تحلیل ساختار مکانی برخی از خصوصیات خاک با استفاده از روش زمین‌آمار (مطالعه موردی: مراتع غرب تفتان، شهرستان خاش)

حسین پیری صحراگرد*[۱] و جمشید پیری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۳/۲۶

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک در مراتع تفتان شهرستان خاش انجام شد. برای این منظور، پس از تعیین واحدهای همگن بوم‌شناختی با استفاده از نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و همچنین نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نمونه‌برداری از خاک به روش تصادفی- سیستماتیک در امتداد ۳ ترانسکت ۱۵۰ متری انجام شد. به‌طور کلی، ۲۴ نیمرخ خاک در منطقه حفر و از دو عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری نمونه خاک برداشت شد. پس از نمونه‌برداری خصوصیات مورد بررسی شامل درصد سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت قابل‌دسترس، گچ، ماده آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی و تشریح ساختار فضایی خصوصیات خاک از روش کریجینگ در نرم‌افزار GS^+ نسخه ۹ استفاده شد. بعد از برازش مدل به تغییرنما و تعیین پارامترهای مدل، ارزیابی دقّت نتایج با روش ارزیابی متقاطع و با درنظر گرفتن دو پارامتر آماری میانگین انحراف خطا و میانگین مطلق خطا صورت گرفت. نتایج نشان داد که بیشتر خصوصیات مورد بررسی در هر دو لایه سطحی و عمقی خاک دارای مدل‌های کروی و نمایی هستند. بر اساس نتایج، خصوصیاتی مانند آهک عمق اول (با اثر قطعه‌ای ۴/۰۷ و ساختار مکانی ۰/۸۰)، آب قابل دسترس عمق اول و دوم (با اثر قطعه‌ای ۰/۲۹ و ۰/۱ و ساختار مکانی ۰/۹۷ و ۰/۹۹) و خصوصیات مرتبط با بافت خاک (درصد شن، رس و سیلت) دارای ساختار مکانی قوی هستند اما برای برخی از خصوصیات مانند گچ، رطوبت اشباع، و سنگریزه هم در لایه سطحی خاک و هم در لایه عمقی، ساختار مکانی قوی مشاهد نشد. بالابودن مقدار خطا و اریبی برآوردها نشان می‌دهد که به‌علت بالابودن مقدار اثر قطعه‌ای و ضعیف بودن ساختار مکانی، کریجینگ نتوانسته بر اساس مدل برازش‌شده برای متغیرهای سنگریزه عمق اول (با خطای ۱۱/۹۳ و انحراف ۰/۷۰۸-) و شن عمق دوم (با خطای ۱۰/۵۱ و انحراف ۰/۱۵) برآورد صحیحی انجام دهد.

واژه‌های کلیدی: ساختار مکانی، مراتع تفتان، تغییرنما، اثر قطعه‌ای، کریجینگ.

۱- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

*: نویسنده مسئول: hpirys@uoz.ac.ir

۲- مربی گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

مقدمه

تنوع در خصوصیات و قابلیت‌های خاک‌ها باعث تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه قابلیت‌های خاک می‌شود. به‌دلیل اینکه خاک محیطی ناهمسانگرد است تغییرپذیری افقی و عمودی آن قابل ملاحظه بوده و نمی‌توان این تغییرات را نادیده گرفت، از این‌رو خاک به‌عنوان یکی از عوامل مهم و مؤثر در پراکنش گیاهان و جوامع گیاهی است. (۱۱ و ۲۴). همچنین گونه‌های مختلف گیاهی نیز می‌تواند از طریق تخلیه رطوبت خاک، جذب عناصر غذایی و تثبیت نیتروژن اثرات معنی‌داری روی مرفولوژی و ویژگی‌های مختلف خاک داشته باشد (۲۲). از خصوصیات مهم و تأثیرگذار خاک می‌توان به عمق خاک، بافت خاک، مواد غذایی خاک و هدایت الکتریکی اشاره کرد.

به بیان دیگر، عوامل ادافیکی به دلیل پویابودن و متأثربودن از عوامل مختلف، به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در استقرار گونه‌های گیاهی مختلف است. تغییرات در این سیستم پویا به دو شکل تصادفی یا سیستماتیک رخ می‌دهد که تغییرات ساختاری مشخص، تدریجی و تابعی از عوامل خاکسازی است اما تغییرات غیرساختاری یا تصادفی در محدوده‌های جغرافیایی کوچک رخ داده و به آنها تغییرات کوتاه دامنه گفته می‌شود (۸). ارتباط مکانی بین مقدار یک کمیت در بین نمونه‌های برداشت‌شده، ممکن است در قالب‌های ریاضی که به آن ساختار مکانی گفته می‌شود، قابل بیان باشد (۱۲).

به‌دلیل محدودیت‌هایی که در انتخاب تعداد نمونه مناسب برای مطالعه و بررسی ویژگی‌های خاک وجود دارد، با روش‌های کلاسیک نمی‌توان این مهم را مورد بررسی قرار داد و تنها استفاده از روش زمین‌آمار می‌تواند معیاری مناسب برای رسیدن به دقّت مشخص و انتخاب تعداد نمونه مناسب در خاک باشد (۱۰). در این روش‌ها وجود یا عدم وجود ساختار فضایی بین داده‌ها از ضروریات بوده و در صورت وجود ساختار فضایی تحلیل داده‌ها انجام می‌شود (۱۲). بنابراین استفاده از روش‌های مناسب جهت تحلیل تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک که بتواند با بهره‌گیری از داده‌های در دسترس تخمین‌های دقیقی از ویژگی‌های خاک برای درون‌یابی و تهیه نقشه خصوصیات خاک ارائه دهد، از موارد بسیار مهم است. در این راستا استفاده از ابزارهایی چون سیستم اطلاعات جغرافیایی و زمین‌آمار نقش تسهیل‌کننده خواهند داشت. از سوی دیگر، برای تهیه و ارائه نقشه‌های پیش‌بینی مربوط به هر رویشگاه افزون بر مقدار عددی عوامل مطالعه شده، نقشه این عوامل نیز مورد نیاز است. بنابراین تهیه نقشه‌های دقیق مربوط به خصوصیات خاک یکی از ضروریات تهیه نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی نیز است (۱۹ و ۲۸).

مطالعات انجام‌شده با بهره‌گیری از روش‌های زمین‌آمار جهت مطالعه تغییرپذیری خصوصیات خاک و تهیه نقشه متغیرهای خاک به‌منظور استفاده از این نقشه‌ها در تهیه نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه‌ها نشان‌دهنده پتانسیل قابل قبول این روش‌ها برای این منظور است. جیانبینگ و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای بر روی پراکنش مقدار ماده آلی در خاک‌های شمال شرق چین ثابت نمودند که روش کریجینگ معمولی می‌تواند توزیع مکانی مادهٔ آلی خاک را به‌دقت برآورد کند. چانگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز با استفاده از روش‌های زمین آمار، تغییرپذیری مکانی برخی از خصوصیات شیمیایی خاک را در اطراف دریای زرد در چین مورد بررسی قرار دادند. این محققین گزارش کردند که دامنه وابستگی مکانی خصوصیات مختلف خاک از یکدیگر متفاوت است. علاوه بر این، بیان داشتند که ارزیابی مکانی خصوصیاتی از خاک که دارای وابستگی مکانی قوی هستند می‌تواند در مدیریت حاصلخیزی و ارائه طرحی برای مدیریت دقیق اراضی مفید باشد. بررسی توزیع مکانی خصوصیات خاک با استفاده از روش زمین آمار در مراتع رینه نیز نشان داد که در این منطقه ویژگی‌های مورد بررسی دارای وابستگی مکانی هستند که بیشترین این وابستگی مربوط به اسیدیته و کمترین این وابستگی مربوط به پتاسیم بود (۱۳). علاوه بر این، کوچ و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی ساختار مکانی خصوصیات خاک در یک توده جنگلی راش با استفاده از روش زمین آمار به این نتیجه رسیدند که اکثر مشخصه‌های مورد بررسی در لایه‌های سطحی و عمقی خاک دارای مدل‌های خطی می‌باشد و تنها اسیدیته خاک در سه لایه مورد بررسی و میزان ترسیب کربن در لایه سوم دارای مدل‌های نمایی می‌باشد. مطالعات مقایسه‌ای انجام‌شده

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

به‌منظور بررسی عملکرد روش‌های مختلف زمین آمار نیز نشان دهنده قابلیت‌های متفاوت هر یک از این روش‌ها است. زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی کارایی روش‌های کریجینگ، نقطه‌ای وزن‌دهی معکوس فاصله و وزن‌دهی نرمال فاصله نشان دادند که روش کریجینگ نقطه‌ای در مقایسه با دو روش دیگر دقّت بالاتری دارد. مطالعه تغییرپذیری برخی خصوصیات خاک در مراتع شمال شرق سمنان با استفاده از روش‌های زمین‌آمار شامل روش کریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط GS+ و GIS نیز نشان داد که در ارزیابی مقادیر برآوردشده و واقعی با استفاده از روش تقاطعی، روش کریجینگ در همهٔ متغیرها، به جز درصد رس، دارای خطا و انحراف کمتر و دقّت بالاتری بود (۲۸). در پژوهشی دیگر پیری‌صحراگرد و همکاران (۲۰۱۵) با بهره‌گیری از روش زمین آمار، نقشه خصوصیات خاک مؤثر در پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی را با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ تهیه کردند و توانستند نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه‌ها را با دقّت قابل قبولی تهیه کنند.

با توجه به اهمیّت نقش ویژگی‌های خاک در استقرار و پراکنش پوشش گیاهی، شناخت صحیح از تغییرات مکانی خصوصیات خاک تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. از سوی دیگر تهیه نقشه دقیق این عوامل با استفاده از روش‌های آمار مکانی پیش‌نیاز تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش پوشش گیاهی و برنامه مدیریت و بهره‌برداری از اراضی است. بدیهی است که اشتباه در بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک باعث بروز خطا در تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی شده و برنامه‌های اصلاح و احیا پوشش گیاهی و همچنین مدیریت اراضی را با شکست مواجه خواهد کرد. با توجه به نکات ذکرشده و لزوم بررسی شدت یا ضعف ساختار مکانی خصوصیات خاک در اکوسیستم مرتع، این پژوهش با هدف مقایسه ساختار مکانی خصوصیات خاک در اعماق مختلف و بررسی رابطه بین تغییرات رخ‌داده در ساختار مکانی خصوصیات مورد بررسی در اعماق مختلف خاک انجام شد. علاوه بر این، کارایی روش زمین‌آماری کریجینگ در برآورد دقیق از خصوصیات خاک مورد بررسی در مراتع تفتان شهرستان خاش مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

مراتع منطقه مورد مطالعه در قسمت غرب و جنوب‌غرب قله تفتان در حدود جغرافیایی ″۳۵ ′۲۰ °۲۸ تا ″۳۹ ′۴۲ °۲۸ طول شرقی و ″۳۶ ′۳۹ °۶۰ تا ″۱۹ ۵۸ °۶۰ عرض شمالی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۶۴۰۰۰ هکتار می‌باشد. پست‌ترین و مرتفع‌ترین نقطه منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۴۴۰ و ۲۸۶۱ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. بارندگی میانگین سالانه منطقه بسته به شرایط ارتفاعی، از ۱۶۰ تا ۸۳۲ میلی متر متغیر بوده و بارش برف در زمستان و وقوع یخبندان نیز متداول می‌باشد (۲۱). بنا به شرایط اقلیمی به ویژه دما و بارندگی، فصل چرای عرفی منطقه از فروردین تا مهر بوده که وجود دام در درون منطقه سبب چرای مداوم در برخی مناطق و به ویژه مسیرهای تردد گله شده است. از گونه‌های گیاهی که در منطقه مورد مطالعه تشکیل تیپ گیاهی داده‌اند می‌توان به گونه‌های *Haloxylon persicum*، *Artemisia santolina*، *Artemisia sieberi*، *Amygdalus scoparia*، *Amygdalus lycioides* و *Pistacia atlantica* اشاره کرد.

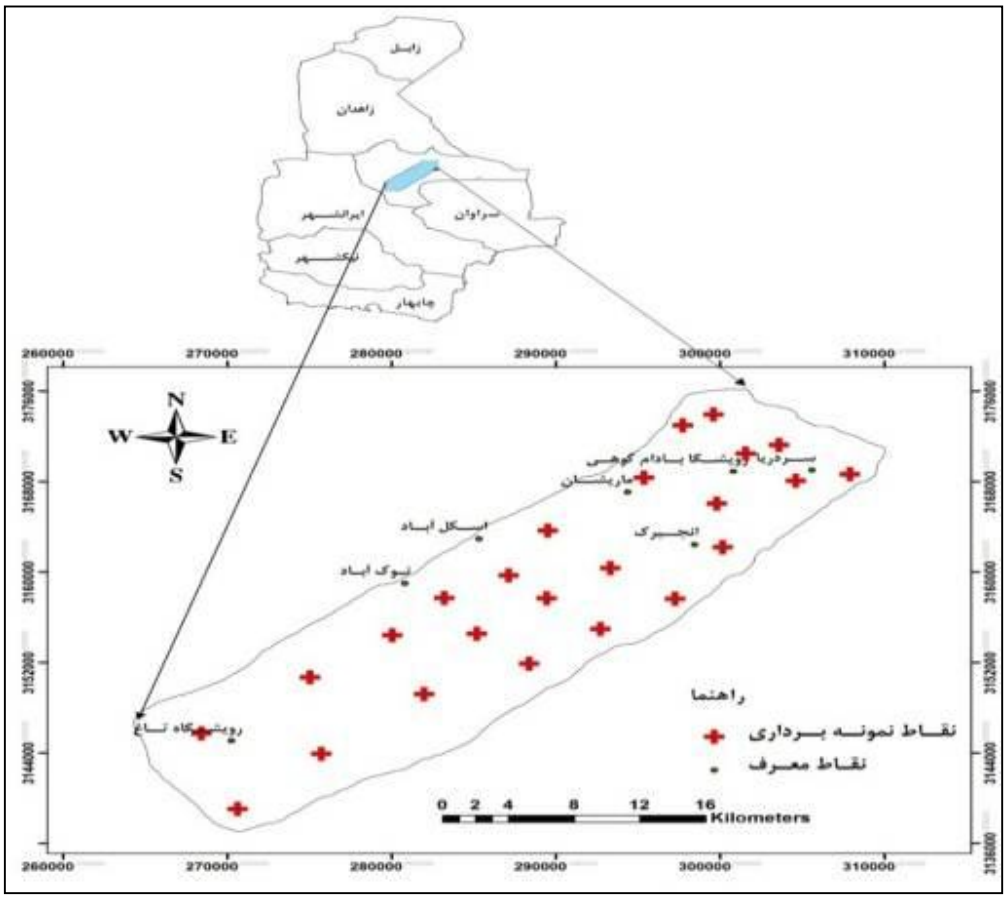
روش تحقیق

برای انجام نمونه‌برداری از خاک، با توجه به هدف پژوهش و شرایط منطقه مورد مطالعه، با تلفیق نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تعداد ۴ واحد همگن نمونه‌برداری مشخص شد. در هر واحد همگن، نمونه‌برداری از خاک به روش تصادفی-سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ۳ ترانسکت ۱۵۰ متری انجام شد. طول ترانسکت‌ها با توجه به شرایط منطقه و تراکم پوشش گیاهی تعیین شد. دو ترانسکت ۱۵۰ متری در جهت شیب و یک ترانسکت عمود بر جهت شیب استقرار یافت. به‌منظور پراکنش مناسب نقاط نمونه در سطح کل منطقه مورد مطالعه، با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیوگرافی و عوامل محیطی و درنظر داشتن این نکته که

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

بیشتر فعالیت ریشه گیاهان مرتعی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری است (۱)، در طول هر ترانسکت دو نیمرخ حفر و نمونه‌برداری از خاک در دو عمق ۱۵-۰ (به‌عنوان لایه سطحی) و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری (به‌عنوان لایه عمقی) انجام شد. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری نیز به‌وسیله سیستم موقعیت‌یاب جهانی ثبت شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه نمونه‌های خاک در فضای باز پخش و پس از خشک‌شدن، خاک حاصله خرد و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. پس از آن خصوصیات مورد نظر شامل سنگریزه، آهک، اسیدیته، هدایت الکتریکی، رطوبت قابل‌دسترس، ماده آلی، گچ، شن، سیلت، رس و رطوبت اشباع با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. از آنجا که اولین مرحله انجام کریجینگ، بررسی نرمال‌بودن داده‌های محیطی است، نرمال‌بودن داده‌ها نیز به وسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت منطقه در استان سیستان و بلوچستان و شهرستان خاش

به‌منظور بررسی و تشریح ارتباط و ساختار فضایی از تجزیه و تحلیل تغییرنما یا واریوگرام در نرم‌افزار GS^+ نسخه ۹ استفاده شد. تغییرنما 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. اگر یک ویژگی به‌طور مداوم در ابعاد مکانی تغییر کند آن را می‌توان با تغییرنما نشان داد. تغییرنماها تغییرات فاصله‌ای یا تغییرپذیری ساختاری متغیرها را نشان می‌دهند. این روش به‌طور گسترده در آنالیز اکولوژیکی ناهمگنی خاک از طریق محاسبهٔ نیمه واریانس‌ها به‌کار می‌رود (۲۵، ۳۰ و ۳۱). برای ورود داده‌ها به نرم‌افزار فایلی شامل طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

مقادیر ویژگی‌های مورد نظر تهیه شد. معادله تغییرنما به صورت رابطه (۱) است:

رابطه (۱)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2$$

برای محاسبهٔ واریوگرام‌ها تمام مدل‌هایی که نرم‌افزار امکان به‌کارگیری آنها را فراهم می‌کند اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب شود. این مدل‌ها شامل مدل‌های همسانگرد[1] (مستقل از جهت) و مدل‌های ناهمسانگرد[2] (وابسته به جهت) هستند که هر کدام خود شامل مدل‌های خطی[3]، کروی[4]، نمایی[5] و گوسین[6] می‌باشند. در تحلیل واریوگرام نوع مدل و مقادیر متغیرهای شعاع تأثیر، آستانه و اثر قطعه‌ای تعیین شد.

ارزیابی صحت یا اعتبارسنجی

به‌منظور بررسی صحت فرضیات و روش‌ها در زمین‌آمار، اعتبارسنجی نتایج حاصل ضروری است. کنترل اعتبار در واقع تخمین هر نقطه نمونه‌برداری شده در یک ناحیه با استفاده از مقادیر نمونه همسایه (بدون درنظر گرفتن خود آن نمونه) با روش‌های درون‌یابی می‌باشد. بدین‌منظور بعد از برازش مدل به تغییرنما و تعیین پارامترهای مدل، کنترل اعتبار تغییرنما به همراه نمودارهای تخمین برای متغیرهای مورد بررسی با استفاده از روش ارزیابی متقاطع و با در نظر گرفتن دو پارامتر آماری میانگین انحراف خطا[7] (MBE) و میانگین مطلق خطا[8] (MAE) و با مقایسه میزان انحراف تخمین‌ها از داده‌های اندازه‌گیری‌شده ارزیابی شد. در اعتبارسنجی متقاطع، مقایسه‌ای بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده 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 موردنظر 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، به‌طوری که در پایان دو ستون شامل مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر برآوردشده وجود دارد که توسط آن می‌توان خطا و انحراف روش را برآورد کرد (۱۶). نحوه محاسبه پارامترهای MBE و MAE به شرح زیر است.

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

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

در روابط فوق $Z'(x_i)$ مقدار برآوردشده x_i، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌شده x_i و n تعداد داده‌ها می‌باشد. این معیارها دقت مدل را برحسب تفاضل بین مقایر واقعی و مقادیر برآوردشده ارزیابی می‌کند. هر اندازه مقدار آن کمتر و دو معیار MAE و MBE نیز به صفر نزدیک‌تر باشد (۷)، حاکی از اختلاف کمتر بین مقادیر برآورد شده با مقادیر مشاهده شده‌ای است (۴ و ۲۰) و نشان‌دهنده این است که روش استفاده شده واقعیت را خوب شبیه‌سازی می‌کند.

نتایج

توصیف آماری متغیرها

به‌منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها و دستیابی به خلاصه‌ای از اطلاعات آماری هر خصوصیت، توزیع فراوانی با کمک ویژگی‌های آن شامل میانگین، حداقل، حداکثر، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی و ضریب تغییرات مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۱) آمده‌است. بالابودن ضریب تغییرات مربوط به متغیرهای شن، سنگریزه، سیلت و رس در مقایسه با دیگر متغیرها نشان‌دهنده این نکته است که این متغیرها در مقایسه با دیگر خصوصیات دارای تغییرات بیشتری هستند. نرمال‌بودن داده‌ها به وسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف نیز نشان داد که تمامی متغیرها از توزیع نرمال برخوردارند. به‌علاوه به‌دلیل اینکه مقادیر چولگی ارائه‌شده در جدول شماره (۱) در تمامی متغیرها بین ۱ - و ۱ + قرار دارد نتایج نرمال بودن تأیید می‌شود.

---

1 - Isotropic
2 - Anisotropic
3 - Linear
4 - Spherical
5 - Exponential
6 - Gaussian
7 - Mean Bias Error
8 - Mean absolute Error

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

تحلیل ساختار مکانی

نتایج مربوط به انتخاب بهترین تابع نیم‌تغییرنما برای برازش بر روی داده‌ها، در جدول شماره (۲) ارائه شده است. در این پژوهش از سه نوع نیم‌تغییرنمای کروی، خطی و نمایی استفاده شد. با توجه به نتایج، برای متغیرهای شن، سیلت، رس، ماده‌آلی، اسیدیته و هدایت‌الکتریکی مدل نیم‌تغییرنمای کروی و برای متغیر آهک مدل نیم‌تغییرنمای نمایی مناسب‌تر می‌باشد. برای تشخیص پدیده همسانگردی در پژوهش حاضر از تغییرنمای سطحی استفاده شده است. برای تمامی متغیرهای مورد بررسی در عمق‌های مختلف خاک، ناهمسانگردی آنها کنترل شد. با توجه به تقارن تغییرنمای سطحی، تمامی متغیرها همسانگرد هستند. مدل‌های تغییرنمای تجربی به همراه مدل‌های برازش داده شده به آنها برای متغیرهای رطوبت اشباع، ماده آلی و رطوبت قابل دسترس در شکل (۲) و پارامترهای اعتبارسنجی شده آنها همراه با معیارهای اعتبارسنجی در جدول (۲) برای هر یک از مشخصه‌های خاک در عمق‌های مختلف ارائه شده است. بعد از انتخاب توابع نیم‌تغییرنمای مناسب برای هر کدام از شاخص‌ها، میزان دقّت درون‌یابی انجام شده برای متغیرهای خاک ارائه شده است که این میزان دقّت برای متغیرهای رطوبت اشباع، ماده آلی و رطوبت قابل دسترس در شکل شماره (۳) ارائه شده است. برای هر متغیر، روشی که کمترین مقادیر این معیارها را داشته باشد بالاترین دقّت را دارد. نتایج حاکی از آن است که به جز متغیرهای گچ، سنگریزه، رطوبت اشباع و آهک عمق دوم اکثر خصوصیات مورد بررسی در لایه‌های سطحی و عمقی خاک دارای مدل های کروی و نمایی هستند. این نتایج گویای آن است که خصوصیات ذکرشده دارای همبستگی مکانی بالایی نمی‌باشد و دارای اثر قطعه‌ای خالص هستند. همان‌طورکه از جدول شماره (۲) پیداست، درصد ساختار مکانی برخی از خصوصیات مورد بررسی تقریباً پایین است که مبین ساختار مکانی ضعیف در بین نمونه‌های برداشت‌شده در حد دامنه تأثیر و تغییرپذیری بسیار زیاد خصوصیات خاک در فواصل کم می‌باشد. مقادیر MAE و MBE میزان اریبی را نشان می‌دهند و در حالت ایده‌آل باید مساوی صفر باشند. مقادیر منفی و مثبت قابل توجه آنها به‌ترتیب نشان‌دهنده برآورد بیشتر یا کمتر از مقادیر واقعی‌اند. با توجه به مقادیر جدول (۲)، مشاهده می‌شود که در مورد برخی از متغیرها مانند سنگریزه عمق اول (با خطای ۱۱/۹۳ و انحراف ۰/۷۰۸-) و شن عمق دوم (با خطای ۱۰/۵۱ و انحراف ۰/۱۵) مقدار خطا و اریبی برآوردها نسبتاً زیاد است. این موضوع نشان می‌دهد که کریجینگ نتوانسته‌است براساس مدل برازش داده شده برای این متغیرها، به‌علت بالا بودن مقدار اثر قطعه‌ای و ضعیف‌بودن ساختار مکانی، برآورد صحیحی انجام دهد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

جدول۱- آمار توصیفی خصوصیات خاک مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

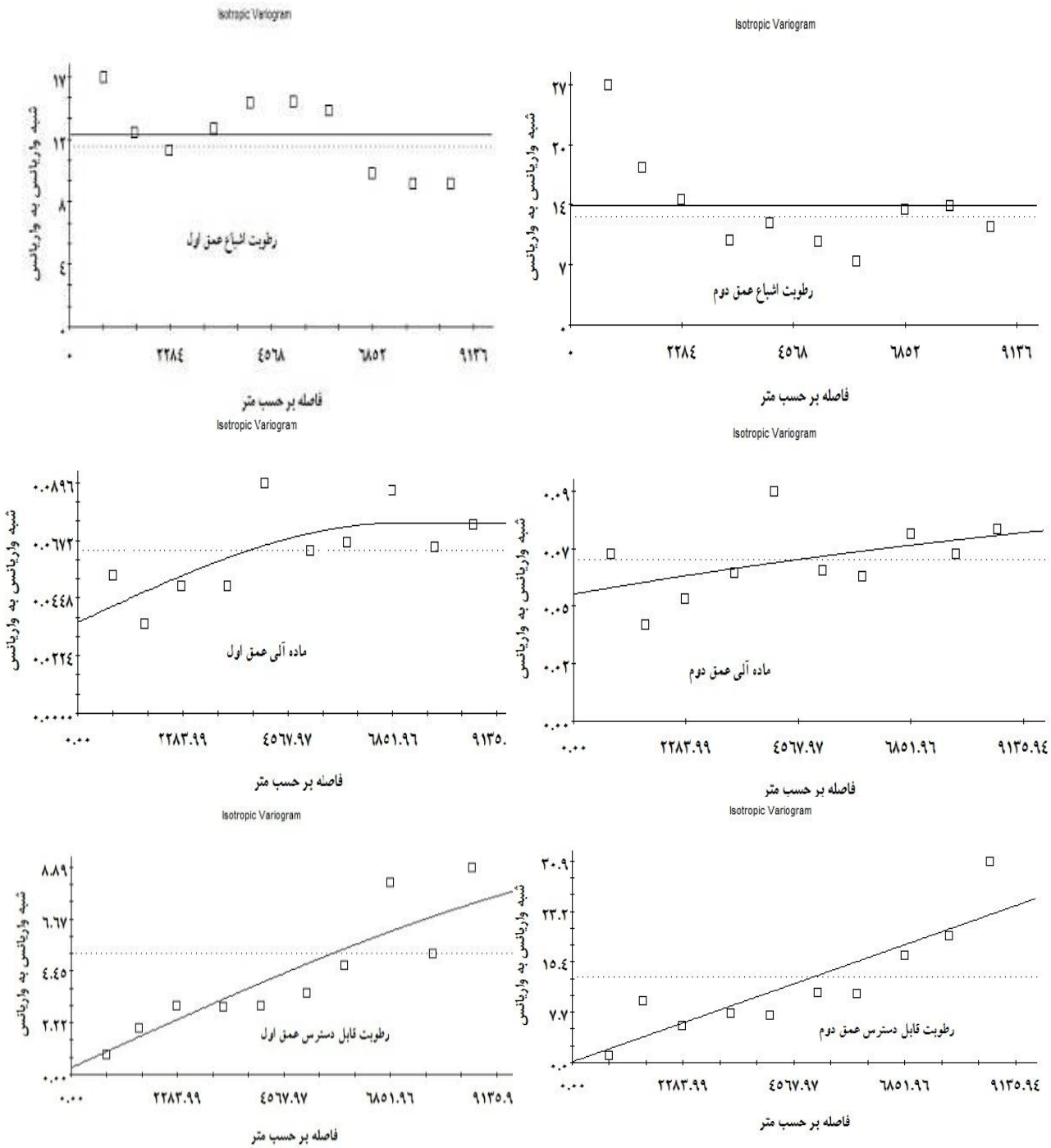
متغیر	واحد	عمق (سانتی متر)	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
آهک	(%)	۰-۱۵	۹/۷۰	۲/۵	۱۸/۷۵	۴/۶۱	۰/۲۲	-۰/۶۷	۳۳/۲۱
آهک	(%)	۱۵-۳۰	۱۲/۱۰	۵	۲۳/۷۵	۴/۹۷	۰/۳۳	-۰/۲۷	۲۴/۷۱
اسیدیته	-	۰-۱۵	۷/۸۹	۷/۶۳	۸/۱۵	۰/۱۴	-۰/۱۰	-۰/۲۶	۰/۰۲
اسیدیته	-	۱۵-۳۰	۸	۷/۷	۸/۳۰	۰/۱۴	-۰/۰۱۲	۰/۱۰۸	۰/۰۲۱
هدایت الکتریکی	ds/m	۰-۱۵	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۰۳	۰	-۱/۰۸	۰
هدایت الکتریکی	ds/m	۱۵-۳۰	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۸۸	۵/۱۵	۰
رطوبت قابل دسترس	(%)	۰-۱۵	۱۴/۶۴	۱۰/۵۵	۱۸/۸۱	۲/۳۲	۰/۰۲	-۱/۰۸	۵/۴۰
رطوبت قابل دسترس	(%)	۱۵-۳۰	۱۳/۳۸	۶/۸۴	۱۸/۵۴	۳/۶۱	-۰/۱۲	-۱/۱۸	۱۳/۰۴
ماده آلی	(%)	۰-۱۵	۰/۶۲	۰/۲۴	۰/۹۵	۰/۲۵	-۰/۲۴	-۱/۵۹	۰/۰۶
ماده آلی	(%)	۱۵-۳۰	۰/۴۳	۰/۰۸	۰/۸۷	۰/۲۶	۰/۰۷	-۱/۶۵	۰/۰۷
گچ	(%)	۰-۱۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۶	۰/۷۳	۰
گچ	(%)	۱۵-۳۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۹۳	۰
سنگریزه	(%)	۰-۱۵	۴۵	۲۶/۷۲	۷۱/۹۴	۱۱/۱۵	۰/۴۶	-۰/۱۷	۱۲۴
سنگریزه	(%)	۱۵-۳۰	۴۵/۴۱	۲۹/۶۲	۶۱/۴۳	۸/۹۲	-۰/۳۸	-۰/۸	۷۹/۷۲
شن	(%)	۰-۱۵	۶۴/۸۲	۴۵/۳۲	۹۳/۳۲	۱۴/۰۶	۰/۶۵	-۰/۲۳	۱۹۷/۸۹
شن	(%)	۱۵-۳۰	۶۶/۴۱	۴۴	۹۳/۳۲	۲۶/۱۵	۰/۴۳	-۰/۵۳	۲۳۳/۱۶
سیلت	(%)	۰-۱۵	۲۱/۱۶	۹/۲۸	۴۳/۲۸	۹/۰۳	۰/۹۵	۰/۸۳	۸۱/۶۲
سیلت	(%)	۱۵-۳۰	۱۸/۳۴	۳/۲۸	۳۵/۲۸	۷/۶۷	۰/۴۲	-۰/۱۴	۵۸/۹۲
رس	(%)	۰-۱۵	۱۴/۱۱	۳/۴۰	۳۳/۴۴	۷/۱۰	۰/۸۰	۰/۷۹	۵۰/۴۹
رس	(%)	۱۵-۳۰	۱۵	۵/۴۰	۲۷/۴۴	۶/۸۸	۰/۱۳	-۱/۰۲	۴۷/۳۴
رطوبت اشباع	(%)	۰-۱۵	۲۶/۳۸	۲۰/۵۱	۳۴/۷۳	۳/۴۶	۰/۳۶	۰/۰۶	۱۱/۹۷
رطوبت اشباع	(%)	۱۵-۳۰	۲۷/۴۶	۲۰/۲۹	۳۵/۸۰	۳/۸۴	۰/۵۴	۰/۰۴	۱۴/۷۹

جدول ۲- اجزای مربوط به پارامترهای تغییرنما، معیارهای انتخاب مدل و کنترل اعتبار کریجینگ برای متغیرهای خاک

متغیر	عمق	مدل واریوگرام	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تأثیر	ساختار مکانی (درصد)	کلاس وابستگی مکانی	میانگین انحراف خطا (MBE)	میانگین مطلق خطا (MAE)
آهک	۰-۱۵	کروی	۴/۰۷	۲۰/۸۸	۵۳۸۰	۰/۸۰	قوی	-۰/۰۱۸۳۳	۲/۲۸۵۴
آهک	۰۱۵-۳۰	خطی	۱۴/۲۷	۱۴/۲۷	۸۶۰۷	۰/۵۰	متوسط	۰/۱۹۶۸	۲/۹۳۲۰
اسیدیته	۰-۱۵	نمایی	۰/۰۱	۰/۰۴	۶۳۳۰۰	۰/۶۸	متوسط	-۰/۰۰۳۲	۰/۰۹۹۶۶
اسیدیته	۱۵-۳۰	کروی	۰	۰/۰۵	۲۱۱۰۰	۰/۸۳	قوی	۰	۰/۰۹۰۰۴
هدایت الکتریکی	۰-۱۵	نمایی	۰	۰	۶۳۳۰۰	۰/۵۰	متوسط	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۶۶۶
هدایت الکتریکی	۱۵-۳۰	کروی	۰	۰	۲۱۱۰۰	۰/۶۵	متوسط	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۹۸۸
آب قابل دسترس	۰-۱۵	کروی	۰/۲۹	۹/۵۸	۱۵۲۷۰	۰/۹۷	قوی	-۰/۰۴۴۹۵	۱/۱۷۲۸
آب قابل دسترس	۱۵-۳۰	کروی	۰/۱	۳۸/۲	۲۱۱۰۰	۰/۹۹	قوی	۰/۰۳۷۳۳.	۴/۱۲۶۰
ماده آلی	۰-۱۵	کروی	۰/۰۳	۰/۰۷	۷۰۰۰	۰/۵۲	متوسط	۰/۰۰۹۱۶۶	۱/۶۴۲۹
ماده آلی	۱۵-۳۰	نمایی	۰/۰۵	۰/۱۱	۵۳۴۶۰	۰/۵۴	متوسط	۰/۰۱۲۹۱	۰/۱۸۲۹۱
گچ	۰-۱۵	خطی	۰	۰	۸۶۰۷	۰	ضعیف	-۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۱۲۳۳
گچ	۱۵-۳۰	خطی	۰	۰	۸۶۰۷	۰	ضعیف	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۹۸
سنگریزه	۰-۱۵	خطی	۱۶۵/۶۴	۱۶۵/۶۴	۸۶۰۷	۰	ضعیف	-۰/۷۰۸۲۰	۱۱/۹۳۳۶
سنگریزه	۱۵-۳۰	خطی	۱۱۹/۸۸	۱۱۹/۸۸	۸۶۰۷	۰	ضعیف	-۱/۳۳۸۲	۹/۸۱۷۷
شن	۰-۱۵	کروی	۱	۵۱۲/۹۰	۱۷۳۵۰	۰/۹۹	قوی	۰/۱۴۸۵۶	۹/۴۵۲۱
شن	۱۵-۳۰	کروی	۲/۵۹	۵۶۲/۹۰	۲۱۰۹۰	۰/۸۹	قوی	۰/۱۵۹۶	۱۰/۲۱۹۲
سیلت	۰-۱۵	کروی	۱/۲۰	۷۵	۴۲۵۰	۰/۹۸	قوی	-۰/۳۲۶۶۲	۵/۳۱۳۲
سیلت	۱۵-۳۰	کروی	۳/۱۰	۴۶/۷۰	۴۲۹۰	۰/۹۳	قوی	-۰/۲۰۹۲۹	۴/۷۱۹۰
رس	۰-۱۵	کروی	۰/۱	۶۰/۲۶	۵۱۵۰	۰/۹۹	قوی	۰/۱۰۷۴۵	۳/۰۸۵۰
رس	۱۵-۳۰	کروی	۶/۲۰	۶۷/۱۱	۷۱۸۰	۰/۹۰	قوی	-۰/۱۲۱۵	۴/۲۳۸۰
رطوبت اشباع	۰-۱۵	خطی	۱۲/۷۷	۱۲/۷۷	۸۶۰۷	۰	ضعیف	۰/۳۳۲۵	۲/۸۴۳۳
رطوبت اشباع	۱۵-۳۰	خطی	۱۳/۴۱	۱۳/۴۱	۸۶۰۷	۰	ضعیف	-۰/۲۵۲۷	۲/۸۷۱۷

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

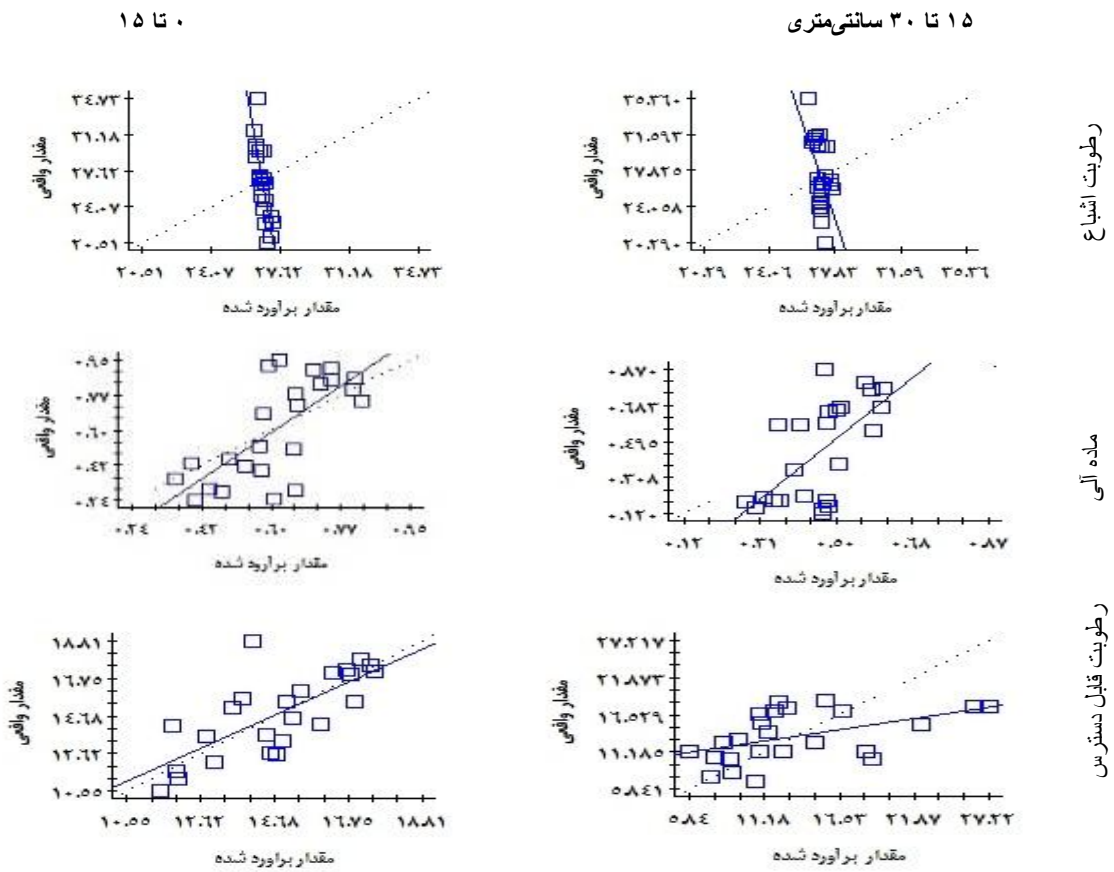
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]



شکل ۲- مدل تغییرنمای برازش داده‌شده (خط) بر مدل تغییر نمای تجربی (نقطه) برای برخی از خصوصیات خاک در عمق‌های مورد بررسی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]



شکل ۳- مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری (محور عمودی) و برآوردشده (محور افقی) رطوبت اشباع (ساختار مکانی ضعیف)، ماده آلی (ساختار مکانی متوسط) و رطوبت قابل دسترس (ساختار مکانی قوی) در دو عمق مورد بررسی

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش انجام‌شده بررسی تغییرپذیری خصوصیات خاک با استفاده از زمین آمار نشان می‌دهد که مشخصه‌های مورد بررسی از نوع مستقل از جهت یا همسانگرد است و مدل تغییرنمای برخی از خصوصیات مانند آهک عمق اول کروی و مدل مربوط به برخی از خصوصیات مانند اسیدیته از نوع مدل‌های نمایی است. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد که خصوصیاتی مانند آهک عمق اول (با اثر قطعه‌ای ۴/۰۷ و ساختار مکانی ۰/۸۰)، آب قابل دسترس عمق اول و دوم (به ترتیب با اثر قطعه‌ای ۰/۲۹ و ۰/۱ و ساختار مکانی ۰/۹۷ و ۰/۹۹) و خصوصیات مرتبط با بافت خاک (درصد شن، رس و سیلت) دارای ساختار مکانی قوی است. این در حالی است که برخی از خصوصیات مانند گچ، رطوبت اشباع، و سنگریزه هم در لایه سطحی خاک و هم در لایه عمقی، دارای مدل خطی و فاقد ساختار مکانی هستند.

بر اساس نتایج حاصل، از بین متغیرهای مورد بررسی متغیرهای مربوط به بافت خاک به‌همراه متغیرهای آهک عمق اول، اسیدیته عمق دوم، هدایت الکتریکی عمق دوم، ماده آلی عمق اول و همچنین رطوبت قابل دسترس عمق اول و دوم دارای مدل تغییرنمای کروی هستند. علاوه بر این برخی متغیرها مانند اسیدیته عمق اول، هدایت الکتریکی عمق اول و ماده آلی عمق دوم دارای مدل‌های نمایی هستند. مطالعات نشان داده‌است که واریوگرام‌های دارای آستانه معمول‌ترین و شایع‌ترین نوع واریوگرام در زمین‌آمار است که رایج ترین واریوگرام‌های دارای سقف نیز از نوع کروی و نمایی هستند (۱۷). در تأیید یافته این پژوهش، در مطالعات متعددی گزارش شده‌است که مدل‌های نمایی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

بهترین مدل برای برازش اسیدیته و ماده آلی خاک است (۱۵و۳۰). این در حالی است که حبشی (۲۰۰۷) در پژوهش خود در راشستان‌های گرگان نشان داد که تغییرنمای مناسب برای داده های اسیدیته و ماده آلی خاک مدل کروی است.

همان‌طور که اشاره شد برخی از خصوصیات خاک مورد بررسی دارای ساختار مکانی ضعیف یا بدون ساختار مکانی هستند. عدم وجود ساختار مکانی یا ساختار مکانی ضعیف در بین خصوصیات خاک می‌تواند به این دلیل باشد که تغییرات این متغیرها از نوع تغییرات غیرساختاری یا تصادفی بوده که در محدوده کوچکتر از محدوده نمونه‌برداری رخ داده و در گروه تغییرات کوتاه دامنه قرار می‌گیرد. برخی از خصوصیات خاک در مقیاس مکانی کوچکتر از محدوده نمونه‌برداری، دارای تغییرات تصادفی زیاد و در نتیجه ساختار مکانی ضعیف هستند. به عبارت دیگر نسبت واریانس ساختاردار به حد آستانه یا ساختار مکانی متغیر موردنظر در این متغیرها کمتر از ۲۵ درصد است. این یافته با نتایج تحقیقات فریمن و همکاران (۲۰۰۷)، جعفریان و همکاران (۲۰۰۹) و کوچ و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که برخی از خصوصیات با ساختار مکانی ضعیف مانند گچ، سنگریزه و رطوبت اشباع دارای اثر قطعه‌ای خالص هستند. این یافته بدان معنی است که در این خصوصیات به‌دلیل غلبه کامل بخش بدون ساختار مؤلفه تصادفی متغیر ناحیه‌ای به بخش دارای ساختار، نسبت تغییرات داده‌ها مستقل از یکدیگر بوده و اصل همبستگی مکانی (فاصله کمتر، شباهت بیشتر و بالعکس) در مقیاس مطالعاتی مورد نظر برقرار نمی‌باشد (۱۷). هر چند علاوه بر این موارد، وجود اثر قطعه‌ای خالص در مورد این متغیرها می‌تواند مربوط به وجود عوامل تصادفی در توزیع مکانی این خصوصیات یا خطا در مراحل نمونه‌برداری، آزمایشگاهی یا آنالیز باشد. نتایج پژوهش جعفریان و همکاران (۲۰۰۹) نیز نقش این عوامل را در وجود اثر قطعه‌ای در مورد برخی از خصوصیات خاک مورد تأکید قرار داده است و در راستای نتایج پژوهش حاضر است.

علاوه بر موارد ذکر شده، همان‌طور که اشاره شد، عدم وجود ساختار مکانی و یا مدل‌های خطی تنها محدود به لایه سطحی خاک نبوده و برخی از متغیرهای مورد بررسی مانند رطوبت اشباع، گچ و سنگریزه علاوه بر لایه سطحی در لایه عمقی هم ساختار مکانی ضعیفی از خود نشان دادند. به عبارت دیگر، اثر قطعه‌ای خالص، وجود مدلهای خطی و ساختار مکانی ضعیف در لایه دوم برای برخی از خصوصیات مورد بررسی گویای آن است که که دامنه تغییرات مشخصه‌های مختلف خاک تنها محدود به لایه‌های سطحی نبوده و این تغییرات علاوه بر لایه‌های سطحی، در بخش‌های و لایه‌های زیرین نیز مشاهده می‌گردد. در تأیید این یافته کوچ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که هر چند به‌دلیل نقش متغیرهای تأثیرگذار برخصوصیات خاک، وجود ساختار مکانی ضعیف برای برخی از خصوصیات خاک در لایه های سطحی دور از انتظار نیست اما دامنه تغییر در خصوصیات مختلف خاک تنها محدود به لایه‌های سطحی نبوده و این تغییرات در بخش‌ها و لایه‌های زیرین خاک نیز مشاهد می‌گردد.

نتایج حاصل از این پژوهش همچنین نشان می‌دهد که میزان تطابق بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی‌شده مربوط به خصوصیات مختلف خاک متفاوت است. به‌عبارت دیگر، روش کریجینگ توانسته است بعضی از متغیرها را در مقایسه با دیگر متغیرها با دقّت بالاتری برآورد کند. همچنان‌که بررسی میزان خطا و انحراف مربوط به خصوصیات مورد بررسی نشان می‌دهد که کمترین میزان خطا و انحراف مربوط به متغیرهای گچ عمق دوم (با خطای ۰/۰۰۹۸ و انحراف ۰/۰۰۰۲۲) و هدایت الکتریکی عمق دوم (با خطای ۰/۰۱۹ و انحراف ۰/۰۰۰۰۴) و بیشترین میزان خطا و انحراف مربوط به متغیرهای سنگریزه عمق اول (با خطای ۱۱/۹۳ و انحراف ۰/۷۰۸-) و شن عمق دوم (با خطای ۱۰/۵۱ و انحراف ۰/۱۵) است. بنابراین باید در مطالعه ساختار مکانی خصوصیات خاک باید به قابلیت‌های روش‌های مختلف درون‌یابی توجه ویژه داشت. در تأیید یافته های این پژوهش، مطالعات نشان داده است که روش کریجینگ یک روش مناسب برای برآورد تغییرپذیری مکانی ماده آلی خاک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول و قابل دسترس است، این در حالی است که این روش درون‌یابی، برای برآورد مقادیر نیتروژن خاک روش مناسبی نیست (۱۴). با تمام این تفاسیر

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

می‌توان گفت که در صورت استفاده از روش نمونه‌برداری مناسب و پراکنش یکنواخت نمونه‌ها در کل منطقه مورد مطالعه، روش کریجینگ می‌تواند اکثر خصوصیات مورد بررسی را با دقّت قابل قبولی برآورد کند. مطالعات زیادی توانایی روش کریجینگ را در درون‌یابی خصوصیات خاک مورد تأکید قرار داده‌اند (۱۴، ۱۹ و ۲۹).

یکی دیگر از نکات مهمی که باید در استفاده از روش‌های آمار مکانی در مطالعه تغییرپذیری خصوصیات خاک به آن توجه داشت این است که با توجه به حضور گیاهان و اثرات ناشی از حضور آنها در تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک، لازم است در بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک علاوه بر بررسی تغییرپذیری خصوصیات خاک در فواصل مکانی، دیگر عوامل تأثیرگذار بر خصوصیات خاک مانند تنوع گونه‌های موجود در هر رویشگاه مورد توجه قرار گیرد. زیرا تحقیقات انجام‌شده حاکی از آن است که در مواردی که چندین گونه با هم دیگر در یک رویشگاه حضور دارند، استفاده از زمین‌آمار برای بررسی تغییرپذیری خصوصیات خاک چندان توجیهی ندارد (۲). نکته دیگر اینکه با توجه به اینکه زمین آمار بر اصل پیوسته‌بودن تغییرات مکانی استوار است، استفاده از آن در رویشگاه‌های همگن و کمتر دستکاری شده که در آنها تغییرات خصوصیات خاک بیشتر وابسته به بعد فواصل و مکان است نه عوامل دیگر، می‌تواند نتایج رضایت بخشی را به همراه داشته باشد.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، در مجموع می‌توان بیان داشت که در صورت انتخاب استراتژی صحیح نمونه برداری و حصول اطمینان از تولید داده‌های دقیق می‌توان از روش‌های زمین‌آمار به عنوان ابزاری قابل اعتماد و دقیق برای مطالعه تغییرپذیری خصوصیات خاک بهره گرفت. از سوی دیگر، با توجه به قابلیت‌های متفاوت انواع روش‌های زمین‌آمار و لزوم استفاده از این روش‌ها در تهیه نقشه خصوصیات خاک به‌منظور تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی، ضروری است دقّت روش‌های مختلف در برآورد تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک مورد توجه قرار گیرد و روش‌های با دقّت و کارایی بالاتر برای این منظور انتخاب شود. تنها در صورت مدنظر قراردادن این نکات مهم است که نتایج حاصل از این روش‌ها منجر به حصول نقشه‌های درون‌یابی با دقّت بالا و نقشه‌های پیش‌بینی دقیق از رویشگاه گونه‌های گیاهی شده و زمینه را جهت شناخت قابلیت‌های مناطق مختلف جهت استقرار یا عدم‌استقرار گونه‌های مختلف گیاهی فراهم می‌آورد. به عبارت دیگر مدیریت مراتع تنها با داشتن این اطلاعات دقیق و شناخت کامل از پتانسیل‌ها و قابلیت‌های اراضی قادر خواهد بود تا تصمیمات صحیح مدیریتی نظیر پیشنهاد گونه‌های مناسب جهت احیای پوشش گیاهی مراتع را اتخاذ نماید. بدیهی است که عدم توجه به این موضوعات مهم می‌تواند نتایج غیر واقعی و گمراه‌کننده‌ای را برای مدیریت پوشش گیاهی مراتع به همراه داشته باشد و با تولید اطلاعات نادرست و غیر واقعی انجام فعالیت‌های اصلاحی و احیایی مرتبط با پوشش گیاهی را با شکست مواجه سازد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی شماره ۹۴-۴۰ و با حمایت مالی دانشگاه زابل انجام شده است. بدین وسیله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه زابل سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]

References

1. Abd El-Ghani, M & W.M. Amer, 2003. Soilvegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. Journal of Arid Environment, 55(4): 607-628.
2. Akhavan, R., GH, Zahedi Amiri &M. Zobeiri, 2010. Spatial variability of forest growing stock using geostatistics in the Caspian region of Iran. Caspian J. Environ. Sci. 8: 43- 53.
3. Alemi, M.H., A. Azari & D.R. Nielson, 1980. Kiriging and univarate modeling of a spatial correlate data. Soil Tecnology,1: 133-147.
4. Alijani, B.O., J. Brien & B. Yarnal, 2008. Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, Theo. Journal of Appl. Climatol, 94(1-2): 107-124.
5. Cambardella, C.A., T.B. Moorman, J.M. Novak, T.B. Parkin, D.L. Karlen, R.F. Turco & A.E. Konopka, 1994. Field scale variability of soil properties in Central lowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 1501-1511.
6. Chang, W.E., B.A. You., J.N. Yun., F. Zang & L.U. Xio, 2009. Spatial variability of soil chemical properties in the reclaiming marine foreland to Yellow sea of China. Agricultural Sciences in China, 8(9): 1103 – 1111.
7. Faraji Sabokbar, H.A & Gh. Azizy, 2006. Assessment of the accuracy of spatial interpolation methods (case study: patterning rainfall in areas Kardeh Mashhad). Journal of Geographic researches, 38(58): 1-15. (In Persian).
8. Freeman, E. A. & G. G. Moisen, 2007. Evaluating kriging as a tool to improve moderate resolution maps of forest biomass. Environ. Mon. Assessment, 128: 395 - 410.
9. Ganawa, E. S. M. & A. R. Mohammad Sharif, 2003. Spatial variability of total nitrogen and available phosphorus of large rice field in Swah Sepadan Malaysia. Sci. Asia J. 29: 7 -12.
10. Habashi, H., 2007. Relationship soil properties and spatial pattern of trees and groups of trees in mixed Beech in the Shastkalate mixed Fagetum o Gorgan. PhD thesis of Forestry. Tarbiat Modarres University. 139 Pp.
11. Hall, G.G., 1983. Pedology and geomorphology. In: Wilding, L.P., Smeck, N.E., Hall, G.F, (Eds.), Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Intractions, Elsevier Amsterdam, 1:117-140.
12. Hasani pak, A.A., 1998. Geostatistical, Tehran University Press, 180 Pp. (In Persian).
13. Jafarian, Z., H. Arzani., M. Jafari., A. Kalarestaghi., Gh. Zahedi & H. Azarnivand, 2009. Spatial distribution of soil properties using geostatistical methods in Rineh Rangelands. Journal of Iranian Rangeland, 3(1):107-120. (In Persian).
14. Jianbing, Wu., A. Boucher & T. Zhang, 2008. A SGeMS code for pattern simulation of continuous and categorical variables: FILTERSIM. Computers & Geosciences, 4(12): 1863-1876.
15. Kooch, Y., S.M. Hosseini Mohammadi & S.M. Hojjati, 2012. An Investigation in to Spatial Structure of Soil Characteristics in a Beech Forest Stand Using Geostatistical Approach. J. Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour. Water and Soil Sci., 16 (60): 239-250.
16. Mir mousavi, S.H., A. Mazidy & Y. Khosravi, 2010. Determine the best methods of geostatistics to estimate rainfall distribution using GIS (Case Study: Isfahan Province). Journal of Geography space, 30: 105-120. (In Persian).
17. Mohammadi, J., 2001. Review of the Geostatistical principles and its application in Soil Science. Journal of Soil and Water. 15: 99-121.
18. Piri sahragard, H., 2014. Evaluation of statistical models efficiency to predict the distribution of plant Species, (Case study: Qum Province Rangelands), PhD thesis of Range management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 157 pp. (In Persian).
19. Piri sahragard, H & M.A. Zare Chahouki, 2015. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. Ecological Modelling, 309-310: 64-71.
20. 20-Prudhomme, C. & D.W. Reed, 1999. Mapping extreme rainfall in a mountainous region using geostatistical techniques: a case study in Scotland. Journal of Int J. Climatol, 19: 1337–1356.
21. Rigi, M & A. Naruie, 2007. A plan on desert management in Khash plant area, the Department of Natural Resources and Watershed Sistan and Baluchestan, 104 Pp.
22. Scahrenbroch, B.C., & J.G. Bockheim, 2007. Pedodiversity in an old – growth northern hardwood forest in the Huron Mountains, Upper Peninsula, Michigan. Can. J. For. Res. 37: 1106 – 1117.
23. Trangmar, B.B., R.S. Yost & G. Uehara, 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Adv. Agron. 38: 45-94.
24. Ugolini, D.C. & R.L. Edmonds, 1983. Soil biology. In: Wilding, L.P., Smeck, N.E., and Hall,G.F, (Eds.), Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Intractions, Elsevier Amsterdam, 1: 193-231.
25. Virgilio, N.D., A. Monti & G. Venturi, 2007. Spatial variability of switchgrass (Panicum virgatum L.) yield as related to soil parameters in a small field. Field Crops Research, 101: 232-239.
26. Wang, G., G.Z. Gertner, X. Liu & A.B. Anderson, 2001. Uncertainty assessment of soil erodibility factor for revised universal soil loses equation, Catena, 46: 1-14.
27. Wang, Z.Q., 1999. Geostatistics and its Application in Ecology. Science Press, Beijing (in chinese).
28. Zare Chahouki, M.A., L. khalasi ahvazi., H. Azarnivand & A. Zare Chahouki, 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.
29. Zare Chahouki, M.A., M. Zare Ernani., A. Zare Chahouki & L.Khalasi Ahvazi, 2010. Application of spatial statistical methods in predictive models of plant species habitat. Journal of Arid Biom Scientific and Research, 1(1): 13-23.
30. Zhang, C.S. & D. McGrath, 2004. Geostatistical and GIS analysis on soil organic carbon concentrations in grassland of southeastern Ireland from two different periods. Geoderma, 119: 261-275.
31. Zhao, Y., S. Peth., J. Krummelbein., R. Horn., Z. Wang., M. Steffens., C. Hoffmann & X. Peng, 2007. Spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in Inner Mongolia grassland. Ecological Modeling, 205: 241-254.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.2.8.0]