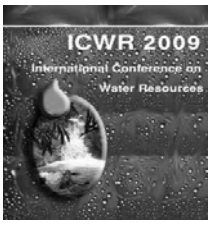

مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی- فازی در برآورد بارش-رواناب در حوضه آبخیز سد زاینده‌رود

محمدتقی دستورانی[۱]، علی طالبی[۱]، علیرضا مقدم‌نیا[۲]، حامد شریفی دارانی[۳]

۱- عضو هیئات علمی دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد
۲- عضو هیئات علمی دانشگاه زابل
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد

چکیده

در دهه های اخیر به دلایل مختلف مانند افزایش آمار وقوع سیلاب و به تبع آن افزایش خسارات جانی و مالی، افزایش نیاز به تولید انرژی برقابی، افزایش نیاز به پیش بینی پتانسیل آبدهی حوزه های آبخیز به منظور تعیین مازاد رواناب تولید شده در حوضه از ظرفیت رودخانه برای تدوین طرح های مختلف آبرسانی شهری، صنعتی و کشاورزی و طراحی سازه های مختلف آبی و غیره، تمایل محققین و هیدرولوژیستها برای پیش بینی صحیح، دقیق و به موقع رواناب های ناشی از بارندگی، به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. روشهای بیشماری برای این منظور توسعه یافته اند که از این میان، میتوان به مدلهای هیدرولوژیکی، روابط رگرسیونی و توابع انتقال اشاره کرد. اما دهه های اخیر مطالعات بیشتر به سوی روش هایی متمایل شده اند که بتوانند شرایط طبیعی را تا حدودی درک کنند و نتایج حاصل از آنها از دقت و صحت مناسب برخوردار باشند. یکی از روش هایی که در چند دهه اخیر در بسیاری از رشته ها از جمله هیدرولوژی توسعه یافته است، استفاده از روشهای هوش مصنوعی نظیر منطق فازی، شبکه های عصبی مصنوعی می باشد. با توجه به اینکه در کشور ما نیز در دهه های اخیر نیاز به پیش بینی دقیق و سریع رواناب از روی آمار بارندگی به علت افزایش تعداد سیلاب ها و خسارات ناشی از آنها و نیاز به ایجاد سیستم هشدار سیل، افزایش تمایل به احداث سازه های آبی، افزایش خشک سالی ها و نیاز به مدیریت توزیع آب موجود و غیره، به شدت افزایش یافته است، توسعه و اجرای روش های مناسب برای پیش بینی رواناب از روی داده های بارش بسیار ضروری به نظر می رسد.

در این مطالعه ابتدا با استفاده از آمار روزانه بارش-رواناب، به بررسی کارآیی شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی-فازی در تخمین رواناب حاصل از بارش پرداخته شد و سپس میزان دقت و صحت این دو روش با بهره گیری از روش های آماری، مقایسه شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که اگرچه خروجی های حاصل از شبکه عصبی مصنوعی و سیستم فازی-عصبی متفاوت می باشند ولی این دو روش به میزان قابل قبولی قادر به تخمین رواناب حاصل از بارش هستند.

کلمات کلیدی: *شبکه عصبی مصنوعی، سیستم عصبی- فازی، بارش- رواناب*

مقدمه

وجود پیچیدگی‌های زیاد در علوم مختلف و افزایش روزافزون آنها، و همچنین تمایل بی‌انتهای بشر برای درک این پیچیدگی‌ها و پیش‌بینی و تخمین وقایع در علوم مختلف، باعث شده که سمت و سوی مطالعات و پژوهش‌های علمی بطرف روش‌ها و راهکارهایی معطوف شود که براحتی و با حداقل امکانات بتوانند بر پیچیدگی‌ها فایق آمده و موراد مورد نظر کاربر را تخمین بزنند و یا پیش‌بینی کند. روش‌های قدیمی و سنتی برای حل مسائل نیازمند تعریف پارامترهای متعدد و از آن مهمتر نیازمند تعریف روش حل مسئله هستند. در صورتی که در بسیاری از موارد اگر

بخواهیم همه رابطه‌ها و پارامترهای دخیل در یک مسئله را تعریف کنیم، مسلما رابطه‌هایی بسیار پیچیده خواهیم داشت که حل آنها بسیار مشکل و حتی غیر ممکن خواهد بود. بنابراین استفاده از روش‌هایی که نیازمند تعریف راه-حل مسئله نیستند و می‌توانند راه‌حل را بطریقی کشف کنند، مطلوب بنظر می‌رسد. هوش مصنوعی از مهمترین روش‌هایی‌ست که بدین منظور گسترش یافته‌اند. در میان این روش‌ها شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند و در بسیاری از علوم توانسته‌اند کارآیی خود را نشان دهند. این سیستم‌ها با استفاده از داده‌های مشاهداتی و با بهره‌گیری از روش تجربه‌پذیری و آزمون و خطا، اقدام به آموزش خود می‌کنند (درست همان کاری که مغز انسان انجام می‌دهد). سیستم‌های آموزش دیده برای یک موضوع خاص، بنابه میزان آموزش، می‌توانند در مورد مثال‌های دیگری از آن موضوع خاص بکاربر جواب‌های مناسبی را بدهد. البته هر کدام از این روش‌ها محدودیت‌هایی را دارند که محققان با استفاده از روش‌های ترکیبی سعی در برطرف کردن آنها دارند.

نورانی و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله‌ای به نام "مدل‌سازی بارش-رواناب با استفاده از شبکه عصبی-فازی تطبیقی و مقایسه آن با روش‌های شبکه عصبی و استنتاج فازی" به مقایسه تکنیک‌های جدید مدل‌سازی هیدرولوژیکی پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که روش استنتاج فازی دارای خطای کمتری نسبت به روش شبکه عصبی مصنوعی است و مدل عصبی- فازی بهترین نتایج را در این مطالعه ارائه داده است. بطوریکه ضریب تعیین سیستم عصبی- فازی، استنتاج فازی و شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۲ و ۰/۸۷ می‌باشد. اسدیانی و سلطانی (۱۳۸۵) در تحقیقی به مقایسه کاربرد شبکه تطبیقی عصبی- فازی (ANFIS) با شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی میزان رسوبات معلق رودخانه زاینده‌رود پرداختند. . نتایج حاکی از دقت و برتری قابل ملاحظه مدل تطبیقی عصبی- فازی نسبت به سایر روشهای مورد مطالعه می‌باشد. اکبرپور و همکاران (۱۳۸۲) تحقیقی با عنوان "مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و مدل HEC-HMS در فرآیند بارندگی-رواناب" انجام دادند. پس از بررسی‌های به عمل آمده معلوم شد که نتایج حاصل از شبکه عصبی در مقایسه با مدل HEC-HMSاز دقت قابل قبول‌تری برخوردار است. دستورانی (۱۳۸۵) به بررسی توانایی‌ها و ضعفهای شبکه عصبی مصنوعی در مدلسازی جریانهای رودخانه‌ای پرداخت. نتایج حاصله نشان داد که شبکه‌های دینامیک در بحث پیش-بینی بهنگام کارآیی بهتری دارند در حالی که شبکه‌های پرسپترون چند لایه در ترکیب با نرم‌افزارهای دیگر نسبت به کاربرد تنهای آنها به مراتب بهتر عمل می‌کنند. عقیل و همکاران (۲۰۰۷) به‌بررسی مقایسه‌ای شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی- فازی در مدلسازی پیوسته رفتار روزانه ساعتی رواناب پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه کارآیی بهتر سیستم عصبی- فازی را در این ورد نشان می‌دهند. چانگ و همکاران (۲۰۰۱) از شبکه‌های عصبی پس‌انتشار برای پیش‌بینی جریانهای سیلابی استفاده کردند. در نتایج بیان کردند که دقت و صحت نتایج حاصل از این مدل مناسب می‌باشد. تیلر و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای اقدام به بررسی قابلیت‌های الگوریتم فازی در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی و مدلهای فیزیکی برای پیش‌بینی مقدار بار رسوبی جریان آب در مواقع سیلابی پرداختند. در نهایت قابلیت شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم فازی را نسبت به مدلهای فیزیکی بهتر می‌دانند.

در این مطالعه سعی کردیم با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی- فازی، رواناب حاصل از بارش را در حوضه آبخیز سد زاینده‌رود، برآورد کنیم. در ادامه نتایج حاصل را با هم مقایسه کرده و سیستم مناسب‌تر را تعیین کرده‌ایم.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در حوضه آبخیز سد زاینده‌رود که بخشی از حوضه آبخیر زاینده‌رود می‌باشد و در جنوب غربی استان اصفهان قرار گرفته است، انجام شده است. مساحت کل حوضه حدودا ۴۲۶۵/۴۴ کیلومتر مربع است که این مساحت را به سه زیر حوضه اسکندری، قلعه شاهرخ و مرکزی تقسیم کرده‌ایم. از بین این سه زیرحوضه، زیرحوضه مرکزی بدلیل وجود دریاچه سد و نبود رودخانه‌ای مهم در آن، مورد مطالعه قرار نگرفت. در دو زیرحوضه دیگر از ایستگاه‌های اسکندری و قلعه شاهرخ برای مطالعه استفاده کرده‌ایم. پارامترهای گرفته شده از این ایستگاه‌ها بارش،

دبی، دمای حداکثر، دمای حداقل، دمای متوسط، رطوبت نسبی در ساعت ۶:۳۰ ، ۱۲:۳۰ و۱۸:۳۰ می‌باشند که دبی بعنوان پارامتر خروجی و باقی، بعنوان پارامترهای ورودی در مراحل مختلف بمدل معرفی شدند. بازه زمانی برآورد رواناب، روزانه می‌باشد.

شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده در این تحقیق از نوع شبکه‌های Feed-Forward با دو لایه میانی و تابع آموزش Levenberg-Marquardt Backpropagation، (trainlm)، است. تابع انتقال لایه اول از نوع تانژانت سیگموئید و تابع انتقال لایه دوم از نوع خطی انتخاب شد. البته برای انتخاب این تنظیمات از آزمون و خطاهای متعدد استفاده شد. تعداد دور در نظر گرفته شده در این تحقیق برای شبکه عصبی ۱۰۰۰ دور است که نتایج آزمون و خطا نشان داد برای تمام تست‌های انجام شده مناسب است. برای اجرای یک چنین شبکه‌ای از کدهای موجود در نرم‌افزار متلب استفاده شده‌است.

سیستم عصبی- فازی این تحقیق از نوع ANFIS است. ANFIS در واقع روش اصلی آموزش برای سیستم استنتاج فازی سوگنو می‌باشد. تابع عضویت مورد استفاده گوسی زنگوله‌ای است که آزمون و خطا نشان داد بهتر از باقی توابع عضویت، می‌تواند در این مطالعه کارآیی داشته باشد. تعداد دورهای شبکه در این مورد ۵۰۰ دور انتخاب شد که بنظر مناسب می‌آید.

بررسی اعتبار مدل با مقایسه رواناب برآورد شده توسط مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده برای تعدادی از سال‌های آماری که در آموزش شبکه از آنها استفاده نشده، صورت گرفت. برای این منظور از معیارهای آماری‌ضریب همبستگی(R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، و همچنین ضریب نش (r^2) استفاده شده است.

$$R^2 = \frac{\sum (o_i - \overline{o})(p_i - \overline{p})}{\sqrt{\sum (o_i - \overline{o})^2 \sum (p_i - \overline{p})^2}} \quad (۱)$$

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (p_i - o_i)^2}{n} \right)^{1/2} \quad (۲)$$

$$r^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (o_i - p_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (o_i - \overline{o})^2} \right) \quad (۳)$$

در این روابط o و p بترتیب مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده، $\overline{o}$ و $\overline{p}$ میانگین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و n تعداد نمونه‌ها می‌باشد.

برای نرمال‌سازی داده‌ها که در تمامی تست‌ها صورت گرفته است، از رابطه زیر استفاده کرده‌ایم.

$$x_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (۴)$$

در این مطالعه ابتدا پارامترهای اقلیمی بهمراه بارش در ترکیب‌های مختلف و با تفکیک ایستگاه‌ها، به هر دو سیستم معرفی شدند ولی جواب مناسبی حاصل نشد. در ادامه برای بهتر شدن نتایج از میانگین متحرک استفاده کردیم که در این مورد نیز جواب مناسبی در هیچ کدام از ایستگاه‌ها حاصل نشد. البته نتایج مقداری بهتر شد ولی هنوز رضایت‌بخش نبود. بنابراین ناچار به واردسازی دبی پیشین بعنوان آب پایه به‌مدل شدیم، که این‌کار نتایج را بمقدار زیادی بهتر کرد.

بحث و نتایج

در ابتدا داده‌های بارش را بهمراه هریک از داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر و دمای متوسط و در تعداد متفاوت برای داده‌های گروه آموزش مدل، به شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی- فازی معرفی کردیم. نتایج حاصل از بهترین تعداد داده‌های آموزشی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول۱- نتایج شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی-فازی در ترکیب ورودی بارش و دما

ایستگاه	پارامترهای ورودی	شبکه عصبی مصنوعی			عصبی-فازی		
		R^2٪	RMSE	r^2	R^2٪	RMSE	r^2
قلعه شاهرخ	P&T(min)[1]	۹/۵	۴۰/۶۹	-۴/۹۷	۹/۵۹	۴۰/۰۷	-۶/۳۰
	P&T(mean)	۷/۶	۴۱/۳۲	-۶/۰۵	۱۰/۹۲	۳۹/۷۹	-۶/۱۰
	P&T(max)	۱۲/۸۸	۳۹/۸۳	-۴/۵۱	۱۳/۱	۳۹/۲۸	-۵/۵۴
	P&T(min)&T(max)	۱۵/۰۳	۳۹/۷۱	۰/۱۳۹۷	۱۶/۴۸	۳۸/۴۹	-۳/۳۷
اسکندری	P&T(min)	۸/۹	۵/۴۷	-۱/۷	۸/۹	۵/۷۳	-۱/۵
	P&T(mean)	۱۰/۳۴	۵/۲۶	-۱/۹	۱۴/۱۹	۵/۳	-۱/۰۷
	P&T(max)	۱۴/۹۲	۵/۰۳	-۱/۹	۱۵/۳۵	۵/۳۴	-۱/۰۴
	P&T(mean)&T(max)	۱۷/۰۷	۵/۳۲	۰/۰۹۴۵	۱۹/۷۱	۵/۳۱	-۰/۵۶

۱- P نشانگر بارندگی و T نشانگر دما می‌باشد.

همانطور که مشاهده می‌شود در این مرحله نتایج شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی-فازی بسیار به‌هم نزدیک می‌باشند؛ ولی با این حال سیستم عصبی- فازی مقداری بهتر از شبکه عصبی مصنوعی موفق به پیشبینی مقدار رواناب از روی بارش شده است. البته همانطور که گفته شد مقادیر پیش‌بینی شده نسبت به مقادیر واقعی فاصله زیادی دارند و قابل قبول نمی‌باشند.

در مرحله بعد از داده‌های رطوبت نسبی بهمراه بارش بعنوان وردی برای سیستم‌ها استفاده کردیم که نتایج در جدول ۲ آورده شده است. یادآوری می‌شویم که نتایج آورده شده مربوط به بهترین تعداد برای مجموعه آموزش شبکه می‌باشد که از طریق آزمون و خطا بدست آمد.

جدول۲- نتایج شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی-فازی در ترکیب ورودی بارش و رطوبت نسبی

ایستگاه	پارامترهای ورودی	شبکه عصبی مصنوعی			عصبی-فازی		
		R^2٪	RMSE	r^2	R^2٪	RMSE	r^2
قلعه شاهرخ	P&RH(18:30)[1]	۷/۵	۴۵/۵۳	-۳/۲۹	۱۴/۲۱	۴۲/۹۷	-۴/۵۵
	P& RH(6:30)	۵/۶	۴۸/۱۲	-۲/۹۳	۷/۵۱	۴۵/۳۶	-۳/۹۸
	P& RH(12:30)	۹/۳	۴۴/۵۹	-۳/۷۳	۹/۱۴	۴۴/۷۱	-۳/۶۶
اسکندری	P&RH(18:30)	۱/۶۸	۸/۴۲	-۵/۱۹	۳/۱۷	۸/۱۷	-۶/۵۹
	P& RH(6:30)	۲۰/۳۹	۱۰/۷۸	-۴/۳۲	۲۴/۴۸	۸/۹۷	-۵/۲۲
	P& RH(12:30)	۹/۴۱	۱۴/۱۶	-۴/۱۳	۱۱/۵۷	۷/۹۶	-۵/۹۱

۱- P نشانگر بارش و RH نشانگر رطوبت نسبی (و ۶:۳۰، ۱۲:۳۰ و ۱۸:۳۰ بیانگر ساعت اندازه‌گیری رطوبت نسبی در طول شبانه‌روز) است.

همانطور که از جدول ۲ بر می‌آید در این مرحله نیز سیستم عصبی-فازی نتایج بهتری را نسبت به شبکه عصبی مصنوعی ارائه کرده است ولی در کل نتایج حاصل بازهم رضایت‌بخش نمی‌باشند. بنابراین در مرحله بعد از میانگین متحرک استفاده کرده‌ایم. در جدول ۳ نتایج شبکه عصبی مصنوعی و در جدول ۴ نتایج سیستم عصبی-فازی را آورده‌ایم.

جدول ۳- نتایج حاصل از شبکه عصبی با میانگین متحرک ۳ و ۵ روزه.

ایستگاه	پارامترهای ورودی	میانگین متحرک X روزه	R^{2}٪	RMSE	r^2
اسکندری	P&T(mean)&T(max)	۳	۱۷	۵/۰۲	۰/۰۹۸۰
		۵	۱۸/۲۶	۵/۱۹	۰/۱۰۱۵
		۷	۲۰/۳۲	۴/۲۷	۰/۱۱۲۵
	P& RH(6:30)	۳	۹/۹۱	۹/۹۸	-۱/۷
		۵	۲۳/۰۷	۸/۷۵	-۲/۷۵
		۷	۱۸/۹۹	۸/۹	-۳/۰۸
قلعه شاهرخ	P&T(min)&T(max)	۳	۱۴/۸۸	۳۷/۶۹	۰/۱۴۰۱
		۵	۱۵/۲۹	۳۶/۵۲	۰/۱۴۶۲
		۷	۱۳/۴۹	۳۶/۳۶	۰/۱۴۶۰
	P& RH(12:30)	۳	۳۴/۲۱	۴۱/۳۲	-۰/۳۲
		۵	۳۸/۳۵	۳۳/۱۱	۰/۲۳۸۹
		۷	۴۳/۳۷	۳۵/۰۲	-۰/۱۶۷۹

جدول ۴- نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های مختلف با میانگین متحرک‌های مختلف.

ایستگاه	پارامترهای ورودی	میانگین متحرک X روزه	R^{2}٪	RMSE	r^2
اسکندری	P&T(mean)&T(max)	۳	۲۲/۰۹	۵/۱۴	-۰/۹۴۶۶
		۵	۲۳/۰۱	۴/۷۹	-۰/۵۲۵۵
		۷	۲۴/۵۱	۴/۷۶	-۰/۳۶۰۲
	P& RH(6:30)	۳	۲۶/۸۸	۷/۹۴	-۲/۸۹
		۵	۳۰/۰۷	۷/۷۴	-۲/۵۴
		۷	۳۹	۷/۱۳	-۲/۰۸
قلعه شاهرخ	P&T(min)&T(max)	۳	۱۸/۸۱	۳۶/۵۷	-۳/۵۰
		۵	۲۳/۷۷	۳۵/۹۳	-۲/۷۶
		۷	۲۵/۲۸	۳۳/۷۱	-۲/۸۴
	P& RH(18:30)	۳	۱۷/۳۸	۴۱/۶۸	-۱/۰۶
		۵	۱۷/۱۲	۴۱/۴	-۰/۷۶۷۸
		۷	۱۸/۶۵	۳۹/۴۲	-۰/۹۴۰۳

با توجه به جداول ۳ و۴ ، میانگین متحرک باعث بهتر شدن نتایج شده است ولی نتایج هنوز تا مقدار قابل قبول خیلی فاصله دارند. از طرفی همانطور که در جداول مشخص است میانگین متحرک ۷ روزه در اکثر موارد نتایج بهتری داده است.

در مرحله بعد از داه‌های دبی پیشین بعنوان ورودی بهمراه بارش استفاده شده است که نتایج در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی و عصبی-فازی با استفاده از دبی پیشین

ایستگاه	پارامترهای ورودی	شبکه عصبی مصنوعی			عصبی-فازی		
		R^2٪	RMSE	r^2	R^2٪	RMSE	r^2
قلعه شاهرخ	P& Q(t-1)[1]	۸۷/۲۹	۱۶/۷۳	۰/۸۲۷۲	۸۸/۴۴	۱۴/۳۷	۰/۸۷۶۰
	P& Q(t-2)	۷۷/۵	۲۱/۴	۰/۷۰۰۶	۷۶/۵۱	۲۰/۴۵	۰/۷۱۱۹
	P& Q(t-3)	۷۲/۶۸	۲۴/۳۳	۰/۶۰۵۱	۷۰/۳	۲۳/۱۵	۰/۶۳۶۵
اسکندری	P& Q(t-1)	۸۸/۷۷	۱/۹۰۳	۰/۸۱۱۶	۹۴/۴۸	۱/۵۵	۰/۹۴۴۵
	P& Q(t-2)	۸۷/۴۵	۳/۱۴	۰/۴۳۳۴	۸۸/۷۱	۲/۲۲	۰/۸۳۳۸
	P& Q(t-3)	۸۳/۷	۳/۳۳	۰/۴۰۹۵	۸۵/۲۶	۲/۵۳	۰/۸۴۵۲

۱- Q(t-1) دبی یک روز پیش، Q(t-2) دبی دو روز پیش و Q(t-3) دبی سه روز پیش می‌باشد.

همانطور که مشخص است وارد کردن داده‌های دبی پیشین به‌مقدار زیادی در آموزش شبکه موثر بوده است و نتایج را تا حد قابل قبولی به داده‌های واقعی نزدیک کرده است.

نکته قابل ذکر اینکه در جداول بالا نتایج متعلق به شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی-فازی که بهترین جواب را داه‌اند آورده شده است. و از آوردن نتایج دیگر خودداری شده است.

نتیجه‌گیری

همانطور که از نتایج آورده شده در جداول بالا مشخص است، شبکه عصبی مصنوعی و سیستم عصبی-فازی بدون وارد کردن دبی پیشین قادر به برآورد مقدار رواناب نبودند که این بدلیل وجود رابطه بسیار پیچیده بین پدیده بارش و رواناب در حوضه مورد مطالعه می‌باشد. ولی وارد کردن دبی پیشین به‌مقدار زیادی در یادگیری به هر دو سیستم کمک کرده و نتایج قابل قبولی از هر دوی آنها ارائه شده است. در کل نتایج حاصل از سیستم عصبی-فازی قابل قبول‌تر و مناسب‌تر می‌باشند.

منابع:

اسدیانی یکتا، امیر حسین. و فواد، سلطانی. ۱۳۸۵، مقایسه کاربرد شبکه تطبیقی عصبی– فازی با شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی میزان رسوبات معلق رودخانه ،هفتمین سمینار ANFIS بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز.

اکبرپور، مهرداد. محمد باقر، رهنما. و غلام‌عباس، بارانی. ۱۳۸۲، مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و مدل HEC-HMS در فرایند بارندگی- رواناب ، چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز.

دستورانی محمد تقی، بررسی کاربرد مدل‌های هوش محاسباتی در شبیه‌سازی و پیشبینی بهنگام جریانهای سیلابی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره چهلم، ۱۳۸۶

نورانی، وحید. کامران صالحی. ۱۳۸۷. مدل سازی بارش - رواناب با استفاده از روش شبکه عصبی فازی تطبیقی و مقایسه آن با روش های شبکه عصبی و استنتاج فازی . چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

Aqil Muhammad, Ichiro Kita , Akira Yano , Soichi Nishiyama ,2007, A Comparative Study of Artificial Neural Networks and Neuro-Fuzzy in Continuous Modeling of the Daily and Hourly Behaviour of Runoff, Journal of Hydrology 337

Chang. Fi-john, Yen-Chang Chen,2001, A counter propagation fuzzy-neural network modeling appeoach to real time streamflow prediction. Journal of Hydrology 245, 153-164, Available at: www.elsevier.com.

Taylur, G., S. Ozdemir , Vijay P. Singh , 2003,Fuzzy logic algorithm for runoff-induced sediment transport from bare soil surfaces, Advances in Water Resources 26, 1249–1256, Available at: www.elsevier.com.

A comparative study of artificial neural network and neuro-fuzzy systems on modeling of rainfall-runoff (Case study: Zayandeh_rood dam catchment)

M.T. Dastorani[1], H. Sharifi darani[2], A. Talebi[1] and A. Moghadamnia[3]

[1] Assistant professor, Yazd university, Iran. mdastorani@yazduni.ac.ir
[2] MSc student, Yazd university, Iran.
[3] Assistant professor, Yazd university, Iran.

Abstract

Estimation of the run off resulted from rainfall events is a very important step in water resources planning to provide enough water for consumers. Therefore, during recent decades hydrologists have paid specific attention to précis prediction of runoff behavior produced by different precipitation events, mostly due to population increase, flooding damages increase, as well as more and more water demand for drinking, agriculture and industry.

Several methods of rainfall-run off including hydrologic models, regression analysis and transfer functions have been developed and used during last few decades. However, more attention has been recently paid to the methods that can model natural conditions predominated to the rainfall-run off process. One of these approaches that has been developed in several areas of science including water related fields, is artificial intelligence techniques such as artificial neural networks and neuro-fuzzy methods.

In this study, it has been tried to evaluate applicability of artificial neural networks and neuro-fuzzy techniques to predict run off generated from daily rainfall in Zayandeh rood dam catchment. Then the accuracy of the results produced by these methods have been compared using statistical criteria. Results taken from this research show that although the outputs of these two methods are different in terms of accuracy and reliability, but both methods produced acceptable results in comparison to most of the existing traditional methods, especially the out puts of neuro-fuzzy system show good agreement with the related measured values. More details and explanations will be presented in the full paper.

***Key words**: Artificial neural network - neuro_fuzzy - rainfall – runoff*