

پراکنش خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های زمین آماری

در دشت دره ویسه کرج

فاطمه زارعیان¹، جلال محمودی و محمدرضا جوادی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، و مسئول مکاتبات؛ fatemehzareian@yahoo.com

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور؛ j_mahmoudi2005@yahoo.com

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور؛ javadi.desert@gmail.com

دریافت: 91/6/25 و پذیرش: 93/2/22

چکیده

خاک محیط ناهمگنی به شمار می‌رود که ویژگی‌های آن در زمان و مکان تغییر می‌کند. خاک و پوشش گیاهی با هم ارتباط متقابل داشته و بر هم تأثیر می‌گذارند. لذا بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک در کنار دیگر تغییرات محیطی امری ضروری است. به منظور بررسی تغییرپذیری برخی ویژگی‌های خاک در حوزه آبخیز دره ویسه، تعداد 78 نمونه از عمق 0-30 سانتی متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال یافت. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل درصد رس، درصد سیلت، درصد شن و ماده آلی خاک بود. پس از آزمون نرمالیته داده‌ها، اقدام به ترسیم واریوگرام گردید. برای درون‌یابی پارامترها، روش‌های کریجینگ، روش عکس فاصله وزن‌دار و روش توابع پایه شعاعی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی روش‌ها، از دو پارامتر آماری، میانگین مطلق خطا (MAE) و میانگین اریب خطا (MBE) استفاده شده است. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه برای پارامترهای سیلت، شن و ماده آلی خاک از بین روش‌های مختلف، روش کریجینگ و برای پارامتر رس، روش توابع پایه شعاعی از دقت بیشتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبخیز دره ویسه، کریجینگ، روش عکس فاصله وزن‌دار، روش توابع پایه شعاعی

¹ نویسنده مسئول، آدرس: دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، دانشکده منابع طبیعی

مقدمه

اراضی مرتعی به دلیل مدیریت‌های غلط و چرای بی‌رویه در خطر نابودی قرار دارند به طوری که گزارش شده است بیش از نیمی از کل مساحت مراتع دنیا را فرسایش خاک تهدید می‌کند (لسلت و همکاران، 1987). به منظور عدم گسترش بهره‌برداری غلط، لزوم یک برنامه ریزی صحیح و طولانی مدت در زمینه استفاده از اراضی بر اساس استعدادشان مشهود است. در این راستا یکی از پایه‌ای‌ترین اطلاعات منابع اراضی، نقشه خصوصیات خاک می‌باشد (وبستر و همکاران، 2007). خاک محصول فرآیندهایی است که به صورت تدریجی و پیوسته در زمان و مکان تغییر می‌نماید (ترانگمر و همکاران، 1985). بسیاری از متغیرها و خصوصیات خاک دارای پیوستگی مکانی می‌باشند، شناخت کمی این تغییرات برای اعمال مدیریت خاص مکانی ضروری است (وبستر، 2000). خصوصیات خاک همچون سایر خصوصیات آن ماهیت پویا و تغییرات مکانی دارد. بدیهی است برخی خصوصیات خاک که دارای تغییرات مکانی است در قالب یک کمیت عددی همچون میانگین عام برای برنامه‌ریزی دقیق کافی نمی‌باشد و مدیریت خاص مکانی بر اساس مجموعه‌ای از نقاط نمونه برداری، امکان پذیر نمی‌باشد (اکیوبال و همکاران، 2005).

امروزه به منظور تخمین متغیرهای مکانی یک منطقه از روش‌های زمین آمار¹ استفاده می‌گردد. تفاوت اصلی این روش با آمار کلاسیک² این است که در آمار کلاسیک نمونه‌های گرفته شده از یک جامعه آماری، مستقل از یکدیگر بوده و وجود همبستگی مکانی بین مقادیر یک متغیر در یک ناحیه را بررسی می‌نمایند (حسنی پاک، 2006). روش‌های مختلفی برای برآورد متغیرهایی که تغییرات زمانی و مکانی دارند وجود دارد. تفاوت عمده این روش‌ها مربوط به نحوه محاسبه است. در زمین آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت، فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. تخمین زمین آمار شامل دو مرحله است: مرحله اول شناخت و مدل‌سازی ساختار فضائی متغیر است که به وسیله تجزیه و تحلیل واریوگرام قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر توسط توابع زمین آماری از جمله کریجینگ می‌باشد (دیویس، 1987).

نخستین بار تجربه به کارگیری زمین آمار در علوم خاک، تجزیه و تحلیل‌های مکانی pH و میزان شن خاک توسط کمپیل (1978) بود. بعد از آن بورگس و

همکاران، (1980) از کریجینگ معمولی برای درون‌یابی خصوصیات خاک استفاده کردند. در ایران اولین مرتبه حاج رسولیها (1980) به منظور تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک از این روش استفاده کرد.

محمدی (2000) در مطالعه‌ای با استفاده از زمین آمار برخی از خصوصیات خاک را برآورد نمود. نتایج مطالعه آن نشان داد که روش کریجینگ به عنوان روش برتر نسبت به روش‌های معمولی برآورد داده‌های مکانی مطرح می‌باشد. میول و همکاران (2003) برای برآورد متغیر سیلت خاک در بلژیک روش کریجینگ جامع را از بین سایر روش‌ها انتخاب و به عنوان بهترین و دقیق‌ترین روش معرفی کردند. آل عمران (2004) برای تخمین واکنش اسیدیته خاک و هدایت الکتریکی در منطقه ریاده در عربستان سعودی از روش‌های زمین آماری 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 پراکنندگی پارامترهای واکنش خاک می‌باشد و مدل کروی بیشترین برازش را با داده‌ها نشان می‌دهد. پرز (2007) تغییر پذیری مکانی برخی پارامترهای فرسایش‌پذیری خاک شامل شن بسیار ریز، رس، سیلت، ماده آلی را مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که روش کریجینگ تغییرپذیری فاکتورهای مورد نظر را با دقت بیشتری برآورد می‌نماید.

مطالعات زیادی در این خصوص انجام شده که می‌توان به فاضلی و همکاران (1389)، در پژوهشی نشان دادند که تخمین گر کریجینگ معمولی نتایج بهتری برای اندازه‌گیری رطوبت خاک نسبت به روش عکس فاصله وزن دار و گریجینگ عام می‌دهد و نقشه حاصل از روش کریجینگ معمولی دقیق‌تر و کاربردی می‌باشد. ژو و همکاران (2010) روش کریجینگ معمولی با کوکریجینگ برای خواص خاک را مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ دقت بیشتری را دارد. هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه کارایی روش‌های درون یابی کریجینگ، روش عکس فاصله وزن دار و توابع پایه شعاعی در تهیه نقشه متغیرهای رس، سیلت، شن و ماده آلی خاک سطحی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

حوزه آبخیز دره ویسه در جنوب شرقی شهرستان کرج در استان تهران به مشخصات جغرافیائی $51^{\circ}00'20''$ تا $51^{\circ}05'45''$ طول شرقی و $35^{\circ}46'20''$ تا $35^{\circ}49'35''$ عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوزه آبخیز

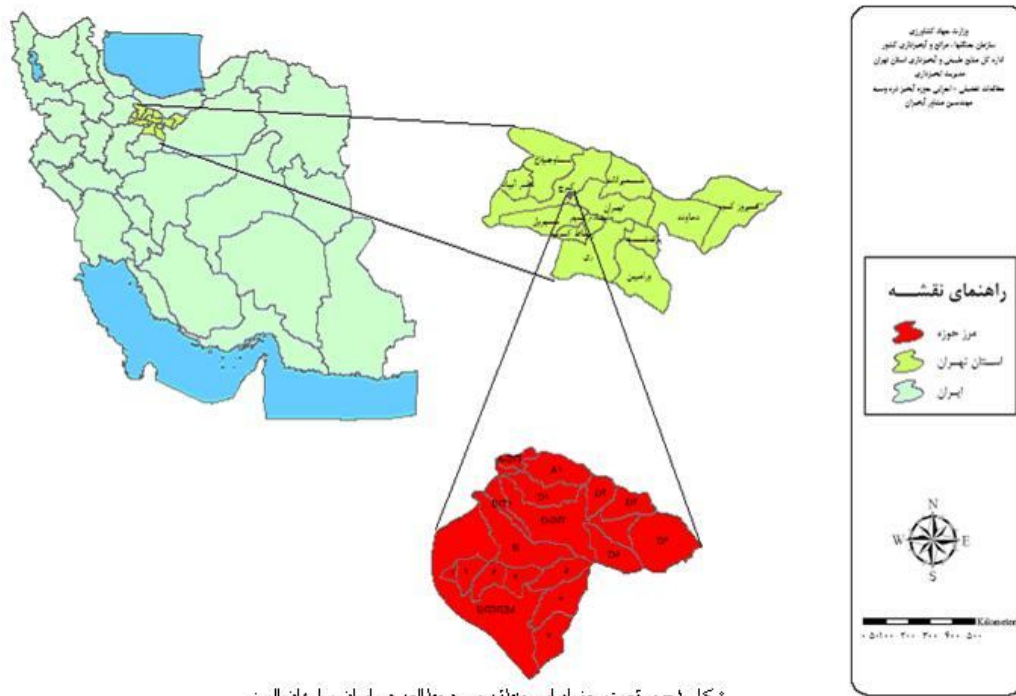
1. Geostatistics

2. Classic statistics

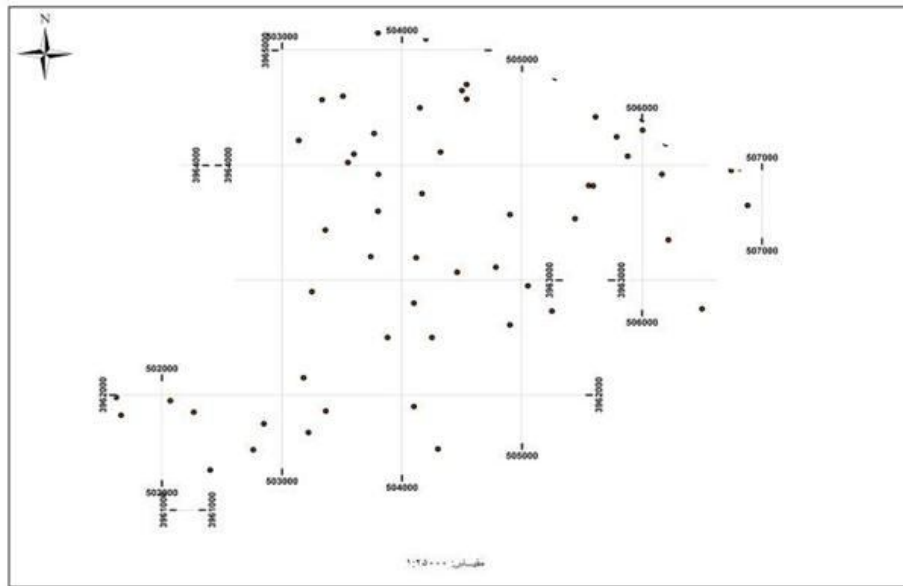
نمونه‌برداری و آنالیز فیزیکی - شیمیایی خاک
الگوی نمونه‌برداری از خاک در منطقه به صورت شبکه‌ای تصادفی بوده است (این امر منجر به پراکنش بهتر نقاط نمونه‌برداری از کل منطقه می‌گردد). به این منظور ابتدا منطقه مورد مطالعه به شبکه‌های یک کیلومتر مربعی (1000×1000 متر) تقسیم شد و در داخل هر یک از شبکه‌ها چند نمونه خاک بصورت تصادفی از عمق 0 تا 30 سانتیمتری خاک سطحی اخذ گردید (تعداد نمونه‌های خاک 78 نمونه بوده است)، شکل (2).

آزمایشات مورد نظر بر روی نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد و عبور از الک 2 میلیمتری انجام گرفت. سپس به وسیله روش هیدرومتری نسبت به تجزیه فیزیکی خاک و روش والکی بلاک جهت اندازه‌گیری مواد آلی استفاده شد (اسپارکس، 1996) روش تحقیق در این منطقه جهت بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک، از روش‌های کریجینگ، توابع پایه شعاعی و عکس فاصله وزن‌دار و از نرم افزارهای GS+ استفاده شد. سپس با استفاده از نرم افزار ArcGIS نقشه‌پهنه بندی خصوصیات خاک ترسیم گردید. شرط استفاده از روش‌های زمین آماری و تجزیه و تحلیل واریوگرام نرمال بودن داده‌ها است.

مورد نظر 2516/53 هکتار می‌باشد. حداقل ارتفاع آن 1315 متر و حداکثر ارتفاع آن 2554 متر می‌باشد، شکل (1). آبراهه‌های اصلی حوزه آبخیز با جهت کلی شرق به غرب نزولات جوی را جمع‌آوری می‌کنند. چهار نوع تیپ گیاهی مرتعی که عبارت است از: 1- تیپ گون + گندمیان + چوبک، 2- تیپ گون + گندمیان + درختچه، 3- تیپ گون + گندمیان + درمنه، 4- تیپ گیاهی گون + گندمیان چندساله در منطقه شناسایی شده است. مراتع منطقه اکثراً در وضعیت فقیر قرار دارند و پوشش گیاهی حدود 30 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 ضعیف و تعداد زیادی از آنها در معرض انقراض می‌باشند. ساختار زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی مربوط به دوران سوم زمین‌شناسی 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 به همراه کنگلومرا و به مقدار کمی نیز رسوبات آبرفتی و پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌های دوران کواترنری (چهارم زمین‌شناسی) می‌باشد. تیپ‌های اراضی در سه رخساره متفاوت شامل کوهها، تپه‌ها و دشت‌های دامنه‌ای است. رژیم رطوبتی خاک زریک و رژیم حرارتی آن مزیک می‌باشد.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان البرز



شکل ۲- الگوی نمونه برداری از خاک سطحی در سطح منطقه مورد مطالعه

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 روش-
 های درون یابی است که در آن مدل بر اساس مقادیر
 نقاط همسایه برازش داده می‌شود. به طوری که به
 نقاط مجاور نسبت به فاصله آنها از نقطه مجهول وزنی
 اختصاص می‌یابد. در حقیقت نوعی درون‌یابی وزن دار
 انجام می‌گیرد. مقادیر تخمین از روابط زیر محاسبه
 می‌شود (محمدی، 1386).

$$W\alpha \frac{1}{D_i^n} \quad (2)$$

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n z_i d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-n}} \quad (3)$$

که در آن:

Z_0 : مقدار تخمین زده شده متغیر Z در نقطه 0

Z_i : مقدار متغیر در نقطه i

شرط نرمال بودن داده‌ها وجود ضریب چولگی
 بین 1 و -1 و همچنین کشیدگی بین 3+ و 3- در داده‌ها
 می‌باشد و در غیر اینصورت بایستی از روش‌های مختلف
 جهت نرمال سازی داده‌ها استفاده گردد (محمدی، 86).
 رابطه عمومی این روش‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

کریجینگ¹

تخمین زمین آماری فرآیندی است که طی آن
 می‌توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را
 با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با
 مختصات معلوم به دست آورد و می‌توان گفت بهترین
 تخمین گر ناریب (BLUE)² است. از مهمترین ویژگی‌های
 های آن این است که به ازای هر تخمینی خطای مرتبط با
 آن را می‌توان محاسبه نمود. این تخمینگر با استفاده از
 معادله ارائه شده توسط کریج (1951) به شکل زیر تعیین
 می‌شود.

معادله آن:

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

$z(x)$: متغیر تخمینی در

نقطه x .

1. Kriging

2. Best Linear Unbias Estimator

d_i : فاصله نقطه نمونه تا نقطه مورد تخمین و ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌کند.

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 (محمدی، 1386).

توابع مختلف این روش شامل اسپلاین کاملاً منظم¹، اسپلاین با کشش²، چندجمله‌ای درجه دوم³، چند جمله‌ای درجه دوم معکوس⁴، اسپلاین صفحه نازک⁵ می‌باشد. در این روش تابع اصلی تعیین و اعداد پارامتر تابع بهینه می‌شود. 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 ارزیابی متقاطع⁶ و معیارهای میانگین مطلق خطا⁷ و میانگین اریب خطا⁸ برای سنجش استفاده به عمل آمد. MAE معرف دقت و MBE معرف انحراف هر روش می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردند:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |z^*(xi) - z(xi)|}{n} \quad (4)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (z^*(xi) - z(xi))}{n} \quad (5)$$

که در آنها

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

$Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده در نقطه xi

n : تعداد نقاط می‌باشد.

در شرایطی که MAE و MBE برابر صفر و یا نزدیک به صفر باشند نشان‌دهنده این است که روش مورد استفاده دقت بالایی دارد و با فاصله یافتن از صفر، دقت روش مورد نظر کاهش می‌یابد (اسکوئی، 1386).

نتایج

خلاصه آماری داده‌های مربوط به پارامتر خاک در جدول (1) آورده شده است. نتایج نشان دهنده نرمال بودن داده‌ها می‌باشد.

برای استفاده از روش کریجینگ نیاز به بررسی ساختار مکانی داده‌ها با استفاده از ترسیم واریوگرام است در جدول (2) بهترین مدل به همراه پارامترهای واریوگرام آورده شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. وقتی این نسبت کمتر از 0/25 باشد متغیر دارای ساختار مکانی قوی می‌باشد، بین 0/25-0/75 ساختار مکانی متوسط و بزرگتر از 0/75 ساختار مکانی ضعیف می‌باشد (رابینسون و همکاران، 2006)

با توجه به اینکه نسبت اثر قطعه‌ای بر آستانه برای ماده آلی و سیلت کمتر از 0/25 می‌باشد این پارامترها دارای پیوستگی مکانی قوی هستند. همچنین این نسبت برای شن متوسط و رس پیوستگی مکانی متوسط رو به ضعیف دارد (شکل 3). پس از مدل‌سازی واریوگرام، از روش‌های کریجینگ و عکس فاصله وزن‌دار و توابع پایه شعاعی برای پیش‌بینی تغییرات مکانی خصوصیات خاک استفاده شد. با توجه به اینکه واریوگرام رس، توجیه مناسبی برای استفاده از روش کریجینگ ندارد بنابراین از دو روش دیگر برای برآورد آن استفاده می‌شود. برای ارزیابی روش‌ها از پارامتر MAE و MBE استفاده گردید (جدول 3). بر اساس این جدول ملاحظه می‌گردد که روش کریجینگ برای پارامترهای سیلت، شن، ماده آلی دارای خطای کمتر و در نتیجه از دقت بیشتری برای برآورد خصوصیات خاک برخوردار است. در مورد رس نشان داده شد که روش توابع پایه شعاعی با خطای 2/72 و انحراف 0/28 از دقیق‌تری بیشتر برخوردار می‌باشد. پس از انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی برای هر یک از خصوصیات خاک اقدام به درون‌یابی گردید و در نهایت با استفاده از نرم افزار GIS نقشه پهنه‌بندی خصوصیات خاک تهیه شد (نقشه 1، 2، 3، 4).

1. Completely Regularized Spline

2. Spline with Tension

3. Multiquadratic

4. Inverse multiquadratic

5. Thin Plate Spline

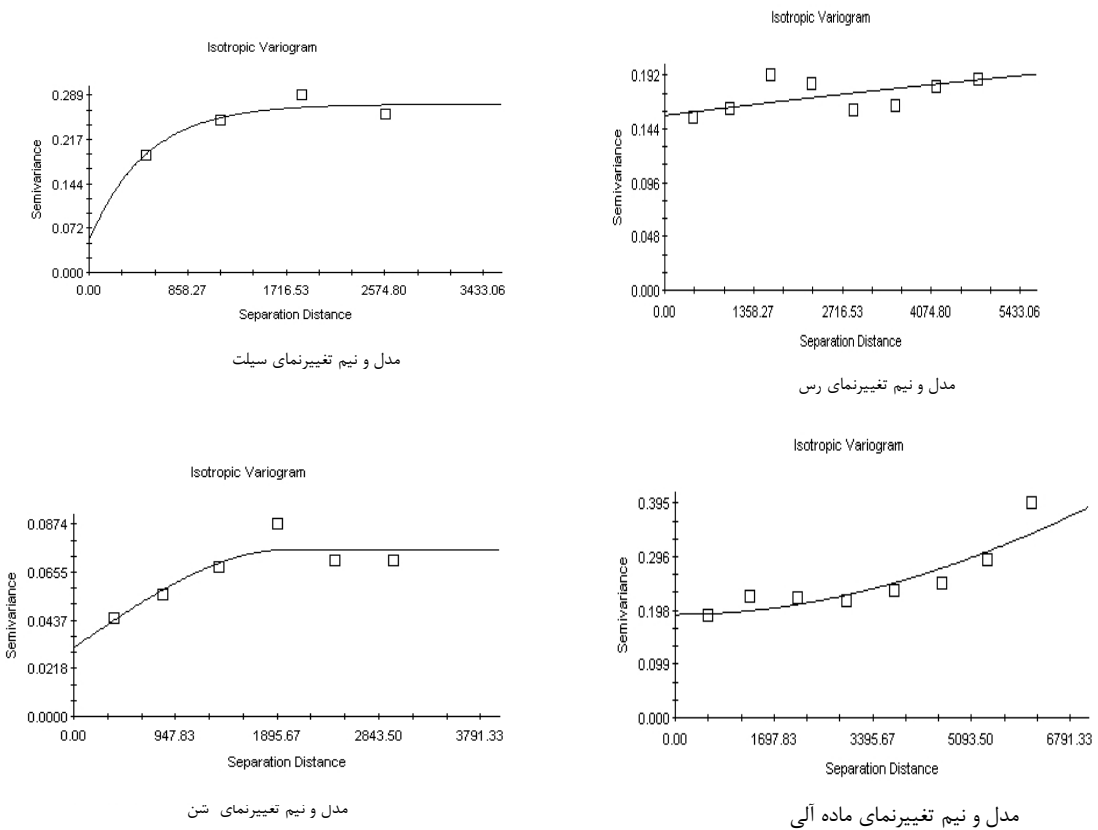
6. Cross Validation

7. Mean Absolute Error(MAE)

8. Mean Bias Erroe (MBE)

جدول 1- نتایج خلاصه آماری هر یک از متغیرهای مورد بررسی خاک در منطقه مورد مطالعه

| متغیر | میانگین | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | ضریب تغییرات | چولگی | کشییدگی |
|----------|---------|-------|--------|--------------|--------------|-------|---------|
| سیلت | 23/61 | 8 | 49 | 11/62 | 135/096 | 0/78 | -0/68 |
| شن | 65/30 | 36 | 88 | 14/84 | 220/39 | -0/67 | -0/68 |
| رس | 11/10 | 4 | 22 | 4/58 | 20/99 | 0/70 | -0/23 |
| ماده آلی | 0/688 | 0/23 | 1/6 | 0/328 | 0/107 | 0/79 | 2/83 |



شکل 3- نیم تغییر نماهای مرتبط با متغیرهای مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

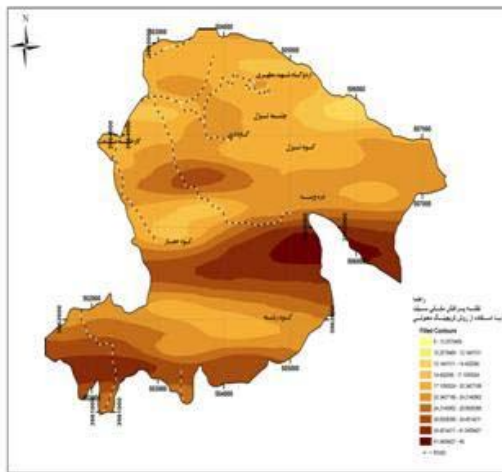
جدول 2- بهترین مدل برازش داده شده به واریوگرام و پارامترهای مربوط به آن برای هر یک از متغیرهای مورد بررسی خاک

در منطقه مورد مطالعه

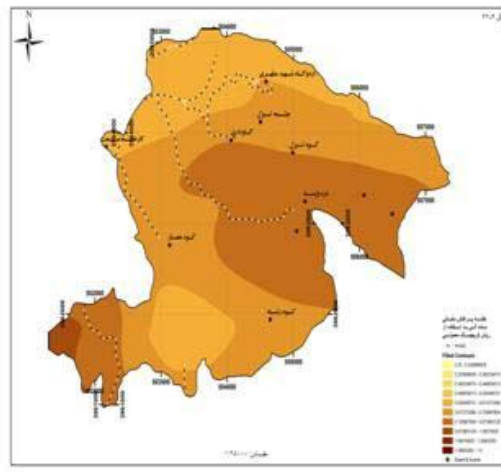
| متغیر | مدل | شعاع تأثیر (متر) | آستانه (C ₀ +C) | اثر قطعه‌ای (C ₀) | $\frac{(C_0)}{(C_0 + C)}$ % |
|----------|-------|------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| سیلت | نمایی | 497 | 0/2742 | 0/0521 | 19 |
| شن | کروی | 1999 | 0/075 | 0/031 | 41 |
| رس | نمایی | 2100 | 0/313 | 0/156 | 50 |
| ماده آلی | گوسی | 1935 | 1/892 | 0/190 | 11 |

جدول 3- نتایج ارزیابی روش‌های درون‌یابی متغیرهای مورد بررسی خاک در منطقه مورد مطالعه

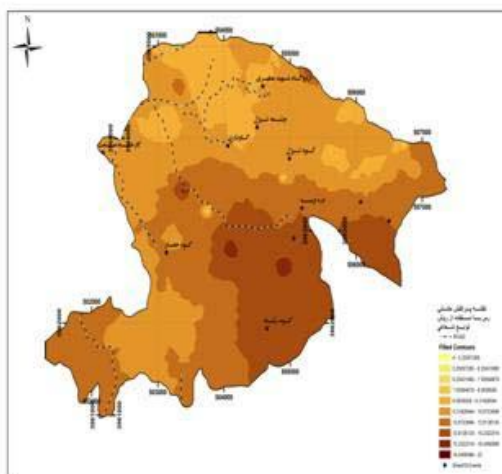
| متغیر | روش‌های درون‌یابی | RMS | MAE | MBE |
|----------|-----------------------|-------|------|-------|
| سیلت | روش کریجینگ | 10/73 | 6/35 | -0/30 |
| | روش توابع پایه شعاعی | 11/04 | 6/53 | -0/01 |
| | روش عکس فاصله وزن دار | 10/98 | 6/43 | 0/18 |
| شن | روش کریجینگ | 13/60 | 8/18 | 0/09 |
| | روش توابع پایه شعاعی | 13/85 | 8/34 | -0/11 |
| | روش عکس فاصله وزن دار | 13/92 | 8/38 | -0/52 |
| رس | روش توابع پایه شعاعی | 4/54 | 2/72 | 0/28 |
| | روش عکس فاصله وزن دار | 4/60 | 2/86 | 0/30 |
| | روش کریجینگ | 0/300 | 0/19 | 0 |
| ماده آلی | روش توابع پایه شعاعی | 0/304 | 0/2 | 0 |
| | روش عکس فاصله وزن دار | 0/301 | 0/2 | 0 |
| | روش کریجینگ | | | |



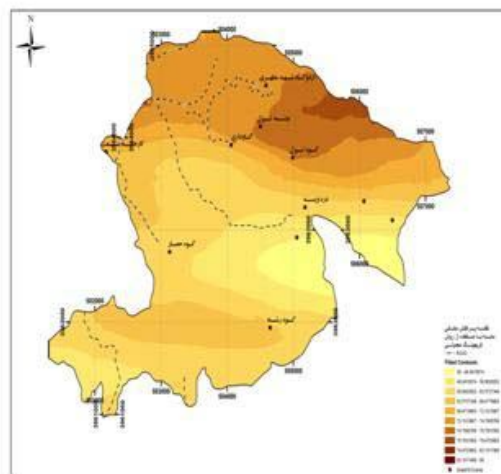
الف- نقشه ۱: پراکنش مکانی سیلت



ب- نقشه ۲: پراکنش مکانی ماده آلی



ج- نقشه ۳: پراکنش مکانی رس



د- نقشه ۴: پراکنش مکانی شن

شکل 4- نقشه توزیع مکانی متغیر، رس، سیلت، شن و ماده آلی در منطقه مورد مطالعه

بحث

در این مناطق بر مقدار آن افزوده می‌گردد. با مشاهده نقشه پراکنش مکانی شن می‌توان بیان نمود که تغییرات این متغیر از مقادیر کم در بخش‌های جنوبی منطقه با مقادیر زیاد در بخش‌های شمالی و شمال شرقی منطقه در نوسان است که علت این تغییرات را می‌توان به خصوصیات پستی و بلندی منطقه و اثرات پدیده فرسایش بویژه آبی و همچنین چرای مفرط دام در مراتع بالا دست مرتبط دانست. عدم رعایت اصولی به ظرفیت مراتع و مقدار بهره‌برداری بهینه از آنها توسط دام که در اثر عدم رعایت نرخ دام‌گذاری و ورود زود هنگام دامها به مراتع می‌باشد منجر به افزایش لگدکوبی و تخریب خاک شده و افزایش پدیده فرسایش خاک را به همراه خواهد داشت. با انجام پدیده فرسایش، ذرات حساس به فرسایش از پروفیل خاک (سطحی) خارج شده و محتوی ذرات درشت خاک (شن) که حساسیت کمتری را در مقابل عوامل فرسایش دهنده، (آب و باد) دارند، در خاک سطحی بیشتر خواهد شد و بدین ترتیب مقدار ذرات شن در مناطقی از حوزه آبخیز که دارای شدت پستی و بلندی و تخریب بیشتری هستند نسبت به نقاطی از منطقه مورد نظر که شیب و تخریب کمتر است، بیشتر خواهد بود (شکل 4-ح).

با دقت در نقشه پراکنش توزیع مکانی رس مشخص می‌شود که تغییرات با نوسانات کمی صورت می‌گیرند. مقدار این تغییرات در بخش‌های مرکزی و جنوبی بیشتر از سایر بخش‌ها می‌باشد که علت را می‌توان در نوع سازندهای زمین شناسی این بخش‌ها (مارن میوسن) و نوع خاک این مناطق که از نظر توپوگرافی در نقاط با شیب کمتری برخوردارند (خاک با بافت رسی لومی) اشاره نمود.

به طور کلی نتایج این تحقیق بیان‌کننده مناسب-تر بودن روش کریجینگ در تهیه نقشه متغیرهای سلیت، شن و ماده آلی خاک بوده است. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج تحقیقات حاج رسولی‌ها و همکاران (1980)، لسلت و همکاران (1987)، محمدی (2000)، بوسان و همکاران (2003)، جیاچون و همکاران (2007) مبتنی بر مناسب‌تر بودن روش کریجینگ در برآورد توزیع مکانی متغیرهای شن، سلیت، ماده آلی همخوانی دارد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که توزیع مکانی ویژگی‌های خاک، بیشتر با مدل‌های نمایی و کروی قابل توضیح است که با نتایج ژاو و همکاران (2007) همخوانی دارد. همانطور که در این تحقیق بیان شد متغیر ماده آلی و سلیت خاک از ساختار مکانی قوی برخوردار بوده‌اند که این امر را می‌توان به فاصله مناسب نمونه-برداری از هم مرتبط دانست. نتایج این بخش از تحقیق با

به منظور عدم گسترش آثار ناشی از بهره‌برداری غلط از اراضی، لزوم یک برنامه ریزی صحیح و طولانی مدت در زمینه استفاده از اراضی بر اساس استعدادشان مشهود است. در این راستا یکی از پایه‌های ترین اطلاعات منابع اراضی بدون شک نقشه خصوصیات خاک است. لذا با کمک گرفتن از روش‌های درون‌یابی می‌توان با کمترین داده‌های ممکن اقدام به تهیه نقشه خصوصیات خاک کرد. وجود ساختار ارتباط مکانی برای اکثر متغیرهای خاک در تحقیقات بسیاری نشان داده شده است و مدل‌های تغییر نمای کروی، گوسی جهت بررسی تغییرپذیری خاک و تخمین به وسیله کریجینگ در مطالعات زیادی به کار گرفته شده است (میلر و همکاران، 1988)؛ (کمبردلا و همکاران، 1994).

نتایج نشان داد که متغیر رس وابستگی مکانی ضعیف، ماده آلی و سلیت وابستگی مکانی قوی و شن وابستگی مکانی متوسط دارند که نتایج این بخش از تحقیق با نتایج لوپز و همکاران (2002)، (محمدزمانی، 1386) و (سرمدیان، 1388) همخوانی دارد.

قوی بودن ساختار مکانی ماده آلی و سلیت را می‌توان به مناسب بودن فاصله نقاط نمونه‌برداری در حین انجام تحقیق مرتبط دانست. با توجه به آنکه اقلیم منطقه جزء مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد و پوشش گیاهی منطقه بیشتر از مراتع فقیر با حداکثر 30 درصد تاج پوشش تشکیل شده است، تولید ماده آلی از طریق تجزیه و تخریب لاشبرگ و سایر اندام‌های گیاه به کندی صورت گرفته است. از طرفی دیگر نیز این شرایط در کل منطقه تقریباً یکنواخت می‌باشد، لذا تغییرات ماده آلی در کل منطقه مورد نظر با نوسانات کمتری بوقوع می‌پیوندد (شکل 4-الف). در ارتباط با متغیر سلیت نیز بایستی بیان نمود با توجه به آنکه حساس‌ترین ذرات به فرسایش می‌باشند، در اثر انجام فرسایش در مناطق مرتفع‌تر این ذرات جدا شده و در اثر رسوبگذاری به مناطق پست‌تر تجمع می‌یابند، همانطور که در (شکل 4-ب) مشخص است تغییرات مکانی مقادیر سلیت در کل منطقه از شدت بیشتری نسبت به ماده آلی برخوردار است و این امر نیز می‌تواند بیانگر اثر متفاوت پستی و بلندی در اثر فرسایش بر مقادیر سلیت در کل منطقه مورد مطالعه باشد.

همانطور که مشخص است بخش‌های شمالی منطقه به دلیل مرتفع بودن دارای کاهش مقدار سلیت در اثر فرسایش می‌باشد با حرکت به سمت جنوبی منطقه که از ارتفاعات کاسته شده و به مناطق کم شیب افزوده می‌گردد در اثر انتقال سلیت از مناطق مرتفع و تجمع آن

متغیرها، بستگی به نوع متغیر، فاصله نمونه‌برداری، وسعت منطقه مورد نظر، شرایط پستی و بلندی متفاوت می‌باشند به طوریکه در این ارتباط ناهمگن بودن منطقه از لحاظ متغیرها، تعداد نمونه‌ها، وجود و عدم وجود روند نیز نقش خواهد داشت که باید در تحقیقات این چنین این متغیرهای مورد بررسی در یک منطقه نمی‌تواند دلیل بر مناسب بودن همان روش برای آن متغیر در منطقه دیگر باشد.

نتایج تحقیقات شاور و همکاران (2007)، جعفریان (1388) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

زمین آمار ابزار ارزشمندی در تعیین وابستگی مکانی است و سیستم اطلاعات جغرافیایی در کنار زمین آمار برای تهیه نقشه‌های توزیع مکانی خاک نقش ایفا می‌نماید. در اکثر تحقیقات انجام شده مشخص شده است که روش بهینه و مناسب جهت برآورد و تخمین پراکنش

فهرست منابع:

1. پاک نیا، ر، 1385، تجزیه و تحلیل زمین آماری تغییرات مکانی برخی خصوصیات شیمیایی خاک تحت در مدیریت مرتع قرق و مرتع تخریب شده در منطقه سبزکوه چهارمحال و بختیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
2. جعفریان جلودار، ز؛ ارزانی، ح؛ جعفری، م؛ کلارستاقی، ع؛ زاهدی، ق؛ آذرنیوند، ح؛ 1388، توزیع مکانی خصوصیات خاک با روشهای زمین آماری در مراتع رینه. مجله مرتع، شماره 3، صفحات 107-130.
3. سکوتی اسکوتی، ر؛ مهدیان، م؛ محمودی، ش، 1386، مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک، مطالعه موردی دشت ارومیه، مجله پژوهش و سازندگی، شماره 74.
4. سرمیدیان، ف؛ تقی زاده، ر؛ 1388، مقایسه روش‌های درون یابی جهت تهیه نقشه خصوصیات کیفی خاک مطالعه موردی (مزرعه دانشکده کشاورزی)، مجله تحقیقات آب و خاک، شماره 40، ص 165-.
5. صدر، س؛ افیونی، م؛ فتحیان پور، ن؛ 1388، تغییرات مکانی آرسنیک در اراضی با کاربردهای مختلف در استان اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال سیزدهم، شماره 5.
6. محمدی، جهانگردی، 86، پدومتری (آمار مکانی)، جلد دوم، انتشارات پلک.
7. محمدزمانی، س؛ ایوبی، ش؛ خرمالی، ف، 1386، بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی زراعی سرخنگلاته، استان گلستان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره 40.
8. AL-Omran, A.M, G, Abdel-naser, Ichoudhry and J. AL.Otuibi 2004, spatial variability of soil ph and salinity under data palm cultivation, Soil Science Departement , college of Agrivolture , king saud university, pp, 5-30.
9. Bo Sun a, Shenglu Zhou b , Qiguo Zhao, 2003, Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China , Geoderma 115 , 85-99.
10. Burgess, T.M., and Webster R. (1980), Optimal interpolation and isarithm mapping of soil properties; the semi-variogram and punctual kriging. Journal Soil Science. 31, 315-31.
11. Davis, B.M. (1987), Uses and abuses of cross-validation in geostatistics, Math Geol, Vol (19), 241-248.
12. Hajrasuliha, s. N. Baniabassi, j. Methey and D. R. Nielsen 1980, spatial variability of soil salinity studies in southwest Iran, Irrig. Science. 1: 196- 208.
13. Hassanipak, A.A. 2006. Geostatistics. Tehran University, 330p. (In Persian).
14. Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R., and Whisler, F.D. (2005), Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soils. Soil Science. Am. J. 69:1338-1350.

15. Jiachun shi, haizhen Wang , jiaming Xu, jianjun Wu, Xingmei Liu and haiping Z.C.Y. (2007), Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of changing, china, environ Geol, vol(52): 1-10.
16. Krige, D.G., 1951. A statistical approach to some basic mine valuation problem on the Witwatersrand . J., Chem Metall. Min. Soc. S. Africa 52 (6), 119-139.
17. Laslett, G.M., Mcbratney, A.B., Phal, P.I. and Hutchinson, M.F., 1987. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. Journal od Soil Science 38:325-341.
18. Mohammadi J. 2000. Geostatistical . evaluation and maping of soil salinity hazard in Ramhormoz area using disjuctinve kriging journal of agricultural Research, Vol 6: 45-57,(in Persian).
19. Meul. M, Van Meirvenne. M. (2003). Kriging soil, texture under different types of nonstationarity, Geoderma. Vol (112): 217-233.
20. Perez-Rodr guez R., Marques M.J., Bienes R. 2007. Spatial variability of the soil erodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level. Science. Total Environment, v. 378, p. 166-173.
22. Q.ZHU, H. S. LIN, 2010, comparing ordinary kriging avd regression kriging for soil properties in contrasting landscapes, Journal soil, Science, 20(5), 594-606.
23. Robinson,T.P and Metternicht, G. (2006). Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties, Computer and Electronics in Agriculture. Vol (50):97-108.
24. Steffens, M., Kolbl, A., Totsche, K.U and Kogel, I. 2007, Grazing Effects on soil Chemical and Physical Properties in semi arid steppe of Inner Mongolia(P. R. China). Geoderma, 143: 63-72.
25. 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. (1996) Methods of soil analysis. Madison: Soil Science. Soc. of America.
26. 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.
27. Trangmar, B.B. and Uehara, g. 1985. Application of Geostatistic to Spastial Studies of Soil properties , Advances in Agronomy, Vol, 38, PP. 45-94.
28. Webster, r., and Oliver, M.A. 2000, Geostatistical, for Environment Scientists. Australia: Wiley.
29. Webster, R.(2000), Is soil variation random Geoderma 97, 149– 163.
30. Yanni j., Mishima, A., Furakava, S., Akshalov, k., koski, t., 2005, Spatial Variability of Organic matter dynamics in the semi-arid croplands of northen kazakhstan soil science plant nutrient 51, 261-269.
31. Zhao, y., peth, s., kummelbein, j., horn, r., wang, z., stiffens, m., Hoffmann, c., peng , x., 2007, spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in inner Mongolia graaland. Ecological modeling 205, 241-254.