Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۳، ص. ۱۲۶۰-۱۲۵۰

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 6, Jan.-Feb. 2015, p. 1250-1260

مقایسه روش‌های رگرسیون خطی، زمین‌آماری و شبکه عصبی‌مصنوعی در مدل‌سازی کربن آلی در اراضی خشک دشت سیستان

احمد غلامعلی‌زاده آهنگر[۱*]- فریدون سارانی[۲]- مسعود هاشمی[۳]- اسماء شعبانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۱۱

چکیده

آگاهی از تغییرات مکانی کربن آلی در کاربری‌های مختلف اراضی کمک مؤثری به تفسیر و شبیه سازی رفتار اکوسیستم‌های خاکی در مواجهه با تغییرات اقلیمی و زیست محیطی خواهد نمود. هدف از این تحقیق مقایسه روش‌های رگرسیونی، زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین مقادیر کربن آلی در ۱۹۲ نمونه خاک، از خاک‌های سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی متر) بخشی از دشت سیستان (منطقه میانکنگی) بود. در این تحقیق، تنها ۵ درصد تغییرات کربن آلی در منطقه مورد مطالعه توسط متغیرهای موجود در مدل رگرسیون خطی توجیه گردید (R^2=۰/۰۵). همچنین بهترین روش زمین-آماری، یعنی روش کوکریجینگ ساده با استفاده از متغیر کمکی رس، با R^2=۰/۲۳ و RMSE=۰/۱۲۷، فقط تا اندازه‌ای توانایی تخمین میزان کربن آلی را داشت. این در صورتی است که شبکه عصبی‌مصنوعی با استفاده از پارامترهای طول و عرض جغرافیایی کارایی بسیار بهتری با R^2=۰/۷۹ و RMSE=۰/۰۴۴ در تخمین مقدار کربن آلی نسبت به روش‌های رگرسیون خطی و زمین آماری نشان داد. در نتیجه روش ترکیبی شبکه عصبی-کریجینگ بهترین روش برای پهنه بندی کربن آلی در منطقه مورد مطالعه شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: میانکنگی، کربن آلی، رگرسیون خطی، زمین‌آمار، مدل شبکه عصبی‌مصنوعی

مقدمه

در دهه‌های اخیر رشد علم و فناوری رایانه‌ای و نرم افزاری سبب به کارگیری مدل‌های پیشرفته به منظور اجرای راهکارهای مدیریتی دقیق‌تر شده است. مدل، شکل ساده شده‌ای از واقعیت است که بعد از ایجاد آن می‌توان بدون اندازه‌گیری و آزمایش، رفتار یک پدیده را پیش‌بینی کرد. در این راستا زمین آمار و شبکه های عصبی مصنوعی دو روش مدل‌سازی مورد توجه در سال‌های اخیر هستند که به ترتیب به دنبال پی‌بردن به ساختار مکانی داده‌ها و تعمیم دانش نهفته در ورای داده‌ها به ساختار مدل هستند (۱۲).

کربن آلی خاک به دلیل نقش مهمی که بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارد، در تعیین کیفیت خاک و ارزیابی آن فاکتور مهمی به شمار می‌رود (۳۱). توزیع مکانی کربن آلی خاک تابعی از عوامل فیزیکی و کاربری یا مدیریت می‌باشد. بدیهی است داشتن تکنیک‌های مناسب ارزیابی مکانی ماده آلی خاک و نیز تخریب یا ترسیب آن ضروری است. دست‌یابی به تغییرات مکانی کربن آلی در کاربری‌های مختلف کمک مؤثری در تفسیر و شبیه‌سازی رفتار اکوسیستم‌های خاکی در مواجهه با تغییرات اقلیمی و زیست محیطی خواهد نمود (۴۵). حیدری و همکاران (۳) نقشه مواد آلی خاک را با دو روش میان‌یابی کریجینگ معمولی و معکوس فاصله تهیه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد روش کریجینگ دارای دقت بالاتری است و از کارایی قابل قبولی برای پهنه‌بندی خصوصیات خاک برخوردار است. لاو و همکاران (۲۷) با نمونه‌برداری سیستماتیک پراکندگی کربن آلی خاک را در یک جنگل بزرگ نخل روغنی با سه الگوی مدیریتی رایج با استفاده از کریجینگ نرمال تعیین نمودند. آنها مدل واریوگرام مناسب را از نوع نمایی و یا کروی تشخیص دادند. نتایج آنها نشان داد که نوع مدیریت، متغیر اصلی و تعیین کننده در تغییرپذیری مکانی کربن آلی خاک است.

لکزیان و همکاران (۹) برای پیش‌بینی توزیع مکانی کربن آلی در بخشی از اراضی شهرستان مشهد با استفاده از آنالیز عوارض زمین نشان دادند که در بین تکنیک‌های آماری و زمین‌آماری استفاده شده

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار، دانشجویان کارشناسی ارشد و مربی گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده آب وخاک، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: a_ahangar2002@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

روش کریجینگ با روند بیرونی زمانی که با شاخص خیسی به عنوان متغییر کمکی به کار گرفته شد بهترین کارایی را داشت. لیو و همکاران (۲۸) توزیع کربن آلی خاک را در اراضی زراعی شمال شرقی چین با زمین‌آمار بررسی و اثر فاکتورهای کاربری، نوع خاک و توپوگرافی را به کمک GIS وآمار کلاسیک کمی نمودند. نتایج آنها نشان داد که روش درون‌یابی کریجینگ با مدل نمایی، نیم‌تغییر نمای تجربی را تفسیر می‌نماید و همچنین نقشه توزیع مکانی کربن آلی نشان داد که توزیع آن در منطقه مرتبط با توپوگرافی می‌باشد. وانگ و همکاران (۴۳) غیریکنواختی مکانی کربن آلی خاک و فاکتورهای مؤثر برآن را تعیین کرده و نشان دادند که کاربری و نوع خاک بیشترین تأثیر را در تغییرپذیری مکانی کربن آلی خاک دارد. طی تحقیقی سیمباهان و همکاران (۳۸) با استفاده از خصوصیات خاک و به کمک رگرسیون چند متغیره، مقادیر کربن آلی خاک را تخمین زدند. سپس نقشه مقادیر تخمین زده شده را با روش‌های زمین‌آماری کریجینگ معمولی، کوکریجینگ، کریجینگ با روند بیرونی و رگرسیون کریجینگ، درون‌یابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش رگرسیون کریجینگ با متغیرهای کمکی هدایت الکتریکی خاک، سطح انعکاس تصاویر ماهواره‌ای[1] و ارتفاع نسبی، دقت بیشتری در برآورد کربن آلی داشت.

استفاده از تعداد پارامترهای کم و زودیافت در مدل‌سازی به شرط آنکه تخمین خوبی از متغییر وابسته داشته باشند می تواند از نظر هزینه و زمان حائز اهمیت باشد و دسترسی به جواب با حداقل اطلاعات در شرایط ناکافی بودن داده‌های در دسترس اولویت دارد (۲۶). پارامترهای طول و عرض جغرافیایی به عنوان دو پارامتر مهم توپوگرافی هستند که در اکثر مطالعات به عنوان اطلاعات ثابت و زودیافت استفاده شده‌اند (۴ و ۱۱). این دو پارامتر به طور مستقیم با حاصلخیزی خاک و ایجاد نقشه‌های پهنه‌بندی اراضی، ارتباط دارند (۷ و ۱۴). بدین ترتیب استفاده از روش‌های زمین آمار به لحاظ همبستگی مکانی داده‌ها و شبکه‌های عصبی‌مصنوعی، به دلیل استفاده از جفت الگوهای ورودی و خروجی، به عنوان ابزاری قدرتمند در پیش بینی، طبقه بندی تغییرپذیری فضایی و تهیه نقشه متغیرهای زراعی از اهمیت خاصی در بررسی داده‌های زمینی برخوردارند.

منطقه سیستان قطب مهم کشاورزی استان به شما می رود و در گذشته نه چندان دور به انبار غله ایران مشهور بوده است و هر ساله سطح وسیعی از اراضی منطقه زیر کشت محصولاتی چون گندم، جو، یونجه،... و باغات مختلف می رود. حفظ و حراست این محصولات و توسعه کشاورزی در منطقه بدون شناخت دقیق وضعیت خاکی منطقه امکان پذیر نیست. ذخایر کربن آلی در خاک های منطقه مورد مطالعه بسیار کم است و این به دلیل اقلیم خشک حاکم، پوشش گیاهی فقیر و شدت فعالیت عوامل فرسایشی بخصوص عامل فرسایش بادی منطقه می‌باشد که سبب از بین رفتن لایه سطحی خاک و در نتیجه کاهش ذخایر کربن آلی می شود. از آنجا که ماده آلی از راه های مختلف سبب افزایش باروری در خاک می شود و بسیاری از صاحبنظران عامل اصلی حاصلخیزی خاک را حضور ماده آلی در خاک می دانند، شناخت چگونگی توزیع مکانی این پارامتر تاثیرگذار که کمبود آن در کنار سایر عوامل نامساعد همچون EC بالا یک فاکتور محدود کننده باروری زمینهای منطقه است می‌تواند کمک شایانی به مدیریت هرچه بهتر آن در منطقه نماید. از سوی دیگر بررسی پراکندگی کربن آلی در منطقه می‌تواند به شناخت مناطق دارای فرسایش بیشتر نیز کمک کند. اهداف این تحقیق شامل؛

– مقایسه روش‌های رگرسیونی، زمین آمار و شبکه عصبی-مصنوعی در تخمین کربن آلی منطقه، و

–تجزیه و تحلیل الگوی تغییرات مکانی محتوای کربن آلی با ویژگی‌های طول و عرض جغرافیایی بودند.

مواد و روش‌ها

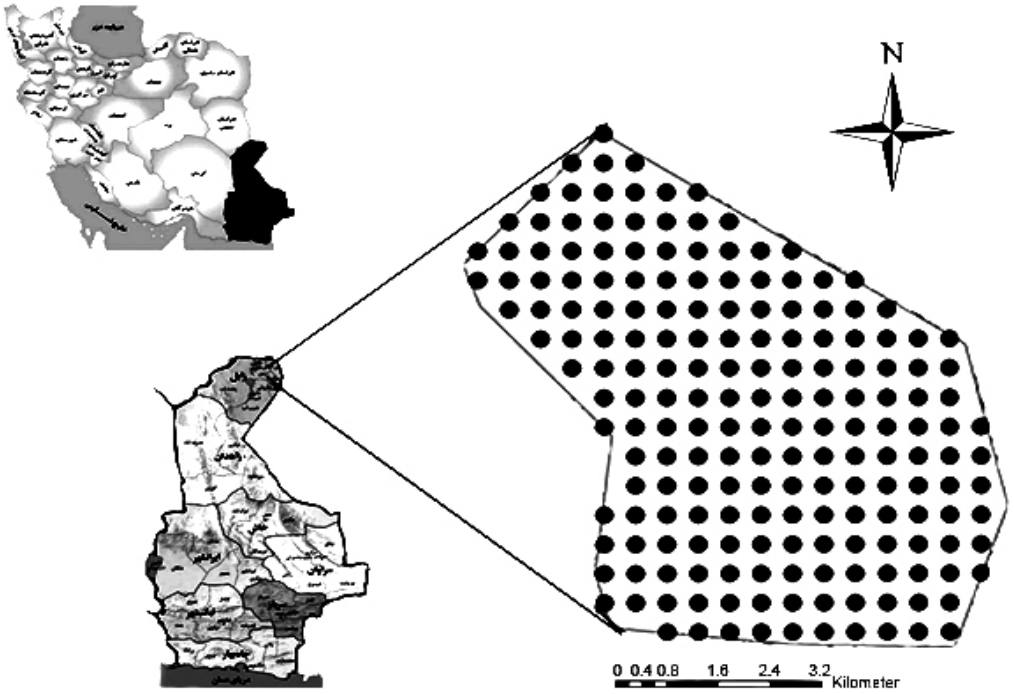
منطقه مورد مطالعه (منطقه میانکنگی) در سی کیلومتری شرق شهرستان زابل هم مرز با کشور افغانستان، مابین عرض‌های جغرافیایی "۵۱ ۰۴ ۳۱ تا "۱۷ ۰۸ ۳۱ شمالی و طول جغرافیایی"۴۹ ۴۴ ۶۱ تا "۵۶ ۴۹ ۶۱ شرقی واقع شده است (شکل شماره ۱). مساحت منطقه ۴۵۰۰ هکتار، متوسط ارتفاع از سطح دریا ۴۸۹/۲ متر و کاربری منطقه کشاورزی، مرتع و همچنین زمین‌های غیرقابل استفاده است. متوسط بارندگی سالیانه ۵۵ میلی متر و تبخیر و تعرق از سطح منطقه ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی متر در سال می‌باشد. میانگین دراز مدت درجه حرارت منطقه ۲۱/۷ درجه و حداقل حرارت مطلق ۷– درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۶). شکل‌های اراضی موجود در منطقه دشت آبرفتی رودخانه‌ای و اراضی پست می‌باشد.

نمونه‌برداری از خاک سطحی بر اساس شبکه‌بندی منظم با ابعاد ۵۰۰ ×۵۰۰ متر با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10.1 انجام شد. موقعیت نمونه‌های خاک در محل هر گره از شبکه نمونه‌برداری در منطقه مورد نظر با دستگاه GPS تعیین و در مجموع ۱۸۹ نمونه از خاک سطحی (۳۰ – ۰ سانتی متری) برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، ابتدا نمونه‌ها هوا خشک و سپس از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۷)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره ۱:۱ خاک و آب به روش هدایت سنجی (۳۵) و pH در گل اشباع اندازه‌گیری شدند (۳۴). درصد آهک (کربنات کلسیم معادل) به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون با سود (۳۳)، درصد کربن آلی به روش والکی و بلک (۴۲) و درصد رطوبت اشباع خاک به روش وزنی اندازه-گیری شدند (۱۶).

1- IKONOS

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نقشه جغرافیایی سطح منطقه نمونه برداری؛ میانکنگی، زابل، سیستان

طراحی مدل شبکه عصبی مصنوعی

به دلیل توانایی این شبکه‌ها در مدل‌سازی فرآیندهای بسیار پیچیده که تعداد عوامل تأثیرگذار در آن‌ها زیاد باشد، امکان استفاده از آن در علوم کشاورزی فراهم می‌باشد. در این پژوهش، در راستای استفاده از ورودی‌های کم و زودیافت و امکان مقایسه بهتر نتایج شبکه عصبی با روش‌های زمین‌آمار، طول و عرض جغرافیایی به عنوان پارامترهای ورودی و کربن آلی به عنوان خروجی شبکه در نظر گرفته شد. ۶۰ درصد داده‌ها جهت آموزش مدل، ۲۰ درصد جهت انجام فرآیند اعتبار سنجی و ۲۰ درصد به عنوان داده‌های آزمون مدل انتخاب گردیدند. به منظور آموزش شبکه عصبی، با استفاده از نرم افزار Matlab، شبکه پرسپترون چند لایه (MLP)[1] مورد استفاده قرار گرفت. فرآیند آموزش که شامل تغییر وزن‌ها بین لایه‌های مختلف در طول زمان آموزش است، انجام گردید تا جایی که تفاوت بین داده‌های واقعی (برای داده‌های آزمون) و داده‌های پیش‌بینی شده به حداقل خطا (MSE) برسد. قاعده آموزشی لونبرگ مارکوات و توابع انتقال سیگموئید و تانژانت هایپربولیک برای فرآیند آموزش به کار گرفته شدند. همچنین، تعداد نرون‌ها در لایه پنهان به روش سعی و خطا تعیین گردید. قبل از آموزش شبکه عصبی، داده‌های ورودی به آن نرمال شدند. هدف از نرمال‌سازی این است که داده‌ها به اعدادی بین صفر تا یک تبدیل شوند. زیرا در این پژوهش برای عناصر پردازشگر (نرون‌ها) در لایه مخفی، تابع آستانه سیگموئیدی انتخاب گردید که خروجی این تابع اعدادی بین صفرتا یک می‌باشد بنابراین باید داده های ورودی به این تابع نیز اعدادی بین صفر و یک باشند (۱۳). با در نظر گرفتن این واقعیت، نرمال سازی داده‌ها به نحوی صورت گرفت که میانگین سری داده‌ها برابر ۰/۵ گردد. بدین منظور از رابطه زیر برای نرمال‌سازی استفاده گردید.

$$X_{norm} = 0.5\left(\frac{X_0 - \bar{X}}{X_{max} - X_{min}}\right) + 0.5 \qquad (۱)$$

که در آن X_{norm} مقدار نرمال شده ورودی X_0، $\bar{X}$ میانگین داده‌ها، X_{max}، X_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل داده‌ها می‌باشد.

مدل رگرسیونی

به منظور تعیین ارتباط خطی صفات مورد مطالعه با کربن آلی، آنالیز رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام، با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. ویژگی‌های خاک به عنوان متغیرهای مستقل و مقدار کربن آلی به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. قبل از انجام مدل‌سازی رگرسیونی، آزمون نرمال بودن توزیع متغیرها انجام و پارامترهایی که دارای توزیع نرمال نبودند نرمال شده و سپس با

2- Multiple Layer Regression

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر نرمال شده آنها، مدل‌سازی انجام گردید. در انجام فرآیند اعتبارسنجی مدل‌ها، از معیار ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربع‌های خطا (RMSE) استفاده شد. بیان ریاضی این آماره ها به صورت زیر می باشد.

$$R^2 = 1 - \sum_{i=1}^{N}(Z - Z^*)^2 \Big/ \sum_{i=1}^{N}(Z - \bar{Z})^2 \qquad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Z - Z^*)^2} \qquad (۳)$$

که در این فرمول‌ها، Z*(xi)؛ مقادیر برآوردی در نقطه i ام، (xi) □؛ میانگین مقادیر مشاهده‌ای و Z(xi)؛ مقادیر مشاهده‌ای برای نقطه i ام و N تعداد نقاط مطالعاتی است.

روش‌های زمین آماری

روش‌های زمین آماری مورد استفاده به منظور درون‌یابی میزان کربن آلی خاک در این تحقیق شامل روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ (متغییر کمکی درصد رس)، وزن‌دهی معکوس[1]، تابع پایه شعاعی [2] و درون‌یابی چند جمله‌ای محلی [3] بود.

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد و از مهمترین ویژگی‌های آن این است که به ازای هر تخمینی خطای مرتبط با آن را می‌توان محاسبه کرد. در کریجینگ ساده استفاد شده در این تحقیق، میانگین داده‌ها معلوم و مستقل از مختصات فرض می‌شود. روش کوکریجینگ مانند روش کریجینگ می‌باشد، با این تفاوت که روش کوکریجینگ با در نظر گرفتن رابطه فضایی بین متغیر اصلی و متغیر دیگری که با متغیر اصلی همبستگی خوبی داشته باشد مقادیر مجهول را تخمین می‌زند. درمیان ویژگی‌های خاک بررسی شده در این مطالعه درصد رس دارای بالاترین همبستگی با میزان کربن آلی منطقه است (r=۰/۴۵). بنابراین درصد رس به عنوان متغیر کمکی روش کوکریجینگ انتخاب شد. روش فاصله وزنی معکوس، یکی از روش‌های درون یابی است که با وزن دهی به داده‌های اطراف نقطه مورد برآورد، کمیت مجهول را به دست آورده و درون یابی را انجام می دهد. بنابراین هر نقطه اندازه گیری شده (مشاهده‌ای) دارای یک اثر محلی است و با افزایش فاصله، از تاثیر آن کاسته می‌شود. بدین ترتیب نقاط نزدیک‌تر دارای وزن بیشتری هستند. روش چند جمله‌ای محلی از تابع چند جمله ای جهت درون یابی استفاده می‌کند و تعداد زیادی چند جمله‌ای بر داده‌های محدود در یک همسایگی معین، برازش می دهد. توابع پایه شعاعی از جمله روش های درون‌یابی است که در آن سطح تخمین از مقادیر مشاهده‌ای عبور می کند. از خصوصیات این روش این است که مقادیر بیشتر از حداکثر مشاهده‌ای و یا کمتر از حداقل مشاهده‌ای در سطح تخمین وجود دارد.

در روش‌های زمین‌آماری اطلاعات موجود در ارتباط فضایی متغیرها برای درون‌یابی استفاده می‌شود ضمن اینکه در روش‌های زمین‌آماری که از متغیر کمکی نیز استفاده گردید، هم از همبستگی بین متغیر اصلی و کمکی و هم از ارتباط فضایی آنها برای تخمین استفاده می‌شود. کارآیی هر یک از این روش‌ها بستگی به ماهیت داده‌ها و ویژگی‌های مورد مطالعه تغییر می‌کند (۲۹).

به منظور مقایسه روش‌های مورد استفاده و انتخاب مناسب‌ترین روش زمین‌آمار، از تکنیک اعتبارسنجی متقابل [4] استفاده شد. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط، آن نقطه برآورد می شود. این کار برای همه نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به طوری که در آخر به تعداد نقاط مشاهده-ای، برآورد وجود خواهد داشت. در نهایت نیز بر اساس بیشترین R^2 و کمترین RMSE بین داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی روش مناسب مشخص می‌شود.

جهت تجزیه و تحلیل اولیه داده‌های به دست آمده از نرم افزار SPSS 16 و تهیه نقشه‌پهنه بندی کربن آلی منطقه مورد مطالعه از نرم افزار Arc GIS 10.1 استفاده گردید.

نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی شامل میانگین، واریانس، ضریب تغییرات، مقادیر حداکثر و حداقل، چولگی و کشیدگی برای میزان کربن آلی و وسایر خصوصیات خاک‌های منطقه مورد نظر محاسبه گردید که در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج حاصل از آزمون نرمال نشان داد که توزیع داده‌های محتوای کربن آلی، هدایت الکتریکی، pH، درصد شن، سیلت و رطوبت اشباع از توزیع نرمال پیروی نمودند (جدول۱) و ضریب چولگی این پارامترها بین ۱- و ۱+ قرار داشت. ضریب تغییرات معیاری از تغییرپذیری نسبی است. دهیا و همکاران (۲۰) در مطالعات خود بر روی طبقه بندی ضریب تغییرات خصوصیات خاک، آن را در دو دسته پایین (۱۵-۰درصد) و بالا (۷۵ -۱۵درصد) قرار دادند. بر این اساس تغییرپذیری کربن آلی در منطقه بالا است (جدول ۱). از دلایل بالا بودن ضریب تغییرات کربن آلی در منطقه می‌توان به وضعیت مدیریت زراعی و استفاده از کودهای حیوانی به صورت پراکنده در اراضی تحت آبیاری در منطقه اشاره کرد. از آنجایی که سطح منطقه هموار است لذا توپوگرافی تأثیر چندانی در تغییرات مکانی کربن آلی ندارد.

1- Inverse Distance Weighting
2- Radial Basis Functions
3- Local Polynomial Interpolation
4- Cross Validation

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خلاصه ای از وضعیت آماری کربن و مواد آلی خاک در سطح منطقه میانکنگی

خصوصیات خاک	واحدها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
کربن آلی	درصد	۰/۰۳۹	۰/۷۰۲	۰/۲۶۲	۰/۱۴۵	۵۵/۳	۰/۵۷۳	۲/۹۸۹
کربنات کلسیم	درصد	۷	۲۳	۱۸/۶۶	۲/۵۲	۱۳/۵	-۱/۱۸	۵/۴۱
هدایت الکتریکی	dSm^{-1}	۰/۱۳	۲۱/۳۳	۵/۶۸	۵/۸۵	۱۰۲/۹۹	۰/۸۴۸	۲/۴۰
اسیدیته خاک	$Log[H^+]$	۶/۹	۹	۸/۱۳	۰/۴۵	۵/۵۳	-۰/۷۷	۳/۲۳
رس	درصد	۱	۵۳	۱۲/۴۴	۸/۹۸	۷۲/۱۸	۱/۳۲	۲/۲۲
لاگ- رس	لاگ درصد	۰	۳/۹۷	۲/۲۳	۰/۸۴	۳۷/۶۶	-۰/۷۴	۳/۳۷
شن	درصد	۱۰	۹۶/۶	۴۵/۳۷	۱۸/۲۸	۴۰/۲۹	۰/۲۹	۲/۶۲
سیلت	درصد	۲	۷۸	۴۲/۱۷	۱۶/۰۳	۳۸/۰۱	-۰/۴۵	۲/۲۹
رطوبت اشباع	درصد وزنی	۱۵/۳	۸۰	۴۶/۶۷	۸/۵۰	۱۸/۲۱	۰/۵۷	۴/۵۳

جدول ۲- ضریب همبستگی بین کربن آلی و برخی از خصوصیات خاک های منطقه میانکنگی (n=۱۹۲)

ویژگی خاک	کربنات کلسیم	رطوبت اشباع	اسیدیته خاک	شن	رس	سیلت	هدایت الکتریکی
کربن آلی	-۰/۰۰۴	**۰/۲۷۸	۰/۰۴۹	**-۰/۳۵۳	**۰/۴۴۷	*۰/۱۵۲	**۰/۳۷۰

** و *- به ترتیب وجود همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد.

لیو و همکاران (۲۸)، در تحقیقات خود ضریب تغییرات ۲۹ درصد را برای کربن آلی گزارش کردند و از دلایل بالا بودن آن به کاربری متفاوت اراضی، کوددهی و فرسایش اشاره نمودند. از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه شدت فرسایش بادی بالا می‌باشد، فرسایش بادی می‌تواند یکی از علل بالا بودن ضریب تغییرات کربن آلی و ناچیز بودن مقدار آن در منطقه باشد. اسکونینگ و همکاران (۳۷) نیز نشان دادند که تغییرات کربن آلی در یک دوره کوتاه زمانی می‌تواند آن اندازه زیاد باشد که بررسی تغییرات مکانی آن را با محدودیت‌های زیادی مواجه کند.

با توجه به غالب بودن بافت‌های شنی و شنی لومی در خاک‌های منطقه و بر اساس طبقه‌بندی مواد آلی مطابق با کلاس‌های بافت خاک USDA (SILPA, 1999) مقدار ماده آلی خاک در محدوده خیلی کم (<۰/۸) و کم (۱/۴- ۰/۸) طبقه‌بندی گردید، که بیانگر ناچیز بودن مقدار ماده آلی تحت تأثیر اقلیم خشک و پوشش گیاهی فقیر به علت تبخیر بسیار شدید (بیشتر از ۴۵۰۰ میلی متر در سال) در سطح منطقه می‌باشد (۶). علاوه بر این، کارتر و همکاران (۱۹) گزارش کرده‌اند که افزایش دمای خاک به دلیل کاهش پوشش گیاهی سایه انداز در تجزیه مواد آلی خاک‌های اراضی زراعی تأثیر بسزایی دارد.

ضرایب همبستگی بین کربن آلی با ویژگی‌های خاک در جدول ۲ ارائه شده است. در منطقه مورد مطالعه میان کربن آلی با محتوای رس و سیلت خاک همبستگی مثبت معنی‌دار و با میزان شن همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد (جدول۲). نتایج به دست آمده مشابه گزارشات وین و همکاران (۴۵) و استبان و همکاران (۲۲) می‌باشد. این گزارشات حاکی از نقش بافت خاک و جزء رس در نگهداری و ذخیره کربن آلی در خاک می‌باشد. همچنین با توجه به همبستگی منفی ذرات شن با مقدار کربن آلی و بافت غالب خاک‌های منطقه مورد مطالعه که شنی و شنی لوم می باشد می‌توان مقدار ناچیز کربن آلی در خاک‌های مورد مطالعه را توجیه پذیر دانست. بافت خاک اساساً به دو صورت ذخیره کربن آلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نخست، افزایش محتوای ذرات رس و سیلت در خاک از طریق ثابت نگهداشتن مقدار کربن آلی و کاهش در میزان آبشویی آن، میزان تجزیه میکروبی را کاهش می‌دهد که منجر به تجمع کربن آلی در خاک می‌شود (۲۵ و ۴۵). ثانیاً، افزایش محتوای ذرات رس و سیلت از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باعث تحریک و افزایش رشد گیاه و در نهایت افزایش میزان کربن آلی در خاک می‌گردد (۱۸ و ۳۶). از دیگر دلایل ناچیز بودن مقدار کربن آلی در خاک‌های منطقه می‌توان به اقلیم خشک منطقه و پوشش گیاهی فقیر اشاره نمود چرا که کربن آلی خاک با نوع گونه‌های گیاهی، نوع اقلیم و عوامل خاک و توپوگرافی ارتباط تنگاتنگی دارد (۱۵، ۳۹ و ۲۱). کربن آلی خاک با pH همبستگی معنی‌داری نشان نداد. همبستگی هدایت الکتریکی با محتوای کربن آلی (r = ۰/۳۷) در جهت مثبت بیانگر تأثیر این دو بر یکدیگر است، بدین صورت که با افزایش هدایت الکتریکی مقدار ماده آلی نیز افزایش نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که میزان ماده آلی در خاک‌های سنگین با میزان شوری زیاد به مراتب بیشتر از سایر مناطق می‌باشد. قائمی و همکاران (۸) به منظور تعیین تغییرپذیری ماده آلی خاک در خاک‌هایی با میزان کربن آلی کمتر از ۲ درصد و میانگین شوری ^{-1}dSm ۴/۶۳، ضرایب همبستگی پیرسون بین ماده

www.SID.ir

Archive of SID

آلی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که پارامترهای هدایت الکتریکی (r= ۰/۴۲)، اسیدیته خاک (r= ۰/۶۴)، درصد ذرات رس (r=۰/۴۸) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (r= ۰/۳۵) بیشترین همبستگی را با کربن آلی منطقه دارند. این محققین رابطه مستقیم افزایش مقدار ماده آلی با میزان شوری خاک را به کاهش فعالیت بیولوژیکی خاک و تجمع ماده آلی در خاک مربوط دانستند.

از آنجا که هدف این مطالعه بررسی دقت مدل های مختلف در تخمین مقدار کربن آلی و تهیه نقشه پهنه بندی آن در منطقه به کمک بهترین روش درون یابی است سعی شد ورودی مدل های مختلف یکسان در نظر گرفته شود تا امکان مقایسه بین مدل ها فراهم باشد. معادله ۱ مدل رگرسیون خطی را در برآورد کربن آلی فقط با استفاده از مختصات مکانی نشان می دهد.

۱) مقدار کربن آلی =۰/۰۰۰۰۸۰۵ X–۰۰۰۰۱۴۴Y+۵۳/۰۵۵۱۵

ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) مدل رگرسیونی به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۱۲۸ می باشد که بر اساس نتایج آماری بدست آمده، تخمین قابل قبولی از مقدار کربن آلی خاک توسط روش رگرسیون خطی بدست آورده نشد. ضریب تبیین (R^2=۰/۰۵) مدل رگرسیونی نشان می‌دهد که از ۱۰۰ درصد تغییرات مربوط به کربن آلی در منطقه مورد مطالعه، تنها ۵ درصد آن توسط تغییرات مربوط به متغیرهای موجود در مدل توجیه می‌شود. به عبارت دیگر، ۹۵ درصد از تغییرات کربن آلی (ضریب عدم تبیین) مربوط به تغییرات عواملی بوده که در انتخاب مدل رگرسیون لحاظ نشده است و یا با رابطه خطی قابل توجیه نبوده است.

جدول ۳ پارامترهای نیم تغییر نما برای متغیر کربن آلی در منطقه میانکنگی را نشان می‌دهد. اثر قطعه‌ای می تواند به دلیل تصادفی بودن فرآیندها، خطای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری و وجود تغییرات کوتاه دامنه متغیر مورد مطالعه در فواصل کوچک‌تر از کوتاه‌ترین فاصله نمونه‌برداری باشد. خطای نمونه‌برداری و تغییرات کوتاه دامنه در هر دو متغیر از دلایل اصلی اثر قطعه‌ای می‌توان برشمرد (۴۱). دامنه تأثیر کربن آلی ۱۱۳۸ متر می‌باشد (جدول ۳). سان و همکاران (۴۱) از عوامل ذاتی تشکیل دهنده خاک به عنوان مؤثرترین عامل در مقدار دامنه تأثیر یاد کرده‌اند. با توجه به اینکه به طور معمول ۷۰ درصد دامنه تأثیر را به عنوان فواصل بهینه نمونه‌برداری در نظر می‌گیرند (۲ و ۱۰)، و از آنجایی که شکوری و همکاران (۵) فواصل بهینه نمونه‌برداری برای کربن آلی را حدود ۵۰۰ متر گزارش کرده‌اند، می‌توان به مناسب بودن فواصل نمونه‌برداری در این تحقیق (۵۰۰ متر) که منتج به نتایج منطقی‌تر در آنالیزهای آزمایشگاهی گردیده است اشاره نمود. نسبت همبستگی شدت و درجه وابستگی مکانی کربن آلی را نشان می‌دهد که مقدار آن از تقسیم واریانس اثر قطعه‌ای به واریانس کل یا حد آستانه به دست می‌آید، که گاهی به صورت درصد نیز بیان می‌شود. چنانچه نسبت بدست آمده کمتر از ۲۵ درصد باشد، متغیر دارای کلاس همبستگی قوی، بین ۲۵ تا ۷۵ درصد نسبت همبستگی متوسط و چنانچه این نسبت بیش از ۷۵ درصد باشد، متغیر دارای کلاس همبستگی مکانی ضعیف خواهد بود. بنابراین وابستگی مکانی کربن آلی در منطقه در کلاس متوسط است.

با بررسی تغییرنماهای رویه ای، ناهمسانگردی مشخصی مشاهده نگردید، که می‌تواند به دلیل تغییرات اندک فاکتورهای شکل دهنده ویژگی‌های خاک در جهات مختلف باشد (۲۳). بنابراین با توجه به همسانگرد بودن متغیرهای مورد بررسی، تغییرنماهای همه جهته آن‌ها تهیه و با استفاده از تکنیک اعتبارسنجی متقابل و پارمترهای میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا مناسب‌ترین مدل تغییرنما انتخاب گردید و برازش داده شد. مناسب‌ترین مدل‌های تهیه شده برای نیم تغییرنماهای خصوصیات اندازه‌گیری شده در مطالعات خاک مدل‌های کروی و نمایی می‌باشد و مدل کروی از جمله معمول ترین مدل های دارای سقف زمین آماری برازش داده شده برای ویژگی‌های خاک است (۳۰). در تحقیق حاضر میزان کربن آلی مورد بررسی در منطقه دارای ساختار مکانی همراه با مدل‌های سقف‌دار بود و نیم تغییرنمای آن با مدل پایدار سازگاری داشت.

ارزیابی مدل‌ها

برای انتخاب بهترین روش برآورد کربن آلی در این تحقیق مدل‌های استفاده شده بر اساس بیشترین میزان R^2 و کمترین مقدار RMSE مورد مقایسه قرار گرفتند.

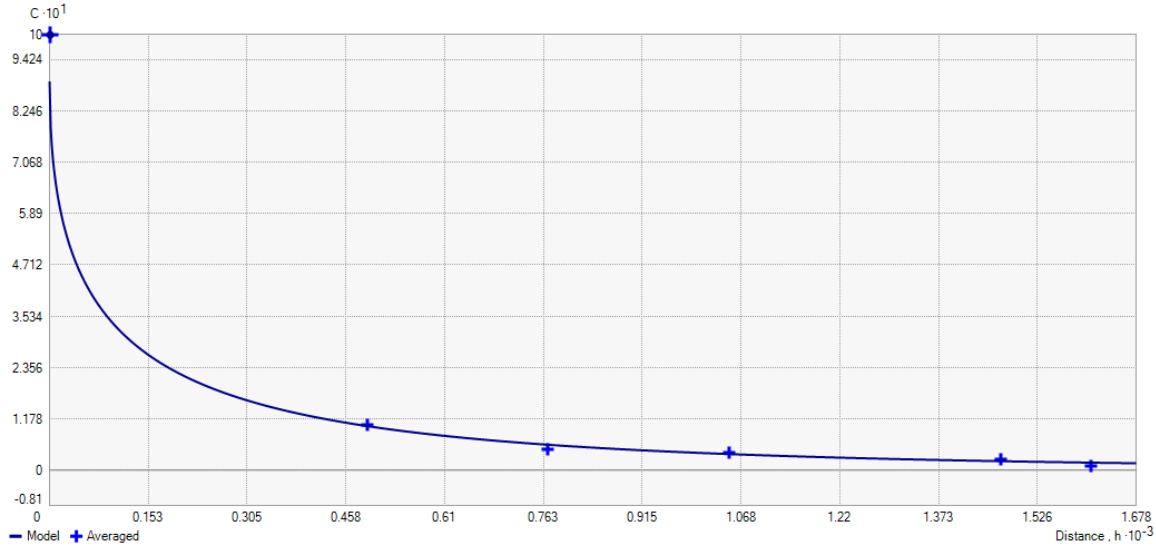
همانگونه که در جدول۴ مشاهده می‌گردد مدل شبکه عصبی مصنوعی (RMSE=۰/۰۴۴ و R^2=۰/۷۹) در میان مدل‌های استفاده شده دارای بالاترین دقت تخمین است. در بین روش‌های زمین آمار مورد استفاده نیز روش کوکریجینگ ساده با متغییر کمکی درصد رس دارای دقت بالاتری است (RMSE=۰/۱۲۷ و R^2=۰/۲۳)، که البته در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی کارایی کمتری دارد.

جدول ۳- پارامترهای نیم تغییر نما برای متغیر کربن آلی در منطقه میانکنگی

ویژگی خاک	مدل تغییرنما	اثر قطعه ای	سقف	دامنه تأثیر (متر)	نسبت همبستگی	کلاس همبستگی	ME (درصد)	RMSE (درصد)
کربن آلی	پایدار	۰/۵۰۵	۰/۴۷۶	۱۱۳۸	۰/۵۱	متوسط	۰/۰۰۰۲	۰/۱۲۷

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نیم تغییرنما و مدل برازش داده شده به آن (کربن آلی خاک)

جدول ٤- جدول ارزیابی روش‌های برآورد کربن آلی خاک

روش درون یابی	مدل یا تابع بهینه	R^2	RMSE	ملاحظات
کریجینگ ساده	پایدار	۰/۰۴	۰/۱۴۱	-
کوکریجینگ ساده	پایدار	۰/۲۳	۰/۱۲۷	متغیر کمکی درصد رس
IDW	-	۰/۰۴	۰/۱۴۲	پارامتر توان۲
RBF	Inverse Multiquadric	۰/۰۴	۰/۱۴۳	پارامتر بهینه ۷۰/۱۳۶
LPI	نمایی	۰/۰۳	۰/۱۴۲	آنالیز سطحی روند اکتشافی،۲۶
شبکه عصبی مصنوعی	تانژانت هایپربولیک	۰/۷۹	۰/۰۴۴	شبکه پیش خور پس انتشار
رگرسیون خطی	-	۰/۰۵	۰/۱۲۸	ورودی‌ها؛ مختصات جغرافیایی

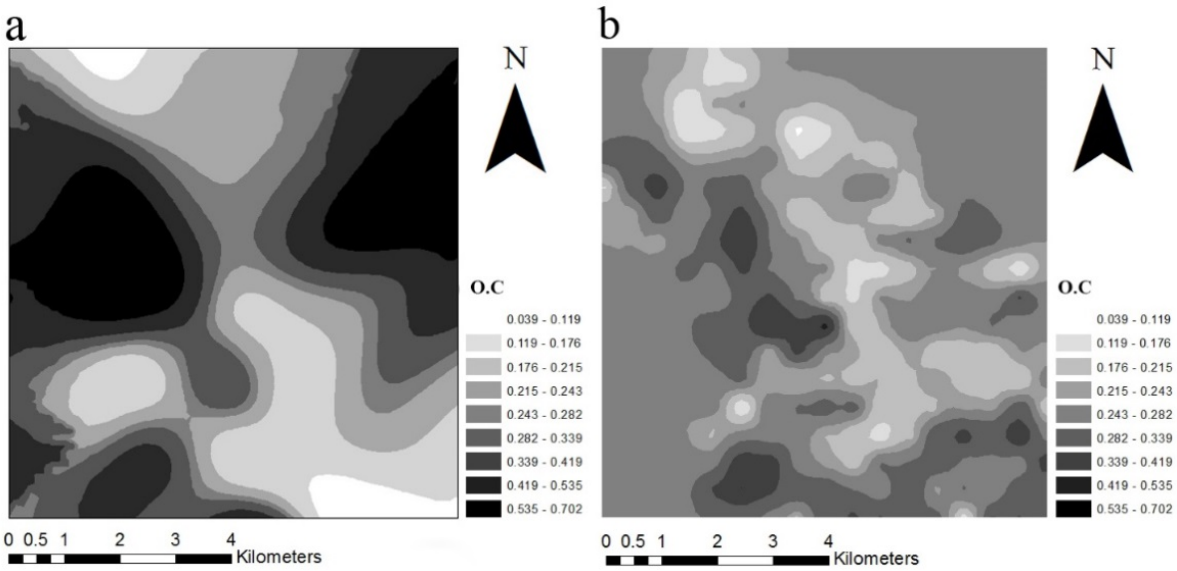
در همین ارتباط اینگل بای و کورو (۲۴) با مقایسه مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی‌مصنوعی در برآورد کربن آلی، با در نظر گرفتن مقدار مجموع مربعات خطا که به ترتیب ۶/۲۳ و ۵/۴۳ بودند، به برتری مدل شبکه عصبی پی بردند. لکزیان و همکاران (۹) نیز در مطالعات خود بیان کردند که شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تبیین ۵۶ درصد در مقایسه با مدل‌های رگرسیونی، کریجینگ و کوکریجینگ تخمین بهتری ارائه می‌دهد. همچنین، پیله‌ور و همکاران (۱) در مطالعات خود برای تخمین کربن آلی به کمک شبکه عصبی-مصنوعی با استفاده از متغیرهای مدل رقومی ارتفاع توانستند تا ۸۰ درصد از تغییرات میزان کربن آلی را توجیه کنند.

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی کربن آلی منطقه از دو روش تلفیقی شبکه عصبی- کریجینگ و کوکریجینگ که دارای دقت قابل قبول-تری نسبت به سایر روش‌ها بودند استفاده شد (شکل۳). به منظور درون‌یابی مقادیر کربن آلی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، پس از تایید بهترین شبکه، مقادیر نرمال شده مختصات جغرافیایی در ۱۵۳۲ نقطه که دارای کربن آلی نامعلوم بودند به عنوان ورودی به شبکه وارد شد و خروجی متناظر با آنها بدست آمد و به این ترتیب محتوای کربن آلی در سطح منطقه به طور فراگیری برآورد شد و در نهایت به کمک روش کریجینگ ساده پهنه‌بندی انجام گرفت.

نقشه پهنه‌بندی میزان کربن آلی به کمک روش‌های ANN-Kriging و روش کوکریجینگ ساده در شکل۳، نشان داده شده است. با مقایسه نقشه‌های تولید شده می‌توان تفاوت‌های آشکار بین این دو روش درون یابی را مشاهده نمود. تغییرات تند و مداوم مقادیر کربن آلی در نقشه پهنه‌بندی به روش کوکریجینگ (b) ناشی از دقت پایین درون یابی مدل با توجه به معیارهای ارزیابی است. افزایش تعداد نقاط مورد استفاده (۱۵۳۲ نقطه)، در روش شبکه عصبی (a) که با تخمین قابل قبول این شبکه به دست آمدند و سپس درون‌یابی این نقاط، سبب تعدیل شدن تغییرات این نقشه شده است. به عبارتی شبکه عصبی‌مصنوعی تخمین دقیق‌تر و نقشه پهنه‌بندی حاصل از این روش نیز قابلیت تمیز بالاتری نسبت به روش کوکریجینگ ساده دارد. مقایسه این نقشه‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم‌های تخمین مختلف می‌توانند منجر به نتایج مختلفی شده و آنچه که تعیین کننده در کیفیت نقشه‌های حاصل است توجه به معیارهای ارزیابی است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- نقشه پهنه بندی کربن آلی (a) به روش ANN-Kriging و (b) روش کوکریجینگ

نتیجه گیری

آگاهی از وضعیت توزیع مکانی میزان کربن آلی و به تبع آن مواد آلی موجود در خاک‌ها در راستای توسعه کشاورزی پایدار و دست‌یابی به اهداف بلند مدت امری ضروری می‌باشد. ذخایر کربن آلی و به تبع آن مواد آلی در خاک های مناطق خشک بسیار کم (به ترتیب میانگین ۰/۲۶ و ۰/۴۵ برای منطقه مورد مطالعه) می‌باشد و این به دلیل اقلیم خشک حاکم، پوشش گیاهی فقیر و شدت فعالیت عوامل فرسایشی بخصوص عامل فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در این تحقیق در راستای درون‌یابی و پهنه‌بندی کربن آلی منطقه دقت تخمین آن با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی، زمین‌آماری و شبکه عصبی‌مصنوعی مقایسه گردید که روش شبکه عصبی‌مصنوعی با مقادیر RMSE =۰/۰۴۴ و R^2 = ۰/۷۹ نتایج بسیار بهتر و دقیق‌تری را نسبت به سایر روش ها ارائه داد. به عبارتی شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های رگرسیونی و زمین آماری در تخمین کربن آلی منطقه مورد مطالعه کارایی بیشتری دارند که دلیل این امر: ۱) در نظر گرفتن روابط غیر خطی بین پدیده‌ها در روش شبکه عصبی مصنوعی و ۲) حساسیت کمتر شبکه عصبی نسبت به وجود خطا در داده‌های ورودی می‌باشد. رگرسیون خطی با ضریب تبیین (R^2=۰/۰۵) نشان داد که از ۱۰۰ درصد تغییرات مربوط به کربن آلی در منطقه مورد مطالعه، تنها ۵ درصد آن توسط تغییرات مربوط به متغیرهای موجود در مدل توجیه شد. به عبارت دیگر، ۹۵ درصد از تغییرات کربن آلی (ضریب عدم تبیین) مربوط به تغییرات عواملی بوده که در انتخاب مدل رگرسیون لحاظ نشده است که این مسأله تا حدود زیادی در روش شبکه عصبی‌مصنوعی مرتفع شده و منتج به نتایج مناسب‌تری در تخمین کربن آلی در منطقه گردیده است. بیشتر روش‌های زمین‌آماری نیز در راستای تخمین میزان کربن آلی در منطقه مورد مطالعه بسیار ضعیف ظاهر شدند. با در نظر گرفتن نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌گردد برای تولید نقشه پهنه‌بندی خصوصیات خاک به کمک مختصات مکانی در اراضی مشابه از هوش مصنوعی بهره برد. همچنین این نتایج می‌تواند در اراضی خشک سطح سیستان براساس تغییرات مکانی کربن آلی برای طراحی و اجرای پروژه‌های مدیریتی مفید واقع گردد.

منابع

۱- پیله‌ور شهری ا.، ایوبی ش. و خادمی ح. ۱۳۸۹. مقایسه مدل شبکه عصبی و رگرسیون خطی چند متغیره در پیش‌بینی کربن آلی خاک به کمک داده های آنالیز سطح زمین (مطالعه موردی: منطقه ضرغام آباد سمیرم). نشریه آب و خاک. ج. ۲۴، ش. ۶ ص. ۱۱۶۳-۱۱۵۱.

۲- حسنی پاک آ. ۱۳۷۷. زمین آمار. انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۳۱۴.

۳- حیدری ا.، تقی‌زاده مهرجردی ر.ا. و اسدزاده ف. ۱۳۸۸. تهیه نقشه ماده آلی خاک با استفاده از روش کریجینگ. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، ۲۴-۲۱ تیر، گرگان، ایران، ص. ۴۴۷-۴۴۶.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- شعبانی م. ۱۳۸۸. تعیین مناسب ترین روش زمین آمار در تهیه ی نقشه ی تغییرات، pH و TDS آب های زیرزمینی (مطالعه ی موردی: دشت رفسنجان). مجله ی مهندسی آب. سال یکم، شماره ی ۳، ص. ۵۷-۴۷.

۵- شکوری کتگیری م.، شعبانپور م.، اسدی ح.، دواتگر ن. و بابازاده ش. ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی روش‌های درون‌یابی مکانی در پهنه‌بندی کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک های شالیزاری گیلان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد هجدهم، شماره دوم. صفحات ۲۱۰-۱۹۵.

۶- صبح‌خیزی م.، اکبری ع.، شتربان ع. و شکویی م. ۱۳۸۵. طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور، تیپ‌های گیاهی منطقه زابل. چاپ اول. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. تهران.

۷- عسگری م.ص.، خدادادی م.، سرمدیان ف. و گزنی ر. ۱۳۸۸. کارایی شبکه های عصبی مصنوعی در برآورد محصولات گندم. جو و ذرت دانه ای، پژوهش و سازندگی (نشریه ی زراعت). شماره‌ی ۸۵، ص.۷۱-۶۲.

۸- قائمی م.، آستارایی ع. و ثنایی نژاد س.ح. ۱۳۹۰. ارزیابی تغییرات مکانی و تخمین کربن آلی در مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده توابع انتقالی و امکان سنجی آن با داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه نیشابور). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۹. شماره ۲. ص ۳۰۰-۲۹۴.

۹- لکزیان ا.، فاضلی سنگانی م.، آستارائی ع. و فتوت ا. ۱۳۹۲. تخمین و پهنه بندی میزان کربن آلی خاک با استفاده از آنالیز عوارض زمین (مطالعه موردی: بخشی از اراضی شهرستان مشهد)، نشریه آب و خاک. جلد ۲۷. شماره ۱. ص. ۱۹۲-۱۸۰.

۱۰- محمدی ج. ۱۳۸۵. آمارهای مکانی (زمین آمار-بخش۲). انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۴۵۳.

۱۱- معروفی ص.، گل‌محمدی گ.، محمدی ک. و زارع ابیانه ح. ۱۳۸۸. ارزیابی روش های زمین آمار در برآورد توزیع مکانی بارش در استان همدان در محیط GIS. مجله‌ی دانش آب و خاک. جلد ۱۹/۱. شماره‌ی ۲، ص. ۱۸-۱.

۱۲- میثاقی ف. و محمدی ک. ۱۳۸۵. پهنه‌بندی اطلاعات بارندگی با استفاده از روش‌های آمار کلاسیک و زمین آمار و مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی. مجله علمی کشاورزی. سال ۲۳، شماره ۴، ص. ۱۳-۱.

۱۳- منهاج م.ب. ۱۳۷۷. مبانی شبکه‌های عصبی. چاپ اول. مرکز نشر پروفسور حسابی.

14- Albani M., Klinkenberg B., Andison D.W. and Pkimmins J. 2004. The Choice of Window Size in Approximating Topographic Surfaces from Digital Elevation Models. International Journal Geographical Information Science. 17: 577-593.

15- Aradottir A., Savarsdottir L., Kristin H., Jonsson P. and Gudbergsson G. 2000. Carbon accumulation in vegetation and solids by reclamation of degraded areas. Icelandic Agricultural Sciences 13: 99-113.

16- Black C.A., Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E. and Clark F.E. 1965. Methods of soil chemical analysis. American Socityof Agronomy, Madison, Madison, WI.

17- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.

18- Burke I.C., Yonker C.M., Parton C.W., Cole J.V. and Schimel D.S. 1989. Texture, Climate,and Cultivation Effects on Soil Organic Matter Content in U.S. Grassland Soils, Soil Science Society of America Journal 53, Soil Science Society of America, Madison, 800–805.

19- Carter M.R., Gregorich E.G., Angers D.A., Donald R.G. and Bolinder M.A. 1998. Organic C and N storage and organic C fractions in adjacent cultivated and forested soils of eastern Canada. Soil and Tillage Research, 47: 253-261.

20- Dahiya I.S., Richter J. and Malik R.S. 1984. Soil spatial variability: A review. Int J Trop Agric. 11:1-102.

21- Derner J.D. and Schuman G.E. 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects, Journal of Soil and Water Conservation. 62(2): 77-85.

22- Esteban G., Jobba´ G.Y. and Robert Jackson B. 2000. The Vertical Distribution of Soil Organic Carbon and it's Relation to Climate and Vegetatoin. Ecological Applications. 10(2): 423– 436.

23- Gaston K.J. and Spice J.I. 1998. Biodiversity: an Introduction. Blackwell Science, MA, USA. 254p.

24- Ingleby H.R. and Crowe T.G. 2001. Neural network models for predicting organic matter content in Saskatchewan soils. Canadian Biosystems Engineering. 43:71-75.

25- Jobbagy E.G. and Jackson R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecological Applications 10: 423–436.

26- Kumar M., Bandyopadhyay A., Raghuwanshi N.S. and Singh R. 2008. Comparative study of Conventional and Artificial Neural Network-based ET0 Estimation Models, Journal Irrigation Science, 26(6): 531-545

27- Law M.C., Balasundram S.K., Husni M.H.A., Ahmed O.H. and Harun M.H. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in oil palm, International Journal of Soil Science, 1816-4978.

28- Liu D., Wang Z., Zhang B., Song K., Li X., Li J., Li F. and Duan H. 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China, Agriculture,

www.SID.ir

Archive of SID

Ecosystems and Environment, 113:73–81.
29- McBratney A.B., Santos M.L.M. and Minasny B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma. 117(1-2): 3-52.
30- Miller MP., Singer M.J. and Nielson D.R. 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil Sci. Soc. Am J 52: 1133-1141.
31- Mueller T.G., and Pierce F.J. 2003. Soil Carbon Maps: Enhancing Spatial Estimates with Simple Terrain Attributes at Multiple Scales. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:258–267.
32- Nelson R.E. 1986. Carbonate and gypsum. Pp.181-197. in: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2, Soil Sci Soc of Am. Madison, WI.
33- Rhoades J.D. 1986. Soluble salts. Pp.167-179. in: Compbell GS, Nielsen DA, Jackson RD, Klute A and Mortland MM (Eds). Methods of Soil Analysis. Part1. Soil Sci Soc of Am. Madison, WI.
34- Rowell D.L. 1994. Soil Science: Methods and Applications.Longman, Harlow.
35- Schimel D.S., Braswell B.H., Holland E.A., McKeown R., Ojima D.S., Painter T.H., Parton W.J. and Townsend A.R. 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils, Global Biogeochemical Cycles 8, (279–293).
36- Schoning I., Totsche K.V. and Kogel-Knabner I. 2006. Small Scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested luvisol. Geoderma, 136: 631-642.
37- Simbahan G.C., Doberm A., Goovaerts P., Ping J. and Haddix M.L. 2006. Fine-resolution mapping of soil organic carbon based on multivariate secondary data, Geoderma, 132:471–489.
38- Singh G., Bala N., Chaudhuri K.K. and Meena R.L. 2003. Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Indian Forester. 129(7): 859-864.
39- Società Italiana dei Laboratori Pubblici di Agrochimica (SILPA). 1999. From Soil Analysis to the Fertilization Advice (in Italian). ASSAM, Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche, Regione Marche, Jesi, Italy.
40- Sun B., Zhou Sh. and Zhao Q. 2003. Evaluationof spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region ofsuberopical china. Geoderma, 115: 85-99.
41- Torn M.S., Trumbore S.E. Chadwick O.A., Vitousek P.M. and Hendricks D.M. 1997. Mineral control of soil organic carbon storage and turnover. Nature 389: 170–173.
42- Walkley A. and Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci 34: 29–38.
43- Wang Y., Zhang X.C., Zhang J.L. and Li S.J. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the loess plateau, Pedosphere, 19(4): 486–495.
44- Weiwen Q., Denis C. and Mike B. 2011. Spatia Variability of Available Nutrients and Soil Carbon under arable Cropping in Canterbury. The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited, Private Bag 4704, Christchurch.
45- Wynn J.G., Bird M.I., Vallen L., Grand-Clement E., Carter J. and Berry S.L. 2006. Continental-scale measurement of the soil organic carbon pool with climatic, edaphic, and biotic controls, Global Biogeochemical Cycles, 20(1): 1-12.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 6, Jan.-Feb. 2015, p. 1250-1260

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۳، ص. ۱۲۶۰-۱۲۵۰

Comparison of Linear Regression Methods, Geostatistical and Artificial Neural Network Modeling of Organic Carbon in Dry Land of Sistan Plain

A. Gholamalizadeh Ahangar[1*]- F. Sarani[2]- M. Hashemi[3]- A. Shabani[4]

Received:25-02-2014
Accepted: 29-09-2014

Abstract

Knowledge of organic carbon spatial variations in different land uses will help to interpret and simulate the behavior of terrestrial ecosystems facing environmental and climate changes. The purpose of this study is comparing regression, geostatistics and artificial neural network (ANN) methods for predicting organic carbon content in 192 samples of surface soil (0 to 30 cm) of Sistan plain (Miankangi region). In this study, Only 25% of organic carbon variations were explained by variables used in linear regression model in the study area (R^2= 0.25). Moreover, simple co-kriging (with clay as co-variable) which was the best geostatistical method in the current study, predicted organic carbon content weakly (R^2= 0.23 and RMSE= 0.127). However, using latitude and longitude parameters, ANN performed much better than linear regression and geostatistical methods for predicting organic carbon content (R^2= 0.79 and RMSE= 0.044).

Keywords: Miankangi, Organic Carbon, Linear Regression, Geostatistics, Artificial Neural Network Model

1,2,3, 4- Assistant Professor, MSc Students and Lecture, Department of Soil Science, Soil and Water Faculty, University of Zabol, Respectively
(*- Corresponding Author Email: a_ahangar2002@yahoo.com)

www.SID.ir