تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هفتم، شماره ۱، زمستان و بهار ۹۰-۱۳۸۹
Volume 7, No. 1, Winter & Spring 2011 (IR-WRR)
۸۲-۸۶

یادداشت فنی

ارزیابی توانایی شبکه‌های مختلف عصبی مصنوعی در پیش بینی تراز آب زیرزمینی در آبخوان محدوده سعادت شهر فارس

محمدرضا نیک‌منش[۱] و غلامرضا رخشنده‌رو[۲*]

چکیده

شبیه‌سازی سیستم آبهای زیرزمینی به دلیل پیچیدگی‌های موجود در طبیعت این سیستم‌ها، به آسانی میسر نیست. این درحالیست که شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان مدل جعبه سیاه با توانایی‌های بالایی که دارند برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده و غیرخطی بسیار مناسب می‌باشند. لذا، با توجه به مشکلات فراوان مدل‌سازی آبخوانها با مدل‌های ریاضی، شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش بینی سطح ایستابی در آبخوانها توسط محققین بکار رفته‌اند. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی توانایی شبکه‌های عصبی مختلف در پیش‌بینی تراز آبهای زیرزمینی در محدوده سعادت شهر در استان فارس می‌باشد. از نظر توانایی شبکه‌های مختلف مورد استفاده، شبکه‌های عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ-مارکوارت بهتریـن نتـایج را ارائه داد. این سـاختار توانست پیش‌بینی ماهانه‌ای از سطح ایستابی آبهای زیرزمینی در بازه زمانی دو ساله (از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۸۵) با حداقل ریشه مربع متوسط خطا ۲/۰۴ متر و ۲/۲۷ متر برای مراحل آموزش و آزمایش ارائه نماید.

کلمات کلیدی: پیش بینی تراز آبهای زیرزمینی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، آبخوان محدوده سعادت شهر.

تاریخ دریافت مقاله: ۲۶ اردیبهشت ۱۳۸۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۷ آذر ۱۳۸۹

۱- عضو هیأت علمی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان
۲- دانشیار بخش مهندسی راه و ساختمان ، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز
*- نویسنده مسئول

Technical Note

Forecasting Groundwater Level In Saadat-Shahr Plain, Iran, Using Artificial Neural Networks

*M.R. Nikmanesh [1] and G.R. Rakhshandehroo [2]**

Abstract

A proper architectural design of the Artificial Neural Network (ANN) models can provide a robust tool in water resources modeling and forecasting. The performance of different neural networks in a groundwater level forecasting was examined by researchers in order to identify an optimal ANN architecture that can provide accurate predictions up to 24 months ahead. In this study the Saadat-shahr Plain in Fars Province in central Iran was chosen as the study area. All networks were trained for an 8-year period of data and calibrated for a 24-month period. Experimental results showed that the most accurate forecast (for up to 24 months ahead) is achieved with an FNN trained with the LM algorithm.

Keywords: Artificial Neural Network, Groundwater level forecasting, Saadat-shahr Plain

Received: May 16, 2009
Accepted: December 8, 2010

1- Faculty of Civil Engineering Department, Islamic Azad University, Arsanjan Branch, Iran , Email: nikmanesh@iaua.ac.ir
2- Associated Professor of Civil Engineering Department, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: rakhshan@shirazu.ac.ir
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

با توجه به اهمیت پیش بینی تراز آب زیرزمینی از نقطه نظرهای مختلف، یافتن روشی مناسب برای انجام آن حائز اهمیت می‌باشد. ارزیابی تغییرات تراز آب زیرزمینی و پیش بینی آن با توجه به وجود پارامترهای متنوع مرتبط با موضوع نظیر متغیرهای هیدرولوژیکی، زمین شناسی ، خاکشناسی و غیره یک مسئله غیرخطی و پیچیده می‌باشد (Daliakopoulos et al., 2005). این در حالیست که شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان مدل‌های جعبه سیاه، ابزاری توانمند برای مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی بوده و قادرند روابط پیچیده حاکم بر چنین فرآیندهایی را مدل نمایند.

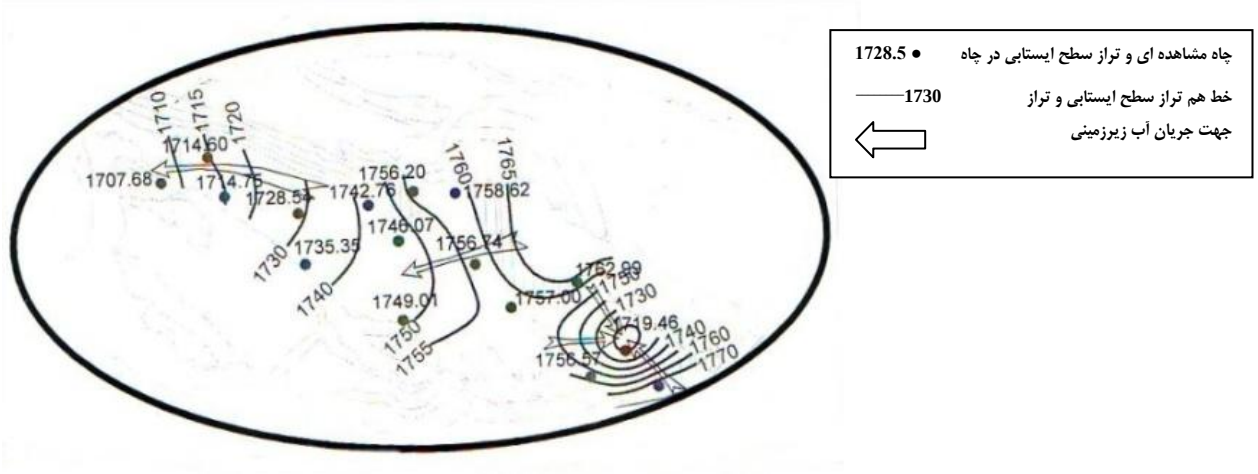
از جمله مطالعات انجام گرفته برای پیش‌بینی سطح ایستابی به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان به مطالعات انجام گرفته توسط Coulibali et al., 2001 برای آبخوان گوندو در بورکینافاسو اشاره کرد. براساس مطالعات مذکور حداکثر بازده مربوط به شبکه‌های عصبی برگشتی و کمترین آن مربوط به شبکه‌های عصبی تابع شعاعی تعمیم یافته بوده است (Coulibaly et al., 2001). همچنین Daliakopoulos et al., 2005 با هدف پیش بینی تراز آب زیرزمینی در دشت مسارا در یونان، ۷ ساختار مختلف شامل شبکه‌های پیشرو، برگشتی و تابع شعاعی و الگوریتم‌های گرادیان نزولی انتشار خطا به عقب با ممنتم، تنظیم بایزین و الگوریتم لونبرگ- مارکوارت را مورد بررسی قرار دادند که بر اساس نتایج حاصل شده، شبکه پیشرو با الگوریتم لونبرگ-مارکوارت بهترین پیش‌بینی را برای تراز آب زیرزمینی منطقه مذکور در یک دوره زمانی ۱۸ ماهه ارائه داده است (Daliakopoulos et al., 2005). در کشور ما نیز مطالعات متعددی در مورد پیش بینی تراز آبهای زیرزمینی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات نورانی و همکاران در دشت تبریز اشاره کرد. در این مطالعات توانایی‌های شبکه‌های مختلف عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سطح ایستابی ۲ ساله و مدل‌سازی آبخوانهای کمپلکس و به طور اختصاصی آبخوان کمپلکس محدوده شهر تبریز مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج این مطالعات، مدل‌هایی که در آنها از الگوریتم لونبرگ-مارکوارت استفاده شده بود دارای کارایی بالایی بودند. (نورانی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲- هدف

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی توانایی شبکه‌های عصبی مختلف در پیش بینی تراز آبهای زیرزمینی محدوده سعادت شهر در استان فارس می‌باشد. ساختارهای مختلف مورد استفاده در این تحقیق شامل سه شبکه عصبی (پیشرو، برگشتی و تابع شعاعی) و دو الگوریتم (لونبرگ-مارکوارت و پس انتشار خطا) بوده است.

۳- منطقه مطالعاتی و داده‌های مربوطه

سعادت‌شهر بخش مرکزی شهرستان پاسارگاد در استان فارس است و در ۱۰۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان شیراز قراردارد. این شهرستان بین مدارهای ۳۰ درجه تا ۳۰/۲۰ درجه عرض شمالی و ۵۲/۴۵ درجه تا ۵۳/۳۰ درجه طول شرقی قرار داشته و همچنین از شمال به شهرستانهای خرم‌بید و آباده، از غرب به شهرستانهای اقلید و مرودشت، از جنوب به شهرستان مرودشت و از شرق به شهرستان ارسنجان محدود می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی در استان فارس، موقعیت چاههای مشاهده‌ای و تراز سطح ایستابی نشان داده شده است.



شکل ۱- تراز سطح ایستابی درچاههای مشاهده‌ای و آبخوان

پنج ورودی اصلی به شبکه‌ها شامل داده‌های دما، بارندگی، رواناب سطحی ورودی، رواناب سطحی خروجی و هیدروگراف واحد آب زیرزمینی برای سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ در شکلهای ۲ و ۳ ارائه شده‌اند (مهندسین مشاور فارساب صنعت شیراز،۱۳۸۷). این داده‌ها برای زمانهای مربوط به ماه حاضر و سه ماه قبل (t_0 ، t_{0-1} ، t_{0-2} و t_{0-3}) به ساختارهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی داده شده‌اند و بنابراین لایه ورودی کلیه شبکه‌ها شامل ۲۰ گره می‌باشد. خروجی کلیه شبکه‌ها نیز تراز آب زیرزمینی برای ماه بعد (t_{0+1}) می‌باشد. همچنین تعداد گره‌های میانی لایه پنهان پس از محاسبات انجام شده با روش سعی و خطا و در حالت نهایی ۵ لایه برای FNN و RNN و ۲۳ لایه برای شبکه RBF به دست آمد. داده‌های این مطالعه برای انجام مدل‌سازی به وسیله ۵ ساختار بیان شده به دو دسته آموزشی و آزمایشی تقسیم بندی گردید که برای هر یک از مراحل مذکور (آموزشی و آزمایشی) بعد از آزمون و خطای درصدهای متفاوت از داده‌ها، به ترتیب ۸۰٪ و ۲۰٪ داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. بنابراین از داده‌های مهر ۱۳۷۵ تا شهریور ۱۳۸۳ به عنوان داده‌های آموزشی و از داده‌های مهر ۱۳۸۳ تا شهریور ۱۳۸۵ به عنوان داده‌های آزمایشی استفاده گردید.

۴- نتایج

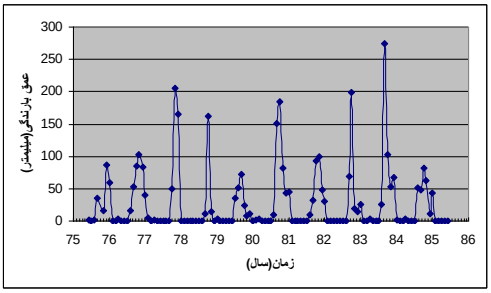
در این مطالعه پیش بینی تراز آب زیرزمینی با استفاده از ۵ ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی که متشکل از ۳ شبکه و ۲ الگوریتم (FNN-LM ، FNN-BP ،RNN-LM ، RNN-BP و RBF) می‌باشند صورت گرفت و پس از آموزش ساختارهای مختلف، خروجی آنها دنرمالیزه شده و مقادیر R^2 و RMSE برای مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده به دست آمد (جداول۱ و ۲).

جدول ۱- نتایج شبکه‌های مختلف برای ورودی‌های مرحله آموزش

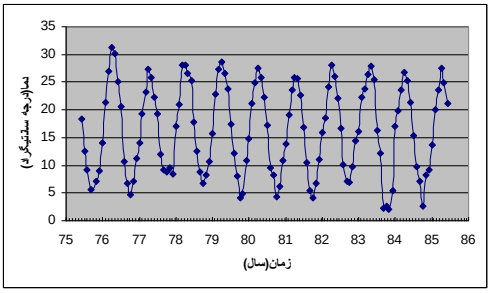
	FNN-LM	FNN-BP	RNN-LM	RNN-BP	RBF
R^2	0.964	0.911	0.941	0.899	0.807
RMSE(m)	2.04	5.15	3.04	4.97	4.35

جدول ۲- نتایج شبکه‌های مختلف برای ورودی‌های مرحله آزمایش

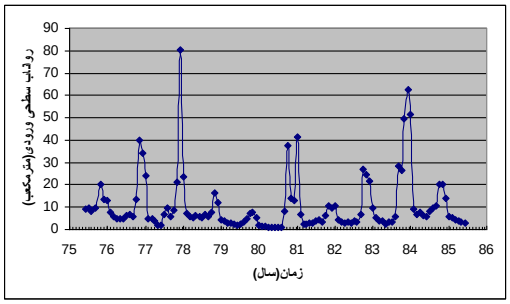
	FNN-LM	FNN-BP	RNN-LM	RNN-BP	RBF
R^2	0.898	0.842	0.865	0.831	0.739
RMSE(m)	2.27	6.13	3.73	5.79	5.06



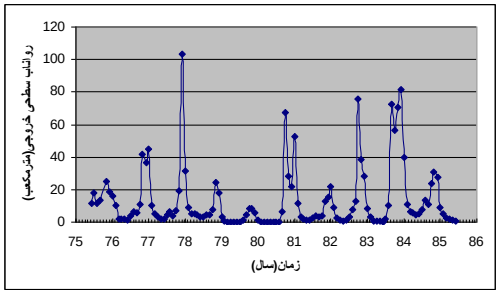
(الف)



(ب)

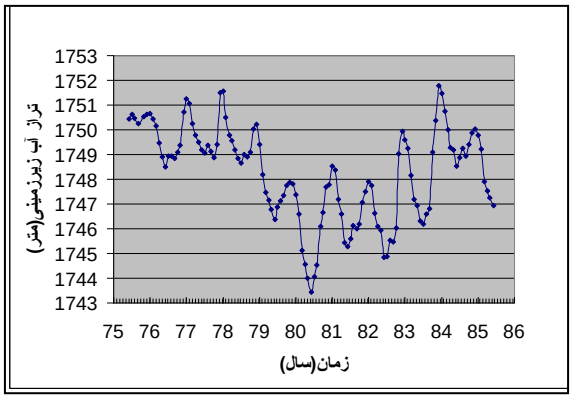


(ج)



(د)

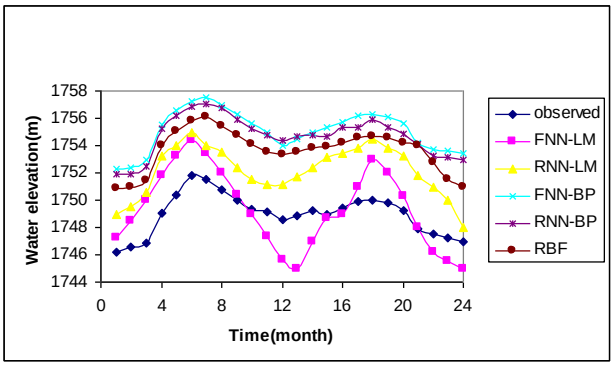
شکل ۲- نمودار تغییرات متوسط ماهانه ورودیهای شبکه شامل (الف) عمق بارندگی (ب) دما (ج) رواناب سطحی ورودی (د) رواناب سطحی خروجی



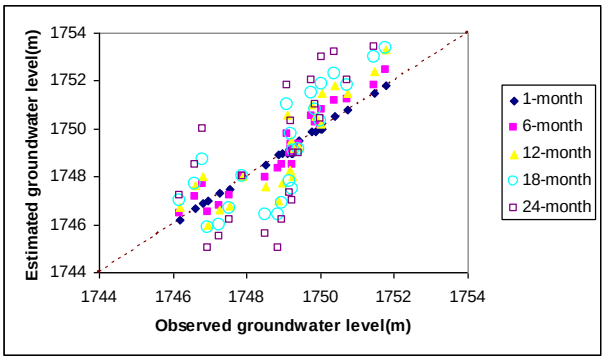
شکل۳- هیدروگراف تغییرات متوسط ماهانه آب زیر زمینی آبخوان محدوده سعادت شهر

الگوریتم LM تغییر یافته الگوریتم کلاسیک نیوتن است که به علت سرعت بالای آن کاربرد زیادی دارد. با بررسی جداول ۱ و ۲ مشخص گردید که در مجموع نتایج این الگوریتم دارای حداقل خطا بوده است. ارائه نتایج قابل قبول از این الگوریتم در مطالعات مشابه نیز حاصل گردیده است (Daliakopoulos et al., 2005, Coulibaly et al., 2001). بطور خاص، بر اساس جداول فوق، ساختارهایی که از تلفیق شبکه‌های عصبی پیشرو و برگشتی با الگوریتم لونبرگ–مارکوارت بدست آمدند، نتایج بهتری را ارائه داده‌اند. براساس مقادیر RMSE، بهترین پیش بینی سطح ایستابی به ترتیب مربوط به ساختارهای شبکه‌های عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ–مارکوارت (FNN-LM)، شبکه‌های عصبی مصنوعی برگشتی با الگوریتم لونبرگ–مارکوارت (RNN-LM)، شبکه تابع شعاعی (RBF) ، شبکه‌های عصبی مصنوعی برگشتی با الگوریتم پس انتشار خطا (RNN-BP) و در نهایت شبکه‌های عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم پس انتشار خطا (FNN-BP) می‌باشد. در شکل ۴ مقایسه نتایج پیش‌بینی ۲۴ ماهه مربوط به سال‌های ۱۳۸۴و ۱۳۸۵ برای پنج ساختار مورد بررسی با داده‌های مشاهداتی نشان داده شده است. یکی دیگر از مزایای شبکه عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ–مارکوارت، که به وضوح در شکل ۴ نیز قابل مشاهده است، این است که در ماه‌های مختلف سال تراز آب زیرزمینی را در ماه‌های خشکسالی کمتر و در ماه‌های ترسالی بیشتر از مقدار واقعی پیش بینی کرده است. حال آنکه سایر شبکه‌ها در تمام ماه‌های خشک و تر، تراز آب زیرزمینی را بیشتر از مقادیر مشاهداتی پیش بینی کرده‌اند. این نتیجه که در مطالعات مشابه نیز حاصل گردیده می‌تواند بعلت تنظیم مناسبتر وزن‌ها در الگوریتم لونبرگ–مارکوارت باشد (Daliakopoulos et al., 2005, Affandi and Watanabe, 2007). این خصوصیت ساختار مزبور می‌تواند مد نظر برنامه‌ریزان منابع آب در پیش بینی تراز آب زیرزمینی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی قرار بگیرد.

بعد از تعیین ساختار شبکه عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ–مارکوارت به عنوان بهترین ساختار، ارتباط بازده این ساختار با دوره‌های مختلف پیش بینی بررسی گردید. در شکل ۵ مقایسه تراز آب زیرزمینی مشاهداتی و نتایج شبکه عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ–مارکوارت برای دوره‌های پیش بینی ۱، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ماه نشان داده شده است. همانگونه که در شکل مشاهده می‌گردد بازده ساختار شبکه عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ–مارکوارت با افزایش دوره پیش بینی کاهش یافت.



شکل۴- مقایسه تراز آب زیرزمینی مشاهداتی و نتایج شبکه‌های مختلف در مرحله آزمایش



شکل۵- مقایسه تراز آب زیرزمینی مشاهداتی و نتایج شبکه عصبی مصنوعی برای دوره‌های پیش بینی ۱، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ماه

۵- نتیجه گیری

از بین ۵ مدل استفاده شده برای پیش بینی سطح ایستابی در محدوده سعادت شهر، مدل‌هایی که در آنها از الگوریتم لونبرگ–مارکوارت استفاده شده بود دارای کارایی بالاتری بوده و نتایج بهتری

ارائه دادند. مدل شبکه عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ- مارکوارت با ترکیب ۲۰ گره در لایه ورودی ، ۵ لایه پنهان و یک گره خروجی که تراز آب زیرزمینی را پیش بینی می‌کند نسبت به چهار مدل دیگر برای منطقه سعادت شهر نتایج قابل قبول‌تری ارائه نمود که پیش‌بینی‌های انجام شده از تراز آب زیرزمینی در سالهای ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ مؤید این موضوع می‌باشد.

۶- مراجع

نورانی، و. اصغری مقدم، ا. و ندیری، ع.،(۱۳۸۵)،" ارزیابی سطح آبهای زیرزمینی در آبخوان محدوده شهر تبریز با شبکه‌های عصبی مصنوعی"، سومین کنگره مهندسی عمران، تبریز.

گزارش مطالعات آبهای زیرزمینی دشت سعادت شهر، (۱۳۸۷) شرکت مهندسین مشاور فارساب صنعت، شیراز.

Affandi, A.K. and Watanabe, K., (2007), "Daily groundwater level fluctuation forecasting using soft computer technique," Nature and Science, 5(2), pp.1-10.

Coulibaly, P., Anctil, F., Aravena, R., and Bobee, B., (2001)," Artificial neural network modeling of water table depth fluctuation," *Water Resour. Res*., 37, pp.885-896.

Daliakopoulos, N. I., Coulibaly, P., and Tsanis, I. K., (2005), "Ground water level forecasting using artificial neural networks," *J. Hydrol*., 309,pp. 229-240.