مقایسه روش‌های زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین توزیع مکانی رس خاک

محمدرضا پهلوان راد [۱]، علیرضا اکبری مقدم [۲]،خداداد دهمرده [۲] و غلامعلی کیخا [۲]
۱ـ استادیار بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ۲- کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده
به منظور مقایسه روش‌های زمین‌آماری و شبکه‌عصبی‌مصنوعی در تخمین رس خاک، این پژوهش در بخشی از اراضی شهرستان زهک سیستان انجام شد. تعداد ۱۲۱ نمونه خاک با فواصل ۷۵۰ متر از عمق ۳۰- ۰ سانتیمتر برداشت و مقادیر رس خاک تعیین شد. از این تعداد ۱۰۵ نمونه برای آموزش مدل‌ها و ۱۶ نمونه جهت اعتبار سنجی مدل‌ها استفاده شد. مدل‌های مختلف زمین‌آماری و شبکه عصبی مصنوعی برازش و بهترین مدل‌ها انتخاب شدند. مقایسه دو روش نشان داد که شبکه عصبی با ضریب تبیین (R^2) ۶۸/۰ و معیار خطای (RMSE) ۱۸/۶ در مقایسه با روش زمین‌آمار با ضریب تبیین ۶۲/۰ و با معیار خطای ۲/۸ مقدار رس خاک را بهتر پیش‌بینی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌عصبی‌مصنوعی، زمین‌آمار، رس خاک

مقدمه
وجود نقشه‌های خاک با دقت بالا برای طرح‌های کشاورزی، منابع طبیعی و حفاظت محیط‌زیست ضروری هستند. از اواسط قرن بیستم شاخه‌ای از علم آمار به نام زمین‌آمار پا به عرصه علوم نهاد که امکان پردازش داده‌ها و توصیف مکانی آنها را به وجود آورد .در زمین‌آمار وابستگی مکانی پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله واریوگرام (تغییرنما)رسم می‌شود. یک تغییرنمای ایده‌آل دارای سه پارامتر شامل اثر قطعه‌ای، حد آستانه و دامنه تاثیر می‌باشد (محمدی، ۱۳۸۵). انواع مختلفی از تخمین‌گرها در زمین آمار وجود دارند که مهمترین آنها معکوس فاصله، سطوح روند، اسپلین، کریجینگ و کوکریجینگ هستند (محمدی، ۱۳۸۵). سکوتی اسکوئی و همکاران (۱۳۸۷) پراکنش شوری خاک را با استفاده از روش زمین‌آمار مورد ارزیابی قرار دادند و مشاهده کردند که روش کریجینگ دقت بالائی در برآورد شوری در نقاطی که نمونه‌برداری نشده است دارد. Yang et al., (۲۰۰۵) برای تخمین شوری خاک از سه روش کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و کریجینگ - رگرسیون استفاده کردند. کاظمی‌پشت‌مساری و همکاران (۱۳۹۱)در پژوهشی با عنوان ارزیابی روش‌های زمین آمار جهت تخمین و پهنه‌بندی عناصر غذایی در اراضی کشاورزی استان گلستان نشان دادند که روش کریجینگ، بهترین روش میان‌یابی برای تخمین نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.
شبکه عصبی مصنوعی[۴۲]یکی از روش‌های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری[۴۳]و با استفاده از پردازشگرهایی بنام نرون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد(Khana، ۱۹۸۹). Zou et al., (۲۰۰۹) با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی‌مصنوعی و سری زمانی، مقدار شوری و رطوبت خاک را پیش‌بینی کرده و دریافتند که مدل پس‌انتشار[۴۴] یک روش مناسب در تخمین آب خاک و حرکت نمک است. Zhao et al., (۲۰۰۹) با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی مقادیر شن و رس خاک را بر اساس پارامترهای بدست آمده از نقشه ارتفاعی رقومی[۴۵] برآورد کرده و مشاهده کردند که دقت نسبی برای مقدار رس ۸۸ درصد و برای شن ۸۱ درصد بود. Sitharam et al., (۲۰۰۸) در تحقیقی روش‌های زمین‌آمار، شبکه‌عصبی و ماشین‌بردار پشتیبان[۴۶] را با هم مقایسه کردند و مشاهده کردند که روش شبکه‌عصبی نسبت به دو روش دیگر برتری دارد. مطالعه حاضر با هدف مقایسه روش‌های زمین آماری و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین شوری خاک به عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده رشد محصولات مختلف و رس خاک به عنوان تامین کننده عناصر غذایی گیاهان در منطقه سیستان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها
منطقه مورد مطالعه در اراضی شهرستان زهک منطقه سیستان در حد فاصل طول جغرافیایی '۳۳ °۶۱ و '۴۴ °۶۱ شرقی و عرض جغرافیایی '۵۷ °۳۰ و '۱ °۳۱ شمالی قرار دارد (شکل ۱). اراضی مورد مطالعه دشت مسطح بوده و از لحاظ ژئومورفولوژی دشت آبرفتی متاثر از رسوبات انشعابات رودخانه هیرمند هستند. نمونه‌برداری خاک در سال ۸۷ با فواصل ۷۵۰ متر از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتر و به تعداد ۱۲۱ نمونه انجام گرفت و مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک نمونه‌های برداشت شده در آزمایشگاه تعیین گردید.

[۴۲] Artificial Neural Network
[۴۳] Learning
[۴۴] Back propagation
[۴۵] Digital elevation model
[۴۶] Support vector machine

۱۰۵ نقطه برای آموزش مدل‌ها و ۱۶ نقطه جهت اعتبار سنجی مستقل استفاده گردید. در روش زمین‌آمار داده‌ها وارد برنامه GS+ شده و پس از نرمال سازی، انواع واریوگرام‌های کروی، نمایی، گوسی و مدل های میانیابی معکوس فاصله، پلی نومیال عام، پلی نومیال موضعی و انواع کریجینگ برازش شدند و بهترین واریوگرام انتخاب گردید. برای برازش نکویی روش‌های میانیابی از روش اعتبارسنجی تقاطعی (متقابل) استفاده شد. در این روش یکی از نقاط درونیابی کنار گذاشته می‌شود و با بقیه نقاط درونیابی انجام می‌شود و مقدار خطای برآورد برای نقطه کنار گذاشته شده محاسبه می‌شود. سپس برای سایر نقاط نیز این کار انجام می‌شود. در نهایت دقت هر روش برای هر متغیر بر اساس کمترین میانگین خطا (ME) و میانگین مجذور خطا (MSE) انتخاب شدند. در این تحقیق از نرم افزار GS+ نسخه ۵.۱ جهت برازش نیم تغییر نما و از نرم افزار ARCGIS ۹.۳ جهت مدل سازی و تهیه نقشه استفاده شد. پس از تهیه نقشه متغیرهای شوری و رس خاک (نقشه‌ها نشان داده‌نشده‌اند) مقدار تخمینی هر متغیر در محل داده‌های اعتبارسنجی تعیین گردید.

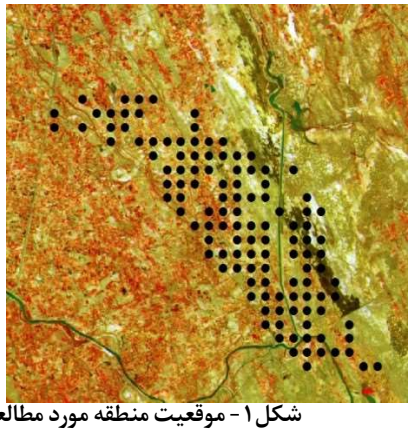
در روش شبکه عصبی مصنوعی مختصات نقاط (X و Y) به عنوان ورودی مدل استفاده شد (Sitharam et al.، ۲۰۰۸) و مقادیر درصد رس به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. بنابراین شبکه برای هر خصوصیت دو ورودی و یک خروجی داشت. برای نرمال سازی داده‌ها از رابطه (۱) استفاده شد:

$$Xn = 0.5 + 0.5\frac{Xi - Xmean}{Xmax - Xmin} \qquad (۱)$$

که X_n مقدار متغیر نرمال شده، X_iمقدار واقعی متغیر، X_{mean}مقدار میانگین متغیر، X_{max} بیشترین مقدار متغیر و X_{min} کمترین مقدار متغیر می باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MATLAB نسخه R۲۰۰۹aانجام گرفت. انواع روش های مختلف شبکه عصبی شامل روش پرسپترون چند لایه[۴۷] و شبکه پایه شعاعی[۴۸] همراه با تغییر توابع خروجی، تغییر وزن ها، تغییر تعداد نرون های میانی و تغییر با ضریب آهنگ یادگیری و ضریب مومنتم با سعی و خطا برای هر خصوصیت جهت انتخاب بهترین مدل، مورد بررسی قرار گرفت.

برای ارزیابی نتایج عملکرد مدل‌ها از آماره‌های ضریب تبیین[۴۹] (R^2) و میانگین مربعات خطا[۵۰] (RMSE) برای ۱۶ نقطه‌ای که در مدل‌سازی به‌کار گرفته نشده بود، استفاده شد. مدلی که دارای ضریب تبیین بالاتر و میانگین مربعات خطای کمتری باشد دارای دقت بیشتری می‌باشد.

[۴۷] Multi-Layer Perceptron
[۴۸] Radial Basis Function
[۴۹] Coefficient of Determination
[۵۰] Root Mean of Square Error



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث

آمار توصیفی: نتایج آمار توصیفی رس خاک (جدول ۱) نشان داد که میانگین رس خاک ۱۷ درصد و بین ۵ تا ۳۹ درصد می باشد (جدول ۱). با توجه به این‌که محدوده مورد مطالعه در منطقه ورودی انشعابات رودخانه هیرمند به دشت سیستان است ذرات درشت تر (شن و لای) در این اراضی رسوب کرده‌اند (شکل ۱، تصویر سمت راست).

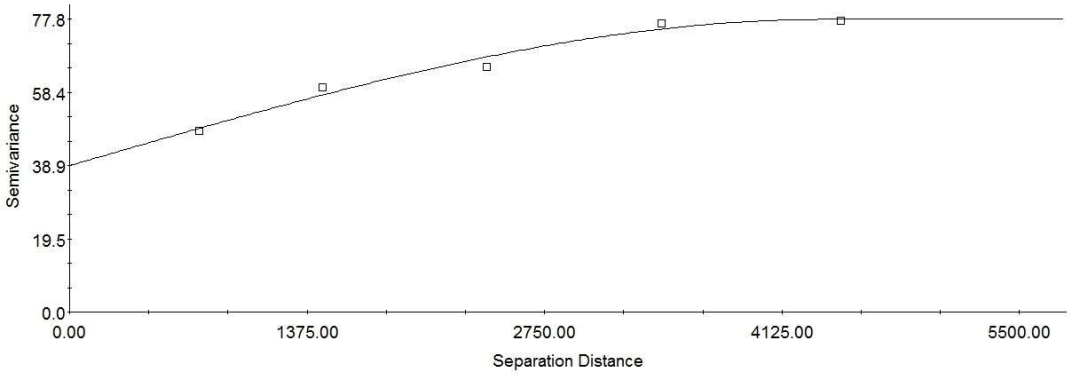
نتایج تجزیه و تحلیل های زمین آماری: شکل ۲ نیم‌تغییر نمای کروی رس خاک در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد و مقادیر آن در جدول ۲ ارائه شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه ۵۰ درصد بدست آمد که نشان دهنده وابستگی مکانی متوسط آن در منطقه است. دامنه رس خاک در این تحقیق ۴۳۸۰ متر بدست آمد که مربوط به شیب ناچیز منطقه می‌باشد. روش میانیابی کریجینگ معمولی مناسب‌تر از روش‌های معکوس فاصله، پلی نومیال عام، پلی نومیال موضعی بود و دارای کمترین خطا و بیشترین صحت بود (نتایج نشان داده نشده‌اند).

جدول ۱- آماره‌های توصیفی رس خاک

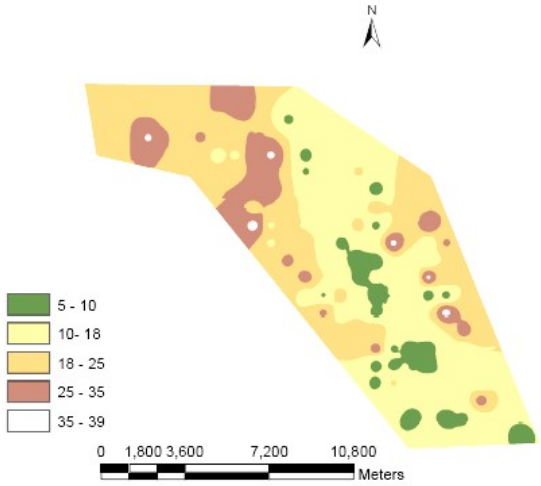
واحد	میانگین	انحراف معیار	واریانس	حداقل	حداکثر
درصد	۱۷	۶/۸	۶/۷۴	۵	۳۹

جدول ۲ - پارامترهای نیم تغییرنمای خصوصیات اندازه گیری شده درمنطقه مورد مطالعه

متغیر	واحد	مدل	دامنه (متر)	اثر قطعه‌ای	حد آستانه	درصد وابستگی مکانی*	کلاس وابستگی مکانی
ر س	درصد	کروی	۴۳۸۰	۹/۳۸	۸/۷۷	۵۰	متوسط



شکل ۲-تغییرنمای همه جهته مقدار رس خاک در منطقه مورد مطالعه



شکل۳: توزیع مقدار رس خاک با روش زمین آمار

نتایج تجزیه و تحلیل شبکه های عصبی مصنوعی: نتایج سعی و خطا بین انواع مدل های شبکه مصنوعی برای رس خاک نشان داد که بهترین نوع، شبکه پس‌انتشارتعیین شد که با نتایج Zou et al., (۲۰۰۹) مطابقت داشت. بهترین تعداد لایه پنهان یک و با تعداد ۴۰ نرون تشخیص داده شد.

مقایسه زمین‌آمار و شبکه‌عصبی‌مصنوعی: مقایسه نتایج برآورد رس نشان می دهد که برای این خصوصیت هم ضریب تبیین با روش شبکه عصبی ۶۷/۰ بود که نسبت به روش زمین‌آمار با ۶۲/۰ برتر بود. مقدار RMSE برای هر دو خصوصیت با شبکه عصبی مصنوعی کمتر از روش زمین‌آمار بود (جدول ۳) که نشان‌دهنده برتری شبکه عصبی مصنوعی در تخمین این دوخصوصیت در محل پژوهش می‌باشد که با نتایج Sitharam et al., (۲۰۰۸) همخوانی داشت، آنها نیز برتری روش شبکه عصبی را نسبت به زمین آمار مشاهده کردند.

جدول ۳- نتایج RMSE برای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و زمین‌آمار

متغیر	زمین‌امار	شبکه عصبی مصنوعی
مقدار رس خاک	۲/۸	۳۸/۶

منابع

محمدی، ع. ۱۳۸۵. پدومتری (آمار مکانی)، انتشارات پلك. ۴۵۳ صفحه.

Khanna, T. ۱۹۸۹. Foundation of neural networks. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.

Sitharam,T. G., Samui, and P., Anbazhagan, P. ۲۰۰۸. Spatial variability of rock depth in temperate forests. Ecological Modelling. ۲۰۹: ۲۰۰-۲۱۱.

Yang, L. I., Zho, S. H., Fang, W. U., Hong, Y. L. I., and Feng, L. I. ۲۰۰۵. Improved prediction of sampling density for soil salinity by different geostatistical methods. Agricultural Sciences in China. ۶ (۷): ۶۳۲ - ۸۴۱. ۲۰۰۷.

Zhao, Z., ChowT. L., Rees, H. Yang., W., Zheng, Z., and Meng, F. ۲۰۰۹. Predict soil texture distributions using an artificial neural network model. Computers and Electronics in Agriculture. ۶۹: ۳۶-۴۸.

Zou, P. Yang. J., Fu, J., Liu, G., and Liu. D. ۲۰۰۹. Artificial neural network and time series models for predicting soil salt and water content. Agricultural Water Management. ۶۵: ۳۶-۴۸.

Abstract

In order to comparing geostatistics and artificial neural networks (ANN) methods in predicting soil salinity and clay content this experiment was conducted in Sistan Region Zhak land. ۱۲۱ soil samples were taken at the depth of ۰-۳۰ cm within the grid of ۷۵۰ ×۷۵۰ m clay percent were determined. ۱۰۵ samples were used for training and ۱۶ samples were used for test. Different models of geostatistics and ANN were fitted and the best models were selected. Results showed that ANN estimated better with determination coefficient of ۰.۶۷ and RMSE of ۶.۱۸ for soil clay content in comparison to geostatistics with ۰.۶۲ for determination coefficient and ۸.۲۰ for RMSE.