



دانشگاه گوارن و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره اول، ۱۳۹۴
<http://jwsc.gau.ac.ir>

گزارش کوتاه علمی

پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه اهرچای با استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و مقایسه آن با سیستم استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (ANFIS)

*محمدرضا عبدالله‌پور آزاد^۱ و محمدتقی سناری^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران- آب، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران،

^۲ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۶

چکیده

در طی سال‌های اخیر پیش‌بینی فرآیندهای هیدرولوژیکی به‌منظور بهره‌برداری پایدار از منابع آب با استفاده از روش‌های هوشمند مورد توجه دست‌اندرکاران بخش آب قرار گرفته است. در این پژوهش با بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و سیستم استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (ANFIS) اقدام به پیش‌بینی دبی جریان روزانه رودخانه اهرچای واقع در استان آذربایجان شرقی در ایستگاه‌های اورنگ، برمیس و تازه‌کند گردید. برای مدل‌سازی جریان یک روز بعد، داده‌های دبی روزانه سال‌های ۸۸-۱۳۸۱ مورد استفاده قرار گرفت. طی فرایند مدل‌سازی داده‌های دبی ۶ سال به‌عنوان داده‌های آموزش و بقیه به‌عنوان داده‌های آزمون انتخاب گردید. ارزیابی نتایج پیش‌بینی‌ها با استفاده از معیارهای ضریب تبیین (R^2) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) نشان داد، سیستم استنتاج فازی - عصبی تطبیقی با دقت بالاتری $R^2=0/94$ و $RMSE=0/0318$ (مترمکعب بر ثانیه) نسبت به شبکه‌های عصبی مصنوعی $R^2=0/92$ و $RMSE=0/0378$ (مترمکعب بر ثانیه) جریان روزانه رودخانه اهرچای را پیش‌بینی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی جریان، شبکه‌های عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج فازی - عصبی تطبیقی، رودخانه اهرچای

* مسئول مکاتبه: reza_abd_a@yahoo.com

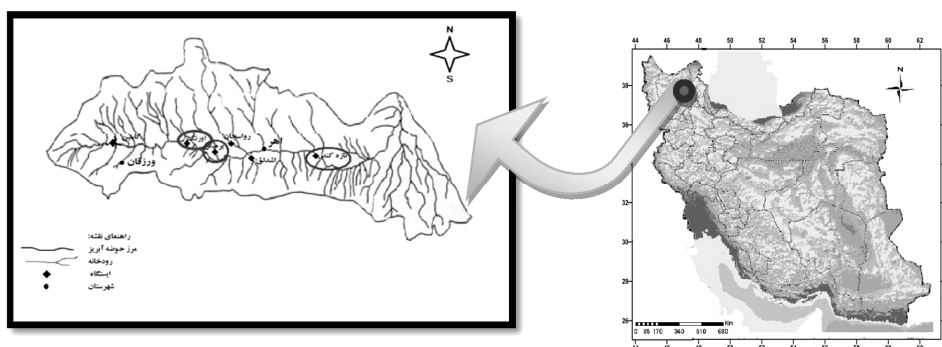
مقدمه

ایران کشوری است که در آن از نظر کم‌بودن نزولات جوی با کمبود شدید منابع آب روبروست. در چنین شرایطی برآورد دقیق میزان جریان در حوضه‌های آبریز و رودخانه‌ها در مقیاس‌های زمانی کوتاه زمینه را برای اعمال مدیریتی بهنگام‌تر و کارآمدتر مهیا می‌کند. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های هوشمند هم‌چون شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی در علوم مهندسی آب و به‌ویژه پیش‌بینی جریان گسترش چشم‌گیری داشته‌اند. نایاک و همکاران (۲۰۰۵)، با مدل‌سازی فرآیند بارش-رواناب به پیش‌بینی جریان رودخانه در حوضه کولار در هند پرداختند و عملکرد مدل‌های استنتاج فازی (FIS)، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) را با سه معیار ضریب بازده، جذر میانگین مجذور خطا و ضریب همبستگی مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) دارای خطای کم‌تری نسبت به دو روش دیگر است. کیشی (۲۰۰۷)، اقدام به پیش‌بینی جریان در رودخانه‌ای در ایالت کولورادو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نمود. در این مطالعه از چهار الگوریتم آموزشی در روش ANN بهره گرفت که نتایج نشان از برتری مدل لونبرگ مارکارت (LM) نسبت به مدل‌های دیگر بود. نبی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از مدل‌های مبتنی بر منطق فازی شامل سیستم استنتاج فازی (FIS) و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) اقدام به پیش‌بینی جریان روزانه با سه پارامتر بارندگی، دما و دبی در رودخانه ليقوان نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش ANFIS از دقت بالاتری نسبت به روش FIS برخوردار است. ستاری و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از روش شبکه عصبی برگشتی با تأخیر زمانی (TLRN) اقدام به پیش‌بینی جریان روزانه ورودی به مخزن سد علویان نمودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که مدل TLRN با ساختار حافظه‌ای گاما و با ۸ لایه ورودی ۲ لایه پنهان و ۱ لایه خروجی (۱-۲-۸) بهترین معماری شبکه را در پیش‌بینی جریان روزانه فراهم می‌کند. کیشی و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از داده‌های سال ۸۲-۱۹۶۱ و روش‌های هوش مصنوعی از جمله شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی و برنامه‌ریزی بیان ژن اقدام به پیش‌بینی سطح آب روزانه دریای ازنیک واقع در غرب ترکیه نموده و نتایج را با روش ARMA مورد مقایسه قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد روش‌های هوش مصنوعی نسبت به روش ARMA از دقت بالایی برخوردار است.

هدف از این پژوهش پیش‌بینی جریان روزانه در ایستگاه‌های برمیس، تازه کند و اورنگ (بالادست سد ستارخان) رودخانه اهرچای با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و مقایسه آن با سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) و بررسی تأثیر نوع تابع عضویت بر دقت پیش‌بینی دبی جریان در روش ANFIS می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز اهرچای واقع در شمال غرب ایران با مساحتی بالغ بر ۲۴۰۰ کیلومتر مربع از زیرحوضه‌های حوضه آبریز ارس محسوب می‌شود.



شکل ۱- حوضه آبریز اهرچای.

اطلاعات مورد استفاده: پارامترهای هیدرولوژیکی مورد استفاده در این مطالعه شامل مقادیر دبی جریان در ایستگاه‌های اورنگ، برمیس و تازه‌کند در مقیاس زمانی روزانه بودند. در این پژوهش از سری زمانی داده‌های روزانه ۸ سال (۸۸-۱۳۸۱) ایستگاه‌های نام‌برده استفاده گردید. خصوصیات آماری داده‌های جریان در ایستگاه‌های اورنگ، برمیس و تازه‌کند حوضه اهرچای در جدول ۱ نشان داده شده است.

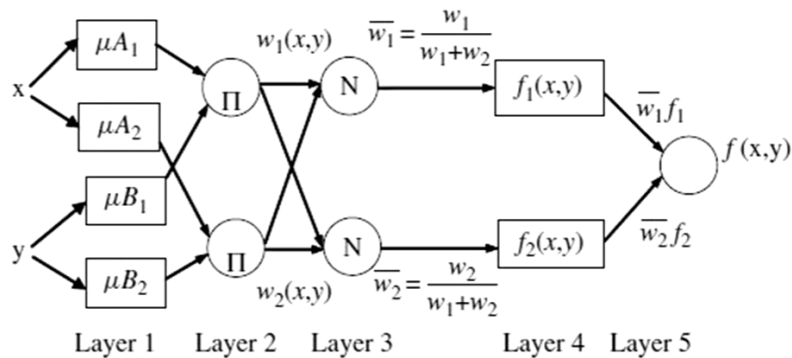
جدول ۱- خصوصیات آماری ایستگاه‌های حوضه اهرچای.

نام ایستگاه	میانگین (مترمکعب بر ثانیه)	بیشینه (مترمکعب بر ثانیه)	کمینه (مترمکعب بر ثانیه)	انحراف معیار (مترمکعب بر ثانیه)	طول کل داده‌ها	طول داده‌های آموزش	طول داده‌های آزمون
اورنگ	۱/۴۹	۱۸/۲۰	۰	۱/۸۸	۲۹۳۷	۲۲۲۹	۷۰۸
برمیس	۰/۰۴۰	۱/۵۲	۰	۰/۰۹۹	۲۹۲۵	۲۱۹۵	۷۳۰
تازه‌کند	۱/۴۰	۱۷/۷	۰	۱/۷۷	۲۸۳۰	۲۰۹۰	۷۳۰

شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN): شبکه‌های عصبی مصنوعی به اختصار ANN از شمار زیادی عناصر پردازشی بهم پیوسته با نام نرون تشکیل شده که برای حل یک مسأله با هم هماهنگ عمل می‌کنند. شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند نگاشت یا تبدیل از فضای چندبعدی به فضای چندبعدی دیگر را انجام دهند و قابلیت‌هایی مانند شناسایی الگو، تفکیک الگو، نگاشت غیرخطی، حافظه انجمنی، خودسازمان‌دهی و کنترل را دارا می‌باشند. هاپفیلد با معرفی شبکه‌های حافظه انجمنی و رامهارت و همکارانش با معرفی الگوریتم پس‌انتشار خطا گام مهمی در جهت توسعه شبکه‌های عصبی برداشتند. یکی از مهم‌ترین انواع شبکه‌های عصبی، شبکه‌های پرسپترون چند لایه MLP می‌باشند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۰).

سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی (ANFIS): روش سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی (ANFIS)، روشی ترکیبی است که در آن بخش فازی رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی را برقرار می‌نماید و مشخصه‌های مربوط به توابع عضویت بخش فازی نیز به وسیله شبکه عصبی تعیین می‌شود. در سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی، ابتدا ساختار مدل با مشخصه‌های مشخص، که متناسب با ورودی‌ها، درجه عضویت و قوانین و توابع درجه عضویت خروجی است، انتخاب می‌شود. سپس بخشی از داده‌های موجود به‌عنوان ورودی- خروجی که قابل استفاده برای آموزش این سیستم باشد، انتخاب می‌شود. در مرحله آموزش با اصلاح مشخصه‌های درجه عضویت براساس میزان خطای قابل قبول، مشخصه‌های مدل به مقادیر واقعی نزدیک می‌شوند. سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی بیش‌تر با استفاده از سیستم فازی سوگنو و به‌صورت

ساختار شبکه‌ای پیش‌رونده استفاده می‌شود که دارای ۵ لایه مطابق شکل ۲ به شرح زیر می‌باشد (علمداری و همکاران، ۲۰۱۱):



شکل ۲- ساختار شبکه ANFIS.

نرمال‌سازی داده‌ها: برای هماهنگی بین برد تابع محرک و خروجی شبکه نیاز به نرمال‌سازی داده‌ها می‌باشد. برای نرمال‌سازی داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه و با توجه به این‌که برد تابع تانژانت هیپربولیک بین $[-1, +1]$ می‌باشد از رابطه ۱ برای نرمال‌سازی استفاده گردید.

$$x'_i = \frac{x_i(B_u - B_L) + x_{\max}B_L - x_{\min}B_u}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

در این رابطه دسته اطلاعات (x_1, x_2, \dots, x_n) به بازه دلخواه $[B_L, B_u]$ نگاشت می‌شوند که x_{\min} و x_{\max} به ترتیب حداقل و حداکثر داده‌های ورودی می‌باشند. برای تعریف سناریوهای متعدد شامل ترکیب‌های مختلفی از پارامترهای ورودی مدل، همبستگی زمانی بین جریان روز جاری با روزهای قبل در سه ایستگاه اورنگ، برمیس و تازه‌کند، به مدت ۴ روز تأخیر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- همبستگی زمانی دبی در روزهای قبل.

نام ایستگاه	تأخیر روزانه	ضریب همبستگی
اورنگ	۱	۰/۸۸۰
	۲	۰/۸۱۵
	۳	۰/۷۷۲
	۴	۰/۷۳۹
برمیس	۱	۰/۷۳۳
	۲	۰/۶۵۸
	۳	۰/۵۷۳۸
	۴	۰/۵۴۶۸
تازه‌کند	۱	۰/۹۳۳
	۲	۰/۷۸۱
	۳	۰/۸۳۰
	۴	۰/۷۹۹

هم‌چنان‌که از جدول ۲ استنباط می‌شود با توجه خصوصیات فیزیکی حوضه آبریز اهرچای (کشیدگی زیاد حوضه و وجود پوشش گیاهی به‌نسبت غنی و باغ‌های کنار رودخانه) که باعث افزایش گیرش و زمان تأخیر حوضه می‌شود، همبستگی خوبی بین جریان در روز جاری تا حداقل ۴ روز قبل وجود دارد. در این پژوهش برای شبکه عصبی مصنوعی از شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) و از نوع پیش‌خور (FF) با الگوریتم آموزشی پس‌انتشار خطا (BP) استفاده شده است. داده‌ها به دو قسمت آموزشی و صحت‌سنجی تقسیم شدند. برای به‌دست آوردن ساختار بهینه شبکه عصبی در هر سناریو با توجه به ثابت بودن نرون‌ها در لایه ورودی و خروجی، با تغییر در نرون‌های لایه میانی ساختار بهینه حاصل شد. در لایه میانی از ۱ تا ۵ نرون استفاده شده است و همچنین برای سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی از روش سوگنو و توابع عضویت مثلثی و گوسین شکل و روش آموزش هیبرید استفاده شده است. لازم به ذکر است که همه محاسبات آموزش و تست، تکرار، تعریف توابع و غیره در محیط برنامه‌نویسی Matlab 2011 صورت گرفته است. با توجه به این‌که هدف، پیش‌بینی جریان یک روز بعد در ایستگاه اورنگ، برمیس و تازه‌کند رودخانه اهرچای بود، بنابراین با توجه به ارقام همبستگی در جدول ۳ از دبی همان روز و ۱ تا ۴ روز قبل استفاده گردید. همچنین در بخش مربوط به شبکه عصبی مصنوعی برای تمامی لایه‌ها از تابع تحریک تانژانت هیپربولیک استفاده گردید.

جدول ۳- سناریوهای مورد استفاده برای پیش بینی جریان روزانه.

سناریو	ورودی‌ها
S_1	$Q(t)$
S_2	$Q(t), Q(t-1)$
S_3	$Q(t), Q(t-1), Q(t-2)$
S_4	$Q(t), Q(t-1), Q(t-2), Q(t-3)$
S_5	$Q(t), Q(t-1), Q(t-2), Q(t-3), Q(t-4)$

در معرفی سناریوهای Q به مفهوم دبی روزانه ورودی ایستگاه‌ها، اندیس t به معنی امروز، $t-1$ نشانگر ۱ روز قبل می‌باشد. خروجی همه مدل‌ها به صورت $Q(t+1)$ که Q به مفهوم جریان روزانه و $t+1$ نشانگر جریان یک روز بعد می‌باشد.

معیارهای ارزیابی مدل‌ها: در این پژوهش از معیارهای آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) برای ارزیابی دقت مدل‌ها، استفاده شده است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(\hat{Q}_i - \bar{\hat{Q}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (\hat{Q}_i - \bar{\hat{Q}})^2}} \right]^2 \quad (3)$$

که در آن‌ها، Q_i : مقدار مشاهداتی، \hat{Q}_i : مقدار محاسباتی، n : تعداد داده‌ها، \bar{Q} : میانگین داده‌های مشاهداتی، $\bar{\hat{Q}}$: میانگین مقادیر محاسباتی $i=1, \dots, n$ می‌باشد (نصری و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج و بحث

برای سنجش دقت پیش‌بینی در فرایند مدل‌سازی جریان روزانه با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم فازی-عصبی تطبیقی در ایستگاه‌های اورنگ، برمیس و تازه‌کند از معیارهای ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید. بر این اساس بهترین نتایج به‌دست آمده از آزمون سناریوهای مختلف در روش شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۴ و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی در جدول ۵ نشان داده شده است. چنان‌چه در جدول ۴ نشان داده شده است در پیش‌بینی جریان روزانه دوره $t+1$ در ایستگاه‌های تازه‌کند و اورنگ سناریوی S_5 که شامل ۵ گره در لایه ورودی، ۵ گره در لایه پنهان و یک گره خروجی برای ایستگاه تازه‌کند با $R^2=0/92$ و $RMSE=0/378$ (مترمکعب بر ثانیه) و در ایستگاه اورنگ با $R^2=0/91$ و $RMSE=0/0752$ (مترمکعب بر ثانیه) بهترین نتیجه را ارائه داده است. این در حالی است که در ایستگاه برمیس سناریوی S_4 که شامل ۴ گره در لایه ورودی، ۵ گره در لایه پنهان و یک گره خروجی بود با $R^2=0/77$ و $RMSE=0/611$ (مترمکعب بر ثانیه) بهترین نتیجه حاصل گردید.

جدول ۴- بهترین نتایج پیش‌بینی جریان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN).

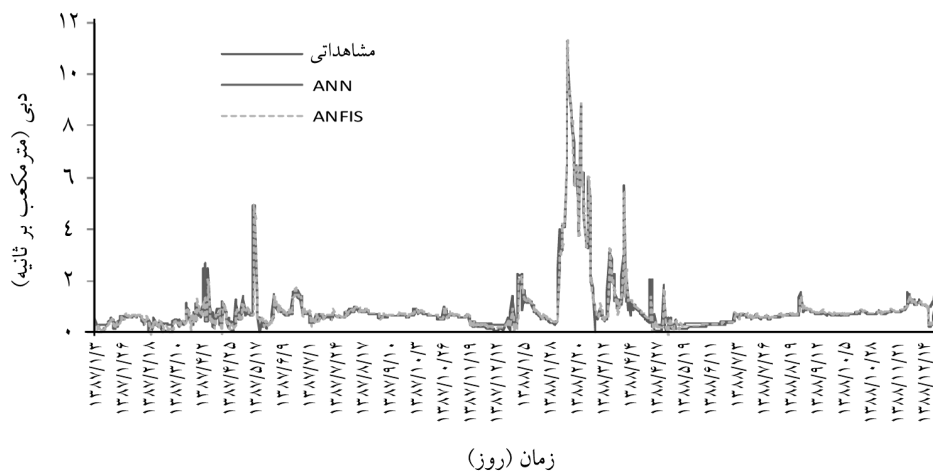
ایستگاه	سناریو	معماری شبکه	RMSE (مترمکعب بر ثانیه)		R^2	
			آموزش	آزمون	آموزش	آزمون
اورنگ	S_5	۵-۵-۱	۰/۰۷۸۸	۰/۰۷۵۳	۰/۹۱	۰/۸۷
برمیس	S_4	۴-۵-۱	۰/۰۶۱۶	۰/۰۶۱۱	۰/۷۷	۰/۷۷
تازه‌کند	S_5	۵-۵-۱	۰/۰۵۹۲	۰/۰۳۷۸	۰/۹۲	۰/۹۱

در مدل‌سازی با ANFIS برای بررسی تأثیر نوع تابع عضویت بر دقت پیش‌بینی مدل از توابع مثلثی و گوسین، برای روش آموزش از نوع هیبرید و تعداد ۴ قانون استفاده گردید. نتایج به‌دست آمده از این مجموعه بررسی‌ها در جدول ۵ ارائه گردیده است.

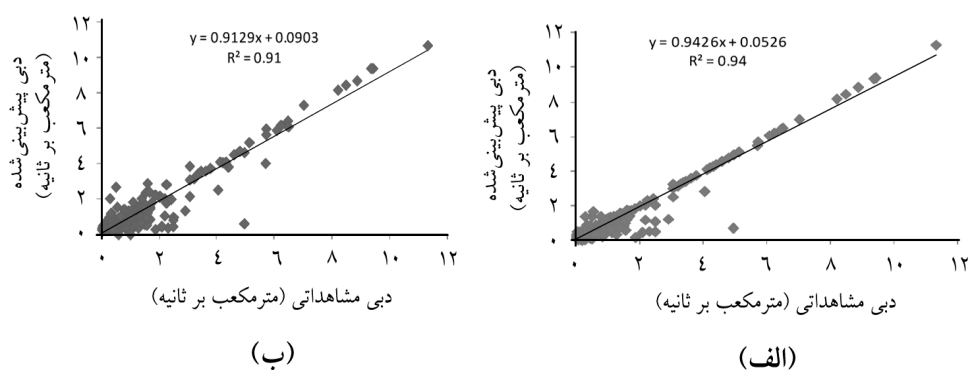
جدول ۵- بهترین نتایج پیش بینی جریان با استفاده از سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی (ANFIS).

ایستگاه	سناریو	تعداد قوانین	روش آموزش	نوع تابع عضویت	RMSE (مترمکعب بر ثانیه)		R^2
					آموزش	آزمون	
اورنگ	S _ه	۴	هیبرید	مثلی	۰/۰۹۴۰	۰/۰۸۸۲	۰/۷۵
برمیس	S _ه	۴	هیبرید	گوسین	۰/۰۶۰۹	۰/۰۵۷۲	۰/۹۱
تازه کند	S _ه	۴	هیبرید	مثلی	۰/۰۸۷۸	۰/۰۹۵۷	۰/۷۸
				گوسین	۰/۰۵۴۲	۰/۰۶۲۳	۰/۸۲
				مثلی	۰/۰۸۵۲	۰/۰۶۳۱	۰/۷۸
				گوسین	۰/۰۵۲۹	۰/۰۳۱۸	۰/۹۳

همچنان که از جدول ۵ نیز استنباط می شود در همه ایستگاه ها سناریوی S_ه بهترین جواب را ارائه داده است. از سویی دیگر در ایستگاه تازه کند، برمیس و اورنگ تابع عضویت گوسین بهترین جواب را ارائه نموده است. همچنین از جدول ۵ پیداست که دقت پیش بینی جریان در ایستگاه تازه کند با $R^2=0/94$ و $RMSE=0/0318$ (مترمکعب بر ثانیه) بیش تر از ایستگاه های اورنگ و برمیس می باشد.



شکل ۳- نمودار مقایسه مقادیر دبی مشاهداتی و پیش بینی شده ایستگاه تازه کند در دوره آزمون برای سناریوی (S_ه).



شکل ۴- نمودار پراکنش دبی مشاهداتی و پیش‌بینی شده دوره آزمون در ایستگاه تازه‌کند برای سناریوی (S_ه):
الف) سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی و ب) شبکه عصبی مصنوعی.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه برای پیش‌بینی جریان روزانه در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در حوضه اهرچای از دو روش هوشمند شناخته شده شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی استفاده گردید. در این پژوهش دقت پیش‌بینی جریان در یک روز بعد برای ایستگاه تازه‌کند با روش ANFIS ($R^2=0/94$) و روش ANN ($R^2=0/91$) و برای ایستگاه اورنگ با روش‌های ANFIS و ANN به ترتیب ($R^2=0/93$) و ($R^2=0/91$) به دست آمد که نشان از دقت بالای روش ANFIS نسبت به روش ANN داشت. در حالی که دقت پیش‌بینی جریان ایستگاه‌های تازه‌کند و اورنگ به نسبت بالا بود اما به نظر می‌رسد، پیش‌بینی جریان در ایستگاه برمیس به علت کم بودن مقادیر جریان روزانه، نسبت به سایر ایستگاه‌ها از دقت کم‌تری برخوردار می‌باشد. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که یکی از محدودیت‌های سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی تعداد لایه‌های ورودی آن می‌باشد. نبی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی که به منظور بررسی عملکرد روش‌های فازی در پیش‌بینی جریان رودخانه ليقوان‌چای داشتند، به این نکته اشاره کرده‌اند. در مطالعه‌ای کیشی و اوزتورک (۲۰۰۷)، با مقایسه سیستم‌های هوش مصنوعی (ANN و ANFIS) برای پیش‌بینی جریان بالادست و پایین‌دست رودخانه سوگانلی در حوضه غربی دریای سیاه واقع در ترکیه به این نتیجه رسیدند که مدل ANN نسبت به مدل ANFIS از دقت بالاتری برخوردار است. ولی این پژوهش نشان داد که سیستم

استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (ANFIS) نسبت به شبکه عصبی مصنوعی (ANN) از دقت بیش تری در پیش بینی جریان رودخانه اهرچای برخوردار بوده و تابع عضویت گوسین شکل نسبت به مثلثی دارای دقت بیش تری است.

منابع

1. Alamdari, A.A., Doostiaref, A., Karimi, M.R., and Rajabi, Z. 2011. Special Topics in Electrical Engineering and Computer with MATLAB. Negharandeh danesh Publications. Press, 320p. (In Persian)
2. Kisi, O. 2007. Streamflow Forecasting Using Different Artificial Neural Network Algorithms. J. Hydrol. Engin. 12: 5. 533-539.
3. Kisi, O., and Ozturk, O. 2007. Forecasting River Flows and Estimating Missing Data Using Soft Computing Techniques International Congress River Basin Management Antalya, Turkey. Pp: 655-657.
4. Kisi, O., Shiri, J., and Nikoofar, B. 2012. Forecasting Daily Lake Levels Using Artificial Intelligence Approaches. Computers and Geosciences. 41: 169-180.
5. Nabizadeh, M., Mosaedi, A., Hesam, M., and Dehghani, A.A. 2012. Comparing the Performance of Fuzzy Based Models in Stream Flow Forecasting on Lighvan River. J. Water Soil Cons. 19: 1. 117-134. (In Persian)
6. Nasri, M., Modares, R., and Dastorani, M.T. 2006. Application of Artificial Neural Network for runoff estimation Case study: Plajan Basin-Zayandehrud Watershed. Seventh International Seminar on River Engineering, Ahvaz. 7: 81-88. (In Persian)
7. Nayak, P.C., Sudheer, K.P., Rangan, D.M., and Ramasastri, K.S. 2005. Short-term flood forecasting with a neurofuzzy model. Water Resources Research. 41: 1-5.
8. Sattari, M., Yurekli, K., and Pal, M. 2012. Performance evaluation of artificial neural network approaches in forecasting reservoir inflow. Applied Mathematical Modelling. 36: 2649-2657.
9. Soltani, S., Sardari, S., Sheykhpoor, M., and Mosavi, S. 2010. Artificial Neural Network. Nas Publications. Iran. Press. 183p. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(1), 2015
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Short Technical Report

Forecasting daily river flow of Ahar Chay River using Artificial Neural Networks (ANN) and comparison with Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

***M.R. Abdollah Pour Azad¹ and M.T. Sattari²**

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Civil Engineering - Water, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran, ²Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, University of Tabriz
Received: 05/30/2013; Accepted: 04/26/2014

Abstract

In recent years application of intelligent methods has been considered in forecasting hydrologic processes. In this research, daily river flow of Ahar Chay, a river located in East-Azerbaijan province at the north-west of Iran, was forecasted using Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System methods in Orang, Bermis and Tazekand hydrometric stations. For the modeling of an ahead day flow, observed daily flow discharge during 2002 and 2009 years, have been used. Determination coefficient (R^2) and Root Mean Squared Error (RMSE) statistical criteria were used to evaluate the performance of the obtained results. The results showed that (ANFIS) gives a better daily river flow forecasting in Ahar Chay with $R^2=0.94$ and $RMSE=0.0318 \text{ m}^3\text{sec}^{-1}$ compared to (ANN) with $R^2=0.92$ and $RMSE=0.0378 \text{ m}^3\text{sec}^{-1}$.

Keywords: Flow forecasting, Artificial Neural Networks, Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems, Ahar Chay River

* Corresponding Author; Email: reza_abd_a@yahoo.com