

آشکار سازی ساختار روند میانگین دمای روزانه استان اصفهان طی نیم قرن اخیر

هوشمند عطایی: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران*

راضیه فنایی: کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه پیام نور، اصفهان، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۱/۲۹ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۱، صص ۱۱۸-۱۰۵

چکیده

بررسی و شناخت روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در مطالعات و آشکار سازی تغییر اقلیم از اهمیت بسزایی برخوردار است. در راستای این نگرش اقلیمی، پژوهش حاضر بنا دارد با هدف آشکار سازی روند تغییرات میانگین دمای روزانه در سطح استان اصفهان به مطالعه و بررسی پدیده تغییر اقلیم در این استان بپردازد. بر این اساس داده‌های میانگین دمای روزانه از ۲۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی در داخل و خارج استان مذکور طی بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ جمع آوری گردید. پس از حصول اطمینان از ناهنجار بودن داده‌ها توسط آزمون‌های اندرسون-دارلینگ و رایان-جوینر و همچنین همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کای-اسکور و کالموگورف اسمیرنوف؛ آزمون ناپارامتری من-کندل جهت محاسبه و تحلیل روند انتخاب گردید. ابتدا داده‌های مورد استفاده با آرایش مناسب (حالت T) چیدمان شده و توسط نرم افزار سرفر با میان یابی به روش کریگینگ به داده‌های یاخته ای با ابعاد ۵ × ۵ کیلومتر تبدیل شد. سپس روند ماهانه هر یک از یاخته‌ها توسط نرم افزار مت لب و با استفاده از آزمون من-کندل در سطح معنی داری ۹۵ درصد محاسبه و تحلیل شد. بر پایه یافته‌های حاصل از این پژوهش طی ماه‌های سرد روندهای قابل ملاحظه ای در سطح استان وجود ندارد، اما همزمان با گرم شدن هوا روندهای افزایشی و کاهش‌ی نیز پدیدار می‌گردند. به طوری که بیشترین نمود روند افزایشی در ماه آوریل با ۵۲/۲ درصد از مساحت استان و بیشترین نمود روند کاهش‌ی در ماه ژوئن با ۱۳/۱ درصد از مساحت استان قابل مشاهده است. با توجه به شیب خط برازش شده و نتایج حاصل از محاسبات به عمل آمده ماه آوریل یا ۲/۲ درجه سلسیوس بیشترین آهنگ افزایش و ماه ژوئن با ۰/۲۵- درجه سلسیوس بیشترین آهنگ کاهش را طی نیم قرن اخیر به خود اختصاص داده اند.

واژه‌های کلیدی: آزمون من-کندل، میانگین دمای روزانه، روند، میان یابی، کریگینگ

مقدمه

نظریه‌های تغییر اقلیم به آن توجه شده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴: ۵). بررسی تغییرات دما و نقش آن در گرمایش جهانی به سبب آزاد سازی گازهای گلخانه ای در جو زمینه غالب مطالعات اقلیمی در دهه‌های اخیر بوده است. این مطالعات در مقیاس‌های منطقه ای و جهانی تقریباً همگی افزایش دما در سده گذشته را

تغییر اقلیم و افزایش درجه حرارت یکی از مسائل مهم زیست محیطی بشر به حساب می‌آید که در سال‌های اخیر مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده است. افزایش میانگین دمای کره زمین و تغییرات آن نمایه ای از تغییرات اقلیمی است که در تمامی

مشاهده شده است. مامتیمین^۸ (۲۰۱۱: ۱۱۰۵)، در بررسی روند تغییرات دما در اقلیم بیابان‌های سرد و گرم به این نتیجه دست یافتند که در تابستان و زمستان روندهای متفاوتی طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۹ وجود دارد. در بیابان‌های گرم روندهای افزایشی در تابستان و زمستان و در بیابان‌های سرد روند مثبت در زمستان و روند منفی در تابستان مشاهده می‌شود. نتایج تحقیق طبری و حسین زاده (۲۰۱۱: ۱)، در تحلیل روندهای دما در نواحی خشک و نیمه خشک ایران نشان داد دماهای حداقل و حداکثر در ماه‌های تابستان و زمستان بیشتر از پاییز و بهار افزایش داشته و در هر دهه ۰/۸۲۷ تا ۱/۵۸۵ درجه افزایش داشته اند که در ناحیه شمال شرق و به ترتیب در ماه‌های ژانویه و سپتامبر بیشتر بوده است. طبری و همکاران (۲۰۱۱: ۱۳۲)، در آزمایش روندهای بلند مدت پارامترهای اقلیمی ایران به این نتیجه رسیدند که روندهای افزایشی در میانگین دما، حداکثر دما و حداقل دما در اکثر ایستگاه‌ها مشاهده و از سال ۱۹۷۰ بیشتر شروع شده است. کاویانی و عساکره (۱۳۸۰: ۱۹)، روند دمای جاسک را بررسی و نتیجه گرفتند دمای جاسک طی ۱۰۴ سال گذشته ۰/۸۳۵ درجه سلسیوس روند افزایشی داشته است. مالکی فرد و بیدختی (۱۳۸۳: ۳۳۱)، اثر انتشار امواج فرسرخ در دمای شبانه را بررسی و به این نتیجه رسیدند که نتایج مدل گروین خیلی دقیق تر از مدل برونست است ولی در رطوبت‌های بالا جوابگو نمی باشد. مسعودیان (۱۳۸۳: ۸۹)، روند دمای ایران را در نیم سده گذشته بررسی و نتیجه گرفت دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ایران به ترتیب با آهنگ سه، یک

تأیید می‌کند. هر چند آهنگ افزایش در همه نقاط یکسان نبوده و در برخی مناطق روندهای منفی نیز گزارش شده است (موحدی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۵). در این میان، نقش دماهای حداکثر در افزایش تبخیر و تعرق، کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی، گسترش انواع بیماری‌ها، آتش سوزی جنگل‌ها، فرآیند ذوب یخچال‌ها و بروز خشکسالی و کم آبی در مناطق دیگر بر کسی پوشیده نیست (حسینی، ۱۳۸۸: ۳). استافورد^۱ و همکاران (۲۰۰۰، ۳۶)، دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ۲۵ ایستگاه در آلاسکا را بررسی و نشان دادند در تمام ایستگاه‌ها دما روند افزایشی داشته است. یو^۲ و همکاران (۲۰۰۳، ۱۵)، روند دمای ماهانه، فصلی و سالانه ژاپن را در صد سال گذشته بررسی و به این نتیجه رسیدند دمای سالانه ۴۶ ایستگاه بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه افزایش داشته است. گیورگی^۳ و لیونلو^۴ (۲۰۰۸، ۹۰)، در بررسی تغییر اقلیم ناحیه مدیترانه دریافتند حداکثر گرما در فصل تابستان است. کاپیلا^۵ (۲۰۰۸: ۲۷۵)، در شناسایی و تحلیل سری‌های زمانی در مدیترانه به این نتیجه رسیدند که تغییرات بالایی در روندهای دماهای فصل بهار و تابستان وجود دارد. نتایج تحقیق فیسچر^۶ و همکاران (۲۰۱۰، ۱)، در مطالعه روندهای دما و بارش در حوضه رودخانه ژوجیانگ^۷ در جنوب چین نشان داد در دماهای سالانه و دوره‌های گرم روندهای معنی دار مثبت در مقابل در داده‌های بارش و دوره‌های سرد روندهای منفی

1- Stafford
2- Yue
3- Giorgi
4- Lionello
5- Capilla
6- Fischer
7- Zhujiang

8- Mamtimin

خطای آموزشی می‌تواند مورد توجه و استفاده قرار بگیرد. ورشائویان و همکاران (۱۳۹۰: ۱۷۹)، روند تغییرات دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در ایران را بررسی و نشان دادند اغلب ایستگاه‌ها روند معنی دار افزایشی در مقادیر حدی دما و به خصوص دمای حداقل دارند. نتایج تحقیق خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۰: ۱۹۹)، در بررسی تغییرات حداقل‌های مطلق ایران حاکی از یکسان نبودن تغییرات حداقل مطلق‌ها در طول دوره و تغییرات مکانی و زمانی ایستگاه‌های شمال غرب و نواحی کوهستانی دارد. عطایی و فنایی (۱۳۹۰: ۸۶)، روند تغییرات دما و بارش شیراز را بررسی و به این نتیجه رسیدند بارش شیراز بدون روند و دمای آن دارای روند افزایشی است.

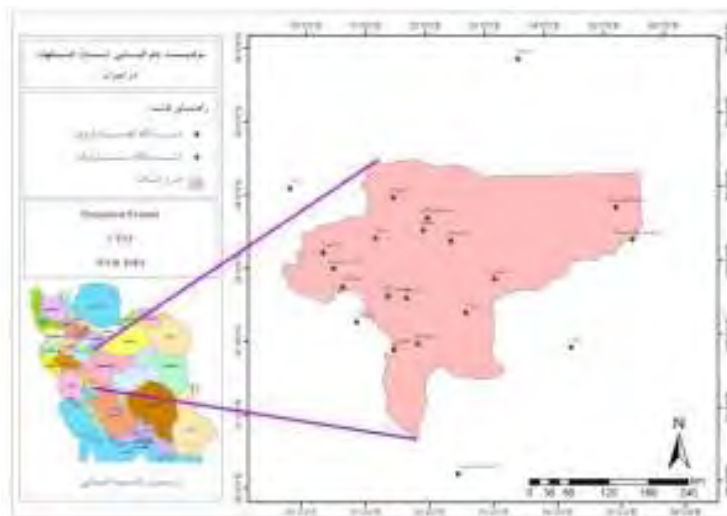
در این پژوهش به آشکار سازی میانگین روزانه دمای استان اصفهان با رویکرد زمانی و مکانی پرداخته خواهد شد. بدین ترتیب ما قادر خواهیم بود پدیده گرمایش جهانی را در مقیاس استانی شناسایی و خلاهای مطالعاتی را تکمیل نماییم.

داده‌ها و روش‌ها

استان اصفهان با مساحت ۱۰۷۰۴۴/۲۹۱ کیلومتر مربع حدود ۶/۲۵ از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده و بین ۳۰ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. در راستای انجام این پژوهش از آمار میانگین دمای روزانه ۸ ایستگاه سینوپتیک و ۸ ایستگاه کليماتولوژی با پراکندگی مناسب در داخل استان و ۴ ایستگاه سینوپتیک و ۱ ایستگاه کليماتولوژی جهت

و دو درجه در هر صد سال افزایش داشته است. محمدی و تقوی (۱۳۸۴: ۱۵۱)، روند شاخص‌های حدی دما و بارش تهران را بررسی و نشان دادند شاخص‌های حدی سرد روند کاهشی و دمای حداقل و دمای متوسط روزانه افزایش دارند. موحدی و همکاران (۱۳۸۴: ۱۳)، تغییرات زمانی-مکانی دمای مارون را بررسی و نتیجه گرفتند طی نیم سده گذشته دمای ماه‌های گرم سال از بخش‌های گرم حوضه روند افزایشی داشته و افزایش دمای شبانه بیش از دمای روزانه بوده است. غضنفری مقدم و همکاران (۱۳۸۷: ۱۶۵)، در طراحی مدل ترمودینامیکی به منظور پیش بینی دمای حداقل دربند تهران به این نتیجه دست یافتند که در منطقه دربند روند گرادیان دمای حداقل را به خوبی نشان داده است. مسعودیان و همکاران (۱۳۸۷: ۳)، نواحی دمایی ایران را بررسی و نشان دادند که شش ناحیه متمایز دمایی وجود دارد که آرایش جغرافیایی این نواحی عمدتاً وابسته به ارتفاع است. مجرد و جوادی (۱۳۸۹: ۸۳)، در پهنه بندی دماهای حداقل ایران چهار پهنه متفاوت دمایی میانگین حداقل سالانه در ایران نشان دادند. طاوسی و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی روند دمای ماهانه زاهدان به این نتیجه رسیدند که افزایش دماها بیشتر حاصل افزایش میانگین‌های کمینه ماهانه است و در فصول پاییز و بهار این افزایش بیشتر است. رضایی و عابد (۱۳۸۹: ۳۹)، روند تغییرات دمای حداقل رشت را بررسی و نتیجه گرفتند طول دوره یخبندان روند کاهشی و از ۱۰۰ روز به کمتر از ۸۰ روز رسیده است. صلاحی و همکاران (۱۳۸۹: ۵۷)، دماهای حداکثر اردبیل را با شبکه عصبی مصنوعی بررسی و نتیجه گرفتند پیش بینی با استفاده از شبکه عصبی با توجه به تعیین

پوشش مناسب و دقت بیشتر محاسبات در خارج استان استفاده به عمل آمد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اصفهان و پراکنندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه

میان یابی^۸ به روش کریگینگ^۹ داده‌های ایستگاهی به داده‌های یاخته ای با ابعاد ۵ × ۵ کیلومتر تبدیل شد. شایان ذکر است پس از آماده سازی ماتریس داده‌های ایستگاهی به دلیل این که سیستم تصویر جغرافیایی^{۱۰} برای کارهای محاسباتی مناسب نیست، احتیاج به سیستم تصویری مناسب است؛ به همین دلیل در این پژوهش سیستم تصویر متریک مخروطی متشابه لامبرت^{۱۱} به عنوان سیستم تصویر پایه انتخاب و داده‌های یاخته ای بر مبنای سیستم تصویر مذکور تهیه گردید. لذا با توجه به این که سیستم تصویر مخروطی لامبرت بیشتر برای موارد محاسباتی کاربرد دارد، جهت نمایش پهنه‌ها از سیستم تصویر UTM استفاده گردید. در ادامه یاخته‌های خارج از مرز استان حذف و یاخته‌هایی که محدوده استان را پوشش می‌داد در ماتریسی با ابعاد ۶۰۰ × ۶۰۰ چیدمان شده و به نرم

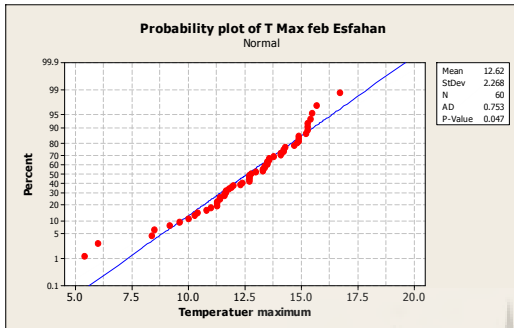
در مطالعات تغییر اقلیم جهت اطمینان از صحت یافته‌های به دست آمده دوره آماری طولانی مدت را مد نظر قرار می‌دهند؛ بدین جهت در این پژوهش دوره آماری ۵۰ ساله طی سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۱۰ در نظر گرفته شد. نخست داده‌های مورد نظر توسط آزمون‌های اندرسون-دارلینگ^۱ و رایان-جوینر^۲ مورد سنجش قرار گرفت. پس از اطمینان از نابهنجار بودن داده‌ها، آزمون ناپارامتری من-کندال^۳ جهت محاسبه و تحلیل روند انتخاب گردید (شکل ۲). همچنین از آزمون‌های کای-اسکور^۴ و کالموگوروف اسمیرنوف^۵ جهت اطمینان از همگن بودن داده‌ها بهره گرفته شد. جهت محاسبه روند ابتدا داده‌های ایستگاهی در ماتریسی به ابعاد ۶۰ × ۶۰ و با حالت T^۶ آرایش شد. سپس به وسیله برنامه نویسی در نرم افزار سرفر^۷ و با

- 1- Anderson-Darling
- 2- Ryan- Joiner
- 3- Mann-Kendall
- 4- Chi-Square
- 5- Kolmogorov-Smirnov
- 6- T Mode
- 7- Surfer

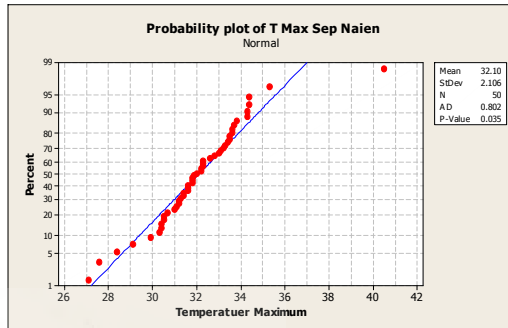
- 8- Interpolation
- 9- Kriging
- 10- Geographical
- 11- Lambert Conformal Conic (Lcc)

سال گذشته برآورد گردید. در نهایت روندهای حاصل شده توسط نرم افزار ArcGis و با میان یابی به روش Inverce Distance Weighted پهنه بندی و به نقشه تبدیل شد.

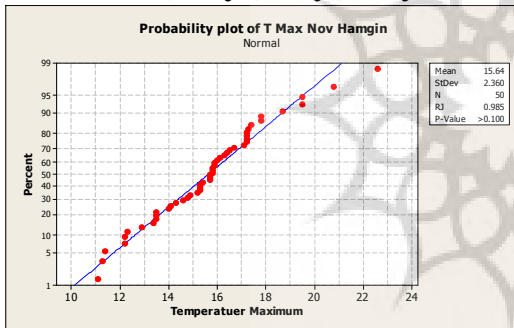
افزار مت لب (Matlab) منتقل گردید. در نرم افزار مت لب روند ماهانه هر یک از یاخته‌ها با استفاده از آزمون من- کندال در سطح معنی داری ۹۵ درصد محاسبه و به دست آمد. سپس با استفاده از معادله خط برازش شده تغییرات ماهانه دما در هر سال و همچنین طی ۵۰



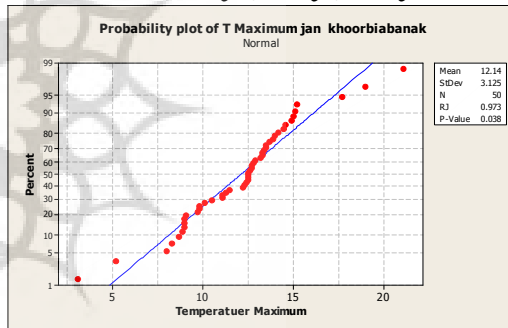
(ب) سنجش بهنجاری ماه فوریه ایستگاه اصفهان توسط آزمون اندرسون-دارلینگ



(الف) سنجش بهنجاری ماه سپتامبر ایستگاه ناین توسط آزمون اندرسون-دارلینگ



(د) سنجش بهنجاری ماه نوامبر ایستگاه همگین توسط آزمون رایان جویئر



(ج) سنجش بهنجاری ماه ژانویه ایستگاه خورویابانک توسط آزمون رایان جویئر

شکل ۲- نمونه ای از سنجش بهنجاری داده‌های مورد مطالعه

آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می شود. از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی کنند، اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می گردند نیز از دیگر مزایای این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک

آزمون آماری - گرافیکی من- کندال این آزمون ابتدا توسط من^۱ (۱۹۴۵) ارایه و سپس توسط کندال^۲ (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (سرانو^۳، ۱۹۹۹، ۸۵). این روش بطور متداول و گسترده ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می شود و یکی از روش‌های مهم برای

1 Mann
2- Kendall
3 Serrano

در یک آزمون دو دامنه ای برای روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (6)$$

که α سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی داری α می باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در مطالعه حاضر، این آزمون برای سطح اعتماد ۹۵٪ استفاده شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می شود (قره خانی و قهرمان، ۱۳۸۹: ۶۳۸). با توجه به سطح معنی داری آزمون میزان Z جدول برابر با ۱/۹۶ خواهد بود. به منظور انجام محاسبات آزمون روند من- کندال یک کد برنامه نویسی در محیط نرم افزار مت لب توسعه داده شد.

بحث

دما به عنوان یکی از مهمترین عناصر اقلیمی تأثیر بسزایی را بر سایر عوامل و عناصر جوی دارا است. به همین دلیل اکثر محققان علوم محیطی در جهان تحقیقات خود را بر روی این پارامتر متمرکز و سعی در بررسی و شناخت هر چه بیشتر تغییرات آن طی دهه‌های گذشته داشته اند. در این پژوهش ابتدا سنجش بهنجاری داده‌های مورد مطالعه بررسی شد. با توجه به مقدار به دست آمده از آزمون‌های اندرسون - دارلینگ و رایان جوینر و همچنین نمودارهای این آزمون‌ها در شکل (۲) محرز گردید که داده‌های مورد استفاده از شرایط نرمالی برخوردار نیستند، لذا ضرورت ایجاب می‌کرد تا از آزمون‌های ناپارامتری

(رد فرض صفر) مبین وجود روند در سری داده‌ها می باشد. مراحل محاسبه مقدار آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که n تعداد مشاهدات سری، x_k و x_j به ترتیب داده‌های k ام و j ام سری می باشند. تابع علامت نیز به شرح زیر مورد محاسبه می باشد:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

ب) محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر:

$$\text{var}(s) = \frac{n - (n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t-5)}{18} \text{if } \dots n < 10 \quad (3)$$

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \text{if } \dots n < 10 \quad (4)$$

که n تعداد داده‌های مشاهده ای و m معرف تعداد سری‌هائی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

پ) استخراج آماره Z به کمک یکی از روابط زیر:

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } \dots s > 0 \\ 0 & \text{if } \dots s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } \dots s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

یاد شده روند افزایشی معنی دار با عدد ۱، روند کاهشی معنی دار با عدد ۱- و عدم روند با عدد ۰ نمایش داده شده است.

استفاده گردد. در ادامه بررسی روند تغییرات میانگین دمای روزانه به روش یاخته ای در استان اصفهان انجام پذیرفت. جدول (۱) بیان کننده روند تغییرات ماهانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه است. در جدول

جدول ۱- روند معنی داری میانگین دمای روزانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه

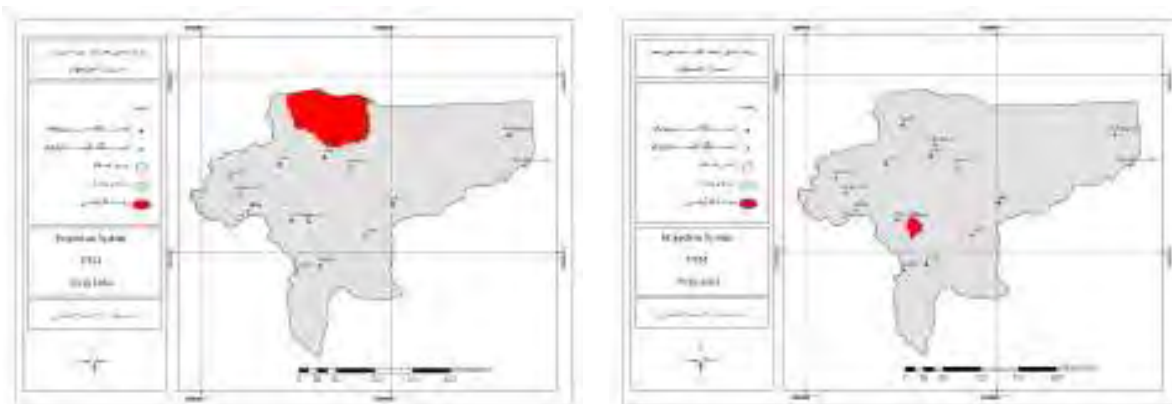
ایستگاه‌ها	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	۱۳۸۴	۱۳۸۳	۱۳۸۲	۱۳۸۱	۱۳۸۰
خورویبابانک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
نابین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کاشان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
نجف آباد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
میمه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
نطنز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شهرضا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اردستان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اصفهان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بیاضه بیابانک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ورزنه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بادرودنطنز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
همگین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
چادگان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خوانسار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دامنه فریدن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

مأخذ: نگارندگان

* معنی داری در سطح ۹۵ درصد

استان فاقد روند بوده اند (شکل ۳). با شروع ماه مارس موقعیت مکانی پهنه روند افزایشی به شمال استان منتقل شده و ایستگاه‌های بادرود نطنز و کاشان را در بر گرفته است (شکل ۴). سایر نقاط استان همچنان فاقد روند بوده اند. در این ماه دما در هر سال ۰/۰۲۳ درجه سلسیوس و طی نیم قرن اخیر ۱/۱۵ درجه سلسیوس افزایش داشته است (جدول ۲).

نتایج استنباط شده از بررسی‌های روند روشن می‌سازد، در ماه ژانویه تمام استان شامل پهنه بدون روند بوده و در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه روندی مشاهده نشده است. با توجه به بدون روند بودن تغییرات دمای ماه ژانویه از ارایه نقشه آن خودداری گردید. طی ماه فوریه تنها در ایستگاه اصفهان روند افزایشی به وقوع پیوسته و سایر نقاط



شکل ۳- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه فوریه

شکل ۴- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه مارس

جدول ۲- آهنگ تغییرات میانگین دمای روزانه استان اصفهان بر حسب درجه سلسیوس

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئلی	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
در هر سال	۰/۰۰۳	۰/۰۱۶	۰/۰۲۳	۰/۰۴۴	۰/۰۱۴	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰	-۰/۰۰۱
طی ۵۰ سال	۰/۱۵	۰/۸	۱/۱۵	۲/۲	۰/۷	-۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۶۵	۰/۱۵	۰/۵۵	۰	-۰/۰۵

مأخذ: نگارندگان

گذشتن ماه آوریل از مساحت پهنه‌هایی که دارای افزایش دمای روزانه بوده اند کاسته گردیده به طوری که از ۵۲/۲ درصد در ماه آوریل به ۵/۱ درصد در ماه ژوئن رسیده اند. لازم به ذکر است که در ماه آوریل بیشترین میزان افزایش دما در بین ماه‌های سال به وقوع پیوسته به طوری که دما با آهنگ ۰/۰۴۴ درجه سلسیوس در هر سال و ۲/۲ درجه سلسیوس طی ۵۰ سال گذشته افزایش داشته است (جدول ۲). با آغاز ماه مه روند افزایشی به جنوب استان منتقل شده و تنها قسمت اندکی از نواحی شمالی استان شامل پهنه روند افزایشی بوده است (شکل ۶).

طی ماه آوریل و همزمان با گرم شدن هوا، پهنه روند افزایشی به بیشترین وسعت خود در طول سال رسیده تا جایی که ۵۲/۲ درصد (۲۲۲۵ یاخته) یا به عبارت دیگر نیمی از مساحت استان را فرا گرفته است (جدول ۳). در این ماه نواحی شمال، جنوب شرق، قسمت‌هایی از شرق، مرکز و جنوب استان وجود روند مثبت را تأیید کرده اند (شکل ۵). مقایسه شکل (۵) با شکل‌های قبل تأثیر تغییر فصل را همزمان با پدیدار شدن روندها در سطح استان نشان می‌دهد. علی‌رغم این تغییر ظاهری، همچنان عدم وجود روند در بیشتر ماه‌های سال غالب بوده است. با پشت سر

جدول ۳- درصد مساحت و تعداد یاخته‌های دمای روزانه طی ماه‌های مختلف سال در استان اصفهان

روند ماه	روندافزایشی		بدون روند		روندکاهشی	
	مساحت به درصد	تعداد یاخته‌ها	مساحت به درصد	تعداد یاخته‌ها	مساحت به درصد	تعداد یاخته‌ها
ژانویه	۰	۰	۱۰۰	۴۲۶۰	۰	۰
فوریه	۰/۵	۲۳	۹۹/۵	۴۲۳۷	۰	۰
مارس	۸/۴	۳۵۹	۹۱/۶	۳۹۰۱	۰	۰
آوریل	۵۲/۲	۲۲۲۵	۴۷/۸	۲۰۳۵	۰	۰
مه	۱۷/۱	۷۲۷	۸۲/۹	۳۵۳۳	۰	۰
ژوئن	۵/۱	۲۱۸	۸۱/۸	۳۴۸۳	۱۳/۱	۵۵۹
ژولای	۹/۳	۳۹۸	۹۰	۳۸۳۲	۰/۷	۳۰
آگوست	۱۵/۴	۶۵۸	۸۴/۶	۳۶۰۲	۰	۰
سپتامبر	۱۵/۱	۶۴۳	۸۰/۴	۳۴۲۶	۴/۵	۱۹۱
اکتبر	۱۶/۸	۷۱۷	۸۳	۳۵۳۴	۰/۲	۹
نوامبر	۱/۵	۶۶	۹۲/۶	۳۹۴۴	۵/۹	۲۵۰
دسامبر	۰	۰	۹۹/۸	۴۲۵۰	۰/۲	۱۰

مأخذ: نگارندگان



شکل ۶- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه مه

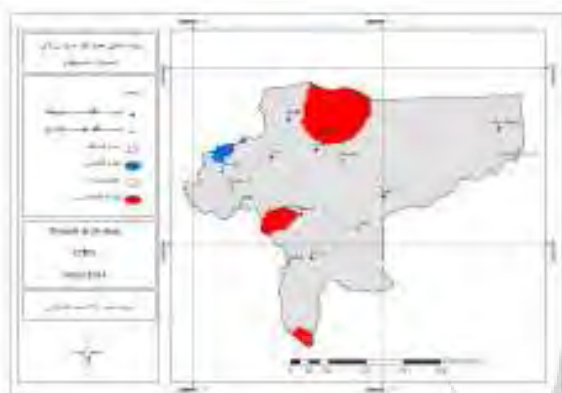
طی این ماه دما به میزان ۰/۲۵ درجه سلسیوس در طول ۵۰ سال گذشته کاهش داشته است (جدول ۲). طی ماه ژولای از پهنه روند کاهشی کاسته شده و محدود به کناره‌های غربی استان گردیده است. در شمال و جنوب استان نیز کماکان روند افزایشی مشاهده شده؛ البته خاطر نشان می‌سازد در این ماه جنوب غرب استان شامل ایستگاه نجف آباد از روند افزایشی برخوردار بوده است (شکل ۸). شایان ذکر

شکل ۵- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه آوریل

با شروع ماه ژوئن، روند کاهشی نیز در سطح استان آشکار شده است. در این ماه روند افزایشی در قسمت کمی از شمال، جنوب، مرکز و جنوب غرب استان رؤیت شده و در مقابل روند کاهشی در جنوب شرق و قسمت‌هایی از مرکز و غرب استان قابل مشاهده است (شکل ۷). قابل ذکر است بیشترین وسعت پهنه روند کاهشی در ماه ژوئن با مقدار ۱۳/۱ درصد از مساحت پهنه‌ها (۵۵۹ یاخته) تأیید می‌شود (جدول ۳).

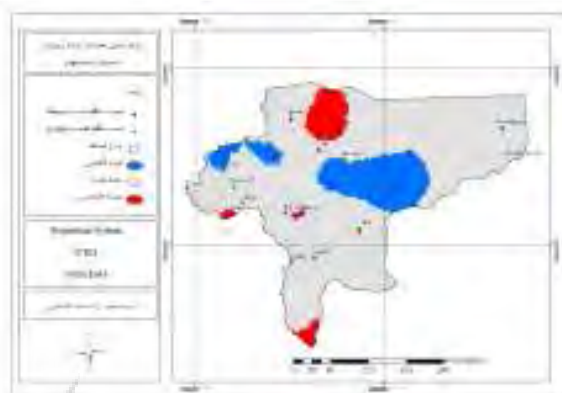
آهنگ افزایش آن نیز از $۰/۳۵$ درجه سلسیوس افزایش در ماه ژولای به $۰/۵۵$ درجه سلسیوس افزایش در ماه اکتبر رسیده است (جدول ۲).

است از ماه ژولای تا اکتبر بر وسعت پهنه روند افزایشی، افزوده گردیده به طوری که مساحت آن از $۹/۳$ درصد در ماه ژولای به $۱۶/۸$ درصد از مساحت استان در ماه اکتبر رسیده است (جدول ۳). همچنین



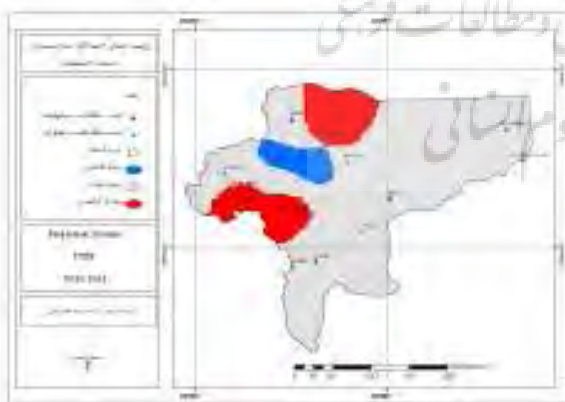
شکل ۸- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه ژولای

روند افزایشی و در نواحی غربی استان شامل ایستگاه میمه روند کاهشی به وقوع پیوسته است. سایر نقاط استان شامل پهنه بدون روند بوده اند (شکل ۱۰). این ماه دما به میزان $۰/۰۳$ درجه در هر سال و $۰/۱۵$ درجه طی نیم سده گذشته افزایش پیدا کرده است (جدول ۲).



شکل ۷- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه ژوئن

در ماه آگوست نسبت به ماه قبل روندهای افزایشی بیشتر شده و علاوه بر شمال، جنوب و جنوب غرب استان، مناطقی از جنوب شرق استان را نیز شامل ایستگاه ورزنه در بر گرفته است (شکل ۹). در ماه سپتامبر و مصادف با اتمام فصل تابستان پهنه‌های رونددار به شمال غرب و غرب استان محدود شده است. طی این ماه در شمال و جنوب غرب استان



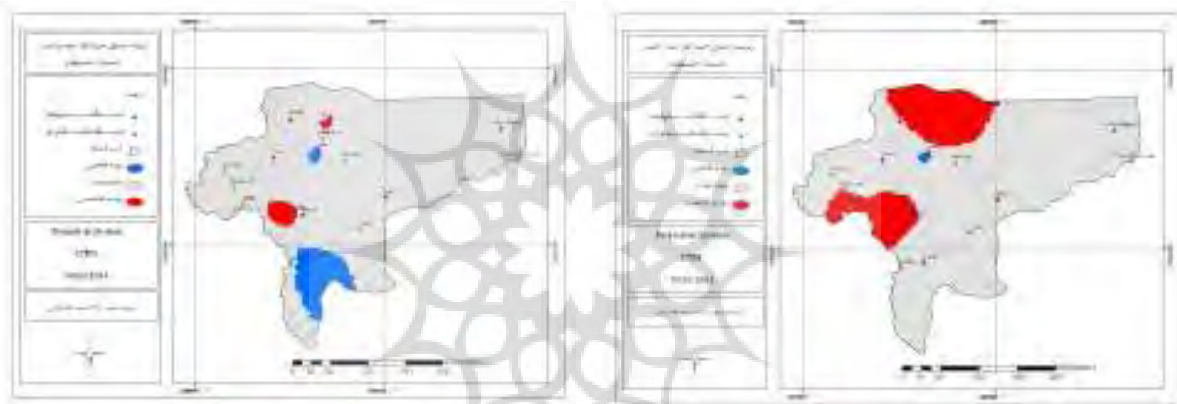
شکل ۱۰- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه سپتامبر



شکل ۹- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه آگوست

طی ماه اکتبر و مقارن با شروع فصل پاییز پهنه روند کاهشی رو به افول رفته و محدود به ایستگاه نطنز بوده است. در مقابل روند افزایشی نسبت به ماه قبل بیشتر آشکار شده و ۱۶/۸ درصد از مساحت استان را در بر گرفته است (جدول ۳). در این ماه نیز همانند ماه سپتامبر روند افزایشی در شمال و جنوب غرب استان مشاهده شده با این تفاوت که در این ماه نسبت به ماه قبل پهنه روند افزایشی در شمال استان نمود بیشتری پیدا کرده و تا ایستگاه کاشان را فرا گرفته

است (شکل ۱۱). در این ماه دما ۰/۵۵ درجه سلسیوس طی ۵۰ سال گذشته افزایش داشته است (جدول ۲). در ماه نوامبر از پهنه روند افزایشی به مقدار زیادی کاسته شده و محدود به ایستگاه نجف آباد واقع در جنوب غرب استان و شمال ایستگاه بادرود نطنز گردیده است. در این ماه پهنه روند کاهشی، گسترش پیدا کرده و علاوه بر ایستگاه نطنز، مناطق جنوبی استان شامل ایستگاه شهرضا و شرق ایستگاه همگین را فرا گرفته است (شکل ۱۲).

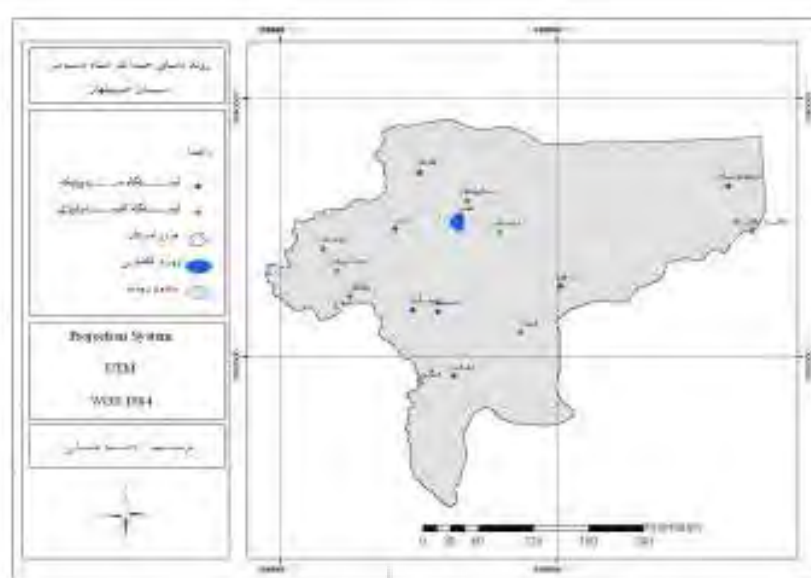


شکل ۱۲- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه نوامبر

شکل ۱۱- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه اکتبر

وجود نداشته است (شکل ۱۳). با توجه به شیب خط برازش شده دما در این ماه در هر سال ۰/۰۰۱- درجه سلسیوس کاهش داشته است.

طی ماه دسامبر تنها پهنه رونددار استان، پهنه روند کاهشی بوده و تنها در ایستگاه نطنز قابل مشاهده است. در سایر نقاط استان روند قابل ملاحظه ای



شکل ۱۳- پهنه بندی روند دمای روزانه ماه دسامبر

نتیجه گیری

حاکمیت داشته، اما با شروع فصل تابستان روند کاهشی نیز در سطح استان آشکار شده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده بیشترین درصد مساحت پهنه روند افزایشی در ماه آوریل با ۵۲/۲ درصد از مساحت استان شامل ۲۲۲۵ یاخته و بیشترین درصد مساحت پهنه روند کاهشی در ماه ژوئن با ۱۳/۱ درصد از مساحت استان و ۵۵۹ یاخته قابل ملاحظه است. شایان ذکر است ماه آوریل با ۲/۲ درجه سلسیوس بیشترین آهنگ افزایش و ماه ژوئن با ۰/۲۵- درجه سلسیوس بیشترین آهنگ کاهش را طی نیم قرن اخیر به خود اختصاص داده اند. آنچه از تحلیل الگوهای مکانی به دست می‌آید حاکی از آن است که طی دوره آماری مورد مطالعه ایستگاه بادرود نظنز و در مرتبه بعد ایستگاه اصفهان از بیشترین روند افزایشی برخوردار بوده اند. در مقابل بیشترین روند کاهشی در ایستگاه نظنز به وقوع پیوسته است. ایستگاه‌های خورویبانک، اردستان و خوانسار نیز در تمام ماه‌های سال فاقد روند بوده اند. در مجموع با

در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های ۲۱ ایستگاه و بهره گیری از نرم افزارهای آماری- اقلیمی و تعمیم داده‌ها به ۴۲۶۰ یاخته، روند میانگین دمای روزانه استان اصفهان طی دوره ۵۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۶۱) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج استنباط شده از بررسی الگوهای زمانی روشن می‌سازد طی ماه‌های سرد سال در اکثر مناطق استان اصفهان روند محسوسی مشاهده نشده و روندهای افزایشی یا کاهشی نیز سطوح معدودی را به خود اختصاص داده اند؛ به طوری که در ماه ژانویه هیچ گونه روندی در پارامتر مذکور در سطح استان پدیدار نگردیده و تمام مساحت استان را پهنه بدون روند فرا گرفته است. یافته‌های مذکور با نتایج به دست آمده از تحقیق موحدی و همکاران (۱۳۸۴) مبنی بر عدم وجود روند در ماه‌های سرد سال در حوضه مارون هم آهنگی دارد. با گرم شدن هوا روندهای افزایشی و کاهشی نیز پدیدار گردیده به طوری که در ماه آوریل پهنه روند افزایشی بر استان

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۸، صص ۵۷-۷۸.

طاوسی، تقی، ثریا، محمد، راحتی، زیبا، ۱۳۸۹، بررسی روند دمای ماهانه شهر زاهدان، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام.

عطایی، هوشمند، فنایی، راضیه، ۱۳۹۰، بررسی تغییرات دما و بارش شیراز و تأثیر آن بر گردشگری، مجموعه مقالات اولین همایش بین المللی مدیریت گردشگری و توسعه پایدار، ۶ و ۷ مهرماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

غضنفری مقدم، محمد صادق، موسوی بایگی، محمد، ثنائی نژاد، سید حسین، ۱۳۸۷، طراحی و اجرای یک مدل ترمودینامیکی به منظور پیش بینی دمای حداقل ناشی از تجمع هوای سرد در مناطق کوهستانی (مطالعه موردی در ارتفاعات دربند تهران)، مجله آب و خاک، جلد ۲۲، شماره ۲، صص ۱۷۴-۱۶۵.

قره خانی، ابوذر، قهرمان، نوذر، ۱۳۸۹، بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه رطوبت نسبی و نقطه شبنم در چند نمونه اقلیمی در ایران، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، صص ۶۴۶-۶۳۶.

کاویانی، محمد رضا، عساکره، حسین، ۱۳۸۰، بررسی و مدل سازی روند دما طی سده گذشته (مطالعه موردی: ایستگاه جاسک)، مجله علمی پژوهشی دانشکده ادبیات دانشگاه اصفهان، دوره دوم، شماره ۲۷ و ۲۶، صص ۳۸-۱۹.

مالکی فرد، فاطمه، بیدختی، عباسعلی، ۱۳۸۳، اثر انتشار امواج فرسوخ در سرمایش شبانه لایه سطحی و پیش بینی دمای حداقل در منطقه

عنایت به این که پهنه بدون روند به استثنای ماه آوریل، در هر ماه بیش از ۸۰/۴ درصد و حتی در ماه ژانویه کل مساحت استان را در بر گرفته چنین می توان اذعان نمود که الگوی غالب روند در میانگین دمای روزانه استان اصفهان طی نیم سده گذشته الگوی بدون روند بوده است.

منابع

ابراهیمی، حسین، علیزاده، امین، جوانمرد، سهیلا، ۱۳۸۴، بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۹، صص ۱۸-۵.

حسینی، سید اسعد، ۱۳۸۸، برآورد و تحلیل دماهای حداکثر شهرستان اردبیل با استفاده از مدل تئوری شبکه های عصبی مصنوعی، استاد راهنما، صلاحی، برومند، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه جغرافیای طبیعی.

خوش اخلاق، فرامرز، غربی، ابراهیم، شفیعی، ذلیخا، ۱۳۹۰، نگرشی بر تغییرات حداقل های مطلق دما در پهنه ایران زمین، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره ۲، صص ۲۱۶-۱۹۹.

رضایی، پرویز، عابد، حسین، ۱۳۸۹، بررسی روند تغییرات دمای حداقل در ایستگاه همدیدی شهر رشت با تأکید بر دوره یخبندان، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال دوم، شماره ۴، صص ۴۸-۳۹.

صلاحی، برومند، حسینی، سید اسعد، شایقی، حسین، سبجانی، بهروز، ۱۳۸۹، پیش بینی دماهای حداکثر با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شهرستان اردبیل)،

- Capilla, C, 2008, Time series analysis and identification of trends in a Mediterranean urban area, *Global and planetary change*, 63, pp 275-281.
- Fischer, T, Gemmer, M, Luliu, L, Buda, S, 2010, Temperature and precipitation trends and dryness pattern in the Zhujiang River Basin, south china, 2007-1961, *Quaternary International*, pp 1-11.
- Giorgi, F, Lionello, P, 2008, Climate Chang Projections For The Mediterran Region, *Global And Change*, 63, pp 90-104.
- Mamtimin, A, M. M, Et-Tantawi, D. Schaefer, F. X. Meixner, M. Domroes, 2011, Recent trends of tempreture change under hot and cold desert climates: Comparing the Sahara (Libya) and Central Asia (Xinjiang, China), *Journal of and Environments*, 75, pp 1105-1113.
- Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., 1999, Trend Analyisi of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *phys. Chem. EARTH(B)*, vol:24, no. 1-2: pp 85-90.
- Stofford, J, M, G, Wendler, J, Curtis, 2000, Tempreture and precipitation of Alaska: 50 year trend analysis, *theor, appl, climatol*, 67.
- Tabari, Hossein, Hosseinzadeh Talae, P, 2011, Analysis of trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran, *Global and planetary change*, 79, pp 1-10.
- Tabari, Hossein, Shiifteh some, Behzad, Rezaeian zadeh, Mehdi, 2011, Testing for long-term trends in climatic variables in Iran, *Atmospheric Research*, 100, pp 132-140.
- Yue, S, Hoshinio, M, 2003, Temperature tiends in Japan 1900-1996, *Theor, Appl, Climatol*, 75, pp 15- 27.
- کویری جنوب خراسان، مجله بیابان، جلد ۹، شماره ۲، صص ۳۴۳-۳۳۱.
- مسعودیان، سید ابوالفضل، ۱۳۸۳، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، جغرافیا و توسعه، صص ۱۰۶-۸۹.
- مسعودیان، سید ابوالفضل، زینالی، حمیده، حجتی زاده، رحیم، نواحی دمایی ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۹، صص ۱۸-۳.
- مجرد، فیروز، جوادی، بهمن، ۱۳۸۹، پهنه بندی ایران بر مبنای دماهای حداقل، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۳، صص ۱۰۶-۸۳.
- محمدی، حسین، تقوی، فرحناز، ۱۳۸۴، روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲، صص ۱۷۲-۱۵۱.
- موحدی، سعید، کاویانی، محمدرضا، مسعودیان، سید ابوالفضل، ۱۳۸۴، تغییرات زمانی و مکانی دمای مارون، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، جلد هیجدهم، شماره ۱، صص ۲۸-۱۳.
- ورشایوان، وحید، خلیلی، علی، فهردان، نوذر، حجام، سهراب، ۱۳۹۰، بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۷، شماره ۱، صص ۱۷۹-۱۶۹.