

ارزیابی کارایی شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش های تجربی در برآورد دبی پیک لحظه ای

محمدتقی دستورانی^۱، جمیله سلیمی کوچی^۲، علی طالبی^۱

^۱استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
^۲دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد

چکیده:

مشکلات موجود در امر دسترسی به آمار مربوط به جریان آب رودخانه ها در اغلب نقاط جهان، و ضرورت ارزیابی سیلاب هاب استثنایی و مخرب که خسارات مالی و تلفات جانی بسیاری را به دنبال دارد، انگیزه تحقیقات و مطالعات را تشکیل می دهد، که در جهت برآورد مقادیر حد این پدیده ها در صورت فقدان هرگونه اندازه گیری مستقیم انجام می شود. در این زمینه روشهای مختلفی جهت برآورد دبی پیک با استفاده از دبی روزانه وجود دارد. این تحقیق به دنبال بررسی کارایی تعدادی از این روشهاست. در این تحقیق تعدادی از ایستگاههای مناطق نیمه خشک انتخاب و با استفاده از روابط تجربی فولر، سنگال و دیتر دبی پیک آنها برآورد شده است. نتایج حاصل از مقایسه شبکه عصبی مصنوعی با روش های تجربی بیانگر کارایی بسیار بالای این روش نسبت به روش های تجربی می باشد.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، دبی پیک لحظه ای، روش های تجربی برآورد دبی

مقدمه:

اقدامات مربوط به طراحی و ارزیابی عملکرد سازه های هیدرولیکی اغلب وابسته به دانستن مقادیر پیک ورودی به آنها می باشد. بویژه تخمین سیلاب طرح سازه های هیدرولیکی نیازمند تعیین دبی پیک لحظه ای است. چون این مقدار بویژه در حوزه های آبخیز کوچک با مقادیر دبی میانگین تفاوت قابل توجهی دارد [۱]. در اغلب ایستگاهها داده های دبی میانگین روزانه طولانی تر از دبی پیک لحظه ای است و کاربرد این آمار در مطالعات سیل منجر به تخمین کمتر از مقدار واقعی سیل طرح و در نتیجه افزایش احتمال خطر می گردد [۲]. در بسیاری از مطالعات هیدرولوژیکی بویژه روند یابی سیل در مخازن یا کانال ها نیاز به کاربرد هیدروگراف سیل است. یک ورودی مهم در برآورد این هیدروگراف دبی پیک لحظه ای است. روش های تخمین دبی پیک لحظه ای بر اساس داده های دبی میانگین روزانه حدود یک قرن است که توسط هیدرولوژیست ها مورد مطالعه قرار گرفته است. در برخورد با این مسئله اساساً دو راهکار متفاوت استفاده شده است. اولین راهکار شامل روش هایی است که به دنبال رابطه ای بین ضریب دبی پیک، نسبت دبی پیک لحظه ای و دبی میانگین روزانه متناظر آن، با خصوصیات فیزیوگرافی حوزه می باشند (فولر و سیلوا و توکی). دومین راهکار شامل روش هایی است که توالی داده های میانگین دبی روزانه را برای تخمین دبی پیک بکار می برند (جاوریس، لانگبین، لینسلی، سنگال) [۳]. سیلوا و توکی (۱۹۹۸) در نظر داشتند مدلی هیدرولوژیکی برای تخمین ضریب دبی پیک بدست آورند که بیانگر رابطه دبی پیک لحظه ای و میانگین دبی روزانه باشد. آنها دو روش را برای آنالیز داده های مکان های مختلف بکار بردند. این روشها عبارت بودند از روند گرافیکی و رگرسیون همه داده های مشاهداتی و توزیع آماری داده های دبی پیک و دبی میانگین روزانه. آنها هم روند گرافیکی همه متغیرهای فیزیوگرافیکی مورد بحث و هم آنالیز رگرسیون چندگانه با استفاده از مدل لگاریتمی - خطی کلاسیک را بکار بردند [۱].

$$C = a A^b L^c D^d T^e$$

C رابطه بین دبی پیک لحظه ای و دبی میانگین روزانه A, L, D و T خصوصیات فیزیوگرافیکی حوزه a، ثابت رگرسیون و b, c, d و e ضرایب رگرسیون می باشند. آنها همچنین سعی کردند زمان تمرکز را به جای خصوصیات فیزیوگرافیکی حوزه بکار برند. به هر حال بنا به مشکلاتی مطالعات آنها تکمیل نشد و معادله نهایی را برای تعیین ضریب دبی پیک نسبت به دبی میانگین پیشنهاد ندادند.

غلامی (۱۳۷۱) برخی روش های تجربی برآورد دبی حداکثر سیل را برای برآورد سیل و واسنجی فرمول های تجربی در حوزه آبخیز دریای خزر بکار برد. وی همچنین برآوردی از دبی حداکثر رؤیت شده با دبی حداکثر لحظه ای با روش فولر در حوزه آبخیز مازندران داشته و دبی حداکثر لحظه ای بر مبنای دبی حداکثر روزانه را بدست آورده است [۴].

رضایی وهمکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی جهت مدلسازی منطقه ای دبی های اوج در زیر حوزه های آبخیز سد سفیدرود، به این نتیجه رسیدند که مقایسه دبی های اوج مشاهده ای و برآورد شده بر مبنای دسته داده های اعتبار سنجی نشان می دهد که پارامترهای آماری ضریب کارایی (R2) و ضریب آماره آزمون فیشر (F)، برای مدل شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره خطی به ترتیب ۰/۸۴، ۳۳/۶۶ و ۰/۳۳، ۳/۶ بوده و بیانگر برتری کامل مدل شبکه عصبی بر روش های سنتی است [۵].

هدف از این تحقیق ارزیابی کارایی روشهای مرسوم جهت برآورد دبی پیک لحظه ای با استفاده از دبی روزانه است. نتایج این روشها البته با روش جدید شبکه های عصبی مصنوعی نیز مقایسه شده و نقاط ضعف و قوت آنها مشخص گردیده است.

مواد و روش ها :

در این تحقیق تعدادی ایستگاه هیدرومتری در نظر گرفته شده است که اغلب آنها در اقلیم نیمه خشک مستقر هستند. جدول خصوصیات کلی ایستگاههای مورد مطالعه را نشان میدهد.

جدول ۱: خصوصیات کلی ایستگاههای هیدرومتری مورد مطالعه

نام ایستگاه	رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	مساحت حوزه (کیلومتر مربع)
تمر	طلار	۵۵ ۲۹	۳۷ ۲۸	۱۳۲	۱۵۲۴
بند ارومیه	شهر چای	۴۵ ۰۱	۳۷ ۳۰	۱۳۹۰	۴۱۸
میاندوآب	سیمینه رود	۴۶ ۰۳	۳۶ ۵۷	۱۲۹۰	۲۳۶۸
قزاقلی	گرگانرود	۵۵	۳۷ ۱۳	۳۰	۶۵۶۰
سیرا	کرج	۵۱ ۰۹	۳۶ ۰۲	۱۷۹۰	۷۲۵
آق قلا	گرگانرود	۵۴ ۲۷	۳۷ ۰۱	-۱۲	۱۰۱۱۰

داده های مربوط به دبی میانگین روزانه و دبی پیک لحظه ای مربوط به این ایستگاهها برای این تحقیق استفاده شده است.

روش بررسی :

در این تحقیق از روشهایی که عبارتند از رابطه دوم فولر، روش سنگال، رابطه هینز دیتر و شبکه عصبی مصنوعی جهت برآورد دبی پیک لحظه ای با استفاده از دبی حداکثر روزانه استفاده شده است و سپس نتایج این روشها با یکدیگر و با مقادیر مشاهداتی مقایسه شده است. این روشها به اختصار مورد بررسی قرار می گیرند :

۱- **رابطه دوم فولر:** فولر با استفاده از داده های ۲۴ حوزه رودخانه با سطح زهکش از ۳/۰۶ تا ۵۹۲/۱۵۱ کیلومتر مربع، رابطه زیر را پیشنهاد داد [۶]:

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

که در آن Q_{max} دبی پیک پیش بینی شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه، Q حداکثر دبی میانگین روزانه بر حسب متر مکعب بر ثانیه و A سطح زهکش بر حسب کیلومتر مربع می باشد .

با الهام از روش فولر بسیاری از محققان روابطی بین نسبت دبی پیک و دبی میانگین روزانه بعنوان تابعی از مساحت حوزه برای مناطق مختلف جهان پیشنهاد داده اند. جدول ۲ خلاصه ای از روابط پیشنهاد شده در کشورهای مختلف را نشان می دهد [۱].

جدول ۲: رابطه بین دبی پیک و دبی میانگین روزانه با استفاده از فاکتور سطح در مناطق مختلف

فرمول پیشنهادی	منطقه مطالعاتی	محقق
$Q_{max}/Q_d = 3.9A^{-0.22}$	Rocky Mountains	Gray(1973)
$Q_{max}/Q_d = 10A^{-0.46}$	Cypress Hills	Gray(1973)
	Central Plains	Gray(1973)
$Q_{max}/Q_d = 11A^{-0.26}$	Manitoba Encarp	Gray(1973)
	Portugal	Correia(1983)
$Q_{max}/Q_d = 0.37A^{-0.38}$	Italy	Tonini(1939)
	Italy($A < 120km^2$)	Cottechina(1965)
$Q_{max}/Q_d = 1 + 1.2A^{-0.036}$	Italy($A > 120km^2$)	Cottechina(1965)
$Q_{max}/Q_m = 1 + 68A^{-0.5}$	Italy	Tonini(1969)
	Brazil	Tucci(1991)
$Q_{max}/Q_m = 32A^{-0.313}$		
$Q_{max}/Q_m = 16A^{-0.19}$		
$Q_{max}/Q_m = 2.39A^{-0.112}$		
$Q_{max}/Q_d = 1 + 15.03A^{-0.59}$		

A: سطح زهکش (km^2)، A^* سطح زهکش (mi^2)، Q_{max} دبی پیک، Q_d بیشترین دبی مشاهداتی، Q_m ،

حداکثر دبی میانگین روزانه [۱].

۲- **روش سنگال:** از جمله روش هایی که راهکار دوم (استفاده از توالی داده های میانگین دبی روزانه برای تخمین دبی پیک) را بکار بردند روش سنگال می باشد. سنگال (۱۹۸۳) با فرض یک هیدروگراف واحد مثلثی رابطه زیر را پیشنهاد نمود [۷]:

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

Q_{max} دبی پیک لحظه ای پیش بینی شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه، Q_2 میانگین دبی روزانه روزی که پیک در آن اتفاق افتاده و Q_1 و Q_3 میانگین دبی روزانه روز قبل و بعد از آن روز بر حسب متر مکعب بر ثانیه می باشند. در این مطالعه سنگال داده های میانگین دبی روزانه سه روز متوالی را بکار برد. وی این فرمول را با استفاده از داده های ۳۸۷ ایستگاه در انتاریو کانادا تست کرد. نتایج این روش دارای دقت قابل قبولی بودند ولی برای حوزه های کوچک دارای اریبی رو به پایین می باشد.

علی رغم اینکه بیش از نیمی از داده های استفاده شده در روش سنگال، حاصل از ذوب برف می باشند، این روش بطور گسترده ای در روندیابی سیلاب در مخازن در جنوب برزیل استفاده می شود. برای حوزه های با سطح زهکش

بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع نتایج روش سنگال نشان می دهد که مقادیر پیش بینی شده دبی پیک حدود ۵۰ درصد بیشتر از مقادیر مشاهده شده می باشد [۱]. این تمایل به مقادیر بیشتر از مقدار واقعی انگیزه ای برای بازنگری این روش شده است .

۳- روش دیتر و الکساندر : دیتر و الکساندر (۲۰۰۳) فرمولی مشابه رابطه سنگال برای تخمین دبی پیک لحظه ای با استفاده از دبی میانگین روزانه در جنوب برزیل استفاده کردند . داده های مورد استفاده در برآورد دبی پیک ، دبی روز با ماکسیمم میانگین دبی روزانه و روزهای مجاور آن می باشد . مشابه فرمول سنگال فرض شده که دبی پیک می تواند توسط یک ترکیب خطی از میانگین دبی های این سه روز تخمین زده شود [۱] .

$$Q_{max} = 0.8 Q_2 + 0.25(Q_1 + Q_3)$$

که در آن Q_{max} دبی پیک لحظه ای پیش بینی شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه ، Q_2 میانگین دبی روزانه روزی که دبی پیک در آن اتفاق افتاده است و Q_1 و Q_3 میانگین دبی روزانه روز قبل و بعد روز پیک می باشد .

۴- شبکه عصبی مصنوعی : در سال های اخیر وارسته های مختلف هوش مصنوعی کامپیوتر در زمینه مسائل مربوط به آب و هیدرولوژی برای پیش بینی دبی حداکثر سیلاب مورد استفاده قرار گرفته است . این تکنیک ها عبارتند از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، الگوریتم ژنتیکی (GA) و تکنیک منطق فازی . استفاده از این تکنیک ها در اغلب موارد سودمند بوده و در بعضی موارد نتایج بسیار درخشانی را در پی داشته است . در این تحقیق با استفاده از روابط فولر ، سنگال ، دیتر و شبکه های عصبی مصنوعی دبی پیک لحظه ای در ایستگاههای موردنظر برآورد و کارایی این روش ها با یکدیگر مقایسه گردیده است .

نتایج :

در این بررسی روابط تجربی فولر ، سنگال و دیتر و همچنین شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در تعدادی از ایستگاههای مناطق نیمه خشک ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است . جهت انجام این کار دبی های پیک اندازه گیری شده در ایستگاههای مورد بررسی در ۳۰ سال دوره آماری با داده های دبی پیک برآورد شده از روش های مذکور مورد مقایسه قرار گرفتند . میزان همبستگی بین این مقادیر در ایستگاههای مختلف با استفاده از ضریب همبستگی (R^2) و RMSE سنجیده شد . نتایج حاصل از این بررسی در جدول ۳ آورده شده است .

جدول ۳: نتایج برآورد دبی پیک با روش های تجربی فولر ، سنگال ، دیتر و شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی		رابطه دیتر		رابطه سنگال		رابطه فولر		روش ایستگاه
همبستگی (R^2)	RMS E	همبستگی (R^2)	RMSE	همبستگی (R^2)	RMS E	همبستگی (R^2)	RM SE	
۰/۹۹	۳/۴	۰/۶۴	۱۲۳/۵	۷۲۲/۰	۸۷/۳۹	۸۰۴/۰	۹۴	تمر
۰/۹۸	۸/۳۶	۰/۴۵	۹۲/۲۵	۵۴۵/۰	۷۲/۰۴	۵۰۳/۰	۷۳	بند ارومیه
۰/۹۷	۲۱/۴۵	۰/۸۷	۴۰/۱۷	۸۴۹/۰	۶۸/۸۲	۹۲۵/۰	۳۵	میاندوآب
۰/۹۸	۹/۷	۰/۸۳	۲۸/۷	۸۲۵/۰	۳۵/۶	۹۵/۰	۱۷	قزاقلی
۰/۹۸	۴/۲۴	۰/۷۷	۲۸/۲۴	۷۲۵/۰	۲۶/۵	۸۴۲/۰	۱۸	سیرا
۰/۹۸	۴/۶	۰/۹۴	۳۵/۲۴	۹۲۹/۰	۶۲/۵۳	۹۹۸/۰	۲۹	آق قلا

با توجه به مقادیر ضریب همبستگی (R^2) ، استفاده از رابطه فولر در ایستگاههای قزاقلی ، آق قلا و میاندوآب در سال های فاقد آمار مقادیری نزدیک به واقعیت به ما می دهد . کاربرد رابطه فولر در ایستگاه بند ارومیه همبستگی بسیار ضعیفی بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر برآورد شده نشان می دهد . همچنین کاربرد روابط سنگال و دیتر نیز

جهت برآورد دبی پیک در این ایستگاه توصیه نمی شوند. کارایی رابطه سنگال در ایستگاه آق قلا نسبتاً بالاست. استفاده از رابطه دیتر در ایستگاه آق قلا نتیجه قابل قبولی به ما می دهد و نتایج آن در ایستگاههای میان‌دوآب و قزاقلی تا حدودی مناسب می باشد. در شکل ۱ مقادیر برآورد شده دبی پیک با روش های مختلف در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده در ایستگاه تمر به عنوان نمونه آورده شده است.

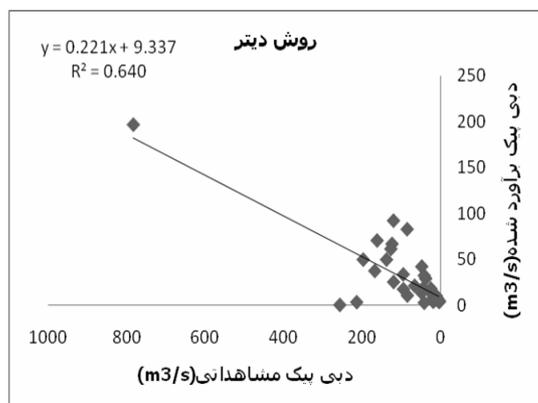
بطور کلی هنگامی که اطلاعات و آمار کافی در حوزه های آبخیز برای تجزیه و تحلیل دقیق در دسترس نباشد و استفاده از روش های دیگر ممکن نباشد، روش های تجربی مورد استفاده قرار می گیرند. روش های مورد استفاده عمدتاً بر اساس سطح و ضرائب حوزه و احتمالاً در بعضی از موارد شدت رگبار و دوره بازگشت سیل بنا شده اند. روابط تجربی با استفاده از آمار محدود یک نقطه وضع گردیده اند و انواع متغیرها در آنها زیاد است. در استفاده از فرمول های تجربی بایستی از ضرائب خاصی استفاده شود که متأسفانه در اکثر اوقات تعیین آنها مشکل و نهایتاً به تجربه و قضاوت مهندسی در هر منطقه ارتباط پیدا می کند. استفاده از چنین فرمول هایی بدون توجه به فرضیات ناحیه مورد استفاده، آب و هوا و بزرگی و کوچکی حوزه آبخیز خالی از اشتباه نخواهد بود. مشکلات موجود در استفاده از این فرمول ها از تجربی بودن آنها ناشی نمی شود، بلکه به مقدار بیشتری از عدم آگاهی نسبت به شرایط صحیح استفاده از آنهاست.

لذا استفاده از این روابط در نقاط دیگر دنیا غیر از منطقه ای که این روش ها در آنجا تدوین شده است، باید با احتیاط صورت پذیرد و حتی الامکان سعی گردد که با استفاده از حوزه های دارای آمار ضرایب مربوطه برای هر منطقه کالیبره شود.

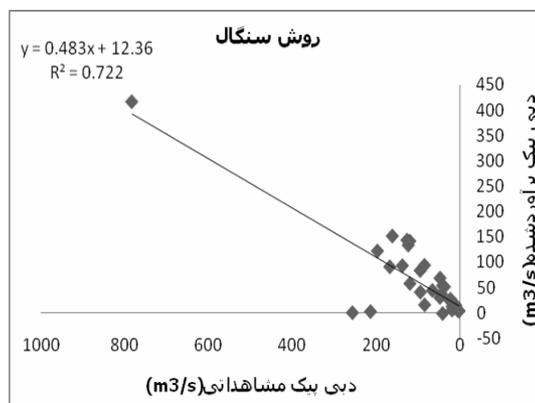
در سال های اخیر وارپته های مختلف هوش مصنوعی کامپیوتر در زمینه مسائل مربوط به آب و هیدرولوژی برای پیش بینی دبی حداکثر سیلاب مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنیک ها عبارتند از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، الگوریتم ژنتیکی (GA) و تکنیک منطق فازی. استفاده از این تکنیک ها در اغلب موارد سودمند بوده و در بعضی موارد نتایج بسیار درخشانی را در پی داشته است.

در این تحقیق همچنین کارایی شبکه عصبی مصنوعی در برآورد دبی پیک با استفاده از آمار دبی حداکثر روزانه در ایستگاههای مورد مطالعه بررسی شد.

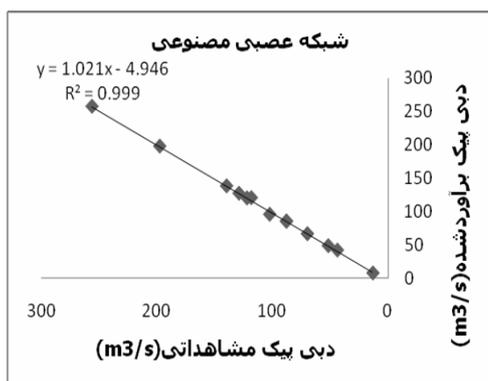
در این بررسی با استفاده از شبکه (Newff (feed forward backpropagation network و الگوریتم آموزش Trainlm (Levenberg marquardt Algorithm) شبکه آموزش دید. در ایستگاه های آق قلا و سیرا ۷۰٪ داده ها و در ایستگاههای بند ارومیه و تمر ۶۵٪ و در میان‌دوآب و قزاقلی ۶۰ درصد داده ها صرف آموزش شبکه شدند. در همه ایستگاههای مورد بررسی استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در برآورد دبی پیک لحظه ای با استفاده از داده های دبی حداکثر لحظه ای از کارایی بالایی برخوردار است. مقایسه نتایج جدول ۳ بیانگر برتری کامل شبکه عصبی مصنوعی بر روش های تجربی است.



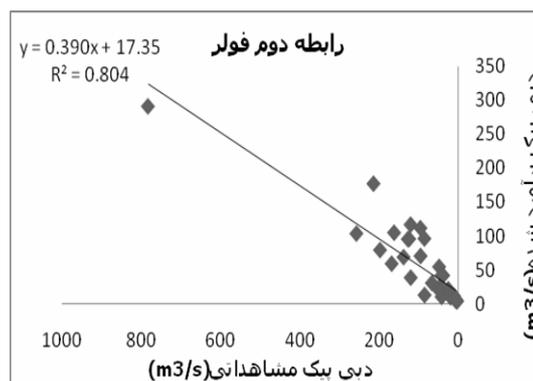
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۱: مقادیر برآورد شده دبی بیک با روش های مختلف در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده در ایستگاه تمر

منابع :

[۱] Heinz Dieter, F., Alexandre, A.A. (2003) Estimating instantaneous peak flow from mean daily flow data. J. Hydrol. Eng, ASCE 8 (6), 365–369.

[2] E.V.Taguas, J.L.Ayuso, A.Pena, Y. Yuan, M.C.Sanchez, J.V.Giraldez, R.Perez., (2008) Testing the relationship between instantaneous peak flow and mean daily flow in a Mediterranean Area Southeast Spain. J. Catena. 75(2008)129-137.

[3] D. Bocchiola, C.De Michele and R.Rosso., (2003) Review of recent advances in index flood estimation. J. Hydrology and Earth System Sciences. 75(3).283-296 .

[۴] غلامی، ش (۱۳۷۱). بررسی کاربرد برخی روشهای تجربی در تعیین دبی های حداکثر و لحظه ای در حوزه آبخیز دریای مازندران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

[۵] رضایی، ع و همکاران (۱۳۸۶). مدلسازی منطقه ای دبی های اوج در زیر حوزه های آبخیز سد سفیدرود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(الف) ۳۹-۲۵ ص.

[6] Fuller, W.E., (1914) Flood Flows. Trans. Am. Soc. Civ. Eng. 77, 564-617 .

[7] Sangal, B.P., (1983) Practical method of estimating peak flow. J. Hydrology. Eng. 109(4), 549-563

Evaluation of the Application of ANN in comparison to the empirical methods to estimate peak flow

Abstract:

Due to the lack of measured river flow data in most parts of the World, and necessity of the evaluation of destructive floods, investigation to find reliable methods to estimate maximum peak flow for the areas with no enough measured data is inevitable. Different methods have been used to estimate peak

flow using daily measured data around the World. The aim of this research is to evaluate applicability of these methods, and also the new ANN (Artificial Neural Network) method.

To do this, a number of gauging stations located in semi-arid regions have been selected and the peak flow has been estimated using Fuller method (1914), Sangal method (1983), Dieter and Alexandre method (2003) and also the new ANN approach. Comparing the results taken from these methods show high ability of ANN over the existing mentioned methods for this specific application.