ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف زمین با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

وریا زارعی و محسن شکل‌آبادی[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۰)

چکیده

این بررسی به‌منظور بررسی اثر کاربری‌های مختلف اراضی بر برخی شاخص‌های کیفیت خاک با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره انجام گردید. در جنگل‌های زاگرس واقع در شهرستان مریوان از سه کاربری جنگل، مرتع و زراعی و در دو عمق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متر نمونه برداری صورت گرفت. ویژگی‌های pH، هدایت الکتریکی، مقدار شن، سیلت، رس، آهک و پایداری خاکدانه‌ها و هم‌چنین کربن آلی در خاکدانه‌های پایدار اندازه‌گیری شد و روش‌های تجزیه عامل‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای و تجزیه به توابع تفکیک جهت ارزیابی کیفیت خاک استفاده گردید. متغیرهای مورد بررسی در پنج عامل قرار گرفتند. مهم‌ترین عامل‌ها مربوط به کربن آلی و شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ای بود. توزیع شماتیک عامل‌ها و تحلیل خوشه‌ای این نتایج را تأیید کردند. با تغییر کاربری، عامل‌های کربن آلی خاکدانه‌ای و پایداری خاکدانه‌ها و در نتیجه شاخص‌های پایداری بیشترین حساسیت را نشان می‌دهند. تغییرات این ویژگی‌ها در کاربری جنگل و مرتع تقریباً مشابه بودند ولی کاربری زراعی در مقابل دو کاربری دیگر تغییرات متفاوتی را نشان داد. تبدیل کاربری جنگل به زراعی منجر به کاهش کربن خاکدانه‌ای و خاکدانه‌های پایدار و هم‌چنین افزایش واکنش خاک گردیده است. روش‌های چند متغیره در ترکیب ویژگی‌های خاک و تعیین شاخص‌های مختلف و ارزیابی کیفیت خاک کارایی بیشتری داشتند.

کلمات کلیدی: کاربری زمین، تجزیه عامل‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای، توابع تفکیک، خاکدانه‌ها، کربن آلی خاکدانه‌ها

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sheklabadi@basu.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

مقدمه

تغییر جنگل‌ها و مراتع به زمین‌های کشاورزی امروزه به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سطح دنیا در زمینه تخریب محیط زیست و تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده‌است. اسپانس و همکاران (۲۳) معتقدند تغییر کاربری اراضی می‌تواند خاک را در برابر تخریب حساس‌تر کند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند تغییراتی که پس از جنگل‌تراشی و اجرای عملیات زراعی در منطقه اتفاق می‌افتد می‌تواند منجر به کاهش مواد آلی خاک، فعالیت میکروبی، فرسایش خاک و ایجاد رواناب و کاهش میزان تخلخل و نفوذپذیری خاک گردد.

تجزیه‌های آماری چند متغیره می‌تواند برای فهم بهتر تغییرات شاخص‌های کیفیت خاک در نتیجه تغییر کاربری و بیان این که کدام شاخص‌ها حساسیت بیشتری را نشان می‌دهند، مفید بوده و استفاده گردد. در سال‌های اخیر روش‌های آماری چند متغیره در تحلیل‌های فرآیندهای مهم زیست محیطی به‌طور گسترده‌ای استفاده شده‌اند (۱۲، ۱۴ و ۱۵). در تحلیل داده‌های کیفی آب، و هم‌چنین پارامترهای کیفیت خاک استفاده از روش‌های تجزیه عامل‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای و توابع تفکیک برای کاهش تعداد متغیرها و تفسیر بهتر نتایج به‌دست آمده از آنها رواج یافته‌است (۱۷).

یکی از تجزیه‌های مهم که در توصیف تغییرپذیری ویژگی‌های خاک به‌کار گرفته‌شده، تجزیه عامل‌های اصلی (PCA) است. تجزیه به عامل‌های اصلی یک روش آماری چند متغیره است که هدف آن شناخت ساز و کارهای مؤثر یا ساده‌کردن رابطه‌های پیچیده و مختلفی است که بین متغیرهای مشاهده‌ای وجود دارد (۱۴). تچکینو و زک (۲۴) ضمن استفاده از تجزیه‌های عامل‌های اصلی تغییرپذیری مکانی ۱۶ متغیر خاک را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. اوالز و کولین (۱۸) با استفاده از تجزیه عامل‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای نشان دادند که شن کل، شن ریز، رس و کربن آلی به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های خاک، بخش اعظمی از تغییرات ویژگی‌های خاک را در سطح مزرعه توجیه کرده‌اند. ایوبی و خرمالی (۱) نیز تغییرپذیری عناصر غذایی قابل استفاده خاک منطقه آپاپولی هند را با روش تجزیه به عامل‌های اصلی انجام داده و از نتایج آن برای پهنه‌بندی عناصر غذایی و تهیه نقشه حاصلخیزی خاک استفاده نموده‌اند. شوکلا و همکاران (۲۱) جهت بررسی ویژگی‌های خاک مؤثر بر تولید محصول از روش تجزیه عامل‌های اصلی استفاده نمودند و مهم‌ترین عامل مؤثر بر تولید محصول را کربن آلی خاک معرفی کردند. محمدی و همکاران (۳) نیز تغییرپذیری کیفیت خاک را در منطقه‌های سبزکوه، سمیرم و یاسوج با استفاده از روش‌های چند متغیره و تجزیه به توابع تفکیک بررسی کرده و نشان دادند که روش‌های مورد استفاده در تعیین کیفیت خاک این مناطق بسیار مناسب بوده‌اند.

تغییر کاربری اراضی و تخریب اراضی مرتفع مانند اراضی رشته کوه‌های زاگرس یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که تهدیدکننده منابع طبیعی، توسعه کشاورزی و امنیت غذایی در این منطقه و در نتیجه در کل کشور می‌باشد. کشاورزی در اراضی مرتفع شیب‌دار پایداری اکولوژیکی منابع طبیعی به خصوص در ارتفاعات رشته کوه زاگرس را در معرض خطر قرار می‌دهد که این خود تأثیر مستقیمی بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارد و باعث ایجاد صدمات جبران‌ناپذیر از طریق افزایش فرسایش‌پذیری خاک می‌شود. بنابراین هدف از این پژوهش درک بهتر تغییرات و همبستگی شاخص‌های کیفیت خاک در نتیجه تغییر کاربری اراضی در زمین‌های جنگلی استان کردستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه

منطقه مورد بررسی در زمین‌های جنگلی استان کردستان در طول جغرافیایی ´۱۵ °۴۶ تا ´۲۳ °۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی ´۳۵ °۱۹ تا ´۲۶ °۳۵ شمالی قرار دارد. اقلیم منطقه سرد مرطوب و میانگین بارش سالیانه در حدود ۹۲۱ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۲/۱ درجه سانتی‌گراد بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی مریوان برآورد شده‌است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

به‌ترتیب زریک و مزیک و زمین‌شناسی غالب منطقه از نوع آهکی است. گونه‌های جنگلی غالب منطقه بلوط و بنه وحشی است. کاربری کنونی منطقه شامل زراعت دیم، زراعت آبی، باغات، مرتع و جنگل می‌باشد. به‌علت کوهستانی‌بودن اغلب سیستم کشاورزی سنتی در منطقه حاکم می‌باشد.

نمونه‌برداری

سه منطقه در ناحیه جنگلی استان کردستان، در فاصله شهرستان‌های سروآباد و مریوان جهت انجام بررسی انتخاب گردید. هر منطقه شامل منطقه جنگل دست نخورده، جنگل تبدیل‌شده به مرتع و جنگل تبدیل‌شده به زمین زراعی بوده و کاربری‌های انتخاب‌شده در کنار هم قرار داشته و شرایط تقریبا مشابهی از نظر شیب، مواد مادری و خاک داشتند. به‌عبارت دیگر سه نوع کاربری زمین جنگل، جنگل تبدیل شده به مرتع و جنگل تبدیل‌شده به زمین زراعی با سه تکرار و در کل ۹ منطقه انتخاب گردید. در هر منطقه از ۷ نقطه در دو عمق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متر نمونه‌برداری گردید. نمونه‌ها جهت تجزیه‌های معمولی خاک هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. هم‌چنین بخشی از خاک نیز به‌صورت دست‌نخورده از الک ۸ میلی‌متر برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها و کربن آلی آنها عبور داده شد.

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

اندازه‌گیری بافت خاک به‌روش هیدرومتری، پ- اچ و رسانایی الکتریکی خاک در عصاره ۱:۵ خاک به آب، به‌ترتیب به کمک دستگاه پ- اچ متر و هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری خاک نیز با روش نمونه‌گیری استوانه‌های دست‌نخورده تعیین گردید (۶). کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی اندازه‌گیری شد (۶). ماده آلی خاک به روش اکسایش تر اندازه‌گیری شد (۱۶). مقدار سنگ‌ریزه به‌روش وزنی به‌دست آمد (۶).

جداسازی خاکدانه‌ای به‌وسیله‌ی الک تر براساس روش انگرز و همکاران (۵) انجام گردید. بدین‌منظور مقدار ۵۰ گرم خاک روی سری الک‌های ۲، ۰/۲۵ و ۰/۰۵۳ ریخته‌شده و در داخل آب غربال گردیدند. دامنه حرکت عمودی خاکدانه‌ها در داخل آب ۲/۶ cm، با شدت نوسان ۳۰ دور در دقیقه و به‌مدت ۱۲/۵ دقیقه بود. مدت زمان نوسان الک‌ها در آب با توجه به آزمایش‌های اولیه تعیین گردید. خاکدانه‌های روی هر الک جمع‌آوری شد و در آون در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ روز خشک گردید. مواد عبورکرده از الک ۵۳ میکرونی نیز جمع‌آوری و میزان کربن آلی خاکدانه‌ها در هر بخش اندازه‌گیری گردید. خاکدانه‌های پایدار در آب روی هر الک (WSA)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD) نیز به‌ترتیب از روابط ۱، ۲ و ۳ محاسبه گردیدند (۵).

$$WSA_i = \frac{(w_{2i} - w_{3i})}{(w_s - \sum_{i=1}^{n} w_{3i})} \quad [1]$$

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} x_i WSA_i \quad [2]$$

$$GMD = \exp(\sum_{i=1}^{n} WSA_i \log x_i \quad [3]$$

در روابط ۱، ۲ و ۳، w_{2i} وزن خاک روی هر الک، w_{3i} وزن شن باقی‌مانده روی هر الک، w_s وزن خشک کل خاکدانه‌ها، i: شاخص کلاس اندازه و n تعداد غربال، x_i: میانگین قطر خاکدانه‌های به جامانده بر روی هر الک که معادل میانگین قطر روزنه‌های غربالی که خاکدانه‌ها بر روی آن به جامانده بود و قطر روزنه غربال بلافاصله بالایی بود، می‌باشد.

تحلیل‌های آماری

از روش‌های آماری چند متغیره، تجزیه عامل‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به توابع تفکیک در تفسیر پارامترهای کیفی خاک مناطق جنگلی مریوان استفاده گردید. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای Minitab 14 و SPSS 19 استفاده گردید. آزمون نرمال‌بودن داده‌ها نیز با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف انجام گرفت. جهت انجام تجزیه عامل‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای به‌منظور هم‌وزن کردن متغیرها، داده‌ها با استفاده از رابطه ۴ استاندارد شدند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_m}{S_i} \qquad [۴]$$

در این رابطه، Z_{ij}، jامین مقدار متغیر استاندارد شده Zi و x_{ij}، j امین مشاهده از متغیر x_i، x_m میانگین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و s_i انحراف استاندارد می‌باشند.

جهت انتخاب عامل‌های مهم عامل‌های انتخاب شدند که مقدار ارزش ویژه (Eigen value) آنها از یک بیشتر باشد(۱۹). در راستای تفسیر ویژگی‌های مهم در هر عامل که بیشترین تغییرات را کنترل می‌کند، از معیار انتخاب (SC) به شرح ارائه شده در رابطه ۵ استفاده گردید (۸).

$$SC = \frac{0.5}{\sqrt{\text{مقدار ویژه}}} \qquad [۵]$$

در روش تجزیه عامل‌های اصلی در تشکیل هر عامل از تمام متغیرها استفاده می‌شود، بنابراین تفسیر عامل‌ها مشکل خواهد بود. از این رو روش‌های چرخش عامل‌ها، با رفع این مشکل موجب تفسیر ساده‌تر عامل‌ها می‌شوند. یکی از روش‌های چرخش که در مطالعات علمی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد چرخش واریماکس (Varimax) بوده و به PFA مشهور است (۱۹).

با وجود اینکه تجزیه عامل‌های اصلی و PFA از روش‌های آماری ناپارامتری می‌باشند، ولی لازم است امکان استفاده از این روش‌ها و نتایج به‌دست‌آمده از آنها توسط فاکتور KMO یا تست بارتلت بررسی گردد (۲۰). درحالی‌که این موضوع در اغلب مطالعات قبلی در این زمینه، مورد توجه قرار نگرفته‌است (۱۷ و ۲۲). مقدار KMO بین صفر تا یک متغیر است. این فاکتور به کمک ضرایب همبستگی ساده و ضرایب همبستگی جزئی طبق رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} a_{ij}^2} \; i \neq j \qquad [۴]$$

در این رابطه r_{ij}، ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای i و j و a_{ij} ضریب همبستگی جزئی متغیرهای i و j به شرط ثابت بودن سایر متغیرهاست. با توجه به رابطه ۶ مقادیر بالاتر KMO مستلزم کوچک‌بودن ضرایب همبستگی جزئی (که برآورد ضریب همبستگی جملات خطا) می‌باشد و بیانگر دقت محاسبات مربوطه با استفاده از PCA و PFA است. درصورتی‌که این فاکتور بزرگ‌تر از ۰/۵ به‌دست آید، نشان دهنده‌ی امکان اجرای این دو روش بر داده‌های اصلی می‌باشد (۲۰).

در این بررسی هم‌چنین تحلیل خوشه‌ای پارامترهای مورد بررسی انجام شد. این تجزیه براساس روش واردز (Wards) انجام گرفت. پس از تجزیه واریانس چند متغیره و محاسبه ماتریس‌های منابع تغییرات بین گروه‌ها و درون گروه‌ها به تعیین توابع تفکیک (Discriminant Functions Analysis)، که در برگیرنده ترکیب خطی از متغیرهای مورد بررسی است، اقدام شد (۱۹).

بحث و نتایج

توصیف آماری داده‌های ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده‌است. در این جدول آماره‌های میانگین، حداقل و حداکثر، کشیدگی و چولگی در منطقه مورد بررسی ارائه شده‌است. نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف نشان داد که تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده به‌جز پ- اچ، هدایت الکتریکی، مقدارهای رس و آهک، پایداری خاکدانه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر و شاخص GMD، توزیعی تقریباً نرمال از خود نشان دادند؛ در نهایت برای متغیرهای غیرنرمال نیز روش‌های تبدیل داده‌ها جهت نرمال‌سازی داده‌ها انجام گرفت. براساس مقادیر چولگی و کشیدگی داده‌ها نیز بیشتر متغیرها دارای توزیع نرمال می‌باشند.

تجزیه به عامل‌های اصلی داده‌ها را به ۵ عامل اصلی تبدیل نمود. مقادیر ویژه و مقدار واریانس بیان شده عامل‌های ۱ تا ۵ در جدول ۲ نشان داده شده‌است. هر پنج عامل مقدار ویژه بیشتر از ۱ را داشته و در مجموع ۷۴/۸۱ درصد تغییرات مشاهده شده در داده‌ها را توجیه می‌نمایند. با توجه به این‌که عامل‌هایی برای ادامه کار انتخاب می‌گردند که مقدار ویژه بیش از ۱ دارند. بنابراین همه آنها برای بررسی بیشتر انتخاب گردیدند. از عامل اول به سمت عامل پنجم مقدار معیار انتخاب (SC) افزایش می‌یابد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

جدول ۱. توصیف آماری متغیرهای کیفی خاک

متغیر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
pH	-	۶/۱۰	۷/۷	۷/۱۰	۰/۱۹	۰/۰۳۷	−۰/۹۳	۲/۰۰
هدایت الکتریکی	dS/m	۰/۴۸	۱۲/۶۱	۱/۶۴	۱/۲۰	۱/۴۴	۰/۰۶۷	−۱/۵۱
شن	%	۶/۰	۷۲/۰	۳۷/۵	۱۳/۶	۱۸۳/۸۲	۰/۲۰	−۰/۱۰
سیلت	%	۱۵/۰	۶۵/۰	۴۵/۲	۱۰/۱	۱۰۳/۰۰	−۰/۶۲	۰/۲۱
رس	%	۲/۰	۵۰/۰	۱۷/۴	۹/۰	۸۱/۲۶	۱/۳۴	۲/۱۲
آهک	%	۰/۲۰	۵۴/۹۰	۱۰/۶۵	۱۱/۶۰	۱۳۴/۶۳	۱/۷۲	۲/۷۸
چگالی ظاهری	$Mg\ m^{-3}$	۱/۱۵	۱/۸۵	۱/۴۹	۰/۱۴	۰/۰۲	−۰/۲۶۹	۰/۰۵۳
سنگ‌ریزه	%	۲/۵۰	۵۲/۵۰	۲۱/۹۶	۱۲/۰۲	۱۴۴/۷۱	۰/۵۰۸	−۰/۵۱۶
$WSA_{(8\text{-}2mm)}$	$g\ F\ g^{-1}$	۰/۰۱	۰/۶۲	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۲۲	−۰/۶۱
$WSA_{(2\text{-}0.25mm)}$	$g\ F\ g^{-1}$	۰/۱۲	۰/۶۳	۰/۳۱	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۵۰	−۰/۲۲
$WSA_{(0.25\text{-}0.053mm)}$	$g\ F\ g^{-1}$	۰/۰۲	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۰۲	۰/۴۱	۰/۶۹
$WSA_{(<0.053mm)}$	$g\ F\ g^{-1}$	۰/۰۱	۰/۹۴	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۰۹	۰/۲۰۲	۲/۶۲
MWD	mm	۰/۸۱	۳/۴۶	۱/۹۷	۰/۴۹	۰/۲۴	۰/۴۵۸	۱/۰۷
GMD	mm	۰/۷۱	۱/۴۴	۱	۰/۱۱	۰/۰۱۴	۰/۸۰۲	۱/۹۹
$AC_{(8\text{-}2mm)}$	$g\ C\ g^{-1}$	۰/۰۸	۳/۰۱	۱/۱۶	۰/۵۸	۰/۳۴	۱/۰۱	۰/۸۸
$AC_{(2\text{-}0.25mm)}$	$g\ C\ g^{-1}$	۰/۲۰	۲/۹۸	۱/۳۱	۰/۵۱	۰/۲۶	۰/۷۶	۰/۶۸
$AC_{(0.25\text{-}0.053mm)}$	$g\ C\ g^{-1}$	۰/۲۰	۲/۸۹	۱/۱۰	۰/۴۸	۰/۲۳	۱/۲	۲/۱
$AC_{(<0.053mm)}$	$g\ C\ g^{-1}$	۰/۱۶	۲/۶۵	۱/۲۲	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۸۰	۰/۷۲

*در جدول فوق pH: واکنش خاک؛ WSA: خاکدانه‌های پایدار در آب در اندازه های بزرگ‌تر از ۲، ۲–۰/۲۵، ۰/۲۵–۰/۰۵۳ و کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر؛ MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها؛ GMD: میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها؛ و AC: کربن آلی موجود در هر کلاس اندازه خاکدانه می‌باشند.

جدول ۲. مقادیر ویژه برای عامل‌های اصلی

عامل‌ها	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی	معیار انتخاب (SC)
۱	۴/۴۵	۲۴/۷۴	۲۴/۷۴	۰/۲۳۸
۲	۳/۴۰	۱۸/۹۰	۴۳/۶۴	۰/۲۷۱
۳	۲/۵۵	۱۴/۱۸	۵۷/۸۲	۰/۳۱۴
۴	۱/۷۴	۹/۷۰	۶۷/۵۳	۰/۳۸۱
۵	۱/۳۱	۷/۲۸	۷۴/۸۱	۰/۴۳۸

(جدول ۲). اوالز و کولین (۱۸) و کاکس و همکاران (۸) نیز روند مشابهی را در تجزیه داده‌ها مشاهده نمودند.

هر عامل ترکیب خطی از تمامی متغیرها با وزن‌های مختلف می‌باشد. با توجه به مقدار معیار انتخاب، وزن‌هایی استخراج می‌شوند که در هر عامل مقدار قدر مطلق وزن بیش از مقدار معیار انتخاب (SC) باشد.

جدول ۳ مقادیر وزن هر ویژگی خاک در عامل‌ها را نشان می‌دهد. بیشترین وزن محاسبه‌شده برای هر عامل اصلی نیز بر اساس معیار SC انتخاب گردید (جدول ۲). هر عامل ترکیب خطی از تمامی متغیرها با وزن‌های مختلف می‌باشد. وزن‌های

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

جدول ۳. وزن‌های محاسبه‌شده برای هر عامل اصلی (براساس معیار SC)

متغیر	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم	شرکت‌پذیری
pH				-۰/۷۴۱		۰/۷۱۹
هدایت الکتریکی	۰/۶۳۶					۰/۵۸۷
شن			۰/۹۱۴			۰/۹۰۸
سیلت			-۰/۷۱۴			۰/۷۱۶
رس		۰/۴۴۰	-۰/۴۰۶	-۰/۵۱۶		۰/۷۳۶
آهک				۰/۶۸۴		۰/۶۱۲
چگالی ظاهری					-۰/۹۱۶	۰/۸۵۵
سنگ‌ریزه			۰/۸۲۱			۰/۷۲۱
$WSA_{(8-2mm)}$	۰/۵۵۰	۰/۵۳۳				۰/۷۱۶
$WSA_{(2-0.25mm)}$		۰/۶۴۲				۰/۵۹۱
$WSA_{(0.25-0.053mm)}$		-۰/۷۸۷				۰/۷۰۷
$WSA_{(<0.053mm)}$		-۰/۷۴۹				۰/۶۶۵
MWD		۰/۸۳۴				۰/۷۰۹
GMD	۰/۴۰۱					۰/۸۷۰
$AC_{(8-2mm)}$	۰/۸۴۵					۰/۸۶۷
$AC_{(2-0.25mm)}$	۰/۸۷۵					۰/۸۵۶
$AC_{(0.25-0.053mm)}$	۰/۸۶۴					۰/۷۹۵
$AC_{(<0.053mm)}$	۰/۸۷۹					۰/۸۳۵

*در جدول فوق pH: واکنش خاک؛ WSA: خاکدانه‌های پایدار در آب در اندازه های بزرگ‌تر از ۲، ۲-۰/۲۵، ۰/۲۵-۰/۰۵۳ و کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر؛ MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها؛ GMD: میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها؛ و AC: کربن آلی موجود در هر کلاس اندازه خاکدانه می‌باشند.

ارائه شده به نحوی نشان‌دهنده ضریب هم‌بستگی بین عامل و پارامتر مورد نظر می‌باشد (۲۱). با افزایش شماره عامل به سمت عامل پنجم از تعداد ویژگی‌های مهم در عامل کاسته‌شده به‌طوری‌که سه عامل اول که سهم زیادتری در توجیه واریانس مشاهده‌شده در داده‌ها دارند، دارای پارامترهای بیشتری نیز هستند.

در عامل اول پارامترهای کربن آلی خاکدانه‌ای در همه اندازه‌ها دارای بیشترین وزن می‌باشند و ۲۴ درصد از تغییرات واریانس را توجیه می‌کنند. در عامل دوم متغیرهای مربوط به خاکدانه‌های پایدار در آب و شاخص های پایداری خاکدانه‌ها بیشترین وزن را دارند، که نشان‌دهنده اهمیت این متغیرها در این عامل می‌باشد. بنابراین می‌توان این عامل را عامل پایداری خاکدانه‌ها نامید. این عامل نیز ۱۸/۹۰ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند. در این عامل علامت وزن خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۰/۲۵ و ۲ میلی‌متر مثبت و علامت خاکدانه‌های ۰/۲۵-۰/۰۵۳ و کوچک‌تر ۰/۰۵۳ میلی‌متر منفی و برخلاف خاکدانه‌های درشت می‌باشد (جدول ۳). علامت متفاوت این دو گروه نشان‌دهنده اثر متفاوت این متغیرها در عامل پایداری خاکدانه‌ها است. متغیرهای شن، سیلت، رس و سنگ‌ریزه در عامل سوم دارای بیشترین وزن است و بیان‌گر اثر ذرات اولیه و بافت خاک می‌باشد. عامل بافت خاک نیز ۱۴/۱۸ درصد از تغییرات واریانس را توجیه می‌کند. چهارمین عامل نیز نشان‌دهنده‌ی تغییرات واکنش خاک و آهک خاک می‌باشد. علامت متفاوت این دو متغیر نشان‌دهنده اثر متضاد دو ویژگی خاک در این عامل است. عامل واکنش خاک ۹/۸ درصد از

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

جدول ۴. مقایسه میانگین کاربری‌های زمین مختلف در هر عامل

کاربری	عامل اول (کربن آلی خاکدانه‌ها)	عامل دوم (خاکدانه‌ها)	عامل سوم (بافت خاک)	عامل چهارم (واکنش خاک)	عامل پنجم (چگالی ظاهری)
جنگل	۰/۲۴^{a}	۰/۵۶^{a}	−۰/۲۴^{b}	۰/۱۴^{a}	−۰/۰۷^{a}
مرتع	−۰/۱۱^{ab}	−۰/۱۲^{b}	−۰/۴۲^{b}	۰/۱۶^{a}	−۰/۰۱^{a}
زراعی	−۰/۲۴^{b}	−۰/۸^{c}	۰/۵۱^{a}	۰/۵۳^{a}	۰/۰۵^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در پایه آماری ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد.

تغییرات واریانس را توجیه می‌نماید. آخرین عامل مربوط به چگالی ظاهری خاک می‌باشد که ۷/۲۸ درصد از تغییرات واریانس را توجیه می‌کند. جدول ۴ مقایسه میانگین عامل‌های مورد بررسی در سه کاربری مورد بررسی را نشان می‌دهد. مقدار عامل کربن آلی خاک‌دانه‌ای در کاربری جنگل و مرتع بیشتر از کاربری زراعی بود. گلچین (۱۰) و آلیسون (۴) نشان دادند که دگرگونی علف‌زارها به زمین‌های کشاورزی باعث شکسته‌شدن خاکدانه‌های بزرگ‌تر و در پی آن آزاد شدن و تجزیه مواد آلی ذره‌ای می‌شود. بیشترین مقدار عامل پایداری خاکدانه‌ها در کاربری جنگل مشاهده گردید در حالی که کمترین مقدار آن در کاربری زراعی دیده شد. این تغییرات معنی‌دار نشان‌دهنده خاکدانه‌سازی بهتر و خاکدانه‌های درشت‌تر در کاربری جنگل و خاکدانه‌های ضعیف‌تر در کاربری زراعی و مرتع است. ایورندیک و همکاران (۹) و سلیک (۷) نشان دادند که با تغییر کاربری اراضی از جنگل به زراعی میزان شاخص MWD کاهش می‌یابد. عامل سوم یا بافت خاک نیز در کاربری زراعی بیشترین و در کاربری‌های مرتع و جنگل کمترین مقدار را داشته است. با توجه به ضریب مثبت متغیرهای شن و سنگ‌ریزه در این عامل، مقدار زیادتر این عامل در کاربری زراعی نشان‌دهنده بافت درشت‌تر و سنگ‌ریزه بیشتر در این کاربری است. فرسایش زیادتر خاک در این کاربری در مقایسه با کاربری جنگل و مرتع می‌تواند دلیل این افزایش چشمگیر باشد. عجمی و همکاران (۲) نیز مشاهده کردند که در اراضی لسی گلستان با تغییر کاربری از جنگل به زراعی میزان رس خاک کاهش و مقدار ذرات درشت خاک افزایش می‌یابد.

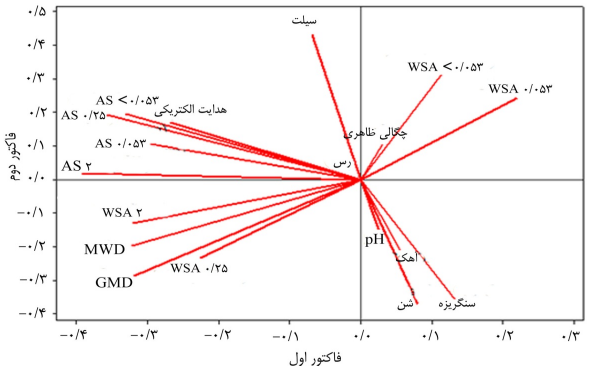
هم‌چنین بررسی تغییرات عامل واکنش خاک با تغییر کاربری اراضی نشان داد کمترین پ-اچ به‌ترتیب مربوط به کاربری جنگل، مرتع و سپس زراعی می‌باشد. حاج‌عباسی و همکاران (۱۱) و اسلام و ویل (۱۳) نیز نشان دادند که با تغییر کاربری اراضی از جنگل به زراعی به‌دلیل کاهش مواد آلی خاک، میزان واکنش خاک افزایش می‌یابد. تغییرات چگالی ظاهری خاک نیز نشان داد که با تغییر کاربری از جنگل به مرتع و زراعی مقدار این پارامتر افزایش می‌یابد.

شکل ۱ توزیع بار عامل‌ها را در عامل‌های اول و دوم نمایش می‌دهد. پارامترهای مقدار کربن آلی خاکدانه‌ای در همه اندازه‌ها و خاکدانه‌های پایدار بزرگ‌تر از ۲ میلی متر و هم‌چنین خاکدانه‌های ۲-۰/۲۵ میلی‌متر (در مجموع خاکدانه‌های درشت)، MWD و GMD دارای بیشترین فاصله از محور عمودی بوده و این نشان‌دهنده تغییرپذیری بیشتر آنها در نتیجه تغییر کاربری در عامل دوم یا خاکدانه‌ها است. خاکدانه‌های درشت، MWD و GMD در هر دو عامل‌های اول و دوم دارای وزن منفی هستند در حالی که مقدار کربن آلی خاکدانه‌ای در همه اندازه‌ها تنها در عامل اول دارای وزن منفی هستند.

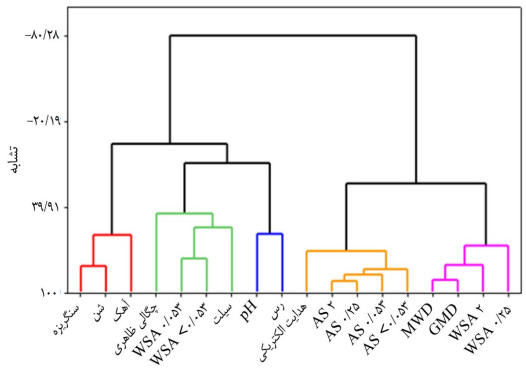
متغیرهای مقدار رس، pH، آهک و چگالی ظاهری کمترین فاصله را نسبت به محور عمودی داشته و در نتیجه کمترین تغییرپذیری را داشتند. در عامل دوم متغیرهای مربوط به پایداری خاکدانه‌های ۰/۲۵-۰/۵۳ میلی‌متر و کوچکتر از ۰/۵۳ میلی‌متر (خاکدانه‌های ریز)، شاخص‌های پایداری و بخش اندازه‌ای ذرات خاک دارای بیشترین فاصله نسبت به محور افقی بوده و در واقع نشان‌دهنده‌ی تغییرپذیری بیشتر آنها در نتیجه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

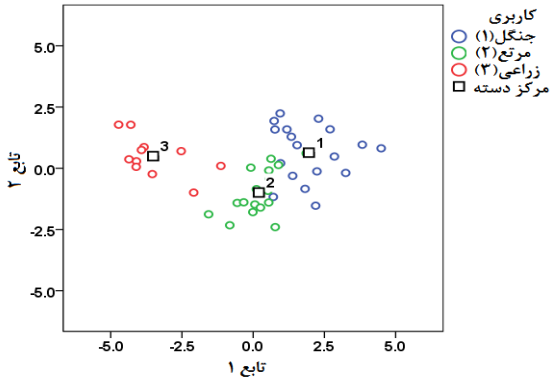
[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]



شکل ۱. توزیع شماتیک مقادیر بار عاملی فاکتورهای اول و دوم



شکل ۲. نمودار تحلیل خوشه‌ای متغیرهای کیفیت خاک



شکل ۳. نمودار دوگانه حاصل از تجزیه به توابع تفکیک برای عامل کاربری اراضی

تغییر در کاربری اراضی می‌باشد؛ درحالی‌که مقادیر کربن در همه بخش‌های خاکدانه‌ای، خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر، مقدار رس، چگالی ظاهری و MWD، دارای کمترین فاصله نسبت به محور افقی و در واقع نشان‌دهنده‌ی تغییرپذیری کمتر آنها در نتیجه تغییر در کاربری اراضی در این عامل می‌باشد و این مشابه با نتایج جدول ۴ می‌باشد. چنین تفاسیری توسط محققانی چون ایوبی و خرمالی (۱)، و اوالس و کولینس (۱۸) نیز گزارش شده‌است.

خاکدانه‌های ریز پایدار در آب (خاکدانه‌های کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر) کاملاً در خلاف جهت خاکدانه‌های درشت قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تأثیر متفاوت این دو ویژگی خاک می‌باشد. هم‌چنین ویژگی‌های آهک، pH، شن و سنگ‌ریزه در یک جهت و ویژگی‌های رس و سیلت در جهت متفاوت قرار داشته و نشان‌دهنده اثر متقابل و متفاوت این ویژگی‌ها می‌باشد.

تحلیل خوشه‌ای بین ویژگی‌های مورد بررسی (شکل ۲) نشان داد که در سطوح بالاتر ویژگی‌های مورد بررسی که مشابهت بیشتری دارند به دو دسته کلی طبقه‌بندی می‌گردند. دسته اول شامل ویژگی‌های خاکدانه‌های درشت، MWD، GMD و کربن آلی موجود در خاکدانه‌ها است. با بررسی شکل ۱ نیز هم‌راستایی خوبی بین ویژگی‌های مورد اشاره مشاهده می‌گردد. در پنج خوشه کلی با بیشترین فاصله قرار می‌گیرند. پارامترهای مقدار شن، سنگ‌ریزه و آهک و در یک خوشه قرار گرفتند؛ و در واقع نشان‌دهنده همبستگی بالای آنها با هم و با تغییر کاربری در کیفیت خاک می‌باشد. خوشه بعدی مربوط به پارامترهای مقدار سیلت، چگالی ظاهری و پایداری خاکدانه‌های ریز می‌باشد و این نیز نشان‌دهنده‌ی وابستگی این پارامترها با یکدیگر می‌باشد. در یکی دیگر از خوشه‌ها نیز واکنش خاک و مقدار رس در یک خوشه قرار گرفتند. پارامترهای کربن خاکدانه‌ای در همه اندازه‌ها و هدایت الکتریکی نیز در یک خوشه قرار گرفتند، که این نشان‌دهنده همبستگی بیشتر و تغییرات مشابه پارامترها در هر خوشه می‌باشد. در آخرین خوشه نیز پایداری خاکدانه‌های درشت و شاخص‌های پایداری قرار گرفتند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

جدول ۵. ماتریس‌های شباهت بین نقاط تخمین‌زده شده و واقعیت آنها براساس تغییر کاربری اراضی

واقعیت/تخمین	جنگل	مرتع	زراعی
جنگل	۸۳/۳	۱۶/۷	۰/۰
مرتع	۵/۹	۹۴/۱	۰/۰
زراعی	۰/۰	۰/۰	۱۰۰

اعداد متن جدول نشان‌گر درصد طبقه‌بندی صحیح است.

در نتیجه تغییر کاربری اراضی، به‌ترتیب پارامترهای کربن خاکدانه‌ای، پایداری خاکدانه‌های درشت و شاخص‌های پایداری، ذرات درشت خاک، بافت خاک و پایداری خاکدانه‌های ریز و در نهایت بخش واکنش خاک بیشترین تغییرات را نشان دادند.

به‌منظور تعیین تأثیرگذاری هم‌زمان متغیرهای مورد بررسی (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) در تفکیک داده‌ها براساس تغییر کاربری اراضی، روش تجزیه به توابع تفکیک بر کاربری اراضی انجام شد. نتایج به‌صورت نمودارهای دوگانه (Biplots) برای اولین و دومین تابع (محور) تفکیک و با محاسبه و تعیین مقادیر توابع ۱ و ۲ در نقطه میانگین گروه‌های (سطوح) مختلف عوامل مؤثر در شکل ۳ ارائه شده‌است. دقت کلی طبقه‌بندی حدود ۹۲/۵ درصد است. هم‌چنین براساس شکل ۳ و جدول ۵ هم‌پوشانی کاربری‌های متفاوت بسیار کم می‌باشد. توابع تفکیک ۱ و ۲ به‌خوبی توانسته‌اند کاربری زراعی را از کاربری‌های مرتع و جنگل تفکیک نمایند و درصد تفکیک صحیح کاربری اراضی ۱۰۰ درصد است. درصورتی‌که هرچند کاربری‌های جنگل و مرتع به‌خوبی از هم تفکیک گردیده‌اند اما نسبت به کاربری زراعی تفکیک‌پذیری کمتری داشته‌اند. این نتایج نشان‌دهنده ویژگی‌های کاملاً متمایز کاربری زراعی نسبت به جنگل و مرتع می‌باشد. مهم‌ترین دلیل در عدم تفکیک کامل دو کاربری جنگل و مرتع از یکدیگر همگنی و پایداری بالای این دو کاربری نسبت به کاربری زراعی می‌باشد.

محمدی و همکاران (۳) نیز در منطقه سبزکوه استان چهار محال و بختیاری از تابع تفکیک برای مشاهده و طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف استفاده نمودند. در منطقه فوق صحت طبقه‌بندی در حدود ۷۹ درصد به‌دست آمد اما روش فوق به خوبی توانست مناطق با کیفیت متفاوت را از هم تفکیک نماید.

نتیجه‌گیری

تغییر کاربری اراضی و تبدیل جنگل به مرتع و زمین زراعی بیشترین تأثیر را بر مقدار کربن آلی خاکدانه‌ای در همه اندازه‌ها می‌گذارد. فرسایش خاک در منطقه مورد بررسی بیشترین اثر تخریبی را بر مقدار کربن آلی خاک داشته است. شاخص‌های پایداری خاک (MWD و GMD) حساس‌ترین متغیرهای خاک در نتیجه تغییر کاربری زمین می‌باشند که تخریب خاکدانه‌های درشت را به‌همراه دارند. با کاهش کربن خاکدانه‌ای مقدار پایداری خاکدانه‌ها نیز کاهش می‌یابد که این اثر در بخش خاکدانه‌های درشت بارزتر می‌باشد. درصد شن و سنگ‌ریزه خاک نیز در نتیجه اثر تغییر کاربری تغییرات زیادی را نشان دادند.

در مقابل پایداری خاکدانه‌های ریز نسبت به این تغییرات مقاومت نشان‌داده و کمترین تغییرپذیری را داشته‌اند. تغییرات ویژگی‌های مورد بررسی در کاربری جنگل و مرتع تقریباً یکسان ولی در کاربری زراعی عدم همگنی بالای را نشان داد. نتایج حاضر نشان داد که استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره امکان بررسی تأثیرگذاری هم‌زمان عوامل و شاخص‌های مختلف کیفیت خاک و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را به‌خوبی فراهم می‌کند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]

منابع مورد استفاده

۱. ایوبی، ش و خرمالی، ف. ۱۳۸۷. تغییر پذیری مکانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک سطحی به کمک تجزیه عامل‌های اصلی و تکنیک زمین آمار (مطالعه موردی در منطقه آپاپیولی، ایالت اندراپرادش هند). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۶ (ب): ۶۲۰-۶۰۹.

۲. عجمی، م. خرمالی، ف و ایوبی، ش. ۱۳۸۷. تغییرات پارامترهای کیفیت خاک بر اثر تغییر کاربری اراضی در موقعیت‌های مختلف شیب اراضی لسی در شرق استان گلستان. مجله تحقیقات آب و خاک. ۳۹:۳۰-۱۵.

۳. محمدی، ج. خادمی، ح و نائل، م. ۱۳۸۴. بررسی تغییر پذیری کیفیت خاک سطحی در اکوسیستم های انتخابی در منطقه زاگرس مرکزی. علوم و فنون کشاورزی منابع طبیعی، (۳)۹: ۱۰۵-۱۲۰.

4. Allison, F.E. 1973. Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production. Elsevier Science. New York.
5. Angers, D.A., Bullock, M.S. and Mehuys, G.R. 2008. Aggregate stability to water. PP. 811–820. *In*: M.R. Carter and E.G. Gregorich (Eds.), Soil Sampling and Methods of Analysis. CRC Press. Boca Raton.
6. Burt, R. 2004. Soil survey laboratory methods manual, Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0. United State Department of Agriculture, Washington.
7. Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil Till. Res. 83: 270–277.
8. 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 Sci. Soc. Am. J. 67: 1296–1302.
9. Evrendilek, F., Celik, I. and Kilic, S. 2004. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey. J. Arid Environ. 59: 743–752.
10. Golchin, A., Oades, J.M., Skjemsad, J.O. and Clarke, P. 1994. Study of free and occluded particular Om in soils by solid-state C13 NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. Aust. J. Soil Res. 32: 285–309.
11. Hajabbasi, M.A., Jalalian, A. and Karimzadeh, H.R. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. Plant Soil 190: 301–308.
12. Helena, B., Pardo, R., Vega, M., Barrado, E., Fernandez, J. M. and Fernandez, L. 2000. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. Water Res. 34: 807–816.
13. Islam, K.R., and Weil, R.R. 2000. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. Soil Water Conserv. 54: 69–78.
14. Liu, C.W., Lin, K.H., and Kuo, Y.M. 2003. Application of factor analysis in the Assessment of groundwater quality in a Blackfoot Disease area in Taiwan, Sci. Total Environ. 313: 77–89.
15. Morales, M.M., Marti, P., Llopis, A., Campos, L. and Sagrado, S. 1999. An environmental study by factor analysis of surface seawaters in the gulf of Valencia (Western Mediterranean). Anal. Chim. Acta. 394: 109–117.
16. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 539-579. *In*: A.L. Page *et al*., (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. ASA and SSSA, Madison, WI.
17. Ouyang, Y., Nkedi-Kizza, P., Wu, Q.T., Shinde, D., and Huang, C.H. 2006. Assessment of seasonal variations in surface water quality. Water Res. 40: 3800–3810.
18. Ovalles, F.A., and Collins, M.E. 1988. Variability of northern Florida soils by principal component analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1430–1435.
19. Sharma, S. 1996. Applied Multivariate Techniques. John Wiley & Sons, New York.
20. Shrestha, S., and Kazama, F. 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. Environ. Model. Software, 22: 464–475.
21. Shukla, M.K., Lal, R. and Ebinger, M. 2004. Principal component analysis for predicting corn biomass and grianyield. Soil Sci. 169: 215–224.
22. Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsa, D., Anthemidis, A., and Sofoniou, A. 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. Water Res. 37: 4119–4124.
23. Spaans, E.J.A., Baltissen, G.A., Miedema, M.R., Lansu, A.L., Schoonderbeek, E.D. and Wielemaker, W.G. 1989. Changes in physical properties of young and old volcanic surface soils in Costa Rica after clearing of tropical rain forest. Hydrol. Proc. 3: 383–392.
24. Tchienkoua, M., and Zeck, W. 2004. Statistical analysis of soil variability in humid forest landscape of central Cameron. Intern. J. Appl. Earth Observ. Geoinform. 5: 69–79.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1393.18.70.10.9]