تأثیر کاربری اراضی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

مسلم احمدی‌وند: *دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، گروه علوم خاک، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان.*

جواد زمانی باب‌گهری*: *استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان.*

حسین شکفته: *استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان.*

فریده عباس‌زاده افشار: *استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان.*

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۸)

چکیده

تغییر کاربری اراضی معمولاً در اولین گام بر ویژگی‌های خاک یک منطقه تأثیر می‌گذارد که معمولاً تخریب و فرسایش خاک را در پی دارد. بر همین اساس، تأثیر نوع کاربری بر برخی از ویژگی‌های خاک در بخشی از اراضی دشت جیرفت صورت گرفت. در این تحقیق از خاک سطحی (۱۰۴ نمونه) در چهار کاربری زراعی، اراضی کشاورزی رها شده، نخلستان و جنگل طبیعی نمونه‌گیری شد، سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل درصد شن، سیلت و رس، هدایت الکتریکی، اسیدیته، نسبت جذب سدیم، آهک، کربن آلی، چگالی ظاهری، حد روانی، حد خمیری، سطح ویژه، ظرفیت تبادل کاتیونی و رطوبت هیگروسکوپی مطالعه و در پایان، توزیع مکانی نقشه‌های پراکنش مکانی پارامترهای مورد نظر نیز ترسیم شد. نتایج نشان داد که نوع کاربری به تغییر ویژگی‌های مورد مطالعه منجر شده‌است. بیشترین درصد رس (۴۶ درصد) در بوته‌زار مشاهده شد. تغییر در درصد ذرات خاک در کاربری‌های مختلف می‌تواند بیانگر تأثیر نوع مدیریت‌ها بر روند هدررفت ذرات خاک باشد. تغییر در ویژگی‌های بافتی خاک، تغییر در سطح ویژه و حدود آتربرگ، مقدار رطوبت هیگروسکوپی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را در پی داشت. نقشه‌های کریجینگ و جدول همبستگی این ویژگی‌ها نیز به خوبی این موضوع را نشان می‌دهد. رها شدن بخشی از اراضی کشاورزی از حدود بیست سال قبل، به افزایش شوری خاک و کاهش مقدار ماده آلی آن منجر شد و این بخش از اراضی، شرایط حاصلخیزی مناسبی نداشت. مقدار هدایت الکتریکی و کربن آلی در این کاربری نیز به ترتیب حدود دو برابر بیشتر و حدود بیست درصد کمتر از اراضی زراعی بود. پیشنهاد می‌شود در صورت فراهم بودن شرایط از نظر تأمین آب، این کاربری به عنوان زمین کشاورزی احیا و استفاده شود، یا می‌توان با کاشت گیاهان مقاومی نظیر گز، خاک این کاربری را حفظ و از تخریب آن جلوگیری کرد.

واژگان کلیدی: تخریب خاک، فرسایش خاک، ارزیابی اراضی، حدود آتربرگ، زمین آمار.

* نویسندهٔ مسئول: Zamani@ujiroft.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

۱ـ مقدمه

کاربری اراضی شامل مدیریت و اصلاح محیط‌های طبیعی از جمله مناطق شهری، مزارع، مراتع، جنگل‌ها و ... است (Ellis, 2021) و یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های کلیدی و عملکردهای اکولوژیکی خاک در سراسر جهان به شمار می‌رود. استفاده و مدیریت نادرست از منابع زمین ـــ که به تخریب خاک منجر می‌شود ـــ چالشی جدی و جهانی برای امنیت غذایی و پایداری اکوسیستم شناخته می‌شود (Ebabu et al, 2020). امروزه تغییر و تبدیل کاربری اراضی جنگلی و مراتع به کشاورزی، به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سطح دنیا در زمینهٔ تخریب محیط زیست و تغییرات اقلیمی جهانی تبدیل شده‌است. مطالعات بسیاری نشان می‌دهد که تغییر در کاربری اراضی یا تغییر در ساختار اکوسیستم‌ها، در چرخهٔ ژئوشیمیایی تأثیر زیادی دارد و می‌تواند تغییرات بسیار زیادی را در ویژگی‌های خاک به همراه داشته باشد؛ نظیر تغییر در کیفیت خاک در طی زمان و تغییر قابل توجه و ماندگار در کربن آلی و اسیدیتهٔ خاک (Akinde et al, 2020) که این موضوع می‌تواند روند پایداری و در حقیقت روند تخریب و فرسایش یک خاک را تحت‌تأثیر خود قرار دهد. ضعف شیوه‌های مدیریت خاک توسط کشاورزان و در نتیجه کاهش کیفیت خاک، یکی از مشکلات حال حاضر در بخش کشاورزی است؛ از این رو، بهبود مدیریت خاک توسط کشاورزان نقش تأثیرگذاری در بهبود بهره‌وری، افزایش کمی و کیفی محصول، کشاورزی پایدار، خودکفایی غذایی، کاهش سطح فقر و امنیت غذایی ایجاد می‌کند (Lal, 2003).

خاک به عنوان بخشی از طبیعت، هم تغییرپذیری ذاتی دارد که نتیجهٔ برهم‌کنش عوامل تشکیل‌دهندهٔ آن (ماده مادری، اقلیم، موجودات زنده، توپوگرافی و زمان) است و هم تغییرپذیری غیرذاتی (اکتسابی) دارد که حاصل مدیریت کشت و کار، استفاده از اراضی، فرسایش و ... است (Tellen and Yerima, 2018). جهان به ویژه در دهه‌های اخیر با بحران جمعیت رو به رو است. به منظور مقابله با مشکلات ناشی از جمعیت در حال رشد، تولید مواد غذایی بیشتر برای رفع نیازهای غذایی جمعیت رو به رشد ضروری است؛ در حالی که بیشتر سطح کرهٔ زمین از آب پوشیده شده، اما وجود زمین برای گسترش کشت محصول محدود است. در نتیجه، «افزایش بهره‌وری محصول در اراضی محدود» تنها گزینهٔ قابل دستیابی با استفاده از کشاورزی فشرده با توجه به افزایش تولید محصولات زراعی است. بنابراین، افزایش رو به رشد جمعیت جهانی، جنگل‌زدایی، تخریب خاک، تغییرات آب و هوا، کاهش سریع منابع تولیدی خاک و آب و کمبود منابع آبی قابل استفاده، تهدیدی برای تولید پلیدار مواد غذایی ایجاد کرده‌است.با توجه‌به اهمیت خاک در ارتباط‌با‌تأمین غذای جمعیت رو‌به رشد جهان، شناخت همهٔ ویژگی‌های کیفی آن اهمیت دارد. از سوی دیگر، بین کیفیت خاک و کشاورزی پایدار یک ارتباط قوی وجود دارد و کیفیت خاک نیز یکی از سه مؤلفه کیفیت محیط زیست در کنار کیفیت آب و کیفیت هوا محسوب می‌شود (Andrews et al, 2002). در تمام مقیاس‌های زمانی و مکانی، اندازه‌گیری‌های خاک از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و کانی‌شناسی بسیار پیچیده و متغیر است. برای توصیف تنوع مکانی ویژگی‌های خاک، دو روش اصلی وجود دارد؛ یکی روش زمین‌آمار که خاک را مجموعه‌ای پیوسته می‌داند و تغییرات کمّی متغیرها و ویژگی‌های خاک را به‌صورت پیوسته روی زمین توصیف می‌کند (Matheron, 1963) و روش دیگر، خاک را مجموعهٔ ناپیوسته‌ای می‌داند و آن را در

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

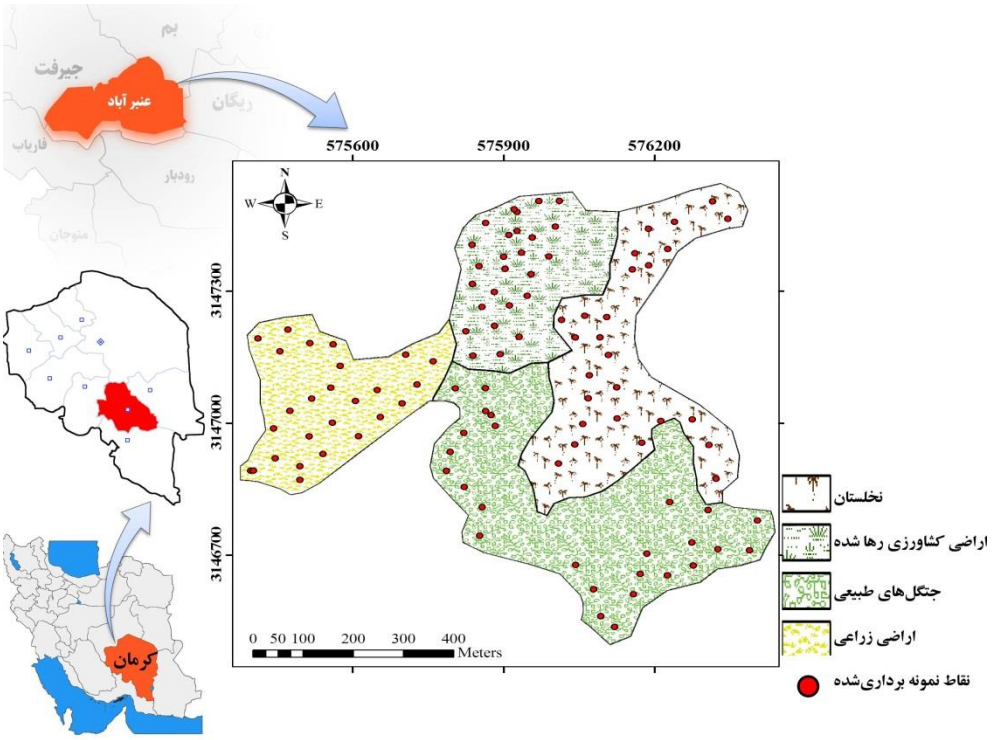
طبقات گسسته به نام کلاس یا طبقه تقسیم‌بندی می‌کند (Soil Survey Staff, 2010). بر اساس فرضیه‌های خاص دنیای واقعی، هنوز هم در حال حاضر از هر دو روش استفاده می‌شود.

خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشوری محسوب می‌شود که در مقیاس دورهٔ زندگی انسان، ماده‌ای تجدیدناپذیر به شمار می‌رود (Asadian et al, 2013) و تشکیل هر سانتی‌متر آن بسته به شرایط مختلف اقلیمی و توپوگرافی و دیگر شاخص‌های خاک‌سازی، از صد تا هزار سال به طول می‌انجامد. تخریب خاک در نتیجهٔ فعالیت انسان، چالشی محیطی بوده و نقش عامل انسانی در پیدایش و تسریع این روند در بسیاری از مناطق مشخص شده‌است (Marzaioli et al, 2010). این موضوع در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران بیشتر دیده می‌شود. آگاهی از ویژگی‌های خاک در عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی مناطق خشک کشور، برای مدیریت بهینهٔ سرزمین و رسیدن به حداکثر بهره‌وری اقتصادی ضروری است. آسیب‌پذیری این مناطق عمدتاً از کمبود رطوبت خاک، دمای زیاد و تبخیر، مقدار کم ماده آلی و شور بودن خاک سرچشمه می‌گیرد. مطالعهٔ تأثیر نوع کاربری اراضی بر ویژگی‌های خاک، امکان شناسایی مدیریت‌های پایدار و به دنبال آن پیشگیری از تخریب فزایندهٔ خاک را فراهم می‌کند. از آنجایی که پژوهش‌های بسیار کمی در منطقهٔ جیرفت در زمینهٔ تأثیر تغییر کاربری بر ویژگی‌های خاک به عنوان یکی از اساسی‌ترین اجزا در کشاورزی پایدار انجام شده‌است، دانسته‌های ما نیز در این رابطه دربارهٔ منطقهٔ جیرفت ـــ که یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور محسوب می‌شود ـــ بسیار جزئی است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تهیهٔ نقشه‌های پراکندگی این ویژگی‌ها در منطقهٔ کنارصندل جیرفت طراحی و اجرا شد.

۲ـ موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ کنارصندل، بین عرض‌های جغرافیایی ″۳۳ ′۲۶ °۲۸ تا ″۹ ′۲۷ °۲۸ شمالی و طول‌های جغرافیایی ″۱۱ ′۴۶ °۵۷ تا °۵۷ ″۵۱ ′۴۷ شرقی در جنوب استان کرمان ــ که حد فاصل بین شهرستان جیرفت و شهرستان عنبرآباد است ــ برای این پژوهش انتخاب شد (شکل ۱). متوسط ارتفاع این منطقه از سطح دریا معادل ۵۷۰ متر و حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به‌ترتیب ۵۵۱ و ۵۸۸ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی سالانه، متوسط دمای سالانه و متوسط رطوبت نسبی به ترتیب ۱۷۷ میلی‌متر، ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و ۴۰/۸ درصد گزارش شده‌است. حداقل و حداکثر دمای سالانهٔ منطقه به‌ترتیب ۱۳/۲ و ۳۷/۳ سانتی‌گراد است (اطلاعات اقلیمی مربوط به سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۸ است). این منطقه براساس سیستم طبقه‌بندی آمریکا دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی هایپرترمیک است (Soil Survey Staff, 2010). منطقهٔ مورد مطالعه از لحاظ توپوگرافی، شیب یکسان دارد و واحد فیزیوگرافی آن دشت‌های آبرفتی است. پوشش غالب اراضی جنگلی این منطقه به‌طور عمده شامل درختان کهور و گز است و پوشش گیاهی غالب اراضی کشاورزی رها شده شامل گیاه شورک. همچنین پوشش گیاهی غالب باغی منطقهٔ مورد مطالعه، به‌صورت نخلستان است و در اراضی زراعی نیز به‌طور عمده گندم و گرمک کشت می‌شود. بر اساس اعلام اهالی و مالکان منطقه، قدمت کشاورزی (نخلستان و زمین زراعی) در منطقه به بیش از بیست سال بازمی‌گردد و آبیاری در آن به صورت غرقابی است. شکل ۱، موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه را روی نقشهٔ ایران و استان کرمان نشان می‌دهد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]



شکل ۱: موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه روی نقشهٔ ایران و استان کرمان و نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ مورد مطالعه به همراه نقاط نمونه‌برداری‌شده

۳ـ مواد و روش‌ها

۳ـ۱ـ نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی

کاربری‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل اراضی زراعی، اراضی کشاورزی رها شده (بوته‌زار)، باغ (نخلستان) و جنگل‌های طبیعی (کهور و گز) است که از هر کدام به‌طور مساوی، ۲۶ نمونه از خاک سطحی (صفر تا بیست سانتی‌متری) برداشت شد. در مجموع از ۱۰۴ نقطه، نمونه خاک شامل خاک سطحی دست‌خورده و نمونهٔ دست‌نخورده (با استفاده از سیلندر نمونه‌گیر) از کاربری‌های مختلف برداشت شد. مساحت کل منطقهٔ مورد مطالعه، ۵۴/۲ هکتار و کاربری‌های زمین زراعی، اراضی کشاورزی رها شده، نخلستان و جنگل طبیعی به ترتیب دارای مساحت ۱۰/۲۸، ۹/۸۶، ۱۴/۸۸ و ۱۹/۱۸ هکتار است. وجود کاربری‌های مورد مطالعه در یک محدودهٔ جغرافیایی نسبتاً کوچک می‌تولند از نقاط قوت این مطالعه باشد؛ زیرا نزدیک بودن این کاربری‌ها به هم، تأثیر سایر عوامل (غیر از مدیریت و تغییر کاربری) را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. نقشهٔ کاربری‌های مختلف و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در این تحقیق، در شکل ۱ آورده شده‌است. کاربری زراعی در این منطقهٔ زیر کشت آبی (به صورت غرقاب) گندم و گرمک است که از لحاظ مدیریت کوددهی آلی، استفاده از کود دامی در این زمین به ندرت انجام می‌شود یا تقریباً انجام نمی‌شود. نخلستان مورد مطالعه نیز تحت آبیاری غرقابی است که به گفتهٔ مالک این نخلستان، هر دو سال به مقدار حدود پانزده تن در هکتار از کود دامی (گاوی) استفاده می‌شود. فاصلهٔ منطقهٔ مورد

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

مطالعه، در نزدیکی تپه‌های باستانی کنارصندل است، از منطقهٔ روستایی و جاده نیز حدود ۱۵۰۰ متر به صورت تقریبی فاصله دارد و در میان منطقه‌ای کاملاً کشاورزی واقع است.

آزمایش‌های معمول با استفاده از روش‌های استاندارد موجود برای تعیین ویژگی‌های پایه‌ای خاک انجام شد. تعیین بافت خاک به روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962)، اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی و pH در عصارهٔ اشباع و با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (Rhoades, 1996) و pH متر (Richards, 1954)، مقدار آهک به روش حجم‌سنجی (خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیتر با سود) (Allison and Moodie, 1965)، ماده آلی به روش واکلی و بلاک (FAO, 2019)، چگالی ظاهری به روش نمونه‌برداری با سیلندر نمونه‌گیر با قطر و ارتفاع پنج سانتی‌متر (نمونه‌برداری بعد از حذف حدود پنج سانتی‌متری سطح خاک انجام شد) (Blake and Hartge, 1986) و نسبت جذب سدیم (SAR) با استفاده از عصاره‌گیری گل اشباع اندازه‌گیری شد.

پارامترهای دیگری که در این پژوهش آزمایش شد شامل سطح ویژه به روش اتیلن گلیکول مونو اتیل اتر (Pennell, 2002)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در اسیدیته ۷ (Bower et al, 1952)، رطوبت هیگروسکوپیک خاک در یک محیط با رطوبت نسبی صد درصد (Prakash et al, 2016) و حد روانی و حد خمیری با استفاده از استاندارد ASTM D4318 (ASTM, 2017) اندازه‌گیری شد.

۳-۲- آنالیز همبستگی مکانی

وضعیت توزیع فراوانی داده‌ها از لحاظ تأثیری که روی تخمین به وسیلهٔ روش‌های میان‌یابی دارد، حائز اهمیت است. توزیع فراوانی با کمک ویژگی‌های آن شامل میانگین، حداقل، حداکثر، انحراف معیار و ضریب تغییرات توسط نرم افزار SPSS.16 بررسی شد.

برای محاسبه و ترسیم تغییرنما، از نرم‌افزار Variowin 2.2 استفاده شد. بعد از بررسی تست نرمال بودن داده‌ها و بررسی وضعیت همسانگرد بودن آنها، تغییرنمای همه‌جهته برای تمام متغیرهای مورد مطالعه ترسیم شد. میان‌یابی به روش کریجینگ نیز با استفاده از نرم‌افزار Arc map.10 صورت گرفت. برای اجرای میان‌یابی، از پارامترهای مدل‌های مختلف تغییرنما استفاده شد. سپس با کنترل اعتبار عرضی، بهترین مدل تغییرنما ـــ که کمترین واریانس تخمین را ایجاد می‌کند ـ انتخاب شد و میان‌یابی نهایی با توجه به آنها صورت گرفت. در نهایت، نقشه‌های کریجینگ توسط نرم‌افزار Arc map.10 تهیه شد.

کنترل اعتبار، در واقع تخمین هر نقطهٔ نمونه‌برداری شده در یک ناحیه با استفاده از مقادیر نمونهٔ همسایه (بدون در نظر گرفتن خود آن نمونه) با روش کریجینگ است. در مطالعات زمین آماری بایستی صحت تمام فرضیه‌ها به گونه‌ای کنترل شود؛ بدین منظور بعد از برازش مدل تغییرنما و تعیین پارامترهای آن، کنترل اعتبار تغییرنما با تغییر پارامترهای اولیهٔ آن به نحوی صورت گرفت که مدل بهینهٔ نهایی دارای شاخص‌های میانگین خطا (ME) و میانگین مربعات خطای تخمین

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

(RMSE) باشد. در مطالعهٔ حاضر با استفاده از روش سعی و خطا، مناسب‌ترین الگوی تغییرنمای متغیرهای مورد مطالعه تعیین شد.

رابطهٔ ۱
$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[Z_i^* - Z_i]$$

رابطهٔ ۲
$$RMSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[Z_i^* - Z_i]^2$$

در این روابط، Z مقدار مشاهده شده، Z^* مقدار تخمین‌زده شده و n تعداد نمونه‌ها است.

۳ـ۳ـ تجزیه و تحلیل داده‌ها

طرح مورد استفاده در این پژوهش، طرح کاملاً تصادفی بود. قبل از هرگونه تجزیه و تحلیل آماری، منظم کردن داده‌ها و ارائه خلاصه‌ای آماری از توزیع داده‌ها ضروری بود که این کار با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. برای بررسی اثر نوع کاربری‌ها بر پارامترهای اندازه‌گیری‌شده، این بخش از پژوهش با چهار تیمار (نوع کاربری) شامل اراضی زراعی، اراضی کشاورزی رها شده، نخلستان و جنگل (کهور و گز) هر کدام با ۲۶ تکرار انجام شد. در این بخش از پژوهش، آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS.9.1 انجام و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با هم مقایسه شد (SAS Institute Inc, 2005). همچنین همبستگی بین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS.16 انجام شد (SPSS Inc, 2009).

۴ـ یافته‌ها (نتایج)

۴ـ۱ـ توصیف آماری

جدول ۱، آماره‌های توصیفی فیزیکی و شیمیایی خاک منطقهٔ مورد مطالعه شامل میانگین، حداقل، حداکثر، انحراف معیار، ضریب تغییرات و چولگی را نشان می‌دهد. این شاخص‌های آماری هر چند حاوی اطلاعات مفیدی است، اما در مورد متغیرهای پیوسته‌ای همچون ویژگی‌های خاک، هیچ کدام به تنهایی نمی‌توانند شاخص مناسبی از وضعیت متغیر مورد مطالعه باشند.

در بین متغیرهای مورد مطالعه، pH دارای کمترین ضریب تغییرات و برابر با ۲/۴۸ درصد و EC دارای بیشترین ضریب تغییرات و برابر با ۱۳۲/۶۳ درصد است (جدول ۱). در این رابطه، Lopez Granados و همکاران (۲۰۰۲) نیز در مطالعات خود در مورد pH، کمترین ضریب تغییرات را در بین ویژگی‌های شیمیایی مورد بررسی در خاک به دست آورده‌اند. علت بالا بودن ضریب تغییرات EC را می‌توان به تنوع و تغییرپذیری نامنظم این پارامتر در کاربری‌های مختلف منطقه، در اثر نوع مدیریت حاکم در هر کدام از این کاربری‌ها نسبت داد؛ به طوری که کاربری اراضی کشاورزی رها شده با پوشش تنک از گونهٔ شورک احتمالاً به علت تبخیر زیاد سطح خاک، نمک بیشتری در آن سطح جمع شده‌است (Di Bella et al, 2014)؛ در حالی‌که خاک‌های زراعی احتمالاً به دلیل شستشوی املاح توسط آب آبیاری، مقدار شوری کمتری داشت. در

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

عین حال، ضریب تغییرات توزیع اندازه ذرات (سیلت، شن و رس) و مقدار ماده آلی در بین متغیرهای مورد مطالعهٔ خاک در منطقه نسبتاً بالا بود که علت آن را می‌توان به نحوهٔ استفاده از اراضی، مدیریت شخم و شیار و تفاوت در فرسایش خاک سطحی در کاربری‌های مختلف نسبت داد که با وجود مساحت کل منطقهٔ مورد مطالعه (۵۴/۲ هکتار)، تغییرپذیری برخی از پارامترهای اولیهٔ خاک می‌تواند تفاوت‌های ناشی از تأثیر کاربری اراضی و نوع مدیریت حاکم بر زمین‌های مورد مطالعه را نشان دهد؛ زیرا در این محدوده ـــــ که مساحت آن چندان زیاد نیست و از نظر توپوگرافی نیز اختلاف چندانی بین نقاط مختلف آن وجود ندارد ـ مهم‌ترین عامل مؤثر بر ویژگی‌های خاک می‌تواند نوع کاربری مورد نظر باشد.

جدول ۱: توصیف آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقهٔ مورد مطالعه (n=۱۰۴)

متغیر	واحد	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی
جرم مخصوص ظاهری (ρb)	$g\ cm^{-3}$	۱/۲۹	۱/۵۲	۰/۹۴	۰/۱۱	۸/۶۶	-۰/۴۸
اسیدیته (pH)	---	۷/۴۲	۸/۲۴	۶/۴۲	۰/۳۱	۴/۱۱	۰/۱۶
شوری (EC)	$dS\ m^{-1}$	۱/۳۷	۱۱/۰۰	۰/۲۶	۱/۸۲	۱۳۲/۶۳	۳/۴
ماده آلی (OM)	%	۲/۱۰	۳/۹۰	۰/۳۱	۰/۸۷	۴۱/۸۸	۰/۱۰
شن (Sand)	,,	۱۸/۹۹	۶۱/۶۰	۴/۹۳	۹/۶۳	۵۰/۷۰	۱/۱۰
سیلت (Silt)	,,	۴۳/۸۹	۶۶/۲۰	۲۹/۵۳	۶/۷۷	۱۵/۴۲	۰/۳۰
رس (Clay)	,,	۳۷/۱۰	۶۱/۰۰	۸/۸۵	۱۱/۶۱	۳۱/۳۰	-۰/۲۲
آهک ($CaCO_3$)	,,	۱۷/۴۵	۲۳/۵۰	۱۳/۰۰	۲/۵۰	۱۴/۳۶	۰/۵۸
نسبت جذب سدیم (SAR)	---	۸/۲۷	۳۷/۱۰	۱/۶۱	۵/۵۱	۶۶/۶۱	۲/۵۰
حد روانی (LL)	%	۲۵/۱۰	۳۳/۹۴	۱۵/۴۲	۴/۸۰	۱۹/۱۷	۰/۰۶
حد خمیری (PL)	,,	۱۶/۳۵	۲۲/۴۸	۱۱/۳۵	۲/۵۰	۱۵/۲۵	۰/۰۸
شاخص خمیری (PI)	,,	۸/۷۲	۱۳/۷۱	۴/۰۲	۲/۶۱	۳۰/۰۲	۰/۱۵
رطوبت هیگروسکوپی (HW)	,,	۴/۶۵	۹/۵۰	۲/۱۵	۱/۲۱	۲۶/۱۰	۰/۶۸
ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)	$c\ mol^{+}/kg$	۱۵/۴۸	۱۹/۸۵	۱۲/۱۰	۱/۶۴	۱۰/۵۹	۰/۶۵
سطح ویژه (SSA)	$m^2\ g$	۱۲۷/۵۳	۲۳۲/۶۸	۱۳/۴۶	۴۵/۰۱	۳۵/۳۰	۰/۳۷

۴-۲- اثر کاربری‌های مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

توزیع کلاس بافتی خاک‌های مورد مطالعه نشان داد که غالب نمونه‌های مورد مطالعه متمایل به کلاس‌های رسی (رس و رس سیلتی) و لومی (لوم، لوم رسی و لوم رسی سیلتی) است (شکل ۲ الف). میانگین درصد ذرات خاک در هر کاربری نشان داد که بافت خاک در کاربری جنگل طبیعی از نوع لوم، در کاربری زمین زراعی از نوع لوم رسی سیلتی، در کاربری نخلستان از نوع لوم رسی و در کاربری بوته‌زار از نوع رسی است. شکل ۲ (ب تا د)، درصد ذرات شن، سیلت و رس را در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج تجزیهٔ درصد ذرات خاک نشان داد که بیشترین مقدار رس مربوط به کاربری بوته‌زار با میانگین (۴۶/۴۴ درصد) و کمترین مقدار رس مربوط به خاک موجود در کاربری جنگل طبیعی با میانگین (۲۶/۶۷

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

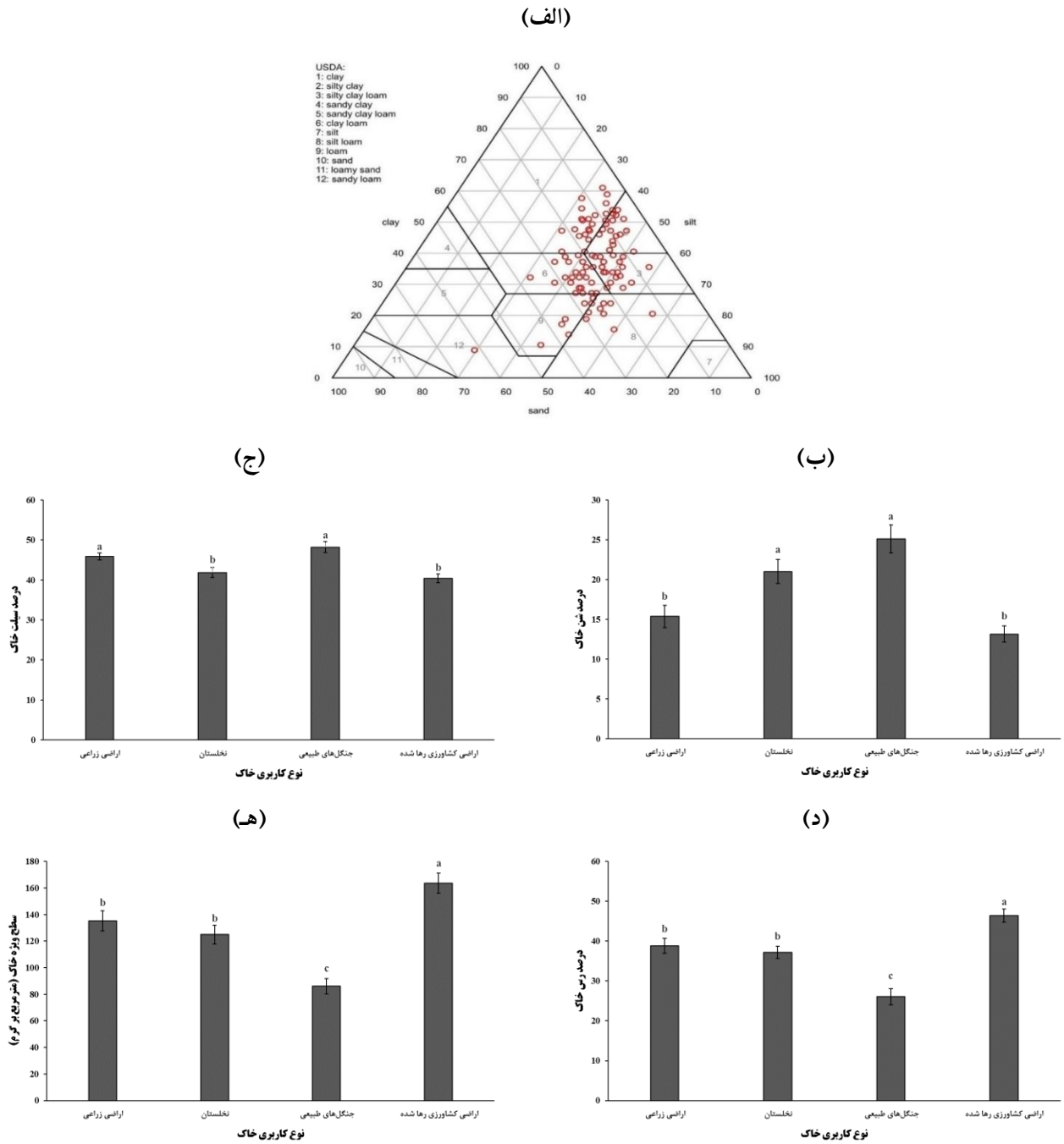
درصد) است (شکل ۲ د). بیشتر بودن رس در کاربری‌های دست نخوردهٔ بوته‌زار نسبت به پوشش‌های زراعی و نخلستان می‌تولند با توجه به پوشش گیاهی علفی کوتاه، فقدان به هم‌خوردگی خاک در این کاربری و در نتیجه کاهش مقدار فرسایش خاک باشد. اما کمبود رس در خاک موجود در کاربری جنگل طبیعی احتمالاً ناشی از عوامل فرسایشی خاک در اثر سقوط قطرات باران است. تفاوت در تفکیک ذرات خاک در کاربری‌های مختلف نیز می‌تواند به تفاوت در توزیع اندازه ذرات خاک و حتی بافت آن منجر شود (Tellen and Yerima, 2018). بنا به گزارش Geißler و همکاران (2012)، قدرت فرسایندگی قطرات باران در زیر پوشش‌های درختی در مقایسه با فضای آزاد بین درختان معمولاً ۲/۵۹ برابر بیشتر است. در این مطالعه نیز نمونه‌های خاک از زیر پوشش درختچه‌ای برداشت شد که احتمالاً محل سقوط ذرات درشت از روی شاخ و برگ است. در واقع، سقوط قطرات بزرگ‌تر در زیر پوشش‌های درختی که لخت و بدون پوشش است، به تخریب خاکدانه‌ها و ناپایدار شدن ذرات رس در مقابل فرسایش منجر می‌شود که این موضوع می‌تواند هدررفت ذرات رس در زمان بارندگی‌ها و هنگام وزش بادها را به همراه داشته باشد. در مقابل، مقدار شن در کاربری جنگل طبیعی بیش از دیگر کاربری‌ها است و مقدار شن در این کاربری، به طور معنی‌داری بیش از ۱/۵ برابر مقدار آن در کاربری زراعی و حدود دو برابر بیش از درصد شن موجود در خاک اراضی کشاورزی رها شده است (شکل ۲ ب و ج). مساحت منطقهٔ مورد مطالعه آن قدر زیاد نبود که تفاوت در مقادیر درصد ذرات خاک، ناشی از اتفاقاتی غیر از تأثیرکاربری‌های مورد مطالعه باشد. در مورد سطح ویژهٔ ذرات نیز روندی مشابه با درصد رس در خاک مشاهده شد و بیشتر بودن مقدار رس در خود به افزایش سطح ویژه در خاک منجر می‌شود (شکل ۲ هـ). تغییر در توزیع اندازهٔ ذرات خاک در مطالعات مختلف نیز گزارش شده است (Zhai et al, 2020 & Nanganoa et al, 2019 & Moges et al, 2013) که تأثیر فرایندهای به هم‌خوردگی خاک در کاربری‌های مدیریت‌شده، تأثیر اندازه ذرات در فرایندهای فرسایشی، تأثیر جابه‌جایی رس در طول پروفیل خاک و افزودن مواد اصلاحی معدنی (شن‌های رودخانه‌ای و بادی) در خاک‌های کشاورزی، می‌تواند از دلایل تغییر در مقادیر درصد ذرات خاک در کاربری‌های مختلف باشد که تماماً به طور مستقیم و غیرمستقیم به تأثیر نوع مدیریت بر زمین مورد نظر ارتباط دارد.

نوع کاربری زمین، بر مقدار چگالی ظاهری خاک منطقهٔ مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری داشت (شکل ۳ الف). بر اساس برخی مطالعات، کاربری‌های دست‌نخورده به کاهش چگالی ظاهری خاک منجر می‌شود؛ اما در مطالعهٔ حاضر کمترین مقدار چگالی ظاهری خاک در کاربری‌های زراعی در مقایسه با دیگر کاربری‌ها مشاهده شد. مقدار چگالی ظاهری در کاربری زراعی، نخلستان، جنگل طبیعی و اراضی کشاورزی رها شده به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۳۲، ۱/۳۲ و ۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد. هر چند این ویژگی در کاربری زراعی تفاوت معنی‌داری با اراضی کشاورزی رها شدهٔ موجود در منطقه نداشت، از آنجایی که نمونه‌برداری در این تحقیق از لایهٔ سطحی خاک (صفر تا بیست سانتی‌متری) انجام شده بود، دلیل کم بودن این ویژگی در کاربری زراعی می‌تواند ناشی از شخم خوردن لایهٔ سطحی خاک باشد. در زمان نمونه‌برداری از خاک، مزرعهٔ مورد نظر در این مطالعه در مراحل ابتدایی رشد گیاه گندم بود و جوانه‌های گندم، تازه سر از خاک درآورده بودند که احتمالاً عملیات خاک‌ورزی نیز با افزایش حجم خاک به کاهش در مقدار چگالی ظاهری خاک منجر شده بود. دلیل کم

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

بودن چگالی ظاهری خاک در اراضی کشاورزی رها شده نیز احتمالاً به رها شدن این کاربری برای مدت زمان طولانی (بیش از بیست سال، بنا به گفتهٔ کشاورزان محلی) و تجمع بیشتر نمک در این خاک بازمی‌گردد که به افزایش حجم تودهٔ خاک و در نتیجه کاهش چگالی ظاهری آن منجر شده‌است. هر چند در برخی مطالعات گزارش شده‌است که تغییر کاربری اراضی از حالت طبیعی به مدیریت شده موجب افزایش مقدار چگالی ظاهری خاک می‌شود (Bizuhoraho et al, 2018 &Tellen and Yerima, 2018 & Moges et al, 2013)؛ اما در پژوهش حاضر بیشتر بودن مقدار چگالی ظاهری در کاربری جنگل طبیعی می‌تواند ناشی از بیشتر بودن مقدار ذرات درشت (شن) در خاک این کاربری باشد (شکل ۲). در واقع، افزایش چگالی ذرات خاک به افزایش مقدار چگالی ظاهری خاک منجر شده‌است. از طرفی، خاک زراعی نیز به دلیل عملیات شخم و تغییر در حجم تودهٔ آن می‌تواند تغییرپذیری بیشتری در چگالی ظاهری داشته باشد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

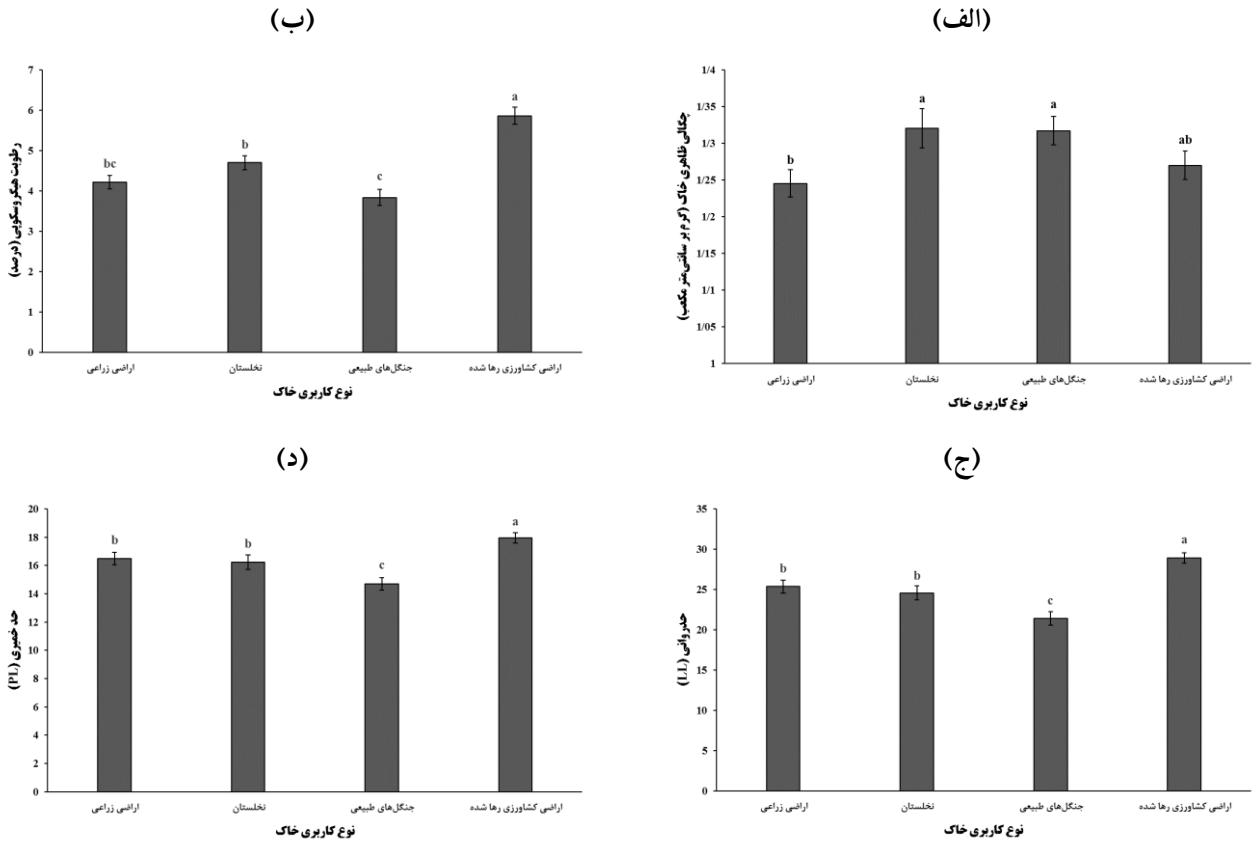


شکل ۲: الف) توزیع کلاس بافتی خاک‌های مورد مطالعه در مثلث بافت خاک، ب) تأثیر نوع کاربری‌های مورد مطالعه بر درصد ذرات رس، ج) سیلت، د) شن و هـ) سطح ویژهٔ خاک

رطوبت هیگروسکوپی خاک در این مطالعه به عنوان یکی از پارامترهایی که به مقدار زیادی تحت‌تأثیر ویژگی‌های فیزیکی خاک نظیر بافت و سطح ویژهٔ آن است، ارزیابی شد. رطوبت هیگروسکوپی خاک در کاربری‌های مختلف تفاوت معنی‌دار داشت و بیشترین مقدار آن در کاربری اراضی کشاورزی رها شده و کمترین مقدار آن در جنگل طبیعی مشاهده

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

شد (شکل ۳ ب). نتایج نشان داد که مقدار این پارامتر در کاربری زراعی، نخلستان، جنگل طبیعی و اراضی کشاورزی رها شده به ترتیب ۴/۲، ۴/۷، ۳/۸ و ۵/۹ درصد است. مشاهدهٔ تغییرات در مقدار رطوبت هیگروسکوپی در کاربری‌های مختلف با توجه به تغییرات مشاهده شده در توزیع اندازه ذرات، موضوع قابل پیش‌بینی است (Wuddivira et al, 2012). در این مطالعه نیز روند تغییرات مقدار رطوبت هیگروسکوپی در کاربری‌های مختلف، هم‌جهت‌با روند افزایش و کاهش مقدار رس و سطح ویژه در کاربری‌های مختلف مشاهده شد. در واقع، رطوبت هیگروسکوپی مقداری از رطوبت خاک است که به طور محکم و به صورت غشایی نازک در سطح ذرات خاک نگه‌داشته می‌شود (Prakash et al, 2016) و برای گیاه قابل دسترس نیست. این بخش از رطوبت خاک بیشتر توسط ذرات رس نگه‌داشته می‌شود و بنابراین، هر چه مقدار رس و سطح ویژهٔ خاک بیشتر باشد، مقدار رطوبت هیگروسکوپی خاک نیز بیشتر خواهد بود؛ نتیجه‌ای که در این تحقیق نیز مشاهده می‌شود و همبستگی مثبت بین مقدار رطوبت هیگروسکوپی با مقدار رس و سطح ویژه و همبستگی منفی این ویژگی با درصد شن و سیلت نیز این موضوع را نشان می‌دهد (جدول ۲). Wuddivira و همکاران (2012) نیز رابطهٔ مثبت بین مقدار رس و رطوبت هیگروسکوپی خاک را گزارش کردند.



شکل ۳: الف) مقدار چگالی ظاهری، ب) رطوبت هیگروسکوپی، ج) حد روانی و د) حد خمیری خاک در کاربری‌های مورد مطالعه

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

دو ویژگی فیزیکی دیگر مورد بررسی در این تحقیق، مربوط به حدود آتربرگ است و همان طور که در شکل ۳ (ج و د) نشان داده شده، روند تغییرات این دو ویژگی یکسان بوده‌است. بیشترین مقدار این دو ویژگی در کاربری اراضی کشاورزی رها شده و کمترین مقدار آن در کاربری جنگل طبیعی مشاهده می‌شود که اختلاف بین حد روانی در این دو کاربری حدود ۳۵ درصد و تفاوت میان حد خمیری در این دو کاربری حدود ۲۴ درصد است. حدود آتربرگ خاک نیز با مقدار رس موجود در خاک رابطهٔ مستقیمی دارد؛ در واقع، حدود آتربرگ تنها با وجود رس در خاک تعریف می‌شود و هر چه مقدار رس در خاک افزایش یابد، مقدار رطوبت حد روانی و حد خمیری خاک نیز افزایش می‌یابد (Atkinson, 2005). در مطالعهٔ حاضر، همبستگی بالای بین مقدار رس خاک در کاربری‌های مختلف با حد روانی و حد خمیری ($R>0.8$) و همبستگی منفی این ویژگی‌ها با مقدار شن و سیلت بیانگر همین موضوع است (جدول ۲). هر چند Zolfaghari (2014) در مطالعهٔ خود، فقدان همبستگی بین مقدار رس و حدود آتربرگ را گزارش کرده است؛ مطالعات دیگر (Polidori, 2007 & Keller and Dexter, 2012) همبستگی مثبتی بین مقدار رس در خاک و حدود آتربرگ را گزارش می‌کند که مطالعهٔ حاضر نیز این موضوع را تأیید می‌کند.

۴-۳- اثر کاربری‌های مختلف بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

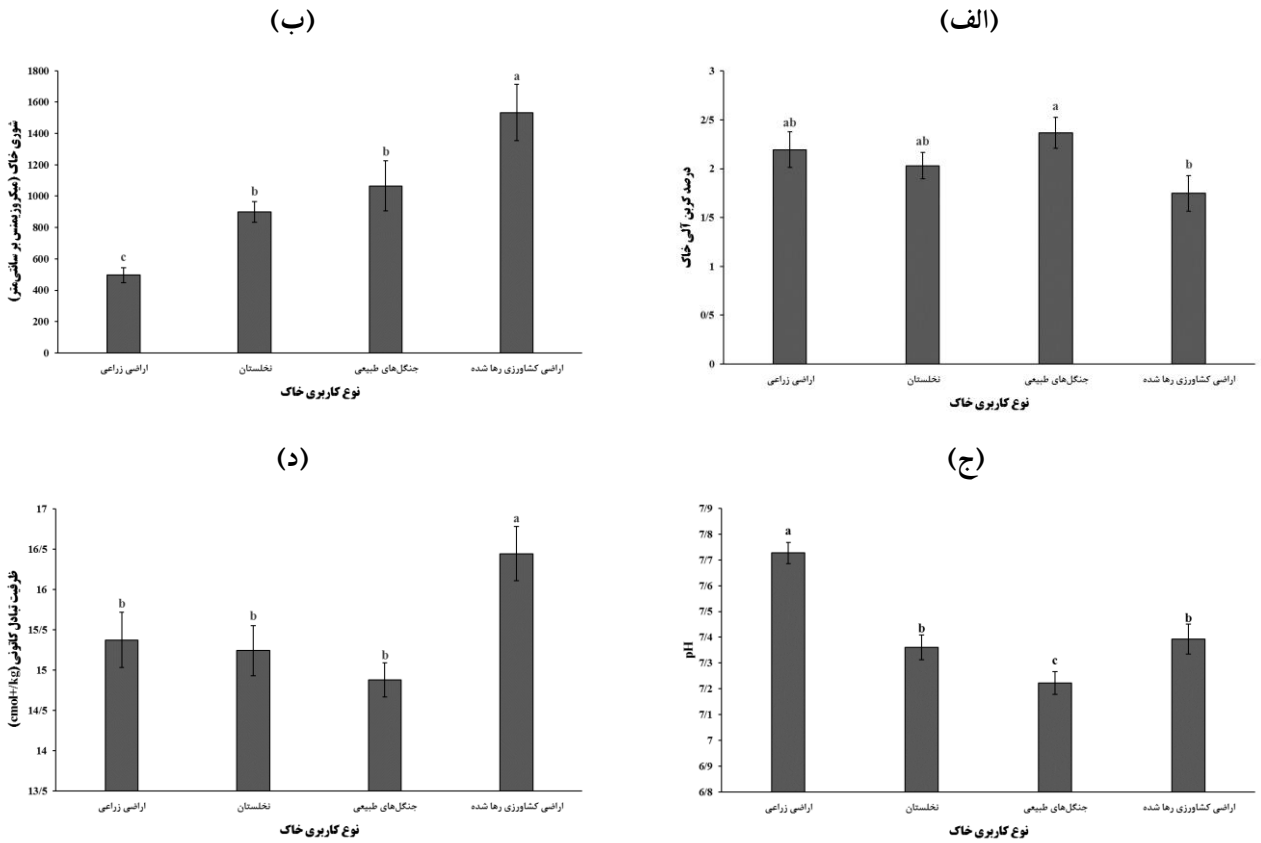
نوع کاربری زمین به تغییر در مقدار ماده آلی موجود در خاک منجر می‌شود (شکل ۴ الف). از این لحاظ، بیشترین مقدار ماده آلی در خاک زیر جنگل طبیعی مشاهده شد. هر چند تفاوت مقدار ماده آلی در این کاربری با خاک موجود در کاربری زراعی و نخلستان معنی‌دار نبود، مقدار ماده آلی در خاک زیر جنگل طبیعی به ترتیب حدود شانزده و هشت درصد بیش از کاربری نخلستان و زمین زراعی بود. در آن طرف، کمترین مقدار ماده آلی در خاک اراضی کشاورزی رها شده مشاهده شد. بالا بودن مقدار ماده آلی در خاک‌های جنگل طبیعی ناشی از لاشه‌ریزی است و در زمین‌های کشاورزی (نخلستان و زراعی) نیز می‌تواند ناشی از اثر به هم‌خوردگی خاک، یکنواختی توزیع ماده آلی در پروفیل خاک و استفاده از کودهای آلی در کاربری نخلستان باشد. در کاربری اراضی کشاورزی رها شده نیز تجمع نسبی املاح و وجود شوری بیشتر (شکل ۴ ب)، حاصلخیزی کمتری در خاک ایجاد کرده‌است که این موضوع، رشد گیاه در این کاربری را محدود می‌کند و در نتیجه دلیل کمتر بودن مقدار ماده آلی در این خاک، تراکم کم پوشش گیاهی در این کاربری و در نتیجه تولید ماده آلی کم است. به نظر می‌رسد کاربری اصلی و اولیه در این منطقه، جنگل طبیعی است که سال‌ها در این منطقه وجود داشت. طبق بیان اهالی و کشاورزان، کاربری اراضی کشاورزی رها شده در این منطقه نیز حاصل رها شدن زمین‌های کشاورزی در سال‌های دور (حداقل بیش از بیست سال قبل) است و در این منطقه با رها شدن این زمین‌ها، بوته‌های گیاه شورک در خاک به صورت طبیعی رشد می‌کند. از این لحاظ Jafari و همکاران (2006) با مطالعهٔ مقدار ماده آلی در خاک مناطق مختلف و کاربری‌های متفاوت، به این نتیجه رسیدند که خاک موجود در مراتع دست‌نخورده در مقایسه با مناطق دست‌خورده به ویژه مناطق دیم‌کاری بیشتر است و دلیل این موضوع، به دخالت نکردن انسان در محیط بازمی‌گردد که به ذخیرهٔ ماده آلی در خاک کمک می‌کند.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

Boroumand و همکاران (2014) در بررسی تغییر کاربری اراضی بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقهٔ سمسکنده ساری، به این نتیجه رسیدند که خاک موجود در کاربری جنگل به عنوان یک کاربری دست‌نخورده، بیشترین مقدار کربن آلی را داشت و خاک موجود در کاربری دیم دارای کمترین مقدار کربن آلی بود. این محققان، عملیات خاک‌ورزی را سبب مخلوط شدن لایه‌های زیرین خاک با درصد کربن آلی کمتر با خاک‌رویی و در نتیجه کاهش کربن آلی خاک سطحی دانستند؛ با این حال، خاک موجود در شالیزار به دلیل شرایطی که به وجود آورده‌است، به طور معنی‌داری مقدار کربن آلی بیشتری نسبت به کاربری دیم دارد.

به طور کلی، عقیده بر این است که کاربری اراضی و مدیریت آن بر میزان کربن آلی ذخیره شده در خاک تأثیر می‌گذارد (Deng et al, 2018) و تبدیل یک اکوسیستم طبیعی به اراضی زراعی می‌تواند سهم کربن آلی را که در خاک به صورت پایدارتری تثبیت شده‌است، کاهش دهد و استفادهٔ بهینه از اراضی مانند تبدیل مزارع نامرغوب به جنگل‌ها یا مراتع نیز می‌تواند به بهبود ذخیرهٔ کربن منجر شود و در نهایت از سطح CO_2 اتمسفر بکاهد که این موضوع می‌تواند اثرات سوء ناشی از تغییرات اقلیمی را نیز کاهش دهد. با این وجود، چنین تأثیراتی به طیف وسیعی از ویژگی‌های خاک مانند حاصلخیزی، چگالی ظاهری و میزان تأمین رطوبت در خاک بستگی دارد. هر چند ماده آلی خاک، شاخصی کلیدی از حاصلخیزی خاک و شاخص بحرانی برای بهره‌وری اکوسیستم است، اما در مطالعهٔ حاضر همان طور که نتایج نشان می‌دهد (شکل ۴)، اراضی کشاورزی رها شده مقدار نسبی کمتری از ماده آلی دارد و بیشتر بودن نسبی این ماده در کاربری‌های اراضی زراعی این مطالعه می‌تواند ناشی از ریزش‌های برگی، کاه و کلش رها شده در طول دورهٔ رشد گیاه و استفاده از کودهای دامی (به ویژه در کاربری نخلستان که به طور معمول در خاک مورد مطالعه از کود گاوی استفاده می‌شود) باشد؛ اما ارزیابی نوع ماده آلی در منطقهٔ مورد مطالعه در صورت لزوم به مطالعات بیشتری نیاز دارد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]



شکل ۴: الف) درصد ماده آلی، ب) شوری، ج) اسیدیته pH و د) ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه

شوری و اسیدیتهٔ خاک، از ویژگی‌های مهم در بیان حاصلخیزی یک خاک محسوب می‌شود و به مقدار زیادی، بیانگر باروری خاک و توان رشد گیاه در آن است. این ویژگی‌ها دو شاخص کیفیت خاک است که در ارزیابی و اقدامات لازم برای بهبود شرایط ناشی از تخریب خاک اهمیت دارد. این ویژگی‌ها می‌تواند به دلیل به هم‌خوردگی خاک در اثر تغییر کاربری و کاربرد مواد مختلف در کاربری‌های مدیریت شده، تحت‌تأثیر نوع کاربری و تغییر کاربری اراضی تغییر کند (Manandhar and Odeh, 2014). نتایج این تحقیق گرچه نشان داد که تمام خاک‌ها در محدودهٔ خاک‌های غیرشور قرار دارد، خاک موجود در کاربری اراضی کشاورزی رها شده تجمعی از املاح است و مقدار شوری بیشتری نسبت به سه کاربری دیگر دارد (شکل ۴ ب). در این بین، کاربری زراعی کمترین مقدار هدلیت الکتریکی را دارد و این مقدار در مقایسه با دیگر کاربری‌ها معنی‌دار است. احتمالاً استفاده از مدیریت آبیاری غرقابی در کشت گندم و به هم‌خوردگی خاک، به آب‌شویی املاح سطحی موجود در خاک و در نتیجه کاهش مقدار شوری در این خاک منجر شده‌است؛ اما در مقابل، خاک موجود در نخلستان با توجه به استفادهٔ زیاد از کودهای دامی ــ که در زمان نمونه‌برداری در سطح خاک قابل مشاهده بود و با سؤال از باغداران نیز کاربرد کود دامی گاوی در باغ مورد مطالعه در سال‌های متوالی تأیید شد ــ مقدار تجمع املاح در آن نسبت به خاک زراعی بیشتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که ارزیابی سالانهٔ مقدار شوری خاک در پی کاربرد سالانهٔ مواد مختلف نظیر کودهای دامی و شیمیایی در مباحث مدیریت پلیدار خاک اهمیت ویژه‌ای دارد. در این رابطه

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

BiroTurk and Aljughaiman (2020) نیز معتقدند مقدار شوری در خاک نخلستان در مقایسه با کاربری زراعی بیشتر است.

بررسی آماری مقدار اسیدیتهٔ خاک نیز تأثیر معنی‌دار کاربری‌های مختلف را بر این ویژگی نشان می‌دهد (شکل ۴ ج). اختلاف بین بیشترین مقدار pH (در خاک موجود در کاربری زراعی) و کمترین مقدار آن (در خاک موجود در کاربری جنگل طبیعی) حدود ۰/۵ واحد است. اضافه شدن کودهای مختلف، ریزش برگ‌ها و بقایای مختلف گیاهی و نوع مدیریت آبیاری در کاربری‌های مختلف نیز می‌تولند بر مقدار مواد اسیدی و قلیایی در خاک و در نتیجه تغییر مقدار pH آن تأثیر داشته باشد. Manandhar and Odeh (2014) نیز مقدار pH در کاربری درختچه‌ای و جنگلی را کمتر از کاربری‌های کشاورزی (تاکستان) و مرتع گزارش کردند. آنها معتقدند دلیل بالا بودن مقدار pH در کاربری مدیریت شدهٔ مورد مطالعه (یعنی تاکستان)، ناشی از تفاوت در مدیریت متفاوت در این کاربری نسبت به دیگر کاربری‌ها و احتمال تفاوت در ویژگی‌های ذاتی خاک است. اما در مقابل، Tellen and Yerima (2018) بیان کردند که تغییر کاربری از جنگل به کشاورزی به کاهش مقدار pH خاک منجر شده‌است.

یکی دیگر از ویژگی‌های شیمیایی مهم مورد بررسی در این تحقیق، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) است که طبق نتایج این تحقیق تفاوت بین مقدار آن در کاربری زراعی (۱۵/۴)، نخلستان (۱۵/۲) و جنگل طبیعی (۱۴/۹) معنی‌دار نبود، اما مقدار این پارامتر در اراضی کشاورزی رها شده (۱۶/۴)، بیشترین مقدار و تفاوت بین آن و سایر کاربری‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود (شکل ۴ د). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به سطح ویژه و مقدار رس در خاک وابستگی زیادی دارد که با افزایش مقدار این ویژگی‌ها، تعداد بارهای منفی و در نتیجه مکان‌های قابل تبادل در خاک افزایش می‌یابد و این موضوع، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را در پی دارد (Uzochukwu, 2019). همبستگی مثبت معنی‌دار و قوی بین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی با درصد رس (۰/۷۲) و سطح ویژه (۰/۷۵) در این تحقیق هم‌با نتایج دیگر محققان همخوانی دارد (جدول ۲)؛ همبستگی منفی این ویژگی با درصد ذرات درشت‌تر (شن و سیلت) نیز تأثیر منفی حضور و افزایش این ذرات بر تراکم بارهای منفی در خاک را نشان می‌دهد. در این بین، نکتهٔ قابل توجه فقدان همبستگی مثبت بین ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار ماده آلی خاک است که برخلاف نتیجهٔ مطالعات متعددی است که تأثیر مثبت حضور مواد آلی در خاک را بر ظرفیت تبادل کاتیونی آن گزارش کرده بودند (Ramos et al, 2018 & Solly et al, 2020 & Schnitzer, 1965). Drake and Motto (1982) معتقدند تأثیر حضور مواد آلی بر تبادل کاتیونی خاک، به کلاس بافتی خاک و مقدار حضور رس و ذرات درشت‌تر بستگی دارد. همچنین آنها مشاهده کردند که مقدار تأثیر حضور مواد آلی بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در خاک‌های درشت‌بافت در مقایسه با خاک‌های ریزبافت بیشتر قابل مشاهده است (Drake and Motto, 1982) که این موضوع می‌تواند در مورد این مطالعه نیز صدق کند؛ از آن‌جایی که خاک اکثر نمونه‌های مورد مطالعه در محدودهٔ خاک‌های ریزبافت است (شکل ۲) و با توجه به اینکه مقدار متوسط رس در خاک‌های مورد مطالعه بیش از ۳۷ درصد می‌باشد (جدول ۱)، حضور مواد آلی در خاک بر همبستگی بین این ویژگی با ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تأثیر چندانی ندارد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

۴-۴- توصیف زمین‌آماری داده‌ها

بررسی وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها اهمیت خاصی دارد و معمولاً اولین گام در مطالعات آماری و زمین‌آماری، بررسی وضعیت توزیع داده‌ها است. در صورتی که توزیع داده‌ها نرمال یا نزدیک به نرمال باشد، روش‌های تخمینی ــ که از آن در زمین آمار استفاده می‌شود ــــ دقت بالاتری دارد (Sedaghati, 1998). تست نرمالیتهٔ داده‌ها به وسیلهٔ آزمون کولموگروف ــــ اسمیرونوف نیز انجام می‌شود که نتایج آن نشان می‌دهد تمامی متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی زمین‌آماری (Clay، LL، PL، HW، CEC و SSA)، توزیع نرمال دارد. علاوه بر این، مقادیر چولگی ارائه شده در جدول ۱ نیز نتایج آزمون نرمالیته را تأیید می‌کند.

جدول ۲: ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

	BD	pH	EC	OM	Sand	Silt	Clay	LL	PL	PI	HW	CEC	SSA
Bd	۱												
pH	-۰/۰۸	۱											
EC	۰/۱۵	-۰/۲۶**	۱										
OM	-۰/۱۵	-۰/۰۲	-۰/۱۳	۱									
Sand	۰/۲۱ *	-۰/۳۰**	۰/۱۷	۰/۱۳	۱								
Silt	-۰/۰۰۱	-۰/۰۵	۰/۲۳*	۰/۱۶	-۰/۰۳	۱							
Clay	-۰/۱۷	۰/۲۸**	-۰/۲۷**	-۰/۲۱ *	-۰/۸۱**	-۰/۵۶**	۱						
LL	-۰/۱۰	۰/۲۰*	-۰/۱۸	-۰/۱۴	-۰/۷۴**	-۰/۴۹**	۰/۸۹**	۱					
PL	-۰/۰۵	۰/۲۴*	-۰/۱۴	-۰/۱۰	-۰/۶۸**	-۰/۴۵**	۰/۸۳**	۰/۹۴**	۱				
PI	-۰/۱۳	۰/۱۳	-۰/۱۸	-۰/۱۶	-۰/۷۱**	-۰/۴۶**	۰/۸۵**	۰/۹۴**	۰/۷۷**	۱			
HW	-۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۳۰**	-۰/۵۶**	-۰/۴۰**	۰/۷۰**	۰/۶۶**	۰/۶۰**	۰/۶۴**	۱		
CEC	-۰/۱۷	۰/۳۲**	-۰/۲۲ *	-۰/۰۴	-۰/۵۹**	-۰/۴۰**	۰/۷۲**	۰/۶۵**	۰/۶۴**	۰/۵۸**	۰/۵۷**	۱	
SSA	-۰/۱۶	۰/۳۱**	-۰/۲۵ *	-۰/۱۱	-۰/۷۵**	-۰/۵۹**	۰/۹۶**	۰/۸۸**	۰/۸۱**	۰/۸۴**	۰/۶۹**	۰/۷۵**	۱

BD: جرم مخصوص ظاهری، pH: اسیدیته، EC: شوری، OM: ماده آلی، Sand: شن، Silt: سیلت، Clay: رس، LL: حد روانی، PL: حد خمیری، PI: شاخص خمیری، HW: رطوبت هیگروسکوپی، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی و SSA: سطح ویژه.

تشخیص ناهمسان‌گردی در کریجینگ نیز اهمیت خاصی دارد. در مورد خصوصیات خاک مورد مطالعه در هیچ کدام از حالت‌ها، ناهمسان‌گردی مشاهده نشد؛ زیرا پیوستگی مکانی مقادیر مربوط به متغیرهای مورد بررسی در جهات مختلف جغرافیایی یکسان بود. این موضوع نشان می‌دهد که تغییرات، به فاصلهٔ بین نمونه‌ها بستگی دارد؛ بنابراین، بیانگر آن است که همسان‌گردی در داده‌ها در کل سطح منطقهٔ مورد مطالعه پایدار است.

تغییرنما یک متغیر پیوسته و ابزار اساسی است که در روش‌های مختلف کریجینگ برای تخمین مقادیر آن در مکان‌های نمونه‌برداری نشده به کار می‌رود؛ بنابراین، تعیین دقیق الگوی تغییرنما و پارامترهای آن شامل اثر قطعه‌ای، آستانه و دامنهٔ تأثیر اهمیت زیادی دارد. همچنین با استفاده از تغییرنما می‌توان تغییرات مکانی خصوصیات خاک را ارزیابی کرد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

پارامترهای تغییرنمای خصوصیات مورد مطالعه به همراه مدل‌های برازش داده شدهٔ آنها، در جدول ۳ ارائه شده‌است. قابل توجه است که در همهٔ متغیرها مدل کروی به دست آمد. مدل کروی از جمله معمول‌ترین مدل‌های زمین آماری در مورد خصوصیات خاک است (Cetin and Kirda, 2003).

کنترل اعتبار در واقع، تخمین هر نقطهٔ نمونه‌برداری شده در یک ناحیه با استفاده از نمونهٔ همسایه (بدون در نظر گرفتن خود آن نمونه) با روش کریجینگ است. در این مرحله از تحقیق حاضر پس از تعیین مدل واریوگرام‌های متغیرهای مورد مطالعه، صحت الگوی برازش داده شده توسط آنالیز خطای تخمین بررسی شد؛ به این ترتیب که میانگین خطای تخمین بایستی برابر با صفر یا نزدیک به صفر باشد و میانگین مربعات خطای تخمین حداقل شود و بر این اساس، واریوگرام معتبر برای اجرای کریجینگ انتخاب می‌شود. در این مطالعه با استفاده از سعی و خطا، مناسب‌ترین الگوهای تغییرنمای متغیرهای مورد مطالعه تعیین شد و خطای تخمین آنها با استفاده از آزمون ME و RMSE به‌دست آمد. یک الگو به عنوان بهترین الگو برای تهیهٔ نقشه‌های کریجینگ انتخاب شد که نتایج برای پارامترهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده‌است.

جدول ۳: پارامترهای تغییرنما و معیارهای انتخاب مدل و کنترل اعتبار خصوصیات خاک

متغیر	Model	Nugget	Sill	Range	Spatial class	ME	RMSE
Clay	کروی	۴۹/۴	۱۳۰	۹۴۶	M	۰/۰۰۲	۸/۵
LL	کروی	۹/۲	۱۶/۱	۳۸۸	M	۰/۰۲	۲/۸
PL	کروی	۳/۲	۳/۳	۳۶۰	M	۰/۰۰۴	۲/۱
HW	کروی	۰/۶۳	۰/۹۹	۴۱۷	M	۰/۰۱	۰/۹۸
CEC	کروی	۱/۵	۱/۴	۲۸۸	M	۰/۰۰۲	۱/۵
SSA	نمایی	۱۰۹۲	۱۳۴۴	۷۴۶	M	۰/۲۴	۳۵/۵

اثر قطعه‌ای (Nugget)، سقف (Sill)، دامنهٔ تأثیر (Range)، کلاس مکانی (Spatial class)، میانگین خطا (ME)، میانگین مجذور خطا (RMSE) و کلاس همبستگی مکانی متوسط (M)

یکی از پارامترهای تغییرنما، اثر قطعه‌ای است. اثر قطعه‌ای برگرفته از عواملی مانند تغییرات مشخصهٔ مورد بررسی در فواصل کمتر از کوتاه‌ترین فاصلهٔ نمونه‌برداری، خطاهای آزمایشگاهی و اندازه‌گیری و دیگر تغییرات پیش‌بینی‌ناپذیر است. اثر قطعه‌ای صفر در واقع بیانگر یک پیوستگی مکانی بین نقاط مجاور است. همچنین آنالیز تغییرنما را برای خصوصیات خاک نشان می‌دهد که دامنهٔ تأثیر آنها تغییرپذیری دارد. دامنهٔ تأثیر تغییرنماها از ۲۸۸ متر برای ظرفیت تبادل کاتیونی تا ۹۴۶ متر برای درصد رس خاک در نوسان است. به‌طور کلی، دامنهٔ تأثیر فاصله‌ای است که نمونه‌ها در فاصله‌ای بیش از آن بر هم تأثیری ندارند و آنها را می‌توان مستقل از یکدیگر محسوب کرد. چنین فاصله‌ای حد همبستگی خصوصیت مورد نظر را مشخص می‌کند و اطلاعاتی دربارهٔ حد مجاز فاصلهٔ نمونه‌برداری ارائه می‌دهد.

به‌منظور تعیین کلاس وابستگی مکانی متغیرهای خاک، از نسبت بین واریانس اثر قطعه‌ای به واریانس کل استفاده شد. در این نسبت که نسبت همبستگی نام دارد و معمولاً به صورت درصد نشان داده می‌شود، واریانس اثر قطعه‌ای به‌صورت

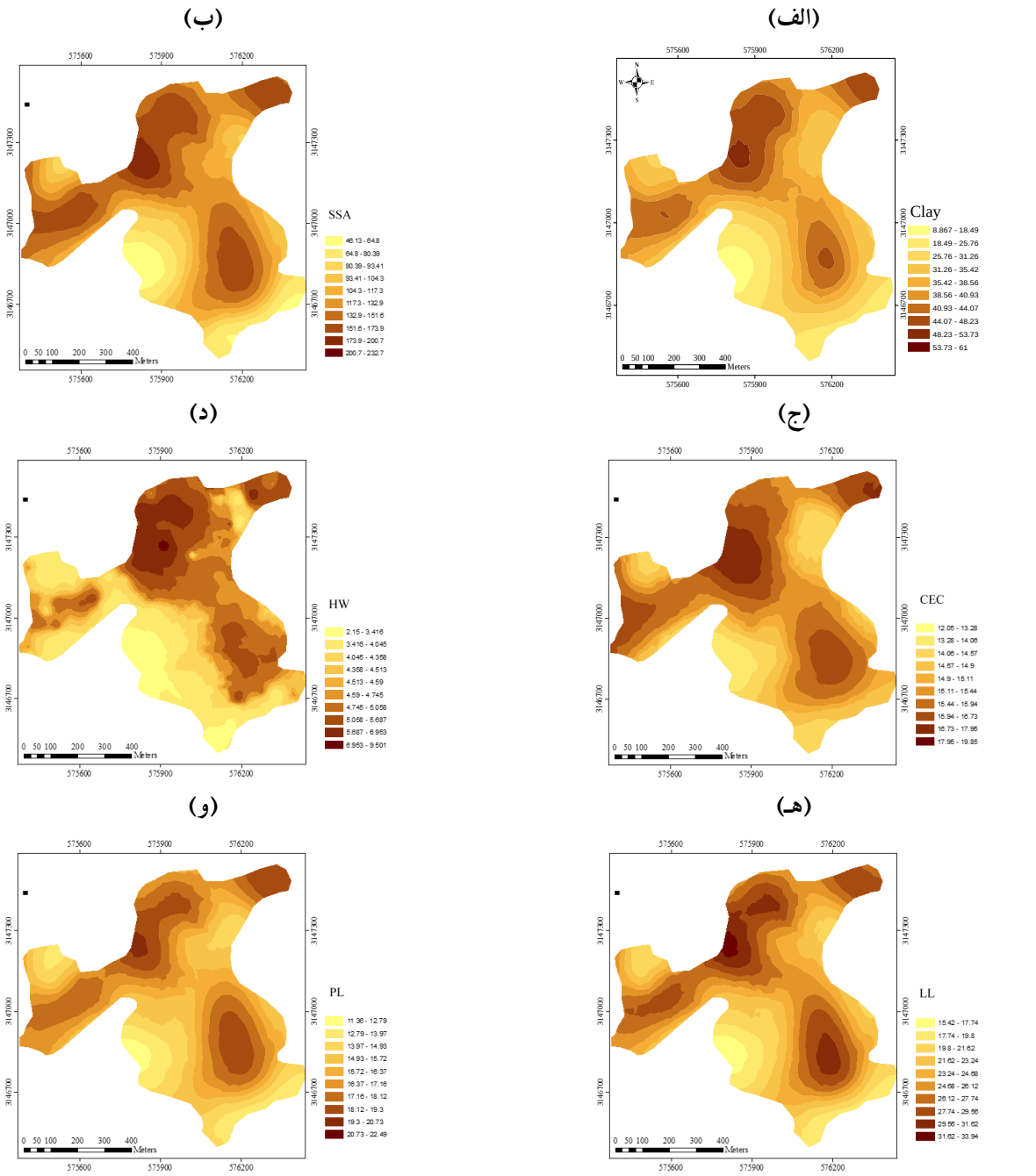
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

درصدی از واریانس کل بیان می‌شود. در این رابطه، واریانس کل از مجموع مقادیر اثر قطعه‌ای و مقدار آستانه به دست می‌آید. چنانچه این نسبت کمتر از ۲۵٪ باشد، وابستگی مکانی قوی را نشان می‌دهد، اگر بین ۲۵٪ و ۷۵٪ قرار گیرد بیانگر وابستگی مکانی متوسط است و چنانچه این نسبت از ۷۵٪ بیشتر باشد، وابستگی مکانی ضعیفی را نشان خواهد داد. کلاس همبستگی برای خصوصیات خاک مورد مطالعه نیز نشان داد که همهٔ متغیرها، کلاس همبستگی متوسط دارند (جدول ۳).

با استفاده از اطلاعات حاصل از محاسبات تغییرنماها و روش برآورد آماری کریجینگ، پهنه‌بندی متغیرهای مختلف انجام شد. نقشهٔ کریجینگ برخی از ویژگی‌های شاخص‌تر مورد مطالعه که همبستگی منطقی و مشخصی با هم داشتند نیز در شکل ۵ نشان داده شده‌است.

همان گونه که در نقشه‌های کریجینگ مشاهده می‌شود، توزیع تمامی متغیرها پیوسته است و به موقعیت جغرافیایی مشاهدات بستگی دارد. بنابراین، نقشه‌های حاصل نشان می‌دهد که خصوصیات خاک در منطقهٔ مورد مطالعه فاقد الگوی تصادفی است و پراکنش مکانی دارد. با توجه به نقشه‌های کریجینگ ویژگی‌های خاک مورد مطالعه، در کاربری اراضی کشاورزی رها شده و جنگل طبیعی به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این خصوصیات مشاهده می‌شود که این نتایج با نتایج شکل‌های ۳ و ۴ تطابق دارد. تغییرات موجود در منطقه نیز بیشتر تحت‌تأثیر تغییر در مقدار توزیع اندازه ذرات خاک (مقدار رس) است.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]



شکل ۵: الف) نقشهٔ کریجینگ درصد رس خاک، ب) سطح ویژه، ج) ظرفیت تبادل کاتیونی، د) رطوبت هیگروسکوپی، هـ) حد روانی، و) حد خمیری خاک در منطقهٔ مورد مطالعه

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

نوع کاربری و نحوهٔ مدیریت اراضی به تغییر در ویژگی‌های خاک منجر می‌شود؛ موضوعی که به نظر می‌رسد باید در نقاط مختلف کشور قابل توجه قرار گیرد تا از تخریب‌های بی‌رویهٔ خاک در مناطق مختلف جلوگیری شود. به طور کلی، کاربری‌های طبیعی به دلیل فقدان به هم‌خوردگی خاک می‌تواند بیش از سایر انواع کاربری‌ها موجب حفاظت خاک شود؛ اما در این مطالعه، اراضی کشاورزی رها شده (بوته‌زار) ـــ که پیش‌تر به عنوان اراضی زراعی مورد استفاده بود ـــ به دلیل مشکلات کمبود آب یا مشکلات مالکیت اراضی، دیگر کشت نمی‌شد و شرایط خاک آنها در مقایسه با سایر کاربری‌ها چندان مناسب نبود. این منطقه به دلیل ویژگی‌های مورد ارزیابی و شیب زمین، قابلیت و استعداد مناسبی برای کشاورزی داشت و اراضی کشاورزی رها شده نیز به دلیل رها شدن، از نظر حاصلخیزی (شوری و مقدار ماده آلی) ویژگی‌های نامناسب‌تری داشت که بهتر بود این منطقه با گونه‌های مقاوم طبیعی احیا شود و اگر این امکان وجود ندارد، از آن (اراضی زراعی) به صورت مدیریت شده استفاده شود. کاربری جنگل طبیعی نیز به دلیل گستردگی زیاد در نقاط مختلف منطقه (حتی خارج از منطقهٔ مورد مطالعه)، به عنوان کاربری اولیه در این منطقه شناسایی شد که خاک آن در اکثر ویژگی‌ها کیفیت بهتری داشت و توصیه می‌شود مدیران منطقه‌ای با حفاظت از این جنگل‌های طبیعی بر حفظ این نوع کاربری در منطقه تلاش کنند؛ هر چند سودجویی موقت انسان غالباً به تغییر کاربری اراضی منجر خواهد شد، اتفاقی که در این منطقه به وفور موجب حذف این درختان شده‌است. اما برای حفاظت خاک نیز باید از شیوه‌های مناسب مدیریت زمین در این اکوسیستم کشاورزی استفاده شود. نظارت بر کیفیت خاک در تغییر کاربری اراضی باید به‌طور منظم (هر چند سال یک بار) و به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از شیوه‌های مدیریت کشاورزی انجام شود.

منابع

1. Akinde, B. P.; Olakayode, A. O.; Yedele, D. J.; & F. O. Tijani, 2020. Selected physical and chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife, Nigeria, *Heliyon*, 6: e05090.
2. Allison, L. E., & C. D. Moodie., (1965). Carbonate. PP. 1379-1396. In: Black, C.A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part2. American Society of Agronomy, Madison, WI.
3. Andrews, S. S.; Karlen, D. L.; & J. P. Mitchell, 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California, *Agriculture, ecosystems & environment*, 90(1), 25-45.
4. Anonymous, 2015. Geotechnical Test Method: Test method for liquid limit, plastic limit, and Plasticity index. GTM-7 - Revision 2, State of New York, Department of Transportation, Geotechnical Engineering Bureau.
5. Asadian, M.; Hojati, M.; pormagidian, M.; & A. Falah, 2013. The effect of different types of land use on soil quality in Alandan forest of Sari, *Physical Geography Research*, 45(3), 65-76. (In Persian)
6. ASTM., 2017. ASTM D4318-17e1, Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils, ASTM International, 2017, West Conshohocken, PA.
7. Atkinson, J., 2005. Soil Mechanics, In: R.C. Selley, L.R.M. Cocks and I.R. Plimer (Eds.) *Encyclopedia of Geology*, 184–193.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

8. Biro Turk, Kh. G., & A. S. Aljughaiman., (2020). Land use/land cover assessment as related to soil and irrigation water salinity over an oasis in arid environment. *Open Geosciences*. 12, 220-231.
9. Bizuhoraho, Th.; Kayiranga, A.; Manirakiza, N.; & Kh.A. Mourad, 2018. The effect of land use systems on soil properties; A case study from Rwanda. *Sustainable Agriculture Research*, 7(2), 30-40.
10. Blake, G. R., & K. H. Hartge., (1986). Bulk density. In: Klute, A., (Ed.), PP 363-382, Methods of Soil Analysis, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison.
11. Boroumand, M.; Ghajar Sepanlu, M.; & M. A. Bahmanyar, 2014. The Effect of Land use Change on Some of the Physical and Chemical Properties of Soil (Case Study: Semeskande Area of Sari*)*, *Journal of Watershed Management Research*, 5(9), 78-94. (In Persian)
12. Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil, *Agronomy Journal*, 54, 464-465.
13. Bower, C. A.; Reitemeier, R. F.; & M. Fireman, 1952. Exchangeable Cation Analysis of Saline and Alkali Soils, *Soil Science*, 73, 251-261.
14. Cetin, M., & C. Kirda., (2003). Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *Journal Hydrology*. 272, 238-249.
15. Deng, L.; Wang, K.; Zhu, G.; Liu, Y.; Chen, L.; & Z. Shangguan, 2018. Changes of soil carbon in five land use stages following 10 years of vegetation succession on the Loess Plateau, China, *Catena*, 171, 185-192.
16. Di Bella, C. E.; Jacobo, E. J.; Golluscio, R. A.; & A. M. Rodríguez, 2014. Effect of cattle grazing on soil salinity and vegetation composition along an elevation gradient in a temperate coastal salt marsh of Samborombón Bay (Argentina), *Wetlands Ecology and Management*, 22(1), 1-13.
17. Drake, E. H., & H. L. Motto., (1982). An Analysis of the effect of clay and organic matter content on cation exchang capacity of New Jersey soil. *Soil Science*. 133(5), 281-288.
18. Ebabu, K.; Tsunekawa, A.; Haregeweyn, N.; Adgo, E.; Meshesh, D. T.; Aklog, D.; Masunaga, T.; Tsubo, M.; Sultand, D.; Fenta, A. A., & M. Yibeltal, 2020. Exploring the variability of soil properties as influenced by land use and management practices: A case study in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia, *Soil & Tillage Research*, 200, 104614.
19. Ellis, E. C., 2021. Land Use and Ecological Change: A 12,000-Year History, *Annual Review of Environment and Resources*, 46,1-33.
20. FAO, 2019. Standard operating procedure for soil organic carbon Walkley-Black method: Titration and colorimetric method, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 27 Pages.
21. Geißler, C.; Kühn, P.; Böhnke, M.; Bruelheide, H.; Shi, X.; & T. Scholten, 2012. Splash erosion potential under tree canopies in subtropical SE China, *Catena*, 91, 85-93.
22. Jafari, M.; Azarnivand, H.; Souri, M.; & M. Sardari Mehrabad, 2006. Sdudy of organic matter content variation agricultural lands (Case study: Kermanshah province), *Pajouhesh and Sazandegi*, 71, 19-24. (In Persian)
23. Keller, T., & A. R. Dexter., (2012). Plastic limits of agricultural soils as functions of soil texture and organic matter content. *Soil Research.* 50, 7-17.
24. Lal, R., 2003. Cropping systems and soil quality, *Journal of crop production*, 8(1-2), 33-52.
25. Lopez Granados, F.; Jurado Exposito, M.; Atenciano, S.; Garcia Ferrer, A.; De La Orden M. S.; & L. Garcia Torres, 2002. Spatial variability of agricultural soil parameter in southern Spain, *Plant Soil*, 246, 97-105.
26. Manandhar, R., & I. O. A. Odeh., (2014). Interrelationships of land Use/cover vhange and topography with soil acidity and salinity as indicators of land degradation. *Land*. 3, 282-299.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

27. Marzaioli, R.; Ascoli, R. D.; De Pascale, R. A.; & F. A. Rutigliano, 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types, *Applied Soil Ecology*, 44, 205-212.
28. Matheron, G., 1963. Principles of geostatistics: *Economic Geology*, 58, 1246-1266.
29. Moges, A.; Dagnachew, M.; & F. Yimer, 2013. Land use effects on soil quality indicators: A case study of Abo-Wonsho southern Ethiopia, *Applied and Environmental Soil Science*, 2013, 784989.
30. Nanganoa, L. T.; Okolle, J. N.; Missi, V.; Tueche, J. R.; Levai, L. D., & J. N. Njukeng, 2019. Impact of different land-use systems on soil physicochemical properties and macrofauna abundance in the humid tropics of Cameroon, *Applied and Environmental Soil Science*, 2019, 5701278.
31. Pennell, K. D., 2002. Specific Surface Area. PP. 295-315. In: Jacob H. Dane, G. Clarke Topp (Eds.), Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods, 5.4. Soil Science Society of America, Madison, WI.
32. Polidori, E., 2007. Relationship between the atterberg limits and clay content, *Soils and Foundations*, 47(5), 887-896.
33. Prakash, K.; Sridharan, A.; & S. Sudheendra, 2016. Hygroscopic moisture content: determination and correlations, *Environmental Geotechnics*, 3(5), 293-301.
34. Ramos, F. T.; de Carvalho Dores, E. F.; Dos Santos Weber, O. L.; Beber, D. C.; Campelo Jr, J. H, & J. C. de Souza Maia, 2018. Soil organic matter doubles the cation exchange capacity of tropical soil under no-till farming in Brazil, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3595-3602.
35. Rhoades, J. D., 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-436. In: D.L. Sparks. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 3-Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Madison, WI.
36. Richards, L. A., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. USDA Handbook. No, 60, U.S. Government printing office: Washington, Dc, 84.
37. SAS Institute Inc, 2005. SAS/Genetics TM 9.1.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
38. Schnitzer, M., 1965. Contribution of organic matter to the cation exchange capacity of soils, *Nature*, 207, 667-668.
39. Sedaghati, M., 1998. Statistical methods in agricultural sciences and natural resources research. 1st ed. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
Soil Survey Staff, 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. United States Department of Agriculture, Washington, pp. 337.
40. Solly, E. F.; Weber, V.; Zimmermann, S.; Walthert, L.; Hagedorn, F., & M. W. I. Schmidt, 2020. A Critical Evaluation of the Relationship Between the Effective Cation Exchange Capacity and Soil Organic Carbon Content in Swiss Forest Soils, *Journal Frontiers in Forests and Global Change*, 3, 98.
41. SPSS Inc. Released, 2009. PASW Statistics for Windows, Version 18.0. Chicago: SPSS Inc.
42. Tellen, V. A., & B. P. K Yerima., (2018). Effects of land use change on soil physicochemical properties in selected areas in the North West region of Cameroon. *Environmental System Research*. 7(1)(3), 1-29.
43. Uzochukwu, C. U., 2019. Characteristics of clay minerals relevant to bioremediation of environmental contaminated systems. In M. Mercurio, B. Sarkar and A. Langella (Eds.), *Modified Clay and Zeolite Nanocomposite Materials: Environmental and Pharmaceutical Applications*, Pages 219-242, Elsevier.
44. Wuddivira, M. N.; Robinson, D. A.; Lebron, I.; Bréchet, L.; Atwell, M.; De Caires, S.; Oatham, M.; Jones, S. B.; Abdu, H.; Verma, A. K., & M. Tuller, 2012. Estimation of soil clay content from

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

hygroscopic water content measurements, *Soil Science Society of America Journal (Soil Physics)*, 76(5), 1529-1535.
45. Zhai, J.; Song, Y.; Entemake, W.; Xu, H.; Wu, Y.; Qu, Q., & Sh. Xue, 2020. Change in soil particle size distribution and erodibility with latitude and vegetation restoration chronosequence on the loess plateau, China, *International Journal of Environmental Research and Public Heaalth*, 17, 822.
46. Zolfaghari, Z., 2014. Predicting Shrinking Behavior of Soils using Artificial Neural Network (ANN) at Landscape Scale in Chelgerd, Chaharmahal-va-Bakhtiari. MSc Thesis. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. p 170 (In Persian).

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

The Effect of Land Use Change on Some Physical and Chemical Properties of Soil

Moslem Ahmadivand: *Master's degree in Soil Science, University of Jiroft, Jiroft, Kerman*
Javad Zamani[1]: *Assistant professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Kerman.*
Hosein Shekofteh: *Assistant professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Kerman.*
Farideh Abbaszadeh Afshar: *Assistant professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Kerman.*

Article History (Received: 2022/09/14 Accepted: 2022/12/19)

Extended abstract

1- Introduction

Nowadays, land use change increasingly causes environmental problems and usually, in the first step, affects the soil properties and causes a decrease in the quality and an increase in the destruction, and erosion of the soil. Land use is defined as the sum of management and planning activities and inputs that humans do in a specific type of land cover (Ellis, 2021). The improper use and management of land resources, which has led to soil degradation, can have a great impact on the development of sustainable agriculture and is recognized as a serious global challenge for food security and ecosystem sustainability (Ebabu et al., 2020). Changing the use of forest lands and pastures for agriculture purposes has become one of the significant concerns in the world causing environmental degradation and climate change. Studying the effect of land use on soil properties provides the possibility of identifying sustainable management and preventing future soil degradation. The knowledge about the effect of land use change on soil properties, as one of the most essential components in sustainable agriculture in Jiroft, which is considered one of the important agricultural regions of Iran, is very limited. Therefore, this study was carried out to investigate the effect of different land use on some physical and chemical properties of the soil and to prepare distribution maps of these properties in the Konarsandal region of Jiroft.

2- Methodology

In this research, the effect of the type of land use was studied in a part of the lands of Jiroft Plain (around the historical hills of Konarandal). For this purpose, by sampling surface soil in four types of land use, including agricultural land, abandoned agricultural land, date garden, and natural forest, some of the physical and chemical properties of soil including the percentage of sand, silt, and clay, electrical conductivity, pH, absorption ratio of sodium, calcium carbonate, organic carbon, bulk density, liquid limit (LL), plastic limit (PL), specific surface area (SSA), cation exchange capacity (CEC) and hygroscopic water content (HWC) were studied, and the spatial distribution maps of some parameters were obtained. In terms of topography, the studied area has a relatively uniform slope and its physiographic unit is in the form of alluvial plains. The dominant forest land cover in this area mainly includes *Prosopis* and *Tamarix aphylla* and the dominant vegetation cover of the abandoned agricultural land includes the Salsola soda. Also wheat and melon are mainly cultivated in the agricultural lands. According to the announcement of the residents and owners in the studied area, the history of agricultural lands (date garden and arable land) is more than 20 years and the irrigation system of these lands is in the form of flooding. 26 samples of the surface soil (0 to 20 cm) were taken from each land use (104 sampling points). For statistical analysis of the data, SAS9.1 was used and averages were compared with

[1]**Corresponding Author: Zamani@ujiroft.ac.ir**

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]

Duncan's test ($p<0.05$). Correlation between the data was done using SPSS16 and Variowin2.2 was used to calculate and draw the Variogram maps.

3- Results

The results showed that the type of land use changed all the studied parameters. The highest percentage of clay (46%) was observed in the abandoned agricultural land. Changes in the percentage of sand, silt and clay in different land uses could be caused by the type of management conducted on the process of soil particle loss. With changes in soil textural characteristics (sand, silt, and clay), the SSA, LL, PL, HWC, and CEC had also changed. The kriging maps also showed the uniform distribution of these features well. The soil quality in the abandoned agricultural land was not very suitable compared to other land uses. The amounts of EC and organic carbon in this land use were about 2 times more and about 20% less than agricultural lands, respectively. The coefficient of variation of particle size distribution (sand, silt and clay) and the organic carbon among the studied soil variables in the region were relatively high, which could be attributed to the land use changes, differences in plowing, management operations and surface soil erosions.

4- Discussion & Conclusions

Differences in the separation of soil particles in different land uses can cause differences in the distribution size of soil particles and even soil texture (Tallen and Yerima, 2018). The result that was also observed in this study. Other properties of the soil such as LL, PL, SSA, CEC and HWC were also different in the studied land uses which could be related by positive and significant correlation ($r>0.7^{**}$) with clay content. The abandonment of agricultural lands had caused low quality and fertility of soil in this land use; this issue could be due to high evaporation in this area which can increase salinity, and also because of little vegetation in this area which decreased the amount of organic matter of soil. It is suggested that in order to preserve the soil properties of the abandoned agricultural lands, if the conditions in terms of water supplement are available, this land use should be restored as agricultural land, or according to the amount of seasonal precipitation in this region, these lands be cultivated by drought-resistant plants such as Tamarix aphylla.

Key Words: Soil degradation, Soil erosion, Land evaluation, Atterberg limits, Geostatistics.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.12.6]