

## پیش بینی دماهای حداکثر روزانه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: کرمان)

شکوفه امیدی قلعه محمدی<sup>۱\*</sup>، احمد مزیدی<sup>۲</sup>، سودابه کریمی<sup>۳</sup>، نجمه حسنی سعدی<sup>۴</sup>، محبوبه امیدی

قلعه محمدی، حسن خراج پور<sup>۶</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد اقلیم شناسی کاربردی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار جغرافیای طبیعی و اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد اقلیم شناسی کاربردی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۴</sup> کارشناس ارشد اقلیم شناسی کاربردی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۵</sup> کارشناس ارشد اقلیم شناسی کاربردی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

<sup>۶</sup> دانشجوی دکتری آب و هواشناسی کشاورزی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۲۵

### چکیده

با توجه به توانایی شبکه های عصبی مصنوعی در شبیه سازی فرایندهای بسیار پیچیده، از آنها برای پیش بینی و محاسبه پارامترهای اقلیمی استفاده می‌شود. هدف این پژوهش نیز پیش بینی دمای حداکثر روزانه در استان کرمان می باشد. بدین منظور پارامترهای اقلیمی روزانه به عنوان ورودی شبکه های عصبی، و دمای حداکثر روزانه به عنوان خروجی شبکه، طی دوره آماری ۲۴ ساله (۱۹۸۹-۲۰۱۳) مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج این تحقیق بعد از آزمون شبکه، نشان داد که شبکه پرسپترون چند لایه با توجه به میزان خطا و همبستگی بین داده‌ها از دقت بیشتری برخوردار است و خطای کمتر و همبستگی بیشتری نسبت به خروجی مورد نظر (دمای حداکثر روزانه) را نشان می‌دهد. همچنین از بین پارامترهای اقلیمی استفاده شده دمای حداقل و میانگین دمای تر نسبت به دیگر پارامترهای اقلیمی ورودی شبکه عصبی پیش بینی دمای حداکثر روزانه را با خطای کم و همبستگی بیشتری نشان می‌دهند.

**کلمات کلیدی:** دماهای حداکثر روزانه، پیش‌بینی، شبکه های عصبی مصنوعی، کرمان

## مقدمه

دما در کنار بارش از مهم‌ترین عناصر اقلیمی محسوب می‌گردد که در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر اقلیمی نیز مؤثر است، همچنین دما از عوامل اصلی و اساسی در پهنه بندی و طبقه بندی اقلیمی محسوب می‌گردد، بر این اساس نوسانات و تغییرپذیری دما دارای اهمیت زیادی است که عوامل اقلیمی و جغرافیای زیادی از قبیل رطوبت، ابرناکی، سرعت باد، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا و غیره در تغییرات آن نقش دارد. دمای حداکثر و حداقل از عناصر اساسی شناخت هوا می‌باشند. با توجه به دریافت نامنظم انرژی خورشیدی توسط زمین، دمای هوا در سطح زمین دارای تغییرات زیادی است که به نوبه خود سبب تغییرات دیگری در سایر عناصر هواشناسی می‌شود. این دو پارامتر دما از مهم‌ترین داده‌های ورودی برای تخمین تبخیر و تعرق روزانه، برآورد بیلان آبی و شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر روی سیستم‌های منابع آب و کشاورزی می‌باشند (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به تغییرات اقلیمی، گرمایش جهانی و خشکسالی‌های اخیر، پیش‌بینی دماهای حداکثر به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی فرصت مناسبی را برای برنامه‌ریزی و ارائه تمهیدات لازم در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. امروزه پژوهشگران با ابداع علوم همانند روش‌های هوشمند که ابزاری توانمند و انعطاف‌پذیر هستند، به دنبال راه‌هایی فراتر از روش‌های معمول برای شناخت و پیش‌بینی پارامترهای مهم هواشناسی هستند. شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از این روش‌هاست که قادر به محاسبه توابع حسابی و منطقی هستند (خلیلی و همکاران، ۱۳۸۵). در این زمینه تحقیقات متعددی صورت گرفته است از جمله: جین\* (۲۰۰۳) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، دمای هوا را در منطقه جنوب جورجیا برای یک تا دوازده ساعت آینده پیش‌بینی کرد. امران و همکاران (۲۰۰۴) به پیش‌بینی سرعت باد، رطوبت نسبی و دما برای ۲۴ ساعت آینده در کانادا، ساسکاتچوان جنوبی با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی شبکه‌های عصبی، پرسپترون، ال‌من (ERNN) رادیال بیسیک (RBF)، هوپ فیلد (HFM)، و تکنیک‌های رگرسیونی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که مدل (RBF) نسبت به ERNN و MLP برای پیش‌بینی سرعت باد، رطوبت نسبی و دما دقت بیشتری داشته و HFM دقت نسبتاً کمتری دارد. کلیبالی<sup>†</sup> و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی مقادیر بارش، دمای حداکثر و حداقل روزانه را بازسازی نمودند. آن‌ها در تحقیق خود ۶ مدل شبکه‌های عصبی را مورد استفاده قرار دادند و دریافتند که مدل MLP نسبت به بقیه مدل‌ها از دقت مناسب‌تری جهت بازسازی داده‌های بارش، دمای حداکثر و حداقل روزانه برخوردار است. رحمان و موهاندس<sup>‡</sup> (۲۰۰۸) نشان دادند که شبکه‌های عصبی قادرند تابش خورشیدی شهر ابهای عربستان سعودی را از طریق دما و رطوبت نسبی دوره آماری ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ برآورد نمایند. سانتوس<sup>§</sup> و همکاران (۲۰۱۰) روش شبکه‌های عصبی را برای پیش‌بینی خشکسالی در سه منطقه از حوضه رودخانه سان فراسیسکو در شمال شرق برزیل به کار گرفتند. نتایج، دقت بالای مدل شبکه‌های عصبی را تایید کرد. رسوب سان تان\*\* و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی اقلیم و پیش‌بینی کارآمد آب و هوا با استفاده از مدل RBF پرداختند و به این نتیجه

\* Jain

† Coulibaly

‡ Mohandes

§ Santhosh

\*\* Santhana

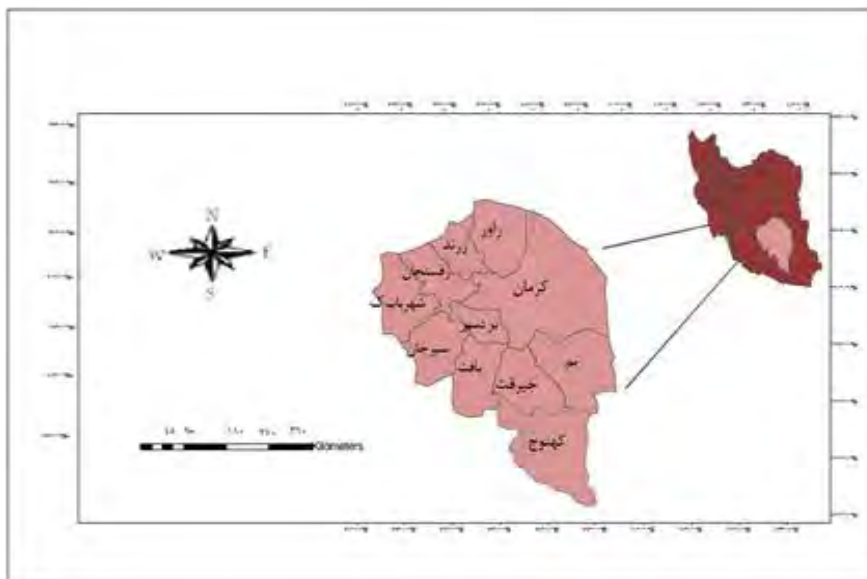
رسیدند که این مدل بادقت بیشتری (حدود ۸۸,۴۹ درصد) به پیش بینی پرداخته است. سیتی و ویبو\* (۲۰۱۲) با استفاده شبکه‌های عصبی مصنوعی به پیش بینی مقدار آب رودخانه دانگن در مالزی پرداختند و با مقایسه بین شبکه‌های عصبی پس انتشار BPNN و NARX به این نتیجه رسیدند که شبکه عصبی NARX با پنج ورودی: بارش ماهانه، میزان تبخیر، درجه حرارت، رطوبت نسبی و دبی بهترین مدل برای پیش بینی سری زمانی است. سهیلی‌خواه و تشنه‌لب (۱۳۸۳) با استفاده از یک ساختار نوین پویای شبکه عصبی - فازی به پیش‌بینی حداکثر دمای روزانه پرداختند و با الگوریتم پیشنهادی خود، دقت پیش بینی را بالاتر بردند. رحمانی و تشنه لب (۱۳۸۴) ساختار جدیدی را بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی با عنوان TD-CMAC که بسط یافته مدل مخچه یا ۱۱CMAC ۱۲ است، مطرح و از آن برای پیش‌بینی مقادیر حداقل و حداکثر دمای روزانه استفاده نمودند. علیجانی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴) با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه‌های عصبی مصنوعی، به مقایسه و پیش‌بینی تغییرات سالانه دمای تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین پرداختند. رحیمی خوب و همکاران (۱۳۸۶) با بهره‌گیری از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی، دقت پیش بینی دمای بیشینه هوای استان خوزستان را مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل شبکه عصبی با ساختار ۶ نرون در لایه ورودی (شامل ۴ باند ماهواره نوا، روزشمار سال و ارتفاع زمین) و ۱۹ نرون در لایه پنهان، بهترین مدل است و ۹۱/۴ درصد نتایج را با دقت ۳ درجه سانتیگراد پیش بینی کردند. خوشحالی دستجردی و حسینی (۱۳۸۹)، به شبیه سازی عناصر اقلیمی و پیش بینی سیکل خشکسالی در استان اصفهان پرداخته است. نتایج حاصل از تحقیق وی، نشان می‌دهد که در میان پارامترهای اقلیمی، دمای بیشینه، دبی و بارش، نقش مثبتی در پیش بینی خشکسالی های استان اصفهان داشته، با کاربرد شبکه عصبی مصنوعی می‌توان با دقت بالای ۹۵ درصد، سیکل خشکسالی استان را پیش بینی نمود. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۸۹) میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج را با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه پیش بینی کردند و به این نتیجه رسیدند که این شبکه‌ها در پیش بینی میانگین دمای ماهانه در این پژوهش کارایی لازم را دارند. درونه و قادری (۱۳۸۹)، به پیش بینی میانگین دمای هوا با استفاده از شبکه‌ی عصبی پرداختند و نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که که شبکه چند لایه‌ی پرسپترون مدل قابل اطمینانی برای پیش بینی میانگین دمای هوای است و همچنین افزایش تعداد الگوهای ورودی تاثیر مستقیمی بر دقت پیش بینی دارد. خورشید دوست و همکاران (۱۳۹۱)، برای بازسازی دمای حداکثر و حداقل روزانه با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و شبکه‌های عصبی در غرب استان تهران برای کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه روش شبکه‌های عصبی متوسط خطای کمتری را نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایه دارد.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان کرمان در جنوب شرقی فلات ایران بین ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی با مساحت ۱۸۲۳۴۹ کیلومتر مربع واقع شده است.. شکل (۱)، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

\* Siti Hajar Antoin



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ابتدا آمار داده‌های ایستگاه هواشناسی کرمان از سایت هواشناسی استان طی دوره آماری ۲۴ ساله (۲۰۱۳-۱۹۸۳)، اخذ گردید. اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق شامل دمای روزانه می باشد. پس از استخراج داده‌های مربوط به منظور دستیابی به نتایج قابل اعتماد در تجزیه و تحلیل سری‌ها و اطمینان از تصادفی بودن داده‌ها همگنی سری‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق برای آزمون همگنی داده‌ها از روش نموداری به کمک نرم‌افزار Spss همگنی داده‌ها مورد تأیید قرار گرفت. در این تحقیق، دو شبکه عصبی از نوع بازگشتی و پرسپترون مورد آزمون قرار گرفتند. پارامترهای اقلیمی شامل حداقل دما، سرعت باد، رطوبت نسبی، سمت باد، ساعات آفتابی و میانگین فشار به عنوان ورودی‌های این شبکه‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند. خروجی شبکه نیز میزان حداکثر دما روزانه می باشد. پس از بررسی شاخص‌های عملکرد شبکه از جمله میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی دقت پیش بینی مورد بررسی قرارفت.

## بحث و نتایج

با توجه به اینکه استان کرمان از خشک‌ترین مناطق ایران محسوب می شود و دارای ویژگی‌هایی مانند دما بالا، بارش کم، زاویه تابش زیاد و پوشش گیاهی فقیر است، با افزایش دما نیاز به آب بیش‌تر و احتمال خشکسالی در این استان بیش‌تر می‌شود. همچنین مشکلات زیادی در بخش‌های صنعت، کشاورزی و اقتصاد به وجود می‌آورد. بنابراین پیش‌بینی دماهای حداکثر در این منطقه اهمیت زیادی دارد. در این تحقیق سعی شده است دماهای حداکثر ایستگاه کرمان طی دوره آماری (۲۰۱۳-۱۹۸۹) برای ارزیابی عملکرد این مدل‌ها، با داده‌های واقعی، برآورد و تحلیل و مدل مناسب ارائه گردد.

## تعیین متغیر های ورودی

دقت و صحت خروجی شبکه عصبی وابسته به انتخاب پارامترهای ورودی مناسب می باشد. هر مقدار پارامتر های ورودی ارتباط بیشتری با خروجی مورد نظر داشته باشند، خروجی مدل به خروجی واقعی نزدیکتر خواهد شد. بدین منظور در این تحقیق با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون میزان همبستگی بین هر کدام از پارامترهای اقلیمی با دمای حداکثر طی دوره آماری ۲۴ ساله مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهایی که بیشترین همبستگی با پارامتر مورد نظر را داشتند به عنوان ورودی شبکه عصبی انتخاب گردیدند. بر اساس ضریب همبستگی پیرسون طبق جدول (۱) پارامترهای ورودی مدل عبارتند از میانگین فشار، بیشترین فشار، کمترین فشار، حداقل دمای مطلق، تبخیر، میانگین دمای تر، میانگین رطوبت، بیشترین رطوبت، کمترین رطوبت و رطوبت ساعت ۳، که ۷۰ درصد داده ها برای آموزش شبکه و ۳۰ درصد برای اعتبارسنجی و تست شبکه استفاده شده است. به منظور ارزیابی عملکرد شبکه های عصبی مصنوعی با ورودی های مختلف سعی شده است که شبکه ای با کمترین خطا بیشترین همبستگی معرفی شود.

جدول (۱)، ضریب همبستگی پیرسون ایستگاه های مورد مطالعه (۲۰۱۳-۱۹۸۹).

بیت ۳	کمترین رطوبت	بیشترین رطوبت	میانگین رطوبت	میانگین دما	تبخیر	میانگین دما	حداقل دما	حداقل دما	کمترین فشار	بیشترین فشار	میانگین فشار	ضریب پیرسون
-	-	-.727**	-	.907**	-	.965**	.823*	.854*	-.451**	-	-.482**	کرمان
.76*	.610*		.779*		.672*					.473*		

به منظور طراحی ساختار بهینه شبکه های عصبی ساختارهای گوناگونی اجرا شده است، سپس از بین حالت های گوناگون، ساختاری که در آن بیشترین همبستگی و کمترین خطا وجود داشت انتخاب گردید. در این تحقیق به منظور بررسی اثر پارامترهای مختلف ورودی، از ۳۴ ساختار مختلف برای ورودی شبکه های عصبی استفاده شده است و برای هر دو شبکه عصبی جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. معیارهای مورد بررسی خطای شبکه و میزان همبستگی خروجی مدل با خروجی واقعی است که مقداری در بازه (۰ تا ۱)، دارد. هر میزان خطای شبکه کمتر (نزدیک به صفر) و میزان همبستگی بالاتر باشد مدل مناسب تر می باشد.

## نتایج شبکه عصبی پرسپترون (MLP)

برای بدست آوردن بهترین ترکیب از پارامترهای ورودی به بررسی حالات مختلف بر روی داده های ایستگاه کرمان پرداخته شده است. در جدول (۲)، نتایج به دست آمده از شبکه پرسپترون چندلایه برای ۳۴ نوع ساختار مختلف ورودی برای ایستگاه کرمان آورده شده است. بررسی نتایج ۱۲ سطر اول نشان می دهد که میانگین دمای تر بیشترین تأثیر در

خروجی مورد نظر (دمای حداکثر)، را دارد و در ادامه با در نظر گرفتن خطای مدل در ترکیب‌های مختلف مشاهده می‌شود که ترکیب‌های ۲۹ به بعد کمترین خطا را داشته‌اند.

### نتایج شبکه عصبی بازگشتی (NARX)

در جدول (۲)، نتایج به دست آمده از شبکه عصبی بازگشتی برای ۳۴ نوع ساختار مختلف ورودی برای ایستگاه کرمان آورده شده است. در این بخش نتایج بسیار به یکدیگر نزدیک می‌باشند. اما با توجه به جدول (۲)، بهترین نتیجه مربوط به سطر ۱۳ می‌باشد، یعنی بهترین ترکیب در این ایستگاه مربوط به پارامترهای میانگین فشار و حداقل دما می‌باشد.

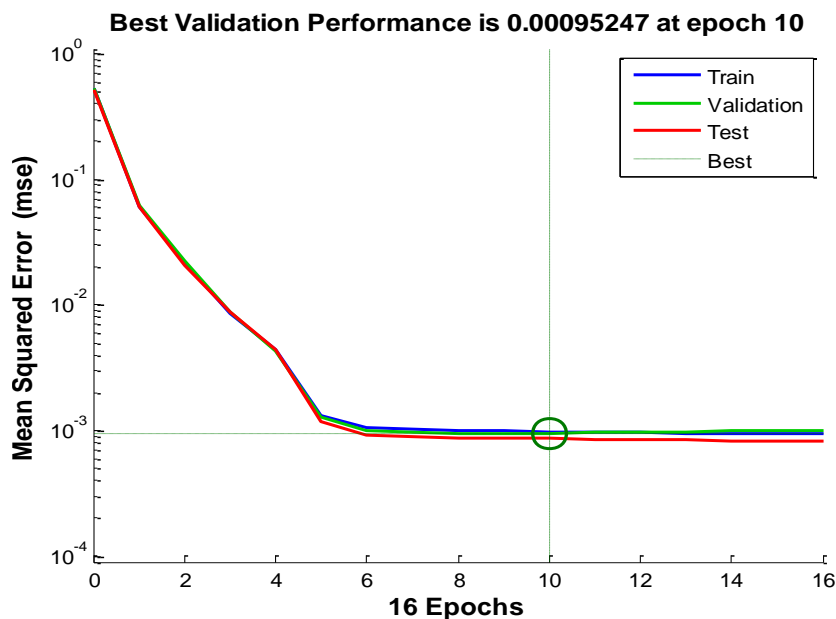
جدول (۲)، نتایج شبکه‌های عصبی پرسپترون و شبکه‌های عصبی بازگشتی در ایستگاه کرمان

نام ایستگاه و شبکه استفاده شده	کرمان		نام ایستگاه و شبکه استفاده شده	کرمان	
	خطا (MSE)	رگرسیون (R)		خطا (MSE)	رگرسیون (R)
MLP <sup>۱</sup>	۰,۰۲۴۰	۰,۰۵۳۶	NARX <sup>۱</sup>	۰,۰۰۱۸۷	۰,۹۶۸
۲	۰,۰۳۰۰	۰,۰۵۲۵	۲	۰,۰۰۲۰۹	۰,۹۶۴
۳	۰,۰۲۳۵	۰,۰۴۸۴	۳	۰,۰۰۲۶۱	۰,۰۹۵۳
۴	۰,۰۰۸۱۰	۰,۰۸۳۵	۴	۰,۰۰۲۰	۰,۹۶۴
۵	۰,۰۱۰۲	۰,۰۸۱۲	۵	۰,۰۰۲۲	۰,۹۳۶
۶	۰,۰۱۴۰	۰,۰۸۱۹	۶	۰,۰۰۲۱۶	۰,۹۶۴
۷	۰,۰۱۶	۰,۰۶۳۶	۷	۰,۰۰۱۹۰	۰,۹۶۸
۸	۰,۰۰۵۳	۰,۰۹۴	۸	۰,۰۰۲۲۵	۰,۹۶۲
۹	۰,۰۱۰۵	۰,۰۸۰۶	۹	۰,۰۰۳۰۰	۰,۹۵۱
۱۰	۰,۰۱۴۰	۰,۰۷۲۴	۱۰	۰,۰۰۲۳	۰,۹۶۲
۱۱	۰,۰۱۶۵	۰,۰۶۶۳	۱۱	۰,۰۰۲۲	۰,۹۶۳
۱۲	۰,۰۱۲۰	۰,۰۱۲۰	۱۲	۰,۰۰۲۴۲	۰,۹۶۰
۱۳	۰,۰۰۶۳۸	۰,۰۸۸۰	۱۳	۰,۰۰۱۷۵	۰,۹۷۱

۱۴	۰,۰۰۸۸۱	۰,۸۴۳	۱۴	۰,۰۰۲۹۶	۰,۹۵۱
۱۵	۰,۰۱۲۰	۰,۷۶۹	۱۵	۰,۰۰۲۰	۰,۹۶۶
۱۶	۰,۰۰۶۵	۰,۷۰۳	۱۶	۰,۰۰۲۱۲	۰,۹۶۵
۱۷	۰,۰۰۴۶۸	۰,۹۲۳	۱۷	۰,۰۰۲۰	۰,۹۶۶
۱۸	۰,۰۰۳۰	۰,۹۵۱	۱۸	۰,۰۰۲۱	۰,۹۵۴
۱۹	۰,۰۰۳۷	۰,۹۳۶	۱۹	۰,۰۰۲۳۰	۰,۹۲۲
۲۰	۰,۰۰۲۶۲	۰,۹۵۵	۲۰	۰,۰۰۲۳	۰,۹۶۲
۲۱	۰,۰۰۱۳	۰,۹۷۹	۲۱	۰,۰۰۲۱۸	۰,۹۶۳
۲۲	۰,۰۰۳۱	۰,۹۴۶	۲۲	۰,۰۰۱۸۹	۰,۹۶۸
۲۳	۰,۰۰۶۵۱	۰,۹۵۷	۲۳	۰,۰۰۲۰	۰,۹۶۵
۲۴	۰,۰۰۵۲	۰,۹۱۱	۲۴	۰,۰۰۲۲	۰,۹۶۹
۲۵	۰,۰۰۲۷۴	۰,۹۵۸	۲۵	۰,۰۰۲۰	۰,۹۶۵
۲۶	۰,۰۰۲۷	۰,۹۵۳	۲۶	۰,۰۰۲۲	۰,۹۶۶
۲۷	۰,۰۰۲۵۷	۰,۹۵۷	۲۷	۰,۰۰۱۹۹	۰,۹۶۴
۲۸	۰,۰۰۳۱۲	۰,۹۷۸	۲۸	۰,۰۰۲۶۵	۰,۹۶۲
۲۹	۰,۰۰۰۹۵۴	۰,۹۸۰	۲۹	۰,۰۰۱۹۳	۰,۹۶۷
۳۰	۰,۰۰۰۹۶۳	۰,۹۸۴	۳۰	۰,۰۰۲۰	۰,۹۶۶
۳۱	۰,۰۰۰۸۵	۰,۹۶۸	۳۱	۰,۰۰۲۱۱	۰,۹۶۵
۳۲	۰,۰۰۰۸۸۹	۰,۹۸۵	۳۲	۰,۰۰۱۹۷	۰,۹۶۷
۳۳	۰,۰۰۰۷۷۲	۰,۹۶۳	۳۳	۰,۰۰۱۷۵	۰,۹۷۰
۳۴	۰,۰۰۰۷۴۶	۰,۹۸۷	۳۴	۰,۰۰۲۰	۰,۹۶۵

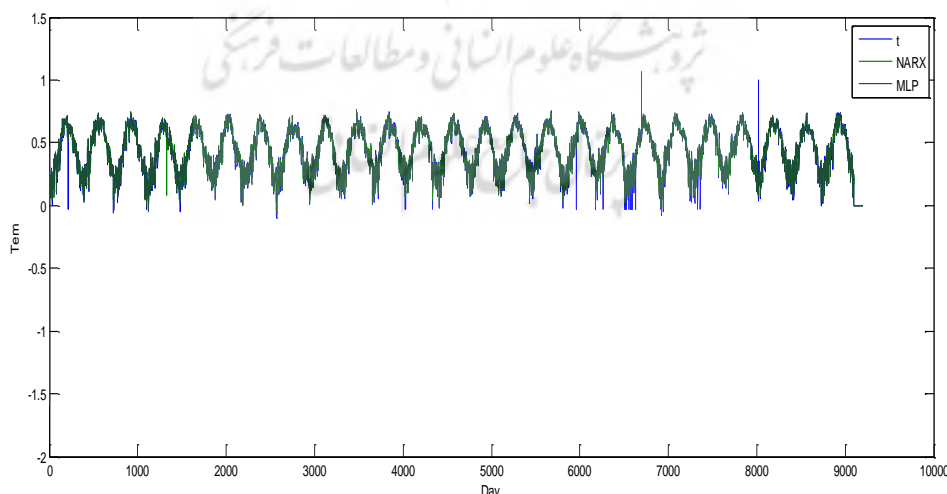
تعیین بهترین خروجی با مقایسه نتایج حاصل از دو مدل شبکه عصبی تست شده

بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه دو مدل شبکه عصبی استفاده شده بهترین خروجی مربوط به شبکه MLP و حاصل ترکیب پارامترهای ورودی، میانگین فشار، دمای حداقل، کمترین فشار، دمای حداقل خاک، میانگین دما، میانگین رطوبت، بیشترین رطوبت، کمترین رطوبت، رطوبت ساعت ۳، تبخیر و میانگین دمای تر می باشد.



شکل (۲) نمودار خطای مدل حاصل ترکیب دو شبکه عصبی ایستگاه در کرمان

این منحنی تغییرات خطای مدل در تکرارهای مختلف برای محورهای آموزش، اعتبارسنجی و تست را نشان می دهد. همچنین این منحنی نشان دهنده کم شدن خطا در طی فرایند آموزش می باشد که نشان دهنده آموزش خوب مدل بوده است، دایره واقع در این تصویر نشان می دهد که خطا در مجموعه اعتبارسنجی شروع به افزایش کرده که نشان دهنده شروع بیش برآزش می باشد. در این نقطه مدل آموزش را متوقف کرده و مدل آموزش دیده، متناظر با این نقطه به عنوان خروجی آموزش می باشد.



شکل (۳) مقایسه نتایج شبکه عصبی های استفاده شده و داده های واقعی در ایستگاه کرمان



## نتیجه گیری

دما یکی از عناصر اقلیمی است که به دلیل ارتباط آن با دیگر پارامترهای اقلیمی اطلاع از وقوع تغییرات و پیش‌بینی آن می‌تواند برنامه ریزی را برای آینده آسان‌تر نماید. در مجمع می‌توان گفت که پدیده‌های اقلیمی نظیر دما، بارش، تبخیر و تعرق و فشار و... داری روند غیر خطی می‌باشند. به عبارتی در طی زمان تغییر می‌کنند. بنابراین برای پیش‌بینی و برآورد آن‌ها به نظر می‌رسد که شبکه‌های عصبی مصنوعی بهتر از مدل‌های دیگر عمل می‌کند. نتایج حاصل از این تحقیق بعد از آزمون دو شبکه نشان می‌دهد که، با توجه به خطای کم (MSE) و همبستگی بالا (R) بین داده‌های واقعی و دماهای پیش‌بینی شده با مدل‌های استفاده شده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، توانمندی شبکه‌های عصبی را برای پیش‌بینی دماهای حداکثر نشان می‌دهد. و شبکه عصبی (MLP)، نسبت به شبکه عصبی (NARX)، با توجه به میزان خطای کمتر و همبستگی بیشتر بین داده‌ها از دقت بیشتری برخوردار است، و در مقایسه با شبکه عصبی بازگشتی با خطای کم و همبستگی زیاد در ایستگاه کرمان دارای خطای کمتری می‌باشد. و همچنین براساس نتایج بدست آمده پارامترهای میانگین دمای تر، دمای حداقل و میانگین دمای خاک بیشترین همبستگی و کمترین خطا را با مدل‌های استفاده شده در شبکه‌های عصبی مصنوعی را داشتند. و پارامترهای بیشترین فشار ایستگاه، میانگین فشار و کمترین فشار ایستگاه نسبت به بقیه پارامترها همبستگی کمتر و خطای بیشتری برای خروجی مورد (دمای حداکثر)، را نظر داشتند.

## منابع و مآخذ

- ۱- اداره کل هواشناسی استان کرمان
- ۲- اسفندیاری درآبادی، فریبا، حسینی، سید اسعد، آزادی مبارکی، محمد، حجازی زاده، زهرا، ۱۳۸۹، پیش‌بینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال هشتم، صص ۲۷-۴۵.
- ۳- خلیلی، نجمه، خدشناس، سعیدرضا و کامران داوری، ۱۳۸۵، پیش‌بینی بارش با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه اصفهان.
- ۴- خورشید دوست، علی، نساجی زواره، مجتبی و باقرقرمز چشمه، ۱۳۹۱، بازسازی سری‌های زمانی دمای حداکثر و حداقل روزانه با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی، فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره ۳۸ صص ۲۱۴-۱۹۷.
- ۵- خوشحال دستجردی، جواد، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی عناصر اقلیمی و پیش‌بینی سیکل خشکسالی استان اصفهان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۳۰، شماره پیاپی ۰۲۹۱، ۲۱، ص

- ۶- درونه، امیرحسین، قادری، امیرحسین، پیش بینی میانگین دمای هوا با استفاده از شبکه ی عصبی منظم، ۱۳۸۹، چهارمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، دانشگاه زنجان، صص ۱-۵.
- ۷- رحمانی، امیر مسعود، تشنه لب، محمد، ۱۳۸۴، پیش بینی های دمای روزانه هوا با استفاده از شبکه عصبی، مجله بین المللی علوم مهندسی (انگلیسی)، جلد ۱۶، شماره ۳، دانشگاه علم و صنعت ایران، صص ۸-۱.
- ۸- رحیمی خوب، علی، بهبهانی، محمدرضا و محمدهادی نظریفر، ۱۳۸۶، پیش بینی دمای هوای استان خوزستان براساس داده های ماهواره نوا و مدل شبکه عصبی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ج ۱۱، ش ۴۲ (ب). دانشگاه صنعتی اصفهان، صص ۳۵۷-۴۶۴.
- ۹- سهیلی خواه، سعید، تشنه لب، محمد، ۱۳۸۳، پیش بینی حداکثر دمای روزانه با استفاده از یک ساختار نوین پویای شبکه عصبی - فازی، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس سیستم های هوشمند، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صص ۱۵۳-۱۴۷.
- ۱۰- علیجانی، بهلول، قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۸۴، مقایسه و پیش بینی تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری های دمایی کره ی زمین با استفاده از روش های رگرسیون خطی و شبکه های عصبی مصنوعی، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۶، صص ۲۱-۳۸.

- 11- Coulibaly, P., Dibike, Y. B., & Ancil, F. (2007). Downscaling precipitation and temperature with temporal neural networks. *Journal of Hydrometeorology*, 6(4), 483-496.
- 12- Imran, Maqsood, M. Riaz Khan, Ajith. A. (2004) "An ensemble of neural networks for weather forecasting", *Neural Computing & Applications*, Vol 13, (2),
- 13- Jain, A. 2003. Predicting Air Temperature For Frost Warning Using Artificial Neural Network, A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of The University of Georgia in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree MASTER OF SCIENCE, ATHENS, GEORGIA, 92 P.
- 14- Rehman, S., Mohandes, M., 2008. Artificial neural network estimation of global solar radiation using air temperature and relative humidity, *Energy Policy* 36, pp 571-576.
- 15- Santhana, T., and Sobhajini, A.C., (2011); An Efficient Weather Forecasting System using Radial Basis Function Neural Network, *Journal of Computer Science* 7(7) : 962-966.
- 16- Santhosh M., Kadar SH., 2010, An efficient Weather Forecasting system using Artificial Neural Network, *International Journal of Environmental Science and development*. Vol.1. No.4, pp.321-325
- 17- Siti, H, A., and Wibowo, A., (2011); Neural Networks Based Nonlinear Time Series Regression for Water Level Forecasting of Dangun River, Department of Modeling and Industrial Computing Faculty Computer Science and Informiton Systems, University Teknologi Malaysia (UTM), Johor Baharu, Johor, 81310, Malaysia, pp.1506-15013.

## Estimating Daily Maximum Temperatures Using Artificial Networks (Case study: Kerman)

### Abstract

Considering the capability of the artificial neural networks in simulating sophisticated processes, it is being used in estimation and computation of climatic parameters. The goal of this research is to estimate the daily maximum temperature in Kerman province. To this aim, daily climatic parameters as input to the neural networks and daily maximum temperature as the output during a statistical period of 24 years (1989-2013) were used, the findings revealed that the output of the multi-layer perceptron neural network, considering the error amount and correlation among data, is more precise and shows lower error and more correlation in relation to the expected output (daily maximum temperature). Also, among other climatic parameters, minimum temperature and the average of the wet temperature indicated the estimation of the daily maximum temperature with lower error and more correlation in comparison to other climatic parameters.

**Key words:** daily maximum temperatures, estimation, artificial neural networks, Kerman.

