نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۲، پاییز ۹۵

بررسی تغییر دما و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل بر اساس روش‌های آماری و سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی

دریافت مقاله: ۹۳/۹/۸ پذیرش نهایی: ۹۵/۸/۲۲

صفحات: ۴۰-۲۷

بهروز سبحانی: دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email: sobhani@uma.ac.ir

اکبر گل‌دوست: دانشجوی دکتری رشته اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[۱]
Email: akbar.goldust@gmail.com

چکیده

با توجه به تاثیر دمای هوا بر جوانب مختلف زندگی بشر و لزوم مطالعه‌ی نحوه‌ی تغییرات و پیش‌بینی آن، در این مطالعه با استفاده از تحلیل‌های آماری تغییرات دمای میانگین، حداقل و حداکثر ماهانه، در طول دوره‌ی آماری ۲۴ ساله (از ماه ژانویه‌ی سال ۱۹۸۷ تا ماه دسامبر سال ۲۰۱۰ به طول ۲۸۸ ماه) در ایستگاه‌های استان اردبیل بررسی، و در ادامه امکان پیش‌بینی دما با استفاده از سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی ارزیابی شد. نتایج حاصل نشان داد که روند تغییرات دمای ماهانه در ایستگاه‌های استان اردبیل طی دوره‌ی مورد مطالعه افزایشی بوده است. شدت افزایش دمای حداقل بیشتر از دمای حداکثر و میانگین بود. بر اساس نتایج پیش‌بینی، رابطه‌ی مشخصی بین ویژگی‌های آماری داده‌ها و خطاهای پیش‌بینی وجود داشت. هرچه دامنه‌ی تغییرات داده‌ها کمتر، واریانس و انحراف معیار آنها بیشتر بوده و امکان پیش‌بینی مقادیر داده‌ها بیشتر است. در اکثر موارد در فصول سرد سال نوسان مقادیر دمای ماه‌ها در سال‌های مختلف بیشتر بوده است، مدل در پیش‌بینی این موارد دچار خطای بیشتری شده است. در اکثر موارد مدل دمای ماه‌های فصول گرم سال را که روند مشخص‌تری دارند بهتر پیش‌بینی کرده است. در کل بر اساس نتایج این تحقیق سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی در اکثر موارد کارایی قابل قبولی در پیش-بینی دمای میانگین، حداقل و حداکثر ماهانه در ایستگاه‌های استان اردبیل داشته است.

کلیدواژگان: تغییر دما، پیش‌بینی، ANFIS، استان اردبیل.

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** استان اردبیل- شهرستان سرعین- کد پستی: ۵۶۳۹۱۶۳۳۸۶

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

مقدمه

تغییر آب‌وهوا یکی از چالش‌های برجسته سده جاری است. در این میان تغییرات دما به عنوان یکی از پایه‌ای‌ترین عنصر آب‌وهوائی هر ناحیه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجا که دما جزء عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است، تغییرات آن می‌تواند ساختار آب‌وهوایی هر محل را دگرگون سازد. بنابراین شناخت تغییرات دما و پیش‌بینی دماهای آتی دارای اهمیت علمی و کاربردی است. دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده و هر مطالعه‌ای ابعادی از ویژگی دمایی مناطق مختلف را روشن نموده است. از جمله‌ی مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته، می‌توان به بررسی تغییرات دمایی کشور پرتغال توسط لیت[۱] و همکاران (۱۹۹۶)، بررسی تغییرات دمایی در ترکیه توسط تورکس[۲] و همکاران (۱۹۹۶)، بررسی روند حداقل و حداکثر دمای روزانه در مرکز و جنوب شرق اروپا توسط نیدزویدز[۳] و همکاران (۱۹۹۶) اشاره نمود. چانگ[۴] و همکاران (۲۰۰۰)، در بررسی روند دما و بارندگی در شبه جزیره کره نشان دادند که دمای هوا در منطقه افزایش یافته است. این افزایش در مناطق شهری بیشتر از مناطق روستایی بوده است. گریزر[۵] و همکاران (۲۰۰۲)، به بررسی نوسانات دمایی اروپا پرداخته و عنوان نمودند که نوسان سالانه دما در منطقه‌ی شرقی اروپا افزایش داشته و روند دمایی اروپا افزایشی می‌باشد. فیلیپ[۶] (۲۰۰۸)، الگوهای روزانه دما و بارش را در اروپا با استفاده از تحلیل خوشه‌ای طبقه‌بندی نمود. مسعودیان (۱۳۸۳)، در بررسی روند دمایی نیم سده‌ی گذشته‌ی ایران نشان داد که دمای شبانه، روزانه و شبانه‌روزی ایران به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش داشته است و روند افزایشی دما عمدتاً در سرزمین‌های گرم و کم ارتفاع و روند کاهشی آن در رشته کوه‌ها دیده می‌شوند. غیور و منتظری (۱۳۸۳)، رژیم‌های دمایی ایران را با استفاده از مؤلفه‌های مبنا و تحلیل خوشه‌ای پهنه‌بندی نموده و سه قلمرو اصلی رژیم دمایی کشور را عبارت از قلمرو کوهستانی، قلمرو کوهپایه‌ای و پست و قلمرو جنوب می‌دانند. خورشیددوست و همکاران (۱۳۸۸)، دماهای کرانگین اصفهان را با استفاده از روش سری‌های زمانی پیش‌بینی نموده و

[1]- Leite
[2]- Turkes
[3]- Niedzwiedz
[4]- Chung
[5]- Grieser
[6]- Philip

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

نشان دادند بهترین مدل برای پیش‌بینی دماهای حداقل و حداکثر مطلق اصفهان، مدل هالت- وینترز است.

شبکه‌های عصبی یکی از روش‌های پر کاربرد در پیش‌بینی‌ها بوده است. از جمله‌ی پیش‌بینی‌هایی که با این روش صورت گرفته، پیش‌بینی گرد و غبار شمال غرب چین توسط هانگ[1] و همکاران (۲۰۰۶)، بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که حداکثر اطمینان حاصل از این روش در پیش‌بینی گردوغبار ۷۱/۶ درصد می‌باشد. علیاری و همکاران (۱۳۸۷)، به پیش-بینی کوتاه‌مدت آلودگی هوا به کمک شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، خط حافظه‌دار تأخیر، گاما و سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی[2] (ANFIS) پرداختند. جمالی‌زاده‌ی تاج‌آبادی و همکاران (۱۳۸۹)، به پیش‌بینی وقوع طوفان گردوخاک و میزان دید حداقل روزانه در شهر زابل با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که روش مورد استفاده، در پیش‌بینی کوتاه‌مدت وقوع طوفان‌ها، موفقیت بیشتری نشان می‌دهد. هنر و همکاران (۱۳۸۹)، برآورد ضریب دبی سرریز جانبی را با استفاده از سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی انجام دادند. این مطالعه در شرایط آزمایشگاهی انجام شده و نتایج نشان داد که اضافه کردن منطق‌فازی به شبکه‌ی عصبی با تابع عضویت قوسی و روش آموزش هیبرید با سه قانون فازی می‌تواند درصد میانگین مطلق خطای تخمین ضریب دبی سرریز جانبی تخت و مایل را کاهش دهد. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۸۹)، معتقدند که با بهره‌گیری از سامانه‌ی استنباط فازی- عصبی تطبیقی می‌توان ۹۰ درصد بارش بهاره‌ی استان خراسان رضوی را بر پایه‌ی الگوهای سینوپتیکی پیوند از دور با دقّت قابل قبولی برآورد نمود.

سوابق پژوهش نشان می‌دهد که دمای هوا در مناطق مختلف جهان مکرر مورد مطالعه بوده و روش‌های مختلفی برای بررسی تغییرات و پیش‌بینی این عنصر آب‌وهوایی به کار رفته است. همچنین مدل سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی کارایی قابل قبولی در پیش‌بینی‌های مختلف نشان می‌دهد. بر این اساس در این پژوهش نحوه تغییرات دمای حداقل، حداکثر و میانگین ماهانه در ایستگاه‌های استان اردبیل، بر اساس تحلیل‌های آماری بررسی شده و امکان پیش‌بینی آن با مدل ANFIS مورد ارزیابی قرار گرفته است.

[1] - Huang
[2] - Adaptive Neuro - Fuzzy Inference System (ANFIS)

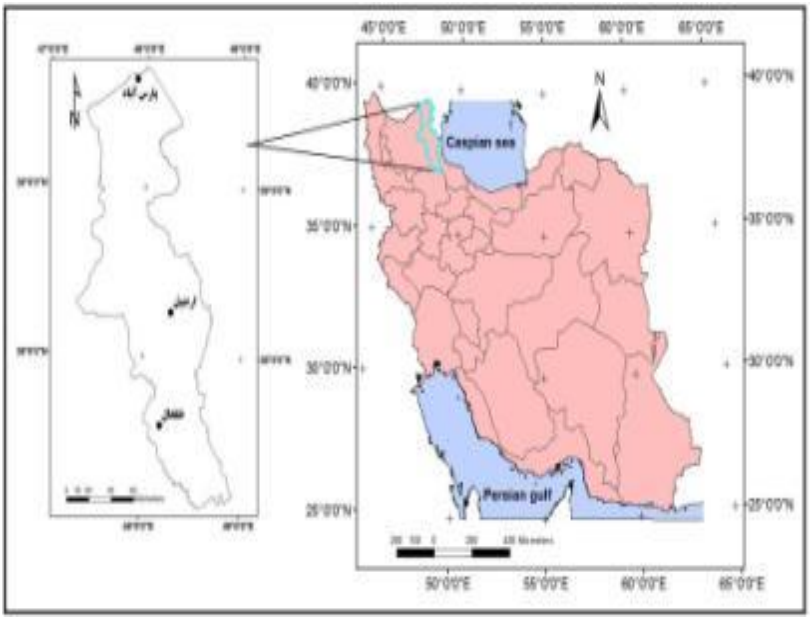
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

مواد و روش کار

در این پژوهش بعد از بررسی چند مورد از ویژگی‌های آماری دمای حداقل، حداکثر و میانگین ماهانه، و آشکارسازی روند تغییرات آنها در ایستگاه‌های استان اردبیل، امکان پیش‌بینی دماها با مدل ANFIS ارزیابی شد. داده‌های دمایی مورد استفاده به صورت میانگین ماهانه به طول ۲۸۸ ماه در طول دوره‌ی آماری ۲۴ ساله از ماه ژانویه سال ۱۹۸۷ تا ماه دسامبر سال ۲۰۱۰ در ایستگاه‌های سینوپتیک پارس‌آباد، اردبیل و خلخال در استان اردبیل می‌باشد. جدول و شکل شماره ۱ مشخصات ایستگاه‌ها و موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول (۱). موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)	ارتفاع (M)
پارس‌آباد	۳۹° ۳۹′	۴۷° ۵۵′	۳۱/۹
اردبیل	۳۸° ۱۵′	۴۸° ۱۷′	۱۳۳۲
خلخال	۳۷° ۳۸′	۴۸° ۳۱′	۱۷۹۶



شکل (۱). موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

جهت پیش‌بینی دما، ابتدا داده‌ها به صورت سری‌هایی ۲۸۸ ماهه تنظیم شدند. از آنجا که امکان پیش‌بینی دماها بر اساس الگوی گذشته‌ی آنها مورد ارزیابی می‌باشد، باید بخشی از

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

داده‌ها به آموزش و بخشی هم به آزمایش مدل اختصاص یابد. در این مطالعه از ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان داده‌های آموزشی (از ماه ژانویه‌ی سال ۱۹۸۷ تا ماه می سال ۲۰۰۴ به طول ۲۰۹ ماه) و از ۳۰ درصد آنها به عنوان داده‌های آزمایشی استفاده شد (از ماه ژوئن سال ۲۰۰۴ تا ماه دسامبر سال ۲۰۱۰ به طول ۷۹ ماه).

قبل از شروع رول آموزش سیستم استنتاج فازی ساختار اولیه آن تعیین می‌شود. برای این کار دو روش گسسته‌سازی شبکه‌ای[۱] و خوشه‌بندی جزئی[۲] وجود دارد. تفاوت عمده این دو روش در چگونگی تعیین تابع عضویت فازی است. در روش جداسازی شبکه‌ای، نوع و تعداد تابع عضویت بردار اطلاعات ورودی توسط کاربر تعیین می‌شود و در روش خوشه‌بندی جزئی نوع تابع عضویت با توجه به خصوصیات بردار اطلاعات ورودی و دسته‌بندی‌های موجود در آنها توسط خود مدل تعیین می‌گردد (کنارکوهی و همکاران، ۱۳۸۹، ۹۹). در این تحقیق با استفاده از روش گسسته‌سازی شبکه‌ای، نوع و تعداد توابع عضویت ورودی و خروجی مشخص شده و چهار تابع عضویت[۳] به شکل قوسی[۴] انتخاب شد. پس از تعیین ساختار، مدل آموزش داده می‌شود. برای آموزش ساختار انفیس روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها روش هیبرید[۵] می‌باشد. این روش از روش‌های بهینه‌سازی برای آموزش پارامترهای تابع عضویت بوده و ترکیبی از روش حداقل مربعات و روش کاهشی شیب پس‌انتشار می‌باشد (کیا، ۱۳۸۹، ۲۵۹). در آموزش مدل، تعداد دوره‌های آموزش[۶] و خطای مطلوب[۷] تعیین می‌شود. در این پژوهش مقدار خطای مطلوب صفر و تعداد دوره‌های آموزش ۱۵۰ در نظر گرفته شد. در ادامه برای ارزیابی دقت مدل از معیارهایی به شرح جدول شماره ۲ استفاده شد.

جدول (۲). معیارهای ارزیابی کارایی مدل

معیار	فرمول
جذر میانگین مربعات خطا	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(o_i - e_i)^2}{n}}$
میانگین قدر مطلق انحرافات	$MAD = \frac{\sum\|o_i - e_i\|}{n}$

[1] - Grid Partitioning
[2] - Sub-Clustering
[3] - Number of MFs
[4] - Gauss
[5] - Hybrid
[6] - Epochs
[7] - Error Tolerance

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

در این روابط O_i و e_i به ترتیب مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده در زمان i، و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

یافته‌های تحقیق

- **تحلیل آماری**

نتایج حاصل از بررسی آماری داده‌ها در جدول شماره ۳ تا ۵ بیان شده است. طوری که مشخص می‌باشد دامنه‌ی تغییرات دما در ایستگاه اردبیل بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است (به جز در دمای حداقل که ایستگاه خلخال دامنه‌ی تغییرات بیشتری دارد) بعد از ایستگاه اردبیل، ایستگاه خلخال و بعد از آن ایستگاه پارس‌آباد قرار دارند. از نظر واریانس و انحراف معیار داده‌ها، شرایط برعکس دامنه تغییرات است. طوری که دماها در ایستگاه پارس‌آباد بیشترین واریانس و انحراف معیار، و در ایستگاه اردبیل کمترین واریانس و انحراف معیار را نشان می‌دهد.

جدول (۳). برخی شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی دمای حداقل ماهانه

	میانگین	حداقل	حداکثر	دامنه تغییرات	واریانس	انحراف معیار
پارس‌آباد	۹/۸	-۵	۲۲/۵	۲۷/۵	۵۹/۹	۷/۷۸
اردبیل	۲/۸	-۱۹/۹	۱۳/۹	۳۳/۸	۴۹/۰۹	۷
خلخال	۱/۹	-۱۹/۸	۱۶/۱	۳۵/۹	۵۹/۸	۷/۷۳

جدول (۴). برخی شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی دمای حداکثر ماهانه

	میانگین	حداقل	حداکثر	دامنه تغییرات	واریانس	انحراف معیار
پارس‌آباد	۲۰/۶	۳/۴	۳۶/۳	۳۲/۸۵	۸۷/۹	۹/۳۷
اردبیل	۱۵/۴	-۴/۴	۳۰/۶۰	۳۵	۶۷/۸	۸/۲۳
خلخال	۱۴/۵	-۳/۹	۲۹	۳۲/۹	۸۲/۷	۹/۰۹

جدول (۵). برخی شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی دمای میانگین ماهانه

	میانگین	حداقل	حداکثر	دامنه تغییرات	واریانس	انحراف معیار
پارس‌آباد	۱۵/۲۳	-۰/۸۲	۲۸/۷۰	۲۹/۵۰	۷۲/۵	۸/۵
اردبیل	۹/۱۹	-۱۱	۲۱/۳۰	۳۲/۳۰	۵۶/۸۵	۷/۵
خلخال	۸/۲۳	-۱۰/۵۰	۲۱/۷۰	۳۲/۲۰	۶۹/۵	۸/۳

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

جدول (۶) معادلات روند خطی دماها را نشان می‌دهد. با توجه به شیب این معادلات ملاحظه می‌شود در همه ایستگاه‌ها روند خطی مثبت و افزایشی بوده است. شیب خطوط روند در ایستگاه اردبیل نسبت به ایستگاه‌های دیگر بیشتر است (مخصوصاً در دمای حداقل با ۰/۰۱۳ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش در هر ماه). کمترین شیب خط روند مربوط به ایستگاه پارس‌آباد می‌باشد. بنابراین شدت افزایش دما در ایستگاه شهرستان اردبیل بیشتر و در ایستگاه شهرستان پارس‌آباد کمتر از ایستگاه‌های دیگر بوده است.

جدول (۶). معادلات روند خطی دماها به تفکیک ایستگاه‌ها

	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال
دمای حداقل	y = ۰/۰۰۵x + ۸/۹۹۸	y =۰/۰۱۳x + ۰/۹۶۶	y = ۰/۰۰۹x + ۰/۵۱۰
دمای حداکثر	y = ۰/۰۰۴x + ۱۹/۹۳	y = ۰/۰۱۱x + ۱۳/۷۹	y = ۰/۰۰۴x + ۱۹/۹۳
دمای میانگین	y =۰/۰۰۵x + ۱۴/۴۶	y = ۰/۰۱۲x + ۷/۳۷۲	y = ۰/۰۰۸x + ۹/۹۴۶

برای بررسی میزان تغییرات متوسط دماهای ایستگاه‌ها، سری داده‌ها در دوره‌ی ۲۴ ساله به سه زیردوره‌ی ۸ ساله (۹۶ ماهه) تقسیم شد. زیردوره‌ی اول از ماه ژانویه سال ۱۹۸۷ تا ماه دسامبر سال ۱۹۹۴، زیردوره‌ی دوم از ماه ژانویه ۱۹۹۵ تا ماه دسامبر سال ۲۰۰۲ و زیردوره‌ی سوم از ماه ژانویه سال ۲۰۰۳ تا ماه دسامبر سال ۲۰۱۰ می‌باشد. متوسط دما برای هر زیردوره و همچنین برای کل دوره (۲۸۸ ماه) محاسبه شد. در جدول شماره ۷ متوسط دمای زیردوره‌ها مشخص شده است. در اکثر موارد در متوسط دماها افزایش دیده می‌شود. این افزایش دما از زیردوره‌ی اول به زیردوره‌ی دوم بیشتر از افزایش آن از زیردوره‌ی دوم به زیردوره‌ی سوم است.

با توجه به متوسط کل دوره، مشخص می‌شود که متوسط دما در زیردوره‌ی اول کمتر از متوسط کل دوره می‌باشد. اما در زیردوره‌ی دوم و سوم متوسط دما بیشتر از متوسط کل دوره است.

در مطالب قبلی بیان شد که شدت افزایش روند خطی دماها در ایستگاه شهرستان اردبیل نسبت به ایستگاه‌های دیگر بیشتر بوده است. این شدت افزایش در متوسط سه زیردوره‌ی بررسی شده نیز مشخص است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

جدول (۷). متوسط دماها در دوره‌های تعیین شده

	میانگین دمای حداقل ماهانه			میانگین دمای حداکثر ماهانه			دمای میانگین ماهانه		
	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال
۹۶ماه اول	۹/۲۰	۱/۵۴	۰/۹۵	۲۰/۰۱	۱۴/۱۱	۱۳/۶۶	۱۴/۶۱	۷/۸۳	۷/۳
۹۶ماه دوم	۱۰/۰۹	۳/۰۳	۲/۰۸	۲۱/۰۹	۱۶/۰۳	۱۴/۹۶	۱۵/۶	۹/۵۳	۸/۵
۹۶ماه سوم	۱۰/۱۵	۴/۰۴	۲/۷۳	۲۰/۸۱	۱۶/۲۶	۱۴/۹۹	۱۵/۴۹	۱۰/۲۰	۸/۹
کل دوره	۹/۸۱	۲/۸۷	۱/۹۲	۲۰/۶	۱۵/۴۶	۱۴/۵۴	۱۵/۲۳	۹/۱۹	۸/۲۳

در جدول (۸) درصد تغییرات در جهت کاهشی (افزایشی) متوسط دما در سه زیردوره نسبت به متوسط کل دوره مشخص شده است. علامت منفی و مثبت به ترتیب نشان از پایین و بالا بودن متوسط زیردوره نسبت به متوسط کل دوره می‌باشد. بیشترین تغییر متوسط دما در ایستگاه خلخال در دمای حداقل می‌باشد. در این مورد متوسط دما در زیردوره‌ی اول ۵۰/۵۲ درصد کمتر از میانگین کل و در زیردوره‌ی سوم ۲۹/۶۷ درصد بیشتر از میانگین کل می‌باشد.

جدول (۸). درصد اختلاف متوسط دمای ماه‌ها در سه زیردوره‌ی ۸ ساله نسبت به متوسط کل دوره به درجه سانتی‌گراد (علامت – کمتر از متوسط کل، علامت + بیشتر از متوسط کل)

	دمای حداقل			دمای حداکثر			دمای میانگین		
	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال
۹۶ماه اول	-۶/۲۱	-۴۶/۳	-۵۰/۵۲	-۲/۹۶	-۸/۷۳	-۶/۰۵	-۴/۵	-۱۴/۷۹	-۱۱/۳
۹۶ماه دوم	+۲/۷۷	+۵/۲۸	+۷/۶۹	+۲/۳۷	+۳/۶۸	+۲/۸۸	+۲/۴۳	+۳/۶۹	+۳/۲۸
۹۶ماه سوم	+۳/۳۴	+۲۸/۹۶	+۲۹/۶۷	+۱/۰۲	+۵/۱۷	+۳/۰۹	+۱/۷	+۱۰/۹۹	+۸/۱۴

- **ارزیابی امکان پیش‌بینی دماها**

همان طور که در مطالب قبلی بیان شد برای پیش‌بینی دما در منطقه‌ی مورد مطالعه از مدل ANFIS استفاده شد. طبق روش‌شناسی که بیان شد، بعد از تنظیم داده‌ها، مدل بر اساس داده‌های آموزشی تعیین شده ارزیابی شد. مقادیر خطای آموزش در جدول شماره ۹ ذکر شده است. در کل بیشترین خطای آموزش در ایستگاه شهرستان اردبیل در دمای حداقل، و کمترین خطا در ایستگاه پارس‌آباد در دمای حداقل بوده است. در هر سه دما، خطای آموزش از بیشترین به کمترین به ترتیب در ایستگاه اردبیل، خلخال و پارس‌آباد مشاهده می‌شود.

با توجه به ویژگی‌های آماری داده‌ها، مشخص است که در بیشتر موارد خطای آموزش مدل رابطه مستقیم با دامنه تغییرات داده‌ها و رابطه عکس با واریانس و انحراف معیار داده‌ها دارد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

واریانس، حجم تغییرات یا به عبارتی مجموع تغییراتی را که بالاتر یا پایین‌تر از میانگین است محاسبه و بیان می‌کند و انحراف معیار بیانگر حجم تغییرات در واحد داده‌های مشاهداتی است (فرجزاده، ۱۳۸۹، ۷۵). بنابراین حجم تغییرات و تنوع بیشتر در دامنه تغییرات کمتر باعث شده است تا مدل آموزش بهتری ببیند. در این صورت است که مدل با مشاهده تنوع و گوناگونی بیشتر، بیشتر جوانب داده‌ها را شناخته و لذا در پیش‌بینی موفّق عمل می‌کند.

جدول (۹). میزان خطای آموزش مدل

	پارس‌آباد	اردبیل	خلخال
دمای حداقل	۰/۸۵	۱/۵۲	۱/۳۳
دمای حداکثر	۱/۰۷	۱/۴۳	۱/۲۷
دمای میانگین	۰/۹۳	۱/۴۱	۱/۲۳

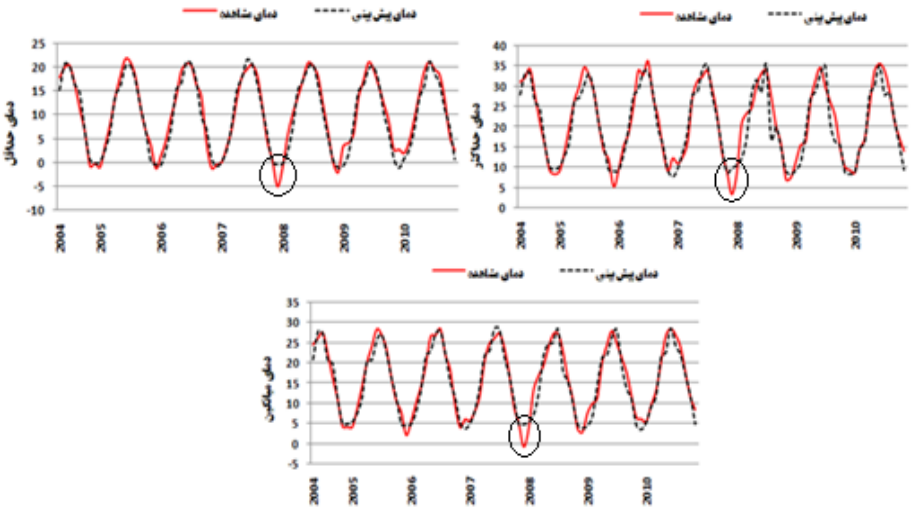
پس از آموزش و اجرای مدل، نمودارهای مقایسه‌ای مربوط به داده‌های پیش‌بینی شده و داده‌های مشاهده شده ترسیم گردید (شکل ۲ تا ۴). نمودارها نشان می‌دهد که مدل به خوبی توانسته است روند کلی داده‌ها را پیش‌بینی نماید. در اکثر موارد خطای زیاد در اوج‌ها و حضیض‌های سری داده‌ها می‌باشد. مخصوصاً در حداقل‌ها خطای پیش‌بینی بیشتر است.

در مواردی که مقدار داده‌ها به طور ناگهانی تغییر کرده است، مدل دچار خطا می‌شود. چرا که این موارد در دوره‌ی آموزش کمتر تکرار شده است. در اکثر موارد در فصول سرد سال نوسان دما در سال‌های مختلف بیشتر بوده، مدل هم در پیش‌بینی این موارد دچار خطای زیادی شده است. به عبارتی در اکثر موارد مدل دمای ماه‌های فصول گرم سال را که روند مشخص‌تری دارند بهتر پیش‌بینی کرده است.

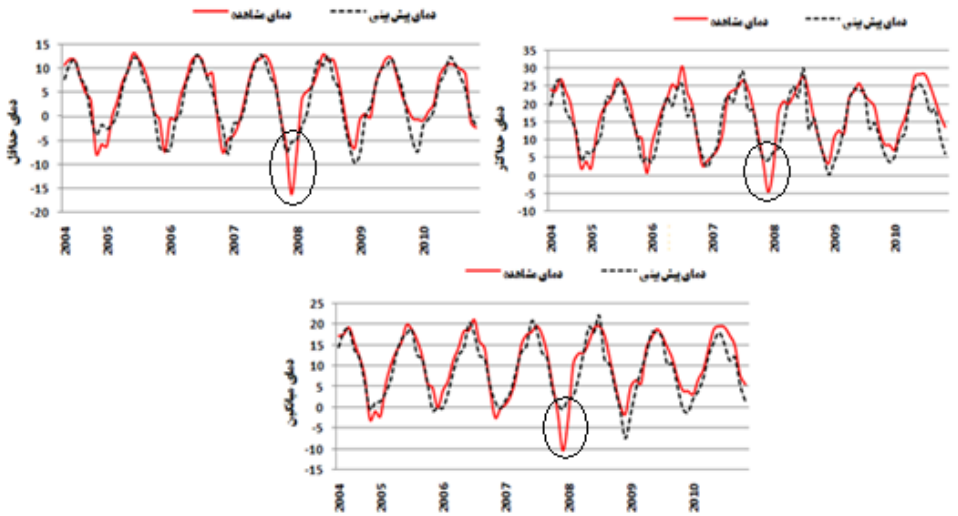
در شکل‌های (۲ تا ۴) در ماه‌های آخر سال ۲۰۰۷ دما نسبت به زمان مشابه در سال‌های دیگر پایین بوده است (در روی نمودارها این محدوده‌ی زمانی با دایره مشخص شده است). در این ماه‌ها کمترین دماها در بازه‌ی پیش‌بینی رخ داده است. در اکثر موارد مدل بیشترین خطا را در این ماه‌ها دارد. چرا که این موارد تا حدودی خارج از روند عادی داده‌ها بوده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]



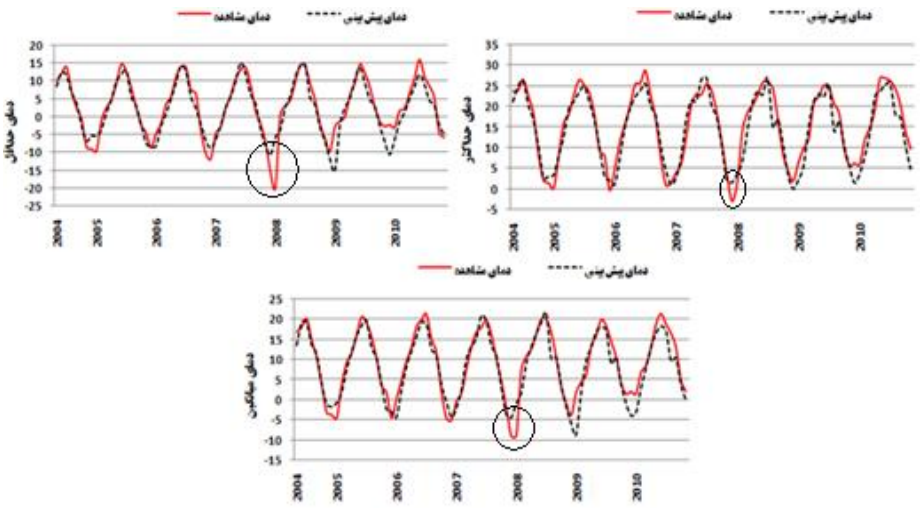
شکل (۲). مقایسه‌ی دمای پیش‌بینی شده و مشاهده شده در ایستگاه پارس‌آباد



شکل (۳). مقایسه‌ی دمای پیش‌بینی شده و مشاهده شده در ایستگاه اردبیل

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]



شکل (۴). مقایسه‌ی دمای پیش‌بینی شده و مشاهده شده در ایستگاه خلخال

در جدول (۱۰) مقادیر خطای پیش‌بینی بر اساس معیارهای ارزیابی دقت مدل ذکر شده است. بیشترین خطای پیش‌بینی در ایستگاه اردبیل در دمای حداکثر با مقدار ۴/۰۵ و کم‌ترین خطای پیش‌بینی در ایستگاه پارس‌آباد در دمای حداقل با مقدار ۱/۷۹ می‌باشد.

در اکثر موارد کمترین خطاها در ایستگاه پارس‌آباد و بیشترین خطاها در ایستگاه شهرستان اردبیل مشاهده می‌شود. به طور طبیعی رابطه مشخصی بین ویژگی‌های آماری داده‌ها و خطای پیش‌بینی وجود دارد. بیشترین خطای موجود مربوط به ایستگاه اردبیل در دمای حداکثر می‌باشد، در این مورد دما دارای بیشترین دامنه‌ی تغییرات و کمترین واریانس و انحراف معیار نسبت به دو ایستگاه دیگر است. در مقابل کمترین خطا که در ایستگاه پارس‌آباد در دمای حداقل ثبت شده، دارای کمترین دامنه‌ی تغییرات و بیشترین واریانس و انحراف معیار است. بنابراین هرچه دامنه‌ی تغییرات کمتر بوده، و واریانس و انحراف معیار بیشتر، امکان پیش‌بینی دما بیشتر بوده است.

جدول (۱۰). مقادیر خطای پیش‌بینی بر اساس معیارهای ارزیابی کارایی مدل

	جذر میانگین مربعات خطا			میانگین قدر مطلق انحراف		
	پارس آباد	اردبیل	خلخال	پارس آباد	اردبیل	خلخال
دمای حداقل	۱/۷۹	۲/۸۲	۳/۱۸	۱/۴۲	۲/۰۴	۲/۲
دمای حداکثر	۲/۸۵	۴/۰۵	۲/۹۵	۲/۳۵	۳/۲۲	۲/۳۸
دمای میانگین	۲/۲۶	۳/۰۲	۲/۸۶	۱/۸۱	۲/۵۹	۲/۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

نتیجه‌گیری

در این مطالعه ابتدا چند مورد از ویژگی‌های آماری دمای حداقل، حداکثر و میانگین ماهانه در ایستگاه‌های استان اردبیل بررسی شد و در ادامه امکان پیش‌بینی دماها با مدل سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی مورد ارزیابی قرار گرفت. مهمترین نتایج حاصل از یافته‌های مباحث فوق به این شرح می‌باشد:

- دامنه‌ی تغییرات دما در ایستگاه اردبیل در اکثر موارد بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است. بیشترین مقدار واریانس و انحراف معیار داده‌ها در ایستگاه پارس‌آباد و کمترین مقادیر آن در ایستگاه اردبیل مشاهده می‌شود.

- روند خطی تغییرات دما در همه‌ی ایستگاه‌ها مثبت و افزایشی بوده است. شدت افزایش دما در ایستگاه اردبیل بیشتر از ایستگاه‌های دیگر و در ایستگاه پارس‌آباد کمتر از ایستگاه‌های دیگر بوده است.

- نتایج حاصل از پیش‌بینی داده‌ها نشان داد که مدل در اکثر موارد توانسته است روند کلی تغییرات داده‌ها را پیش‌بینی نماید.

- بیشترین خطای پیش‌بینی مربوط به ایستگاه اردبیل در دمای حداکثر و کمترین خطا مربوط به ایستگاه پارس‌آباد در دمای حداقل بوده است.

- بر اساس مطالعه‌ی حاضر مدل ANFIS در اکثر موارد توانسته با خطای قابل قبولی دمای حداقل، حداکثر و میانگین ماهانه در ایستگاه‌های استان اردبیل را پیش‌بینی کند. این مدل در اکثر مطالعات دیگری هم که انجام گرفته روش مناسبی در امر پیش‌بینی داشته از جمله علیاری و همکاران، (۱۳۸۷)، در پیش‌بینی کوتاه‌مدت آلودگی هوا در شهر اراک، فلاح قالهری و همکاران، (۱۳۸۹)، در پیش‌بینی بارش بهاره‌ی خراسان رضوی بر پایه‌ی الگوهای سینوپیتیکی پیوند از دور، و همچنین هنر و همکاران (۱۳۸۹) در پیش‌بینی دبی سرریز جانبی، دقّت قابل قبول مدل را تایید نموده‌اند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

منابع و ماخذ

۱- جمالی‌زاده تاج‌آبادی، محمدرضا، مقدم نیا، علیرضا، پیری، جمشید، اختصاصی، محمدرضا (۱۳۸۹). **پیش‌بینی وقوع طوفان گرد و خاک با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه‌ی موردی: شهر زابل)**، فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره‌ی ۲، جلد ۱۷، ۲۰۵ – ۲۲۰.

۲- خورشیددوست، علی، صنیعی، راحله، قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۸). **پیش‌بینی دماهای کرانگین اصفهان با استفاده از روش سری زمانی، مجله فضای جغرافیایی**، شماره‌ی ۲۶، ۳۱ - ۴۸.

۳- علیاری، مهدی، تشنه لب، محمد، خاکی صدق، علی (۱۳۸۷). **پیش‌بینی کوتاه‌مدت آلودگی هوا با کمک شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه، خط حافضه‌دار تاخیر، گاما و ANFIS با روش های ترکیبی آموزشی مبتنی بر PSO**، مجله کنترل، شماره‌ی ۱، ۱- ۱۹.

۴- غیور، حسنعلی، منتظری، مجید (۱۳۸۳). **پهنه‌بندی رژیم‌های دمایی ایران با مؤلفه‌های مبنا و تحلیل خوشه‌ای**، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان، ۲۲- ۳۶.

۵- فرجزاده، منوچهر (۱۳۸۹). **تکنیک‌های اقلیم‌شناسی**، چاپ سوم، انتشارات سمت.

۶- فلاح قالهری، غلامعباس، حبیبی نوخندان، مجید، خوشحال، جواد (۱۳۸۹). **پیش‌بینی بارش بهاره استان خراسان رضوی بر پایه الگوهای سینوپتیکی پیوند از دور با بهره گیری از سامانه استنباط فازی- عصبی تطبیقی ANFIS**، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، شماره‌ی ۱، ۵۵- ۷۴.

۷- کنارکوهی، عذرا، سلیمان جاهی، حوریه، فلاحی، شهاب، ریاحی، حسین، مشکات، زهرا (۱۳۸۹). **استفاده از سیستم جدید هوشمند استنتاج فازی- عصبی تطابقی پیش‌بینی قدرت سرطانزایی ویروس پاپیلومای انسانی**، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک، شماره‌ی ۴، ۹۵-۱۰۵.

۸- کیا، سید مصطفی (۱۳۸۹). **منطق‌فازی در MATLAB**، انتشارات کیان‌رایانه سبز، چاپ اول.

۹- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۳). **بررسی روند دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته**، مجله جغرافیا و توسعه، ۸۹ - ۱۰۶.

۱۰- هنر، تورج، طرازکار، محمدحسن، طرازکار، محمدرضا (۱۳۸۹). **برآورد ضریب دبی سرریزهای جانبی با استفاده از سیستم استنتاج (ANFIS) فازی- عصبی**، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره دوم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]

Grieser, J. S., Tromel, C. Schonwiese, D. (2002). ***Statistical time series decomposition into significant components and application to European temperature***, Theor, Appl, climatic, Vol. 71 PP 171-183.

Chung, Y., S. Yoon, M. B. (2000). ***Interpretation of recent temperature and precipitation trends observed in Korea***, Theor, Appl, Climatic, Vol. 67, pp 171- 180.

Huang, M., Peng, G. Zhang, J. Zhang, S. (2006). ***Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China***, Journal of Global and Planetary Change, Vol. 52, pp 216 - 224.

Niedzwiedz, T., Ustrnul, Z. S. zalai, S. Weber, R. (1996). ***Trends of maximum and minimum daily temperatures in central and southeastern Europe***, Int J climatic, Vol. 16, pp 765-782.

Leite, S., Mand, j. (1996). ***The autoregressive model of climatological time series an application to the longest time series in Portugal***, International Journal of Climatology, Vol. 16 pp. 1165-1173.

Philip, A., (2008). ***Comparison of Principal Component and Cluster Analysis for Classifying Circulation Pattern Sequences for The European Domain***, Institute for Geography, University of Augsburg, Germany.

Turkes, M., Sutku, g. (1996). ***Observed change temperature in Turkey***, International Journal of Climatology, Vol. 1.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.2.7]