توزیع مکانی کربنات کلسیم معادل با روش‌های زمین‌آماری در خاک‌های منطقه آچاچی میانه

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۲، شماره ۲، صفحات ۵۳- ۴۳
(تابستان ۱۳۹۵)

ناصر نظری
گروه خاکشناسی
دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
واحد میانه
دانشگاه آزاد اسلامی
میانه، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
nazari@m-iau.ac.ir

چکیده تغییرات ساختاری خاک، دربرگیرنده‌ی تغییرات مشخص و تدریجی خصوصیات آن به عنوان تابعی از فیزیوگرافی، ژئومورفولوژی و مجموعهٔ برهم‌کنش‌های عوامل خاک‌سازی است. حتی پس از طبقه‌بندی و یا پهنه‌بندی خصوصیات مختلف خاک و نمایش آن‌ها در قالب واحدهای نقشه، واحدهای مربوط در درون خود، کاملاً همگن نبوده، تغییرات مکانی قابل توجهی را نشان می‌دهند. هدف از این پژوهش، ارزیابی کارآیی شماری از روش‌های رایج درون‌یابی به منظور تخمین و پهنه‌بندی یکی از ویژگی‌های کیفی و تأثیرگذار خاک‌های منطقه و ایران یعنی کربنات کلسیم معادل در اراضی زراعی پایاب سد آیدوغموش بخش آچاچی واقع در شهرستان میانه بود. بدین منظور تعداد ۶۲ نمونه خاک سطحی از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری به صورت تصادفی جمع‌آوری و مورد تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفت. بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها اقدام به ترسیم واریوگرام تجربی همسانگرد و تحلیل نتایج واریوگرافی گردید. روش‌های زمین‌آماری کریجینگ و معکوس فاصله وزن‌دار به منظور درون‌یابی و پهنه‌بندی آهک خاک به کار گرفته شدند. مدل‌های نمایی، گوسی و کروی بر تغییرنماهای تجربی برازش داده شدند. سپس برای ارزیابی روشهای میان‌یابی از روش ارزشیابی متقابل و چهار معیار میانگین خطای مطلق، میانگین خطای اریب، ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین استفاده شد. نتایج نشان داد که در تخمین آهک خاک و تغییرات آن، روش کریجینگ بر روش معکوس فاصله وزن‌دار ارجحیت داشت چون مقدار میانگین خطای مطلق در آن برابر ۱/۸۶٪ بود و همچنین در این روش مدل نمایی، بیشتر از سایر مدل‌ها از ساختار مکانی قوی‌تری برخورداربود. بنابراین براساس نتایج این پژوهش که با در نظر گرفتن بهترین روش میان‌یابی، نقشه پهنه‌بندی کربنات کلسیم منطقه مورد مطالعه را به دست داده است، می‌توان استفاده از روش زمین‌آمار را در مدیریت دقیق خاک‌های آهکی منطقه برای استفاده بهینه از آن‌ها پیشنهاد داد.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۹۴**
تاریخ دریافت: **۹۴/۱۲/۱۵**
تاریخ پذیرش: **۹۵/۰۴/۲۴**

واژه‌های کلیدی:
- **زمین‌آمار**
- **تغییرات مکانی**
- **کریجینگ**
- **عکس فاصله وزنی**
- **کربنات کلسیم معادل**
- **میان‌یابی**

مقدمه نقشه‌های دقیق خصوصیات خاک ابزار مهمی برای مدیریت دقیق مکانی خاک است که اغلب با استفاده از روش‌های مساحی سنتی که مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی است، تهیه می‌گردد.[۱۰] تهیه نقشه‌ها و پهنه‌بندی دقیق و صحیح ویژگی‌های خاک منجر به کشاورزی دقیق و مدیریت زراعی بهینه خواهد شد. ویژگی‌های خاک در زمان و مکان دارای تغییرپذیری فراوانی از مقیاس‌های کوچک تا مقیاس‌های بزرگ می‌باشند که تحت تأثیر خصوصیات ذاتی آن قرار می‌گیرد.[۹،۱۴] از مهمترین عوامل مؤثر در مدیریت پایدار اکوسیستم، حفظ کیفیت خاک آن می‌باشد.[۲] بدین منظور درک چگونگی توزیع مکانی خصوصیات خاک در عرصه مهم است.

در زمین‌آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه‌ها و فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. بنابراین در این روش ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها پرداخته می‌شود. ابزار اصلی تجزیه و تحلیل ساختار مکانی بین مقادیر یک متغیر نیم‌تغییرنما نام دارد که بر اساس فاصله بین نمونه‌ها می‌باشد.[۴]

تخمین زمین‌آماری شامل دو مرحله است: مرحله اول شناخت و مدل‌سازی ساختار مکانی متغیر ناحیه‌ای است که به وسیله تجزیه و تحلیل نیم‌تغییرنما قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر به وسیله توابع زمین‌آماری از جمله کریجینگ[1] که مقادیر متغیرها را با استفاده از داده‌های موجود همان متغیر تخمین می‌زند، می‌باشد.[۴] از بین روش‌های مرسوم درون‌یابی، کریجینگ روشی دقیق، زمان‌بر و پیچیده است در حالی که روش‌هایی چون وزن‌دهی عکس فاصله[2] و پایه شعاعی[3] آسان، سریع و انعطاف‌پذیر هستند[۱۵] در زمینه مقایسه روش‌های درون‌یابی مطالعات زیادی به انجام رسیده است. برای نمونه *موسوی‌فرد و همکاران (۲۰۱۳)* در پهنه‌بندی شماری از ویژگی‌های کیفی خاک نشان دادند که در میان تمام روش‌های به کار رفته، روش کریجینگ معمولی دارای کمترین مقدار شاخص توازن خطا–واریانس[4] برای تخمین مقدار رس، شوری، آهک و کربن آلی بود و روش توابع پایه شعاعی با مدل نواری کم‌ضخامت بیشترین مقدار را در برآورد این متغیرها داشت.[۱۲] *جعفرنیا و اکبری‌نیا (۲۰۱۴)* با بررسی توزیع مکانی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب جنگل‌های حرّا جزیره قشم نشان دادند که می‌توان توزیع مکانی هدایت الکتریکی، اسیدیته گل اشباع، سدیم، درصد رس، ماسه، سدیم تبادلی خاک و اسیدیته و هدایت الکتریکی آب را با دقت مناسبی تولید کرد. در نتیجه استفاده از زمین‌آمار را در مدیریت جنگل‌های حرّا برای حفظ و توسعه این جنگل‌ها پیشنهاد دادند.[۶] *پریرا و همکاران (۲۰۱۰)* در پهنه‌بندی ازت کل موجود در خاکستر نشان داد که در میان تمام روش‌های به کار رفته، روش توابع پایه شعاعی از نوع چندربعی[5] دقیق‌ترین روش و وزن‌دهی عکس فاصله با توان پنج کم‌دقت‌ترین روش درون‌یابی بود.[۱۳] شایان ذکر است که روش بهینه و مناسب به منظور برآورد و تخمین متغیرهای مختلف خاک می‌تواند بسته به نوع متغیر و عوامل متعددی همچون ناهمگن بودن منطقه از لحاظ متغیرهای مورد مطالعه، فواصل نمونه‌برداری و وجود روند فرق کند[۳]

با توجه به این که خاک‌های ایران از نظر درصد کربنات کلسیم معادل

[1] Kriging
[2] Inverse Distance Weighting (IDW)
[3] Radial Basis Function (RBF)
[4] Bias-Variance Trade-Off
[5] multiquadric (MTQ)

غنی هستند، این ویژگی در خاک‌های آهکی ایران از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا در چنین خاک‌هایی به دلیل بالا بودن پی‌اچ، فعالیت ریزموجودات و جذب عناصر غذایی شدیداً تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

هدف از پژوهش حاضر، تهیه نقشه ساختار مکانی آهک در اراضی زراعی پایاب سد آیدوغموش در منطقه آچاچی واقع در استان آذربایجان‌شرقی بود تا با استفاده از روش زمین‌آمار بتوان به مدیریت دقیق خاک‌های آهکی منطقه برای استفاده بهینه از آن‌ها کمک کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، نمونه‌برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی

منطقه مناسب برای دسترسی به اهداف تحقیق، در این شهرستان میانه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت بخشی از اراضی شهر آچاچی به مساحت تقریبی ۱۵۰۰ هکتار و ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا، واقع در ۵ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر میانه واقع در استان آذربایجان‌شرقی انتخاب شد. این منطقه برحسب یا سامانه تصویر جهانی مرکاتور[1] در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۷۴۰۰۰۰/۹۰ تا ۷۴۷۳۶۹/۴۰ متر شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۴۱۳۸۱۱۳ تا ۴۱۴۳۴۰۳ متر شمالی قرار گرفته (شکل ۱) و دارای میانگین بارش سالانه ۳۱۵/۷ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۰/۹ درجه سلسیوس می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه مطالعاتی براساس روش فرانکلین نیوهال[2] و روش توسعه یافته آن[3] به ترتیب، زریک خشک[4] و مزیک[5] هستند. منطقه مورد مطالعه، چهار سیمای سرزمینی مختلف شامل اراضی تپه‌ماهوری[6] و پیدمونت[7]، دره[8] و پلاتوهای مرتفع[9] را دربرمی‌گیرد. پلاتو، بخش اعظم این منطقه را تشکیل می‌دهد.

تعداد ۶۲ نمونه سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) خاک در خرداد ماه ۱۳۹۴ تهیه و موقعیت هر یک از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی[10] ثبت شد. نمونه‌ها برای انجام تجزیه آزمایشگاهی به آزمایشگاه منتقل و پس از هواخشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. درصد کربنات کلسیم معادل نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کلسیمتر[11] تعیین شدند.[۱۶]

نرمال‌سازی داده‌ها

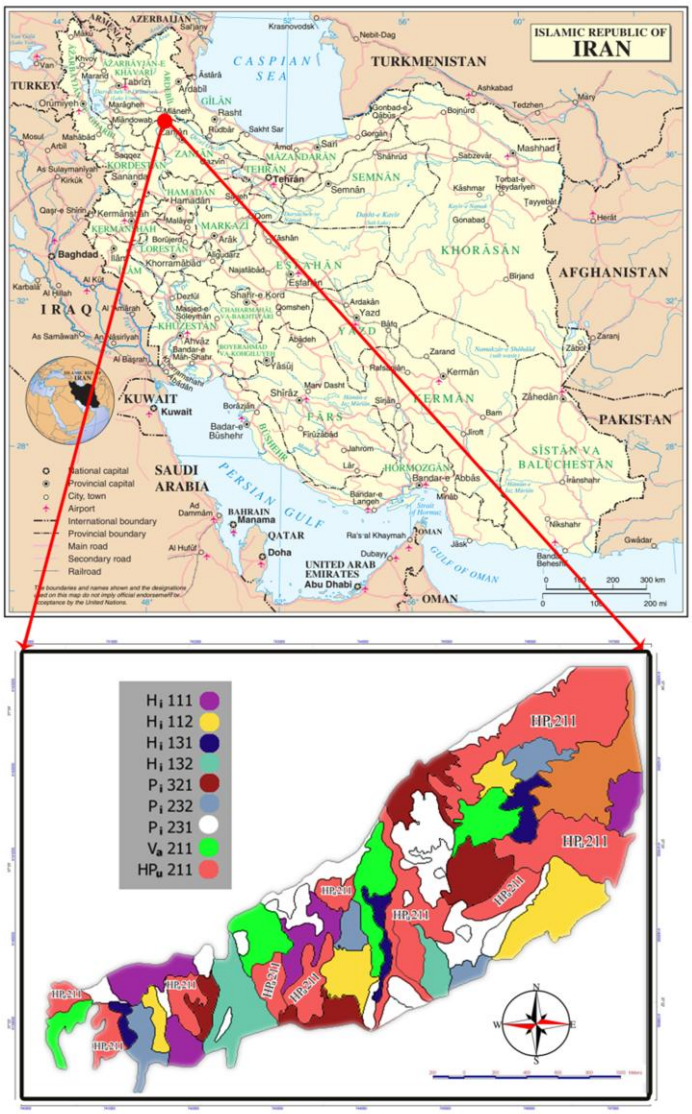
برای نرمال‌سازی داده‌ها از شاخص‌های کشیدگی و چولگی با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[12] با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ver. 17 استفاده شد.

تحلیل واریوگرافی

برای تحلیل واریوگرافی از نسبت $C_0/sill$ که نشان دهنده میزان ساختاردار بودن تغییرات مکانی متغیر است استفاده شد. از روی این نسبت می‌توان به کلاس وابستگی مکانی متغیرها هم پی برد. در نهایت، برای نمایش گرافیکی توزیع داده‌ها هیستوگرام فراوانی آهک رسم گردید.

[1] Universal Transverse Mercator (UTM)
[2] Franklin Newhall method(Newhall Simulation Model)
[3] Vanvambeke method
[4] dry xeric
[5] mesic
[6] hilland
[7] piedmont
[8] valley
[9] higher platueax

[10] GPS (Global Positioning System)
[11] calcimeter
[12] Kolmogorov Smirnov test



شکل ۱) موقعیت ناحیه مورد مطالعه در منطقه میانه، آذربایجان‌شرقی، ایران

Figure 1) Location of the studied area in the Miyaneh region, East Azerbaijan, Iran

میان‌یابی[1]

به منظور بررسی وابستگی مکانی داده‌های کربنات کلسیم معادل در خاک‌های منطقه، ابتدا مقدار نیم‌تغییرنمای تجربی داده‌ها محاسبه شد [۱۱] سپس مدل‌های مختلف نظری (کروی، نمایی، گوسی و ...) به نیم‌تغییرنمای محاسبه شده برازش داده [۱۴] و مدل مناسب انتخاب و پارامترهای آن شامل اثر قطعه‌ای (C_0)، سقف (C) و دامنه تاثیر (R) تعیین شد. اثر قطعه‌ای نشان دهنده مولفه تصادفی و بدون ساختار فضایی تغییرات یک متغیر می‌باشد در حالی که سقف کل تغییرات (تصادفی و غیرتصادفی) یک متغیر را نشان می‌دهد. دامنه تاثیر نیز نشان دهنده فاصله‌ای است که مقادیر متغیر مورد مطالعه در آن فاصله همبستگی فضایی دارند.

به منظور تخمین آهک خاک ابتدا وضعیت وجود یا عدم وجود روند مکانی در داده‌ها بررسی شد و پس از اطمینان (در سطح ۹۵ درصد) از عدم وجود روند مشخص در داده‌های مورد مطالعه، از روش کریجینگ نقطه‌ای معمولی و روش وزن‌دهی عکس فاصله استفاده شد.

ارزیابی تخمین‌گرها و تعیین روش میان‌یابی مناسب

پس از رسم واریوگرام و برازش مدل مناسب، عملیات میان‌یابی به وسیله روش کریجینگ و تابع معکوس فاصله با توان‌های مختلف بررسی گردید. برای این منظور از روش اعتبارسنجی‌تقاطعی[2] استفاده شد.[۵]

[1] interpolation

[2] Cross Validation

معیارهایی که برای مقایسه مقادیر مشاهده ای و برآورد شده مورد استفاده قرار گرفت، عبارت بود از میانگین قدر مطلق خطا (معیار دقت)[1]، میانگین انحراف خطا[2]، ریشه میانگین مربعات خطا[3] و ضریب تبیین[4] استفاده شد.

ترسیم نیم‌تغییرنما و نقشه پهنه‌بندی

به منظور بررسی میزان وابستگی تغییرات آهک با مکان، مقادیر نیم‌تغییرنما در فاصله‌های مختلف محاسبه و رابطه آن با فاصله به صورت نمودار واریوگرام تجربی نمایش داده شد. در پایان تحلیل‌های زمین آماری، نقشه پهنه بندی آهک با استفاده از تخمین‌گر مناسب (کریجینگ) تهیه شد.

برای رسم واریوگرام پارامترهای حداکثر فاصله و گام به طور متناوب تغییر داده شد و بهترین واریوگرام برای آهک انتخاب گردید.[۱۶] پس از رسم واریوگرام تجربی و در نظر داشتن میزان حداقل مربعات خطا با داشتن ضریب تبیین بالاتر و مجموع مربعات باقی‌مانده[5] کمتر بهترین مدل تئوری برازش داده شده بر واریوگرام تجربی انتخاب گردید. هم‌چنین برای مشاهده تغییرات نیم‌تغییرنما در جهات مختلف و تشخیص همسانگردی/ناهمسانگردی نیز با محاسبه و رسم نیم‌تغییرنمای مسطحاتی انجام شد.[۱۱]

نقشه توزیع مکانی براساس این روش پس از ارزیابی روش‌های مختلف و انتخاب مناسب‌ترین روش، برای آهک با استفاده از نرم‌افزار سورفر[6] استخراج شد. در کلیه نرم‌افزارها برای تهیه نقشه توزیع مکانی، یک شبکه تعریف شده و برای هر یک از سلول‌های این شبکه مقدار متغیر با روش انتخابی تخمین زده می‌شود.[۹]

جدول ۱) خلاصه آماری درصد مواد خنثی‌شونده اندازه‌گیری شده در خاک منطقه آچاچی میانه

Table 1) brief statistical data of percentage of neutralizing materials in soil of Achachi, Miyaneh

Skewness	kurtosis	minimum	maximum	variance	mean	C.V. (%)
1.85	3.57	3.00	18.75	11.34	7.34	45.91

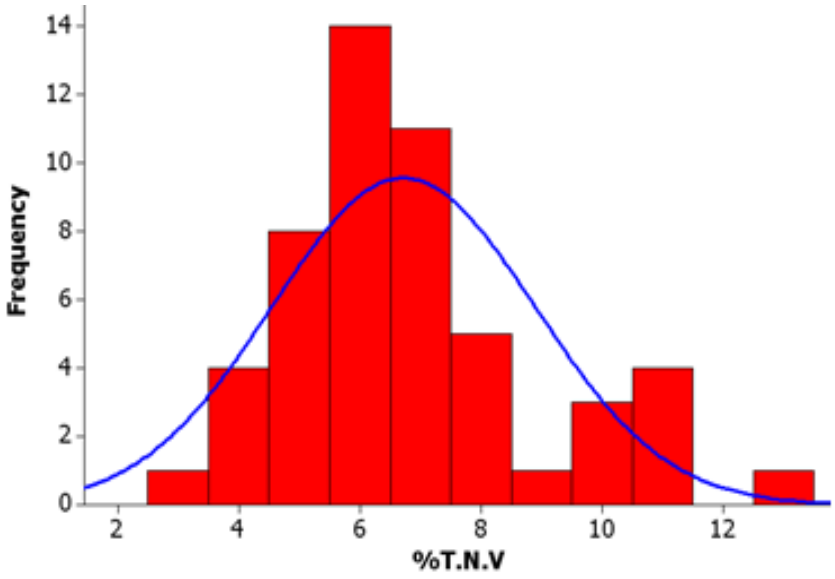
[1] Mean Absolute Error (MAE)
[2] Mean bias error (MBE)
[3] Root Mean Square Error (RMSE)
[4] Coefficient of Determination (R^2)
[5] Residual sum of squares (RSS)
[6] Surfer® ver. 13

نتایج و بحث مقدار آهک در حد قابل انتظار و معمول در خاک این منطقه است. مقادیر آهک خاک در این منطقه دارای چولگی(انحراف از توزیع طبیعی) به راست و افراشتگی در حد نرمال داشت. لذا برای تخمین با استفاده از روش‌های معمول زمین‌آماری بایستی توزیع داده‌ها به توزیع نرمال تبدیل و نزدیک می‌شد (جدول ۱). برای تبدیل و یا تقریب توزیع داده‌ها به توزیع نرمال از تبدیل لگاریتمی استفاده شد (شکل ۲).

نسبت واریانس ۰/۸۴ برای مواد خنثی شونده مقدار بالایی بوده و به این معنی است که قسمت زیادی از تغییرات آهک را تغییرات ساختاردار شامل می‌شوند (شکل ۳).

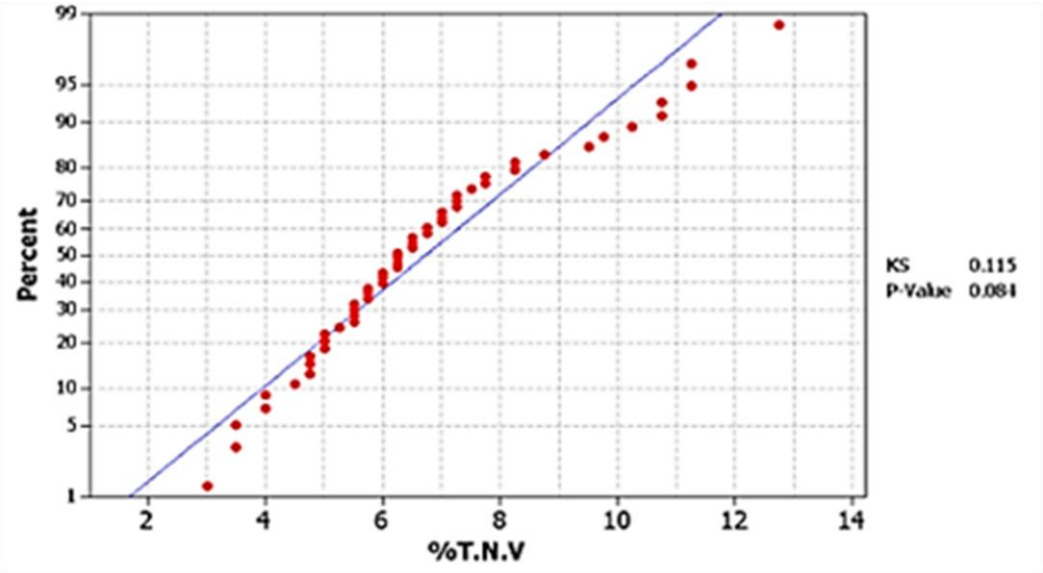
الگوی مکانی آهک در منطقه

نیم‌تغییرنمای مسطحاتی ترسیم شده برای کل مواد خنثی شونده خاک نشان می‌دهد که این خصوصیت از نظر هندسی تقریباً همسانگرد می‌باشد این خصوصیت در فواصل کم که در مرکز سطح



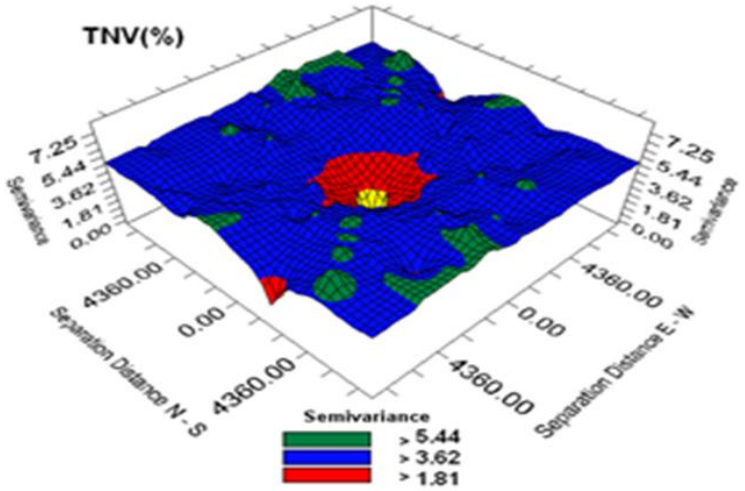
شکل ۲) درصد مواد خنثی شونده خاک در منطقه آچاچی، میانه

Figure 2) Total neutralizing value percentage in Achachi region, Miyaneh



شکل ۳) فراوانی احتمال کربنات کلسیم کل در خاک‌های آچاچی، میانه

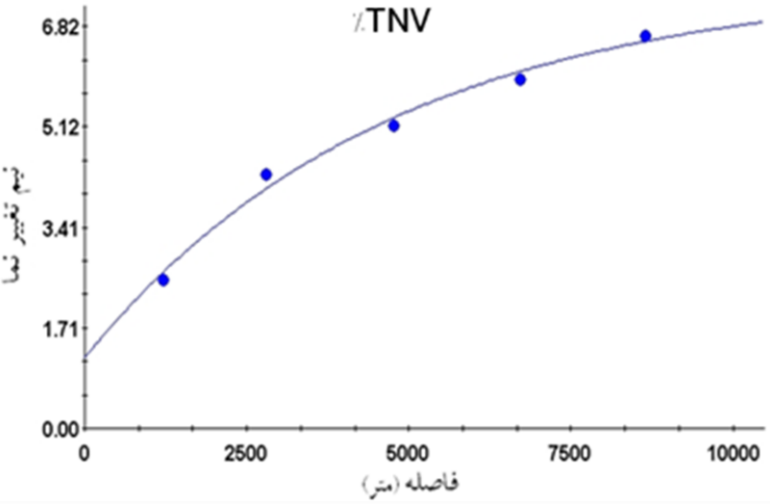
Figure 2) Frequency graph for total calcium carbonate (TNV) in Aschachi region soils, Miyaneh



شکل ۴) نیم‌تغییرنمای مسطحاتی آهک خاک منطقه آچاچی در مقابل فاصله

Figure 4) Surface trend of variogram changes in Achachi region with distance

رویه مشخص است دارای کمترین میزان واریانس بوده و با فاصله گرفتن از مرکز، میزان واریانس افزایش پیدا می‌کند. هر چه این افزایش تدریجی‌تر باشد میزان همبستگی بین مشاهدات در فواصل مختلف بیشتر است (شکل ۴). در این پژوهش آهک دارای کلاس وابستگی مکانی قوی بوده یعنی این خصوصیت به وسیله عوامل ذاتی خاک کنترل می‌شود، با توجه به غلبه بخش ساختاردار تغییرنما بر بخش



شکل ۵) نیم‌تغییرنمای تمام جهت آهک با روش کریجینگ

Figure 5) Isotropic variogram for lime percent with Kiriging method

تصادفی آن در کلاس وابستگی مکانی قوی می‌توان نتیجه گرفت که الگوی نمونه‌برداری و فاصله نمونه-برداری به درستی انتخاب شده و هم چنین دقت در نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها نیز مناسب می‌باشد (شکل ۵).

برازش مدل بر واریوگرام تجربی نیز برای آهک مناسب بود. با توجه به مقدار ضریب تبیین بالاتر و ریشه میانگین مربعات کمتر بهترین مدل برازش داده شده برای مواد خنثی شونده کل، نمایی تعریف شد. از این مدل برای تخمین زمین‌آماری در روش کریجینگ استفاده گردید. دامنه تأثیر نشان دهندهٔ دامنه‌ای است که ساختار تغییرات متغیر در آن شناخته شده است و برای درصد مواد خنثی‌شونده کل ۴/۶۹ کیلومتر را دارا می‌باشد (شکل ۵). از آنجایی که دامنه تأثیر آهک بزرگ‌تر از فاصله نمونه‌برداری است می‌توان نتیجه گرفت که فاصله مکانی توانسته است الگوی تغییرات مکانی آهک را به خوبی نشان دهد.

بورگس و وبستر (۱۹۸۰) میزان نسبت واریانس ساختاردار به کل را متاثر از میزان ضریب تغییرات آن

خصوصیت می‌دانند طوری که با افزایش ضریب تغییرات این نسبت کاهش می‌یابد. در مورد آهک مورد بررسی در این مطالعه نیز می توان گفت پیوستگی مکانی بالایی دارد، رابطه معکوسی بین ضریب تغییرات و نسبت واریانس ساختاردار به تصادفی وجود دارد.[۱] در مورد آهک روش زمین‌آماری کریجینگ تخمین دقیق‌تری نسبت

جدول۳) ارزیابی اعتبارسنجی‌تقاطعی و مقایسه دقت تخمین‌گرهای مورد بررسی در تخمین مقدار آهک

Table 3) Assessment of cross validation and comparison estimators carefully examined in estimating the value of lime

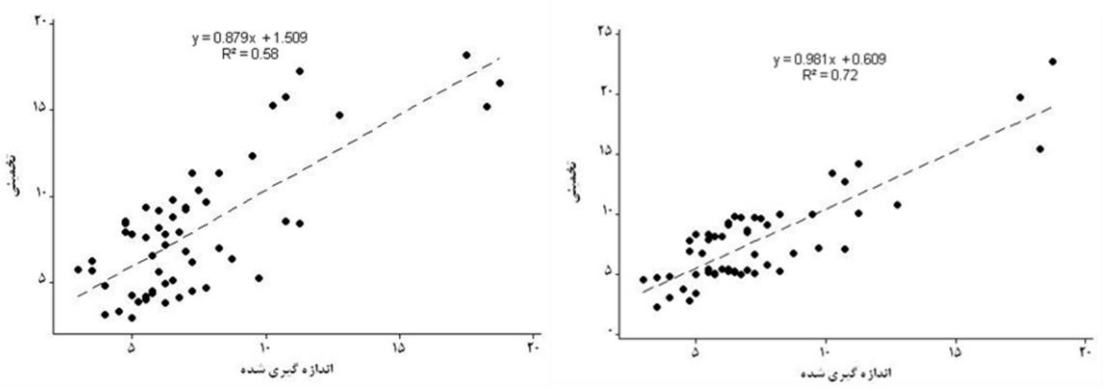
Property	Estimator	R^2	MBE	MAE	RMSE
TNV	IDW	0.58	5.08	2.30	2.60
	Ordinary Kriging	0.72	2.24	1.86	2.09

به روش فاصله معکوس به عنوان یک روش قطعی داشته است (جدول ۳).

هر چقدر پراکنش مقادیر به خط ۴۵ درجه نزدیک‌تر باشد نشان‌گر برآورد دقیق‌تر روش می‌باشد و اگر مقادیر مشاهده‌ای کاملاً برابر مقادیر برآوردی باشد، نقاط دقیقاً روی خط ۴۵ درجه قرار می‌گیرند. پراکندگی نقاط در اطراف این خط نشان دهنده تفاوت بیشتر مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی است. هم‌خوانی این مطلب با نتایج جدول ۳ و انتخاب روش‌های مناسب کاملاً مشخص است (شکل ۶).

مقدار TNV منطقه مورد مطالعه در مقایسه با سایر مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، کم است و مقادیر ۵ تا ۱۰درصد اکثر مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود و فقط در ناحیه شمال غرب و جنوب غرب منطقه پهنه‌های با مقادیر بالاتر از ۱۰ دیده می‌شود (شکل ۷).

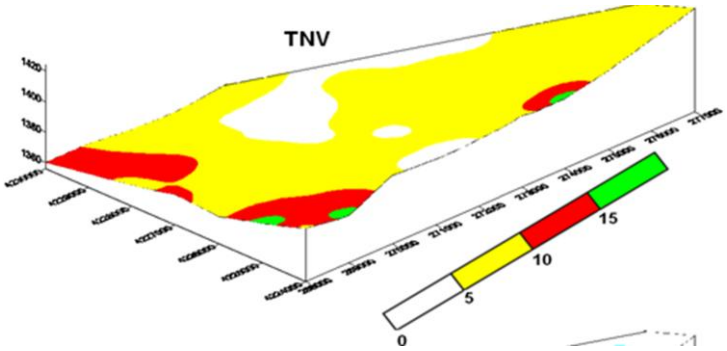
نتیجه‌گیری کلی تعیین مقدار خصوصیات خاک که دارای تغییرات پیوسته مکانی می‌باشند بدون در نظر گرفتن تغییرات مکانی آن، برای برنامه‌ریزی خاص مکانی کافی نمی‌باشد. مجموعه‌ای از روش‌های آماری تحت عنوان زمین‌آمار جهت بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پژوهش تغییرات مکانی آهک خاک یعنی درصد کربنات کلسیم و منیزیم کل، با استفاده از زمین‌آمار مورد بررسی قرار گرفت. هم چنین نتایج این پژوهش نشان داد که آهک تغییرات مکانی ساختاردار دارد. نتایج ارزیابی تخمین‌گرها برای میان‌یابی مقادیر آهک نشان داد که تخمین‌گر کریجینگ تخمین دقیق‌تری نسبت به روش معکوس فاصله داراست. پهنه‌بندی آهک با



شکل ۶) پراکنش مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمینی کربنات کلسیم برای روش کریجینگ (راست) و فاصله معکوس (چپ)

Figure 6) Distribution of observed and estimated calcium carbonate in Kriging and IDW methods

استفاده از روش کریجینگ که دقت بیشتری داشت رسم گردید (شکل ۷). تخمین-گرهای ژئواستاتیستیکی از قبیل کریجینگ، اگرچه از نظر مبانی ریاضی و حجم محاسبات، ممکن است تا حدودی دشوار به نظر آیند، لیکن ویژگی‌های منحصر به فرد و خاصی دارند که آن ها را از بقیه تخمین‌گرها متمایز می‌سازند. کریجینگ به دو مسأله مهم در تخمین یعنی فاصله آماری و تراکم و توزیع داده‌ها توجه دارد. موفقیت روش کریجینگ و سایر روش‌های تخمین زمین‌آماری در وهله اول وابسته به مدل پیوستگی مکانی و تلاش تحلیل‌گر در واریوگرافی است. روش‌های ژئواستاتیستیکی همیشه متقاضی داده‌های نسبتاً زیاد هستند، بدیهی است اگر هدف، دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر و مورد اعتماد است، هزینه مالی و زمانی متناسب با آن را باید پرداخت کرد. از آنجایی که انتخاب روش زمین‌آماری مناسب در برآورد یک متغیر بستگی به نوع متغیر و عوامل منطقه‌ای تأثیرگذار دارد، نمی‌توان روش منتخب در یک منطقه را به سایر نقاط تعمیم داد.



شکل۷) نقشه پهنه‌بندی آهک در منطقه آچاچی، میانه

Figure 6) Total nutritive value distribution map in Achachi region, Miyaneh

سپاسگزاری این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با کد ۳۰۹ مصوب شورای پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه و قرارداد شماره ۹۲۶۸ مورخه ۱۳۹۲/۱۱/۰۷ می‌باشد. بدین وسیله نگارنده مراتب سپاس و قدردانی خود را از معاونت محترم پژوهش و فن‌آوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه از بابت تأمین هزینه‌های این پژوهش اعلام می‌دارد.

References

1. Burgess TM, Webster R (1980) Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties, the semi-variogram and punctual kriging. Journal of Soil Science 31: 31-315.
2. Cheng X, An S, Chen J, Li B (2006) Spatial relationships among species aboveground biomass, N, P in degraded grassland in Ordos Plateau. Journal of Arid Environment 3(1): 75-88.
3. Ghorbani-Dashtaki S, Homaee M, Mahdian MH (2009) Site dependence performance of infiltration models. Water Resources Management 23: 2777-2790.
4. Hassani Pak A (1998) Geostatistic. Tehran University Press: Tehran.
5. Khodakarami L, Safyanian A, Mohammadi Tofigh A, Mirghaffari N (2011) Spatial variability of some heavy metals in soils of Hamadan province. Journal of Soil Researches (Water and Soil Sciences) 25(4): 323-336. [in Persian with English abstract].
6. Issak E, Sriva Stava RM (1989) An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press: New York.
7. Jafarnia SH, Akbarinia M (2014) Investigation of spatial distribution of soil and water properties by use of geostatistical in Mangrove forest of Qeshm Island. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 22(4): 673-686. [in Persian with English abstract].

8. McBratney AB, Pringle MJ (1999) Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. Precision Agriculture 1: 219-236.
9. Miller MP, Singer MJ, Nielson DR (2003) Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil Science Society of American Journal 52(1): 1133-1141.
10. Moore ID, Gessler PE, Nielsen GA, Peterson GA (1993a) Soil attributes prediction using terrain analysis. Soil Science Society of American Journal 57: 443-452.
11. Mousavifard SM, Momtaz HR, Khodaverdiloo H (2013) Efficiency of some geostatistical estimators for interpolation and mapping some soil quality properties. Journal of Water and Soil Resources Conservation 2(3): 57-71. [in Persian with English abstract].
12. Mousavi A, Safyanian A, Mirghaffari N, Khodakarami L (2011) Spatial variability of some heavy metals in soils of Hamadan province. Journal of Soil Researches (Water and Soil Sciences) 25(4): 323-336. [in Persian with English abstract].
13. Pereira P, Ubeda X, Baltrenaite E (2010) Mapping total nitrogen in ash after a wild land fire: amicroplot analysis. Ekologija 56(3): 144-152.
14. Quine TA, Zhang Y (2002) An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties and crop production within an agricultural field in Devon, U.K. Journal of Soil and Water Conservation 57(2): 50-60.
15. Rusu C, Ruru V (2006) Radial basis functions versus geostatistics in spatial interpolations. Artificial intelligence in Theory and Practice 119-128.
16. Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Leoppert RH, Soltanpour PN, Tabatabai MA, Johnston GT, Summer ME (1996) Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America: American Society of Agronomyş
17. Yong P, Mao R, Sha H, Gao Y (2009) An investigation an the distribution of eigth hazardous heavy metals in the suburban farmland of China. Journal of Hazardous Material 167: 1246-1251.

Spatial variability of equivalent calcium carbonate using geostatistic methods in soils of Achachi region Miyaneh, Iran

Agroecology Journal

Volume 12, Issue 2, Pages: 43-53
Summer, 2016

Naser Nazari

Soil Science Department
Agriculture and Natural Resources Faculty
Miyaneh Branch
Islamic Azad University
Miyaneh, Iran

Email ✉: nazari@m-iau.ac.ir

Received: 05 March 2016 **Accepted:** 14 July 2016

ABSTRACT Structural changes, including gradual and identified variations in soil properties is a function of physiography, geomorphology and a set of interactions of soil forming factors. Even after classification or zoning of soil properties and displaying them in the form of map units, the units are not completely homogeneous, and show significant spatial variations. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of a number of common methods of interpolation to estimate and delineate one of the qualitative and impressive characteristics of the soils, that is, calcium carbonate equivalent in the farms located in Aidoghmoush dam downstream in Miyaneh county. A total of 62 topsoil samples from a depth of 0-30 cm was randomly collected and analyzed in laboratory. After checking the normality of the data, isotropic experimental variogram was calculated and variography results were analyzed. Geostatistic methods of Kriging and inverse distance weighted were used for interpolating and zoning of soil lime. Exponential, Gaussian and spherical models were fitted to experimental variograms. For evaluation of interpolation methods cross validation, mean absolute error, mean bias error, root mean square error and coefficient of determination were used. The results showed that in lime estimating and changes, Kriging method was superior than inverse distance method because of the 1.86% mean absolute error as well as the exponential model than other models met stronger spatial structure. So the results of this study with regard to the best method of interpolation used in draw the calcium carbonate zoning map, it can be suggested that the use of geostatistics to efficient use of calcareous soils in studied area to achieve the precise management of these soils.

Keywords:

- geostatistics
- spatial variability
- kriging
- inverse distance weighted
- equivalent calcium carbonate
- interpolation