

## توزیع مکانی خصوصیات خاک با روش های زمین آماری در مراتع رینه

زینب جعفریان جلودار<sup>۱</sup>، حسین ارزانی<sup>۲</sup>، محمد جعفری<sup>۳</sup>، عطا الله کلارستاقی<sup>۴</sup>، قوام الدین زاهدی<sup>۵</sup>، حسین آذرنیوند<sup>۶</sup>

تاریخ دریافت: ۸۳۸۷/۸۵ - تاریخ پذیرش: ۸۳۸۷/۸۸

### چکیده

آنالیز تغییر پذیری مکانی خصوصیات خاک برای تفسیر اکوسیستم ها و برای پیشرفت مدلسازی اهمیت دارد. خاک محیط ناهمگنی به شمار می رود که ویژگی های آن در زمان و مکان تغییر می کند. خاک و پوشش گیاهی با هم ارتباط متقابل داشته و بر هم تاثیر می گذارند. لذا بررسی تغییرات مکانی ویژگی های خاک در کنار دیگر تغییرات محیطی امری ضروری است. بمنظور بررسی تغییرپذیری ویژگی های خاک در مراتع رینه استان مازندران تعداد ۳۱۱ نمونه خاک از عمق ۳۱-۱ سانتی متری جمع آوری و به آزمایشگاه انتقال یافت. در آزمایشگاه ویژگی های خاک شامل **ث گ** آهک، وزن مخصوص ظاهری (**هب**) و حقیقی (**عخ**)، فسفر کل، نیتروژن کل، پتاسیم قابل جذب، ماده آلی (**چد**)، رطوبت اشباع (**چذ**)، بافت خاک (درصد سیلت، رس و شن)، ظرفیت زراعی (**بت**)، نقطه پژمردگی **خس خ**، آب قابل دسترس خاک (**سا**) و قدرت نگهداری آب در خاک (**بس**) اندازه گیری شد. سپس داده ها نرمال گردیده و آنالیزهای مقدماتی آماری برای توصیف ویژگی های خاک و آنالیز زمین آماری برای نشان دادن وابستگی مکانی این ویژگی ها صورت گرفت. در نهایت با استفاده از روش درون یابی و نرم افزار **دثس چ** نقشه توزیع مکانی این ویژگی ها تهیه گردید. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، ویژگی های مورد بررسی وابستگی مکانی داشته و بالاترین وابستگی مکانی در **ث گ** و کمترین وابستگی مکانی در پتاسیم وجود داشت.

**واژه های کلیدی:** تغییر پذیری مکانی، ویژگی های خاک، آنالیز زمین آماری، مرتع رینه.

۸ و ۴- استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

آدرس: ساری، صندوق پستی ۷۳۷، پست الکترونیک **گگ گ** **غع ااع ف ل ا ع د**

۲ و ۳- استادیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۵ - دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۶ - دانشیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

## مقدمه

در یک چشم انداز طبیعی تنوع گسترده ای از ویژگی های خاک، هم از نظر مکانی و هم از نظر حجمی، نتیجه ای از اثرات متقابل فرآیندهای تشکیل خاک است. خاک محیط بسته ای به شمار نمی رود اما حاصل اثر متقابل چندین فاکتور و فرایندهای تشکیل است. این اثر متقابل باعث پیچیدگی خاک شده و سیستم ناهمگن و دینامیکی را تولید می کند (ترانگمر<sup>۱</sup> و همکاران، ۸۹۸۵). بخاطر اینکه خاک یک محیط ناهمسانگرد<sup>۲</sup> است تغییرپذیری افقی و عمودی آن قابل سوال بوده و نادیده گرفته نمی شود (یوگولینی و ادمندس<sup>۳</sup>، ۸۹۸۳، هال<sup>۴</sup>، ۸۹۸۳).

تغییر در منابع خاک در مقیاس های متفاوت احتمالاً نتایج مهمی در ساختار جامعه و فرآیندهای سطح اکوسیستم دارد (روبرستن و گروس<sup>۵</sup>، ۸۹۹۴، اتما و واردل<sup>۶</sup>، ۲۱۱۲). در یک اکوسیستم مرتعی پوشش گیاهی بیش از هر عامل دیگر، تحت تاثیر ویژگی های خاک قرار می گیرد. به علت ارتباط متقابل و تنگاتنگ بین خاک و پوشش گیاهی، مطالعه ویژگی های خاک و تغییرات آنها امری ضروری به نظر می رسد. مضافاً اینکه در بعضی از مطالعات مانند تهیه نقشه پیش بینی پوشش گیاهی نیاز به نقشه عوامل خاکی است. نقشه مذکور مقدار هر ویژگی را در هر نقطه از منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

در مطالعه تغییرپذیری خاک دو روش آماری اصلی که از نظر شیوه آنالیز داده ها متفاوت هستند، وجود دارد. آمار کلاسیک که به تعدادی فرضیه پایه ای مانند عدم وابستگی بین مشاهدات به علت تصادفی بودن تغییرات از یک مکان به مکان دیگر نیاز دارد. در مقابل زمین آمار بر پایه تئوری متغیرهای منطقه ای، قادر به تفسیر نتایج بر اساس ساختار تغییرپذیری طبیعی آنهاست و به وابستگی فضایی در محل نمونه ها توجه دارد. آنالیز وابستگی بر اساس ساختار واریوگرام است که وابستگی مکانی موجود را نشان می دهد (ویرا<sup>۷</sup>، ۸۹۹۷، گوورتس<sup>۸</sup>، ۸۹۹۷).

روش های زمین آمار برای توصیف و مدل کردن الگوهای مکانی داده های خاک برای بیش از ۲۱ سال است که استفاده می شود. زمین آمار ابزارهای پیشرفته ای را برای کمی کردن پدیده های مکانی پارامترهای خاک فراهم می کند تا درونیابی مکانی انجام شود. وابستگی مکانی معمولاً با روش های زمین آمار<sup>۹</sup> تفسیر و کمی می شود مانند آنالیز واریانس و همبستگی خودبخودی. کریجینگ<sup>۱۰</sup> یک روش درونیابی است که بهترین تخمین ناریب و خطی را فراهم می کند و در علوم محیطی برای تحلیل تغییرپذیری مکانی استفاده می شود. چنین آنالیز مکانی درونیابی صحیح که حاصل آن نقشه هایی با خطوط تراز است که بطور شبیه سازانه ای یک تخمین از واریانس امتیازات درونیابی شده را

۱- لاغک غج لار - ۱  
 ۲- عف گک لام گ لف کا - ۲  
 ۳- لء کک ک عف گف قک غز - ۳  
 ۴- قق عث - ۴  
 ۵- لگ لء کک گم لاغ ع گد - ۵  
 ۶- غ قلا عس عک غم م پ - ۶

۷- فیلخ فز - ۷  
 ۸- لیلان گ گ ت - ۸  
 ۹- طمضاع م لگ غ ت - ۹  
 ۱۰- عکف غف لاج - ۱۰

گونه های گیاهی غالب در منطقه عبارتند از *Onorychis cornuta*, *Astragalus ochrodeucus*, *Astragalus microcephalus*, *Thymus kotschyanus*, *Ferula gummosa*, *Astragalus sieversianus*, *Poa bulbosa*, *Perennial grasses*. از نظر زمین شناسی منطقه پوشیده از جریان های گدازه ای آندزیتی است و اقلیم آن بر اساس روش دومارتن نیمه خشک سرد می باشد. میانگین بارندگی سالانه ۶۵۲ میلیمتر و میانگین دمای سالانه ۸۲۷۹ درجه سانتیگراد می باشد.

فراهم می کند، ضروری است (گوورتس، ۱۹۹۸). در این بین، سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> (ذتت) نقش مهمی در تولید نقشه عوامل خاکی ایفاء می کند. تعدادی از نرم افزارهای زمین آماری با نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی لینک شده و تولید نقشه های درونیابی شده و دیدن آنها را امکانپذیر می کنند. مطالعات زیادی وابستگی مکانی قوی بین ویژگی های خاک را نشان داده و این ویژگی ها را تبدیل به نقشه کرده اند (شوز<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۵، وو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۱۱۳، تامسون<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۱۱۶، لفاون<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۱۱۶، گالاردو و راراما<sup>۶</sup>، ۲۱۱۷).

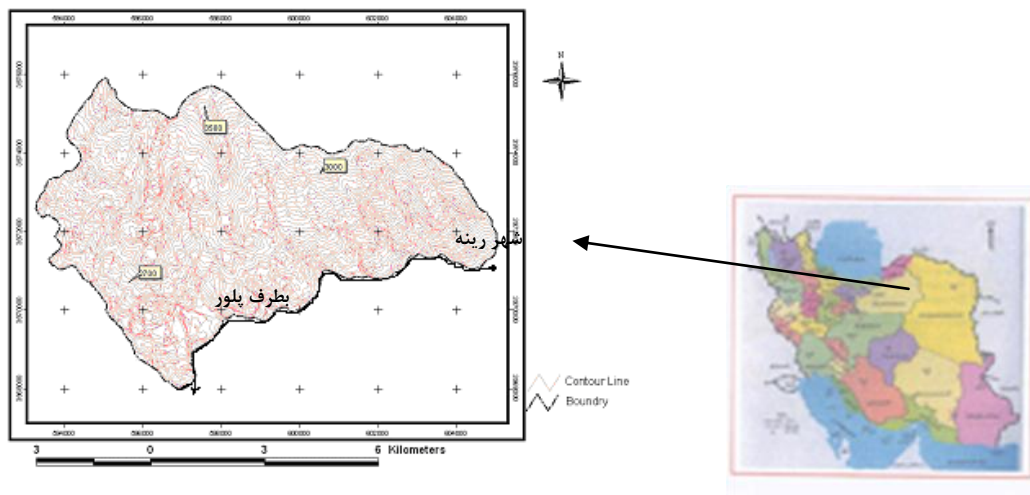
هدف از تحقیق حاضر بررسی الگوی مکانی تغییرات تعدادی از ویژگی های خاک در اکوسیستم مرتعی رینه و تهیه نقشه پراکنش مکانی این ویژگی ها در منطقه مذکور می باشد.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

مراتع رینه در شیب های جنوبی کوه دماوند با مختصات جغرافیایی " ۳۱ ' ۵۸ ° تا ۳۵ ' ۳۱ " و " ۲ ' ۵۲ ° تا ۸۱ ' ۵۵ ° شمالی و ۵۲ ° شرقی قرار دارد. مساحت منطقه ۴۶۳۸۸۲ هکتار بوده و ارتفاعی بین ۲۱۷۱ تا ۳۶۴۱ را تحت پوشش خود دارد (شکل ۸).

ک غ م لکگ فکم غلاک عذ عغ لاغک غ-ت- ۱  
 غمگ غذ- ۲  
 هس- ۳  
 کگلک غر- ۴  
 کغ غگک ج- ۵  
 عک لاعد عغ علاع ققع-ت- ۶



شکل ۸: موقعیت و نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

#### نمونه برداری و آزمایشات خاک

برای نمونه برداری خاک با تلفیق عوامل شیب، جهت و ارتفاع، ۷۵ واحد نمونه برداری حاصل گردید. در هر واحد نمونه برداری نیز ۲ سایت انتخاب گردید و در هر سایت نمونه برداری تعداد ۲ نمونه خاک از عمق ۱-۳۱ سانتیمتری برداشت و در مجموع تعداد ۳۱۱ نمونه خاک از منطقه برداشت شد. نمونه های خاک در هوای آزاد خشک گردیده و سپس در هاون کوبیده شد و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد تا آماده برای آزمایشات مختلف گردد.

در آزمایشگاه ویژگی های مختلف خاک اندازه گیری شد. بدین منظور بافت خاک با روش هیدرومتری بویکس (بویکس<sup>۱</sup>، ۸۹۶۲، گی و بودر<sup>۲</sup>، ۸۹۸۲)، نیتروژن به روش کجلدال (مک گیل و فیگویردو<sup>۳</sup>، ۸۹۹۳)،

کربن آلی خاک با روش اکسیداسیون مرطوب واکلی بلک<sup>۴</sup> بدست آمد و با ضرب عدد ۸۷۲ در آن ماده آلی خاک حاصل شد (نلسن و سمرس<sup>۵</sup>، ۸۹۸۲)، اسیدیته خاک در گل اشباع اندازه گیری شد (مک لین<sup>۶</sup>، ۸۹۸۲)، فسفر کل بعد از تهیه محلول در ۴ حذب<sup>+</sup> حذب با روش کلریمتری تعیین شد (پارکینسون و آلن<sup>۷</sup>، ۸۹۷۵)، ظرفیت زراعی در فشار ۳۳- کیلو پاسکال و نقطه پژمردگی در فشار ۸۵۱- کیلو پاسکال با کمک دستگاه پرشی پلت<sup>۸</sup> اندازه گیری شد. آب در دسترس حاصل تفاضل ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی است (کلت و دیرکسن<sup>۹</sup>، ۸۹۸۶) و ظرفیت نگهداری آب در خاک از ضرب عدد ۸۸۵ در نقطه پژمردگی بدست می آید. پتاسیم قابل جذب بعد از استخراج با

۴- قع قبه غ قق قعس-  
 ۵- لاغ ک گ ذ & لک ل قع ح-  
 ۶- ع غ ع ج ع-  
 ۷- ع ق ق ق ق ک ل ک ف ق ل ا ع خ-  
 ۸- ع م ق ق ف ل ل غ ل ا خ-  
 ۹- ع غ ل ا ف پ & ع م ق ج-

۱- لک عم گ م گ ب-  
 ۲- لا ع م ع ب & ع غ ع-  
 ۳- گ ف ع ل م ع ف ت & ق ق ف ع ج-

آهک و وزن مخصوص حقیقی، از آنجایی که ضریب چولگی بزرگتر از ۸ داشتند، پس از حذف داده های پرت از تبدیل لگاریتمی (وبستر و الیور<sup>۵</sup>، ۲۱۱۸) استفاده شد.

در مرحله بعد تغییر پذیری مکانی ویژگی های خاک با رسم واریوگرام ها<sup>۶</sup> و تحلیل آنها صورت گرفت. به این منظور در مورد هر یک از عوامل خاکی بطور جداگانه واریوگرام مربوطه رسم گردید. برای محاسبه واریوگرام ها تمام مدل هایی که نرم افزار امکان توسعه آنها را فراهم می کند (شامل مدل های همسانگرد<sup>۷</sup> (یا مستقل از جهت) و ناهمسانگرد (یا وابسته به جهت خاص) که هر یک خود شامل مدل های خطی<sup>۸</sup>، کروی<sup>۹</sup>، نمایی<sup>۱۰</sup>، گوسین<sup>۱۱</sup> می باشند)، اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب گردد. بهترین مدل نیز بر اساس مجموع مربعات خطای<sup>۱۲</sup> (ذذد) کمتر و ضریب تبیین بیشتر انتخاب گردید (رایسنس و مترنیچ<sup>۱۳</sup>، ۲۱۱۶). برای محاسبه واریوگرام ها از رابطه ۸ استفاده شد:

$$\text{رابطه ۸: } \sigma^2(\xi) = \frac{1}{2} C(\xi) \quad (۵)$$

که (۵) نیمه واریانس برای فاصله  $\xi$  و (۵) ح تعداد زوج نقاط مجزا شده با فاصله گام  $\xi$  و  $\sigma^2(\xi)$  و (۵) مقادیر متغیر اندازه گیری

استات آمونیوم ۸ نرمال با اسیدیتته ۷ اندازه گیری شد (سیمارد<sup>۱</sup>، ۸۹۹۳) و آهک با روش کلسیمتری اندازه گیری گردید (پیچ و همکاران<sup>۲</sup>، ۸۹۸۲)، رطوبت اشباع حاصل تفاضل وزن خاک اشباع و وزن خاک خشک شده در آن در دمای ۸۱۵ درجه سانتیگراد بعد از ۲۴ ساعت بوده است. وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصوص واقعی خاک نیز به روش کلوخه اندازه گیری گردیدند.

با استفاده از دستگاه ذخ مدل گارمین موقعیت جغرافیایی محل نمونه های خاک برداشت و ثبت گردید و در فرآیند آنالیز زمین آمار از آن استفاده شد.

#### آنالیز زمین آمار:

در ابتدا بمنظور شناخت اولیه از آماره های عمومی داده ها، با استفاده از روش های آمار توصیفی فاکتورهای خاک آنالیز شدند. در مطالعات زمین آماری داده هایی با توزیع غیر نرمال اثراتی را بدنبال دارد که ممکن است، منجر به نوسان زیاد در واریوگرام ها شود و سبب کاهش قابلیت اعتماد به نتایج تحلیلی گردد (جورنل و هویجبرگت<sup>۳</sup>، ۸۹۷۸)، لذا نرمال سازی داده ها ضروری به نظر می رسد. توزیع نرمال بودن داده ها بر اساس چولگی آنها تخمین زده شد به این صورت که داده های با چولگی بین ۸- تا ۸ بعنوان داده های دارای توزیع نرمال در نظر گرفته شدند (ویرجیلیو و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۱۱۷). برای عوامل

۵- لاغ ف قد & لاغ مع غس-  
 ۶- کع لاغ ک فغان فک غ ذ-  
 ۷- ف کف لام گ لث-  
 ۸- لاغ ف ج-  
 ۹- فغ لاغ غ کذ-  
 ۱۰- قع فم کغ کک گو ب-  
 ۱۱- ع کف للمع ت-  
 ۱۲- غ لاغ مل با گ ک مل قع ع ف اغ د-  
 ۱۳- م ف ک لاغ م غ ک ک ف ا ک ف ج ک د-

۱- ع لاغ ف ذ-  
 ۲- غ غ ع خ-  
 ۳- غ لاغ ف ف م قع ک لاغ م گ-  
 ۴- گ ق ف لاغ ف ز-

شده شد به ترتیب در موقعیت های مکانی و  
 ف هستند.

در مرحله بعد برای درونیابی مکانی و تهیه نقشه مکانی ویژگی های خاک از روش کریجینگ استفاده شد. کریجینگ رایجترین روش تخمین زمین آماری است که به دلیل حداقل کردن واریانس خطا با برآورد نارایب کاربرد زیادی دارد (پلمن<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳). کریجینگ کریجینگ از نظر تئوریک یک میانگین وزنی متحرک است و در واقع تکنیک میانیابی یک متغیر در نواحی نمونه برداری نشده به کمک مقادیر متغیر در نقاط یا بلوک های مجاور و وزن های تعیین شده توسط مدل تغییرنا (۱۸) می باشد (وبستر و الیور، ۲۱۱۱):

رابطه ۲:

$$Z(x) = \sum_{k=1}^K \lambda_k Z(x_k) \quad (2)$$

که (۱) مقدار تخمین زده شده در مکان و (۲) مقدار واقعی نمونه در محل و و تعداد نمونه های مجاور استفاده شده در تخمین و وزن متغیر در نقاط اندازه گیری شده است.

در نهایت به کمک روش اعتبارسنجی کد فم ف ق ع ژ - ل ا گ ل ا ب) ارزیابی صحت درونیابی صورت گرفت (گوورتس، ۱۹۹۷). در این روش اعتبار سنجی که با حذف اطلاعات صورت می گیرد، معمولاً یک مشاهده حذف می شود و به کمک سایر داده ها تخمین زده می شود و سپس تفاوت بین داده واقعی و تخمینی برای هر داده محلی محاسبه می شود (وبستر و الیور، ۲۱۱۸). در واقع رگرسیون بین داده های واقعی و تخمینی گرفته می شود و ضریب

رگرسیون حاصله، کمیتی برای تعیین نکویی برازش است که هر چه به ۱ نزدیکتر باشد، برازش مدل بهتر صورت گرفته است.

برای انجام آنالیزهای زمین آمار از نرم افزار<sup>+</sup> ذت نسخه ۵ (کف ل غ پ ع ک ع ت ا ذ ر و ث د و ل ا ع ل گ د) استفاده شد. داده های مربوط به عوامل خاکی از نرم افزار ق غ ع و پ به نرم افزار<sup>+</sup> ذت وارد گردید و مورد آنالیز قرار گرفتند. پس از آنالیزهای زمین آماری به کمک نرم افزار ذ ق ن چ ژ نقشه نهایی عوامل خاکی مورد بررسی تهیه گردید.

### نتایج

آمار توصیفی ویژگی های خاک در جدول ۱ آمده است. ضریب تغییرات به عنوان ضریبی برای نشان دادن تغییرات کلی مورد استفاده قرار می گیرد. همانطور که در جدول ۱ آمده است، آهک، نیتروژن، پتاسیم، ماده آلی، درصد شن، درصد سیلت، آب در دسترس و ظرفیت نگهداری آب ضریب تغییرات بالاتری نسبت به بقیه عوامل دارند. در واقع ویژگی های مربوط به بافت، رطوبت و مواد غذایی خاک تغییرات بیشتری نسبت به بقیه عوامل از خود نشان دادند.

جدول ۸: آمار توصیفی نمونه های خاک منطقه مطالعه

عوامل خاکی	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	واریانس	مینیمم	ماکزیمم	چولگی
pH	۶/۵۳	۱/۳۷۴	۵/۷۲۷	۱/۸۴	۵/۴۹	۷/۴۲	۱/۲۹
CaCo3	۲/۸۴۳	۸/۸۳۵	۵۲۹۶۳	۸۲۸۹	۸۲۵	۹/۹۱	۴/۷۷
P	۳۸۳۲۳	۸۱/۱۹۸	۲۶۳۳۸	۸۱۸۸۲۸	۸۸۸۸	۵۴/۴۴	-۱/۷۷
N	۱/۸۶۸	۱/۱۶۲	۳۸۵۱۹	۱/۱۱۳۹	۱/۱۲	۱/۴۱	۱/۹۷
K	۳۹۵۵۳۸	۸۵۴۷۲۹	۳۹۸۸۹	۲۳۹۴۱۹۳۸	۷۸	۹۷۷	۱/۹۸
Som	۲/۶۴۷	۸۱۲۸	۳۸۸۳۶	۸۱۵۶	۱/۲۱	۵۹۴	۱/۳۲
SM	۴۵/۱۳۸	۹/۳۷۳	۲۱/۸۸۵	۸۷۸۶۸	۲۴/۷	۸۴۹۳	۱/۸۵
Pd	۲/۴۷	۱/۸۴۸	۵۷۱۹	۱/۸۹۹	۲/۱۸	۲/۹	۱/۸۸
Bd	۸۵۹۵	۱/۸۸۵	۷۲۸	۱/۸۳۳	۸۳۷	۸۹۹	۸/۱۶
Sand	۳۹۱۵۵	۸۴۴۸۳	۳۷۱۸	۲۱۹/۷۵۵	۸۳۷	۷۶۵۶	۱/۴۹
Silt	۳۱/۸۴۹	۹/۸۹۷	۲۹/۸۸۳	۸۴۵۸۱	۹/۹۶	۴۹/۶۴	-۱/۳۱
Clay	۲۹/۹۲۹	۷/۱۶۵	۲۳/۶۱۶	۴۹/۹۱۹	۸۲۵۸	۴۴/۳۴	-۱/۸۳
FC	۲۱/۷۱۶	۴/۷۸۸	۲۳/۸۲۴	۲۲/۹۲۲	۸۳۲	۳۴/۱۹	-۱/۲۹
PWP	۸۳۸۲۵	۳۳۱۷	۲۵۸۹۶	۸۱/۹۳۴	۴/۵۶	۲۱/۸۸	-۱/۸۷
AW	۷/۵۸۷	۲/۲۹۸	۳۱/۵۷۸	۵/۲۸۳	۲/۱۹	۸۷۸	۱/۶۳
WC	۲۳/۶۵۵	۶/۸۶	۲۹	۴۷/۱۶۸	۴/۵۷	۳۷۳۳	-۱/۴۸

ویژگی های مطالعه شده از نوع همسانگرد یا مستقل از جهت بوده است و برای بیشتر ویژگی ها مدل کروی برای واریوگرام ها به عنوان مدل مناسب انتخاب گردید.

مدل های معرفی شده در جدول ۲ به علت داشتن مجموع مربعات باقیمانده کمتر و ساختار بهتر از بین تمامی مدل های برآزش شده به هر ویژگی خاک به عنوان بهترین مدل انتخاب گردیدند. مدل مناسب برای همه

جدول ۲: پارامترهای انواع مدل اعمال شده به واریوگرام ها برای عوامل خاکی مورد مطالعه

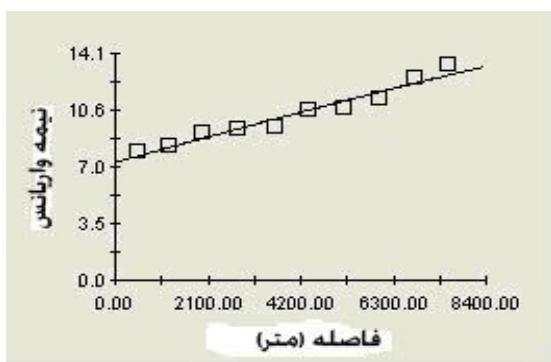
ویژگی های خاک	نوع مدل	مدل واریوگرام	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	C/C <sub>0</sub> +C	کلاس وابستگی مکانی	R <sup>2</sup>	RSS
pH	همسانگرد	کروی	۱/۱۲۶	۱/۲۷۳	۱/۹۱۴	قوی	۱/۹۴۶	۹/۵۳۶ <sup>۴</sup>
CaCo3	همسانگرد	کروی	۱/۶۵۲	۲/۸۴۸	۱/۶۹۵	متوسط	۱/۵۸۳	۱/۵۱۶
P	همسانگرد	کروی	۴۹/۷	۸۷۲۹	۱/۷۸۳	متوسط تا قوی	۱/۷۸۲	۸۱۸۷
N	همسانگرد	کروی	۱/۱۱۲	۱/۱۱۸	۱/۷۵۲	قوی	۱/۹۱۲	۹/۲۳۹ <sup>-۷</sup>
K	همسانگرد	نمایی	۲۱۴۵۱	۴۱۹۸۱	۱/۵	متوسط	۱/۸۳۸	۸۶۴ <sup>-۷</sup> ۹/
Som	همسانگرد	کروی	۱/۵۵۱	۲/۸۷۲	۱/۷۴۷	متوسط تا قوی	۱/۹۴۹	۱/۱۳۳۹
SM	همسانگرد	کروی	۶۴/۶	۸۴۹۲	۱/۵۶۷	متوسط	۱/۹۵۸	۷۴۷
Rs	همسانگرد	نمایی	۱/۱۸۶	۱/۱۳۲۲	۱/۵۱۲	متوسط	۱/۳۷۹	۲/۶۵۸ <sup>-۵</sup>
Rb	همسانگرد	نمایی	۱/۱۸۸۷	۱/۱۲۴۳	۱/۵۱۲	متوسط	۱/۸۳۸	۸۸۸۹ <sup>-۵</sup>
Sand	همسانگرد	کروی	۹۶/۲	۳۴۶	۱/۷۲۲	متوسط تا قوی	۱/۹۵۸	۸۱۵
Silt	همسانگرد	کروی	۲۹/۲	۸۴۱/۳	۱/۷۹۲	قوی	۱/۹۸۱	۹۸۸
Clay	همسانگرد	نمایی	۳۵۹	۸۳۴۵	۱/۵۷۱	متوسط	۱/۶۵۳	۹۶/۶
FC	همسانگرد	کروی	۸۲۴	۳۸۸۸	۱/۶۸۸	متوسط	۱/۹۴۷	۹/۲۶
PWP	همسانگرد	کروی	۷/۳۳	۸۷۸۵	۱/۵۸۹	متوسط	۱/۹۴۹	۸۴۳
AW	همسانگرد	کروی	۳/۵۲	۷/۱۴۸	۱/۵	متوسط	۱/۶۳۳	۲/۸۸
WC	همسانگرد	کروی	۲۳/۲	۸۷۴	۱/۷۳۵	متوسط تا قوی	۱/۹۲۱	۸۹۲

همانطور که از جدول نتایج اعتبار سنجی بر می آید از بین تمام ویژگی های مطالعه شده پتاسیم و وزن مخصوص حقیقی و آهک ضریب رگرسیون نسبتا پایینی داشتند که می رساند مدل درونیابی اعمال شده بر آنها صحت زیاد بالایی ندارد و برای ۸۴ ویژگی باقیمانده

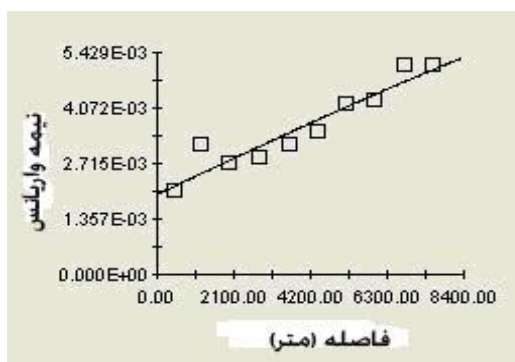
ضرایب نزدیک به ۸ بدست آمد که صحت بالای مدل درونیابی اعمال شده بر آنها را نشان می دهد (جدول ۳). دو نمونه از واریوگرام های محاسبه شده و نقشه های تهیه شده از ویژگی های مورد مطالعه خاک در شکل ۲ آمده است.

جدول ۳: پارامترهای اعتبار سنجی مدل درونیابی به روش کریجینگ

ویژگی های خاک	ضریب متغیر	خطای استاندارد	ضریب تبیین	عرض از مبدا	خطای استاندارد تخمین
pH	۸۱۸۵	۱/۱۶۹	۱/۶۸۸	-۱/۱۹۷	۱/۲۸۸
CaCo3	۱/۷۷۳	۱/۸۷۲	۱/۸۶۵	۱/۴۷۶	۸۱۳۷
P	۱/۹۸۷	۱/۸۲۲	۱/۳۵۸	۳/۲۷۳	۸۱۸۵
N	۱/۹۸۸	۱/۸۵۲	۱/۲۹۳	۱/۱۱۳	۱/۱۵۲
K	۱/۷۲۱	۱/۲۸۹	۱/۱۵۷	۸۸۲۶۹۴	۸۵۱۲۲۸
Som	۱/۸۹۹	۱/۸۴۲	۱/۲۸۳	۱/۲۷۷	۱/۷۸۱
SM	۱/۹۸۹	۱/۸۸۶	۱/۲۸۷	۱/۶۹۲	۸۲۹۵
Pd	۱/۸۵۶	۱/۲۸۷	۱/۸۳۲	۱/۳۵۴	۱/۸۳۸
Bd	۱/۷۸۵	۱/۳۱۵	۱/۱۵۸	۱/۴۵۴	۱/۸۸۲
Sand	۱/۹۸۷	۱/۸۱۴	۱/۴۶۸	۱/۳۳۸	۸۱۵۶۳
Silt	۸۱۸۷	۱/۸۸۵	۱/۵۸۵	-۱/۴۵۱	۵۹۲۵
Clay	۱/۸۵۹	۱/۸۶۸	۱/۲۱۴	۴/۲۵۶	۶۳۱۸
FC	۸۱۳۳	۱/۸۳۸	۱/۳۷۹	-۱/۶۲۷	۳۷۷۴
PWP	۸۱۳۱	۱/۸۷۴	۱/۲۵۶	-۱/۳۸۶	۲/۸۵۲
AW	۱/۹۸۱	۱/۸۵۴	۱/۲۸۴	۱/۸۸۷	۸۹۴۵
WC	۸۱۱۴	۱/۸۲۴	۱/۳۹۸	-۱/۸۸۸	۵۳۵۵



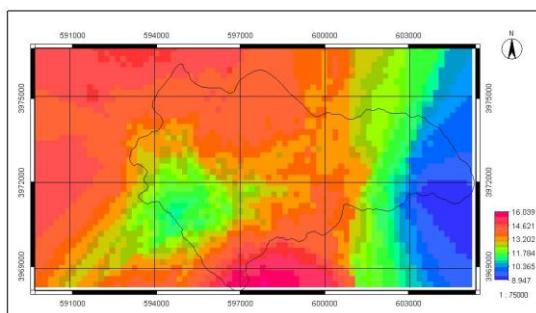
خس



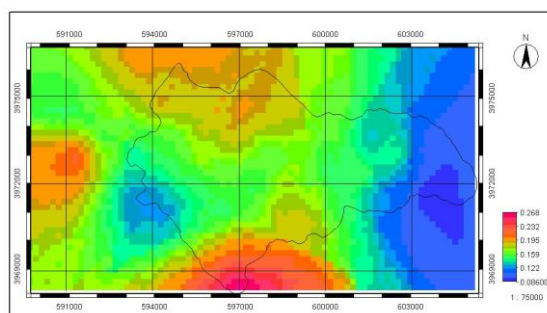
ح

شکل ۳: واریوگرام ها و اشکال نیتروژن و رطوبت نقطه پژمردگی خاک در منطقه مورد مطالعه





خ س خ



ح

ادامه شکل ۳: واریوگرام ها و اشکال نیتروژن ....

### بحث و نتیجه گیری

نتایج آنالیزهای آماری و زمین آماری عوامل خاکی نشان داد که تغییرپذیری کلی (ضریب تغییرات) و تغییرپذیری مکانی همبسته نبودند. لذا می توان نتیجه گرفت که بخشی از واریانس کل، تغییر تصادفی یا تغییرپذیری در مقیاس مکانی کوچکتر از نمونه برداری می باشد. مواد غذایی که قویا با حضور ماده آلی در ارتباط هستند، ضریب تغییرات بالاتری را نشان دادند که این مواد شامل کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم می باشند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد فسفر و نیتروژن وابستگی مکانی بالایی داشتند که با نتایج گالاردو و راراما (۲۱۱۷) همخوانی دارد.

بطور معمول نسبت اثر قطعه ای به سقف می تواند برای کلاسه بندی وابستگی مکانی ویژگی های خاک مورد استفاده قرار گیرد (کامباردلا و همکاران<sup>۱</sup>، ۸۹۹۴). اگر دامنه کمتر از ۱/۲۵ باشد وابستگی مکانی ضعیف است و اگر نسبت بین ۱/۲۵ تا ۱/۷۵ باشد وابستگی مکانی متوسط و در غیر اینصورت وابستگی مکانی قوی است. همه عوامل خاکی

وابستگی مکانی متوسط و قوی را از خود نشان دادند. بالاترین وابستگی مکانی را **رژ** نشان داد و کمترین وابستگی مکانی مربوط به پتاسیم بود که اثر قطعه ای بسیار بالایی داشته و نشان دهنده وجود عوامل تصادفی در توزیع مکانی پتاسیم، یا خطا در مراحل نمونه برداری یا آزمایشگاهی یا آنالیز بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که توزیع مکانی ویژگی های خاک با مدل های نمایی و کروی قابل توضیح است که با نتایج ژاو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۱۱۷) همخوانی دارد.

ماده آلی خاک یکی از شاخص های مهم کیفیت خاک است. تغییر پذیری زمانی و مکانی ماده آلی و درک توزیع آن برای توسعه استراتژی های کاربری اراضی مفید است (چوالیر<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۱۱۱، ژانگ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۱۱۴). برخی مطالعات در چین تغییر پذیری زمانی و مکانی ماده آلی را در مقیاس منطقه ای با استفاده از روش های زمین آمار نشان دادند (ژانگ و همکاران، ۲۱۱۲، کیو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۱۱۴). یانای<sup>۶</sup> و

۲- کع غش  
 ۳- قع ن غ  
 ۴- کع غش  
 ۵- م ف ذ  
 ۶- قع کع ش

ع قع قع ل ع ک ع - ۱

همکاران (۲۱۱۵) نیز تغییرپذیری ماده آلی را در منطقه تحت کشت نیمه خشک شمال قزاقستان نشان دادند. همچنین ژانگ و مک گرس<sup>۱</sup> (۲۱۱۴) تغییرپذیری زمانی و مکانی ماده آلی را در گراسلند های ایرلند گزارش کردند. این مطالعات اثرات مواد مادری، بافت خاک، توپوگرافی، کاربری اراضی و فرسایش خاک را بر تغییرپذیری مکانی ماده آلی نشان دادند و مطالعات دیگر نظیر وو و همکاران (۲۱۱۳)، تامسون و همکاران (۲۱۱۶) تاثیر شرایط اقلیمی و تغییر کاربری اراضی را بر تغییرپذیری ماده آلی نشان دادند. اکثر مطالعات انجام شده در جوامع گیاهی طبیعی نشان داد که ماده آلی و مواد غذایی بطور ناهمگن در مقیاس مکانی در خاک توزیع شده اند (روبرستن و همکاران، ۱۹۹۸، جکسن و کادول<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳، ع.ع). در تحقیق حاضر نیز ماده آلی وابستگی مکانی متوسط تا قوی از خود نشان داده است.

در منطقه مورد مطالعه همبستگی معنی داری بین بافت خاک و ماده آلی وجود داشت. هر چه بافت خاک سنگینتر بود، ماده آلی آن نیز بیشتر بود که با نتایج مک گرس و ژانگ، ۲۱۱۳ همخوانی داشت. در زمینه مطالعه وابستگی مکانی ویژگی های خاک در اکوسیستم های مرتعی در کشورهای دیگر نیز مطالعاتی صورت گرفته از جمله ریورو و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۱۱۷ در وتلندها، گالاردو و راراما، ۲۱۱۷ و ژانگ و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۱۱۸ در

گراسلند و بوته زار و ژاو و همکاران، ۲۱۱۷ در گراسلندها به مطالعه تغییرات مکانی ویژگی های خاک پرداختند.

وجود وابستگی مکانی بین ویژگی های مورد بررسی خاک در مراتع مورد مطالعه، از نتایج اصلی تحقیق حاضر می باشد. همانطوریکه دیده می شود، زمین آمار ابزار ارزشمندی در تعیین وابستگی مکانی است. در این میان سیستم اطلاعات جغرافیایی در کنار زمین آمار برای تهیه نقشه های توزیع مکانی عوامل خاکی نقش مهمی را ایفاء می کند. این ابزارهای قدرتمند امکان مطالعه وابستگی مکانی عوامل دیگری غیر از عوامل خاکی حتی وابستگی مکانی پوشش گیاهی را نیز فراهم می کنند که قابل بررسی و مطالعه است. از طرف دیگر تجمع منابع خاک از اثرات متقابل پیچیده بین خاک، گیاه، اتمسفر و فرایندهای چرخه ای ژئوشیمی حاصل می شود (چلسینگر<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۶). گیاهان الگوی مکانی ویژگی های خاک در اکوسیستم را با حضور فیزیکی و اثرات مربوطه خود تغییر می دهند (تدمن و کلمدسن<sup>۶</sup>، ۱۹۷۳). بنابراین مطالعه تاثیرات گیاهان بر تغییرات مکانی خاک نیز موضوع مهم و قابل بررسی می باشد.

۱- محمدی و همکاران - ۱  
 ۲- محمدی و همکاران - ۲  
 ۳- محمدی و همکاران - ۳  
 ۴- محمدی و همکاران - ۴

۵- محمدی و همکاران - ۵  
 ۶- محمدی و همکاران - ۶





