

ارزیابی کمی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف در بخشی از اراضی جنوب شرق قزوین

منوچهر گرجی^{۱*}، جلیل کاکه^۲، علیرضا علی محمدی^۳

۱. استاد، گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۲. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۷/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۳/۱)

چکیده

یکی از ابزارهای مفید برای بررسی وضعیت مدیریت خاک در کاربری‌های مختلف، ارزیابی کیفیت خاک است و استفاده از شاخص‌های کمی، یکی از مناسب‌ترین روش‌های تعیین و مقایسه کیفیت خاک‌ها می‌باشد. در این تحقیق شاخص‌ها و روش‌های انتخاب ویژگی‌های مؤثر برای ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفتند. ۱۷ ویژگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در پنج کاربری باغ، مرتع، زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده در سه کلاس شیب کمتر از ۲، ۷-۵ و ۱۱-۹ درصد، در جنوب شرق قزوین به عنوان مجموعه کل داده‌ها (Total Data Set) انتخاب شدند. سپس با استفاده از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (Component Analysis Principle)، هفت ویژگی به عنوان دسته داده‌های حداقل (Minimum data set) انتخاب شدند. با استفاده از دو شاخص کیفیت تجمعی (Integrated quality index) و شاخص کیفیت نمره (Nemero quality index) در این دو مجموعه داده، کیفیت خاک ارزیابی شد. نتایج نشان داد که کاربری‌های باغ و مرتع به ترتیب بیشترین مقدار شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمره را دارند. کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده دارای کمترین کیفیت خاک هستند و تفاوت معنی‌داری با دو کاربری باغ و مرتع دارند. ضریب تبیین بین دو مجموعه داده برای شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمره به ترتیب برابر ۰/۹۵ و ۰/۸۸ است که بیانگر قابل اطمینان بودن استفاده از دسته داده‌های حداقل به جای مجموعه کل داده‌ها و همچنین کارایی بهتر شاخص کیفیت تجمعی برای ارزیابی کیفیت خاک منطقه مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: شاخص کیفیت تجمعی، شاخص کیفیت نمره، مجموعه کل داده‌ها، دسته داده‌های حداقل، کاربری اراضی.

مقدمه

استفاده پایدار از منابع طبیعی و ایجاد تعادل بین میزان تولید محصول و بهبود کیفیت منابع طبیعی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این میان خاک جزء بسیار مهم پایداری زیست‌بوم‌هاست که برای نیل به توسعه پایدار و استفاده بهینه از منابع طبیعی، مطالعه آن الزامی است، اما پیچیدگی‌های موجود در خاک به طور جدی اطلاعات ما را در چگونگی کارکردهای آن محدود کرده است (Karlen et al., 2008). یکی از روش‌های بررسی وضعیت خاک، ارزیابی کیفیت خاک است. با این وجود کیفیت خاک به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست و باید از شاخص‌های مربوطه استنتاج شود. شاخص‌های کیفیت خاک، مجموعه‌ای از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری خاک هستند که ظرفیت آن برای تولید محصول یا عملکرد زیست محیطی را

تحت تأثیر قرار می‌دهند و به تغییر کاربری اراضی، مدیریت یا عملیات حفاظتی حساس می‌باشند (Brejda et al., 2000; Aparicio and Costa, 2007).

ارزیابی کیفیت خاک در سال‌های اخیر پیشرفت قابل توجهی کرده است. در مقیاس جهانی به سبب اهمیت تغییرات محیط زیست، بهبود روش‌های ارزیابی کیفیت خاک برای توسعه کشاورزی پایدار و نیز تشخیص پایداری مدیریت خاک و سامانه‌های کاربری زمین ضروری است (Wang and Gong, 1998). از این رو به دست آوردن روش‌ها و شاخص‌های مناسب ارزیابی کیفیت خاک به علت تأثیر مهم آن بر نتیجه‌گیری و قضاوت نهایی در مورد وضعیت کیفیت و مدیریت خاک، از جمله مهم‌ترین مسائل مورد توجه است. Liu et al. (2016) بیان کردند که مدل‌های گوناگونی برای ارزیابی کیفیت خاک بر اساس روش‌ها و داده‌های مختلف وجود دارد، ولی هیچ مدلی وجود ندارد که بتواند به طور کامل تمام اهداف را جابگو باشد. تا به حال

* نویسنده مسئول : mgorji@ut.ac.ir

روش‌های متنوعی برای جمع‌آوری داده‌ها، اندازه‌گیری و ارزیابی کیفیت خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از روش‌های عمدتاً کیفی تا کاملاً کمی شامل کارت‌های نمره‌دهی (Corecards)، ارزیابی بصری خاک (Visual soil assessments)، بسته‌های مزرعه‌ای (Field kits)، آمایش خاک (Soil surveys) و تجزیه‌های آزمایشگاهی در تعیین کیفیت خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Bone *et al.*, 2012). در بین این روش‌ها، امروزه تجزیه‌های آزمایشگاهی متداول‌ترین روش است، که برتری آن‌ها، امکان استفاده آسان، انعطاف‌پذیری و کمی بودن ویژگی‌های مؤثر بر شاخص‌های مختلف کیفیت خاک است (Bone *et al.*, 2012). پارامترهای مؤثر مؤثر بر شاخص‌های کیفیت خاک به صورت فرآیندها و ویژگی‌هایی از خاک تعریف می‌شوند که به تغییرات مدیریت خاک حساس هستند. این ویژگی‌ها می‌توانند مجموعه‌ای از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، زیستی یا ترکیبی از آن‌ها باشند. محققان مختلف، مجموعه‌های متفاوتی از ویژگی‌های مؤثر مؤثر بر کیفیت خاک را برای تعیین شاخص‌های کیفیت خاک پیشنهاد نموده‌اند (Doran; Reynolds *et al.*, 2009; and Parkin, 1994). برخی از این محققین شاخص کیفیت خاک را بر اساس مجموعه‌ی کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک تعیین کرده‌اند (Doran and Parkin, 1998; Karlen *et al.*, 1998) و برخی دیگر تعداد محدودتری از ویژگی‌هایی خاک را که نماینده بهتری از کیفیت خاک بودند، به عنوان دسته‌ی حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک پیشنهاد کرده‌اند که بدین ترتیب تعداد ویژگی‌های مورد نظر کاهش یافته و موجب سهولت کار و کاهش هزینه‌های ارزیابی کیفیت خاک می‌شود (Govaerts *et al.*, 2002a; Andrews *et al.*, 2006; Rezaei *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2016) در مطالعه‌ای که در مکزیک بر روی کیفیت خاک انجام دادند، برای انتخاب مجموعه داده‌های حداقل از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده نمودند. همچنین برای وزن‌دهی به نمایه‌های کیفیت خاک از روش تجزیه عامل استفاده کردند. Liu *et al.* (2014) در چین برای بدست آوردن مجموعه داده‌های حداقل از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده کردند و از بین ۱۲ ویژگی، ۴ ویژگی را به‌عنوان این مجموعه انتخاب کردند. همچنین از روش تجزیه عامل برای وزن‌دهی به ویژگی‌های کیفیت خاک استفاده کردند. به دلیل این که تفسیر نحوه تأثیرگذاری تعداد زیادی از ویژگی‌های خاک بر کیفیت آن و نتیجه‌گیری از آنها بسیار مشکل است، توصیه شده که مجموعه ویژگی‌ها در یک شاخص تلفیق گردند. این عمل از طریق جمع یا ضرب داده‌ها با یکدیگر

و اعمال وزن مناسب برای هر متغیر صورت می‌گیرد. شاخص‌های کمی زیادی مانند شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمره برای محاسبه شاخص کیفیت خاک ابداع گردیده است. برای محاسبه شاخص کیفیت تجمعی، با استفاده از توابع امتیازدهی استاندارد، برای هر مشخصه یک امتیاز تعیین شده و از مجموع حاصل ضرب امتیاز هر مشخصه در ضریب وزنی آن، مقدار شاخص محاسبه می‌شود (Doran and Parkin, 1994). همچنین شاخص کیفیت نمره بر اساس میانگین و حداقل ویژگی‌ها محاسبه می‌شود و وزن ویژگی‌های خاک دخالتی ندارد (Qi *et al.*, 2000; Han and Wu, 1994). (2009)، کیفیت خاک را بر مبنای شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمره در دو مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل در ۴۳۱ نمونه در مقیاس منطقه‌ای بررسی نمودند. محققانی در داخل کشور از جمله Ghaemi *et al.* (2013)، Shahab *et al.* (2012 و 2011) از شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمره استفاده نموده‌اند. Shahab *et al.* (2011) برای شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمره رابطه این دو مجموعه را بررسی نمودند و به ترتیب ضریب همبستگی ۰/۶۲ و ۰/۵۶ به دست آوردند، ولی Ghaemi *et al.* (2013) به ترتیب ضریب همبستگی ۰/۸۸ و ۰/۸۱ به دست آوردند. Rahmanipour *et al.* (2013) کیفیت خاک را با استفاده از شاخص کیفیت تجمعی و تغییرات مکانی آن در بخشی از نواحی کشاورزی استان قزوین ارزیابی نمودند و نتایج آن‌ها نشان داد که نقشه کیفیت خاک حاصل از شاخص کیفیت تجمعی با روند موجود در منطقه (شامل وضعیت شوری، تراکم مراکز صنعتی و ...) همخوانی دارد و بیشتر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از این شاخص دارای کیفیت خاک متوسط می‌باشند.

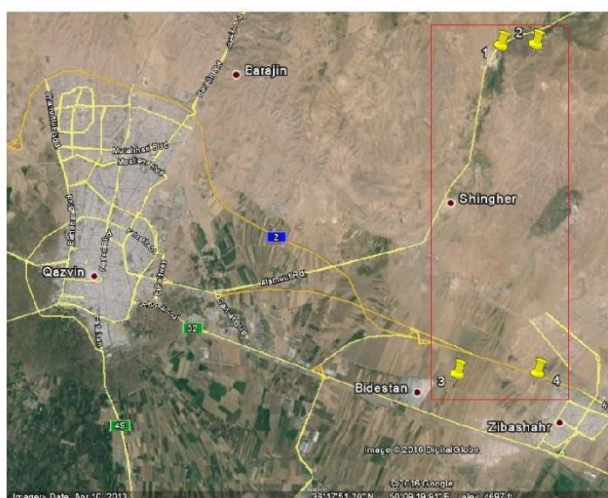
بررسی وضعیت مدیریت خاک در کاربری‌های مختلف به صورت دقیق‌تر با استفاده از شاخص‌های کمی ارزیابی کیفیت خاک، از ضروریات این پژوهش می‌باشد. در این پژوهش کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف در بخشی از اراضی جنوب شرق قزوین به وسیله دو شاخص کیفیت تجمعی و کیفیت نمره به صورت کمی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین دسته حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک تعیین گردید و کارایی آن جهت محاسبه شاخص‌های کیفیت خاک با مجموعه کل ویژگی‌ها مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت تأثیر نوع کاربری زمین بر شاخص‌های کیفیت تجمعی و کیفیت نمره مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در اراضی جنوب شرق قزوین در محدوده $8^{\circ} 17'$ تا $50^{\circ} 11' 17/3''$ طول جغرافیایی و $36^{\circ} 14' 24/1''$ تا $51/4'' 20' 36^{\circ}$ عرض جغرافیایی، در پنج کاربری باغ، مرتع، زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده و در سه کلاس شیب کمتر از ۲ درصد، ۲-۷ درصد و ۸-۱۱ درصد انجام شد (شکل

۱). کاربری باغ شامل باغات گردو (با بیش از ۲۰ سال سابقه کشت)، زراعت آبی و دیم تحت کشت گندم (با بیش از ۲۰ سال سابقه کشت)، مرتع با پوشش گیاهی حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد بودند و همچنین اراضی رها شده قبلاً تحت کشت دیم بوده و در زمان نمونه برداری حداقل ۸-۷ سال به صورت رها شده درآمد بودند. اقلیم منطقه مورد مطالعه سرد و نیمه مرطوب بوده و میزان بارندگی سالانه آن، بر اساس آمار ایستگاه زیاران $369/3$ میلی‌متر می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در اراضی جنوب شرق قزوین

ب) نمونه برداری و اقدامات آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک در هر کاربری و هر شیب در سه تکرار و در مجموع ۴۵ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه شد. به همین تعداد نمونه‌های دست نخورده (جهت اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها) و نمونه‌های زیستی (جهت اندازه‌گیری خصوصیات زیستی خاک) تهیه شد. در این مطالعه ۱۷ خصوصیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند که عبارتند از: هدایت هیدرولیکی اشباع با روش بار ثابت (Klute and Dirksen, 1986)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با استفاده از الک تر (Kemper and Rosenau, 1986)، بافت خاک با قرائت چهار زمانه (Gee and Bauder, 1986)، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه (Blake and Hart age, 1986)، آب قابل استفاده گیاه با استفاده از تعیین نقاط رطوبتی ظرفیت مزرع‌ای و پژمردگی دائم (Klute and Dirksen, 1986)، کربن آلی به روش سوزاندن تر (Nelson and Sommers, 1986)، واکنش خاک (Page et al., 1982) و هدایت الکتریکی (Page et al., 1982) در عصاره گل اشباع، فسفر قابل جذب (Olsen and Sommers, 1982)

(1982)، پتاسیم قابل استفاده (Page et al., 1982)، کربنات کلسیم معادل (Page et al., 1982)، شدت تنفس میکروبی (Anderson, 1982)، جمعیت میکروبی (Alexander, 1982)، کربن و نیتروژن زیتوده میکروبی (Jenkinson et al., 2004).

ج) انتخاب، امتیازدهی و وزن‌دهی ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک

انتخاب ویژگی‌هایی از خاک که به بهترین شکل نشان دهنده وضعیت کیفیت خاک باشند، اهمیتی کلیدی در ارزیابی کیفیت خاک دارد. ویژگی‌های انتخاب شده باید محدوده‌ی گسترده‌ای از مشخصات خاک را پوشش دهند و با این حال هر یک به طور مستقیم بر کیفیت خاک اثر داشته باشند (Wang and Gong, 1998). در این پژوهش ۱۷ ویژگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک که در منابع مختلف به عنوان ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک معرفی شده‌اند (Qi et al., 2009)، به عنوان مجموعه کل داده‌ها در نظر گرفته شدند.

برای انتخاب دسته حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک، از میان مجموعه کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک، از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید (Doran and

دارای واحدهای گوناگونی می‌باشند، برای ارائه آنها در قالب یک مقدار کلی، باید آنها را بی بعد نمود. به این ترتیب که محدوده‌ای از مقادیر ویژگی موردنظر که از نظر کیفیت خاک مطلوب‌ترین مقدار می‌باشد، مقدار یک و محدوده‌ای که کم‌ترین کیفیت را دارد، مقدار صفر به آن تعلق می‌گیرد. به این ترتیب تابعی به دست می‌آید که با استفاده از آن، مقادیر ویژگی موردنظر بین صفر (کم‌ترین مطلوبیت برای کیفیت خاک) و ۱ (بیش‌ترین مطلوبیت برای کیفیت خاک) نمره‌دهی می‌شود (Marzaioli *et al.*, 2010; Qi *et al.*, 2009).

همچنین جهت وزن دهی ویژگی‌های مؤثر در هر دو مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل، سهم هر ویژگی (Communality) به روش تجزیه عاملی (Factor analysis) به کمک نرم افزار SPSS محاسبه شد (Sun; Shukla *et al.*, 2006). بدین منظور نسبت مقدار سهم هر ویژگی به مجموع مقادیر سهم کل ویژگی‌ها در هر مجموعه، به عنوان وزن هر ویژگی در نظر گرفته شد (Qi *et al.*, 2009).

د) محاسبه شاخص‌های کیفیت خاک

در نهایت با تلفیق امتیازات و وزن مربوط به ویژگی‌های مختلف در هر نمونه خاک در قالب روابط آماری و ریاضی، شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمو محاسبه شدند، البته با این تفاوت که برای محاسبه شاخص کیفیت نمو وزن‌دهی لازم نیست. مطابق رابطه (۱) شاخص کیفیت تجمعی از مجموع حاصل ضرب امتیاز هر ویژگی در ضریب وزنی آن، محاسبه شد.

$$IQI = \sum_{i=1}^n W_i N_i \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه W_i وزن هر ویژگی، N_i مقدار نمره یا امتیاز تعلق یافته به هر ویژگی و n تعداد ویژگی‌های خاک می‌باشد. همچنین مطابق رابطه (۲)، شاخص کیفیت نمو بر اساس مقادیر میانگین و حداقل امتیاز ویژگی‌ها محاسبه شد.

$$NQI = \sqrt{\frac{P_{ave}^2 + P_{min}^2}{2}} \times \frac{n-1}{n} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این معادله P_{ave} میانگین امتیاز تعلق یافته به ویژگی‌های انتخاب شده در هر نمونه خاک، P_{min} حداقل امتیاز موجود در بین ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه و n تعداد ویژگی‌های مورد نظر است.

در نتیجه برای هر نمونه خاک در هر کاربری و درصد شیب، مقدار کمی کیفیت خاک با استفاده از دو شاخص کیفیت تجمعی و کیفیت نمو در دو مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل محاسبه شد. آنالیز آماری بر اساس فاکتوریل در

(Parkin, 1994). تعداد مؤلفه‌های استخراج شده در هر مدل برابر است با تعداد متغیرهایی که بررسی می‌شوند. اما می‌توان تعداد مشخصی از این مؤلفه را انتخاب نمود. معمولاً دو یا سه مؤلفه اول مقدار قابل توجهی از پراکندگی داده‌ها را در نظر می‌گیرد و دارای ارزش ویژه (Eigen values) بزرگتر یا مساوی یک هستند. بنابراین انتخاب دو یا سه مؤلفه اول برای ادامه کار کفایت می‌کند.

در ادامه مطابق با روش ارائه شده توسط Andrews *et al.* (2002a) و Govaerts *et al.* (2006)، دسته داده‌های حداقل انتخاب شدند. در این روش، بعد از انتخاب تعداد مؤلفه‌های اصلی مهم‌ترین متغیرها در داخل هر مؤلفه اصلی انتخاب می‌گردد. به این صورت است که بین هر متغیر (صفت اندازه‌گیری شده) با مؤلفه‌های اصلی انتخاب شده یک همبستگی برقرار می‌گردد و به آن میزان اشتراک پذیری گفته می‌شود (Andrews *et al.*, 2002a). هرچه همبستگی بالا باشد به عنوان متغیر اصلی در داخل آن مؤلفه اصلی در نظر گرفته می‌شود. معمولاً اشتراک پذیری بالای ۰/۵ یا متغیرهایی که تا ده درصد بزرگترین اشتراک پذیری (قدر مطلق آن) را داشته باشند (متغیرهای با وزن در محدوده ۱۰ درصد بیشترین وزن موجود در آن مؤلفه اصلی)، به عنوان متغیرهای اصلی در نظر گرفته می‌شوند و از این متغیرهای انتخاب شده به عنوان حداقل مجموعه داده استفاده می‌شود (Andrews *et al.*, 2002a).

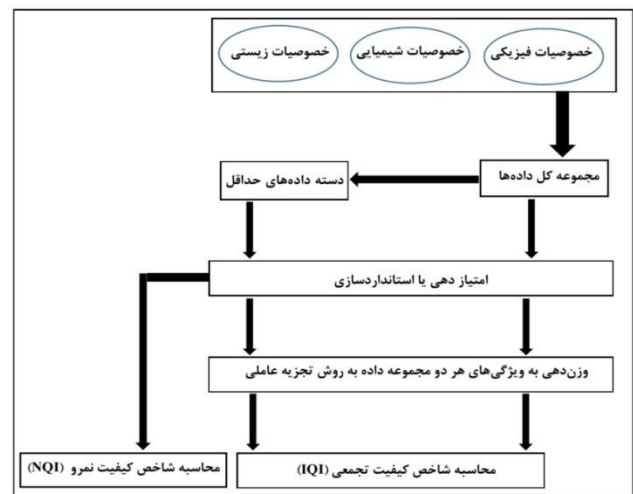
با توجه به این‌که ویژگی‌های مورد بررسی دارای واحدهای گوناگونی بوده و قابل جمع یا ضرب نمودن نیستند، برای تجمیع آن‌ها در قالب یک شاخص کلی، باید بی‌واحد گردند. جهت انجام این امر از رتبه‌دهی یا استانداردسازی داده‌ها به وسیله توابع امتیازدهی استاندارد (Function Standard Scoring) استفاده شد بر اساس این روش ویژگی‌های مختلف خاک از سه تابع پیروی می‌کنند؛ ۱- تابع هر چه بیشتر بهتر، که برای خصوصیات از خاک به کار می‌رود که افزایش آن موجب بهبود کیفیت خاک شود (مانند کربن آلی)، ۲- تابع هر چه کمتر بهتر، که برای خصوصیات از خاک به کار می‌رود که افزایش آن موجب تنزل کیفیت خاک شود (مانند جرم مخصوص ظاهری) و ۳- تابع سطح بهینه، در مورد خواصی از خاک استفاده می‌شود که افزایش یا کاهش آنها تا حد معینی باعث بهبود کیفیت خاک می‌گردد و افزایش یا کاهش آنها بیش از حد بهینه، موجب کاهش کیفیت خاک می‌شود (مانند واکنش خاک). بدین ترتیب، محدوده مقادیر هر ویژگی در هر دو مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل با توابع استاندارد امتیازدهی شدند (Andrews *et al.*, 2002b) و با توجه به این‌که ویژگی‌های مورد بررسی

بیشتری را دارد، انتخاب شد و بقیه حذف گردیدند. بین کربن و نیتروژن زیتوده میکروبی ضریب همبستگی برابر ۰/۹۹۷ برقرار است، بنابراین کربن زیتوده میکروبی، حذف و از نیتروژن زیتوده میکروبی برای قرارگیری در دسته داده‌های حداقل استفاده شد. برای بقیه پارامترها نیز به همین شکل عمل شد و در نهایت در این مؤلفه اصلی متغیرهای نیتروژن زیتوده میکروبی، کربن آلی، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل استفاده برای درج در دسته داده‌های حداقل انتخاب شدند. در مؤلفه اصلی دوم، شن بیشترین وزن را دارد و بر اساس ۱۰ درصد وزن آن، واکنش خاک نیز به عنوان عضوی از دسته داده‌های حداقل انتخاب شد و چون همبستگی شن و واکنش خاک ضعیف است (۰/۷۷) بنابراین هر دو به عنوان دسته داده‌های حداقل انتخاب گردیدند. در مؤلفه اصلی سوم، هدایت الکتریکی تنها متغیری است که به عنوان عضوی از دسته داده‌های حداقل انتخاب می‌گردد. بنابراین در کل هفت ویژگی نیتروژن زیتوده میکروبی، کربن آلی، هدایت هیدرولیکی اشباع، آب قابل استفاده گیاه، میزان شن، واکنش خاک و هدایت الکتریکی به عنوان دسته داده‌های حداقل انتخاب شدند (جدول ۱).

جدول ۱- انتخاب دسته داده‌های حداقل با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی

مؤلفه‌های اصلی	۱	۲	۳
ارزش ویژه	۱۰/۳۸۲	۳/۷۹۷	۱/۰۲۸
واریانس	۶۱/۰۷	۲۲/۳۳	۶/۰۴
واریانس تجمعی	۶۱/۰۷	۸۳/۴۰	۸۹/۴۵
بردارهای ویژه (Eigenvectors)			
کربن آلی	۰/۹۷۷	-۰/۰۴۴	-۰/۱۵۶
واکنش خاک	-۰/۲۱۸	۰/۸۴۶	۲/۴۴
هدایت الکتریکی	۰/۰۸۹	۰/۶۹۵	۰/۵۱۲
فسفر قابل جذب	۰/۸۷۵	۰/۰۷۷	۰/۳۹۳
پتاسیم قابل استفاده	۰/۵۴۱	۰/۶۷۸	-۰/۴۱۷
کربنات کلسیم	-۰/۸۳۳	۰/۳۰۲	-۰/۰۱۷
شن	۰/۳۱۶	-۰/۸۹۶	۰/۱۶۲
سیلت	-۰/۵۳۳	۰/۶۳۹	-۰/۴۴۲
رس	-۰/۰۵۹	۰/۶۷۷	۰/۲۵۴
جرم مخصوص ظاهری	-۰/۹۲۸	-۰/۲۹۳	-۰/۰۱۰
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها	۰/۹۵۷	۰/۱۸۹	-۰/۱۷۷
هدایت هیدرولیکی اشباع	۰/۹۷۰	۰/۰۹۶	-۰/۱۶۸
آب قابل استفاده	۰/۹۸۱	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۳
شدت تنفس میکروبی	۰/۹۳۰	۰/۲۸۰	۰/۰۵۸
کربن زیتوده میکروبی	۰/۹۸۴	۰/۰۷۹	-۰/۰۲۴
نیتروژن زیتوده میکروبی	۰/۹۸۵	۰/۱۰۰	-۰/۰۰۹
جمعیت میکروبی	۰/۸۶۶	-۰/۳۷۷	۰/۰۶۲

قالب طرح کامل تصادفی انجام شد و برای مقایسه هر یک از شاخص‌ها در کاربری‌ها و درصد شیب‌های مختلف، با استفاده از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسات میانگین انجام شد. همچنین به منظور تعیین کارایی دسته حداقل ویژگی‌های معرفی شده، همبستگی بین شاخص‌های به دست آمده با استفاده از مجموعه ویژگی‌های کل با شاخص‌های به دست آمده با استفاده از دسته ویژگی‌های حداقل در کل منطقه مورد مطالعه، بررسی شد. در نهایت کلیه مراحل فوق را در قالب یک فلوجارت می‌توان به طور خلاصه نمایش داد (شکل ۲).



شکل ۲- فلوجارت مراحل انتخاب، امتیازدهی و وزن‌دهی ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک و محاسبه شاخص کیفیت خاک

نتایج و بحث

تجزیه به مؤلفه اصلی: به طور کلی کاربرد عمده روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی عبارت است از کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که درحقیقت همان دسته‌بندی متغیرها است (Mohaddes, 2010). بر همین اساس برای انتخاب دسته داده‌های حداقل از میان ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی مورد مطالعه استفاده شد. مطابق جدول ۱، سه مؤلفه اصلی ابتدائی با ارزش ویژه بزرگتر از یک که در مجموع ۸۹/۴۵ درصد از واریانس کل را تحت پوشش قرار می‌دهند، استخراج شدند.

در مؤلفه اصلی اول، نیتروژن زیتوده میکروبی بیشترین وزن را دارد و بر اساس ۱۰ درصد وزن این متغیر، متغیرهایی از قبیل کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، هدایت هیدرولیکی اشباع، آب قابل استفاده گیاه، شدت تنفس میکروبی و کربن زیتوده میکروبی بیشترین وزن را داشتند. سپس با استفاده ضریب همبستگی، از میان متغیرهایی که بیشترین همبستگی را با همدیگر دارند، متغیری که وزن

وزن دهی ویژگی‌ها: سپس واریانس مشترک یا سهم هر ویژگی به وسیله روش تجزیه عاملی در دو مجموعه کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک و حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک محاسبه و با تعیین نسبت واریانس مشترک هر ویژگی به مجموع واریانس مشترک کل ویژگی‌ها، وزن هر ویژگی محاسبه گردید (جدول ۲).

جدول ۲- واریانس مشترک و وزن ویژگی‌ها در مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل

پارامترها	مجموعه کل داده‌ها		دسته داده‌های حداقل	
	واریانس مشترک	وزن	واریانس مشترک	وزن
کربن آلی	۰/۹۸۱	۰/۰۶۴۵	۰/۹۷۴	۰/۱۵۷
واکنش خاک	۰/۸۲۲	۰/۰۵۴۱	۰/۸۸۴	۰/۱۴۳
هدایت الکتریکی	۰/۷۵۴	۰/۰۴۹۶	۰/۶۸۳	۰/۱۱۰
فسفر قابل جذب	۰/۹۲۶	۰/۰۶۰۹		
پتاسیم قابل استفاده	۰/۹۲۶	۰/۰۶۰۹		
کربنات کلسیم	۰/۷۸۶	۰/۰۵۱۷		
شن	۰/۹۲۹	۰/۰۶۱۱	۰/۷۴۳	۰/۱۲۰
سیلت	۰/۸۸۸	۰/۰۵۸۴		
رس	۰/۵۲۷	۰/۰۳۴۷		
جرم مخصوص ظاهری	۰/۹۴۸	۰/۰۶۲۳		
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها	۰/۹۸۳	۰/۰۶۴۶		
هدایت هیدرولیکی اشباع	۰/۹۷۷	۰/۰۶۴۳	۰/۹۶۰	۰/۱۵۵
آب قابل استفاده	۰/۹۶۲	۰/۰۶۳۳	۰/۹۶۱	۰/۱۵۵
شدت تنفس میکروبی	۰/۹۴۶	۰/۰۶۲۲		
کربن زیتوده میکروبی	۰/۹۷۵	۰/۰۶۴۱		
نیترژن زیتوده میکروبی	۰/۹۸۱	۰/۰۶۴۵	۰/۹۸۴	۰/۱۵۹
جمعیت میکروبی	۰/۸۹۵	۰/۰۵۸۹		

محاسبه شاخص کیفیت خاک: در مرحله بعد، شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمو برای هر کاربری و در سه کلاس شیب تعیین گردیدند (شکل ۳).

نتایج به دست آمده (شکل ۳) نشان می‌دهد که کاربری باغ بیشترین مقدار شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمو را در هر دو مجموعه داده به خود اختصاص می‌دهد و پس از آن کاربری مرتع قرار می‌گیرد و دارای کیفیت نسبتاً زیادی می‌باشد، که البته با افزایش درصد شیب این مقدار کاهش می‌یابد. کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده دارای کمترین کیفیت خاک هستند و تفاوت معنی داری با دو کاربری باغ و مرتع دارند. همچنین با افزایش درصد شیب کیفیت خاک در این سه کاربری نیز کاهش می‌یابد (شکل ۳). اگر بر اساس تقسیم‌بندی کی و همکارن (۲۰۰۹) این مقادیر کلاس‌بندی شوند، کاربری باغ در هر سه کلاس شیب، و مرتع

در کلاس شیب کمتر از ۲ درصد، شاخص کیفیت تجمعی در هر دو مجموعه داده‌ها در کلاسهای I تا III قرار می‌گیرند اما شاخص کیفیت نمو تنها در مجموعه کل داده‌ها در محدوده کلاس I تا III قرار می‌گیرد و بر اساس مجموعه حداقل داده‌ها در کلاس IV قرار می‌گیرد. شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمو در هر دو مجموعه داده‌ها برای کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده در کلاس IV قرار می‌گیرند که بیانگر کمترین کیفیت خاک در این کاربری‌ها است.

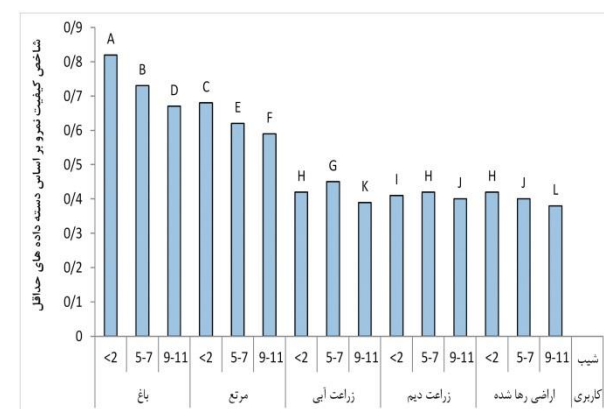
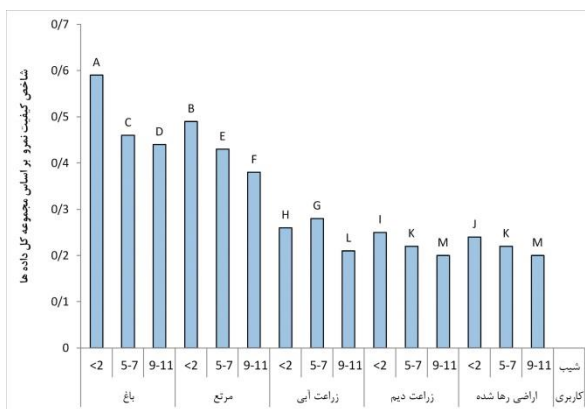
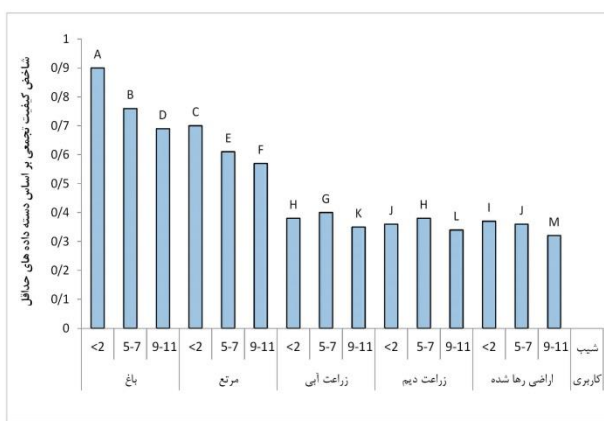
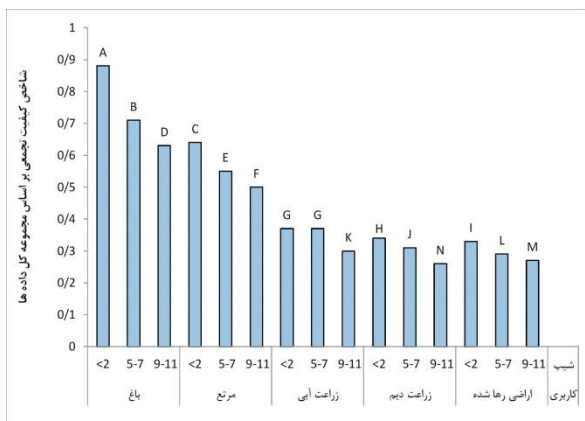
لذا در کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده لازم است عملیات مدیریتی مناسب به منظور افزایش کیفیت خاک اجرا گردد تا ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک به ویژه خصوصیات انتخاب شده به عنوان دسته داده‌های حداقل که بیشترین تاثیر را بر شاخص‌های کیفیت خاک دارند، را به محدوده بهینه‌شان نزدیک کند. از میان هفت ویژگی نیترژن زیتوده میکروبی، کربن آلی، هدایت هیدرولیکی اشباع، آب قابل استفاده، میزان شن، واکنش خاک و هدایت الکتریکی انتخاب شده به عنوان دسته داده‌های حداقل، کربن آلی خاک عاملی است که اکثر خصوصیات خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بنابراین با اتخاذ اقدامات مدیریتی جهت افزایش کربن آلی خاک می‌توان سایر ویژگی‌های خاک را به جز واکنش خاک به دلیل خاصیت بافری خاک، نیز به حد بهینه سوق داد و بدین جهت میزان کیفیت خاک را در کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده افزایش داد. در کاربری‌های زراعت آبی و دیم، کشت فشرده و برنگرداندن بقایای گیاهی به خاک سبب کاهش مقدار پوشش بقایای سطحی شده و از کیفیت و کمیت کربن آلی خاک و به تبع آن کیفیت خاک کاسته است (Lal et al., 1997).

در این زمینه Emami, et al (2014) نشان دادند که بدون افزودن ماده آلی و در تیمار شاهد کیفیت خاک در پایین‌ترین سطح قرار داشت و در کلاس ۴ دسته بندی شد اما با افزودن مواد آلی مختلف، کلاس کیفیت خاک یک تا دو درجه ارتقا یافت.

همچنین تفاوت حاصل از مقادیر برآورد کیفیت خاک توسط دو شاخص، بین دو مجموعه کل و دسته حداقل داده‌ها نشان می‌دهد که مجموعه کل داده‌ها دقت و صحت بیشتری نسبت به دسته داده‌های حداقل دارد (شکل ۳)، که این امر به دلیل وجود ویژگی‌های بیشتر در محاسبه شاخص‌های کیفیت خاک است. Doran and Parkin (1994) نیز شاخص کیفیت تجمعی در مجموعه کل داده‌ها را به عنوان جامع‌ترین و بهترین ترکیب برای ارزیابی کیفیت خاک معرفی نمودند، اما با این وجود استفاده از دسته داده‌های حداقل موجب کاهش حجم کار

جنوب مشهد نشان می‌دهد که هر چند استفاده از مجموعه کل داده‌ها تعیین شاخص‌های کیفیت خاک نتایج دقیق‌تری دارد، اما با استفاده از دسته حداقل داده‌ها نیز می‌توان شاخص‌های کیفیت خاک منطقه‌ی مورد مطالعه را با دقت قابل قبولی تعیین کرد و از این راه حجم و هزینه‌ی کار را کاهش داد.

و هزینه‌های مربوط به آن همراه با دقت مناسب می‌شود. در این راستا (Ghaemi *et al* 2013) نتیجه گرفتند که با استفاده از مدل‌های کیفیت خاک حاصل از دسته حداقل داده‌های مؤثر بر کیفیت خاک با اطمینان قابل قبولی می‌توان کیفیت خاک را ارزیابی نمود. همچنین نتایج پژوهش (Shahab *et al* 2011) در



شکل ۳- مقایسه آماری کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف بر مبنای دو شاخص و مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل

داده‌های حداقل استفاده نمود. برای پاسخ به این سوال باید رابطه بین این دو مجموعه بررسی شود. شکل ۴ و ۵ به ترتیب رابطه بین مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل در شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمو برای کل منطقه را نشان می‌دهد.

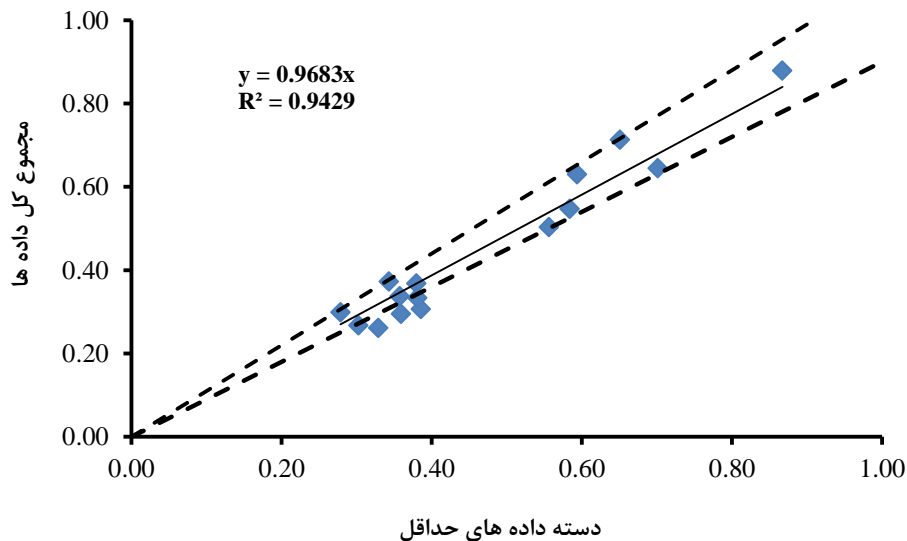
همان‌طور که ملاحظه می‌شود برای شاخص کیفیت تجمعی در کل منطقه ضریب تبیین رابطه بین دو سری داده ۰/۹۵ است و برای شاخص کیفیت نمو ضریب تبیین رابطه بین این دو مجموعه ۰/۸۸ است که بیانگر رابطه خوب این دو مجموعه برای هر دو شاخص به ویژه شاخص کیفیت تجمعی است. همچنین بیانگر کارایی بهتر شاخص کیفیت تجمعی برای ارزیابی کیفیت خاک منطقه مورد مطالعه است. بنابراین می‌توان به جای اندازه‌گیری مجموعه کل خصوصیات اندازه‌گیری شده در

در حالت مقایسه بین دو روش "شاخص تجمعی کیفیت خاک" و "شاخص کیفیت خاک نمو" می‌توان مشاهده نمود که مقدار عددی شاخص کیفیت خاک نمو در هر دو مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل، نسبت به شاخص تجمعی کیفیت خاک کمتر است و معمولاً مقدار عددی آن کمتر از ۰/۵ می‌باشد. البته این امر طبیعی به نظر می‌رسد و نتایج تحقیقات زیادی این وضعیت را تأیید می‌کنند. (Shahab *et al* 2012) در جنوب مشهد، (Rahmanipour *et al* 2014)، (Qi *et al* 2009) و بسیاری از محققان دیگر نیز به این نتیجه رسیدند که مقدار شاخص کیفیت خاک نمو در کلیه شرایط نسبت به شاخص تجمعی کیفیت خاک کمتر است.

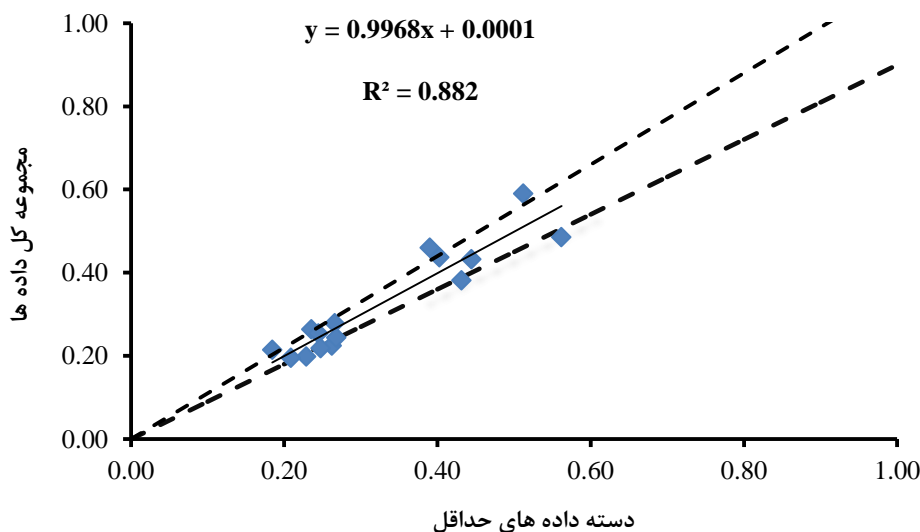
یکی دیگر از اهداف این پژوهش این است که آیا می‌توان برای تعیین کیفیت خاک، به جای مجموعه کل داده‌ها از دسته

ترتیب ضریب تبیین ۰/۸۸ و ۰/۸۱ به دست آوردند در حالی که نتایج Rahmanipour *et al* (2014) در زمین‌های کشاورزی قزوین، به ترتیب ضریب تبیین ۰/۳۴ و ۰/۲۳ را نشان می‌دهد. بنابراین یافته‌های اکثر این محققین نیز نشان می‌دهد که نخست رابطه خوبی بین این دو سری داده وجود دارد و می‌توان به جای مجموعه کل داده‌ها از دسته داده‌های حداقل برای ارزیابی کیفیت خاک استفاده نمود. همچنین شاخص کیفیت تجمعی نسبت به شاخص کیفیت نمره، ارزیابی دقیق‌تری از کیفیت خاک دارد، زیرا این شاخص برای ویژگی‌های مورد بررسی، علاوه بر امتیازدهی، اوزانی نیز در نظر می‌گیرد در حالی که در شاخص کیفیت نمره تنها بر اساس مقادیر میانگین و حداقل امتیاز ویژگی‌ها محاسبه می‌شود (Qi *et al.*, 2009).

این منطقه مطالعاتی، از دسته داده‌های حداقل استفاده نمود و با ضریب اطمینان ۰/۹۵ و ۰/۸۸ به همان نتایج دست یافت. بنابراین با استفاده از شاخص‌های کیفیت خاک حاصل از دسته ویژگی‌های حداقل، با اطمینان قابل قبولی می‌توان کیفیت خاک را ارزیابی نمود. در نظر گرفتن دسته داده‌های حداقل (هفت ویژگی) نسبت به مجموعه کل داده‌ها (۱۷ ویژگی)، موجب صرفه‌جویی در هزینه و زمان مورد نیاز برای تعیین کیفیت خاک می‌شود. Shahab *et al* (2011) در زمین‌های کشاورزی و مرتعی جنوب مشهد، برای شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمره رابطه این دو مجموعه را بررسی نمودند و به ترتیب ضریب تبیین ۰/۶۲ و ۰/۵۶ به دست آوردند. همچنین Qi *et al* (2009) به ترتیب ضریب تبیین ۰/۶۵ و ۰/۵۷، Ghaemi *et al* (2013) به



شکل ۴- رابطه خطی مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل برای تعیین شاخص کیفیت تجمعی



شکل ۵- رابطه خطی مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل برای تعیین شاخص کیفیت نمره

خاک در کاربری‌های مختلف اراضی از کارائی خوبی برخوردار هستند چون ضرایب وزنی هر کدام از ویژگی‌های خاک را لحاظ می‌نماید، که این امر به وسیله دو مجموعه داده اثبات گردید. با توجه به ضرایب تبیین بدست آمده بین دو مجموعه داده برای هر دو شاخص، استفاده از دسته داده‌های حداقل به عنوان راهکاری قابل اطمینان، سریع و مناسب از لحاظ اقتصادی برای انتخاب حداقل ویژگی‌های مؤثر خاک در منطقه مورد مطالعه می‌تواند مفید باشد. کاربرد این روش، اثر تکرارپذیری حاصل از ویژگی‌های با همبستگی مشابه را کاهش می‌دهد و می‌تواند اطلاعات موجود در سایر ویژگی‌ها را به عنوان مجموعه منتخب نشان دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که کاربری باغ و مرتع نسبت به کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده دارای کیفیت خاک بهتری هستند و هر دو شاخص کیفیت تجمعی و کیفیت نمو در هر دو دسته داده‌ها (مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل)، تفاوت بین کاربری‌های فوق-الذکر را به وضوح نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تا حدودی ناشی از کاهش دست خوردگی و حفظ پوشش گیاهی مستمر و حاصلخیزی خاک در کاربری باغ و مرتع نسبت به کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده است. همچنین هر دو شاخص مورد استفاده جهت برآورد کیفیت خاک به ویژه شاخص کیفیت تجمعی، برای ارزیابی کیفیت

REFERENSES

- Alexander, M. (1982)., Most probable number method for microbial populations. In: Page AL., Miller RH., Keeney DR. (Eds.), *Methods of Soil Analysis Part2*. Amer. Soc. for Agron, Madison USA, 815–820.
- Anderson, E., & John, P. 1982. Soil respiratiovn. *Methods of Soil Analysis Part2. Amer. Soc. for Agron, Madison USA*: 831–870.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Mitchell, J.P., 2002a. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.* 90, 25–45.
- Andrews, S.S., Mitchell, J.P., Mancinelli, R., Karlen, K.L., Hartz, T.K., Horwath, W.R., Pettygrove, G.S., Scow, K.M., Munk, D.S., 2002b. On-farm assessment of soil quality in California's central valley. *Agron. J.* 94, 12–23.
- Aparicio, V., and Costa, J.L. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean pampas. *Soil and Tillage Research*, 96: 155-165.
- Blake GR., Hart age KH, 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part1: physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed. *Agronomy Monograph*. 9: 363–382.
- Bone, J., Barraclough, D., Eggleton, P., Head, M., Jones, D., Voulvoulis, N. 2012. Prioritising soil quality assessment through the screening of sites: the use of publicly collected data. *Land Degradation & Development*, 25(3), 251-266. *Land Degradation & Development*.
- Brejda JJ., Moorman TB., Karlan DL. And Dao TH. 2000. Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and Southern High Plains, . *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 2115-2124. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 2115-2124.
- Doran, J.W. and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart (ed.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America Special Publication no. 35, Madison, WI.1-21.
- Doran, J.W., and A.J. Jones, (Eds.), 1996. *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49. *Soil Science Society of America, Madison, WI*. 25-37.
- Emami, H., Astarai, A.R., Fotovat, A. 2014. Evaluating The Effect of Organic Matter on Soil Quality Score Functions. *Journal of Water and Soil*. 28(3), 565-574. (In Farsi).
- Ge G.W., and Bauder J.M. 1986. *Partical-size analysis. In Methods of Soil Analysis, Part 1, physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No. 9 (2nd edition), American Society of Agronomy, Madison, WI. Pp 383-411.
- Ghaemi, M., Astarai, A.R., Sanaei nezhad, S.H., Nasiri mahalati, M., Emami, H. 2013. Evaluating Chemical Quality of Several soil cultivation wheat-corn Using of soil quality Models at some Parts of Southeast Mashhad area. *Soil Reserch*. 27(4), 463-473. (In Farsi).
- Govaerts, B., K.D. Sayre, and J. Deckers, 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil & Tillage Research*, 87(2), 163-174.87:163–174.
- Han, W.J., Wu, Q.T., 1994. A primary approach on the quantitative assessment of soil quality. *Chinese J. Soil Sci.* 25, 245–247 (In Chinese with English Abstract).
- Jenkinson, DS., Brookes, PC. & Powelson, DS. 2004. Measuring soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*. (36):,5-7.
- Karlen, D.L., Andrews, S.S., Wienhold, B.J., Zobeck, T.M. 2008. Soil quality assessment: Past, present and future. *Electronic Journal of Integrative Biosciences* 6: , 3-14.
- Karlen, D.L., Gardner, J.C., Rosek, M.J., 1998. A soil quality framework for evaluating the impact of CRP. *Journal of Production Agriculture* 11, 56 –

- 60.
- Kemper W.D., and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A (ed). *Methods of Soil Analysis. Part a: physical and Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp 425-442.
- Klute, A., & Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. *Methods of Soil Analysis: Part 1—physical and Mineralogical Methods (methodsofsoilan1)*: 687-734.
- Lal R., Kimble J. and Follett R.F. 1997. Pedospheric processes and the carbon cycle. p. 1-8. In: Lal, R., W.H. Blum, C.Valentine, B.A. (eds.) *Stewart. Methods for Assessment of Soil Degradation*. CRC Press, Boca Raton.
- Liu, Y., Wang, H., Zhang, H., & Liber, K. 2016. A comprehensive support vector machine-based classification model for soil quality assessment. *Soil and Tillage Research*, . 155, 19-26.
- Liu, Z. J., Wei, Z., Shen, J. B., Li, S. T., Liang, G. Q., Wang, X. B., ... & Chao, A. (2014). Soil Quality Assessment of Acid Sulfate Paddy Soils with Different Productivities in Guangdong Province, China. *Journal of Integrative Agriculture*. 13(1), 177-186.
- Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R.A., Rutigliano, F.A. 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology*, . 44(3), 205-212.
- Mohaddes, F. 2010. *Principal Component and Factor Analysis Case Study: Assets Price Evaluation and Inflation Impacts*. Economic Research and Policy Department Central Bank of the Islamic Republic of Iran.
- Nelson BW and Sommers LE, 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp:539 - 577. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2*. Soil Sci Soc of Am, Madison WI.
- Olsen, SR., & Sommers, L. 1982. phosohorus. In: AL. Page: *Methods of soil analysis, Agron. No. 9, Part2: Chemical and microbiological properties*, (ed.) Am. Soc.Agron., Madison, WI, USA.: 403-430.
- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. *Methods of Soil Analysis, part2, chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of Aamerica, Madison, WI.
- Qi, Y., Darilek, J.L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W., Gu, Z. 2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, 149(3-4), 325-334.
- Qin, M.Z., Zhao, J., 2000. Strategies for sustainable use and characteristics of soil quality changes in urban-rural marginal area: a case study of Kaifeng. *Acta Geogr. Sin.* 55, 545-554 (In Chinese with English abstract).
- Rahmanipour, F., Bahrami, H.A., Bandarabadi, S.R., Fereidouni, Z. 2013. Quantitative soil quality assessment and its spatial distribution at some Parts of agricultural lands in Qazvin Province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 43(1), 1-8. (In Farsi).
- Rahmanipour, F., Marzaioli, R., Bahrami, H.A., Fereidouni, Z., Bandarabadi, S.R. 2014. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecological Indicators*, . 40(0), 19-26.
- Reynolds, W.D., Drury, C.F., Tan, C.S., Fox, C.A., Yang, X.M. 2009. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*, . 152(3-4), 252-263.
- Rezaei SA, Gilkes RJ, Andrews SS. 2006. A minimum data set for assessing soil quality in rangelands. *Geoderma*.136: , 229-234.
- Ruiz, E. C., Ruiz, A. C., Vaca, R., del Aguila, P., & Lugo, J. 2015. Assessment of Soil Parameters Related With Soil Quality in Agricultural Systems. *Life Science Journal*, 12(1).
- Shahab, H., Emami, H., Haghnia, Gh. 2012. Evaluating the relationship between the Models to determine soil quality and sustainable indices in agricultural and range lands of southern Mashhad area. . *Soil Reserch*. Vol. 26, No.(3:), 227-234. (In Farsi).
- Shahab, H., Emami, H., Haghnia, Gh., Karimi, A. 2011. Determination the Optimal optimal Range range of Pore pore Volume volume Distribution distribution by Using using of Soil soil Physical Quality Indicators and Effect of Soil Properties on Sgi Index. *Journal of Water and Soil*. 25, (4), 881-891. (In Farsi).
- Shukla M.K., Lal R., and Ebinger M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87(2), 194-204. *Soil Tillage Res*, 87, 194-204.
- Sun B., Zhou S.L., and Zhao Q.G. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 115, 85-99.
- Wang, X., Gong, Z. 1998. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. *Geoderma*, 81(3-4), 339-355.