

ارزیابی دقت شبکه‌های عصبی مصنوعی در برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای، مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز استان فارس

محمد شعبانی^۱، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیریز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۱۱

چکیده

برآورد دبی اوج سیلاب در حوزه‌های آبخیز یکی از مهم‌ترین مسائلی است که هیدرولوژیست‌ها و کارشناسان بخش آب را به خود مشغول کرده است. یکی از روش‌های نوین در حل مسائل مهندسی آب و رودخانه‌ها و همچنین، برآورد دبی اوج لحظه‌ای، استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد که با الگوبرداری از شبکه مغز انسان ضمن اجرای فرآیند آموزش، روابط درونی بین داده‌ها را کشف و برای موقعیت‌های دیگر تعمیم می‌دهد. هدف از انجام این پژوهش مقایسه کارایی روش شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های تجربی برآورد دبی اوج لحظه‌ای در تعدادی از حوزه‌های آبخیز استان فارس می‌باشد. برای این منظور ابتدا آمار دبی حداکثر روزانه و دبی اوج لحظه‌ای هفت ایستگاه هیدرومتری در طی یک دوره آماری ۲۴ ساله جمع‌آوری و پس از رفع نواقص آماری و حذف داده‌های پرت، مقادیر دبی اوج لحظه‌ای به کمک روش شبکه عصبی مصنوعی و سه روش تجربی Sangal, Fuller و Steiner و Fill برآورد شد. سپس نتایج به‌دست آمده از دو روش شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های تجربی براساس معیارهای RMSE, MAE و R^2 مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که برآوردهای شبکه عصبی در تمامی ایستگاه‌ها در مقایسه با برآورد مدل‌های تجربی از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد که نشان‌دهنده پایین بودن خطاها در مدل شبکه عصبی نسبت به مدل‌های تجربی است.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه هیدرومتری، دبی اوج، دبی روزانه، روش تجربی، مهندسی رودخانه

مقدمه

بررسی دقیق مجموعه عوامل موثر بر تخریب محیط‌زیست نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، تغییر کاربری اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن احتمال سیل‌خیزی در مناطق گوناگون را افزایش داده است. سیل از جمله پدیده‌هایی است که خسارات فراوانی به منابع وارد می‌سازد و همواره مورد توجه کارشناسان هیدرولوژی بوده است. از طرفی برآورد صحیح سیل برای انجام تدابیر مناسب در راستای مهار و مدیریت بهینه آن ضروری است. یکی از اطلاعات مورد نیاز و اثرگذار در طراحی عملیات آبخیزداری، حفاظت خاک، کنترل سیلاب، سامان‌دهی رودخانه و طراحی سامانه پخش سیلاب برآورد دبی جریان سیلابی با احتمالات مختلف می‌باشد به‌طوری‌که برآورد دقیق این عامل نقش تعیین‌کننده‌ای از نظر کاهش خسارات اقتصادی و تامین سلامت سازه‌های آبی دارد. بدین منظور از سال‌ها پیش محققین تلاش‌های زیادی در این خصوص انجام داده‌اند و براساس اطلاعات آزمایشگاهی و میدانی عموماً بر مبنای اصول فیزیکی روابطی به‌دست آورده‌اند که منجر به پیشبرد این عمل گشته است. اما در اغلب روش‌های موجود علاوه بر حضور پارامترهای مختلفی که در اکثر رودخانه‌ها اندازه‌گیری نمی‌شوند نیاز به حل معادلات پیچیده ریاضی می‌باشد. بنابراین با توجه به مشکلات موجود، امروزه بسیاری از محققین به روش‌های نوین پردازشی برای حل این مساله روی آورده‌اند.

در سال‌های اخیر روش‌های هوش مصنوعی از جمله منطق فازی و شبکه عصبی در زمینه‌هایی که در آن‌ها ارتباط بین ورودی و خروجی غیرخطی بوده کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. این روش‌ها به‌عنوان یک جعبه سیاه مناسب که

^۱ نویسنده مسئول: mohamshabani@yahoo.com

کمتر در قید و بند مسائل فیزیکی بوده و قادرند فرآیند غیرخطی و غیرایستای جریان رودخانه را بدون نیاز به مدل‌سازی عامل‌های محیطی و ژئومتری موثر بر جریان رودخانه مدل‌سازی کنند، می‌باشند. یکی از روش‌های نوظهور در حل مسائل مهندسی رودخانه، استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی^۱ (ANN) است. شبکه‌های عصبی مصنوعی براساس ساختمان مغز انسان و برای اهداف مختلفی چون شبیه‌سازی، تشخیص الگو، کلاس‌بندی و بهینه‌سازی در علوم مختلف مهندسی به کار گرفته شده‌اند. قابلیت شبکه‌های عصبی برای نگاشت بین اطلاعات ورودی و خروجی با خطای قابل قبول، این مدل را به ابزاری مناسب برای مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژی و مهندسی تبدیل کرده است (دستورانی، ۱۳۸۵). در زمینه کارآیی شبکه عصبی در برآورد دبی اوج لحظه‌ای در داخل و خارج کشور پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

دستورانی (۱۳۸۵) کارآیی شبکه‌های عصبی مصنوعی را در چند زمینه مرتبط با رواناب و بارش ارزیابی نموده و توانایی‌های این تکنیک را در برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار، پیش‌بینی بهنگام سیل، بازسازی داده‌های هیدرولوژیکی و نیز بهینه‌سازی نتایج مدل‌های هیدرودینامیکی به‌وسیله این تکنیک مورد تأکید قرار داده است. فتح آبادی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از روش‌های شبکه عصبی و مدل‌های زمانی به پیش‌بینی دبی رودخانه طالقان رود در محل ایستگاه گلینک پرداختند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که برای پیش‌بینی دبی، مدل‌های ترکیبی دو و سه بهترین عملکرد را داشته و بعد از این مدل‌ها، مدل‌های سری زمانی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های شبکه عصبی و ANFIS^۲ با تفکیک خوشه‌ای و شبکه‌ای داشته‌اند. سلیمی کوچی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی تحت عنوان بررسی کارآیی برخی روش‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای با استفاده از ۱۲ ایستگاه در نیمه شمالی و غربی کشور با مقایسه برخی روش‌های تجربی و روش هوش مصنوعی به این نتیجه رسیدند که روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های تجربی در برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای با استفاده از آمار دبی حداکثر روزانه برتری دارد. خسروی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان تعیین بهترین تابع فعال‌سازی لایه خروجی در شبکه عصبی برای پیش‌بینی دبی اوج در دو حوزه آبخیز گنده و گلینک در طالقان به این نتیجه رسیدند که تابع خطی با داشتن کمترین RMSE برای لایه خروجی مناسب می‌باشد.

Amad و Simonovic (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که از مدل شبکه عصبی مصنوعی و بر پایه پارامترهای هیدرو اقلیمی می‌توان برای پیش‌بینی دبی اوج لحظه‌ای رودخانه‌ها در شمال آمریکا استفاده نمود. براساس نتایج به‌دست آمده هر چند شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌صورت کلی، کارآیی مناسبی را در شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان از خود نشان دادند، ولی نوع شبکه عصبی مصنوعی و نیز خصوصیات داده‌های ورودی مدل به‌ویژه داده‌های آموزشی، پارامترهای بسیار مهمی هستند که تأثیر عمده‌ای روی خروجی مدل دارند. Dastorani (۲۰۰۷) توانایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی را برای شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک آب و پیش‌بینی سیلاب در حوزه‌های آبخیز با سه نوع شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، برگشتی و برگشتی با تأخیر زمانی به‌صورت جداگانه مورد استفاده و ارزیابی قرار داد. براساس نتایج به‌دست آمده هر چند شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌صورت عمومی و کلی کارآیی مناسبی را در پیش‌بینی دبی جریان از خود نشان دادند ولی نوع شبکه عصبی و ویژگی‌های ورودی مدل پارامترهای بسیار مهمی هستند که تأثیر عمده‌ای روی کیفیت خروجی مدل دارند.

Kumar و Jain (۲۰۰۷) عملکرد شبکه عصبی و مدل‌های سری‌های زمانی را در پیش‌بینی مقادیر دبی ماهانه رودخانه کلرادو آمریکا برای سه سناریو مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر سه سناریو با افزایش تعداد ورودی‌ها برای شبکه عصبی و افزایش مرتبه مدل در مدل‌های اتورگرسیو (AR) کارآیی مدل‌ها بهتر شد. همچنین در هر سه سناریو کارآیی شبکه عصبی بهتر از مدل‌های AR بود. Banihabib و همکاران (۲۰۰۸) به‌منظور شبیه‌سازی سیلاب حوضه رودخانه آچی‌چای در شرایط بارش فراگیر، شبکه عصبی مصنوعی چند لایه با

¹ Artificial Neural Network

² Adaptive-Networkbased Fuzzy Inference Systems

الگوریتم پس انتشار خطا^۱ با ۳۰ نرون در لایه مخفی را با دقت قابل قبول اعلام کردند. آن‌ها همچنین کاهش یا افزایش تعداد نرون‌های لایه مخفی را موجب کاهش دقت شبیه‌سازی دانستند. Mehmet و همکاران (۲۰۰۹) مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و SWAT را برای پیش‌بینی جریان به کار بردند. مقایسه این دو مدل براساس دقت پیش‌بینی‌ها انجام گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی ابزار قدرتمندی برای پیش‌بینی جریان می‌باشد. با توجه به مجموع پژوهش‌های انجام شده، روش شبکه عصبی مصنوعی یکی از روش‌های ریاضی در شبیه‌سازی دبی اوج سیلاب می‌باشد که توانسته است با دقت بالا و خطای کمتر نسبت به دیگر روش‌ها این فاکتور را برآورد نماید. هدف از انجام این پژوهش که در برخی از حوزه‌های آبخیز استان فارس واقع در جنوب ایران صورت گرفت، ارزیابی دقت روش شبکه عصبی مصنوعی در برآورد دبی اوج لحظه‌ای با استفاده از داده‌های دبی حداکثر ۲۴ و مقایسه آن با برخی روش‌های تجربی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده: در این پژوهش جهت برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای با توجه به گستردگی استان فارس، ابتدا تعداد ۱۴ ایستگاه هیدرومتری در استان فارس انتخاب شد که با توجه به کوتاه بودن طول دوره آماری مربوط به دبی حداکثر لحظه‌ای در برخی ایستگاه‌های هیدرومتری، تعدادی از ایستگاه‌ها حذف و در نهایت هفت ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری ۲۴ سال (۱۳۸۹-۱۳۶۶) برای برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای انتخاب شدند. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه را در استان فارس نشان می‌دهد. شکل ۱ نیز پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در روی نقشه استان فارس را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان فارس

ایستگاه	رودخانه	طول جغرافیایی (m)	عرض جغرافیایی (m)	ارتفاع (m)	مساحت (km ²)
جمال بیگ	شور خارستان	۵۹۲۶۹۹	۳۳۸۵۲۹۵	۱۸۸۰	۱۶۰
تنگاب	فیروزآباد	۶۴۹۹۵۲	۳۱۹۸۹۵۸	۱۳۷۶	۱۴۱۰
تنگ کارزین	مند	۷۰۷۹۷۰	۳۱۵۸۶۶۶	۷۶۰	۱۳۰۷۵
گوزون	رودبال	۸۳۶۷۳۰	۳۱۹۲۵۶۴	۱۲۳۹	۹۰۰
درب قلعه	رودبال	۸۲۹۹۰۳	۳۲۰۳۴۶۶	۱۴۱۹	۷۰۰
بند بهمن	قره‌آغاچ	۶۵۲۹۷۲	۳۲۳۲۴۹۱	۱۶۴۲	۲۴۱۰
علی‌آباد	قره‌آغاچ	۷۰۰۱۱۹	۳۲۱۰۰۲۲	۱۳۵۹	۳۵۷۰

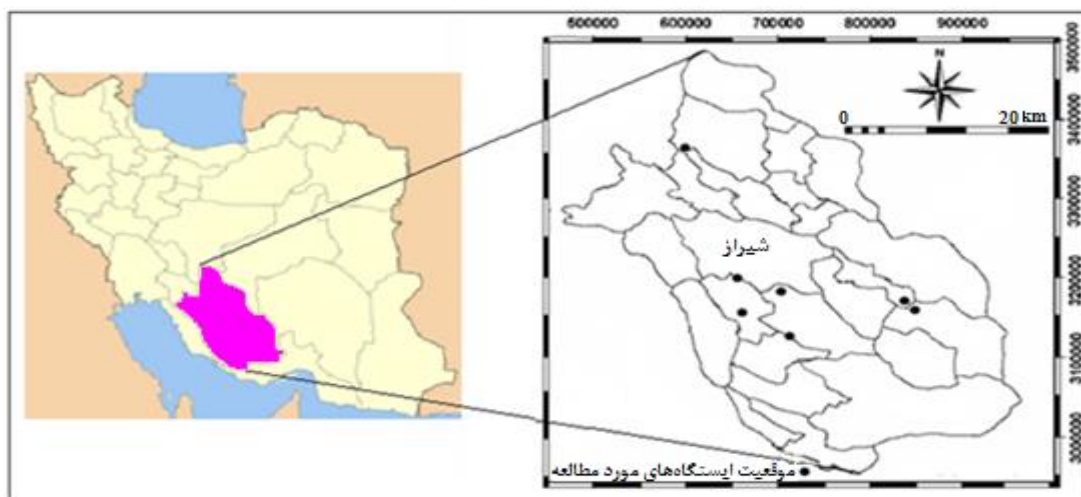
روش‌های مورد بررسی: با توجه به هدف پژوهش جهت مقایسه روش شبکه عصبی مصنوعی با روش‌های تجربی برآورد دبی اوج لحظه‌ای از سه روش تجربی شامل روابط Sangal (۱۹۸۳)، Fill و Steiner (۲۰۰۳) و رابطه دوم Fuller (۱۹۱۴) استفاده شد که به‌طور خلاصه معرفی می‌شوند (سلیمی کوچی، ۱۳۸۸).

رابطه دوم Fuller: Fuller (۱۹۱۴) با استفاده از داده‌های ۲۴ حوضه رودخانه با سطح زهکش ۳/۰۶ تا ۵۹۲/۱۵۱ کیلومتر مربع، رابطه (۱) را جهت برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای پیشنهاد داد.

$$Q_{\max} = Q(1 + 2.66A^{-0.3}) \quad (1)$$

که در آن، Q_{\max} دبی حداکثر لحظه‌ای بر حسب متر مکعب بر ثانیه، Q حداکثر دبی میانگین روزانه بر حسب متر مکعب بر ثانیه و A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع می‌باشد.

¹ Multy-Layer Perceptron with Error Back Propagation Algorithm



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در روی نقشه استان فارس

روش Sangal: با فرض یک هیدروگراف واحد مثلثی برای جریان، Sangal (۱۹۸۳) رابطه (۲) را پیشنهاد نمود.

$$Q_{\max} = (4Q_2 - Q_1 - Q_3) / 2 \quad (2)$$

که در آن، Q_{\max} دبی حداکثر لحظه‌ای بر حسب متر مکعب بر ثانیه، Q_2 میانگین دبی روزانه روزی که پیک در آن اتفاق افتاده است و Q_1 و Q_3 میانگین دبی روزانه روز قبل و بعد از آن روز بر حسب متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. در این مطالعه Sangal داده‌های میانگین دبی روزانه سه روز متوالی را به کار برد. وی این فرمول را با استفاده از داده‌های ۳۸۷ ایستگاه در انتاریو کانادا آزمون کرد که نتایج این روش دارای دقت قابل قبولی بودند.

روش Steiner و Fill: با استفاده از رابطه‌ای مشابه رابطه Sangal (۱۹۸۳)، Steiner و Fill (۲۰۰۳) برای تخمین دبی پیک لحظه‌ای با استفاده از دبی میانگین روزانه در جنوب برزیل استفاده کردند (رابطه ۳).

$$Q_{\max} = 0.8Q_2 + 0.25(Q_1 + Q_3) / K \quad (3)$$

که در آن، K فاکتور تصحیح می‌باشد که از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$K = 0.9123X + 0.360 \quad (4)$$

مقدار X نیز از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$X = (Q_1 + Q_3) / 2Q_2 \quad (5)$$

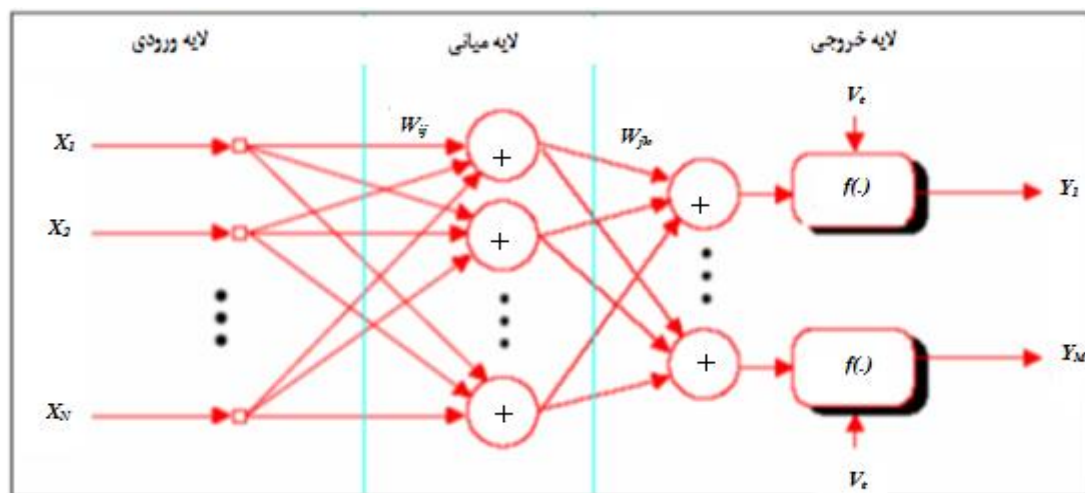
روش شبکه عصبی مصنوعی: مهم‌ترین دلیل انتخاب شبکه عصبی مصنوعی جهت مدل‌سازی فرآیند دبی، قدرت بالای این شبکه‌ها در برقراری روابط غیرخطی بین متغیرهای چندگانه ورودی بدون نیاز به برقراری و ارائه رابطه‌ای فیزیکی می‌باشد. در این پژوهش برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی دبی حداکثر لحظه‌ای از روی دبی حداکثر روزانه از شبکه‌های پرسپترون با الگوریتم پس انتشار خطا استفاده شده است. پژوهش‌های قبلی نشان داده است که شبکه‌های پرسپترون چند لایه در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با آب و آبخیزداری به خوبی جواب‌گو بوده و در مواردی که تغییرات زیاد نباشد، کارایی زیادی دارند (دستورانی، ۱۳۸۵ و سلیمی‌کوچی و همکاران، ۱۳۸۸).

یک شبکه عصبی مصنوعی دارای چند لایه است که هر لایه از تعدادی نرون تشکیل شده است و ارتباط میان این نرون‌ها به واسطه تنظیم وزن‌ها در طی فرآیند آموزش صورت می‌گیرد (منهاج، ۱۳۸۱). شکل ۲ ساختار یک شبکه عصبی پرسپترون را نمایش می‌دهد. جهت برآورد دبی اوج لحظه‌ای به وسیله شبکه عصبی، ابتدا داده‌های دبی حداکثر ۲۴ ساعته و دبی اوج لحظه‌ای واقعی به دو بسته آموزش و آزمون تقسیم شدند، به طوری که ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان داده‌های آموزش^۱ و ۳۰ درصد باقی‌مانده به عنوان داده‌های آزمون^۲ شبکه انتخاب شدند. پس از آماده‌سازی داده‌ها جهت

¹ Training

² Test

مدل سازی اطلاعات از نرم افزار Qnet 2000 که ساختار آن براساس روش شبکه پیشخور^۱ می باشد، استفاده شد. این نرم افزار با استفاده از شبکه پرسپترون چند لایه و الگوریتم پس انتشار خطا آموزش می بیند. با تغییر در لایه های پنهان و ترکیب معادلات مختلف، ساختار متفاوتی از شبکه عصبی مصنوعی ایجاد شد که از بین آن ها ساختار بهینه انتخاب شد. پس از انتخاب ساختار بهینه و آموزش آن، شبکه با داده های بسته آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۲- ساختار شبکه عصبی مصنوعی

ارزیابی نتایج حاصل از سه روش تجربی برآورد دبی اوج لحظه ای با شبکه عصبی مصنوعی: به منظور بررسی توانایی شبکه عصبی در برآورد دبی اوج لحظه ای رودخانه ها در مقایسه با روش های تجربی ذکر شده، نتایج برآورد هر روش با استفاده از معیارهای RMSE (ریشه دوم میانگین مربع خطا)، MAE (میانگین خطای مطلق) و R^2 (ضریب تعیین مقادیر مشاهده ای و برآوردی) که به ترتیب در روابط (۶) تا (۸) نشان داده شده اند، مورد ارزیابی قرار گرفتند و میزان دقت و خطای هر روش بررسی شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)]^2}{n}} \quad (6)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - \bar{Z}(x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n [Z(x_i) - \bar{Z}(x_i)]^2} \quad (7)$$

$$MAE = \sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)| / n \quad (8)$$

که در آن ها، n تعداد داده های مشاهده ای، $Z^*(x_i)$ مقدار برآوردی بر نقطه i ام، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده ای برای نقطه i ام و $\bar{Z}(x_i)$ میانگین مقادیر مشاهده ای می باشد.

نتایج و بحث

جدول ۲ مقادیر برخی پارامترهای مربوط به دبی حداکثر لحظه ای (Q_p) و دبی حداکثر ۲۴ ساعته (Q_{24}) در ایستگاه های مورد مطالعه را نشان می دهد. ویژگی های مربوط به ساختار بهینه شبکه عصبی که در این پژوهش برای تمامی ایستگاه ها مورد استفاده قرار گرفت در جدول ۳ آورده شده است. همچنین، نتایج مربوط به ارزیابی مقادیر

¹ Feed Forward Networks

برآورده شده به وسیله مدل شبکه عصبی و روش‌های تجربی مورد مطالعه که بر اساس معیارهای RMSE، MAE و R^2 صورت گرفت، در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۲- مقادیر برخی آماره‌های دبی حداکثر لحظه‌ای (Q_p) و حداکثر ۲۴ ساعته (Q_{24}) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره آماری ۲۴ ساله

ایستگاه	آماره	میانگین m^3/s	انحراف معیار	بیشینه	کمینه
جمال بیگ	Q_p	۴۷/۶۲	۴۱/۶۱	۱۶۰	۱/۸
	Q_{24}	۳۴/۴۸	۳۳/۸۹	۱۵۳	۱/۴۲
تنگاب	Q_p	۳۰۳/۷۴	۲۵۲/۳۶	۸۳۲/۷۰	۰/۸۸
	Q_{24}	۱۱۲/۸۳	۱۱۲/۰۲	۰/۴۳۵	۰/۱۰
تنگ کارزین	Q_p	۷۰۶/۴۸	۶۲۸/۷۴	۲۳۰۲	۹/۶
	Q_{24}	۴۰۵/۱۱	۳۵۶/۱	۱۲۱۱	۸/۸۴
گوزون	Q_p	۱۳۰/۳۷	۱۸۱/۳۱	۷۲۰	۰/۳۰
	Q_{24}	۵۳/۱۶	۷۵/۸۰	۲۹۷	۰/۲۴
درب قلعه	Q_p	۱۰۸/۷۱	۱۲۲/۹۶	۴۴۰	۱/۵۵
	Q_{24}	۳۵/۹۱	۴۱/۵	۱۴۱/۷	۱/۴۱
بند بهمن	Q_p	۴۰۴/۳۲	۳۴۱/۶۴	۱۱۷۹	۷/۸
	Q_{24}	۲۱۵/۹۶	۲۰۱/۶۸	۶۴۴	۴/۱۲
علی آباد	Q_p	۴۹۲	۳۹۹/۲۲	۱۴۹۰	۰/۵۰
	Q_{24}	۳۰۸/۱۵	۲۸۰/۰۲	۹۰۵	۰/۴۰

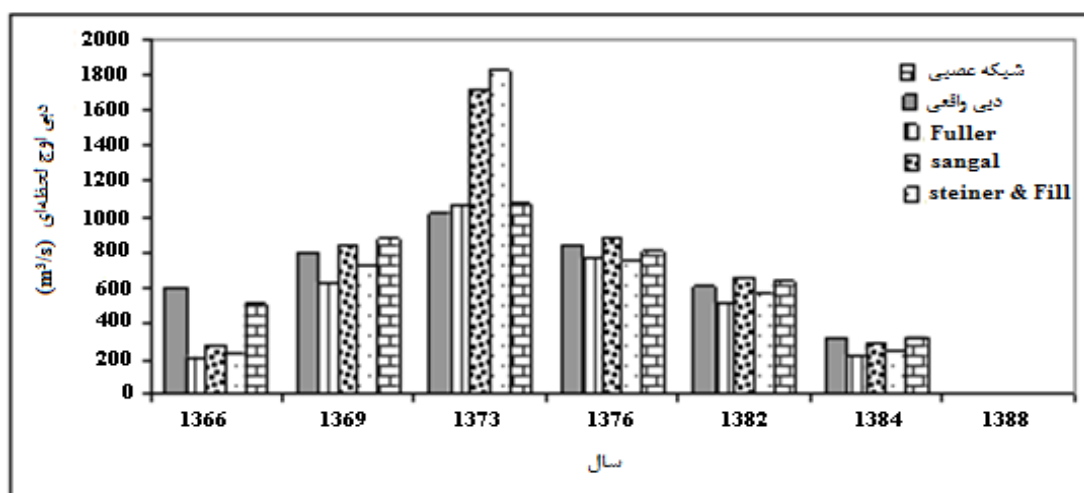
جدول ۳- مشخصات ساختار بهینه شبکه عصبی مورد استفاده

تعداد نرون لایه ورودی	۱
تعداد نرون لایه مخفی اول	۲۰
تعداد نرون لایه مخفی دوم	۷
تعداد نرون لایه خروجی	۱
تابع محرک نرون‌ها	سیگموئید - سیگموئید - سیگموئید
نرخ یادگیری	۰/۰۱
ضریب گشتاور	۰/۸
تعداد تکرار	۱۵۰۰۰۰

در شکل‌های ۳ تا ۵ نمودار مقادیر مشاهداتی دبی حداکثر لحظه‌ای در برابر مقادیر برآورد شده با استفاده از روش‌های ذکر شده در ایستگاه علی آباد به‌عنوان نمونه آورده شده است. شکل‌های ۶ و ۷ نمودار مقادیر RMSE، MAE و R^2 روش‌های تجربی و شبکه عصبی مصنوعی در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهند.

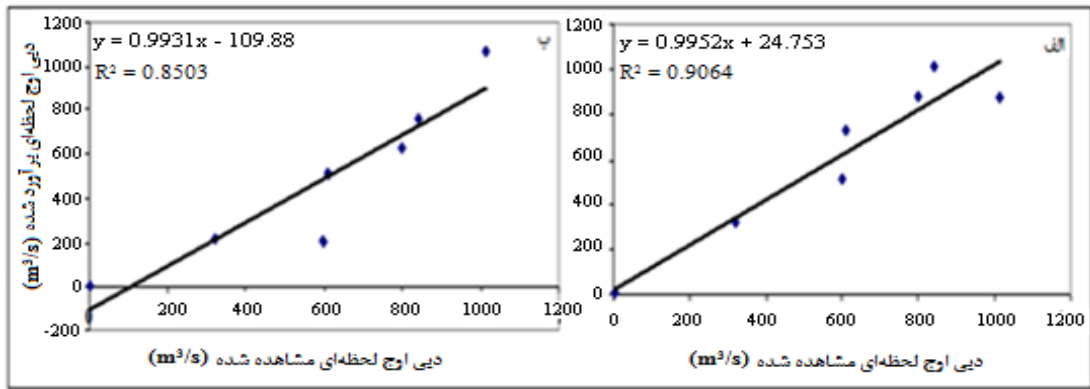
جدول ۴- ارزیابی نتایج به دست آمده از شبکه عصبی و روش های تجربی مورد مطالعه

ایستگاه	رابطه دوم Fuller			رابطه Sangal			رابطه Steiner و Fill			شبکه عصبی مصنوعی		
	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
جمال بیگ	۰/۸۸	۱۸/۸۲	۳۲/۲۴	۰/۹۳	۱۱/۸۰	۲۷/۳۰۵	۰/۹۳	۱۱/۷۴	۱۵/۰۲	۰/۹۴	۱۰/۰۲	۱۳/۷۱
تنگاب	۰/۵۱	۲۰۶/۳۵	۲۹۱/۸۷	۰/۵۷	۱۵۲/۱۸	۲۴۲/۷۱	۰/۶۵	۱۷۴/۹۲	۲۵۳/۸۷	۰/۸۱	۸۴/۰۷	۱۲۳/۱۶
تنگ کارزین	۰/۸۶	۲۸۶/۸۳	۴۷۴/۹۱	۰/۹۵	۱۵۶/۶۳	۲۹۲/۵۶	۰/۹۴	۲۳۶/۳۳	۳۸۶/۴۱	۰/۹۵	۱۱۳/۷۴	۱۶۳/۴۶
گوزون	۰/۹۹۱	۳۵/۲۳	۴۸/۳۰	۰/۹۶	۲۳/۰۵	۳۲/۳۹	۰/۹۳	۲۳/۹۷	۳۱/۴۸	۰/۹۹۵	۱۶/۸۱	۲۴/۳۰
درب قلعه	۰/۹۴	۴۲/۰۷	۵۲/۰۸	۰/۹۴	۲۶/۵۴	۳۲/۴۹	۰/۹۳	۲۹/۷۸	۳۶/۱۸	۰/۹۵	۲۰	۲۹/۴۸
بند بهمین	۰/۷۷	۱۲۱/۴۰	۱۶۱/۲۸	۰/۷۱	۱۴۲/۲۴	۱۶۱/۱۱	۰/۷۱	۱۳۷/۸۸	۱۶۳/۸۹	۰/۸۸	۷۶/۴۹	۱۰۲/۲۶
علی آباد	۰/۸۵	۱۲۸/۵۸	۱۷۴/۶۳	۰/۷۷	۱۶۸/۱۳	۲۹۲/۳۲	۰/۶۹	۲۰۸/۵۱	۳۴۰/۱۶	۰/۹۱	۸۵/۹۳	۱۰۳/۸۳

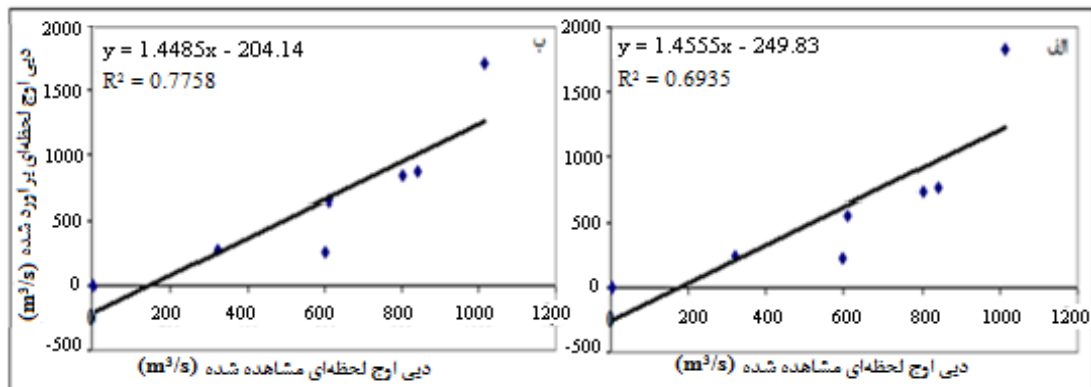


شکل ۳- مقایسه دبی اوج لحظه‌ای اندازه‌گیری شده و خروجی مدل‌ها در ایستگاه علی‌آباد در مرحله آزمون مدل

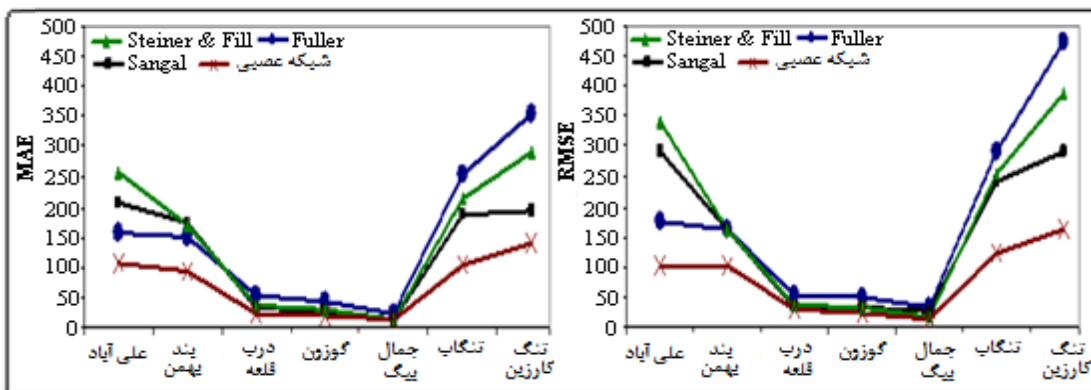
آگاهی از دبی اوج سیلاب‌ها به منظور برنامه‌ریزی در مدیریت منابع آب، پیش‌بینی سیلاب، طراحی مهندسی، عملیات ذخیره، آب‌رسانی، کشتی‌رانی، تفریح و مدیریت زیست‌محیطی، ضروری است. اندازه‌گیری مستقیم میزان دبی اوج سیلاب‌ها در حوزه‌های آبخیز عملاً مشکل بوده و یا عموماً مستلزم صرف وقت و هزینه‌های زیادی است و گاهی نیز دارای دقت کافی نمی‌باشد. از طرف دیگر روش‌های برآورد دبی اوج سیلاب‌ها نیز در بسیاری از موارد دارای خطاهای زیاد و دقت‌های متفاوت می‌باشد. نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که ساختار بهینه شبکه عصبی مورد استفاده در این پژوهش دارای ساختار پرسپترون چهار لایه با یک نرون در لایه ورودی، ۲۰ نرون در لایه میانی اول، هفت نرون در لایه میانی دوم و یک نرون در لایه خروجی بوده که با استفاده از قانون یادگیری پس‌انتشار خطا پس از ۱۵۰۰۰۰ تکرار توانست روال آموزش را طی کند و خطای متوسط شبکه را به حد قابل‌قبولی برساند. تابع محرک نرون‌ها در تمامی لایه‌ها از نوع سیگموئید با نرخ یادگیری ۰/۰۱ و ضریب گشتاور ۰/۸ می‌باشد.



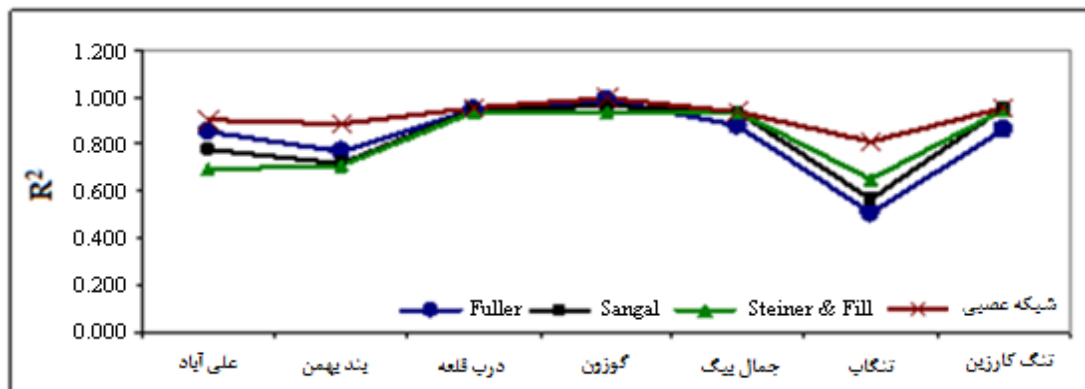
شکل ۴- همبستگی دبی اوج لحظه‌ای مشاهده و برآورد شده ایستگاه علی آباد، الف- مدل شبکه عصبی و ب- مدل Fuller



شکل ۵- همبستگی دبی اوج لحظه‌ای مشاهده و برآورد شده ایستگاه علی آباد، الف- مدل Fill and Steiner و ب- مدل Sangal



شکل ۶- مقایسه مدل‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای در ایستگاه‌های مورد مطالعه، الف- RMSE و ب- MAE



شکل ۷- مقایسه مدل‌های مختلف برآورد دبی اوج لحظه‌ای بر اساس مقادیر R^2 در ایستگاه‌های مورد مطالعه

علاوه بر این با مراجعه به جدول ۴ و شکل ۶ مشخص شد مقادیر RMSE و MAE مدل شبکه عصبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نسبت به مقادیر RMSE و MAE روابط دوم Fuller، Sangal و Fill و Steiner پایین‌تر می‌باشد. همچنین، نتایج مربوط به مقادیر R^2 برای مدل شبکه عصبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که مقدار آن نسبت به مقادیر R^2 روابط تجربی مورد مطالعه بالاتر می‌باشد (جدول ۴ و شکل ۷). از آنجایی که معیار انتخاب مدل مناسب در برآورد بهتر دبی اوج لحظه‌ای RMSE و MAE پایین‌تر و R^2 بالاتر می‌باشد، بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که برآوردهای شبکه عصبی در مقایسه با روابط تجربی مورد مطالعه دارای دقت بالاتر و خطای پایین‌تر بوده و توانسته است تغییرات دبی اوج لحظه‌ای را بهتر از روابط تجربی دوم Fuller (۱۹۱۴)، Sangal (۱۹۸۳) و Fill و Steiner (۲۰۰۳) برآورد نماید.

بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده و اشکال ۶ و ۷ جمع‌بندی می‌شود که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به دلیل RMSE و MAE پایین‌تر و R^2 بالاتر در تمامی ایستگاه‌ها در برآورد دبی اوج لحظه‌ای یک راه حل مناسب می‌باشد و قادر است که میزان دبی اوج لحظه‌ای را در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه با دقت بالاتر و سرعت بیشتر نسبت به سایر مدل‌های تجربی برآورد دبی اوج که در علم هیدرولوژی رایج است، برآورد نماید. علاوه بر این برتری دیگر این روش، حساس نبودن آن به وجود تعداد محدودی خطا در داده‌های آماری است که همین امر باعث برآورد بهتر مدل شبکه عصبی در مقایسه با دیگر روش‌ها شده است. لازم به ذکر است که در این بررسی تنها از شاخص‌های دبی آب استفاده شده است که به طور معمول در دسترس هستند ولی ممکن است به دلیل وجود عواملی چون تعداد کم برداشت‌ها و برداشت‌های کم در سیلاب‌های بیشینه، داده‌ها دقت مناسبی نداشته باشند. بدیهی است عوامل دیگری مانند بارندگی، درصد پوشش گیاهی و شاخص‌های ژئومورفولوژی نیز تاثیر زیادی در برآورد دبی اوج لحظه‌ای از یک حوضه دارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که با در نظر گرفتن این عوامل و دیگر عوامل موثر در برآورد دبی اوج لحظه‌ای یک حوضه به عنوان ورودی‌های مدل، دقت برآوردها را افزایش داد.

منابع مورد استفاده

۱. خسروی، م.، ع. سلاجقه، م. مهدوی و م. ساروی. ۱۳۸۹. تعیین بهترین تابع فعال‌سازی لایه خروجی در شبکه عصبی برای پیش‌بینی دبی اوج. مجله علمی-پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری، ۴(۱۲): ۶۱-۶۴.
۲. دستورانی، م. ۱۳۸۵. روش شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی جریان رودخانه‌ای. هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، ۱۳۸۵.
۳. سلیمی‌کوچی، ج. م. ت. دستورانی، ع. طالبی و ه. عبقری. ۱۳۸۸. بررسی کارایی برخی روش‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای با استفاده از داده‌های دبی روزانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ۱۴۶ صفحه.
۴. فتح‌آبادی، ا. ع. سلاجقه و م. مهدوی. ۱۳۸۶. پیش‌بینی دبی رودخانه با استفاده از روش‌های نورو فازی و مدل‌های سری زمانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و منابع طبیعی، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه تهران، ۱۲۵ صفحه.
۵. منهای، م. ب. ۱۳۸۱. مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران. ۴۷ صفحه.
6. Amad, S. and S. Simonovic. 2005. Artificial neural network model for generating hydrograph from hydro-meteorological parameters. *Journal of hydrology*, 18(2): 236-250.
7. Banihabib, M. and A. Arabi. 2008. Application of artificial neural network for flood prediction in Ajichai catchment. *Proceedings of the 1st international Conference on water crisis, Zanjan, Iran.*
8. Dastorani, M.T. 2007. Evaluation of the application of artificial intelligence model for simulation and real-time prediction of flood flow. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(40): 27-37.
9. Fill, H.D. and A.A. Steiner. 2003. Estimating instantaneous peak flow from mean daily flow data. *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*, 8(6): 365-369.
10. Fuller, W.E. 1914. Flood flow, *transaction of american society of civil engineers*. (77): 564-617.
11. Jain, A. and A.M. Kumar. 2007. Hybrid neural network models for hydrologic time series forecasting. *Applied Soft Computing Journal*, 7(2): 585-592.
12. Mehmet, C., D.A. Venancio and E. Kahya. 2009. Flow forecast by SWAT model and ANN in Pracana basin. *Portugal Advances in Engineering Software*, 40(12): 1211-1334.
13. Sangal, B. P. 1983. Practical method of estimating peak flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(4): 549-563.

The accuracy evaluation of artificial neural networks in estimating instantaneous peak flow, Case study: Fars province watersheds

Mohammad Shabani¹, Assistant Professor, Department of Watershed Management, Arsanjan Unit, Azad Islamic University, Iran

Received: 01 August 2012

Accepted: 16 January 2013

Abstract

Estimating instantaneous peak flow in watershed is one of the most important problems that cause hydrologists and experts to work seriously on it. One the new methods in river engineering and suspended sediment estimation is application of artificial neural networks which uses the same algorithm of human brain to find the internal relation between data based on the training process. The objective of this study is to compare the efficiency of artificial neural network method and experimental methods for estimating instantaneous peak flow in Fars province watershed. For this purpose, 24 years of daily peak and instantaneous peak flow of seven hydrometric stations were considered and tested for outlier data. Then the estimation was done based on experimental methods including Fuller, Sangal and Fill-Steiner and artificial neural network method and were compared based on RMSE, MAE and R^2 . Results showed that estimation of artificial neural networks is more accurate than experimental methods in all stations which indicated the lower errors of artificial neural network method compared with experimental methods.

Key words: Daily flow, Experimental methods, Hydrometric station, Instantaneous peak flow, River engineering

¹ Corresponding author: mohamshabani@yahoo.com