

گزارش کوتاه علمی

پیش‌بینی تغییرات مکانی شوری و رس خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی

* محمد رضا پهلوان‌راد^۱، امیر احمد دهقانی^۲، علی شهریار^۳، علیرضا اکبری مقدم^۴ و خداداد دهمرده^۴
^۱ استادیار بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،
^۲ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زابل،
^۳ کارشناس بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: نقشه‌های خاک از منابع عمده اطلاعات برای مدیریت اراضی، منابع طبیعی و محیط زیست هستند. شوری خاک از عوامل محدودکننده تولید در اراضی شهرستان زهک دشت سیستان می‌باشد و رس خاک نیز نقش مهمی در حاصلخیزی خاک دارد. تهیه نقشه‌های دقیق شوری و رس خاک در اراضی این منطقه می‌تواند کمک زیادی به بهبود مدیریت اراضی در این منطقه بنماید. روش‌های مختلفی برای تخمین خصوصیات خاک در مناطقی که نمونه‌برداری نشده‌اند وجود دارد که روش‌های زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی از جمله آن‌ها هستند و در این پژوهش از آن‌ها استفاده گردید.

مواد و روش‌ها: به منظور مقایسه روش‌های زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین مقادیر شوری و رس خاک، این پژوهش در بخشی از اراضی شهرستان زهک منطقه سیستان انجام شد. تعداد ۱۲۱ نمونه خاک با فواصل ۷۵۰ متر از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برداشت و مقادیر شوری و درصد رس خاک تعیین شد. ۱۰۵ نمونه برای آموزش مدل‌ها و ۱۶ نمونه جهت اعتبارسنجی مدل‌ها استفاده شد. مدل‌های مختلف زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی برآزش و بهترین مدل‌ها انتخاب و با استفاده از اعتبارسنجی مستقل دقت دو روش با هم مقایسه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اراضی منطقه تحت تأثیر شوری قرار دارند. در تخمین شوری خاک، روش شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تبیین (R^2) ۰/۵۹ و معیار خطای (RMSE) ۱۰/۲ نسبت به روش زمین‌آمار با ضریب تبیین ۰/۵۳ و معیار خطای ۱۲/۳ دقت بیشتری داشت. در تخمین رس خاک نیز روش شبکه عصبی با ضریب تبیین ۰/۶۷ و معیار خطای ۶/۱۸ در مقایسه با روش زمین‌آمار با ضریب تبیین ۰/۶۲ و با معیار خطای ۸/۲ مقدار رس خاک را بهتر پیش‌بینی کرد.

نتیجه‌گیری: دقت روش شبکه عصبی در تخمین شوری و رس خاک اندکی بیش‌تر از روش زمین‌آمار بود. در هر دو روش مقدار دقت تخمین برای شوری خاک کم‌تر از رس خاک بود که می‌تواند مربوط به تأثیر مدیریت بر شوری خاک در منطقه مطالعاتی باشد. آبیاری و فعالیتهای کشاورزی باعث شسته شدن نمک و کاهش شوری خاک شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: روش شبکه عصبی، روش زمین‌آمار، هدایت الکتریکی، شهرستان زهک، دشت سیستان

مقدمه

وجود نقشه‌های خاک با دقت بالا برای طرح‌های کشاورزی، منابع طبیعی و حفاظت محیط زیست ضروری هستند. از اواسط قرن بیستم شاخه‌ای از علم آمار به نام زمین‌آمار یا 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 تأثیر می‌باشد (۵). سکوتی‌اسکوئی و همکاران (۲۰۰۷) پراکنش شوری خاک را با استفاده از روش زمین‌آمار مورد ارزیابی قرار دادند و مشاهده کردند که روش کریجینگ دقت بالایی در برآورد شوری در نقاطی که نمونه‌برداری نشده است، دارد (۷). لی و همکاران (۲۰۰۷) برای تخمین شوری خاک از سه روش کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و کریجینگ-رگرسیون استفاده کردند و مشاهده کردند که روش کریجینگ-رگرسیون دارای دقت بیشتری بود (۴).

شبکه عصبی مصنوعی^۱ یکی از روش‌های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری و با استفاده از پردازشگرهایی به نام نرون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد (۳). زو و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و سری زمانی، مقدار شوری و رطوبت خاک را پیش‌بینی کرده و دریافتند که مدل پس‌انتشار^۲ یک روش مناسب در تخمین آب خاک و حرکت نمک است (۹). ژائو و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی مقادیر شبن و رس خاک را بر اساس پارامترهای به‌دست آمده از نقشه ارتفاعی رقومی^۳

برآورد کرده و مشاهده کردند که دقت نسبی برای مقدار رس ۸۸ درصد و برای شن ۸۱ درصد بود (۸). سیت‌هارام و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی روش‌های زمین‌آمار، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان^۴ را با هم مقایسه کردند و مشاهده کردند که روش شبکه عصبی نسبت به دو روش دیگر برتری دارد (۶). مطالعه حاضر با هدف مقایسه روش‌های زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین شوری خاک به‌عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده رشد محصولات مختلف و رس خاک به‌عنوان تأمین‌کننده 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 ۶۱ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). اراضی مورد مطالعه دشت مسطح بوده و از لحاظ ژئومورفولوژی دشت آبرفتی متأثر 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 و درصد رس نمونه‌های برداشت شده در آزمایشگاه تعیین گردید. ۱۰۵ نقطه برای آموزش مدل‌ها و ۱۶ نقطه جهت اعتبارسنجی مستقل استفاده گردید. در روش زمین‌آمار داده‌ها وارد برنامه GS⁺ شده و پس از نرمال‌سازی، انواع واریوگرام‌های کروی، نمایی، گوسی و مدل‌های میانمایی معکوس فاصله، پلی‌نومیال عام، پلی‌نومیال موضعی و انواع کریجینگ برآزش شدند و بهترین واریوگرام انتخاب گردید. برای برآزش نکویی

- 1- Artificial Neural Network
- 2- Back propagation
- 3- Digital elevation model

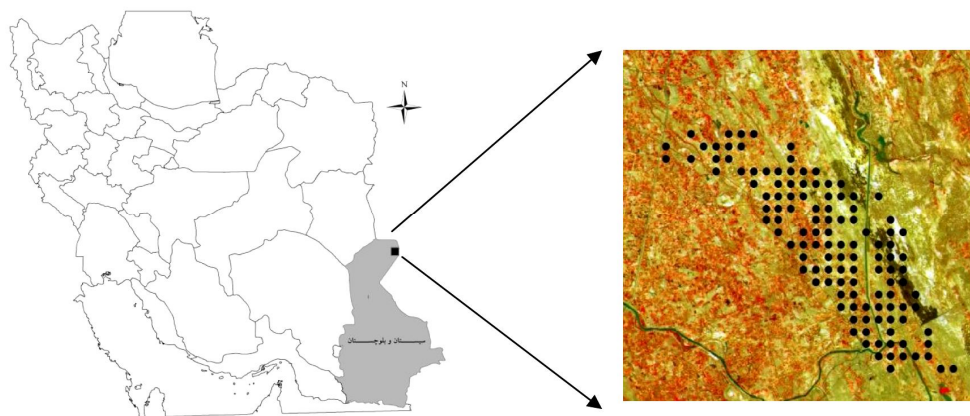
4- Support vector machine

$$X_n = 0.5 + 0.5 \frac{X_i - X_{mean}}{X_{max} - X_{mean}} \quad (1)$$

که در آن، X_n مقدار متغیر نرمال شده، X_i مقدار واقعی متغیر، X_{mean} مقدار میانگین متغیر، X_{max} بیشترین مقدار متغیر و X_{min} کمترین مقدار متغیر می باشد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار MATLAB نسخه R2009a انجام گرفت. انواع روش های مختلف شبکه عصبی شامل روش پرسپترون چندلایه^۱ و شبکه پایه شعاعی^۲ همراه با تغییر توابع خروجی، تغییر وزن ها، تغییر تعداد نرون های میانی و تغییر با ضریب یادگیری و ضریب مومتم با سعی و خطا برای هر خصوصیت جهت انتخاب بهترین مدل، مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی نتایج عملکرد مدل ها از آماره های ضریب تبیین^۳ (R^2) و میانگین مربعات خطا^۴ (RMSE) برای ۱۶ نقطه ای که در مدل سازی به کار گرفته نشده بود، استفاده شد. مدلی که دارای ضریب تبیین بالاتر و میانگین مربعات خطای کمتری باشد دارای دقت بیشتری می باشد.

روش های میانبایی از روش اعتبارسنجی تقاطعی (متقابل) استفاده شد. در این روش یکی از نقاط درونیایی کنار گذاشته می شود و با بقیه نقاط درونیایی انجام می شود و مقدار خطای برآورد برای نقطه کنار گذاشته شده محاسبه می شود. سپس برای سایر نقاط نیز این کار انجام می شود. در نهایت دقت برای هر متغیر بر اساس کمترین میانگین خطا (ME) و میانگین مجذور خطا (MSE) انتخاب شدند. در این پژوهش از نرم افزار GS^+ نسخه ۵.۱ جهت برازش نیم تغییرنما و از نرم افزار ArcGIS 9.3 جهت مدل سازی و تهیه نقشه استفاده شد. پس از تهیه نقشه متغیرهای شوری و رس خاک (نقشه ها نشان داده نشده اند) مقدار تخمینی هر متغیر در محل داده های اعتبارسنجی تعیین گردید.

در روش شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین شوری و مقدار رس، مختصات نقاط (X و Y) به عنوان ورودی مدل استفاده شد (۶) و مقادیر شوری خاک و درصد رس به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. بنابراین شبکه برای هر خصوصیت دو ورودی و یک خروجی داشت. برای نرمال سازی داده ها از رابطه ۱ استفاده شد:



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.
Figure 1. Location of study area.

- 1- Multi-Layer Perceptron
- 2- Radial Basis Function
- 3- Coefficient of Determination
- 4- Root Mean of Square Error

نتایج و بحث

آمار توصیفی: نتایج آمار توصیفی خصوصیات مورد بررسی (جدول ۱) نشان داد که میانگین شوری خاک در منطقه مورد مطالعه ۲۲/۳ و بین ۰/۸۳ تا ۹۸/۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد که نشان‌دهنده غالب بودن مشکل شوری در خاک‌های مورد مطالعه است. میانگین رس خاک ۱۷ درصد و بین ۵ تا ۳۹ درصد می‌باشد (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.

نتایج تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آماری: خصوصیات پارامترهای مناسب‌ترین نیم‌تغییرنمای این دو خصوصیت در جدول ۲ ارائه شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه برای هر دو خصوصیت ۵۰ درصد به‌دست آمد که

نشان‌دهنده وابستگی مکانی متوسط آن‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. هر دو خصوصیت دارای اثر قطعه‌ای بودند. در حالت ایده‌آل اثر قطعه‌ای باید صفر باشد ولی در واقعیت نیم‌تغییرنما مقادیر بالاتر از صفر را نشان دهد. اثر قطعه‌ای به‌دلیل وجود تغییرات در فواصل نمونه‌برداری و یا به‌دلیل خطای نمونه‌برداری یا اندازه‌گیری بروز می‌کند (۵). در هر دو خصوصیت روش میانبایی کریجینگ معمولی مناسب‌تر از روش‌های معکوس فاصله، پلی‌نومیال عام، پلی‌نومیال موضعی بود و دارای کم‌ترین خطا و بیش‌ترین صحت بود (نتایج نشان داده نشده‌اند). دیانی و همکاران (۲۰۱۲) در پهنه‌بندی شوری و سدیمی بودن اراضی غرب کارون مشاهده کردند که شوری و رس خاک هر دو دارای واریوگرام کروی بوده و برای پهنه‌بندی از روش کریجینگ استفاده کردند (۱).

جدول ۱- آماره‌های توصیفی هدایت الکتریکی خاک و رس خاک.

Table 1. Descriptive Statistics of soil electrical conductivity and clay content.

حداکثر Maximum	حداقل Minimum	واریانس Variance	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean	واحد Unit	پارامتر Parameter
98.7	0.83	577	24	22.3	dS.m ⁻¹	هدایت الکتریکی EC
39	5	74.6	8.6	17	%	رس Clay

جدول ۲- پارامترهای نیم‌تغییرنمای هدایت الکتریکی و رس خاک در منطقه مورد مطالعه.

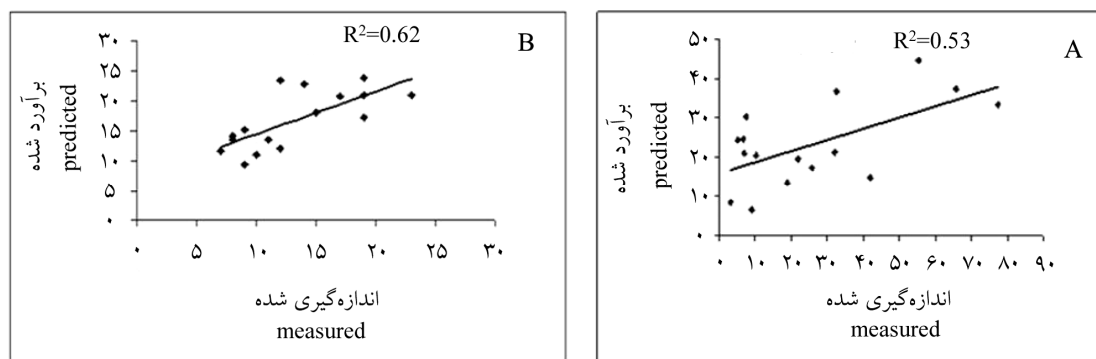
Table 2. Semivariogram parameters of soil electrical conductivity and clay content in study area.

وابستگی مکانی Spatial ratio (%)	حد آستانه Sill	اثر قطعه‌ای Nugget Effect	دامنه (متر) Range (m)	مدل Model	واحد Unit	پارامتر Parameter
50	686	343	4419	نمایی Exponential	dS.m ⁻¹	هدایت الکتریکی EC
50	77.8	38.9	4380	کروی Spherical	%	رس Clay

شرایط مطالعه با دقت بیش‌تری این خصوصیت را برآورد کرده است. مقایسه نتایج برآورد رس نشان می‌دهد که برای این خصوصیت مقدار ضریب تبیین با روش شبکه عصبی ۰/۶۷ بود که نسبت به روش زمین‌آمار با ۰/۶۲ 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 دو خصوصیت در محل پژوهش می‌باشد که با نتایج سیت‌هارام و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی داشت. آن‌ها نیز برتری روش شبکه عصبی را نسبت به زمین‌آمار مشاهده کردند. در هر دو روش مقدار دقت تخمین برای شوری خاک کم‌تر از رس خاک بود که علت آن احتمالاً مربوط به تأثیر مدیریت بر شوری خاک در منطقه مورد پژوهش باشد. با آبخوبی و کشت و کار نمک خاک شسته شده و شوری کاهش می‌یابد و با رها کردن زمین و عدم کشت در چند سال سبب افزایش شوری در اثر پدیده موبینه‌ای می‌گردد. توزیع مکانی رس در منطقه مطالعاتی تحت‌تأثیر رسوبات رودخانه هیرمند قرار دارد (۶).

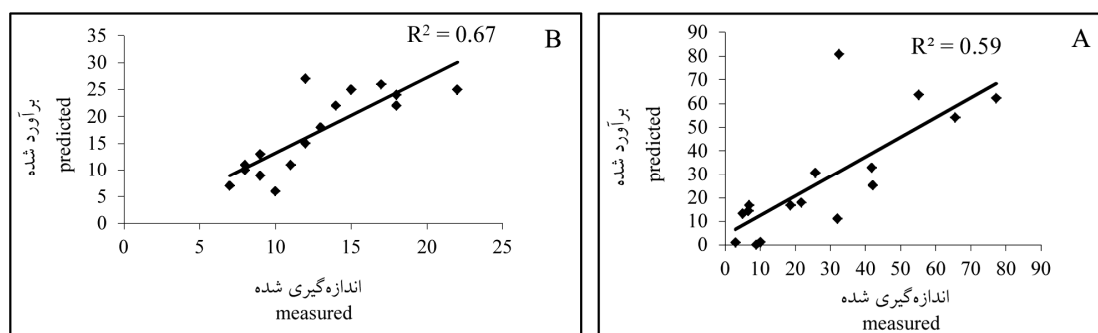
نتایج تجزیه و تحلیل شبکه‌های عصبی مصنوعی: نتایج سعی و خطا بین انواع مدل‌های شبکه مصنوعی برای شوری نشان داد که بهترین نوع شبکه، پس‌انتشار بود (نتایج نشان داده نشده‌اند). بهترین تعداد لایه پنهان یک و مناسب‌ترین تعداد نرون‌های لایه پنهان ۵۰ عدد بود. زو و همکاران (۲۰۰۹) در پیش‌بینی شوری و رطوبت خاک با شبکه عصبی مشاهده کردند که روش پس‌انتشار این خصوصیات را با دقت بالاتری تخمین می‌زند (۹). فلامکی (۲۰۱۳) در پیش‌بینی ضریب توزیع نیکل خاک مشاهده کرد که دقت شبکه پس‌انتشار بهتر از RBF بود. برای رس خاک نیز بهترین نوع، شبکه پس‌انتشار تعیین شد که با نتایج زو و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت (۲، ۹). بهترین تعداد لایه پنهان یک و با تعداد ۴۰ نرون تشخیص داده شد.

مقایسه زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی: شکل‌های ۲ و ۳ ضریب تبیین مدل‌های زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی برای رس و شوری خاک را نشان می‌دهد. براساس این نتایج، برای شوری ضرایب تبیین با روش زمین‌آمار ۰/۵۳ و با روش شبکه عصبی مصنوعی ۰/۵۹ بود که نشان می‌دهد شبکه عصبی در



شکل ۲- مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر) (الف) و رس خاک (ب) با زمین‌آمار.

Figure 2. Comparison between measured and predicted values of soil EC (A) and clay (B) with Geostatistics.



شکل ۳- ارتباط بین مقادیر اندازه گیری شده و برآورد شده هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر) (الف) و رس خاک (ب) با شبکه عصبی.

Figure 3. Comparison between measured and predicted values of soil EC (A) and clay (B) with ANN.

جدول ۳- مقادیر میانگین جذر مربعات خطا در مدل های شبکه عصبی مصنوعی و زمین آمار.

Table 3. The amounts of RMSE in Geostatistics and ANN models.

شبکه عصبی مصنوعی ANN	زمین آمار Geostatistics	پارامتر Parameter
10.2	12.3	هدایت الکتریکی خاک EC
6.18	8.2	مقدار رس Clay content

آبشویی و کشت و کار نمک خاک شسته شده و شوری کاهش می یابد و با رها کردن زمین و عدم کشت در چند سال سبب افزایش شوری در اثر پدیده مویینه ای می گردد. در صورتی که توزیع مکانی رس تحت تأثیر رسوبات رودخانه هیرمند قرار دارد.

نتیجه گیری

مقایسه دو روش نشان داد که دقت روش شبکه عصبی اندکی بیش تر از روش زمین آمار بود. در هر دو روش مقدار دقت تخمین برای شوری خاک کم تر از رس خاک بود که علت آن احتمالاً مربوط به تأثیر مدیریت بر شوری خاک در منطقه مطالعاتی باشد. با

منابع

1. Dayani, M., Jafari, S., Khalilmoghadam, B., and Dehghani, A.A. 2012. Saline and Sodic risk mapping using Geostatistics Theory (A case study in western Karoon river land of Khozestan). Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi). 94: 86-95. (In Persian)
2. Falamaki, A. 2013. Artificial neural network application for predicting soil distribution coefficient of nickel. J. Environ. Radioact. 115: 6-12.
3. Khanna, T. 1990. Foundation of neural networks. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A. 196p.
4. Li, Y., Shi, Z., Wu, C.F., Li, H.X., and Li, F. 2007. Improved prediction of sampling density for soil salinity by different geostatistical methods. Agricultural Sciences in China. 6: 7. 632-841.
5. Mohammadi, J. 2006. Pedometrics, 2: Geostatistics. Pelk Press, Tehran, Iran, 453p. (In Persian)

6. Sitharam, T.G., Samui, P., and Anbazhagan, P. 2008. Spatial variability of rock depth in temperate forests. *Geotechnical and Geological Engineering*. 26: 5. 503-517.
7. Sokouti Scoei, R., Mahdian, R., and Mahmoodi, S.H. 2007. Comparing the applicability of semigeostatistic methods to predict the variability of soil salinity, a case study of Uromia plain. *Pajuhesh and Sajandegi*. 74: 90-98. (In Persian)
8. Zhao, Z., Chow, T.L., Rees, H., Yang, W., Zheng, Z., and Meng, F. 2009. Predict soil texture distributions using an artificial neural network model. *Computers and Electronics in Agriculture*. 69: 36-48.
9. Zou, P., Yang, J., Fu, J., Liu, G., and Liu, D. 2009. Artificial neural network and time series models for predicting soil salt and water content. *Agricultural Water Management*. 65: 36-48.



Short Technical Report

Predicting spatial variability of soil salinity and clay content using geostatistics and Artificial Neural Networks methods

*M.R. Pahlavan Rad¹, A.A. Dehghani², A. Shahriari³, A.R. Akbari Moghaddam⁴
and Kh. Dahmardeh⁴

¹Assistant Prof., Dept. of Soil and Water, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, ²Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural science and Natural Resources, ³Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Zabol, ⁴Staff Member, Dept. of Soil and Water, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO

Received: 02/11/2013; Accepted: 07/13/2015

Abstract

Background and Objectives: Soil maps are the major sources for lands management, natural resources and environmental aspects. Soil salinity is one of the most important factor of limiting product and soil clay also has important effects on soil fertility in Zahak city in Sistan plain. Accurate maps of soil salinity status and clay content could highly help to manage the proper of lands in this area. There are different techniques for prediction of soil characteristics in not sampled areas such as geostatistics and artificial neural networks (ANN) which were used in this study.

Materials and Methods: This investigation were done to compare geostatistical and artificial neural networks (ANN) methods in predicting soil salinity and clay content in Zahak city in Sistan plain. 121 soil samples were taken from the depth of 0-30 cm within the grid of 750×750 m and soil EC and clay percentage were determined. 105 samples were used for training and 16 samples were used for validation in both models. The different models were fitted for each technique and the best models were selected and independent validation was used to determine accuracy of two techniques.

Results: Results showed that soil was affected by salinity in study area. ANN with $R^2=0.59$ and RMSE=10.2 comparing to geostatistics with $R^2=0.53$ and RMSE=12.3 had more accuracy in soil salinity prediction. Also in predicting soil clay content, ANN estimated better compared to geostatistics with $R^2=0.67$ and RMSE=6.18 against $R^2=0.62$ and RMSE=8.2.

Conclusion: The accuracy of neural network method to estimate the soil salinity and clay content was slightly higher than geostatistical method. In both techniques the accuracy of estimation for soil salinity was lower than clay content that can be related to management effect on soil salinity in study area. Irrigation and agricultural activities caused leaching salts and reducing soil salinity.

Keywords: Neural Network method, Geostatistical method, EC, Zahak city, Sistan plain

* Corresponding Authors; Email: pahlavan354@yahoo.com