دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

مدل‌سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی بر اساس روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی (مطالعه موردی: دشت زاوه تربت‌حیدریه)

مرجان حسینی صومعه[۱]، علیرضا روشنی[۲] و ایمان ذباح[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی تربت‌حیدریه، تربت‌حیدریه، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی تربت‌حیدریه، تربت‌حیدریه، ایران، (نویسنده مسوول: ar.roshani3380@gmail.com)
۳- مربی گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد تربت‌حیدریه، تربت‌حیدریه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۲
صفحه: ۲۲۳ تا ۲۳۵

چکیده

منابع آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع آبی هر کشور می‌باشد که شناخت صحیح و بهره برداری اصولی از آن می‌تواند در توسعه پایدار فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش بسزایی داشته باشد. پیش‌بینی نوسان‌های سطح آب زیرزمینی برای مدیریت آب، امر ضروری می‌باشد. منطقه مورد مطالعه با گستره‌ای حدود ۲۵۰۴ کیلومترمربع در شمال کویر نمک، در جنوب شهر مشهد واقع است. هدف از این پژوهش، مدل‌سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت زاوه- تربت‌حیدریه با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه با الگوریتم پس انتشار خطا و شبکه عصبی LVQ می‌باشد. به‌همین منظور جهت آموزش مدل، از اطلاعات ۱۸ پیزومتر که دارای آمار ۲۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۵) بودند، مستخرج و توسط محقیقن این پژوهش از سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی جمع‌آوری شدند و پس از پیش پردازش، در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. هریک از پیزومترها با تاخیر زمانی t_{0-1} (ماه قبل) به صورت ماهانه ثبت شده و در هر پیزومتر، هفت پارامتر، ورودی‌های سیستم را تشکیل می‌دهند. جهت ارزیابی خطای سیستم از روش حداقل مربعات خطا (RMSE) محاسبه‌شده است. مقدار تراز آب زیرزمینی نیز تنها خروجی این شبکه عصبی را شامل می‌شود. براین اساس نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم‌های آموزشی Gradient Descent, Gradient Descent with Momentum, Levenberg Marquardt قادر به پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی به صورت ماهانه بادقت (R^2=0/9810, RMSE=0/0012) در مرحله آموزش و با دقت (R^2 = 0/9622, RMSE=0/021) در مرحله آزمون در محدوده مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، سطح ایستایی، دشت زاوه- تربت‌حیدریه

مقدمه

در طی دهه های اخیر به دلیل افزایش تقاضای آب تجدید شونده، نگرانی‌های زیادی ایجاد شده و چگونگی استفاده از این منابع به شکل مطلوب، موثر و کارآمد برای تضمین توسعه پایدار، یکی از مهمترین موضوعات مطرح در محافل بین المللی است. منابع آب زیرزمینی همواره یکی از مهمترین ومطمئن ترین منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود و استحصال آب از این منابع نسبت به اقلیم‌های دیگر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین مدل کردن تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی به‌منظور پیش‌بینی سطح ایستابی ازنظر ایجاد سازه‌های مهندسی، مطالعات هیدروژئولوژی و مدیریتی، مصارف کشاورزی و بدست آوردن آب‌های زیرزمینی با کیفیت بالا، از اهمیت بالایی برخوردار است. اگرچه مدل‌های فیزیکی و ریاضی ابزار اساسی برای نشان دادن متغیرهای هیدروژئولوژیکی و درک فرآیندهای صورت گرفته در یک سیستم می‌باشد، اما نیاز آن‌ها به اطلاعات دقیق و متنوع یکی از مشکلاتی است که هم‌اکنون مدل‌سازان با آن مواجه می‌باشند. از طرفی حجم زیاد محاسبات و زمان طولانی در هر بار اجرای مدل سبب می‌شود تا استفاده از مدل برای بررسی رویکردهای مختلف بهره‌برداری زمان‌بر، دشوار و گاه غیرممکن باشد. در سال‌های اخیر از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی رفتار آب‌های زیرزمینی در قالب شبیه‌سازی و مدل‌های بهینه‌سازی استفاده‌های بسیاری شده است (۱۴). این روش می‌تواند گزینه‌ای مناسب در مدل‌سازی کمی منابع آب زیرزمینی محسوب شود.

از سوی دیگر، در اغلب مدل‌های منابع آب، لازم است آبخوان به‌صورت پیوسته شبیه‌سازی شود. لذا استفاده از این مدل‌ها در فرآیند بهینه‌سازی منجر به افزایش زمان اجرا می‌شود (۱۴). در دهه‌های اخیر محققان بسیاری از مدل‌های هوش مصنوعی ازجمله شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان مدلی مؤثر و توانا در پیش‌بینی سیستم‌های پیشرفته هیدرولوژی بهره جسته‌اند که از این میان در مطالعات خارجی می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: لالهام و همکاران (۹) شبکه عصبی مصنوعی را در جهت ارزیابی تراز سطح آب زیرزمینی در آبخوانی آهکی در شمال فرانسه به کار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) با حداقل نرون میانی در کوتاه مدت بهترین پیش‌بینی را انجام می‌دهد. سریکنت و همکاران (۲۴) تحقیقی در مورد کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی نوسان‌های زمانی سطح آب زیرزمینی در حوزه آبخیز مهشوارم در هندوستان انجام دادند. این تحقیق موید قابلیت شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تراز سطح آب زیرزمینی با ریشه میانگین مربعات خطای ۴/۵ متر و ضریب تبیین ۰/۹۳ بود. موهانتی و همکاران (۱۲) به ارزیابی تطبیقی مدل عددی تفاضل محدوده MODFLOW و مدل شبکه عصبی مصنوعی، پیرامون شبیه‌سازی تراز هفتگی آب‌های زیرزمینی ۱۸ حلقه چاه پیزومتری درون یک آبخوان آبرفتی واقع در ادیشای هند پرداختند. نتایج حاکی از

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

برتری مدل ANN نسبت به مدل عددی بود. بانرجی و همکاران (۲) به مطالعه یک حوضه آبریز کشاورزی در شمال هند پرداختند. نتایج پژوهش حاکی از پتانسیل چشمگیر شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی دقیق تغییرات فصلی آبخوان به‌منظور صرفه‌جویی آب زیرزمینی در مصارف کشاورزی و استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی بوده است.

ازجمله مطالعات داخلی که به‌منظور برآورد سطح آب زیرزمینی به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی صورت گرفته است می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره نمود:

اسماعیلی و همکاران (۶) در تحقیقی از سیستم هوشمند شبکه عصبی با ساختار پرسپترون چند لایه جهت برآورد تغییرات سطح ایستایی آبخوان یزگرد استفاده کردند. آنها برای مدل کردن آبخوان از ۱۰ پارامتر ورودی به عنوان عوامل موثر بر سطح ایستابی استفاده نمودند. به منظور امکان‌سنجی استفاده از شبکه های عصبی با ساختار پرسپترون چند لایه در برآورد سطح ایستابی ،در مجموع ۲۴ آرایش مختلف شبکه مورد ارزیابی قرار دادند. در هر آرایش، تعداد تکرارهایی که بالاترین مقدار ۲R را تولید میکرد بعنوان تکرار بهینه گزینش گردید. که مقدار ۲R برابر با ۰/۹، RMSE برابر با ۰/۱۴۳ نوسانات سطح ایستابی آبخوان یزگرد را پیش‌بینی نمود و به عنوان مدل بهینه انتخاب گردید.

ایزدی و همکاران (۷) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و با بهره‌گیری از اطلاعات ۱۵ پیزومتر انتخابی در سطح دشت که دارای آمار بیش از ۱۲ سال بودند، به پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور پرداختند. نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داد که شبکه عصبی پیشخور آموزش داده شده با الگوریتم مومنتم بهترین روش برای پیش بینی سطح آب زیرزمینی در طی ۶ ماه آینده داشته است.

محتشم و همکاران (۱۳) در دشت بیرجند پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند. به منظور آموزش مدل، از اطلاعات ۱۶ پیزومتر که اغلب دارای بیش از ۱۵ سال آمار بودند، استفاده نمودند. آنها از روش شبکه عصبی در دوحالت (برای هر پیزومتر یک شبکه عصبی و یا یک شبکه عصبی برای تمام پیزومترها) انجام دادند. همچنین در نظر گرفتن شبکه برای تک تک پیزومترها به طور مجزا نسبت به اجزای شبکه برای کل پیزومترها از دقت بالاتری برخوردار بود. مختاری و ناظمی (۱۴) از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تراز سطح ایستابی دشت شبستر استفاده نمودند. نتایج حاکی از آن بود که شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم پس انتشار خطا با تابع آموزشی (Trainlm)، تابع محرک (Tansig) و تعداد دولایه پنهان، دارای بیشترین بازده شبکه، کمترین درصد خطا و توانایی بالایی در پیش‌بینی زمانی پدیده‌های هیدرولوژیکی برخوردار می‌باشد. و این مدل قادر است با دقت بالایی تراز آب زیرزمینی را محدوده موردمطالعه پیش‌بینی نماید.

سدیدی و همکاران (۲۲) به پیش‌بینی سطح ایستابی آبخوان سرخون واقع در استان هرمزگان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و بهره‌مندی از روش Gradient Descent پرداختند.

به‌منظور آموزش مدل از اطلاعات ۱۰ چاه پیزومتری که دارای آمار ۲۴ ساله بودند استفاده نمودند. نتایج این روش بیان‌کننده این بود که با سیستم عصبی مصنوعی می‌توان تراز سطح ایستابی آبخوان سرخون را برای سال ۱۴۰۰ با کمترین خطا و بیشترین دقت پیش‌بینی نمایند. ذباح و همکاران (۲۷) به پیش‌بینی ماهانه بارندگی شهرستان تربت‌حیدریه با استفاده از روش ترکیب شبکه‌های عصبی پرداختند و نشان دادند که استفاده از چند شبکه و تجمیع نظرات آنها بهتر از استفاده از یک شبکه می‌باشد. اکبرزاده و همکاران (۱) پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی دشت شاهرود را با استفاده شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی انجام دادند. در این مدل‌سازی ۸۵ درصد از داده ها برای آموزش و از ۱۵ درصد آنها، برای تست مدل استفاده نمودند. براین اساس، نشان دادند که این مدل دارای توانایی مناسبی برای شبیه‌سازی تراز سطح ایستابی دشت مذکور بوده و لذا این مدل را به‌عنوان ابزاری با سرعت و دقت مناسب برای تصمیم‌گیری مدیریت دشت توصیه نمودند. نیکبخت و نوری (۲۷) در پژوهشی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه و الگوریتم پس انتشار خطا، تراز آب زیرزمینی آبخوان دشت مراغه (آذربایجان شرقی) را پیش‌بینی نمودند. آنها از اطلاعات ۲۰ چاهک مشاهده‌ای که دارای آمار ۱۵ ساله بود در تحقیق خود استفاده نمودند.

در تمام پژوهش‌های فوق نتایج حاکی از آن است که شبکه‌های عصبی مصنوعی بخصوص شبکه‌ها عصبی پرسپترون چندلایه[1] با الگوریتم پس انتشار خطا، تابع آموزشی[2]، تابع محرک[3] و تعداد لایه‌های پنهان مناسب، دارای بیشترین بازدهی، کمترین درصد خطا و توانایی بالا در پیش‌بینی زمانی پدیده‌های هیدرولوژیکی می‌باشند.

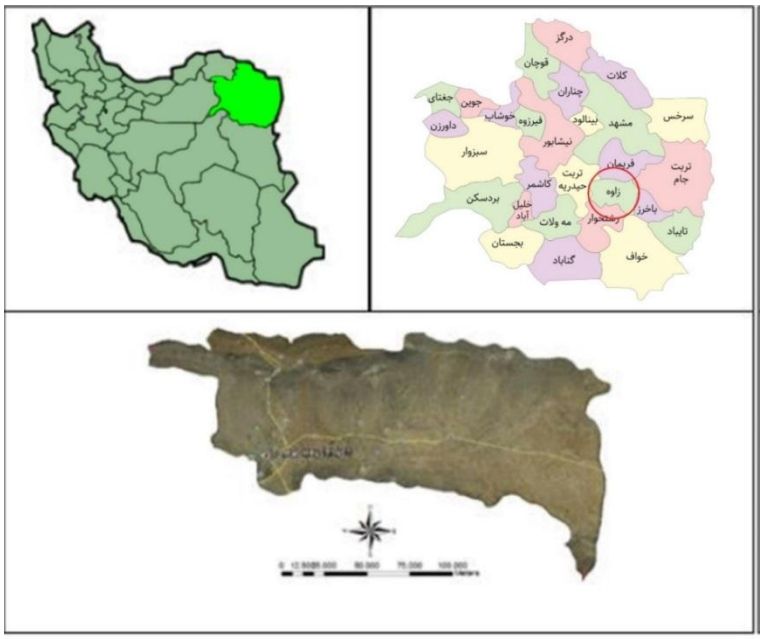
هدف از انجام این تحقیق، شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی دشت زاوه– تربت‌حیدریه جهت استفاده کاربردی و مدیریت آتی از پارامترهای محاسبه‌شده آبخوان می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

محدوده‌ی مطالعاتی زاوه تربت‌حیدریه با گستره‌ای در حدود۲۵۰۴ کیلومترمربع (وسعت دشت و ارتفاعات به ترتیب ۱۲۶۰ و ۱۲۴۴ کیلومتر) به طول جغرافیایی ۵۸ درجه و۲۷ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳ دقیقه شمالی در کویر نمک، در جنوب شهر مشهد واقع شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی چاه‌های پیزومتر این محدوده را نشان می‌دهد.

1- Malty Layer Perceptron 2- Trainlm 3- Tansing

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]



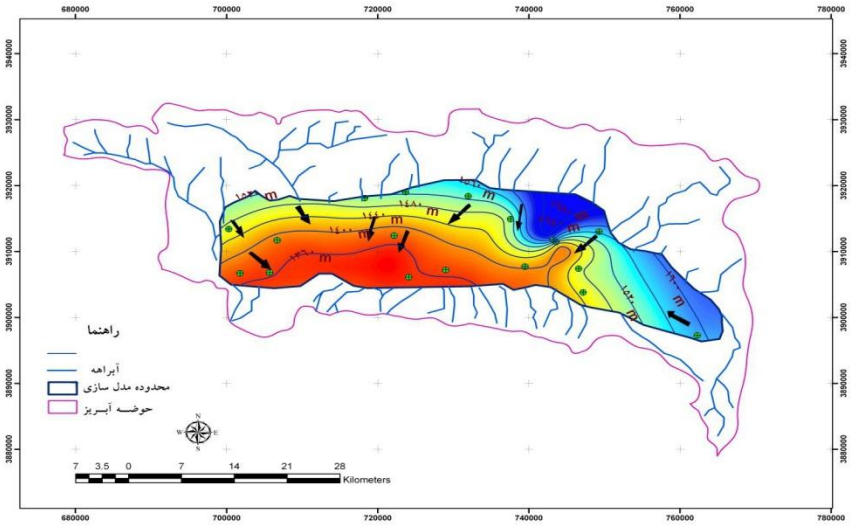
شکل۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی تربت‌حیدریه-زاوه
Figure 1. Geometric location of study area of Torbatehidiriya-Zawah

ارتفاع متوسط این محدوده ۱۶۵۰ متر از سطح دریاست. ازنظر آب و هوایی این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه محدوده دشت ۲۷۵ میلی‌متر، تقریبا ۱/۳ میانگین بارندگی جهانی است. تغذیه آبخوان آبرفتی توسط رودخانه‌های کال سالار و شصت دره انجام می‌گیرد (۲۱). در سال‌های اخیر به دلیل کاهش شدید بارندگی و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی این دشت با افت شدید سطح آب زیرزمینی مواجه شده است به‌طوری‌که کاهش میزان ۳۵ درصدی بارندگی نسبت به مدت مشابه سال قبل در تربت‌حیدریه درنهایت منجر به کاهش سطح آب زیرزمینی به میزان ۶۱ تا ۱۵۲ سانتی‌متر در طول چند سال گذشته شده است (۲۰). با توجه به اینکه در دشت چاه‌های غیرمجاز زیادی حفرشده که پمپاژ از آن‌ها بر مبنای مطالعات آب زیرزمینی صورت نگرفته است، بنابراین برداشت از سفره آب زیرزمینی بیشترین تأثیر را درافت سطح آب در این منطقه داشته است. در حال حاضر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی دشت زاوه- تربت‌حیدریه یکی از مسائل مهم و اساسی می‌باشد، بدین منظور برای آگاهی از وضعیت منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن لازم است بررسی دقیقی از نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود.

بررسی پیزومترها (آمار و اطلاعات)

برای بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی از نتایج اندازه‌گیری ماهانه سطح آب ۲۱ حلقه چاه پیزومتری استفاده شد که از این تعداد، ۱۸ چاه با داشتن آمار نسبتاً طولانی‌مدت ۲۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۵) که از سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی جمع‌آوری شدند در محدوده مدل‌سازی قرار گرفتند. برای انتخاب پیزومترها، مواردی مانند کامل بودن داده‌ها و پراکندگی یکنواخت در سطح دشت در نظر گرفته شد. شکل ۲ محدوده پیزومترهای موجود و منتخب منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.

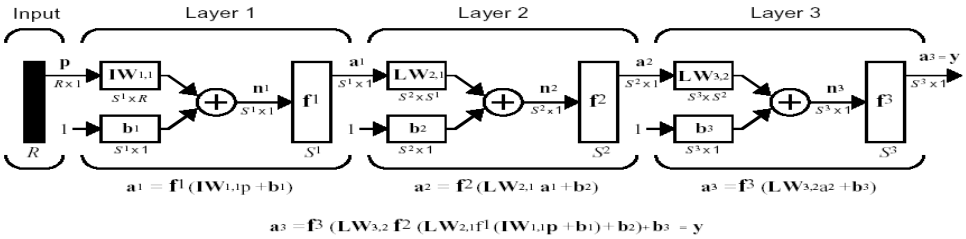
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]



شکل ۲- نمایش محدوده پیزومترهای موجود در سطح دشت زاوه تربت حیدریه
Figure 2. Display of existing piezometers and selected pisomers in the plain

پیش‌بینی سطح پیزومتر به کمک شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه

یکی از ساده‌ترین و کارآمدترین ساختارهای پیشنهادی برای استفاده در مدل‌سازی عصب‌های واقعی، مدل پرسپترون چندلایه (MLP) می‌باشد که از یک‌لایه ورودی، یک یا چندلایه پنهان و یک‌لایه خروجی تشکیل یافته است. در این ساختار، تمام نرون‌های یک‌لایه به تمام نرون‌های لایه بعد متصل هستند. این چیدمان در اصطلاح یک شبکه با اتصالات کامل را تشکیل می‌دهد. در این شبکه از دو نوع سیگنال استفاده می‌شود که باهم متفاوت هستند. نوع اول سیگنال‌هایی هستند که بر اساس ورودی‌های هر نرون و پارامترهای وزن و تابع محرک نظیرش محاسبه می‌شوند و نوع دوم سیگنال‌های خطا هستند که با برگشت از لایه خروجی و منشعب شدن به لایه‌های پنهانی دیگر محاسبه می‌شوند. تعداد نرون‌های لایه پنهان بستگی به نظر طراح شبکه دارد و با سعی و خطا به دست می‌آید. در صورت کافی نبودن نرون‌ها، شبکه قادر به ایجاد نگاشت دقیقی بین بردارهای ورودی و خروجی نخواهد بود. در خروجی هر نرون از شبکه (MLP) یک تابع خطی قرار دارد و فرآیند یادگیری در تمام نرون‌ها و لایه‌ها صورت می‌گیرد. همه وزن‌ها و بایاس‌هایی که در شبکه قرار دارند در طول فرآیند یادگیری می‌توانند تغییر کنند. شکل ۳ ساختار شبکه عصبی مورداستفاده در این پژوهش که از نوع ۳ لایه است را نشان می‌دهد.



شکل ۳- معماری شبکه عصبی پرسپترون ۳ لایه در این پژوهش
Figure 3. Neutral neural network architecture of 3 layer perceptron in this research

رابطه ۱ خروجی شبکه در لایه آخر را نمایش می‌دهد.
۱):

$$O_i = sgm\left(\sum_m sgm\left(\sum_l x_i w_{lm}^h\right) w_{mi}^o\right)$$

که در آن h و o: به ترتیب نشان‌دهنده لایه نهان و لایه خروجی بوده و منظور از w: همان وزن‌های لایه‌ها می‌باشد.

Sgm: نیز تابع سیگموئید است که به‌صورت زیر طبق رابطه (۲) تعریف می‌گردد:
۲):

Sgm (x)=1/(1+e^(-x)

نرمال‌سازی داده‌ها

با توجه به آنکه واردکردن داده‌ها به‌صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود، لذا در آموزش شبکه،

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

نرمالیزه کردن داده‌ها قبل از اعمال شبکه بسیار مهم است. برای پیشگیری از چنین شرایطی و همچنین به لحاظ یکسان کردن ارزش داده‌ها برای شبکه، عمل نرمال‌سازی داده‌ها مطابق رابطه ۳ انجام شد (۱۴).

(۳):

$$xn = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{mhn}}$$

در این رابطه، X: داده‌های نرمال نشده، X_n: داده‌های نرمال شده و X_{max} و X_{min}: حداقل و حداکثر داده‌های ورودی می‌باشند.

ارزیابی دقت مدل

معمولاً دو معیار مختلف به‌منظور ارزیابی کارایی هر شبکه و توانایی آن برای پیش‌گویی دقیق استفاده می‌شود. مجذور خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R2) که نشانگر میزان بازده شبکه می‌باشد مطابق رابطه (۴) و (۵) محاسبه می‌شوند.

(۴):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{N}}$$

(۵):

$$R2 = 1 - \frac{\sum(Y_I - \hat{Y}_I)^2}{\sum(-\bar{Y})^2}$$

در این رابطه y_i: نتایج مشاهداتی، $\hat{y}_i$: نتایج محاسباتی و N: تعداد کل مشاهدات است. RMSE : اختلاف این دو مقدار را نشان می‌دهد. کمترین مقدار RMSE، بالاترین صحت پیشگویی را نشان می‌دهد. لذا هرچه این مقدار به صفر و R^2 به یک نزدیک‌تر شود، مدل ارائه‌شده به واقعیت نزدیک‌تر است. در این مطالعه شبکه‌های عصبی مصنوعی متفاوتی، با ساختار پرسپترون چندلایه مورداستفاده قرار گرفتند. پارامترهای ورودی به‌عنوان متغیرهای آن در نظر گرفته شده است.

روش تحقیق

در این مطالعه برای پیش‌بینی زمانی تراز آب زیرزمینی در دشت زاوه- تربت‌حیدریه، برای اولین بار اقدام به جمع‌آوری سطوح آب‌های زیرزمینی هریک از چاه‌های این دشت نمودیم. دیتای جمع‌آوری‌شده تأثیرگذار بر سطح آب زیرزمینی عبارت‌اند از: دما (حداقل و حداکثر)، بارش، تبخیر، معدل نم نسبی رطوبت و تراز آب زیرزمینی هریک از پیزومترها با تأخیر زمانی t_0-1 (ماه قبل) در بازه زمانی ۲۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۵). جدول ۱ مشخصات چاه‌های پیزومتری را نشان می‌دهد. ازآنجایی‌که ثبت داده‌های مربوط به پیزومترهای مختلف در بازه‌های زمانی متنوع صورت گرفته است، داده‌های گم‌شده[1] در آن‌ها وجود داشت که نیازمند پیش‌پردازش بود. لذا تعداد نمونه‌های ثبت‌شده هر پیزومتر حدود ۴۷۸ نمونه است که از این تعداد ۷۰ درصد نمونه‌ها جهت آموزش شبکه عصبی و۳۰ درصد باقیمانده جهت آزمون شبکه استفاده‌شده است. جدول ۲، ۱۰ نمونه رکورد از داده‌های ورودی مربوط به منطقه حشمت‌آباد را نشان می‌دهد. بدین منظور در بخش اول این پژوهش اطلاعات موردنیاز از قبیل داده‌های هواشناسی و هیدرولیکی از ۱۸ پیزومتر جمع‌آوری شده است. در بخش دوم به تجزیه‌وتحلیل داده و پیش‌پردازش آن‌ها و حذف داده‌های زائد آماری پرداخته‌ایم. در بخش سوم برای مدل‌سازی فرایند به‌منظور پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی ANN استفاده‌شده است و معماری شبکه عصبی تک لایه و دولایه مورداستفاده از نوع پس انتشار خطا موردبررسی قرارگرفته است. برای هر یک از پیزومترها حدود ۵۰ شبکه عصبی مختلف موردبررسی قرار گرفت تا بهترین معماری شبکه به دست آید. هنگام طراحی یک سیستم یاد گیر انتخاب‌های فراوانی وجود دارد مانند: نحوه نمایش، پارامترهای یاد گیر، داده‌های آموزشی، شکل ۴ الگوریتم مورد استفاده در این مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات چاه‌های پیزومتری در محدوده مورد مطالعه

Table 1. Profile of observation wells in the study area

شماره	نام پیزومتر	تراز (m)	Universal Transverse Mercator (UTM)		نوع سازند	نوع آبخوان
			(X)	(y)		
۱	اول شهن آباد	۱۳۷۳/۰۲	۷۲۲۲۰۰	۳۹۱۲۴۰۰	آبرفت	آزاد
۲	جاده کمربندی اسیفوخ	۱۳۸۵/۶۸	۷۰۶۷۰۰	۳۹۱۱۷۰۰	آبرفت	آزاد
۳	جاده متروکه قلعه آقا حسن	۱۵۸۷/۱۶	۷۶۲۲۸۲	۳۸۹۷۲۶۲	آبرفت	آزاد
۴	حشمت‌آباد	۱۵۰۵/۹۴	۷۳۷۶۰۰	۳۹۱۴۹۰۰	آبرفت	آزاد
۵	داخل محوطه اداره	۱۳۷۰/۲۹	۷۰۱۸۰۰	۳۹۰۶۷۰۰	آبرفت	آزاد
۶	دامسک	۱۳۶۳/۶۵	۷۰۵۷۰۰	۳۹۰۶۸۰۰	آبرفت	آزاد
۷	دولت‌آباد	۱۳۶۵/۱۱	۷۲۹۰۰۰	۳۹۰۷۲۰۰	آبرفت	آزاد
۸	روستای کلاته سرخ	۱۵۲۶/۷۸	۷۲۳۷۰۰	۳۹۱۹۰۰۰	آبرفت	آزاد
۹	زاوه پشت مدرسه	۱۳۵۷/۱۵	۷۲۴۱۰۰	۳۹۰۶۱۰۰	آبرفت	آزاد
۱۰	سلطان‌آباد مرغزار	۱۵۶۸/۳۱	۷۴۹۳۰۰	۳۹۱۳۰۰۰	آبرفت	آزاد
۱۱	شهرک ولی‌عصر، آب قنداب	۱۴۶۶/۴۳	۷۰۰۳۰۰	۳۹۱۳۴۰۰	آبرفت	آزاد
۱۲	صفی‌آباد دیمزار	۱۴۰۴/۷۷	۷۳۹۵۰۰	۳۹۰۷۷۰۰	آبرفت	آزاد
۱۳	عنبرسرا	۱۵۳۰/۳۱	۷۳۲۰۰۰	۳۹۱۸۴۰۰	آبرفت	آزاد
۱۴	قلعه‌نو صفی‌آباد کنار جاده	۱۴۶۷/۷۱	۷۴۶۶۰۰	۳۹۰۷۴۰۰	آبرفت	آزاد
۱۵	کاریزک ناگهانی	۱۵۱۲/۴۶	۷۱۸۳۰۰	۳۹۱۸۱۰۰	آبرفت	آزاد
۱۶	کنار شهوار کاهیجه	۱۴۵۱/۱۴	۷۴۷۲۰۰	۳۹۰۳۸۰۰	آبرفت	آزاد
۱۷	مرغزار اول روستا	۱۴۷۸	۷۴۳۵۹۷	۳۹۱۱۴۰۸	آبرفت	آزاد
۱۸	مرغزار جرگه	۱۵۹۲/۷۸	۷۴۳۲۰۰	۳۹۱۱۸۰۰	آبرفت	آزاد

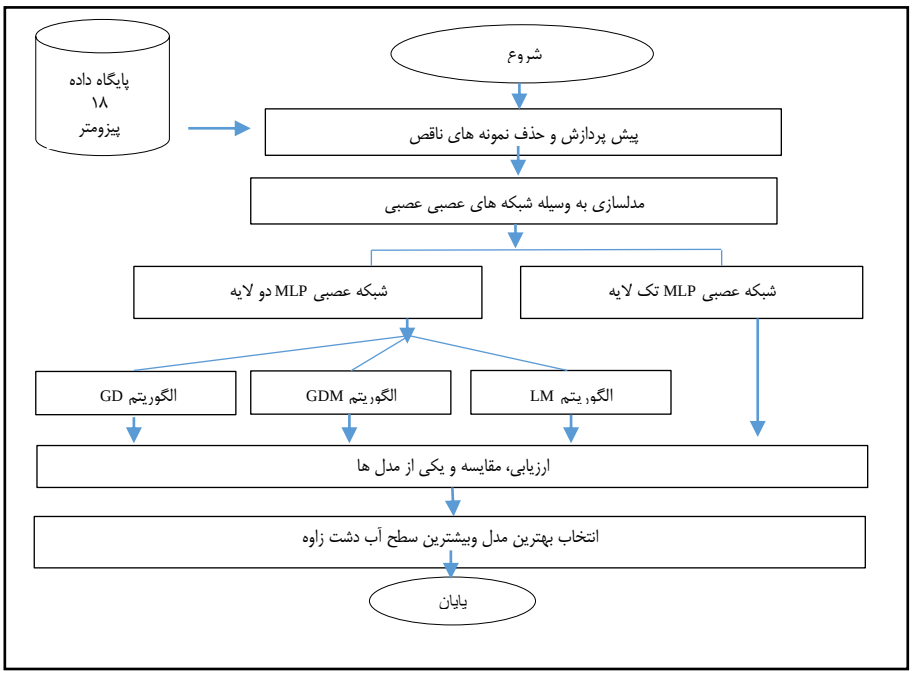
1- Miss Data

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

جدول ۲- نمونه‌ای از داده های ورودی منطقه حشمت‌آباد راه برزو

Table 2. An example of the entrance pisometrs of the Hashmatabad area

پیزومتر	تبخیر	بارش	میانگین رطوبت نسبی	حداکثر دما	حداقل دما	ماه	سال
۷۴/۵۸	۱۳۶/۹	۳۱/۵	۳۸/۸۱	۱۲/۶۸	۳/۷۱	۱	۷۵-۷۶
۷۴/۴۸	۱۷۳/۹	۹۰	۴۶/۴۵	۱۸/۱۳	۷/۵۲	۲	۷۵-۷۶
۷۴/۴۸	۱۶۶/۸	۵۳	۵۱/۳۹	۲۰/۷۹	۸/۴	۲	۷۵-۷۶
۷۴/۱۵	۲۵۷/۴	۴۳/۵	۲۸/۳۲	۲۵/۹۷	۱۴/۴۵	۳	۷۵-۷۶
۷۴/۱۵	۲۴۰/۶	۳۱	۴۴/۲۹	۲۶/۳۵	۱۴/۲۷	۳	۷۵-۷۶
۷۴/۳۵	۳۷۶/۱	-۱	۴۴	۲۸/۲۴	۱۷	۴	۷۵-۷۶
۷۴/۳۵	۴۰۳/۸	-۱	۱۸/۸۷	۲۹/۸۴	۱۹/۶۸	۴	۷۵-۷۶
۷۴/۵	۵۲۹	-۱	۳۵/۹۴	۳۲/۳۱	۱۸/۸۷	۵	۷۵-۷۶
۷۴/۵	۳۸۹	-۱	۳۳/۵۸	۳۰/۸۴	۱۷/۹۷	۵	۷۵-۷۶
۷۴/۶	۴۰۴	-۱	۵۰/۳۵	۲۶/۵۸	۱۲/۸۷	۶	۷۵-۷۶



شکل ۴- الگوریتم مورداستفاده در این پژوهش

Figure 4. The algorithm used in this study

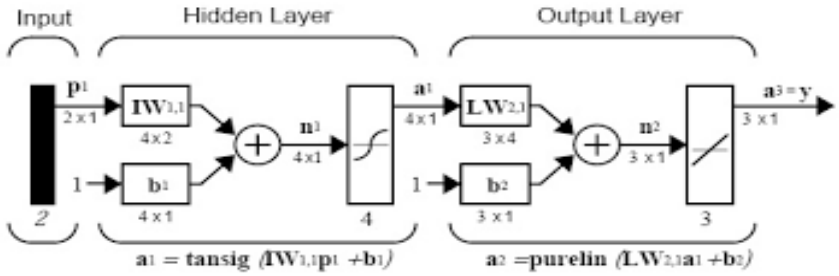
هدف از این مطالعه پیش‌بینی تراز سطح آب پیزومتر کل منطقه زاوه_تربت‌حیدریه است. لذا باید در طراحی شبکه‌های عصبی ورودی‌های تأثیرگذار در میزان هر پیزومتر مشخص گردد. در این پژوهش ورودی‌های شبکه عصبی عبارت‌اند از ۱- ماه، ۲- تبخیر، ۳- حداکثر دما، ۴- حداقل دما، ۵-مجموع باران، ۶- معدل نم نسبی ۷- سطح پیزومتر ماه قبل و تراز سطح آب در گام زمانی فعلی به‌عنوان خروجی مدل استفاده‌شده است. ازآنجایی‌که پیزومتر ماه قبل می‌تواند میانگین حسابی از وضعیت پیزومتر هر چاه باشد لذا می‌تواند به‌عنوان ورودی شبکه عصبی استفاده شود.

در این مطالعه از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه جهت یافتن نوسانات سطح آب هر پیزومتر استفاده‌شده است. به‌گونه‌ای که ابتدا یک شبکه دولایه (یک‌لایه مخفی و یک‌لایه خروجی) و سپس یک شبکه عصبی سه لایه (دولایه مخفی و یک لایه خروجی) با مشخصات جدول ۲ طراحی گردید. این معماری شبکه برای پایگاه داده مفروض، مورد آزمایش قرار گرفت. شکل ۵- الف معماری شبکه ۲ لایه و شکل ۵- ب معماری شبکه سه لایه در این پژوهش را نشان می‌دهد.

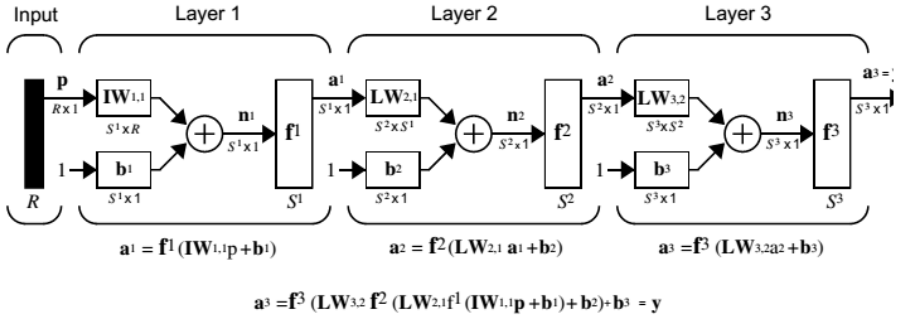
برای هر یک از پیزومترها شبکه‌های عصبی مختلف که تفاوت آن‌ها در تعداد نرون‌های لایه میانی است مورد بررسی قرار گرفت.

ازآنجایی‌که یک شبکه عصبی پرسپترون ۳ لایه قابلیت تقریب زنی هر نوع تابع غیرخطی را دارا است، این نوع از شبکه عصبی (یک‌لایه خروجی و دولایه پنهان) دقیق‌تر بررسی گردید. این معماری برای پایگاه داده مفروض مورد آزمایش قرار گرفت. بازه تغییرات نرون‌های لایه مخفی بین ۱۰ تا ۵۰ انتخاب شده است تا بهترین معماری شبکه به دست آید. در تمامی شبکه‌های فوق از ۷۰٪ داده‌ها در مرحله آموزش و۳۰٪ در مرحله آزمون استفاده شده است. شکل های ۶ تا ۱۱ میزان بازدهی شبکه‌های مختلف درازای تغییرات نرون در لایه مخفی برای پیزومترهای مختلف را نشان می‌دهد.

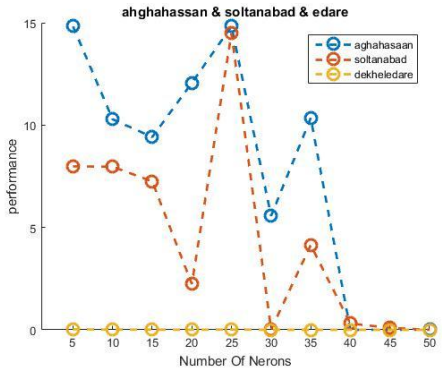
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]



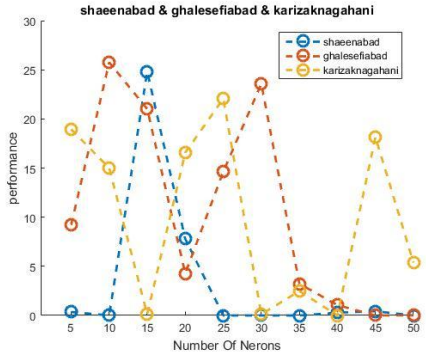
شکل ۵ الف- معماری شبکه عصبی ۲ لایه به منظور پیش‌بینی سطح آب هر یک از پیزومترها
Figure 5 a. Two layers neural network designed to predict the water level in each of piezometers



شکل ۵ ب- معماری شبکه عصبی ۳ لایه به منظور پیش‌بینی سطح آب هر یک از پیزومترها
Figure 5b. Three layers neural network designed to predict the water level in each of piezometers



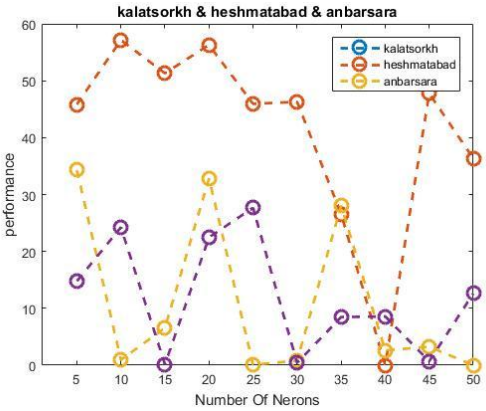
شکل ۷- طراحی شبکه‌های عصبی پیزومترهای (شهن آباد- صفی آباد-کاریزک ناگهانی)
Figure 7. Design of piezometer neural networks (Shahnabad - Safiabad - Sudden Karizak)



¥¥

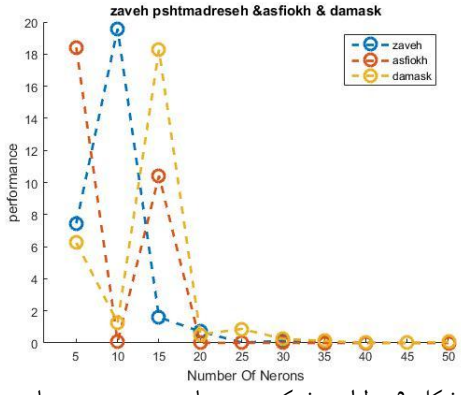
شکل ۶- طراحی شبکه‌های عصبی پیزومترهای (قلعه آقاحسن-سلطان آباد- اداره)
Figure 6. Design of piezometer neural networks (Aghahsan Castle-Sultanabad-Office)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]



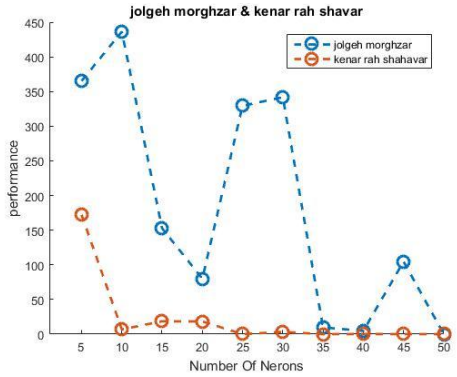
شکل ۸– طراحی شبکه‌های عصبی پیزومترهای (زاوه– اسفیوخ –دامسک)

Figure 8. Design of piezometer neural networks (Zaveh – Sphyuokh- Damsak)



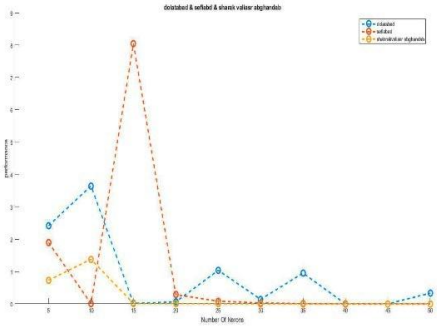
شکل ۹– طراحی شبکه عصبی‌های عصبی پیزومترهای (کلات سرخ– هشمت آباد– انبرسرا)

Figure 9. Design of piezometer neural network (Red Kalat - Heshmatabad - Anbersara



شکل ۱۰– طراحی شبکه‌های عصبی پیزومترهای (دولت آباد – قلعه نو صفی آباد– شهرک ولی عصر)

Figure 10. Design of piezometer neural networks (Dolatabad - New Castle Safi Abad - Shahr Vali Asr)



شکل ۱۱– طراحی شبکه‌های عصبی پیزومترهای (مرغزار– شهوار)

Figure 11. Design of piezometer neural networks (marghzar-shavar)

نتایج و بحث

هدف از این مطالعه ارائه مدلی بر اساس سیستم‌های هوشمند می‌باشد بطوری‌که بتواند با دقت مناسب به پیش‌بینی ماهانه و حتی سالانه مقدار تراز آب زیرزمینی هر یک از چاه‌های منطقه و درنتیجه سطح آب زیرزمینی کل دشت زاوه– تربت‌حیدریه بپردازد. هدف نهایی یک سیستم شناسایی الگو رسیدن به بالاترین دقت پیش‌بینی ممکن برای مسئله موردنظر است. ازآنجایی‌که هیچ الگوریتم پیش گویانه‌ای وجود ندارد که به‌تنهایی به‌طور کامل برای تمام مسائل مناسب باشد، لذا شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یک راه حل برای افزایش کارایی سیستم‌های پیش گویانه پیشنهاد شده است. در این خصوص کارایی شبکه‌های عصبی در نتایج پژوهش‌های دیگران مشهود بوده به‌طوری‌که ایزدی و همکاران (۷) سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور را با دقت موردنظر (R^2=۰/۹۳۷ و RMSE=۰/۳۷۸)، محتشمی و همکاران (۱۳) سطح آب زیرزمینی دشت بیرجند را با دقت (R^2=۰/۹۹ و RMSE=۰/۰۰۳۲)، اندازه‌گیری نمودند. همچنین مختاری و همکاران (۱۴) با استفاده از اطلاعات ۱۵ پیزومتر دشت شبستر پیش‌بینی شبکه را با دقت بالای (R^2 =۹۹/۶۳ و RMSE =۱/۴۳) در مرحله آموزش و (R^2=۹۹/۱۶ و RMSE =۱/۱۶۷) در مرحله صحت سنجی، سدیدی و همکاران (۲۲) اطلاعات ۱۰ چاه پیزومتری دشت سرخون را با خطای RMSE بین (۰/۰۰۱۲۵ تا ۰/۰۵۰۹) و همچنین خطای MEA بین (۰/۰۰۱۲ تا ۰/۰۴۹) بررسی و نوسانات سطح آب زیرزمینی را پیش‌بینی نمودند. لذا دریافتند شبکه‌های عصبی به‌عنوان روشی کارآمد و مناسب قادر به پیش‌بینی سطح ایستابی چاه‌ها می‌باشد. لازم به ذکر است که در تعیین ساختار پارامترهای ورودی شبکه عصبی پیزومترها به‌صورت مجزا و همچنین مجموع در نظر گرفته‌شده و تأثیر پارامترهای دما، بارش، تبخیر و... بر دقت شبکه می‌افزاید. در این مطالعه خروجی شبکه میزان سطح پیزومتر هر چاه می‌باشد. به‌این‌ترتیب در ابتدا نرمالیزه کردن داده‌های مراحل آموزش و صحت سنجی برای هریک از پیزومترها اجرا گردید. ازآنجایی‌که نوع الگوریتم آموزش در صحت عملکرد مدل اهمیت دارد لذا سه الگوریتم مختلف آموزشی شامل لونبرگ مارکوارت[1] گرادیان نزولی[2] و گرادیان نزولی با مومنتم[3]

1- Levenberg- Marquardt 2- Gradient Descent 3- Gradient Descent with Momentum

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

به‌منظور بررسی نوسانات تراز آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفتند. تعداد نرون‌ها در لایه مخفی اول بین ۱ تا ۵۰ نرون متغیر بوده است. جدول ۳ معماری‌های مختلف شبکه عصبی و وضعیت حداقل خطا را نشان می‌دهد.

در جدول ۳ از سه نوع الگوریتم آموزشی گرادیان نزولی و گرادیان نزولی ممنتوم و لونبرگ مارکوورات استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در تمامی موارد شبکه عصبی با الگوریتم لونبرگ مارکوارت بهترین نتیجه را در بین سایر الگوریتم‌ها دارد چرا که کمترین خطا و بهترین پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی را برای هر یک از پیزومترها دارد.

به عنوان مثال در مورد شماره ۶ منطقه دامسک مشاهده می‌شود که در استفاده از ۳ نوع الگوریتم مختلف گرادیان نزولی و گرادیان نزولی با مومنتوم و الگوریتم لونبرک مارکوارت خطاهای بدست امده به‌ترتیب ۸/۰۲، ۴/۳۱، ۰/۰۹ می‌باشد. هرچقدر خطای ریشه مربعات خطا به صفر نزدیک تر باشد دقت محاسبات بیشتر خواهد بود،بر این اساس الگوریتم لونبرگ مارکوارت توانسته است با دقت بیشتری به پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی بپردازد.

به طور مشابه در مورد سایر موارد جدول نیز این مساله صحت دارد. لذا این جدول نشان می دهد که الگوریتم لونبرگ مارکوارت می‌تواند انتخاب هوشمند تری جهت طراحی شبکه عصبی در فاز آموزش باشد.

در این مطالعه تلاش شده است که اولا سطح پیزومتر هر چاه در دشت زاوه تربت حیدریه به طور مجزی محاسبه شود؛ دوما علاوه بر پیش‌بینی ماهانه سطح آب هرپیز.متر امکان پیش‌بینی سالانه سطح آب آن پیزومتر وجود دارد. سوما در این مطالعه پیش‌بینی سطح آب کل منطقه دشت زاوه هم به صورت ماهانه و هم به صورت سالانه صورت گرفته است. مدل ارائه‌شده در این پژوهش که مبتنی بر معماری شبکه عصبی پرسپترون چندلایه است، قادر است با دقت بالایی تراز آب زیرزمینی را در محدوده موردمطالعه را پیش‌بینی نموده و از صرف زمان و هزینه‌های مالی بیشتر جهت حفر پیزومترهای زیاد جلوگیری نماید. این پژوهش ازنظر روش‌شناسی می‌تواند راهگشای بسیاری از مشکلات موجود در پیش‌بینی زمانی تراز آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌ها باشد. نتایج حاصل از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی بیانگر قدرت بالای این روش غیرخطی در تخمین پارامترها موردنظر می‌باشد. جدول ۴ پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در کل دشت زاوه در سال آماری ۱۳۹۵ به عنوان نمونه را نشان می‌دهد.

جدول ۴- پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی در یک سال آماری برای کل منطقه

Table 4. Predict fluctuations in groundwater level in a statistical year

مقدار واقعی سطح آب زیرزمینی دشت زاوه T	مقدار واقعی سطح آب زیرزمینی دشت زاوه Y	سال آماری
15923/1	15907/3	۱۳۹۵

در مطالعه حاضر علاوه بر امکان پیش‌بینی سطح آب دشت، این توانایی نیز وجود دارد که سطح پیزومتر هر چاه نیز به‌تنهایی محاسبه شود. جدول ۵ نمونه‌ای از نتایج به‌دست‌آمده توسط مدل ارائه‌شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که جدول نشان می‌دهد میزان پیزومتز پیش‌بینی‌شده هر چاه نسبت به مقدار واقعی آن تفاوت در رقم اعشار دارد. ستون y در هرماه میزان پیزومتر پیش‌بینی‌شده توسط مدل و ستون t در هرماه میزان پیزومتر واقعی را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال مقدار سطح پیزومتر پیش‌بینی چاه منطقه آسفیوخ در ماه فروردین برابر ۲۵/۸۱ و مقدار واقعی ۲۵/۸۲ به‌دست‌آمده است که نشان‌دهنده تفاوت معناداری در اعشاری دارد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

جدول ۵- سطح پیش‌بینی‌شده دشت جلگه زاوه به تفکیک در هر پیزومتر t مقدار واقعی ، y مقدار پیش‌بینی‌شده

Table 5. The predicted level of Zawah plain - Heidariye plain by resolution in each piezometer t real value, y predicted value

ردیف	منطقه	فروردین		اردیبهشت		خرداد		تیر		مرداد		شهریور		مهر		آبان		آذر		دی		بهمن		اسفند	
		y	T	y	T	Y	T	y	T	Y	T	Y	T	Y	T	Y	T	Y	t	y	t	y	t	y	t
1	جاده کمربند آسفیوخ	۲۵/۸۱	۲۵/۸۲		۲۶/۱۲	۲۹/۴۱	۲۹/۴۸	۲۶/۳۲	۲۶/۵۹	۲۶/۶۴	۲۶/۶۷	۲۶/۳۶	۲۶/۷۱	۲۶/۹۳	۲۶/۹۵	۲۷/۱۸	۲۷/۰۴	۲۷/۰۴	۲۷/۰۶	۲۷/۰۸	۲۷/۰۹	۲۶/۳۵	۲۶/۳۶	۲۳/۲۷	۲۷/۰۱
2	جاده قلعه آقا حسن	۷۳/۹۹	۷۴	۷۵/۴	۷۵/۵	۷۳/۶۶	۷۴	۷۴	۷۴/۰۷	۷۴/۱۲	۷۴/۱	۷۴/۰۸	۷۴/۱۳	۷۴/۱۲	۷۴/۱۳	۷۴/۲	۷۴/۲۱	۷۴/۱۳	۷۴/۱۳	۷۶/۲	۷۶/۲	۷۴/۱۶	۷۴/۱۷	۱۵/۷۴	۷۴/۱۵
3	حشمت‌آباد راه برزو	۸۶/۹۷	۸۶/۹۸	۸۷/۰۹	۸۷/۰۹	۸۷/۳۸	۸۷/۲۳	۷۸/۴۸	۸۷/۳۵	۸۷/۶۲	۸۷/۴۵	۸۷/۶۳	۸۷/۵۸	۸۷/۶۷	۷۸/۶۸	۸۷/۷۷	۸۷/۷۸	۸۷/۸۱	۸۷/۸	۸۸/۰۶	۸۸/۰۶	۷۸/۸۸	۸۸/۸۷	۸۸/۸۶	۸۸/۸۶
4	داخل محوطه اداره	۱۱/۴	۱۱/۴۱	۱۱/۷۳	۱۱/۷۳	۱۲/۴۵	۱۲/۴۷	۱۳	۱۳/۰۱	۱۲/۸۳	۱۲/۸۳	۱۳/۱۳	۱۳/۱۴	۱۲/۳۷	۱۲/۳۷	۱۲/۷۹	۱۲/۷۹	۱۱/۹۵	۱۱/۹۵	۱۱/۵۵	۱۱/۵۵	۱۱/۵۷	۱۱/۵۸	۱۱/۲۸	۱۱/۲۸
5	دامسک	۳۰/۲۴	۳۰/۲۷	۳۱/۱۱	۳۱/۱۲	۳۱/۶۳	۳۱/۶	۳۱/۷۶	۳۱/۷۷	۳۱/۹۱	۳۱/۸۴	۳۱/۹۱	۳۲/۰۷	۳۲/۱۸	۳۲/۱۹	۳۱/۹	۳۲/۲۴	۳۲/۱	۳۲/۱۶	۳۱/۶۹	۳۱/۶۹	۳۱/۱۲	۳۱/۱۲	۳۱/۱۷	۳۱/۰۸
6	دولت‌آباد	۳۳/۳۹	۳۳/۳۷	۳۴/۰۱	۳۳/۹۹	۳۴/۱۹	۳۴/۴۹	۳۴/۸۵	۳۴/۸۸	۳۳/۹۷	۳۳/۹	۳۴/۸۵	۳۴/۸۱	۳۳/۷۸	۳۳/۷۹	۳۳/۹	۳۳/۹	۳۳/۸۸	۳۳/۸۷	۳۲/۹۶	۳۲/۹۶	۳۱/۹	۳۱/۹۵	۳۱/۶۳	۳۱/۶۳
7	زاوه پشت مدرسه	۳۲/۵۸	۳۲/۵	۳۳/۵۶	۳۳/۵۶	۳۳/۹۸	۳۴/۱۴	۳۵	۳۴/۸۳	۳۵/۳۸	۳۵/۲۷	۳۵/۷	۳۵/۳۴	۳۵/۹	۳۵/۸۲	۳۵/۹۵	۳۵/۹۸	۳۳/۵۴	۳۳/۶۵	۳۴/۱	۳۴/۷۳	۳۳/۴۱	۳۳/۸۷	۳۳/۳۳	۳۳/۳۳
8	سلطان‌آباد مرغزار	۹۴/۱۶	۹۴/۱۶	۹۴/۲۲	۹۴/۲۳	۹۴/۱	۹۴/۲۹	۹۴/۳۴	۹۴/۳۷	۹۴/۳۷	۹۴/۴۳	۹۴/۳۵	۹۴/۴۹	۹۵/۵۴	۹۵/۵۴	۹۴/۶۶	۹۴/۶۶	۹۴/۶	۹۴/۶۱	۹۵/۰۵	۹۵/۰۶	۹۵/۱	۹۵/۱۱	۹۴/۶۸	۹۴/۶۹
9	شعن آباد	۳۲/۷۴	۳۲/۶۵	۳۳/۵۴	۳۳/۵۴	۳۴/۱۱	۳۴/۲۴	۳۴/۷۸	۳۴/۷۲	۳۵/۵	۳۵/۰۱	۳۵/۰۸	۳۵/۲	۳۵/۳۴	۳۵/۳۵	۳۵/۳۸	۳۵/۴۶	۳۴/۱	۳۵/۲۹	۳۳/۴	۳۴/۴	۳۲/۴	۳۳/۶۴	۳۳/۱۵	۳۳/۱۱
10	آب قنداب	۴۸	۴۸/۱۱	۴۸/۵۳	۴۸/۵۳	۴۷/۹	۴۸/۱۲	۴۹/۱۵	۴۸/۳۹	۴۸/۴۳	۴۸/۴۳	۴۸/۰۴	۴۸/۴۸	۴۸/۴۲	۴۸/۴۲	۴۸/۴	۴۸/۴۴	۴۸/۲۴	۴۸/۲۶	۴۸/۱	۴۸/۱۱	۴۸/۴۱	۴۸/۴۲	۴۸/۳۴	۴۸/۳۸
11	صفی آباد	۳۹/۲۲	۳۹/۴۳	۳۹/۵۵	۳۹/۴۹	۳۹/۱	۳۹/۵۸	۳۹/۲	۳۹/۵۹	۴۰/۱۷	۳۹/۶۲	۳۹/۰۴	۳۹/۷۱	۳۹/۳۴	۳۹/۷۹	۳۹/۶۸	۳۹/۸۶	۳۹/۳۱	۳۹/۸۹	۴۰/۶۶	۳۹/۷۹	۳۹/۵۴	۳۹/۵۲	۳۹/۹۱	۳۹/۹۳
12	عنبرسرا	۱۱۴/۲	۱۱۴/۰	۱۴/۷۳	۱۱۴/۶	۱۱۴/۹	۱۱۵/۱	۱۱۵	۱۱۵/۳	۱۱۵/۲	۱۱۵/۴	۱۱۵/۳	۱۱۵/۷	۱۱۵/۶	۱۱۵/۹	۱۱۶/۱	۱۱۵/۹	۱۱۶/۱	۱۱۶/۰	۱۱۵/۵	۱۱۵/۰	۱۱۴/۷	۱۱۴/۷	۱۱۴/۴	۱۱۴/۶
13	قلعه نو صفی آباد	۷۷/۹۶	۷۷/۹۶	۷۸/۰۶	۷۸/۰۶	۷۸/۱۷	۷۸/۱۷	۷۸/۲۷	۷۸/۲۷	۷۸/۳۷	۷۸/۳۷	۷۸/۴۶	۷۸/۴۶	۷۸/۵۷	۷۸/۵۷	۷۸/۶۷	۷۸/۶۷	۷۸/۷۶	۷۸/۷۶	۷۸/۸۳	۷۸/۸۳	۷۸/۷۵	۷۸/۷۵	۷۸/۸۱	۷۸/۸۱
14	کاریزک ناگهانی	۱۴۸/۷	۱۴۸/۷	۱۴۸/۰	۱۴۹/۰	۱۴۹/۴	۱۴۹/۳	۱۵۰/۰	۱۴۹/۴	۱۴۹/۴	۱۴۹/۶	۱۵۰/۸	۱۵۰/۸	۱۵۰/۱	۱۵۰/۱	۱۵۰/۷	۱۵۰/۷	۱۵۰/۹	۱۵۰/۹	۱۵۰/۹	۱۵۰/۹	۱۵۰/۹	۱۵۰/۹	۱۵۰/۹	۱۵۰/۹
15	کلاته سرخ کنار راه	۱۴۷/۳	۱۴۷/۴	۱۴۷/۱	۱۴/۷۳	۱۴۷/۲	۱۴۷/۹	۱۴۷/۸	۱۴۸/۰	۱۴۸/۷	۱۴۸/۱	۱۴۷/۵	۱۴۸/۳	۱۴۸/۷	۱۴۸/۰	۱۴۸/۳	۱۴۸/۶	۱۴۸/۵	۱۴۸/۷	۱۸۴/۵	۱۴۸/۷	۱۴۹/۹	۱۴۸/۵	۱۴۸/۲	۱۴۸/۶
16	شهوار کاهیجه	۵۸/۸۹	۵۸/۹۴	۵۹/۲۲	۵۹/۲۳	۵۹/۱۲	۵۹/۴۱	۵۹/۳۱	۵۹/۵۵	۵۹/۹۹	۵۹/۷۴	۵۹/۵۶	۵۹/۹	۶۰/۰۳	۶۰/۰۴	۶۰/۱۲	۶۰/۱۲	۶۰/۲۱	۶۰/۱۸	۶۱/۸۲	۶۲/۲۳	۵۹/۳۱	۵۹/۷۲	۵۹/۶۵	۵۹/۶۸
17	مرغزار اول روستا	۸۸/۰۱	۸۸/۰۴	۸۸/۳۷	۸۸/۱	۸۷/۵۳	۸۸/۱۷	۸۹/۷۲	۸۸/۳۲	۸۷/۹۴	۸۸/۴۵	۸۸/۲۱	۸۸/۵۳	۸۹/۲۸	۸۸/۴۵	۸۸/۵۵	۸۸/۵۳	۸۸/۶۳	۸۸/۶۳	۸۸/۶۶	۸۸/۶۴	۸۸/۴۶	۸۸/۷۵	۸۸/۷۱	۸۸/۷۱
18	مرغزار جرگه	۱۶۷/۷	۱۶۸/۱	۱۶۸/۴	۱۶۸/۳	۱۶۸/۱	۱۶۸/۴	۱۶۷/۶	۱۶۸/۷	۱۶۸/۲	۱۶۸/۸	۱۶۷/۰	۱۶۸/۹	۱۶۹/۱	۱۶۹/۱	۱۶۸/۸	۱۶۹/۲	۱۶۹	۱۶۹/۳	۱۶۷/۰	۱۶۶/۹۸	۱۶۷/۴	۱۶۷/۳	۱۶۹/۳	۱۶۹/۳

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

ازآنجاکه پیش بینی سطح اب زیرزمینی امر بسیار مهمی در کشور خشک و کم‌آبی مانند ایران محسوب می‌شود، به همین جهت تحقیقات و مقاله‌های بسیاری درزمینه برآورد سطح آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف کشور انجام شده است. قابل ذکر است که در بسیاری از مقالات از داده‌های ماهانه به‌عنوان داده ورودی استفاده و پیش بینی به صورت ماهیانه انجام گردیده است. شبکه عصبی مصنوعی به دلایل عمده از جمله برخورداری از توانایی تشخیص الگو، کشف رابطه بین ورودی و خروجی، حساسیت کم تر نسبت به نویز در اطلاعات ورودی، فرآیند پردازش به طور کامل موازی، نیاز به تعداد داده‌های ورودی کمتر و روند صحت سنجی و واسنجی سریع تر، قادر به پیش‌بینی و دسته‌بندی با دقت مطلوب است. با این استدلال در تحقیق حاضر به‌منظور پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت زاوه- تربت‌حیدریه از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با الگوریتم‌های متفاوت استفاده گردید. در تکنیک شبکه عصبی، از الگوریتم‌های آموزشی مختلفی ازجمله گرادیان نزولی و گرادیان نزولی با مومنتم و لونبرگ مارکوارت، استفاده گردید. بردارهای ورودی مختلف بارش و تبخیر، دما (حداکثر، حداقل)، معدل نم نسبی رطوبت، سطح پیزومتر ماه قبل به مدل داده شد. از بین تمام ورودی‌ها و توابع آموزشی مورداستفاده در شبکه، بهترین ورودی سطح آب زیرزمینی با یک ماه تأخیر و توابع آموزشی لونبرگ- مارکوآرت به دست آمد. سپس اعتبار مدل‌ها با استفاده از روش مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت در بهترین حالت توانستند مقدار RMSE سطح آب زیرزمینی هر پیزومتر و نیز مجموع آن‌ها یعنی سطح آب زیرزمینی کل دشت را با دقت مناسبی در مرحله آموزش (۰/۰۰۱۲) و در مرحله آزمون (۰/۰۲۱) تخمین زده شوند همچنین میزان R^2 در مرحله آموزش (۰/۹۸۱۰) و آزمون (۰/۹۶۲۲) حاصل گردید.

منابع

1. Akbarzadeh, F., H. Hasanpour and S. Imam Gholizadeh. 2016. The prediction of groundwater level in Shahroud plain using artificial radial neural network, Water Management Management Research Center, seventh year, No. 13.
2. Banerjee Chattopadhyaya, P. and R. Rangarajana. 2014. Applicationof ANN in sketching spatial nonlinearity of unconfined aquifer inagricultural basin. Agricultural Water Management, 133: 81-91.
3. Banerjee, P., R.K. Prasad and V.S. Singh. 2009. "Forecasting of groundwater level in hard rock region using artificial neural network." *Environmental Geology*, 58(6): 1239-1246.
4. Chung, Y.W. 2008. Prediction water table fluctuation using artifical neural network, in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy, University of Maryland, 185 pp.
5. Coppola, E., M. Poulton, E. Charles, J. Dustman and F. Szidarovszky. 2003. Application of artificialneural networks to complex groundwater management problem, Natural Resources Research, 12: 303-320.
6. Esmaeili, V., M. Khayyate Kholqi and M. Shafiey. 2002. Presentation of an intelligent model for estimating groundwater level fluctuations in an alluvial aquifer using artificial neural network. The first Annual Conference of Iran Water Resources Management, Water Resources Science Forum Tehran Iran, Tehran University.
7. Izadi, A.S., A. Davari, K. Alizadeh, A.B. Qahraman and S.A. Haqaiqi Moqaddam. 2007. Estimation of surface level using artificial neural network, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 2: 59-71.
8. Khashei seok, A.S., B. Qahraman and M. Kochek Kord. 2013. Compared to artificial neural network models, ANFIS, regression In the estimation of aquifer Nishapur, Iranian Journal of irrigation and drainage, 1(7): 10-22.
9. Lallahem, S., J. Mania, A. Hani and Y. Najjar. 2005. On the use of neural networks to evaluate groundwater levels in fractured media. Journal of Hydrology, 307: 92-111.
10. Mekanik, F., M.A. Imteaz, S Gato-Trinidad and A. Elmahdi. 2013. Multiple regression and Artificial Neural Network for long-term rainfall forecasting using large scale climate modes. Journal of Hydrology, 503, 11-21
11. Mir Arabi, M. 2008. AS. Nakhaie. Prediction of ground water level fluctuations in Birjand plain using artificial neural network, Proceedings of the Twelfth Iranian Geological Survey, Ahvaz, pp: 1-8.
12. Mohanty, S., Jha, Madan, K. Kumar Ashwani and D.K. Panda. 2013. Comparative evaluation of numerical model and artificial neural network for simulating groundwater flow in Kathajodi–Suru Inter-basin of Odisha, India. Journal of Hydrology, 495: 38-51.
13. Mohtasham, M., A. Dehghani, A. Akbarpour, M. Meftah Holghi and M. Eatebari. 2010. Estimation of the level of the station using the Artificial Neural Network of Shabestar Plain, Journal of Irrigation and Drainage, Year, No. 1.
14. Mokhtari, Z., A. Nazemi and A. Nadiri. 2012. The prediction of ground watear leveling using Shistar plain artificial neural network model, Geotechnical Geology (Applied Geology), 8(4): 345-353.
15. Moslemei, K., S. Emam Qolizadeh and G.H. Karami. 2011. Comparison of artificial intelligence systems ANN and ANFIS in forecasting groundwater level of Bastam Plain Fifth conference of watershed management and soil and water resource management, Kerman, Iran, irrigation and water engineering.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

16. Mothakane, A., B. Arabi, H. Shokri and B. Mir Bagheri. 2012. Estimated amount Changes in rainfall estimation using combined techniques of artificial neural networks and geostatistics in the North West of Iran, Quarterly Journal of Remote Sensing and GIS of Iran, 16: 37 pp.
17. Nayak, Satyaji Rao, Y.R. and K.P. Sudheer. 2006. Groundwater level forecasting in a shallow aquifer using artificial neural network approach. Water Resources Management, 2(1): 77-99
18. Nikbakht, J. and S. Noori. 2017. Clustering of Observational Wells and Forecasting Groundwater Levels Using Artificial Neural Networks (Case Study: Maragheh Plain). Water and Soil Knowledge 27(1): 281-94.
19. Pour Mohammadi, S., H. Malekinejad and V. Pour Sharaani. 2013. Comparison of different methods Vsry time neural network to predict the groundwater level (case study: Sub-basin Bakhtegan Fars Province) Journal of Water Conservation and Watershed Research, 20(4): 251-261.
20. Report of Integrated Water Resources Management Studies,Torbat Heydarieh, Cover two, Meteorology, Khorasan Razavi Regional Water Company, Year, 2014.
21. Report of Integrated Water Resources Management Studies,Torbat Heydarieh, Cover three, Meteorology, Khorasan Razavi Regional Water Company, Year, 2013.
22. Sadidi, G., M. Kamangar, H. Rezaeian, A.S. Hamidiyan, M. Baaqedeh and H. Aryan Nezhad. 2014. Anticipation of the level watear of arid and arid regions using Artificial Neural Network and Gradient Descent method, Geographical studies of arid regions, 16: 39-53.
23. Shigidi, A. and L.A. Garcia. 2003. Parameter estimation in groundwater hydrology using artificia neural networks. J.of Computing in Civil Engineering, 17(4): 281-289.
24. Sreekanth, P.D. Geethanjali, N. Sreedevi, P.D. Ahmed, Sh.N. Ravi Kumar and P.D. Kamala Jayanthi. 2009. Forecasting groundwater level using artificial neural networks, Current Science, 96: 1-7.
25. Taormina, R., Ch. Kwok-wing and S. Rajandrea. 2012. Artificial neural network simulation of hourly groundwater levels in acoastal aquifer system of the Venice lagoon. Engineering Applications ofArtificial Intelligence, 25: 1679-1676.
26. Tasaloti, B. 2003. Estimation of groundwater level using mudflow and artificial neural network. Master thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, p. 105.
27. Zabbah, I., A. Roshani and A. Khafage. 2018. Prediction of monthly rainfall using artificial neural network mixture approach, Case Study: Torbat-e Heydariyeh. Journal of the Earth and Space Physics, 44(4), 115-126. doi: 10.22059/jesphys.2018.244511.1006941
28. Zamani, N., M. Javaheri Tehrani, S. Eslamian and F. Mousavi. 2016. Simulation of Groundwater Table of Mahyar Plain with Artificial Neural Network Geographic Information System Under Different Scenarios.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]

Modeling of Groundwater Fluctuations Based on Artificial Intelligence Methods (Case study: Zawah-Torbat Heidarieh plain)

Marjan Hosseini[1], Alireza Roshani[2] and Iman Zabbah[3]

1- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Islamic Azad University, Torbat-e-Heydariyeh, Iran
2- Assistant Professor. Department of Water Engineering, Islamic Azad University, Torbat-e-Heydariyeh, Iran, (Corresponding author: ar.roshani3380@gmail.com)
3- Department of Computer, Torbat-e-Heydariyeh, Islamic Azad University, Torbat-e-Heydariyeh, Iran
Received: October 10, 2018 Accepted: February 1, 2020

Abstract

Groundwater resources are one of the most important water sources in each country. That proper knowledge and basic exploitation in this field can play a principal role in the sustainable development of the social and economic activities of a region, especially in semiarid and dry areas. The prediction of groundwater level fluctuations for supplying management and exploit Akon of watering is essential the purpose of this research is to predict Zawah-Torbat Heidarieh groundwater level32 fluctuations with a range of about 2054 square kilometers is located in the north of the desert pans on desert flats in, south of Mashhad. In order to training of the model, information from 18 piezometers extracted by the researchers of this study, which had a staggered surface alignment level with a time series of 20 years (1375-1395), was used. Each piezometer is registered on a monthly basis with a delay of t0-1 (last month), and in each piezometer, seven parameters form the system inputs. For process modeling, multi-layer perceptron neural networks with error propagation algorithm and LVQ network are used. The calculation error is calculated using the least squares method (MSE). The amount of groundwater level is also the only output of this neural network. The results of this study showed that the artificial neural network with the Gradient Descent, Gradient Descent With Momentum, Levenberg Marquardt algorithms was able to predict groundwater levels in the monthly interval is (RMSE=0/0012) in the training phase and is (RMSE=0/021) in the testing phase in the study area.

Keywords: Artificial Neural Network, Static Level, Zawah _Torbat-e-heydariyeh Plain

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.14.8]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.223]