Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
کرمانشاه، ۹ و ۱۰ مهر ماه ۱۳۹۳

تعیین سطح آب زیرزمینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی بابل)

ستار رحیم مشائی[۱]، کامران قوامی [۲]، فرزاد فرخ‌زاد[۳]

۱- کارشناسی ارشد موسسه صنعتی مازندران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز

۳- مربی موسسه صنعتی مازندران

SM_Ramkat@yahoo.com

خلاصه

تعیین سطح آب زیرزمینی به‌دلیل اثرگذاری آن در اکثر پدیده‌های ژئوتکنیکی، از مهم‌ترین محاسبات این عرصه می‌باشد. از جمله این پدیده‌ها می‌توان به روانگرایی، پایداری شیروانی، نشست سازه و ظرفیت باربری شمع و ... اشاره کرد. جهت دست‌یابی به این پارامتر همچون اکثر پارامترهای ژئوتکنیکی، نیاز به کاوش‌های صحرایی و حفر گمانه‌های متعددی می‌باشد که به دلیل صرف زمان و هزینه زیاد، محدودیت‌هایی را ایجاد کرده است. در این تحقیق تلاش شده تا با بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی مصنوعی، عمق استقرار آب زیرزمینی شهرستان بابل در نقاطی که اطلاعاتی از آن‌ها در دسترس نیست، پیش‌بینی شود. دقت عملکرد شبکه با معیار مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) تخمین زده شد که بهترین نتایج از شبکه‌های عصبی با تابع شعاعی (RBF) بدست آمد.

کلمات کلیدی: سطح آب زیرزمینی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه عصبی RBF، بابل.

۱. مقدمه

سطح آب زیرزمینی در اکثر پدیده‌های ژئوتکنیکی مانند روانگرایی، پایداری شیروانی، نشست سازه و ظرفیت باربری شمع و ... تاثیر گذار می‌باشد در نتیجه تعیین سطح آب زیرزمینی از ملزومات محاسبات ژئوتکنیکی می‌باشد. به منظور تعیین سطح آب زیرزمینی نیاز به حفر گمانه‌های متعددی می‌باشد که با توجه به گستره طرح تعداد گمانه‌ها افزایش می‌یابد. این امر به لحاظ زمانی و اقتصادی محدودیت‌هایی را ایجاد می‌کند. در دهه‌های اخیر، با ورود رایانه و برنامه‌های رایانه‌ای مناسب به دانش زمین‌شناسی و مهندسی ژئوتکنیک، سعی بر آن است تعیین سطح آب‌های زیرزمینی که در زمره مسائل تشخیص الگو قرار دارند، در قالب فرآیندهای عددی مبتنی بر برنامه‌های رایانه‌ای انجام گیرد. از روش‌های بر پایه رایانه در زمینه شناسایی الگو که در سال‌های اخیر معرفی شده است، می‌توان به روش شبکه عصبی تابع با پایه شعاعی[۳۱] اشاره کرد که تحول عظیمی را در این زمینه ایجاد کرده است و چشم‌انداز روشن و وسیعی را در زمینه کاربردهای متفاوت انواع مختلف این شبکه پیش‌روی مهندسان باز کرده است. تحقیق اخیر با هدف تعیین سطح آب زیرزمینی در شهرستان بابل برای اولین‌بار انجام شده است.

---

[۱] کارشناس ارشد

[۲] مربی

[۱] Radial Basic Function (RBF)

www.SID.ir

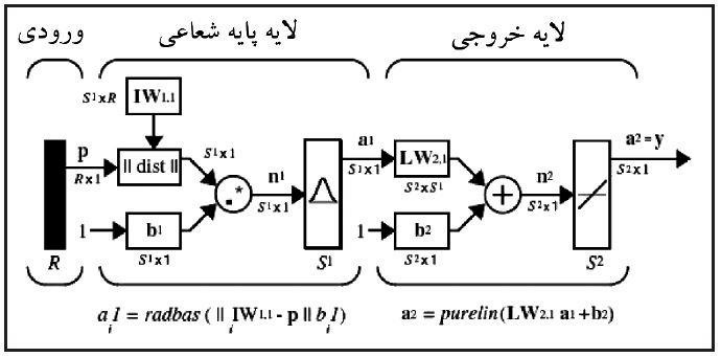
Archive of SID

۲. شبکه‌های عصبی

شبکه های عصبی، عملکردی شبیه به عملکرد مغز انسان دارند. مغز به عنوان یک سامانه پردازش اطلاعات با ساختار موازی، از حدود ۱۰۰ تریلیون نورون مرتبط تشکیل شده است. نورون‌ها ساده‌ترین واحد ساختاری دستگاه‌های عصبی هستند. این شبکه‌ها برخلاف رایانه که نیازمند دستورهای کاملاً صریح و مشخص هستند، به مدل‌های ریاضی محض نیازی ندارند، بلکه مانند انسان تجربه کرده و سپس این تجربیات را تعمیم می‌دهند. امروزه این شبکه‌ها به ابزاری قدرتمند و عمومی تبدیل شده‌اند که برای حل مسائل بسیار پیچیده همچون برآورد (تقریب)، تشخیص الگو، رده‌بندی و خوشه‌بندی به‌کار می‌روند و در طیف وسیعی از صنایع، کاربردهای عملی دارند. شبکه‌های عصبی به‌طور کلی برای حل هر مسئله‌ای، سه مرحله را طی می‌کنند که این مراحل به ترتیب عبارتند از آموزش[۱]، اعتبارسنجی[۲] و اجرا[۳]. آموزش فرآیندی است که در خلال آن شبکه می‌آموزد تا الگوی موجود در ورودی‌ها را (که به صورت مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی است)، بشناسد. به این ترتیب داده‌های وارد شده در نورون، پس از آنکه با وزن‌های شبکه ترکیب شدند، وارد بدنه سلول شده و عملیات پردازش داده‌ها و یا آموزش انجام شده و در نهایت به صورت خروجی از نورون خارج می شود. پس از اینکه خروجی‌ها محاسبه شدند، این مقادیر با مقادیر هدف که شامل اطلاعات بدست آمده از حفر گمانه‌ها می‌باشد، مقایسه شده و در صورت وجود اختلاف بین این مقادیر، وزن‌های جدیدی تنظیم و عملیات آموزش تکرار می شود. این فرآیند تا زمانی که اختلاف بین مقادیر خروجی شبکه با مقادیر هدف زیاد باشد، تکرار می شود. "اعتبارسنجی"، توانایی شبکه برای ارائه جواب قابل قبول در برابر ورودی‌هایی است که در مجموعه آموزشی قرار نداشته‌اند. در فرآیند اجرا از شبکه‌ای که بعد از اعتبارسنجی مورد تایید قرار گرفت جهت پیش بینی هدف در مناطقی که اطلاعاتی از آن در دسترس نیست استفاده می‌شود [۲].

۳. عملکرد شبکه‌های RBF

شبکه‌های RBF برای آموزش نیاز به تعداد نورون‌های زیادی دارند. عملکرد این شبکه‌ها نیز در صورت استفاده از تعداد بردارهای آموزشی زیاد، به بهترین وجه انجام می‌شود. در این شبکه‌ها برخلاف شیوه رایج در شبکه‌های دیگر، به تمام فضای ورودی به طور یکسان پاسخ داده نمی‌شود. در اینجا ابتدا مرکز فضای ورودی محاسبه شده و سپس به ورودی‌هایی که به اندازه کافی به این مرکز نزدیک باشند پاسخ داده می‌شود. در نتیجه این شبکه‌ها به ورودی‌ها به صورت محلی پاسخ می‌دهد. شبکه‌های RBF دارای دو لایه هستند که لایه اول آنها از نوع پایه شعاعی بوده و لایه خروجی آنها نیز از نوع خطی است. فرآیند آموزش نیز توسط روش یادگیری رقابتی[۴] یا روش خوشه ابزاری k [۵] انجام می‌گیرد. پارامترهای شبکه در اینجا شامل دو پارامتر تعداد خوشه [۶] و حداقل انحراف استاندارد [۷] است. با تغییر این پارامترها می‌توان عملکرد شبکه را بهبود بخشید. در این بخش پس از اعمال ورودی‌ها به شبکه، فاصله برداری بین بردارهای ورودی و بردارهای وزن محاسبه شده و مقادیر به دست آمده در مقادیر بایاس شبکه ضرب برداری می‌شوند. سپس این مقادیر توسط توابع مربوط، به تعداد ورودی‌ها نورون ایجاد می کند و در نهایت توسط لایه خروجی مقادیر خروجی شبکه بدست می‌آید، شکل ۱.



شکل ۱ – ساختار شبکه‌های تابع با پایه شعاعی

[۱] Training
[۲] Test
[۳] Operation
[۴] Competitive Learning
[۵] k Means Clustering
[۶] The number of Clusters
[۷] Minimum Standard Deviation

www.SID.ir

Archive of SID

۴. جمع‌آوری داده‌ها

جهت تعیین سطح آب زیرزمینی به کمک شبکه عصبی مصنوعی باید شبکه‌ای طراحی گردد که قابلیت پیش‌بینی موارد خواسته شده را داشته باشد. گام اول در طراحی، جمع‌آوری اطلاعات مناسب می‌باشد. به همین منظور از ۲۸ گمانه موجود در سطح شهرستان بابل استفاده شد. عملیات حفاری به‌صورت ماشینی و با نظارت کارشناسان ژئوتکنیک بر مراحل حفاری انجام گرفته است. در انتخاب و استفاده از گمانه‌ها، مشخص نمودن محل دقیق محدوده مورد بررسی حائز اهمیت است. بدین منظور مختصات دقیق گمانه‌ها مشخص گردید تا از گمانه‌هایی استفاده شود که در محدوده مورد نظر قرار داشتند. اهمیت این موضوع از آنجایی مشخص می‌شود که بدانیم، پارامترهایی که بعنوان ورودی برای شبکه عصبی انتخاب می‌شوند تا توانایی پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی را داشته باشند، رابطه مستقیمی با مختصات و اطلاعات گمانه‌های انتخابی دارند با توجه به اینکه باید در محل‌هایی که اطلاعات گمانه موجود نمی‌باشد، عمق استقرار آب مشخص شود، از گمانه‌هایی استفاده شده که اطلاعات آن کامل باشد، شکل۲.

شکل ۲ – توزیع گمانه‌ها در شهرستان بابل

۵. آماده‌سازی داده‌ها و آموزش شبکه RBF

بعد از انتخاب متغییرهای ورودی و خروجی و اطمینان از صحت و اعتبار داده‌ها، توانستیم از اطلاعات تعداد ۱۶ گمانه‌ها استفاده کنیم که در این بین، اطلاعات ۱۲ گمانه به فرآیند آموزش شبکه اختصاص یافت و اطلاعات ۴ گمانه دیگر که در آموزش شبکه نقشی نداشتند جهت سنجش عملکرد شبکه (فرآیند تست) انتخاب شدند. بردارهای ورودی و خروجی مطلوب که بردار هدف[۱] نیز نامیده می‌شوند به شبکه اعمال شدند تا به وسیله یک الگوریتم آموزشی، مقادیر وزن‌ها تنظیم شوند. در این راستا داده‌های ورودی به صورت بردار به شبکه اعمال شده و سپس در فرآیند آموزش شبکه شرکت داده شوند که در این مرحله شبکه به یادگیری رابطه بین این این بردارها می‌پردازد. سپس مرحله آموزش با رسیدن به میزان کمترین اختلاف بین خروجی شبکه و خروجی هدف (داده‌های تست)، متوقف می‌شود. پس ازفرآیند آموزش، از شبکه آموزش دیده به منظور پیش‌بینی عمق استقرار آب در نقاط بین گمانه‌ها و نقاطی که اطلاعی از سطح آب زیرزمینی آن در دسترس نیست، استفاده می‌شود[۶].

[۱] Target Vectors

www.SID.ir

Archive of SID

۶. انتخاب نرم افزار

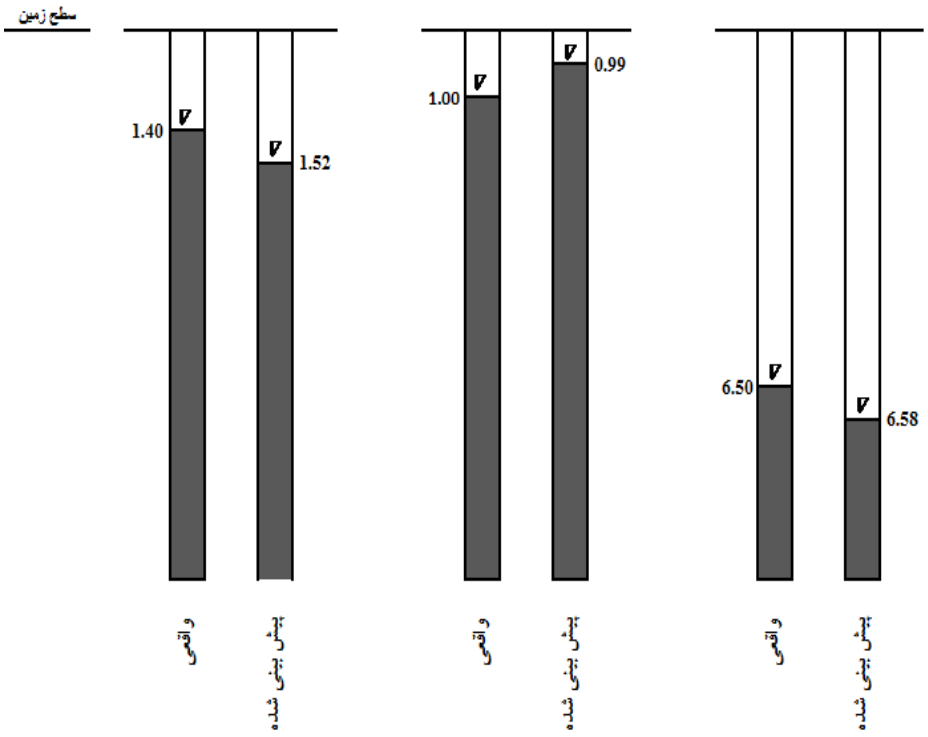
امروزه با توجه به استفاده روز افزون از هوش مصنوعی، نرم افزارهای گوناگونی در این زمینه تولید شده است، ولی تعداد کمی از این نرم افزارها قادر به ارائه پاسخ مناسب به مساله مطرح شده می‌باشند. از جمله STATISTICA، WEKA، MATLAB در این زمره قرار دارند که در این پژوهش از نرم افزار WEKA استفاده شده است. این نرم افزار با توجه به استفاده در پروژه‌های دیگر، نتایج قابل قبولی ارائه داده است.

جدول ۱- نتایج بدست آمده طی فرآیند آموزش شبکه

MinStdDev 1	NumClusters 2	RMSE (%)
0.1	4	66
0.1	7	67
0.1	10	15.2
0.01	4	68
0.01	7	67.3
0.01	10	15.3
0.01	12	15
1 Minimum Standard Deviation	2 The number of Clusters	

۷. مروری بر عملکرد شبکه عصبی آموزش دیده

برای کنترل عملکرد شبکه عصبی در برابر داده های جدید (قدرت تعمیم بخشی شبکه)، مجموعه ای از داده ها متشکل از ۴ گمانه که در آموزش شبکه نقشی نداشتند، انتخاب شدند. نمونه‌ای از عملکرد شبکه در طی فرآیند تست در شکل ۳ نشان داده شده است.



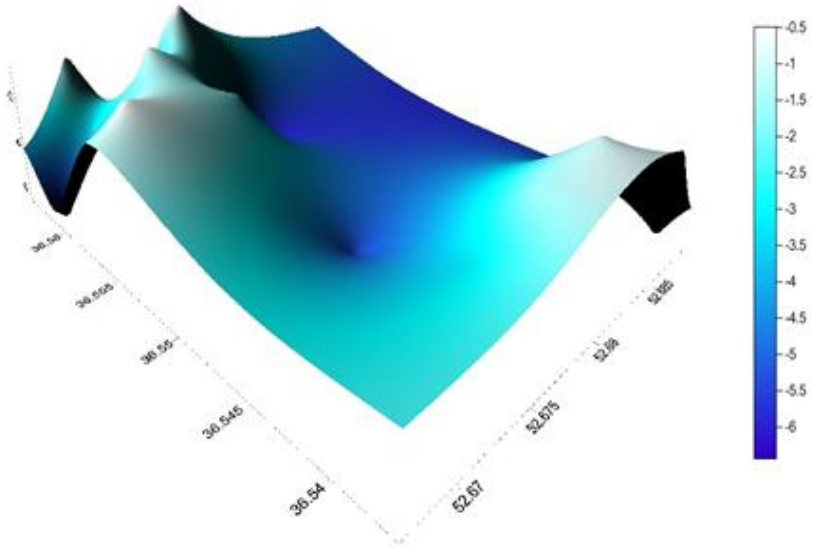
شکل ۳ – مقایسه اطلاعات واقعی و پیش بینی شده

www.SID.ir

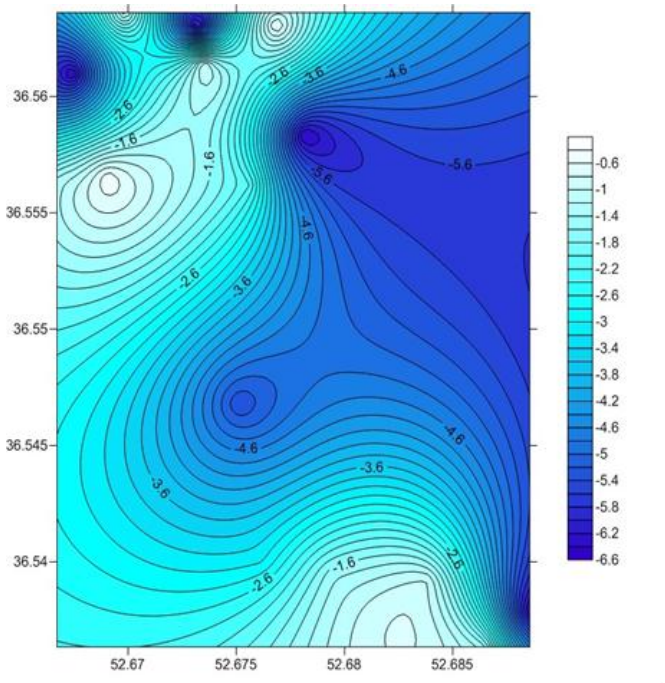
Archive of SID

۸. نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده، شبکه RBF توانسته محل استقرار آب را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی کند. نتایج بدست آمده در این تحقیق مربوط به محدوده اطلاعات شهرستان بابل می‌باشد، لذا تعمیم کلیات آن به مناطق دیگر، منوط به داشتن اطلاعات وسیع‌تر و مختص به آن منطقه می‌باشد، شکل ۴و۵. با توجه به نتایج حاصل شده، اطلاعات بدست آمده می‌توان جهت بررسی پدیده‌های ژئوتکنیکی، تفسیر شرایط زمین و تدوین برنامه عملیات صحرائی بهره گرفت.



شکل ٤ – نمای سه بعدی از سطح آب زیرزمینی در گستره طرح



شکل ٥ – منحنی میزان آب زیرزمینی در گستره طرح

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲. مراجع

۱- پویا نژاد، ف و کاخی، م. (۱۳۸۹): پیش‌بینی نشست شمع‌ها تحت اثر بار محوری به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی و بر اساس نتایج حاصل از آزمایش CPT، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران.

۲- جکسون، آر. بیل وتی. (۱۳۸۰): *آشنایی با شبکه‌های عصبی*، ترجمه دکتر محمود البرزی، انتشارات دانشگاه شریف.

۳-فرخ‌زاد، ف و جانعلی‌زاده، ع. (۱۳۸۶): استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی خاک، سومین کنگره ملی عمران تبریز.

۴- نوری، ی. (۱۳۸۰): معرفی شبکه‌های عصبی مصنوعی و کاربرد آن در ژئوتکنیک، سمینار کارشناسی‌ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه مازندران.

۵- یثربی، ش. (۱۳۸۱): تحلیل پایداری شیب‌های کنار رودخانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، سومین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران.

۶- جانعلی‌زاده، ع.، رحیم‌مشائی، س.، فرخ‌زاد، ف. (۱۳۹۲): تعیین لایه‌بندی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ، اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران، اردبیل.

7- Arel E. (2012): Predicting the spatial distribution of soil profile in Adapazari/ Turkey by artificial neural networks using CPT data. *J. Computer & Geosciences*. 43, 90-100.

8- Farrokhzad F., Barari A., Ibsen L.B & Choobbasti A.J. (2011): Predicting subsurface soil layering and landslide risk with artificial neural network : case study from Iran. *J. Geologica Carpathica*. 62, 477-485.

9- Frank, E. (2011): Machine Learning with WEKA. *Department of Computer Science, University of Waikato, New Zealan*.

10- Gómez H & Kavzoglu T. (2005): Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *J. Engineering Geology*. 78, 11-27.

11- Penumadu D & Zhao R. (1999): Triaxial compression behavior of sand and gravel using artificial neural networks (ANN). *J. Computers and Geotechnics*. 24, 207-230.

www.SID.ir