نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۹، زمستان ۹۹

پیش‌آگاهی بلندمدت بارش با استفاده از سیستم شبکه‌ی عصبی مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی کارون بزرگ

دریافت مقاله: ۹۶/۹/۳ **پذیرش نهایی**: ۹۷/۱۰/۲۹

صفحات: ۹۷-۸۱

ایران صالحوند: گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه‌آزاداسلامی، نجف‌آباد، ایران.
Email: hsabzvare@gmail.com
امیر گندم کار: گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه‌آزاداسلامی، نجف‌آباد، ایران[۱].
Email: Agandomkar2007@yahoo.com
ابراهیم فتاحی: عضو هیات علمی پژوهشکده هواشناسی ایران، تهران، ایران.
Email: ebfat2002@yahoo.com

چکیده

پیش‌آگاهی ماهانه و فصلی بارش در مدیریت منابع آب و کشاورزی نقش مهمی بر عهده دارد و با اطلاع از میزان بارندگی می‌توان امکان وقوع خشکسالی و یا ترسالی را در یک منطقه پیش‌بینی و اقدامات لازم را به عمل آورد. به دلیل اینکه بخش عمده‌ای از بارشهای منطقه مورد مطالعه طی سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر به وقوع می پیوندد، لذا در این پژوهش به بررسی عوامل موثر بر بارش و مدل‌سازی این سه ماه پرداخته شد. برای مدل‌سازی بارش از داده‌های بارش ماهانه‌ی ایستگاههای همدید و بارانسنجی در بازه‌ی آماری (۲۰۱۴-۱۹۸۴) به مدت ۳۰ سال بعنوان متغیر وابسته و شاخصهای اقلیمی، سیگنالهای بزرگ مقیاس اقلیمی شامل؛ دمای سطح دریا و دمای ۱۰۰۰ میلی‌باری، هم‌ارتفاع تراز ۵۰۰ میلی‌باری ، امگای ۲۰۰ میلی‌باری و عناصر اقلیمی بعنوان متغیر مستقل استفاده شده است. به دلیل رفتار غیرخطی بارش از شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت مدل‌سازی بهره گرفته شد. جهت مشخص شدن بهترین معماری برای ورود به شبکه‌ی عصبی از تحلیل عاملی استفاده شد. برای پیش‌بینی بارش از داده‌هایی که بیشترین ارتباط را با بارش نشان دادند بصورت چهار الگو استفاده گردید که در ماه ژانویه الگوی چهارم با خطای آنتروپی ۰/۰۴۵، تعداد لایه‌های ورودی ۹۱ واحد ، بهترین آرایش ۱۵-۱ و ضریب همبستگی ۹۴ درصد بود. در ماه فوریه، الگوی سوم با ضریب همبستگی ۹۷ درصد، خطای آنتروپی ۰۳۶/. درصد ، تعداد واحدهای ورودی ۸ واحد و بهترین نوع آرایش لایه‌ی پنهان ۱-۱۰ بود. بارش ماه مارس با تمام الگوها ضریب پیش‌آگاهی بالا بود که الگوی اول با خطای آنتروپی ۰۳۸/.، تعداد واحدهای ورودی ۶۷، نوع آرایش لایه‌ی پنهان، ۱۷-۱، ضریب همبستگی ۹۸ درصد بود.

کلید واژگان: تحلیل عاملی، سیستم‌های سینوپتیک، شاخصهای اقلیمی، عناصر اقلیمی، شبکه‌ی عصبی پرسپترون.

---

۱ . **نویسنده مسئول**: نجف آباد، دانشگاه آزاد واحد نجف آباد، گروه جغرافیا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

مقدّمه

پیش آگاهی بارش درمدیریت منابع آب و کشاورزی نقش مهمی بر عهده دارد. چون در مناطق مختلف جهان بویژه مناطق خشک و نیمه خشک تقاضا برای آب در همه‌ی بخشهای خانگی، کشاورزی و صنعتی در حال افزایش است و تامین آب در این مناطق با مشکل جدی مواجه است و با توجه به اینکه پیش‌بینی و پیش‌آگاهی بارش در زندگی انسان و در برنامه‌های مدیریتی نقش اساسی و قابل توجهی دارد، لذا مطالعه آب در نقاط مختلف ضروری است (حجازی زاده،۷۶:۱۳۹۲) آب در کشورهای با اقلیم خشک و نیمه خشک همواره به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی در امر توسعه مطرح است (رحیمی،۶۲:۱۳۹۱). مدیریت موفق منابع آب به منظور مقابله با کمبود آب، نیازمند درک فرایندها و علل مربوطه است. کمبود آب ناشی از پدیده‌هایی است که می توانند در اثر واداشتهای طبیعی مثل خشکی یا خشک‌سالی و یا در اثر فعالیتهای بشری مانند بیابان‌زایی ایجاد شوند (قمقامی،۱۶۹:۱۳۹۳). آگاهی از عوامل تاثیرگذار بر منابع آب از پارامترهای مهم در برنامه‌ریزی است. عوامل زیادی می‌تواند بر دما و بارش یک ناحیه تاثیر داشته باشد که گردشهای جوی یکی از این عوامل می-باشند. گردشهای جوی بسیار تغییر پذیرند. این تغییرات منجر به پیدایش اشکالی از جریانهای جوی می‌شوند که در مقیاسهای زمانی متفاوت رخ می‌دهند و بر الگوهای دما، بارش و بقیه‌ی عناصر اقلیمی در قلمروهای وسیع تاثیر می‌گذارند. به همین دلیل الگوهای پیوند از دور عامل ناهنجاریهایی هستند که همزمان در نواحی ظاهرا خیلی دور از هم دیده می‌شوند (اکبری،۱۱۹:۱۳۸۶) گاهی اجزای سیستم اقلیمی اثرات خود را بر مکانی دورتر از محل وقوع آن تحمیل میکنند. اینگونه تاثیرگذاری به پیوند از دور موسوم است (مظفری،۵۴:۱۳۹۰). پیوند از دور برای این استفاده می‌شود که چگونه تغییرات در الگوهای جوی در یک بخش از جهان می‌تواند سبب تغییرات در دیگر بخشهای جهان گردد (عزیزی،۴۲:۱۳۸۳). مقصود و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای به نام مجموعه‌ای از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی وضع هوا از گروه شبکه‌های عصبی مصنوعی و پارادایم‌های یادگیری برای پیش‌بینی آب‌وهوا در جنوب ساسکاچوان، کانادا استفاده کردند. با استفاده از روشهای شبکه‌های چند لایه پرسپترون، شبکه مکرر عصبی المن، شبکه شعاعی تابع پایه استفاده نمودند داده‌های آنها، دما، سرعت باد و رطوبت نسبی بود. با هر مدل، پیش بینی برای فصول زمستان، بهار، تابستان و پاییز ساخته شد. نتایج تجربی نشان داد که شبکه مکرر عصبی المن دقیق نبود و شبکه شعاعی تابع پایه شبکه‌های چند لایه پرسپترون، برای پیش بینی آب و هوا نسبتا قابل اطمینان‌تر بود. کائور[1] و همکاران (۲۰۱۱) در یک تحقیق، با عنوان شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌آگاهی حداکثر و حداقل رطوبت نسبی با استفاده از شبکه‌های عصبی، حداقل دمای شهرستان چاندیگرای هند را بررسی نمودند. ایشان از روش شبکه‌های عصبی به نام چند لایه پرسپترون برای پیش‌آگاهی استفاده نمودند. الگوریتم انتشار به عقب برای آموزش شبکه استفاده شد. نتایج نشان داد که حداقل دما را می‌توان با دقت قابل قبولی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی کرد. حسین و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی با عنوان: شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش آگاهی دما و تاثیر آن بر سلول های خورشیدی، به پیش‌بینی دما در داکا پایتخت بنگلادش، پرداختند. آنها با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه به منظور برآورد میانگین روزانه، حداکثر و حداقل دمای داکا، روند دمای

[1] Kaur

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

بیش از شصت سال را در سراسر بنگلادش مورد مطالعه قراردادند. مدل شبکه عصبی مصنوعی چند لایه بر اساس مفهوم پرسپترون با استفاده از الگوریتم یادگیری توسعه و آموزش دیده شد. از روش پس انتشار برای پیش آگاهی، مدل مورد آزمایش قرار گرفت و با استفاده از داده‌های ۱۰ ساله برای آموزش شبکه به پیش‌آگاهی پرداختند. نتیجه نشان داد که شبکه‌های عصبی را می‌توان برای پیش‌بینی دما با موفقیت مورد استفاده قرارداد. اسلانبری[1] و گان[2] (۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان آنالیز موجک از بارش فصلی حوضه رود نیل آبی علیا ، با پیوند از راه دور، دمای سطح دریا و پیش بینی آن توسط شبکه عصبی مصنوعی، به پیش‌بینی بارش اتیوپی پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که مدل شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک-مصنوعی برای پیش آگاهی بارش فصلی عملکرد بهتری داشت و خطاهای جذر میانگین مربع بین ۰,۷۲ و ۰,۸۲، ۰,۶۸ و همبستگی نمرات بین ۰,۵ و ۰,۷۷ بود. میسلان[3] و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان پیش بینی بارش ماهانه با شبکه سیستم عصبی مطالعه موردی ایستگاه تنگارونگ کالیمانتان شرقی اندونزی با روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه، الگوریتم شبکه عصبی پس انتشار خطا[4] انجام گردید. داده‌های ورودی همان داده های بارش بودند با سه نوع معماری با تکرار(اپاک) ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰. نتایج تجربی نشان داد که معماری ۱-۲۰-۵۰-۲ با تکرار ۱۰۰۰بار با خطای ۰/۰۰۰۹۶ بهترین نتیجه را داشت. بنابراین الگوریتم شبکه عصبی پس انتشار خطا بهترین الگو جهت پیش‌بینی بارش کالیمانتان شرقی است. نایاک[5] و همکاران (۲۰۱۷)در تحقیقی با عنوان بررسی پیش‌بینی بارش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در این مقاله کارهایی که به پیش‌بینی بارش در ۲۵ سال گذشته انجام گرفته است را بررسی نموده و روش آنها بررسی مقایسه‌ای روشهای معماری مختلف است. در این بررسی مشخص شد که بسیاری از محققان شبکه انتشار را برای پیش‌بینی بارش انتخاب نموده‌اند زیرا نتایج قابل توجهی داشته است. نتیجه این که شبکه عصبی مصنوعی برتری خاصی نسبت به سایر روشها داشته است. کاشیوا[6] و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای با عنوان پیش بینی بارش با استفاده از داده های هواشناسی در اینترنت با سیستم عصبی مبتنی بر شبکه های محلی مطالعه موردی اطلاعات آژانس هواشناسی ژاپن، به پیش‌بینی بارش ژاپن از طریق اینترنت با استفاده از سیستم عصبی مصنوعی با روشهای پرسپترون چند لایه، الگوریتم ترکیبی پس انتشار، بهینه سازی تصادفی و شبکه شعاعی تابع پایه پرداختند. نتیجه‌ی تجربی این تحقیق پیش‌بینی بارش در ساعت ۱۲ تا ۲۴ در ماتسویاما، ساپورو و ناها نیم میلیمتر با واقعیت تفاوت داشت در صورتیکه مرکز پیش‌بینی ژاپن در ساعت ۱۷ تا ۲۴ در ۱۶ نقطه ۱ میلیمتر تفاوت را نشان داد. بارشهای سنگین تابستانه در توکیو با استفاده از داده‌های بارش گذشته در سالهای بین ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ نیز به خوبی پیش‌بینی شد. بنابراین روش پیش‌بینی پرسپترون چند لایه برای خطر بارشهای تندری بسیار کارآمد است. خلیلی و همکاران(۱۳۸۷) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی بارش ماهانه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی مطالعه‌ی موردی ایستگاه سینوپتیک مشهد از دو روش برای پیش‌بینی استفاده نمودند، مدل جی‌اس۵۳۱ و

[1] Elsanabary
[2] Gan
[3] Mislan
[4] (BPNN)
[5] Nayak
[6] Kashiwao

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

جی‌اس ۷۴۱ به منظور پیش‌بینی ماهانه‌ی بارش از بارش ۵ ماه قبل استفاده شد، نتایج نشان داد که استفاده زیاد ورودی می‌تواند موجب خروج شبکه از حالت تعمیم شود. فقط با آزمون و خطای فراوان می‌توان بهترین مدل را برای پیش‌بینی انتخاب نمود که هر دو مدل قابل قبول و میزان همبستگی و خطا به ترتیب در مدل جی‌اس ۵۳۱[1]، ۹۰ و ۱/۱۱ و در مدل جی‌اس۷۴۱[2]، ۹۲ و ۰/۰۰ بدست آمد. فلاح قالهری و خوشحال (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی بارش بهارهٔ استان خراسان رضوی براساس سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی، با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی از روش سیستم عصبی و تحلیل همبستگی جهت پیش‌بینی بارش استفاده نمودند در ضمن پیش‌بینی بارش فصلی خراسان بزرگ بر اساس الگوهای همدید با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی، تأثیرپذیری بارندگی منطقه شمال شرق ایران از الگوهای سینوپتیکی واقع در خلیج فارس و دریای عمان، دریای سیاه، دریای خزر، دریای مدیترانه، دریای شمال، دریای آدریاتیک، دریای سرخ، اقیانوس هند، اقیانوس اطلس و سیبری را بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که با مدل پیشنهادی در ۷۰ درصد از سال‌ها می‌توان بارش را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی کرد. نتایج نهایی نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی در تمامی سال‌ها می تواند بارش را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی نماید. قلی‌زاده و دارند (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان پیش بینی بارش ماهانه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی(مورد : تهران) در این تحقیق از داده های بارش ماهانه طی دوره آماری ۵۳ سال (۱۹۵۱-۲۰۰۳) و شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان یک روش غیرخطی جهت پیش بینی بارش استفاده شد. بارش ماهانه‌ی دو سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ بعنوان ورودی و پیش-بینی بارش بعنوان خروجی در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیق بعد از آزمون شبکه با لایه‌های پنهان و با ضرایب یادگیری مختلف نشان داد که ترکیب شبکه با ویژگی‌های مذکور با الگوریتم ژنتیک باعث کاهش خطا و افزایش سرعت محاسبات شده و مدل بهتری را ارائه می‌کند. ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی ماهانه بارش و پیش‌بینی شده توسط شبکه برابر ۹۱/. و ضریب تبیین برابر ۸۳/. بود. عرفانیان و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به نام پیش‌بینی بارش و دمای متوسط ماهانه با استفاده از الگوهای پیوند از دور به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی(مطالعه موردی :ایستگاه سینوپتیک مشهد) از الگوهای بزرگ مقیاس اقلیم (پیوند از دور) مؤثّر بر پارامترهای دمای متوسط و بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک مشهد در دوره آماری ۵۵ ساله ۱۹۵۶-۲۰۱۰ م. به صورت هم زمان و با تأخیر زمانی بهره گرفتند و اثر پیش پردازش داده‌های ورودی شبکه عصبی به چهار روش (رگرسیون، رگرسیون با داده‌های محدود، تست گاما و بدون پیش پردازش) مورد بررسی قرار دادند، روش شبکه‌عصبی پرسپترون چند لایه در این تحقیق معرفی شد. نتایج حاصل حاکی از آن است که پیش پردازش به روش‌های رگرسیون، رگرسیون محدود و آزمون گاما به ترتیب بهترین نتایج را برای هر دو پارامتر ارائه کرده و پیش بینی با شبکه عصبی بدون پیش پردازش داده‌های ورودی به ویژه برای پارامتر بارندگی، نتایج مناسبی نداشته است . هم چنین مشخص شد که در هر دو روش رگرسیون مورد استفاده، شاخص اقلیمی نینو۱,۲ با تأخیرات زمانی به ترتیب ۵ و ۴ ماهه مؤثّرترین شاخص بر پارامترهای بارش و دمای متوسط بوده است که این نتیجه در آزمون گاما نیز صدق میکند. ایلدرومی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به نام برآورد بارش به کمک

[1] GS531
[2] GS741

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

شبکه عصبی مصنوعی با داده‌های هواشناسی غیر بارشی در سه منطقه شیراز، مشهد و کرمان با استفاده روش شبکه‌ی مصنوعی در ایستگاههای شیراز، مشهد و کرمان به پیش‌بینی بارش پرداختند. ابتدا نمای هرست برای سه ایستگاه محاسبه شد، بالا بودن این نما ۸۰ تا ۹۲ درصد نشان داد که بارش هر سه ایستگاه قابلیت پیش-بینی دارد. نوع پارامترهای ورودی بر اساس آزمون همبستگی پیرسون از بین داده‌های غیر بارشی، ترکیبی از داده‌های دمایی و رطوبتی شامل دمای حداقل، حداکثر و میانگین به درجه سلسیوس، میانگین، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به درصد ، سرعت باد و دمای نقطه‌ی شبنم بودند. اعتبار سنجی مدل‌های بارش نشان داد، دارای بهترین عملکرد بوده‌اند. در مجموع نتایج نشان دادند که استفاده از روش شبکه عصبی با در نظر گرفتن اطلاعات دمایی-رطوبتی، نتایج مناسبی برای توصیف فرآیند و ترکیب آن‌ها در پیش‌بینی به دست می-دهند. ضریب همبستگی از ۷۷ تا ۹۴ درصد بود. ستاری و نهرین (۱۳۹۲) در تحقیقی به نام پیش‌بینی مقادیر حداکثر بارش روزانه با استفاده از سیستم‌های هوشمند و مقایسه آن با مدل درختی M5 ؛ مطالعه موردی ایستگاه های اهر و جلفا با استفاده از روشهای مدل هوشمند شبکه‌های عصبی مصنوعی، برنامه‌ریزی ژنتیک و مدل درختی به پیش‌بینی پرداختند در حالت کلی می‌توان گفت که هر سه روش مذکور ضمن رقابت با یکدیگر نتایج نسبتا دقیقی را جهت پیش بینی حداکثر بارش روزانه در ماه مورد نظر در منطقه ارائه می‌کنند ولی به دلیل ارائه روابط خطی ساده و قابل فهم توسط مدل درختی M5 ، این روش می‌تواند به عنوان روشی کاربردی و جایگزین برای محاسبه حداکثر بارش روزانه در ماه مورد توجه قرار گیرد. امیدوار و نبوی زاده (۱۳۹۳) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی بارش روزانه استان کرمان با شبکه‌های عصبی مصنوعی مطالعه‌ی موردی: (کرمان، بافت و میانده جیرفت) روشهای شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون(چند لایه)، شبکه تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی بازگشتی مورد آزمون قرار گرفتند. ورودی‌های مدل ایشان عناصر اقلیمی مانند کمینه و بیشینه و میانگین دما به درجه سلسیوس، رطوبت نسبی به درصد، سرعت و جهت باد به متر بر ثانیه، میانگین فشار به هکتوپاسکال و بارش به عنوان خروجی مدل انتخاب شد، تجزیه و تحلیل خروجی و میزان میانگین مربعات خطای شبکه‌های عصبی توابع پایه شعاعی و برگشتی، نشان داد این مدل ها، از توانایی و دقت بیشتری نسبت به شبکه های عصبی پرسپترون برای پیش‌بینی بارش برخوردارند. تحلیل نتایج خروجی سه شبکه نشان داد که با افزایش فاکتورهای موثر ورودی، شبکه دقت بالاتری را در پیش‌بینی ارائه می‌دهد. سپس با استفاده از زنجیره مارکوف میزان احتمال بارش‌های دو روزه نیز مشخص گردید و با توجه به میزان احتمال کسب شده برای هر ایستگاه، احتمال وقوع بارش نیز شبیه سازی شد. فقیه (۱۳۸۹)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی کاربرد شبکه عصبی مصنوعی و بهینه‌سازی آن با روش الگوریتم ژنتیک در تخمین داده‌های بارش ماهانه (مطالعه موردی: منطقه کردستان) از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه یابی پارامترهای تابع انتقال، قانون آموزش، مقدار مومنتم، تعداد لایه پنهان، تعداد نرون لایه پنهان و تعداد الگوها استفاده شد و کارایی این روش در بهینه سازی شبکه عصبی بررسی گردید. نتایج نشان داد، شبکه عصبی در مدل سازی و برآورد مکانی بارش ماهانه از دقت بالایی برخوردار است. هم‌چنین تلفیق آن با الگوریتم ژنتیک، برای بهینه‌سازی شرایط اجرای شبکه عصبی، مثبت ارزیابی گردید و روش تلفیقی در اکثر موارد برتری خود را نسبت به اجرای شبکه عصبی بدون بهینه سازی نشان داد. این تحقیق با هدف پیش‌آگاهی بارش ماهانه‌ی حوضه‌ی کارون بزرگ که مهمترین منبع آبی

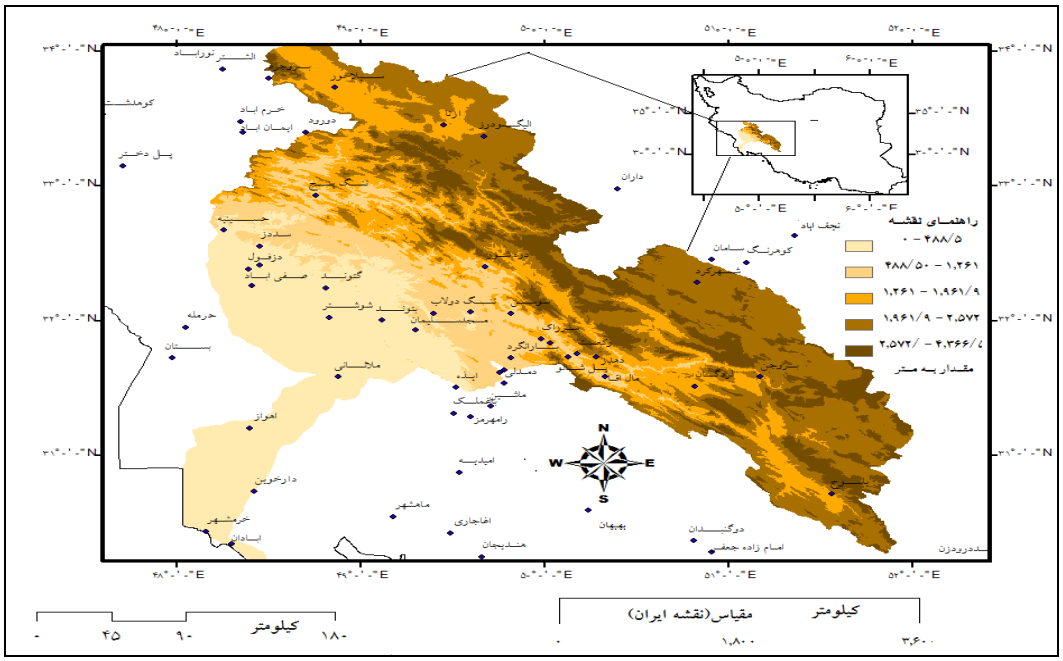
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

کشور می‌باشد انجام شده است، بنابراین همانند تحقیقات گذشته برای رسیدن به این مهم عوامل موثر بر بارش شناسایی شد. برای شناسایی عوامل موثر بر بارش از تحلیل همبستگی و تحلیل عاملی استفاده شد، از تحلیل همبستگی برای شناسایی عواملی که بر بارش رابطه داشتند و بعد از شناسایی این عوامل ، آنها را در تحلیل عاملی قرار داده و مهمترین عاملها شناسایی شدند. بعد از اینکه عوامل موثر بر بارش مشخص گردید با استفاده از شبکه‌ی سیستم عصبی به پیش‌آگاهی بارش پرداخته شد. که با ضریب همبستگی بالایی این‌کار انجام گرفت.

روش تحقیق

منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق حوضه‌ی کارون بزرگ است که قسمتهای کوهستای استانهای کهکیلویه و بویر احمد، چهارمحال و بختیاری ، لرستان و خوزستان را شامل می‌شود که بعد از عبور از بخشهای کوهستانی به جلگه‌ی خوزستان سرازیر می‌شود. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد بررسی در شکل(۱) نمایش داده شده است.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

دو رودخانه کارون و دز از سلسله جبال زاگرس سرچشمه گرفته و در شمال وارد دشت خوزستان می‌شوند. این رودخانه در انتها به خلیج فارس می‌ریزد. سطح کل حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگ ۶۲۴۱۷ کیلومترمربع است. سیستم رودخانه‌ای کارون بزرگ که متشکل از دو رودخانه مهم و بزرگ دز و کارون است، با توجه به حجم آورد آبی آن پرآب‌ترین سیستم آب سطحی کشور به شمار می‌آید (صالحوند،۲۰۱۵:۷۷۴). توجه و اهمیت به رودخانه کارون و دز به عنوان یک شاهرگ حیاتی که از شهرهای پرجمعیتی چون اهواز، دزفول و شوشتر عبور می‌کند و تامین کننده‌ی آب شرب، کشاورزی و صنایع متعدد در استان می‌باشد از ملزومات توسعه‌ی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

پایدار است (صالحوند و همکاران، ۱۳۸۹). چون کارون بزرگ (کارون و دز) آب شرب ۸۶ درصد جمعیت و ۶۵ درصد نیاز کشاورزی استان را تامین میکند، همچنین صنایع متعددی از استان به این آب وابسته است، بنابراین باید توجه بیشتری به این منبع آبی داشته باشیم (صالحوند،۱۳۹۲،۱۰۳).

روش تحقیق

جهت بررسی و پیش‌آگاهی بارش اطلاعات مورد نیاز مانند داده‌های بارش ماهانه (میلادی) و روزانه (شمسی) و عناصر اقلیمی شامل ویژگیهای دمایی، بارشی، رطوبتی و.... از واحد خدمات ماشینی اداره کل هواشناسی استانهای خوزستان، چهارمحال‌وبختیاری، کهکیلویه‌وبویراحمد و لرستان و وزارت نیرو در استان خوزستان اخذ گردید. اطلاعات شاخصهای اقلیمی شامل؛ شاخص چند متغیره انسو[۱]، شاخص نوسان جنوبی[۲]، دمای سطح آب در ناحیه نینو۳[۳]، نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام[۴]، شاخص انتقالی انسو[۵]، شاخص نینوی اقیانوسی[۶]، دمای سطح آب در ناحیه نینو۱,۲[۷]، دمای سطح آب در ناحیه نینو۴[۸]، حالت نصف النهاری اقیانوس اطلس[۹] نیز از سایت نوا گرفته شد. تمامی شاخص‌های مذکور برای دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۴ از طریق آرشیو ال مرکز ملی پژوهش‌های محیطی-مرکز ملی پژوهشهای جوی ایالات متحده[۱۰] تهیه شده است. اطلاعات مربوط به سیگنالهای هواشناسی داده‌های فشار سطح دریا، دمای سطح دریا، داده‌های ارتفاع تراز ژئوپتانسیل ۵۰۰ و ۸۵۰ میلی-باری، دمای سطح یا نزدیک به سطح زمین در تراز ۱۰۰۰ میلی‌باری، امگای ۲۰۰ میلی‌باری نیز از سایت نوآ گرفته شد. این نقاط تحت عنوان نقاط شاخص در مناطق مختلفی که بر آب و هوای ایران تاثیر گذارند، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در انتخاب این مناطق تاثیرپذیری منطقه جنوب غرب کشور از الگوهای سینوپتیکی مورد توجه قرار گرفته است. این نقاط شامل نقاطی در دریای مدیترانه، خلیج فارس، دریای عمان، خلیج عدن، دریای عرب، دریای سرخ، دریای سیاه، دریای آدریاتیک، دریاچه آرال، اقیانوس هند، اقیانوس اطلس، دریای شمال و سیبری می‌باشند. رابطه‌ی بین متغیرها با بارش با استفاده از روش ضریب همبستگی نشان داده شد. سپس برای مدلسازی بارش و پیش‌آگاهی آن از سه الگو استفاده شد که ورودی دو الگو با تحلیل عاملی شناخته شد و یک الگو هم با تحلیل همبستگی شناسایی شد. در ادامه جهت شناسایی ارتباط عناصر اقلیمی با بارش از تحلیل عاملی استفاده شد. روش تحلیل عاملی از جمله روش‌های آماری است که برای کاهش تعداد متغیرها استفاده می‌شود. در این روش، متغیرهای اولیه بر اساس ضرایب همبستگی بین آنها به متغیرهای غیر وابسته تبدیل می‌شوند. این متغیرهای غیر وابسته عامل نامیده می‌شوند. اندازهٔ هرکدام از مشاهدات در عامل‌های جدید با عنوان نمرات عاملی محاسبه می‌شود (فلاح قالهری،۱۱۹:۱۳۸۸).

---

[1] MultivariatENSO Index
[2] Southern Oscillation Index
[3] Eastern Tropical Pacific SST
[4] Pacific Decadal Oscillation
[5] Trans-Nino Index
Oceanic Nino Index[۶]
[7] Extreme Eastern Tropical Pacific SST
[8] Central Tropical Pacific
[9] Atlantic Meridional Mode
[10] National center environmental prediction/ National climatic America research

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

(میرموسوی،۱۵۸،۱۳۹۱). با استفاده از داده‌های ماهانه ۳۱ عنصر اقلیمی در ۳۰ ایستگاه همدید استانهای خوزستان، لرستان، ایلام، بوشهر، کهکیلویه و بویراحمد، اصفهان و چهارمحال پهنه‌بندی اقلیمی بر روی حوضه-ی کارون بزرگ انجام گرفته بعد از پهنه‌بندی اقلیمی با روش کرجینگ ۳۱×۶۵۰ (۳۱ عنصر اقلیمی مورد استفاده در تحقیق)یاخته قلمرو حوضه را پوشاند. برای از بین بردن بعد داده‌ها آرایه‌ی مذکور استاندارد گردید و سپس بر روی داده‌ها تحلیل عاملی انجام گرفت. و مهم‌ترین عناصر اقلیمی با تحلیل عاملی جهت پیش آگاهی بارش شناسایی شد. برای به دست آوردن سری زمانی بارش متوسط منطقه‌ای، مراحلی که در ادامه می‌آید، طی شد: ساختن فایل‌های ورودی نرم افزار سرفر[1] ، تحلیل و ترسیم تغییرات مکانی بارش در منطقه برای هر سال؛ به دست آوردن مقادیر متوسط بارش در منطقهٔ مورد مطالعه برای هر سال؛ ساخت سری‌های زمانی بارش برای منطقهٔ مورد مطالعه. روشهای متعددی جهت میانیابی وجود دارد که در این تحقیق از روش وزن‌دهی عکس فاصله[2] ، توابع پایه شعاعی[3] و کریجینگ[4] استفاده و برای سنجش خطا از سه معیار میانگین خطای مطلق[5] و مطلق درصد خطا[6] و ریشه میانگین مربعات خطا[7] استفاده شد که روش وزن دهی عکس فاصله بهترین روش جهت میانیابی و برآورد میانگین بارش متوسط انتخاب شد. نحوه محاسبه این معیارها در روابط زیرارائه شده است : $\hat{z}(x_i)$مقدار برآورد شده x_i ، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده x_i، n تعداد داده‌های مشاهده‌ای می‌باشد.

$$MAE=\frac{\sum_{i}^{n}=1|(\hat{z}(x_i)-z(x_i)|}{n}$$ رابطه (۱)

$$MBE==\frac{\sum_{i}^{n}=1[(\hat{z}(x_i)-z(x_i)]}{n}$$

رابطه(۲)

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}=1[(\hat{z}(x_i)-z(x_i)]2}{n}}$$ رابطه(۳)

میانگین خطا در شرایطی که میانگین خطای مطلق و مطلق درصد خطا برابر صفر هستند، نشان می‌دهد که روش استفاده شده واقعیّت را خوب شبیه‌سازی کرده و با فاصله گرفتن از صفر، دقّت کم یا زیاد شدن انحراف را نشان می‌دهد. روش عکس فاصله یکی از روش‌هایی است که در مطالعات جغرافیایی کاربرد زیادی دارد. فرض اساسی این روش بر آن است که با افزایش فاصله، میزان تأثیر عوامل در برآورد واحد سطح کاهش می‌یابد. برای پیش‌بینی در مکان‌هایی که داده‌های آنها اندازه‌گیری نشده است، از مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی پیرامون محل استفاده می‌شود. در پیش‌بینی، عامل وزن براساس فاصله‌ی نقاط از یکدیگر تعیین می‌شود که به نقاط نزدیک محلّ نمونه، وزن بیشتر و به نقاط دورتر، وزن کمتر اختصاص می‌یابد (ذبیحی وهمکاران،۱۰۷:۱۳۹۰). معادله عمومی میان یابی با روش عکس فاصله به صورت زیر است:

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i Z(s_i)$$ رابطه(۴)

[1] Surfer
[2] Inverse Distance Weighted
[3] Radial Basic Function
[4] Kriging
[5] Mean Absolute Error
[6] Mean Absolute Percentage Error
[7] Root Mean Square Error

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

$\hat{z}(s_0)$مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در نقطه تخمین،$Z(s_i)$: مقدار متغیر در نقاط اندازه‌گیری شده،N تعداد نقاط اندازه‌گیری شده در اطراف نقطه تخمین. وزن داده شده به هر نقطه اندازه‌گیری شده میباشد که از رابطه(۵) بدست میآید.

$$\lambda_i = \frac{1}{|X_I - X_0|} and \beta > 0$$ رابطه(۵)

داده‌های مورد نظر ابتدا در محیط اکسل[1] و اس‌پی‌اس‌اس[2] و بصورت داده های فصلی و ماهانه تبدیل گردیدند و سپس تمامی محاسبات مربوط به تحلیل رگرسیون در نرم افزار اس‌پی‌اس‌اس انجام گرفت . برای تهیه‌ی نقشه های پهنه بندی بر اساس میزان ارتباط شاخص‌های اقلیمی و ویژگی‌های بارش فصلی از نرم افزار ارک جی‌آی-اس[3] استفاده گردیده است. چون هدف اولیه‌ی این تحقیق درک روابط بین بارش حوضه و سیگنالهای اقلیمی، عناصر اقلیمی و شاخصهای اقلیمی است، بنابراین از ضریب همبستگی استفاده شد. ضریب همبستگی کمیتی است که درجه و میزان همبستگی دو جامعه را که دارای افراد متناظرند را تعیین میکند (مهدوی و طاهرخانی،۱۵۸:۱۳۸۳). برای محاسبه‌ی ضریب همبستگی از روش همبستگی پیرسون استفاده شد. این نمایه جهت و درجه همبستگی را نمایش میدهد. ضریب همبستگی پیرسون از رابطه(۶) بدست می‌آید:

$$r_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{s_x s_y}$$ رابطه(۶)

این نمایه از نوع فاصله‌ای-نسبی است. اگر این رابطه را بسط دهیم رابطه محاسبه ضریب همبستگی از راه انحراف معیار از رابطه(۷) بدست می‌آید:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}}$$ رابطه(۷)

اگر در رابطه(۲) به جای مقادیر مشخص شده نمره‌ی استاندارد را جایگزین کنیم رابطه (۸) ضریب همبستگی از طریق نمره‌ی استاندارد حاصل می‌شود(عساکره،۱۸۸:۱۳۹۰):

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} z_x z_y}{n}$$ رابطه (۸)

با تحلیل عاملی مهمترین عاملهای موثر بر بارش هر ماه بعنوان الگوهایی وارد سیستم شبکه‌ی عصبی شد. روش شبکه عصبی برای پیش‌بینی استفاده شد. اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی در واقع شبیه‌سازی و مدل‌سازی تفکر مغز انسان از طریق سلولهای عصبی می‌باشد. هر سلول عصبی به عنوان یک واحد پردازشگر عددی عمل می‌کند. نرونهای شبکه با هم در ارتباط بوده و به صورات موازی کار میکنند (حلبیان،۱۰:۱۳۸۸). شبکه‌های عصبی مصنوعی ابزار ریاضی‌ای هستند که با تقلید از سیستم عصبی بیولوژیک ساخته شده‌اند. قدرت انعطاف و تصحیح‌پذیری بالایی در انطباق خود با داده‌های موجود را دارند به گونه‌ای که قادرند به سازماندهی مجهز شده، نظم و هماهنگی موجود در داخل این داده‌ها را پیدا کنند و بر اساس بردارهای ورودی، رخداد و بزرگی یک پدیده را پیش بینی نمایند (صلاحی،۶۵:۱۳۸۸).

[1] EXCEL
[2] SPSS
[3] ArcGIS

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

نتایج

شناسایی عاملهای مهم اقلیمی بر حوضه‌ی کارون

عاملهای مهم برای تعیین و شناخت عناصر مهم موثر بر اقلیم حوضه مشخص گردید، که مقادیر ویژه داده‌ها هم بدون چرخش و هم با چرخش واریمکس در جدول شماره‌ی ۳ نشان داده شده است. ارزش ویژه‌ی عواملی که بالای ۱ درصد باشند در تحلیل باقی ماندند و بقیه حذف شدند. بنابراین ۵ عامل در اقلیم منطقه موثر است. این ۵ عامل ۹۲/۶۸۱ درصد از تغییر پذیری (واریانس) متغیرها را توضیح می‌دهند. عامل اول که بالاترین ارزش را بین عاملها نشان میدهد در چرخش واریماکس با ارزش ویژه ۱۶/۹۱ درصد و پراش ۵۱/۲۴۵ درصد عامل دمایی است و دومین عامل با ارزش ویژه ۵/۵۳۶ درصد و پراش ۱۶/۷۷۶درصد عامل بارشی می‌باشد. سه عامل آخر با توجه به ارزش ویژه و درصد پراش تاثیر کمتری بر حوضه دارند که سومین عامل را می‌توان عامل رطوبتی نامید، چهارمین عامل موثر بر اقلیم حوضه، عامل ابرناکی آسمان و آخرین عامل دید افقی کمتر از ۲ کیلومتر و تعداد ساعات آفتابی است جدول (۱).

جدول(۱) ارزش ویژه و تجمعی عوامل استخراجی از عاملها. ***منبع: نگارندگان***

عوامل استخراجی بدون چرخش			عوامل استخراجی با چرخش واریماکس		
ارزش ویژه	درصد پراش	پراش تجمعی	ارزش ویژه	درصد پراش	پراش تجمعی
۱۸	۵۷/۴	۵۷/۴	۱۶/۹۱	۵۱/	۵۱/۲۴۵
۴/۸	۱۴/۶	۷۲/۰۸	۵/۵۳۶	۱۶/۷۷	۶۸/۰۲۰
۳/۵	۱۰/۸	۸۲/۹۱	۳/۴۷۷	۱۰/۵۳	۷۸/۵۵۷
۱/۹	۵/۹۸	۸۸/۸۹	۲/۳۷	۷/۱۸۵	۸۵/۷۴۲
۱/۲	۳/۷۸	۹۲/۶۸	۲/۲۹	۶/۹۳۹	۹۲/۶۸۱

مهمترین عوامل موثر بر بارش سه ماه زمستان حوضه ی کارون با تحلیل عاملی و تحلیل همبستگی

بعد از اینکه با تحلیل همبستگی مهمترین عوامل موثر بر بارش سه ماه زمستان مشخص گردید، جهت کم کردن تعداد عاملهای موثر بر بارش هر ماه از تحلیل عاملی استفاد شد. **در ماه ژانویه** با استفاده از روش تحلیل عاملی تعداد متغیرهای موثر بر بارش از ۱۷۵ متغیر با تحلیل همبستگی به ۹ عامل اصلی با تحلیل عاملی کاهش یافتند که حداقل ۹۰/۵ درصد از واریانس بارش این ماه را تبیین می‌کنند. ضریب عاملها از بین عاملهای شناسایی شده فقط عامل هفتم و هشتم (عناصر بارشی و نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سالانه) منفی و بقیه مثبت بودند، یعنی همه‌ی عاملها اثر مستقیم بر بارش دارند بجز عناصر اقلیمی و نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سالانه. مهمترین عامل موثر بر بارش، در ماه ژانویه که در مجموع ۴۶ درصد از واریانس داده‌های اولیه را تبیین می‌کند، سیگنالهای اقلیمی یا همان داده‌های نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل روزانه در ماه مارس در (۷۲ نقطه) است. دومین عامل موثر بر بارش، نیز سیگنالهای اقلیمی یا نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل ماهانه در ماه مه در ۶ نقطه به همراه فشار سطح دریا در ماه ژوئن. سومین عامل موثر بر بارش، باز همان سیگنالهای اقلیمی نقشه-های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل ماهانه در ماه ژانویه در ۷ نقطه همچنین فشار سطح دریا در ماه مارس در ۲ نقطه به همراه نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل روزانه در ماه مارس(۴ نقطه) بقیه‌ی عاملها به دلیل پایین بودن بار عاملی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

و تعداد کم مولفه‌ها حذف شدند. بنابراین سیگنالهای اقلیمی نقاط اطراف کشور ایران بر بارش ماه ژانویه موثر است. **در ماه فوریه** با استفاده از روش آنالیز مولفه اصلی تعداد متغیرهای موثر بر بارش از ۱۹۲ متغیر به ۱۶ عامل اصلی کاهش یافتند که حداقل ۹۹/۱۱ درصد از واریانس بارش این ماه را تبیین می‌کنند. البته از بین ۱۶ مولفه ۳ مولفه با بار عاملی ۰/۹ ± و با وایانس ۶۴/۷ درصد ، حفظ و بقیه به دلیل کم بودن بار عاملی و تعداد مولفه‌ها حذف شدند. برای تحلیل الگوهای اصلی موثر بر بارش، در ماه فوریه سه عامل اول از همه مهم‌تر بودند که به ترتیب دارای ارزش ویژه‌ی ۵۱/۵۱، ۵۱ و ۳۷ و واریانس ۲۴/۸۹، ۲۲/۸۷ و ۱۶/۹۲ درصد می‌باشند. عامل اول سیگنالهای اقلیمی یا نقشه‌های فشار سطح دریا است که میانگین ماهانه‌ی آنها در ماه مارس (در ۲۹ نقطه به دست آمده است) ضریب عاملی آن مثبت است یعنی رابطه‌ی مستقیم با بارش دارد. دومین عامل مهم و موثر بر بارش سیگنالهای اقلیمی یا نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سالانه در ۴۵ نقطه با بار عاملی بین ۰/۹۸۹ تا ۰/۹۹۲ همچنین امگای ۲۰۰ میلیباری با ضریب منفی و بار عاملی ۰/۸۴۷ است. سومین عامل مهم سیگنالهای اقلیمی یا فشار سطح دریا در ماه نوامبر بین طول ۴۵ تا ۹۵ درجه‌ی شرقی در ۱۷ نقطه می‌باشد که دارای بار عاملی بین ۰/۸۲ تا ۰/۹۷۵ و ضریب مثبت و رابطه‌ی مستقیم با بارش این ماه است. این ماه نیز از سیگنالهای اقلیمی اطراف کشور تاثیر میگیرد. در ماه دسامبر با استفاده از روش آنالیز مولفه اصلی تعداد متغیرهای موثر بر بارش از ۱۵۰ متغیر به ۱۶ عامل اصلی کاهش یافتند که ۹۸/۵ درصد از واریانس بارش این ماه را تبیین می‌کنند که ۲ عامل آخر به دلیل کم بودن بار عاملی ۰/۶± حذف شدند و ۱۶ مورد در تحلیل قرار گرفت. ارتباط بین عامل‌های اصلی و متغیرهای اولیه از طریق بارگویه‌ها که نشان دهنده میزان همبستگی بین متغیرهای اولیه و مولفه‌های اصلی می‌باشند، مشخص شد. از بین ۱۶ عامل، عامل اول از همه مهم‌تر بود که دارای ارزش ویژه‌ی ۶۸/۷۱ با واریانس ۴۵/۸۱ داده‌های اولیه را تبیین می‌کنند که عامل اول تاثیرگذار بر بارش این ماه نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل (۶۸ نقطه) در سطح ۵۰۰ میلی‌باری روزانه در ماه مارس در طول بین ۳۵ تا ۷۰ درجه‌ی شرقی و عرض ۰ تا ۲۷/۵ شمالی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۹۷۱ است. عامل دوم تاثیر گذار نقشه‌های فشار سطح دریا ماهانه در ماه مه (۹ نقطه) در طول بین ۳۵ تا ۵۵ درجه‌ی شرقی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۹۰۵ است. سومین عامل نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ میلی‌باری ماهانه در ماه دسامبر (۸ نقطه) در طول بین ۵ تا ۲۲/۵ درجه‌ی شرقی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۸۲۴ است عامل چهارم امگا در ۸ نقطه که ۱ نقطه با بار عاملی منفی در ۴۷/۵ شرقی و ۴۲ شمالی و بقیه در طول ۱۵ تا ۲۵ و عرض ۴۲ تا ۴۵ شمالی، با میانگین بار عاملی مثبت ۸/. قرار دارند. عامل پنجم نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ میلی‌باری ماهانه در ماه اکتبر (۷ نقطه) در طول بین ۱۲/۵ تا ۲۷/۵ درجه‌ی شرقی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۸۲۳ است. عامل ششم نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ میلی‌باری ماهانه در ماه اکتبر (۱ نقطه) در طول ۵ درجه‌ی شرقی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۶۴۷ و نقشه‌های هم-ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ میلی‌باری ماهانه در ماه اوت (۵ نقطه) در طول بین ۳۰ تا ۴۰ درجه‌ی شرقی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۸۲۷ است است. عامل هفتم فشار سطح دریا در ماه اوت (۸ نقطه) بین ۲۲/۵ تا ۳۲/۵ درجه‌ی شمالی با میانگین بار عاملی مثبت ۰/۸۶۲ است. عامل هشتم دمای سطح دریا در ماههای نوامبر (۲ نقطه) در طول ۴۴ تا ۴۵ و عرض ۴۵ تا ۴۶ و ماه دسامبر (۶ نقطه) در طول ۴۵ تا ۴۷ و عرض ۴۳/۵ تا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

۴۵/۵ با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۸۸۳ است. عامل نهم عناصر اقلیمی- بارشی ۶ مورد است. عامل دهم نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل (۶ نقطه) در سطح ۵۰۰ میلی‌باری روزانه در ماه آوریل در طول بین ۰ تا ۳۷/۵ درجه‌ی شرقی و عرض ۱۵ تا ۱۷/۵ شمالی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۹۱۶ است. عامل یازدهم نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ میلی‌باری ماهانه در ماه نوامبر (۳نقطه) در طول ۱۵ تا ۲۰ درجه‌ی شرقی با

جدول(۲) انتخاب بهترین نوع آرایش و تعداد نرون و نوع تابع محرک و درصد خطای آموزش و ارزیابی *منبع: نگارندگان*

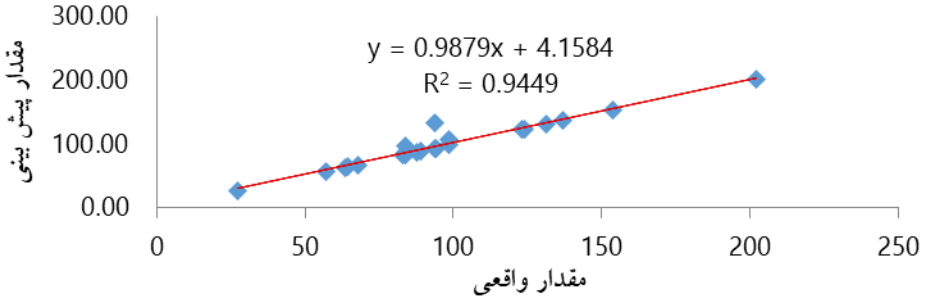
ماه و عاملها (الگوها)		میانگین درصد پیش بینی نادرست	میانگین خطای نسبی کلی	بهترین آرایش در لایه ی پنهان	تعداد لایه‌های ورودی	نوع تابع فعال	مقدار خطا در آموزش	نوع خطا	ضریب همبستگی به درصد
عامل یا الگوی اول	ژانویه	-	./۰۳	۱-۱۲	۷۳	ه	./۲۸۵	ح	۷۹
	فوریه	-	./۲	۱-۱۰	۴۹	ت	./۸	ح	۸۱
	دسامبر	۱/۰۵۲	۰/۰۰۱	۱-۱۱	۷٤	ه	۰/۰۰۷	ح	۹۲
عامل یا الگوی دوم	ژانویه	صفر	-	۱-۱۷	۱۸	س	./۰۴۲	آ	۸۴
	فوریه	-	۲/۵۷۷	۱-۳	۱۵	ت	./۰۴۲	ح	۷۸
	دسامبر	۹/۸۲۷	۰/۰٤۳	۱-۳	۷	ه	۰/٤۳۱	ح	۵۲
الگوی سوم با تحلیل همبستگی	ژانویه	صفر	-	۱-۱۵	۹۱	س	./۰۴۵	آ	۹۴
	فوریه	-	./۰۱	۱-۱۱	۷۹	ت	./۰۰۷	ح	۸۷
	دسامبر	۱/٦۱۳	۰/۰۰۱	۱-٦	۱۰۳	ه	۰/۰۰۹	ح	۸٤
ت=تانژانت هیربولیک س= سافتمکس ه=همانی ح=حاصل جمع مربعات آ=آنتروپی									

بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۸۰۲ است. عامل دوازدهم نقشه‌های هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ میلی‌باری ماهانه در ماه سپتامبر (۲نقطه) در طول ۶۷/۵ تا ۶۵ درجه‌ی شرقی با بار عاملی مثبت و میانگین ۰/۶۰۲ است. عاملهای سیزدهم تا پانزدهم امگای ۲۰۰ میلی‌باری در ۳ نقطه بین ۱۲ تا ۲۲/۵ شرقی و ۲۵ تا ۱۵ شمالی است.

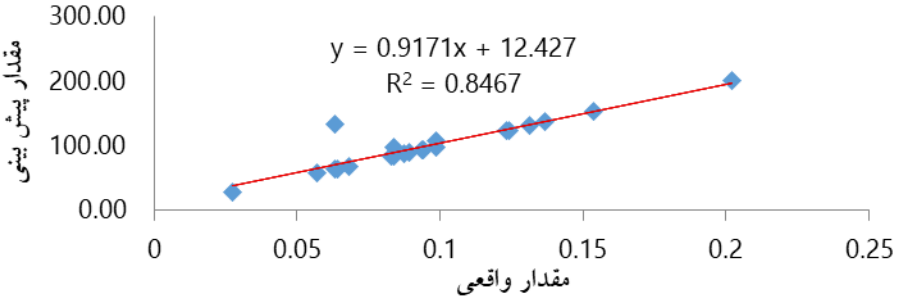
انتخاب بهترین نوع آرایش و تعداد نرون و نوع تابع محرک و درصد خطای آموزش و ارزیابی:

به منظور پیش‌آگاهی بارش ، مدل‌های ورودی مناسب مشخص شد، این مدلها از دو الگوی خاص تبعیت کردند که در یک الگو ورودیها عاملهایی بودند که در تحلیل عاملی بعنوان مهمترین عامل شناسایی شدند و در الگوی دوم ورودیها به تمام متغییرهایی اطلاق میشد که در تحلیل همبستگی با بارش یک ماه رابطه داشتند. الگوی اول که ورودیهای آن عبارت است از متغیرهایی که در تحلیل عاملی بعنوان عامل اصلی شناخته شدند. در این الگو ماه مارس با ضریب همبستگی ۹۸ درصد و خطای پایین بهترین عملکرد را در پیش‌آگاهی بارش داشت. در الگوی دوم نیز ماه مارس با ضریب همبستگی ۹۸ درصد بهترین عملکرد و در الگوی سوم نیز همان ماه یعنی ماه مارس با ضریب همبستگی ۹۶ درصد عملکرد بهتری داشته است. جدول(۲).

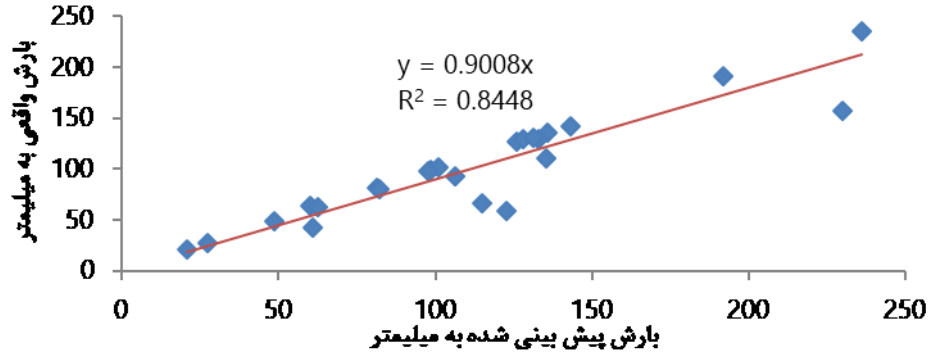
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]



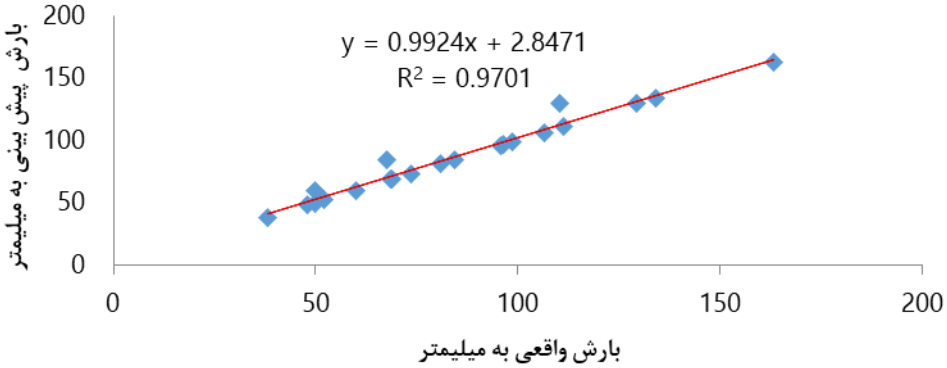
شکل(۱) رابطه همبستگی خروجی‌های الگوی سوم با داده‌های واقعی در ماه ژانویه *منبع: نگارندگان*



شکل(۲) رابطه همبستگی خروجی‌های الگوی دوم با داده‌های واقعی در ماه ژانویه *منبع: نگارندگان*



شکل (۳) رابطه همبستگی خروجی‌های الگوی سوم با داده‌های واقعی در ماه دسامبر *منبع: نگارندگان*



شکل (۴) رابطه همبستگی خروجی‌های الگوی سوم با داده‌های واقعی در ماه فوریه *منبع: نگارندگان*

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

برای تکمیل این بخش، لازم است نتایج به دست آمده به وسیلهٔ مدل، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار بگیرد. لذا به منظور مقایسه‌ی مدلهای بکار رفته در تحقیق و بررسی قابلیت آن‌ها در امر پیش‌بینی بارش منطقه جنوب غرب ایران، رابطه همبستگی خروجی‌های هر یک از مدل‌ها با داده های واقعی محاسبه شد. به دلیل اینکه الگوی سوم در هر سه ماه مورد بررسی، بیشترین ضریب همبستگی را جهت پیش‌آگاهی بارش نشان داد و الگوی دوم در ماه ژانویه، بنابراین نمودارهای آنها ترسیم گردید. هم چنین خطّ رگرسیون بین مقادیر فوق در شکلهای (۱) تا (۴) رسم گردید. شیب خط این نمودارها بین ۸۴ تا ۹۷ درصد بوده که به مقدار ۱ بسیار نزدیک است و نشان دهنده دقت الگوهای ورودی به سیستم بود. مقدار بالای R^2 یا ضریب همبستگی در این شکل‌ها، نشان‌گر قدرت بالای مدل‌ها در پیش‌بینی بارش در منطقه مورد مطالعه بوده است.

نتیجه‌گیری

مدل شبکه‌ی عصبی با سه الگوی خاص که تقریبا با کارهای گذشته متفاوت بود توانست با ضریب بالایی به پیش‌آگاهی بارش ماهانه‌ی حوضه‌ی کارون بزرگ بپردازد. جهت ایجاد این سه الگو ابتدا عوامل احتمالی موثر بر بارش یعنی سیگنالهای اقلیمی ، شاخصهای اقلیمی پیوند از راه دور و عناصر اقلیمی (که این عوامل موثر بر حوضه‌ی کارون که با پهنه‌بندی بندی اقلیمی بدست آمدند) بررسی شدند. با تحلیل همبستگی سیگنالهای اقلیمی اطراف کشور و عناصراقلیمی بر بارش سه ماه موثر بودند. بدین ترتیب از سیستم شبکه‌ی عصبی روش پرسپترون چند لایه استفاده شد که در تحقیقات مقصود و همکاران (۲۰۰۴)، حسین و همکاران (۲۰۱۲)، میسلان و همکاران (۲۰۱۵)، کاشیوا و همکاران (۲۰۱۷) امیدوار و نبوی‌زاده (۱۳۹۳) عرفانیان و همکاران(۱۳۹۱) نیز از این روش استفاده نمودند و بهترین روش تشخیص داده شد. الگوهایی برای ورودی شبکه‌ی عصبی تدوین شد که در الگوی اول در سه ماه مورد بررسی و الگوی دوم از سیگنالهای اقلیمی مناطق نزدیک به کشور ایران استفاده شد که مشابه کار کائور و همکاران (۲۰۱۱) اسلانبری و گان (۲۰۱۴)، فلاح قالهری و خوشحال (۱۳۸۸) فلاح‌قالهری (۱۳۹۰) می‌باشد. الگوی سوم با تحلیل همبستگی مشخص گردید که این الگو بهترین الگو جهت پیش‌آگاهی بارش حوضه تشخیص داده شد. پیشنهاد می‌شود که کسانی که با روشهای برنامه‌نویسی آشنایی دارند میتوانند با استفاده از یافته‌های این تحقیق به نوشتن برنامه‌ای بپردازند تا به طور دقیق بارش کل حوضه را ماه به ماه پیش‌آگاهی نماید و حتی بین یک سال تا چندین ماه قبل می‌توان این کار را انجام داد.

منابع

اسفندیاری درآباد، فریبا، حسینی، سید اسعد، آزادی مبارکی، محمد و حجازی‌زاده، زهرا (۱۳۸۹). **پیشبینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP)**. جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران).۸ (۲۷):۶۴-۴۵

اکبری، طیبه؛ مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۶)، **شناسایی نقش الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی بر دمای ایران**، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. ۱ (۲۲): ۱۳۲-۱۱۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

امیدوار، کمال؛ نبوی‌زاد، معصومه (۱۳۹۳)، **پیش‌بینی بارش روزانه استان کرمان با شبکه‌های عصبی مصنوعی مطالعه‌ی‌موردی:(کرمان، بافت و میانده جیرفت)**، مجله جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای. ۱۲(۲۳): ۲۶-۴۰.

ایلدرومی، علیرضا، زارع ابیانه، حمید و بیات ورکشی، مریم (۱۳۹۲). **برآورد بارش به کمک شبکه عصبی مصنوعی با داده‌های هواشناسی غیر بارشی در سه منطقه شیراز، مشهد و کرمان**، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی(دانشکده‌ی جغرافیا). ۱۷(۴۳): ۲۱-۴۰

براتی، غلامرضا و حیدری، ایرج (۱۳۸۹). **رده‌بندی منابع رطوبتی بارشهای غرب ایران**، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان - ۲۹ مهر الی اول آبان، ۱۵ صفحه

ثقفیان، بهرام.، رزمخواه، هما و قرمز چشمه، باقر(۱۳۹۰). **بررسی تغییرات منطقه‌ای بارش سالانه با کاربرد روش‌های زمین آمار(مطالعه موردی: استان فارس)**، مجله مهندسی منابع آب. ۴: ۲۹-۳۸.

حجازی‌زاده، زهرا؛ فتاحی، ابراهیم؛ سلیقه، محمد(۱۳۹۲)، **بررسی تاثیر سیگنال‌های اقلیمی بر بارش ناحیه مرکزی ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۳(۲۹): ۸۹-۷۵

حلبیان، امیرحسین (۱۳۸۸)، **پیش‌آگاهی و برآورد بارش یزد با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،۱۱ (۱۴): ۲۸-۷

خسروی، محمود و شکیبا، هانیه (۱۳۸۹). **پیش بینی بارش با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور مدیریت سیل: مورد منطقه ایرانشهر**، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان،۲۵ فروردین ۱۳۸۹

خسروی، محمود، نصیری، مریم، صفوی، سید علی اکبر و پور جعفریان، نرجس (۱۳۹۱). **پیش بینی خشک سالی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی، مطالعه‌ی موردی : ایستگاه شیراز**، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک سال دوم، ۸ (۲): ۱۱۹-۱۰۳

رحیمی، داریوش و داناپور، مهردیس (۱۳۹۱). **تحلیل نوسانات اقلیمی موثر بر ارتفاع برف منطقه کوهرنگ**، فصلنامه‌ی علمی -پژوهشی فضای جغرافیایی،۱۲(۳۸): ۶۱-۷۵

ستاری، محمدتقی و نهرین، فرناز(۱۳۹۲). **پیش‌بینی مقادیر حداکثر بارش روزانه با استفاده از سیستم‌های هوشمند و مقایسه آن با مدل درختی M5 ؛ مطالعه موردی ایستگاه‌های اهر و جلفا**، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب،۱۴(۴): ۹۸-۸۳

سعدی، توفیق؛ علیجانی، بهلول؛ مقیمی، شوکت (۱۳۸۷)، **پیش‌بینی وضعیت بارش در زیر حوضه‌های بهشت‌آباد و کوهرنگ (سرشاخه‌های کارون) بر اساس شاخصهای استاندارد اقلیمیNOA,ENSO,ONI**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

شبانکاری، مهران (۱۳۹۱)، **تحلیل همدید ارتباط بین نوسان بارش روزانه در کرانه‌های جنوبی ایران و تغییرات فشار تراز دریا**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۷ (۱۰۴): ۱۶۵-۱۸۴.

صادقی‌راد ، روح الله، آخوند علی، علی‌محمد، رادمنش، فریدون، زارعی، حیدر و گلابی، محمدرضا (۱۳۹۴)، **ارزیابی روشهای میان‌یابی فضایی در توزیع مکانی بارش سالانه (مطالعه موردی: حوضه مارون)**، نشریه پژوهش‌های کاربردی علوم آب، ۱ (۱):۱-۱۲

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]

[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

صالحوند، ایران (۱۳۹۲)، **بررسی خشکسالی با spi دهکها، درصدی از نرمال، دنباله‌ها در حوضه‌ی رودها و تاثیر آن بر کیفیت آبها، مطالعه موردی (اروند خرمشهر)**، دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، دانشکده شهید مفتح همدان.

صالحوند، ایران؛ عطایی، هوشمند (۱۳۹۳)، **تحلیل وضعیت خشکسالی و کیفیت آب رودخانه‌ها مطالعه‌ی موردی کارون در ایستگاه گتوند**، دومین همایش ملی و تخصصی پژوهشهای محیط زیست ایران، همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه، دانشکده شهید مفتح همدان.

صالحوند، ایران؛ عظیمی، فریده؛ تیموری، پرویز؛ (۱۳۸۹)، **تاثیر خشکسالی بر کیفیت و کمیت آبهای سطحی(مطالعه موردی: کارون و دز در ایستگاههای گتوند، دزفول، اهواز و خرمشهر**، همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی محیطی، خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد.

صلاحی، برومند، حسینی، سید اسعد، شایقی، حسین و سبحانی، بهروز (۱۳۸۸)، **پیش‌بینی دماهای حداکثر با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی مطالعه موردی: شهرستان اردبیل**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۹۸ (۲): ۵۸ -۷۸.

عزیزی، قاسم؛ صفرراد، طاهر (۱۳۸۹)، **مدل تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۲ (۲):۳۵-۵۱.

عساکره، حسین(۱۳۹۰)، **مبانی اقلیم شناسی آماری، چاپ اول**، انتشارات دانشگاه زنجان، زنجان.

علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، **بررسی سینوپتیک الگوهای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در خاورمیانه در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱**، نیوار، ۴۴ :۷ -۲۹.

فتاحی، ابراهیم؛ صداقت کردار، عبدالله (۱۳۸۷)، **پیش‌بینی بلندمدت بارش با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی: مطالعه‌ی موردی جنوب غرب ایران**، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی،۸۰ : ۴۴-۵۰.

فتاحی، ابراهیم؛ نوحی، کیوان؛ دلاور، مجید (۱۳۸۸)، **بررسی سطح پوشش برف حوضه های جنوب غربی ایران در ارتباط با سیگنال‌های اقلیمی**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۴ (۹۵): ۱۰۹-۱۳۰.

قمقامی، مهدی، قهرمان، نوذر و حجابی، سمیه. (۱۳۹۳)، **آشکارسازی تاثیر تغییراقلیم بر خشک‌سالی‌های هواشناسی در شمال غرب ایران**، مجلهٔ فیزیک زمین و فضا، ۴۰ (۱): ۱۸۴-۱۶۷.

قویدل رحیمی، یوسف، فرج زاده، منوچهر و کاکاپور، سعید (۱۳۹۳)، **بررسی اثر الگوهای پیوند از دور دریای شمال-خزر بر نوسانات بارش‌های پاییزی مناطق غرب و شمال غرب ایران**، نشریه‌ی علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه-ریزی، ۱۸ (۹): ۲۳۰-۲۱۷.

مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۴)، **پیش بینی و برآورد سیلاب در استان چهار محال و بختیاری**، طرح پژوهشی، استانداری چهار محال و بختیاری.

مظفری، غلامعلی، هاشمی، علی و صفرپور، فرشاد (۱۳۹۰)، «**تاثیر نوسان جنوبی SO بر موارد بروز بیماری مالاریا در ایران با تاکید بر شهر چابهار**، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱ (۴): ۵۳-۶۵.

ملکیان، آرش، ده بزرگی، مه‌رو، احسانی، امیرهوشنگ و کشتکار، امیررضا. (۱۳۹۳)، **کاربرد شبکهٔ عصبی مصنوعی در پیش‌بینی و شبیه‌سازی شاخص اقلیمی خشکسالی هواشناسی دهک بارش (مطالعهٔ موردی: استان سیستان و بلوچستان)**، نشریه‌ی مرتع وآبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷(۱): ۱۳۹-۱۲۷.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

منتظری، مجید؛ بای، ناصر (۱۳۹۱)، **پهنه‌بندی اقلیم ناحیه خزری با استفاده از روش های آماری چند متغیره**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۷ (۱۰۵): ۷۷-۹۰.

مهدوی، مسعود؛ طاهرخانی، مهدوی (۱۳۸۳)، **کاربرد آمار در جغرافیا**، چاپ اول ، نشر قومس، تهران.

Dastorania, M.T; Afkhami H. (2011), **Application of artificial neural networks on drought prediction in Yazd (Central Iran)**, DESERT. 16(1): 39-48

Helmy, M; Thian, Y; (2014), **Wavelet Analysis of Seasonal Rainfall Variability of the Upper Blue Nile Basin, Its Teleconnection to Global Sea Surface Temperature, and Its Forecasting by an Artificial Neural Network**, Mon. Wea. Rev, 142:1771–1791. **Doi**: http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-13-00085.1

Hossain, M; Asasduzzaman, M (2012), **Artificial neural network based temperature prediction and its impact on solar cell,** Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), 2012 International Conference on, 18-19 May 2012,PP.902-897.

Nastos, P.T; Moustris, K.P; Larissi, I.K; Paliatsos, A.G. (2010). **Rain intensity forecast using Artificial Neural Networks in Athens, Greece",** Atmospheric Research, 119(2): 153–160.

Salehvand, I; Elham, H; Majid, M; Momeni, M; Gandomkar, A; Hooshmand, A; (2015), **Evaluation of Meteorological Drought Index for Drought Assessment and Mapping in Basine Karoon in Iran**, International Journal of Review in Life Sciences, 5(7): 772-781.

Santhosh, B; Kadar, I; Sheree, fm (2011), **An Efficient Weather Forecasting System using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System**, International Journal of Advanced Research in Computer Science, 2(4):42-53

Amanpreet Kaur, J K Sharma, Sunil Agrawal. (2011). **Artificial neural networks in forecasting maximum and minimum relative humidity,** International Journal of Computer Science and Network Security.11(5),199-197.

Ozlem, T; Onal, S (2012), **Application of artificial neural networks and multiple linear regression to forecast Monthly River flow in Turkey**, African Journal of Agricultural Research. 7(8):1317-1323.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.2.9]

[DOI: 10.29252/jgs.20.59.81]