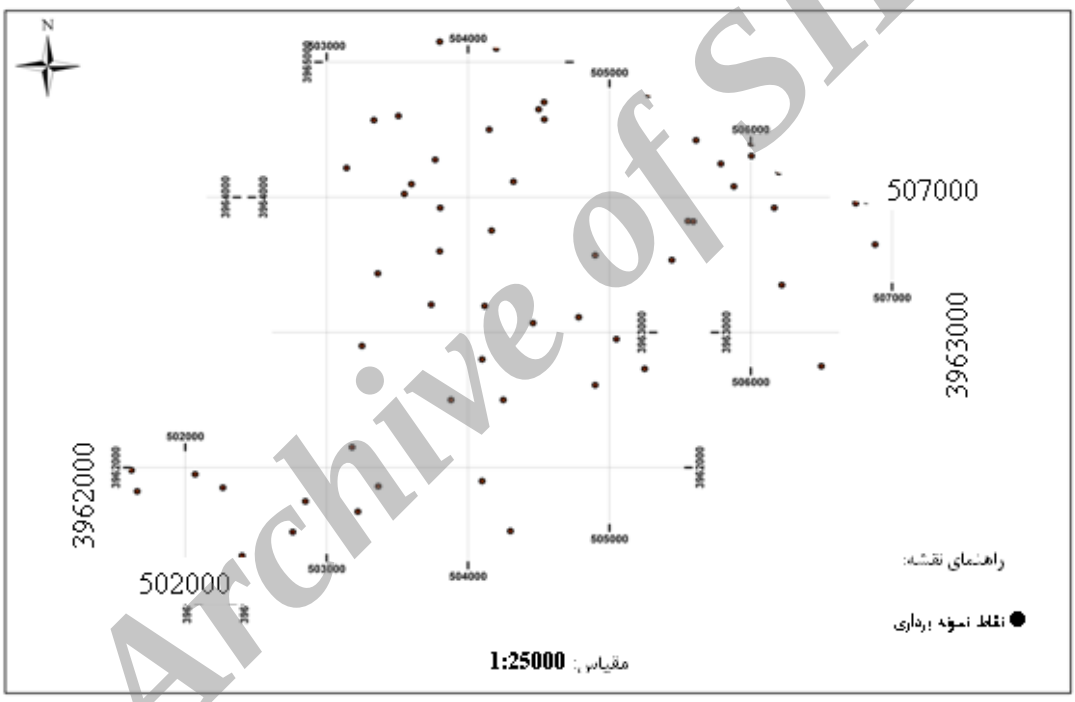
Archive of SID

www.SID.ir

ها و دشت های دامنه ای است. رژیم رطوبتی خاک زریک Xeric و رژیم حرارتی مزیک Mesic نتیجه بررسی خاکشناسی است.

نمونه برداری و آنالیز فیزیکی- شیمیایی خاک:

ابتدا منطقه مورد مطالعه به شبکه‌های (۱۰۰۰×۱۰۰۰ متر) تقسیم شد. سپس به صورت تصادفی در داخل آنها، جمعاً ۷۸ نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری سطح خاک در فصل بهار جمع‌آوری گردید. نقاط نمونه برداری شده و پراکندگی آنها در (شکل۱) مشخص شده است. تجزیه آزمایشگاهی بر روی نمونه‌ها بر اساس روش متداول به وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی انجام شد (۱۸).



شکل 1-نقاط نمونه برداری شده در سطح منطقه

روش تحقیق

در این منطقه به منظور ترسیم نیم تغییر نمای تجربی از نرم افزار GS^{+} و برای تهیه نقشه این پارامتر روش‌های کریجینگ، توابع پایه شعاعی، روش عکس فاصله وزن‌دار استفاده شد از نرم افزار اطلاعات جغرافیایی(GIS) استفاده شد. شرط استفاده از روش‌های زمین آماری و آنالیز واریوگرام نرمال سازی داده‌ها است. یکی از روش‌های ارزیابی نرمال بودن داده‌ها استفاده از ضریب چولگی می‌باشد. هنگامی که این ضریب

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر از ۱ باشد، بایستی از لگاریتم جهت نرمال نمودن داده‌ها با استفاده از تست کلموگروف-اسمیرنوف انجام شود.

کریجینگ یک تخمین گر ترکیب خطی وزن دار است. و به عنوان تابعی خطی از مجموعه مشاهدات واقع در همسایگی محل مورد تخمین شناخته می شود (۱۳).

معادله آن:

$$z(x.) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i) \qquad (۱)$$

$z(x.)$: متغیر تخمینی در نقطه x.

λ: وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه i ام

$z(x_i)$: مقدار متغیر نمونه i ام

روش عکس فاصله وزن دار یکی از روشهای درون یابی است که در آن مدل بر اساس مقادیر نقاط همسایه برازش داده می شود. به طوری که به نقاط مجاور نسبت به فاصله آنها از نقطه مجهول وزنی اختصاص می یابد. در حقیقت نوعی درون یابی وزن‌دار انجام می‌گیرد. مقادیر تخمین از روابط زیر محاسبه می‌شود(۱۳).

$$W\alpha \frac{1}{D_i^n} \qquad (۲)$$

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} z_i d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^{n} d_i^{-n}} \qquad (۳)$$

که در آن:

z. : مقدار تخمین زده شده متغیر z در نقطه o

z_i مقدار نمونه در نقطه i

d_i: فاصله نقطه نمونه تا نقطه مورد تخمین و ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می کند. روش اسپلاین(توابع پایه شعاعی): برای درون یابی به روش اسپلاین از چند جمله‌ای‌ها استفاده می‌شود. به طوری که از برازش یک تابع چند جمله‌ای بر داده‌ها مقادیر نقاط نامعلوم برآورد می‌شود. ویژگی اساسی اسپلاین آن است که در سطح، تغییرات ناگهانی وجود ندارد(۱۳).

توابع مختلف این روش شامل اسپلاین کاملا منظم[۱]، اسپلاین با کشش[۲]، چندجمله‌ای درجه دوم[۳]، چند جمله‌ای درجه دوم معکوس[۴] و اسپلاین صفحه نازک[۵] می‌باشد. در این روش تابع اصلی تعیین و اعداد پارامتر تابع بهینه شد. هر کدام از این توابع دارای یک عدد پارامتر بهینه شده می‌باشد که نرمی سطح نقشه را کنترل می‌کند.

به منظور ارزیابی روش‌های درون‌یابی از تکنیک (Cross Validation) و دو معیار آماری MAE[۶] و MBE[۷] برای سنجش روش‌ها و تطابق توزیع مکانی در نقشه‌های بدست آمده با فیزیک منطقه نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. MAE معرف دقت و MBE معرف انحراف هر روش می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| z^*(xi) - z(xi) \right|}{n} \qquad (۴)$$

[۱] Completrly Regularized Spline
[۲] . Spline with Tension
[۳] . Multiquadratic
[۴] . Inverse multiquadratic
[۵] Thin Plate Spline
[۶] .Mean Absolute Error
[۷] . Mean Bias Erroe

Archive of SID

www.SID.ir

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(z^*(xi) - z(xi)\right)}{n} \qquad (۵)$$

که در آنها

$Z^*(xi)$: مقدار برآورد شده در نقطه xi

$Z(xi)$: مقدار برآورد شده در نقطه xi

n: تعداد نقاط می‌باشد.

در شرایطی که MAE و MBE برابر صفر و یا نزدیک به صفر هستند، نشان‌دهنده این است که روش استفاده دقت بالایی دارد و با فاصله یافتن از صفر، کمی دقت را نشان می‌دهد.

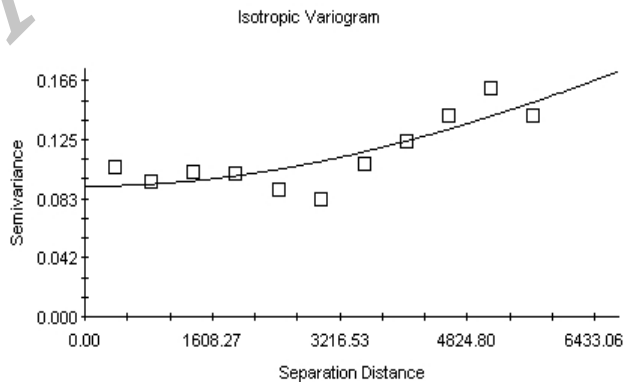
نتایج

خلاصه آماری داده‌های مربوط به شوری خاک در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به مقادیر چولگی(۱/۸۷) و کشیدگی(۴/۳۵) که نشان دهنده نرمال نبودن داده‌ها فوق می‌باشد، لازم است با استفاده از لوگ نرمال داده‌ها را نرمال شود.

در این تحقیق برای بررسی ساختار مکانی، از نیم تغییرنمای همه جانبه که بیانگر متوسط تغییرات مکانی شوری خاک در تمام راستاها است، استفاده گردید (شکل۲). به منظور بسط مدل مناسب بر این نیم تغییرنما، مدل های مختلف کروی، نمایی، خطی و گوسی بر نیم تغییرنمای شوری خاک برازش داده شد. مدل گوسی به عنوان مناسب‌ترین مدل بر نقاط نیم تغییرنمای تجربی انتخاب شد. پارامترهای بدست آمده در جدول (۲) ارائه شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. وقتی این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد متغیر دارای ساختار مکانی قوی می‌باشد، بین ۰/۲۵ - ۰/۷۵ ساختار مکانی متوسط، بزرگتر از ۰/۷۵ ساختار مکانی ضعیف می‌باشد(۱۸).

جدول۱- نتایج تجزیه آماری شوری خاک

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
شوری خاک(غیرنرمال)	۰/۷۴	۰/۴۲	۱/۷۸	۰/۲۷	۰/۰۷۵	۱/۸۷	۴/۳۵
شوری خاک(نرمال)	-۰/۳۵	-۰/۸۶	۰/۵۷	۰/۳۲	۰/۱۰۳	۰/۷۲	۰/۶۳



شکل ۲- نیم تغییرنمای شوری خاک

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- مدل‌های بهینه واریوگرام و پارامترهای مربوط به آنها

متغیر	مدل	شعاع تاثیر	آستانه (C.+C)	اثر قطعه‌ای (C.)	$\frac{(C_0)}{(C_0+C)}\%$	RSS	R^2
شوری خاک	گوسی	۱۳۱۲۰	۰/۴۴	۰/۰۹۲	۲۰	۱/۷۷×۱۰$^{-3}$	۰/۷۱

واحد آستانه و اثر قطعه ($\log(MJ\ mm\ ha^{-1}h^{-1}y^{-1})$) و واحد شعاع متر می‌باشد.

شکل(۲) نشان می‌دهد که نیم تغییرنما در نقاط آخر به مقدار ثابتی نرسیده و به دلیل نرسیدن به آستانه مشخص، در داده‌های متغیر شوری خاک روند وجود دارد. با توجه به نسبت همبستگی (۲۰درصد) می‌توان نتیجه گرفت که دارای کلاس همبستگی قوی می‌باشد. تغییرنما در جهات مختلف ترسیم گردید و با توجه به آنکه تغییرنمای سطحی(همه جهته) یک خط می باشد و در جهات مختلف تغییرات مشابهی دارد وجود همسانگردی تایید می شود.

ارزیابی روش‌های درون‌یابی

۱- روش کریجینگ

برحسب مشخصات ساختار مکانی متغیر شوری خاک که دلالت بر وجود روند در داده‌ها دارد از کریجینگ عام استفاده شده است. از بین انواع مدلها، مدل گوسی به عنوان مناسب‌ترین مدل با کمترین خطای برآورد بر نیم‌تغییرنمای متغیر شوری خاک انتخاب شد.از تغییر نمای همسانگرد برای محاسبه کریجینگ استفاده شد. برای شوری خاک میزان سقف و دامنه تاثیر آنها در جهات مختلف یکسان است. نتایج آنها در جدول(۲) ارائه شده است. در این شرایط مقادیر RMS، MAE، MBE حداقل مقدار خطا را نشان می‌دهد که به ترتیب ۰/۲۷۳ و۰/۱۴ و ۰/۰۱ می‌باشد.

۲- روش توابع پایه شعاعی

در این بررسی روش توابع پایه شعاعی برای متغیر هدایت الکتریکی هم مورد بررسی قرار گرفت (جدول۴) و تابع چند جمله‌ای درجه دوم معکوس با حداقل معیارهای خطای مطلق(۰/۱۴) و انحراف (۰/۰۲) به عنوان مناسب‌ترین تابع با تعداد نقاط همسایگی ۱۵انتخاب شد.

۳- روش عکس فاصله وزن‌دار:

روش عکس فاصله وزن دار(IDW) در این قسمت برای برآورد نقشه متغیر شوری خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. تعیین مقدار بهینه با بررسی معیارهای سنجش خطا مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول۵) به این منظور توان۱ و تعداد نقاط همسایگی بهینه ۱۵ می‌باشد که حداقل خطا ۰/۱۵ و انحراف۰/۰۳و ریشه میانگین مربعات ۰/۲۸۱ را بدست آمده است.

۴-مقایسه روش‌های درون‌یابی:

بر اساس نتایج بدست آمده، روش کریجینگ عام با کمترین میزان خطای مطلق ۰/۱۴و انحراف ۰/۰۱از دقت بیشتری نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است(جدول ۶). پس از انتخاب مناسب‌ترین روش، با استفاده از نرم افزار GIS نقشه پراکنش مکانی شوری خاک تهیه گردید (شکل ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- پارامترهای نیم تغییرنمای متغیر شوری و ارزیابی خطای برآورد با روش کریجینگ عام

متغیر	آستانه (C.+C)	اثر قطعه‌ای (C.)	RMS	MAE	MBE
گوسی	۰/۴۴	۰/۰۹۲	۰/۲۷۳	۰/۱۴	۰/۰۱

جدول ۴- پارامترهای ارزیابی روش توابع پایه شعاعی متغیر شوری خاک

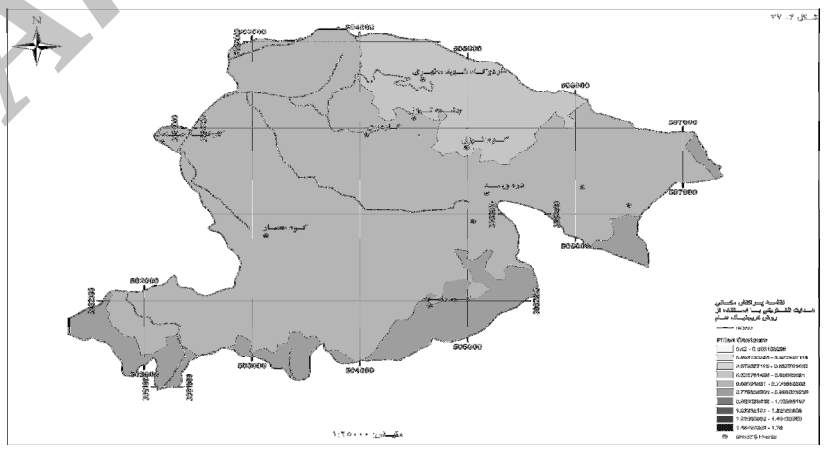
تابع	پارامتر	نقاط همسایگی	RMS
اسپلاین کاملا منظم	۰/۲۳۶۷	۱۵	۴/۸۴
اسپلاین با کشش	۰/۳۴۱۰	۱۵	۴/۸۱
چند جمله‌ای درجه دوم	۰	۱۵	۵/۶۲
چند جمله‌ای درجه دوم معکوس	۱۲/۴۴۱	۱۵	۴/۷۹
اسپلاین صفحه نازک	۱e۲۰	۱۵	۷/۰۶

جدول ۵- پارامترهای ارزیابی روش عکس فاصله وزن دار در برآورد متغیر شوری

تعداد نقاط همسایگی	توان	RMS
۱۵	۱	۰/۲۸۱
۱۵	۲	۰/۲۹۲
۲۵	۲	۲۹۰
۱۵	۳	۰/۳۰۵

جدول ۶- نتایج ارزیابی روش‌های درون یابی در ارتباط با متغیر شوری

روش‌های درون یابی	RMS	MAE	MBE
روش کریجینگ عام	۰/۲۷۳	۰/۱۴	۰/۰۱
روش عکس فاصله وزن دار	۰/۲۸۱	۰/۱۵	۰/۰۳
روش توابع پایه شعاعی	۰/۲۷۹	۰/۱۴	۰/۰۲



شکل شماره ۳- نقشه پراکنش مکانی شوری خاک

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه گیری

نتایج این تحقیق با نتایج Hajrasuliha (۱۹۸۰)، Laslett (۱۹۸۷)، Mohammadi(۲۰۰۰)، Walter (۲۰۰۱)، Bo Sun (۲۰۰۳)، انجام دادند مطابقت دارد. مدل برآورد شده در تحقیق حاضر گوسی و دارای کلاس همبستگی متوسط بوده که Sokouti (۲۰۰۷) به نتایج مشابهی در خصوص شوری خاک رسیدند. محمدی (۲۰۰۰) نشان داد که تخمین‌گرهای زمین‌آماری نسبت به روابط همبستگی خطی از برتری نسبی برخوردار بوده و روش کریجینگ به عنوان روش برتر برآورد داده‌های خاک معرفی گردید. Sokouti (۲۰۰۷)با مقایسه روشهای مختلف زمین آمار در برآورد و تهیه نقشه شوری خاک تحقیقاتی انجام داد نتایج حاصل نشان داد که روش کریجینگ با ضریب همبستگی ۹۸ درصد از دقت بالایی برخوردار است. Shao (۲۰۰۶) با استفاده از زمین آمار و بهره گیری از روش گریجینگ توزیع مکانی عناصر غذایی موجود در خاک‌های هبی در چین را مشخص کرد. نتایج همه این تحقیقات نشان می‌دهد که روش بهینه و مناسب جهت برآورد و تخمین داده‌ها بسته به متغیر می‌تواند متفاوت باشد و متغیرهای زیادی در انتخاب بهترین و بهینه‌ترین روش تخمین موثر هستند. ناهمگن بودن منطقه از لحاظ متغیرها، وسعت محدوده مورد مطالعه، فواصل نمونه‌ها، تعداد نمونه‌ها و وجود روند می‌تواند در انتخاب روش تخمین نیز تاثیر گذار باشد. توصیه می‌شود روش‌های زمین آمار در خاکهای مناطق دیگر کشور مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد تا امکان مقایسه و ارزیابی بیشتر آنها فراهم گردد.

References

۱-AL-Omran, A.M, G, Abdel-naser, Ichoudhry and J. AL.Otuibi ۲۰۰٤, spatial variability of soil ph and salinity under data palm cultivation, soil science Departement, college of Agrivolture , king saud university, pp, ٥-۳۰.

۲-Bo Sun a, Shenglu Zhou b , Qiguo Zhao, ۲۰۰۳, Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China , Geoderma ۱۱٥ , ۸٥–۹۹.

۳-Burgess,T.M., and Webster R.(۱۹۸۰), Optimalinterpolation and isarithm mapping of soil properties; the semi-variogram and punctual kriging. J. Soil Sci. ۳۱, ۳۱٥–۳۱.

٤-Davis, B.M. (۱۹۸۷), Uses and abuses of cross-validation in geostatistics, Math Geol, Vol (۱۹), ۲٤۱-۲٤۸.

٥- Hajrasuliha, s. N. Baniabassi, j. Methey and D. R. Nielsen ۱۹۸۰, spatial variability of soil salinity studies in southwest Iran, Irrig. Sci.۱: ۱۹٦- ۲۰۸.

٦-Hartsock, N. J., T. G. Mueller, G. W. Thomas, R. I. Barnhisel, K. L. Wells and S. A.

۷-Iqbal,J., Thomasson,J.A., Jenkins,J.N., Owens,P.R., and Whisler, F.D.(۲۰۰٥), Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. ٦۹:۱۳۳۸–۱۳٥۰.

۸- Jiachun shi, haizhen Wang , jiaming Xu, jianjun Wu, Xingmei Liu and haiping Z.C.Y. (۲۰۰۷), Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of changing, china, environ Geol, vol(٥۲): ۱-۱۰.

۹-Jafarian Z., H.Arzani, M. Jafari, Gh. Zahedi, H.Azarnivand (۲۰۰۹), Spatial distribution of soil properties using Geostatistical methods in Rineh Ranglands, Rangland, vol(۳): ۱۰۷-۱۲۰.(In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰-Laslett, G.M., Mcbratney, A.B., Phal, P.I. and Hutchinson, M.F., ۱۹۸۷. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. Journal od Soil Science ۳۸:۳۲۵-۳۴۱.
۱۱-Mohammadi J. ۲۰۰۰. Geostatistical . evalution and maping of soil salinity hazard in Ramhormoz area using disjugtinve kiriging journal of agricultural Research, Vol ٦: ٤٥-٥٧.
۱۲-Meul. M, Van Meirvenne. M. (۲۰۰۳). Kriging soil, texture under different types of nonstationarity, Geoderma. Vol (۱۱۲): ۲۱۷-۲۳۳.
۱۳-Mohammadi, J. (۲۰۰٦) Pedometrics. Tehran: Pelk press. (In Persian)
۱٤- Nourbakhsh, F., Baghaei., H, (۲۰۰۳), Spatial distribution of soil salinity, ۸th Iranian Congress of Soil Science, (۲): ۸۲۱-۸۲۳.
۱٥-Perez-Rodr guez R., Marques M.J., Bienes *R.* ۲۰۰۷. Spatial variability of the soil erodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level. *Sci. Total Environment*, v. ۳۷۸, p. ۱٦٦-۱۷۳.
۱٦-Paknia., R, (۲۰۰٦), Geostatistical Anlysis of Spatial variability of selected Soil Chemical properties protected pasture in sabz ku site-Chaharmahal o Bakhtiari, Master of Science Thesis, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
۱۷-Q.ZHU, H. S. LIN, ۲۰۱۰, comparing ordinary kriging avd regression kriging for soil properties in contrasting landscapes, J. soil, sci, ۲۰(٥), ٥۹٤-٦۰٦.
۱۸-Robinson,T.P and Metternicht, G. (۲۰۰٦). Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties, Computer and Electronics in Agriculture. Vol (٥۰):۹۷-۱۰۸.
۱۹- Steffens, M., Kolbl, A., Totsche, K.U and Kogel, I. ۲۰۰۷, Grazing Efffects on soil Chemical and Physical Properties in semi arid steppe of Inner Mongolia(P. R. China). Geoderma, ۱٤۳: ٦۳-۷۲.
۲۰-Sparks, D.L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Leoppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, G. T. Johnston and summer, M. E. (۱۹۹٦) Methods of soil analysis. Madison: Soil Sci. Soc. of America.
۲۱-Shao, W. H., Ji, Y. J., Li, P. Y. and You, L. B. (۲۰۰٦).Spatial Variability of Soil Nutrients and Influencing Factors in a Vegetable Production Area of Hebei Province in China. Nutr Cycl Agroecosyst. Vol (۷٥):۲۰۱ ۲۱۲.
۲۲- Sokouti , R., Mahdian. M., Mahmoodi, SH., (۲۰۰۷), Comparing the applicability of some geostatistic methods to predict the variability of soil salinity, a case study of Uromieh plain, Pajauhsh & Sazandegi (۷٤): ۹۰-۹۸. (In Persian)
۲۳- Sadr S, Afyuni M, Fathian Por N., (۲۰۱۰), Spatial Variability of Arsenic under Different Land Use in Isfahan Region . JWSS - Isfahan University of Technology.۱۳ (٥۰): ٦٥-۷٥. (In Persian)
۲٤-Trangmar, B.B. and Uehara, g. ۱۹۸٥. Application of Geostatistic to Spastial Studies of Soil properties , Advances in Agronomy, Vol, ۳۸, PP. ٤٥-۹٤.
۲٥-Webster, r., and Oliver, M.A. ۲۰۰۰, Geostatistical, for Environment Scientists. Australia: Wiley.
۲٦-Webster, R.(۲۰۰۰), Is soil variation random Geoderma ۹۷, ۱٤۹– ۱٦۳.
۲۷-Walter, C. and B. McBratney. ۲۰۰۱; Spatial prediction of topsoil salinity in the Chelif Valley, Algeria, using local ordinary kriging with local variograms versus whole-area variogram.
۲۸-Yanni j., Mishima, A., Furakava, S., Akshalov, k., koski, t., ۲۰۰٥, Spatial Variability of Organic matter dynamics in the semi-arid croplands of northen kazakhstan soil science plant nutrient ٥۱, ۲٦۱-۲٦۹.

Archive of SID

www.SID.ir

۲۹-zhao, y., peth, s., kummelbein, j., horn, r., wang, z,. stiffens, m., Hoffmann, c., peng , x., ۲۰۰۷, spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in inner Mongolia graaland. Ecological modeling ۲۰۵, ۲٤۱-۲٥٤.

Archive of SID

www.SID.ir