

## پهنه‌بندی برخی خصوصیات خاک با استفاده از زمین آمار و GIS (مطالعه موردی: مراتع افلاح)

منصوره کارگر<sup>۱</sup>، علی طاهری<sup>۲</sup>، حامد فرضی<sup>۳</sup>

۱ - دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (kargar\_sahar@yahoo.com)

۲ - اداره کل منابع طبیعی و آب‌خیزداری استان البرز (Alitaheri4929@gmail.com)

۳ - دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (hamed.farzi49@gmail.com)

### چکیده

از آن جایی که استفاده از تکنیک زمین آمار در راستای شناخت تغییرات مکانی عناصر خاک و تاثیرات آن بر روی جوامع گیاهی ابزار مهمی به شمار می‌رود، بنابراین آگاهی از تغییر پذیری مکانی ویژگی‌های خاک کمک شایانی به مدیریت هرچه بهتر آن می‌نماید. به منظور بررسی پهنه بندی و تغییر پذیری خصوصیات خاک در مراتع افلاح تعداد ۳۵۰ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال یافت. در آزمایشگاه ویژگی‌های خاک شامل اسیدیته، بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس)، کربن آلی، ماده آلی، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر کل، نیتروژن کل، پتاسیم قابل جذب، ظرفیت زراعی، اندازه گیری نقطه پژمردگی، آب قابل دسترس و وزن مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شد. سپس داده‌ها نرمال گردیده و آنالیزهای زمین آماری برای نشان دادن وابستگی مکانی این ویژگی‌ها صورت گرفت. در نهایت با استفاده از روش درونیابی کریجینگ و نرم افزار GIS و GS<sup>+</sup> توزیع مکانی این ویژگی‌ها تهیه گردید. نتایج نشان داد که قرار گرفتن در کلاس همبستگی متوسط و تا حدودی قوی بیانگر وجود تغییرات مکانی قابل توجه خصوصیات خاک می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بافت خاک یک فاکتور تعیین کننده و شاخص در تغییرات مکانی پوشش گیاهی به حساب می‌آید. لذا پیشنهاد می‌گردد، علاوه بر مطالعه تغییر پذیری مکانی متغیرهای مختلف خاک، تغییرات آن‌ها در زمان نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: خاک، زمین آمار، GIS، مراتع افلاح

### ۱- مقدمه

خاک محیط بسته ای به شمار نمی‌رود، اما حاصل اثر متقابل چندین فاکتور و فرآیند های تشکیل است. این اثر متقابل باعث پیچیدگی خاک شده و سیستم ناهمگن و دینامیکی را تولید می‌کند. به خاطر این که خاک یک محیط ناهمسانگرد است تغییر پذیری افقی و عمودی آن قابل سوال بوده و نادیده گرفته نمی‌شود. خصوصیات خاک ترکیبی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک

هستند که به شرایط و تغییرات مختلف واکنش های متفاوتی نشان می دهند (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۸). تغییرپذیری خصوصیات خاک با این فرض که توزیع خصوصیات خاک در عرصه به صورت تصادفی است، اغلب توسط روش های آماری کلاسیک بیان می شود. در این روش ها نتایج به دست آمده از اندازه گیری نمونه ها مستقل از موقعیت فضایی آنها مورد بررسی قرار می گیرد بنابراین مقدار یک کمیت در یک نمونه هیچ گونه اطلاعاتی درباره مقدار همان کمیت در نمونه های دیگر به فواصل مختلف بدست نمی دهد (گونزالز و همکاران، ۲۰۰۱). تغییر در خصوصیات خاک ممکن است منشا اولیه یا ثانویه داشته باشد. منشا اولیه تغییرات در خصوصیات خاک تحت تاثیر عوامل خاکزایی است، در صورتی که منشا ثانویه تغییرات می تواند بر اثر کاربری ها و مدیریت های مختلف اتفاق افتد. این تغییرات مکانی در محدوده وسیعی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مشاهده می شود (اخوان، ۱۳۸۴). یکی از مشکلات اصلی در ارزیابی وضعیت خصوصیات خاک منطقه عدم امکان نمونه برداری از تمامی نقاط می باشد. بدین منظور استفاده از راهکار مناسب جهت تعمیم نتایج حاصل از نقاط اندازه گیری شده به سایر نقاط توصیه می گردد. یکی از راهکارهای تجزیه و تحلیل - های مکانی داده های ژئو محیطی، استفاده از روش های میانمایی برای مطالعه الگوی توزیع مکانی این داده ها و تهیه نقشه های مورد نظر می باشد. از اواسط قرن بیستم شاخه ای از علم آمار به نام زمین آمار یا به عرصه علوم نهاد که امکان پردازش داده ها و توصیف مکانی آنها را فراهم آورد. به کمک زمین آمار علاوه بر توصیف و صورت بندی الگوی تغییرات مکانی و زمانی داده ها می توان اقدام به تخمین و تهیه نقشه های کمی پراکنش خصوصیات خاک با حداقل واریانس نمود (حسینی پاک، ۱۳۸۷). در سال های اخیر زمین آمار با طرح وابستگی مکانی ویزگی های خاک مطالعه شده است (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۰). جعفریان و همکاران (۱۳۹۰) در مراتع واوسر کیاسر در بررسی تغییر پذیری مکانی خاک در دو جامعه علفزار و بوته زار بیان داشتند که مدل مناسب برای همه ویزگی های خاک از نوع همسانگرد یا مستقل از جهت بوده است. در سایت بوته زار همه متغیرهای خاک به جز رس با وابستگی متوسط دارای ساختار مکانی بالا بودند. هم چنین در سایت بوته زار اکثر ویزگی های خاک متوسط تا قوی بوده و فقط اسیدیته و هدایت الکتریکی وابستگی مکانی ضعیف داشتند. فنگ پنگ و همکاران (۲۰۱۰) تغییرپذیری مکانی کربن خاک در حوزه آبخیز لویز پلاتو را بررسی کردند. نتایج حاصل از زمین آمار نشان داد که روش کریجینگ به طور موفق تری می تواند تغییرات در سطح حوزه آبخیز را تفسیر کند، هم چنین روش های زمین آمار در مقیاس حوزه آبخیز می تواند صحت تغییر پذیری مکانی محتوای کربن آلی خاک را ارزیابی کند. از آنجا که شناخت چگونگی توزیع مکانی خصوصیات خاک در یک عرصه کمک شایانی به مدیریت هرچه بهتر آن می نماید، بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی توانایی روش های زمین آمار در بررسی تغییرات مکانی خاک صورت گرفته است.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مشخصات جغرافیایی

مراتع افلاح در محدوده طول جغرافیایی ۵۲ درجه، ۱۱ دقیقه و ۱۸ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۵ دقیقه و ۲۳ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه و ۳۶ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه و ۴۱ ثانیه واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۳۰۰۰ هکتار می باشد. دامنه ارتفاعی آن از ۲۲۵۷ متر تا ۳۹۱۵ متر از سطح دریا می باشد. منطقه دارای خاک نسبتاً عمیق از نوع رسی، شنی و سیلتی لومی بوده و از نظر تشکیلات زمین شناسی بر روی سازند های مربوط به دوره اتوسن قرار دارد. از نظر اقلیمی، میانگین درجه حرارت در زمستان ۰/۰۳- و در تابستان ۱۹/۲ درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه به روش آمبرژه نیمه خشک سرد بوده، هم چنین میانگین رطوبت نسبی منطقه ۶۲ درصد و میانگین بارندگی سالانه آن ۳۷۷ میلی متر می باشد.

## ۲-۲- روش تحقیق

### ۲-۲-۱- نمونه برداری

برای نمونه برداری خاک با تلفیق عوامل شیب و جهت و ارتفاع، ۳۵ واحد کاری حاصل گردید. در هر واحد کاری ۱۰ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری برداشت و در مجموع ۳۵۰ نمونه خاک از منطقه برداشت شد. نمونه‌های 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 ویژگی‌های مختلف خاک اندازه گیری شد. بدین منظور بافت خاک با روش هیدرومتری بویکس، نیتروژن به روش کج‌دال، کربن آلی با روش اکسیداسیون مرطوب والکی بلک به دست آمد و ضرب عدد ۱/۷۲ در آن ماده آلی خاک حاصل شد. اسیدیته خاک در گل اشباع اندازه گیری شد. فسفر کل با روش کلریمتری تعیین شد. ظرفیت زراعی در فشار ۳۳- کیلو پاسکال و نقطه پژمردگی در فشار ۱۵۱۱ کیلو پاسکال با کمک دستگاه پرشی پلت اندازه گیری شد. آب در دسترس حاصل تفاضل ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی است. پتاسیم قابل جذب بعد از استخراج با استات آمونیوم ۸ نرمال با اسیدیته ۷ اندازه گیری شد (جعفری حقیقی، ۱۳۸۲). با استفاده از GPS موقعیت جغرافیایی محل نمونه‌های خاک برداشت و ثبت گردید

در ابتدا به منظور شناخت اولیه از آماره های عمومی داده‌ها، با استفاده از روش های آمار توصیفی فاکتور های خاک آنالیز شدند. در مطالعات زمین آماری داده‌هایی با توزیع غیر نرمال اثراتی به دنبال دارد که ممکن است منجر به نوسان زیاد در واریوگرام شود و سبب کاهش قابلیت اعتماد به نتایج تحلیلی گردد. لذا نرمال سازی داده‌ها ضروری به نظر می‌رسد. توزیع نرمال بودن داده‌ها با بر اساس چولگی آنها تخمین زده شد به این صورت که داده‌های با چولگی بین ۱- تا ۱ به عنوان داده‌های دارای توزیع نرمال در نظر گرفته شدند. برای داده‌هایی که از آنجایی که ضریب چولگی بزرگتر از ۱ داشتند، پس از حذف داده‌های پرت از تبدیل لگاریتمی استفاده شد (ویرجیلو و همکاران، ۲۰۰۷).

### ۲-۲-۳- آنالیز تغییرنما

در مرحله بعد تغییر پذیری مکانی ویژگی‌های خاک با رسم واریوگرام‌ها و تحلیل آنها صورت گرفت به این منظور در مورد هر یک از عوامل خاکی به طور جداگانه واریوگرام مربوطه رسم گردید. برای محاسبه واریوگرام‌ها تمام مدل‌هایی که نرم افزار امکان توسعه آنها را فراهم می‌کند (شامل مدل‌های همسانگرد یا مستقل از جهت) و ناهمسانگرد (یا وابسته به جهت خاص) که هر یک خود شامل مدل‌های خطی، کروی، نمایی و گوسن می‌باشند، اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب گردد. بهترین مدل بر اساس مجموع مربعات خطای (RSS) کمتر و ضریب تبیین بیشتر انتخاب گردید (بردجا و همکاران، ۲۰۰۰). برای محاسبه واریوگرام‌ها از رابطه ۱ استفاده شد:

$$\hat{y}(h) = 1 - \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(x_i) - Z(x_i + h))^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که  $y(h)$  نیمه واریانس برای فاصله  $h$  و  $N(h)$  تعداد زوج نقاط مجزا شده با فاصله گام  $h$  و  $Z(x_i)$  و  $Z(x_i+h)$  مقادیر متغیر اندازه گیری شده  $Z$  به ترتیب در موقعیت‌های مکانی  $I$  و  $I+h$  هستند. در مرحله بعد برای درون‌یابی مکانی و تهیه نقشه مکانی ویژگی‌های

خاک از روش کریجینگ، استفاده شد.

### ۲-۳-۴- روش و معیار ارزیابی و اعتبار سنجی مدل‌ها

برای ارزیابی و کنترل قابلیت اعتبار پارامتر های مورد استفاده در تخمین از روشی مرسوم به (Cross-validation) استفاده شده است. این روش شامل حذف به نوبت نمونه‌ها و برآورد مجدد آنها به روش کریجینگ و با استفاده از سایر نمونه‌ها و مدل برازش شده بر واریوگرام تجربی است. سپس از تفاضل مقادیر واقعی و برآورد شده برای ارزیابی برآورد ها استفاده می‌شود. برای انجام آنالیزهای زمین آماری از نرم افزار GS<sup>+</sup> نسخه ۵ (Gamma Design Software, MI, USA) استفاده شد (پازگونزاس و همکاران، ۲۰۰۰). پس از آنالیز زمین آماری به کمک نرم افزار GIS 9.3 نقشه نهایی عوامل خاکی تهیه گردید.

### نتایج

نتایج حاصل از توصیف ویژگی های آماری در جدول ۱ آمده است. همان طور که ملاحظه می‌شود. از میان ویژگی های خاک درصد نیتروژن دارای بالاترین ضریب تغییرات می‌باشد. هم‌چنین اسیدیته و وزن مخصوص ظاهری به ترتیب با ۱/۷۴ و ۴/۲۲ دارای کمترین ضریب تغییرات هستند (جدول ۱).

جدول ۱- آمار توصیفی نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه

عوامل خاکی	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	مینیمم	ماکزیمم	چولگی
pH	۷/۴۴	۰/۱۳	۱/۷۴	۷/۱۰	۸	۰/۸۷
N	۰/۰۶۲	۰/۰۳۴	۵۴/۸۳	۰/۰۱۰	۰/۲۷۰	۲/۹۰
P	۱۲/۵۸	۲/۹۱	۲۳/۱۳	۳/۸۰	۲۶	۰/۴۸
K	۲۵۵/۷۲	۵۳/۱۵	۲۰/۷۸	۱۰۸	۳۶۴	-۰/۴۷
Sand	۴۱/۳۹	۱۲/۵۵	۳۰/۳۲	۱۰	۸۱	-۰/۰۶
Silt	۲۹/۶۰	۷/۷۲	۲۶/۰۸	۱۱	۶۴	۰/۸۵
Clay	۲۹/۰۱	۱۰/۶۷	۳۶/۷۸	۸	۷۸	۱/۳۵
FC	۳۰/۸۴	۶/۰۵	۱۹/۶۱	۱۳	۵۰	۰/۳۸
PWP	۱۸/۵۳	۵/۷۶	۳۱/۰۸	۷	۴۴	۱/۲۵
AW	۱۲/۴۱	۱/۷۱	۱۳/۷۷	۶	۱۹	-۰/۳۷
Bd	۱/۴۲	۰/۰۶۰	۴/۲۲	۱/۱۴	۱/۵۱	-۱/۶۳
Saturation	۴۶/۱۷	۲/۲۳	۴/۸۲	۴۳	۵۵	۱/۶۱
OC	۰/۴۱۱	۰/۱۲۴	۳۰/۱۷	۰/۰۲۰	۰/۰۹۷	۰/۷۵
OM	۰/۷۰۸	۰/۲۱۴	۳۰/۲۲	۰/۰۴۰	۱/۶۷	۰/۷۵
C/N	۷/۶۷	۲/۹۸	۳۸/۸۵	۱/۲۰	۱۵/۸۸	۰/۶۱

نتایج حاصل از مدل‌های معرفی شده در جدول ۲ به علت داشتن مجموع مربعات باقیمانده کمتر و ساختار بهتر از بین تمامی مدل‌های برازش شده به هر ویژگی خاک و پارامترهای پوشش به عنوان بهترین مدل انتخاب گردیدند. مدل مناسب برای همه ویژگی‌های مطالعه شده از نوع همسانگرد یا مستقل از جهت بوده است. از میان متغیرهای مورد مطالعه، فسفر، پتاسیم رطوبت در دسترس، وزن

مخصوص ظاهری، کربن آلی و ماده آلی از مدل کروی تبعیت کرده اند و هم چنین نیتروژن، درصد شن، درصد سیلت و نسبت کربن به نیتروژن نیز از مدل گوسی تبعیت نموده است. کمترین  $R^2$  مربوط به پتاسیم و رطوبت اشباع می باشد. هم چنین کلاس وابستگی همه متغیرهای خاک متوسط بوده است (جدول ۲).

جدول ۲- اجزا مدل اعمال شده به تغییرنماهای ویژگی های خاک

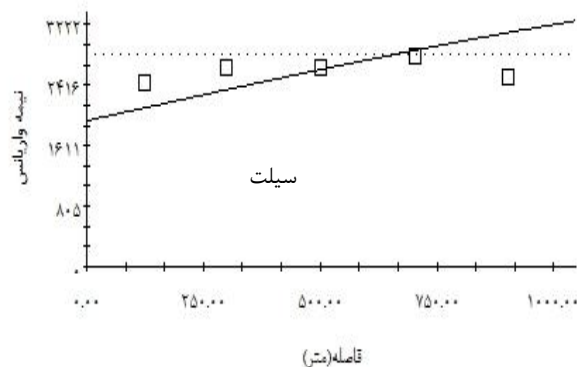
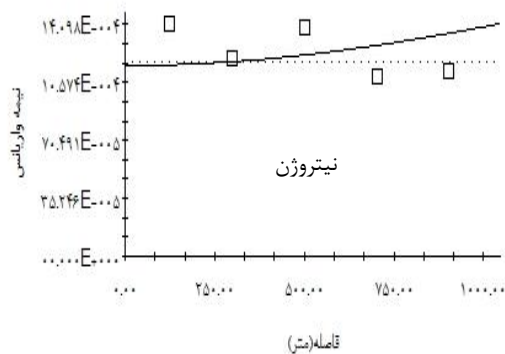
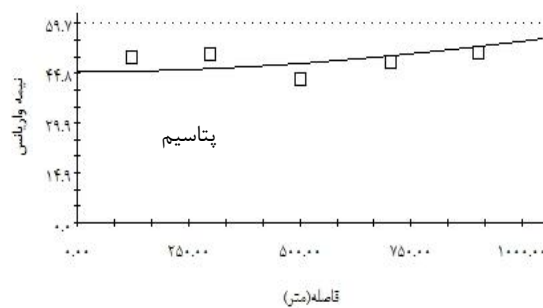
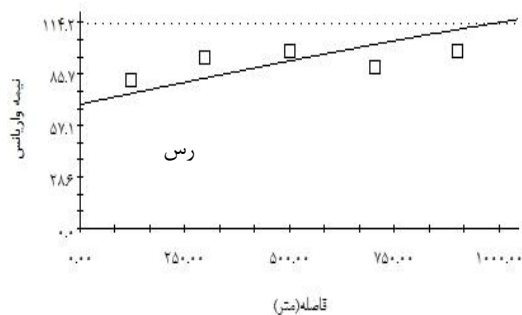
RSS	$R^2$	کلاس وابستگی مکانی	C/C0+C	C0+C	C0	مدل واریوگرام	عوامل خاکی
۱/۹۰	۰/۷۲	متوسط	۰/۵۰	۰/۰۲۷	۰/۰۱	نمایی	pH
۱/۲۶	۰/۵۱	متوسط	۰/۵۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	گوسی	N
۱/۷۸	۰/۷۳	متوسط	۰/۵۰	۱۳/۸۶	۶/۹۳	کروی	P
۳۲۸۳	۰/۱۱	متوسط	۰/۵۰	۴۲۲۱	۱۹۴۳	کروی	K
۸۹/۸	۰/۴۷	متوسط	۰/۵۰	۲۳۸/۱۰	۱۱۸/۸	گوسی	Sand
۴۵/۸	۰/۰۳	متوسط	۰/۵۰	۹۳/۸	۴۶/۹	گوسی	Silt
۱۳۱	۰/۴۲	متوسط	۰/۵۰	۱۶۱/۶	۸۰/۸	نمایی	Clay
۱۱	۰/۴۸	متوسط	۰/۵۰	۵۴/۰۳	۲۷/۰۱	نمایی	FC
۱۰/۹	۰/۴۲	متوسط	۰/۵۰	۴۷/۷	۲۳/۸۶	نمایی	PWP
۰/۱۱	۰/۲۹	متوسط	۰/۵۰	۳/۹۵	۱/۹۷	کروی	AW
۲/۱۴	۰/۴۵	متوسط	۰/۵۰	۰/۰۴۲	۰/۰۰۲	نمایی	Bd
۰/۳۱	۰/۱۰	متوسط	۰/۵۰	۶/۴۶	۳/۲۳	نمایی	Saturation
۳/۲۹	۰/۹۲	متوسط	۰/۵۰	۰/۰۲۶	۰/۰۱	کروی	OC
۲/۸۵	۰/۹۲	متوسط	۰/۵۰	۰/۰۷۹	۰/۰۳۹	کروی	OM

نتایج اعتبار سنجی مدل های اعمال شده نشان داد که مدل های ویژگی های درصد شن، وزن مخصوص ظاهری و نقطه ظرفیت زراعی دارای ضریب رگرسیون بیشتر بوده و در نتیجه از صحت بالاتری برخوردار هستند (جدول ۳). چند نمونه از تغییرنماهای محاسبه شده و نقشه های تهیه شده از ویژگی های مورد مطالعه آمده است (شکل ۲ و ۳).

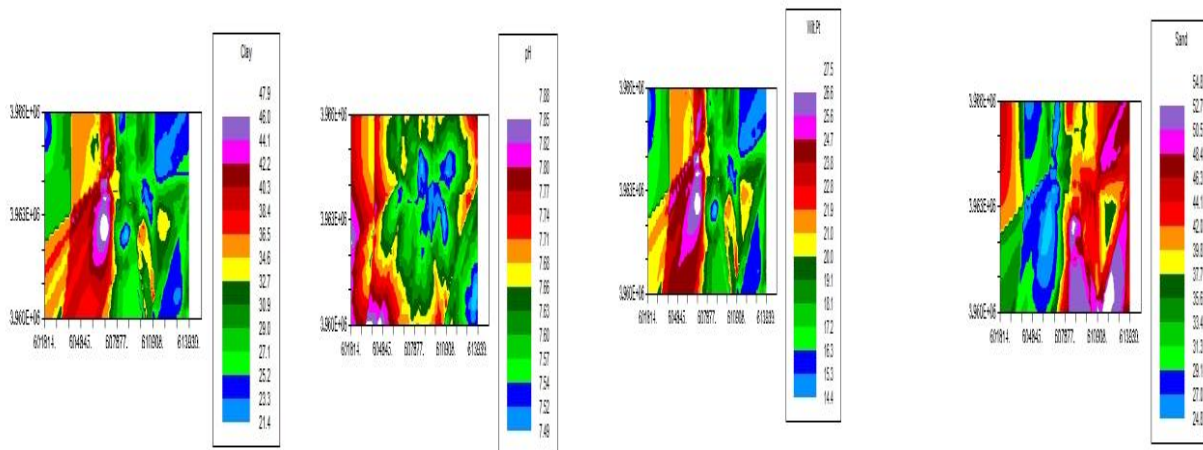
جدول ۳- نتایج اعتبار سنجی خصوصیات خاک مراتع افلاح

خطای استاندارد تخمین	عرض از مبدا	ضریب تبیین	خطای استاندارد	ضریب متغیر	عوامل خاکی
۰/۱۳	۲/۳۱	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۶۸	pH
۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۴۰	N
۲/۹۱	۱۳/۸۷	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۱۰	P
۵۰/۳۸	۸۲/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۶۷	K
۱۱/۲۲	۵/۲۱	۰/۲۰	۰/۰۹	۰/۸۷	Sand
۷/۲۶	۷/۵۷	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۷۴	Silt
۱۰/۱۳	۸/۲۸	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۷۱	Clay
۵/۶۴	۶/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۸۰	FC

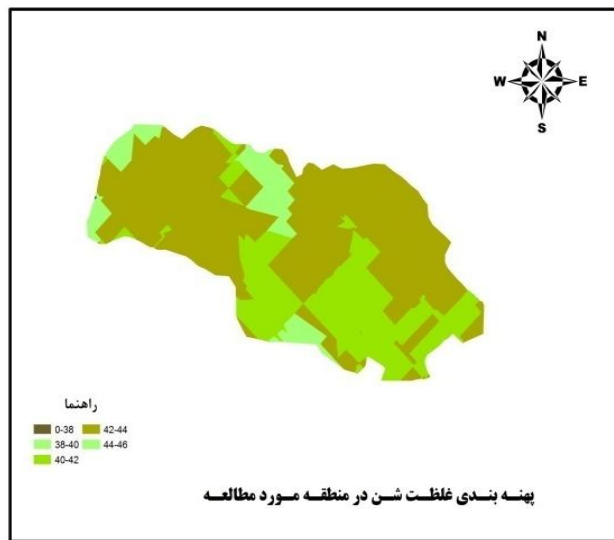
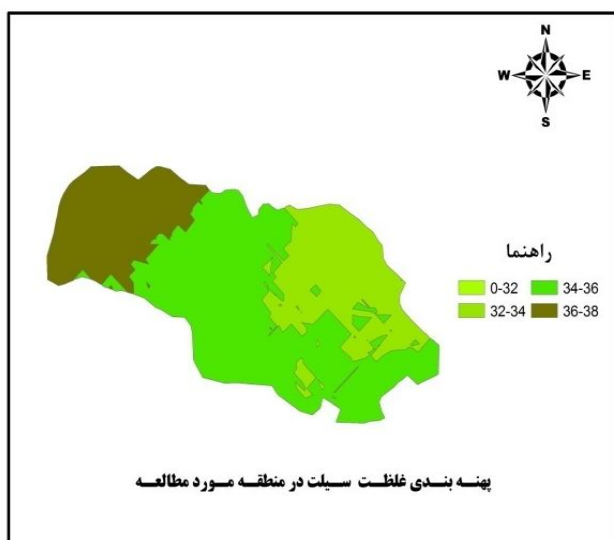
۵/۴۹	۴/۸۶	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۷۳	PWP
۱/۶۷	۵/۹۴	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۵۲	AW
۰/۰۵۴	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۸۳	Bd
۲/۰۷	۸/۸۰	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۸۱	Saturation
۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۰۰۶	۰/۱۹	۰/۲۹	OC
۰/۲۱	۰/۵۲	۰/۰۴	۰/۲۲	۰/۲۵	OM
۲/۸۸	۲/۶۶	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۶۵	C/N



شکل ۱- تغییرنماهای محاسبه شده برخی ویژگی های خاک در مراتع افلاح



شکل ۲- نقشه های برخی خصوصیات خاک در مراتع افلاح به روش درونیابی کریجینگ در زمین آمار



شکل ۳- نقشه های برخی خصوصیات خاک در مراتع افلاح به روش درونیابی کریجینگ در GIS

## بحث و نتیجه گیری

با توجه به مقادیر پایین چولگی بین صفر تا یک برای اکثر متغیرها که می تواند بیانگر انحراف کم این متغیرها از توزیع نرمال باشد. با توجه به ساختارهای مکانی واریوگرام مناسب برای تمام متغیرها بر حسب داده های اصلی صورت گرفت. بسیاری از محققین نیز پس از مشاهده تفاوت کم بین واریوگرام های داده های تبدیل شده و واریوگرام های اصلی از داده های اصلی استفاده کرده اند (کامباردلا و همکاران، ۱۹۹۴). از بین متغیرهای مورد بررسی کمترین ضریب تغییرات مربوط به اسیدیته برابر و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به نیتروژن به مقدار  $54/83$  می باشد که می تواند به دلیل شرایط یکنواخت حاکم در منطقه از جمله تغییرات اندک شیب و جهت باشد. در این رابطه کامباردلا و همکاران (۱۳۹۴) به نتایج مشابهی دست یافتند. در مطالعه حاضر نیتروژن و درصد سیلت از مدل گوسی تبعیت نمودند که تغییرنماهای گوسی در نزدیکی مبدأ دارای شکل سهمی مانند می باشند که حاکی از درجه پیوستگی بسیار بالا در متغیر مورد نظر است. تغییرنماهای نمایی معمولاً به سقف ثابتی نمی رسد به همین دلیل دامنه تأثیر آن نامعلوم است و علت پیدایش آن بزرگی قابل ملاحظه دامنه تأثیر نسبت به ابعاد تحت پوشش نمونه برداری است (لوپز و همکاران، ۲۰۰۵). هم چنین همه متغیرها دارای مدل های سقفدار و دارای ساختار مکانی هستند که این نمایانگر وابسته بودن نمونه های موجود در مکان های مختلف نسبت به یکدیگر است و وجود ساختار فضایی را نشان می دهد. بسیاری از محققین دیگر نیز مدل های سقفدار تغییرنما (کروی و گوسی) را یکی از مدل های رایج در مطالعه خصوصیات خاک می دانند از جمله (وانگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ جعفریان و همکاران، ۱۳۹۰). هم چنین ویژگی خاک از جمله درصد رس و سیلت با مدل نمایی قابل توضیح است که با نتایج (گرانادو و همکاران، ۲۰۰۵) قابل توجیح است که می توان فیت شدن مدل نمایی رس را به ناهمگنی محیط نسبت به توزیع مکانی این پارامتر و هم چنین به دلیل بزرگی دامنه تأثیر نسبت به تعداد تحت پوشش نمونه برداری نسبت داد. به طور معمول نسبت اثر قطعه ای به سقف می تواند برای طبقه بندی وابستگی مکانی ویژگی های خاک مورد استفاده قرار گیرد. اگر دامنه کمتر از  $0/25$  باشد وابستگی قوی، بین  $0/25$  تا  $0/75$  باشد وابستگی متوسط و اگر بیشتر از  $0/75$  باشد وابستگی ضعیف است (۶). کربن آلی و درصد شن با مدل های کروی قابل توضیح است که با نتایج (جعفریان و همکاران، ۱۳۹۰، ژنگ و همکاران، ۲۰۰۸) مطابقت دارد. مقدار اثر قطعه ای برای پارامترهای درصد نیتروژن و وزن مخصوص ظاهری کوچک می باشد که حاکی از واریانس تصادفی پایین این متغیرها در منطقه مورد مطالعه دارد به این معنی که نمونه های نزدیک به هم مشابه و نمونه های دور از هم مقادیر متفاوت تری دارند. به عبارت دیگر، اثر قطعه ای کوچک و نزدیک به صفر بیانگر یک پیوستگی مکانی بین نقاط همسایه می باشد. یکی از پارامترهای تغییر نما اثر قطعه ای است که یک مقدار از واریانس است که در نتیجه عواملی مانند تغییرات مشخصه مورد بررسی در فواصل کمتر از کوتاه ترین فاصله نمونه برداری، خطاهای اندازه گیری، خطای نمونه برداری و آزمایشگاهی و دیگر تغییرات غیر قابل پیش بینی می باشد (مولر و همکاران، ۲۰۰۸). در این زمینه نتایج محمدی زمانی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که تغییر نمای نیتروژن دارای اثر قطعه ای بسیار کوچک و برابر  $0/06$  است. هر چه دامنه تأثیر بزرگتر دلالت بر ساختار مکانی گسترده تر، پراکنش روند دار و در حقیقت پیوستگی مکانی بیشتر در مقادیر مورد نظر دارد. هر چه دامنه گسترده تر باشد به تعداد نمونه کمتری جهت تعیین نقاط نمونه برداری نشده نیاز است. در این تحقیق دامنه تأثیر از ۹۰۰ تا ۳۱۰۰ متر بوده که نشان دهنده افزایش ناهمگنی خاک یا پتانسیل فقههرایی می باشد. فواصل نمونه برداری در این تحقیق به صورت تصادفی انتخاب شده اند. از آنجا که انتخاب نمونه برداری فواصل نمونه برداری با استفاده از دامنه تأثیر و بحث همسانگردی در نمونه برداری شبکه ای مطرح می شود در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته است. استفاده از روش نمونه برداری شبکه ای می تواند چولگی داده ها را پایین بیاورد ولی تعداد نمونه ها در این روش زیاد می شود و مستلزم وقت و هزینه بیشتری است (فنگ پنگ و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به این که همه متغیرهای مورد مطالعه جزو مدل های سقفدار و دارای ساختار مکانی هستند استفاده از روش زمین آمار در مقایسه با آمار کلاسیک در منابع طبیعی با توجه به عدم پراکنش تصادفی متغیرها



پیشنهاد می شود. نتایج بدست آمده از روش کریج ینگ صحت ارزیابی (اعتبارسنجی) تخمین های متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه را نشان داد. در این زمینه (کامباردلا و همکاران، ۱۹۹۴) به نتایج مشابهی دست یافتند. همان طور که گفته شد روش کریجینگ تخمین گری ناریب با کمترین مقدار واریانس تخمین می باشد که می تواند جهت تخمین و بررسی تغییرات مکانی مقدار یک متغیر در نقطه ای که اطلاعات آن اندازه گیری نشده است به کار رود. از ویژگی های دیگر کریجینگ آن است که واریانس تخمین حداقل و تابع مشخصات تغییرنا (ساختار مکانی) می باشد و ارتباطی با مقدار واقعی داده ها ندارد یعنی توزیع نمونه های تخمین زده شده نسبت به مقادیر واقعی تغییرات کمتری دارد (محمد زمانی و همکاران، ۱۳۸۶). همان گونه که در نقشه های کریجینگ مشاهده می شود، توزیع اکثر متغیرها پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی داده ها می باشد. مدیریت مرتع می تواند در الگوی تغییرات مکانی خصوصیات شیمیایی خاک مطابق با بررسی تغییرات مکانی خصوصیات مختلف خاک اثر داشته باشد.

نتایج بدست آمده از روش کریجینگ صحت ارزیابی (اعتبارسنجی) تخمین های متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه را نشان داد. در این زمینه (لوپز و همکاران، ۲۰۰۵، نیکلا و همکاران، ۲۰۰۷، جعفریان و همکاران، ۱۳۸۸، اخوان و همکاران، ۱۳۸۳ و سکوتی - اسکوتی و همکاران، ۱۳۸۶) به نتایج مشابهی دست یافتند. همان طور که گفته شد روش کریجینگ تخمین گری ناریب با کمترین مقدار واریانس تخمین می باشد که می تواند جهت تخمین و بررسی تغییرات مکانی مقدار یک متغیر در نقطه ای که اطلاعات آن اندازه گیری نشده است به کار رود. از ویژگی های دیگر کریجینگ آن است که واریانس تخمین حداقل و تابع مشخصات تغییرنا (ساختار مکانی) می باشد و ارتباطی با مقدار واقعی داده ها ندارد یعنی توزیع نمونه های تخمین زده شده نسبت به مقادیر واقعی تغییرات کمتری دارد (میلر و همکاران، ۱۹۸۸). همان گونه که در نقشه های کریجینگ مشاهده می شود، توزیع اکثر متغیرها پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی داده ها می باشد. از آن جایی که در بین متغیرهای مورد بررسی درصد شن، درصد سیلت به ترتیب با نسبت همبستگی ۰/۹۹ درصد وابستگی مکانی قویتری داشتند. شایان ذکر است که قرار گرفتن در کلاس همبستگی قوی بیانگر وجود تغییرات مکانی قابل توجه آن ها می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که بافت خاک یک فاکتور تعیین کننده و شاخص در تغییرات مکانی گونه درمنه کوهی به حساب می آید. در این زمینه (کامباردلا و همکاران، ۱۹۹۴؛ مونتس و همکاران، ۲۰۰۵، نیکلا و همکاران، ۲۰۰۷، هولونگ و همکاران، ۲۰۱۰، کمرئی و همکاران، ۱۳۸۹) به نتایج مشابهی دست یافتند.

در تحقیقات آتی پیشنهاد می گردد با توجه به این که فاصله نقاط نمونه برداری نقش تعیین کننده ای در آنالیزهای زمین آماری دارد، انجام تحقیقات مشابه در این زمینه و در مقیاس های متفاوت با مقیاس تحقیق حاضر توصیه می شود. از آن جایی که زمین آمار ابزار ارزشمندی در تعیین وابستگی مکانی است لذا عوامل دیگری می توانند وابستگی مکانی خصوصیات خاک را تعیین کنند. بنابراین مطالعه اثرات شدت چرا، توپوگرافی و کاربری اراضی بر تغییرات مکانی خاک نیز می تواند موضوع مهم و قابل بررسی باشد. علاوه بر مطالعه تغییر پذیری مکانی متغیرهای مختلف خاک، تغییرات آن ها در زمان نیز باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین برنامه ریزی و مطالعات مستمر به منظور بررسی تغییرات زمانی ویژگی های خاک پیشنهاد می شود.

## فهرست منابع

۱. اخوان، ر، ۱۳۸۳. بررسی استفاده از روش زمین آمار در برآورد موجودی جنگل در مقایسه با روش کلاسیک در جنگل های خزری شمال ایران، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۶۴ ص.
۲. جعفری حقیقی، م. ۱۳۸۲. روش های تجزیه خاک نمونه برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی (با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی). انتشارات ندای ضحی، ۲۳۶ ص.

۳. جعفریان، ز، کارگر، م، و قربانی، ج، ۱۳۹۰. تغییر پذیری خصوصیات خاک در دو جامعه گراسلند و بوته زار در مراتع کیاس ر، مجله مرتع و آبخیزداری، ۱۳(۱): ۶۴-۲۴.
۴. حسنی پاک، ع. ا، ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱۴ص.
۵. محمد زمانی، س، ایوبی، ش، و خرمالی، ف، ۱۳۸۶. بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی سرخنگلا استان گلستان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۴۰): ۷۹-۹۱.

5. Brejda, J.J., Karlen, D.L., Smith, J.L., Allan, D.L., 2000. Identification of regional Soil quality factors and indications in Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie. **Soil Science**, 64: 2125-2135.
6. Cambardella. C.A., Moorman T.b., Novak J.M., Parkin T.B. 1994: Field-Scale variability of Soil properties in central Iowa Soils. **Soil science**, 58: 1501-1511pp.
7. Fengpeng, H. Wei H.Jiyong, Z., Feng, D. and Xingchang, Z. Spatial variability of soil organic carbon in a catchment of the Loess Plateau. 2010. **Soil & Plant Science** .60(2):136-143.
8. Gonzalez, A., Taboada, M.T. and Vieira, S.R. 2001. Geostatistical Analysis of Heavy Metals in a One-Ha Plot Under Natural Vegetation in a Serpentine Area. **Can. Journal of Soil science**, 81: 469-479.
9. Granados, F.L., Jurado, M., Barragan, J.M., and Torres, L. 2005. Using geostatistical and remote sensing approaches for mapping soil properties, **European Journal of Agronomy**, 23: 279-289.
10. Lopez, F., Juado, M., Pena, J. M., and Garcia-Toress, L. 2005. Using geostatistical and remote sensing approaches for mapping soil properties. **European Journal of Agronomy**, 23: 279-289.
11. Muller, E.N., Wainwright, J., and Parson, J. 2008. Spatial variability of soil and nutrient characteristics of semi-arid grassland and shrublands, Jornada Basin, New Mexico, **Ecohydrology**, 1: 3-12.
12. Paz-Gonzalez, A., S. R. Viera and M. T. Castro. 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. **Geoderma**, 97 (4): 273-292.
13. Virgilio, N. D., Monti, A., Venturi, G. 2007. Spatial variability of switchgrass (*Panicum virgatum L.*) yield as related to soil parameters in a small field. **Field Crops Research**, 101: 232-239
14. Wang, z., Zhang .B., Song .K., Liu .D. and Ren .CH. 2010. Spatial Variability of Soil Organic Carbon Under Maize Monoculture in the Song-Nen Plain, Northeast China. **Pedosphere**, 20 (1): 80-89..
15. Zheng, J. M. Li, X. Chen, Y. Li, X. and Liu, L. 2008. Effects of *Salsola Passerina* Shrub patches on the microscale heterogeneity of soil in montane grassland, China. **Journal of Arid Environments**, 72: 150-161.