دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

بررسی الگوی مکانی خصوصیات شیمیایی خاک جنگل تحت‌تأثیر حضور دام با استفاده از زمین‌آمار (مطالعه موردی: جنگل بندپی شرقی)

روجا ملازاده گنجی[۱]، سید محمد حجتی[۲] و مرتضی معدنی‌پور کرمانشاهی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،
(نویسنده مسوول: roja.ganji68@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استادیار گروه مهندسی جنگل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۶
صفحه: ۱۰ تا ۱۹

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات شیمیایی خاک در جنگل بندپی شرقی انجام شد. برای این منظور، پس از جنگل گردشی در منطقه افرابن، عرصه‌ای با حضور متمرکز دام مشخص شد. جهت بررسی متغیرهای شیمیایی، شبکه‌ای به ابعاد ۵۰ ×۵۰ متر به‌صورت تصادفی- سیستماتیک در منطقه مورد مطالعه از منطقه دامسرا به سمت جنگل پیاده شد و سپس در مراکز شبکه نمونه‌برداری، ۷۳ نمونه خاک از عمق ده سانتی‌متری برداشت و جهت اندازه‌گیری متغیرهای واکنش خاک، کربن آلی، آهک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم به آزمایشگاه منتقل شدند. شش متغیر شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت و نقشهٔ برآورد کریجینگ آن‌ها، با استفاده از نرم‌افزار+GS نسخه ۹ ترسیم شد. نتایج نشان‌داد که تنها تغییرات واکنش خاک و نیتروژن در جهات مختلف همسان است و می‌توان از شبکه مربعی برای مطالعه آن‌ها استفاده نمود. آنالیز واریوگرافی ثابت نمود که متغیر واکنش خاک و نیتروژن دارای ساختار مکانی می‌باشند که با توجه به نسبت سقف به اثر قطعه‌ای به‌ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۸۳، ساختار قوی به‌دست آمد. مقدار این دو متغیر در جهت‌های شرقی (منطقه دام‌سرا) دارای کمترین مقدار می‌باشند. دقت تخمین‌های انجام شده، میانگین مطلق خطا و مجذور مربعات میانگین خطا برای دو متغیر واکنش خاک و نیتروژن به‌ترتیب، ۰/۱۶۳، ۰/۵۶۰ و ۰/۱۹۵، ۰/۲۲۱ به‌دست آمد که نتایج حاکی از دقت بالای مقادیر تخمین واکنش خاک و نیتروژن بود.

واژه‌های کلیدی: حضور متمرکز دام، کریجینگ، نیتروژن، واریوگرام

مقدمه

از جمله وظایف زیستی خاک می‌توان به توانایی آن در تولید ماده زنده از طریق تأمین عناصر غذایی، هوا، ذخیره آب، حمایت از استقرار و توسعه ریشه گیاهان اشاره کرد بالایان (۴). توانایی خودپالایی خاک، قابلیت بافرینگ در برابر تغییرات، تغییر شکل مواد افزوده شده به خاک و حفظ ذخایر ژنتیکی خاک از جمله مواردی است که نقش این ماده حیاتی را از جنبه‌های زیستی بارز و لزوم به‌کارگیری مدیریت‌های مناسب برای جلوگیری از تخریب آن‌ها را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (۴،۱۸). نیتروژن در خاک بخصوص در لایه سطحی بیشتر به‌صورت ترکیبات آلی وجود دارد، بنابراین فرایند تجمع نیتروژن در خاک با تجمع مواد آلی رابطه نزدیک دارد (۲۶). ماده آلی به‌عنوان یک شاخص کلیدی در کیفیت خاک در نظر گرفته می‌شود (۲۲) و توزیع ماده آلی خاک می‌تواند تعیین کننده نیتروژن خاک باشد (۳). واکنش خاک با تحت تأثیر قرار دادن واکنش‌های شیمیایی موجب دسترسی گیاهان به عناصر غذایی خاک می‌شود و بنابراین به‌عنوان شاخص کلیدی در شیمی خاک محسوب می‌شود (۲۸). تغییرات مکانی و ناهمگنی پراکنش جغرافیایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های بوم‌سامانه‌های مختلف تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی و زیستی شامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، ریزاقلیم خاک، نظام‌های مختلف چرا و مدیریت گوناگون مراتع است که بسیاری از این عوامل دارای تغییرات نه تنها در مکان بلکه در واحد زمان نیز می‌باشند (۵،۸). استفاده از روش‌های زمین‌آماری در علوم خاک توسط محققین مختلفی به‌کار گرفته شده است. جعفریان و همکاران (۱۶) در بررسی توزیع مکانی خصوصیات خاک با استفاده از روش زمین‌آمار در مراتع رینه نشان دادند که در این منطقه بین ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد بررسی، وابستگی مکانی وجود دارد، به‌طوری‌که، بیشترین این وابستگی مربوط به واکنش خاک و کمترین این وابستگی مربوط به پتاسیم بود. (۱۸)، در بررسی ساختار مکانی خصوصیات خاک در یک توده جنگلی راش با استفاده از روش زمین‌آمار، بیان نمودند که تنها واکنش خاک در سه عمق مورد بررسی دارای ساختار مکانی متوسط، نسبت کربن به نیتروژن خاک فاقد ساختار مکانی و ترسیب کربن در دو لایه بالایی دارای ساختار مکانی ضعیف و در لایه سوم دارای ساختار مکانی متوسط می‌باشد. مکبراتنی و همکاران (۲۰)، با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، نظام اطلاعات جغرافیایی و فن سنجش‌ازدور برای مناطق وسیعی از استرالیا نقشه‌های جامع خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را تعیین کردند. قابلیت بافرینگ خاک در برابر تغییرات، روش‌های زمین آماری تکنیک‌هایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی خصوصیات خاک، مانند محتوای نیتروژن خاک را ارائه می‌دهد (۳۳) و این تکنیک‌ها امروزه به‌طور فزاینده‌ای به‌منظور اهداف مدیریتی خاص به‌کار گرفته می‌شوند (۲۰،۷،۱۰،۶). چانگ و همکاران (۹) همچنین با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، تغییرپذیری مکانی برخی از خصوصیات شیمیایی خاک را در اطراف دریای زرد در چین

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]

مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق گزارش کردند که دامنه وابستگی مکانی خصوصیات مختلف خاک از یکدیگر متفاوت است. علاوه بر این، بیان داشتند که ارزیابی مکانی خصوصیاتی از خاک که دارای وابستگی مکانی قوی هستند می‌تواند در مدیریت حاصلخیزی و ارائه طرحی برای مدیریت دقیق اراضی مفید باشد.

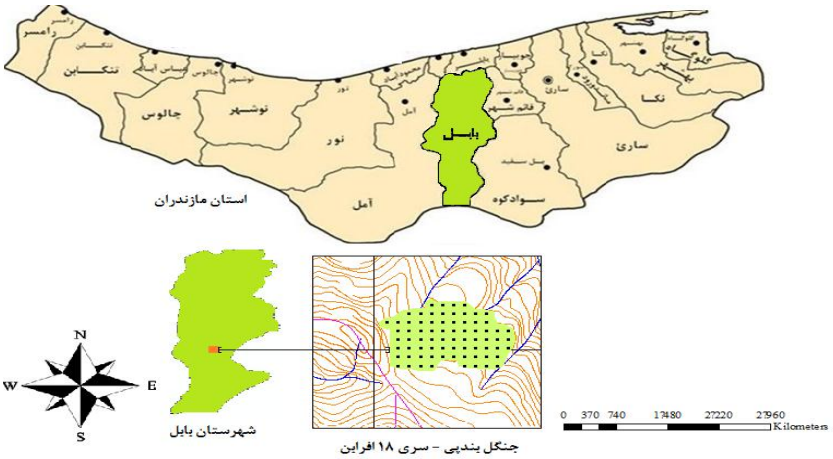
فریمن و مویسن (۱۱) بیان نمودند که استفاده از کریجینگ برای بهبود دقت نقشه‌های برآوردی متغیر زیتوده مناسب نمی‌باشد. پاپندیکس (۲۳) از روش زمین‌آمار برای تعیین خصوصیات خاک مناطق مناسب برای احداث چراگاه در حوضه آمازرن در کشور برزیل استفاده کرد. وبستر و اولیور (۳۲) در بررسی زمین‌آماری تغییرپذیری خصوصیات خاک تحت تأثیر شدت‌های چرایی، کاهش کربن آلی خاک و از بین رفتن همگنی خصوصیات خاک را تحت چرای سنگین در مراتع استپی مونگولیا گزارش کردند. در پژوهشی دیگر پیری صحراگرد و چاهوکی (۲۵)، با بهره‌گیری از روش زمین‌آمار، نقشه خصوصیات خاک مؤثر در پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی را با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ تهیه کردند و توانستند نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه‌ها را با دقّت قابل قبولی تهیه کنند. پی‌سری و همکاران (۲۴) در بررسی مقایسه برخی از روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک، در دشت ارومیه در ارزیابی روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ با ضریب همبستگی ۰/۹۸ درصد و نیم تغییرنمای مدل گوسی از دقت بالایی برای برآورد مقادیر شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است. سالاردینی (۲۷) به‌منظور بهبود تخمین توزیع مکانی زیتوده جنگل با استفاده از زمین‌آمار در راندونیای برزیل بیان داشتند که روش زمین‌آماری به‌کار برده شده در این تحقیق دقت تخمین‌های محلی در متغیر زیتوده را افزایش داده و میزان انحراف معیار در مناطقی که تعداد قطعات نمونه در آنها کم می‌باشد، بیشتر از سایر مناطق است. با توجه به اهمیّت نقش ویژگی‌های خاک در استقرار و پراکنش پوشش گیاهی، شناخت صحیح از تغییرات مکانی خصوصیات خاک بر پراکنش گونه‌های گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. از سوی دیگر تهیه نقشه دقیق این عوامل با استفاده از روش‌های آمار مکانی پیش‌نیاز تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش پوشش گیاهی و برنامه مدیریت و بهره‌برداری از اراضی است. بدیهی است که اشتباه در بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک باعث بروز خطا در تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی مدیریت شده و برنامه‌های اصلاح و احیا پوشش‌گیاهی و همچنین مدیریت اراضی را با شکست مواجه خواهد کرد. با توجه به نکات ذکر شده و لزوم بررسی شدت یا ضعف ساختار مکانی خصوصیات خاک در اکوسیستم جنگل، این پژوهش با هدف مقایسه ساختار مکانی خصوصیات خاک در عمق صفر تا ده سانتی‌متر و بررسی رابطه بین تغییرات رخداده در ساختار مکانی خصوصیات مورد بررسی در منطقه‌ای با حضور متمرکز دام انجام شد. علاوه بر این، کارایی روش زمین‌آماری کریجینگ در برآورد دقیق خصوصیات خاک مورد بررسی، در جنگل افرابن بندپی‌شرقی شهرستان بابل مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تحقیق مورد نظر در سال ۱۳۹۱ در منطقه‌ای در ۲۲ کیلومتری جنوب شهرستان بابل بین طول شرقی ۳۰ ′۳۷ °۵۲ تا ۰۰ ۴۰ °۵۲ و عرض شمالی ۳۰ ۱۷ °۳۶ تا ۰۰ ۲۰ °۳۶ در سری ۱۸ جنگل افرابن واقع شده است (شکل ۱). مساحت منطقه ۷۰۹/۷۵ هکتار که عرصه‌های خالی و گاوسرا ۳۳/۶ هکتار آن را شامل می‌شود. تعداد دام موجود در سطح سری ۱۱۸۷ واحد دامی بوده و تراکم دام نیز به‌طور متوسط در هر هکتار ۱۶/۷۳ واحد دامی می‌باشد. که حدود ۸۹/۶۷ درصد واحد دامی مستقر در واحدهای دامداری در سطح جنگل‌های سری را گاو تشکیل می‌دهد. بنابراین شکل اصلی دامداری در این سری از نوع گاوداری است. متوسط ارتفاع از سطح دریا ۴۸۰ متر، منطقه دارای شیب ۶۰ – ۰ درصد و جزء عرصه‌های تخریب شده می‌باشد. متوسط دمای سالانه و متوسط بارندگی منطقه به‌ترتیب ۱۲ درجه سانتی‌گراد و ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. تیپ خاک منطقه قهوه‌ای جنگلی با pH ۷/۷ – ۶/۹ جزو خاک‌های قلیایی می‌باشد. طبق اقلیم نمای دومارتن منطقه مورد نظر جزو مناطق نیمه‌مرطوب می‌باشد. همچنین پوشش درختی غالب مناطق مورد مطالعه، گونه‌های کلهو (*Diospyrus lotus* L.) و ممرز (*Carpinus betulus* L.) می‌باشند (۲).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در سری ۱۸ افرابن
Figure 1. The location of the studied region in the series 18, Afrabon

روش مطالعه

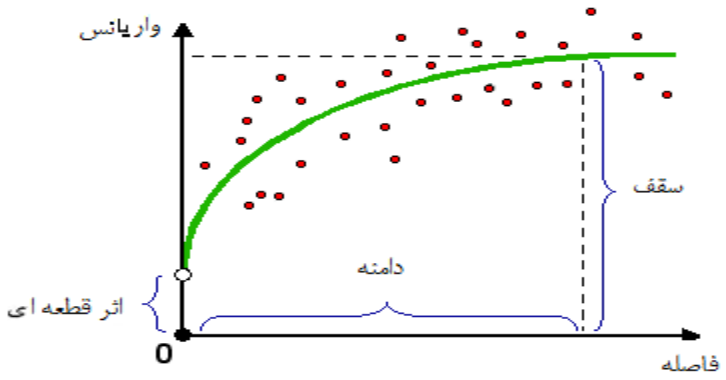
رویکرد مورد استفاده در این پژوهش برای تحلیل الگوی مکانی، مطالعه به‌وسیله شبکه آماربرداری می‌باشد. پس از نمونه‌برداری موقعیت جغرافیایی نقاط به کمک دستگاه موقعیت سنج جهانی (GPS; Garmin's 76 CSX) جهت انجام آنالیزهای زمین‌آماری ثبت شد. در حالی که انجام دقیق نرمال‌بودن داده‌ها به‌کمک تست نیکوئی برازش Kolomogoroff-Smirnoff (تست K-S) صورت گرفت. نقشه‌های پراکنش با استفاده از بهترین مدل انتخابی ترسیم شد.

تجزیه و تحلیل‌های زمین آماری

زمین آمار شامل مدل واریوگرافی و درون‌یابی کریجینگ است. در مدل واریوگرافی از واریوگرام یا واریانس وابسته به فاصله که ساختار ارتباط فضایی (مکانی) را در بین نمونه‌ها نشان می‌دهد، برای مدل‌سازی واریانس فضایی (مکانی) داده‌ها استفاده می‌شود. سپس در مرحله درون‌یابی کریجینگ از مدل به‌دست آمده برای برآورد متغیر مورد نظر در نقاط نمونه‌برداری نشده استفاده می‌شود. تابع واریوگرام به‌صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود واکرناگل (۳۱).

$$\gamma^{\wedge}(h) = \frac{1}{2N\,(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

به‌طوری‌که $\gamma^{\wedge}(h)$: مقدار واریوگرام (*semi* – variance) برای N: جفت نمونه است که با فاصله h (گام و Leg) از یکدیگر جدا شده‌اند. $z(x_i)$: نیز ارزش متغیر x در نقطه i است. $z(x)$: متغیر ناحیه‌ای (*regionalizedvariable*) نامیده می‌شود. اگر تفاضل ارزش دو متغیر تصادفی، وابسته به فاصله آن‌ها از یکدیگر باشد، چنین متغیری را ناحیه‌ای می‌نامند که پایه و اساس زمین آمار را تشکیل می‌دهد. واریوگرام، رکن اصلی و قلب زمین آمار بوده و مقدار آن وابسته به فاصله بین دو متغیر ناحیه‌ای است. اگر این مقدار وابسته به جهت نیز باشد، واریوگرام، ناهمسانگراد (anisotropic) و در غیر این‌صورت، همسانگرد (isotropic) نامیده می‌شود. شکل ۲ یک مدل واریوگرام (نظری) را به‌همراه اجزای آن نشان می‌دهد:



شکل ۲- نمونه‌ای از واریوگرام به‌همراه مؤلفه‌ها
Figure 2. A sample of Variogram

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]

کریجینگ که شیوه برآورد یا تخمین در روش زمین آمار است، بهترین تخمین‌گر نااریب خطی (BLUE) است که می‌توان بدون اریبی و با حداقل واریانس، ارزش متغیرها را در نقاط نمونه‌برداری نشده، برآورد کند. تابع کریجینگ به‌صورت زیر تعریف می‌شود واکرناگل (۳۱).

رابطه (۲)
$$Z^{\wedge}(X) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i)$$

n: تعداد نمونه‌ها λ_i: وزن داده شده به هر نمونه به‌طوریکه:

رابطه (۳)
$$E\,[Z^{\wedge}(X) - Z(X)] = 0 \quad \Rightarrow \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$$

$$E\,[Z^{\wedge}(X) - Z(X)]^2 = \min$$

در زمین‌آمار برای ارزیابی اعتبار مدل و برآوردها، از روشی به‌نام Validation Cross استفاده می‌شود. این روش شامل حذف به‌نوبت نمونه‌ها و برآورد مجدد آن‌ها به‌روش کریجینگ با استفاده از سایر نمونه‌ها و مدل برازش شده بر واریوگرام تجربی است. سپس از تفاضل مقادیر واقعی و برآورد شده برای ارزیابی برآوردها استفاده می‌شود وان (۳۰). در نهایت با محاسبه دو آماره میانگین مطلق خطا و خطای برآورد درباره کیفیت برآورد کریجینگ قضاوت می‌شود. در حالتی که برآوردها صحیح و بدون اشتباه باشند، مقادیر این دو آماره باید برابر صفر شود که از طریق روابط ۴ و ۵ قابل محاسبه می‌باشد.

رابطه (۴)
$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |Z^{\wedge}(x_i) - Z(x_i)|$$

رابطه (۵)
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} [Z^{x_i} - Z(x_i)]^2}$$

که در آنها، $Z^{\wedge}(x_i)$: برآورد مقدار متغیر ناحیه‌ای x در نقطه‌i. $Z(x_i)$: مقدار واقعی متغیر ناحیه‌ای x در نقطه i می‌باشند.

نتایج و بحث

پارامترهای آماری متغیرها

خلاصه آماری داده‌ها

در پردازش‌های زمین آماری نرمال بودن داده‌ها باید مورد تأیید واقع شود تا بتوان سایر آنالیزها را انجام داد. در جدول ۱ خلاصه آماره‌های واکنش خاک و نیتروژن ارائه شده است. با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف و پلات جعبه‌ای نرمال بودن داده‌ها آزمایش شد و مشخص شد که پراکنش داده‌ها برای هر شش متغیر شیمیایی خاک تقریبا نرمال است.

جدول ۱- خلاصه آماری داده‌ها

Table 1.Summry of statistics

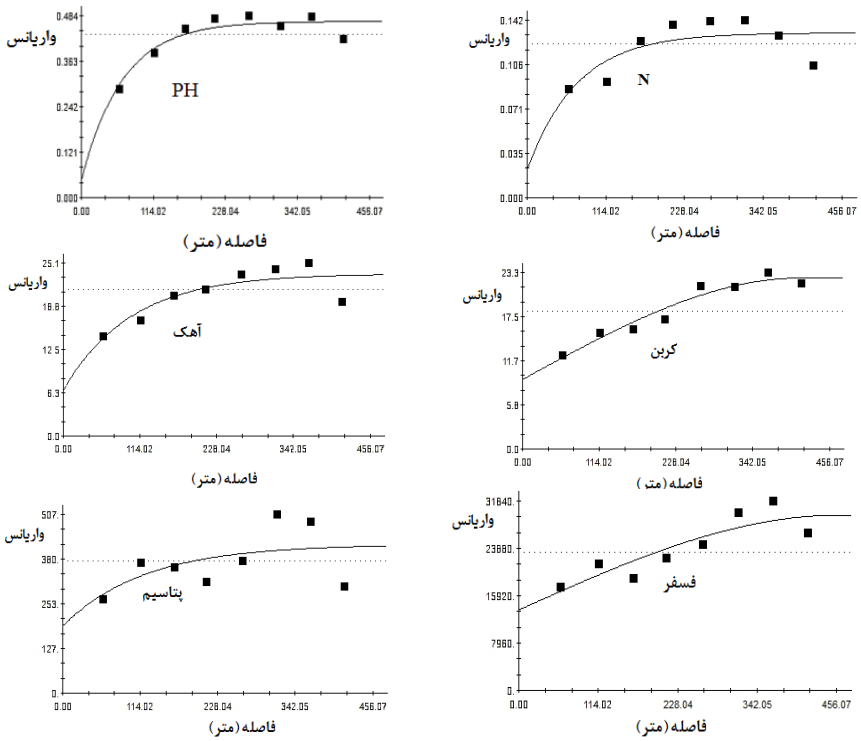
متغیر	واحد اندازه‌گیری	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	کشیدگی	چولگی	ضریب تغییرات
واکنش خاک	–	۴/۷۴	۷/۴۸	۶/۳۸	۰/۶۵	۰/۲۱	-۰/۶۵	۱۰/۱۸
نیتروژن	٪	۰/۱۸	۱/۴۰	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۰۸	۰/۹۲	۵۸/۶۲
آهک	٪	۰/۰۰	۴۲/۳۲	۵/۰۹	۱/۵۲	۵/۶۱	۲/۷۲	۲۹/۸۶
کربن	٪	۲/۵۳	۱۳/۴۶	۶/۶۲	۲/۹۰	-۰/۱۱	۰/۹۳	۴۳/۸۰
فسفر	کیلوگرم/میلی‌گرم	۴/۰۰	۲۳/۰۰	۹/۷۰	۵/۹۱	۰/۱۶	۱/۲۱	۶۰/۹۲
پتاسیم	کیلوگرم/میلی‌گرم	۲۵۶/۰۰	۴۸۸/۰۰	۳۶۶/۸۱	۶۹/۶۴	۰/۲۷	-۱/۱۰	۱۸/۹۸

تغییر نمای خصوصیات شیمیایی خاک

به‌منظور واریوگرافی داده‌ها، ابتدا واریوگرام متغیرهای مورد بررسی در جهات ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه ترسیم شد.

واریوگرام‌های سطحی متغیرهای مذکور نشان دادند که مقدار این واریوگرام‌ها در جهت‌های شمال-جنوب و شرق-غرب تقریباً یکسان می‌باشند. بنابراین با توجه به تقارن تغییر نمای سطحی، تمامی متغیرها همسانگرد در نظر گرفته شدند. مدل‌های تغییر نمای تجربی به همراه مدل‌های برازش داده شده به آنها در شکل ۲ به تفکیک در جداول ۲ ارائه شده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود. متغیرهای شیمیایی خاک مورد بررسی در منطقه با حضور متمرکز دام واریوگرام مناسبی را نشان می‌دهد. جداول ۲، مدل واریوگرام‌های برازش شده و پارامترهای مربوط به شش متغیر اندازه‌گیری شده در منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهند. همانطور که در این جداول مشاهده می‌شود از بین مدل‌های مختلف واریوگرام (خطی، کروی، نمایی و گوسی) برای متغیرهای واکنش خاک، آهک و فسفر مدل نمایی و برای سایر متغیرهای مورد بررسی نیتروژن، کربن و پتاسیم مدل کروی برازش شد. پتاسیم خاک با ۴۵۸/۰۰ متر دارای بالاترین و واکنش خاک با ۱۹۶/۵۰ متر دارای کمترین دامنه تأثیر می‌باشند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]



شکل ۲- واریوگرام برازش داده شده به خصوصیات شیمیایی خاک خاک
Figure 2. The fitted to the chemical properties

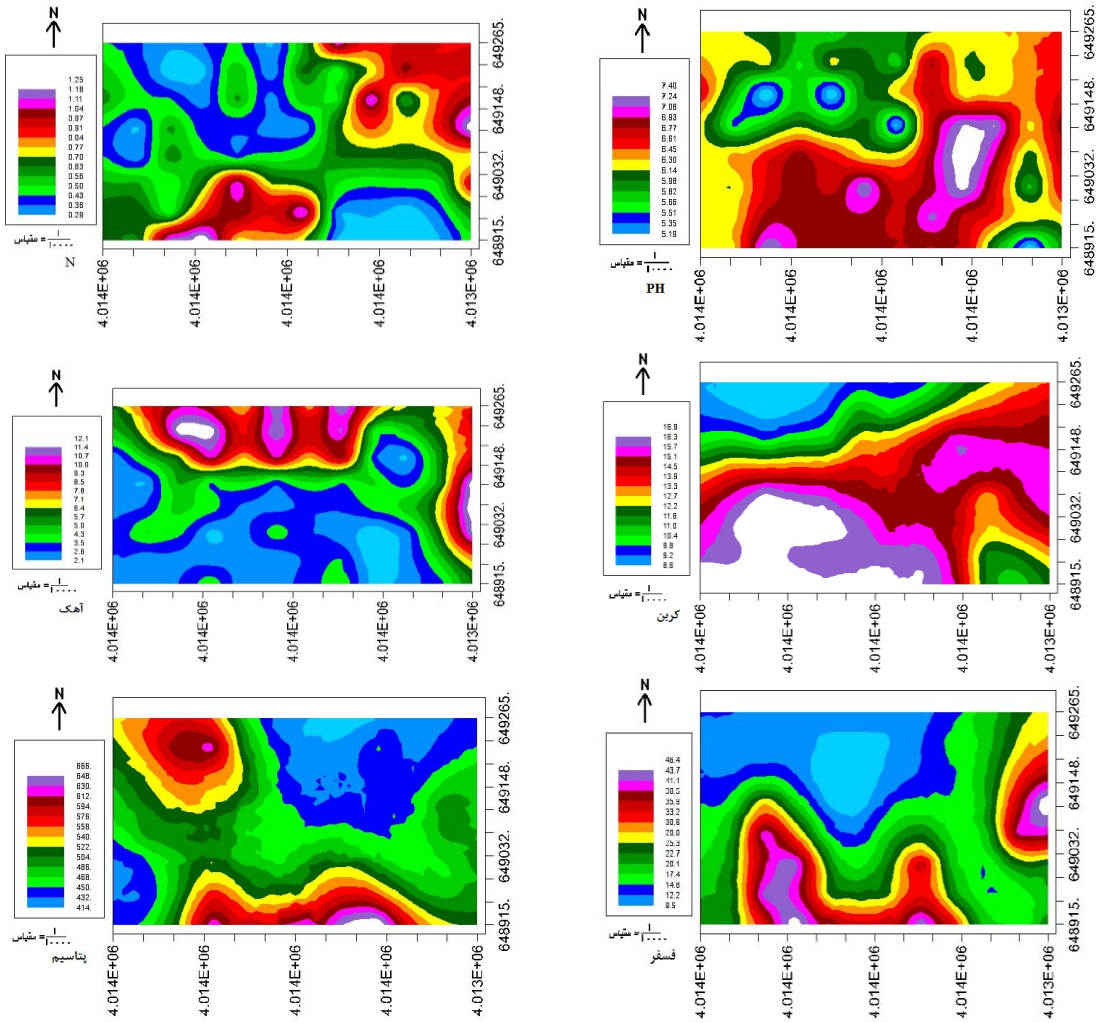
جدول ۲- پارامترهای تغییرنمای خصوصیات شیمیایی خاک
Table 2. Parameters of changing the chemical features of the soil

متغیر	مدل برازش شده	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تأثیر (متر)	نسبت اثر قطعه‌ای به سقف
واکنش خاک	نمایی	۰/۰۴	۰/۴۶	۱۹۶/۵۰	۰/۹۰
نیتروژن	کروی	۰/۰۲	۰/۱۳	۲۱۷/۵۰	۰/۸۳
آهک	نمایی	۶/۶۴	۲۳/۴۹	۳۰۳/۳۰	۰/۷۱
کربن	کروی	۹/۱۷	۲۲/۵۸	۴۱۳/۱۰	۰/۵۹
فسفر	نمایی	۱۹۰/۱۰	۴۲۳/۵۰	۳۶۳/۶۰	۰/۵۴
پتاسیم	کروی	۱۳۵۳۰/۰۰	۲۹۴۴۰/۰۰	۴۵۸/۰۰	۰/۵۴

کریجینگ متغیرها

کریجینگ برای درون‌یابی داده‌ها، پهنه‌بندی و پیش‌بینی امکان وقوع داده‌ها که دارای همبستگی هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۳ نقشه واکنش خاک، نیتروژن، آهک، کربن، فسفر و پتاسیم را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. تنها بررسی واکنش خاک و نیتروژن در این مطالعه، همسانگرد بوده و می‌توان از شبکه مربعی برای مطالعه تغییرات آن‌ها در عرصه خاک‌های جنگلی استفاده نمود. واکنش خاک و نیتروژن خاک دارای ساختار مکانی قوی بوده و مقدار اثرقطعه‌ای آن کم می‌باشد که حاکی از پیوستگی بالای توزیع این متغیر در خاک‌های منطقه جنگلی با حضور متمرکز دام می‌باشد. همان‌طوری که از نقشه‌ها مشخص است، مقدار متغیر واکنش خاک، در قسمت‌های نزدیک محل تمرکز دام (دامسرا) که قسمت‌های شرقی نقشه‌ها را شامل می‌شود در کمترین میزان خود قرار دارد و با فاصله گرفتن از دامسرا از مقدار آن کاسته می‌شود شکل۳. نیتروژن نیز در جهت جنوب شرقی دارای کمترین میزان در منطقه مورد مطالعه می‌باشد ولی در قسمت‌های شرقی (دامسرا) در بیشترین مقدار خود می‌باشد شکل۳. در هر دو تصویر میزان واکنش خاک و نیتروژن در جهت‌های شمالی دارای کمترین میزان خود می‌باشد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]



شکل ۳- نقشه کریجینگ شش متغییر مورد مطالعه در منطقه

Figure 3. The kreging map of six studied variables in the area

میانگین مطلق خطا و مجذور مربعات میانگین خطا میزان اریبی را نشان می‌دهد و در حالت ایده‌آل باید مساوی صفر باشد. مقادی مثبت و یا منفی قابل توجه آن‌ها به ترتیب نشان‌دهنده برآورد بیشتر و یا کمتر از مقدار واقعی می‌باشند وان (۳۰) پیشنهاد کرد که میانگین مطلق خطا می‌تواند به عنوان معیاری که هر دو ویژگی انحراف و دقت روش را در بر دارد، برای مقایسه دقت روش‌ها به‌کار برد. نتایج ارزیابی برآوردها برای دو متغیر واکنش خاک و نیتروژن خاک که مقادیر آنها با روش کریجینگ برآورد شد است، در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که ارزیابی صحت کریجینگ برای متغیرهای مورد بررسی نتایج قابل قبولی را نشان می‌دهد که این امر نشان می‌دهد که، کریجینگ توانسته بر اساس مدل برازش شده، برآورد صحیحی انجام دهد.

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت کریجینگ

Table 3. The results of investigating the - Kreging accuracy

متغیر	میانگین مطلق خطا	مجذور مربعات میانگین خطا
واکنش خاک	۰/۱۶۳	۰/۵۶۰
نیتروژن	۰/۱۹۵	۰/۳۲۱
آهک	۰/۱۸۸	۳/۴۳۱
کربن	۰/۳۵۳	۳/۳۴۳
فسفر	۰/۲۲۹	۱۶/۵۰
پتاسیم	۰/۳۶۶	۱۴۸/۶۹

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]

در این بررسی واکنش خاک و نیتروژن در عرصه جنگلی با حضور متمرکز دام از نظر ساختار مکانی و برآورد به روش کریجینگ زمین آمار مورد بررسی قرار گرفتند. دو متغیر از خصوصیات شیمیایی خاک، ساختار مکانی همسانگرد و مناسبی از خود نشان دادند که با نتایج تحقیق حبشی و همکاران (۱۴) با بررسی کاربرد تکنیک زمین‌آمار در مطالعات خاک‌های جنگلی نتیجه گرفتند که دو متغیر واکنش خاک و ماده آلی خاک دارای ساختار مکانی می باشند و برآورد های انجام شده در مورد آنها از دقت زیادی برخوردار بود.

همچنین با نتایج مطالعه مشخصه‌های واکنش و ماده آلی خاک در راشستان آمیخته جنگل شصت کلاته گرگان حبشی (۱۳) همخوانی داشته، کوچ و حسینی (۱۷)، نیز در بررسی واکنش خاک در یک توده جنگلی راش در سه عمق (۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۴۵-۳۰ سانتی‌متری) خاک به نتیجه مشابه‌ای دست یافتند. همچنین این محققین در بررسی ماده آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک در هر سه عمق بالا بیان نمودند که، درصد ساختار مکانی مشخصه‌های مورد بررسی تقریباً پایین است که مبین ساختار مکانی ضعیف در بین نمونه‌های برداشت شده در حد دامنه تأثیر و تغییرپذیری بسیار زیاد این دو مشخصه خاک در فواصل بسیار کم می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر کاملاً هماهنگ است.

اسچون هولتز و همکاران (۲۹) مدل نمایی را بهترین مدل برای برازش واکنش خاک و ماده آلی گزارش نمودند. در این تحقیق نیز مدل مناسب برای واکنش خاک مدل نمایی برازش شد. حبشی (۱۳) تحقیق مشابه‌ای را در سطح مشخصی در راشستان‌های آمیخته شصت کلاته گرگان انجام داده است که نتایج تحقیق وی حاکی از آن است، تغییر نمای مناسب به داده‌های واکنش خاک و ماده‌آلی خاک در عمق (۱۵-۰) سانتی‌متری این جنگل، مدل کروی می‌باشد. ایوبی و همکاران (۳) نیز برای مشخصه ماده آلی مدل کروی را گزارش نمودند. محمدی و همکاران (۲۱) نیز در تحقیق خود عنوان نمود که واریوگرام‌های دارای آستانه متداول‌ترین آن‌ها در ژئواستاتیستیک است که رایج‌ترین واریوگرام‌های دارای سقف نیز از نوع کروی و نمایی اشاره شده است که چنین حالتی در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. اگر ساختار مکانی ۷۵ درصد و بیشتر باشد، نشان‌دهنده ساختار قوی، بین ۲۵ تا ۷۵ درصد، نشان‌دهنده ساختار متوسط، و کمتر از ۲۵ درصد نشان‌دهنده ساختار ضعیف برای متغیر مورد بررسی است گاناوا و محمد شریف (۱۲). بر همین اساس واکنش خاک و نیتروژن در منطقه مورد مطالعه دارای ساختار مکانی قوی می‌باشند. در این بررسی مقدار دامنه تأثیر متغیر واکنش خاک و نیتروژن ۱۹۶/۵۰ و ۲۱۷/۵۰ متر می‌باشد. در حالی که در تحقیق حبشی و همکاران (۱۴) نسبت اثر قطعه‌ای به سقف، گویای وجود ساختار مکانی قوی برای واکنش خاک و نسبتاً قوی برای ماده آلی در منطقه طرح بوده و دامنه تأثیر برای ماده آلی خاک در تحقیق وی ۴۶ متر و برای واکنش خاک ۸۷ متر به‌دست آمد. هر چه دامنه تأثیر واریوگرام یک متغیر بزرگ‌تر باشد، آن متغیر دارای همگنی بیشتری است. از آنجایی که معمولاً دو سوم طول دامنه تأثیر را به عنوان فاصله مناسب نمونه‌برداری در نظر گرفته می شود حسنی پاک (۱۵). بنابراین در عرصه‌های جنگلی مورد مطالعه، با توجه به همسانگردی مشاهده شده، ابعاد مناسب شبکه نمونه‌برداری برای متغیر واکنش خاک ۱۳۱ متر و برای نیتروژن خاک ۱۴۵ متر به صورت مربع پیشنهاد می‌شود. در این خصوص معدنی‌پور کرمانشاهی (۱۹) برای متغیرهای ادافیکی و پوشش علفی، به ترتیب میانگین ابعاد شبکه ۱۷۰ و ۲۰۰ متر را پیشنهاد نمود.

همچنین اخوان (۱) نیز ابعاد شبکهٔ نمونه‌برداری برای متغیرهای رویه زمینی و ارتفاع کل درختان را به ترتیب حدود ۱۶۵ متر و ۳۵۰ متر پیشنهاد کرده‌اند. نتایج بررسی تحقیق حاضر بر این امر تأکید می‌نماید که تغییرپذیری مشخصات شیمیایی خاک بیش از آنکه به بعد مکانی و فواصل بستگی داشته باشد بیشتر تابع الگوی پراکنش متغیرهای تأثیرگذار است. به همین دلیل است که ساختار مکانی قوی برای اکثر مشخصات شیمیایی مورد بررسی خاک مشاهده نشد و با توجه به الگوی پراکنش مشخصه‌های مورد بررسی، خصوصیات خاک نیز تغییرات قابل ملاحظه‌ای را به نمایش گذاشته است. اگرچه تصور این موضوع برای لایه‌ی سطحی خاک دور از انتظار نبود. به هر حال در این تحقیق تلاش شد تا برخی پتانسیل‌ها و کاربردهای تکنیک زمین آمار در فرآیند نتیجه‌گیری دقیق از مطالعات خاک‌های جنگلی نشان داده شود. وجود آشفتگی‌ها و بی‌نظمی‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی منجر به تغییرپذیری مشخصه‌های خاک در سطح کوچک و یا زیاد می‌شود که از آن به‌عنوان تنوع خاک یاد می‌کنند که می‌توان آن را به‌عنوان یک ویژگی مهم جهت درک بهتر سیستم و چگونگی کارکردهای تکاملی و تحولی آن استفاده کرد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]

منابع

1. Akhavan, R. 2004. Investigating the use of geo-statistics in estimating forest inventory in comparison with the classical method in the Caspian forests of northern Iran. Ph.D. dissertation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 64 pp.
2. Anonymous, the Forestry Plan of the 18th series, Afrabon, Bandpeye sharghi, Babol. 2004. Natural resources administration of Mazandaran province.
3. Ayyoubi, Sh., S. Mohammad Zamani and F. Khormali. 2007. Estimation of Nitrogen Levels Using Quantities of Organic Material Using Kriging, Co-kriging-Regression Methods in Part of Serkhankelate. Natural resources and agriculture science, 14(4): 78-87.
4. Ballayan, D. 2000. Soil Degradation. ESCAP Environment Statistics Courses. Chapter Biodiversity & Land Degradation. Rome: FAO.
5. Bauer, A., C.V. Cole and A.L. Black. 1987. Soil property comparisons in virgin grasslands between grazed and nongrazed management systems. Soil Science.Society America Journal, 51: 176-182.
6. Baxter S.J., M.A. Oliver and J. Gaunt. 2003. A geostatistical analysis of the spatial variationof soil mineral nitrogen and potentially available nitrogen within an arablefield, Precision Agriculture, 4: 213-226.
7. Baxter, S.J. and M.A. Oliver. 2005. The spatial prediction of soil mineral N and potentially available N using elevation, Geoderma, 128: 325-339.
8. Chaneton, E.J. and R.S. Lavado. 1996. Soil nutrients and salinity after long- term grazing exclusion in a Flooding Pama grassland. Journal of Range Management on JSTOR, 49: 182-187.
9. Chang, W.E., B.A. You, J.N. Yun, F. Zang and L.U. Xio. 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.
10. Cheng X., S. An, J. Chen and B. Li. 2006. Spatial relationships among species above-ground biomass, N, P in degraded grasslandin Ordos Plateau. Journal of Arid Environment, 30: 75-88.
11. Freeman, E.A. and G.G. Moisen. 2007. Evaluating kriging as a tool to improve moderate resolution maps of forest biomass. Environmental Monitoring and Assessment, 128: 395-410.
12. Ganawa, E.S.M. and A.R. Mohammad Sharif. 2003. Spatial variability of total nitrogen and available phosphorus of large rice field in SawahSepadan Malaysia. Science Asia Journal, 29: 7-12.
13. Habashi, H. 2007. The Relationship between Soil Characteristics and the Pattern of Dispersion of Trees and Tree Groups in Shahid Kalateh beech tree community in Gorgan. Ph.D. Dissertation in Forestry, Tarbiat Modarres University, 139 pp.
14. Habashi, H., M. Hosseini, J. Mohammadi and R. Rahmani. 2006. Application of geo-statistics techniques in forest soil studies. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, Faculty of Natural Resources, Gorgan University, 14(1): 327-363.
15. Hasani-Pak, A.S. 1998. Geo-statistics. Tehran University Press, 314 pp.
16. Jafarian, Z., H. Arzani, M. Jafari, A. Kalarestagh, Gh. Zahedi and H. Azarnivand. 2009. Spatial distribution of soil properties using geostatistical methods in Rineh Rangelands. Journal of Iranian Rangeland, 3(1): 107-120 (In Persian).
17. Kooch, Y. and S.M. Hosseini. 2010. Response of earthworm's biomass and diversity to windthrow events and soil properties in Hyrcanian forests of Iran. Folia Oecologica, 37: 181-190.
18. Lu, D., M. Batistella, P. Mausel and E. Moran. 2007. Mapping and Monitoring Land Degradation Risks in the Western Brazilian Amazon Using Multitemporal Landsat TM/ETM+ Images. Land Degrad. Develop, 18: 41-54.
19. Madanipor Kermanshahi, M. 2010. Determination of spatial structure of vegetative elements and forest ecosystem addific parameters using multivariate statistics and geo-statistics. Ph.D. Dissertation. Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, 128 pp.
20. McBratney, A.B., M.L. Mendonca and B. Minasny. 2003. On digital soil mapping, Geoderama, 117: 3-52.
21. Mohammadi, J., Sh. Shataei Joibari, H. Habashi and F. Yaghmaei. 2008. A Comparison of remote sensing and geo-statistics in estimating the number of trees per hectare in Balotloh forest of Gorgan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Natural Resources, 15(1): 21-10.
22. Novak, P., J. Vopravil and J. Lagova. 2010. Assessment of the Soil Quality as a Complex of Productive and Environmental Soil Function Potentials. Soil & Water Research, 3: 113-119.
23. Papendick, R.I. 1991. International conference on the assessment and monitoring of soil quality. In: Schoenholtz, S.H., H. Van Miegroet and J.A. Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. Forest Ecology and Management, 138: 335-356.
24. Pcerri, C.E., M. Bernoux and V. Chaplot. 2004. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon Pasture, Geodrama, 123: 51-68.
25. Piri sahragard, H. and M.A. Zare Chahouki. 2015. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. Ecological Modelling, 309-310: 64-71.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]

[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]

26. Sakouti Oskoi, R., M.H. Mahdian, Sh. Mahmoudi and A. Ghahremani. 2007. A Comparison of the efficiency of some geo-statistical methods for predicting spatial distribution of soil salinity. A case study of Urmia Plain. Research and construction publication, 74: 90-98.
27. Salardini, A.A. 2005. Soil Fertility, Seventh Print, Tehran University Press, 434 pp.
28. Sales, M.H., C.M. Souza Jr, P.C. Kyriakidisb, D.A. Robertsb and D.E. Vidal. 2007. Improving spatial distribution estimation of forest biomass with geostatistics: A case study for Rond onia, Brazil. Ecological modeling, 205: 221-230.
29. Schoenholtz, S.H., H. VanMiegroet and J.A. Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and properties. For Ecology Managent, 138(2): 335-356.
30. Van Meirvenne, M. 1991. Characterization of soil spatial variation using geo-statistics. Ph.D Thesis University of Gent. Belgium, Academic Press, 168 pp.
31. Wakernagel, H. 2002. Multivariate geostatistics. Springer press, 387 pp.
32. Webster, R. and M.A. Oliver. 2000. Geo-statistics for environmental scientists. Wiley press, 271 pp.
33. Yaron, D.Ed. 1981. Salinity in Irrigation Water Resources, Dekker, New York, 448 pp.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]

Investigating the Spatial Pattern of Chemical Properties of Forest Soil under Livestock Presence through Geo-Statistics (A Case study: Eastern Bandpey Forest -Babol)

Roja Mollazadeh Ganji[1], Seyed Mohammad Hodjati[2] and Morteza Madanipore Kermanshahi[3]

1- Graduated M.Sc. Student, Sari of Agriculture Sciences and Natural Resources University, (Corresponding author: roja.ganji68@yahoo.com)
2- Associate Professor, Sari of Agriculture Sciences and Natural Resources University
3- Assistant Professor, Department of Forest Engineering, University of Shabestar
Received: February 24, 2019 Accepted: June 16, 2019

Abstract

The present study was conducted to evaluate the spatial variability of forest soil chemical features in Bandpeye Sharghi forest in Babol. In order to conduct this study, after a field visit in the district of Afrabon, an area with a concentrated livestock presence was identified. In order to investigate the chemical variables, a network of 50×50 meters was selected in a randomized-systematic manner in our case area (livestock place) toward the forest; then, 73 samples from a depth of 0-10 cm were taken from the centers of network to study variables like soil PH, organic carbon, lime, nitrogen, phosphorus and potassium in the laboratory. Six soil chemical variables were investigated and a plot of their kriging estimation was drawn using GS+ software (version 9). The results showed that only changes in soil PH and nitrogen are the same in various directions and a square grid can be used to study them. The analysis of variogram revealed that the soil PH and nitrogen variables had a spatial pattern which led to a strong structure considering the ratio of ceiling to the component effect of 0/90 and 0/83, respectively. The amount of these two variables is of lowest value in the eastern direction (livestock place). The accuracy of the estimates, the mean absolute error and the squared mean of errors for the two variables of soil PH and nitrogen were calculated as 0/163, 0/560, 0/195 and 0/221 respectively; the results indicated a high accuracy of the estimates of soil PH and nitrogen.

Keywords: Concentrated livestock presence, Kriging, Nitrogen, Variogram

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.3.7]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.10]