



بررسی کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی بارش منطقه شیراز

فروغ گلکار^۱، علیرضا فرهمند^۲، فاطمه فرهمند^۳

چکیده

برنامه ریزی و مدیریت در اغلب پروژه های منابع آب از قبیل سدها، مخازن، مهار سیلابها و کشاورزی نیاز به پیش بینی بارندگی در فواصل حداقل یک ماهه دارد. در این مقاله کارآیی مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی بارندگی ماهانه بر اساس داده های ۵۲ سال ایستگاه سینوپتیک حوزه آبریز شیراز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی توانایی بالایی در پیش بینی میزان بارندگی ماهانه با دقت قابل قبول دارد. بهترین مدل شبکه عصبی سه لایه پرسپترون در این تحقیق شامل سه نرون در لایه میانی به دست آمد. در نهایت مهمترین پارامترهای مؤثر در پیش بینی بارش ماه آینده، درجه حرارت روز با پایه ۲۱ درجه سانتی گراد و متوسط حداکثر رطوبت مشخص شدند.

کلید واژه : بارندگی، پیش بینی بارش، شبکه عصبی مصنوعی

^۱ کارشناس ارشد هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس، foroogh.golkar@yahoo.com

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس، farahmandar@yahoo.com

^۳ کارشناس ارشد آمار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس، farahmand19@yahoo.com



مقدمه

پیش بینی فرآیندهای جوی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، خصوصا در مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک، از اهمیت بالایی برخوردار است. بسیاری از فرآیندهای هیدرولوژیکی به شدت غیر خطی و تابع قوانین فرآیندهای تصادفی هستند [۱۰]. بارش، پدیده‌ای بسیار غیرخطی و متغیر با زمان و مکان به شمار می‌رود. عوامل موثر زیادی در تغییرات آن نقش دارند، که به طور کلی می‌توان آنها را به دو دسته اقلیمی و جغرافیایی تقسیم کرد. از عوامل اقلیمی می‌توان رطوبت، فشار، دما، پوشش ابر، سرعت باد، عوامل فصلی موثر بر تغییرات سینوسی بارش و همچنین سیگنالهای بزرگ مقیاس اقلیمی و به خصوص دوره‌های ال‌نینو و لانینا را نام برد. از عوامل جغرافیایی می‌توان به دوری و نزدیکی از مرکز تولید جبهه (مثلا دریاها و یا صحراهای بزرگ) و همچنین ارتفاع، اشاره کرد [۵].

روش‌های متداول در پیش‌بینی پارامترهای هواشناسی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد با توجه به احتمال خطای انسانی و دقت پایین و همچنین داشتن حجم انبوهی از داده‌ها و محاسبات حجیم، دارای محدودیت می‌باشند [۷]. امروزه محققین با ابداع و پیشرفت علمی چون روش‌های هوشمند که ابزاری توانمند و انعطاف‌پذیر و مستقل از مدل‌های دینامیکی سیستم هستند گام‌هایی را در راه شناخت و پیش‌بینی پارامترهای مهم هواشناسی برداشته‌اند [۴، ۶، ۱ و ۹]. یکی از روش‌های هوشمند، مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد. ویژگی‌های شبکه عصبی مصنوعی که سبب کاربرد وسیع آن در زمینه‌های مختلف پیش‌بینی فرآیندهای پیچیده شده است، شامل: قابلیت یادگیری، پراکنندگی اطلاعات، قابلیت تعمیم، پردازش موازی و مقاوم بودن می‌باشد [۳].

شبکه عصبی مصنوعی با الگوبرداری مناسب از نرون‌های موجود در مغز انسان سعی می‌کند تا از طریق توابع تعریف شده ریاضی رفتار درون سلولی نرون‌های مغز را شبیه‌سازی کند و از طریق وزن‌های محاسباتی موجود در خطوط ارتباطی نرون‌های مصنوعی، عملکرد سیناپسی را در نرون‌های طبیعی به مدل در آورد. ماهیت و ذات تجربی و منعطف این روش



باعث می‌شود تا در مسائلی مانند مقوله پیش بینی که یک چنین نگرشی در ساختار آن‌ها مشاهده می‌شود و از رفتاری غیرخطی برخوردار هستند، به خوبی قابل استفاده باشد.

در این مقاله پیش بینی میزان ماهانه بارش با استفاده از پارامترهای هواشناسی به کمک روش شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تخمین میزان بارش می‌تواند در مدیریت مخازن آب و برنامه ریزی جهت تامین آب و کنترل سیلاب مورد استفاده قرار گیرد.

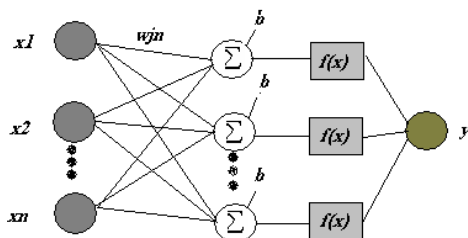
مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی و داده‌ها

موقعیت مورد مطالعه در این تحقیق، ایستگاه سینوپتیک شهر شیراز در استان فارس، واقع در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه است. ارتفاع از سطح دریا ۱۴۸۴ متر می‌باشد. در این تحقیق برای طراحی شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش بینی ماهانه بارش، در ایستگاه سینوپتیک شیراز، از اطلاعات هواشناسی سال‌های موجود در سایت سازمان هواشناسی کشور استفاده گردید.

شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی (**Artificial Neural Network**) الگویی برای پردازش اطلاعات می‌باشند که با تقلید از شبکه‌های عصبی بیولوژیکی مثل مغز انسان ساخته شده‌اند. عنصر کلیدی این الگو ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات آن می‌باشد و از تعداد زیادی عناصر (نرون) با ارتباطات قوی داخلی که هماهنگ با هم برای حل مسائل مخصوص کار می‌کنند تشکیل شده‌اند. شبکه عصبی مصنوعی مدل ریاضی است که توانایی مدلسازی و ایجاد روابط ریاضی غیرخطی برای درون‌یابی را دارد. یک شبکه عصبی مصنوعی به صورت شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱- ساختار شبکه عصبی مصنوعی

ارتباط بین نرون ها (x_i ها) و خروجی آنها (y)، به کمک مقادیر پارامترهای وزن (w)، بایاس (b) و تابع فعالیت ($f(x)$) به شکل رابطه زیر تعریف می شود:

$$y = f(\sum w_{jn}x_n + b) \quad (1)$$

تابع f می تواند دارای اشکال گوناگونی مانند تابع فعالیت سیگموئید (رابطه ۲) و تابع فعالیت خطی (رابطه ۳) به صورت زیر می باشد:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad (2)$$

$$a = f(n) = n \quad (3)$$

تعیین معماری یک شبکه عصبی نخستین گام در استفاده از این ابزار می باشد که با اثبات قضیه تقریب ساز توسط تیم تحقیقاتی هر نیک و همکارانش چنین بیان شد که یک شبکه عصبی پیشرو با یک لایه مخفی سیگموئیدی و لایه خروجی خطی قادر به تخمین هر نگاشت پیچیده ای با هر درجه تقریبی خواهد بود [۸]. این قضیه تعداد لایه های مخفی را به حداقل ممکن کاهش می دهد و از این رو در کاهش پیچیدگی شبکه نقش بسزایی ایفا خواهد کرد. پس از آن میزان کارایی شبکه به انتخاب مناسب تعداد نرون های لایه مخفی بستگی خواهد داشت.



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



چنانچه برای لایه میانی شبکه‌های چندلایه پرسپترون به اندازه کافی نرون در نظر گرفته شود، این شبکه‌ها قادر به تقریب مناسب هر تابعی می‌باشند. هرچه پیچیدگی تابع بیشتر بوده و تابع دارای نقاط عطف بیشتری باشد، مقدار نرون‌های لایه میانی را نیز می‌بایست بیشتر در نظر گرفت اما باید توجه نمود که تعداد پارامترهای قابل تنظیم شبکه از تعداد داده‌های یادگیری کمتر باشد تا شبکه دچار آموزش بیش از حد نشود و بتواند به خوبی عمل تعمیم را انجام دهد. یادگیری بیش از حد بدین معناست که شبکه به جای یادگیری رابطه بین داده‌ها ورودی - خروجی، تنها این داده‌ها را حفظ نماید و در برابر مثالی که قبلاً ندیده است نمی‌تواند خروجی مناسب ارائه نماید. در حالت کلی نمی‌توان در مورد تعداد مناسب نرون‌های لایه میانی اظهار نظر قطعی نمود، ولی انتخاب به صورت سعی و خطا انجام می‌شود. در این تحقیق شبکه پرسپترون سه لایه با الگوریتم آموزش پس انتشار خطا در نظر گرفته شد [۴ و ۲].

الگوریتم پس انتشار خطا اساساً از دو مسیر اصلی تشکیل می‌شود:

الف) مسیر اول که به مسیر رفت موسوم است و در این مسیر، بردار ورودی به شبکه پرسپترون اعمال می‌شود و تأثیراتش از طریق لایه پنهان، به لایه خروجی انتشار می‌یابد. در این مسیر پارامترهای شبکه که شامل ماتریس وزن و بردار بایاس می‌باشند، ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می‌شوند.

ب) مسیر دوم که به مسیر بازگشت موسوم است، در این مسیر برخلاف مسیر رفت پارامترهای شبکه تغییر یافته و تنظیم می‌گردند. این تنظیم مطابق با قانون یادگیری اصلاح خطا انجام می‌شود.

سیگنال خطا، در لایه خروجی شبکه، تشکیل می‌گردد. بردار خطا که برابر با اختلاف بین پاسخ مطلوب و پاسخ واقعی شبکه می‌باشد، در لایه خروجی شبکه تشکیل می‌شود. مقدار خطا پس از محاسبه در مسیر بازگشت از لایه خروجی و از طریق لایه‌های شبکه در کل شبکه توزیع می‌گردد و چون این توزیع اخیر در خلاف مسیر ارتباط وزنی صورت می‌پذیرد، کلمه پس انتشار خطا جهت توضیح اصلاح رفتار شبکه انتخاب شده است. پارامترهای شبکه طوری تنظیم می‌شوند که پاسخ واقعی شبکه هرچه بیشتر به سمت پاسخ مطلوب نزدیکتر شود. این امر تا رسیدن مقدار خطا به یک مقدار قابل قبول ادامه می‌یابد. در



اینجا مرحله یادگیری شبکه به پایان رسیده و در صورتیکه شبکه در برابر یک ورودی که قبلاً ندیده است قرار بگیرد می‌تواند خروجی مناسب از خود نشان دهد.

نتایج

در این تحقیق از شبکه پرسپترون سه لایه (شکل ۱) استفاده شد. برای پیش بینی میزان بارندگی ماه آینده، ۲۲ پارامتر ورودی مطابق جدول (۲) به کار رفت. در ابتدا نرمال سازی داده های ورودی به شبکه انجام شد. برای این کار از توابع نرمال سازی متداول استفاده شد و تاثیر آنها در شبکه حاصل بررسی شد. در این تحقیق بهترین تابع نرمال سازی بصورت رابطه ۴ به دست آمد که داده ها را به فضای $[-1, +1]$ منتقل می‌کرد.

$$y = \frac{2 \log(x - x_{\min} + 1)}{\log(x_{\max} - x_{\min} + 1)} - 1 \quad (4)$$

پس از نرمال سازی داده ها، از محیط برنامه نویسی نرم افزار **MATLAB** جهت ایجاد شبکه های مختلف با تعداد نرون های متفاوت در لایه میانی برای تخمین بارندگی هر ماه با کمک پارامترهای همان ماه استفاده شد. برای مدلسازی، داده های نرمال شده به سه دسته آموزش، صحت سنجی و آزمون تقسیم شد که به ترتیب ۶۰، ۱۵ و ۲۵ درصد داده ها به هر قسمت تخصیص پیدا کرد.

بهترین مدل بر اساس معیار خطای **RMSE** (ریشه میانگین مربع خطا) و ضریب **R²** (میانگین خطای مطلق) انتخاب شد. نتایج مربوط به مدل های مختلف شبکه عصبی برای مراحل آموزش، صحت سنجی و آزمون در جدول ۱ آمده است. همانطور که مشاهده می شود تعداد سه نرون در لایه میانی به عنوان بهترین حالت مشخص شد. در شکل ۲، نمودار رگرسیونی مربوط به بهترین مدل شبکه عصبی بدست آمده ارائه شده است.



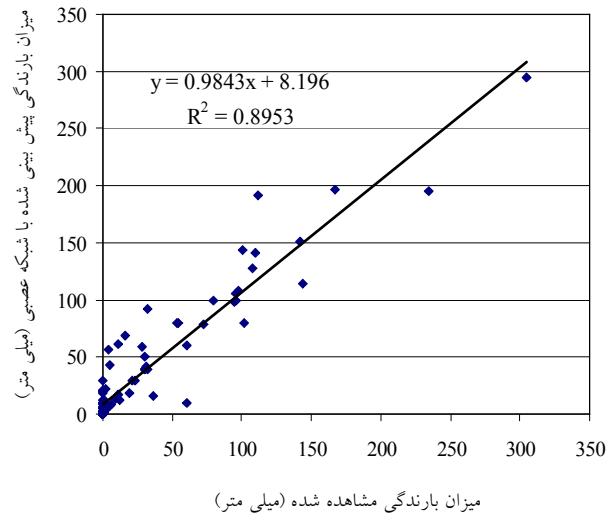
همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



جدول ۱- نتایج مربوط به مدل‌های مختلف شبکه عصبی برای مراحل آموزش، صحت سنجی و آزمون

تعداد نرون ها در لایه میانی	آموزش		آزمون		صحت سنجی	
	R ^۲	RMSE	R ^۲	RMSE	R ^۲	RMSE
۱	۰/۷۹	۰/۳۹۵	۰/۷۸	۰/۳۹۹	۰/۷۱	۰/۳۹۹
۲	۰/۸۶	۰/۳۲۱	۰/۸۵	۰/۳۳۴	۰/۸۴	۰/۳۵۶
۳	۰/۸۹	۰/۳۰۹	۰/۸۹	۰/۳۲۴	۰/۸۵	۰/۳۳۳
۴	۰/۷۸	۰/۴۱۵	۰/۷۴	۰/۴۲۱	۰/۷۱	۰/۴۲۶
۵	۰/۷۵	۰/۴۵۵	۰/۷۱	۰/۴۴۹	۰/۷۴	۰/۴۶۷
۶	۰/۷۱	۰/۴۶۶	۰/۷۱	۰/۴۷۶	۰/۶۹	۰/۴۷۶
۷	۰/۶۵	۰/۴۸۱	۰/۶۱	۰/۴۸۴	۰/۶۴	۰/۴۸۹
۸	۰/۵۴	۰/۴۹۲	۰/۵۵	۰/۴۹۲	۰/۵۳	۰/۴۹۸
۹	۰/۴۷	۰/۴۹۳	۰/۴۲	۰/۴۹۵	۰/۴۲	۰/۴۹۴
۱۰	۰/۴۵	۰/۴۹۳	۰/۴۱	۰/۴۹۸	۰/۴۲	۰/۴۹۴

Archive of SID



شکل ۲- نمودار رگرسیونی مربوط به بهترین مدل شبکه عصبی

پس از تعیین بهترین مدل شبکه عصبی برای تخمین بارندگی ماهانه، اقدام به مشخص کردن مؤثرترین پارامترها از میان ۲۲ مورد استفاده در این تحقیق در تعیین بارندگی شد. برای رسیدن به این هدف آنالیز حساسیت انجام گرفت. مقادیر حساسیت هر پارامتر در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود مهمترین پارامتر در پیش بینی بارش ماه آینده درجه حرارت- روز با مینای ۲۱ درجه سانتی گراد و بعد از آن متوسط بیشترین رطوبت نسبی می باشد.

جدول ۲- میزان حساسیت پارامترهای هواشناسی در تخمین بارندگی ماه آینده

پارامتر هواشناسی	مقدار حساسیت	پارامتر هواشناسی	مقدار حساسیت
میانگین فشار هوا	۰/۰۶۴۹	متوسط دمای کمینه	۰/۰۶۴۲
میانگین فشار بخار آب	۰/۰۷۵۴	اختلاف دمای کمینه و بیشینه	۰/۰۴۶۳
تعداد روزهای با بارندگی بیش از ۱ میلی متر	۰/۰۳۱۶	تعداد روزهای طوفانی	۰/۰۳۶۱
تعداد روزهای با بارندگی بیش از ۵ میلی متر	۰/۰۰۸۹	متوسط سرعت باد	۰/۰۷۹۹



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



۰/۱۱۰۹	متوسط رطوبت	۰/۰۱۶۵	تعداد روزهای با بارندگی بیش از ۱۰ میلی متر
۰/۰۰۹۴	جهت سریعترین باد	۰/۰۰۷۱	تعداد روزهای بارندگی
۰/۰۲۱۵	جهت باد غالب	۰/۰۴۱۲	تعداد روزهای آفتابی
۰/۰۰۱۳	سرعت باد غالب	۰/۱۷۳۶	درجه حرارت روز با پایه ۲۱ درجه سانتی گراد
۰/۰۰۶۸	درصد باد غالب از کل	۰/۱۲۹۷	متوسط رطوبت بیشینه
۰/۰۱۷۸	ماندگاری باد غالب	۰/۰۳۱۴	متوسط رطوبت کمینه
۰/۰۱۷۶	تعداد باد غالب	۰/۰۴۶۸	متوسط دمای بیشینه

نتیجه گیری

از آنجایی که تخمین میزان بارش می تواند در مدیریت مخازن آب و برنامه ریزی جهت تامین آب و کنترل سیلاب و غیره مورد استفاده قرار گیرد، در این مقاله پیش بینی میزان ماهانه بارش با استفاده از پارامترهای هواشناسی به کمک روش شبکه های عصبی مصنوعی در حوزه مربوط به ایستگاه سینوپتیک شهر شیراز در استان فارس مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا بهتر بودن تابع لگاریتمی برای نرمال سازی داده های هواشناسی نسبت به توابع دیگر مشخص گردید. سپس بهترین مدل شبکه عصبی سه لایه پرسپترون در این تحقیق شامل سه نرون در لایه میانی به دست آمد. در نهایت مهمترین پارامترهای پیش بینی بارش ماه آینده، درجه حرارت روز با پایه ۲۱ درجه سانتی گراد و متوسط حداکثر رطوبت انتخاب شدند.

مراجع

[۱] Chuan, C.S., Weather prediction using artificial neural network, Journal of Hydrology, ۱۹۹۷, ۲۳۰, ۱۰۱-۱۱۹.



- [۲] Coulibaly P., Anctil, F., and Bobee, B., Daily reservoir inflow forecasting using artificial neural networks with stopped training approach. *Journal of Hydrology*, ۲۰۰۰, ۲۳۰: ۲۴۴- ۲۵۷.
- [۳] Daka, P.; Chandramouli V., Fuzzy Neural Network Model for Hydrologic Flow Routing. *Journal of Hydrologic Engineering*, ۱۰(۴), ۲۰۰۵, ۳۰۲-۳۱۴.
- [۴] French, M. N., Krajewski, W. F., and Cuykendal, R. R., Rainfall forecasting in space and time using a neural network. *Journal of Hydrology*, Vol. ۱۳۷, ۱۹۹۲, pp. ۱-۳۷.
- [۵] Govindaraju, R. S., Artificial neural network in hydrology. I: Preliminary Concepts, *Journal of Hydrologic Engineering*. Vol. ۵, No. ۲, ۲۰۰۰, pp. ۱۱۵-۱۲۳.
- [۶] Govindaraju, R. S., Artificial neural network in hydrology. I: Hydrological Applications. *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. ۵, No. ۲, ۲۰۰۰, pp. ۱۲۴-۱۳۷.
- [۷] Haltiner, G. J., and Williams, R. T., Numerical prediction and dynamic meteorology, ۲nd Edition. New York, Wiley & Sons, ۱۹۸۰, pp. ۴۴۷.
- [۸] Hornik, K., Stinchcombe, M., and White, H., multilayer feed forward network are Universal approximators, *Neural Networks*, No.۲, ۱۹۸۹, pp. ۳۵۹-۳۶۶.
- [۹] Michaelide, S., Pattichis, S. and Kleovoulou, G., Classification of rainfall variability by using artificial neural network. *International Journal of Climatology*, ۲۰۰۱, ۲۱, ۱۴۰۱-۱۴۱۴.
- [۱۰] Tokar, A. S., and Markus, M., Precipitation-runoff modeling using artificial neural network and conceptual models. *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol ۴, No. ۳, ۲۰۰۰, pp. ۱۵۶-۱۶۱.