

ارزیابی زمین آماری تغییرات برخی ویژگی های خاک در پی تخریب جنگل های بلوط در دشت مختار یاسوج

الهام نصیری^۱، حمیدرضا اولیایی^{۲*}، یاسر صفری^۳، محمد صدقی اصل^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۰)

چکیده

پیش بینی دقیق تغییرات ویژگی های مختلف خاک طی تغییر کاربری اراضی، اطلاعات سودمندی را در اختیار طراحان برنامه های مدیریت اراضی قرار می دهد. در این پژوهش، اثر تغییر کاربری اراضی از جنگل متراکم (تخریب نشده) بلوط به جنگل نیمه متراکم (تخریب شده) و سپس دیم کاری بر برخی ویژگی های خاک، در منطقه مختار یاسوج مطالعه شده است. بدین منظور، ۱۰۰ نمونه خاک سطحی برداشت و مقادیر برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی در آن ها اندازه گیری شد. پس از تجزیه آماری داده ها، نقشه های پیوسته توزیع مکانی با کمک تخمین گره های کریجینگ معمولی و وزن دهی معکوس فاصله در محیط نرم افزاری ArcGIS 10.2 تهیه شد. نتایج نشان داد که تغییر کاربری اراضی از جنگل بلوط متراکم به جنگل تخریب شده و سپس دیم کاری، موجب شد تا مقادیر ویژگی های درصد ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در روندی کاهشی و جرم مخصوص ظاهری در روندی افزایشی تغییر یابند. همچنین، مقادیر ویژگی های درصد رس، هدایت الکتریکی و درصد کربنات کلسیم معادل با کاهش جزئی و واکنش خاک و درصد شن با افزایش جزئی همراه بودند. در میان ویژگی های خاکی مورد بررسی، درصد ماده آلی خاک به عنوان یکی از مهم ترین شاخص های کیفیت خاک با تغییرات چشمگیری همراه بود و میانگین آن در سه کاربری مزبور به ترتیب، ۶/۷۴، ۳/۴۲ و ۱/۵۸ درصد اندازه گیری شد. در تأیید این نتایج، بررسی نقشه پراکنش مکانی متغیرهای مورد مطالعه نیز گواه آن بود که مطلوب ترین مقادیر ویژگی های منطقه در بخش های جنوب غربی منطقه با کاربری جنگل بلوط متراکم یافت می شوند و با افزایش فاصله به سمت بخش های شمال شرقی با کاربری کشت دیم، از مطلوبیت آن ها کاسته می شود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، می توان اظهار داشت که تخریب گسترده جنگل های متراکم بلوط و تغییر کاربری اراضی مربوطه، منجر به کاهش قابل ملاحظه برخی ویژگی های کیفی خاک شده و در نتیجه با ادامه چنین روندی، بخش بزرگی از خاک های منطقه قابلیت استفاده خود را از دست خواهند داد.

واژه های کلیدی: تغییر کاربری اراضی، تغییر پذیری خاک، توزیع مکانی، جنگل تراشی

نصیری ا.، اولیایی ح. ر.، صفری ی.، محمد صدقی اصل م. ۱۳۹۸. ارزیابی زمین آماری تغییرات برخی ویژگی های خاک در پی تخریب جنگل های بلوط در دشت مختار یاسوج. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۷. شماره ۳. صفحه: ۸۳-۹۷.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج (مکاتبه کننده)

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

* پست الکترونیک: owliaie@yu.ac.ir

مقدمه

سوم مقدار اولیه کاهش می‌دهد. این محققان اعلام کردند که مقدار جرم مخصوص ظاهری از ۱/۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب در اراضی جنگلی به ۱/۳۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب در اراضی زراعی افزایش یافته است. آنان همچنین افزایش واکنش خاک را ضمن تغییر کاربری گزارش نمودند. همچنین نیک‌نهاد و همکاران (Niknahad *et al.*, 2011) در پژوهشی که در منطقه کچیک استان گلستان انجام دادند، کاهش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، میزان ماده آلی، میزان فسفر قابل جذب خاک و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک را ضمن تغییر کاربری اراضی از جنگل به کاربری زراعی ذکر نمودند. ویلارینو و همکاران (Villarino *et al.*, 2017) با انجام پژوهشی در کشور آرژانتین چنین گزارش کردند که تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشت دیم موجب کاهش قابل ملاحظه ذخیره کربن آلی خاک می‌شود و شدت این کاهش بستگی به نوع کشت و مدیریت بقایای گیاهی در سطح مزرعه دارد. تاج خلیلی و همکاران (Tajkhalili *et al.*, 2011) نیز در مطالعات خود به بررسی اثر تغییر کاربری بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پرداختند.

در مجموع، برآیند عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر ویژگی‌های خاک منجر به بروز تغییرپذیری‌های مکانی قابل توجهی، حتی در فواصل اندک در مقادیر اغلب ویژگی‌های خاک می‌شود که بی‌شک، شناخت و کمی‌سازی این تغییرات برای اعمال مدیریت خاص مکانی که پایه و اساس کشاورزی دقیق است، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (Webster, 2000). نقشه‌های پهنه‌بندی نهایی حاصل از کمی‌سازی الگوی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک، اطلاعات سودمندی در راستای درک صحیح ارتباط میان ویژگی‌های خاک و عوامل متعددی هم‌چون پوشش گیاهی اراضی و تغییرات مدیریت اراضی را فراهم می‌آورند (Mohammadi, 2007). در این ارتباط، نظر به کارایی مقبول تکنیک‌های زمین‌آماری در تشریح ساختار مکانی متغیرهای محیطی و پیوسته‌سازی الگوی تغییرات مکانی آن‌ها در قالب نقشه‌های پهنه‌بندی نسبتاً دقیق، پژوهش‌گران بسیاری از این راهکارها برای مطالعه پراکنش ویژگی‌های خاک استفاده کرده‌اند.

خاک بستر مناسبی برای رشد و نمو گیاهان بوده و نقش بسیار مهم و اساسی در کشاورزی دارد. بنابراین، شناخت ویژگی‌های خاکی و نحوه تغییرات آن‌ها در راستای مدیریت هدفمند منابع خاک، بسیار مهم و ضروری است. در صورتی که این سرمایه ارزشمند حفظ نگردد، کمبود مواد غذایی، فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی را به دنبال خواهد داشت (Kavianpoor *et al.*, 2012) ویژگی‌های خاک به‌عنوان یک محیط طبیعی، پیچیده و متغیر، در اثر عوامل پدوژنیکی، محیطی و انسانی دارای تغییرپذیری مکانی و زمانی هستند. برخی از خصوصیات مهم خاک، بیش از عوامل ذاتی و طبیعی مانند اقلیم، مواد مادری و توپوگرافی، تابع عوامل انسانی و مدیریتی هم‌چون شیوه‌های کشت و کار، تسطیح اراضی و در صدر آن‌ها نوع کاربری اراضی هستند. این در حالی است که در دهه‌های اخیر تغییرات گسترده کاربری اراضی با هدف تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد جهان انجام گرفته است.

تغییر کاربری جنگل‌ها و مراتع به اراضی زراعی به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سطح دنیا از نقطه‌نظر تخریب محیط‌زیست و تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده است. در اثر تبدیل مراتع و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و عملیات خاک‌ورزی، سالانه حدود ۴۳۰ میلیون هکتار از اراضی کشورهای مختلف، که برابر با ۳۰ درصد کل زمین‌های شخم خورده جهان می‌باشد، فرسایش می‌یابند و از چرخه تولید مطلوب خارج می‌شوند (Hajabasi *et al.*, 2002). در ایران نیز سالانه هزاران هکتار از اراضی بدون توجه به پتانسیل تولید اراضی و یا خطرات تخریب اراضی، تغییر کاربری می‌یابند. پژوهش‌های متعدد انجام گرفته گویای آن است که تغییر در مدیریت کاربری آن‌ها و اعمال خاک‌ورزی تنزل زیادی در کیفیت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به همراه داشته است (Baur, 1994 & Blac). کیانی و همکاران (Kiani *et al.*, 2007) در مطالعه‌ای که در زمینه نقش جنگل‌تراشی و قرق و تخریب مراتع بر شاخص‌های کیفیت خاک در اراضی لسی استان گلستان انجام دادند، مشاهده نمودند که تبدیل جنگل‌های طبیعی به اراضی زراعی میزان ماده آلی خاک را تا ۶۶ درصد و پایداری خاکدانه‌ها را تا یک

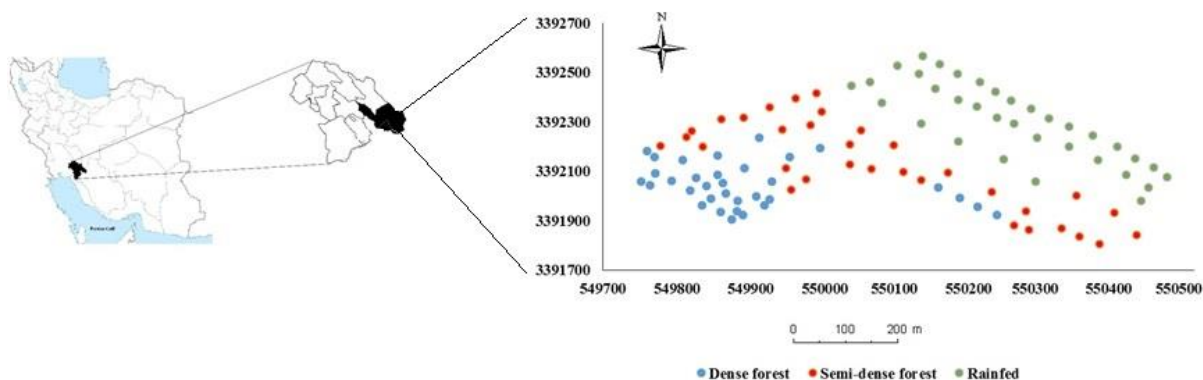
فشارهای روزافزون بر منابع طبیعی به منظور دستیابی به بهره‌وری بیشتر، منجر به تخریب بخش‌های وسیعی از جنگل‌های موجود در منطقه و در نتیجه تنک شدن جنگل‌های بلوط و یا از بین رفتن کامل جنگل و تبدیل آن به زمین‌های زراعی شده است. این مسئله به ویژه با تشکیل هسته جمعیتی در سه تا چهار دهه گذشته در منطقه یاسوج تشدید شده است. از این‌رو، پژوهش حاضر در صدد است تا ضمن ترسیم نقشه‌های پیوسته مکانی مهم‌ترین ویژگی‌های خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آماری متداول، اثرات تخریب جنگل‌های متراکم بلوط و تغییر کاربری اراضی منطقه بر تنزل کیفیت خاک را منعکس نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و الگوی نمونه‌برداری

منطقه مورد مطالعه در ۷ کیلومتری غرب تا شمال غرب شهر یاسوج مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد و در حد فاصل مختصات جغرافیایی ۳۳۹۱۸۰۶ تا ۳۳۹۲۵۶۸ متر عرض شمالی و ۵۴۹۷۵۲ تا ۵۵۰۴۶۸ متر طول شرقی است. وسعت منطقه مورد مطالعه حدود ۴۰ هکتار و ارتفاع آن در گستره ۱۸۰۰ تا ۱۸۲۵ متر از سطح دریا متغیر می‌باشد. منطقه مطالعاتی بر روی رسوبات سازند رازک واقع شده است که تناوبی از مارن و کنگلومرای قرمز با ماسه‌سنگ قرمز می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌های این منطقه به ترتیب زیریک و ترمیک است. از نظر کاربری، منطقه مطالعاتی دارای جنگل متراکم بلوط، جنگل تخریب‌شده بلوط و اراضی زراعی دیم (کشت غلات) است. نمونه‌برداری از خاک سطحی (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری) به روش تصادفی انجام گرفت. موقعیت نمونه‌های خاک با GPS تعیین و در مجموع ۱۰۰ نمونه خاک از افق سطحی برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. شکل ۱ موقعیت منطقه نمونه‌برداری در کشور و استان کهگیلویه و بویراحمد و کاربری اراضی مکان‌های نمونه‌برداری به تفکیک جنگل بلوط متراکم (تخریب نشده)، نیمه‌متراکم (تخریب شده) و کشت دیم را نشان می‌دهد.

رابینسون و مترنیچت (Robinson & Metternicht, 2006) در ارزیابی دقت تخمین برخی راهکارهای زمین‌آمار، چنین گزارش کردند که روش کریجینگ در تخمین pH در خاک سطحی، روش کوکریجینگ در تعیین EC در خاک سطحی و IDW در برآورد pH خاک عمقی و روش اسپلین در برآورد مواد آلی مطلوب‌ترین عملکرد را داشتند. بوچی و همکاران (Bocchi *et al.*, 2000) راهکار زمین‌آمار چند متغیره را برای بررسی مکانی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شمال ایتالیا مورد استفاده قرار دادند و نتیجه گرفتند که تلفیق دانش متخصصین پدولوژی با تکنیک‌های زمین‌آمار می‌تواند در راستای بهبود مدیریت در سطح مزرعه مفید باشد. ثنائی‌نژاد و همکاران (Sanaii Nejad *et al.*, 2010) با ارزیابی دقت تخمین گره‌های کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و رگرسیون کریجینگ چنین گزارش کردند که روش کریجینگ رگرسیون در مورد اکثر خصوصیات خاکی منجر به درون‌یابی‌های دقیق‌تری گردید. محمد و عبدو (Mohamed & Abdo, 2011) پس از تهیه نقشه تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک برای مزارع سودان بیان داشتند که نقشه پراکنش مکانی عناصر خاک ابزاری است جهت مدیریت و پایش هدفمند تغییرات خاک که در راستای نظارت سودمند منابع اکولوژیکی و فعالیت‌های محیطی بسیار مفید است. افضل‌مقدم و همکاران (Afzali Moghadam *et al.*, 2017) از سامانه اطلاعات جغرافیایی و زمین‌آمار برای تهیه نقشه پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در کاربری‌های مختلف استفاده نموده و چنین گزارش کردند که بسته به نوع مدیریت اراضی، هدایت هیدرولیکی خاک از تغییرپذیری متوسط تا زیادی برخوردار است. به هر حال، نظر به اثرپذیری روند تغییرات ویژگی‌های خاک طی تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی از عواملی هم‌چون نوع درختان جنگلی، نوع کاربری جایگزین، شرایط اقلیمی و مدیریت اراضی، بررسی پراکنش مکانی ویژگی‌های خاک در کاربری‌های مختلف در بخش‌های مختلف کشور، اطلاعات مفیدی در راستای مدیریت هوشمند اراضی به‌دست می‌دهد. دشت مختار واقع در غرب تا شمال غرب شهر یاسوج، دارای پوشش طبیعی جنگل بلوط نسبتاً متراکم است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی مختار در استان کهگیلویه همراه با نقاط نمونه برداری به تفکیک کاربری اراضی

Figure 1. The location of Mokhtar plain in Kohgiluyeh Province along with sampling points in accordance with land use type

مکانی متغیرهای ناحیه‌ای استفاده شد. تابع واریوگرام (واریوگرام تجربی) عبارت از متوسط مجذور اختلافات بین دو مشاهده در دو موقعیت مکانی واقع در فضای نمونه برداری است که توسط فاصله مشخصی از هم جدا شده‌اند. با توجه به این که محاسبه نیم تغییرنا برای همه جامعه مورد مطالعه امکان پذیر نمی باشد، نیم تغییرنا در یک فاصله تفکیک مشخص به وسیله تابع زیر تخمین زده می شود (Burgess & Webster, 1980).

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

در معادله بالا، پارامترهای h ، $N(h)$ ، $Z(X_i)$ و $Z(X_i+h)$ و $\gamma(h)$ به ترتیب بیانگر فاصله بین جفت نقاط نمونه برداری، تعداد جفت نمونه‌های جدا شده توسط فاصله h ، مقدار متغیر مورد نظر در نقطه (X_i) ، مقدار متغیر مزبور در نقطه (X_i+h) و مقدار واریوگرام تجربی برای فاصله جداکننده h می باشند.

پس از محاسبه واریوگرام‌های تجربی برای تمامی فواصل مورد نظر، مدل‌های نظری مناسب بر آن‌ها برازش داده شد و در ادامه، اجزای مدل، شامل اثر قطعه‌ای، دامنه تأثیر و حد آستانه بهینه‌سازی شدند. برای برخی ویژگی‌های خاکی که هیچ یک از مدل‌های متداول برازش مناسبی بر نقاط واریوگرام تجربی نداشتند، برای تخمین مقادیر در نقاط نامعلوم از تخمین‌گر وزن‌دهی معکوس فاصله استفاده شد. در این روش فاصله هر نقطه یا پیکسل با پیکسل مجاور سنجیده می‌شود و سپس بر حسب مقدار فاصله به آن سلول، ارزش یا ضریب وزن داده می‌شود و در نهایت ارزش سلول مرکزی ماتریس با

تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و سپس آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی آن‌ها صورت گرفت. بافت خاک به روش هیدرومتر، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت سنج الکتریک و pH توسط دستگاه پهاش‌متر شیشه‌ای در گل اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استات سدیم ۱ نرمال در پهاش ۸/۲، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی اسیدکلریدریک و مواد آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شدند.

توصیف آماری

توصیف آماری داده‌ها اطلاعات بسیار سودمندی راجع به کلیات الگوی توزیع داده‌های متغیرهای مختلف در جامعه مورد مطالعه ارائه می‌کند. در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار spss نسخه ۲۱، مهم‌ترین ویژگی‌های آماری داده‌ها محاسبه و بررسی شد. همچنین، نرمال بودن توزیع فراوانی این ویژگی‌ها با استفاده از آزمون کولوموگراف-اسمیرنوف ارزیابی شد و در سری داده‌هایی که از توزیع نرمال برخوردار نبودند، با استفاده از تبدیل گر لگاریتم یا باکس-کوکس، الگوی توزیع آن‌ها به توزیع نرمال نزدیک شد. برای بررسی دقیق‌تر ارتباط میان ویژگی‌های خاک، مقادیر شاخص همبستگی پیرسون محاسبه و تفسیر شد.

تجزیه و تحلیل‌های آمار مکانی

برای ارزیابی ساختار مکانی خصوصیات خاک، از تابع واریوگرام، به‌عنوان مهم‌ترین مدل توصیف‌کننده رفتار

از میان عوامل موثر در تغییرات کربن آلی خاک در دیم‌زارها، سهم اصلی متعلق به عوامل مدیریتی خاک‌ورزی، نوع ادوات، توالی عملیات خاک‌ورزی، جهت شخم، مدیریت بقایای محصول و تناوب زراعی است. وگن و همکاران (Vagen *et al.*, 2006) نیز در بررسی تأثیر جنگل‌تراشی و زراعت بر ویژگی‌های خاک‌های اکسی‌سول در ماداگاسکار دریافتند که مقدار کربن آلی خاک در سال نخست پس از جنگل‌تراشی به مقدار ۲۳/۸ و در سه سال نخست به طور متوسط ۱۱/۳ گرم بر کیلوگرم کاهش یافته است. ویلارینو و همکاران (Villarino *et al.*, 2017) اظهار داشتند که تخریب جنگل و استفاده از اراضی برای کشت و کار موجب کاهش ۳۰ درصدی کربن آلی خاک شده و با افزایش فاصله زمانی از شروع تغییر کاربری اراضی، کاهش ذخیره کربن آلی خاک محسوس‌تر است. مهم‌ترین عاملی که در تسریع کاهش ماده آلی در خاک تأثیر می‌گذارد، کشت و کار است که موجب افزایش تجزیه مواد آلی خاک طی عملیات شخم می‌شود (Six *et al.*, 2000). از طرفی پوشش گیاهی و اضافه شدن لاشبرگ گیاهی به سطح خاک سبب افزایش ماده آلی می‌شود.

په‌هاش و هدایت الکتریکی خاک

میانگین په‌هاش خاک در افق سطحی در کاربری جنگل متراکم ۷/۳۴، در کاربری جنگل تخریب‌شده ۷/۴۱ و در کاربری دیم ۷/۳۵ بود. اختلاف میان مقادیر په‌هاش خاک در کاربری‌های مختلف چندان زیاد نیست و این امر می‌تواند تا حدود زیادی به ظرفیت نسبتاً بالای بافری خاک‌های منطقه که مرتبط به مقدار زیاد کربنات کلسیم (حدود ۴۳ درصد) و بافت نسبتاً سنگین (حدود ۴۲ درصد رس) و نوع رس‌های غالب منطقه که بر اساس مطالعات انجام شده شامل اسمکتیت و ایلیت می‌شود، باشد. افزوده شدن مواد آلی از درختان جنگلی به سطح خاک و تجزیه آن‌ها در سطح و تولید اسیدهای آلی، می‌تواند عاملی در کاهش په‌هاش خاک و هدایت الکتریکی در سطح خاک باشد. کاهش بقایای آلی خاک و همچنین فعالیت‌های مدیریتی از جمله کوددهی از جمله مواردی است که بر په‌هاش خاک تأثیر دارد. (Geissen *et al.*, 2009). رضاپور (Rezapour, 2013) در مطالعه اثر سه کاربری زراعی، مرتع و جنگل در یک خاک ورتی‌سول در شمال غرب ایران مقدار کمتر پ-

جمع ارزش‌های نقاط همسایه و میانگین وزنی آن‌ها به‌دست می‌آید. در این پژوهش، به‌صورت تجربی و بر مبنای دست‌یابی به کمترین خطای تخمین، توان معادله وزن‌دهی معکوس فاصله یا همان ضریب وزن بهینه‌سازی شد. به‌منظور اعتبارسنجی تخمین‌های انجام گرفته از حذف موقت یک نمونه و تخمین آن و سپس برگرداندن نمونه مورد نظر به مجموعه داده‌ها و تکرار این عمل برای تمامی نمونه‌های موجود، استفاده شد. در نهایت، با توجه به مقادیر مشاهده‌شده (واقعی) و مقادیر برآوردشده (تخمینی) و با استفاده از شاخص آماری جذر میانگین مربع خطا^۱ (RMSE) صحت تخمین‌ها محاسبه شد. معادله ۲ روش محاسبه این شاخص را نشان می‌دهد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(X' - X)^2}{n}} \quad (2)$$

که x و x' به ترتیب، بیان‌گر مقادیر واقعی و تخمینی مشاهدات می‌باشند. n ، تعداد مشاهدات را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی ویژگی‌های خاک در اراضی مورد مطالعه به تفکیک نوع کاربری اراضی، در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است.

مواد آلی خاک

با توجه به جداول ۱ تا ۳، میانگین درصد مواد آلی در افق سطحی خاک در کاربری‌های مختلف جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم به ترتیب ۶/۷۴، ۳/۴۲ و ۱/۵۸ درصد است. به وضوح مشخص است که تنک کردن و از بین بردن پوشش درختان بلوط در جنگل‌های منطقه منجر به کاهش قابل توجه درصد مواد آلی خاک به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین معیارهای کیفیت خاک شده است. در این راستا یوسفی‌فرد (Yousoufifard, 2007) عنوان نمود که عملیات خاک‌ورزی در کاربری دیم سبب می‌شود، لایه‌های زیرین خاک که درصد ماده آلی کمتری دارند، با خاک رویی که حاوی کربن آلی بیشتری است، مخلوط شود. این امر سبب می‌شود کربن آلی خاک سطحی در مقایسه با حالت اولیه کاهش یابد.

1. Root Mean Square Error

اراضی، جزء خاک‌های غیر شور قرار می‌گیرند که این امر به به بارش نسبتاً زیاد در منطقه و نوع مواد مادری مرتبط می‌باشد. رضاپور (Rezapour, 2013) نیز تفاوت معنی‌داری در میزان هدایت الکتریکی سه کاربری زراعی، مرتع و جنگل در خاک‌های شمال غرب ایران مشاهده نمود.

هاش در کاربری جنگل گزارش نمود. این اختلاف در خاک کمی‌سول در همین منطقه گزارش نشد. میزان هدایت الکتریکی در خاک سطحی در کاربری جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم به ترتیب به ترتیب ۰/۰۹۶ ، ۰/۰۸۸ و ۰/۰۹۳ دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد که اختلاف قابل توجهی را نشان نمی‌دهند. بر این اساس، خاک‌های منطقه مورد مطالعه صرف‌نظر از نوع کاربری

جدول ۱- مهم‌ترین شاخص‌های آماری ویژگی‌های مورد مطالعه خاک‌ها در کاربری جنگل متراکم

Table 1. The most important statistical indices of the properties of the soils in dense forest land use

| Variable | Unit | Mean | Minimum | Maximum | SD | CV | Skewness | Kurtosis | Kolmogoroph-Smironoph index |
|----------|-------------------------|-------|---------|---------|------|------|----------|----------|-----------------------------|
| pH | (-) | 7.34 | 7.10 | 7.65 | 0.11 | 0.01 | 1.08 | 2.54 | 0.200 |
| EC | (dS m ⁻¹) | 0.096 | 0.053 | 0.185 | 0.16 | 1.48 | 0.244 | 0.89 | 0.200 |
| BD | (g cm ⁻³) | 1.04 | 0.85 | 1.18 | 0.06 | 0.05 | -0.63 | 2.21 | 0.001 |
| Clay | (%) | 42.88 | 30 | 56 | 6.21 | 0.14 | 0.018 | -0.47 | 0.200 |
| Sand | (%) | 21.94 | 14 | 40 | 6.41 | 0.29 | 1.63 | 2.50 | 0.122 |
| CEC | meq 100gr ⁻¹ | 46.26 | 41.48 | 51.60 | 2.63 | 0.05 | 0.11 | -0.92 | 0.199 |
| OM | (%) | 6.74 | 5.24 | 9.06 | 1.21 | 0.17 | 0.408 | -1.304 | 0.175 |
| CCE | (%) | 49.34 | 42.50 | 54.38 | 3.16 | 0.06 | -0.76 | -0.31 | 0.078 |

جدول ۲- مهم‌ترین شاخص‌های آماری ویژگی‌های مورد مطالعه خاک‌ها در کاربری جنگل تخریب‌شده

Table 2. The most important statistical indices of the properties of the soils in degraded forest land use

| Variable | Unit | Mean | Minimum | Maximum | SD | CV | Skewness | Kurtosis | Kolmogoroph-Smironoph index |
|----------|-------------------------|-------|---------|---------|-------|------|----------|----------|-----------------------------|
| pH | (-) | 7.41 | 7.15 | 7.73 | 0.15 | 0.02 | 0.68 | -0.81 | 0.200 |
| EC | (dS m ⁻¹) | 0.088 | 0.052 | 0.105 | 0.014 | 1.59 | -1.542 | 1.429 | 0.000 |
| BD | (g cm ⁻³) | 1.15 | 1.03 | 1.28 | 0.08 | 0.07 | -0.07 | -1.16 | 0.200 |
| Clay | (%) | 45.31 | 34 | 54 | 4.86 | 0.10 | -0.27 | -0.05 | 0.200 |
| Sand | (%) | 20.06 | 12 | 38 | 6.78 | 0.33 | 1.39 | 1.23 | 0.009 ⁱ |
| CEC | meq 100gr ⁻¹ | 39.08 | 33.82 | 43.17 | 2.17 | 0.05 | -0.42 | 0.06 | 0.200 |
| OM | (%) | 3.42 | 2.04 | 4.97 | 0.76 | 0.22 | 0.121 | -0.41 | 0.200 |
| CCE | (%) | 46.47 | 40 | 50 | 1.75 | 0.03 | -1.42 | 5.02 | 0.200 |

جدول ۳- مهم‌ترین شاخص‌های آماری ویژگی‌های مورد مطالعه خاک‌های سطحی در کاربری دیم

Table 3. The most important statistical indices of the properties of the soils in rain-fed land use

| Variable | Unit | Mean | Minimum | Maximum | SD | CV | Skewness | Kurtosis | Kolmogoroph-Smironoph index |
|----------|-------------------------|-------|---------|---------|-------|------|----------|----------|-----------------------------|
| pH | (-) | 7.35 | 4.42 | 7.64 | 0.52 | 0.07 | -5.50 | 31.33 | 0.200 |
| EC | (dS m ⁻¹) | 0.093 | 0.085 | 0.106 | 0.004 | 0.04 | 0.353 | 0.193 | 0.200 |
| BD | (g cm ⁻³) | 1.27 | 1.11 | 1.33 | 0.03 | 0.02 | -2.76 | 12.96 | 0.200 |
| Clay | (%) | 40 | 26 | 52 | 6.66 | 0.16 | -0.16 | -0.52 | 0.090 |
| Sand | (%) | 24.88 | 14 | 46 | 8.85 | 0.35 | 0.91 | -0.13 | 0.160 |
| CEC | meq 100gr ⁻¹ | 34.01 | 29.67 | 38.95 | 2.52 | 0.07 | 0.16 | -0.97 | 0.200 |
| OM | (%) | 1.58 | 0.34 | 3.61 | 0.72 | 0.45 | 0.34 | 0.53 | 0.200 |
| CCE | (%) | 42.02 | 34.38 | 48.31 | 3.86 | 0.16 | -0.96 | 0.35 | 0.200 |

جرم مخصوص ظاهری و بافت خاک

مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک طبق جدول‌های ۱ تا ۳ در کاربری‌های مختلف نشان داد که این شاخص در اثر تغییر کاربری از جنگل متراکم به دیم، افزایش یافته است. به نظر می‌رسد چسبندگی بیشتر ذرات خاک به یکدیگر در خاک تحت کاربری دیم به دلیل نازک بودن ریشه‌های گیاهی نفوذیافته در خاک و نیز کمتر بودن مواد آلی خاک در مقایسه با کاربری جنگلی، سبب کاهش خلل و فرج یا تخلخل خاک و در نتیجه افزایش وزن مخصوص ظاهری در کاربری دیم شده است. یکی از خصوصیات خاک که تقریباً همیشه بر اثر خاک‌ورزی تغییر می‌نماید، جرم مخصوص ظاهری است (Cassel, 1982). غلامی و همکاران (Gholami et al., 2016) نیز چنین گزارش کردند که با تغییر کاربری اراضی جنگلی به اراضی زراعی، کاهش مقدار مواد آلی خاک منجر به کاهش پایداری خاکدانه‌ها و تخریب ساختمان خاک می‌شود که به نوبه خود، کاهش تخلخل و افزایش جرم مخصوص ظاهری را در پی دارد.

درصد رس در افق سطحی خاک در کاربری‌های مختلف جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم به ترتیب ۴۲/۸، ۴۵/۳ و ۴۰/۰ درصد میانگین درصد شن نیز در کاربری‌های مختلف جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم به ترتیب ۲۱/۹، ۲۰/۱ و ۲۴/۸ می‌باشد. روند کلی تغییرات درصد رس و شن طی تغییر کاربری جنگل متراکم به کشت دیم نشان می‌دهد که درصد رس کاهش و میزان شن افزایش می‌یابد که این یافته‌ها با نتایج استروسنیچدر و بوکت (Stroosnijder & Bewket, 2003) مطابقت دارد. همچنین در تفسیر این نتیجه می‌توان بیان کرد که با کاهش ماده آلی خاک و به موجب آن کاهش پایداری خاکدانه طی تغییر کاربری جنگل به دیم، میزان فرسایش افزایش پیدا می‌کند و در طول فرآیند انتخابی فرسایش در جداسازی ذرات خاک، ذرات رس و سیلت جدا می‌شوند و به مناطق پایین‌دست انتقال می‌یابند. رضاپور (Rezapour, 2013) در مطالعه اثر سه کاربری زراعی، مرتع و جنگل در خاک‌های شمال غرب ایران تفاوت معنی‌داری در بافت خاک این سه کاربری گزارش نمود.

ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم معادل

بررسی مقادیر میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (جدول‌های ۱ تا ۳) نشان می‌دهد که با افزایش درصد رس و مواد آلی در جنگل متراکم، میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک افزایش می‌یابد. میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در این سه کاربری به ترتیب ۴۶/۳، ۳۹/۱ و ۳۴/۰ سانتی‌مول بر کیلوگرم خاک بوده است. رضاپور (Rezapour, 2013) در مطالعه اثر سه کاربری زراعی، مرتع و جنگل در خاک‌های ورتی‌سول و کمی‌سول در شمال غرب ایران، تفاوت معنی‌داری در ظرفیت تبادل کاتیونی سه کاربری گزارش نمود. در مطالعه نامبرده میزان رس خاک‌ها تفاوت معنی‌داری نداشته، اما میزان کربن آلی در کاربری جنگل بیشتر بوده است.

در این پژوهش میزان کربنات کلسیم نیز با تغییر کاربری به سمت کاربری دیم کاهش یافته است. میزان کربنات کلسیم به ترتیب در کاربری‌های مختلف جنگل متراکم، جنگل تخریب‌شده و دیم شامل ۴۹/۳ درصد، ۴۶/۴ درصد و ۴۲/۰ درصد می‌باشد که مقادیر نسبتاً بالایی از آهک را دارا بوده و به طور عمده از مواد مادری آهکی سازند رازک در منطقه ناشی می‌شود. دیجیکسترا و اسمیت (Dijkstra & Smits, 2002) بیان نمودند که ریشه درختان در خاک‌های آهکی سالیانه مقادیر معتدله‌ی عناصر قلیایی نظیر کلسیم را از عمق خاک جذب و از طریق لاشبرگ در یک چرخه به سطح خاک منتقل می‌نمایند. بیشتر بودن میزان کربنات کلسیم در سطح خاک کاربری جنگل در مقایسه با دو کاربری دیگر را به این امر می‌توان نسبت داد. اگرچه رضاپور (Rezapour, 2013) در مطالعه اثر سه کاربری زراعی، مرتع و جنگل در خاک‌های ورتی‌سول و کمی‌سول در شمال غرب ایران مقدار کمتر کربنات کلسیم معادل را در کاربری جنگل گزارش نمود. نامبرده دلیل این امر را انحلال و انتقال بیشتر کربنات کلسیم در کاربری جنگل مطرح نموده است.

بررسی همبستگی میان خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک

جدول ۴ همبستگی میان خصوصیات خاکی مورد بررسی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول همبستگی (جدول ۴)، ظرفیت تبادل کاتیونی با ماده آلی دارای همبستگی معنی‌دار مثبت در سطح یک درصد، با جرم مخصوص ظاهری دارای همبستگی معنی‌دار منفی در

برای جذب برخی کاتیون‌ها، موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده‌اند. هدایت الکتریکی و واکنش خاک با هیچ پارامتری همبستگی معنی‌داری نشان ندادند. ماده آلی خاک‌های مورد مطالعه (جدول ۴) با ظرفیت تبادل کاتیونی در سطح یک درصد دارای همبستگی مثبت معنی‌دار، با جرم مخصوص ظاهری در سطح یک درصد دارای همبستگی منفی معنی‌دار و با میزان کربنات کلسیم در سطح یک درصد دارای همبستگی مثبت معنی‌دار می‌باشد.

سطح یک درصد، با میزان کربنات کلسیم دارای همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد، با میزان رس دارای همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد و با میزان شن دارای همبستگی منفی در سطح پنج درصد می‌باشد. همبستگی ظرفیت تبادل کاتیونی با رس و مواد آلی به دلیل مشارکت آن‌ها در ایجاد بارهای منفی و پدیده تبادل کاتیونی است (Bell & VanKulen, 1995). هم‌چنین، به نظر می‌رسد بالا بودن جرم مخصوص ظاهری از طریق کاهش مواد آلی خاک و وجود کانی‌های کربناته از طریق فراهم آوردن سطح لازم

جدول ۴- ضرایب همبستگی پیرسون بین خصوصیات مطالعه‌شده خاک
Table 4. Pearson correlation coefficients between soil properties

| Soil property | pH | EC | CEC | OM | BD | CCE | Clay | Sand |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Sand | -0.028 | 0.050 | -0.228 | -0.059 | 0.074 | -0.207 | -0.643 | 1 |
| Clay | 0.033 | -0.045 | 0.311 | 0.063 | -0.125 | -0.278 | 1 | |
| CCE | 0.148 | 0.027 | 0.750 | -0.733 | -0.745 | 1 | | |
| BD | -0.174 | -0.101 | -0.746 | -0.759 | 1 | | | |
| OM | 0.135 | 0.162 | -0.962 | 1 | | | | |
| CEC | 0.133 | 0.145 | 1 | | | | | |
| EC | 0.066 | 1 | | | | | | |
| pH | 1 | | | | | | | |

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

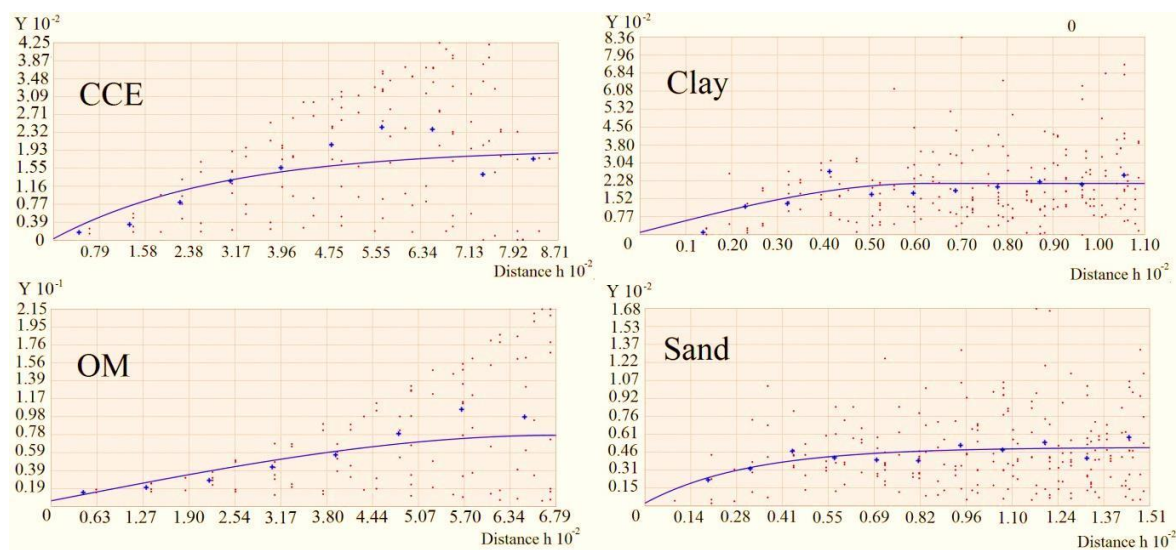
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

می‌باشد. رس در لایه سطحی با ظرفیت تبادل کاتیونی در سطح یک درصد دارای همبستگی مثبت معنی‌دار، با کربنات کلسیم در سطح یک درصد دارای همبستگی مثبت معنی‌دار و با شن در سطح یک درصد دارای همبستگی منفی معنی‌داری می‌باشد. شن در لایه سطحی مطابق با (جدول ۴) با ظرفیت تبادل کاتیونی دارای همبستگی منفی معنی‌دار در سطح پنج درصد، با کربنات کلسیم در سطح پنج درصد دارای همبستگی منفی معنی‌دار و با میزان رس در سطح یک درصد دارای همبستگی منفی معنی‌داری می‌باشد. همبستگی منفی ظرفیت تبادل کاتیونی با درصد شن از آن رو است که با افزایش شن از مقدار ذرات دیگر مانند رس کاسته می‌شود که این نشان‌دهنده همبستگی منفی شن و رس می‌باشد. بنابراین تاثیرکاهنده درصد شن بر ظرفیت تبادل کاتیونی ناشی از ارتباط منفی درصد شن با درصد رس و مواد آلی خاک‌ها است.

تحقیقات دیگری نشان داد که با افزایش ماده آلی، مقدار رس خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار سطح ویژه ذرات خاک افزایش یافت (Jozefaciuce & Toth, 2002). جرم مخصوص ظاهری خاک‌های مورد مطالعه با توجه به نتایج جدول ۴، با ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی و کربنات کلسیم در سطح یک درصد دارای همبستگی منفی معنی‌دار می‌باشد. در این راستا نتایج راولز و همکاران (Rawls et al., 2005) نیز نشان می‌دهد که مقدار مواد آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک، با یکدیگر همبستگی منفی دارند. کربنات کلسیم در لایه سطحی طبق جدول ۴ با ظرفیت تبادل کاتیونی دارای همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد، با ماده آلی در سطح یک درصد دارای همبستگی معنی‌دار مثبت، با جرم مخصوص ظاهری دارای همبستگی منفی معنی‌دار در سطح یک درصد، با میزان رس در سطح یک درصد همبستگی مثبت معنی‌دار و با میزان شن دارای همبستگی معنی‌دار منفی در سطح پنج درصد

توصیف زمین آماری داده‌ها
 بر اساس کم بودن خطای تخمین و نقشه پهنه‌بندی مطلوب، برای تخمین مقادیر متغیرهای درصد رس، شن، مواد آلی و کربنات کلسیم معادل خاک از تخمین‌گر کریجینگ معمولی و برای متغیرهای جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت تبادل کاتیونی، هدایت الکتریکی و واکنش خاک از تخمین‌گر وزن‌دهی عکس فاصله استفاده شد. شکل ۲ نیم‌تغییرنماهای برازش داده‌شده بر برخی ویژگی‌های خاک در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همچنین پارامترهای واریوگرام‌های بهینه‌سازی شده و ویژگی‌های تخمین‌گر وزن‌دهی معکوس فاصله در قالب جدول‌های شماره ۵ و ۶ گزارش شده است. همان‌طور که از شکل ۲ و جدول ۵ مشخص است، برای ویژگی‌های خاک مطالعاتی، مدل‌های کروی و نمایی برازش داده شده‌اند که معمول‌ترین مدل‌ها در بررسی کریجینگ محسوب می‌شوند (Cambardella et al., 2002).

به‌منظور تعیین میزان همبستگی مکانی ویژگی‌های مختلف خاک، از نسبت واریانس اثر قطعه‌ای به واریانس کل (حد آستانه) استفاده شد. چنان‌چه این نسبت به‌صورت درصد بیان گردد، مقادیر کمتر از ۲۵ درصد برای این نسبت، بیان‌گر وابستگی مکانی قوی؛ مقادیر ۲۵ تا ۷۵ درصد، نشان‌گر وابستگی مکانی متوسط و مقادیر بزرگ‌تر از ۷۵ درصد، حاکی از وابستگی مکانی ضعیف می‌باشند (Granados et al., 1994). کمبردلا و همکاران (Cambardella et al., 2002) بیان داشتند که وابستگی مکانی قوی، ممکن است توسط تغییرات ذاتی خصوصیات خاک (مانند بافت خاک و کانی‌شناسی رس) کنترل شود و معمولاً منجر به انجام تخمین‌های نسبتاً دقیق می‌شود. در حالی‌که وابستگی مکانی ضعیف‌تر، می‌تواند توسط تغییرات غیرذاتی (مانند کود و شخم) کنترل گردد.



شکل ۲- نیم‌تغییرنماهای ویژگی‌های خاک در منطقه مورد مطالعه

Figure 2. Semi-variogram in soil properties in the study area

جدول ۵- پارامترهای واریوگرام و شاخص خطای تخمین برای برخی ویژگی‌های خاک

Table 5. Variogram parameters and estimated error index for some soil properties

| Variable | Model | Range (m) | Nugget | Sill | Spatial Ratio (%) | Spatial Class | RMSE Index |
|----------|-------------|-----------|--------|--------|-------------------|---------------|------------|
| Clay | exponential | 618 | 0.001 | 0.020 | 5.00 | Strong | 1.01 |
| Sand | exponential | 933 | 0.025 | 0.470 | 5.32 | Strong | 0.99 |
| OM | circular | 697 | 0.063 | 0.712 | 8.79 | Strong | 1.01 |
| CCE | exponential | 871 | 0.0003 | 0.0193 | 1.55 | Strong | 0.73 |

جدول ۶- ویژگی‌های تخمین‌گر وزن‌دهی معکوس فاصله برای برخی ویژگی‌های خاک

Table 6. Parameters of inverse distance weighting for selected soil properties

| Variable | Power | Range (m) | Index RMSE |
|----------|-------|-----------|------------|
| BD | 1.5 | 260 | 0.060 |
| CEC | 2 | 200 | 2.98 |
| EC | 2 | 260 | 0.091 |
| pH | 2 | 200 | 0.472 |

مهمی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک دارند و با افزایش مقدار رس و ماده آلی خاک مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی نیز افزایش می‌یابد (Mirkhani *et al.*, 2005). مقایسه نقشه میزان ماده آلی و میزان ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌های مورد مطالعه، گویای این حقیقت است که در مناطقی که دارای بیشترین ماده آلی است، به همان نسبت میزان ظرفیت تبادل کاتیونی نیز بیشتر است. با توجه به نقشه پهنه‌بندی رس (شکل ۴) مشاهده می‌گردد که تقریباً در اکثر نقاط با توجه به میانگین رس در سه کاربری متفاوت، پراکندگی رس تفاوت چشم‌گیری در سه کاربری را ندارد. با توجه به نتایج جدول ۱، میزان رس از سمت کاربری جنگل متراکم به سمت جنگل تخریب‌شده و دیم، مقداری ناچیزی کاهش یافته است. با توجه به پایداری ویژگی بافت خاک انتظار می‌رفت که این مشخصه چندان متأثر از تغییر کاربری نباشد. بررسی نتایج با توجه به نقشه پهنه‌بندی نشان می‌دهد که میزان رس در نواحی شمال‌غربی و جنوب‌شرقی دارای بیشترین درصد و در مقابل، میزان شن با توجه به نقشه (شکل ۴) در همین مناطق دارای کمترین میزان است که این نشان‌دهنده وجود رابطه معکوس میان درصد شن و رس در موقعیت‌های مختلف می‌باشد. تغییرات جزئی بافت در منطقه تا حدودی می‌تواند به تغییرات پستی و بلندی در منطقه و همچنین مواردی چون فرسایش و انتقال ذرات و دخالت انسان در تغییر کاربری مرتبط باشد.

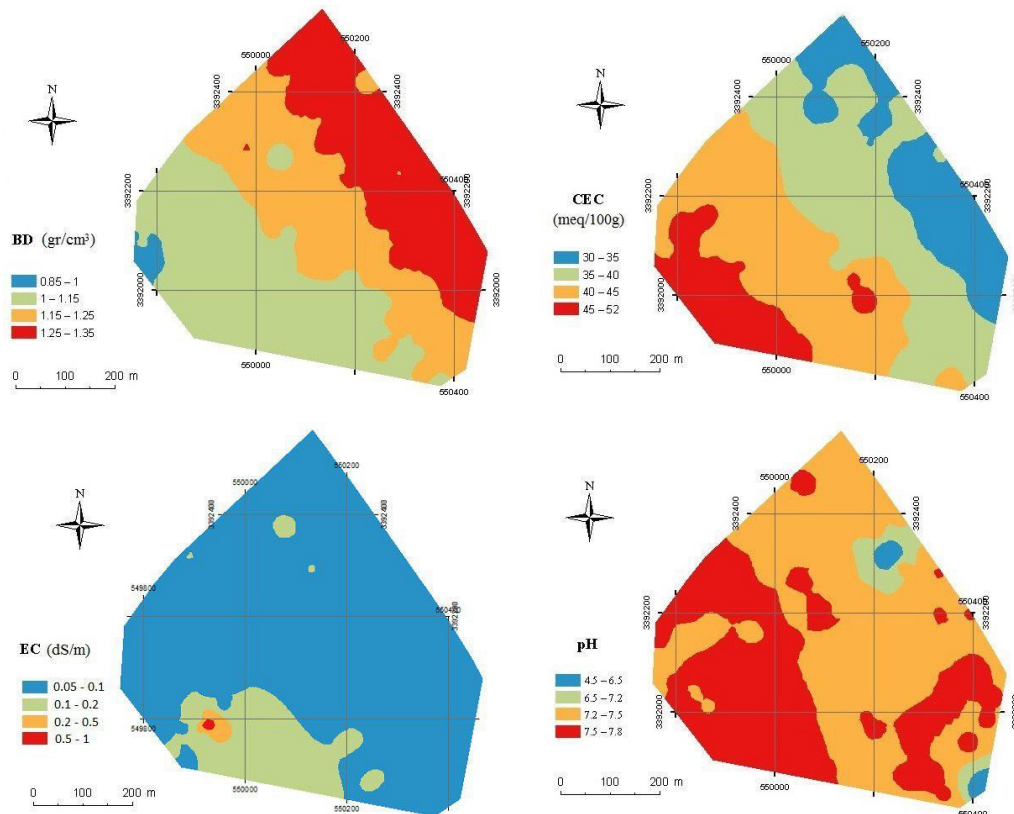
صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2007) در مطالعه خود در منطقه سامان شهرکرد به نتایج مشابهی دست یافتند و تفاوت در مقدار رس در موقعیت‌های مختلف زمین را به فرسایش خاک و انتقال ذرات رس به سمت پایین نسبت دادند. توپوگرافی نیز یکی از عوامل موثر بر میزان رس می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه گرچه سعی شد که نقاط انتخابی در دامنه ارتفاعی با اختلاف زیاد قرار نگیرند، اما تا حدودی میانگین ارتفاع در کاربری

کلاس همبستگی مکانی قوی ویژگی‌های مورد مطالعه در این پژوهش، گواهی بر الگوی پیوسته تغییرات مکانی آن‌ها و کارایی فاصله نمونه‌برداری در انعکاس تغییرات مکانی متغیرهای مورد بررسی است. نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از تخمین‌گر وزن‌دهی معکوس فاصله در شکل ۳ و نقشه‌های حاصل از تخمین‌گر کریجینگ معمولی در شکل ۴ ارائه شده‌اند. با توجه به نقشه پهنه‌بندی جرم مخصوص ظاهری خاک مشاهده می‌گردد که از ناحیه جنوب‌غربی منطقه (جنگل متراکم) به سمت شمال‌شرقی (دیم) جرم مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد (شکل ۳). یکی از دلایل آن نفوذ ریشه‌های نسبتاً قطور درختان بلوط در خاک تحت پوشش جنگل متراکم و بیشتر بودن مواد آلی است که سبب افزایش تخلخل خاک و در نتیجه کاهش جرم مخصوص ظاهری شده است. همچنین وجود میانگین بالای ماده آلی در سطح خاک (جدول ۱) باعث می‌شود تا جرم حجم مشخصی از خاک‌های جنگلی در مقایسه با جرم همان حجم از خاک‌های زراعی به‌طور محسوس کمتر بوده و در نتیجه، کاهش جرم مخصوص ظاهری مشاهده شود. از طرفی دیگر، به نظر می‌رسد عبور و مرور ماشین‌های کشاورزی و عملیات مختلف خاک‌ورزی در کاربری دیم سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری شده است. در انطباق با این یافته‌ها، نتایج مطالعات آیکین و آفوکا (Aikins & Afuakwa, 2012) مؤید آن است که خاک‌ورزی مرسوم نسبت به بی‌خاک‌ورزی، جرم مخصوص ظاهری خاک بالاتری را در پی دارد.

نقشه پهنه‌بندی میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نشان می‌دهد که میزان این ویژگی خاک در مناطق غرب و جنوب‌غربی منطقه با کاربری جنگل متراکم بیشترین مقادیر را دارد و با افزایش فاصله به سمت شمال و شمال‌شرقی، یعنی تقریباً مناطق تحت کاربری دیم، مقادیر آن کاهش می‌یابد. رس‌ها و ماده آلی خاک به علت دارا بودن سطح ویژه زیاد و باردار بودن نقش

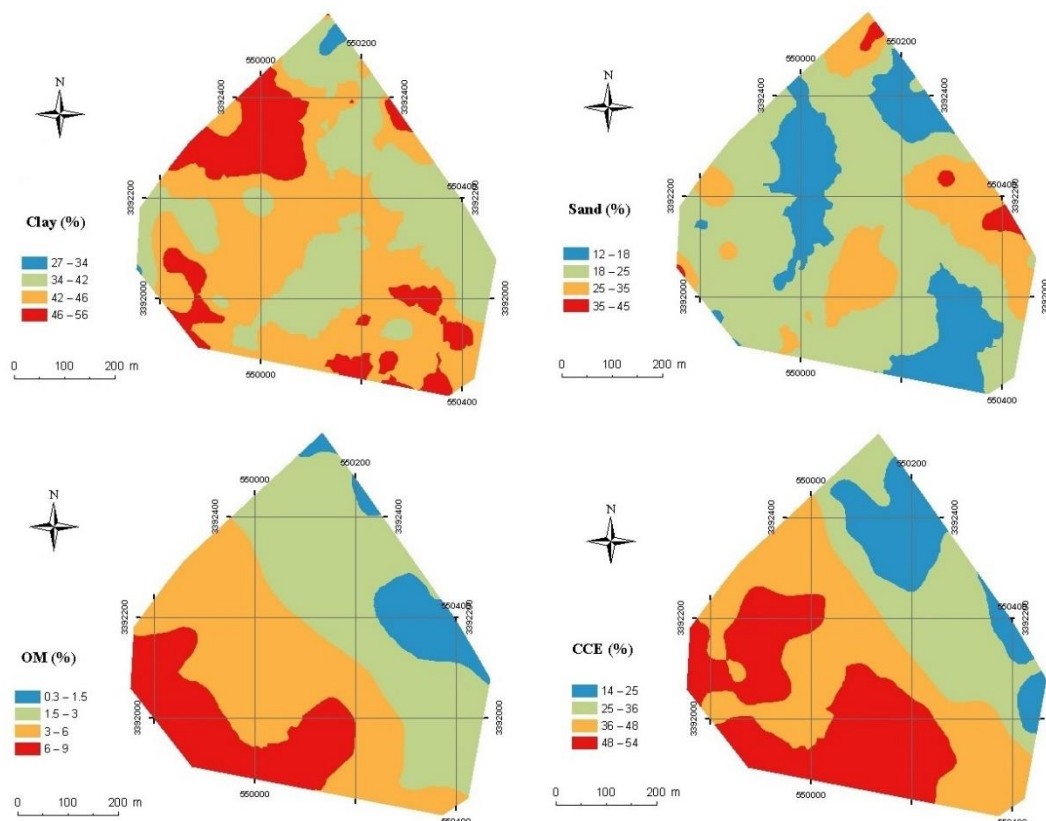
فرسایش ناشی از شخم، فرایند جهانی هدررفت خاک در اراضی کشاورزی به شمار می‌رود (Lindstrom, 1990). با مشاهده نقشه پهنه‌بندی (شکل ۳) در بخش‌های شمال، شمال‌غربی، شمال‌شرقی و جنوب‌شرقی منطقه که شامل کاربری‌های دیم و جنگل تخریب‌شده است، میزان هدایت الکتریکی کم مشاهده می‌شود، که علت این امر به احتمال زیاد، کاهش رهاسازی یون‌ها به دلیل کم بودن بقایای گیاهی می‌باشد.

جنگل متراکم و تخریب‌شده نسبت به کاربری زراعی بیشتر بوده است. تفاوت میزان میانگین رس در سه کاربری در حد ۵ درصد بوده است که با توجه با پایا بودن ویژگی میزان رس، همین تفاوت نیز بیشتر به موقعیت موضعی نقاط برداشت نمونه (به ویژه از نظر میکروتوپوگرافی) در کاربری‌های مختلف مرتبط می‌باشد. همچنین یکی از عوامل فرسایش ذرات ریز خاک سطحی، شخم بی‌رویه در مناطق کاربری دیم می‌باشد.



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی حاصل از تخمین‌گر وزن‌دهی معکوس فاصله برای برخی از ویژگی‌های خاک

Figure 3. Spatial maps of selected soil properties, prepared by Inverse Distance Weighting (IDW) method



شکل ۴- نقشه پهنه بندی حاصل از تخمین گر کریجینگ معمولی برای برخی از ویژگی های خاک
Figure 4. Spatial maps of selected soil properties, prepared by ordinary kriging method

خاک می شود. مقادیر نسبتاً زیاد تا زیاد کربنات‌ها موجب بروز مشکلات متعددی نظیر تخریب ساختمان، ناپایداری خاک، کاهش نفوذپذیری و قابلیت نگهداشت آب و عدم تغذیه مناسب گیاه می شود. رسوب آهک در خاک تحت تأثیر عواملی مانند تغییر حرکت آب در خاک، تولید دی اکسید کربن توسط ریشه و میکروب‌ها، انتشار دی اکسید کربن در اتمسفر و غلظت کلسیم در محلول خاک انجام می گیرد.

نتیجه گیری کلی

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر کاربری از جنگل متراکم به جنگل تخریب شده و دیم موجب کاهش قابل ملاحظه درصد مواد آلی خاک و در پی آن، کاهش محسوس ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک و افزایش نسبی جرم مخصوص ظاهری خاک شده است. همچنین، مقادیر ویژگی های هدایت الکتریکی، واکنش خاک، درصد کربنات کلسیم معادل و درصد ذرات ریز خاک با تغییرات جزئی تری همراه بودند. در مجموع بسته به شدت تخریب جنگل های بلوط در منطقه مورد

با توجه به شکل ۴، میزان ماده آلی در جنگل متراکم به علت وجود پوشش گیاهی افزایش یافته است. این در حالی است که از جنگل متراکم به سمت جنگل تخریب شده و کاربری دیم، میزان ماده آلی به دلیل کاهش لاشبرگ اضافه شونده، فرسایش ذرات خاک سطحی، کشت و کار و عملیات خاک ورزی کاهش یافته است. کشت و کار از طریق به هم زدن خاک سطحی، افزایش اکسیداسیون مواد آلی، تسریع تجزیه بیولوژیک مواد آلی، شدت بخشیدن به فرسایش خاک و نیز افزایش هدررفت مواد آلی در اثر رواناب، منجر به کاهش مواد آلی می شود (Yifru & Taye, 2011). نقشه پهنه بندی میزان واکنش خاک (شکل ۳) نشان می دهد که در اکثر نقاط میزان واکنش خاک به دلیل بالا بودن ماده آلی (تولید اسیدهای آلی) در سطح خاک مورد مطالعه پایین می باشد. توجه به نقشه پراکنش کربنات کلسیم معادل خاک گویای مقادیر نسبتاً بالای این ویژگی در اغلب اراضی مورد مطالعه است. درصد بالای کربنات کلسیم در مناطق دارای کاربری دیم موجب بازدهی کم محصولات و کاهش جذب بسیاری از عناصر

کیفی از دست خواهند داد. توصیه می‌شود که با برنامه‌ریزی صحیح برای جلوگیری از قطع درختان جنگلی، مدیریت مناسب دام و اعمال مدیریت مناسب در اراضی کشاورزی حاصل از تغییر کاربری، علاوه بر تضمین بقای اکوسیستم تا حدودی آثار زیان بار آن را کاهش داد.

مطالعه، تنزل نسبی کیفیت خاک قابل مشاهده است. بر این اساس می‌توان اظهار داشت که در صورت عدم توجه به عملیات نامناسب بر روی اراضی، اگرچه ممکن است در کوتاه‌مدت اثرات نامطلوب چندانی بر منابع طبیعی مشاهده نشود، اما در درازمدت، علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، بهره‌دهی خود را نیز به شدت از نظر

References

- Afzali Moghadam E., Boroomand N., Jalali V. R., and Sanjari S. 2017. Evaluation the effect of different land use and soil characteristics on saturated hydraulic conductivity. *Journal of Water and Soil*, 31 (5): 1302-1312.
- Aikins S.H.M., and Afuakwah J.J. 2012. Effect of four different tillage practices on soil physical properties under cowpea. *Agric. Soil Journal North America*, 3(1): 17-24.
- Baur A., and Blac A.L. 1994. Quantification of effect on soil organic matter content on soil productivity. *Soil Science Society of America Journal*, 58(1): 185-193.
- Bell M.A., and VanKulen H. 1995. Soil pedotransfer function for four Mexican soils. *Soil Science Society of America Journal*, 59(3): 865-871.
- Bewket W., and Stroosnijder I. 2003. Effects of Agro-ecological Land Use Succession on Soil Properties in Chemoga Watershed, Blue Nil Basins, Ethiopia, *Geoderma*, 111(1): 85 - 95.
- Bocchi S., Castrignano A., Fornaro F., and Maggiore T. 2000. Application of factorial kriging for mapping soil variation at field scale. *European Journal of Agronomy*, 13(4): 295-308.
- Burgess T.M., and Webster R. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: I. The variogram and punctual kriging. *European Journal of Soil Science*, 31(2): 315-331.
- Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F., Churchman G.J., and Burke C.M. 1991. Properties of subsoils in relation to various measures of surface area and water content. *European Journal of Soil Science*, 42(3): 463-478.
- Cassel D.K., and Edwards E.C. 1985. Effects of subsoiling and irrigation on corn production. *Soil Science Society of America Journal*, 49(4): 996-1001.
- Dijkstra F.A. and Smits M.M. 2002. Tree species effects on calcium cycling: The role of calcium uptake in deep soils. *Ecosystems*, 5: 385-398.
- Geissen V., Sanchez-Hewnandez R., Kampichler C., Ramos-Reyes R., Sepulveda-Lozada A., Ochoa-Goana S., Jong E.D., Huerta-Lwanga B.H., and Hernandez-Daumas S. 2009. Effects of land use change on some properties of tropical soils-An example from Southeast Mexico. *Geoderma*, 151(3-4): 87-97.
- Gholami L., Davari M., Nabiollahi K., and Joneidi Jafari H. 2016. Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh). *Journal of Water and Soil Resource Conservation*, 5 (3): 13-27.
- Granados F.L., Exposito M.J., Atenciano S., Ferrer A.G., Orden M.S., and Torres L. G. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant and Soil*, 246: 97-105.
- Hajabasi M., JalalianKhajedin A.J., and Karimzadeh H. 2002. Depasturation effects on physical characteristics, fertility and tilth index of soil: a case study of Boroojen. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 6(1): 149-161. (In Persian)
- Kavianpoor H., Esmaliouri A., Jafarian Jeloudar Z., and Kavian A. 2012. Spatial variability of some soil chemical and physical soil properties in Nesho mountainous rangelands. *American Journal of Environmental Engineering*, 2(1): 34- 44.
- Kiani F., Jalalian A., Pashae A., and Khademi H. 2007. Effect of deforestation, grazing exclusion and rangeland degradation on soil quality indices in loess-derived landforms of Golestan Province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(41): 453-464. (In Persian).
- Lindstrom M.J., Nelson W.W., Schumacher T.E., and Lemme G.D. 1990. Soil movement by tillage as affected by slope. *Soil and Tillage Research*, 17(3-4): 255-264.

- Mirkhani R., Shabanpour M., and Saadat S. 2005. Using particle-size distribution and organic carbon percentage to predict the cation exchange capacity of soils of Lorestan province. *Iranian Journal of Soil and Water Science*, 19(2): 235-242. (In Persian)
- Mohamed M.Y., and Abdo B.M. 2011. Spatial variability mapping of some soil properties in El-Multagha agricultural project (Sudan) using geographic information systems (GIS) techniques. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2(2): 58-65.
- Mohammadi J. 2007. Statistical Analysis, Geostatistics. Tehran University Press, 453P. (In Persian)
- Niknahad Gharmakher H., and Maramaei M. 2011. Effects of land use changes on soil properties (Case study: The Kechik catchment). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 1(2): 81-96. (In Persian)
- Rawls W.J., Pachepsky Y. A., Ritchie J. C., Sobecki T.M., and Bloodworth H. 2005. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1-2): 61-67.
- Rezapour, S. 2013. Response of some soil attributes to different land use types in calcareous soils with Mediterranean type climate in north-west of Iran. *Environmental Earth Science*, 71 (5): 2199–2210.
- Robinson T., and Metternicht G. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(2): 97-108.
- Salehi M.H., Jozini F., and Mohammadkhani A. 2007. The effect of topography on soil properties with a focus on yield and quality of Almond in the Saman area, Shahrekord. *Water Research Agriculture Journal*, 8(2): 79-92. (In Persian)
- Sanaii Nejad S., Astara A.S., Ghaemi M., and Saiba N. 2010. Investigation of spatial variations of data using analytical methods of land statistics for soil studies. *First International Conference on Plant, Water, Soil and Air Modeling*. Kerman University, 23-24 November 2010. Pp. 1-14. (In Persian)
- Six J., Paustian K., Elliott E.T., and Combrink C. 2000. Soil structure and organic matter distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 64(2): 681–689.
- Tajkhalili N., Saedi S., and Baybordi A. 2011. Evaluation of some soil physical characteristics turns on from forest to pasture land and agricultural land in Arasbaran protected area. *Proceedings of 12th Congress of Soil Science*. 12-14 September. Tabriz. Iran. (In Persian)
- Toth T., and Jozefaciuk G. 2002. Physicochemical properties of a solonchic toposequence. *Geoderma*, 106(1-2): 137-159.
- Vagen T.G., Andrianorofanomezana M.A.A., and Andrianorofanomezana S. 2006. Deforestation and cultivation effects on characteristics of Oxisols in the highlands of Madagascar. *Geoderma*, 131(1-2): 190-200.
- Villarino S.H., Studdert G.A., Baldassini P., María Cendoya M.G., Ciuffoli L. Mastrangelo M., and Piñeiro G. 2017. Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the Semiarid Chaco Region, Argentina. *Science of the Total Environment*, 575: 1056-1065.
- Webster R. 2000. Is soil variation random? *Geoderma*, 97(3-4): 149–163.
- Yifru A., and Taye B. 2011. Effects of land use on soil organic carbon and Nitrogen in soils of Bale, southeastern Ethiopia. *Agro-Ecosystems*, 14: 229-235.
- Yousoufiard M., Jalalian K., and Khademi H. 2007. Effect of landuse change on loss of soil, organic matter and nutrients in Ceshme-Ali area of Chaharmahal Province, The Third National Conference on Erosion and Sediment, Tehran, Iran. (In Persian)

Geostatistical Assessing of some Soil Properties Variability Due to the Oak Land Deforesting in Mokhtar Plain, Yasouj

Elham Nasiri¹, Hamidreza Owliaie^{2*}, Yaser Safari³, Mohamad Sedghi-Asl⁴

(Received: January 2018

Accepted: June 2018)

Abstract

Assessing the variation of different soil properties through the land use changes may provide useful information for land managers. The present study aimed to assess the soil quality variation due to the land use changes from dense (non-degraded) to semi-dense (degraded) oak forest and then to dry-farming in Mokhtar plain located in Yasouj region. A total number of 100 surface soil samples were collected in order to analyses of the selected physicochemical soil properties. After statistical analyses, the continuous distribution maps were prepared for all soil variables using ordinary kriging and inverse distance weighting methods in ArcGIS software (ver. 10.2; ESRI). Analyses of the average values of selected soil properties showed that after changing the land use from dense to the degraded oak forest and then to dry-farming, organic matter and CEC changed in a decreasing trend and bulk density changed in an increasing trend. Moreover, electrical conductivity, carbonate calcium equivalent and clay percentage decreased in lower contents; whereas soil pH and sand percentage inconsiderably increased. Among the soil properties, organic matter content as one of the most important soil quality indices showed a significant change with an average of 6.74%, 3.42% and 1.58% in dense forest, degraded forest, and dry-farming lands, respectively. Supporting these findings, spatial distribution maps of the selected properties revealed that the most optimum soil properties were found in the southwest of the studied area, i.e. in the soils covered with dense oak forest; whereas increasing distance to the dry-farming lands in the northeast of the area, the selected soil properties were adversely changed. According to these findings, it can be stated that wide deforesting and land use change have been led to the considerable soil quality decline and therefore if deforesting will not be stopped a huge portion of the studied soils may lose their vital capabilities.

Keywords: Deforesting, Land use change, Spatial distribution, Soil variability

Elham Nasiri, Hamidreza Owliaie, Yaser Safari Mohamad Sedghi-Asl⁴.2019. Geostatistical Assessing of Some Soil Properties Variability Due to the Oak Land Deforesting in Mokhtar Plain, Yasouj. *Applied Soil Research*, 7(3):83-97.

1. M.Sc. Graduate of soil science, College of Agriculture, Yasouj University, Iran

2. Associate Professor of soil science, College of Agriculture, Yasouj University, Iran

3. Assistant Professor of Soil Science, College of Agriculture, Shahrood Univ. Technology, Iran

4. Associate Professor of soil science, College of Agriculture, Yasouj University, Iran

* Corresponding Author Email: Owliaie@yu.ac.ir