



ISSN 2251-7480

## تعیین شاخص‌های مؤثر برای ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف حوضه آبخیز چغاخور

پروانه محقق<sup>۱</sup>، مهدی نادری<sup>۲</sup> و جهانگرد محمدی<sup>۳</sup>

۱) دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

\* نویسنده مسئول مکاتبات: [mohaghegh2002@gmail.com](mailto:mohaghegh2002@gmail.com)

۲) دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۳) دکتر جهانگرد محمدی، دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۶

### چکیده

برای بررسی کیفیت خاک، استفاده از شاخص‌های حساس خاک به مدیریت کاربری اراضی ضروری می‌باشد. از آن جایی که بررسی کلیه خصوصیات خاک، پرهزینه و طاقت فرسا است، بنابراین تعداد محدودی از خصوصیات خاک توصیه می‌شود. این مطالعه با هدف مقایسه برخی خصوصیات خاک در کاربری‌های مختلف و تعیین حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک در حوضه آبخیز دریاچه چغاخور در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. بدین منظور با استفاده از روش ابر مکعب لاتین و با بهره‌گیری از نقشه‌های شیب، کاربری و خاک، مکان ۱۲۵ نمونه سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) تعیین شد. پس از تیمارهای اولیه نمونه‌های خاک، ۲۹ ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. نتایج مقایسه میانگین‌ها در کاربری‌های مختلف نشان داد که ویژگی‌هایی شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، آب قابل استفاده، گنجایش هوایی، شاخص دکستر، کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، غلظت فسفر، آهن و مس به ترتیب در کاربری باغ، زمین‌های زراعی، مراتع خوب، دیم‌زارها و مراتع ضعیف سیر نزولی داشتند. جهت تعیین شاخص‌های مؤثر بر ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌ها، تجزیه داده‌ها به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه تشخیص گام به گام انجام شد و ویژگی‌هایی همانند پایداری خاکدانه‌ها در آب، اجزای بافت خاک، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت به خاکدانه‌های کوچک و غلظت عناصر سنگین مس و روی به عنوان حداقل مجموعه داده‌های حساس به کیفیت خاک گزینش شدند.

**کلیدواژه‌ها:** تجزیه به مؤلفه‌های اصلی؛ تجزیه تشخیص گام به گام؛ شاخص کیفیت خاک

### مقدمه

بنابراین انتخاب تعداد و نوع شاخص‌های خاک مورد استفاده در ارزیابی کیفیت خاک بسیار حائز اهمیت هستند (Shukla et al., 2004). در مطالعات تعیین کیفیت خاک هر کدام از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد اما همیشه یک مجموعه کامل از داده‌ها در تجزیه و تحلیل‌ها بکار نمی‌رود زیرا زمانی که تعداد زیادی متغیر اندازه‌گیری می‌شود، علاوه بر این که یکسری مشکلات عملی بوجود می‌آید، تعداد روابط

امروزه مطالعات زیادی در خصوص ارزیابی کیفیت خاک در جهان صورت گرفته است، اما طی ده سال گذشته کمتر از ۲۰ درصد این مطالعات بر ارزیابی سطح کیفیت خاک با حداقل داده و روش‌های دستیابی به آن معطوف بوده است (Gullin et al., 2007; Emami et al., 2012). با توجه به این که مدیریت ویژه مکانی مستلزم شناخت تغییرپذیری خاک در جهت مصرف بهینه نهاده‌ها می‌باشد،

طی دوره بیست ساله استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد، حداقل مجموعه داده، متأثر از نوع مدیریت اراضی بود و تغییرات زمانی اثری بر نوع ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک نداشت. این پژوهشگران در کاربری‌های کشاورزی، غلظت پتاسیم و فسفر قابل جذب را به عنوان ویژگی مؤثر بر کیفیت خاک معرفی کردند و در کاربری مرتع مقدار ماده آلی را به عنوان حداقل داده مورد نیاز در بررسی کیفیت خاک پیشنهاد دادند. Yao و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تغییرپذیری مکانی ۱۷ ویژگی خاک را مورد بررسی قرار دادند و از بین آن‌ها، پنج ویژگی کلر، سدیم، پتاسیم، هدایت الکتریکی و مواد آلی را به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر کیفیت خاک در اراضی کشاورزی مناطق شور چین اعلام کردند. Shukla و همکاران (۲۰۰۶) در توصیف تغییرپذیری ۱۴ ویژگی مختلف خاک‌های اوهایو آمریکا از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده کرده و تغییرات عملکرد ذرت در این مناطق را به تغییرات ویژگی‌های خاک نسبت دادند. Ovalles و Collins (۱۹۸۸) نیز با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان دادند که شن کل، شن ریز، رس و کربن آلی به عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های خاک، بخش اعظمی از تغییرات کیفیت پویای خاک را در سطح مزرعه توجیه می‌نمایند. با توجه به این که تا به حال در منطقه مورد مطالعه در ارتباط با تغییرپذیری ویژگی‌های خاک تحت مدیریت اراضی گوناگون مطالعه‌ای صورت نگرفته است. همچنین از آن جایی که مطالعه در خصوص ارزیابی حداقل شاخص‌های مناسب جهت بررسی کیفیت خاک می‌تواند در تفسیر کیفیت پویای خاک و پس از آن مدیریت پایدار اراضی با کمترین هزینه و حداقل زمان ما را یاری برساند بنابراین مطالعه حاضر با هدف شناسایی حداقل داده‌های مورد نیاز جهت تعیین کیفیت خاک و ایجاد رابطه و مدل بین ویژگی‌های خاک و کیفیت پویای آن با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه تشخیص گام به گام در مدیریت‌های گوناگون حوضه آبخیز چغاخور استان

نیز بیش از حد تصور خواهد شد. لذا نیاز به تکنیک‌هایی است که تعداد داده‌ها را کاهش دهد (Fox and Metla, 2005; Yao et al., 2013). از جمله روش‌های کاهش تعداد داده و تعیین حداقل مجموعه داده (Minimum data set, MDS) مؤثر و مطلوب در ارزیابی کیفیت خاک، می‌توان به روش‌های رگرسیون چند متغیره و خطی (Li and Lindstorm, 2001)، توابع نمره‌دهی (Scoring function)، تجزیه به عامل‌ها (Factor analysis) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principle component analysis, PCA) اشاره نمود. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، هدف کاهش تعداد متغیرها به یک مجموعه کوچک‌تر است به نحوی که این مجموعه کوچک بیشتر تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه کند و اطلاعات موجود در متغیرها نیز حفظ شود (Jolliffe, 1986). در روش PCA معمولاً دو مسئله وجود دارد، مسئله اول اینکه حداقل مجموعه داده بر چه اساس انتخاب شود؟ برای مثال؛ Andrews و همکاران (۲۰۰۲) ویژگی‌های خاک با ده درصد بیشترین وزن در هر جزء اصلی (Principle component, PC) را به عنوان حداقل مجموعه داده انتخاب کردند ولی، Yemefack و همکاران (۲۰۰۶) ویژگی‌هایی با حداکثر نمره (Score) را به عنوان حداقل مجموعه داده مؤثر بر کیفیت خاک استفاده کردند، بنابراین روش انتخاب داده‌های مؤثر بر کیفیت خاک در تصمیم‌گیری حائز اهمیت است. با توجه به این که تغییر کاربری اراضی در نواحی مختلف می‌تواند اثرات گوناگونی بر کیفیت پویای خاک داشته باشد، بنابراین مسئله دوم در تعیین حداقل مجموعه داده به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این است که ویژگی‌های منتخب در یک ناحیه ممکن است با نواحی دیگر متفاوت باشند (Govaerts et al., 2006).

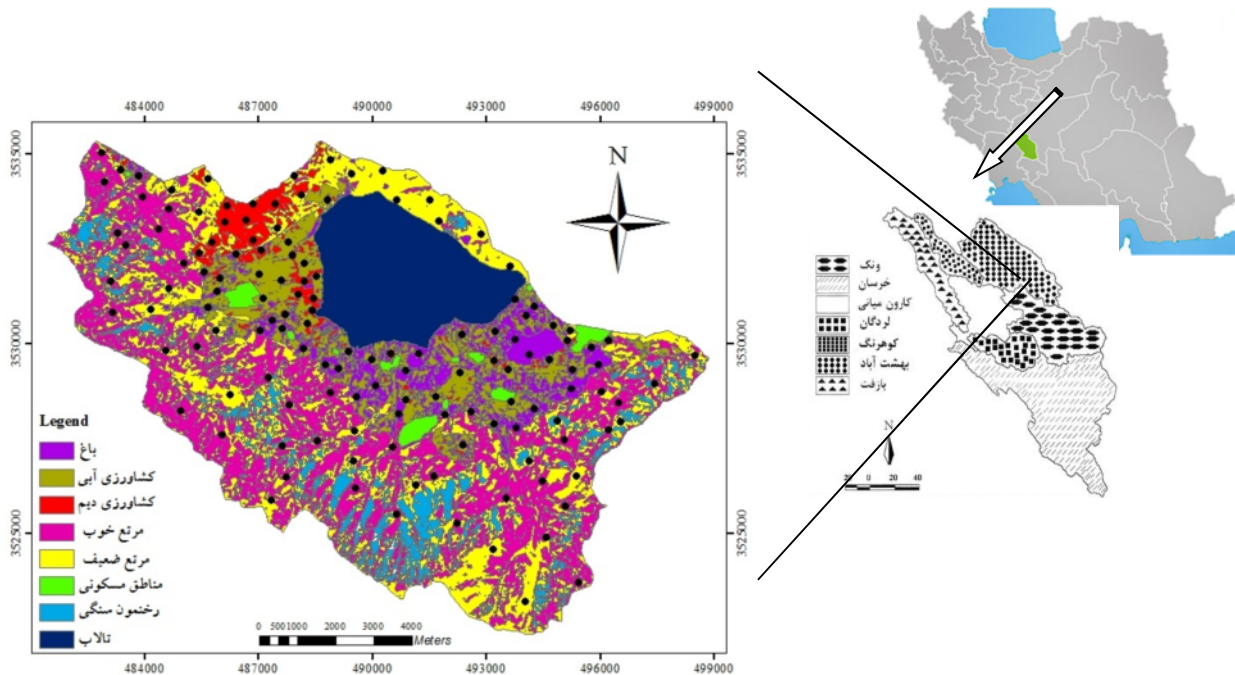
برخی محققان از روش PCA به منظور توصیف تغییرپذیری ویژگی‌های خاک استفاده نموده‌اند. Gullin و همکاران (۲۰۰۷) از این روش برای بررسی اثر تغییرات مکانی و زمانی مدیریت اراضی بر ویژگی‌های کیفیت خاک

چهارمحال و بختیاری پایه‌ریزی شد.

سانتی‌گراد می‌رسد. متوسط دمای سالانه منطقه برابر ۱۰/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین مجموع بارش سالیانه در ایستگاه اورگان ۶۶۰ میلی‌متر است. براساس روش گوسن اقلیم منطقه از نوع مدیترانه‌ای گرم تعیین شد (آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی، ۱۳۹۱). رژیم رطوبتی خاک‌ها زیریک (Xeric) و رژیم حرارتی آن‌ها مزیک (Mesic) می‌باشد. براساس کلید رده‌بندی (Soil Taxonomy, 2003) خاک‌های منطقه عمدتاً در رده‌های انتی‌سول، اینسپتی‌سول و مالی‌سول قرار دارند. بیشترین سطح شیب منطقه نیز در کلاس شیب ۵ تا ۱۵ درصد واقع شده است (اطلاعات سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، ۱۳۸۴).

#### مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز چغاخور با مساحت ۱۲۰۰۰ هکتار در شهرستان بروجن و بخش بلداجی، استان چهارمحال و بختیاری بین عرض جغرافیایی ۳۱° ۵۰' و ۳۱° ۵۷' شمالی و طول جغرافیایی ۵۰° ۴۸' و ۵۰° ۵۹' شرقی واقع شده است و در مرکز آن تالاب بین‌المللی چغاخور قرار دارد (شکل ۱). طبق آمار ایستگاه کلیماتولوژی اورگان واقع در حوضه (۱۳۵۵ تا کنون)، حداکثر مطلق دما در مرداد ماه به ۳۴ درجه و حداقل مطلق دما نیز در دی ماه به ۱۹/۵- درجه



شکل ۱. موقعیت نقاط نمونه برداری در حوضه چغاخور در بین حوضه‌های استان و در کشور

#### نمونه‌برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی

ابتدا مدیریت‌های مختلف اراضی در حوضه آبخیز سنجنده Landsat چغاخور با استفاده از تصاویر ماهواره سال ۱۳۹۲، نقشه‌ی توپوگرافی و همچنین به کمک ETM+ اطلاعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری حوضه چغاخور در پروژه‌های سازمان منابع طبیعی (سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۴)

تفکیک شدند. پنج نوع مدیریت اراضی غالب عبارتند از مرتع خوب و دست‌نخورده با پوشش گیاهی بالاتر از ۲۰ درصد، مرتع ضعیف با پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد، مزارع کشت دیم، باغات و کشت آبی. برای انتخاب تعداد و مکان نمونه‌ها که بتوانند معرف کاربری‌ها باشند از نقشه‌های توپوگرافی (نقشه‌شیب)، زمین‌شناسی و کاربری

مقدار SI بزرگتر از ۹ درصد نمایانگر پایداری خاکدانه‌ها می‌باشد. پس از مطالعه منحنی‌های رطوبتی در هر کاربری و مدل‌های منحنی رطوبتی بوسیله‌ی نرم‌افزار RETC (Van Genuchten, 1980) تابع ونگنوختن بر داده‌های مکش-رطوبت برازش داده شد و شاخص دکستر (S) از طریق معادله (۲) برای نمونه‌های خاک هر نقطه استخراج شد (Dexter, 2006):

$$S = \left| -n(\theta_s - \theta_r) \cdot \left[ \frac{2n-1}{n-1} \right]^{\frac{1}{n-2}} \right| \quad (2)$$

در معادله (۲)،  $\theta_s$  رطوبت اشباع خاک،  $\theta_r$  رطوبت باقیمانده خاک است و  $n$  ضریب تجربی که شکل منحنی رطوبتی را تعیین می‌کند (Dexter, 2006). تخلخل خاک و تخلخل موثر ( $\Phi_{eff}$ ) نیز به ترتیب از روابط (۳) و (۴) استخراج شدند (Van Genuchten et al., 1991).

$$Porosity = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_p} \quad (3)$$

در معادله (۳)، porosity: تخلخل خاک،  $\rho_b$  وزن مخصوص ظاهری و  $\rho_p$  وزن مخصوص حقیقی خاک است.

$$\Phi_{eff} = porosity - \Theta_{FC} \quad (4)$$

در معادله شماره (۴)،  $\Phi_{eff}$  تخلخل موثر، porosity: تخلخل خاک و  $\Theta_{FC}$  رطوبت حجمی در نقطه‌ی گنجایش زراعی است. شاخص تخلخل درشت (Macro pore) حجم منافذ درشت خاک (قطر بزرگ‌تر از ۰/۳ میلی‌متر) است و از تفاضل رطوبت نقطه‌ی اشباع و رطوبت حجمی خاک در مکش ۱۰ سانتی‌متر به دست می‌آید. شاخص‌های گنجایش هوایی (Air content, AC) از تفاضل رطوبت خاک در نقطه‌ی گنجایش زراعی و اشباع، محتوی آب قابل استفاده‌ی گیاه (Available water content, AWC) از تفاضل رطوبت در نقاط گنجایش زراعی و پژمردگی دائم به دست می‌آید و شاخص گنجایش نسبی آب (Relative content, RWC water) نسبت رطوبت گنجایش زراعی به رطوبت اشباع می‌باشد (Reynolds et al., 2009).

Latin Hypercube Sampling, اراضی و ابر مکعب لاتین) استفاده شد. در هر مدیریت ۲۵ نمونه و کلاً تعداد LHS ۱۲۵ نمونه خاک مرکب از لایه سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) برداشته شد. الگوی نمونه‌برداری در مکان تعیین شده به شکل علامت (+) و یک نمونه از مرکز و ۴ نمونه در چهار جهت اصلی جغرافیایی به فاصله ۳۰ متر از مرکز به مقدار دو کیلوگرم برداشته شدند. نمونه‌های برداشت شده مخلوط شدند و به مقدار لازم از مخلوط آن‌ها جهت انجام آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت.

### روش تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاک

بافت خاک به روش پیپت (Miller and Keeney, 1992)، وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از استوانه‌های فلزی و وزن مخصوص حقیقی خاک ( $\rho_p$ ) نیز با استفاده از پیکنومتر تعیین گردید (Miller and Keeney, 1992). در هر کاربری درصد وزنی رطوبت در مکش‌های (۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰) سانتی‌متر به وسیله‌ی Sand box و در مکش‌های ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر با استفاده از محفظه‌ی فشاری تعیین شد. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (Mean weight diameter, MWD) به روش الک مرطوب و با کمک مجموعه الک‌های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۵ میلی‌متر محاسبه شد (Miller and Keeney, 1992). درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (Water stable aggregates, WSA) نیز به صورت درصد خاکدانه‌های باقیمانده با اندازه بزرگتر از ۲ میلی‌متر تعریف شده است که با تعیین نسبت کل نمونه محاسبه شد (Singh and Khera, 2009). شاخص پایداری خاکدانه‌ها (Stability index, SI) که خطر تخریب ساختمان خاک در اثر کشت و کار را نشان می‌دهد به صورت زیر محاسبه شد (Pieri et al., 1995):

$$SI = \frac{1.724OC}{(Silt + Clay)} * 100 \quad 0 \leq SI \leq \infty \quad (1)$$

در معادله ۱، OC میزان کربن آلی خاک، و (Silt+ Clay)٪ مجموعه درصد رس و سیلت در خاک است.

### تعیین ویژگی‌های شیمیایی خاک

نمونه‌های خاک در آزمایشگاه هوا خشک، با چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. واکنش خاک (pH) و هدایت الکتریکی خاک (EC) در عصاره ۱ به ۵ خاک به آب، کربن آلی خاک (OC) به روش والکلی و بلک (Walkley and Black, 1934)، نیتروژن کل بر اساس روش کلدال (Bremner and Mulvaney, 1982)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982) و فلزات سنگین شامل روی (Zn)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، آهن (Fe)، سرب (Pb)، منگنز (Mn) و کبالت (Co) پس از هضم نمونه‌های خاک با استفاده از محلول Aqua Regia (ترکیب اسید کلریدریک و اسیدنیتریک با نسبت ۳ به ۱) و به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل GBC 923 plus اندازه‌گیری شدند (Kibena et al., 2014). مواد آلی ذره‌ای (Particulate Organic Matter, POM) در دو بخش خاکدانه‌های ریز (کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر) و درشت (بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. برای این کار نیز ابتدا به ۱۰ گرم از هر دو بخش خاکدانه‌های ریز و درشت، ۳۰ میلی‌لیتر محلول هگزامتافسفات سدیم اضافه شد و به مدت ۱۶ ساعت تکان داده شدند. سپس این سوسپانسیون روی الک ۵۳ میکرومتر ریخته و با آب مقطر شسته شد تا هنگامی که آب خروجی شفاف شد. مواد باقی‌مانده روی الک ۵۳ میکرومتر (POM + sand) در خاکدانه‌های ریز و درشت) در آون (دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شدند. اندازه‌گیری POM به روش کاهش از طریق سوزاندن (Loss on ignition) انجام شد. به این صورت که ابتدا POM + sand خشک توزین و برای مدت ۴ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس از تفاوت وزن قبل و بعد از سوزاندن مقدار POM محاسبه شد (Cambardella and Elliott, 1993).

### تحلیل‌های آماری

در این مطالعه مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های خاک و مؤلفه‌های اصلی در مدیریت‌های گوناگون در سطح ۱ درصد و با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. به منظور بررسی آزمون نرمال بودن متغیرها، آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها در هر مدیریت اراضی برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از ضریب Kaiser-Meyer-Olkinmeasure of sampling (KMO) و آزمون بارتلت (Bartlett's test) استفاده شد. برای تعیین رابطه بین ویژگی‌های خاک و کیفیت پویای خاک در هر کاربری و در واقع مدل‌سازی و ایجاد معادله خطی که بتوان از آن برای پیش بینی کیفیت خاک استفاده کرد، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal component analysis, PCA) و تجزیه تشخیص گام به گام (Stepwise discriminant analysis) استفاده شد. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، بیشترین ارزش ویژه (Eigenvalue) متعلق به مؤلفه نخست (PC<sub>1</sub>) می‌باشد و به تدریج با افزایش رده مؤلفه‌ها این مقدار کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است در این روش هر مؤلفه مستقل از مؤلفه‌های دیگر است (Yao et al., 2013). هر مؤلفه ترکیب خطی از متغیرها است که می‌توان رابطه آن را به صورت معادله شماره ۵ نمایش داد (Jolliffe, 1986).

$$PC = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1j}X_j \quad (5)$$

که در این معادله PC مؤلفه اصلی،  $a_{ij}$  ضریب یا بردار ویژه (Eigen vector) و  $X_j$  متغیر مورد نظر می‌باشد (Jolliffe, 1986). جهت انتخاب تعداد مؤلفه‌های مؤثر، مؤلفه‌هایی انتخاب شدند که مقدار ارزش ویژه (Eigenvalue) آن‌ها از یک بیشتر باشد. جهت تفسیر خصوصیات مؤثر در یک مؤلفه که بیشترین تغییرات را کنترل می‌کند از شاخص انتخاب (Selection criterion)، استفاده شد (Doran and Parkin, 1996).

$$SC = \frac{0.5}{(PC\text{eigenvalue})^{0.5}} \quad (6)$$

در این معادله، SC شاخص انتخاب (SC)، PC مؤلفه اصلی و Eigenvalue همان ارزش ویژه می‌باشد. از آنجائی که واحدهای متغیرهای مورد بررسی یکسان نبودند برای محاسبه مؤلفه‌های اصلی از ماتریس همبستگی (Correlation matrix) استفاده شد (Doran and Parkin, 1996). تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS v.20 انجام شد (SPSS, 1999).

## نتایج و بحث

### مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک در کاربری‌های گوناگون

بر اساس نتایج این تحقیق بافت خاک در کاربری‌های گوناگون تفاوت چندانی نداشت و در اکثر نقاط لوم رسی و لوم رسی شنی بود. جدول شماره (۱) میانگین خصوصیات خاک در کاربری‌های گوناگون را نشان می‌دهد، تغییرات مدیریت اثر معنی‌داری بر وزن مخصوص ظاهری خاک ( $\rho_b$ ) داشت، به طوری که در باغ، کشاورزی آبی، مرتع خوب، کشت دیم و مرتع ضعیف روند افزایشی دیده شد. برای ویژگی‌هایی همانند کربن آلی (OC)، تخلخل خاک (porosity)، پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA) و شاخص پایداری خاکدانه‌ها (SI)، روند بالا در کاربری‌ها به صورت کاهشی مشاهده شد (جدول ۱). کربن آلی خاک به عنوان یکی از ویژگی‌های کلیدی مؤثر بر کیفیت خاک معرفی شده است. کربن آلی از طریق تأثیری که بر هم‌آوری و چسبندگی ذرات خاک داشته است، توانسته ویژگی‌های ساختمان خاک را تحت تأثیر قرار دهد (Marzaioli et al., 2010 و Nosrati, 2012). در این مطالعه میزان کربن آلی خاک (OC) در مرتع ضعیف و کشت دیم نسبت به کاربری مرتع خوب کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). برخی محققان همانند Cambardella and Elliott (۱۹۹۳) و Emami و همکاران (۲۰۱۲) دلایلی همچون حذف پوشش گیاهی و افزایش نسبت تنفس میکروبی به تولید گیاهی را عوامل کاهش ذخایر کربن آلی

خاک در مرتع ضعیف و کشت دیم اعلام کردند. همچنین Nael و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی که در مدیریت‌های زراعی گوناگون زاگرس مرکزی داشتند دلیل افزایش معنی‌دار کربن آلی در کاربری‌های زراعی نسبت به مرتع قرق شده را به بالا رفتن مقدار تولید بیولوژیک در این سیستم‌ها نسبت داده‌اند.

محتوی آب قابل دسترس (AWC)، گنجایش هوایی (AC) و میانگین قطر وزنی خاکدانه‌ها (MWD) روند افزایشی در مرتع ضعیف (پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد)، کشت دیم، مرتع خوب، باغ و کشت آبی نشان دادند (جدول ۱). طبق نتایج این تحقیق می‌توان گفت تغییرات مدیریت اثرات متفاوتی بر کیفیت خاک داشته است. به طوری که فعالیت‌های کشاورزی در مدت زمان سی ساله (کاربری باغ و کشت آبی) با افزایش کربن آلی به خاک اثرات مثبتی در پایداری خاکدانه‌ها و بهبود محتوی آب خاک داشته است، در حالی که تخریب مراتع خوب و تغییر این کاربری به مرتع ضعیف و کشت دیم علاوه بر کاهش میانگین قطر وزنی خاکدانه‌ها (MWD)، محتوی آب قابل دسترس (AWC) را نیز کاهش داده است. Reynolds و همکاران (۲۰۰۹) و Li and Lindstorm (۲۰۰۱) گزارش کردند، کاهش کربن آلی، تجزیه و معدنی شدن این ماده و همچنین کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌ها می‌تواند دلایلی بر تخریب ساختمان خاک و کاهش کیفیت خاک در مراتع تخریب یافته باشند. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، در کاربری‌های مرتع ضعیف و کشت دیم، وزن مخصوص ظاهری افزایش یافته است. از آنجا که وزن مخصوص ظاهری یکی از ویژگی‌های فیزیکی مؤثر خاک است بنابراین می‌تواند به طور مستقیم محتوی آب خاک (AWC)، گنجایش هوایی خاک (AC) و مقاومت خاک در برابر رشد ریشه گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Reynolds et al., 2009).

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های خاک تحت کاربری‌های گوناگون.

متغیر	واحد تغییر	نوع کاربری				
		باغ	کشت آبی	کشت دیم	مرتع ضعیف	مرتع خوب
Sand	%	۲۱/۳۰۰c*	۲۹/۲۰۰b	۴۱/۲۰۰a	۴۴/۷۰۰a	۴۳/۴۰۰a
Silt	%	۳۷/۰۰۰ab	۳۵/۵۰۰b	۴۰/۶۰۰a	۳۹/۵۰۰ab	۴۰/۹۰۰a
Clay	%	۴۱/۶۰۰a	۳۴/۸۰۰b	۱۷/۵۰۰C	۱۵/۶۰۰c	۱۵/۳۰۰c
Pb	Mg m <sup>-3</sup>	۰/۹۷۰d	۱/۱۳۰C	۱/۷۵۰a	۱/۷۷۰a	۱/۳۱۰b
porosity	----	۰/۶۳۰a	۰/۵۷۰b	۰/۳۳۰d	۰/۳۳۰d	۰/۵۰۰c
OC	%	۲/۴۵۰a	۱/۸۵۰b	۰/۴۴۰d	۰/۵۳۰d	۱/۰۴۰c
POCmac	g kg <sup>-1</sup>	۱/۸۰۰a	۰/۸۲۰b	۰/۱۰۰C	۰/۲۳۰c	۰/۷۶۰b
POC mic	g kg <sup>-1</sup>	۰/۱۵۰b	۰/۲۷۰a	۰/۱۲۰b	۰/۱۶۰b	۰/۳۰۰a
POC mac/mic	-----	۱۲/۴۰۰a	۳/۳۵۰b	۰/۸۹۰d	۱/۴۸۰d	۲/۵۸۰c
SI	%	۵/۴۱۳a	۴/۵۴۳b	۳/۲۰۳c	۱/۳۱۰d	۰/۲۰۳c
WSA	%	۴۵/۵۳a	۳۵/۰۵۰b	۳۰/۴۲۳b	۱۱/۴۶۰c	۱۰/۳۲۰a
MWD	mm	۲/۲۰۳a	۱/۱۰۰b	۰/۱۷۰C	۰/۴۱۰d	۰/۶۴۰c
MacPore	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	۰/۰۰۶C	۰/۰۱۱a	۰/۰۰۸abc	۰/۰۰۵c	۰/۰۰۹ab
Air content	----	۰/۱۰۰b	۰/۲۰۰a	۰/۰۸۰bc	۰/۰۵۸c	۰/۰۸۰bc
AWC	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	۰/۱۰۷b	۰/۱۲۲a	۰/۰۸۷C	۰/۰۹۷c	۰/۱۰۲bc
RWC	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	۰/۸۲۰ab	۰/۶۴۰C	۰/۸۳۰ab	۰/۸۸۰a	۰/۸۰۹b
□eff	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	۰/۰۸۱C	۰/۱۹۰a	۰/۰۹۳C	۰/۰۹۱c	۰/۰۱۵b
S	cm <sup>-1</sup>	۰/۰۵۳b	۰/۰۷۸a	۰/۰۳۱cd	۰/۰۲۵d	۰/۰۳۹c
pH	----	۷/۰۵۰b	۷/۵۷۰a	۷/۶۰۰a	۷/۵۲۰a	۷/۵۴۰a
EC	dS m <sup>-1</sup>	۰/۶۲۰a	۰/۲۸۰b	0/۲۱۰c	۰/۲۱۰c	۰/۲۲۰c
N	%	۱/۶۵۰a	۱/۷۴۰a	0/۶۵۰b	۰/۲۶۰c	۰/۳۵۰c
P	mgkg <sup>-1</sup>	۷۱/۳۰۰b	۹۲/۲۰۰a	۱۶/۳۰۰e	۳۵/۴۸۰d	۴۵/۵۰۰c
Fe	(%)	۹/۹۰۷a	۷/۰۱۰b	۳/۴۰۵e	۵/۳۲۰d	۶/۳۸۰a
Mn	mgkg <sup>-1</sup>	۳۸/۹۰۰b	۳۳/۳۰۰C	۵۵/۴۰۰a	۳۰/۲۰d	۳۲/۷۰۰a
Zn	mgkg <sup>-1</sup>	۳۱/۹۰۰b	۵۳/۰۵۰a	۲۷/۰۱۰C	۱۴/۱۱۰d	۱۵/۷۹۰d
Cd	mgkg <sup>-1</sup>	۰/۰۱۶d	۰/۰۵۷b	۰/۰۷۹a	۰/۰۲۷cd	۰/۰۳۵c
Pb	mgkg <sup>-1</sup>	۰C	۰C	۰C	۰/۱۳۰b	۰/۲۱۰a
Cu	mgkg <sup>-1</sup>	۱۳۹b	۲۱۶a	۷۰/۹۰۰C	۴۶/۱۰۰d	۷۶/۴۰۰c
Co	mgkg <sup>-1</sup>	۷/۹۱۰a	۳/۴۹۰d	۵/۹۴۰C	۶/۸۵۰b	۶/۹۳۰b

Pb: وزن مخصوص ظاهری، porosity: تخلخل، OC: کربن آلی، POCmac، کربن آلی در خاکدانه‌های بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر، POCmic: کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر، POC mac/mic: نسبت خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه-ها، MacPore: خلل و فرج درشت خاک، AC: گنجایش هوایی، AWC: گنجایش آب قابل استفاده، RWC: گنجایش نسبی آب، □eff: تخلخل مؤثر خاک، k: شاخص دکستر، EC: هدایت الکتریکی، pH: اسیدیته N: نیتروژن، P: فسفر، Fe: آهن، Mn: منگنز، Zn: روی، Cd: کادمیم، Pb: سرب، Cu: مس و Co: کبالت.

\* حروف یکسان در هر ردیف به مفهوم عدم وجود تفاوت معنی‌دار و حروف غیر یکسان به معنی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

در این مطالعه، ضریب دکستر ( $S$ ) به عنوان یکی از شاخص‌های کمی کیفیت فیزیکی خاک تعیین شد. ضریب دکستر شیب منحنی رطوبتی در نقطه عطف است، زمانی که لگاریتم طبیعی ( $\ln$ ) مکش در برابر رطوبت وزنی خاک رسم گردد. مقادیر دکستر با بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک مرتبط می‌باشد (Dexter, 2006). دکستر بر اساس آزمون خاک در مناطق گوناگون طبقه‌بندی ذیل را جهت مقایسه کیفیت خاک ارائه کرد: در  $S \geq 0.05$  کیفیت فیزیکی خاک بسیار خوب،  $0.05 \geq S \geq 0.035$  کیفیت خوب،  $0.035 \geq S \geq 0.02$  کیفیت ضعیف،  $0.02 \geq S$  کیفیت خاک بسیار پائین برآورد شده است. طبق نتایج این پژوهش، دو مدیریت مرتع ضعیف و کشت دیم به ترتیب ضریب دکستر برابر  $0.025$  و  $0.031$  داشتند و این کاربری‌ها با وزن مخصوص ظاهری بالا و کربن آلی اندک، کیفیت فیزیکی پائینی داشتند. مرتع قوی با ضریب دکستر  $0.039$  کیفیت فیزیکی خوبی داشت و باغ و کشت آبی به ترتیب با ضریب دکستر  $0.053$  و  $0.078$  کیفیت فیزیکی خیلی خوب داشتند (جدول ۱). Asgharzadeh و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند رابطه معنی‌داری بین مقدار ضریب دکستر با محتوی آب قابل استفاده (AWC)، گنجایش هوایی خاک (AC) و حداقل آب قابل استفاده گیاه وجود دارد به طوری که با افزایش ضریب دکستر، محتوی آب قابل استفاده گیاه (AWC) نیز افزایش خواهد یافت. در این مطالعه سایر ویژگی‌های کیفیت فیزیکی همانند ماکروپورها (Mac pore)، تخلخل مؤثر ( $\Phi_{eff}$ ) و گنجایش نسبی آب (RWC) روند خاصی را در مدیریت‌های گوناگون نشان ندادند (جدول ۱).

**بررسی اثر مدیریت اراضی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک**  
 pH و EC تغییرات معنی‌داری در کاربری‌های گوناگون نشان ندادند (جدول ۱). Cox و همکاران (۲۰۰۳) و Shukla و همکاران (۲۰۰۴) تغییرات pH را به مواد مادری و آب و هوا نسبت دادند و اعلام کردند

تغییرات اسیدیته در واحدهای اراضی کوچک بسیار کم است. از طرف دیگر Sinha و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تغییرات هدایت الکتریکی بر اثر عواملی همچون استفاده از آب آبیاری شور و زهکشی نامناسب خاک رخ می‌دهد، در این منطقه آب استفاده شده به منظور کشاورزی از لحاظ استانداردهای آب ارائه شده بوسیله سازمان بهداشت جهانی (World health organization, WHO) کیفیت بالایی داشت (اطلاعات سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، ۱۳۸۴) و شاید یکی از دلایل نبود تغییرات معنی‌دار از لحاظ pH و EC همین امر باشد. از طرفی توپوگرافی نیز عامل زهکشی مناسب است، بنابراین تغییراتی در هدایت الکتریکی مشاهده نشد. کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت ( $POC_{mac}$ )، کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های کوچک ( $POC_{mic}$ )، نسبت کربن آلی ذره‌ای خاکدانه‌های درشت به ریز ( $POC_{mac}$ ) در کاربری‌های باغ و کشت آبی بیشتر از مرتع خوب، مرتع ضعیف و کشت دیم بود (جدول ۱). Cambardella and Elliott (۱۹۹۳) گزارش کردند که POC جزء مواد آلی خاک است که کمتر دچار تجزیه شده است و با کاهش اندازه خاکدانه‌ها درجه تجزیه آن‌ها افزایش می‌یابد. از طرفی Six و همکاران (۲۰۰۰) اعلام کردند که مواد آلی تازه بیشتر در خاکدانه‌های درشت یافت می‌شوند و مواد آلی موجود در خاکدانه‌های ریز شامل مواد آلی تجزیه شده‌ای است که باعث پایداری خاکدانه‌های ریز می‌گردد. بر این اساس،  $POC_{mac}$  نسبت به  $POC_{mic}$  دارای مواد آلی تازه‌تری بوده و کمتر دچار تجزیه و تخریب شده است. با توجه به بیشتر بودن نسبت  $POC_{mac}/POC_{mic}$  در کاربری‌های باغ و کشت آبی می‌توان گفت که مواد آلی این خاک‌ها نسبت به خاک‌های مرتع خوب، کشت دیم و مرتع ضعیف تازه‌تر و ناپایدارتر (labile) هستند و همچنین با توجه به سهم بالای کربن آلی در کاربری‌های کشت آبی و باغ می‌توان نتیجه گرفت کشت و کار طولانی مدت و اضافه کردن مواد آلی به



جدول ۲. بررسی آزمون‌های KMO و بارتلت در کاربری‌های گوناگون حوضه آبخیز چغاخور.

کاربری	آزمون KMO	آزمون بارتلت
باغ	۰/۸۷۷	۷۲۶**
کشت آبی	۰/۸۶۵	۶۷۵**
کشت دیم	۰/۸۸۰	۷۳۳**
مرتع ضعیف	۰/۸۴۱	۶۶۹**
مرتع خوب	۰/۷۵۱	۶۲۱**

\*\*معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد

از بین ۲۹ مؤلفه اصلی که به تعداد متغیرهای مورد بررسی در هر کاربری بودند، با در نظر گرفتن ارزش ویژه بالاتر از یک، تعدادی مؤلفه اصلی در هر کاربری مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۳). همان طور که نتایج نشان می‌دهد در کاربری‌های کشت دیم هشت مؤلفه، کاربری باغ و کشت آبی به ترتیب ده و نه مؤلفه و کاربری مرتع خوب و مرتع ضعیف، هفت مؤلفه انتخاب شدند که این مؤلفه‌ها بیش از ۹۹/۹ درصد تغییرات را توجیه می‌کردند. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، اولین و آخرین مؤلفه (PC) به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ویژه (Eigenvalue) را داشتند. در این مطالعه به منظور تعیین متغیرهای مؤثر در یک مؤلفه از شاخص معیار انتخاب (SC) استفاده شد (جدول ۳). با در نظر گرفتن معیار انتخاب محاسبه شده برای هر مؤلفه، متغیرهایی که قدرمطلق بردار ویژه آن‌ها بالاتر از معیار انتخاب بود به عنوان متغیرهای تأثیرگذار در آن مؤلفه انتخاب شدند. به عنوان مثال در کاربری باغ مقدار معیار انتخاب برای مؤلفه اول (PC<sub>1</sub>) برابر ۰/۰۲ بود (جدول ۳) و بردار ویژه برای متغیرهای درصد شن، سیلت، رس، پایداری ساختمان خاک (SI)، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA) و مقادیر فسفر، آهن، منگنز، روی و مس بیش از ۰/۰۲ بود لذا متغیرهای مذکور از بین ۲۹ متغیر موجود در مؤلفه به عنوان متغیرهای مؤثر معرفی شدند. در سایر مؤلفه‌ها نیز بر مبنای معیار انتخاب (SC) ویژگی‌های مؤثر در هر

خاک در این منطقه منجر به ارتقای کیفیت فیزیکی خاک شده است. مقایسه عناصر تحت کاربری‌های گوناگون نشان داد که کشت و کار طولانی مدت (باغ و کشت آبی) منجر به افزایش برخی از عناصر همانند نیتروژن، فسفر، روی و مس شده است (جدول ۱). کاربرد کودها در این کاربری‌ها ممکن است منجر به این امر شده باشد. از طرف دیگر افزایش کربن آلی در این کاربری‌ها می‌تواند باعث افزایش محتوی عناصر شده باشد زیرا این ماده به عنوان منبع عناصر غذایی است و نقش مهمی در آزادسازی و قابلیت جذب عناصر دارد (Marzaioli et al., 2010 و Doran and Parkin, 1996).

### تعیین حداقل مجموعه داده‌ها برای ارزیابی کیفیت خاک در مدیریت‌های گوناگون

به منظور تعیین حداقل مجموعه داده‌های (MDS) مؤثر بر کیفیت خاک از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. قبل از استفاده از این روش، جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از ضریب KMO (Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling) استفاده شد. مقدار این ضریب همواره بین صفر و یک متغیر است. در صورتی که مقدار این ضریب کمتر از ۰/۵ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهند بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد می‌توان با احتیاط بیشتر به تجزیه مؤلفه‌های اصلی پرداخت. در صورتی که ضریب KMO بزرگتر از ۰/۷ باشد، تجزیه مؤلفه‌های اصلی در کاهش داده‌ها، مؤثر خواهد بود (Jolliffe, 1986). برای اطمینان از وجود همبستگی بین متغیرهای ورودی یا مستقل همچنین از آزمون بارتلت (Bartlett's test) استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده در همه مدیریت‌ها ضریب KMO بالاتر از ۰/۷ بود و آزمون بارتلت نیز در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد بنابراین داده‌ها برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مناسب بودند (جدول ۲).

دوم نیز متغیرهای کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های کوچک ( $POC_{mic}$ ) و گنجایش نسبی آب (RWC)، بیشترین وزن با مقادیر مثبت را نشان دادند. این در حالی است که در کاربری باغ، متغیرهای وزن مخصوص ظاهری و درصد رس بیشترین وزن با مقادیر منفی را در هر دو مؤلفه اول و دوم نشان دادند (شکل ۲).

مؤلفه اصلی انتخاب شد (جدول ۴). شکل شماره ۲ تا ۷ همچنین رابطه بین خصوصیات خاک را در صفحه حاصل از مؤلفه‌های ۱ و ۲ در مدیریت‌های گوناگون حوضه آبخیز چغاخور نمایش می‌دهد. در کاربری باغ طبق نمودار در مؤلفه اول، غلظت فسفر، پایداری خاکدانه‌ها (SI)، غلظت فسفر، روی، آهن، کربن آلی و گنجایش هوایی (AC) بیشترین وزن با مقادیر مثبت را داشتند. در مؤلفه

جدول ۳. تعداد مؤلفه‌ها، معیار انتخاب (SC)، مقادیر ارزش ویژه (EV) و واریانس تجمعی (Cu) در کاربری‌های گوناگون.

کاربری	PC1			PC2			PC3			PC4			PC5			PC6			PC7			PC8			PC9			PC10		
	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu	EV	SC	Cu			
باغ	۳۹۱	-۰.۲	۰.۴	۲۲۰	-۰.۳	۰.۴	۱۵۴	-۰.۴	۰.۸	۶۹	-۰.۶	۰.۹	۲۴	-۰.۷	۰.۸۸	۸	-۰.۷	-۰.۹۹	۲۱۸	-۰.۲۲	-۰.۹۹	۲۱۶	-۰.۶۶	-۰.۹۹	۱۲	-۰.۲۵	-۰.۹۹	۱	-۰.۵	-۰.۹۹
کشت آبی	۴۰۶	-۰.۲	۰.۴	۲۰۲	-۰.۳	۰.۴	۹۹	-۰.۵	۰.۸	۵۷	-۰.۶	۰.۸	۴۱	-۰.۷	۰.۹۲	۲۸	-۰.۹	-۰.۹۶	۲۱	-۰.۸	-۰.۹۹	۲	-۰.۲۵	-۰.۹۹	۱	-۰.۵	-۰.۹۹	۰.۵	-۰.۷	-۰.۹۹
کشت دیم	۸۸۸	-۰.۱	-۰.۷	۱۲۷	-۰.۴	۰.۸	۹۷	-۰.۵	-۰.۹	۵۴	-۰.۶	۰.۹۱	۲۷	-۰.۹	۰.۹۵	۲۰	-۰.۸۱	-۰.۹۷	۹	-۰.۱۶	-۰.۹۹	۱/۲	-۰.۲۵	-۰.۹۹	-۰.۲	-۰.۹	-۰.۹۹	-۰.۱	-۰.۱۵	-۰.۹۹
منبع صعب	۲۲۷	-۰.۲	۰.۴	۱۱۲	-۰.۴	۰.۴	۶۹	-۰.۶	-۰.۷	۵۶	-۰.۶	-۰.۸	۲۱	-۰.۸	۰.۹۲	۲۵	-۰.۸	-۰.۹۷	۱۲	-۰.۱۴	-۰.۹۹	-۰.۵	-۰.۵	-۰.۹۹	-۰.۲۴	-۰.۷۹	-۰.۹۹	-۰.۱	-۰.۱۵	-۰.۹۹
منبع غنی	۲۲۴	-۰.۲	۰.۳	۱۷۷	-۰.۲	۰.۴	۱۱۶	-۰.۴	۰.۸	۸۲	-۰.۵	-۰.۹	۴۰	-۰.۷	۰.۹۷	۱۲	-۰.۸۴	-۰.۹۹	۵	-۰.۲۲	-۰.۹۹	۰.۴	-۰.۲	-۰.۹۹	-۰.۲۳	-۰.۹	-۰.۹۹	-۰.۱	-۰.۱۵	-۰.۹۹

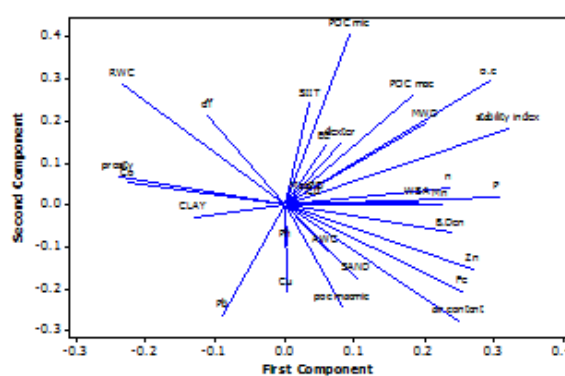
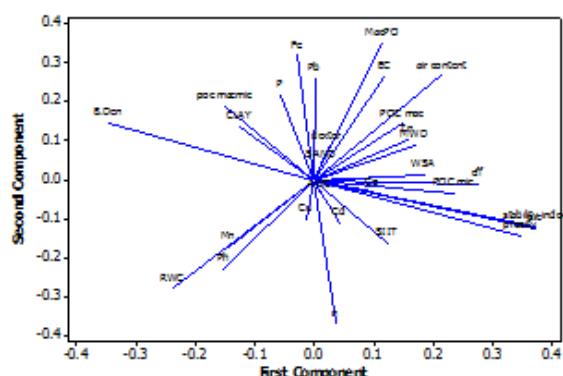
EV: Eigenvalue, SC: Selection criterion, Cu: Cumulative eigenvalue می‌باشد.

بر مبنای همه‌ی سناریوهای مورد بررسی انتظار می‌رود بارش و جریان سالانه حوضه در اقلیم آینده افزایش یابد. پیش‌یابی می‌شود که مقدار بارش سالانه از مقدار ۱۳۹۲ میلی‌متر در سال به مقداری بین ۱۵۱۷ (سناریوی B1) تا ۱۵۸۴ (سناریوی A2) میلی‌متر در سال افزایش یابد. همچنین پیش‌یابی می‌شود که میانگین جریان سالانه از ۴۹/۱ متر مکعب در سال به مقداری بین ۵۰/۷ تا ۶۱/۵ افزایش یابد؛ با این حال تغییرات بارش و جریان در همه سال یکسان نیست. کاهش بارش در زمستان و بهار و کاهش جریان در بهار و تابستان که نیمه دوم سال آبی است، می‌تواند نگران‌کننده باشد. نتایج نشان می‌دهد که با وجود افزایش جریان رودخانه در پاییز و زمستان، میانگین جریان در بهار بر مبنای سناریوهای مختلف بین ۱۱ تا ۳۱ درصد، کاهش می‌یابد و همچنین میانگین جریان تابستانی رودخانه بین ۴ تا ۹ درصد کاهش می‌یابد. این موضوع

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، تغییرات میانگین‌های بارش و جریان در ماه‌های مختلف متفاوت است. این نتایج حاکی از تغییر توزیع فصلی بارش و جریان در اقلیم آینده است. به عنوان نمونه بر مبنای همه سناریوها، بارش و جریان حوضه در ماه‌های دسامبر و ژانویه افزایش خواهد یافت و در ماه‌های مارس و آوریل کاهش خواهد یافت. مقادیر و درصد فصلی این تغییرات در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است. شایان توجه است که تغییرات توزیع‌های بارش و جریان کاملاً بر همدیگر منطبق نیست و این به دلیل آن است که علاوه بر بارش، متغیرهای دما و تبخیر و تعرق نیز بر جریان موثرند. در شکل (۵) مشاهده می‌شود که بر مبنای همه سناریوها، با وجود کاهش بارش در فصل زمستان، جریان در این فصل افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش دما در اقلیم آینده، سهم ذخیره برف از بارش‌های زمستانی کاهش یابد.

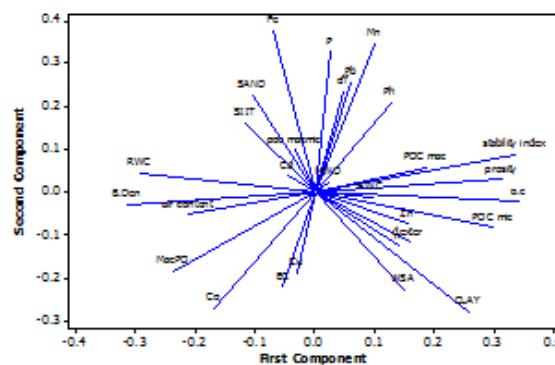
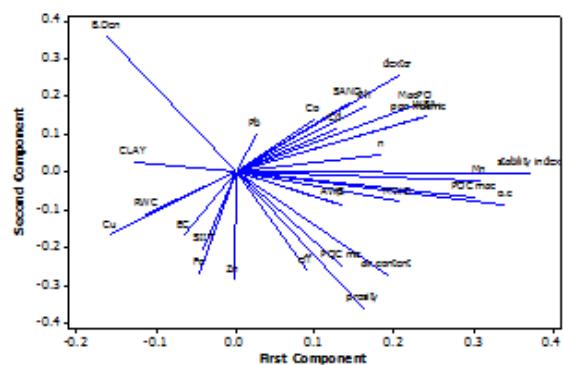
لزوم توجه به اثر تغییر اقلیم در طراحی مخازن دخیره آب

آینده را نشان می‌دهد.



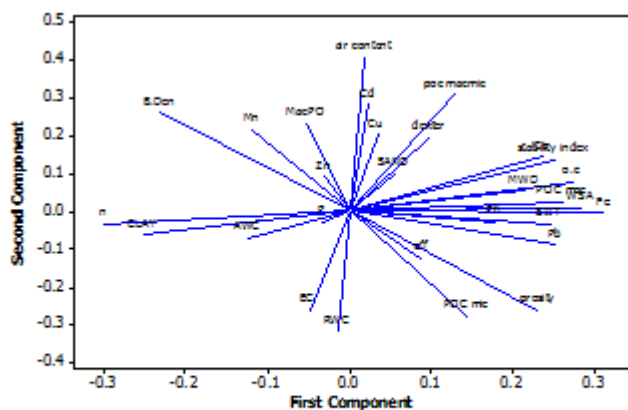
کاربری کشت آبی

کاربری باغ



کاربری مرتع ضعیف

کاربری کشت دیم



کاربری مرتع قوی

شکل ۲. وزن خصوصیات خاک برای دو مؤلفه اول در کاربری‌های گوناگون حوضه آبخیز چغاخور.

کاربری کشاورزی آبی درصد شن، سیلت، رس، پایداری خاکدانه‌ها (SI)، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک ( $POC_{mac/mic}$ )، غلظت فسفر، روی،

برای مدیریت‌های دیگر در حوضه آبخیز، طبق معیار انتخاب (جدول ۳ و ۴) متغیرهای مؤثر در همه مؤلفه‌ها ( $PC_S$ ) گزینش شدند. بر اساس نتایج این پژوهش در

کاربری مرتع خوب بر اساس معیار انتخاب، ویژگی‌هایی همانند درصد شن، سیلت و رس، غلظت فسفر، منگنز، روی، مس و WSA از بین ۲۹ متغیر موجود در مؤلفه‌ها به عنوان متغیرهای مؤثر انتخاب شدند (جدول ۳ و ۴).

مس، منگنز و پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA) انتخاب شدند. در کاربری کشت دیم، درصد شن، سیلت، رس، مقدار آهن، روی، مس و WSA و در کاربری مرتع ضعیف نیز درصد شن، سیلت، رس و غلظت فسفر، روی، مس کبالت، منگنز و WSA متغیرهای مؤثر بودند. در

جدول ۴. مقادیر بردار ویژه برای پارامترهای انتخاب شده در هر مؤلفه اصلی (PC).

کاربری	مؤلفه‌های اصلی	متغیرهای مؤثر											
		%Sand	%Silt	%Clay	SI	POC <sub>mac/mic</sub>	WSA	P	Fe	Mn	Zn	Cu	Co
باغ	PC1	۰/۴۲	-۰/۰۲		۰/۰۳	۰/۰۲۸	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۰۳	۰/۰۷۶	۰/۰۷۹	۰/۴۸	
	PC2	-۰/۰۳	۰/۱۱۷	۰/۱۱۳			۰/۸۹			۰/۰۳۱	۰/۰۶	-۰/۱۱	
	PC3	-۰/۱۸	-۰/۱۱	۰/۲۹		۰/۰۵						۰/۹۱	
	PC4	۰/۳۷	۰/۳۶	-۰/۷۴			۰/۱۷					۰/۳۴	
	PC5	۰/۶۱	-۰/۶۸				۰/۲۸				۰/۱۹		
	PC6					۰/۱۲			۰/۲۴	۰/۹۱	۰/۲۵		
	PC7					۰/۴۵				۰/۳۴	۰/۷۷		
	PC8					۰/۸۶						-۰/۴۱	
	PC9				۰/۵۶				۰/۶۸				
	PC10				۰/۶۶				۰/۵۱				
کشت آبی	PC1	۰/۰۲۴	-۰/۰۹	۰/۰۴۶			۰/۲	۰/۹۴		-۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۰۸	
	PC2	-۰/۰۷۷	۰/۰۵		۰/۰۵۹	-۰/۰۳۳	۰/۷۹			-۰/۰۵	۰/۵۱		
	PC3	-۰/۱۳					۰/۵۳			۰/۱۱	۰/۷۸	۰/۲۶	
	PC4	۰/۴۲	۰/۳۴	-۰/۰۹				-۰/۰۷		-۰/۳۴		۰/۷۳	
	PC5		۰/۶۱	-۰/۶۹			۰/۰۷	-۰/۱۲		۰/۲	-۰/۱۵	۰/۲۶	
	PC6		-۰/۱۱	-۰/۳۲	-۰/۱		۰/۱۲			۰/۸۲		-۰/۳۸	
	PC7						۰/۱۳						
	PC8					۰/۵۸							
	PC9					-۰/۷۳						-۰/۴۱	
کشت دیم	PC1	۰/۰۱۴	-۰/۰۲				-۰/۰۴	۰/۰۲			۰/۰۶	۰/۹۹	۰/۰۴
	PC2	-۰/۱۲	-۰/۵۳	-۰/۷			۰/۲۵				۰/۰۷		
	PC3	۰/۸	-۰/۵۲	۰/۱۵			-۰/۱۶		۰/۱۶				
	PC4		۰/۲۲	-۰/۰۸			-۰/۰۸		۰/۱۶		۰/۱۲		
	PC5	-۰/۱۷		-۰/۳۲					۰/۴		۰/۳۱		
	PC6								۰/۶۵		۰/۴۹		
	PC7								۰/۵۸		۰/۷۹		
	PC8	۰/۵	۰/۱				-۰/۳۱						
مرتع ضعیف	PC1	-۰/۰۹	-۰/۶۴				۰/۱۲	۰/۲۷			۰/۰۷	۰/۹۲	
	PC2	۰/۶۴	۰/۳۴	-۰/۷۵						-۰/۱۴		۰/۰۹	
	PC3	۰/۴۱	-۰/۲۱	۰/۰۹				۰/۲۳			۰/۳۱		۰/۱۶
	PC4	۰/۱۲	-۰/۱۴					-۰/۱۹			۰/۱۶		۰/۱۶
	PC5	-۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۱			۰/۷۵	۰/۰۹		۰/۵۷	-۰/۳۶		۰/۸۹
	PC6	۰/۱۶					۰/۱۹					۰/۲۲	
	PC7	۰/۱۷		۰/۱۷			-۰/۵۲			۰/۶۹			
مرتع قوی	PC1	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۲			۰/۰۴			۰/۰۴		۰/۹۸	
	PC2	۰/۰۴		۰/۱۷			۰/۹۴	۰/۱۸			-۰/۱۳		
	PC3		-۰/۵۳	۰/۵۱				۰/۶۶					
	PC4	۰/۵۴		-۰/۵۲			۰/۱۴	۰/۴۱			-۰/۴۷		
	PC5	-۰/۵۵	۰/۵۹				-۰/۲۲	۰/۴۹		۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۰۹	
	PC6			۰/۳۱			۰/۲۴			۰/۲۶	۰/۸۱		
	PC7									۰/۹۳			

تعیین مؤلفه‌های اصلی با ارزش ویژه بالاتر از یک در هر کاربری، این مؤلفه‌ها به عنوان متغیرهای مستقل در تجزیه

به منظور تعیین مهم‌ترین مؤلفه‌ی مؤثر در هر کاربری و مشخص نمودن ویژگی‌های مؤثر در همان مؤلفه، پس از

شدند که ضرایب تبیین ( $R^2$ ) آن‌ها بین ۰/۶۳ و ۰/۸۴ متغیر بودند.

تشخیص به روش گام به گام مورد بررسی قرار گرفتند و به تفکیک هر کاربری در نهایت معادلات ذیل حاصل

شماره	کاربری	$R^2$	معادلات
(۷)	باغ	۰/۸۴	$Y1 = 0.163(PC_1) + 0.118(PC_2) + 0.052(PC_3) + 0.832(PC_4) - 0.163(PC_5)$
(۸)	کشت آبی	۰/۶۷	$Y2 = 0.421(PC_1) - 0.114(PC_2) + 0.074(PC_3) + 1.106(PC_4) - 0.114(PC_5)$
(۹)	کشت دیم	۰/۷۰	$Y3 = 0.659(PC_1) - 0.274(PC_2) + 0.322(PC_3) + 1.636(PC_4) - 0.659(PC_5)$
(۱۰)	مرتع ضعیف	۰/۶۳	$Y4 = 0.409(PC_1) - 0.807(PC_2) + 0.509(PC_3) + 0.906(PC_4) - 0.409(PC_5)$
(۱۱)	مرتع خوب	۰/۷۲	$Y5 = 0.221(PC_1) - 0.340(PC_2) + 0.62(PC_3) + 0.927(PC_4) - 0.221(PC_5)$

خاکدانه‌های بزرگ به کوچک ( $POC_{mac/mic}$ ) و غلظت برخی عناصر می‌باشد بنابراین لازم است جهت تعیین حداقل و بهینه‌ترین شاخص‌های کیفیت خاک در هر کاربری در مورد مؤلفه اول ( $PC_1$ ) نیز از روش تجزیه تشخیص گام به گام استفاده نمود. طبق این روش معادلات ذیل برای هر مدیریت به دست آمد که ضرایب تبیین آن‌ها بین ۰/۶۴ تا ۰/۷۴ متغیر بود.

بر اساس معادلات بالا، در همه مدیریت‌ها مؤلفه اول ( $PC_1$ ) دارای بیشترین ضریب تشخیص (Discriminant coefficient) می‌باشد. بنابراین بیشترین تغییرات کیفیت خاک در مدیریت‌های گوناگون حوضه آبخیز چغاخور را مؤلفه (۱) می‌تواند توجیه کند. از آنجائی که این مؤلفه در هر کاربری، خود متأثر از ویژگی‌های خاک همچون شن، سیلت، رس، کربن آلی، نسبت کربن آلی ذره‌ای در

شماره	کاربری	$R^2$	معادلات
(۱۲)	باغ	$R^2 = 0.764$	$Y1 = 0.066(SI) + 0.083(POC_{mac/mic}) + 0.769(WSA) + 0.45(clay) - 0.29(silt) - 0.203(Sand) + 0.45(P) + 0.16(Mn) + 0.43(Fe) + 0.09(Zn) + 0.14(Cu)$
(۱۳)	کشت آبی	$R^2 = 0.774$	$Y2 = 0.39(P) + 0.12(Mn) + 0.83(WSA) + 0.11(clay) - 0.23(silt) - 0.27(Sand) + 0.27(Zn) + 0.24(Cu)$
(۱۴)	کشت دیم	$R^2 = 0.769$	$Y3 = 0.0732(CO) + 0.23(Cu) + 0.24(Zn) + 0.27(P) + 0.28(WSA) - 0.38(silt) - 0.16(Sand) - 0.16(Sand)$
(۱۵)	مرتع ضعیف	$R^2 = 0.766$	$Y4 = 0.27(Cu) + 0.31(P) + 0.34(WSA) - 0.12(silt) - 0.314(Sand)$
(۱۶)	مرتع خوب	$R^2 = 0.71$	$Y5 = 0.26(Cu) + 0.32(Mn) + 0.31(WSA) + 0.68(clay) - 0.22(silt) - 0.187(Sand)$

۱۲ تا ۱۶ از بین ۲۹ شاخص اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه، پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA)، اجزای بافت خاک (درصد سیلت، شن و رس) و غلظت مس در همه کاربری‌ها می‌توانند به عنوان حداقل مجموعه داده (MDS) یا مهم‌ترین ویژگی‌ها در ارزیابی کیفیت خاک در مدیریت‌های گوناگون حوضه معرفی شوند. در کاربری‌های زراعی (باغ، کشت دیم و کشت آبی) غلظت روی و فسفر نیز می‌توانند به عنوان ویژگی‌های کیفیت

معادلات شماره ۱۲ تا ۱۶ حداقل مجموعه داده‌ها در ارزیابی کیفیت خاک در هر کاربری را نشان می‌دهند. در این پژوهش نتایج حاصل از تجزیه تشخیص گام به گام نشان داد که حداقل مجموعه داده (MDS) در ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های گوناگون حوضه آبخیز چغاخور عمدتاً فاکتورهای حاصلخیزی، ویژگی‌های ساختمان خاک و اجزای بافت خاک بودند که اکثر آن‌ها تابع نوع مدیریت اراضی می‌باشند. طبق معادلات شماره

به منظور مدیریت مطلوب خاک‌ها از نظر زیست محیطی به گونه‌ای که تخریب خاک به حداقل برسد، لازم است از ظرفیت خاک اطلاعات کافی به دست آورد که این امر در سایه ارزیابی کیفیت خاک می‌تواند امکان

پذیر باشد. پژوهش حاضر با هدف تعیین حداقل مجموعه داده در ارزیابی کیفیت خاک پایه‌ریزی شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد تبدیل اراضی مرتعی به دیم و همچنین تخریب مراتع و تضعیف پوشش گیاهی در منطقه چغاخور منجر به کاهش شدید شاخص‌های کیفیت خاک و آماده‌سازی این اراضی برای فرسایش شده است. به طوری که بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک همانند میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، آب قابل استفاده، گنجایش هوایی، شاخص دکستر، کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر و نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های بزرگ به کوچک، غلظت فسفر، آهن و مس به ترتیب در باغات، زمین‌های زراعی، مرتع خوب، دیم‌زار و مرتع ضعیف روند کاهشی نشان دادند. این امر می‌تواند در دراز مدت سبب کاهش در میزان تولید بالقوه و بالفعل خاک و یا کاهش در بهره‌دهی خاک، افزایش هزینه‌های کشاورزی، تخریب خاک و خارج شدن برخی زمین‌ها از چرخه تولید شود. با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و روش تجزیه تشخیص گام به گام، حداقل مجموعه داده (MDS) در ارزیابی کیفیت خاک در مدیریت‌های گوناگون حوضه آبخیز چغاخور تعیین شدند. بر اساس نتایج به دست آمده ویژگی‌هایی همانند پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA)، اجزای بافت خاک، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت به خاکدانه‌های کوچک ( $POC_{mac/mic}$ ) و غلظت برخی عناصر همانند مس و روی در همه کاربری‌ها به عنوان حداقل مجموعه داده (MDS) گزینش شدند. پژوهش‌هایی در خصوص تعیین حداقل و یا بهینه‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک در موقعیت-

شیمیایی خاک در بررسی کیفیت خاک استفاده شوند. لازم به ذکر است، در کاربری باغ نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت به خاکدانه‌های کوچک ( $POC_{mac/mic}$ ) نیز بسیارحائز اهمیت بود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد در تعیین حداقل مجموعه داده (MDS) مؤثر بر ارزیابی کیفیت خاک در مدیریت‌های اراضی گوناگون می‌توان از ویژگی‌هایی همانند پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA)، اجزای بافت خاک، نسبت کربن آلی ذره‌ای در خاکدانه‌های درشت به خاکدانه‌های کوچک ( $POC_{mac/mic}$ ) و غلظت برخی عناصر همانند مس و روی استفاده نمود. در همین رابطه Shukla و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی کیفیت خاک تحت شرایط مدیریتی مختلف، مواد آلی و میانگین وزنی خاکدانه‌ها را به عنوان MDS برای ارزیابی کیفیت خاک پیشنهاد کردند. Imaz و همکاران (۲۰۱۰)، مقدار کربن آلی خاک، فسفر قابل جذب، ظرفیت تبادل کاتیونی و محتوی شن خاک را به عنوان حداقل مجموعه داده در ارزیابی کیفیت خاک اراضی تحت کشت معرفی نمودند. Goverts و همکاران (۲۰۰۶) همچنین شاخص‌هایی همانند نسبت سیلت به رس، درصد خاکدانه‌های پایدار در آب، وزن مخصوص ظاهری خاک، نسبت جذب سدیم، ظرفیت کاتیون تبدیلی، مواد آلی و غلظت نیتروژن خاک را به عنوان حداقل داده جهت مطالعه کیفیت خاک معرفی نمودند. Shukla و همکاران (۲۰۰۶) در زمین‌هایی با مدیریت شخم متفاوت، جهت تعیین حداقل ویژگی‌های خاک که بر کیفیت آن مؤثر می‌باشند از روش تجزیه به عامل‌ها (Factor analysis) استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد، کربن آلی خاک می‌تواند در بررسی کیفیت خاک نقش مهمی ایفا کند.

#### نتیجه گیری

آگاهی از چگونگی کیفیت خاک در عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی برای مدیریت بهینه زمین و رسیدن به حداکثر بهره‌وری اقتصادی ضروری می‌باشد.

های گوناگون می‌تواند، راهنمایی برای تعیین کیفیت خاک هر منطقه با کمترین هزینه و حداقل زمان باشد.

#### منابع مورد استفاده

- آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی، اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۱.
- آمار و اطلاعات سازمان مدیریت آبخیزداری استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۰.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L. and Mitchell, J.P. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90: 25–45.
- Asgharzadeh, H., Mosaddeghi, M.R. and Mahboubi A.A. 2010. Soil water availability for plants and quantified by conventional available water, least limiting water range and integral water capacity. *Plant and soil*. 335: 229-224.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-total. p. 595-624. In: A.L. Page *et al.*, (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Cambardella, C.A. and Elliott, E.T. 1993. Carbon and nitrogen distributions in aggregates from cultivated and grassland soils. *Soil Science Society and American Journal*, 57:1071-1076
- Cox, M.S., Gerard, P.D., Wardlaw, M.C. and Abshire, M.J. 2003. Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield. *Soil Science Society and American Journal*, 67:1296-1302.
- Dexter, A.R. 2006. Applications of S-theory in tillage research. p. 429–442. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Triennial Conference*, August 3- 28. Kiel, Germany.
- Doran, J.W. and Parkin, T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. p. 25-37. In: J.W. Doran and A.J. Jones (ed.), *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America, Special Publication.
- Emami, H., Neyshabouri, M.R. and Shorafa, M. 2012. Relationships between Some Soil Quality Indicators in Different Agricultural Soils from Varamin, Iran. *Agriculture science and technology*. 14: 951-959.
- Fox, G.A. and Metla, R. 2005. Soil property analysis using principle component analysis, soil line and regression models. *Soil Science Society and American Journal*, 69: 1782-1788.
- Godwin, R.J. and Miller, P.C.H. 2003. A review of the technologies for mapping within- field variability, *Biosystem Engineering*, 84: 393-407.
- Govaerts, B., Sayre, K.D. and Deckers, J. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil and Tillage Research*, 81: 163–174.
- Gullin, Li., Chen, J., Sun, Z. and Tan, M. 2007. Establishing a minimum dataset for soil quality assessment based on soil properties and land-use changes. *Acta ecological sinica*. 27: 2715-2724.
- Imaz, M.J., Virto, I., Bescansa, P., Enrique, A., Fernandez-ugalde, O. and Karlen, D.L. 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. *Soil and Tillage Research*, 107: 17–25.
- Jolliffe, I.T. 1986. *Principle component analysis*. Springer-Verlag.
- Kibena, I., Nhapi, W. and Gumindoga, C. 2014. Assessing the relationship between water quality parameters and changes in land use patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. Original Research Article *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 67–69: 153-163.
- Li, Y. and Lindstorm, M.J. 2001. Evaluating soil quality–soil redistribution relationship on terraces and steep hillslope. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1500–1508.
- Marzaioli, R., D’Ascoli, R., De Pascale, R.A. and Rutigliano, F.A. 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use type. *Application Soil Ecology*. 44: 205–212.
- Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1992. *Methods of Soil Analysis*, In I,II. Physical, Chemical and mineralogical properties. SSSA Pub., Madison.
- Nael, M., Khademi, H. and Hajabbasi, M. A. 2004. Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran. *Applied Soil Ecology*. 27: 221–232
- Nosrati, K. 2012. Assessing soil quality indicator under different land use and soil erosion using multivariate statistical techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*. 185: 2895–2907.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. p. 403- 430. In A.L. Page *et al.*, (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2*. 2<sup>nd</sup> ed. ASA. Madison, WI, USA.
- Ovalles, F.A. and Collins, M.E. 1988. Variability of northwest Florida soils by principle component analysis. *Soil Science Society and American Journal*, 52: 1430-1435.
- Pieri, C., Dumanski, J., Hamblin, A. and Young, A. 1995. *Land Quality Indicators*. World Bank Discussion Papers, 315.

- Reynolds, W.D., Drury, C.F., Tan, C.S., Fox, C.A. and Yang, X.M. 2009. Use of indicators and pore volume function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*, 152: 252- 263
- Sinha, K., Mohanty, M., Bharat, P.M., Das, H., Usha, K.C. and Singh, A.K. 2014. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the arid ecosystem of India. *African Journal of Agricultural Research*, 9: 285-293.
- Singh, M.J. and Khera, K.L. 2009. Physical indicators of soil quality in relation to soil erodibility under different land uses. *Arid Land and Management*. 23: 152–159.
- Shukla, M.K., Lal, R. and Ebinger, M. 2004. Soil quality indicators for the North Appalachian experimental watersheds in Coshocton, Ohio. *Soil Science*, 169: 195–205.
- Shukla, M.K., Lal, R. and Ebinger, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87: 194–204.
- Six, J.K., Paustian, E.T. and Combrink, C. 2000. Soil structure and organic matter: I. distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society of American Journal*, 64: 681–689.
- SPSS for windows. 1999. Release. 7 (Nov 141996), Copyright SPSS, Inc.
- Van Genuchten, M.T., Leij, F.J. and Yates, S.R. 1991. The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils, Version 6.0. EPA Report 600/2-91/065, U.S. Salinity Laboratory, USDA-ARS, Riverside, California.
- Van Genuchten, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of saturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 892-898.
- Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-37.
- Yao, R.J., Yang, J.S., Zhao, X.F., Li, X.M. and Liu, M.X. 2013. Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area *Soil and Tillage Research*, 128: 137–148.
- Yemefack, M., Jetten, V.G. and Rossiter, D.G. 2006. Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation systems. *Soil and Tillage Research*, 86: 84–98.





ISSN 2251-7480

## Determination of effective indicators for soil quality assessment in different land use types of Chughakhor basin

Parvaneh Mohaghegh<sup>1</sup>, Mehdi Naderi Khorasgani<sup>2</sup>, Jahangard Mohammadi<sup>3</sup>

1) Student of Soil Science, Department of Soil Science College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

\*Corresponding author email: [mohaghegh2002@gmail.com](mailto:mohaghegh2002@gmail.com)

2) Department of Soil Science College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

3) Department of Soil Science, College of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Received: 16-01-2016

Accepted: 07-03-2016

### Abstract

For assessing of soil quality, the sensitive indicators can be used in land use managements. Monitoring all soil characteristics is costly and laborious therefore, limited soil characteristics for this mean are recommended. The purposes of this study were comparing several soil attributes of different land use types and determination of minimum effective soil characteristics on soil quality in Chughakhor basin, Chaharmahal va Bakhtiari Province, Iran. To fulfill the objectives slope, land use and soil maps and latin hypercube strategy were used and locations of 125 composite and surficial soil samples were determined. After pretreatment of soil samples, 29 soil physical and chemical characteristics were measured using appropriate methods. The mean comparison of different land uses showed that mean weighted aggregate diameter, available water content, air content, Dexter index, organic carbon, particle organic carbon in macro aggregate, the proportion of particle organic carbon in macro to in micro aggregates, P, Fe and Cu contents values of land use types were in the order Orchards>cultivated areas>Good rangelands>Dry land areas>Weak rangelands. For determination of effective indicators in soil quality assessing, the principle component analysis and stepwise discriminant analysis are used. The soil characters like water stable aggregates, soil texture elements, proportion of particle organic carbon in macro to in micro aggregates and soil Cu and Zn concentrations as minimum data set for soil quality assessment.

**Keywords:** principle component analysis; stepwise discriminant analysis; soil quality indicator