نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۳۶، بهار ۹۴

ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی خشکسالی هواشناسی در شمال غرب ایران

دریافت مقاله:۹۱/۹/۱۳ پذیرش نهایی: ۹۴/۳/۲۹

صفحات:۱۵۶-۱۳۹

مه رو ده بزرگی: دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی- همزیستی با بیابان، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران

Email: m_dehbozorgi@ut.ac.ir

آرش ملکیان: استادیار مهندسی منابع آب و هیدرولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران[۱]

Email: malekian@ut.ac.ir

امیر هوشنگ احسانی: دانشیار سیستم های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

Email: ehsani@ut.ac.ir

چکیده

خشکسالی یکی از مخرب ترین بلایای طبیعی در جوامع بشری محسوب می شود که می تواند تاثیرات جبران ناپذیر کشاورزی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی به همراه داشته باشد. بنابراین آگاهی از وقوع خشکسالی می تواند در کاهش خسارات موثر باشد. در این پژوهش، به منظور مدلسازی و شبیه سازی شدت خشکسالی در طول یک دوره آماری ۳۷ ساله (۱۳۵۰-۱۳۸۶) در ۲۱ ایستگاه بارانسنجی واقع در ناحیه نیمه خشک سرد شمال غربی ایران از شبکه عصبی مصنوعی بهره گرفته شد. داده های ورودی به شبکه شامل میانگین بارش سالیانه و نیز شاخص دهک بارش سالیانه برای تمامی ایستگاه ها بوده که ۸۰٪ داده ها برای آموزش شبکه (۱۳۵۰-۱۳۷۹) و۲۰٪ باقیمانده برای تست و اعتبار سنجی شبکه (۱۳۸۰-۱۳۸۶) انتخاب گردید. سپس عمل پیش بینی خشکسالی توسط الگوریتم آموزش دیده شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و بدون استفاده از داده های واقعی و مشاهداتی، برای سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱صورت گرفت. معماری مطلوب شبکه به صورت مدل پرسپترون با سه لایه پنهان، الگوی پس انتشار خطا و تابع محرک سیگموئید به همراه ۱۰ نرون در لایه میانی انتخاب گردید. نتایج حاصله نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی به خوبی قادر به پیش بینی روابط غیر خطی بارش و خشکسالی بوده بطوریکه با همبستگی بیشتر از ۹۷٪ و خطای کمتر از ۵٪ مقادیر شاخص دهک بارش را پیش بینی نموده و نتایج حاصل از این پیش بینی بطور زیادی منطبق با مقادیر واقعی می باشد. از این رو با استفاده از این روش می توان وضعیت خشکسالی را در سال های آتی پیش بینی کرده و در مدیریت و بهره وری منابع آب و نیز مدیریت خشکسالی و تغییرات اقلیمی از این روش بهره جست.

کلید واژگان: خشکسالی، پیش بینی، شبکه عصبی مصنوعی، شمال غرب ایران.

---

۱. **نویسنده مسئول**:کرج، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

مقدمه

خشکسالی را می توان معلول یک دوره شرایط خشک غیرعادی دانست که به اندازه کافی دوام داشته باشد تا عدم تعادل در وضعیت هیدرولوژی یک ناحیه ایجاد شود (بداق جمالی و همکاران،۱۳۸۲ :۱۳-۱۸) خشکسالی پدیده ای اقلیمی بوده که وقوع آن در اغلب مناطق جهان اجتناب ناپذیر است. کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی شوند(مرید،۲۰۰۶: ۹۷۱-۹۸۵). خشکسالی ممکن است در هر محلی رخ دهد و باعث کمبود آب گردد، اما ویژگی‌ها و اثرات آن از قبیل شدت، مدت و بزرگی در رژیم‌های مختلف آب و هوایی متفاوت می‌باشد. در دهه های اخیر در کشور ما در بین حوادث طبیعی که جمعیت های انسانی را تحت تأثیر قرار داده اند تعداد فراوانی پدیده خشکسالی از نظر درجه شدت، طول مدت، مجموع فضای تحت پوشش، تلفات جانی و خسارات اقتصادی واثرات اجتماعی دراز مدت در جامعه ، بیشتر از سایر بلایای طبیعی بوده است. همچنین تمایز این پدیده با سایر بلایای طبیعی در این است که برخلاف سایر بلایا این پدیده بتدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل کرده واثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی ظاهر شود. به منظور کاهش خسارت‌ها، داشتن یک شناخت خوب از وسعت، شدت، تداوم، زمان شروع و زمان خاتمه خشکسالی ، پیش بینی این پدیده در سال های آتی و شناخت ابعاد مختلف آن، لازم می‌باشد. پیش بینی عناصر اقلیمی فرصت بیشتری را جهت برنامه ریزی و ارائه تمهیدات لازم در اختیار برنامه ریزان قرار می دهد. مدل های قدیمی در زمینه پیش بینی مدل های رگرسیونی هستند، اما امروزه با پیشرفت علوم و ابداع روش های هوشمند ضرورت جانشینی آن مطرح می شود. یکی از این روش های هوشمند، شبکه های عصبی مصنوعی هستند که توانایی زیادی در مدلسازی و پیش بینی عناصر جوی و اقلیمی دارند (اسفندیاری و همکاران،۱۳۸۹ :۴۷). در مدیریت منابع دهه های اخیر با توجه به ماهیت غیر خطی پدیده ها ، شبکه های عصبی مصنوعی بیشترین توانایی را در مدلسازی و پیش بینی سری های زمانی در هیدرولوژی و مهندسی منابع آب نشان داده است (Mishra and Desai, 2005:326-339). این روش که از جمله روش های کارآمد و دارای استفاده فراوانی در علوم مربوط به هوا وآب است، شبکه عصبی مصنوعی بوده که به عقیده محققان، علت اصلی مقبولیت و استفاده روزافزون آن، قدرت و سرعت بالا در شبیه سازی فرآیندهایی است که درک و شناخت درستی از آن وجود نداشته و یا بررسی آنها با دیگر روش های موجود، بسیار دشوار و وقت گیر است. مدل شبکه عصبی مصنوعی، مدلی قوی با توانمندی بالاست که می توان با دیدگاهی مثبت در پیش بینی مسایل اقلیمی - هیدرولوژیک

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

به آن نگریست. این شبکه ها با استفاده از مجموعه ورودی و خروجی، روابط بین آنها را تخمین زده و اصطلاحا آموزش می بینند، به نحوی که پس از آن به ازای یک عضو جدید از مجموعه ورودی، خروجی متناظر آن را تقریب می زنند (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵). پژوهش پیش بینی خشکسالی با استفاده از مدل های هیبرید آماری و شبکه عصبی توسط میشرا[1] (۲۰۰۷ :۶۲۶-۶۲۸) به انجام رسید. وی بیان داشت که مدل های خطی و غیر خطی آماری مدل های مناسبی جهت پیش بینی وقوع خشکسالی محسوب می شوند. مرید (۲۰۰۷: ۲۱۰۳) طی تحقیقی از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی شاخص های خشکسالی استفاده کرده و به این نتیجه رسید که مدل شبکه عصبی در پیش بینی شاخص ها دارای دقت زیادی می باشد. در پژوهش دیگری که توسط کامیلو[2] (۲۰۰۸: ۱۸۰-۱۷۴) انجام گرفت، از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی خشکسالی استفاده شد. او اظهار داشت که استفاده از این مدل ارجحیت زیادی به استفاده از مدل های قدیمی و خطی دارد . نصری (۲۰۱۰: ۱۴۹۳-۱۵۰۰) طی تحقیقی تحت عنوان استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی و مدیریت ریسک به این نتیجه رسید که مدل شبکه عصبی مدلی جدید و توانمند در پیش بینی سیل و خشکسالی می باشد. همچنین در پژوهش دیگری، کشین و تزری[3] (۲۰۱۱: ۴۴۷۷-۴۴۶۹) جهت پیش بینی خشکسالی هواشناسی در ترکیه و با استفاده از محاسبه شاخص SPI در پنج ایستگاه هواشناسی از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند. دستورانی و افخمی (۲۰۱۱: ۳۹-۴۸) از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی خشکسالی در استان یزد ایران استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل شبکه عصبی مصنوعی مدلی مناسب در براورد خشکسالی ها بوده و درجه حرارت و بارش مهم ترین و بهترین ورودی برای شبکه محسوب می شود. رضائیان زاده و طبری (۲۰۱۲: ۱-۸) با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی در مناطق مختلف اقلیمی به پیش بینی خشکسالی اقدام نمودند که نتایج نشان داد که استفاده از این روش بسیار دقیق و با خطای بسیار اندک مواجه است. افخمی و همکاران (۱۳۸۹: ۱۵۷) برای پیش بینی خشکسالی در ۱۳ ایستگاه کلیماتولوژی و یک ایستگاه همدیدی در منطقه یزد از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. نتایج به دست آمده گویای انعطاف پذیری قابل ملاحظه مدل های شبکه عصبی مصنوعی است که آنها را به ابزار مناسبی جهت مدلسازی در شرایطی که با فقر داده مواجه هستیم تبدیل می کند. پژوهشی توسط خوشحال دستجردی و حسینی (۱۳۸۹: ۱۰۷-۱۲۰) تحت

[1] - Mishra
[2] - Camilo
[3] - Keshin and Tezri

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

عنوان پیش بینی سیکل خشکسالی توسط شبکه عصبی مصنوعی در ۲۰ ایستگاه هواشناسی استان اصفهان صورت گرفت و از این تحقیق این نتیجه حاصل شد که با استفاده از مدل شبکه عصبی می توان با دقت بالای ۹۵٪ سیکل خشکسالی استان را اندازه گیری کرد. همچنین قویدل رحیمی (۱۳۸۹: ۶۵-۸۲) با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی اثر گرمایش جهانی بر ناهنجاریهای بارش سالانه منطقه جلفا را مطالعه کرد و نشان داد که روش پرسپترون چند لایه با چهار لایه مخفی و الگوریتم پس انتشار دارای کاربرد زیادی در پیش بینی همبستگی بین سری هاست.

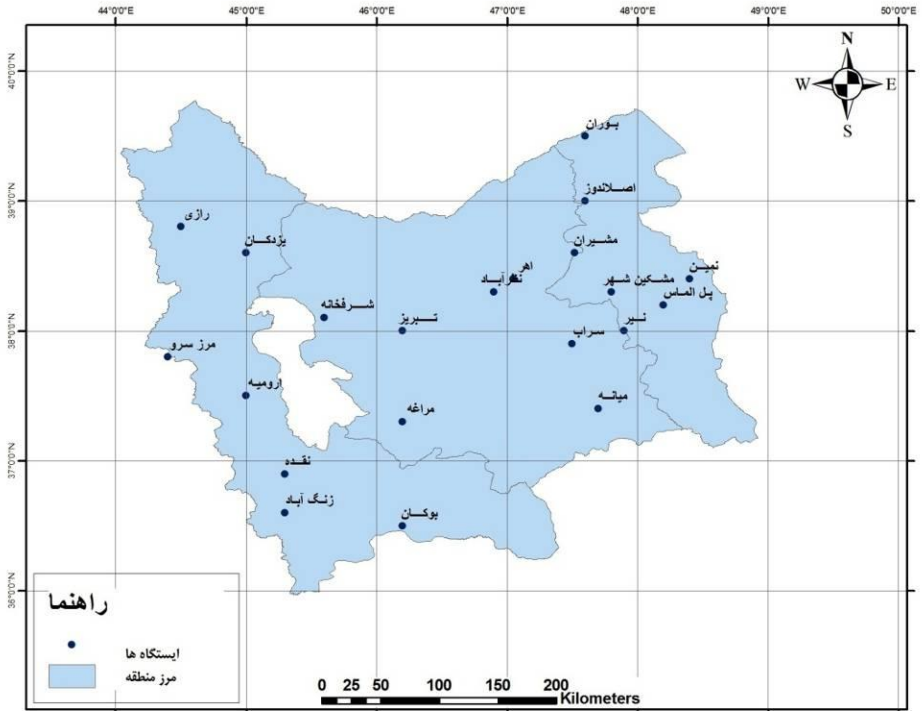
با توجه به موفقیت روش شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی خشکسالی در مناطق مختلف، در این پژوهش سعی بر آن است تا در ابتدا دقت شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی خشکسالی در اقلیم سرد و نیمه خشک مناطق شمال غربی ایران را که تا بحال بررسی نگردیده، مورد ارزیابی قرار داده و با سایر نتایج مورد مقایسه قرار دهیم، سپس در صورتیکه شبکه در مرحله اعتبار سنجی و تست از دقت کافی برای شبیه سازی برخوردار باشد و میزان خطای حاصله کم باشد، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی عمل پیش بینی برای سال های فاقد آمار صورت می گیرد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، استان های اردبیل، آذربایجان شرقی و آذربایجان شرقی بوده که در بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی واقع شده است. برای انجام این پژوهش از داده های بارش سالیانه ۲۱ ایستگاه باران سنجی واقع در استان های اردبیل، آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی در طول دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶ استفاده شد. شکل ۱ نشان دهنده موقعیت ایستگاه های واقع در منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه می باشد.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]



شکل (۱) موقعیت ایستگاه های مطالعاتی بر روی نقشه

این داده ها پس از جمع آوری و تطویل دوره آماری و بازسازی داده های ناقص توسط روش نسبت نرمال ، توسط آزمون های آماری مورد بررسی قرار گرفته و صحت داده ها مورد تایید قرار گرفت. برای تعیین شدت خشکسالی در این مناطق از شاخص های شدت خشکسالی استفاده می گردد که در این تحقیق برای تعیین شدت خشکسالی در استان های مذکور از شاخص دهک بارش (DPI)[1] استفاده شده است. این شاخص وقوع بارندگی های طولانی مدت را در دهم هایی از توزیع نرمال تقسیم کرده و هریک از این گروه ها را یک دهک می نامند. به منظور محاسبه دهک ها ابتدا داده های بارندگی سالانه به صورت صعودی مرتب می شود. سپس احتمال وقوع بارش یک ماه یا Pi سال معین از رابطه زیر تعیین می شود:

$$Pi = \frac{i}{N+1} \times 100$$ رابطه (۱)

[1] -Deciles Precipitation Index

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

که در آن Pi احتمال وقوع بارندگی در شماره ردیف i ام و N تعداد داده های بارندگی می باشد .در این صورت برحسب اینکه یک مقدار Pi در چه فاصله دهکی قرارگرفته باشد مطابق جدول زیر یکی از درجه ها ی خشکی به آن نسبت داده می شود . طبق تعریف، دهک اول مقدار بارندگی است که از کمترین ۱۰درصد احتمال وقوع بارش تجاوز ننماید. دهک دوم، مقدار بارندگی است که از کمترین ۲۰ درصد احتمال وقوع بارش تجاوز ننماید. (بذرافشان، ۱۳۸۲: ۲۳-۳۶). جدول ۱ نشانگر طبقه بندی شاخص دهک بارش می باشد.

جدول(۱) طبقه بندی شاخص دهک بارش (ماخذ: بذرافشان،۱۳۸۲: ۲۳-۳۶)

مقدار درصد وقوع	وضعیت	شماره دهک	شماره طبقه بندی
کمتر از ۱۰٪	خشکسالی خیلی شدید	اول	-۴
از ۱۰ تا ۲۰٪	خشکسالی شدید	دوم	-۳
از۲۰ تا ۳۰٪	خشکسالی متوسط	سوم	-۲
از ۳۰ تا ۴۰٪	خشکسالی ضعیف	چهارم	-۱
از ۴۰ تا ۵۰٪	نرمال	پنجم	۰
از ۵۰ تا ۶۰٪	نرمال	ششم	۰
از ۶۰ تا ۷۰٪	کمی مرطوب	هفتم	۱
از ۷۰ تا ۸۰٪	مرطوب	هشتم	۲
از ۸۰ تا ۹۰٪	بسیار مرطوب	نهم	۳
بیشتر از ۹۰٪	فوق العاده مرطوب	دهم	۴

همچنین از شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ابزاری نیرومند برای پیش بینی شدت خشکسالی بهره گرفته شد. شبکه عصبی مصنوعی یک شبیه سازی از دستگاه عصبی طبیعی است و شامل مجموعه ای از واحد های عصبی به نام نرون می باشد که توسط ارتباطاتی موسوم به آکسون به هم متصل شده اند (حلبیان و دارند،۱۳۹۱ :۴۷-۶۳). در ابتدا درصدی از داده ها به مدل شبکه عصبی مصنوعی برای عمل آموزش وارد شده و در مرحله بعدی درصد باقیمانده داده ها برای عمل اعتبار سنجی و آزمایش شبکه استفاده می شود. که در این پژوهش ۸۰٪ داده ها از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۹ برای آموزش و ۲۰٪ باقیمانده از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ برای اعتبار سنجی و تست شبکه استفاده شده است. در مرحله آموزش، شبکه عصبی مصنوعی روابط بین متغیر ها را به کمک داده های ورودی فرا گرفته است. سپس در مرحله اعتبار سنجی، شبکه توسط داده های وارد شده بارش و شاخص دهک بارش در مرحله آموزش و یادگیری روابط بین متغیر ها، قادر به پیش بینی مقادیر شاخص دهک بارش در سال های بعدی به عنوان خروجی شبکه می باشد. سپس نتایج پیش بینی با مقادیر واقعی مقایسه شده و میزان خطا محاسبه می شود.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

مقادیر خطا باید در کمترین مقدار خود باشد که برای این کار باید شبکه دلخواه طراحی شده و چندین بار عمل آموزش و تست تکرار شده تا خطا به حداقل خود برسد. به منظور ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از روش ها و براورد خطا، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ، میانگین خطای مطلق (MAE) و ضریب همبستگی (R) محاسبه می شود.

روابط این معیارها به شکل زیر است:

رابطه (۲) جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xobs,i - X\ model,i)^{2}}{n}}$$

X_{obs} ، عبارت است از مقادیر مشاهده ای و X_{model} ، شامل مقادیر مدلسازی شده می باشد.

رابطه (۳) میانگین خطای مطلق (MAE)

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{N}|xi - yi|$$

که xi عبارتست از داده های واقعی و yi که داده های برآورد شده می باشد و n تعداد کل داده ها است.

رابطه (۴) ضریب همبستگی (R)

$$\mathrm{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Y\ act} - \overline{\mathrm{Y}}\ \mathrm{act})\ (\mathrm{Y\ est} - \overline{\mathrm{Y}}\ \mathrm{est})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Y\ act} - \overline{\mathrm{Y}}\ \mathrm{act})^{2}\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Y\ est} - \overline{\mathrm{Y}}\ \mathrm{est})^{2}}}$$

که در آن $Y\ act$ مقادیر واقعی، $\bar{Y}\ act$ میانگین مقادیر واقعی، $Y\ est$ مقادیر براورد شده و $\bar{Y}\ est$ میانگین مقادیر براورد شده می باشد.

ضریب همبستگی بیان کننده میزان همبستگی بین نتایج پیش بینی شده مدل و داده های واقعی می باشد. بدیهی است که در این رابطه هرچه میزان R به ۱ نزدیکتر باشد دارای همبستگی بیشتر و RMSE و MAE هرچه به صفر نزدیکتر باشد نشان دهنده میزان خطای کمتری است.

عموماً هر شبکه عصبی از سه لایه تشکیل شده که عبارتند از ۱- لایه ورودی: شامل چند نرون است که در این پژوهش، میانگین بارش سالیانه و شاخص دهک بارش را دریافت می کند؛

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

۲- لایه پنهان : شامل تعدادی نرون متغیر است که تعداد بهینه آن ها برای حداقل شدن خطا از طریق (R, RMSE و MAE) آزمایش و تکرار تعیین می گردد؛ ۳- لایه خروجی: لایه خروجی شبکه به گونه ای طراحی شده است که با ورود میانگین بارش و شاخص دهک سالیانه، میانگین بارش سالیانه و شاخص دهک بارش را برای سال های بعد با میزان خطای بسیار کم و دقت زیاد پیش بینی میکند. به عبارتی لایه ورودی تشکیل می شود از ورودی های بارش میانگین سالیانه که به شبکه وارد شده و لایه خروجی که خروجی بارش سالیانه و دهک بارش سال های بعد را بدست می دهد. که برای افزایش سرعت شبکه در این لایه، از تابع فعال ساز استفاده می شود تا با استفاده از آن هم سرعت یادگیری افزایش یابد و هم مقادیر خروجی بدون تغییر به شبکه ارایه شده، در نهایت خروجی مطلوب را بسازد. در سال های اخیر، چندین تقریبگر عمومی تابع پیشنهاد شده است که از آن جمله می توان پرسپترون چند لایه (MLP)[1] را نام برد .یک نقطه قدرت عملی این سیستم ها، این است که می توانند توابع غیرخطی را با تعداد زیادی متغیر، تقریب بزنند و از اطلاعات موجود در مجموعه های بسیار بزرگ عددی استفاده کنند (تشنه لب و منشی ،۱۳۸۲: ۳). به دلیل آن که معمولاً الگوریتم آموزش در شبکه های MLP از نوع پس انتشار (BP)[2] است و خروجی های مطلوبی را ارائه می دهد و نیز از سرعت آموزش بسیار خوبی برخوردار است،در این بررسی نیز از این نوع الگوریتم استفاده خواهد شد. هر نرون از دو بخش تشکیل شده است. در بخش نخست، مجموعه وزنی مقادیر ورودی محاسبه می شود و در بخش دوم، خروجی بخش نخست در یک تابع ریاضی قرار گرفته و خروجی نرون را محاسبه می نماید. این تابع ریاضی، تابع محرک یا آستانه نامیده می شود. انواع مختلفی از توابع محرک (F) در شبکه موجود هستند که نرون ها قادر هستند از این توابع برای رسیدن به خروجی مطلوب استفاده کنند. تابع محرک می تواند خطی یا غیر خطی باشد. یک تابع محرک بر اساس نیاز خاص حل یک مساله یا همان مساله ای که قرار است توسط شبکه عصبی مصنوعی حل شود انتخاب می شود. انواع توابع محرک عبارت اند از: لگاریتم سیگموئیدی، تانژانت سیگموئیدی و توابع محرک خطی. همه این توابع پیوسته و مشتق پذیر بوده و خروجی آن ها در یک محدوده عددی خاص (بین صفر و یک و یا منفی یک و یک) قرار می گیرد. مرسوم ترین و پر کاربرد ترین توابع در زمینه پیش بینی عناصر اقلیمی توابع سیگموئیدی هستند (کاشفی پور،۱۳۸۱). همچنین تعداد نرون های لایه میانی باید به درستی تعیین گردد چرا که اگر تعداد نرون های لایه میانی کم باشد شبکه نمی تواند ارتباط موجود بین ورودی ها و

[1]-Multi Layer Perceptron
[2] -Back Propagation

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

خروجی ها را شناسایی کند علاوه بر آن اگر تعداد نرون ها از حد لازم بیشتر باشد شبکه شروع به حفظ کردن الگوها می کند، به طوریکه در مرحله آموزش خوب اما برای داده های آزمون ضعیف عمل نموده و قابلیت تعمیم پذیری ندارد. (دزفولیان و پورشیرازی ،۱۳۹۰:۱۲-۲۲).

شکل(۲) فلوچارت مراحل مختلف انجام پژوهش

بحث و نتایج

به منظور پیش بینی شدت خشکسالی با استفاده از شاخص دهک بارش در استان های شمال غرب ایران از شبکه عصبی مصنوعی بهره گرفته شد. بطوریکه پس از جمع آوری آمار از سازمان های مربوطه، آزمون های آماری بر روی آنها صورت گرفته و جهت ورود به شبکه عصبی مصنوعی نرمالیزه شدند. در مرحله بعد، ساختار مناسب شبکه عصبی، تابع محرک، تعداد نرون ها، تعداد لایه های پنهان و لایه های ورودی و خروجی انتخاب گردید. سپس، جهت تعیین بهترین ورودی های شبکه پس از سعی و خطای فراوان، ساختاری با استفاده از میانگین بارش

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

سالیانه جهت پیش بینی بارش انتخاب گردید که در این حالت میزان همبستگی بالایی را بین داده های مشاهداتی و پیش بینی شده نشان داد. خلاصه انتخاب ساختار شبکه عصبی و توابع محرک و نرون ها بر اساس خطای RMSE ، MAE و ضریب همبستگی در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است.

جدول (۲) ساختار مناسب شبکه عصبی مصنوعی پس از سعی و خطا

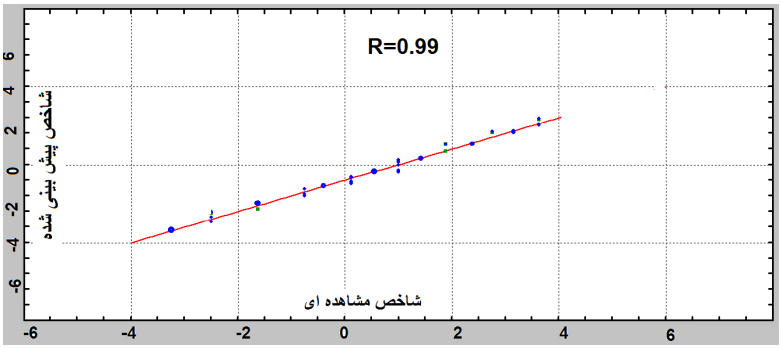
مرحله	تابع محرک	تعداد نرون	ساختار لایه	خطای RMSE	خطایMAE	ضریب همبستگی اعتبار سنجی	ضریب همبستگی آموزش
آموزش	سیگموئید	۱۰	۱-۱۰-۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۹۸	۰/۹۹
اعتبار سنجی	سیگموئید	۱۰	۱-۱۰-۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۹۹	۰/۹۸
تست	سیگموئید	۱۰	۱-۱۰-۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۹۹

همانطور که ملاحظه می شود، بر اساس ضریب همبستگی و خطای RMSE و MAE ساختار لایه ها بصورت یک لایه ورودی، ۱۰ نرون در لایه میانی و یک لایه خروجی همراه با تابع محرک سیگموئید در شبکه پرسپترون دارای حداکثر دقت و میزان خطا کمتر از ۵٪ بوده و از همبستگی بالایی (بیشتر از ۹۸٪) برخوردار می باشد.

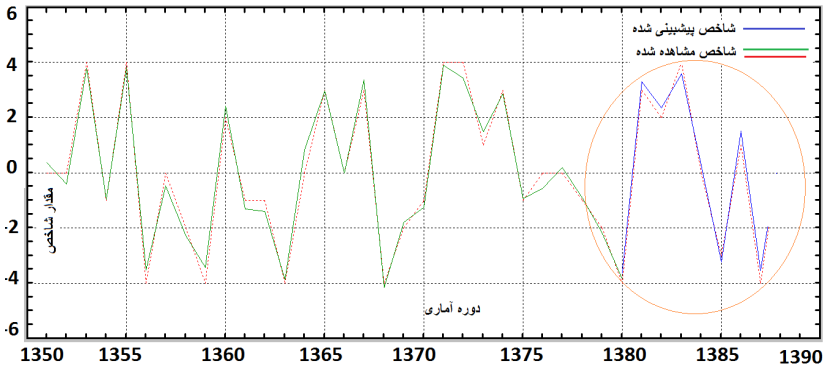
شکل های ۳ و ۴ نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی شاخص دهک بارش با مقادیر واقعی را نمایش می دهد. مناطق نقطه چین شده مقایسه نتایج شبیه سازی شده توسط مدل و محاسبه شده شاخص دهک بارش را در بین سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ نشان می دهد. همبستگی داده های بارش سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۶ نسبت به شاخص پیش بینی شده دهک بارش نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در نمودار های رسم شده، منحنی های مشاهداتی و پیش بینی شده بطور زیادی با یکدیگر همپوشانی دارند که این نشانگر کارایی مناسب شبکه عصبی مصنوعی در امر شبیه سازی داده های مطالعه می باشد. میزان همبستگی برای ایستگاه ها ۰/۹۹ بدست آمده است و این بدان معناست که مدل دارای میزان خطای بسیار کمی برای پیش بینی بوده است. پس این نتیجه حاصل می شود که پیش بینی مدل دارای سرعت و دقت بیشتر و همچنین خطای کمتری نسبت به روش های خطی است. از آنجا که تعداد ایستگاه ها زیاد می باشد نمودار های همبستگی و مقایسه نتایج واقعی و پیش بینی شده تنها در یک ایستگاه نمایش داده شده است.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]



شکل(۳) نمودار همبستگی مقادیر شاخص دهک بارش شبیه سازی شده و مشاهده شده، ایستگاه تبریز



شکل(۴) مقایسه نتایج مشاهده ای و شبیه سازی شده شاخص دهک بارش، ایستگاه تبریز

در مرحله بعد، پس از اینکه مقادیر خطا و ضریب همبستگی مشخص شده و این نتیجه حاصل شود که شبکه عصبی مصنوعی قادر است با دقت و همبستگی بسیار زیاد و خطای کم مقادیر شاخص دهک بارش را پیش بینی کند، در مرحله اعتبار سنجی، اقدام به شبیه سازی و پیش بینی مقادیر شاخص دهک بارش در بین سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۶ گردید. در جدول شماره ۳ میانگین خطای حاصل از شبیه سازی شبکه عصبی مصنوعی در بین سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود شبکه با دقت زیاد و انطباق نسبتا زیاد نتایج قادر به شبیه سازی بوده است.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

جدول (۳) میانگین خطای شبکه عصبی بر حسب درصد در شبیه سازی شاخص دهک بارش در سال های ۱۳۸۶-۱۳۸۰

ایستگاه ها	٪میانگین خطا ۸۰-۸۶	ایستگاه ها	٪میانگین خطا ۸۰-۸۶	ایستگاه ها	٪میانگین خطا ۸۰-۸۶
اصلاندوز	۰/۵	اهر	۳/۹۹	ارومیه	۰/۶۴
پل الماس	۳/۷۶	مراغه	۱/۳۳	مرز سرو	۴/۴۴
مشیران	۱/۳۹	میانه	۰/۲۵	بوکان	۲/۲۱
مشکین شهر	۱/۲۸	تبریز	۳/۲۵	یزدکان	۱/۱۸
بوران	۲/۲۸	شرفخانه	۰/۸۸	نقده	۰/۵۱
نمین	۰/۱۶	سراب	۲/۹۹	رازی	۴/۰۸
نیر	۰/۹	نظر اباد	۱/۳۲	زنگ اباد	۳/۴۵

همانطور که از جدول شماره ۳ مشخص است کمترین خطا برابر است با ٪۰/۱۶ مربوط به ایستگاه نیر و بیشترین مقدار خطا ٪۴/۴۴ و مربوط به ایستگاه مرز سرو می باشد. بدیهی است که میزان خطای شبکه بسیار کم بوده (کمتر از ٪۵) و نتایج شبیه سازی شده تا حد بسیار قابل قبولی با مشاهدات واقعی نزدیک می باشد و می توان گفت شبکه از عملکرد مناسبی برخوردار می باشد.

در مرحله بعد می توان به وسیله شبکه عصبی مصنوعی و با استفاده از الگوریتم آموزش دیده توسط داده های قبلی و عمل اعتبار سنجی و تست شبکه، مقادیر شاخص را برای سال های پس از سال ۱۳۸۶ نیز پیش بینی کرد. در این مرحله، شبکه با استفاده از داده های سال های قبل آموزش دیده و قادر است بدون استفاده از آمار بارش، خشکسالی را تا مدت محدودی پیش بینی کند. این مدت محدود بستگی به دقت و خطای شبکه داشته و تا هنگامی که خطای حاصل از شبکه کم باشد نتایج قابل قبول می باشد. در این پژوهش، از آنجا که برای مقایسه و بیان خطا و دقت روش پیش بینی، آمار پیش بینی شده بایستی با آمار واقعی مورد مقایسه قرار گیرد ، همچنین آمار و ارقام واقعی تا سال ۱۳۹۱ موجود می باشد، عمل پیش بینی برای سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ صورت گرفته و نتایج مقایسه و جدول و نمودار های مربوطه نیز تنها برای سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ رسم گردیده اند. اما بنا بر دلخواه و بر اساس روش مورد استفاده و دقت و خطای مورد نظر در سایر پژوهش ها این زمان می تواند کم یا زیاد گردد.

برای عمل پیش بینی بوسیله شبکه عصبی مصنوعی، وزن های حاصل از شبکه را در ورودی ها ضرب کرده و با وزن بایاس ها جمع می کنیم بر اساس فرمول شماره ۵ .

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

$$Netp_i = \sum W_{ij}\, a_{pi} + bi$$ رابطه (۵)

که در فرمول بالا W مقدار وزن های لایه مربوطه ، a_{pi} مقدار خروجی لایه قبلی، b_i میزان بایاس می باشد. برای پیش بینی بایستی مقادیر W_{ij} و bi آموزش ببینند یعنی مقادیر آنها طوری طراحی شود که سیستم بتواند پیش بینی را صورت دهد.

سپس مقدار Net_{pi} در فرمول شماره ۶ جهت محاسبه $f(\text{Net pi})$ گذاشته شده که f در اینجا تابع محرک سیگموئید است و هدف، محاسبه خروجی سال بعد بر اساس وزن های شبکه می باشد.

$$f(\text{Net pi}) = (1 + \exp(-net_{pi}))$$ رابطه(۶)

نتایج پیش بینی خشکسالی توسط شبکه عصبی مصنوعی با آمارهای خشکسالی واقعی در سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ مقایسه گردید و میزان خطا و اختلاف نتایج مورد محاسبه قرار گرفت. خطای ناشی از شبکه بر حسب درصد ، برای ایستگاه های مورد مطالعه در جدول شماره ۴ آمده است.

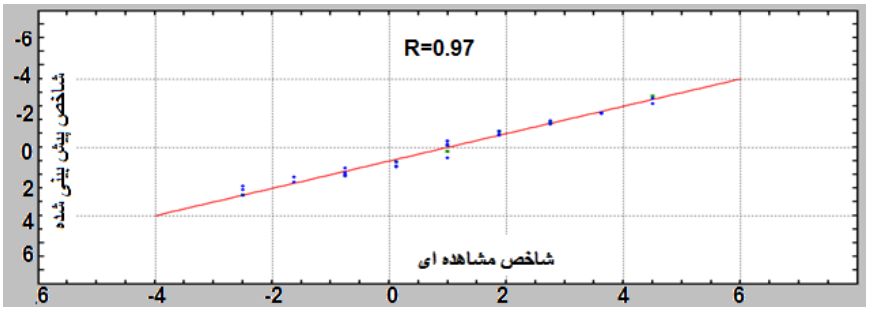
جدول (۴) خطای شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی خشکسالی برای ایستگاه های مورد مطالعه در بین سال های ۱۳۸۷- ۱۳۹۱

ایستگاه ها	٪میانگین خطا ۸۷-۹۱	ایستگاه ها	٪میانگین خطا ۸۷-۹۱	ایستگاه ها	٪میانگین خطا ۸۷-۹۱
اصلاندوز	۲/۲۵	اهر	۲/۶۸	ارومیه	۱/۷۹
پل الماس	۱/۶۷	مراغه	۴/۱۹	مرز سرو	۳/۹۸
مشیران	۱/۰۳	میانه	۲/۴۷	بوکان	۴/۱۱
مشکین شهر	۰/۴۵	تبریز	۱/۹۴	یزدکان	۳/۹۰
بوران	۱/۰۹	شرفخانه	۰/۹۹	نقده	۲/۳۳
نمین	۳/۳۷	سراب	۰/۱۳	رازی	۳/۲۱
نیر	۱/۴۵	نظر اباد	۲/۵۷	زنگ اباد	۰/۶۵

همانگونه که از جدول شماره ۴ مشخص است بین نتایج پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و آمار و داده های واقعی خشکسالی تفاوت و خطای چندانی وجود ندارد و میزان خطای کمتر از ۵٪ که در جدول مشاهده می شود خطای قابل قبول است. پس این نتیجه حاصل می شود که در صورتیکه برای سال هایی آمار وجود نداشته باشد و یا بخواهیم برای چند سال آینده عمل پیش بینی عناصر اقلیمی را به انجام برسانیم شبکه عصبی مصنوعی از

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

جمله ابزار و مدل های کارآمد می باشد که با اطمینان و دقت بالا و میزان خطای کم قادر به عمل شبیه سازی و پیش بینی است. در شکل شماره ۵ نمودار همبستگی شاخص خشکسالی پیش بینی شده و واقعی را نمایش می دهد . همانگونه که مشخص است، نتایج تطابق زیادی با یکدیگر داشته و نمودار با همبستگی بیشتر از ۰/۹۷ صحت نتایج را نشان می دهد.



شکل (۵) نمودار همبستگی مقادیر شاخص دهک بارش داده های مشاهده ای و پیش بینی شده، ایستگاه تبریز

نتیجه گیری

از آنجا که وقوع رخداد هایی نظیر خشکسالی می تواند خسارات بسیار زیاد کشاورزی و زیست محیطی و نیز پیامد های اجتماعی نظیر مهاجرت روستاییان به شهر ها را بدنبال داشته باشد، لذا می توان با استفاده از روش های مختلف و با پایش نمایه های خشکسالی و نیز با پیش بینی وقوع دوره های خشکسالی و همچنین شدت آنها، از هدر رفت سرمایه ها و خسارات اقتصادی و اجتماعی جلوگیری کرد. در چند سال اخیر محققان از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی و مدل سازی خشکسالی در نقاط مختلف جهان استفاده کرده اند که نتایج حاکی از کارآمد بودن این روش نسبت به مدل های خطی دارد. از این رو بر آن شدیم تا توانمندی شبکه عصبی مصنوعی را در برآورد خشکسالی اقلیم سرد و نیمه خشک منطقه شمال غربی ایران مورد بررسی قرار دهیم. نتایج نشان داد که استفاده از مدل پرسپترون چند لایه همراه با الگوریتم پس انتشار خطا و تابع محرک سیگموئید و تعداد ۱۰ نرون در لایه میانی و سه لایه پنهان نسبت به دیگر ساختار ها از خطای کمتری برخوردار است. همچنین نتایج حاصله از آموزش شبکه در سال های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰ و اعتبار سنجی و تست آن در سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ توسط داده های ورودی میانگین بارش سالانه و شاخص دهک بارش سالیانه و خروجی شاخص دهک بارش نشان داد که شبکه با خطای بین ۱٪ تا ۴٪ و میزان ضریب همبستگی بین ۰/۹۸ و ۰/۹۹ قادر به شبیه سازی شاخص دهک بارش در سال های ۸۰ تا ۸۶ بوده است و

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

همانطور که از نمودار های تطبیق مقادیر داده های واقعی و پیش بینی و نیز نمودار همبستگی نتایج مشخص است نتایج پیش بینی تا حد بسیار زیادی با نتایج واقعی مطابقت داشته است (همبستگی ۹۹٪) و نیز میزان خطای حاصله از تفاوت نتایج شبیه سازی شده و واقعی کمتر از ۵٪ بوده که در جدول شماره ۳ ذکر گردیده است و نشان می دهد که شبکه از عملکرد مناسبی در مرحله اعتبار سنجی و تست برخوردار بوده است. بر این اساس و به این دلیل که شبکه عصبی با خطای بسیار کم و قابل قبول و همبستگی زیاد نتایج، قادر به شبیه سازی در مرحله تست و اعتبار سنجی بوده، عمل پیش بینی شاخص خشکسالی توسط شبکه عصبی مصنوعی برای سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ بدون استفاده از آمار و داده های واقعی و مشاهداتی، و صرفا بر اساس الگو های آموزش دیده شده موجود در شبکه عصبی مصنوعی، صورت گرفت. از آنجا که در این تحقیق نتایج پیش بینی شده خشکسالی برای سال های ۸۷ تا ۹۱ می بایست با مقادیر و آمار های مشاهده ای و واقعی مقایسه شود تا دقت و کارایی شبکه در پیش بینی مشخص گردد، سال های ۸۷ تا ۹۱ انتخاب گردیدند چرا که آمار و ارقام آنها در دسترس بوده و امکان مقایسه و تطابق وجود داشت. اما بنا بر دلخواه و موضوع تحقیق و همچنین نیاز برای پیش بینی عناصر اقلیمی، در صورتیکه خطای شبکه در مرحله تست و اعتبار سنجی کم باشد و نتایج حاصله از دقت بالایی برخوردار باشد و نیازی به مقایسه آمار و داده ها با نتایج نباشد، می توان زمان بیشتری را برای پیش بینی انتخاب کرد، بطوریکه سال هایی که آمار آنها هنوز در دسترس نیست را مورد پیش بینی قرار داد. در این پژوهش نتایج حاصل از پیش بینی برای سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ نشان داد که شبکه با همبستگی ۹۷٪ و خطای کمتر از ۵٪ قادر به پیش بینی بوده و صحت نتایج توسط نمودار همبستگی در شکل ۵ و نیز جدول شماره ۴ نمایش داده شد. بطور کلی می توان گفت شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی خشکسالی در منطقه نیمه خشک سرد شمال غربی ایران از توانمندی بالایی برخوردار بوده و می تواند به عنوان گزینه ای سودمند مورد توجه و بررسی قرار گیرد و همچنین هم در پیش بینی های فصلی و کوتاه مدت و هم در پیش بینی های چند ساله و بلند مدت کاربرد زیادی داشته و می توان از نتایج حاصل از آن در بهره برداری و مدیریت منابع آب، مطالعات زیست محیطی، مدیریت خشکسالی و تغییرات اقلیمی بهره جست.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

منابع و ماخذ

۱. اسفندیاری درآباد، فریبا، حسینی، سید اسعد، آزادی مبارکی، محمد، حجازی زاده، زهرا (۱۳۸۹). **پیش بینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه**، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال هشتم، شماره ۲۷، ص ۴۵.

۲. افخمی، حمیده، دستورانی، محمد تقی، ملکی نژاد، حسین و مبین، محمد حسین (۱۳۸۹). **بررسی تاثیر عناصر اقلیمی بر افزایش دقت روش شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی خشکسالی منطقه یزد** ، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۴، شماره ۵۱، ص ۱۵۷.

۳. بداق جمالی، جواد، جوانمرد، سهیلا و شیر محمدی، رضا (۱۳۸۲). **پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه بارش استاندارد شده بارش**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مقاله ۵۵۰، ص ۱۳-۱۸.

۴. بذر افشان، جواد (۱۳۸۲). **مطالعه تطبیقی برخی شاخص های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران**، کارشناسی ارشد، هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۲۳-۳۶.

۵. تشنه لب، محمد و منشی مهدی (۱۳۸۲). **پیش بینی اقلیمی پارامتر های هواشناسی با استفاده از شبکه های عصبی- فازی بر اساس آموزش پارامتر های بخش تالی**، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، ۲۹ مهر الی ۱ آبان ۱۳۸۲، اصفهان.

۶. حلبیان، امیر حسین، دارند، محمد، (۱۳۹۱). **پیش بینی بارش اصفهان با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۲، شماره ۲۶، صفحات ۴۷-۶۳.

۷. خوشحال دستجردی، جواد و حسینی محمد (۱۳۸۹). **کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی عناصر اقلیمی و پیش بینی سیکل خشکسالی** ، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ،سال ۲۱، شماره ۳ ، صفحات ۱۰۷-۱۲۰.

۸. دزفولیان، محمد امین، اکبرپور شیرازی، محسن (۱۳۹۰). **مدل سازی سنگ شناسی در میدان گازی پارس جنوبی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی**، پژوهش نفت، ۲۱(۶۶)، صفحات ۱۲ -۲۲.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

۹. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۹). **آشکارسازی آماری اثر گرمایش جهانی بر ناهنجاری های بارش سالانه جلفا با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی،** جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۸۲-۶۵.

۱۰.کارآموز، محمد؛ رمضانی، فرید؛ رضوی، سامان (۱۳۸۵). **پیش بینی بلند مدت بارش با استفاده از سیگنال های هواشناسی و کاربرد شبکه عصبی مصنوعی،** هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۱۱.کاشفی‌پور، محمود (۱۳۸۱). **استفاده از شبکه عصبی مصنوعی درمهندسی رودخانه،** ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. کارگاه آموزشی مدلهای ریاضیGIS.

Camilo, J., (2008) ***Prospecting drought with stochastic with artificial neural networks***. J of Hydrology, vol.352, p.174-180 .

Dastorani, M.T. and H. Afkhami, (2011) ***Application of artificial neural networks on drought prediction in Yazd (Central Iran)***, Desert Journal, num.16, p.39-48.

Mishra, A.K. and M.R. Desai, (2005) ***Drought forecasting using stochastic models***, Stoch Environ Res Risk Assess 19: 326–339.

Mishra, A.K., (2007***) Drought forecasting using a hybrid stochastic and neursl network model***, J of Hydrology, 12: p. 626-638.

Morid, S., V. Smakhtin, M. moghaddasi, (2006) ***Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran***, J of Climatology, 26, 971-985.

Morid, S., V. Smakhtin, K. Bagherzadeh (2007) ***Drought Forecasting Using Artificial Neural Networks and Time Series of Drought Indices***, International Journal of Climatology, 27:2103.

Keshin, M.E. and O. Tezri, (2011) ***Meteorological drought analysis using artificial neural networks***, Scientific Research and Essays, vol 6(21).

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]

Nasri, M., (2010) ***Application of Artificial Neural Networks (ANNs) in Prediction Models in Risk Management***, World Applied Sciences Journal, 10(12): p. 1493-1500.

Rezaeian-Zadeh, M. and H. Tabari, (2012) ***MLP-Based drought forecasting in different climatic regions***, Theoretical and Applied Climatology Page 1-8.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.8.4]