

## پیش بینی تغییرات مکانی شوری با استفاده از روش های زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی در منطقه سیستان

محمد رضا پهلوان راد<sup>۱</sup>، امیر احمد دهقانی<sup>۲</sup>، علی شهریاری<sup>۳</sup> و اعظم سپاسر جهانتیغ<sup>۴</sup>  
 ۱- استادیار بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل،  
 ۲- دانشیار گروه آبیاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه زابل، ۴- کارشناس  
 مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان سازمان  
 تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کارشناس گروه خاکشناسی دانشگاه زابل

### چکیده

به منظور مقایسه روش های زمین آماری و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین مقادیر شوری 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 خاک تعیین شد. ۱۰۵ نمونه برای آموزش مدل ها و ۱۶ نمونه جهت اعتبار سنجی مدل ها استفاده شد. مدل های مختلف زمین آماری و شبکه عصبی مصنوعی برآزش و بهترین مدل ها انتخاب شدند. مقایسه دو روش نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تبیین (R<sup>2</sup>) ۵۹/۰ و معیار خطای (RMSE) ۲/۱۰ نسبت به روش زمین آمار با ضریب تبیین ۵۳/۰ و معیار خطای ۲/۱۳ دقت بیشتری داشت. تاثیر مدیریت در تغییرات شوری خاک در منطقه مورد مطالعه سبب کاهش دقت برای تخمین این متغیر با هر دو مدل گردید.

واژه های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، زمین آمار، هدایت الکتریکی خاک

### مقدمه

وجود نقشه های خاک با دقت بالا برای طرح های کشاورزی، منابع طبیعی و حفاظت محیط زیست ضروری هستند. از اواسط قرن بیستم شاخه ای از علم آمار به نام زمین آمار با به عرصه علوم نهاد که امکان پردازش داده ها و توصیف مکانی آنها را به وجود آورد. در زمین آمار وابستگی مکانی پارامترهای اندازه گیری شده به وسیله واریوگرام (تغییرنما) رسم می شود. یک تغییرنمای ایده آل دارای سه پارامتر شامل اثر قطعه ای، حد آستانه و دامنه تاثیر می باشد (محمدی، ۱۳۸۵). انواع مختلفی از تخمین گر ها در زمین آمار وجود دارند که مهمترین آنها معکوس فاصله، سطوح روند، اسپلین، کریجینگ و کوکریجینگ هستند (محمدی، ۱۳۸۵). سکوتی اسکوتی و همکاران (۲۰۰۷) پراکنش شوری خاک را با استفاده از روش زمین آمار مورد ارزیابی قرار دادند و مشاهده کردند که روش کریجینگ دقت بالایی در برآورد شوری در نقاطی که نمونه برداری نشده است دارد. (۲۰۰۵) et al., Yang برای تخمین شوری خاک از سه روش کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و کریجینگ - رگرسیون استفاده کردند. کاظمی پشت مساری و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان ارزیابی روش های زمین آمار جهت تخمین و پهنه بندی عناصر غذایی در اراضی کشاورزی استان گلستان نشان دادند که روش کریجینگ، بهترین روش میان یابی برای تخمین نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در منطقه مورد مطالعه می باشد.

شبکه عصبی مصنوعی<sup>۱۱۰</sup> یکی از روش های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری<sup>۱۱۱</sup> و با استفاده از پردازشگرهایی بنام نرون تلاش می کند با شناخت روابط ذاتی بین داده ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد (Khan, ۱۹۸۹). (۲۰۰۹) et al., Zou با استفاده از مدل های شبکه عصبی مصنوعی و سری زمانی، مقدار شوری و رطوبت خاک را پیش بینی کرده و دریافتند که مدل پس انتشار<sup>۱۱۲</sup> یک روش مناسب در تخمین آب خاک و حرکت نمک است. (۲۰۰۹) et al., Zhao با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی مقادیر شوری و رس خاک را بر اساس پارامترهای بدست آمده از نقشه ارتفاعی رقومی<sup>۱۱۳</sup> برآورد کرده و مشاهده کردند که دقت نسبی برای مقدار رس ۸۸ درصد و برای شن ۸۱ درصد بود. (۲۰۰۸) et al., Sitharam در تحقیقی روش های زمین آمار، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان<sup>۱۱۴</sup> را با هم مقایسه کردند و مشاهده کردند که روش شبکه عصبی نسبت به دو روش دیگر برتری دارد. مطالعه حاضر با هدف مقایسه روش های زمین آماری و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین شوری خاک به عنوان یکی از عوامل اصلی محدود کننده رشد محصولات مختلف و رس خاک به عنوان تامین کننده عناصر غذایی گیاهان در منطقه سیستان انجام گرفت.

<sup>۱۱۰</sup> Artificial Neural Network

<sup>۱۱۱</sup> Learning

<sup>۱۱۲</sup> Back propagation

<sup>۱۱۳</sup> Digital elevation model

<sup>۱۱۴</sup> Support vector machine

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در اراضی شهرستان زهک منطقه سیستان در حد فاصل طول جغرافیایی  $61^{\circ} 33'$  و  $61^{\circ} 44'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $30^{\circ} 57'$  و  $31^{\circ} 1'$  شمالی قرار دارد (شکل ۱). اراضی مورد مطالعه دشت مسطح بوده و از لحاظ ژئومورفولوژی دشت ابرفتی متأثر از رسوبات انشعابات رودخانه هیرمند هستند. نمونه برداری 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. ۱۰۵ نقطه برای آموزش مدل‌ها و ۱۶ نقطه جهت اعتبارسنجی مستقل استفاده گردید. در روش زمین‌آمار داده‌ها وارد برنامه  $GS^*$  شده و پس از نرمال سازی، انواع واریوگرام‌های کروی، نمایی، گوسی و مدل‌های میانمایی معکوس فاصله، پلی نومیال عام، پلی نومیال موضعی و انواع کریجینگ برازش شدند و بهترین واریوگرام انتخاب گردید. برای برازش نکوبی روش‌های میانمایی از روش اعتبارسنجی تقاطعی (متقابل) استفاده شد. در این روش یکی از نقاط درونبایی کنار گذاشته می‌شود و با بقیه نقاط درونبایی 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 ۹.۳ ARCGIS جهت مدل سازی و تهیه نقشه استفاده شد. پس از تهیه نقشه شوری خاک (شکل ۳) مقدار تخمینی هر متغیر در محل داده‌های اعتبارسنجی تعیین گردید.

در روش شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین شوری مختصات نقاط (X و Y) به عنوان ورودی مدل استفاده شد (et al., ۲۰۰۸) و مقادیر شوری خاک به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. بنابراین شبکه دو ورودی و یک خروجی داشت. برای نرمال سازی داده‌ها از رابطه (۱) استفاده شد:

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

که  $X_n$  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 می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MATLAB نسخه ۲۰۰۹a انجام گرفت. انواع روش‌های مختلف شبکه عصبی شامل روش پرسپترون چند لایه<sup>۱۱۵</sup> و شبکه پایه شعاعی<sup>۱۱۶</sup> همراه با تغییر توابع خروجی، تغییر وزن‌ها، تغییر تعداد نرون‌های 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<sup>۱۱۷</sup> ( $r^2$ ) و میانگین مربعات خطا<sup>۱۱۸</sup> (RMSE) برای ۱۶ نقطه‌ای 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 می‌باشد.

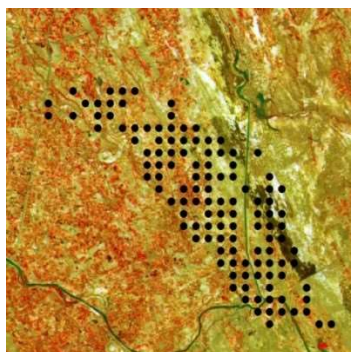


<sup>۱۱۵</sup> Multi-Layer Perceptron

<sup>۱۱۶</sup> Radial Basis Function

<sup>۱۱۷</sup> Coefficient of Determination

<sup>۱۱۸</sup> Root Mean of Square Error



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

### نتایج و بحث

آمار توصیفی:

نتایج آمار توصیفی خصوصیات مورد بررسی (جدول ۱) نشان داد که میانگین شوری خاک در منطقه مورد مطالعه ۳/۲۲ و بین ۸۳/۰ تا ۷/۹۸ دسی زیمنس بر متر می باشد که نشان دهنده غالب بودن مشکل شوری در خاکهای مورد مطالعه است.

نتایج تجزیه و تحلیل های زمین آماری:

شکل ۲ نیم تغییر نمای هدایت الکتریکی خاک را نشان می دهد. خصوصیات پارامترهای نیم تغییر نمای این خصوصیت در جدول ۲ ارائه شده است. نسبت اثر قطعه ای به آستانه ۵۰ درصد بدست آمد که نشان دهنده وابستگی مکانی متوسط در منطقه مورد مطالعه می باشد. نیم واریوگرام نمایی شوری خاک در شکل ۲ نشان داده شده است که نشان می دهد این خصوصیت دارای اثر قطعه ای است. در حالت ایده آل اثر قطعه ای باید صفر باشد ولی در واقعیت نیم تغییر نما مقادیر بالاتر از صفر را نشان دهد. اثر قطعه ای به دلیل وجود تغییرات در فواصل نمونه برداری و یا به دلیل خطای نمونه برداری یا اندازه گیری بروز می کند (محمدی، ۱۳۸۵). روش میانبایی کریجینگ معمولی مناسب تر از روش های معکوس فاصله، پلی نومیال عام، پلی نومیال موضعی بود و دارای کمترین خطا و بیشترین صحت بود (نتایج نشان داده نشده اند). شکل ۲ توزیع مکانی بدست آمده شوری خاک در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد که بیانگر بیشتر بودن شوری خاک در قسمت های شمالی منطقه مطالعاتی است.

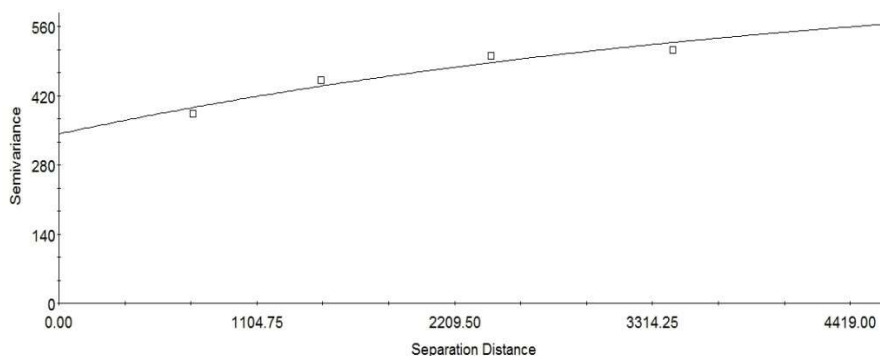
جدول ۱- آماره های توصیفی خصوصیات شوری خاک خاک

واحد	میانگین	انحراف معیار	واریانس	حداقل	حداکثر
ds m <sup>-1</sup>	۳/۲۲	۲۴	۵۷۷	۸۳/۰	۷/۹۸

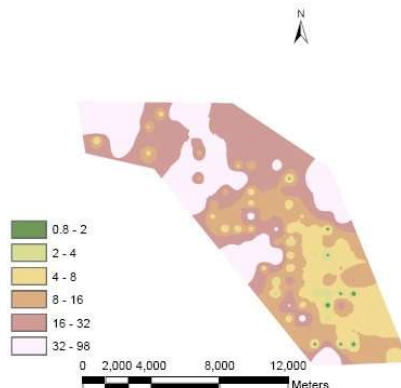
جدول ۲- پارامترهای نیم تغییر نمای خصوصیات اندازه گیری شده در منطقه مورد مطالعه

مدل	دامنه (متر)	اثر قطعه ای	حد آستانه	درصد وابستگی مکانی*	کلاس وابستگی مکانی
نمایی	۴۴۱۹	۳۴۳	۶۸۶	۵۰	متوسط

\*نسبت واریانس اثر قطعه ای به واریانس حد آستانه (C. / Sill)



شکل ۲- تغییرنمای همه جهته هدایت الکتریکی خاک در منطقه مورد مطالعه



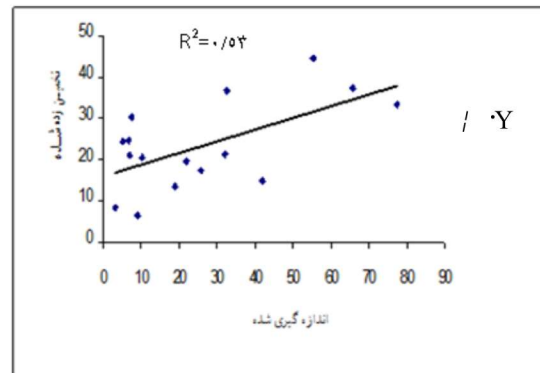
شکل ۳: توزیع مقدار شوری خاک (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک)

نتایج تجزیه و تحلیل شبکه های عصبی مصنوعی:

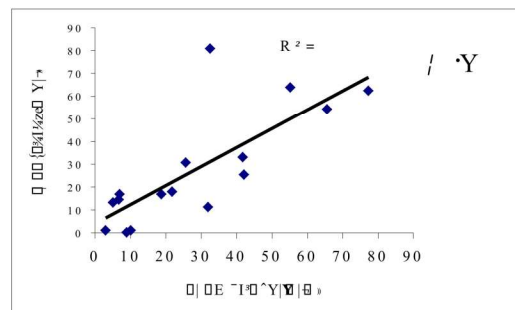
نتایج سعی و خطا بین انواع مدل های شبکه مصنوعی برای شوری نشان داد که بهترین نوع شبکه، پس انتشار بود (نتایج نشان داده نشده اند). بهترین تعداد لایه پنهان یک و مناسبترین تعداد نرون های لایه پنهان ۵۰ عدد بود. (Zou et al., ۲۰۰۹) در پیش بینی شوری و رطوبت خاک با شبکه عصبی مشاهده کردند که روش پس انتشار این خصوصیات را با دقت بالاتری تخمین می زند. بهترین تعداد لایه پنهان یک و با تعداد ۴۰ نرون تشخیص داده شد.

مقایسه زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی:

شکل های ۴ و ۵ ضریب تبیین مدل های زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی برای شوری خاک را نشان می دهد. براساس این نتایج، برای شوری ضرایب تبیین با روش زمین آمار ۵۳/۰ و با روش شبکه عصبی مصنوعی ۵۹/۰ بود که نشان می دهد شبکه عصبی در شرایط مطالعه با دقت بیشتری این خصوصیت را برآورد کرده است. نتایج نشان داد مقدار خطای برآورد در روش زمین آمار بیشتر از شبکه عصبی بود (جدول ۳) که نشان دهنده برتری شبکه عصبی مصنوعی در تخمین این خصوصیت در محل پژوهش می باشد که با نتایج (Sitharam et al., ۲۰۰۸) همخوانی داشت، آنها نیز برتری روش شبکه عصبی را نسبت به زمین آمار مشاهده کردند. پایین بودن دقت هر دو احتمالاً مربوط به تاثیر مدیریت بر شوری خاک در منطقه مورد پژوهش باشد. با آبیاری 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 موبینه ای می گردد.



$$Z = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$



$$Z = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

جدول ۳- نتایج RMSE برای مدل های شبکه عصبی مصنوعی و زمین آمار

متغیر	زمین آمار	شبکه عصبی مصنوعی
هدایت الکتریکی خاک	۳/۱۲	۲/۱۰

### منابع

- محمدی، ع. ۱۳۸۵. پدومتری (آمار مکانی)، انتشارات پلک. ۴۵۳ صفحه.
- Khanna, T. ۱۹۸۹. Foundation of neural networks. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.
- Sitharam, T. G., Samui, 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., Chow T. 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 this experiment was conducted in Sistan Region Zahak land. ۱۲۱ soil samples were taken at the depth of ۰-۳۰ cm within



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

the grid of  $750 \times 750$  m and soil EC were determined. 105 samples were used for training and 16 samples were used for test in both models. Different models of geostatistics and ANN were fitted and the best models were selected. Results showed that ANN in predicting soil salinity was better than geostatistics. ANN had a determination coefficient of 0.59 and RMSE of 15.8 in comparison to geostatistics with 0.54 for determination coefficient and 19.20 for RMSE had more accuracy. Management effect on soil salinity decreased the prediction accuracy in both models in study area.