

## تعیین نمایه های مؤثر بر تغییر کیفیت خاک در رابطه با نوع کاربری اراضی

علی اکبر نظری سامانی<sup>۱\*</sup>، محمد جعفری<sup>۱</sup>، کاظم نصرتی<sup>۲</sup>، جلیل فرزاد مهر<sup>۳</sup>، مهسا عبدالشاه نژاد<sup>۴</sup>،

فاطمه رحیمی<sup>۶</sup>

۱ - دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ - استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳ - دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

۴ - استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۵ - دانشجوی دکتری بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۶ - کارشناسی ارشد بیابانزدایی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۴/۰۴/۱۱ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۲/۰۷)

### چکیده

بررسی کیفیت خاک برای شناسایی تأثیر مدیریت های مختلف عرصه های کشاورزی و منابع طبیعی از جمله تخریب مرتع و جنگل ها و احیای اراضی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش شاخص کیفیت خاک در دو عمق خاک و شش کاربری اراضی مختلف منطقه شهریار استان تهران با استفاده از تغییرهای فیزیکی و شیمیایی و آنالیز چند متغیره بدست آمد، بدین منظور کاربری اراضی مرتعی (طبیعی، قرق، تحت چرا) و زراعت آبی (باغ پسته، یونجه و گندم) به عنوان دو کاربری اراضی طبیعی و انسانی به روش تصادفی - سیستماتیک از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی متری نمونه برداری شد و برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه گیری شدند. تحلیل آماری ویژگی های خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی متری موجب ایجاد ۵ فاکتور مؤثر (تحلیل عاملی) با مقادیر ویژه بیش از یک شد: فاکتور ۱- شوری خاک، فاکتور ۲- عناصر غذایی، فاکتور ۳- بافت خاک، فاکتور ۴- فسفر خاک و فاکتور ۵- رطوبت خاک می باشد. نتایج نشان داد فاکتور ۱ مهم ترین عامل برای ارزیابی کیفیت خاک و پتانسیم خاک مهم ترین ویژگی خاک در تعیین کیفیت خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی متری می باشد. همچنین در عمق ۱۵-۳۰ سانتی متری نیز ۴ فاکتور مؤثر با مقادیر ویژه بیش از یک حاصل شد: فاکتور ۱- شوری خاک، فاکتور ۲- رطوبت خاک، فاکتور ۳- بافت خاک، فاکتور ۴- فسفر خاک می باشد که فاکتور ۱ مهم ترین عامل و SAR و EC مهم ترین خصوصیت خاک در تعیین کیفیت خاک در عمق ۱۵-۳۰ سانتی متری می باشد. در مجموع می توان استنباط کرد که فاکتور شوری خاک مهم ترین عامل در ارزیابی کیفیت خاک در کاربری های مختلف اراضی منطقه مورد مطالعه هستند. همچنین در مجموع امتیاز کیفیت خاک در اراضی تحت اثر مستقیم انسان از امتیاز کمتری برخوردار بوده است.

**کلید واژگان:** کاربری اراضی، ارزیابی کیفیت خاک، شاخص های فیزیکی و شیمیایی، تحلیل آماری

## ۱. مقدمه

کیفیت خاک، ظرفیت خاک برای ایفای نقش‌های آن در داخل اکوسیستم طبیعی یا مدیریت شده می‌باشد، که بهره‌گیری گیاه و حیوان را به‌طور پایدار تأمین کند، کیفیت آب و هوا را ثابت نگهداشته و یا افزایش دهد و سلامت انسان و محیط زندگی او را تأمین نماید. (Doran & Parkin 1994 ; Pankhurst, et al., 1997). کیفیت خاک را می‌توان از دو بعد بررسی کرد: ۱- کیفیت ذاتی خاک: که عبارت از توانایی طبیعی خاک در انجام وظایف خود می‌باشد و به عوامل خاکساز بستگی دارد که تحت تأثیر مدیریت قرار نمی‌گیرد. ۲- کیفیت پویای خاک: سلامت خاک را تعیین می‌نماید و بسته به نوع مدیریت قابل تغییر است و برای ارزیابی آن معمولاً خاک سطحی مورد مطالعه قرار می‌گیرد (karlen, et al., 1997). بنابراین مطالعه کیفیت خاک متأثر از مدیریت‌های مختلف در حیطه کیفیت پویا صورت می‌گیرد.

ویژگی‌هایی از خاک که به تغییرات مدیریت و کاربری اراضی حساس هستند را می‌توان به‌عنوان شاخص و معیار کیفیت خاک مورد استفاده قرار داد (Nosrati, 2013). هرچند شاخص کیفیت خاک می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید در مدیریت اراضی مورد استفاده قرار گیرد اما تعیین آن هنوز با چالش‌هایی روبرو است. نتایج حاصل از بررسی شاخص کیفیت خاک در خاک‌های اکسی سولز تحت کاربری مختلف در برزیل نشان داد که شاخص کیفیت خاک نسبت به تغییر کاربری اراضی (جنگل طبیعی، جنگل دست کاشت ۱۰ ساله، ساوانا و جنگل دست کاشت ۱ ساله) حساس می‌باشد و به خوبی می‌تواند مبین نوع مدیریت اعمال شده بر اراضی باشد

(Leite Chaves et al., 2017). مطالعات کیفیت

خاک در شناسایی اثرات مدیریت‌های متفاوت در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی از جمله تخریب مراتع، جنگل‌ها و احیای اراضی اهمیت دارد. چنانچه این مطالعات منعکس‌کننده اثرات مدیریت بر کیفیت خاک در کوتاه مدت باشد می‌تواند راه‌حل مفیدی جهت شناسایی مدیریت‌های پایدار در هر منطقه به‌منظور جلوگیری از تخریب خاک ایجاد تولید پایدار و حفظ محیط‌زیست باشد. کیفیت خاک بین خاک‌های مختلف و مناطق مختلف متفاوت است، این اختلاف احتمالاً به دلیل اختلاف در آب‌وهوا، توپوگرافی، مواد مادری، پوشش گیاهی و تنوع کاربری در هر منطقه است (Brejda, 2000). علاوه بر تغییرپذیری مکانی شاخص‌های کیفیت خاک، تغییرات آن‌ها در زمان نیز باید مورد توجه قرار گیرد. جهت ارزیابی کیفیت خاک بایستی شاخص‌های مناسب کیفیت خاک مشخص شوند به‌طور کلی شاخص‌های کیفیت خاک را می‌توان به سه گروه: ۱- معیارهای فیزیکی کیفیت خاک ۲- معیارهای شیمیایی کیفیت خاک و ۳- معیارهای بیولوژیک کیفیت خاک تقسیم‌بندی نمود (Doran & Parkin, 1997). انتخاب تعداد مناسبی از شاخص‌ها برای ارزیابی کیفیت خاک تحت استفاده خاص اولین و بهترین مرحله در ارزیابی و پایش کیفیت خاک می‌باشد. بنابراین بسته به ماهیت وظایف خاک در سیستم، اندازه‌گیری تنها تعداد معدودی از خصوصیات خاک کافی است. این خصوصیات را حداقل اطلاعات مورد نیاز (Minimum data set) می‌نامند. همچنین بررسی کیفیت خاک برخی تپه‌های لسی در چین نشان‌دهنده عدم تفاوت بین شاخص کیفیت خاک محاسبه شده بر اساس ۲۹

سی‌پی نشان داد مواد آلی خاک، نیتروژن کل و پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن از معیارهای حساس کیفیت خاک می‌باشند (Breja *et al.*, 2000,a,b). همچنین کربن آلی خاک تنها معیار در تمام مناطق برای تشخیص مناسب کیفیت خاک می‌باشد. ارزیابی کیفیت خاک بر روی مزارع دره مرکزی کالیفرنیا حاکی از تاثیر مدیریت های مختلف اراضی بر روی خصوصیات خاک از جمله مواد آلی خاک (SOM)، ازت، آهن، منگنز و روی و در نتیجه اثر قابل ملاحظه بر کیفیت خاک دارد (Andrews *et al.*, 2002). نتایج دیگر پژوهش بر روی کیفیت خاک در کشور چین نشان داد که در موقعیت‌های مختلف شیب و کاربری های متفاوت اراضی کیفیت خاک در جنگل و مرتع بیشترین و در اراضی زراعی و جنگل‌زدایی شده کمترین بود (Bo-Jie *et al.*, 2004). همچنین سایر پژوهش‌های انجام شده در راستای ارزیابی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر کیفیت خاک و تولید در مناطق مختلف دنیا از جمله حوضه دریاچه ویکتوریا در اوگاندا نشان داد که کیفیت خاک متأثر از کربن آلی و عمق خاک و هدایت الکتریکی است (Lal, 1998). در واقع کربن آلی خاک باید به‌عنوان یک پارامتر مهم در بررسی کیفیت خاک لحاظ شود، و با بررسی آن می‌توان تعیین نمود که کیفیت خاک بهبود یافته، تخریب شده یا ثابت مانده را تعیین کرد (Shukla *et al.*, 2006). در مطالعه‌ای در شمال غرب چین آنزیم اینورتاز، نسبت نیتروژن به فسفر، کربن آلی قابل استخراج در آب و کربن ناپایدار به‌عنوان مجموعه حداقل داده انتخاب شدند (Yu *et al.*, 2018). البته لازم به ذکر است که برخی پژوهش‌ها نیز دامنه گسترده‌تری از ویژگی‌ها را برای بیان کیفیت خاک مؤثر دانسته اند (Masto *et al.*, 2008) شاخص

خصوصیت خاک و مجموعه ۸ خصوصیت منتخب از بین ۲۹ خصوصیت خاک بوده است و به بیانی دیگر نیازی به استفاده از یک مجموعه کامل داده ها برای ارزیابی کیفیت خاک وجود ندارد (Zhou, *et al.*, 2007).

از روش‌های مختلف آماری برای انتخاب MDS و در برخی موارد ارزیابی کیفیت خاک استفاده می‌شود. با استفاده از آنالیز عامل ها تعداد زیادی از متغیرهای همبسته کاهش می‌یابند. هر عامل بیانگر وجود همبستگی بین گروهی از خصوصیات خاک است. آنالیز عامل ها بر اساس متغیرهای استاندارد شده با استفاده از ماتریس همبستگی‌ها برای حذف اثر واحدهای مختلف اندازه‌گیری و تعیین وزن هر عامل استفاده می‌شود. هر پارامتری دارای مقداری واریانس است که بخشی از واریانس کل را تشکیل می‌دهد. عواملی که نسبت واریانس آن به واریانس کل دارای مقادیر بیش از یک باشد تغییرات کلی بیشتری دارند و عواملی که مقدار آن‌ها کمتر از یک باشد تغییرات کلی کمتری دارند. در نتیجه پارامترها یا عواملی که نسبت واریانس به واریانس کل آن‌ها بیشتر از یک است برای تفسیر و مراحل بعد نگهداری و مابقی حذف می‌گردند. مطالعات مختلفی به‌منظور تعیین شاخص‌های مناسب ارزیابی کیفیت خاک در مناطق مختلف جهان انجام شده است.

نتایج حاصل از بررسی پارامترهای شیمیایی و بیوشیمیایی در اندازه ذرات مختلف خاک نشان داد که طبقه‌های بافت خاک نقش مهمی را در ارزیابی تفاوت شاخص‌های کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف بازی می‌کنند (Vinhai-Freitas *et al.*, 2017). هم‌چنین نتایج پژوهش‌های انجام شده در دشت مرکزی کلرادو و تپه‌های رسی شمال می‌سی-

کاربری مختلف در شرق استان قزوین نشان دهنده این واقعیت است که شیوه تعامل با خاک به عنوان یکی از ارکان مهم تولید باید بر پایه شناخت کلیه پدیده های حاکم بر آن صورت گیرد تا کاهش سطح کیفیت خاک پدیدار نشود (Navidi *et al.*, 2009). جمع بندی بررسی های انجام شده حاکی از آن است که انجام مطالعات کیفیت خاک از یک سو می تواند در معرفی شاخص های مؤثر در پایش کیفیت خاک در اراضی مختلف کمک کند و از سوی دیگر موجب افزایش آگاهی بهره برداران و بهبود مدیریت صحیح منابع خاک در راستای کاهش تخریب خاک و آب شود. ولی آنچه مسلم است هرچقدر بتوان با استفاده از روش های کمی اقدام به تعیین کیفیت خاک نمود ضمن تعیین سهم اثر هر متغیر میتوان شرایط نزدیک به هم را نیز بهتر از یکدیگر تفکیک نمود. اهداف این پژوهش عبارتند از: (۱) تعیین حداقل مجموعه داده براساس ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در بررسی کیفیت خاک (۲) ارزیابی مدل های تخریب خاک بر اساس ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از تکنیک های آماری چند متغیره.

## ۲. مواد و روش ها

### ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه پژوهش واقع در بین استان تهران و مرکزی جزء مراتع قشلاقی قطعه چهار دهستان اخترآباد می باشد و در فاصله ۲۰ کیلومتری شهرستان شهریار در جنوب شرقی حوزه آبخیزداری گمرگان واقع شده است. محدوده آن بین عرض های جغرافیایی:  $35^{\circ} 30'$  تا  $35^{\circ} 45'$  و طول های جغرافیایی:  $50^{\circ} 45'$  تا  $51^{\circ}$  واقع شده است. اقلیم منطقه بر اساس روش دو

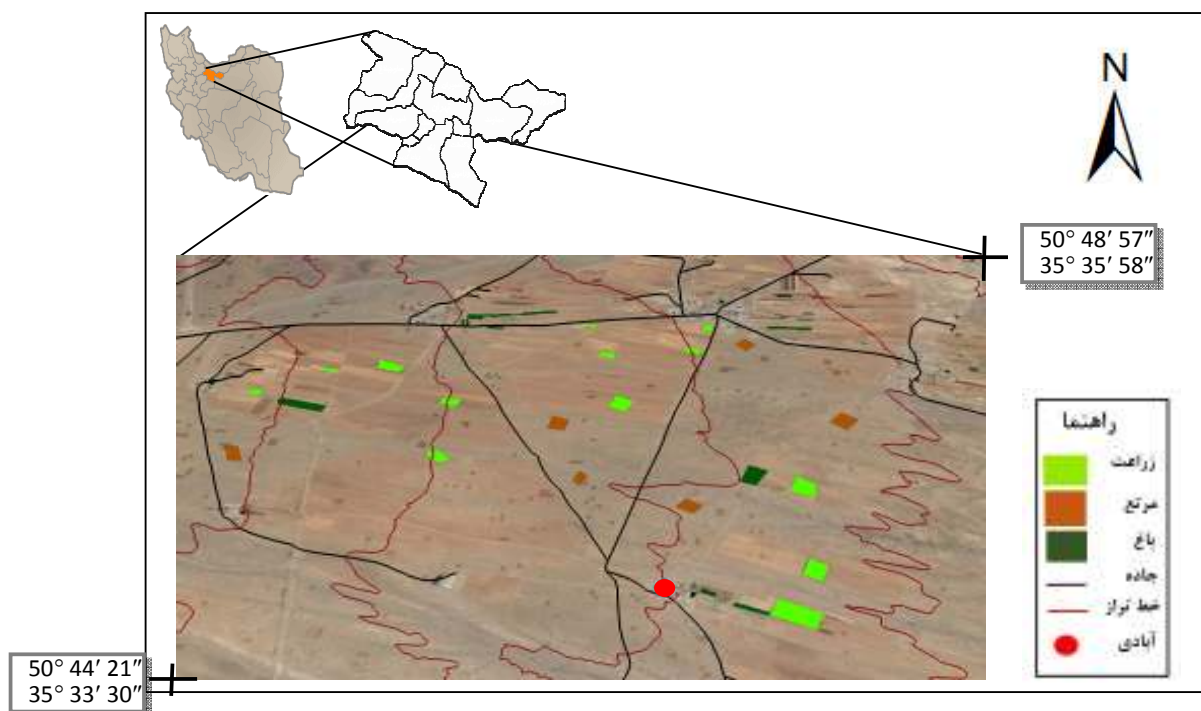
کیفیت خاک را در دهلی نو با استفاده از جرم مخصوص ظاهری، نگهداشت آب، pH، هدایت الکتریکی (EC)، عناصر غذایی در دسترس گیاه، مواد آلی زیتوده میکروبی، آنزیم های خاک و عملکرد محصول ارائه کردند. نتایج مطالعه ای در کانادا نشان داد که روند تغییر کیفیت خاک از اراضی بکر به اراضی کشاورزی تغییرات قابل ملاحظه ای را نشان می دهد و این مطالعه نشان داد که پارامترهای خاکدانه و فراوانی منافذ خاک شاخص های فیزیکی حساس به تغییرات کاربری می باشند (Hebb *et al.*, 2017).

در ایران نیز پژوهش های متعددی در راستای ارزیابی کیفیت خاک انجام شده است. نتایج پژوهش های انجام شده در استان چهارمحال و بختیاری بیان نمودند، تأثیر نوع کاربری اراضی بر نحوه عملکرد خاک در اکوسیستم از طریق مطالعه و ارزیابی تغییرات شاخص های کیفیت خاک امکان پذیر می باشد و پیشگیری از تخریب فزاینده خاک را به عمل می آورد (Khademi *et al.*, 2006). بررسی نقش نوع فرایند مؤثر بر فرسایش بر برخی از نمایه های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک خاک در منطقه ساوجبلاغ نشان داد که کمترین کیفیت خاک مربوط به واحد کاری فرسایش آبراهه ای در مناطق مطالعاتی بوده است (Nosrati K., 2010). نتایج مطالعات ارزیابی کیفیت خاک در منطقه غرب شهر تهران با استفاده از روش مجموعه حداقل داده نشان داد که ویژگی های کربن آلی، نیتروژن کل، آهک، وزن مخصوص ظاهری و سدیم تحت تاثیر کاربری اراضی دارای اختلاف معنی دار می باشد (Nosrati & Majdi, 2017). علامه بر این نتایج به دست آمده تحقیقات بر روی شاخص های گوناگون کیفیت خاک را در پنج

داشتند نمونه‌برداری صورت گرفت ( Department of Natural Resources and Watershed of Natural Resources and Watershed (province Tehran, 2007).

با استناد به اطلاعات اولیه حاصله منطقه دارای دو نوع مرفوژنز می‌باشد، در شرق به صورت دشت مسطح و عاری از هرگونه ارتفاع و در جنوب غرب دارای ناهمواری و پستی و بلندی متشکل از ارتفاعات منفرد است. مواد مادری خاک‌ها بیشتر رسوبات مارنی و رسی بدون سنگریزه و مابقی از سنگ‌های آتشفشانی کوه‌های اطراف می‌باشد، به لحاظ نفوذپذیری بیش از ۲/۳ اراضی منطقه از نفوذپذیری پایینی برخوردار است.

مارتن خشک و روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد. بر اساس اطلاعات سالنامه هواشناسی (۲۵ساله) متوسط بارش سالیانه ۲۱۸/۴۹ میلی متر، متوسط دمای ماهانه ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین تبخیر و تعرق ماهانه ۱۸۴/۵ میلی متر است. در مجموع بافت خاک بیشتر به صورت شنی رسی و ساختمان خاک توده‌ای و شوری و املاح خاک نسبتاً زیاد است. در این مطالعه از شش کاربری مرتع تحت‌چرا که در سال ۱۳۷۸ بوته کاری شده و از سال ۱۳۸۱ تاکنون مورد چرای دام قرار گرفته است، مرتع طبیعی، مرتع قرق از سال ۱۳۸۶، باغ پسته، اراضی تحت کشت یونجه و گندم که در مجاورت هم قرار



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه مناطق نمونه برداری

## ۲.۲. روش نمونه برداری و تجزیه آزمایشگاهی

برای نمونه برداری از روش تصادفی - سیستماتیک در منطقه معرف هر کاربری استفاده گردید. کاربری اراضی عبارت بود از مرتعی (طبیعی، قرق، تحت چرا) و زراعت آبی (باغ پسته، زراعت یونجه و گندم) که از دو عمق ۰-۱۵ سانتی متری و ۱۵-۳۰ سانتی متری نمونه گرفته شد. علت انتخاب این دو عمق به دلیل ماهیت خاک‌های منطبق و جوان بودن آن‌ها از یکسو و نتایج مطالعات قبلی است (Sayyad *et al.*, 2006; Adugna and Abegaz, 2016). همچنین بیشترین تاثیر اثرات کشاورزی بر روی ۳۰ سانتی متری خاک سطحی است. علاوه بر این به منظور فراهم کردن شرایط همسان با دیگر کاربری‌ها همچون مرتع عمق‌ها در قالب ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی متری انتخاب شدند. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد و کوبیدن، از الک ۲ میلی-متری عبور داده شد (در کل ۹۸ نمونه). مقدار ازت کل خاک به روش کجلدال، آهک به روش کالسیمتری، فسفر به روش اسپکتوفتومتری، پتاسیم و سدیم به روش فلم فتومتری، pH با دستگاه pH متر، EC با دستگاه EC متر، کربن آلی به روش تیتراسیون سریع والکی - بلاک (Nelson & Sommers, 1982)، بافت خاک به روش هیدرومتری، وزن مخصوص ظاهری به روش استوانه و ظرفیت نگهداری آب با استفاده از دستگاه فشار آب خاک اندازه گیری شدند.

## ۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری

برای تعیین کیفیت خاک روش‌های متعددی وجود دارد. در برخی روش‌ها بر پایه ویژگی‌های فیزیکی و

شیمیایی و دامنه‌های از قبل تعیین شده اقدام به امتیازبندی و تعیین سطح کیفیت خاک می‌گردد. در واقع در این روش‌ها شرایط پایه مد نظر نیست و همچنین به دلیل در نظر گرفتن عوامل ثابت دیگر متغیرها بدون اثر می‌مانند. کیفیت خاک به دو ویژگی ذاتی و پویایی خاک برمی‌گردد و برای این منظور باید مهمترین ویژگی‌های مؤثر بر آن در هر منطقه تعیین شود. در این پژوهش سعی شده است تا با ارائه روشی کمی شاخص‌های کیفیت محاسبه شوند و در مرحله بعد امتیاز آن‌ها در کاربری‌های مختلف مشخص شوند. شاخص کیفیت خاک بر اساس روش آماری چند متغیره (بر روی داده‌های استاندارد) محاسبه شد (Breja *et al.*, 2000, a,b; Shukla *et al.*, 2006). این روش در طی سه مرحله آنالیز آماری انجام شد و عامل‌ها و ویژگی‌هایی که بیشترین نقش را در کیفیت خاک داشتند، تعیین شدند. به طوری که در مرحله اول مقدار بار یا وزن ویژه هر عامل با استفاده از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی تعیین گردید. در مرحله دوم فاکتورهایی که دارای مقادیر ویژه بیش از یک بودند انتخاب شدند. پس از انتخاب اولیه وزن-های عاملی، قدم بعدی دوران عامل‌ها برای به دست آوردن عامل‌هایی که به آسانی تعبیر شوند. در داخل هر عامل انتخاب شده که مقدار ویژه بیشتر از یک داشتند، وزن خصوصیات خاک در آن عامل‌ها بررسی و خصوصیاتی که دارای وزن بیشتری برای آن عامل‌ها بودند به عنوان شاخص آن عامل انتخاب شدند. بر اساس نوع خصوصیات و ارتباط آن‌ها باهم عامل‌ها نام گذاری شدند. در مرحله آخر با استفاده از امتیاز عامل‌ها (Score) عامل‌هایی که دارای اختلاف معنی‌داری در بین کاربری‌های مختلف داشتند انتخاب شدند و وارد تجزیه تابع تشخیص شدند. در

صفر و واریانس یک در تحلیل عامل ها استفاده شده است، بنابراین چنانچه مقدار ویژه عامل انتخاب شده کمتر از یک باشد به این معنی است که واریانس عامل موردبررسی کم‌تر از واریانس تک‌تک اجزا تشکیل دهنده عامل است و استفاده از آن عامل در مراحل بعدی مطالعه مناسب نمی باشد. تنها چند خصوصیت اول که بیشترین مجموع واریانس را دارند، استفاده می‌گردند. ۵ فاکتور اول در مجموع ۸۳/۳ درصد واریانس بین داده ها را توجیه می نمایند (جدول ۱).

مجموع مربعات بارهای عامل هر خصوصیت خاک در عامل های مختلف مقدار اشتراک را مشخص می‌نماید. مقدار اشتراک، بخشی از واریانس هر خصوصیت خاک را که به وسیله عامل ها توجیه شده است را نشان می‌دهد. مقدار بالای اشتراک برای یک خصوصیت خاک نشان می‌دهد که بخش زیادی از واریانس آن خصوصیت به وسیله عامل ها توجیه شده است. بر اساس میزان اشتراک‌های خصوصیات خاک (جدول ۲) عامل های محاسبه شده، بیش از ۸۰ درصد واریانس خصوصیات EC، pH، کربن‌آلی، ازت-کل، سدیم، پتاسیم، فسفر، شن، رس، سیلت و ظرفیت مزرعه را توجیه می نماید.

تحلیل توابع تشخیص عواملی که دارای بیشترین مقدار توجیه واریانس و همچنین ضریب در معادله به دست آمده بود به‌عنوان عامل مؤثر بر کیفیت خاک جدا شدند. خصوصیتی که دارای بیشترین ضریب کانونی بودند، به‌عنوان مهم‌ترین خصوصیتی که در کیفیت خاک مؤثر هستند انتخاب شدند. در نهایت تابع کیفیت خاک بر اساس ضرایب به دست آمده تعیین شدند. تجزیه و تحلیل آماری به‌طور جداگانه برای هر دو عمق خاک انجام شد. در پایان جدول طبقه‌بندی کیفیت خاک بر پایه محاسبات شاخص مذکور برای کاربری‌های مختلف محاسبه شد و مورد مقایسه قرار گرفت.

### ۳. نتایج

#### ۳.۱. ارزیابی کیفیت خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی متری

انجام تحلیل عامل ها بر داده های ویژگی‌های خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک باعث ایجاد ۵ عامل با مقادیر ویژه بیش از یک شد (جدول ۱). مقادیر ویژه نشان‌دهنده واریانس نسبی هر عامل است. با توجه به این‌که از داده های استاندارد شده با میانگین

جدول ۱. مقادیر ویژه، درصد واریانس کل و درصد واریانس تجمعی حاصل از تجزیه و تحلیل عامل ها با استفاده از ماتریس کواریانس

(داده های استاندارد) برای عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری

فاکتورها	مقادیر ویژه	واریانس کل. %	واریانس تجمعی. %
۱	۸/۳۴	۵۲/۱۴	۵۲/۱۴
۲	۱/۷۳	۱۰/۸۴	۶۲/۹۷
۳	۱/۱۸	۷/۳۸	۷۰/۳۶
۴	۱/۰۵	۶/۵۴	۷۶/۹۰
۵	۱/۰۳	۶/۴۳	۸۳/۳۳

همچنین خصوصیات دیگر مقادیر کمتری از واریانس را توجیه نموده‌اند که بنابراین درصد زیادی از واریانس این خصوصیات در عامل‌ها توجیه نشده و این خصوصیات در مراحل بعدی استفاده نگردیدند. بر اساس نوع خصوصیات و ارتباط آن‌ها با هم و با فرآیندهای خاک عامل‌ها نام‌گذاری شدند. فاکتور ۱:

شوری خاک، فاکتور ۲: عناصر غذایی، فاکتور ۳: بافت خاک، فاکتور ۴: فسفر خاک و فاکتور ۵ را رطوبت خاک نام‌گذاری شدند. بدین ترتیب با توجه به استفاده از ۱۶ خصوصیت فیزیکی و شیمیایی خاک در تحلیل عامل‌ها به روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی تعداد ۵ عامل یا فاکتور به دست آمد.

جدول ۲. بار عامل‌ها و میزان اشتراک عامل‌های خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری

خصوصیات خاک	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳	فاکتور ۴	فاکتور ۵	اشتراک
EC	۰/۷۵۷	۰/۴۶۱	۰/۲۷۶	۰/۰۵۳	۰/۳۰۲	۰/۹۵۵
pH	-۰/۷۷۰	-۰/۳۳۰	-۰/۲۰۸	۰/۰۹۱	-۰/۳۰۲	۰/۸۴۴
BD	-۰/۳۱۷	-۰/۴۰۵	-۰/۳۳۹	۰/۱۰۶	-۰/۴۶۷	۰/۶۰۹
OC	۰/۱۴۵	۰/۹۱۹	۰/۰۵۰	-۰/۱۵۰	۰/۱۰۷	۰/۹۰۱
Ca	۰/۳۵۹	۰/۰۴۴	۰/۳۸۱	-۰/۰۱۵	۰/۶۰۸	۰/۶۴۶
TN	۰/۲۳۵	۰/۷۹۷	۰/۲۸۶	۰/۰۴۰	۰/۲۷۳	۰/۸۴۹
SAR	۰/۶۹۳	۰/۲۹۱	۰/۴۲۰	۰/۱۳۶	۰/۱۹۵	۰/۷۹۷
Na	۰/۶۹۷	۰/۳۹۹	۰/۳۹۲	۰/۱۱۹	۰/۲۵۳	۰/۸۷۷
K	-۰/۸۸۴	۰/۱۳۲	۰/۰۱۹	۰/۱۵۷	-۰/۰۱۵	۰/۸۲۴
P	-۰/۰۲۰	-۰/۱۰۴	-۰/۰۵۰	۰/۹۱۸	-۰/۰۳۲	۰/۸۵۸
PWP	۰/۳۹۴	۰/۴۷۵	۰/۲۴۰	-۰/۰۰۳	۰/۶۰۲	۰/۸۰۰
FC	۰/۴۷۱	۰/۳۲۴	۰/۲۰۹	-۰/۱۰۷	۰/۷۲۹	۰/۹۱۴
WHC	۰/۴۴۴	-۰/۰۲۸	۰/۰۹۲	-۰/۲۴۱	۰/۶۹۸	۰/۷۱۵
Clay	۰/۲۴۷	۰/۰۵۲	۰/۹۲۹	-۰/۱۲۷	۰/۰۱۵	۰/۹۴۳
Silt	-۰/۱۸۷	۰/۴۰۰	۰/۱۱۵	۰/۳۱۳	۰/۷۰۴	۰/۸۰۳
Sand	-۰/۰۸۲	-۰/۲۹۸	-۰/۸۱۴	-۰/۰۹۲	-۰/۴۴۷	۰/۹۶۱

آزمون تجزیه واریانس بر روی خصوصیات ۵ فاکتور فوق و کاربری مختلف اراضی صورت گرفت، نتایج نشان داد که فاکتورهای ۱ و ۳ (به ترتیب شوری خاک، عناصر غذایی و بافت خاک) دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در کاربری‌های مختلف هستند، بنابراین خصوصیات این فاکتورها (EC, pH, پتاسیم، کربن آلی، ازت کل، رس و شن) حفظ و خصوصیات فاکتورهای ۴ (فسفر خاک) و ۵ (رطوبت

تحلیل توابع تشخیص ۵ فاکتور مورد بررسی نشان داد که ضرایب کانونیک بیش از ۸۱ درصد واریانس را توجیه می‌نمایند. ضرایب حاصل از این آنالیز در رابطه زیر نشان داده شده است.

رابطه (۱)

$$Y1 = 1.35F1 + 1.03F2 + 1.19F3 + 0.34F4 + 0.53F5$$



خاک) حذف می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد این عامل ها (۳ و ۲) شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت خاک در کاربری های مختلف اراضی در عمق ۱۵-۰ سانتی متری هستند، بیشتر بودن ضرایب این فاکتورها در رابطه فوق نیز گویای این مطلب است. آنالیز مازاد داده ها و تحلیل کانونیک توابع تشخیص بر خصوصیات که در عامل های ۳ و ۲ مشارکت دارند (EC, pH)، پتاسیم، کربن آلی، ازت کل، رس و شن) انجام گردید و نشان داد که میزان پتاسیم، رس و شن خاک از مهم ترین خصوصیات خاک در تعیین کیفیت خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی متری می‌باشند، بیشتر بودن ضرایب این خصوصیات در رابطه زیر نیز گویای این مطلب است.

رابطه (۲)

$$Y_2 = -0.079EC - 0.049pH - 0.046OC - 0.071TN + 0.53K - 0.32Clay + 0.19Sand$$

۳.۲. ارزیابی کیفیت خاک در عمق ۳۰-۱۵

سانتی متری

انجام تحلیل عامل ها بر داده های ویژگی های خاک در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری خاک باعث ایجاد ۴ فاکتور با مقادیر ویژه بیش از یک شد (جدول ۳). تنها از چند خصوصیت اول که بیشترین مجموع واریانس را دارند، استفاده می‌گردند. ۴ فاکتور اول در مجموع ۷۸/۶ درصد واریانس بین داده ها را توجیه می نمایند (جدول ۳).

جدول ۳. مقادیر ویژه، درصد واریانس کل و درصد واریانس تجمعی حاصل از تجزیه و تحلیل عامل ها با استفاده از ماتریس کواریانس

(داده های استاندارد) برای عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی متری

فاکتورها	مقادیر ویژه	واریانس کل. %	واریانس تجمعی. %
۱	۶/۸۶	۴۲/۸۷	۴۲/۸۷
۲	۲/۹۴	۱۸/۳۳	۶۱/۲۶
۳	۱/۷۸	۱۱/۱۰	۷۲/۳۶
۴	۱/۰۱	۶/۲۸	۷۸/۶۵

خاک نام گذاری شدند. بدین ترتیب با توجه به استفاده از ۱۶ خصوصیت فیزیکی و شیمیایی خاک در تحلیل عامل ها به روش تجزیه مؤلفه های اصلی تعداد ۴ عامل یا فاکتور به دست آمد. آنالیز مازاد داده ها و تحلیل توابع تشخیص ۴ فاکتور مورد بررسی نشان داد که ضرایب کانونیک بیش از ۹۳ درصد واریانس را توجیه می نمایند. ضرایب حاصل از تجزیه آماری در رابطه زیر نشان داده شده است. رابطه (۳)

$$Y_3 = -1.18F_1 - 0.54F_2 - 0.45F_3 - 0.3F_4$$

بر اساس میزان اشتراک های خصوصیات خاک (جدول ۴) عامل های محاسبه شده، بیش از ۷۰ درصد واریانس خصوصیات EC, pH, کربن آلی، ازت کل، سدیم، نسبت جذب سدیم، شن، ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت نگهداری رطوبت را توجیه می نماید. همچنین خصوصیات دیگر مقادیر کمتری از واریانس را توجیه نموده اند که بنابراین درصد زیادی از واریانس این خصوصیات در عامل ها توجیه نشده و این خصوصیت در مراحل بعدی استفاده نگردیدند. (فاکتور ۱) شوری خاک، (فاکتور ۲) رطوبت خاک، (فاکتور ۳) بافت خاک و (فاکتور ۴) فسفر

تحلیل کانونیک توابع تشخیص بر خصوصیات که در عامل های ۴۱ مشارکت دارند (EC، ازت کل، سدیم، نسبت جذب سدیم و فسفر) انجام گردید و نشان داد که میزان نسبت سدیم جذبی و هدایت الکتریکی و سدیم خاک از مهم ترین خصوصیات خاک در تعیین کیفیت خاک در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری می باشند بیشتر بودن ضرایب این خصوصیات در رابطه زیر نیز گویای این مطلب است.

رابطه (۴)

$$Y_4 = -1.32EC + 0.29TN - 1.36SAR + 1.14Na + 0.8P$$

آزمون تجزیه واریانس بر روی خصوصیات ۴ فاکتور فوق و کاربری مختلف اراضی صورت گرفت، نتایج نشان داد که فاکتورهای ۴۱ (به ترتیب شوری و فسفر خاک) دارای تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۵ در کاربری های مختلف هستند، بنابراین خصوصیات این فاکتورها (EC، ازت کل، سدیم، نسبت جذب سدیم و فسفر) حفظ و خصوصیات فاکتورهای ۲ (رطوبت خاک) و ۳ (بافت خاک) حذف می شوند. نتایج نشان می دهد این فاکتورها (۴۱) شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت خاک در کاربری های مختلف اراضی هستند. بیشتر بودن ضرایب این فاکتورها در رابطه فوق نیز گویای این مطلب است.

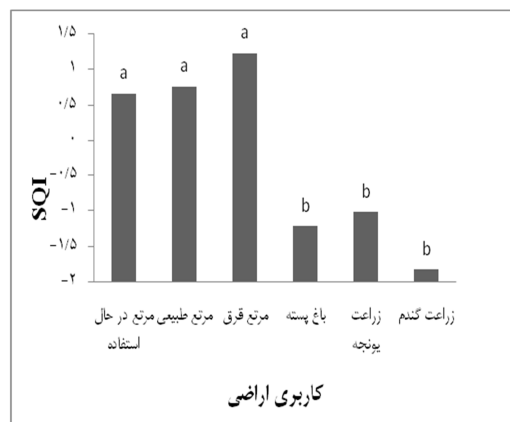
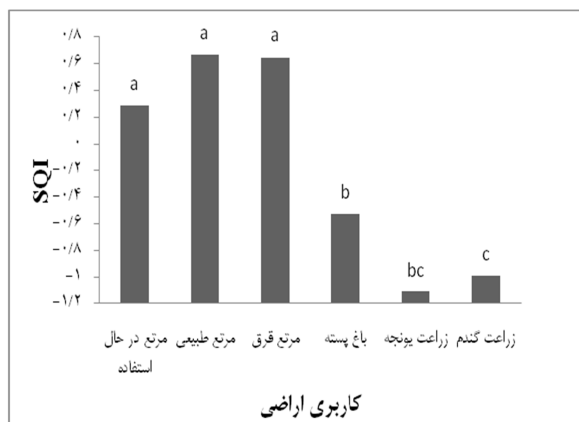
جدول ۴. بار عامل ها و میزان اشتراک عامل های خاک در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری

خصوصیات خاک	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳	فاکتور ۴	اشتراک
EC	۰/۹۲۱	۰/۲۲۲	۰/۱۸۶	۰/۱۳۲	۰/۹۵۰
pH	-۰/۵۹۸	-۰/۶۲۴	-۰/۰۹۹	۰/۱۱۷	۰/۷۷۲
BD	۰/۰۰۵	-۰/۸۰۱	۰/۱۳۱	۰/۰۴۵	۰/۶۶۱
OC	۰/۶۴۶	۰/۰۵۸	۰/۱۸۵	۰/۵۹۵	۰/۸۰۹
Caco3	۰/۱۳۰	۰/۰۲۸	۰/۷۸۶	-۰/۲۰۸	۰/۶۷۸
TN	۰/۷۵۲	۰/۱۲۹	۰/۲۲۵	۰/۳۷۵	۰/۷۷۳
SAR	۰/۹۴۲	۰/۰۶۴	۰/۱۸۰	۰/۰۱۸	۰/۹۲۴
Na	۰/۹۵۰	۰/۱۵۹	۰/۱۶۶	۰/۰۶۲	۰/۹۶۰
K	-۰/۲۰۰	-۰/۶۰۲	۰/۳۳۹	۰/۴۰۴	۰/۶۷۹
P	۰/۱۶۸	-۰/۰۲۳	-۰/۰۲۲	۰/۷۶۶	۰/۶۱۶
PWP	۰/۲۲۴	۰/۸۹۴	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸	۰/۸۵۲
FC	۰/۱۶۶	۰/۹۳۶	۰/۲۳۴	۰/۰۶۸	۰/۹۳۶
WHC	۰/۰۱۰	۰/۶۸۶	۰/۵۰۸	۰/۰۹۶	۰/۷۳۸
Clay	۰/۱۸۷	-۰/۱۲۹	۰/۷۱۳	۰/۱۹۲	۰/۵۹۶
Silt	۰/۳۸۷	۰/۴۹۹	۰/۵۰۱	۰/۰۶۸	۰/۶۵۴
Sand	-۰/۳۹۶	-۰/۲۵۳	-۰/۸۴۰	-۰/۱۸۰	۰/۹۵۸

### ۳.۳. محاسبه شاخص کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف

شاخص کیفیت خاک در هر دو عمق برای کاربری‌های مختلف و هم‌چنین تمامی نمونه‌های خاک با استفاده از رابطه‌های ذکر شده در بالا (۴ و ۱) محاسبه شد. نتایج آزمون آماری مقایسه میانگین‌ها، نشان داد که شاخص کیفیت خاک بین کاربری‌های مختلف اراضی معنی‌دار می‌باشد و بیش‌ترین شاخص کیفیت خاک را مراتع قرق و طبیعی و کم‌ترین

شاخص را زراعت گندم (عمق دوم) و یونجه (عمق اول) به خود اختصاص داده‌اند. اما بین اراضی مرتعی تفاوت معناداری وجود ندارد و در یک کلاس (a) قرار می‌گیرند و همین‌طور بین اراضی زراعی و باغ پسته تفاوت معناداری وجود ندارد و در یک کلاس (b) قرار گرفتند. جهت کیفی کردن شاخص کیفیت خاک در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری در کاربری‌های مختلف اراضی از جدول زیر استفاده می‌شود.



شکل ۲. مقایسه میانگین شاخص کیفیت خاک در عمق‌های مختلف. راست عمق ۳۰-۱۵ و چپ عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری (آزمون دانکن در سطح یک درصد) (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین کاربری هاست)

جدول ۵. تقسیم‌بندی کیفی کیفیت خاک در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری

عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری		عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری		کیفیت خاک
صدک	SQI	صدک	SQI	
< ۲۵	< -۰/۶	< ۲۵	< -۱/۴	ضعیف
۲۵-۵۰	۰/۱۴ تا -۰/۶	۲۵-۵۰	۰/۶۲ تا -۱/۴	متوسط
۵۰-۷۵	۰/۷۷ تا ۰/۱۴	۵۰-۷۵	۰/۸۱ تا ۰/۶۲	خوب
> ۷۵	> ۰/۷۷	> ۷۵	> ۰/۸۱	خیلی خوب

با توجه به شاخص‌های کیفیت خاک (SQI)<sup>۱</sup> به دست آمده برای کاربری‌های مختلف اراضی در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری و با توجه به جدول ۴-۱۰، کاربری مرتع قرق دارای کیفیت خاک خیلی خوب، کاربری مرتع طبیعی و مرتع بوته کاری شده در حال استفاده دارای کیفیت خاک خوب، کاربری زراعت یونجه و باغ پسته دارای کیفیت خاک متوسط و کاربری زراعت گندم دارای کیفیت خاک ضعیف می‌باشد.

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های این تحقیق شاخص کیفیت خاک با استفاده از معیارهای فیزیکی و شیمیایی خاک براساس ۹۸ نمونه خاک برای دو عمق (۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری) به دست آمد. نتایج تحلیل عاملی و تحلیل توابع تشخیص برای عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک سه فاکتور شوری خاک، عناصر غذایی و بافت خاک به‌عنوان فاکتورهای مهم در تعیین شاخص کیفیت خاک معرفی می‌کند، این سه فاکتور شامل خصوصیات هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک، کربن-آلی، ازت کل، پتاسیم قابل تبادل، شن و رس خاک می‌باشند که به‌عنوان خصوصیات مهم خاک در ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف اراضی منطقه مورد مطالعه در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری معرفی می‌شوند. با توجه به بالاتر بودن ضریب پتاسیم قابل تبادل، شن و رس نسبت به سایر ویژگی‌ها، این خصوصیات مهم‌ترین تأثیر را در تعیین کیفیت خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری دارند. تجزیه و تحلیل آماری برای عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری خاک دو

فاکتور شوری خاک و فسفر به‌عنوان فاکتورهای مهم در تعیین شاخص کیفیت خاک معرفی می‌کند، این دو فاکتور شامل خصوصیات هدایت الکتریکی، ازت کل، سدیم، نسبت سدیم جذبی و فسفر خاک می‌باشند که به‌عنوان خصوصیات مهم خاک در ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف اراضی منطقه مورد مطالعه در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری معرفی می‌شوند. با توجه به بالاتر بودن ضریب نسبت سدیم جذبی، سدیم و هدایت الکتریکی نسبت به سایر ویژگی‌ها، این خصوصیات مهم‌ترین تأثیر را در تعیین کیفیت خاک در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری دارند. از میان خصوصیات مهم خاک در ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف اراضی منطقه مورد مطالعه، ازت کل و EC به‌طور مشترک در هر دو عمق (۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری)، کربن آلی، pH، پتاسیم، رس و شن در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری و فسفر، سدیم و SAR در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری، به‌عنوان خصوصیات مهم خاک معرفی شدند. سایر محققان نیز، مواد آلی و ازت کل را به‌عنوان یکی از خصوصیات مهم خاک در تعیین کیفیت خاک معرفی کردند (Breja *et al.*, 2000,a,b; Shukla *et al.*, 2006; Nosrati, K., 2010; Mohammadi, *et al.*, 2005). همچنین برخی محققان علاوه بر مواد آلی و ازت کل از pH و جهت بررسی کیفیت خاک استفاده کردند (Monokrousos, *et al.*, 2006) و برخی دیگر از خصوصیات کربن آلی، نیتروژن کل، pH، EC، فسفر و پتاسیم برای امتیازدهی شاخص کیفیت خاک استفاده کردند (Karlen, *et al.*, 1997). خصوصیات خاک معرفی شده توسط این افراد با خصوصیات خاک مهم معرفی شده در این تحقیق

جهت ارزیابی کیفیت خاک در کاربری های مختلف اراضی یکسان هستند.

به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که میزان پتاسیم قابل تبادل، میزان شوری خاک و بافت خاک (میزان شن و رس) بیشترین پتانسیل را برای پایش تغییرات کیفیت خاک در مناطق تحت تاثیر مدیریت های مختلف در منطقه مورد مطالعه دارد. با توجه به مهم بودن فاکتور شوری خاک در هر دو عمق خاک عامل شوری خاک می‌تواند به‌عنوان عامل مهم در تعیین کیفیت خاک در کاربری های مختلف اراضی منطقه مورد مطالعه استفاده شود. نتایج حاکی از آن است که تغییر کاربری اراضی باید بر پایه شناخت کلیه پدیده‌های حاکم بر آن صورت گیرد تا کاهش کیفیت خاک پدیدار نگردد.

با بررسی شاخص کیفیت خاک در هر دو عمق خاک و همچنین بالاتر بودن SQI<sup>2</sup> در اراضی مرتعی می‌توان نتیجه گرفت که کاربری اراضی مرتعی در منطقه مورد مطالعه کیفیت خاک بهتری نسبت به اراضی زراعی و باغ پسته دارد. نتایج مطالعه (Yu et al., 2018) نشان داد که شاخص کیفیت خاک ابراری سودمند در ارزیابی اثرات مدیریت کشاورزی بر کیفیت خاک می‌باشد و تبدیل اراضی از کشاورزی به گراسلند و چراگاه به‌طور چشمگیری کیفیت خاک را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج به دست آمده (Bo- Jie et al., 2004) نیز نشان داد که کیفیت خاک در جنگل و مرتع بیشتر از اراضی زراعی و جنگل‌زدایی شده است. در واقع تغییر کاربری اراضی از عرصه های منابع طبیعی نظیر مرتع به کاربری‌های دیگر که کشت و کار نقش اساسی در آنها ایفا می‌کند باعث

کاهش کیفیت و افزایش تخریب خاک می‌شود و پیامدهای نامطلوبی را به دنبال داشته است (Hajabbasi et al., 2001; Yousofi fard et al., 2006). بنابراین هر گونه مدیریت و تغییر کاربری که باعث افزایش دست‌خوردگی خاک گردد کاهش کیفیت خاک را در پی خواهد داشت.

به‌عنوان نتیجه گیری کلی تغییر کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی باعث افزایش شوری خاک و کاهش پتاسیم قابل تبادل در هر دو عمق خاک شده و کیفیت خاک با افزایش شوری خاک و کاهش پتاسیم، کاهش می‌یابد. بنابراین توصیه می‌شود در مدل های پایش و ارزیابی شده بیابان‌زایی در معیار خاک بر پایه شاخص سلامت خاک و همچنین وزن‌های بدست آمده برای هر ویژگی مقدار کمی را برآورد کرد و نتیجه مبتنی بر واقعیت دقیق تری را به دست آورد.

## References

- Andrews, S.S., Mitchell, J.P., Mancinelli, R., Karlen, D.L., Hartz, T.K., Horwath, W.R., Pettygrove, G.S., Scow, K.M., Munk, D.S., 2002. On-Farm Assessment of Soil Quality in California's Central Valley. *Agronomy Journal* 94, 12-23.
- Adugna A., Abegaz, A., 2016. Effect of Land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega
- Bo-Jie, F., Shi-Liang, L., Li-Ding, Ch., Yi-He, L., Jun, Q., 2004. Soil quality regime in relation to land cover and slope position across a highly modified slope landscape. *Ecological Research* 19, 111-118.
- Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L., and Dao, T.H., 2000a. Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and southern high plains. *Soil Science Society of America Journal* 64, 2115-2124.
- Brejda, J.J., Moorman, T.B., Smith, J.L., Karlen, D.L., Allan, D.L., Dao, T.H., 2000b. II Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie. *Soil Science Society of America Journal* 64, 2125-2135.
- Department of Natural Resources and Watershed province Tehran, Department of Natural Resources and Watershed City Shahreyar. 2007. plan Amirabad Kolahchi Range management, 17-34.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. *Proceedings of a symposium on defining soil quality for sustainable environment*, Madison, Wisconsin, USA, PP.3-21.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J.W., Jones, A.J., (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality*. Madison, Wisconsin, USA.
- Hajabbasi, M.A., Jalalian, A., Khajedin, J., Karimzadeh, H.R., 2001. Depasturation Effects on Physical Characteristics, Fertility, and Tilth Index of Soil: A Case Study of Boroojen. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources* 6(1) 149-161.
- Hebb, C. et al., 2017. Soil physical quality varies among contrasting land uses in Northern Prairie regions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 14-23.
- Karlen, D.L., Hurley, E.G., Andrews, S.S., 2006. Crop Rotation Effects on Soil Quality at Three Northern Corn/Soybean Belt Locations, *Agronomy Journal* 98, 484-495.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., 1997. Soil quality: A Concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal* 61, 4-10.
- Khademi, H., Mohammadi, J., Nael, M., 2006. Comparison of Soil quality Index under different land management of Boroojen, Chaharmahal-e-Bakhtiari. *Scientific Journal of Agriculture* 29 (3) 111-124.
- Lal, R., 1998. Soil quality and agricultural sustainability. In: *Lal, R. (Eds.) Soil Quality and Agricultural Sustainability*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, pp. 3-12.
- Leite Chaves, H.M., Concha Lozada, C.M., Gaspar, R.O., 2017. Soil quality index of an Oxisol under different land uses in the Brazilian savannah. *Geoderma Regional*, 10, 183-190.
- Masto, R.E., Chhonkar, P.K., Purakayastha, A.K., Patra, A.K. Singh, D., 2008. Soil quality indices for evaluation of long term land use and management practices in semi- arid sub- tropical India, *Land Degradation & Development* 19, 516-529.
- Mohammadi, J., Khademi, H., Nael, M., 2005. Study the Variability of Soil Quality in Selected Ecosystems of Central Zagros. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources* 9(3) 105-120
- Monokrousos, N., Papatheodorou, E.M., Diamantopoulos, J.D., 2006. Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 1282-1289.

- Navidi, M.N., Sarmadian, F., Mahmoodi, Sh., 2009. Studying the effects of land use change on soil physical and chemical quality indicators of surface horizons in rangelands of eastern Qazvin province. *Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources* 62(2) 299-310.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A.L. (Eds.), *Methods of soil Analysis*, American Society of Agronomy, vol. 2, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, PP. 539-579.
- Nosrati, K., Majdi, M., 2017. Soil quality assessment in western part of Tehran using minimum data set method. *JWSS-Isfahan University of Technology*. In press.
- Nosrati, K., 2013. Assessing soil quality indicator under different land use and soil erosion using multivariate statistical techniques. *Environmental monitoring and assessment*, 185, 2895-2907.
- Nosrati, K., 2010. Effect of soil erosion on some physico-chemical and biological attributes of soil. PhD thesis. Arid and Mountainous Reclamation Department. University of Tehran. Tehran, Iran, 165p.
- Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.R., 1997. *Biological indicators of soil health*. CAB International, Walingford, UK.
- Sayyad E., Hosseini, S.M., Akbarinia, M., Gholami, SH., 2007. Comparison of soil properties in pure Poplar plantation and mixed with *Alnus* Subcordata. *Journal of Environmental Studies*, 46: 6976.
- Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger, M., 2006. Determining Soil quality indicators by factor analysis, *Soil & Tillage Research* 87, 194-204.
- Yousofi fard, M., Khademi, H., Jalaliyan, A., 2006. Decline in Soil Quality as a Result of Land Use Change in Cheshmeh Ali Region, Chaharmahal-e-Bakhtiari. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14(1) 299-310 (Spatial Issue)
- Vinhal-Freitas, I.C., Corrêa, G.F., Wendling, B., Bobuřská, L., Ferreira, A.S., 2017. Soil textural class plays a major role in evaluating the effects of land use on soil quality indicators. *Ecological Indicators*, 74, 182-190.
- Yu, P., Liu, S., Zhang, L., Li, Q., Zhou, D., 2018. Selecting the minimum data set and quantitative soil quality indexing of alkaline soils under different land uses in northeastern China. *Science of The Total Environment*, 616-617, 564-571.
- Zhang, P., Lianqing, Li., 2006. Soil quality changes in land degradation as indicated by Soil Chemical, biochemical and microbiological properties in a karst area of southwest Guizhou, China. *Environmental Geology* 51, 609-619.
- Zhou, SHI., Jie-liang, Chen., You-wei, ZHU., 2007. Assessment and mapping of environmental quality in agricultural soils of Zhejiang Province, China, *Journal Environmental Sciences* 19(2007)5C54.