

تأثیر جهت شیب بر تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه کیاسر مازندران

زینب جعفریان^{۱*}، سارا شعبانزاده^۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۸

۱- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: z.jafarian@sanru.ac.ir

چکیده

خاک یک سیستم ناهمگن، متنوع و پویا می‌باشد که بررسی تغییرات زمانی و مکانی آن برای مدیریت اصولی عرصه‌های طبیعی ضروری است. در تحقیق حاضر تغییرات مکانی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر جهت دامنه در مراتع کیاسر بررسی شده است. در حوضه پشتکوه کیاسر دو سایت نمونه‌برداری با شرایط یکسان اقلیمی، شیب، ارتفاع و زمین‌شناسی، فرم رویشی در دو جهت متفاوت شیب انتخاب شدند. در هر سایت نمونه‌برداری یک شبکه نمونه‌برداری با سلول‌های ۴۰۰ متر مربعی پیاده شده و تعداد ۵۰ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر از هر سایت جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و ویژگی‌های خاک شامل pH، میزان کربنات کلسیم معادل (CCE)، نیتروژن کل، کربن آلی، بافت خاک (درصد سیلت، رس و شن) و درصد رطوبت خاک اندازه‌گیری شدند. سپس داده‌های غیرنرمال، نرمال گردیده و تجزیه تحلیل‌های آماری و زمین آماری انجام شد. نتایج آزمون t نشان داد که میزان کربن آلی از نظر آماری در شیب رو به شمال تفاوت معنی‌داری ($p < 0.01$) با شیب رو به جنوب نداشت، اما بقیه ویژگی‌های خاک در دو جهت متفاوت ($p < 0.01$) بودند. در جهت رو به شمال تنها هدایت الکتریکی از خود وابستگی مکانی قوی (با نسبت اثر قطعه-ای به سقف کمتر) نشان داد و کربن آلی و درصد سیلت وابستگی مکانی ضعیف داشته (با نسبت اثر قطعه‌ای به سقف بیشتر) و بقیه ویژگی‌های مورد مطالعه وابستگی مکانی متوسط داشتند. در جهت رو به جنوب درصد رس و نیتروژن کل وابستگی مکانی قوی داشته، pH، هدایت الکتریکی و درصد شن وابستگی ضعیف مکانی از خود نشان دادند و بقیه ویژگی‌ها دارای وابستگی متوسط مکانی بودند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات مکانی، جهت شیب، زمین آمار، کیاسر، ویژگی‌های خاک

Effect of Slope Aspect on Spatial Variability of Physical and Chemical Properties of the Soil in Kiasar Region of Mazandaran Province

Z Jafarian^{1*}, S Shabanzadeh²

Received: 3 June 2013

Accepted 18: June 2017

1- Assoc. prof., Agricultural of Science and Natural Resources University, Sari, Iran.

2-M.Sc. Graduate, Dept. of range management, Agricultural of Science and Natural Resources University, Sari, Iran.

* Corresponding author, Email: z.jafarian@sanru.ac.ir

Abstract

Soil is a diverse, dynamic and heterogeneous system and investigation of its spatial and temporal changes is essential for systematic management of natural resources. In this study the spatial variabilities of some physical and chemical properties of the soil affected with aspect in Kiasar rangelands were investigated. Two sampling sites were selected with the same climatic level, slope, elevation and lithology but with different slope aspect. A sampling grid with 400 m² cells was established in each site and 50 soil samples were collected from 0-30 cm soil depth. Soil properties including pH, caco₃, total nitrogen, organic carbon, percent of silt, clay, sand and moisture were measured in the laboratory. Then data were normalized and applied for the statistical and geostatistical analyses. Results of the t test showed that organic carbon in northern slope did not have significant difference ($p < 0.01$) with the southern slope but the other properties were different between these two slope aspects. In northern slope, EC had a high spatial dependence (with lower $C0/(C0+C)$), but organic carbon and percentage of silt had low spatial dependence (with higher $C0/(C0+C)$) and other soil properties had moderate spatial dependence. Percentages of clay and total nitrogen had high spatial dependence, while pH, EC and percentage of sand had low spatial dependence and other soil properties had moderate spatial dependence in the southern slope.

Keywords: Aspect, Geostatistics, Kiasar, Soil Properties, Spatial Variability

مقدمه

همکاران (۲۰۰۶) و از میان عوامل محیطی، جهت شیب، درجه حرارت خاک، استقرار پوشش گیاهی و رطوبت خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد که این عوامل نیز توزیع ماده آلی، pH و سطوح مواد غذایی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (بیرکلند ۱۹۸۴). در بررسی‌های تأثیر جهت شیب بر پوشش گیاهی و عناصر غذایی مشخص شده در نیمکره شمالی زمین، شیب‌های رو به شمال ۲۷ تا ۵۰ درصد حاصل‌خیزتر از شیب‌های رو به جنوب هستند و نوع گونه‌های گیاهی این جهت‌ها متفاوت است (دستا و همکاران ۲۰۰۴). در این نیمکره شیب‌های رو به شمال معمولاً نور آفتاب کمتری دریافت می‌کنند در

خاک تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی همانند عوامل اقلیم، پستی و بلندی، موجودات زنده، مواد مادری و زمان تشکیل می‌شود. تغییرات مکانی و ناهمگنی پراکنش جغرافیایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های اکوسیستم مرتعی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی و زیستی شامل پستی و بلندی، پوشش گیاهی، میکروکلیمای خاک، سیستم‌های مختلف چرا و مدیریت‌های گوناگون مراتع است (چانتون و آوادو ۱۹۹۶). خصوصیات خاک به‌طور پیوسته با زمان و مکان تغییر نموده (روجریو و

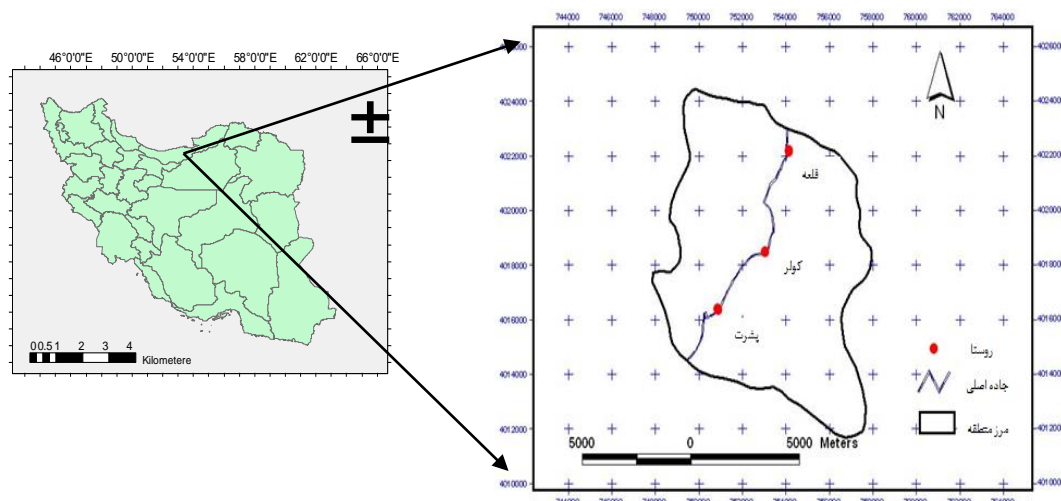
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در ۱۱۰ کیلومتری جنوب شرق ساری و ۴۰ کیلومتری شهر کیاسر در بخش چهار دانگه و دهستان پشتکوه واقع شده است. این منطقه بین عرض‌های جغرافیایی $۳۶^{\circ} ۷' ۸''$ تا $۳۶^{\circ} ۲۴' ۳۷''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $۵۳^{\circ} ۴۰' ۲۲''$ تا $۵۳^{\circ} ۳۸'$ قرار گرفته است. کمینه ارتفاع آن ۱۳۵۰ متر و بیشینه ارتفاع ۳۲۸۰ متر از سطح دریا می‌باشد. میانگین بارندگی در طول دوره آماری ۲۱ ساله ۲۸۵ میلی‌متر می‌باشد. میانگین دمای سالانه آن براساس دوره آماری شش ساله برابر ۱۲/۵ درجه سلسیوس است. اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه از نوع نیمه‌خشک سرد است. منطقه دارای رژیم رطوبتی زیرک و رژیم حرارتی مزیک می‌باشد. دو سایت نمونه‌برداری در دو جهت متفاوت شمالی و جنوبی در مقابل هم انتخاب شدند. برای حذف اثر شیب و ارتفاع، سایت‌ها در شیب ۳۰ تا ۴۰ درصد و ارتفاع ۱۴۵۰-۱۵۵۰ متر انتخاب شدند. در ضمن سایت‌های نمونه‌برداری در دو جهت مقابل هم فاصله زیادی با هم نداشتند (حدود ۲ کیلومتر) لذا سنگ بستر آنها نیز یکسان بود و فرم رویشی بوته‌ای در آنها غالب بود.

نتیجه درجه حرارت آنها کمتر بوده، مقدار رطوبت آنها بیشتر بوده و مقدار پوشش گیاهی آنها بیشتر شده که خود سبب افزایش ماده آلی می‌شود. ویژگی‌های شیمیایی خاک در شیب رو به شمال از ویژگی‌های فیزیکی آن تبعیت کرده بنابراین کاهش pH و افزایش سطوح مواد مغذی را به دنبال دارد (بیرکلند ۱۹۸۴). مطالعات دالسگارد و همکاران (۱۹۸۱)، دانیلز و همکاران (۱۹۸۷) اهمیت موقعیت و جهت شیب را بر ویژگی‌های خاک نشان دادند. این مطالعات تکامل و توسعه بیشتر خاک را در شیب‌های رو به شمال نسبت به شیب‌های رو به جنوب تایید کردند. تسوئی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند جهت و درجه شیب، حرکت آب و خاک را در روی دامنه کنترل می‌کند و در نتیجه تفاوت‌های مکانی در ویژگی‌های خاک ایجاد می‌کنند. زایدن و همکاران (۱۹۸۲) بیان کردند که در محیط‌های خشک نسبت به محیط‌های مرطوب نقش جهت شیب آشکارتر است. تعیین تغییرپذیری خاک در مدل‌سازی اکولوژیکی، پیشگویی محیطی، کشاورزی دقیق و مدیریت منابع طبیعی مهم است (هانسنگ و همکاران ۲۰۰۵، وانگ و همکاران ۲۰۰۹).

بررسی تغییرات زمانی و مکانی داده‌ها برای فهم تغییرپذیری خاک ضروری است. یکی از ابزارهای مفید در چنین بررسی‌هایی زمین‌آمار است. سوئر و همکاران (۲۰۰۶) زمین‌آمار را ابزاری قوی برای تعیین تغییرپذیری مکانی می‌دانند. این تکنیک نقاط مجهول را بر اساس خود همبستگی بین نقاط اندازه‌گیری شده و ساختار فضایی آنها، پیش‌بینی می‌کند (محمدی ۱۳۸۰). اصل اولیه در زمین‌آمار این است که شباهت مقادیر یک متغیر ناحیه‌ای با افزایش فاصله کاهش می‌یابد و یا به عبارت ساده‌تر نمونه‌های نزدیک شباهت بیشتری به هم دارند تا نمونه‌های دورتر (گووریت ۱۹۹۷، کولو و همکاران ۲۰۰۸). در تحقیق حاضر سعی شده تا تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در دو جهت متفاوت دامنه در اکوسیستم مرتعی منطقه کیاسر مازندران بررسی و مقایسه گردد.



شکل ۱- نقشه منطقه و موقعیت آن در استان مازندران.

ویژگی‌های خاک آماره‌های توصیفی آنها در دو جهت مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون t برای مقایسه خصوصیات خاک در دو جهت استفاده شده است. از تحلیل زمین آمار برای تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک در دو جهت شیب استفاده شد. در مطالعات زمین آماری داده‌هایی با توزیع غیر نرمال اثراتی را به دنبال دارد که ممکن است، منجر به نوسان زیاد در تغییرنما (وریوگرام) و سبب کاهش قابلیت اعتماد به نتایج تحلیلی شوند لذا نرمال‌سازی داده‌ها ضروری است. نرمال بودن توزیع داده‌ها بر اساس چولگی آنها تخمین زده شد به این صورت که داده‌های با چولگی بین -1 تا 1 به عنوان داده‌های دارای توزیع نرمال در نظر گرفته شدند (پازگنزالس و همکاران ۲۰۰۰، ویرجیلیو و همکاران ۲۰۰۷). ضریب چولگی رطوبت خاک در هر دو جهت و درصد رس و سیلت در جهت شمالی خارج از این محدوده بوده لذا از تبدیل لگاریتمی برای نرمال کردن آن استفاده شد (وبستر و الیور ۲۰۰۱). برای هر متغیر قبل از کاربرد تجزیه و تحلیل زمین آماری، با رسم تغییرنماها در جهات مختلف همسانگردی و ناهمسانگردی آنان کنترل شد. زمین آمار بر پایه‌ی همبستگی مکانی بین مشاهدات و یا نمونه‌ها استوار است و این چنین همبستگی مکانی را می‌توان به وسیله‌ی یک مدل ریاضی که اصطلاحاً "تغییر نما" نامیده می‌شود، بیان کرد. در حقیقت تغییر نما یا $\gamma(h)$ تابعی

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

در هر سایت نمونه‌برداری، نمونه‌های خاک در قالب طرح نمونه‌برداری به صورت شبکه سلولی منظم 20×20 متر مربعی برداشت شدند. در واقع در هر شبکه فواصل ۲۰ متری برای نمونه‌برداری خاک در نظر گرفته شد و نمونه‌ها از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد. در مجموع در هر سایت تعداد نمونه‌های برداشت شده خاک به ۵۰ نمونه رسید. با استفاده از GPS موقعیت جغرفیایی محل نمونه‌های خاک برداشت و ثبت گردید تا در آنالیز زمین آمار مورد استفاده قرار گیرند. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس آزمایشات مختلف بر روی آنها انجام گرفت. بافت خاک با روش هیدرومتر، اسیدیته در گل اشباع با الکتروود pH متر، هدایت الکتریکی به روش عصاره گل اشباع با EC سنج، آهک با روش خنثی کردن با اسید و تیتراسیون با باز، رطوبت با روش جرمی (جعفری حقیقی ۱۳۸۲)، کربن آلی با روش والکی- بلاک (نلسون و سومرس ۱۹۸۲) و نیتروژن به روش کجدال (مک‌گیل و فیگویردو ۱۹۹۳) اندازه‌گیری شدند

تجزیه و تحلیل مکانی داده‌ها

در ابتدا به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها و دستیابی به خلاصه‌ای از اطلاعات آماری هر یک از

تواند برای کلاسه بندی وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار گیرد. اگر این نسبت دامنه کمتر از ۰/۲۵ باشد وابستگی مکانی ضعیف، ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ وابستگی مکانی متوسط و اگر بیشتر از ۰/۷۵ باشد وابستگی مکانی قوی است (کامپادرا و همکاران، ۱۹۹۴). پس از محاسبه‌ی تغییرنمای تجربی، برازش یک مدل تثوریک به منظور تعمیم استنباط و تخمین متغیر مورد نظر در نقاطی که نمونه برداری نشده‌اند، الزامی است. در نهایت به کمک روش اعتبارسنجی متقاطع ارزیابی صحت درونیابی انجام شد (گوریت ۱۹۹۷). برای انجام تجزیه و تحلیل‌های زمین آماری از نرم‌افزار GS+ نسخه ۵ (Gamma Design Software, MI, USA) و SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

نتایج

مهمترین آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک در دو جهت مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. ضریب تغییرات به عنوان ضریبی برای نمایش تغییرات کلی استفاده می‌شود. بیشترین ضریب تغییرات در جهت شمالی مربوط به کربن آلی و در جهت جنوبی مربوط به رطوبت بوده و pH در هر دو جهت کمترین ضریب تغییرات را داشته است.

است که به صورت زیر تعریف می‌شود (حسنی پاک ۱۳۸۶).

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

$N(h)$ بیانگر تعداد زوج نمونه‌هایی است که به فاصله‌ی h از یکدیگر واقع شده‌اند. $Z(x_i)$ مقدار عددی مشخصه مورد بررسی در نقطه x_i و $Z(x_i + h)$ مقدار عددی مشخصه‌ی مورد بررسی در نقطه‌ی $x_i + h$ هستند. اغلب در عمل تغییرنما دارای عرض از مبدایی است که اثرقطعه‌ای نامیده می‌شود که بیانگر واریانس تصادفی و بدون ساختار است. وقتی تغییرنما به مقدار ثابت خود می‌رسد، ارتفاع تغییرنما برابر حدآستانه یا سقف (Sill) تغییرنما است که برابر مجموع واریانس تصادفی ($C0$) و ساختاردار (C) می‌باشد. برای ویژگی‌هایی که توزیع تصادفی دارند با افزایش فاصله تغییر کوچکی در نیمه تغییرنما ایجاد شده و تغییر نما ضرورتاً حالت صاف پیدا می‌کند. همچنین برای ویژگی‌هایی که دارای ساختار مکانی هستند تغییرنماهای به دست آمده که جزو مدل‌های سقف‌دار می‌باشند (شکل ۲). پارامترهای این تغییرنما عبارتند از دامنه تاثیر که حداکثر فاصله‌ایست که پس از آن ساختار مکانی دیگر وجود نداشته و تغییرنما به یک مقدار ثابت می‌رسد ($A0$). نسبت واریانس ساختاری به سقف می‌

جدول ۱- مهمترین آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در شیب شمالی و جنوبی.

جهت جنوبی				جهت شمالی				ویژگی‌های خاک
ضریب تغییرات	خطای استاندارد میانگین	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	خطای استاندارد میانگین	میانگین	انحراف معیار	
۵۴/۳۹	۰/۳۳۲	۴/۲۶۹	۲/۳۲۲	۳۴/۷	۰/۳۷۶	۷/۵۸	۲/۶۳۱	Moisture (%)
۳۶/۱۴	۰/۰۵۳	۱/۰۳۲	۰/۳۷۳	۴۴/۹۱	۰/۰۷۱۹	۱/۱۲	۰/۵۰۳	OC (%)
۱/۸۱	۰/۰۲۳	۸/۶۵۹	۰/۱۵۷	۱/۵۸	۰/۰۱۹	۸/۶۰۶	۰/۱۳۶	pH (۱:۱)
۱۷/۵	۳/۹۱۲	۱۵۶/۴۴۹	۲۷/۳۷۵	۱۸/۲۴	۵/۰۷۷	۱۹۴/۸	۳۵/۵۴	EC ($\mu\text{S m}^{-1}$)
۲۱/۴۲	۰/۴۹۳	۱۶/۰۹۵	۳/۴۴۸	۳۷/۵	۰/۶۷۹	۱۲/۶۶۷	۴/۷۵۱	Clay (%)
۱۱/۷۱	۰/۱۸۵۲	۵۰/۹۱	۵/۹۶۲	۱۳/۵۳	۱/۲۶	۶۵/۱۹۶	۸/۸۲	Sand (%)
۱۴/۶۳	۰/۶۴۳	۳۲/۸۳۷	۴/۸۰۳	۲۶/۷۴	۰/۷۶۶	۲۱/۰۵۵	۵/۶۳۱	Silt (%)
۶/۵۳	۰/۳۵۶	۳۸/۲۱۱	۲/۴۹۶	۶/۴۱	۰/۳۶۷	۴۰/۱۳۵	۲/۵۷۲	CCE (%)
۳۴/۸۳	۰/۰۰۴	۰/۰۸۹	۰/۰۳۱	۳۳/۵۸	۰/۰۰۶	۰/۱۳۱	۰/۰۴۴	N(%)

در جدول OC: کربن آلی، CCE: کربنات کلیسم معادل است.

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات خاک در دو جهت مورد مطالعه.

N (%)	CCE (%)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	EC ($\mu\text{S m}^{-1}$)	pH (۱:۱)	OC (%)	Moisture (%)	ویژگی‌های خاک
۵/۴۱۷**	۳/۷۵۹**	۱۱/۷۸**	۹/۳۹۲**	۴/۰۸۷**	۵/۹۸۴**	۱/۸۲ ^{ns}	۰/۹۹۱ ^{ns}	۶/۶۰۲**	مقدار t

در جدول OC: کربن آلی، CCE: کربنات کلیسم معادل است.

حدود ۹۳۰ متر بیشترین و درصد آهک با ۸۶ متر کمترین دامنه تأثیر را داشته‌اند. در جهت جنوبی درصد رطوبت، pH و درصد شن با حدود ۹۳۰ متر بیشترین و درصد رس با ۵۷ متر کمترین دامنه تأثیر را داشتند. در جهت شمالی تنها هدایت الکتریکی از خود وابستگی مکانی قوی نشان داد و کربن آلی و درصد سیلت وابستگی مکانی ضعیف داشته و بقیه ویژگی‌های مورد مطالعه وابستگی مکانی متوسط داشتند (جدول ۳). در جهت جنوبی درصد رس و نیتروژن کل وابستگی مکانی قوی داشتند. pH، هدایت الکتریکی و درصد شن وابستگی ضعیف مکانی از خود نشان دادند و بقیه ویژگی‌ها وابستگی متوسط مکانی داشتند (جدول ۴).

ویژگی‌های مدل‌های نیم‌تغییرنمای خصوصیات مورد مطالعه خاک در جهت‌های شمالی و جنوبی در جدول ۳ و ۴ آمده است. مدل‌های معرفی شده در این دو جدول به علت داشتن ویژگی‌های مجموع مربعات باقی‌مانده کمتر و ساختار بهتر از بین تمامی مدل‌های برازش شده به ویژگی‌های خاک انتخاب شدند. مدل مناسب برای همه ویژگی‌های خاک از نوع همسان‌گرد یا مستقل از جهت بوده است. ضریب تبیین بالا نشان‌دهنده برازش مدل نیم‌تغییرنمای خوب بر داده‌هاست. نیم-تغییرنماهای ویژگی‌های خاک در جهت شمالی در شکل ۱ و در جهت جنوبی در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. بر اساس نتایج حاصل از تغییر نمای عناصر، مشاهده شد که در جهت شمالی درصد رس، سیلت و نیتروژن کل با

جدول ۳- ویژگی‌های مدل‌های نیم‌تغییرنمای خصوصیات مورد مطالعه خاک در جهت شمالی.

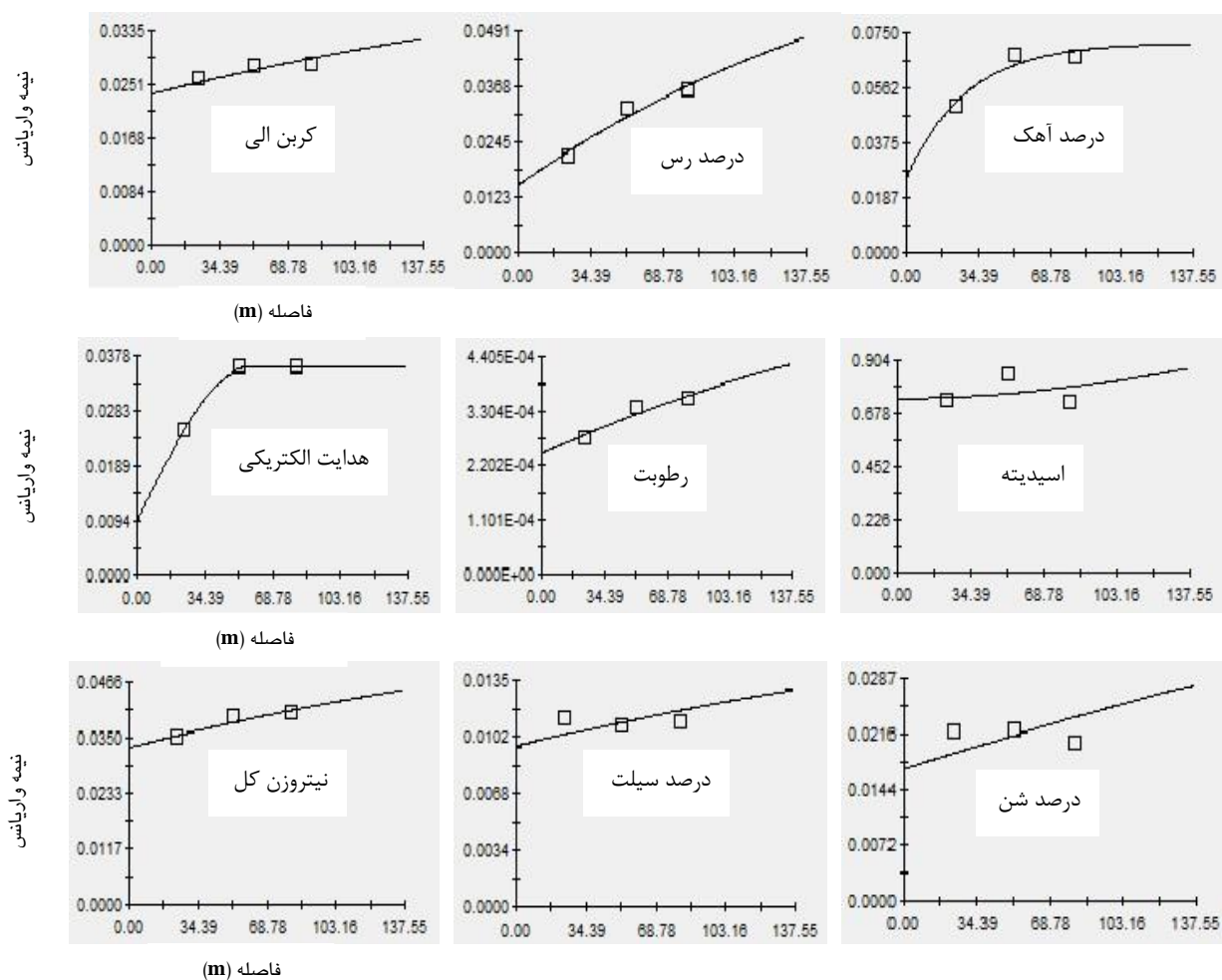
معنی‌داری Cross Validation	دامنه تأثیر (متر)	وابستگی مکانی	C0/(C0+C)	(C0+C)	(C0)	R ²	مدل	تبدیل	ویژگی- های خاک
۱۳/۴۹**	۵۷/۶	متوسط	۲۶/۲	۰/۰۳۵۹	۰/۰۰۹۴	۰/۹۹۹	کروی	بله	Moisture
۲/۹۸ ^{ns}	۵۳۸/۴۹۵	ضعیف	۱/۵۴	۰/۴۸	۰/۷۴	۰/۰۴۴	گوسی	خیر	OC
۰/۲۳ ^{ns}	۷۴۰/۱	متوسط	۳۶/۴	۶/۷	۲/۴۴	۰/۹۱۶	نمایی	خیر	pH
۱۶/۲۱**	۵۸۴/۱	قوی	۱۸/۸	۰/۰۷۹۸	۰/۰۱۵	۰/۹۵۲	نمایی	خیر	EC
۰/۵۱ ^{ns}	۹۳۲/۷	متوسط	۴۹/۹	۰/۰۴۷	۰/۰۲۳	۰/۸۹۱	نمایی	بله	Clay
۱/۵۱ ^{ns}	۳۱۰/۹	متوسط	۴۹/۹	۰/۰۳۶	۰/۰۱۸	۰/۷۴۱	خطی	خیر	Sand
۰/۲۷ ^{ns}	۹۳۲/۷	ضعیف	۰/۰۴۹	۰/۱۹۲	۰/۰۰۹۵	۰/۳۵۶	نمایی	بله	Silt
۴/۳۸*	۸۶/۷	متوسط	۳۵/۵	۰/۰۷۱۹	۰/۰۲۵	۰/۹۰۵	نمایی	خیر	CCE
۰/۷۸ ^{ns}	۹۳۰/۹	متوسط	۴۹/۹	۰/۰۶۶	۰/۰۳۳	۰/۸۶۳	نمایی	خیر	TN

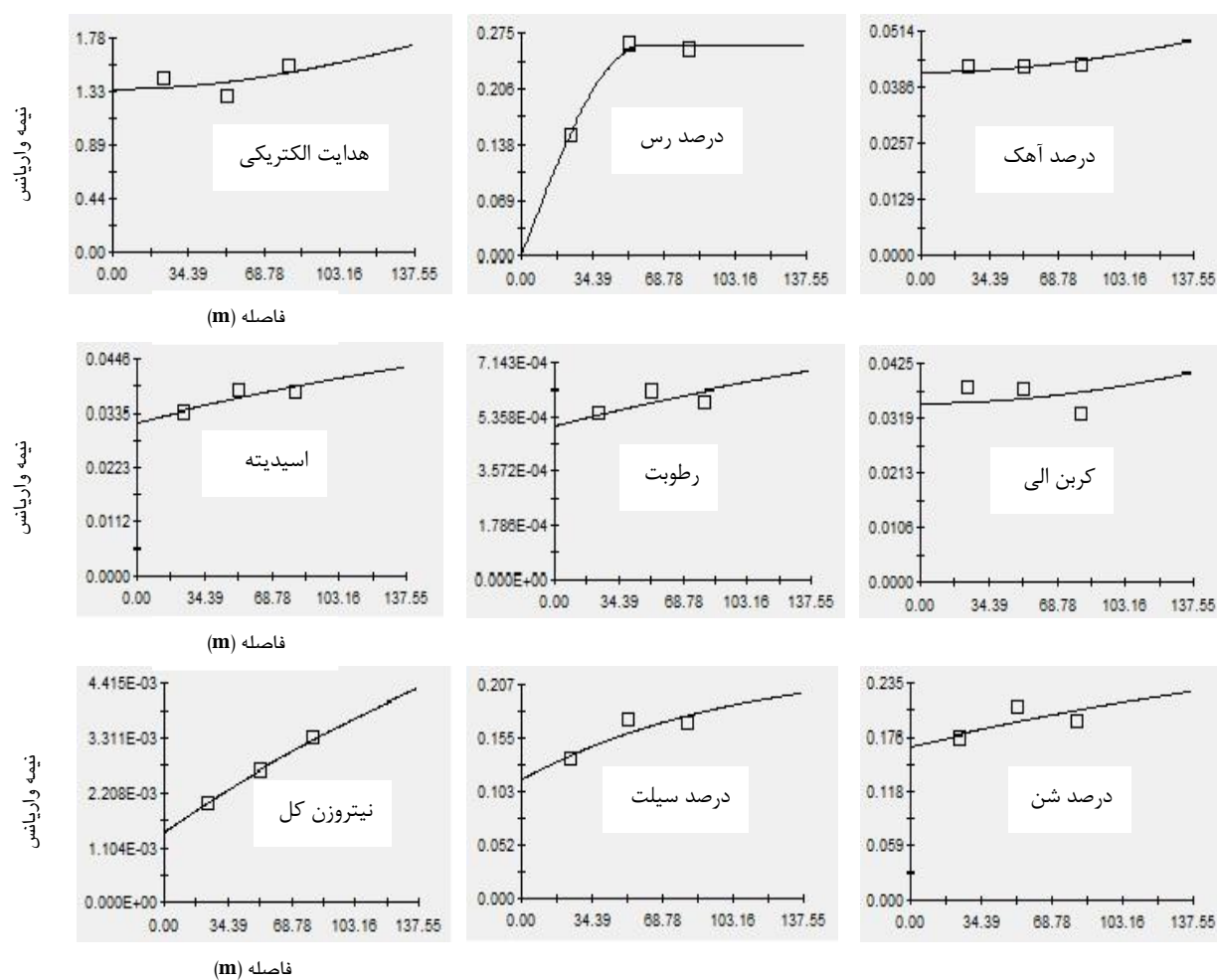
در جدول OC: کربن آلی، CCE: کربنات کلیسم معادل و TN: نیتروژن کل، C0: اثر قطعه ای، C0+C: سقف، C0/(C0+C): نسبت اثر قطعه ای به سقف است.

جدول ۴- ویژگی‌های مدل‌های نیم‌تغییرنمای خصوصیات مورد مطالعه خاک در جهت جنوبی.

ویژگی‌های خاک	تبدیل	مدل	R^2	(C0)	(C0+C)	C0/(C0+C)	وابستگی مکانی	دامنه تأثیر (متر)	معنی‌داری Cross Validation
Moisture	بله	نمایی	۰/۷۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۶۳	۴۹/۲	متوسط	۹۳۲/۷	۱/۳۱ ^{ns}
OC	خیر	گوسی	۰/۹۲۹	۰/۰۳۴	۰/۰۶۹	۴۹/۹	متوسط	۵۳۸/۴۹۵	۲/۶۷ ^{ns}
pH	خیر	نمایی	۰/۲۲۹	۵/۰۶۰	۱/۰۱۳	۴/۹۹	ضعیف	۹۳۲/۷	۰/۰۵ ^{ns}
EC	خیر	گوسی	۰/۲۸۱	۱/۳۵	۳/۰۵۸	۰/۴۴	ضعیف	۴۸۱/۶۸	۰/۲ ^{ns}
Clay	خیر	کروی	۰/۹۹۳	۰/۰۰۰	۰/۲۵۹	۰/۰۰۰	قوی	۵۷/۶	۸۴/۰۲ ^{**}
Sand	خیر	نمایی	۰/۲۷۴	۰/۱۶۶	۰/۳۳۳	۰/۴۹	ضعیف	۹۳۲/۷	۰/۰۲ ^{ns}
Silt	خیر	نمایی	۰/۷۴۲	۰/۱۱۴	۰/۲۳۰	۴۹/۸	متوسط	۳۱۶/۵	۶/۲ [*]
CCE	خیر	گوسی	۰/۶۰۶	۰/۰۴۲	۰/۰۸۳	۴۹/۹	متوسط	۵۳۸/۴۹۵	۳/۳۴ ^{ns}
TN	خیر	نمایی	۱	۱/۴۵۰	۹/۰۵۰	۰/۱۵۵	قوی	۸۴۰/۴	۱۷/۵۹ ^{**}

در جدول OC کربن آلی، CCE کربنات کلیم معادل و TN نیتروژن کل، C0: اثر قطعه ای، C0+C: سقف، C0/(C0+C): نسبت اثر قطعه ای به سقف است.





شکل ۳- نیم‌تغییرنماهای ویژگی‌های مورد مطالعه خاک در جهت جنوبی.

نتایج و بحث

به جنوبی بوده اما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کربن آلی بیشتر در شیب رو به شمال با نتایج صالحی و همکاران (۱۳۸۷) و ژنگ و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. در واقع دمای کمتر و رطوبت بالاتر در شیب رو به شمال باعث فعالیت کمتر میکرواورگانیسم‌های هوازی شده و سرعت تجزیه مواد آلی کاهش یافته و مواد آلی بیشتر می‌گردد. شیب رو به شمال درصد نیتروژن بالاتری از شیب رو به جنوب داشت که با نتایج صالحی و همکاران (۱۳۸۷) و ژنگ و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. در بین متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه، بیشترین ضریب تغییرات مربوط به کربن آلی در جهت رو به شمال و درصد رطوبت در جهت رو به جنوب می‌باشند. کمترین ضریب تغییرات مربوط به اسیدیته بوده که می‌تواند به دلیل

مطالعات زیادی نشان دادند که در نیمکره شمالی، شیب‌های رو به شمال درجه حرارت کمتر، نوع پوشش متفاوت، پوشش گیاهی بیشتر، رطوبت بیشتر و ماده آلی بیشتری نسبت شیب‌های رو به جنوب دارند. ویژگی‌های شیمیایی خاک به دنبال ویژگی‌های فیزیکی تغییر کرده لذا شیب‌های رو به شمال معمولاً pH کمتر و سطوح تغذیه‌ای بالاتری دارند (بیرکلند ۱۹۸۴) اما در منطقه مورد مطالعه pH کمی کمتر بوده به‌طوریکه تفاوت معنی‌داری با شیب رو به جنوب نداشته اما نیتروژن کل و کربن آلی بالاتر از شیب رو به جنوب بوده است. میزان رطوبت در جهت رو شمال بیشتر بوده و تفاوت معنی‌داری با جهت رو به جنوب داشته است که با نتایج جعفری، ۱۳۸۹ مطابقت دارد. میزان کربن آلی در شیب رو به شمال کمی بیشتر از شیب رو

شرایط یکنواخت حاکم در منطقه از جمله تغییرات اندک شیب و ارتفاع آن باشد که موجب یکنواختی خاک منطقه شده است در این رابطه (کامباردلا و همکاران ۱۹۹۴، افشار و همکاران ۱۳۸۸ و یی چانگ و همکاران ۲۰۰۹) به نتایج مشابهی دست یافتند. طرح نمونه برداری این تحقیق به صورت شبکه سلولی منظم با فاصله نقاط نمونه برداری مساوی تعیین شده است، چون نمونه برداری تصادفی می‌تواند نقاطی را تولید کند که خیلی به هم نزدیک باشند و دقت تغییرپذیری را کاهش می‌دهد (ویندورف و زو ۲۰۱۰). با رسم تغییرنا در جهات ۰، ۴۵ و ۱۳۵ درجه برای تمامی متغیرهای مورد مطالعه، محدوده دامنه تأثیر و سقف تغییرنا، یکسان و بنابراین ناهمسان‌گردی مشخصی مشاهده نگردید و تمامی تغییرناهای متغیرهای مورد مطالعه همسان‌گرد تشخیص داده شدند. این حالت نشان‌دهنده آن است که تغییرپذیری متغیرها در جهات مختلف یکسان است و تغییرات به فاصله بین نمونه‌ها بستگی دارد (محمدزمانی و همکاران ۱۳۸۶). به طور معمول نسبت اثر قطعه‌ای به سقف می‌تواند برای طبقه‌بندی وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار گیرد (لی و رینولدز ۱۹۹۵). اگر این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد وابستگی مکانی قوی، بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ باشد وابستگی متوسط و اگر بیشتر از ۰/۷۵ باشد وابستگی ضعیف است (کامباردلا و همکاران ۱۹۹۴). نیمه تغییرنمای تجربی بسته به کیفیت داده‌ها و فاصله جداسازی نمونه‌ها اشکال متعددی را به خود می‌گیرد (دوات‌گر و همکاران ۱۳۷۹). محمدی ۱۳۸۰ عنوان نمود که تغییر نمای دارای آستانه (سقف‌دار) معمول‌ترین و شایع‌ترین آنها در ژئواستاتستیک هستند که انواع کروی و نمایی از رایج‌ترین تغییرناهای دارای سقف می‌باشند و بیشتر ویژگی‌های خاک در تحقیق حاضر، این تغییرناها را از خود نشان دادند. در جهت رو به شمال رطوبت از مدل کروی و اسیدیت، درصد رس، هدایت الکتریکی، درصد سیلت، آهک و درصد نیتروژن از مدل نمایی تبعیت کردند. در جهت رو به جنوب درصد رس از مدل کروی و درصد رطوبت، اسیدیت، درصد سیلت، شن و نیتروژن از مدل نمایی تبعیت کردند. کربن آلی و درصد

سیلت در جهت رو به شمال، اسیدیت، هدایت الکتریکی و درصد شن در جهت رو به جنوب وابستگی مکانی ضعیفی داشتند. تغییر نماها اثر قطعه‌ای خالص، دلالت بر غلبه کامل بخش بدون ساختار مؤلفه تصادفی متغیر ناحیه‌ای به بخش دارای ساختار آن دارد. در چنین شرایطی تغییرات داده‌ها مستقل از یکدیگر بوده و اصل همبستگی مکانی فاصله کمتر، شباهت بیشتر و بالعکس، در مقیاس مطالعاتی مورد نظر برقرار نمی‌باشد (محمدی ۱۳۸۰). در جهت رو به شمال هدایت الکتریکی وابستگی مکانی قوی داشت ولی بقیه متغیرهای مورد مطالعه وابستگی مکانی متوسطی داشتند. در جهت رو به جنوب درصد رس و نیتروژن وابستگی مکانی قوی داشتند و سایر ویژگی‌ها وابستگی مکانی متوسطی داشتند. متغیرهایی که دارای ساختار مکانی قوی هستند و مقدار اثر قطعه‌ای آنها بسیار کم است نشان‌دهنده پیوستگی بالای توزیع این متغیرها در منطقه می‌باشند. وابستگی مکانی قوی ممکن است به واسطه تغییرات ذاتی ویژگی‌های خاک مانند بافت خاک و کانی‌شناسی و وابستگی مکانی کمتر توسط عوامل غیر ذاتی از جمله کاربرد چرای دام کنترل شود (کامباردلا و همکاران ۱۹۹۴). یی چانگ و همکاران ۲۰۰۹ در مطالعه خود وابستگی مکانی متوسط را در کربن آلی نشان دادند. کوچ و همکاران (۱۳۹۱) وابستگی مکانی اسیدیت را متوسط و کربن آلی را ضعیف گزارش کردند. ویژگی‌های دارای ساختار قوی اثر قطعه‌ای کوچکی دارند که حاکی از واریانس تصادفی پایین این متغیرها در منطقه مورد مطالعه دارد و بیانگر پیوستگی مکانی بین نقاط همسایه است. در این زمینه نتایج ویرا و پازگنزالس (۲۰۰۳) و محمدزمانی و همکاران (۱۳۸۸) در مورد نیتروژن، کمرئی (۱۳۸۹) در مورد رس و افشار و همکاران (۱۳۸۸) اثر قطعه‌ای هدایت الکتریکی را بسیار کوچک گزارش کرده‌اند. هر چه دامنه تأثیر بزرگتر، ساختار فضایی گسترده‌تر می‌باشد و این گسترش موجب افزایش محدوده مجازی می‌گردد که می‌توان از داده‌های موجود در آن برای تخمین مقدار متغیر ناحیه‌ای در نقاط مجهول استفاده کرد (حسنی پاک ۱۳۸۶). دامنه تأثیر بیشتر ویژگی‌های خاک در تحقیق حاضر

های حاصله معنی‌دار نشد. از آنجا که در تحقیق حاضر انواع مدل‌ها کنترل شد و بهترین مدل انتخاب گردید، پس علت اصلی عدم معنی‌داری، به علت فاصله نمونه- برداری که در بسیاری عوامل مورد مطالعه بسیار کوچکتر از دامنه تاثیر بوده است (حسنی پاک ۱۳۸۶). در واقع در منطقه مورد مطالعه باید فواصل نمونه- برداری را بیشتر از فاصله مورد مطالعه در نظر گرفت تا به نتایج بهتری دست یافت.

بالا بوده لذا به نظر می‌رسد که اگر فواصل نمونه- برداری در منطقه بیشتر در نظر گرفته می‌شد، نتایج بهتری بدست می‌آمد و ویژگی‌های بیشتری از خود ساختار مکانی قوی نشان می‌دادند. با توجه به معنی- داری آزمون اعتبارسنجی مدل‌ها (ستون آخر جدول ۳ و ۴) مشخص می‌گردد که تنها ویژگی‌هایی که دامنه تاثیر کمتری داشتند، مدل حاصله برای آنها معنی‌دار شده اما ویژگی‌هایی که دامنه تاثیر آنها زیاد بود، مدل-

منابع مورد استفاده

- افشار ح، صالحی م، محمدی ج و محنت کش ا، ۱۳۸۸. تغییر پذیری مکانی ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم آبی در یک نقشه تناسب کمی، مطالعه موردی: منطقه شهر کیان استان چهار محال بختیاری. مجله آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه‌های ۱۶۱ تا ۱۷۲.
- حسنی پاک ا، ۱۳۸۶. زمین آمار. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول، ۳۱۴ صفحه.
- جعفری غ، ۱۳۸۹. تأثیر جهت شیب سطوح ارضی بر شدت خشکی ایران (مطالعه موردی اقلید). صفحه‌های ۱ تا ۸. مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام، زاهدان.
- جعفری حقیقی، م، ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک نمونه برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی (با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی). انتشارات ندای ضحی. چاپ اول، ۱۸۷ صفحه.
- دوات‌گرن، نیشابوری م و مقدم م، ۱۳۷۹. تحلیل اطلاعات کسب شده از نقشه متغیرهای خاک با استفاده از مدل‌های نیم‌تغییرنما. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱، شماره ۳، صفحه‌های ۷۳۵ تا ۷۲۵.
- صالحی م، جزینی ف و محمدخانی ع، ۱۳۸۷. تأثیر پستی و بلندی بر خصوصیات خاک با تأکید بر عملکرد و کیفیت بادام در منطقه سامان شهرکرد. آب، خاک و گیاه در کشاورزی، جلد ۸، شماره ۲، صفحه‌های ۷۹ تا ۹۳.
- کمرئی ر، ۱۳۸۹. تغییرات مکانی تولید، تراکم، و درصد تاج پوشش گونه (*Nitraria schoberi* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه تربیت مدرس نور.
- کوچ ی، حسینی م، محمدی ج و حجتی م، ۱۳۹۱. بررسی ساختار مکانی خصوصیات خاک در یک توده جنگلی راش با استفاده از روش زمین آمار، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد ۸، شماره ۶۰، صفحه‌های ۲۳۹-۲۵۰.
- محمدی ج، ۱۳۸۰. مروری بر مبانی ژئواستاتستیک و کاربرد آن در خاکشناسی. مجله خاک و آب جلد ۱۵، صفحه‌های ۹۹ تا ۱۲۱.
- محمدزمانی س، ایوبی ش و خرمالی ف، ۱۳۸۶. بررسی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک و تولید گندم در تعدادی از مزارع کلاته استان گلستان. مجله علوم و تکنولوژی کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۱، شماره ۶، صفحه‌های ۷۹ تا ۹۱.
- Birkeland PW, 1984. Soils and Geomorphology. Oxford University Press, NY.
- Cambardella CA, Moorman TB, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF and Konopka AE, 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal 58: 1501-1511.
- Chaneton EJ and Avado RSL, 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in flooding Pama grassland. Journal of Range management 49: 182-187.
- Covelo F, Rodríguez A And Gallardo A, 2008. Spatial pattern and scale of leaf N and P resumption efficiency and proficiency in a Quercusrobur population. Plant and Soil 311:109-119.
- Dalsgard K, Bassrup E and Bunting BT, 1981. The influence of topography on the development of Alfisols on calcareous clay till in Denmark. Catena 8: 111-136.
- Daniels WL, Everett CJ and Zelazny LW, 1987. Virgin hardwood forest soils of the southern Appalachian Mountains. I. soil morphology and geomorphology. Soil Science Society of America Journal. 51: 722-729.
- Desta F, Colbert JJ, Rentch JS and Gottschalk KW, 2004. Aspect induced differences in vegetation, soil and microclimatic characteristics of an Appalachian watershed. Journal Costanea 69: 92-108.
- Goovaerts P, 1997. Geostatistics for natural resources evaluation. Oxford University Press, New York.
- Hangsheng L, Wheeler D, Bell J, Wilding L, 2005. Assessment of soil spatial variability at multiple scales. Ecological Modeling 182: 271-290.
- Li HB and Reynolds JF, 1995. On definition and quantification of heterogeneity. Oikos 73: 280-284.

- McGill WB, Figueiredo CT. 1993. Total nitrogen pp 201-211. In: Carter MR (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publishers, Boca Rton, FL.
- Nelson DW and Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter pp 539-579. In: Page AL (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, seconded. Agronomy Monographs. ASASSA, Madison, WI.
- PazGonzales A, Vieira SR and Castro T, 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. *Geoderma* 97: 273-292.
- Rogério C, Ana LBH and Quirijn de JL, 2006. Spatio- temporal variability of soil water tension in a tropical soil in Brazil. *Geoderma* 133: 231-243.
- Sauer TJ, Cambardella CA and Meek DW, 2006. Spatial variation of soil properties relating to vegetation changes. *Plant and Soil* 280:1-5.
- Tsui CC, Chen ZS and Hsieh CF, 2004. Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. *Geoderma* 123: 131-142.
- Vieira SR and Paz Gonzalez A, 2003. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. *Bragantia*, Campinas 62: 127-138.
- Virgilio ND, Monti A and 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.
- Wang Y, Zhang X and Huang C, 2009. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Geoderma* 150: 141-149.
- Webster R and Oliver MA, 2001. *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley and sons, Brisbane, Australia.
- Weindorf DC and Zhu Y, 2010. Spatial variability of soil properties at Capulin volcano, New Mexico, USA: Implications for sampling strategy. *Pedosphere* 20(2):185-197.
- Yi-chang W You-lu B Ji-yun J Fang Z Li-ping Z and Xiao-qiang L, 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.
- Zaiden R, Dan J and Koyumdjisky H, 1982. The influence of parent material and relief on soil formation in the arid regions of eastern Samaria. In: D. H. Yalon (Editor), *arid soils and geomorphic processes*. *Catena suppl. Cremlingen* 1: 117-139.
- Zhang C, Xue S, Liu G and Zhang C, 2012. Effects of slope aspect on soil chemical and microbial properties during natural recovery on abandoned cropland in the Loess Plateau, China. *Advanced Materials Research* 3: 56-360.