پیش‌بینی میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی شهرستان جیرفت و امکان تغذیه آن‌ها به‌کمک نزولات جوی

سمیه امیرتیموری

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایرانamirtaimoori@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۶

چکیده

افزایش مصرف آب ناشی از افزایش جمعیت باعث کاهش کیفی و کمی آب‌های قابل استحصال شده است. مدیریت منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. شهرستان جیرفت یکی از مناطق مهم کشاورزی در کشور به‌شمار می‌آید که در سال‌های اخیر به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی با افت شدید سطح این آب‌ها مواجه بوده است. لذا در این مطالعه به‌منظور بررسی چگونگی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در شهرستان جیرفت و امکان تغذیه آن‌ها به‌وسیله نزولات جوی در سال‌های آینده، به پیش بینی سطح این آب‌ها و میزان بارندگی طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۳پرداخته شده است. بدین منظور از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج نشان داد که اگر روند کنونی بهره‌برداری از این آب‌ها ادامه یابد، سطح آب‌های زیرزمینی این شهرستان طی چهار سال و نیم آینده، حدود ٦/٦٨ متر کاهش می‌یابد و نزولات جوی نمی‌تواند به افزایش سطح این آب‌ها کمک نماید. لذا راهکارهایی همانند بالا بردن بهره‌وری آب در بخش کشاورزی و استفاده از روش‌های نوین آبیاری به‌منظور کاهش مصرف آب و در نتیجه جلوگیری از بهره‌برداری بیشتر، می‌تواند در پیشگیری از کاهش سطح این آب‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: مدل شبکه عصبی مصنوعی، روش انتشار برگشتی، آب زیرزمینی.

Forecasting the Exploitation of Groundwater Resources and the Possibility of Recharge them by the Precipitation in Jiroft

S. Amirtaimoori

Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

Received:7 November 2015 Accepted:26 January 2016

Abstract

Increase in water consumption due to population increase, is reduced the quality and quantity of extractive water. Management of water resources specially groundwater in arid and semi-arid areas are very importance. Jiroft is one of the most important agricultural areas in Iran which in recent years, because of irregular exploiting of groundwater has faced severe downfall of the water level. Therefore, in this research the groundwater levels and rainfall during 2014-2017 to evaluate exploitation of groundwater resources and the possibility of feeding them by the precipitation in Jiroft were studied. For this purpose, the Artificial Neural Networks (ANN) model was used. Results showed that with current trends of groundwater exploitation, the levels of them over the next 4.5 years will reduce to about 6.68 meters and precipitation with current trends groundwaters exploitation can not help to increase the level of these waters in this city. Therefore, strategies such as raising water productivity in agriculture and the use of modern methods of irrigation, to reduce water consumption and thereby prevent further exploitation and reduce the level of groundwaters can be used.

Keywords: ANN Model, Back Propagation Method, Groundwater.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

استفاده پایدار از منابع آب، در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران، یکی از مهم‌ترین رکن‌های توسعه پایدار محسوب می‌شود. زیرا میانگین بارندگی سالانه کشور ایران کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیاست (فلاح و همکاران، ۱۳۹۱). مفهوم توسعه پایدار آب، تأمین نیاز جمعیت فعلی بدون اثرات منفی بر توانایی تأمین نیاز نسل‌های آینده می‌باشد (بیتهاس[1]، ۲۰۰۸). آب‌های زیرزمینی[2] مهم‌ترین منبع تأمین کننده آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشند.

عوامل مختلف طبیعی و انسانی در چند دهه اخیر باعث ایجاد شرایط بحرانی و افت سطح آب‌های زیرزمینی در بیشتر مناطق کشور شده است (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸). در گذشته به دلیل عدم توسعه تکنولوژی، بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی به‌صورت محدودی انجام می‌گرفت. در بیست سال اخیر، روش تخلیه سفره به‌تدریج تغییر کرده و استفاده از سیستم‌های جدید برداشت مانند چاه‌های عمیق و نیمه عمیق متداول گردیده است. با استفاده از این چاه‌ها، تخلیه آب‌های زیرزمینی بدون توجه به میزان تغذیه آن‌ها، افزایش یافته و در نتیجه سطح آب‌های زیرزمینی سیر نزولی داشته است. در حال حاضر سطح آب‌های زیرزمینی کشور در حال افت می‌باشد و قسمت عمده آب در دشت‌ها توسط قنات‌ها و یا چاه‌ها تخلیه می‌شود (یوسفی‌راد و همکاران، ۱۳۸۷). به‌عبارت دیگر در شرایط حاضر از منابع آب زیرزمینی کشور حداکثر استفاده به‌عمل می‌آید و به‌سبب برداشت بی‌رویه از این منابع در بسیاری از دشت‌های کشور، سطح آب‌های زیرزمینی دچار افت شده و مشکلاتی را برای ادامه حیات کشاورزی و توسعه اقتصادی این نواحی فراهم آورده است.

منابع آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و ارزان‌ترین منابع آب به شمار می‌روند که شناخت صحیح و بهره‌برداری اصولی از آن‌ها می‌تواند در توسعه پایدار فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، نقش به‌سزایی داشته باشد. عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع، خسارت‌های جبران ناپذیری مانند افت شدید و غیرقابل برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوات، تغییرات الگوی جریان آب زیرزمینی مانند پیشروی جبهه‌های آب شور و تداخل آب‌های شور، به دنبال خواهد داشت (ایزدی و همکاران، ۱۳۸۷).

مدیریت منابع آب به ویژه آب‌های زیرزمینی، در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. بررسی نوسان‌های سطح آب زیرزمینی و پیش بینی آن در آینده می‌تواند در برنامه‌ریزی تأمین آب قابل اعتماد و نیز در مدیریت منابع آب مؤثر باشد. همچنین در مناطق خشک و نیمه خشک، بررسی میزان بارندگی و تغییرات آن نیز ضروری است (خان و همکاران[3]، ۲۰۰۸). زیرا یکی از منابع افزایش تغذیه منابع آب زیرزمینی، افزایش نزولات جوی می‌باشد.

مطالعات فراوانی در داخل و خارج از کشور به پیش‌بینی متغیرهای مختلف پرداخته‌اند تا نتایج آن‌ها بتواند راهگشای سیاست‌گذاران باشد که در قسمت ذیل به پاره‌ای از آن‌ها اشاره می‌شود:

هاوفی و همکاران[4] (۲۰۰۷) با انجام مطالعه‌ای به پیش‌بینی کوتاه مدت قیمت گندم در چین پرداختند. بدین منظور از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته (آریما) [5] استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که پیش‌بینی‌های مدل شبکه عصبی دقیق‌تر از مدل آریما است.

کاواکی اوقلو و همکاران[6] (۲۰۰۹) میزان مصرف برق کشور ترکیه را با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی نمودند. در این مطالعه از مدل شبکه عصبی چند لایه استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان داد که با استفاده از مدل شبکه عصبی می‌توان میزان مصرف برق را با دقت بالا، مدل‌سازی و پیش‌بینی نمود.

هوتانلی اوقلو[7] (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی تقاضای انرژی برای کشور ترکیه پرداخت. بدین منظور از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرد و سپس به مقایسه نتایج به‌دست آمده با سایر مطالعات صورت پذیرفته در این زمینه، توسط وزارت انرژی و منابع طبیعی ترکیه پرداخت. نتایج به‌دست آمده بیانگر بالا بودن دقت پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی و پایین بودن مقادیر پیش‌بینی برای تقاضای انرژی کشور ترکیه نسبت به سایر روش‌ها از جمله آریما می‌باشد.

السافی[8] (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای، به پیش‌بینی سیل در ایستگاه دانگولا[9] رودخانه نیل سودان پرداخت. بدین منظور از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرد. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند یک روش معتبر و قابل اطمینان برای پیش‌بینی سیل و جلوگیری از عواقب زیان‌بار آن باشد.

رحمانی و سدهی (۱۳۸۳) با انجام مطالعه‌ای، تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت همدان–بهار را با استفاده از روش آریما پیش بینی کردند. نتایج نشان داد که در صورت ثابت ماندن روند کنونی، طی بیست سال آینده سطح آب‌های زیرزمینی این دشت حدود ۱۷/۵ متر کاهش خواهد یافت.

نجفی و طرازکار (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای، مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و آریما را به‌منظور پیش‌بینی صادرات پسته ایران

1- Bithas
2- Groundwater
3- Khan *et al.*
4- Haoffi *et al.*
5- Auto Regression Integrated Moving Average (ARIMA)
6- Kavaklioglu *et al.*
7- Hotunluoglu
8- Elsafi
9- Dongola

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده کرده و نتایج حاصل از آن‌ها را مورد مقایسه قرار داده‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی دارای عملکرد بهتری در مقایسه با مدل آریما بوده و قادر است میزان صادرات پسته را دقیق‌تر پیش‌بینی نماید.

کریمی گوغری و اسلامی (۱۳۸۷) با انجام مطالعه‌ای به پیش‌بینی بارندگی سالانه در استان کرمان با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج حاکی از توانایی بالای مدل شبکه عصبی در شبیه سازی روند دوره‌های کاهش و یا افزایش بارش و پیش بینی بارندگی سالانه بود.

محتشم و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای، سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی دشت بیرجند را پیش‌بینی و بدین منظور از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. نتایج نشان داد که با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌توان نوسانات سطح آب زیرزمینی را با دقت مطلوبی برآورد نمود.

منهاج و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای، تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل ایران را پیش‌بینی کرده‌اند. بدین منظور از مدل شبکه عصبی مصنوعی و روش رگرسیون چند متغیره استفاده و نتایج آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان دهنده دقت بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی و خطای به مراتب کمتر می‌باشد.

فهیمی‌فر و همکارن (۱۳۹۰) با انجام مطالعه‌ای، قیمت تخم‌مرغ را به‌وسیله سه مدل عصبی-فازی، مدل شبکه عصبی مصنوعی و آریما پیش‌بینی و سپس از معیارهای ارزیابی کارایی برای مقایسه قدرت پیش‌بینی آن‌ها استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل‌های عصبی-فازی و شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل آریما در همه افق‌های زمانی از کارایی بیشتری در پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ برخوردارند.

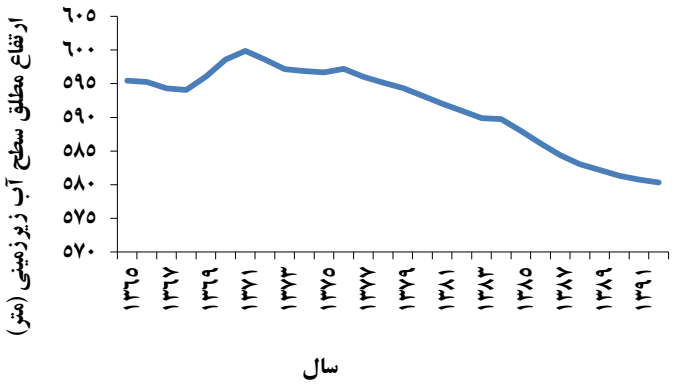
صادقی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، به مدل‌سازی و پیش‌بینی روزانه قیمت سبد نفت‌خام اوپک پرداختند و نتایج آن را با مدل آریما مقایسه کردند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل آریما از قدرت پیش‌بینی بهتری برخوردار است و قیمت نفت‌خام تابعی از قیمت‌های پنج روز گذشته خود می‌باشد.

لذا در این مطالعه به‌منظور بررسی چگونگی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در شهرستان جیرفت و امکان تغذیه آن به‌وسیله نزولات جوی، به پیش‌بینی سطح این آب‌ها و میزان بارندگی طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۳ پرداخته شده است. شایان ذکر است تاکنون در مطالعه‌ای به بررسی همزمان این دو متغیر پرداخته نشده است.

مواد و روش‌ها

جیرفت یکی از شهرستان‌های مهم استان کرمان است که با داشتن شرایط آب و هوایی مناسب و مدیترانه‌ای خود، بهترین مکان برای کشت محصولات کشاورزی می‌باشد. این شهرستان نقش به‌سزایی در تأمین موادغذایی جنوب کشور دارد. منابع آب زیرزمینی در این شهرستان به دلیل کمبود منابع آب سطحی و همچنین شرایط آب و هوایی و فقر نزولات جوی به‌عنوان مهم‌ترین و عمده‌ترین منبع تأمین کننده آب به‌شمار می‌رود. شکل (۱) ارتفاع مطلق سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت را طی سال‌های ۹۲-۱۳۶۵ نشان می‌دهد.

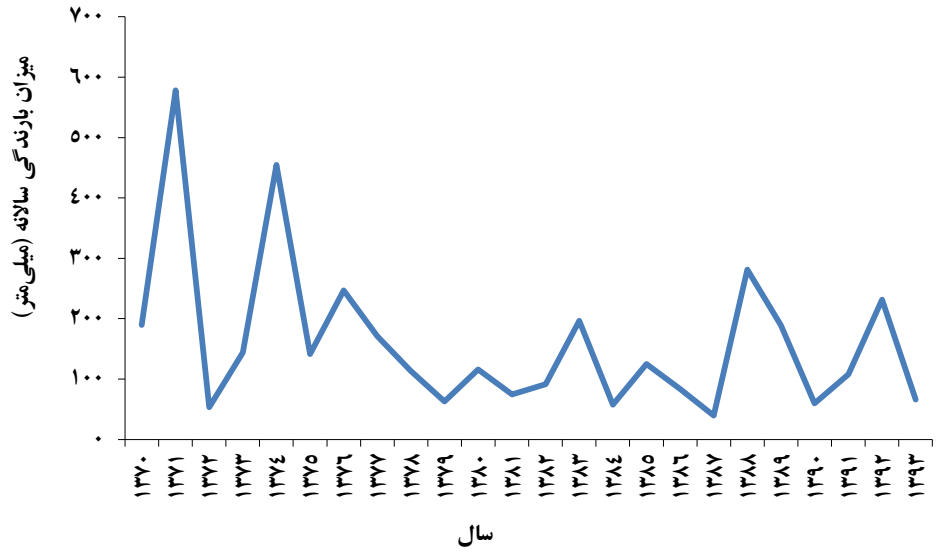
این شکل نشان دهنده پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی در این شهرستان طی سال‌های مذکور می‌باشد. سطح این آب‌ها از ۵۹۵/۴۷ متر در شهریورماه سال ۱۳۶۵ به ۵۸۰/۳۱ متر در شهریورماه سال ۱۳۹۲ کاهش یافته است. میزان افت سالانه آب‌های زیرزمینی این شهرستان طی ۲۸ سال گذشته به‌طور متوسط ۵۴ سانتی‌متر بوده که رقم قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. این در حالی است که میزان بارندگی در شهرستان جیرفت طی سال‌های ۹۳-۱۳۷۰ دارای نوسان زیادی بوده است و متوسط سالانه بارندگی در این شهرستان طی دوره مذکور تنها ۱۶۱ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۲). به‌طور کلی، شهرستان جیرفت طی یک دهه اخیر با خشکسالی مواجه بوده است.



شکل ۱- ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی در شهرستان جیرفت (متر)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- میزان بارندگی سالانه در شهرستان جیرفت (میلی‌متر)

از طریق پیش بینی نزولات جوی می‌توان امکان افزایش تغذیه آب‌های زیرزمینی را مورد بررسی قرار داد. لذا در این مطالعه با استفاده از مدل غیر خطی شبکه عصبی مصنوعی به پیش بینی سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت و میزان بارندگی در این شهرستان طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۳پرداخته شده است که در قسمت ذیل، این مدل توضیح داده می‌شود.

شبکه‌های عصبی، مدل‌های محاسباتی هستند که بر اساس عملکرد مغز انسان طراحی شده‌اند. شبکه‌های عصبی مصنوعی قادرند رابطه میان ورودی‌ها وخروجی‌های یک سیستم فیزیکی را توسط شبکه‌ای از گره‌ها که همگی با هم متصل هستند، تعیین نمایند. به‌عبارت دیگر، شبکه‌های عصبی مصنوعی ویژگی‌های مثبت و مطلوبی دارند که آن‌ها را در کشف روابط خطی و غیرخطی میان ورودی‌ها وخروجی‌های یک سیستم فیزیکی موفق می‌سازد، هر چند این قوانین غیرخطی و پیچیده باشند. در سال‌های اخیر، با توجه به رشد چشمگیر کاربرد شبکه‌های عصبی در زمینه‌های مختلف، استفاده از این شبکه‌ها برای حل مسئله پیش بینی متغیرهای مهم تصمیم‌گیری نیز بسیار رواج یافته و نسبت به سایر روش‌ها برتری یافته است. علت این موضوع، قابلیت فوق‌العاده شبکه‌های عصبی در یادگیری روابط پیچیده و غیرخطی است که یافتن چنین روابطی به کمک روش‌های قدیمی‌تر مانند رگرسیون یا سری‌های زمانی، بسیار مشکل است.

مراحل طراحی و پیاده سازی مدل شبکه عصبی مصنوعی عبارتند از:

۱- جمع آوری و استاندارد کردن داده‌های مورد نیاز برای شبکه عصبی مورد نظر.

۲- تعیین مدل، معماری و تابع محرک مناسب برای شبکه عصبی مورد نظر.

۳- آموزش دادن شبکه با قسمتی از داده‌ها.

۴- ارزیابی و آزمایش شبکه با باقیمانده داده‌ها.

۵- در صورت قابل قبول بودن نتیجه آزمون، ذخیره شبکه و در غیر این‌صورت، تکرار مرحله ۲ تا ۴ (خوشحال دستجردی و حسینی، ۱۳۸۹).

یک شبکه عصبی مصنوعی، مجموعه‌ای از نرون‌های متصل به هم در لایه‌های مختلف است. نرون یا گره، کوچک‌ترین واحد پردازش اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد. هر یک از نرون‌ها، ورودی‌ها را دریافت نموده و پس از پردازش روی آن‌ها، یک سیگنال خروجی تولید می‌نمایند (طرازکار، ۱۳۸۴).

در رابطه (۱)، x_n و ... و x_2 و x_1، ورودی‌های نرون و out، خروجی نرون می‌باشد. میزان تأثیر ورودی‌ها بر روی خروجی‌ها به‌وسیله مقدار عدد w تعیین می‌شود. ورودی دیگر، مقدار ثابت ۱ است که در جمله اریب b ضرب شده و سپس با $\sum w_i x_i$، جمع می‌شود. این حاصل جمع، ورودی خالص[1] برای تابع تبدیل یا محرک[2] f است. بدین ترتیب خروجی نرون به صورت معادله (۱) تعریف می‌شود:

1-Net Input
2-Transfer or Activation Function

Archive of SID
www.SID.ir

$$out = f(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i + b) \qquad (۱)$$

پارامترهای w و b قابل تنظیم می‌باشند. تابع محرک f نیز توسط طراح انتخاب می‌شود. بر اساس انتخاب f و نوع الگوریتم یادگیری، پارامترهای w وb تنظیم می‌گردند. در حقیقت یادگیری به این معنی است که w و b طوری تغییر کنند که رابطه ورودی وخروجی نرون با هدف خاصی مطابقت نماید (منهاج، ۱۳۷۷).

در مقایسه مدل شبکه عصبی با مدل‌های رگرسیونی می‌توان اظهار داشت که ورودی‌های شبکه عصبی همان متغیرهای مستقل و خروجی‌های آن متغیر وابسته است. وزن‌های مختلف شبکه، مشابه پارامترهای مدل رگرسیون و جمله اریب نیز همان عرض از مبدأ یا جمله ثابت در مدل رگرسیون است. در صورتی‌که وقفه‌های متغیر وابسته را به مجموعه ورودی‌ها اضافه کنیم؛ در این صورت، به شبکه‌ای مشابه با مدل خودرگرسیو خطی(AR)[1] دست می‌یابیم.

همان‌طورکه قبلاً گفته شد، مجموع ورودی‌های هر نرون پس از ضرب در وزن‌های متناظر، در یک تابع موسوم به تابع محرک (f(x)) اعمال می‌شوند. در حقیقت تابع محرک، ارتباط بین ورودی و خروجی گره‌ها و شبکه را برآورد می‌نماید. شکل‌های متفاوتی برای تابع محرک وجود دارد. تابع محرک می‌تواند خطی یا غیرخطی باشد. یک تابع محرک، براساس نیاز خاص مسئله‌ای که قرار است به‌وسیله شبکه عصبی حل شود، از سوی طراح انتخاب می‌شود (روشن، ۱۳۸۳). انواع توابع محرکی که در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از: تابع تبدیل خطی[2]، تابع تبدیل آستانه‌ای یا محدود ساز[3]، تابع تبدیل لجستیک-سیگوئید[4]، تابع تبدیل تانژانت هایپربولیک-سیگوئید[5]. در این مطالعه، تابع تبدیل تانژانت هایپربولیک-سیگوئید در همه موارد عملکرد بهتری نشان داد.

به‌منظور جلوگیری از کوچک شدن بیش از حد وزن‌ها در شبکه‌های عصبی، ورودی‌ها استاندارد می‌شوند. استاندارد کردن داده‌ها که معمولاً قبل از آموزش شبکه صورت می‌پذیرد، به معنی انجام تبدیل‌هایی بر ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه، به‌منظور بیرون کشیدن ویژگی‌ها از درون ورودی‌ها و تبدیل خروجی به‌شکل قابل فهم‌تر برای شبکه است. وارد کردن داده‌ها به‌صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود. در نهایت می‌توان خروجی‌های شبکه را با معکوس کردن الگوریتم استاندارد سازی به حالت اولیه برگرداند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۹).

ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی که به آن معماری اطلاق می‌گردد، شکلی است که نرون‌ها در دسته‌هایی که لایه نام دارند، مرتب می‌شوند. معماری معمول شبکه عصبی متشکل از سه لایه ورودی (داده‌ها را در شبکه توزیع می‌کند)، لایه پنهان (داده‌ها را پردازش می‌کند) و لایه خروجی (نتایج را به ازای ورودی‌های مشخص، استخراج می‌کند) می‌باشد. یک شبکه می‌تواند از یک یا چند لایه پنهان تشکیل شود. طراحی معماری شبکه عصبی عموماً بر مبنای روش سعی و خطا است و طی آن با استفاده از ارقام مختلف لایه‌های پنهان و نرون‌های مربوط، می‌توان شبکه بهینه را تعیین نمود. هر چه تعداد لایه‌ها و نرون‌ها افزایش یابد، باعث عملکرد بهتر شبکه برای دوره آموزش می‌شود، اما عملکرد طی دوره آزمون شبکه معمولاً کاهش می‌یابد. این مسأله را برازش بیش از حد اطلاق می‌کنند و بدین سبب بروز می‌کند که شبکه با داشتن تعداد زیاد لایه پنهان و نرون‌های مربوط، بیش از اندازه بر اساس داده‌های دوره آموزش واسنجی می‌شود و قدرت انعطاف را برای الگوهای دیگر از دست می‌دهد (دلاور، ۱۳۸۴).

الگوریتم‌های مختلفی برای آموزش شبکه‌های عصبی وجود دارد که در این مطالعه از روش انتشار برگشتی[6] استفاده شده است که در ادامه به تشریح آن پرداخته می‌شود.

الگوریتم یادگیری انتشار برگشتی (پس انتشار) مبتنی بر قانون یادگیری اصلاح خطا می‌باشد. در این روش با استفاده از مجموعه وزن‌های تصادفی اولیه، آموزش آغاز می‌شود و پس از تعیین خروجی مدل برای هریک از الگوهای ارائه شده در مجموعه آموزش، خطای حاصل از تفاوت بین خروجی مدل و مقادیر مورد انتظار محاسبه شده و با برگشت به داخل شبکه در جهت عکس (خروجی به ورودی) تصحیح می‌شود. این روش به دلیل نحوه تنظیم و تصحیح وزن‌ها، الگوریتم انتشار برگشتی نامیده می‌شود (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۹).

شبکه‌های عصبی مصنوعی مبتنی بر جهت ورود اطلاعات و پردازش آن‌ها دارای مدل‌های مختلفی هستند. در این تحقیق از شبکه‌های عصبی پیشرو استفاده شده است. در شبکه‌های عصبی پیشرو، گره‌ها در لایه‌های متوالی قرار گرفته‌اند و ارتباط آن‌ها یک طرفه است. زمانی که یک الگوی ورودی به شبکه اعمال می‌شود، اولین لایه، مقادیر خروجی‌اش را محاسبه کرده و در اختیار لایه بعدی قرار می‌دهد. لایه بعدی این مقادیر را به‌عنوان ورودی دریافت کرده و مقادیر خروجی‌اش را به لایه بعدی منتقل می‌کند و هر گره فقط به گره‌های لایه بعدی سیگنال منتقل می‌کند.

در پایان برای بررسی و آزمون اعتبار شبکه‌ها، به ارزیابی عملکرد آن‌ها پرداخته می‌شود. هدف حداقل کردن خطای پیش بینی است. معیارهای ارزیابی شبکه شامل میانگین قدر مطلق انحراف[7]، میانگین مربع خطا[8]، ریشه میانگین مربع خطا[9]، ضریب

1- Atuo Regressive
2- Linear Transfer Function
3- Threshold or Hard Limit Transfer Function
4- Log-Sigmoid Transfer Function
5- Hyperbolic Tangent Sigmoid Transfer Function

6- Back Propagation
7- Mean Absolute Deviation (MAD)
8- Mean Squared Error (MSE)
9- Root Mean Square Error (RMSE)

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین یا مجذور ضریب همبستگی[1]، میانگین قدر مطلق درصد خطا[2] و آماره یو[3] می‌باشند که در این مطالعه از معیارهای ریشه میانگین مربع خطا و ضریب تعیین، به‌منظور مقایسه مدل‌ها استفاده شده است. داده‌های ارتفاع مطلق سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت به‌منظور پیش‌بینی سطح آب‌های زیرزمینی این شهرستان، به‌صورت ماهیانه برای دوره زمانی مهرماه ۱۳۶۵ (۱۳۶۵:۷) تا شهریورماه ۱۳۹۲ (۱۳۹۲:۶) از دفتر مطالعات پایه منابع آب و آمار میزان بارندگی در این شهرستان به‌منظور پیش‌بینی بارندگی نیز به‌صورت ماهیانه برای دوره زمانی فروردین ۱۳۷۰ (۱۳۷۰:۱) تا شهریورماه ۱۳۹۳ (۱۳۹۳:۶) از اداره کل هواشناسی استان کرمان جمع‌آوری شد. همچنین به‌منظور تخمین مدل‌ها از بسته نرم‌افزاری متلب[4] استفاده گردید.

نتایج و بحث

در این تحقیق برای طراحی مدل شبکه عصبی مصنوعی، ساختارهای مختلف شبکه انتشار برگشتی پیشرو[5] مورد بررسی قرار گرفت. هتچ–نلسن[6] (۱۹۸۷) نشان داد که یک شبکه انتشار برگشتی با یک لایه پنهان می‌تواند هر تابع پیوسته‌ای را با هر درجه‌ای برآورد کند. از میان توابع محرک، تابع تانژانت هایپربولیک– سیگموئید در همه موارد، عملکرد بهتری نشان داد. همچنین از وقفه متغیرها به‌عنوان پارامتر ورودی استفاده شد. اگرچه الگوسازی تنها با استفاده از مقادیر گذشته متغیر وابسته تاحدی ساده می‌باشد، اما کارایی بهتری در مقایسه با مدل‌های پیچیده دارند (چن و همکاران[7]، ۲۰۰۱).

به‌منظور پیش‌بینی میزان بارندگی در شهرستان جیرفت، در ابتدا داده‌ها به دو دسته تقسیم شدند؛ به‌طوری‌که داده‌های دوره زمانی فروردین ۱۳۷۰ تا شهریور ۱۳۸۶ برای آموزش و داده‌های دوره زمانی مهر ۱۳۸۶ تا شهریور ۱۳۹۳ برای اعتبارسنجی مدل‌ها اختصاص داده شد. سپس چندین معماری در نظر گرفته شد که بر اساس شاخص‌های ریشه میانگین مربع خطا و ضریب تعیین بهترین معماری، هفت نرون در لایه پنهان تعیین شد (جدول ۱).

شکل (۳) مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده میزان بارندگی در شهرستان جیرفت را طی دوره اعتبارسنجی برای معماری مذکور نشان می‌دهد. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، تفاوت معنی‌دار بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده وجود ندارد.

میزان بارندگی در شهرستان جیرفت برای دوره ۱۳۹۶:۱۲–۱۳۹۳:۰۶ با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی شد که متوسط بارندگی برای سال‌های ۱۳۹۶–۱۳۹۳ در جدول (۲) ارائه شده است.

نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد که طی سال‌های ۹۶–۱۳۹۳ میزان بارندگی در این شهرستان دارای نوسان می‌باشد و متوسط بارندگی ۱۱۰/۹۱ میلی‌متر در سال خواهد بود.

به‌منظور پیش‌بینی سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت نیز در ابتدا داده‌ها به دو دسته تقسیم شدند؛ به‌طوری‌که داده‌های دوره زمانی مهر ۱۳۶۵ تا مرداد ۱۳۸۴ برای آموزش و داده‌های دوره زمانی شهریور ۱۳۸۴ تا شهریور ۱۳۹۲ برای اعتبارسنجی مدل‌ها اختصاص داده شد. سپس چندین معماری در نظر گرفته شد که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود بر اساس شاخص‌های ریشه میانگین مربع خطا و ضریب تعیین بهترین معماری، پنج نرون در لایه پنهان در نظر گرفته شد.

شکل (۴) مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت را طی دوره اعتبارسنجی برای معماری مذکور نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده این است که تفاوت معنی‌دار بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده، وجود ندارد.

سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت برای دوره ۱۳۹۶:۱۲–۱۳۹۲:۰۷ با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی شد که شکل (۵) روند آن را برای دوره مذکور نشان می‌دهد. همچنین متوسط سطح آب‌های زیرزمینی برای سال‌های ۱۳۹۶–۱۳۹۳ در جدول (۴) آورده شده است.

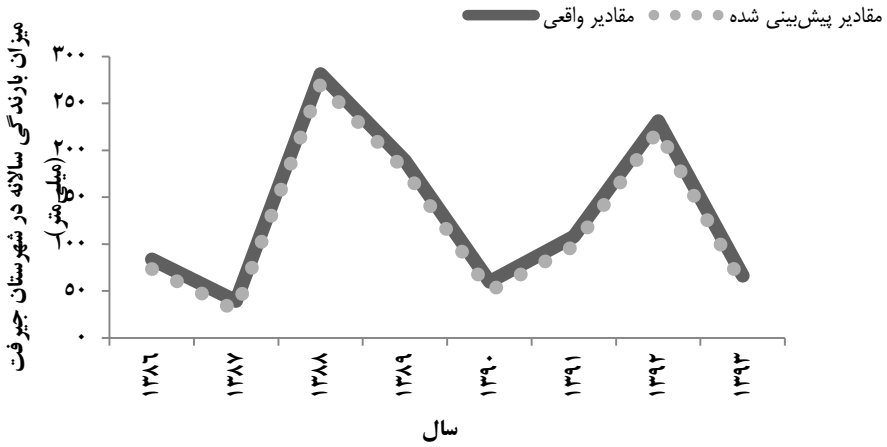
نتایج نشان می‌دهد که بدون اتخاذ سیاست‌های جدید و ادامه یافتن روند کنونی بهره‌برداری، سطح آب‌های زیرزمینی این شهرستان طی سال‌های ۹۶–۱۳۹۳، روند نزولی خواهد داشت و سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت از ۵۸۰/۳۱ متر در مهرماه سال ۱۳۹۲ به ۵۷۳/۶۳ متر در اسفند ماه سال ۱۳۹۶ کاهش می‌یابد. در واقع با ادامه یافتن روند کنونی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی این شهرستان و همچنین عدم تغییرات در روند تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی، سطح این آب‌ها طی چهار سال و نیم آینده حدود ۶/۶۸ متر پایین‌تر می‌رود. به‌عبارت دیگر طی این مدت، به‌طور متوسط سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی این شهرستان حدود ۱/۵ متر کاهش می‌یابد. با توجه به این‌که متوسط بارندگی سالانه طی سال‌های ۹۶–۱۳۹۳ کمتر از سال‌های قبل پیش‌بینی شد؛ لذا امکان تغذیه بیشتر این آب‌ها به کمک نزولات جوی با ادامه روند کنونی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، نخواهد بود و روند کنونی بهره‌برداری از این آب‌ها به پایین رفتن هر چه بیشتر آن‌ها منجر خواهد شد.

1- Coefficient of Determination (R^2)
2- Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
3- Theil-U Statistic
4- MATLAB
5- Feed- Forward Back Propagation
6- Hetch-Nielsen
7- Chen *et al.*

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- مقایسه معماری‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی میزان بارندگی شهرستان جیرفت

تعداد نرون در لایه پنهان	ریشه میانگین مربع خطا		ضریب تعیین	
	آموزش	اعتبارسنجی	آموزش	اعتبارسنجی
۱	۰/۰۳۳	۰/۰۵۷	۰/۸۸۳۶	۰/۸۱۵۶
۲	۰/۰۷۴	۰/۰۹۲	۰/۸۵۷۴	۰/۷۷۲۹
۳	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۹۶	۰/۹۸۶۳	۰/۹۵۶۳
۴	۰/۰۶۳	۰/۰۸۲	۰/۸۸۵۴	۰/۸۱۰۴
۵	۰/۰۳۴	۰/۰۶۱	۰/۹۱۵۵	۰/۸۷۹۲
۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱۸	۰/۹۳۴۵	۰/۸۹۳۷
۷	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲۶	۰/۹۹۹۷	۰/۹۸۱۳
۸	۰/۰۳۷	۰/۰۶۴	۰/۸۹۶۲	۰/۸۴۶۹



شکل ۳- مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده میزان بارندگی در شهرستان جیرفت

جدول ۲- مقادیر پیش‌بینی شده میزان بارندگی در شهرستان جیرفت طی دوره ۹۶-۱۳۹۳

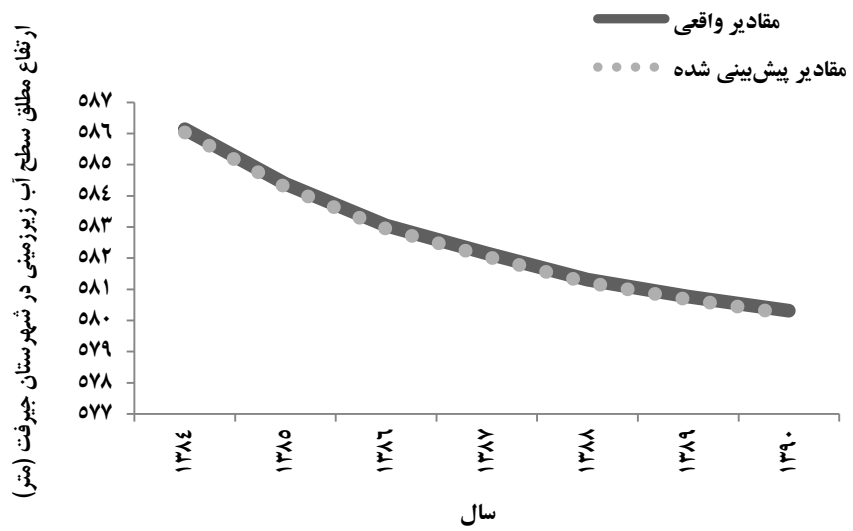
سال	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
میزان بارندگی (میلی‌متر)	۸۷/۰۳	۱۳۲/۸۴	۶۸/۳۲	۱۵۵/۴۵

جدول ۳- مقایسه معماری‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت

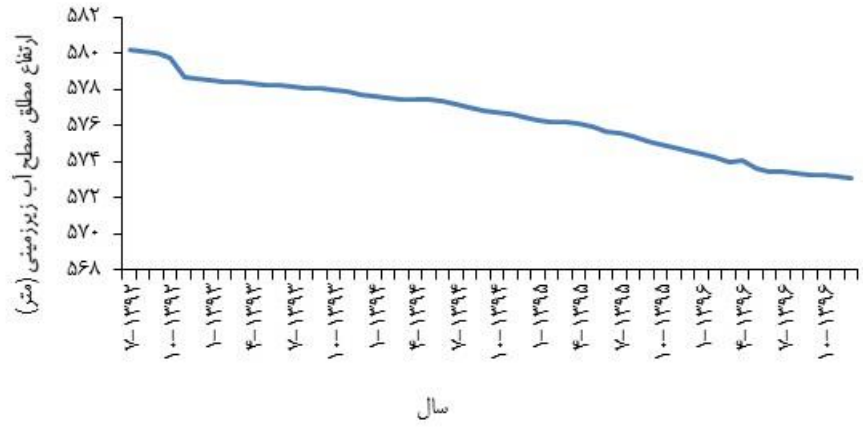
تعداد نرون در لایه پنهان	ریشه میانگین مربع خطا		ضریب تعیین	
	آموزش	اعتبارسنجی	آموزش	اعتبارسنجی
۱	۰/۰۲۷	۰/۰۴۸	۰/۹۴۶۳	۰/۹۱۲۸
۲	۰/۰۳۰	۰/۰۵۱	۰/۹۳۲۰	۰/۸۹۵۴
۳	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸	۰/۹۸۳۵	۰/۹۳۱۹
۴	۰/۰۳۰	۰/۰۴۹	۰/۹۴۳۲	۰/۹۰۹۴
۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۰/۹۹۹۹	۰/۹۸۳۷
۶	۰/۰۴۰	۰/۰۶۸	۰/۸۲۷۰	۰/۷۹۳۸

Archive

www.SID.ir



شکل ٤- مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت



شکل ٥- روند مقادیر پیش‌بینی شده سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت برای دوره ۱۳۹۶:۱۲-۱۳۹۲:۰۷

جدول ٤- مقادیر پیش‌بینی شده سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۳

سال	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
سطح آب زیرزمینی (متر)	۵۷۸/۱۶	۵۷۷/۱۳	۵۷۵/۵۸	۵۷۳/۶۳

نتیجه‌گیری

شهرستان جیرفت یک منطقه مهم تولید محصولات کشاورزی در کشور محسوب می‌شود. با توجه به واقع شدن این شهرستان در منطقه گرم و خشک، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، سبب افت شدید سطح ایستایی، خشک شدن چشمه‌ها و قنات‌ها و عوارض تبعی آن‌ها در توسعه کشاورزی شده است؛ لذا در این مطالعه به پیش بینی سطح آب‌های زیرزمینی شهرستان جیرفت و میزان بارندگی در این شهرستان طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۳ به‌منظور بررسی چگونگی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در شهرستان جیرفت و امکان تغذیه آن به‌وسیله نزولات جوی پرداخته شده است. تا لزوم اتخاذ سیاست‌های جدید و تصمیم گیری برای مدیریت این منابع آشکار شود. بدین منظور از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد.

نتایج نشان داد که اگر روند کنونی بهره‌برداری از این آب‌ها ادامه یابد، سطح آب‌های زیرزمینی این شهرستان طی چهار سال و نیم آینده حدود ۶/۶۸ متر کاهش می‌یابد و نزولات جوی با ادامه

www.SID.ir

روند بهره‌برداری کنونی نمی‌تواند به افزایش سطح این آب‌ها کمک نماید. لذا با توجه به اهمیت بسیار زیاد آب‌های زیرزمینی در این شهرستان، به منظور جلوگیری از کاهش هر چه بیشتر سطح این آب‌ها بایستی به دنبال راهکارهای جدید بود و ادامه روند کنونی بهره‌برداری به نابودی آن‌ها می‌انجامد.

در ایران بیش از ۹۰ درصد آب قابل استحصال، در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. لذا با مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی می‌توان مصرف آب و همچنین بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. امروزه، یکی از بهترین روش‌ها به‌منظور مصرف کمتر هر نهاده، افزایش بهره‌وری است. لذا استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار برای بالا بردن بهره‌وری و کارایی استفاده از نهاده آب و ترویج روش‌های مناسب آبیاری در بین کشاورزان و پرداخت تسهیلات به کشاورزان جهت استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار و بازسازی مسیرهای انتقال آب پیشنهاد می‌شود. تصفیه پساب فاضلاب‌های شهری و استفاده از این پساب‌ها برای مصارف کشاورزی و همچنین کشت ارقام مقاوم به خشکی می‌تواند به کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کمک نماید.

منابع

۱- اسفندیاری درآباد، ف.، حسینی، ا.، آزادی مبارکی، م. و ز. حجازی زاده. ۱۳۸۹. پیش بینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP). فصلنامه انجمن جغرافیای ایران، ۲۷: ۶۵-۴۵.

۲- اکبری، م.، جرگه، م. و ح. مدنی سادات. ۱۳۸۸. بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۶(۴): ۷۸-۶۳.

۳- ایزدی، ع.، داوری، ک.، علیزاده، ا. و ب. قهرمان. ۱۳۸۷. کاربرد مدل داده‌های ترکیبی در پیش بینی سطح آب زیرزمینی. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۲): ۱۴۳-۱۴۲.

۴- خوشحال دستجردی، ج. و م. حسینی. ۱۳۸۹. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی عناصر اقلیمی و پیش بینی سیکل خشکسالی (مطالعه موردی: استان اصفهان). مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۹(۳): ۱۲۰-۱۰۷.

۵- دلاور، م. ۱۳۸۴. تحلیل و ارائه مدل نوسانات تراز آب دریاچه ارومیه و آنالیز ریسک مناطق ساحلی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۷ صفحه.

۶- رحمانی، ع. و م. سدهی. ۱۳۸۳. پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت همدان- بهار با مدل سری‌های زمانی. مجله آب و فاضلاب، ۵۱: ۴۹-۴۲.

۷- روشن، ر. ۱۳۸۵. پیش بینی تورم ایران به کمک مدل‌های ARIMA, GHARCH, ARCH و شبکه‌های عصبی و مقایسه کارایی مدل‌های مذکور. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اداری- اقتصادی، دانشگاه زاهدان، ۱۳۵ صفحه.

۸- صادقی، ح.، ذوالفقاری، م. و م. الهامی‌نژاد. ۱۳۹۰. مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی و مدل ARIMA در مدل‌سازی و پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت سبد نفت‌خام اوپک (با تاکید بر انتظارات تطبیقی). فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۲۸: ۴۷-۲۵.

۹- طرازکار، م. ۱۳۸۴. پیش بینی قیمت برخی محصولات زراعی در استان فارس: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۱۸۳ صفحه.

۱۰- فلاح، س.، قبادی نیا، م.، شکرگزار دارابی، م. و ش. قربانی دشتکی. ۱۳۹۱. بررسی پایداری منابع آب زیرزمینی دشت داراب استان فارس. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶(۲): ۱۷۲-۱۶۱.

۱۱- فهیمی‌فرد، س.، سالارپور، م. و م. صبوحی. ۱۳۹۰. مقایسه توان پیش‌بینی مدل عصبی-فازی ANFIS با مدل شبکه عصبی ANN و خود رگرسیونی ARIMA مطالعه موردی قیمت هفتگی تخم‌مرغ. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۷۴: ۲۰۳-۱۸۱.

۱۲- کریمی گوغری، ش. و ا. اسلامی. ۱۳۸۷. پیش بینی بارندگی سالانه در استان کرمان با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۲ (۲): ۱۳۲-۱۲۳.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳- محتشم، م.، دهقانی، ا. ا.، اکبرپور، ا. و م. مفتاح هلقی. ۱۳۸۸. پیش‌بینی سطح ایستایی آب زیرزمینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: دشت بیرجند). هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز، شیراز. اردیبهشت.

۱۴- منهاج، م. ۱۳۷۷. مبانی شبکه‌های عصبی (هوش محاسباتی). نشر دکتر حسابی، چاپ اول، تهران، ۷۱۸ صفحه.

۱۵- منهاج، م. کاظمی، ع. شکوری گنجوی، ح. و م. مهرگان. ۱۳۸۸. پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل و نقل با استفاده از شبکه‌های عصبی: مطالعه موردی در ایران. پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۶۶: ۲۲۰-۲۰۳.

۱۶- نجفی، ب. و م. طرازکار. ۱۳۸۵. پیش بینی میزان صادرات پسته ایران: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی. پژوهشنامه بازرگانی، ۳۹: ۲۱۴-۱۹۱.

۱۷- یوسفی‌راد، م.، صفایی جزی، ر. و م. بخشایی. ۱۳۸۷. محاسبه حجم آبخوان‌های آبرفتی (سفره‌های آب زیر زمینی) در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه موردی : دشت کمیجان اراک. همایش ژئوماتیک، تهران، اردیبهشت.

18- Bithas, K. 2008. The sustainable residential water use: Sustainability, efficiency and social equity. Ecological Economics, 68: 221-229.

19- Chen, X., Racine, J. and R. N. Swanson. 2001. Semiparametric ARX neural network models with an application to forecasting inflation. Neural Networks, 12 (4): 674-683.

20- Elsafi, S. H. 2014. Artificial Neural Networks (ANNs) for flood forecasting at Dongola station in the river Nile, Sudan. Alexandria Engineering Journal, 53 (3): 655-662.

21- Haoffi, Z., Guoping, X., Fagting, Y. and Y. Han. 2007. A neural network model based on the multi-stage optimization approach for short-term food price forecasting in China. Expert Systems with Applications, 33: 347-356.

22- Hetch-Nielsen, R. 1987. Kolmogorov's mapping neural networks existence theorem. In first IEEE International Conference on Neural Networks, San Diego, California., 3-11, IEEE, Piscataway, N. J.

23- Hotunluoglu, H. 2011. Forecasting Turkey's energy demand using artificial neural networks: Three scenario application. Journal of Ege Academic Review, 11: 87-94.

24- Kavaklioglu K., Ceylan H., Ozturk, H.K. and O. E. Canyurt. 2009. Modeling and prediction of Turkey's electricity consumption using Artificial Neural Networks. Energy Conversion and Management, 50: 2719–2727.

25- Khan, S., Gabriel, H. F. and T. Rana. 2008. Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. Irrigation and Drainage Systems, 22:159–177.

Archive of SID

www.SID.ir