



مجله علمی پژوهشی علوم زمین و آب

نشریه مرتعداری

سال دوم، شماره دوم، ۱۳۹۴

<http://jrm.gau.ac.ir>

## تهیه نقشه پراکنش مکانی برخی خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آمار (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی)

محمدعلی زارع چاهوکی<sup>۱</sup>، محبوبه عباسی<sup>۲</sup> و حسین آذرنیوند<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، آ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۲۵

### چکیده

هدف از این پژوهش تهیه نقشه خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در مراتع طالقان میانی است. به این منظور واحدهای نمونه‌برداری از طریق تلفیق نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه شد. در هر واحد، نمونه‌برداری به روش تصادفی - سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد سه ترانسکت ۱۵۰ متری انجام شد. به طور کلی ۳۰ پروفیل خاک در منطقه حفر گشت و از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه خاک برداشت شد. برای تهیه نقشه متغیرهای شن، رس، سیلت، آهک، اسیدپته، هدایت الکتریکی و ماده آلی در نقاط نمونه‌برداری نشده از روش‌های کریجینگ نقطه‌ای، کریجینگ بلوکی، وزن‌دهی نرمال فاصله و وزن‌دهی معکوس فاصله و از نرم‌افزارهای GIS و GS<sup>+</sup> استفاده شد. برای ارزیابی دقت نتایج از روش اعتبارسنجی متقابل با کمک معیارهای آماری میانگین انحراف خطا، میانگین مطلق خطا و ریشه دوم میانگین مربعات خطا استفاده شد. نتایج نشان داد که در مورد متغیرهای سیلت، شن، رس و اسیدپته؛ مقادیر دقت و خطا در روش‌های کریجینگ بلوکی و نقطه‌ای اختلاف بسیار اندکی دارد و برای تخمین این متغیرها استفاده از دو روش دیگر مناسب‌تر است. در نتیجه، برای تهیه نقشه متغیرهای سیلت، شن، رس، آهک و اسیدپته خاک از روش کریجینگ و برای تهیه نقشه‌های هدایت الکتریکی و ماده آلی خاک از روش وزن‌دهی معکوس فاصله استفاده شد.

**واژه‌های کلیدی:** روش اعتبارسنجی، کریجینگ، وزن‌دهی معکوس، مراتع طالقان میانی

\* مسئول مکاتبه: [mazare@ut.ac.ir](mailto:mazare@ut.ac.ir)

## مقدمه

در یک چشم‌انداز طبیعی تنوع گسترده ویژگی‌های خاک هم از نظر مکانی و هم از نظر حجمی نتیجه اثرات متقابل فرآیندهای تشکیل خاک است. آگاهی از تغییرات مکانی پارامترهای خاکی ابزاری مهم در جهت شناخت استعدادهای منطقه و نحوه مدیریت اراضی است. خاک محیط بسته‌ای به شمار نمی‌رود، اما حاصل اثر متقابل چندین عامل و فرآیندهای تشکیل خاک است. این اثر متقابل باعث پیچیدگی خاک شده و سیستم ناهمگن و دینامیکی را تولید می‌کند (ترانگمر و همکاران، ۱۹۸۵). به‌خاطر اینکه خاک محیطی ناهمسانگرد است، تغییرپذیری افقی و عمودی آن قابل ملاحظه بوده و نادیده گرفته نمی‌شود (هال، ۱۹۸۳؛ آگولینی و ادمندز، ۱۹۸۳). زمین‌آمار ابزار قدرتمندی برای تعیین این تغییرپذیری را فراهم می‌کند. روش‌های تحلیلی زمین‌آماري بطور گسترده‌ای برای بررسی تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه‌ای کاربرد دارند (زنگ و همکاران، ۱۹۹۷؛ مصطفی و یوموتا، ۱۹۹۸؛ بلهامر و همکاران، ۲۰۰۰؛ دلبری و همکاران، ۲۰۰۵؛ عباسی و زارع چاهوکی، ۲۰۱۴؛ زارع چاهوکی و همکاران، ۲۰۱۴) و فهم‌پذیری نرم‌افزارهای زمین‌آماري استفاده از آنالیز مکانی داده‌های خاک را افزایش داده است. در زمین‌آمار به بررسی آن دسته از متغیرها پرداخته می‌شود که دارای ساختار مکانی هستند. به‌عبارت دیگر ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها پرداخته و سپس در صورت وجود ساختار مکانی، تحلیل داده‌ها انجام می‌شود. البته ممکن است نمونه‌های مجاور تا فاصله معینی در قالب ساختار مکانی به هم وابسته باشد. در این حالت احتمالاً میزان تشابه بین مقادیر نمونه‌های نزدیکتر بیشتر است. زیرا در صورت وجود ساختار مکانی، تغییرات ایجاد شده در یک فضای معین شانس بیشتری برای تأثیرگذاری روی فواصل نزدیک به خود دارند تا فواصل دورتر از خود. به‌طور کلی در زمین‌آمار سعی در افزایش دقت برآوردها، تعیین دقت آنها و مشخص کردن زمان و محل مناسب برای اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات است. زمین‌آمار ابزارهای پیشرفته‌ای را برای کمی کردن پدیده‌های مکانی پارامترهای خاک فراهم می‌کند تا درون‌یابی مکانی انجام شود. در واقع درون‌یابی تغییرات پیوسته مکانی را به صورت یک سطح تعریف شده، مجسم می‌سازد. چون در جهان واقعی به دلیل محدودیت‌های محیطی امکان برداشت در هر نقطه دلخواه وجود ندارد، لذا از درون‌یابی استفاده می‌کنیم که درون‌یابی نقش اساسی و مهمی در ترسیم، آنالیز و فهم اطلاعات دوبعدی ایفا می‌کند.

برای تهیه نقشه خصوصیات خاک که از عوامل مهم در پراکنش گونه‌های گیاهی می‌باشند، کاربرد روش‌های آمار مکانی امری اجتناب‌ناپذیر است. تخمین زمین‌آماري یکی از دقیق‌ترین روش‌های

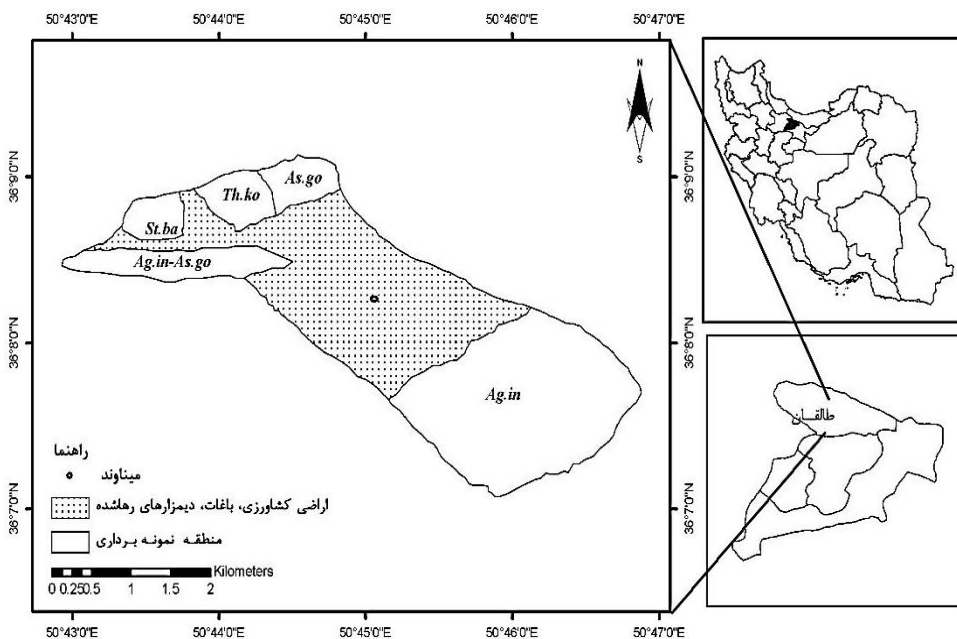
تخمین است چرا که عوامل زیادی نظیر فاصله نقاط، ناهمسانگردی و تغییرپذیری فضایی را مورد بررسی قرار می‌دهد. زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۳)، پراکنش مکانی برخی خصوصیات خاک مراتع شمال شرق سمنان را با استفاده از روش‌های زمین‌آمار بررسی کردند و از روش کریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط  $GS^+$  و GIS برای تهیه نقشه‌های رس، شن، آهک، هدایت الکتریکی و رطوبت قابل دسترس در مکان‌های فاقد نمونه‌برداری استفاده کردند. در ارزیابی مقادیر برآوردشده و واقعی با استفاده از روش تقاطعی روش کریجینگ در همه متغیرها، به جز درصد رس، دارای خطا و انحراف کمتر و دقت بالاتر بوده است. زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی دیگر از روش‌های آمار مکانی برای تهیه نقشه خصوصیات خاک در مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی استفاده کردند و برای ارزیابی دقت نتایج روش اعتبارسنجی متقابل را با کمک دو پارامتر آماری میانگین انحراف خطا و میانگین مطلق خطا بکار بردند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ نقطه‌ای در متغیر سنگریزه عمق اول و گچ دقت بالاتری نسبت به دیگر روش‌های مورد استفاده داشته است. سکوتی و همکاران (۲۰۰۷) برای مقایسه کارایی روش‌های زمین‌آمار از روش تقاطعی با کمک دو پارامتر آماری MBE و MAE استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ از دقت بالایی برای برآورد مقادیر شوری در نقاط بدون داده، برخوردار است. خطای برآورد این روش ۱/۳۱ و انحراف آن ۰/۳۴- دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. پژوهشگران دیگری نیز پراکنش مکانی افق‌های خاک را با استفاده از روش‌های زمین‌آمار بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل کریجینگ معمولی مناسب‌ترین مدل است (آلمی و همکاران، ۱۹۸۸؛ ونوالقم و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین اسفندیارپور بروجنی و همکاران (۲۰۱۰) نقشه‌بندی جغرافیایی خاک‌ها را در منطقه بروجن با استفاده از روش‌های زمین‌آمار انجام دادند و آنها برای ارزیابی روش‌های زمین‌آمار، از روش تقاطعی استفاده کردند. زینگ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تغییرات مکانی خاک‌های شمال شرق چین از جمله ماده‌آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول و قابل دسترس به این نتیجه رسیدند که به غیر از نیتروژن قابل دسترس استفاده از روش کریجینگ برای درونیابی دیگر خصوصیات خاک روش قابل قبولی است.

با توجه به پژوهش‌های یاد شده و به دلیل اینکه آگاهی از تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک در شناخت استعدادهای منطقه و بهره‌برداری صحیح از خاک ابزار مهمی به حساب می‌آید، در این تحقیق از زمین‌آمار برای تعیین الگوی تغییرات مکانی و تهیه نقشه‌های خصوصیات خاک استفاده شد. در برنامه‌ریزی‌های مربوط به عملیات اصلاح مراتع در کاشت گونه‌های مناسب، نقشه خصوصیات خاک

کمک زیادی می‌کند. با استفاده از پژوهش‌هایی از این قبیل می‌توان از خصوصیات خاک‌ها منطقه در برنامه‌ریزی برای اصلاح مراتع، تعیین مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی و هر گونه برنامه مدیریتی اراضی استفاده کرد.

## مواد و روش‌ها

**معرفی منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد بررسی در حوزه آبخیز طالقان (شمال غربی استان البرز) در بخش میانی حوزه با وسعت ۳۷۹۷۷/۱۲ هکتار و با موقعیت جغرافیایی  $50^{\circ} 53' 20''$  تا  $50^{\circ} 36' 43''$  طول شرقی و  $36^{\circ} 5' 19''$  تا  $36^{\circ} 19' 19''$  عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع منطقه از سطح دریا ۳۰۰۰ متر و حداقل آن ۱۸۰۰ متر است. متوسط بارندگی منطقه در حدود ۵۰۰ میلی‌متر و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه ارتفاعات سرد (نیمه مرطوب سرد و مرطوب سرد)، بر اساس روش دومارتن فراسرد ارتفاعی (مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب، خیلی مرطوب) و به روش گوسن سرد محاسبه شد. شکل (۱) موقعیت منطقه را در ایران و استان البرز نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه در ایران و استان البرز.

## روش تحقیق

از بخش‌های اصلی هر پژوهش، نمونه‌برداری متناسب با اهداف تحقیق و منطقه مورد مطالعه است. به این منظور واحدهای نمونه‌برداری از طریق تلفیق نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه شد. در هر واحد، نمونه‌برداری به روش تصادفی - سیستماتیک از طریق پلات گذاری در امتداد سه ترانسکت ۱۵۰ متری انجام شد. در هر واحد نمونه‌برداری از دو ترانسکت ۱۵۰ متری در جهت شیب و یک ترانسکت در جهت عمود بر شیب استفاده شد و با توجه به تغییرات فیزیوگرافی و عوامل محیطی و به صورتی که نمونه‌برداری در کل منطقه همگن باشد، در شش واحد نمونه‌برداری در ابتدا و انتهای هر ترانسکت پروفیل حفر شده و نمونه‌برداری از خاک تا عمق ریشه‌دوانی گونه‌های غالب که معمولاً حدود ۳۰-۰ سانتی‌متر است انجام شد. از آنجا که ریشه گیاهان مرتعی بیشترین فعالیتشان در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری است (بدنارک و همکاران، ۲۰۰۵) و با توجه به کوهستانی بودن منطقه نمونه‌برداری، بیشتر از این عمق معقول نیست. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری نیز به وسیله سیستم موقعیت‌یاب جهانی ثبت شد. در مرحله بعد نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شد. سپس، نمونه‌ها خاک از الک دو میلی متری عبور داده شد. پس از آن بر روی ذرات کوچک‌تر از دو میلی‌متر آزمایش فیزیکی تعیین ذرات نسبی خاک شامل رس، سیلت و ماسه به روش هیدرومتری بایکاس برای تعیین بافت خاک انجام شد که بر مبنای قانون استوکز استوار است و به دلیل استفاده از هیدرومتر بایکاس در آن، به این نام خوانده می‌شود. در بررسی‌های تجزیه شیمیایی خاک، میزان اسیدیته خاک در گل اشباع با pH متر، درصد کربن آلی به روش والکی و بلاک (۱۹۳۴)، آهک به روش کلسیمتری و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی (مک لین، ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد. برای توصیف تغییرات مکانی هر ویژگی خاک و تهیه نقشه هر متغیر خاک از روش‌های زمین‌آمار استفاده شد.

زمین‌آمار با استفاده از اندازه‌گیری‌هایی که در نقاط نمونه‌برداری شده در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است، پیش‌بینی‌های دقیقی را برای دیگر موقعیت‌هایی که در آنها اندازه‌گیری صورت نگرفته است و در همان ناحیه مورد مطالعه هستند، ایجاد می‌نماید (ترابی آزاد و همکاران، ۲۰۱۰). در بررسی‌های آمار کلاسیک، مقدار اندازه‌گیری شده یک کمیت معین در یک نمونه خاص مستقل از موقعیت مکانی آن مورد تحلیل قرار می‌گیرد، در حالیکه در زمین‌آمار نمونه‌ها به حالت مستقل از یکدیگر در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه مقدار کمیت مورد نظر همراه با موقعیت مکانی نمونه‌ها مورد

تحلیل قرار می‌گیرند. این ارتباط مکانی بین مقدار یک کمیت در جامعه نمونه‌های برداشت شده ممکن است در قالب‌های ریاضی که به آن ساختار مکانی گفته می‌شود، قابل بیان باشد (حسینی پاک، ۱۹۹۸). در زمین‌آمار نمونه‌ها به حالت مستقل از یکدیگر در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه مقدار کمیت مورد نظر همراه با موقعیت مکانی نمونه‌ها همزمان مورد تحلیل قرار می‌گیرند. کاربرد اساسی زمین‌آمار، پیش‌بینی مقادیر توصیفی در موقعیت‌های نمونه‌برداری نشده است.

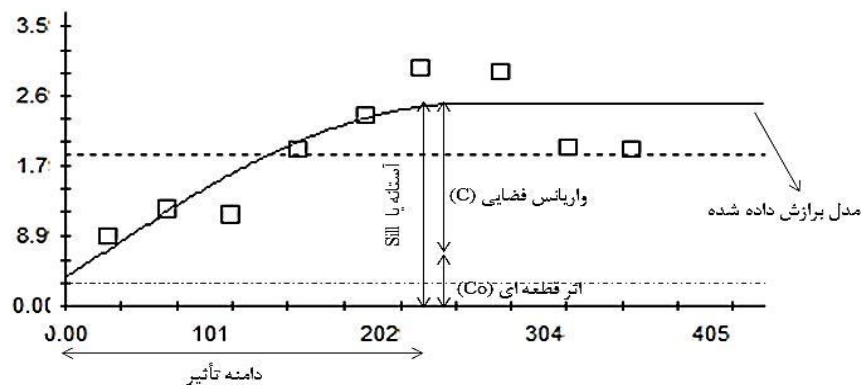
به منظور بررسی و تشریح ارتباط و ساختار فضایی از تجزیه و تحلیل «تغییرنا یا واریوگرام» در نرم‌افزار  $GS^+$  نسخه ۹ استفاده شد. اگر یک ویژگی به طور مداوم در ابعاد مکانی تغییر کند آن را می‌توان با تغییرنا نشان داد. تغییرناها تغییرات فاصله‌ای یا تغییرپذیری ساختاری متغیرها را نشان می‌دهند. تغییرنا کمیتی برداری است که درجه همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه‌گیری شده را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آنها نشان می‌دهد. این روش به طور گسترده در آنالیز اکولوژیکی ناهمگنی خاک از طریق محاسبه نیمه واریانس‌ها به کار می‌رود (ونگ، ۱۹۹۹؛ ویرجیلیو و همکاران، ۲۰۰۷؛ زنگ و همکاران، ۲۰۰۸). هر تغییرنا شامل پارامترهای اساسی زیر است که ساختار مکانی را توضیح می‌دهند:

اثر قطعه‌ای (CO): به مقدار واریوگرام به ازای فاصله صفر اثر قطعه‌ای گفته می‌شود. مقدار واریوگرام به ازای فاصله صفر باید به مقدار حداقل خود یعنی صفر تنزل یابد ولی در عمل واریوگرام‌های واقعی از چنین شرایطی تبعیت نمی‌کنند.

سقف (آستانه) (CO+C): مقدار هر واریوگرام از مقدار کم شروع شده و پس از فراز و نشیب‌هایی ممکن است به حد ثابتی میل کند که به آن سیل یا سقف گفته می‌شود. بعضی از واریوگرام‌ها تمایلی به نزدیک شدن به حد ثابتی از خود نشان نمی‌دهند که دلالت بر وجود روند در محدوده مورد مطالعه دارند. لذا در زمین‌آمار واریوگرام‌هایی که به سقف مشخصی می‌رسند، اهمیت بیشتری دارند (حسینی پاک، ۱۹۹۸).

نسبت C/C+CO: کمیتی است که برای طبقه‌بندی میزان وابستگی مکانی متغیرها به کار می‌رود (کامباردلا و همکاران، ۱۹۹۴). اگر این نسبت کمتر از ۲۵ درصد باشد وابستگی مکانی متغیر ضعیف است، اگر این نسبت بین ۲۵ درصد تا ۷۵ درصد باشد، وابستگی مکانی آن متوسط و اگر بالاتر از ۷۵ درصد باشد، وابستگی مکانی متغیر قوی است.

دامنه تأثیر: فاصله‌ای است که در آن واریوگرام به حد ثابتی رسیده و به حالت خط افقی نزدیک می‌شود. این دامنه محدوده‌ای را مشخص می‌کند که می‌توان از داده‌های موجود در آن برای برآورد متغیرهای مجهول استفاده کرد و هر چه بزرگتر باشد دلالت بر پیوستگی مکانی گسترده‌تری می‌باشد. در شکل (۲) نمایی از یک تغییر واریوگرام (تغییرنما) ارائه شده است.



شکل ۲- نمایی از یک واریوگرام.

برای ورود داده‌ها به نرم‌افزار فایلی شامل طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری و مقادیر ویژگی‌های مورد نظر تهیه شد. برای محاسبه واریوگرام‌ها تمام مدل‌هایی که نرم‌افزار امکان به‌کارگیری آنها را فراهم می‌کند اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب شود. این مدل‌ها شامل مدل‌های همسانگرد (مستقل از جهت) و مدل‌های ناهمسانگرد (وابسته به جهت) هستند که هر کدام خود شامل مدل‌های خطی، کروی، نمایی و گوسین می‌باشند. در تحلیل واریوگرام نوع مدل و مقادیر متغیرهای شعاع تأثیر، آستانه و اثر قطعه‌ای تعیین شد.

### معیارهای ارزیابی

در این پژوهش جهت تعیین نقشه‌های متغیرهای خاکی مورد نظر چهار روش درونیابی کریجینگ نقطه‌ای، کریجینگ بلوکی، وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW)<sup>۱</sup> و وزن‌دهی فاصله نرمال (NDW)<sup>۲</sup> مورد

1. Inverse Distance Weighting
2. Normal Distance Weighting

بررسی قرار گرفتند. در سطح کارایی هر روش درونیابی یا به بیانی دیگر میزان دقت تخمین‌ها، با مقایسه کردن میزان انحراف تخمین‌ها از داده‌های اندازه‌گیری شده به روش اعتبارسنجی متقاطع ارزیابی شد. در این روش مقایسه‌ای بین نقاط اندازه‌گیری شده و مقادیر تخمینی توسط روش‌های مورد استفاده صورت می‌گیرد. به این ترتیب که یک نقطه حذف شده و با استفاده از سایر نقاط و اعمال روش درونیابی مورد نظر برای این نقطه، تخمین صورت می‌گیرد؛ سپس این نقطه به محل خود برگردانده می‌شود و نقطه بعدی حذف می‌گردد و به این ترتیب برای تمام نقاط برآورد صورت می‌گیرد، به طوری که در پایان دو ستون شامل مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر برآورد شده وجود دارد که توسط آن می‌توان خطا و انحراف روش را برآورد کرد (میرموسوی و همکاران، ۲۰۱۰) متداولترین معیارهای آماری انجام این انحرافات معیارهای RMSE، MAE و MBE می‌باشند (عساکره، ۱۹۸۷؛ شعبانی، ۲۰۰۹). مقادیر معیارهای مذکور از رابطه‌های شماره ۱ الی ۳ به دست می‌آیند:

$$RMSE = \frac{\sqrt{(Z'(xi) - Z(xi))^2}}{2} \quad (1)$$

$$MAE = 1/n \sum_{i=1}^n |(Z'(xi) - Z(xi))| \quad (2)$$

$$MBE = 1/n \sum_{i=1}^n (Z'(xi) - Z(xi)) \quad (3)$$

در روابط فوق  $Z'(x_i)$  مقدار برآورد شده  $x_i$ ،  $Z(x_i)$  مقدار مشاهده شده  $x_i$  و  $n$  تعداد داده‌ها است. معیار اول دقت مدل را برحسب تفاضل بین مقادیر واقعی و مقادیر برآورد شده ارزیابی می‌کند. هر اندازه مقدار آن کمتر و دو معیار MAE و MBE نیز به صفر نزدیک‌تر باشد، حاکی از اختلاف کمتر بین مقادیر برآورد شده با مقادیر مشاهده شده است (پوردوم و رد، ۱۹۹۹؛ علیجانی و همکاران، ۲۰۰۸)؛ و نشان‌دهنده این است که روش استفاده شده واقعیت را خوب شبیه‌سازی می‌کند (فرجی شکرپور و عزیزی، ۲۰۰۶). در نهایت اقدام به تهیه نقشه‌های مربوط به عوامل حاکی مورد مطالعه با استفاده از روش‌های میانبایی در نرم‌افزار Arc GIS نسخه ۹.۳ گردید. برای هر یک از فاکتورهای فوق روش میانبایی که دارای بالاترین دقت و کم‌ترین مقدار خطای محاسباتی بود، انتخاب شد.



## نتایج

برای انتخاب روش درون‌یابی مناسب نیاز به انتخاب بهترین تابع نیم‌تغییرنما برای برازش بر روی داده‌ها می‌باشد. در این پژوهش چهار نوع نیم‌تغییرنمای (سمی واریوگرام) کرو، گوسین، خطی و نمایی استفاده شده است که در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به جدول برای متغیرهای شن، سیلت، رس، ماده آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی مدل نیم‌تغییرنمای کرو و برای متغیر آهک مدل نیم‌تغییرنمای نمایی مناسب‌تر می‌باشد. مدل کرو از مبدأ مختصات شروع شده و در نزدیکی مبدأ رفتار خطی دارد آنگاه به تدریج شیب آن کم شده و در فاصله معینی که دامنه تأثیر نام دارد به سقف خود می‌رسد. مدل نمایی نیز از مبدأ مختصات شروع می‌شود و در نزدیکی مبدأ رفتار خطی دارد ولی در عمل هیچ‌گاه به حد آستانه و یا سقف معینی نمی‌رسد و دامنه تأثیر آن نامعلوم است. در این مدل ۰/۹۵ حداکثر مقدار واریوگرام تجربی به دست آمده از محدوده تحت پوشش را به عنوان سقف واریوگرام فرض می‌کنند و فاصله متناظر با آن را به عنوان دامنه تأثیر در نظر می‌گیرند. بالا بودن نسبت  $C/CO+C$  نشان‌دهنده بالا بودن ساختار مکانی نسبت به ساختار تصادفی است. در سمی واریوگرامی که مقدار واریانس تصادفی صفر است (بدون ساختار  $CO$ )، مقدار این نسبت یک خواهد بود؛ در نتیجه هرگاه مقدار این نسبت صفر بود یعنی اینکه هیچ وابستگی فضایی بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده وجود ندارد. اگر این نسبت کمتر از ۰/۵ باشد نقش مؤلفه ساختاردار کمتر از مؤلفه بی‌ساختار است و ساختار مکانی ضعیف بوده و کاربرد زمین‌آمار مفید واقع نمی‌شود.

جدول ۱- اجزای مربوط به تغییرنمای متغیرهای خاکی اندازه‌گیری شده در تحقیق.

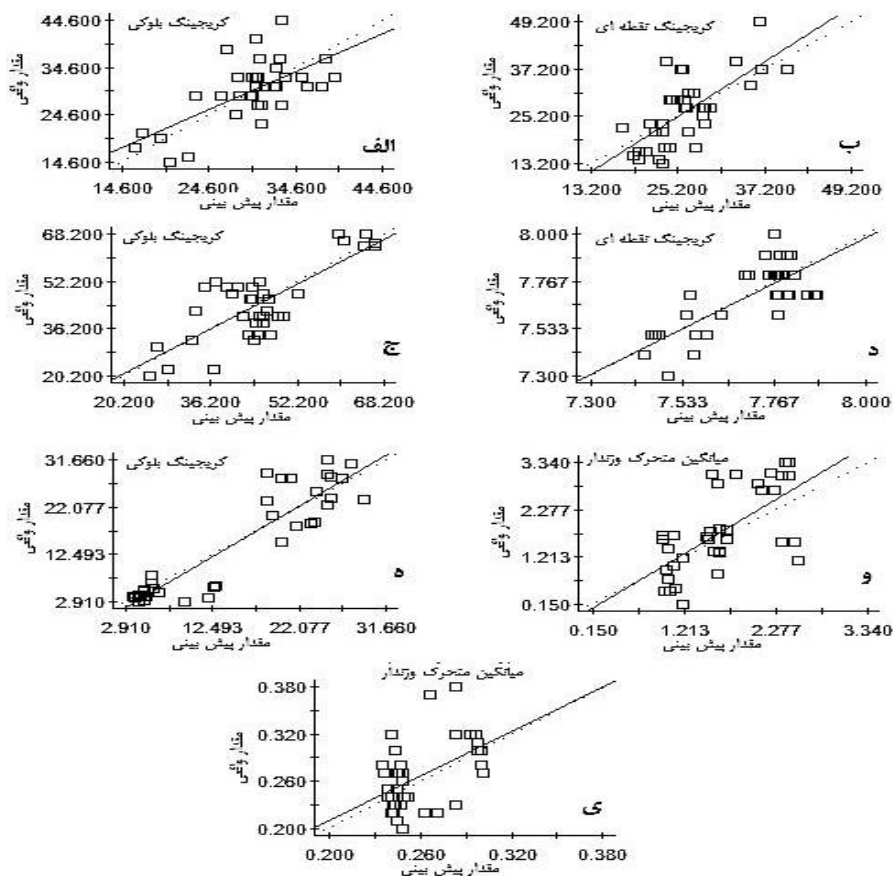
خاصیت	مدل تغییرنما	اثر قطعه‌ای (درصد)	آستانه (درصد)	دامنه تأثیر (متر)	نسبت $C/CO+C$	ضریب همبستگی	فاصله گام (متر)
شن	کروی	۰/۱۰	۲۴۸/۳	۲۶۰۱	۱/۰۰	۰/۷۶۴	۰/۴۵
سیلت	کروی	۰/۱۰	۶۲/۶	۱۹۹۲	۰/۹۹	۰/۵۳۶	۰/۵۵
رس	کروی	۲۴/۵۰	۲۰۹/۲	۹۱۱۰	۰/۸۸	۰/۷۷۸	۰/۵۵
آهک	نمایی	۱/۰	۱۶۹/۰	۱۱۹۰	۰/۹۹	۰/۹۶۹	۰/۵۵
ماده آلی	کروی	۰/۱۲	۱/۳۰۲	۲۹۹۹	۰/۹۰	۰/۷۶۱	۰/۳۵
اسیدیته	کروی	۰/۰۰۴	۰/۰۲۱۹	۱۷۷۰	۰/۸۱	۰/۷۷۸	۰/۳۵
هدایت الکتریکی	کروی	۰/۰۰۰۱	۰/۱۰۷۲	۱۱۹۵	۰/۹۹	۰/۴۷۱	۰/۳۵

بعد از انتخاب توابع نیم‌تغییرنمای مناسب برای هر کدام از شاخص‌ها، هر یک از روش‌های درون‌یابی مورد آزمون قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است. در این جدول میزان دقت روش‌های میان‌یابی برای متغیرهای خاک ارائه شده است. برای هر متغیر، روشی که کمترین مقادیر این معیارها را داشته باشد بالاترین دقت را دارد. بنابراین برای تهیه نقشه‌های متغیرهای خاکی مورد نظر، روشی که کمترین مقادیر این معیارها برای آن متغیر را دارد انتخاب می‌شود. با توجه به جدول (۲) مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده در ارزیابی‌های صورت گرفته در مورد متغیرهای سیلت، شن و آهک خاک با استفاده از کریجینگ بلوکی، متغیرهای رس و اسیدیت با استفاده از کریجینگ نقطه‌ای و متغیر ماده‌آلی و هدایت الکتریکی با استفاده از روش وزن‌دهی فاصله معکوس تطابق بیشتری دارند.

جدول ۲- ارزیابی روش‌های مختلف زمین‌آمار در برآورد متغیرهای خاک به روش تقاطعی.

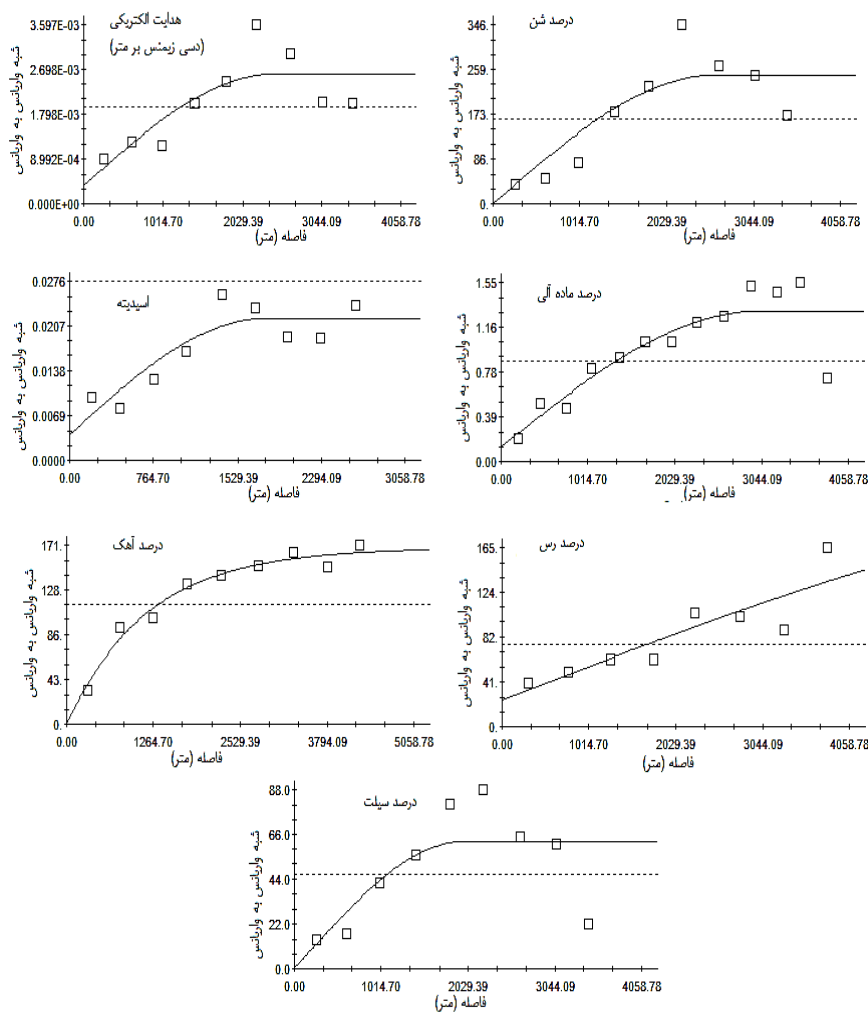
ویژگی	خطا (%)	روش میان‌یابی			
		NDW	IDW	Point kriging	Block kriging
شن	MAE	۱۰/۸۸	۷/۷۹	۶/۵۷	۶/۵۷
	MBE	۱/۷۶	۱/۰۰	۰/۵۱	۰/۵۱
	RMSE	۱۳/۸۲	۹/۳۲	۷/۷۸	۷/۷۸
سیلت	MAE	۵/۶۹	۳/۹۴	۳/۹۱	۳/۹۱
	MBE	-۰/۱۹	-۰/۱۸	-۰/۱۷	-۰/۱۵
	RMSE	۷/۲۰	۵/۱۶	۴/۹۹	۴/۹۸
رس	MAE	۸/۰۲	۵/۵۹	۴/۹۰	۴/۹۱
	MBE	-۱/۷۳	-۱/۱۸	-۰/۱۲	-۰/۱۳
	RMSE	۹/۶۱	۷/۱۰	۶/۱۲	۶/۱۳
آهک	MAE	۹/۶۷	۵/۶۱	۳/۲۷	۳/۲۶
	MBE	۱/۱۷	۱/۴۹	۰/۲۷	۰/۲۷
	RMSE	۱۰/۴۶	۶/۸۶	۴/۳	۴/۲۹
ماده آلی	MAE	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۶	۰/۶
	MBE	-۰/۱۷	-۰/۱۳	-۰/۲۴	-۰/۰۲
	RMSE	۰/۸۹	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۳
اسیدیت	MAE	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۹
	MBE	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷
	RMSE	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۱
هدایت الکتریکی	MAE	۰/۰۳	۰/۰۲۸	۰/۰۳	۰/۰۳۱
	MBE	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱
	RMSE	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴

در شکل (۳) ارزیابی متغیرهای خاک با استفاده از روش‌های درونیابی آمده است. مطلق بودن تخمین در درونیابی از ویژگی‌های عمده مدل کریجینگ است. این ویژگی سبب می‌شود که تخمین‌گر کریجینگ در رسم خطوط هم‌ارزش از حداکثر نقاط نمونه‌برداری عبور نموده و تمایلی به بسته شدن و دور زدن نداشته باشد و از مرز مورد مطالعه فراتر رود. به عبارت دیگر این مدل در تخمین کمیت اندازه‌گیری نشده نقاط یا مختصات معلوم، مقدار واریانس را به حداقل می‌رساند. بنابراین منحنی‌های میزان بر اساس روندیابی ترسیم می‌گردند. اما نبود این ویژگی در روش‌های دیگر درونیابی از جمله روش وزندهی فاصله معکوس سبب می‌شود که خطوط هم‌ارزش تمایل به بسته شدن داشته باشند و کارایی روش را در درونیابی کاهش دهد.



شکل ۳- ارزیابی متغیرهای خاک با استفاده از روش‌های درونیابی  
(الف: سیلت، ب: رس، ج: شن، د: اسیدیته، ه: آهک، و: ماده آلی، ی: هدایت الکتریکی).

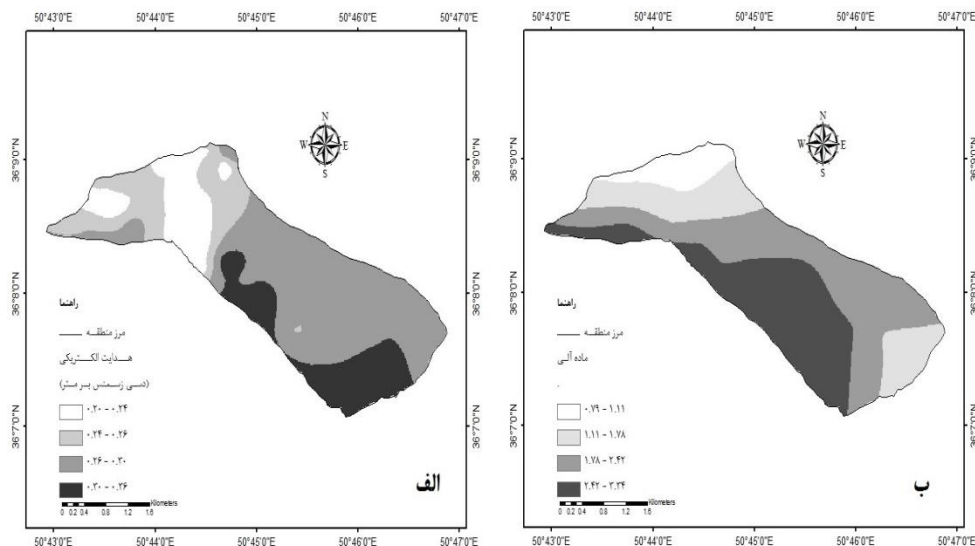
در شکل (۴) مدل و نیم تغییرنمای متغیرهای خاکی اندازه‌گیری شده با استفاده از روش‌های درونیابی آمده است.



شکل ۴- مدل و نیم تغییرنمای عوامل خاکی با استفاده از روش‌های میانجایی.

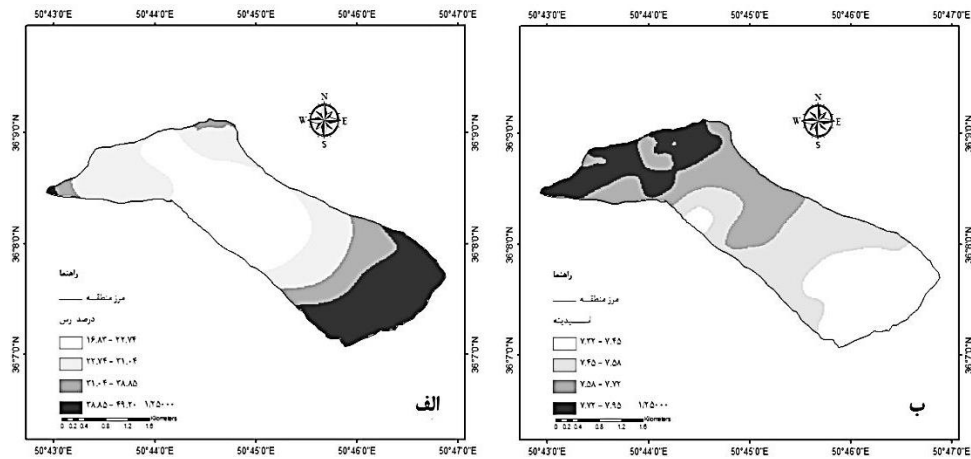
در مرحله بعد نقشه‌های پیش‌بینی مکانی متغیرهای خاکی مذکور بر اساس مناسب‌ترین روش درونیابی برای هر متغیر (کریجینگ و وزندهی فاصله معکوس) در محیط GIS تهیه شد که در شکل‌های ۵ الی ۷ نشان داده شده‌اند. در این نقشه‌ها مناطق تیره میزان بالای متغیرها را نشان می‌دهد و

هر چه رنگ پلی‌گون‌ها روشن‌تر می‌شود مقدار متغیر مورد نظر کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۵ ب، طبقات بالای سه درصد ماده‌آلی تیره‌تر از سایر مکان‌هاست و طبقات پایین‌تر از یک درصد ماده‌آلی روشن‌تر از بقیه است. برای متغیر آهک مشاهده می‌شود که درصد آهک در قسمت شمال منطقه نمونه برداری بیشتر از قسمت‌های جنوبی آن است. همچنین همین روند در متغیر اسیدپتیه قابل دستیابی است به طوری که از مقدار ۷/۳۲ در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه به ۷/۹۵ در بخش‌های شمالی منطقه رسیده است. البته تغییر اسیدپتیه چندان قابل ملاحظه نیست ولی از نظر شیمی خاک چون آهک یک ترکیب قلیایی است می‌تواند توجیه رابطه بین آهک و اسیدپتیه خاک در این مطالعه باشد.

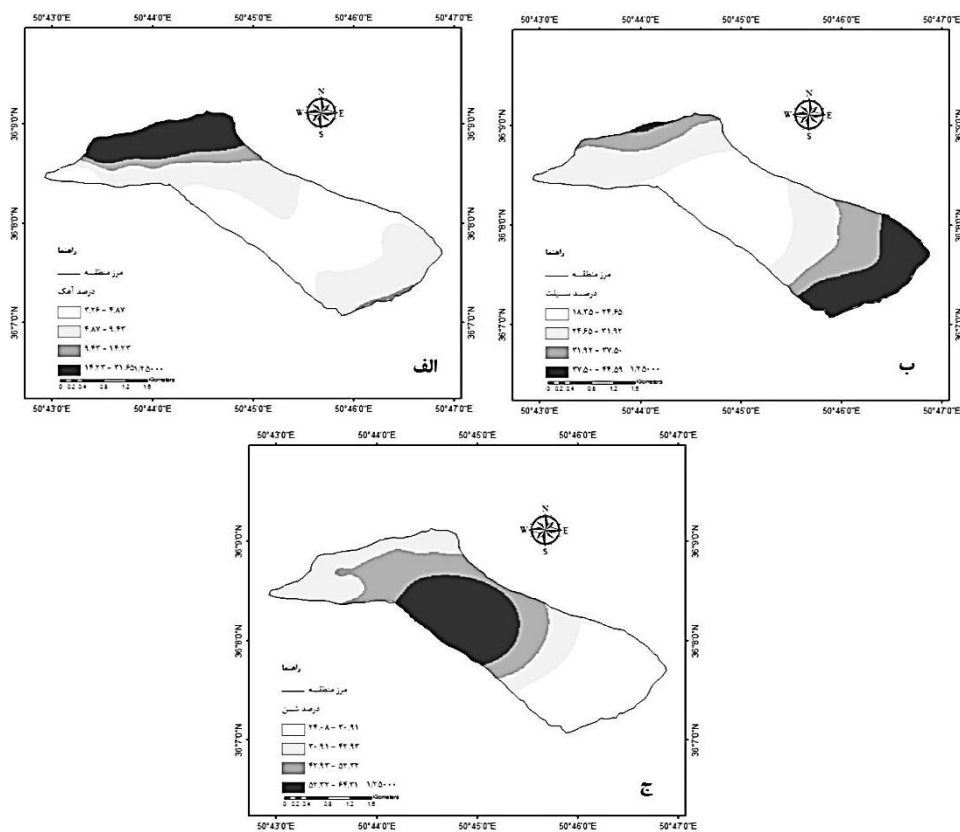


شکل ۵- نقشه متغیرهای الف: هدایت الکتریکی و ب: درصد ماده آلی خاک بر اساس روش میانگین متحرک وزن‌دار.

با توجه به شکل ۶ (الف) و ۷ (ب) درصد رس و سیلت خاک پایین‌دست منطقه نیز بیشتر از منطقه بالادست است که نشان‌دهنده تفاوت در بافت خاک بالادست و پایین‌دست و نیز بافت سنگین این قسمت از منطقه مورد مطالعه می‌باشد؛ و با توجه به شکل ۷ (ج) درصد شن در قسمت میانی منطقه مورد مطالعه نسبت به بقیه بخش‌ها بیشتر است که گویای بافت سبک خاک در این قسمت از منطقه می‌باشد.



شکل ۶- نقشه متغیرهای الف: درصد رس و ب: اسیدیته خاک بر اساس روش کریجینگ نقطه‌ای.



شکل ۷- نقشه متغیرهای الف: درصد آهک، ب: درصد سیلت و ج: درصد شن خاک بر اساس روش کریجینگ بلوکی.

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های درونیابی، برای تهیه نقشه پراکنش مکانی متغیر هدایت الکتریکی روش وزن‌دهی فاصله معکوس با مقادیر معیارهای خطای ۰/۰۲۸ و ۰/۰۰۶- و ۰/۰۳۸ (کمترین خطا نسبت به سایر روش‌ها) بهترین نتیجه را داشته است و نقشه پراکنش مکانی این خصوصیت خاک با استفاده از روش وزن‌دهی فاصله معکوس با وزن‌دهی یکسان نقاط دارای فاصله یکسان از نقطه مورد تخمین تهیه شد. همچنین بهترین نتیجه برای تهیه نقشه پراکنش مکانی متغیر ماده‌آلی خاک در منطقه مورد مطالعه روش وزن‌دهی فاصله معکوس با کمترین مقادیر خطا در معیارهای MAE (۰/۰۵۹)، MBE (۰/۱۳-) و RMSE (۰/۷۱) و مدل واریوگرام کروی مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد. این در صورتی است که پژوهشگران در مطالعه‌ای در منطقه شمال شرق چین بیان نمودند که روش کریجینگ معمولی پراکنش مکانی ماده‌آلی خاک را با دقت بیشتری برآورد می‌کند (جیانگ بینگ و همکاران، ۲۰۰۸). در مورد متغیرهای شن، سیلت و آهک مقادیر معیارهای خطا در روش کریجینگ بلوکی نسبت به سه روش دیگر میانبایی کمتر محاسبه شد که البته مقادیر آنها با اختلاف اندکی نسبت به کریجینگ نقطه‌ای و بسیار نزدیک به مقادیر کریجینگ نقطه‌ای است؛ در تأیید این مطلب محققان نیز بیان کردند که در تخمین زمین‌آماری متغیرهای آهک و شن خاک کاربرد روش کریجینگ نسبت به روش وزن‌دهی فاصله معکوس دارای دقت بالاتری است (زارع چاهوکی و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه‌ای برای تخمین پراکنش مکانی شن خاک در تپه‌های شنی روش کریجینگ مناسب تشخیص داده شد (زو و همکاران، ۲۰۰۹). براساس نتایج مربوط به ارزیابی برای متغیرهای رس و اسیدیته روش کریجینگ نقطه‌ای با مقادیر معیارهای خطای MAE (۴/۹۰) و RMSE (۶/۱۲۴) برای متغیر رس و مقادیر MBE (۰/۰۰۶) و RMSE (۰/۱۰۸۱) برای متغیر اسیدیته (کمترین واریانس تخمین نسبت به سه روش دیگر) به دست آمد؛ البته همانطور که در نتایج مشاهده می‌شود مقادیر خطاها اختلاف بسیار اندکی با روش کریجینگ بلوکی دارد. بنابراین، برای تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی دو متغیر رس و اسیدیته کریجینگ نقطه‌ای به‌عنوان مناسب‌ترین روش درونیابی انتخاب شد. برای انتخاب روش درونیابی مناسب نیاز به انتخاب بهترین تابع نیم‌تغییرنما برای برازش بر روی داده‌ها است، زیرا اساس تعدادی از تخمین‌گرهای زمین‌آماری از جمله کریجینگ بر نیم‌تغییرنما استوار است. در این پژوهش چهار نوع نیم‌تغییرنمای خطی، کروی، نمایی و گوسین استفاده شده است؛ که در مورد متغیر آهک مدل نیم‌تغییرنمای نمایی و در مورد بقیه متغیرها مدل کروی نسبت به

روش‌های دیگر بهترین مدل‌های مورد استفاده و انتخاب شده بعد از انجام سعی و خطای فراوان می‌باشند. در زمین آمار واریوگرام‌هایی که به سقف مشخصی می‌رسند اهمیت بیشتری دارند (حسنی پاک، ۱۹۹۸). برای سنجش ساختار مکانی نمونه‌های اندازه‌گیری شده از معیار نسبت واریانس ساختار فضایی بر سقف سمی واریوگرام نیز می‌توان بهره برد (حمیدیان پور و همکاران، ۲۰۱۲). بالا بودن مقدار این نسبت نشان‌دهنده بالا بودن ساختار مکانی نسبت به ساختار تصادفی است؛ اگر این نسبت کمتر از ۰/۵ باشد ساختار مکانی ضعیف بوده و کاربرد زمین‌آمار چندان مفید نیست. در این مطالعه مقدار این معیار برای همه متغیرهای مورد بررسی بالاتر از ۰/۸ و حتی در مورد متغیر شن یک به دست آمد که نشان‌دهنده ساختار مکانی قوی این متغیرهاست.

با توجه به مطالب بیان شده می‌توان نتیجه گرفت که دقت روش‌های مختلف درون‌یابی در موقعیت‌های مختلف و برای پارامترهای مختلف متفاوت است. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، دقت روش وزن‌دهی فاصله نرمال نسبت به سه روش دیگر کمتر بوده و در مورد همه متغیرها این تفاوت آشکار است. به‌طور کلی، به دلیل اینکه در این روش به نقاط دارای فاصله یکسان از نقطه مورد تخمین، وزن یکسان داده می‌شود و موقعیت و آرایش آنها در نظر گرفته نمی‌شود این روش برای ارزیابی متغیرها مناسب نیست. در پژوهشی نیز بیان شد که از بین چهار روش مورد بررسی کریجینگ نقطه‌ای، کریجینگ بلوکی، وزن‌دهی فاصله معکوس و وزن‌دهی فاصله نرمال روش کریجینگ نقطه‌ای دارای کمترین میزان خطا و روش وزن‌دهی فاصله نرمال دارای بالاترین مقدار خطاست (زارع چاهوکی و همکاران، ۲۰۱۰). این با نتایج پژوهشگران دیگری نیز مطابقت دارد که به این نتیجه رسیدند روش کریجینگ نسبت به روش کوکریجینگ و وزن‌دهی فاصله معکوس تخمین‌های بهتری از شوری خاک به دست می‌دهد (حاج روسولی‌ها و همکاران، ۱۹۸۰؛ سکوتی و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج پژوهش‌های دیگری که در زمینه زمین‌آمار انجام شده‌اند در انتخاب و توصیه روش کریجینگ در تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی متغیرهای خاکی مطابقت دارد (والتر و همکاران، ۲۰۰۱؛ اسفندیار پور بروجنی و همکاران، ۲۰۱۰). کریجینگ یک تخمین‌گر نارایب با کمترین واریانس تخمین است که اختلاف ناشی از تمرکز زیاد نقاط اندازه‌گیری را به‌صورت خودکار رفع می‌کند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان روش نمونه‌برداری را از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر دقت روش‌های زمین‌آماري بیان کرد. فاصله گام در واریوگرام بسیار مهم است اگر فاصله نمونه‌ها از یکدیگر زیاد باشد تغییرات رخساره‌ای بین آنها قابل دیدن نیست. بر اساس فاصله گام در



واریوگرام می‌توان فواصل واحدهای نمونه‌برداری از خاک را مشخص کرد یعنی حداقل فاصله مناسب برای نمونه‌برداری را به دست آورد. در نمونه‌برداری لازم است که سه مورد به طور بهینه انجام شود که عبارتند از تعداد نمونه‌های لازم برای دستیابی به خطای مجاز در سطح اطمینان، نحوه توزیع (محل و موقعیت) نمونه‌ها در فضای نمونه‌برداری و بزرگی نمونه‌ها. این امر با توجه به توزیع فضایی متغیرها و بدون در نظر گرفتن مقدار مطلق کمیت مورد بررسی انجام می‌پذیرد. از آنجا که طراحی نمونه‌برداری به منظور دستیابی به سطوح اعتماد معینی نیاز به داشتن اطلاعات کافی در زمینه نحوه تغییرپذیری در واحد نمونه‌برداری دارد، لذا بدون اطلاع از طبیعت تغییرپذیرها مشکل بتوان به طراحی نمونه‌برداری پرداخت. برای دستیابی به اهداف مذکور، شناخت ساختار فضایی متغیر مربوطه در واحد نمونه‌برداری از اهمیت خاصی برخوردار است. از طرفی چنین شناختی با استفاده از بررسی‌های زمین آماری حاصل می‌گردد؛ در عمل با تخمین دقیق بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری و محاسبه خطای تخمین و مقایسه آن با حد مجاز می‌توان از ساختار و همبستگی مکانی داده‌ها در جهت تخمین‌های دقیق‌تر بهره برد و در صورت نیاز محل‌هایی که باید مورد نمونه‌برداری مجدد قرار گیرد را انتخاب نمود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، پیشنهاد می‌شود که هنگام استفاده از روش‌های درون‌یابی ابتدا میزان دقت روش‌ها مقایسه شود. از نقشه‌های متغیرهای خاکی (بعنوان عوامل محیطی) در تفکیک پذیری بالا و اغلب با کاربرد اطلاعات پوشش گیاهی به صورت معیارهای توصیفی برای ارائه مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی استفاده می‌شود. بعلاوه این نقشه‌ها در برنامه‌ریزی‌های مربوط به اصلاح خاک‌ها و پهنه‌بندی در زمین شناسی، جغرافیا و ... کاربرد دارد.

## منابع

1. Abbasi, M., and Zare Chahouki, M.A. 2014. Modeling of potential habitat for *Stipa barbata* and *Agropyron intermedium* species using artificial neural network model in rangeland of Central Taleghan. Iranian Journal of Renewable Natural Resources Researches. 2(16): 46-56.
2. Alemi, M.H., Shahriari, M.R., and Nielsen, D.R. 1988. Kriging and Cokriging of soil properties. Journal of Soil Technology. 1: 117-132.
3. Alijani, B.O., Brien, J., and Yarnal, B. 2008. Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, Theo. Journal of Applied Climatology. 94(1-2): 107-124.

4. Asakareh, H. 1987. Application of the Kriging method in the rain interpolation. *Journal of Geography and Development*. 12: 25-42. (In Persian)
5. Bednarek, R., Dziadowiec, H., Pokojaska, U., and Prusinkiewicz, Z. 2005. *Badania ekologiczno-gleboznawcze (Soil–Ecological Research)*. PWN, Warszawa.
6. Bellehumeur, C., Marcotte, D., and Legendre, P. 2000 Estimation of regionalized phenomena by geostatistical methods: lake acidity on the Canadian Shield. *Journal of Environmental Geology*. 39: 11-220.
7. 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 Science Society of America Journal*. 58: 1501-1511.
8. Delbari, M., Khaiat Kholghi, M., and Mahdian, M.H. 2005. Evaluating Geostatistics methods in estimating hydraulic conductivity in Shib-Ab & Posht-Ab, Sistan Plain, Iran. *Journal of Agricultural Sciences*. 1: 1-12.
9. Esfandiarpour Borujeni, I., Mohammadi, J. Salehi, M.H., Toomanian, N., and Poch, R.M. 2010. Assessing geopedological soil mapping approach by statistical and geostatistical methods: A case study in the Borujen region, Central Iran. *Journal of Catena*. 82: 1-14.
10. Faraji Sabokbar, H.A., and Azizy, Gh. 2006. Assessment of the accuracy of spatial interpolation methods (Case study: Patterning rainfall in areas Kardeh Mashhad). *Journal of Geographic Researches*. 38: 1-15.
11. Hajrasuliha, Sh., Baniabassi, N., Metthey, J., and Nielsen, D.R. 1980. Spatial variability of soil sampling for salinity studies in southwest Iran. *Journal of Irrigation Science*. 1: 197-208.
12. Hall, G.G. 1983. "Pedology and geomorphology". In: Wilding, L.P, Smeck, N.E., Hall, G.F, (Eds.), "Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concept and Interactions, vol. I." *Journal of Elsevier Amsterdam, the Netherlands*. 25: 117-140.
13. Hamidian Pour, M., Saligheh, M., and Fallah Ghalhori, Gh.A. 2012. Applied interpolation method types in order to monitoring and spatial analysis of drought (Case study: Khorasan Razavi). *Journal of Geography and Development*. 30: 57-70. (In Persian)
14. Hasani pak, A.A. 1998. *Geostatistical*. Tehran University Press. 180p. (In Persian)
15. Jianbing, W., Boucher, A., and Zhang, T. 2008. A SGeMS code for pattern simulation of continuous and categorical variables: FILTERSIM. *Journal of Computers and Geosciences*. 4(12): 1863-1876.

16. McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L. (Ed.): Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Madison. Wisconsin. USA. 3: 199-224.
17. Mir Mousavi, S.H., Mazidy, A., and Khosravi, Y. 2010. Determine the best methods of geostatistics to estimate rainfall distribution using GIS (Case Study: Isfahan Province). Journal of Geography Space. 30: 105-120.
18. Moustafa, M.M., and Yomota, A. 1998. Spatial modeling of soil properties for subsurface drainage projects. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 124(4): 218-228. (In Persian)
19. Prudhomme, C., and Reed, D.W. 1999. Mapping extreme rainfall in a mountainous region using geostatistical techniques: A case study in Scotland. International Journal of Climatology. 19: 1337-1356.
20. Shabany, M. 2009. Assessment of application geostatistical methods in severity of the drought zoning in Fars province. Journal of Water Engineering. 2: 31-36.
21. Sokouti, R., Mahdian, M., and Mahmoodi, Sh. 2007. Comparing the applicability of some geostatistic methods to predict the variability of soil salinity: A case study of Uromieh plain. Journal of Pajauhsh and Sazandegi. 74: 90-98. (In Persian)
22. Torabi Azad, M., Siahsarani, A., and Eftakhari, R. 2010. Comprehensive training analyst for Geostatistics ARCGIS software. Armed Forces Geographical Organization. 476p. (In Persian)
23. Trangmar, B.B., Yost, R.S., and Uehara, G. 1985. Application of geostatistics to spatial of soil properties. Journal of Advances in Agronomy. 38: 45-94.
24. Ugolini, D.C., and Edmonds, R.L. 1983. "Soil biology". In: Wilding, L.P., Smeck, N.E., Hall, G.F. (Eds.), Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concept and Interactions, vol. I. Elsevier Amsterdam, the Netherlands. 14: 193-231.
25. Vanwalleghem, T., Poesen, J., Mc Bratney, A., and Deckers, J. 2010. Spatial variability of soil horizon depth in natural loess-derived soils. Journal of Geoderma. 157: 37-45.
26. Virgilio, N.D., Monti, A., and Venturi, G. 2007. Spatial variability of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) Yield as related to soil parameters in a small field. Journal of Field Crops Research. 101: 232-239.
27. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Journal of Soil Science. 37: 29-38.
28. Walter, C., Mc Bratney, B., Douaoui, A., and Minasny, B. 2001. Spatial prediction of topsoil salinity in the Chelif Valley, Algeria, using local ordinary

- kriging with local variograms versus whole-area variogram. Journal of Soil Research. 39: 259-272.
29. Wang, Z.Q. 1999. Geostatistics and its Application in Ecology. Science Press, Beijing. (In Chinese)
30. Xing, Z.S., Yue-Yu, Z., Zu-Dong, M., Kai, S., and Herbert, J. 2007. Spatial variability of nutrient properties in black soil of Northeast China. Journal of Pedosphere. 17(1): 19-29.
31. Zare Chahouki, M.A., Abbasi, M., and Azarnivand, H. 2014. Spatial distribution modeling for *Agropyron intermedium* and *stipa barbata* species habitat using binary logistic regression (Case study: rangeland of Taleghan miany). Iranian Journal of Plant Ecosystem Conservation. 4: 47-60. (In Persian)
32. Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L., Azarnivand, H., and Zare Chahouki, A. 2013. Examine the spatial distribution some of soil properties using spatial statistical methods in East Semnan rangeland. Journal of Range and Watershed. 66(3): 378-399. (In Persian)
33. Zare Chahouki, M.A., Zare Ernani, M., Zare Chahouki, A., and Khalasi Ahvazi, L. 2010. Application of spatial statistical methods in predictive models of plant species habitat. Journal of Arid Biom Scientific and Research. 1(1): 13-23. (In Persian)
34. Zhang, R., Shouse, P.J., Yates, S.R., and Kravchenko, A. 1997. Application of geostatistics in soil science. Journal of Trends in Soil Science. 2: 95-104.
35. Zheng, J., He, M., Li, X., Chen, Y., Li, X., and Liu, L. 2008. Effect of *Salsola passerine* shrub patches on the micro scale heterogeneity of soil in a mountain grassland, China. Journal of Arid Environments. 72: 150-161.
36. Zuo, X., Zhao, H., Zhao, X., Zhang, T., Guo, Y., Wang, S., and Drake, S. 2009. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. Journal of Soil and Tillage Research. 99: 202-212.