تعیین شاخص‌های کیفیت خاک در غرب شهر تهران با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره

کاظم نصرتی[۱*]، مونا مجدی[۲]

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۳/۲۰

چکیده

یکی از اهداف بنیادی در محیط شهر، حصول اطمینان از وجود کیفیت بالای زندگی برای شهروندان توسط بالا بردن کیفیت محیط است، جایی که میزان آلودگی آن خطری بر سلامت انسان و سایر اجزای سیستم بیولوژیک نداشته باشد. در این پژوهش غرب شهر تهران به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب و سه کاربری اراضی کشاورزی، پارک و زمین بایر در این محدوده شناسایی گردید. از هر کدام از این کاربری‌ها به ترتیب ۲۰، ۱۶ و۲۰ نمونه برداشت شد. پارامترهای آهک، pH، هدایت الکتریکی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، کربن آلی، بافت خاک، وزن مخصوص، درصد رطوبت اشباع و ظرفیت آب قابل دسترس اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که پارامترهای کربن آلی، نیتروژن، سدیم، فسفر، آهک و پتاسیم تحت تاثیر کاربری اراضی است. در نهایت با استفاده از تحلیل عاملی ۵ عامل با مقادیر ویژه بیش از یک و توجیه ۷۲/۶٪ واریانس بین داده‌ها انتخاب شدند. نتایج آزمون تجزیه واریانس امتیازهای عامل‌ها بر اساس کاربری اراضی نشان داد که سه عامل از پنج عامل بدست آمده با کاربری اراضی تفاوت معنادار دارند. در نهایت با استفاده از تحلیل مازاد داده‌ها و تحلیل توابع تشخیص، مدل کیفیت خاک بر اساس متغیرهایی از این سه عامل تعیین شد که نتایج نشان داد متغیرهای مواد آلی، آهک، pH، فسفر، وزن مخصوص و نیتروژن کل بیشترین ضرایب کانونیک را به خود اختصاص داده‌اند و بدین‌ترتیب از عوامل موثر بر کیفیت خاک‌های مناطق شهری هستند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل تشخیص، تحلیل عاملی، تحلیل مازاد داده‌ها، کاربری اراضی، کیفیت خاک.

*- نویسنده مسئول: ۰۲۱۲۹۹۰۲۶۰۴
Email: k_nosrati@sbu.ac.ir

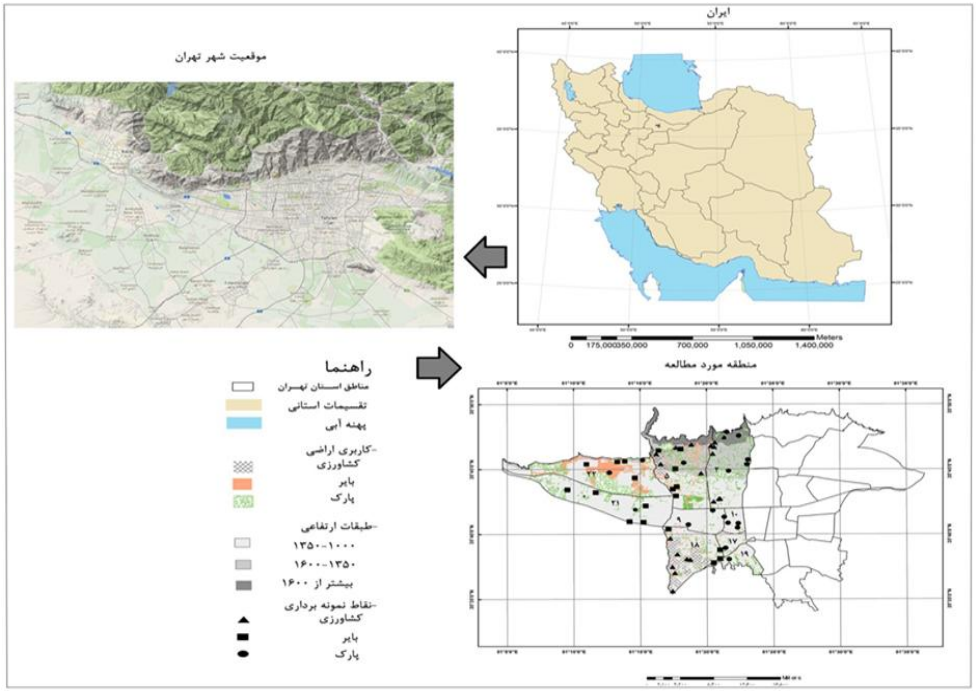
مقدمه

هیچ عنصر طبیعی وجود ندارد که با مداخله انسان در حال حاضر و یا در آینده تحت تاثیر قرار نگیرد. میزان این تغییرات به میزان مداخلات انسان و نیز تاثیرپذیری سیستم فیزیکی بستگی دارد (سزباو و دیوید، ۲۰۱۰). از این منظر شهر، به عنوان بزرگترین تجلیگاه انسان و فرآیندهای انسانی در راس تمامی فضاها قرار دارد و می‌توان گفت امروزه بیشترین تاثیرات انسان بر محیط، در شهرها صورت می‌پذیرد. به دلیل اینکه انسان‌ها به منظور تهیه غذا، آب و دیگر فرآورده‌های ضروری و خدمات به زمین وابسته هستند، کوچکترین تغییرات در شرایط اکولوژیک که منتج از فعالیت‌های انسان در محیط‌های شهری می‌باشد، در نهایت سلامتی و زیست انسانی را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد (آلبرتی، ۲۰۰۵). در بین تمامی عوامل درجه تاثیر انسان را می‌توان به بهترین شکل بر روی خاک و پوشش گیاهی اندازه‌گیری نمود (سزباو و دیوید، ۲۰۱۰). خاک، در یک محیط شهری به طور مستقیم یا غیر مستقیم در سلامت، محیط فیزیکی، ادراک بصری و کیفیت مناظر، مسکن و همچنین منابع طبیعی مشارکت دارد (ورسکاج و همکاران، ۲۰۰۸) و کیفیت آن را نمی‌توان مستقیماً اندازه‌گیری نمود، بلکه باید آن را توسط اندازه‌گیری ویژگی‌ها یا خصوصیات خاک تعیین کرد. یکی از بهترین راه‌های بررسی کیفیت خاک و ارزیابی تاثیرگذاری آن بر سلامت و کیفیت زندگی در شهرها، مطالعه آن در بستر کاربری‌های شهری می‌باشد. در مقایسه با خاک‌های طبیعی، خاک‌های شهری عمدتاً تحت-تاثیر فعالیت‌های انسانی شامل کاربری‌های تجاری، صنعتی و استفاده‌های مسکونی (شیر و هیپل، ۲۰۰۵) می‌باشد و فرآیندهای طبیعی تاثیر چندانی بر تکامل آن‌ها نداشته است، ویژگی‌های خاک‌های شهری تحت سیطره خاستگاه انسانی آن‌هاست (لمن و استاهر، ۲۰۰۷). درک بهتر ویژگی‌های خاک‌های شهری به طور مبرم نیاز به بررسی نقش آن‌ها در چرخه جهانی کربن و خدمات زیست محیطی آن‌ها برای جمعیت شهرنشین دارد (لال و لورنز، ۲۰۰۹). شیندلبک و همکاران (۲۰۰۸) با هدف انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تعیین کیفیت و سلامت خاک شهری بر اساس حساسیت شاخص، ارتباط با فرآیندهای کارکردی خاک، آلودگی خاک و هزینه و سختی نمونه برداری مناسب‌ترین شاخص‌ها را برای تعیین سلامت خاک‌های شهری انتخاب نمودند. پس از انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها، سلامت خاک را در سه منطقه شهری در نیویورک که شامل یک زمین کشاورزی، یک پارک شهری و یک منطقه‌ی بایر می‌شد را مورد بررسی قرار دادند. لال و لورنز (۲۰۰۹) دو شاخص کربن و نیتروژن که مهم‌ترین پارامترهای تعیین کیفیت خاک به شمار می‌روند را در مناطق شهری در نقاط مختلف دنیا با تاکید بر تاثیرات کاربری و مدیریت اراضی شهری مورد بررسی قرار داده و بر توانایی خاک‌های شهری از جمله نگهداری مواد مغذی، ترکیبات خطرناک و تاثیر بر کیفیت آب در ارتقای کیفیت اکولوژی شهری تاکید می‌کنند. نتایج مطالعه بِیر و همکاران (۲۰۰۱) در خاک‌های شهری شهر روستوک آلمان نشان داد که میزان متفاوت کربن در خاک‌های شهری در مقایسه با انواع مشابه طبیعی نشان دهنده رفتار متفاوت بیوشیمیایی کربن در برابر ترکیبات خطرناک محیطی و فعالیت‌های میکروبی می‌باشد. بریدا و همکاران (۲۰۰۰) نیز در مطالعه خود در مناطق شرقی و مرکزی آمریکا به شناسایی عامل‌های کیفیت خاک در یک مقیاس منطقه‌ای، مشخص کردن عامل‌هایی که با کاربری دارای ارتباط معنادار هستند و انتخاب ویژگی‌های خاک

در این عامل‌ها که می‌توانند به عنوان شاخص کیفیت خاک در مقیاس محلی مورد استفاده قرار بگیرند، پرداختند. ورسکاج و همکاران (۲۰۰۸) نیز به بررسی کیفیت خاک در محیط‌های شهری پرداخته و به معرفی کارکردهای خاک، شاخص‌های کیفیت خاک، کارکردهای انتقالی خاک و کیفیت خاک شهری پرداخته‌اند. نصرتی (۲۰۱۳) با استفاده از تحلیل عاملی و تحلیل تشخیص، حساس‌ترین شاخص‌ها به کیفیت خاک به منظور ارزیابی کاربری در اراضی و فرسایش خاک در حوضه هیو و متعاقب آن مقایسه ارزیابی کیفیت خاک با استفاده از نظر کارشناسی بر منبای عامل‌های سطحی خاک و شیوه مدیریت اراضی را مشخص نمود. در تحقیقات صورت گرفته در کشور مانند نویدی و همکاران (۱۳۸۸)، کرباسی و همکاران (۱۳۸۸) و سامانی مجد و همکاران (۱۳۸۶) عمدتاً به پژوهش در زمینه ارزیابی کیفیت خاک در اراضی کشاورزی پرداخته و یا صرفاً برخی از آلودگی‌های محیطی مانند فلزات سنگین اندازه‌گیری شده است و کمتر به تعیین شاخص‌های کیفیت خاک شهری در ارتباط با کاربری اراضی توجه شده است. لذا هدف از این پژوهش، تعیین شاخص‌های کیفیت خاک در کاربری‌های متفاوت شهری با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه، غرب شهر تهران می‌باشد. با در نظر گرفتن ویژگی‌های جغرافیایی و ژئومرفولوژیکی، این منطقه پتانسیل بالاتری نسبت به دیگر نواحی شهر تهران برای توسعه فیزیکی آتی این شهر دارا می‌باشد. همانطور که در شکل۱ قابل مشاهده است، شهر تهران از مناطق شمالی و شرقی محدود به ارتفاعات البرز می‌باشد و در جنوب نیز به دشت‌های مرکزی ایران منتهی می‌گردد و توسعه فیزیکی شهر تهران به سمت غرب از گسترش چشم‌گیرتری برخوردار می-باشد. منطقه مورد بررسی ۹ منطقه از مناطق ۲۲گانه واقع در غرب شهر تهران را در بر می‌گیرد که شامل مناطق دو، پنج، نه، ده، هفده، هجده، نوزده، بیست و یک و بیست و دو می‌گردد. منطقه مورد بررسی مساحتی در حدود ۲۲۰ کیلومتر مربع را دربرمی‌گیرد (شکل۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکندگی نقاط نمونه‌برداری

نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی: در نواحی شهری بیشترین اراضی دارای کاربری‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و غیره هستند که توسط مواد ساختمانی، خاک‌های شهری را می‌پوشانند. تنها کاربری‌هایی که در آن‌ها خاک توسط مواد مصنوعی و ساختمانی و یا نخاله‌های ساختمانی پوشانده نشده است سه کاربری کشاورزی، اراضی بایر و پارک‌ها می‌باشند که مناسب‌ترین کاربری با هدف مطالعات خاک محسوب می‌شوند. در شهر تهران این سه کاربری وسعتی معادل با ۲۴ درصد یا یک سوم از کل منطقه مطالعاتی را در بر می‌گیرند. با در نظر گرفتن وسعت منطقه مطالعاتی (۲۲۰ کیلومتر مربع) سعی شد تا نمونه‌ها از پراکنش مناسبی در سطح منطقه برخوردار باشند. علیرغم اینکه انواع گوناگونی از طرح‌ها برای نمونه‌برداری موجود است، عموماً تنها دو نوع اصلی تصادفی و سیستماتیک در علوم خاک و زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد (کارتر، ۱۹۹۳). نمونه‌برداری در این پژوهش از روش تصادفی-سیستماتیک استفاده شد. با مبنا قرار دادن کاربری‌های کشاورزی، پارک و بایر و پراکندگی آن‌ها در شیب‌ها، جهت‌ها و ارتفاعات مختلف در سطح شهر تهران و همچنین مدنظر قرار دادن تقسیمات مناطق شهری، تعداد ۵۶ نمونه که از پراکنش فضایی مناسبی برخوردار باشند انتخاب و نمونه‌برداری شدند. به ترتیب ۲۰، ۲۰ و ۱۶ در کاربری‌های کشاورزی، اراضی بایر و پارک‌ها به وزن یک کیلوگرم از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد. در هر نقطه به منظور محاسبه وزن مخصوص ظاهری با استفاده از رینگ مخصوص نمونه‌برداری به حجم ۶۸ سانتی‌متر مکعب، نمونه‌های دست نخورده نیز برداشت گردید. در هر برداشت اطلاعات مکانی و ارتفاعی مربوط به نقطه نمونه‌برداری شده توسط دستگاه GPS ثبت گردید. در آزمایشگاه، بافت خاک از طریق روش هیدرومتر تعیین گردید (کروستچ، ۲۰۰۸). ظرفیت رطوبت اشباع و همچنین آب در دسترس از تفاضل وزن گل اشباع، قبل و بعد از خشک کردن آن در آون بدست آمد. وزن مخصوص ظاهری با استفاده از برداشت

نمونه‌های دست نخورده بوسیله رینگ نمونه‌برداری، تعیین حجم نمونه و سپس تقسیم آن بر وزن نمونه اندازه‌گیری شد. pH و EC بوسیله دو دستگاه pH متر و EC متر حاصل گشت. نیتروژن کل (TN) بوسیله روش کجدال تعیین شد (راترفورد، ۲۰۰۸) و کربن آلی خاک (SOC) از طریق روش والکی-بلک اندازه‌گیری شد (میلاواراپو، ۲۰۱۴). مقدارآهک موجود در خاک با استفاده از طریق انحلال اسیدی و اندازه‌گیری گاز دی‌اکسیدکربن آزاد شده بدست آمد. میزان سدیم و پتاسیم با استفاده از عصاره ۱:۱ خاک با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر بدست آمد (هالد، ۱۹۴۷). اندازه‌گیری فسفر به روش اسپکتروفتومتری انجام گرفت (دی‌آنجلو و همکاران،۲۰۰۱).

تحلیل‌های آماری چند متغیره: با توجه به اینکه در این تحقیق به طور عمده در تمام مراحل بررسی‌های آماری از تکنیک‌های آماری چند متغیره مانند تحلیل عامل‌ها، تجزیه مولفه‌های اصلی، تحلیل تشخیص توابع، تحلیل مازاد داده، و همبستگی استفاده گردید، لذا پیش از انجام هر یک از آن‌ها ابتدا فرض‌های مرتبط با نوع آزمون برای تمام داده‌های مورد استفاده انجام شد. آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای آزمودن نکویی برازش داده‌ها به توزیع نرمال استفاده شد. به منظور بررسی تناسب و کفایت داده‌ها برای تحلیل عاملی از آماره‌های کیزر-میر-الکین و بارتلت استفاده شد. KMO معیاری از کفایت نمونه‌برداری است که صلاحیت کاهش داده‌ها به گروه‌های کوچک‌تر را تعیین می‌کند. آماره کرویت بارتلت نشان می‌دهد که آیا ماتریس همبستگی، یک ماتریس همسان و واحد است، که غیروابستگی متغیرها را نشان می‌دهد. مقادیر بسیار کوچک (کمتر از ۰/۰۵) بیانگر این است که روابط معنی‌دار بین متغیرها وجود دارد. همچنین قبل از تحلیل‌های آماری چند متغیره، داده‌ها باید هموزن (استاندارد) گردند. در تمام روش‌های چند متغیره آماری داده‌های مورد استفاده، استاندارد (دارای میانگین صفر و واریانس یک) شدند. در بررسی تجزیه واریانس داده‌ها، پس از نرمال نمودن داده‌های دارای چولگی پراکنش، آزمون واریانس (ANOVA) با طرح کاملا تصادفی روی داده‌ها انجام گرفته و میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مقایسه گردیدند. به منظور ارزیابی و ارایه مدل و یا شاخص مناسب کیفیت خاک (SQI) از روش بریدا و همکاران (۲۰۰۰) و نصرتی (۲۰۱۳) استفاده شد. در این روش با استفاده از آزمون‌های تحلیل عامل‌ها و تجزیه مولفه‌های اصلی، تحلیل تشخیص توابع و آنالیز مازاد داده، شاخص کیفیت خاک را محاسبه می‌نماید. ابتدا همبستگی متغیرها مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس تحلیل عامل‌ها و تجزیه مولفه‌های اصلی فاکتورهای مختلف بر اساس مقادیر ویژه تعیین گردید. امتیازات هر یک از عامل‌ها بر اساس توابع خاک مانند کاربری اراضی تعیین شد و با آزمون تجزیه واریانس مورد تحلیل قرار گرفت. در مرحله بعد با استفاده از آزمون‌های تحلیل تشخیص توابع و آنالیز مازاد داده مهم‌ترین عامل و ضرایب آن‌ها تعیین شد. همچنین با تکرار این آزمون‌ها مهم‌ترین متغیرهای موثر بر کیفیت خاک و ضرایب آن شناخته شد و در نهایت مدل کیفیت خاک تعیین شد. تمامی روش‌های آماری چند متغیره با استفاده از نرم افزار SPSS IBM 19 (اِس‌پی‌اِس‌اِس، ۲۰۰۵) صورت گرفت.

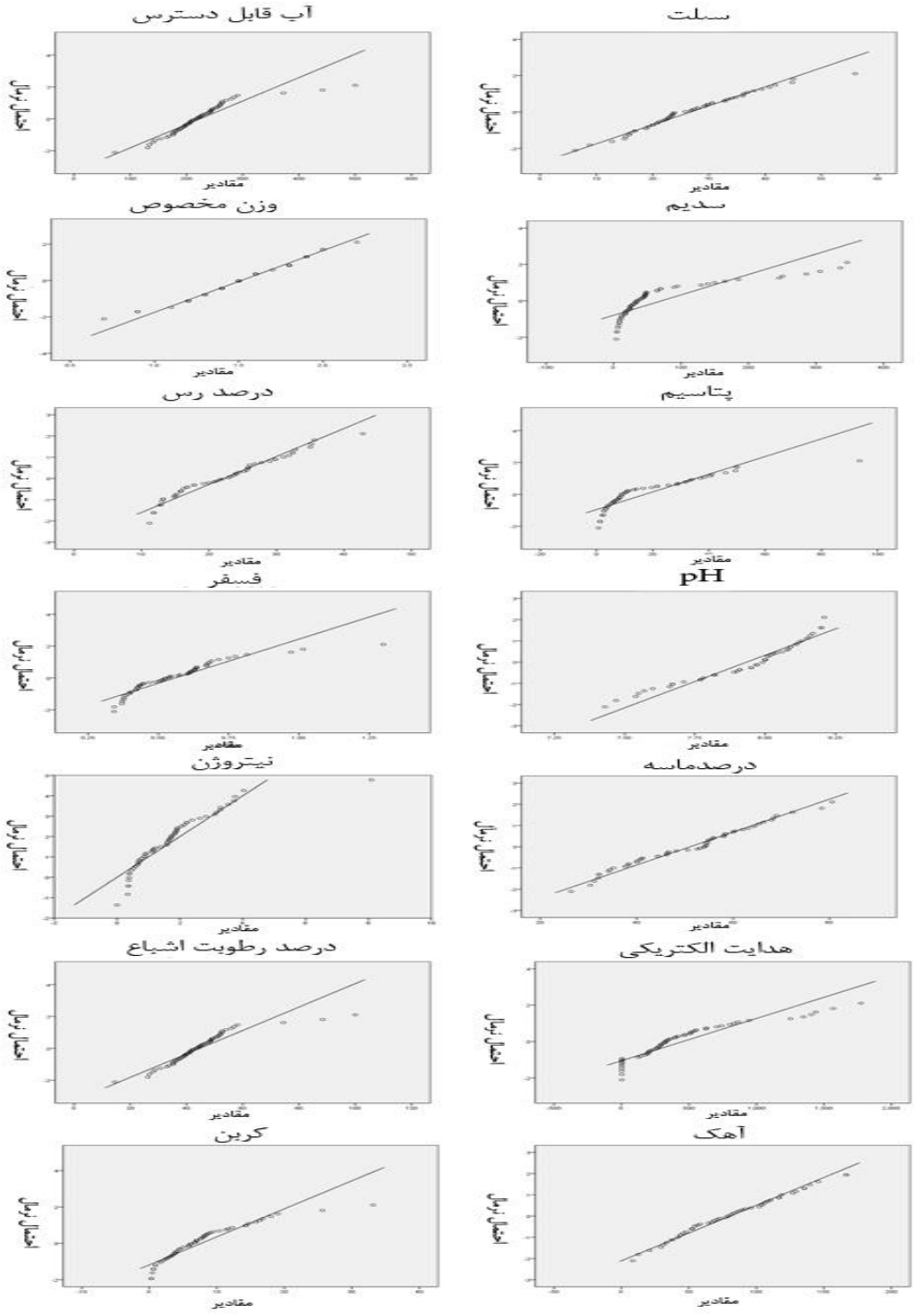
نتایج

ویژگی‌های پارامترهای مورد بررسی تحت عنوان شاخص‌های آماری توصیفی در جدول ۱ به طور خلاصه به نمایش درآمده است. حداقل و حداکثر مقادیر اندازه‌گیری شده، میانگین، انحراف از معیار و واریانس پارامترها را می‌توان در این جدول

مشاهده و مورد بررسی قرار داد. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌گردد EC با ۴۳۰/۴۱ و پس از آن سدیم با ۸۹/۱۴ دارای بالاترین میزان انحراف معیار می‌باشند. نرمال بودن داده‌ها در این بررسی با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد بدین صورت که اگر P کمتر از ۰/۰۵ باشد داده‌ها نرمال نمی‌باشند و در غیر این صورت نرمال محسوب می‌گردند (شکل ۲).

جدول۱: شاخص‌های توصیفی متغیرهای اندازه‌گیری شده در منطقه مطالعاتی

خصوصیات	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس
آهک($g\ kg^{-1}$)	۸/۳	۱۶۶/۷	۸۰/۵۴	۳۸/۲۱	۱۴۶۰/۳۳
نیتروژن کل($g\ kg^{-1}$)	۰	۸/۰۹	۱/۷۱	۱/۳۴	۱/۸
pH	۷/۴	۸/۲	۷/۹۳	۰/۲۰	۰/۰۴
EC ($S\ m^{-1}$)	۲/۲	۱۷۷۴	۴۸۴/۸۵	۴۳۰/۴۱	۱۸۵۲۵
فسفر($g\ kg^{-1}$)	۰/۳	۱/۳	۰/۵۶	۰/۱۸	۰/۰۳
پتاسیم($g\ kg^{-1}$)	۸/۰	۹۳/۶	۱۷/۲۵	۱۸/۰۱	۳۲۴/۳۵
کربن آلی($g\ kg^{-1}$)	۳/۰	۳۳/۲	۷/۶۸	۶/۵۰	۴۲/۲۱
سدیم($g\ kg^{-1}$)	۴	۳۴۶	۷۰/۹۴	۸۹/۱۴	۷۹۴۵
شن(٪)	۲۶/۴	۸۰/۶	۵۱/۱۲	۱۲/۹	۱۶۶/۴۱
رس(٪)	۱۱/۲	۴۲/۸	۲۲/۱۵	۷/۵۹	۵۷/۶۵
سیلت(٪)	۶/۲	۵۶	۲۶/۷۳	۹/۵۹	۹۱/۹۷
وزن‌مخصوص($Mg\ m^{-3}$)	۰/۷	۲/۲	۱/۵۱	۰/۲۹	۰/۰۹
درصد اشباع(٪)	۱۴/۵	۱۰۰	۴۴/۷۸	۱۳/۵۹	۱۸۴/۶۸
آب قابل دسترس	۷۲/۵	۵۰۰	۲۲۳/۹	۶۷/۹۵	۴۶۱۶
C/N	۰/۰۲	۳۱	۲/۲۷	۴/۵۱	۲۰/۳۳



شکل ۲: نمودارهای توزیع نرمال داده‌های اندازه‌گیری شده در کاربری‌های اراضی

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه بر اساس کاربری اراضی در جدول ۲ نشان داده شده است. پارامترهای کرین آلی (SOC)، وزن مخصوص، نیتروژن کل (TN) و آهک دارای بیشترین معنی‌داری تحت‌تاثیر کاربری اراضی می‌باشند یعنی این متغیرها دارای اختلاف معنی‌دار بین انواع کاربری‌ها می‌باشند و می‌توان گفت کاربری اراضی موجب تغییرات متغیرهای کیفیت خاک شده است.

در صورتی که میان خصوصیات خاک همبستگی وجود نداشته باشد، شناسایی عامل یا عامل‌های اصلی امکان‌پذیر نخواهد بود. چنانچه ویژگی‌ها با یکدیگر همبستگی بالایی داشته باشند می‌توان این ویژگی‌ها را در یک عامل بر اساس الگوی همبستگی گروه‌بندی نمود (بریدا و همکاران، ۲۰۰۰). همان‌طور که در جدول ۳ قابل مشاهده است، کربن آلی و نیتروژن کل خاک، با دیگر پارامترها و با یکدیگر دارای همبستگی بالایی می‌باشند. همبستگی مثبت کربن و نیتروژن در بالاترین میزان (r=+۰/۸۶۷) قرار دارد و بالاترین همبستگی منفی نیز میان پارامترهای ماسه و سیلت (r= -۰/۸۱) و ماسه و رس (r= -۰/۶۷) مشاهده شد. انجام تحلیل عاملی بر داده‌های ویژگی‌های خاک باعث ایجاد ۵ عامل با مقادیر ویژه بیش از یک شد. این ۵ عامل در مجموع ۷۲/۶۲ درصد واریانس بین داده‌ها را را توجیه می‌نمایند. بنابراین در تجزیه و تحلیل عامل‌ها از خصوصیات این ۵ عامل استفاده می‌شود (جدول۴). در نهایت، مقدار بار یا وزن ویژه عامل‌ها با استفاده از روش تجزیه مولفه‌های اصلی تعیین گردید. بار عامل‌ها به صورت قوی، متوسط و ضعیف به ترتیب براساس مقادیر عددی بیش از ۰/۷۵، ۰/۵-۰/۷۵، و کوچکتر از ۰/۵ طبقه بندی می‌شوند. در جدول ۴ میزان بار هر عامل قابل مشاهده است. عامل اول که پارامترهای کربن نیتروژن کل وزن مخصوص و پتاسیم را شامل می‌گردد، بیشترین میزان واریانس توجیه شده به میزان ۲۵/۱۱٪ را دارا می‌باشد، این عامل همچنین در نتایج حاصل از آزمون تحلیل تشخیص بیشترین ضریب را بدست آورد (جدول ۴). عامل‌های بعدی نیز به ترتیب، ۱۹/۰۳، ۱۴/۹۹، ۸/۸۹ و ۷/۵۹ درصد واریانس را توجیه می‌نمایند. پس از مشخص شدن عامل‌ها و پارامترهای آنها بر اساس متغیر کاربری اراضی، آزمون تجزیه واریانس به منظور مشخص شدن معنی داری امتیازهای هر عامل بر اساس کاربری اراضی انجام گرفت. آزمون تجزیه واریانس بر اساس کاربری اراضی روی ۵ عامل فوق نشان داد که عامل‌های ۱، ۴ و ۵ دارای تفاوت معنا داری در سطح ۰/۰۵ با کاربری اراضی هستند. بنابراین پارامترهای این عامل‌ها برای تحلیل‌های بعدی حفظ و پارامترهای سایر عامل‌ها حذف شدند.

آنالیز مازاد داده و تحلیل توابع تشخیص ۶ عامل مورد بررسی نشان داد که ضرایب کانونیک توابع تشخیص بیش از ۷۵ درصد واریانس را توجیه می‌نمایند. ضرایب حاصل از این آنالیزها در رابطه ۱ نشان داده شده است.

رابطه ۱)

Y1= -۰/۸۹۹(عامل ۱) – ۰/۲۹۲ (عامل ۲) +۰/۰۹۳

(۵عامل) ۰/۶۶۰ – (عامل ۴) ۰/۶۹۷+ (عامل ۳)

ضریب کانونیک برای عامل اول که شامل مواد آلی و نیتروژن کل خاک است به ترتیب حدود ۴، ۹، ۱/۵، و ۱/۵ برابر ضریب عامل‌های دیگر است. نتایج به دست آمده از طریق تجزیه واریانس امتیازهای حاصل از تحلیل توابع تشخیص تایید می‌نماید که تغییرات و اهمیت این عامل‌ها کمتر از عامل بیوشیمیایی می‌باشد و این عامل‌ها شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی وضعیت مناطق تحت تاثیر کاربری اراضی شهری نمی‌باشند.

آنالیز مازاد داده و تحلیل کانونیک توابع تشخیص بر خصوصیاتی که در عامل‌های اول، چهارم و پنجم مشارکت دارند انجام گردید و نشان داد که کربن آلی خاک، فسفر و وزن مخصوص ظاهری دارای بیشترین ضرایب کانونیک بوده و مهم‌ترین خصوصیات خاک در تفکیک مناطق تحت کاربری اراضی شهری می‌باشند (رابطه۲).

رابطه ۲)

$$Y2 = (CaCO_3 \times ۰/۲۴) + (pH \times ۰/۵۱۰) - (P \times ۰/۶۳) + (K \times ۰/۰۵۴) - (OC \times ۰/۷۱) + (Na \times ۰/۰۰۲) + (BD \times ۱/۵۴) - (TN \times ۰/۱۹) - (EC \times ۰/۰۰۱)$$

با توجه به شاخص کیفیت خاک (SQI) حاصل برای کاربری‌های مختلف و با توجه به شکل ۲ کاربری پارک دارای کیفیت خاک خوب، کاربری بایر متوسط و کاربری کشاورزی دارای کیفیت خاک ضعیف می‌باشد.

جدول ۲: نتایج حاصل از تجزیه واریانس یکطرفه بر اساس سه نوع کاربری اراضی

پارامترها	آهک	نیتروژن‌کل	pH	EC	فسفر	پتاسیم	کربن‌آلی	سدیم	ماسه	رس	سیلت	وزن‌مخصوص	SP	ASW	C/N
معنی‌داری	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۴	۰/۱۰۶	۰/۱۴۷	۰/۴۷۱	۰/۱۳۳	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۴	۰/۷۶۳	۰/۵۹۹	۰/۲۰۵	*۰/۰۰۰	۰/۸۳۰	۰/۸۳۰	۰/۵۰۳
F	۷/۸	۶/۱	۲/۳	۲/۰	۰/۸	۲/۱	۷/۶	۶/۱	۰/۳	۰/۵	۱/۶	۱۰/۹	۰/۲	۰/۲	۰/۷

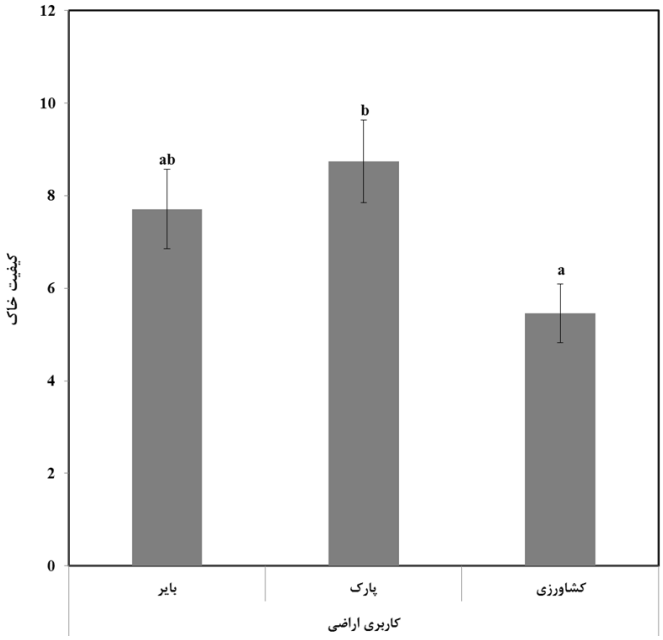
جدول۳: همبستگی خطی میان پارامترهای مورد بررسی

	آهک	TN	pH	EC	P	K	OC	NA	ماسه	رس	سیلت	BD	SP	ASW
آهک	۱													
TN	-۰/۱۹۵	۱												
pH	۰/۱۰۳	-۰/۰۸۷	۱											
EC	۰/۱۴۰	۰/۲۹۶*	۰/۰۸۹	۱										
P	۰/۰۰۸	۰/۲۹۴*	-۰/۳۱۱*	۰/۰۵۰	۱									
K	-۰/۱۸۲	۰/۵۲۳**	-۰/۲۸۹*	۰/۴۵۳**	۰/۳۶۹**	۱								
OC	-۰/۲۸۸*	۰/۸۶۷**	-۰/۱۳۵	۰/۳۱۲*	۰/۳۰۴*	۰/۵۴۰**	۱							
Na	۰/۰۹۵	۰/۰۲۱	-۰/۳۵۲**	-۰/۰۱۴	۰/۳۳۸*	۰/۲۸۵*	-۰/۰۱	۱						
ماسه	۰/۰۶۳	۰/۰۴۷	۰/۰۲۵	۰/۰۸۵	-۰/۲۴۵	-۰/۰۴۹	-۰/۰۴	-۰/۲۵۷	۱					
رس	۰/۱۰۵	-۰/۲۱۸	۰/۱۰۸	-۰/۲۶۸*	۰/۰۸۷	-۰/۱۹۶	-۰/۲۵	۰/۱۰۸	-۰/۶۷**	۱				
سیلت	-۰/۱۶۸	۰/۱۱۰	-۰/۱۱۸	۰/۰۹۸	۰/۲۶۱	۰/۲۲۰	۰/۲۰۸	۰/۲۶۰	-۰/۸۱**	۰/۱۱۵	۱			
BD	۰/۰۸۶	-۰/۴۸**	-۰/۱۸۵	-۰/۲۷۱*	-۰/۰۴۵	-۰/۲۰۵	-۰/۴۷**	۰/۲۲۶	۰/۰۳۳	-۰/۰۱۳	-۰/۰۳۵	۱		
SP	-۰/۰۷۴	۰/۳۱۸*	۰/۲۳۲	۰/۲۵۸	-۰/۱۳۴	۰/۱۶۲	۰/۲۳۱	-۰/۱۵۱	-۰/۰۰۶	۰/۰۹۹	-۰/۰۷۱	-۰/۴۰**	۱	
ASW	-۰/۰۷۴	۰/۳۱۸*	۰/۲۳۲	۰/۲۵۸	-۰/۱۳۴	۰/۱۶۲	۰/۲۳۱	-۰/۱۵۱	-۰/۰۰۶	۰/۰۹۹	-۰/۰۷۱	-۰/۴۰**	۱/۰۰**	۱
C/N	-۰/۱۶۵	۰/۰۳۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۲	۰/۰۶۶	۰/۴۴۶**	-۰/۰۴۳	-۰/۲۲۰	-۰/۰۶۷	۰/۳۴۹**	۰/۰۲۷	-۰/۰۸۱	-۰/۰۸۱

TN نیتروژن کل، P فسفر، K پتاسیم، OC کربن آلی، Na سدیم، BD وزن مخصوص، SP درصد رطوبت اشباع، ASW ظرفیت نگهداری آب، C/N نسیت کربن به نیتروژن، *: معناداری همبستگی در سطح ۰/۰۵، **: معناداری همبستگی در سطح ۰/۰۱

جدول۴: نتایج تحلیل عاملی با استفاده از واریماکس متعامد چرخشی

متغیرها	عامل‌ها				
	۱	۲	۳	۴	۵
آهک	-۰/۳۰	-۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۰۴	**۰/۸۰**
نیتروژن کل	**۰/۸۴**	-۰/۰۴	۰/۲۲	۰/۱۱	-۰/۱۱
pH	-۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۷	**-۰/۷۴**	۰/۲۵
EC	۰/۵۵	-۰/۰۶	۰/۱۱	-۰/۰۶	**۰/۶۴**
فسفر	۰/۳۱	۰/۲۷	-۰/۱۳	**۰/۵۶**	۰/۰۵
پتاسیم	**۰/۶۷**	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۴۷	۰/۱۱
کربن آلی	**۰/۸۹**	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۸	-۰/۱۷
سدیم	-۰/۰۷	۰/۲۱	-۰/۰۳	**۰/۷۸**	۰/۱۷
شن	۰/۰۳	**-۰/۹۸**	-۰/۰۳	-۰/۱۱	۰/۰۴
رس	-۰/۴۲	**۰/۶۷**	۰/۳۱	۰/۰۳	-۰/۰۴
سیلت	۰/۲۹	**۰/۸۰**	-۰/۲۰	۰/۱۲	-۰/۰۳
وزن مخصوص	**-۰/۵۷**	-۰/۱۲	-۰/۳۴	۰/۳۴	-۰/۰۲
درصد اشباع	۰/۲۰	-۰/۰۱	**۰/۹۵**	-۰/۱۲	۰/۰۳
آب قابل دسترس	۰/۲۰	-۰/۰۱	**۰/۹۵**	-۰/۱۲	۰/۰۳
C/N	-۰/۳۰	-۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۴۰
مقادیر ویژه	۳/۵۲	۲/۶۶	۲/۱۰	۱/۲۵	۱/۰۶
واریانس	۲۵/۱۱	۱۹/۰۳	۱۴/۹۹	۸/۸۹	۷/۵۹
واریانس تجمعی	۲۵/۱۱	۴۴/۱۴	۵۹/۱۴	۶۸/۰۳	۷۵/۶۲
ضرایب عامل‌ها	-۰/۸۹۹	– ۰/۲۹۲	۰/۰۹۳	۰/۶۹۷	– ۰/۶۶۰



شکل۳: مقایسه میانگین شاخص کیفیت خاک در کاربری‌های اراضی مختلف (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار بین کاربری‌هاست).

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده حاصل از همبستگی خطی با نتایج بریدا و همکاران (۲۰۰۰) که به بررسی منطقه‌ای کیفیت خاک پرداختند مشابهت دارد. در نتایج بدست آمده این مطالعه نیز بالاترین همبستگی مثبت میان کربن و نیتروژن و بالاترین همبستگی منفی میان ماسه و سیلت مشاهده شده است. نتایج مشابه همچنین در مشاهدات شاکلا و همکاران ۲۰۰۶ نیز حاصل شده است. نصرتی (۲۰۱۳) نیز چنین نتایجی را گزارش کرده است. مواد آلی خاک که بوسیله میزان کربن کل و نیتروژن کل تعیین می‌گردد مهم‌ترین شاخص‌های تعیین کیفیت خاک می‌باشند (دالل و مایر، ۱۹۸۶). تغییر در میزان کربن و نیتروژن خاک تنها برای تعیین کیفیت خاک و تولیدات زیست محیطی مورد استفاده نیست بلکه به منظور درک میزان تاثیرات چرخه‌های کربن و نیتروژن بر تغییر اقلیم جهانی نیز ضروری است (ژائو، ۲۰۰۹). در ارتباط با تجزیه واریانس یکطرفه، شیندلبک و همکاران (۲۰۰۸) نیز در بررسی‌های خود بر روی خاک شهری در منطقه نیویورک در سه کاربری بایر، کشاورزی و پارک شهری نتیجه گرفتند که کیفیت خاک شهری تحت تاثیر کاربری اراضی قرار دارد. مهم‌ترین پارامترهای تاثیرگذار بر کیفیت خاک در غرب کلان شهر تهران با در نظر گرفتن نتایج حاصل از شاخص کیفیت خاک پارامترهای حاصل از فعالیت انسان می‌باشد. این پارامترها بویژه در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی بسیار تاثیرگذار بوده و به عنوان حساس‌ترین ویژگی‌ها به منظور ارزیابی کیفیت خاک در سطح شهر تهران در کاربری‌های کشاورزی، بایر و جنگل دست کاشت شناخته می‌شوند. خاک‌های شهری به طور بالقوه می‌توانند مقادیر بالای کربن آلی خاک را در خود ذخیره کنند و بنابراین در کاهش روند افزایشی دی‌اکسید کربن اتمسفر مشارکت دارند. میزان کربن آلی موجود در خاک به مواد مادری خاک و کاربری اراضی بستگی دارد (لال و لورنز،

۲۰۰۹). استفاده از کودهای شیمیایی در نواحی کشاورزی و کامپوزیت‌ها برای بهبود رشد فضای سبز در پارک‌ها و آبیاری زمین‌ها با استفاده از فاضلاب‌های شهری از دیگر عواملی است که در شهرها کیفیت خاک را دگرگون می‌سازد. گریموند و همکاران (۲۰۰۲) نتیجه گرفتند که افزایش دی‌اکسید کربن در منطقه حومه شهر شیکاگو از اکوسیستم‌های کشاورزی و طبیعی بالاتر است که منبعی برای کربن به شمار می‌رود. طراحی نواحی شهری تاثیر بسزایی بر نگهداری کربن و نیتروژن و چرخه آن‌ها دارد (لال و لورنز، ۲۰۰۹)، که می‌تواند منجر به کاهش و یا افزایش این دو پارامتر در محیط‌های شهری گردد. میزان پایین کربن آلی و نیتروژن کل در زمین‌های بایرکه به مدت طولانی اقدامات بهبود دهنده خاک و فعالیت‌های انسانی در آن‌ها صورت نگرفته است به عنوان شاهدی از میزان پایین‌تر سیب کربن و نیتروژن در خاک شهر تهران دارد. در واقع کاربری کشاورزی به طور طبیعی میزان ذخیره کربن را که به طور طبیعی در خاک وجود داشته یا ترسیب پیدا کرده است کاهش می‌دهد که به منظور جبران آن از کودهای حاوی کربن و نیتروژن در این زمین‌ها استفاده می‌گردد. آبیاری اراضی کشاورزی جنوب تهران بوسیله فاضلاب نیز منجر به افزایش کربن و نیتروژن در این زمین‌ها می‌گردد. در این زمینه پیشنهاد می‌گردد اقداماتی در زمینه ترسیب کربن و نیتروژن در خاک‌های شهری صورت گیرد. پس از کربن و نیتروژن مهم‌ترین پارامترهای تعیین کیفیت خاک با استفاده از تحلیل‌های آماری انجام گرفته، عبارتند از: پارامترهای شوری (سدیم و EC)، فسفر، pH و وزن مخصوص که از این میان پارامترهای سدیم و EC می‌تواند ناشی از استفاده از ترکیب نمک و شن در نواحی شهری در ذوب برف و یخبندان در زمستان‌ها باشد. همچنین فسفر و pH از جمله پارامترهای شیمیایی تحت‌تاثیر استفاده از پساب در آبیاری فضای سبز باشد. فسفر نیز در میان کاربری‌های مورد بررسی در کاربری پارک و کشاورزی دارای بیشترین میزان است. این اختلاف در میزان فسفر در کاربری‌های مختلف معنی‌دار نمی‌باشد و علت آن را می‌توان در استفاده از کودهای حاوی فسفر و کمپوست جستجو کرد. دیگر پارامتر شیمیایی تاثیرگذار بر کیفیت خاک در غرب شهر تهران و مناطق مورد ارزیابی در این پژوهش pH خاک است. به دلیل این‌که pH بسیاری از ارتباطات شیمیایی و بیولوژیکی را متاثر می‌کند، به طور قطع و دقیق نمی‌توان گفت کدام فرآیند خاک به طور مستقیم توسط آن تحت‌تاثیر می‌باشد اما قطعاً بر ظرفیت تولید خاک تاثیرگذار است. pH خاک تقریبا در هر نوع ارزیابی کیفیت خاک دیده می‌شود (شوان‌هولتز، ۲۰۰۰). وزن مخصوص نیز از جمله پارامترهای فیزیکی موثر بر تغییرات کیفیت خاک شهر تهران می‌باشد که فشردگی در اثر فرسایش در زمین‌های بایر و استفاده از فضای سبز موجب افزایش وزن مخصوص ظاهری گردد.

تقدیر و تشکر

هزینه‌های این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی و حمایت‌های علمی و پژوهشی مرکز مطالعات شهرداری تهران تامین شده است که تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

-سامانی مجد، س.، تائبی، ا. و افیونی، م.، ۱۳۸۶. آلودگی خاک حاشیهٔ خیابان‌های شهری به سرب و کادمیوم، محیط شناسی، شماره۴۳، ص ۱-۱۰.

-نویدی، م. ن.، سرمدیان، ف. و محمودی، ش.، ۱۳۸۸. بررسی آثار تغییر کاربری اراضی بر شاخص-های فیزیکی و شیمیایی کیفیت خاک در افق‌های سطحی اراضی مرتعی شرق استان قزوین، نشریه مرتع و آبخیزداری، دوره ۶۲، شماره ۲، ص ۲۹۹-۳۱۰.

- کرباسی، ع.، معطر، ف.، منوری، م. و مسیبی، س.س.، ۱۳۸۸. تاثیرآلودگی هوا برغلظت عناصر سنگین در خاک پارک ملت، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۰، شماره ۶۲، ص ۴-۵۱.

-Alberti, M., 2005. The effects of urban patterns on ecosystem function, International regional Science Review, v. 28, p. 168–192.

-Beyer, L., Kahle, P., Kretschmer, H. and Wu, Q., 2001. Soil organic matter composition of man-impacted urban sites in North Germany, Journal of plant nutrition and soil science, v. 164, p. 359-364.

-Brejda, j.J., Karlen, D.L., Smith, J.L. and Allan, D.L., 2000a. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators, II. Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie, Soil Science Society of America Journal, v. 64, p. 2125-2135.

-Brejda, J. J., Moorman, T.B., Karlen, D.L. and Dao, T.H., 2000b. Identification of regional soil quality factors and indicators I. Central and Southern High Plains: Soil Science Society of America Journal, v. 64, p. 2115-2124.

-Carter, M. R., 1993. Soil sampling and methods of analysis, CRC Press.

-D'Angelo, E., Crutchfield, J. and Vandivier, M., 2001. Rapid, sensitive, microscale determination of phosphate in water and soil, Journal of environmental quality, v. 30, p. 2206-2209.

-Dalal, R.C. and Mayer, R.J., 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland, IV. Loss of organic carbon from different density fractions, Journal of Australian Soil Research, v. 24, p. 301–309.

-Grimmond, C., King, T.S., Cropley, F.D., Nowak, J. and Souch, C., 2002. Local-scale fluxes of carbon dioxide in urban environments, methodological challenges and results from Chicago, Environtal Pollution, v. 116, p. 43-54.

-Hald, P.M., 1947. The flame photometer for the measurement of sodium and potassium in biological materials, Journal of Biological Chemistry, v. 167, p. 499-510.

-Kroetsch, D., 2008. Particle size distribution, Soil sampling and methods of analysis, P. 713-725.

-Lal, R. and Lorenz, K., 2009. Biogeochemical C and N cycles in urban soils, Environment International, v. 35, p. 1-8.

-Lehmann, A. and Stahr, K., 2007. Nature and significance of anthropogenic urban soils, Soils Sediments, v. 7, p. 247–96.

-Mylavarapu, R., 2014. Walkley-Black Method, Soil Test Methods From the Southeastern United States, p. 158-163.

-Nosrati, K., 2013. Assessing soil quality indicator under different land use and soil erosion using multivariate statistical techniques: Environmental monitoring and assessment, v. 185, p. 2895-2907.

-Rutherford, P.M., McGill, W.B., Arocena, J.M. and Figueiredo, C.T.,

2008. Total nitrogen, Soil sampling and methods of analysis, P. 225–237.
-Scheyer, J. and Hipple, K., 2005. Urban soil primer, Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center-Nebraska, United States, 102p.
-Schindelbeck, R.R., van Es, H.M., Abawi, G.S., Wolfe, D.W., Whitlow, T.L., Gugino, B.K., Idowu, O.J. and Moebius Clune, B.N., 2008. Comprehensive assessment of soil quality for landscape and urban management, Landscape and Urban Planning, v. 88, p. 73-80.
-Schoenholtz, S. H., Miegroet, H.V. and Burger, J., 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality, challenges and opportunities, Forest Ecology and management, v. 138, p. 335-356.
-Sharma, K.L., Mandal, U.K., Srinivas, K., Vittal, K.P.R., Madal, B., Grace, J.K. and Ramesh,V., 2005. Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in adryland Alfisol, Journal of Soil and Tillage Research, v. 83, p. 246–259.
-Shukla, M., Lal, R. and Ebinger, M., 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis, Soil and Tillage Research, v. 87, p. 194-204.
-Silva, I.R. and Mielniczuk, J., 1997. Soil aggregation status as affected by land use systems, Journal of Revista Brasileira De Ciemcia Do Solo, v. 21, p. 313–319.
-SPSS, IBM., 2005. SPSS Base 14.0 user's guide, Prentice Hall.
-Szabâo, J. and Dávid, L., 2010. Anthropogenic geomorphology, a guide to man-made landforms, Springer, 298 p.
-Vrˇsˇcaj, B., Poggio, L. and Marsan, F.A., 2008. A method for soil environmental quality evaluation for management and planning in urban areas, Landscape and Urban Planning, v. 88, p. 81–94.
-Zhao, H.L., He, Y.H., Zhou, R.L., Su, Y.Z., Li, Y.Q. and Drake, S., 2009. Effects of desertification on soil organic C and N content in sandy farmland and grassland of Inner Mongolia, Catena, v. 77, p. 187–191.