بررسی اثر موقعیت شیب بر تغییرپذیری مکانی پایداری خاکدانه‌ها با تکنیک زمین‌آمار .مطالعه موردی در شهرستان قائمشهر (استان مازندران)

سیده فاطمه سجادی رزکناری [۱]، سید مصطفی عمادی [۲]، محمدعلی بهمنیار [۳]، سروش سالک گیلانی [۲]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۲-استادیار گروه علوم خاک دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۳-استاد گروه علوم خاک دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده
شناخت تغییرات مکانی خصوصیات خاک در مدیریت بهینه اراضی دارای اهمیت ویژه‌ای است. این پژوهش با هدف بررسی روش زمین‌آمار در تغییرپذیری مکانی پایداری خاکدانه‌های خاک انجام شد. تعداد ۲۰۰ نمونه از دو عمق سطحی ۰-۱۵ و زیرسطحی ۱۵-۳۰ سانتیمتری در سه کلاس شیب ۰-۱۰، ۱۰-۱۷ و ۱۷-۳۵ درصد به روش مرکب نمونه‌برداری شد. پس از انجام آنالیزهای آزمایشگاهی، آنالیزهای زمین‌آماری انجام شد. در نهایت از روش کریجینگ و روش وزن‌دهی معکوس برای ترسیم نقشه استفاده شد. نتایج نشان داد که پایداری خاکدانه‌ها در شیب‌های کمتر، بیشتر بوده و در شیب‌های بیشتر، پایداری خاکدانه در افق زیرسطحی بیشتر از افق سطحی می‌باشد زیرا خاکهای سطحی بر روی شیب در معرض شست‌وشو و فرسایش قرار گرفته و کاهش پایداری خاکدانه‌ها را در پی دارد.

واژه های کلیدی: لندفرم، زمین‌آمار، پایداری خاکدانه

مقدمه
تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک تابع عوامل محیطی مانند اقلیم، خصوصیات زمین‌نما شامل موقعیت زمین‌نما، توپوگرافی، درجه شیب، ارتفاع، مواد مادری و پوشش گیاهی می‌باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۲). به دلیل اینکه حرکت و تجمع آب بر روی اجزای متفاوت شیب متفاوت است، انتظار می‌رود خصوصیات خاک‌ها در قسمت‌های مختلف نیز متفاوت باشند (یان و مارچنر، ۲۰۱۳). زمین‌آمار شاخه‌ای از علم آمار کاربردی است که قادر به درنظر گرفتن جزء وابسته به مکان تغییرات است و به برآورد خصوصیت مورد نظر مکانی که نمونه برداری نشده با استفاده از اطلاعات نقاط نمونه برداری شده با تخمینگرهای آماری خود می‌پردازد و از این جهت نسبت به آمار کلاسیک برتری دارد (تاچگران و همکاران، ۱۳۸۶). از روش‌های زمین‌آماری برای بررسی پایداری خاکدانه‌ها توسط محققین مختلفی بکار گرفته شده است: محمدی و متقیان (۲۰۱۱) میزان پایداری خاکدانه‌ها را در سه سطح میکرو، مزو و ماکرو باهم مقایسه کردند. آنها مشاهده کردند که درصد بیشتری از پایداری خاکدانه‌ها در اندازه میکرو و پس از آن در اندازه مزو بوده است. هاشمی راد و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (*MWD*) بیشترین میزان را در جنگل و کمترین میزان را در مرتع داشت که این اختلافات درمورد پایداری خاکدانه‌ها به لحاظ آماری کاملا معنی‌دار بود. عملیات خاکورزی و تراکم خاک در اراضی کشاورزی، با کاهش مواد آلی و افزایش جرم مخصوص ظاهری منجر به کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها گشته و باعث تخریب خاکدانه‌ها می‌گردند. مختاری و همکاران (۱۳۹۲) در سه کلاس شیب، ۰-۱۰، ۱۰-۳۰ و ۳۰-۵۰، اثر شیب و تغییر کاربری اراضی را بر پایداری و میزان کربن آلی خاکدانه‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد تخریب جنگل و کشت مداوم دیم در طول نیم قرن باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها شامل *WSA*، *MWD* و *GMD* در همه کلاس‌های شیب شده است.
به نظر میرسد مطالعه بررسی آمار کلاسیک و زمین‌آماری به خصوص در زمین‌نماها نیاز به مطالعه بیشتر دارد زیرا مطالعات انجام شده در یک منطقه مشخص را نمی‌توان به دیگر مکان‌ها تعمیم داد لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر موقعیت شیب بر تغییرپذیری مکانی پایداری خاکدانه‌ها در دو عمق سطحی و زیرسطحی انجام شده است.

مواد و روش‌ها
این پژوهش در سال ۱۳۹۳-۱۳۹۴ در روستای افراتخت شهرستان قائمشهر، استان مازندران با مختصات حداقل ۳۶° ۲۷′ ۵۰″ شمالی، ۵۲° ۵۶′ ۳۷″ شرقی و حداکثر ۳۶° ۲۹′ ۲۴″ شمالی، ۵۲° ۵۹′ ۱۵″ شرقی در سه موقعیت شیب ۰-۱۲، ۱۲-۲۴ و ۲۴-۳۵ درصد انجام شد. تعداد ۱۵۰ نمونه از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. مختصات جغرافیایی تمام نقاط نمونه‌برداری با دستگاه GPS شناسایی و نمونه‌برداری به صورت مرکب انجام شد. برای نمونه‌برداری خاک از یک بیلچه استفاده شد و نمونه‌های خاک به آرامی در کیسه پلاستیکی قرار گرفتند تا کمترین آسیب به خاکدانه‌ها وارد گردد. آنالیز پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر برروی نمونه‌های دست‌نخورده در آزمایشگاه انجام شد.

آنالیز زمین‌آماری:

در ابتدا به منظور شناخت اولیه از آماره‌های عمومی داده‌ها، با استفاده از روش‌های آمار توصیفی، فاکتورهای خاک آنالیز شدند. در مطالعات زمین‌آماری داده‌هایی با توزیع غیرنرمال اثراتی را به دنبال دارد که ممکن است، منجر به نوسان زیاد در واریوگرام‌ها شود و سبب کاهش قابلیت اعتماد به نتایج تحلیلی گردد. لذا نرمال‌سازی داده‌ها ضروری به نظر می‌رسد (جعفریان جلودار و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از روش‌های ارزیابی نرمال بودن داده‌ها استفاده از ضریب چولگی می‌باشد. هنگامی که این ضریب بیشتر از یک باشد، بایستی از لگاریتم جهت نرمال نمودن داده‌ها با استفاده از تست کلموگروف- اسمیرنوف انجام شود (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱). در مرحله بعد تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک با رسم واریوگرام‌ها و تحلیل آن‌ها صورت گرفت. برای محاسبه واریوگرام‌ها تمام مدل‌هایی که نرم‌افزار امکان توسعه آنها را فراهم می‌کند، اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب گردد. بهترین مدل نیز براساس مربعات خطای (RSS) کمتر و ضریب تبیین بیشتر انتخاب می‌گردد (جعفریان جلودار و همکاران، ۱۳۸۸). برای محاسبه واریوگرام از رابطه زیر استفاده گردید:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (۱)$$

که در این رابطه، N(h)تعداد جفت نمونه‌های بکاررفته در محاسبه که در فاصله h از یکدیگر قرار دارند، Z(x_i) مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر، Z($x_i + h$) مقدار مشاهده شده آن متغیر که به فاصله h از Z(x_i) قرار دارد و $\gamma(h)$ تغییرنما است.

در مرحله بعدی برای درون‌یابی مکانی و تهیه نقشه مکانی ویژگی‌های خاک از دو روش کریجینگ و عکس فاصله وزن‌دار استفاده شد. کریجینگ به عنوان تابعی خطی از مجموع مشاهدات واقع در همسایگی نقطه مورد تخمین، می‌باشد. کریجینگ یک تخمین‌گر خطی ناریب با کمترین واریانس است (نورزاده حداد و همکاران، ۱۳۹۲). روش عکس فاصله وزن‌دار یکی از روش‌های درون‌یابی است که در آن مدل براساس مقادیر نقاط همسایه برازش داده می‌شود. به طوری که به نقاط مجاور نسبت به فاصله آنها از نقطه مجهول وزنی اختصاص می‌یابد. در حقیقت نوعی درون‌یابی وزن‌دار انجام می‌گیرد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱).

به منظور ارزیابی روش‌های درون‌یابی از تکنیک Cross Validation با دو معیار MBE و MAE برای سنجش روش‌ها و نیز تطابق توزیع مکانی نقشه‌های بدست آمده با فیزیک منطقه استفاده شد. MAE معرف دقت و MBE معرف انحراف هر روش می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| z^*(xi) - z(xi) \right|}{n} \quad (۲)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(z^*(xi) - z(xi) \right)}{n} \quad (۳)$$

که در آن Z^* مقدار برآورد شده در نقطهx_i، Z(x_i) مقدار برآورد شده در نقطه x_i و n تعداد نقاط می‌باشد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱).

برای انجام آنالیزهای زمین‌آمار از نرم‌افزار GS+ نسخه ۵ (Gamma Design Software, MI,USA) استفاده شد. داده‌های مربوط به عوامل خاکی از نرم‌افزار Excel به نرم‌افزار GS+ وارد گردید و مورد آنالیز قرار گرفتند.

نتایج

خلاصه آماری از پارامترهای مورد نظر در جدول ۱ آمده است. ضریب تغییرات، ضریبی است که برای نشان دادن تغییرات کلی مورد استفاده قرار میگیرد. همان طور که از جدول ۱ برمی‌آید ضریب تغییرات پایداری خاکدانه در افق‌های سطحی در شیب‌های ۰-۱۰ درصد و در افق‌های زیرسطحی در شیب‌های ۱۰-۱۷ درصد بیشتر است که این بیانگر وجود تغییرات بیشتر در این شیب‌ها می‌باشد.

جدول ۳: خلاصه آماری پایداری خاکدانه‌ها در اعماق و شیب‌های مختلف

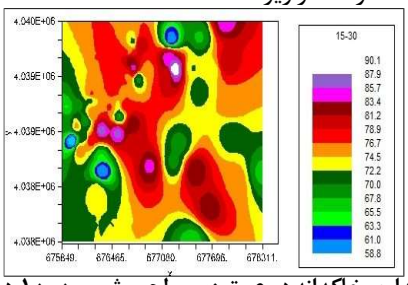
درصد شیب	عمق(سانتیمتر)	میانگین	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
۰-۱۰	۰-۱۵	۷۴.۴۸	۶۰.۲۱	۹۷.۲۵	۹.۰۵	۱۲.۱۵	۰.۴۲	۰.۱۶-
	۱۵-۳۰	۷۴.۷۵	۵۶.۳۲	۹۰.۱۵	۷.۳۸	۹.۸۷	۰.۲۱-	۰.۲۶-
۱۰-۱۷	۰-۱۵	۴.۳۳	۴.۱۴	۴.۵۳	۰.۱۳	۳.۰۰	۰.۳۶	۰.۸۷-
	۱۵-۳۰	۷۲.۸۷	۵۷.۹۴	۸۶.۳۳	۸.۲۴	۱۱.۳۱	۰.۳۳-	۰.۴۵-
۱۷-۳۵	۰-۱۵	۴.۳۲۸	۴.۲۵	۴.۴۵	۰.۰۷	۱.۶۲	۰.۵۰	۰.۷۵-
	۱۵-۳۰	۷۱.۶۹	۶۴.۱۵	۷۹.۲۲	۵.۹۹	۸.۳۵	۰.۱۸	۱.۳۹-

مدل‌های معرفی شده در جدول ۲ به دلیل داشتن مجموع مربعات باقیمانده کمتر، از بین تمامی مدل‌های برازش شده به هر پارامتر انتخاب گردیدند. برای بیشتر پارامترها مدل نمایی به عنوان مدل مناسب انتخاب شد.

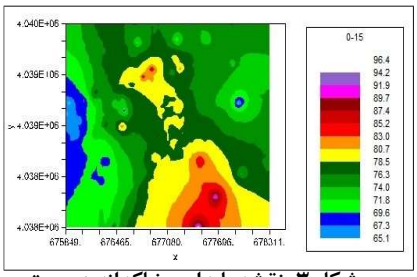
جدول۲: پارامتر انواع مدل اعمال شده به واریوگرام‌ها

درصد شیب	عمق(سانتیمتر)	مدل واریوگرام	C_0	C_0+C	$\frac{C}{C+C_0}$	R^2	RSS
۰-۱۰	۰-۱۵	نمایی	۰.۱	۷۸.۷۱	۰.۹۹	۰.۷۷	۶۵۱
	۱۵-۳۰	نمایی	۳۸	۱۱۴.۱۷	۰.۶۷	۰.۷۰۴	۲۳۰
۱۰-۱۷	۰-۱۵	نمایی	۰.۰۱۲	۰.۰۲۸	۰.۵۷	۰.۰۴۳	۲۲.۰۸
	۱۵-۳۰	گوسی	۶۷	۱۳۴.۱	۰.۵	۰.۰۰۹	۹۸۱۷
۱۷-۳۵	۰-۱۵	خطی	۲.۷۱	۹.۳	۰.۷۱	۰.۹۵۰	۲۴.۳۹
	۱۵-۳۰	نمایی	۲۳.۷۷	۴۷.۵۵	۰.۵	۰.۰۰۹	۲۰۵۵

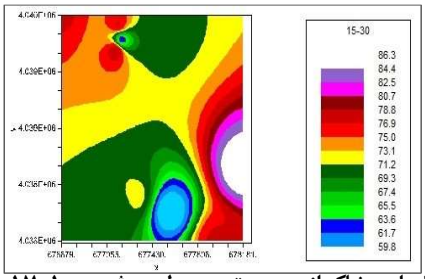
پس از حذف بیست درصد داده و تخمین مقدار داده با روش‌های میانیابی کریجینگ و روش وزن‌دهی معکوس *IDW* با سه توان ۱، ۲ و ۳ مقدار *MAE* (معرف دقت) و *MBE* (معرف انحراف) برای هر روش محاسبه گردید و از بین آنها روش‌هایی که دارای دقت بیشتری بودند برگزیده شدند. برای همه پارامترها روش *IDW* با توان ۳ مناسب‌ترین روش بود و فقط برای عمق سطحی شیب ۰-۱۰ درصد و برای عمق زیرسطحی شیب ۱۰-۱۷ درصد به ترتیب روش‌های *IDW* با توان ۱ و کریجینگ مناسب‌ترین بود. نقشه‌های تهیه شده (شکل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶) در زیر آمده است.



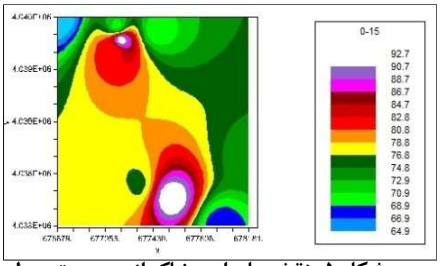
شکل ۲ :نقشه پایداری خاکدانه در عمق زیرسطحی شیب ۰-۱۰ درصد



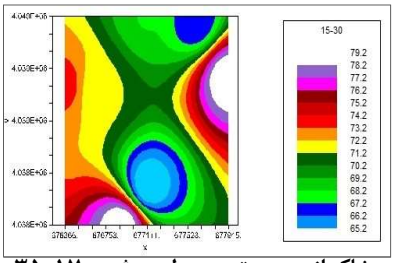
شکل ۳: نقشه پایداری خاکدانه در عمق سطحی شیب ۰-۱۰ درصد



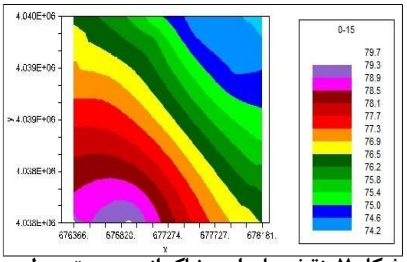
شکل ۴ : نقشه پایداری خاکدانه در عمق زیرسطحی شیب ۱۰-۱۷ درصد



شکل ۵: نقشه پایداری خاکدانه در عمق سطحی شیب ۱۰-۱۷ درصد



شکل ۶ : نقشه پایداری خاکدانه در عمق زیرسطحی شیب ۱۷-۳۵ درصد



شکل ۷: نقشه پایداری خاکدانه در عمق سطحی شیب ۱۷-۳۵ درصد

بحث و نتیجه‌گیری

از مهمترین دلایل اختلاف کیفیت خاک براساس ویژگی‌های مورد بررسی در شیب‌های مختلف می‌توان به بیشتر بودن درجه تجزیه و تخریب متفاوت، اختلاف در سرعت فرسایش و تجمع مواد در شیب‌های مختلف زمین نسبت داد. نتایج این پژوهش نشان

داد که پایداری خاکدانه‌ها در شیب‌های کم بیشتر از شیب‌های با درصد بیشتر بوده است که این با نتایج ملکی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد. همچنین پایداری خاکدانه‌ها در خاکهای زیرسطحی واقع در شیب‌های با درصد بالا به مراتب بیشتر از خاک‌های سطحی می‌باشد که این امر می‌تواند به دلیل در معرض شست‌وشو و فرسایش بودن خاکهای سطحی در شیب‌های زیاد باشد که این خود اهمیت مدیریت در این اراضی را بیان می‌کند. توصیه می‌شود جهت حفظ پایداری خاکدانه در خاکهای سطحی پوشش گیاهی در این منطقه بر روی شیب افزایش یابد.

منابع

تاچگران، ت.ایوبی، ش. خرمالی، ف. شتایی،ف. ۱۳۸۶. بررسی تغییرپذیری مکانی و همبستگی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی به کمک تکنیک زمین‌آمار(مطالعه موردی: بخشی از اراضی شمال آق قلا). مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

جعفریان جلودار، ز.ارزانی، ح. جعفری، م. کلارستانی، ع، ا. زاهدی، ق. آذرنیوند، ح. ۱۳۸۸. توزیع مکانی خصوصیات خاک با روش‌های زمین‌آماری در مراتع رینه. مجله علمی پژوهشی مرتع، جلد یکم، شماره‌ی ۳، صفحه‌های ۸۱۷ تا ۸۲۹.

محمودی، ج.، زارعیان، ف. جوادی، م، ر. خرسندی، ن. ۱۳۹۱. مقایسه کارایی چند روش زمین آماری برای تخمین برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک. مجله‌ی حفاظت منابع آب و خاک، جلد چهارم، شماره ۱، صفحه‌های ۶۷ تا ۷۵.

مختاری، پ.ایوبی، ش. مصدقی، م، ر. ۱۳۹۲. اثر شیب و تغییر کاربری اراضی بر پایداری و میزان کربن آلی خاکدانه‌ها. مجله‌ی تحقیقات آب و خاک ایران، جلد چهل و چهارم، شماره ۲۲، صفحه‌های ۱۹۳ تا ۲۰۲.

ملکی، ص. خرمالی، ف. کیانی، ف. کریمی، ع، ر. ۱۳۹۲. اثر جهت و موقعیت شیب بر روی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اراضی لسی شیب‌دار، منطقه توشن استان گلستان. نشریه‌ی پژوهش‌های حفاظت خاک، جلد بیستم، شماره ۳، صفحه‌های ۹۳ تا ۱۱۲.

نورزاده حداد، م. مهدیان، م، ح. ملکوتی، م، ج. ۱۳۹۲. مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین‌آماری به منظور بررسی پراکنش مکانی عناصر ریزمغذی در اراضی کشاورزی، مطالعه موردی: استان همدان. مجله‌ی دانش آب و خاک. جلد بیست و سوم، شماره ۱، صفحه‌های ۷۱ تا ۸۱.

هاشمی راد، س. کیانی، ف. همت‌زاده، ی. مفتاح هلقی، م، م. رحمانی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی نقش کاربری‌های مختلف اراضی و برخی شاخص‌های کیفی خاک بر روی پایداری خاکدانه‌ها در حوضه آبخیز قرناوه(شرق استان گلستان). دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار، فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو. دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، شیراز.

Mohammadi, J. and Motaghian, M. H. ۲۰۱۱. Spatial prediction of soil aggregats stability and aggregate- associated organic carbon content at the catchment scale using geostatistical techniques. Pedospher, ۲۱(۳): ۳۸۹-۳۹۹

Yan, N. and Marschner, P. ۲۰۱۳. Response of soil Respiration and microbial biomass to changing EC in salin soils. Soil Biology & Biochemistry, ۶۵: ۳۲۲-۳۲

Absteract

Understanding the spatial variability of soil characteristics in the optimal management of land has special significance. This study aimed to investigate the Geostatic methods in spatial variability of soil aggregate stability was conducted. A total of ۲۰۰ samples from both the surface and subsurface ۰-۱۵ ۱۵-۳۰ ۰-۱۰ cm in three classes slope, ۱۰-۱۷, and ۱۷-۳۵ percent by composite sampling were taken. After laboratory analysis Geostatistical analysis was performed. Finally, the method of kriging and inverse weighting method were used to map. The results showed that aggregate stability on less slopes was more than high slop, aggregate stability on the surface was more than subsurface horizons in high slops because the surface soils on slopes face to erosion and leaching then aggregate stability are followed.