



تغییرپذیری مکانی برخی ویژگی‌های حاصلخیزی خاک متأثر از تغییرات کاربری اراضی در منطقه یاسوج

سولماز عسکری^۱، * حمیدرضا اولیایی^۲، یاسر صفری^۳ و محمد صدقی اصل^۲

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج، آدانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج،

^۲ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: در دهه‌های اخیر، مدیریت خاص مکانی به منظور دستیابی به افزایش بهره‌وری نهاده‌ها، افزایش حاشیه اقتصادی عملکرد محصولات و کاهش خطرات زیست‌محیطی مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. تغییرپذیری مکانی کوتاه‌دامنه ویژگی‌های خاک لزوم کاربرد تکنیک‌های مدیریت خاص مکانی را تشدید می‌کند. تغییرپذیری طبیعی خاک‌ها در نتیجه تعامل پیچیده بین زمین‌شناسی، پستی و بلندی، اقلیم و تغییرات کاربری اراضی و راهبردهای مدیریتی رقم می‌خورد. جنگل‌تراشی و تغییرات گسترده کاربری اراضی جنگلی به کشاورزی از جمله راهکارهای مدیریتی مهمی است که در دهه‌های اخیر در سطوح گسترده‌ای رواج یافته است. از این‌رو، شناخت اثرات تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های خاک در تعامل با شرایط محیطی هر منطقه و بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک متأثر از تغییر کاربری، کمک شایانی به برنامه‌ریزان کاربری اراضی می‌کند. بنابراین هدف از این مطالعه تبیین اثرات کاهش تراکم جنگل‌های بلوط و یا تبدیل اراضی جنگلی به کشت دیم در منطقه شاه‌مختار یاسوج بر تغییرپذیری مکانی عناصر غذایی در خاک به کمک راهکارهای زمین‌آماری است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در منطقه شاه‌مختار، در غرب و شمال‌غرب شهر یاسوج واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد انجام شد. تغییرپذیری مکانی هفت ویژگی حاصلخیزی خاک شامل مقادیر نیتروژن کل، پتاسیم تبادلی، فسفر قابل استفاده، آهن، مس، روی و منگنز قابل جذب در سه کاربری جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده (کم‌تراکم) و اراضی دیم، در مجاورت یکدیگر مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۱۰۰ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت گردید و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، مقادیر عناصر غذایی در آن‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل توصیف آماری آن‌ها و بررسی الگوی توزیع نرمال با استفاده از آزمون آماری کولوموگروف-اسمیرنف صورت پذیرفت. در مرحله تجزیه و تحلیل زمین‌آماری داده‌های هر یک از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، ابتدا ساختار مکانی متغیرها با محاسبه واریوگرام‌های تجربی و برازش مدل واریوگرامی مناسب بر آن‌ها، مدل‌سازی شد. با درون‌یابی مقادیر غلظت هر یک از عناصر با استفاده از تخمین‌گرهای کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله، نقشه پراکنش مکانی مقادیر عناصر غذایی در خاک‌های مورد مطالعه در محیط نرم‌افزاری ArcGIS 10.3 تهیه شد.

* مسئول مکاتبه: owliaie@yu.ac.ir

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین غلظت اغلب عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در خاک تحت پوشش کاربری جنگل متراکم بالاترین مقادیر را داشتند و با تغییر کاربری به جنگل کم‌تراکم و سپس کشت دیم، کاهش محسوسی مشاهده شد. در این میان، مقدار نیتروژن خاک با مقدار میانگین ۰/۳۴ درصد در خاک تحت پوشش جنگل متراکم، ۰/۱۷ درصد در خاک جنگل کم‌تراکم و ۰/۰۸ درصد در خاک تحت کشت دیم بیش‌ترین کاهش را داشت. بررسی نیم‌تغییرنماهای متغیرهای مورد مطالعه نشان داد که مدل کروی نسبت به سایر مدل‌ها عملکرد بهتری دارد. برای درون‌یابی مقادیر عناصر منگنز و پتاسیم در فضای نمونه‌برداری، تخمین‌گر وزن‌دهی معکوس فاصله و برای سایر عناصر، تخمین‌گر کریجینگ بهتر عمل کردند. کلاس هم‌بستگی مکانی الگوی تغییرات عناصر نیتروژن، مس و آهن، قوی و برای عناصر فسفر و روی متوسط بود. بررسی نقشه پراکنش مکانی مقادیر عناصر غذایی مورد بررسی بیانگر آن است که مقادیر عناصر پرمصرف و کم‌مصرف اندازه‌گیری شده در این پژوهش، در خاک‌های تحت پوشش جنگل متراکم بلوط بیش‌تر بوده و با تغییر کاربری اراضی به جنگل تخریب‌شده و سپس کشت دیم، مقادیر این عناصر کم و کم‌تر شده است.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی براساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان بیان نمود که تخریب جنگل‌های بلوط موجب کاهش قابل‌ملاحظه مقدار عناصر غذایی ضروری در خاک، به‌ویژه عنصر پرمصرف نیتروژن، به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت حاصلخیزی خاک می‌شود. بنابراین، چنان‌چه روند تخریبی جنگل‌های بلوط منطقه شاه‌مختار یاسوج متوقف نشود، ضمن کاهش کیفیت خاک‌های منطقه، تخریب گسترده اکوسیستم و پیامدهای اقلیمی نامناسبی در پی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی کاربری اراضی، تغییرپذیری مکانی، جنگل‌تراشی، عناصر غذایی خاک

مقدمه

نهاده‌های مختلف را اعمال و مدیریت کند. چنین راهکاری علاوه بر صرفه‌جویی در منابع محدود تولید، روشی سودمند برای کنترل هوشمند تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های مختلف اراضی است.

ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمود که تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک، به واسطه عوامل انسانی و خاکی پدید می‌آید که می‌تواند متأثر از برهمکنش‌های پیچیده موجود میان عوامل زمین‌شناسی، توپوگرافی، آب و هوا و همچنین نحوه کاربری اراضی و نوع مدیریت آن باشد (۳۱). بی‌شک شناخت دقیق الگوی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک و درک روند اثرپذیری آن‌ها از عوامل ذکرشده، پیش‌شرط به‌کارگیری موفقیت‌آمیز راهکارهای مدیریت خاص مکانی است. افزایش تقاضا در دهه‌های اخیر به‌منظور

مدیریت ویژه مکانی در کشاورزی مدرن امروز تلاش دارد تا با افزایش کارایی نهاده‌های کشاورزی، به حداکثر سود حاصل از تولید محصول و کاهش خطرات زیست‌محیطی دست یابد (۲۹). شارم و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که کاربرد یکنواخت نهاده‌های کشاورزی بدون توجه به اصل پذیرفته شده تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک، می‌تواند علاوه بر کاهش عملکرد گیاهان در نتیجه کمبود مواد غذایی، موجب کاهش کیفیت محیط زیست در پی کاربرد بیش از حد نهاده‌های مصرفی شود (۲۸). کاربرد راهکارهای مبتنی بر مدیریت ویژه مکانی در سطح اراضی، این امکان را به کاربران می‌دهد که بتوانند بر حسب نیازهای ضروری گیاه در هر منطقه از مزرعه،

تغییرات پیاپی کاربری اراضی برای تأمین نیاز غذایی جمعیت روبه‌رشد جهان از جمله مهم‌ترین عوامل مدیریتی است که موجب رقم خوردن طیف وسیعی از تغییرات مکانی متغیرهای محیطی می‌شود. مطالعات گذشته گویای این واقعیت است که تغییر کاربری اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی می‌تواند سبب هدررفت و کاهش کیفیت بسیاری از ویژگی‌های خاک شود (۱۷). دوران و همکاران (۱۹۹۶) بر این عقیده‌اند که مطالعه کیفیت خاک نه تنها در اراضی زراعی بلکه در مراتع، جنگل‌ها و به‌طورکلی در هر اکوسیستم خشکی می‌تواند بسیار مفید به فایده باشد (۹). خاک‌های اراضی جنگلی به‌علت دارا بودن مواد آلی زیاد و ساختمان مناسب همواره مورد توجه بوده‌اند، ولی تغییر در مدیریت و کاربری آن‌ها و اعمال خاک‌ورزی، عموماً تأثیر عمده‌ای بر میزان ماده آلی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در پی دارد (۷، ۸، ۱۳ و ۱۸). نتایج یک پژوهش در ارتباط با پهنه‌بندی غلظت عناصر ریزمغذی جهت مدیریت حاصلخیزی برخی اراضی کشاورزی شمال‌غرب ایران نشان داد که توزیع مقادیر عناصر ریزمغذی مورد بررسی تصادفی نبوده بلکه مقادیر عناصر از نظر مکانی با هم ارتباط دارند. مقادیر Zn دارای ساختار فضایی قوی ولی Fe، Mn و Cu دارای ساختار فضایی متوسط بودند. مدل‌های کروی و نمایی، مناسب‌ترین مدل‌های تئوری برای برازش تغییرنمای تجربی عناصر تشخیص داده شدند. همچنین Cu دارای بیش‌ترین و Zn کم‌ترین دامنه تأثیر بوده و بین دامنه تأثیر عناصر و ضریب تغییرات آن‌ها رابطه خاصی مشاهده نشد (۱۹). در مطالعه‌ای در استان گلستان، روش‌های زمین‌آماري جهت تخمین و پهنه‌بندی عناصر پرمصرف اولیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش کریجینگ، بهترین الگو برای تخمین نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم

دستیابی به اطلاعات بسیار دقیق از تغییرات مکانی خاک‌ها برای سیستم‌های مدیریتی و زیست‌محیطی و مدل‌های اکولوژیکی، بیانگر این مطلب است. در این ارتباط، راهکارهای توسعه‌یافته در قالب مجموعه آمار مکانی و در صدر آن‌ها، تکنیک زمین‌آمار، راهگشا بوده‌اند (۶).

زمین‌آمار، شاخه‌ای از آمار است که در آن مختصات داده‌های مربوط به جامعه بررسی و ساختار مکانی متغیرهای محیطی با استفاده از برخی روابط آماری و ریاضی، مدل‌سازی می‌شود. مهم‌ترین اصل زمین‌آمار شناسایی الگوی تغییرات مکانی متغیرها و برازش یک مدل آماری مناسب بر آن است (۲۶). شدت تغییرپذیری مکانی متغیرها تابع درجه وابستگی مکانی آن‌ها است که با اطلاع از خواص ذاتی و مدیریتی، برای اغلب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک قابلیت مدل‌سازی دارد (۱، ۴، ۲۵ و ۲۷). در مرحله بعد و به‌منظور پیوسته‌سازی الگوی تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه‌ای، میان‌یابی مقادیر متغیرهای مختلف در تمامی فضای نمونه‌برداری با استفاده از داده‌های مربوط به نقاط مشاهده‌ای و بر اساس راهکارهای تخمین مختلفی از جمله کریجینگ^۲ و وزن‌دهی معکوس فاصله^۳ انجام می‌شود. در نهایت، با پهنه‌بندی مقادیر برآوردشده متغیرهای مختلف، نقشه‌های پیوسته تغییرات مکانی حاصل می‌شود که راهگشای طراحی سامانه‌های مدیریت خاص مکانی هستند. نظر به ناکارآمدی روش‌های معمول آماری در لحاظ داشتن موقعیت مکانی متغیرهای محیطی، تکنیک‌های زمین‌آماري با در نظر گرفتن این ویژگی، امکان درک چگونگی اثرپذیری متغیرها از شرایط جغرافیایی را فراهم می‌کنند.

- 1- Geostatistic
- 2- Kriging
- 3- Inverse Distance Weighted

جغرافیایی ۳۳۹۱۸۰۶ تا ۳۳۹۲۵۶۸ متر عرض شمالی و ۵۴۹۷۵۲ تا ۵۵۰۴۶۸ متر طول شرقی انجام گرفت. ارتفاع منطقه مورد مطالعه در دامنه ۱۸۰۰ تا ۱۸۵۵ متر از سطح دریا متغیر می‌باشد. کوه مختار در امتداد شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد و نمونه برداری بر روی دامنه شمال شرقی این کوه صورت گرفت. میانگین بارندگی و دمای منطقه مطالعاتی بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک یاسوج به ترتیب ۸۱۷ میلی‌متر و ۱۵/۱ درجه سانتی‌گراد است. بر این اساس، رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌های این منطقه به ترتیب زیریک و ترمیک می‌باشند. خاک‌های منطقه مورد مطالعه به دلیل قرار گرفتن بر روی شیب، دارای تکامل خاکرخی کم تا متوسطی بوده و بر اساس سامانه رده‌بندی تاکسونومی خاک در رده‌های انتی‌سول و اینسپتی‌سول قرار دارند. کاربری اراضی منطقه مطالعاتی، سه کاربری پیوسته به هم شامل جنگل متراکم بلوط، جنگل تخریب‌شده و اراضی زراعی دیم است.

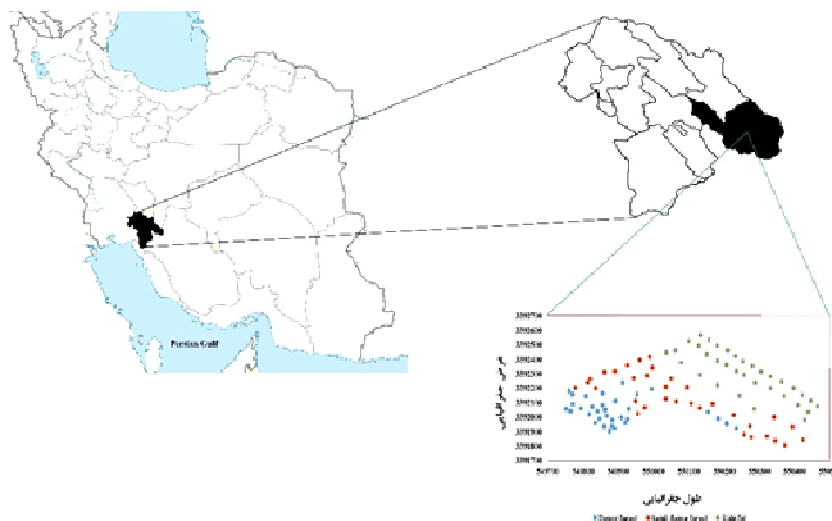
به منظور مطالعه الگوی پراکنش مکانی عناصر تغذیه‌ای خاک در کاربری‌های سه‌گانه جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم، ۱۰۰ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری در بخشی از دشت مختار یاسوج با وسعت تقریبی ۴۰ هکتار، جمع‌آوری شد (شکل ۱). پس از آماده‌سازی نمونه‌های خاک، مقادیر نیتروژن کل به روش کج‌دال (۲)، فسفر قابل‌استفاده به روش عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم (۲۰) و اندازه‌گیری با اسپکتروفتومتر (۲۱)، پتاسیم تبادلی استخراجی با استات آمونیوم به روش شعله‌سنجی (۲۱)، و آهن، مس، منگنز، و روی استخراجی با عصاره‌گیر DTPA با دستگاه جذب اتمی (۱۵) اندازه‌گیری شدند.

قابل‌استفاده در این منطقه می‌باشد؛ زیرا بالاترین صحت و کم‌ترین خطا را دارا بود. همچنین روش چندجمله‌ای موضعی درجه ۳ نامناسب‌ترین الگو جهت تخمین مقادیر این عناصر شناخته شد. تجزیه و تحلیل نیم‌تغییرنماها نشان داد که نیتروژن کل و پتاسیم قابل‌استفاده با مدل نمایی و فسفر قابل‌استفاده با مدل کروی بهترین برازش را داشتند (۱۲).

منطقه شاه‌مختار با وسعت تقریبی ۱۰۰۰ هکتار در قسمت مرکزی شهرستان یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. جنگل بلوط متراکم پوشش گیاهی طبیعی این منطقه محسوب می‌شود که طی ۳ تا ۴ دهه گذشته بخش‌هایی از آن در اثر دخالت ساکنان بومی از جمله قطع درختان، چرای مفرط و کشت و کار به کاربری‌های جنگل تخریب‌شده (جنگل کم‌تراکم) و اراضی دیم تبدیل شده است. بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های مرتبط با حاصلخیزی خاک و درک ارتباط آن‌ها با تغییرات کاربری اراضی در این منطقه می‌تواند اطلاعات سودمندی در خصوص اثرات این تغییر کاربری‌ها بر کیفیت خاک در اختیار قرار دهد. از این رو، پژوهش حاضر تلاش دارد تا علاوه بر نمایان ساختن اثرات تغییرات کاربری اراضی بر برخی ویژگی‌های حاصلخیزی خاک در منطقه شاه‌مختار، با استفاده از دو روش زمین‌آماری کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله، نقشه‌های پیوسته تغییرات مکانی در ارتباط با کاربری اراضی را برای این ویژگی‌ها ترسیم کند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در منطقه شاه‌مختار در هفت کیلومتری غرب تا شمال‌غرب شهر یاسوج مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد و در حد فاصل مختصات



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان کهگیلویه و بویراحمد همراه با نقاط نمونه برداری.

Figure 1. Location of the study area in Iran and Kohgiluyeh Province along with the sampling points.

(نمایی، کروی، و گوسی) مورد تحلیل قرار گرفته و پارامترهای مهم آن‌ها شامل حد آستانه^۱، اثر قطعه‌ای^۲ و شعاع یا دامنه تأثیر^۳ بهینه‌سازی شدند. در مطالعه حاضر از روش‌های تجربی برای بهینه‌سازی مقادیر پارامترهای تغییرنا و انتخاب مدل بهینه استفاده شد؛ به این صورت که ضمن سعی در برازش منحنی دارای حداقل فواصل از نقاط تغییرناهای تجربی محاسبه شده، کم بودن مقادیر شاخص خطای تخمین نیز مدنظر قرار گرفت.

به منظور تعیین کلاس‌های مختلف وابستگی مکانی متغیرهای خاک از نسبت بین واریانس اثر قطعه‌ای و واریانس کل (حد آستانه) استفاده شد. در این نسبت که نسبت همبستگی مکانی نامیده می‌شود و معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود، واریانس اثر قطعه‌ای به صورت درصدی از واریانس کل بیان شده و بدین وسیله می‌توان مقایسه‌ای در ارتباط با بزرگی اثر قطعه‌ای بین خصوصیات مختلف خاک انجام داد.

(۲) واریانس کل / اثر قطعه‌ای = نسبت همبستگی مکانی

به منظور اطلاع از چگونگی توزیع داده‌های عناصر اندازه‌گیری شده، با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف فرض نرمال بودن آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس، مهم‌ترین شاخص‌های آمار توصیفی داده‌ها، مانند میانگین، حداکثر، حداقل، متوسط، انحراف معیار و ضرایب تغییرات، چولگی و کشیدگی بررسی شدند. در نهایت، تجزیه و تحلیل زمین‌آماري با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.5 انجام گرفت. به منظور مدل‌سازی الگوی تغییرات مکانی متغیرهای مورد بررسی، نیم‌تغییرنمای هر یک از پارامترهای خاک، به صورت زیر محاسبه شد:

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

که در آن، γ نیم‌تغییرنما؛ $N(h)$ تعداد جفت نمونه‌های به کار رفته در محاسبات به ازای هر فاصله و جهت تفکیک h ؛ $Z(x)$ مقدار متغیر در نقطه مشاهده‌ای X ؛ $Z(x+h)$ مقدار متغیر در نقطه مشاهده‌ای $X+h$ می‌باشند. نیم‌تغییرنماهای به دست آمده به صورت جداگانه به منظور ارزیابی بهترین مدل

- 1- Sill
- 2- Nugget effect
- 3- Range of influence

نتایج و بحث

توصیف آماری ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه: آمار توصیفی ویژگی‌های خاک برای سه کاربری جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر شاخص‌های چولگی و کشیدگی در جدول مذکور و همچنین نتایج حاصل از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (k-s) به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. معنی‌دار نبودن نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف دلالت بر نرمال بودن اغلب سری داده‌ها دارد؛ هر چند که برخی از سری داده‌های مورد بررسی از جمله مقادیر پتاسیم خاک در کاربری جنگل تخریب‌شده و اراضی دیم و مقادیر نیتروژن در جنگل متراکم از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. بیش‌ترین میانگین نیتروژن خاک مربوط به مناطق جنگلی متراکم با مقدار ۰/۳۴ درصد می‌باشد؛ در حالی که کم‌ترین مقدار این پارامتر مربوط به مناطق دیم با مقدار میانگین ۰/۰۸ درصد به دست آمد. ضریب تغییرات محاسبه شده برای این پارامتر بیانگر تغییرات متوسط مقادیر آن در هر سه کاربری مورد مطالعه می‌باشد. بررسی مقادیر فسفر خاک در کاربری‌های مورد مطالعه نشان از مقادیر تقریباً یکسان این عنصر در خاک‌های منطقه دارد؛ به گونه‌ای که مقادیر میانگین این خصوصیت در کاربری جنگل تخریب‌شده (با مقدار میانگین ۲۸/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش‌ترین و در کاربری جنگلی متراکم (با میانگین ۲۶/۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) کم‌ترین مقدار است. مقادیر اندازه‌گیری شده پتاسیم خاک در سه کاربری مختلف مطالعه شده نشان می‌دهد که بیش‌ترین میانگین پتاسیم اندازه‌گیری شده در کاربری جنگل متراکم با مقدار ۷۸۲/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کم‌ترین میزان در کاربری دیم با مقدار ۶۵۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (جدول ۱). ضریب تغییرات پتاسیم در کاربری جنگل متراکم نسبت به سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده کم‌ترین

چنانچه این نسبت کم‌تر از ۲۵ درصد باشد، نشان‌دهنده وابستگی قوی مکانی بوده و اگر این نسبت بین ۲۵ و ۷۵ درصد قرار گیرد بیانگر وابستگی مکانی متوسط و چنانچه این نسبت بزرگ‌تر از ۷۵ درصد گردد نشان‌دهنده وابستگی ضعیف مکانی خواهد بود.

پس از تعیین بهترین مدل برازش شده بر نیم‌تغییرنماهای تجربی هر یک از ویژگی‌های خاک، از تخمین‌گر کریجینگ معمولی برای تخمین مقادیر متغیر در نقاط نامعلوم استفاده شد. برای سری داده‌هایی که هیچ‌کدام از مدل‌های واریوگرامی رایج برازش مناسبی بر نقاط واریوگرام تجربی نداشتند، از روش وزن‌دهی معکوس فاصله برای تخمین مقادیر استفاده شد. در اینجا نیز بر مبنای دست‌یابی به کم‌ترین خطای تخمین، توان‌های مختلفی در دامنه ۱ تا ۵ مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت مطلوب‌ترین عدد انتخاب شد. در این راهکار، توان‌های بزرگ‌تر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش می‌دهند و توان‌های کوچک‌تر، وزن‌ها را به‌طور یکنواخت‌تری بین نقاط همسایه توزیع می‌کنند. در پایان، با در اختیار داشتن داده‌های تخمینی $Z^*(xi)$ و مقادیر واقعی، $Z(xi)$ معیار آماری میانگین مجذور خطا^۱ (MSE) محاسبه شد. مقادیر کوچک‌تر این شاخص نشان‌دهنده دقت بیشتر روش میانبایی می‌باشد (رابطه ۳). در حقیقت، با مقایسه دو روش کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله، بر اساس ملاک‌هایی هم‌چون کوچک‌تر بودن شاخص خطای تخمین و منطقی و قابل تفسیر بودن نقشه‌های پهنه‌بندی نهایی، تخمین‌گر مناسب‌تر برای هر ویژگی انتخاب شد.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Z(xi) - Z^*(xi)]^2 \quad (3)$$

1- Mean Square Error (MSE)

آن که در نتیجه تجزیه مواد آلی اسیدهای آلی مترشحه موجب آزادسازی عناصر از بخش معدنی خاک نیز می شود. در طرف مقابل، مس بر خلاف سه عنصر کم مصرف دیگر، بیشترین مقدار را در کاربری دیم دارد. کمپلکس شدن مس با ماده آلی و کاهش فراهمی آن در خاک در منابع زیادی گزارش شده است (۱۰).

مقدار را دارد و بیانگر پراکندگی کم تر داده های به دست آمده در این منطقه است؛ هر چند که در دو کاربری دیگر این ضریب افزایش یافته است. میانگین متوسط عناصر کم مصرف در خاک نیز گویای آن است که در کاربری جنگلی متراکم، میزان آهن، منگنز و روی بیشترین مقادیر را دارند. ماده آلی خاک پس از تجزیه تامین کننده بخشی از این عناصر می باشد، ضمن

جدول ۱- توصیف آماری پارامترهای حاصلخیزی خاک در سه کاربری متفاوت.

Table 1. Statistical description of the soil fertility parameters in three different land uses.

متغیر Variable	واحد متغیر Unit	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	انحراف معیار SD	ضریب تغییرات CV	چولگی Skewness	کشیدگی Kurtosis	شاخص آزمون کولموگروف-اسمیرنوف Kolmogoroph- Smirnonoph index
جنگل متراکم (Dense Forest (n=34))									
ازت Total N	%	0.34	0.26	0.45	0.06	17.64	0.38	-1.32	0.018
فسفر Avail. P	mg/kg	26.80	21.81	31.10	2.22	8.28	0.02	-0.21	0.20
پتاسیم Exch. K	mg/kg	782.50	623.97	955.87	94.40	0.12	0.12	-0.79	0.20
آهن Avail. Fe	mg/kg	85.76	57	108.54	13.14	15.62	-0.22	-0.61	0.20
منگنز Avail. Mn	mg/kg	23.95	10.50	42.52	6.73	28.12	0.58	0.48	0.21
روی Avail. Zn	mg/kg	0.99	0.56	1.91	0.31	30.30	1.05	1.55	0.05
مس Avail. Cu	mg/kg	1.57	0.90	2.42	0.46	29.29	0.11	-1.24	0.10
جنگل تخریب شده (Degraded Forest (n=34))									
ازت Total N	%	0.17	0.09	0.34	0.05	29.41	0.04	-0.43	0.20
فسفر Avail. P	mg/kg	28.75	24.17	33.19	2.51	8.73	-0.03	-0.97	0.20
پتاسیم Exch. K	mg/kg	656.38	524.40	1015	85.31	12.99	2.41	8.83	0.002
آهن Avail. Fe	mg/kg	38.44	25	62	8.87	23.07	0.35	-0.11	0.21
منگنز Avail. Mn	mg/kg	13.15	7.51	19	3.17	24.10	0.09	-0.76	0.20
روی Avail. Zn	mg/kg	0.71	0.48	0.94	0.12	17.14	0.33	-0.57	0.20
مس Avail. Cu	mg/kg	1.38	0.16	2.14	0.51	36.95	-0.61	-0.32	0.20

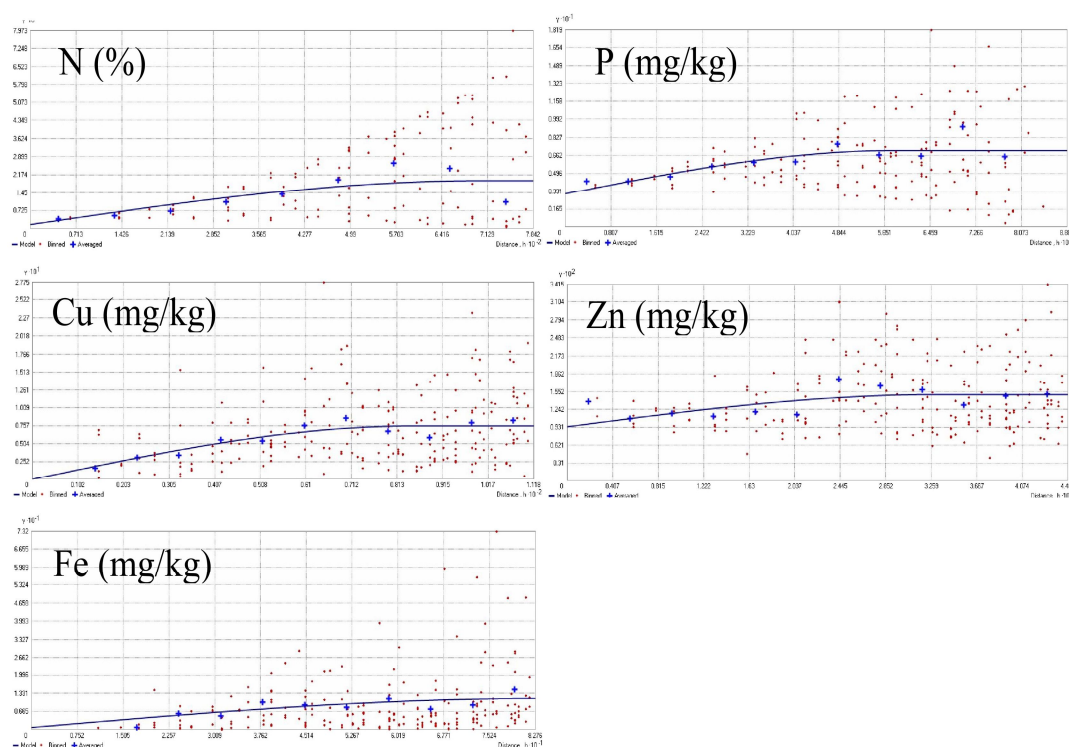
ادامه جدول ۱-۱

Continue Table 1.

شاخص آزمون کولموگروف-اسمیرنوف Kolmogoroph- Smironoph index	کشیدگی Kurtosis	چولگی Skewness	ضریب تغییرات CV	انحراف معیار SD	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانگین Average	واحد متغیر Unit	متغیر Variable
اراضی دیم (Rainfed (n=34))									
0.19	0.31	0.33	50	0.04	0.18	0.02	0.08	%	ازت Total N
0.16	2.41	-0.82	7.80	2.21	33.11	21.28	28.19	mg/kg	فسفر Avail. P
0.01	-1.05	-0.52	9.82	63.91	743.46	524.40	650.15	mg/kg	پتاسیم Exch. K
0.20	-0.42	-0.34	30.01	8.90	45.80	10.50	29.65	mg/kg	آهن Avail. Fe
0.21	-0.21	0.32	30.73	3.47	19.52	5	11.29	mg/kg	منگنز Avail. Mn
0.20	-0.04	0.39	15.94	0.11	0.96	0.51	0.69	mg/kg	روی Avail. Zn
0.20	-0.58	0.24	38.58	0.71	3.56	0.76	1.84	mg/kg	مس Avail. Cu

کم شده و در فاصله معینی (دامنه تأثیر) ثابت باقی می‌ماند (۵). در تطابق با این یافته‌ها، هووانگ و همکاران (۲۰۰۶)، پراکنش مکانی نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل استفاده خاک در یک منطقه تولید سبزی در چین را بررسی نمودند و مشاهده کردند که مدل کروی بهترین مدل برای توصیف پراکندگی مکانی آن‌ها در منطقه بود (۱۱). اجزای اریوگرام‌های مربوط به ویژگی‌های حاصلخیزی خاک و معیار کنترل اعتبار تخمین‌های انجام شده، در جدول ۲ نمایش داده شده‌اند.

تجزیه و تحلیل مکانی متغیرها: شکل ۲، نیم‌تغییرنماهای تجربی به دست آمده برای برخی از ویژگی‌های حاصلخیزی خاک را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مدل برازش شده بر ویژگی‌های نیتروژن کل، فسفر، مس، روی و آهن خاک به صورت کروی می‌باشد. این مدل که از جمله معمول‌ترین مدل‌های زمین‌آماری در توصیف ویژگی‌های خاک است، یک مدل سه‌بعدی است که در نزدیکی مبدأ، رفتار خطی داشته و با افزایش فاصله (h) منحنی به سرعت به سمت مقادیر بیش‌تر از (h) γ صعود می‌کند، آن‌گاه به تدریج از شیب آن



شکل ۲- نیم تغییرنماهای تجربی به دست آمده برای برخی ویژگی های خاک.
 Figure 2. Experimental semi-variograms for selected soil properties.

جدول ۲- پارامترهای واریوگرام و شاخص خطای تخمین برای ویژگی های خاکی مطالعه شده.

Table 2. Variogram parameters and estimation error index for studied soil properties.

متغیر	دامنه (متر)	اثر قطعه‌ای	حد آستانه	اثر قطعه‌ای نسبی (درصد)	کلاس هم‌بستگی مکانی	شاخص MSE
Variable	Range (m)	Nugget	Sill	Relative nugget effect (%)	Spatial class	MSE Index
نیتروژن (N)	697.0	0.001	0.017	5.55	قوی (Strong)	0.24
فسفر (P)	581/2	3.07	3.98	43.54	متوسط (Moderate)	1.02
روی (Zn)	329.0	0.009	0.005	64.28	متوسط (Moderate)	0.98
مس (Cu)	84.7	0.001	0.075	1.31	قوی (Strong)	0.99
آهن (Fe)	82.7	0.71	10.69	6.22	قوی (Strong)	1.78

کوتاه‌ترین فاصله نمونه‌برداری، خطاهای اندازه‌گیری و آزمایشگاهی و دیگر تغییرات غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد (۲۹). دامنه تأثیر بزرگ‌تر، دلالت بر ساختار مکانی گسترده‌تر متغیرهای محیطی است. صفاری و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که این

اثر قطعه‌ای و حد آستانه به دست آمده از تغییرنمای مربوط به عنصر نیتروژن در خاک به ترتیب ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۷ و دامنه تأثیر آن ۶۹۷ متر بود (جدول ۲). اثر قطعه‌ای ناشی از عواملی مانند تغییرات مشخصه مورد بررسی در فواصل کم‌تر از

گسترش موجب افزایش محدوده مجازی می‌گردد که می‌توان از داده‌های موجود در آن برای تخمین مقدار متغیر موردنظر در محل‌ها و یا بلوک مجهول استفاده کرد. به عبارت دیگر هرچه این دامنه گسترده‌تر باشد، به تعداد نمونه کم‌تری جهت تعیین نقاط نمونه‌برداری نشده نیاز است (۲۴).

بر اساس نتایج موجود در جدول ۲، مشاهده می‌شود که عناصر نیتروژن، مس و آهن دارای کلاس هم‌بستگی مکانی قوی هستند. چنین مشاهده‌ای به این مفهوم است که با وجود تغییرات قابل‌توجه مقادیر عددی عناصر در خاک‌های مورد مطالعه، تراکم مطلوب نمونه‌برداری استفاده شده توانسته است به خوبی تغییرات مکانی متغیرها را نشان دهد. به بیان دیگر، اغلب تغییرات مقادیر متغیرهای مورد بررسی، تغییراتی نظام‌مند هستند که در فواصل بزرگ‌تر از فاصله نمونه‌برداری به‌کار رفته در این پژوهش روی داده‌اند. این مهم موجب سهولت برازش مدل بر ساختار تغییرپذیری مکانی متغیرها و نیز افزایش صحت تخمین‌های زمین‌آماری می‌شود. در تطابق با این یافته‌ها، نتایج پژوهش ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی توزیع مکانی ویژگی‌های حاصلخیزی خاک در منطقه‌ای در شمال‌شرقی چین بیانگر آن است که وابستگی مکانی قوی برای ماده آلی و نیتروژن کل و فسفر قابل‌استفاده مشاهده شد؛ در حالی‌که برای پتاسیم کل و پتاسیم قابل‌استفاده، همبستگی مکانی متوسط به‌دست آمد (۳۱). دامنه همبستگی مکانی مؤثر ماده آلی و نیتروژن کل در مطالعه این پژوهشگران از ۱۰۳۷ تا ۱۳۵۳ متر بود. این دامنه برای فسفر کل، فسفر قابل‌استفاده و پتاسیم قابل‌استفاده فقط در دامنه ۶ تا ۱۳۸ متر بود. البته باید متذکر شد که در اغلب پژوهش‌های پیشین مرتبط با توزیع مکانی

عناصر غذایی در خاک، ساختار مکانی متوسط تا ضعیف گزارش شده است (۲۴، ۲۵ و ۲۹). چنین مشاهده‌ای از این حقیقت نشأت می‌گیرد که مقادیر عناصر غذایی در خاک از جمله ویژگی‌های مدیریتی هستند که با توجه به روش‌های مختلف مدیریت اراضی و مواردی هم‌چون خرده‌مالکی، دارای تغییرات مکانی قابل‌توجهی در فواصل بسیار کوتاه هستند. اثر قطعه‌ای نسبی محاسبه شده برای مقادیر فسفر قابل‌استفاده خاک برابر با ۴۳/۵ درصد به‌دست آمد که نشان از هم‌بستگی مکانی متوسط این عنصر در خاک دارد. کاهش شدت هم‌بستگی مکانی فسفر را می‌توان به تغییرات مختلف این عنصر در نتیجه فرسایش و برداشت توسط گیاهان منطقه ارتباط داد (۳۰).

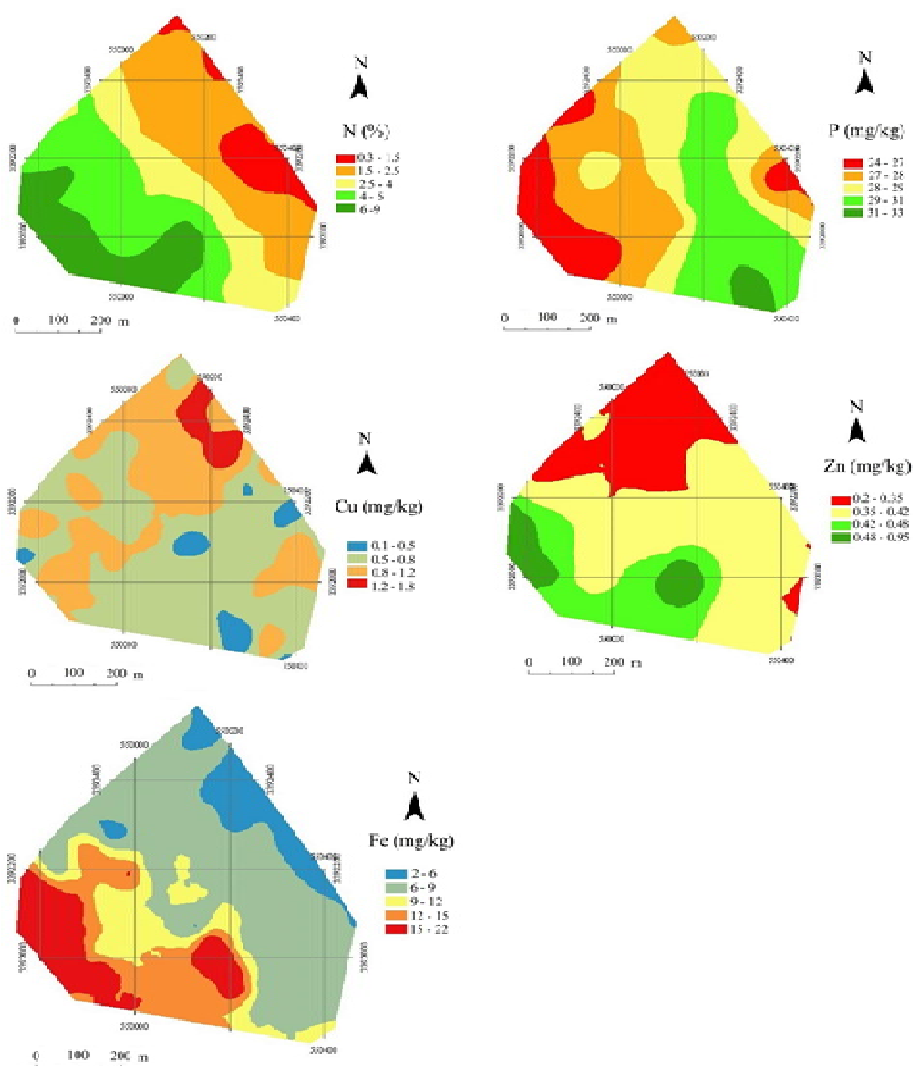
در خاک‌های واقع در بخش جنوب و جنوب‌غربی، که کاربری به‌صورت جنگلی می‌باشد، نیتروژن حداکثر است و هرچه به سمت شمال و شمال‌شرقی پیش می‌رود، از مقدار نیتروژن خاک کاسته می‌شود، که کاربری اراضی شامل کشت دیم و همچنین مقدار کمی به‌صورت جنگل تخریب‌شده است (شکل ۳). میزان نیتروژن خاک در منطقه مطالعه شده ارتباط مستقیمی با تراکم پوشش گیاهی و میزان ماده آلی خاک داشته است. نقشه پهنه‌بندی مقادیر فسفر قابل‌استفاده خاک گویای آن است که در بخش جنوب‌شرقی حداکثر میزان فسفر قابل‌استفاده مشاهده می‌شود و با افزایش فاصله به سمت شمال‌غربی از میزان فسفر قابل‌استفاده خاک کاسته می‌شود. در پژوهش کان و همکاران (۱۹۹۴) چنین بیان شد که فسفر و پتاسیم دارای دامنه همبستگی مکانی متوسط است که علت این تغییرات را تحرک یون‌ها و عوامل مدیریتی مانند کوددهی و آبیاری بیان کردند (۳). بر اساس نقشه پهنه‌بندی مقادیر مس در خاک، در

تحت کشت دیم و تا حد کم تری جنگل تخریب شده، از میزان آن کاسته می شود. حد مطلوب آهن در خاک های آهنی کشور ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۱۴) که بر این اساس می توان بیان کرد که در محدوده های سبز و آبی موجود در نقشه توزیع مکانی آهن، مقدار این عنصر ضروری مورد نیاز برای رشد گیاه کم تر از حد بهینه بوده و خاک های این نواحی نیازمند مدیریتی مناسب در این ارتباط هستند. یزدانی نژاد و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه پهنه بندی عناصر آهن، روی، مس و منگنز در اراضی کشاورزی جنوب تهران با استفاده از تکنیک زمین آمار و سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان دادند که این عناصر، پراکنش مکانی قابل توجهی دارند و با توجه به نوع کاربرهای مختلف، غلظت آنها متفاوت است (۳۰).

از آنجایی که مقادیر عناصر منگنز و پتاسیم دارای تغییرات مکانی نامنظم و بسیار زیادی بودند و هیچ کدام از مدل های واریوگرافی معمول برازش خوبی بر واریوگرام های تجربی محاسبه شده برای آنها نداشتند، از تخمین گر وزن دهی معکوس فاصله برای درون یابی مقادیر آنها استفاده شد که نقشه پهنه بندی حاصل در شکل ۴ قابل مشاهده است. مقادیر شاخص خطای تخمین برای این دو متغیر، به ترتیب برابر با ۰/۰۰۳ و ۰/۰۱ بود که بیانگر صحت قابل قبول عملکرد تخمین گر مورد استفاده است.

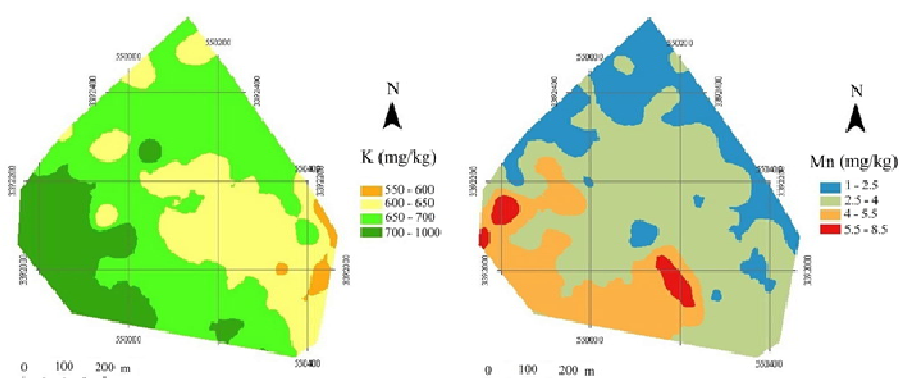
بخش شمالی منطقه مورد مطالعه حداکثر مقدار این عنصر و در بخش جنوبی حداقل مقادیر آن در خاک مشاهده می شود. حد مطلوب مس قابل استفاده در خاک های کشاورزی حدود ۱ میلی گرم بر کیلوگرم است (۱۶)؛ از این رو، می توان بیان کرد در محدوده های سبز و آبی، مقدار مس از حد بهینه پایین تر و نیازمند مدیریت ویژه مکانی در این نقاط می باشد. در نقشه پهنه بندی تهیه شده با استفاده از تخمین گر کریجینگ برای مقادیر روی در خاک های مورد مطالعه (شکل ۳)، در بخش جنوب و جنوب غربی منطقه، که کاربری به صورت جنگل تراکم می باشد، روی حداکثر میزان را دارد و با افزایش فاصله به سمت شمال و شمال شرقی از میزان روی کاسته می شود که کاربری اراضی شامل کشت دیم و همچنین مقدار کمی به صورت جنگلی تخریب شده است. حد مطلوب روی قابل استفاده در خاک های ایران ۱ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۱۴) که با توجه به نقشه پهنه بندی موجود در پژوهش حاضر می توان بیان کرد که در همه نقاط مقدار روی از حد بهینه کم تر بوده و نیازمند مدیریتی جدی به خصوص در محدوده های زرد و قرمز است.

نقشه پهنه بندی مقدار آهن خاک گویای آن است که در بخش جنوب و جنوب غربی، که کاربری اراضی به صورت جنگلی است، مقدار آهن حداکثر است و با افزایش فاصله به سمت شمال و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه، یعنی خاک های



شکل ۳- نقشه‌های میان‌یابی شده با روش کریجینگ معمولی برای برخی ویژگی‌های خاک.

Figure 3. Interpolated maps for some soil properties by ordinary kriging method.



شکل ۴- نقشه‌های میان‌یابی شده توسط روش وزندهی معکوس فاصله برای مقادیر پتاسیم و منگنز خاک.

Figure 4. Interpolated maps of soil K and Mn concentration by IDW method.

خاک حل می‌گردد. میزان منگنز قابل‌استفاده در خاک به عواملی چون ترکیب مواد معدنی خاک، pH، نوع و مقدار مواد آلی و شرایط محیطی خاک بستگی دارد (۱۰). بر این اساس در منطقه مورد مطالعه با توجه به شباهت مواد معدنی خاک، عامل اصلی در توزیع مقدار منگنز، مقدار مواد آلی خاک و درجه تجزیه آن می‌باشد.

نتیجه‌گیری

تجزیه آماری غلظت عناصر غذایی مورد بررسی در این پژوهش نشان از آن داشت که تخریب جنگل‌های بلوط و تغییر کاربری اراضی به کشت دیم موجب کاهش قابل‌ملاحظه غلظت عناصر غذایی خاک گردید. در این میان، غلظت نیتروژن خاک با مقدار میانگین ۰/۳۴ درصد در خاک تحت پوشش جنگل متراکم و ۰/۰۸ درصد در خاک تحت کشت دیم بیش‌ترین کاهش را داشت. هم‌چنین مشخص شد که برای مدل‌سازی تغییرپذیری مکانی عناصر نیتروژن، فسفر، روی، مس و آهن تخمین‌گر کریجینگ و برای عناصر منگنز و پتاسیم، تخمین‌گر وزن‌دهی معکوس فاصله عملکرد مطلوبی داشتند. بررسی شاخص نسبت هم‌بستگی مکانی نشان داد که الگوی تغییرات نیتروژن، مس، و آهن در خاک‌های منطقه از هم‌بستگی قوی مکانی و در مقابل آن الگوی تغییرات ویژگی‌های فسفر و روی از هم‌بستگی مکانی متوسط برخوردار هستند. بزرگ‌ترین دامنه تأثیر در خاک‌های مورد مطالعه مربوط به نیتروژن بود که دلالت بر ساختار مکانی گسترده‌تر این متغیر دارد. در تأیید نتایج تجزیه آماری داده‌ها، نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر غذایی در خاک‌های مورد مطالعه گویای این واقعیت بود که هم در مورد عناصر غذایی پرمصرف و هم عناصر ریزمغذی، اراضی تحت پوشش جنگل متراکم بلوط، بالاترین مقادیر را دارند؛ در حالی که مقادیر

نقشه پهنه‌بندی مقادیر پتاسیم تبادل‌ی خاک گویای آن است که در خاک‌های نواحی شمال‌غربی منطقه مورد مطالعه که کاربری جنگلی وجود دارد، بیش‌ترین و در خاک‌های نواحی شمال‌شرقی منطقه کم‌ترین میزان پتاسیم تبادل‌ی خاک مشاهده می‌شود (شکل ۴). ماده آلی خاک با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا جایگاه خوبی برای جذب سطحی کاتیون‌هایی چون پتاسیم است. این ترکیبات علاوه بر آن‌که خود حاوی عنصر پتاسیم می‌باشند، به دلیل آزادسازی انواع مختلف اسیدهای آلی موجب کاهش پ‌هاش خاک و تجزیه کانی‌های حاوی پتاسیم و افزایش مقدار آن در خاک می‌شوند. از میان عوامل مؤثر در آزادسازی پتاسیم، اسیدهای آلی از طریق تشکیل کمپلکس‌های آلی-فلزی، هوادیدگی کانی‌ها و سنگ‌ها را آسان می‌سازند. توانایی خارج کردن پتاسیم و سایر کاتیون‌های ساختمانی توسط اسیدها را می‌توان به H^+ و لیگاندهای آلی حاصل از تفکیک اسیدها نسبت داد (۲۳).

نقشه پهنه‌بندی مقادیر منگنز خاک بیانگر آن است که در بخش‌های جنوب و جنوب‌غربی منطقه مورد مطالعه، که کاربری به‌صورت جنگل متراکم می‌باشد، منگنز خاک حداکثر مقادیر را دارد و با پیشروی به سمت شمال و شمال‌شرقی منطقه و در نتیجه تغییر کاربری به کشت دیم و جنگل تخریب‌شده، از میزان منگنز خاک کاسته می‌شود. حد مطلوب منگنز در خاک‌های آهکی ایران ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که بر این اساس می‌توان بیان کرد که فقط خاک‌های موجود در نواحی قرمز رنگ در نقشه توزیع مکانی منگنز، مقادیر کافی از این عنصر غذایی را دارند و سایر خاک‌های منطقه مورد مطالعه دچار کمبود منگنز هستند. قابلیت دسترسی منگنز معمولاً در خاک‌های آهکی و خاک‌های با pH بالا، کم می‌باشد، چرا که عملاً بخش اندکی از منگنز کل در محلول

فواید غیرقابل انکار جنگل‌ها در کنترل تغییرات ناخوشایند محیطی، تا جای ممکن از جنگل‌تراشی و تنک کردن جنگل‌ها ممانعت به عمل آمده و از راهکارهای جایگزین هم‌چون افزایش تولید در واحد سطح و طراحی برنامه‌های کاربری اراضی متناسب با استعداد آن‌ها برای تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد کشور استفاده گردد.

عناصر غذایی در خاک‌های تحت کاربری جنگل تخریب شده و سپس کشت دیم مقادیر کم‌تری داشتند. از این‌رو، به وضوح مشخص است که تنک کردن جنگل بلوط که بخش‌های وسیعی از اراضی نسبتاً شیب‌دار در استان کهگیلویه و بویراحمد را تشکیل می‌دهند، منجر به کاهش غلظت اغلب عناصر غذایی در خاک و در نهایت کاهش کیفیت حاصلخیزی اراضی می‌شود. بر این اساس توصیه می‌شود نظر به

منابع

1. Aishah, A.W., Zauyah, S., Anuar, A.R., and Fauziah, C.I. 2010. Spatial variability of selected chemical characteristics of paddy soils in sawah sempadan, Selangor, Malaysia. *Malaysi. J. Soil Sci.* 14: 27-39.
2. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total. P 595-624, In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
3. Cahn, M.D., Hummel, J.W., and Brouer, B.H. 1994. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 58: 4. 1240-1248.
4. Cao, C., Jiang, S., Ying, Z., Zhang, F., and Han, X. 2011. Spatial variability of soil nutrients and microbiological properties after the establishment of leguminous shrub *Caragana microphylla* Lam. plantation on sand dune in the Horqin Sandy Land of Northeast China. *Ecological Engineering*, 37. 10. 1467-1475.
5. Cetin, M., and Kirda, C. 2003. Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *J. Hydrol.* 272: 1. 238-249.
6. Chen, H., Shen, Z., Liu, G., and Tong, Z. 2009. Spatial variability of soil fertility factors in the Xiangcheng tobacco planting region, China. *Frontiers of Biology in China*, 4: 3. 350-357.
7. David, A.A., and Auwal, M. 2015. Assessment of nutrient distribution as affected by land use pattern in Allahabad Region. *Inter. J. Geol. Earth Environ. Sci.* 5: 2. 26-31.
8. Dawson, J.J., and Smith, P. 2007. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. *Science of the Total Environment*, 382: 2. 165-190.
9. Doran, J.W., Sarrantonio, M., and Liebig, M., 1996. Soil health and sustainability. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*, Vol. 56. Academic Press, San Diego, Pp: 1-54.
10. Havlin, J., Beaton, J.D., Tisdale, S., and Nelson, W. 2007. *Soil fertility and fertilizers*. 7th Ed. MacMillan Publishing Co., N.Y. 528p.
11. Huang, S.W., Jin, J.Y., Yang, L.P., and Bai, Y.L. 2006. Spatial variability of soil nutrients and influencing factors in a vegetable production area of Hebei Province in China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 75: 1-3. 201-212.
12. Kazemi, H., Tahmasebi, Z., Kamkar, B., Shataie, Sh., and Sadeghi, S. 2012. Evaluation of geostatistical methods for estimation and zonation of macronutrient elements in some agricultural lands of Golestan province. *J. Water Soil Sci.* 22: 1. 201-219. (In Persian)
13. Li, X.G., Wang, Z.F., Ma, Q.F., and Li, F.M. 2007. Crop cultivation and intensive grazing affect organic C pools and aggregate stability in arid grassland soil. *Soil and Tillage Research*, 95: 1. 172-181.

14. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42: 3. 421-428.
15. Malakouti, M.J., and Gheibi, M.N. 2000. Determination of critical levels of nutrients in soil, plant, and fruit for the quality and yield improvements in strategic crops of Iran. 2nd Ed. High Council for Appropriate Use of Pesticides and Chemical Fertilizers, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. 92p. (In Persian)
16. Matijevic, L., Romic, D., and Romic, M. 2014. Soil organic matter and salinity affect copper bioavailability in root zone and uptake by *Vicia faba* L. plants. *Environmental Geochemical Health*, 36: 5. 883-96.
17. Meng, Q., Fu, B., Tang, X., and Ren, H. 2008. Effects of land use on phosphorus loss in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Environmental monitoring and assessment*, 139: 1. 195-204.
18. Najafi-Ghiri, M., and Owliaie, H.R. 2014. Effect of vermicompost and zeolite applications on potassium transformation in calcareous soils of Fars Province. *J. Water Soil Sci.* 69: 61-72. (In Persian)
19. Noorzadeh Hadad, M., and Baybordi, A. 2014. The zonation of micronutrient concentrations for fertilization management in some agricultural lands of northwest of Iran using geostatistics. *J. Soil Manage.* 3: 1. 11-19. (In Persian)
20. Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture; Washington. 39p.
21. Olsen, S.R., Sommers, L.E., and Page, A.L. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties of phosphorus. ASA Monograph. 1143p.
22. Pratt, P.F. 1965. Potassium. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (Methods of Soils): Pp: 1022-1030.
23. Sadri, N., Owliaie, H.R., Adhami, E. and Najafi Ghiri, M. 2016. Effect of organic acids and vermicompost on potassium transformations in calcareous soils of Southern Iran. *J. Water Soil.* 30: 4. 1270-1281. (In Persian)
24. Saffari, M., Yasrebi, J., Saffari, V.R., Emadi, M., Moazallahi, M., and Fathi, H. 2009. Geostatistical investigation of sequentially extracted Zn forms at field scale in highly calcareous soils. *Res. J. Biol. Sci.* 4: 7. 866-873.
25. Santra, P., Chopra, U.K., and Chakraborty, D. 2008. Spatial variability of soil properties and its application in predicting surface map of hydraulic parameters in an agricultural farm. *Current Science*, 95: 7. 937-945.
26. Sarangi, A., Madramootoo, C.A., and Enright, P. 2006. Comparison of spatial variability techniques for runoff estimation from a Canadian Watershed. *Biosystems engineering*, 95: 2. 295-308.
27. Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H., and Shahbazi, A.N. 2005. Geostatistical analysis of sorptivity for a soil under tilled and no-tilled conditions. *Soil and Tillage Research*, 83: 2. 237-245.
28. Sharma, P., Shukla, M.K., and Mexal, J.G. 2011. Spatial variability of soil properties in agricultural fields of Southern New Mexico. *Soil Science*, 176: 6. 288-302.
29. Yasrebi, J., Saffari, M., Fathi, H., Karimian, N., Moazallahi, M., and Gazni, R. 2009. Evaluation and comparison of ordinary kriging and inverse distance weighting methods for prediction of spatial variability of some soil chemical parameters. *Res. J. Biol. Sci.* 4: 1. 93-102.
30. Yazdaninejad, F., Torabi, H., and Davatgar, N. 2013. Mapping of available Fe, Zn, Cu and Mn in soils of Southern Tehran lands by Geostatistical and GIS techniques. *Iran. J. Soil Water Res.* 44: 4. 383-395. (In Persian)
31. Zhang, X.Y., Yue-Yu, S.U.I., Zhang, X.D., Kai, M.E.N.G., and Herbert, S.J. 2007. Spatial variability of nutrient properties in Black soil of Northeast China. *Pedosphere*, 17: 1. 19-29.



Spatial variability of some soil fertility characteristics as affected by land use change, Yasouj region

S. Askari¹, *H.R. Owliaie², Y. Safari³ and M. Sedghi Asl²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Yasouj University, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Yasouj University, ³Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Industrial University of Shahrood

Received: 05.06.2018; Accepted: 10.15.2018

Abstract

Background and Objectives: In recent decades, site-specific management (SSM) has been specifically considered to achieve to increased input efficiency, improved economic margins of crop production and reduced environmental risks. Short-scale spatial variability of soil properties caused more necessity of SSM techniques. Natural variability of soil results from complex interactions between geology, topography and climatic factors, as well as land use change and land management strategies. Deforesting and vast land use changes are considered as the important land management strategies that have been extensively used in recent decades. Therefore, determining the effects of land use change on soil properties in conjunction with local environmental conditions and on the spatial variability of soil properties may drastically help the land use planners. Therefore, the present study was done aimed to explore the effects of oak trees deforesting in Shah-Mokhtar region in Yasouj and land use changes to dry farming on the spatial variability of nutritional elements using geostatistical techniques.

Materials and Methods: The present study was conducted in a Shah-Mokhtar, north and northwest of Yasouj, in Kohgiluyeh Province, southern Iran. Spatial variability of seven soil fertility properties, including N, P, K, Fe, Cu, Zn and Mn concentration in soil, were examined in three land uses, including dense forest, degraded (semi-dense) forest and rain-fed lands. A total of 100 surface (0-30 cm) soil samples were collected and analyzed for the nutritional elements after preparing in the laboratory. Data were analyzed statistically and their normal distribution pattern was examined using the Kolmogorov-Smirnov test. In the geostatistical analyses step, the spatial structure of studied variables was analyzed by fitting the suitable authorized models on calculated experimental semi-variograms. The concentration of studied elements was interpolated using ordinary kriging (OK) and inverse distance weighting (IDW) estimators and finally, the spatial distribution map of each soil nutrient was prepared using ArcGIS 10.3.

Results: The results showed that the highest mean soil concentration of almost all of selected nutrients belonged to the dense forest lands and due to the land use changes to the degraded forest and then dry farming, average values of selected elements significantly decreased. Among the studied properties, soil N concentration with an average of 0.34%, 0.17% and 0.08% in dense forest, degraded forest and rain-fed soil samples, had the most decrease caused by deforesting. Semi-variogram analyses showed that spherical model had the best performance. For interpolating the soil K and Mn concentration, IDW method and for other studied elements, OK method was efficiently used. The spatial correlation class was strong for N, Cu and Fe; whereas a moderate class was calculated for soil P and Zn concentration. The spatial distribution maps of selected nutrients revealed that the dense forest and dry farming soils had the highest and lowest contents of soil nutritional elements.

* Corresponding Author; Email: owliaie@yu.ac.ir

Conclusion: According to the findings of the present study, it can be stated that degradation of oak forest may lead to the significant decrease of soil nutritional elements, specifically soil N concentration as one of the main soil fertility quality indicator. Therefore, it seems that not only the significant soil quality decline but also the extensive degradation of whole ecosystem and unfavorable climatic consequences will be the unavoidable results of deforesting in Shah-Mokhtar region.

Keywords: Deforesting, Land use planning, Soil nutrients, Spatial variability

