



University of Mazandaran

اولین کنفرانس بین المللی تغییرات زیست محیطی منطقه خزری  
۳ تا ۴ شهریور ۱۳۸۷ دانشگاه مازندران، بابلسر

**The 1st. International Conference on the Caspian Region Environmental Changes  
24-25 August 2008, University of Mazandaran, Babolsar, Iran**

**1-ая Международная Конференция по изменениям среды Каспийского егиона  
24-25 августа 2008, Мазандаранский Университет, Баболсар, Иран**

### عنوان مقاله:

نقش دمای کمینه و دبی در برآورد آبدهی رودخانه با استفاده از  
شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی حوضه معرف کسپلیان)

سیده زهرا درواری<sup>۱</sup>، کریم سلیمانی<sup>۲</sup>، حسن فرازجو<sup>۳</sup>

Z.Darvari20078539@gmail.com

۱- کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه مازندران

۲- دانشیار دانشگاه مازندران

۳- کارشناس شرکت آب منطقه ای استان گلستان

<http://cec.umz.ac.ir>

[CEC@umz.ac.ir](mailto:CEC@umz.ac.ir)

[INTI\\_OFIC@umz.ac.ir](mailto:INTI_OFIC@umz.ac.ir)

Paper Code: ۱۰-cerc-۱۸



## نقش دمای کمینه و دبی در برآورد آبدهی رودخانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی حوضه معرف کسپلیان)

سیده زهرا درواری ، کریم سلیمانی ، حسن فرازجو

### چکیده

تخمین آبدهی رودخانه بعد از بارندگی های سیل آسا از نقطه نظر ایمنی، مسائل زیست محیطی و مدیریت منابع آب حائز اهمیت می باشد. در حال حاضر از روش های ریاضی متعددی برای پیش بینی آبدهی رودخانه استفاده می شود اما انتخاب مدل هایی که تا حد امکان به واقعیت موجود در حوضه نزدیک باشد بسیار مشکل است. در سالهای اخیر از شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) به طرز قابل توجهی در شبیه سازی فرایندهای مختلف استفاده شده است. در این مطالعه از نرم افزار MATLAB7 شاخه Neural Network برای پیش بینی جریان خروجی حوضه آبخیز کسپلیان، داده های هیدرومتری و هواشناسی (باران ، دبی، دمای مینیمم) در مقیاس زمانی ماهانه و بطول آماری ۳۲ سال استفاده شده است اطلاعات ۲۸ سال برای توسعه مدل ها و ۴ سال باقیمانده برای آزمودن آنها بکار رفته است. شبکه مورد استفاده از نوع MLP (پرسپترون چند لایه ) با متد پس انتشار خطا (BP) و الگوریتم LM می باشد. ساختارهای گوناگونی از شبکه عصبی با تغییر در لایه های ورودی (۵ الگو)، تعداد گره ها در هر لایه (۲ الی ۱۰)، لایه مخفی و میزان یادگیری ایجاد گردید. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می دهد که در میان الگوهای مورد بررسی دما مینیمم ، دبی و بارش نقش مثبت در برآورد صحیح جریان رودخانه دارد بطور کلی می توان اظهار داشت که مدل شبکه عصبی مصنوعی مدلی است قوی با توانمندی بالا است که می توان با دیدگاهی مثبت در پیش بینی مسائل هیدرولیکی به آن نگرست.

**کلمات کلیدی:** آبدهی رودخانه، الگوریتم پس انتشار خطا، MATLAB، پرسپترون چند لایه

### مقدمه

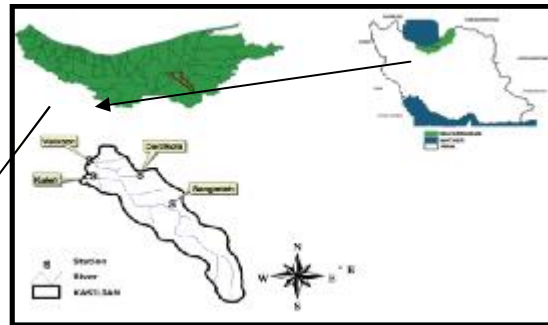
مسئله تخمین و پیش بینی زمان و مقدار سیل از اهمیت زیادی برخوردار است و پژوهشگران را بر آن داشته تا با کمک علوم مختلف درصدد رفع این نیاز برآیند. در این راستا می توان دست یابی به روش های مختلف برآورد سیل و تناوب زمانی وقوع آن را نام برد که با فناوری های جدید توسعه علوم کامپیوتری، مدل های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی مختلفی معرفی و با آزمایش های متعدد کارایی آنها به اثبات و تایید رسیده است. مهمترین ویژگی الگوهای بدست آمده این است که قادرند مسایل پیچیده و ناشناخته مربوط به رفتار آب در طبیعت از جمله روند تبدیل بارش به رواناب را در حد قابل قبولی تجزیه و تحلیل نماید. گسترش این مدل ها بیشتر به سبب نبود و یا فقر اطلاعات و آمار حوضه ها و همچنین سرعت بالای آنها با اطلاعات موجود است (۲). از جمله روش های کارآمد که امروزه استفاده فراوانی دارد شبکه عصبی مصنوعی ANN است که به عقیده متخصصان، علت اصلی مقبولیت و استفاده روز افزون آن، قدرت و سرعت بالا در شبیه سازی فرایندهایی است که درک و شناخت درستی از آن وجود نداشته و یا بررسی آنها با دیگر روشهای موجود بسیار دشوار و وقت گیر است که از نظر ساختار طوری طرح می گردد تا قادر باشد با دریافت اطلاعات ورودی و پردازش آنها بر اساس اطلاعات تعریف شده، نتایج قابل قبولی از پدیده مورد نظر را ارائه نماید (۳). امروزه تحقیقات بسیار زیادی در زمینه پیش بینی جریان رودخانه، شبیه سازی بارش رواناب و تخمین پارامتر های هیدرولوژی با استفاده از شبکه عصبی انجام شده است و با صراحت می توان بیان داشت که در تمامی موارد شبکه عصبی مصنوعی قادر به پیش بینی و شبیه سازی قابل قبول پارامتر های هیدرولوژی می باشد (al,2000, Wen Wang et al,2006., Jiyeun et al,2006., Pankaj et al,2006., Toka et al., H.K.,2005., Cigizoglu , O.2004., Kisi , GDX,LM,CG al,2000). درواری (۱۳۸۶)، توانایی مدل شبکه عصبی را در شبیه سازی جریان رودخانه با سه الگوریتم یادگیری LM,CG, GDX در حوضه معرف کسپلیان مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت بالایی برخوردار است (۱). در این مقاله، نقش دمای مینیمم در برآورد آبدهی رودخانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار می گیرد.



## مواد و روش ها

### موقعیت حوضه مورد مطالعه

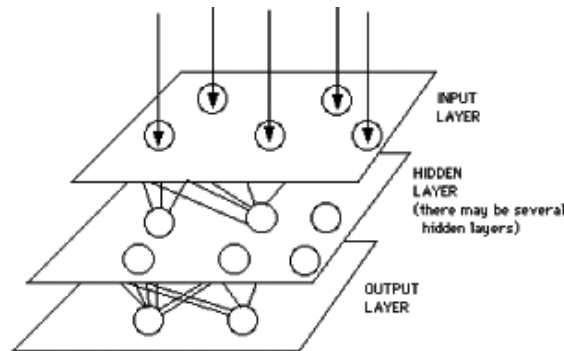
حوضه کسپلیان با مختصات طول های جغرافیایی  $30^{\circ}51'$  تا  $30^{\circ}53'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $35^{\circ}$  و  $36^{\circ}$  شمالی در بین رشته کوههای البرز مرکزی در شمال ایران قرار دارد (جنوب دریاری خزر) (شکل ۱). حداقل ارتفاع ۱۱۲۰ و حداکثر ارتفاع ۲۳۵۰ متر می باشد. مساحت حوضه  $67/22$  کیلومتر مربع، و محیط آن  $45/2$  کیلومتر است. در این حوضه ۲ ایستگاه کليما تولوژی و ۱۰ ایستگاه بارانسنجی و ۱ ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که تعدادی از آنها در حال حاضر تعطیل هستند. در این تحقیق از داده های متوسط دما در طول دوره آماری ۳۲ سال در ایستگاه سنگده و متوسط بارش در طی ۳۲ سال آماری در سه ایستگاه ( درزیکلا، سنگده، کله ) و متوسط دبی با طول دوره آماری ۳۲ سال در ایستگاه ولیک بن استفاده شده است. طول دوره آماری از سال ۱۳۴۹-۱۳۵۰ الی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ می باشد. که ۹۰ درصد داده ها در مرحله آموزش و ۱۰ درصد آن در مرحله تست یا ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته است



شکل (۱) نمای از شبکه آبراهه حوضه آبخیز کسپلیان

### شبکه های عصبی مصنوعی

هر شبکه عصبی از سه نوع لایه تشکیل شده است: لایه ورودی<sup>۱</sup>، لایه پنهان<sup>۲</sup>، لایه خروجی<sup>۳</sup>. شکل (۲) بطور شماتیک این لایه ها را نشان می دهد. بر روی لایه پنهان و لایه خروجی تعدادی نرون قرار دارد که با اتصالات وزن دار بهم مرتبط می باشند. وزن آنها طبق برنامه خاصی که برای شبکه تنظیم شده است، تغییر می یابند. در لایه ورودی هر یک از نرون ها، یک متغیر ورودی را دریافت می کنند.



شکل (۲) نمای کلی یک شبکه چند لایه

<sup>1</sup> Input Layer

<sup>2</sup> Hidden Layer

<sup>3</sup> Out put Layer



نرون های لایه ورودی فقط به عنوان نقاط توزیع بکار می روند و بر روی ورودی ها هیچ عملیاتی صورت نمی گیرد. هر یک از نرون های لایه پنهان یک تبدیل خطی را بر روی داده ها انجام می دهد و در نهایت در لایه خروجی نرون ها، خروجی مطلوب را می سازند.

### مدل شبکه عصبی جهت پیش بینی جریان

بطور معمول برای پیش بینی رودخانه ها از شبکه های چند لایه پیش خور استفاده می شود. برای ساخت مدل شبکه عصبی در این مطالعه از شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) با الگوریتم پس انتشار خطا (BP) و جهت آموزش شبکه نیز از قانون دلتا استفاده شد. در قانون یادگیری ضریب نرخ آموزش  $\alpha$  و ضریب مومنتم  $\eta$  بعنوان پارامتر های یادگیری استفاده شده است. با توجه به این موضوع که نرم افزار MATLAB مقادیری را به عنوان پیش فرض برای این ضرایب در نظر می گیرد، با انجام تکرار های متعدد اثر تغییر این پارامتر ها را بر روی عملکرد شبکه ها بررسی شد و در نهایت ضرایبی که نتایج مناسبتر را داشته باشد برای آموزش شبکه به مدل معرفی شدند.

### مشخصات کلی شبکه

هدف از آموزش شبکه دست یابی به شبکه ای است که بتواند روابط بین ورودی و خروجی مدل را بهبود بخشد. بعلت اینکه قوانین خاصی جهت طراحی شبکه های عصبی موجود نیست. چندین ساختار مورد بررسی قرار گرفت و داده های ورودی و خروجی به دو دسته تقسیم شد. آمار ۳۲ سال از سال ۱۳۴۹ الی ۱۳۷۶ جهت آموزش شبکه، و آمار ۴ سال از سال ۱۳۷۶ الی ۱۳۸۰ جهت تست شبکه مورد استفاده قرار گرفت.

الگو وساختار های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: برای آموزش و سپس آزمون یک شبکه عصبی، انتخاب تعداد و نوع پارامترهای ورودی به مدل از اهمیت بسیاری برخوردار است. به همین دلیل ۵ الگوی ورودی طراحی شده در زیر آورده شده است.

$$Q(t+1) = f \{T_{\min Darzi}(t)\} \quad (1)$$

$$Q(t+1) = f \{P_{darzi}(t), P_{sang}(t), P_k(t)\} \quad (2)$$

$$Q(t+1) = f \{P_{darzi}(t), P_{sang}(t), t \min_{darzi}\} \quad (3)$$

$$Q(t+1) = f \{P_{darzi}(t), P_{sang}(t), P_k(t), q_{valik}, t \min_{darzi}\} \quad (4)$$

$$Q(t+1) = f \{P_{darzi}(t), P_{sang}(t), q_{valik}(t), t \min_{darzi}\} \quad (5)$$

### در روابط فوق

$q_{valik}$ : متوسط آبدهی ماهانه ایستگاه ولیک بن در حوضه

$\{P_{darzi}(t), P_{sang}(t), P_k(t)\}$ : متوسط بارندگی ماهانه ایستگاه کله، سنگده، درزیکلا

$t \min_{darzi}$ : دمای مینیمم ماهانه ایستگاه درزیکلا

در تمامی موارد  $t$  بیانگر گام زمانی محاسبات بر حسب ماه می باشد.

### بررسی عملکرد شبکه

عملکرد شبکه از طریق پارامتر های مختلفی سنجیده می شود از جمله:

۱- جذر میانگین مربع خطا ( $RMSE^4$ )

<sup>4</sup>-Root mean squared error



$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (obs - calc)^2}{n}} \quad (6)$$

که در آن  $obs$  مقادیر مشاهده ای و  $calc$  مقادیر محاسبه شده توسط شبکه و مدل و  $n$  تعداد داده ها در هر مرحله می باشد. هر چه مقدار  $RMSE$  به صفر نزدیکتر باشد، نشاندهنده نزدیکتر بودن مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده به یکدیگر و دقیق تر بودن جواب ها در هر مرحله است.

۲- ضریب همبستگی بین خروجی های حقیقی و دلخواه ( $R^2$ )

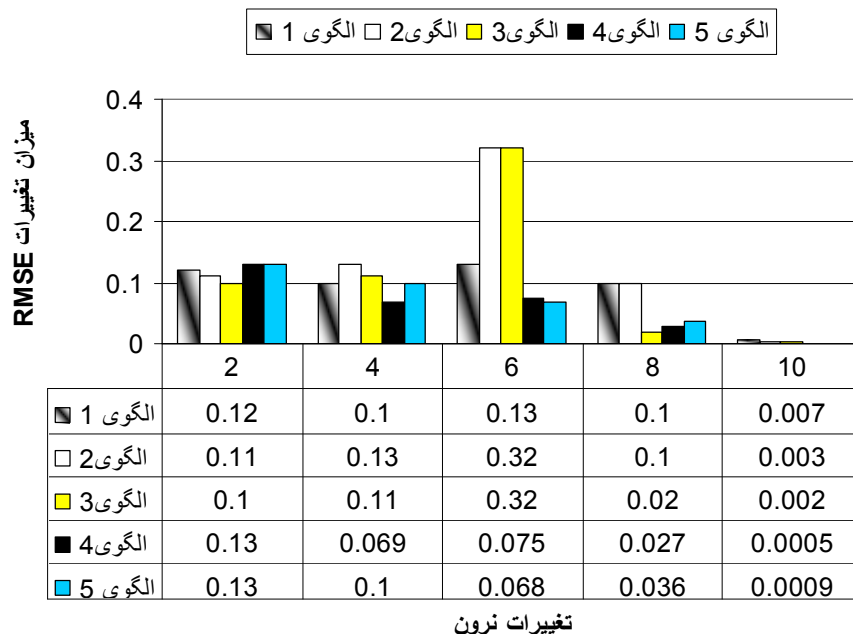
$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (obs - \bar{obs})(calc - \bar{calc})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (obs - \bar{obs})^2 \sum_{i=1}^n (calc - \bar{calc})^2}} \quad (7)$$

که در آن  $\bar{obs}$  میانگین  $obs$  (میزان جریان مشاهده ای) و  $\bar{calc}$  میانگین  $calc$  ها (میزان جریان محاسبه شده توسط شبکه و مدل) و  $n$  برابر تعداد داده ها در هر مرحله از آزمونهای آزمایش و آموزش می باشد. ضریب همبستگی ( $R$ ) و معیار خطا ( $RMSE$ ) در نرم افزار MATLAB در شاخه Neural Network مورد بررسی قرار گرفته است.

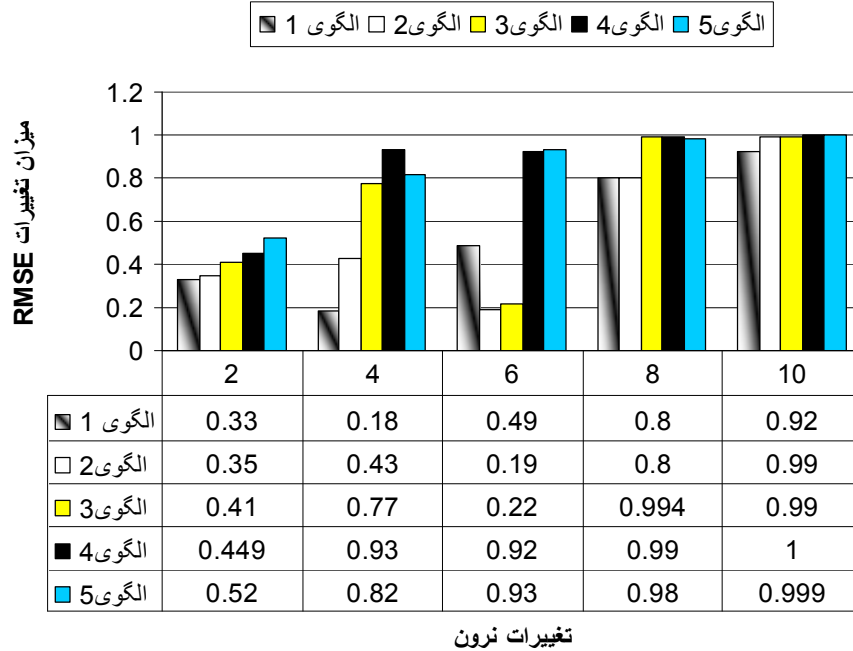
## نتایج

### تغییر تعداد نرون ها

در هر یک از پنج الگوی طراحی شده تعداد نرون ها را از ۲ الی ۱۰ نرون در لایه مخفی اول تغییر داده بطوری که از تعداد نرون های کم شروع و تا ۱۰ ادامه داده شده، تغییرات میزان ضریب همبستگی  $R$  و میزان خطای  $RMSE$  را در پنج ساختار در شکل (۳) نشان داده شده است.



<sup>5</sup> - Coefficient of correlation



شکل (۳) تغییرات R و RMSE را در ۵ الگو با تغییر نرون در مرحله تست

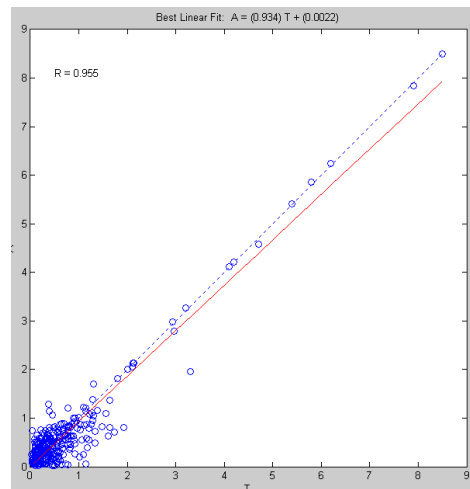
#### تعیین موثر ترین عنصر تاثیر گزار در برآورد آبدهی رودخانه

به منظور بررسی عملکرد ANN در شبیه سازی جریان رودخانه ۴۰ الگوی طراحی شده را با تکنیک یادگیری LM و تعداد نرون های مختلف (۲ الی ۱۰) مورد بررسی قرار دادیم و میزان خطای RMSE و ضریب همبستگی R را محاسبه و بهترین الگو در میان ۵ الگوی طراحی انتخاب شد. جدول (۱) نمایش تغییرات ضریب همبستگی R و خطای های RMSE را در بهترین ساختار چهار الگو نمایش می دهد.

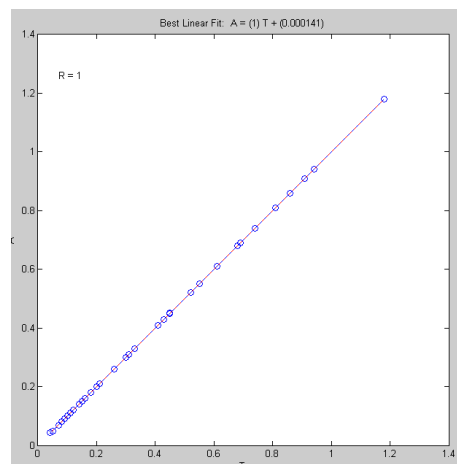
هیدروگراف های مربوط به پیش بینی شبکه در ساختار پنجم به ترتیب در مرحله آموزش (الف) و تست (ب) در شکل (۴) به نمایش گذاشته شده است.

جدول (۱) بهترین نتایج اجرای انواع مدل ها در مرحله آموزش و تست

انواع مدل ها	الگوریتم	ساختار	RMSE		R	
			آموزش	تست	آموزش	تست
مدل ۱	LM	۳-۶-۱	۰/۲۴	۰/۱	۰/۲۰	۰/۴۱
مدل ۲	LM	۳-۸-۱	۰/۳	۰/۰۶۹	۰/۲۸	۰/۹۳
مدل ۳	LM	۳-۱۰-۱	۰/۴۶	۰/۰۶۸	۰/۷۳	۰/۹۳
مدل ۴	LM	۴-۶-۱	۰/۴۰	۰/۰۲	۰/۴۵	۰/۹۹
مدل ۵	LM	۵-۸-۱	۰/۲۵	۰/۰۰۰۵	۰/۹۳	۱



(الف)



(ب)

شکل (۴): هیدروگراف ها در بهترین ساختار الگوی چهارم در مرحله آموزش (الف) و تست (ب)

#### بحث

بر اساس تحقیقات مختلف انجام شده در خصوص کارایی شبکه های عصبی مصنوعی در مدل سازی جریان رودخانه ای واضح است که توانایی های این تکنیک با توجه به ساختار های مختلف آن و نیز طبیعت مسئله ای که به دنبال حل آن هستیم متفاوت می باشد. با انتخاب نوع و تعداد مناسب عوامل ورودی و نیز استفاده از نوع مناسب و سازگار شبکه عصبی مصنوعی و نیز کالیبره کردن مناسب آن می توان گفت که این تکنیک ابزاری بسیار کارا و مناسبی برای حل مشکل برآورد آبدهی در حوضه کسپلیان می باشد. رهیافت این تحقیق، شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چند لایه با الگوریتم LM بوده است. نتایج حاصله نشان دهنده توانایی قابل قبول شبکه عصبی در برآورد جریان رودخانه می باشد. با توجه به نتایج عملکرد شبکه برای آرایش های مختلف که در جدول (۱) آورده شده است و نیز مقایسه نتایج حاصله با داده های واقعی (شکل ۴) می توان به صورت زیر نتیجه گرفت.



- مناسب ترین ساختار برای برآورد آبدهی رودخانه ، با ۱ لایه پنهان و ۸ نرون در لایه پنهان و ۵ نرون در لایه ورودی و ۱ نرون در لایه خروجی یعنی آرایش (۱-۸-۵) می باشد که میزان ضریب همبستگی و میزان جذر میانگین مربع خطا به ترتیب برای مرحله آموزش ۰/۹۳ و ۰/۲۵ و برای مرحله آزمایش ۱ و ۰/۰۰۵ برآورد کرده است.

- داده های دمای مینیمم ایستگاه درزیکلا، دبی ایستگاه ولیک بن و بارش ایستگاه سنگده و درزیکلا نقش مهمی در پیش بینی آبدهی رودخانه دارند.

- داده های بارش به تنهایی کارایی مناسبی در پیش بینی آبدهی رودخانه ندارد.

- در میان داده های بارش در سه ایستگاه مورد استفاده، داده های ایستگاه کله منفی در پیش بینی آبدهی رودخانه حوضه معرف کسپلیان دارد.

- دمای مینیمم به تنهایی نمی تواند در پیش بینی جریان رودخانه موثر باشد.

بطور کلی می توان اظهار داشت که مدل شبکه عصبی مصنوعی مدلی است قوی با توانمندی بالا که می توان با دیدگاهی مثبت در پیش بینی مسائل هیدرولیکی به آن نگریمت. بخصوص از آنجایی که شبکه عصبی قادر است قانون حاکم بر داده ها ، حتی داده های مغشوش را نیز استخراج نماید. این خصوصیت شبکه های عصبی را می توان از برجسته ترین ویژگی های این مدل در مقایسه با سایر مدلها دانست.

#### منابع

- ۱- درواری، ز. ۱۳۸۶. شبیه سازی جریان رودخانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی حوضه معرف کسپلیان)، پایانامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه مازندران، دانشکده منابع طبیعی. ۱۴۰ص
- ۲- سلطانی، س. ۱۳۸۱. مقایسه مدل های تفهیمی با شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی بارش- رواناب. پایانامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس تهران. دانشکده کشاورزی. ۹۸ص
- 2-Toka, A.S. and M.Markus.2000.Precipitation-runoff modeling using artificial neural networks and conceptual models. Journal of Hydrology Engineering ,45:156-161
- 3- Jieyun chen , Barry J. Adams.(2006).Integration of artificial neural networks with conceptual models in rainfall – runoff modeling, J of Hydrology 318(2006) 232- 249
- 4-Pankaj Singh , M.N.deo.2006 Suitability of different neural networks in daily flow forecasting.ASOC-269; no of page 11
- 5- Wen Wang, Piter H.A.J.M.van Gelder ,J.K.Vrijling.(2006) , Jun Ma. Forecasting daily streamflow using hybrid ANN model. J of Hydrology 324(2006)383-399
- 6- Cigizogoglu , H.K.2005. Application of generalized regression neural networks to intermittent flow forecasting and estimation. J. Hydrologic Engrg.ASCE 10(4) : 336-340 pp
- 7-chen .J, Adams B.J.2006.Integration of artificial neural networks with conceptual models in rainfall – runoff modeling, J of Hydrology 318(2006) 232- 249
- 8- Kisi , O.2004. River flow modeling using artificial neural networks. J. Hydrologic Engrg. ASCE 9(1) : 60-63 pp