جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔهشتم، زمستان۱۳۹۲

صص ٤٧-٣٣

شناسایی و پیش‌بینی تغییرات الگوی روند دمای حداقل ایران

فریبا صادقی عطاآبادی[1]- مدرس اقلیم‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور مرکز اصفهان، اصفهان، ایران

هوشمند عطایی- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه پیام‌نور مرکز اصفهان، اصفهان، ایران

سادات هاشمی نسب- مدرس‌اقلیم‌شناسی دانشگاه‌پیام‌نور و دانشجوی دکتری‌آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۲/۲٦

چکیده

با توجه به ماهیت عناصر اقلیمی که در قالب مقیاس‌های مختلف زمانی مورد استفاده قرار می گیرند، تغییرات زمانی عناصر اقلیمی از اهمیت زیادی برخوردار است که یکی از مولفه‌های مهم مورد مطالعه، تغییرات گرایش‌دار یا روند می‌باشد. در این پژوهش به منظور بررسی روند حداقل دمای ایران، حداقل دمای ۷۸ ایستگاه در طی دوره آماری ۲۰۰۸- ۱۹۵۸ مورد بررسی گرفته است. با توجه به سنجش حداقل دمای سالانه ایستگاه‌های ایران با استفاده از آزمون جوینر و اسمیرونوف، نتایج حاصله بیان می‌دارد که حداقل دمای ۱۹ ایستگاه ایران دارای توزیع نابهنجار است. ایستگاه‌هایی با توزیع نابهنجار با آزمون ناعاملی دنیلس و سایر ایستگاه‌ها به دلیل بهنجاری توزیع حداقل دما، با آزمون عاملیtr مورد بررسی و سنجش قرار گرفته‌اند. نتایج حاصله نشان می‌دهد از بین ۷۸ ایستگاه، حداقل دمای ۲٦ ایستگاه که عبارتند از بردسیر، سقدار، اردبیل، آباده، بجنورد، دامنه فریدن، همگین، کاشان، پل زمانخان، اصفهان، قزوین، ارومیه، همدان نوژه، گرگان، سقز، زنجان، خوی، دزفول، کروندار، برازجان، برنیشابور، نصرت آباد، خوانسار، بیرجند، سنندج و اراک بدون الگوی روند هستند. میل تغییرات روند حداقل دما در ٤ ایستگاه شهرکرد، خرم آباد، بندرعباس و فسا به صورت نزولی و تغییرات روند در ٤٨ ایستگاه ایران به صورت مثبت یا صعودی بدست آمده است. برازش و پیش‌بینی سری‌های حداقل دمای روند دار ایران با مدل هموارسازی هولت نشان دهنده افزایش حداقل دما در مناطق غربی بین ۰/۰۲ تا ۰/۳۲ درجه، در مناطق شرقی بین ۰/۲۷ تا ۰/٤٥ درجه، در مناطق شمالی بین ۰/۳۵- تا ۲/۲۸ درجه و در نواحی جنوبی ایران بین ۰/۲۷- تا ۰/۲۸ درجه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: روند، مدل‌های گرایش‌دار، آزمون‌های پارامتری، آزمون‌های ناپارامتری، شیوهٔ هولت.

۱ نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۰۳۰۱۰۰٤٥

Email: s_ataabady@yahoo.com

۱. مقدمه

اقلیم دستگاه بسیار بزرگی است که خود به دلیل ارتباط و کنش میان چندین دستگاه بزرگ دیگر (هواسپهر، آب سپهر، یخ سپهر، سنگ سپهر و زیست سپهر) پدید می آید. اگر در یکی از این دستگاه ها تغییری پدید آید دیگر دستگاه ها به کندی یا به سرعت خود را با آن تغییر هماهنگ می کند. پیامدهای این هماهنگی همان دستگاهی را که خود آغازگر این تغییر بوده نیز تحت تاثیر قرار می دهد و زنجیره بی پایانی از پیوندها این دستگاه ها را به هم گره می زند (مسعودیان، ۱۳۸۹: ۵). با توجه به ماهیت عناصر اقلیمی که در قالب مقیاس‌های مختلف زمانی مورد استفاده قرار می گیرند، تغییرات زمانی عناصر اقلیمی از اهمیت زیادی برخوردار است. بررسی تغییرات زمانی اقلیم در قالب مدل‌های متعددی مانند مدل‌های روند، فصلی، دوره ای و تصادفی انجام می‌گیرد. هدف مطالعه حاضر شناسایی الگوی روند حداقل دمای ایران و برازش و پیش بینی آن می باشد.

پیرامون تغییرات اقلیم و بررسی روند عناصر مختلف، مطالعات متعددی در سطح جهان و ایران صورت گرفته است. زنگ[1] و همکاران (۱۹۹٦)، به تشخیص روند در نیوزلند با سری متوسط دما حداکثر، حداقل، متوسط و دمای روزانه با استفاده از یک مدل خطی پرداخته اند. ایشان بیان می دارند که روند میانگین دما برای سال‌های ۱۹۸٦ تا ۱۹۹٤ مقدار ۰/۰۳۵±۰/۱۱ درجه سانتی گراد بدست آمده است و برای دوره ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۰ روند دمای حداکثر کاهش ناچیزی داشته است. زنگ و همکار (۱۹۹۸)، به مطالعه ساختار مدل‌های سری زمانی و تشخیص روند سری‌های دمایی منطقه ای و جهانی پرداخته اند. ایشان بیان می کنند که مدل روند خطی مدل مطلوب و مناسبی برای بسیاری از مناطق جهان از مناطق گرمسیری نیمکره شمالی تا عرض های میانی نیمکره جنوبی است. گافن[2] و همکار (۱۹۹۸)، به منظور بررسی روند دما و رطوبت نسبی سطح ایالات متحده از ۱۷۰ ایستگاه در دوره ۳۵ استفاده کرده اند و بیان می دارند روند رطوبت نسبی، ضعیف تر از روند رطوبت ویژه است، اما در فصل زمستان و بهار، روند رطوبت نسبی افزایش می یابد. وینسنت[3] و همکاران (۲۰۰۰)، به مطالعه روند بارش و دما در کانادا و در طول قرن ۲۰ پرداخته اند و در این تحقیق از ٦ عنصر اقلیمی حداقل، حداکثر و متوسط دما همراه با دمای روزانه و بارش کل و بارش نسبی برف در طی یک دوره طولانی۳۰ ساله استفاده کرده اند. تنک و همکار (۲۰۰۳)، میزان روند در افزایش شاخص روزانه دما و بارش اروپا را در یک دوره ۵۳ ساله مورد مطالعه و بررسی قرار داده اند. اگویلر[4] و همکاران (۲۰۰۵)، روند آب وهوا را در شرق میانه در دوره ۵۳ ساله با استفاده از مقادیر بارش روزانه و حداکثر و حداقل درجه حرارت روزانه در ۷۵ ایستگاه در ۱۵ کشور جهان را مورد بررسی قرار داده اند و افزایش روند را در حداکثر دمای سالانه و حداقل روزانه بدست آورده اند.

1 Zheng
2 Gaffen
3 Vincent
4 Aguilar

کوربیس[1] و همکاران (۲۰۰۹)، روند افزایش دما، نقطه شبنم و بارش اروپای مرکزی را با استفاده از سری‌های ۱۱۲ساله برای پوتسدام و سری‌های طولانی مدت مورد مطالعه قرار داده اند. ایشان بیان می کنند که زمستان های خیلی سرد فقط تا نیمه قرن بیستم رخ داده است در حالی‌که زمستان‌های گرم روند افزایشی را نشان می دهد. فری[2] (۲۰۱۱)، ساختار فصلی روند دما در استراتوسفر پایینی منطقه تروپیکال را مورد مطالعه قرار داده است. ایشان بیان می دارد که روندها در استراتوسفر ناحیه تروپیکال ارتباط معکوسی را با روندهای ناحیه قطبی برای دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۹ نشان می دهد که ممکن است مربوط به تغییرات گردشی استراتوسفر باشد. وانگ[3] و همکار(۲۰۱۲) تغییرات مشاهده شده در روند حداکثر دمای چین را در در طی دو دوره ۱۹۸۹– ۱۹٦۰ و ۲۰۰۹–۱۹۹۰ مورد مطالعه قرار داده اند. نتایج این تحقیق نشان دهنده وجود تغییرات قابل توجهی در روند دما از اوایل ۱۹۹۰است که به ویژه در فصل زمستان، یک سیگنال از تغییراقلیم مشاهده می شود. عساکره و همکار(۱۳۸۰) به بررسی و مدلسازی روند دمای ایستگاه جاسک پرداخته اند که بررسی‌ها ایشان نشان می دهد که دمای جاسک طی سال‌های ۱۹۹٦–۱۸۹۳روندی افزایشی را نشان می دهد که میزان این افزایش در طی دوره مزبور ۰/۲۹۳±۰/۸۳۵ درجه سلسیوس برآورد شده است. جهانبخش و همکار (۱۳۸۳) تغییرات زمانی دما و بارش ایران را مورد بررسی و پیش بینی قرار داده اند و برای این منظور از روش تحلیل خوشه‌ای داده‌های آماری ٤۱ ایستگاه سینوپتیک را به پنج منطقه اقلیمی همگون طبقه بندی کرده اند و برای محاسبه روند از مدل فصلی میانگین متحرک تجمعی ضربی استفاده کرده اند. مسعودیان (۱۳۸٤) در طی مطالعه روند دمای ایران از سال های ۱۹۵۱ تا۲۰۰۰ به این نتیجه رسیده است که دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ایران به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش داشته است. روندهای افزایش دما عمدتا در سرزمین‌های گرم و کم ارتفاع و روندهای کاهشی عمدتا در رشته کوه‌ها دیده می شوند. موحدی و همکاران (۱۳۸٤) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی دمای حوضه مارون پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که در طی نیم سده گذشته دمای ماه‌های گرم سال روند افزایشی داشته است. جاوری (۱۳۸٦) تغییرات عناصر آب و هوایی را در قالب مدل های گرایش دار مورد سنجش و بررسی قرار داده است و برای این منظور از آمار دمای ماهانه، فصلی و سالانه ۱۱۰ ایستگاه در طول دوره آماری ۳۵ سال استفاده کرده است. عساکره (۱۳۸٦) کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای سالانه تبریز را مورد مطالعه قرار داده است و بیان می دارد که بهترین مدل بر اساس آماره t، مدل رگرسیون ناپارامتری تشخیص داده شد که بر اساس این روش، افزایش سالانه دمای شهر تبریز ۰/۰۳ تا ۰/۰٤ (به طور متوسط ۰/۰۳٤۵) درجه سلسیوس بوده است. حمزیی (۱۳۸۹) در بررسی تغییرات اقلیمی سری زمانی برخی از پارامترهای اقلیمی ایران نشان داده است که از بین ۳٦ ایستگاه مورد مطالعه برای حداقل درجه

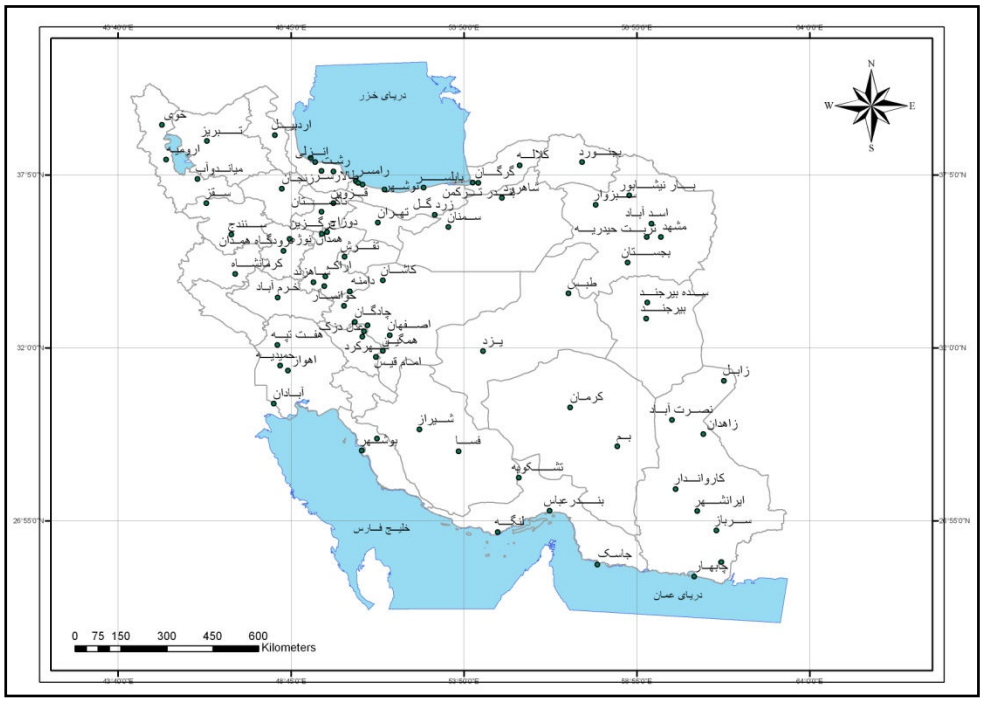
1 Kürbis
2 Free
3 Wang

حرارت در فصل تابستان و پاییز بیشتر از ۷۵ درصد ایستگاه‌ها و در فصل بهار و زمستان در بیشتر از ٦۵ درصد ایستگاه‌ها دارای روند نزولی می باشند. جلالی و همکار (۱۳۹۰) به تحلیل و مدلسازی آماری دمای ایستگاه بوشهر پرداخته اند و بیان می دارند که آزمون گردش هایی با ۰/۵ درصد خطا نشان می دهد که مشاهدات سالانه دما تصادفی نیستند. آزمون های آشکار سازی روند نیز نشان می دهد که مشاهدات سالانه دمای بوشهر روند معنی داری دارند.

اقلیم را شرایط جوی بلند مدت در یک مکان توصیف می کنند. این تعریف بر دو مفهوم زمان و مکان دلالت دارد. بلند بودن شرایط، قابلیت تاثیرپذیری و تاثیرگذاری مکانی را بر اقلیم مشخص می سازد. این قابلیت دلالت بر تغییرپذیری اقلیم دارد که همواره مورد توجه تمامی اقلیم شناسان قرار گرفته است. امروزه موضوع تغییرات اقلیم از اهمیت زیادی برخوردار است و این تغییرات در تمام پدیده های زیست محیطی موثر می باشد و بررسی و شناخت این تغییر پذیری در برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای و منطقه‌ای بسیار حائز اهمیت است. تغییرات اقلیم از دو منظر مورد توجه و بررسی قرار می گیرد: یکی از منظر زمان و دیگری از منظر مکان. تاکید بر منظر زمان، تغییرات زمانی اقلیم و تاکید بر منظر مکان، تغییرات مکانی اقلیم را مشخص می کند. بررسی تغییرات زمانی اقلیم در قالب مدل‌های متعددی مانند مدل‌های روند، فصلی، دوره ای و تصادفی انجام می گیرد (جاوری، ۱۳۸۹،٦-۲). یکی از عناصر مهمی اقلیمی که می توان در این راستا مورد مطالعه قرار داد دما است. در تحلیل روند اگر سری دما روند صعودی داشته باشد، با افزایش دما مواجه خواهیم شد و به دنبال آن شاهد تغییرات بسیار زیادی بر بخش‌های مختلف محیطی خواهیم بود. پس شناخت و پیش بینی روند دما می تواند مسئولان را در برنامه ریزی‌ها و به حداقل رساندن خسارت‌های ناشی از آن یاری کند. بدین ترتیب هدف اصلی از این پژوهش، بررسی روند حداقل دمای ایران، برازش و پیش بینی آن با استفاده از شیوه هولت می باشد.

۲. مواد و روش‌ها

جامعه آماری مورد استفاده در این تحقیق حداقل دمای فصلی، ماهانه و سالانه ۲۳٦ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم شناسی ایران است که به روش نمونه گیری تصادفی ساده، نمونه ای به حجم ۷۸ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم شناسی به جهت دارا بودن حداقل دما با طول دوره آماری بالا (بالاتر از ۳۰ سال) و در طی دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۵۸ انتخاب شده اند. حداقل دمای مفقود برخی ایستگاه‌ها با استفاده از روش کمترین مربعات مورد بازسازی قرار گرفته است.



شکل ۱ توزیع فضایی ایستگاه‌های مورد مطالعه ایران

مهم‌ترین پیش فرض‌های آماری عاملی، بهنجار بودن (نرمال بودن) توزیع داده‌ها و استقلال (تصادفی بودن) آنها می باشند. برای کاربرد مدل های گرایش دار اولین مرحله از انجام فرایند تحقیق، سنجش سری ها می باشد که به منظور سنجش بهنجاری سری‌ها، دو آزمون جوینر و اسمیرونوف مورد استفاده قرار می گیرد.

کاربرد مدل‌های روند

بعد از سنجش داده ها، باید سری مورد نظر را در قالب مدل تحلیل سنجید. اگر سری قابلیت تحلیل با مدل های روند یا گرایش دار را داشته باشد می توان با مدل های روند آن را تحلیل و پیش بینی کرد. در این راستا موضوع از دو زاویه تحقیقی مورد بررسی قرار می گیرد:

- اگر سری شرایط بهنجاری(نرمال) داشته باشد.
- اگر سری شرایط بهنجاری(نرمال) نداشته باشد.

اگر سری بهنجار باشد برای سنجش مدل باید از آزمون های عاملی و اگر سری شرایط نرمال را نداشته باشد، باید برای سنجش از آزمون های ناعاملی استفاده کرد.

۲,۱. آزمون‌های عاملی برای سنجش مدل های روند

هنگامی که سری‌های اقلیمی مورد سنجش قرار گرفته و از شرایط عاملی برخوردار بودند می توان از آزمون های عاملی استفاده کرد. آزمون‌های عاملی متعددی برای سنجش سری‌ها وجود دارد مانند آزمون پارامتری tr و

وان نیومن و... . **آزمون tr** به‌عنوان یکی از آزمون‌های مهم عاملی مطرح می شود. این آزمون با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون[۱] مورد استفاده قرار می گیرد. عدم همبستگی سری ها در قالب این آزمون به طریقی دلالت بر عدم روند آنها دارد.

مقدار آماره آزمون مذکور را می توان با استفاده از رابطه زیر بدست آورد:

$$t_r = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

رابطه(۱)

قاعده آزمون : $H_1 : p \neq 0 \quad H_0 : p = 0$

قاعده تصمیم گیری: $\text{Re}\,ject : H_0 if \ |t_r| > t_{\alpha/2}$

۲,۲. آزمون‌های ناعاملی برای سنجش مدل‌های روند

این آزمون‌ها را توزیع آزاد به این معنی که برخی از ویژگی‌های توزیع جامعه، آزاد یا مستقل هستند نیز می نامند. آزمون‌های ناعاملی متعددی برای سنجش سری‌ها مانند آزمون توالی، نقاط گردش، نشانه، تاوکندال، دنیلس و...وجود دارد. در این تحقیق به منظور سنجش سری‌ها برای ایستگاه‌هایی که دارای دمای حداقل نابهنجار هستند از آزمون دنیلس استفاده شده است.

آزمون دنیلس[۲]

یکی از مهم‌ترین آزمون های ناپارامتری، آزمون دنیلس است. این آزمون بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن می باشد و از این آزمون می توان برای سنجش روند استفاده کرد. برای محاسبه این آزمون با فراوانی بیش از ۳۰ می توان از معادله زیر استفاده می شود :

$$Z = \frac{r_s - \mu_{rs}}{\sigma_{rs}}$$

رابطه (۲)

$$\mu_{rs} = 0 \qquad \sigma_{rs} = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

قاعده آزمون:

H_0 : سری بدون روند است

H_a : سری دارای روند است

قاعده تصمیم گیری : $\text{Re}\,ject : H_0 if \ |z| > z_{\alpha/2}$

---

۱ Pearson

۲ Daniels, Test

۲,۳. کاربرد مدل‌های برازش، هموارسازی و پیش بینی

برازش، هموارسازی و پیش بینی سری‌های دارای تغییرات گرایش دار با مدل‌های مختلفی مانند مدل‌های درجه دو، نمایی، لجستیک، گمپرتز، هولت، بروان و... انجام می گیرد که در این مقاله فقط از روش هولت استفاده شده است. در شیوه هولت شیب و روند مستقیما برای هر مرحله با ضرائب متفاوت هموارسازی می شود. با شیوه هولت می توان سری دارای روند و تغییرات فصلی را نیز هموارسازی و پیش بینی کرد.

شکل هموار سازی :

$$\hat{T}_t(t) = (1-\alpha)\times\hat{Y}_t(t-1) + \alpha Y_t$$

رابطه(۳)

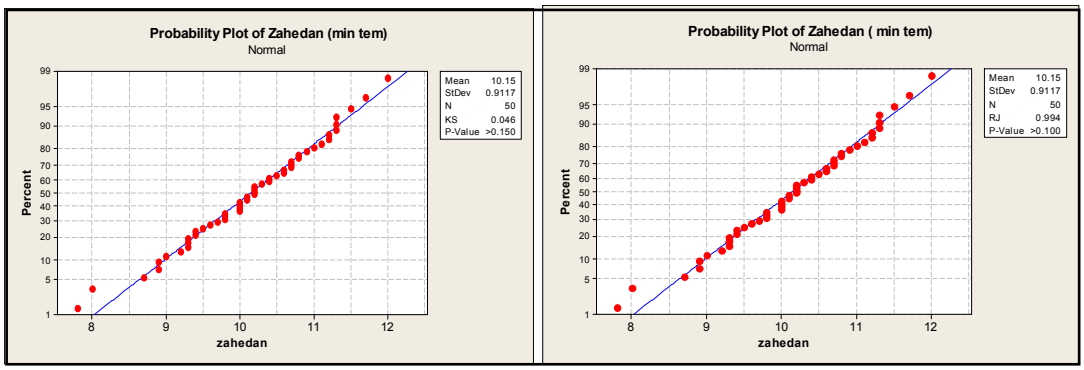
شکل پیش بینی مدل :

$$\hat{Y}_{t+p} = \hat{T}_t(t) + p \times \hat{\beta}_1(t)$$

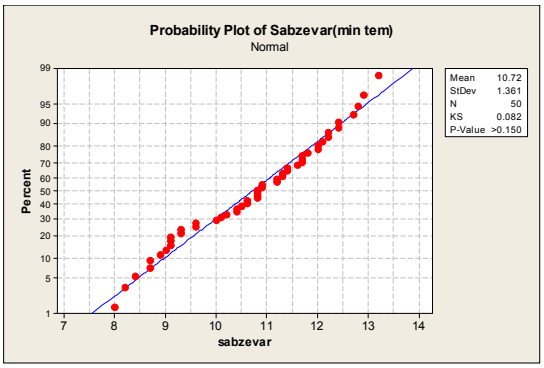
رابطه(٤)

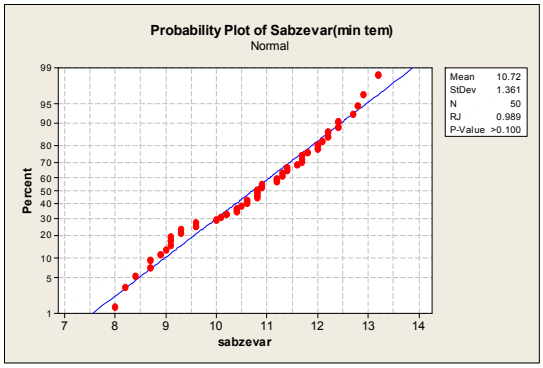
۳. بحث و نتایج

به منظور بررسی روند و مدل های گرایش دار از آزمون های عاملی و ناعاملی متعددی استفاده می شود. اولین قدم برای کاربرد آزمون های عاملی و ناعاملی، سنجش وضعیت بهنجاری یا نابهنجاری سری داده‌ها است که با این عمل مشخص که سری داده هر یک از ایستگاه‌ها قابلیت بررسی با کدام آزمون را دارد. در این پژوهش به منظور سنجش وضعیت برازش حداقل دمای هر یک از ایستگاه ها، ۲ آزمون جوینر و اسمیرونوف مورد استفاده قرارگرفته است که نتایج آزمون ها برای دمای حداقل ۲ ایستگاه زاهدان و سبزوار به صورت نمونه آورده شده است که با توجه به مقادیر P-Value و نحوه پراکنش داده‌ها در اطراف خط نرمال، نرمال بودن حداقل دمای این ایستگاه‌ها نتیجه گیری می شود.



شکل۲ توزیع نرمال حداقل دمای زاهدان(آزمون جوینر) **شکل ۳** توزیع نرمال حداقل دمای زاهدان(اسمیرونوف)





شکل٤ توزیع نرمال حداقل دمای سبزوار(آزمون جوینر) **شکل٥** توزیع نرمال حداقل دمای سبزوار(اسمیرونوف)

با توجه به دو آزمون به کار برده شده به منظور سنجش بهنجاری داده ها، از بین ۷۸ ایستگاه مورد مطالعه، حداقل دمای ۱۹ ایستگاه لاهیجان، خوانسار، پیلیمبرا، کروندار، سرباز، برازجان، برنیشابور، زردگل، فسا، درگزین، باهوکلات، نصرت آباد، اراک، بیرجند، رشت، مشهد، بابلسر، طبس و سنندج دارای توزیع نابهنجار یا به عبارت دیگر حداقل دمای این ایستگاهها غیر نرمال است و حداقل دمای سایر ایستگاه ها دارای توزیع بهنجار یا نرمال هستند.

در ادامه پس از سنجش داده ها، باید سری مورد نظر را در قالب مدل تحلیل سنجید. یعنی بررسی شود آیا سری قابل تحلیل با مدل روند است یا خیر؟ اگر سری قابلیت تحلیل با مدل‌های روند یا گرایش دار را داشته باشد می توان با مدل‌های روند آن را تحلیل و پیش بینی کرد، در غیر این‌صورت کاربرد مدل های روند خالی از اشکال نمی باشد. اگر سری بهنجار باشد برای سنجش مدل باید از آزمون های عاملی و اگر سری شرایط نرمال را نداشته باشد، باید برای سنجش از آزمون های ناعاملی استفاده کرد. آزمون‌های عاملی و ناعاملی متعددی برای سنجش سری‌ها وجود دارد که در این پژوهش برای ایستگاه‌هایی با دمای نرمال از آزمون پارامتری tr و برای ایستگاه‌هایی با دمای نابهنجار از آزمون دنیلس استفاده شده است. نتایج بدست آمده از آزمون tr برای ایستگاه‌هایی به صورت نمونه در جدول (۱) و برای آزمون دنیلس در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول۱ آزمون **tr** برای دمای حداقل ایستگاه‌های نمونه ایران

نام ایستگاه	مقدارZ	نام ایستگاه	مقدارZ	نام ایستگاه	مقدارZ
چادگان	۳/۸۵۱	اردبیل	۰/۸٤٤	همدان	۳/۰۸
خشکه داران	٤/۳۱۷	جاسک	۱۲/٦۷٥	کاشان	۰/۱۷٥
دامنه فریدن	۱/۲۹۷	میاندواب	٤/۰٥٥	سمنان	٥/۱٦۹
قزوین	۰/۰۲۳	خرم اباد	-۳/۷۲۸	شاهرود	۹/۰۹۸
بم	۸/۹۸٦	بندر انزلی	۷/٦۷۷	زنجان	-۰/۰۰۸

نتایج آزمون tr با توجه به ضرایب حد معیار مورد بررسی و سنجش قرار می گیرند که این ضرایب برای ایستگاه‌هایی با حداقل دمای ۳۰سال برابر است با مقدار ۲/۰٤۲ و برای ایستگاه‌هایی با حداقل دمای ٤۰ سال برابر است با مقدار ۲/۰۲۱ و برای ایستگاه‌های ٥۰ ساله مقدار ۲/۰۱ است.

نتایج بدست آمده نشان می دهد که برای ایستگاه‌هایی با آمار ۳۰سال، مقدار آزمون بدست آمده برای ایستگاه های چادگان، نوشهر، همدان و شرق اصفهان و برای ایستگاه‌هایی با آمار ٤٠ سال، ایستگاه‌های خشکه داران، زابل، بندر ترکمن، طلاسر، کلاله، جاسک، میاندوآب، ایرانشهر، همند آبسرد، بجستان، سده بیرجند، محمودآباد، سمنان، چابهار، امام قیس، تشکویه، رینه لاریجان و بندر لنگه و برای ایستگاه‌های ۵۰ ساله، نتایج آزمون برای ایستگاه اهواز، بم، تربت حیدریه، آبادان، بوشهر، تبریز، کرمان، خرم آباد، بندرانزلی، بندر عباس، کرمانشاه، سبزوار، شیراز، رامسر، شاهرود، تهران، شهرکرد، زاهدان و یزد از مقادیر بحرانی ذکر شده بیشتر است و در نتیجه فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند در دمای حداقل این ایستگاه‌ها رد می شود و با احتمال ۹۵ درصد اطمینان نتیجه گرفته می شود که سری دمای حداقل این ایستگاه‌ها دارای تغییرات گرایش دار یا روند هستد. در این میان مقدار بدست آمده برای دمای خرم آباد، بندرعباس و شهرکرد منفی است که نشان دهنده وجود روند منفی و نزولی در حداقل دمای این ایستگاه می باشد و میزان دمای این ایستگاه ها در طی دوره آمای طولانی مدت دارای سیرکاهشی و نزولی بوده و مقادیر مثبت بدست آمده برای سایر ایستگاه‌ها حاکی از وجود روند مثبت و افزایشی برای این ایستگاه‌ها است، بدین معنی که میزان حداقل دمای این ایستگاه ها در حال افزایش است که به دنبال تغییرات روند کاهشی و افزایش در هر منطقه، شاهد تغییرات در سایر پدیده‌ها و سایر عناصر اقلیمی که همگی تحت تاثیر دما هستند خواهیم بود.

جدول۲ آزمون دنیلس برای دمای حداقل ایستگاه‌های ایران

نام ایستگاه	**مقدارz(۳۰ سال)**	برنیشابور	−۱/۰٤
نصرت آباد	−۰/۱۷٦	زردگل	۳/٦٤
باهوکلات	٤/۱٤	فسا	−۳/٤۰
نام ایستگاه	**مقدارz(٤۰ سال)**	**نام ایستگاه**	**مقدارz(۵۰ سال)**
لاهیجان	۳/۳٤	اراک	۰/۱۵٦
خوانسار	۰/٦٤	بیرجند	−۰/۳٦۲
پیلیمبرا	۳/۳۷	رشت	٤/۸۱
کروندار	۱/٦۰	مشهد	۵/٤۵
سرباز	٤/۱۲	سنندج	۰/۵۱
برازجان	۱/۰۷	بابلسر	۵/۱۸
درگزین	٤/۰۵٦	طبس	٦/۱۸

با توجه به مقادیر بدست آمده از آزمون دنیلس که در جدول (۲) آورده شده است، اگر مقادیر بدست آمده از مقدار بحرانی ۱/۹٦ با سطح اطمینان ۹۵ درصد اطمینان بیشتر باشد، فرض صفر مبنی بر عدم وجود تغییرات گرایش دار رد می شود و نتیجه گرفته می شود که سری دمای حداقل ایستگاه ها دارای روند است. از بین ایستگاه‌هایی با توزیع نابهنجار، مقدار آزمون بدست آمده برای ایستگاه‌های باهوکلات، لاهیجان، پیلیمبرا، سرباز، درگزین، زردگل، فسا، رشت، مشهد، بابلسر و طبس از مقدار بحرانی بیشتر است، پس فرض صفر رد می شود و نتیجه گرفته می شود

که حداقل دمای این ایستگاه دارای تغییرات گرایش دار می باشد. چون این مقدار برای تمامی ایستگاه ها به جز فسا به صورت مثبت بدست آمده است، نشان می دهد دمای حداقل این ایستگاه ها دارای روند افزایشی هستند که در آینده با ادامه روند افزایشی در این ایستگاه‌ها، شاهد تغییرات طبیعی و محیطی زیادی در این مناطق خواهیم بود، ولی برای ایستگاه فسا که جزء مناطق گرم کشور محسوب می شود روند به صورت منفی و نزولی به دست آمده است؛ بدین معنی که حداقل دمای این ایستگاه در حال کاهش است که این کاهش خود تغییرات محیطی را در این منطقه به همراه خواهد داشت که خود جای مطالعه دارد. اما برای سایر ایستگاه‌ها که مقادیر آزمون بدست آمده از مقدار بحرانی کمتر بوده است، روندی برای حداقل دمای این ایستگاه‌ها دیده نشده است.

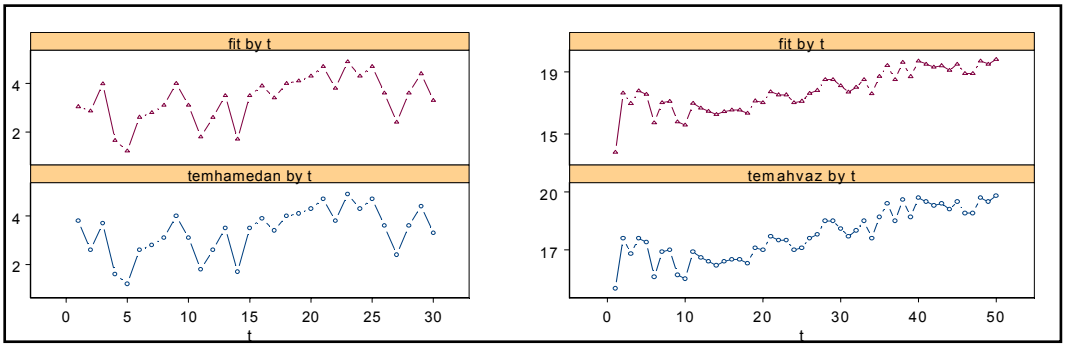
در ادامه میزان آهنگ تغییرات حداقل دمای سالانه ایستگاه‌های روند دار در طی دوره آماری مورد مطالعه محاسبه و در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول۳ آهنگ تغییرات حداقل دمای سالانه ایستگاه‌های رونددار در طی دوره آماری

نام ایستگاه	**هر سال**	دوره آماری(۳۰)	جاسک	۰/۰۶۱	۲/۴۴
شرق اصفهان	۰/۰۸۶	۲/۵۸	میاندوآب	۰/۰۴۵	۱/۸
چادگان	۰/۰۶۴	۱/۹۲	تشکویه	۰/۰۳۳	۱/۳۲
همدان	۰/۰۵۵	۱/۶۵	**نام ایستگاه**	**هر سال**	دوره آماری(۵۰)
باهوکلات	۰/۰۴۸	۱/۴۴	رشت	۰/۰۴۷	۲/۳۵
نوشهر	۰/۰۲۵	۰/۷۵	مشهد	۰/۰۸۲	۴/۱
نام ایستگاه	**هر سال**	**دوره آماری(۴۰)**	بابلسر	۰/۰۴۱	۲/۰۵
لاهیجان	۰/۰۴۲	۱/۶۸	طبس	۰/۱۱۴	۵/۷
پیلیمبرا	۰/۰۲۲	۰/۸۸	اهواز	۰/۰۷۶	۳/۸
سرباز	۰/۰۸۲	۳/۲۸	بم	۰/۰۶۷	۳/۳۵
درگزین	۰/۰۵۴	۲/۱۶	تربت حیدریه	۰/۰۲۵	۱/۲۵
خشکه داران	۰/۰۴۱	۱/۶۴	آبادان	۰/۰۳۱	۱/۵۵
چابهار	۰/۰۳۲	۱/۲۸	بوشهر	۰/۰۵۴	۲/۷
امام قیس	۰/۰۸۹	۳/۵۶	تبریز	۰/۰۳۶	۱/۸
سمنان	۰/۰۴۸	۱/۹۲	کرمان	۰/۰۴۳	۲/۱۵
بندرترکمن	۰/۰۶۲	۲/۴۸	بندرانزلی	۰/۰۴۲	۲/۱
سده بیرجند	۰/۰۸۰	۳/۲	کرمانشاه	۰/۰۴۸	۲/۴
بجستان	۰/۱۰۴	۴/۱۶	سبزوار	۰/۰۶۶	۳/۳
بندرلنگه	۰/۰۶۱	۲/۴۴	شیراز	۰/۰۶۸	۳/۴
همندآبسرد	۰/۰۹۱	۳/۶۴	رامسر	۰/۰۳۳	۱/۶۵
محمودآباد	۰/۰۵۰	۲/۰	شاهرود	۰/۰۶۶	۳/۳
رینه لاریجان	۰/۰۵۸	۲/۳۲	تهران	۰/۰۴۹	۲/۴۵
طلاسر	۰/۰۷۹	۳/۱۶	زاهدان	۰/۰۴۳	۲/۱۵
زردگل	۰/۱۸۲	۷/۲۸	یزد	۰/۰۶۵	۳/۲۵
زابل	۰/۰۴۱	۱/۶۴	شهرکرد	-۰/۰۲۶	-۱/۳
ایرانشهر	۰/۰۵۲	۲/۰۸	بندر عباس	-۰/۰۱۶	-۰/۸
فسا	-۰/۰۶۶	-۲/۶۴	خرم آباد	-۰/۰۴۷	-۲/۳۵
کلاله	۰/۰۵۲	۲/۰۸			

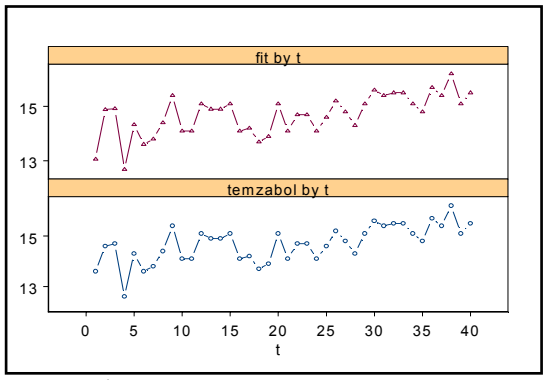
با توجه به جدول (۳) که میزان آهنگ تغییرات حداقل دمای ایستگاه‌های رونددار را در طی دوره آماری مورد مطالعه نشان می دهد، دیده می شود که بیشترین میزان آهنگ تغییرات حداقل دما در طی دوره آماری ۳۰ سال گذشته مربوط به ایستگاه شرق اصفهان است که در طی این دوره آماری، ۲/۵۸ درجه سانتی گراد بر دمای آن افزوده شده است. در طی دوره آماری ٤٠ساله نیز بیشترین و کمترین میزان آهنگ تغییرات حداقل دما در بین ایستگاه‌هایی با روند صعودی به ترتیب مربوط به ایستگاه زردگل با ۷/۲۸ درجه افزایش و ایستگاه پیلیمبرا با ۰/۸۸ درجه افزایش است و میزان آهنگ تغییرات حداقل دمای ایستگاه فسا که دارای تغییرات گرایش دار نزولی است، ۲/٦٤- درجه در طی ٤٠ سال گذشته بدست آمده است. در بین ایستگاه‌هایی با تغییرات گرایش دار مثبت در طی دوره آماری ۵۰ سال گذشته، ایستگاه طبس با ۵/۷ درجه افزایش و ایستگاه تربت حیدریه با ۱/۲۵ درجه افزایش به ترتیب بیشترین و کمترین میزان آهنگ تغییرات حداقل دما را به خود اختصاص داده اند. همچنین میزان آهنگ تغییرات حداقل دمای سه ایستگاه شهرکرد، بندرعباس و خرم آباد با تغییرات گرایش دار نزولی به ترتیب ۱/۳- ، ۰/۸- و ۲/۳۵- در طی ۵۰ سال گذشته بدست آمده است.

به منظور هموارسازی به شیوه هولت، سری های مورد بررسی با ضرایب مختلف آلفا مورد سنجش قرار گرفته اند و بهترین مدل برای سری با استفاده از شاخص‌های دقت سنجی و ضریب نابرابری تایل انتخاب، بررسی و پیش بینی شده است. بر اساس شاخص دقت سنجی تایل بهترین ضریب برای ایستگاه‌های روند دار، ضرایب a=0/9 و β=0/6 بدست آمده است که با استفاده از این ضرایب داده‌های اصلی و برازش شده با کمترین مقدار خطا بر یکدیگر منطبق شده اند که این موضوع بیان کننده این مطلب است که مدل‌های پیشنهادی به کار برده شده برای این ایستگاه‌ها مطلوب است. در شکل شماره ٦ ،۷و۸ نمودار مقادیر برازش و داده های اصلی حداقل دمای سه ایستگاه همدان، اهواز و زابل به عنوان نمونه نشان داده شده است که نشان دهنده انطباق خوب داده‌های اصلی و برازش شده هستند.



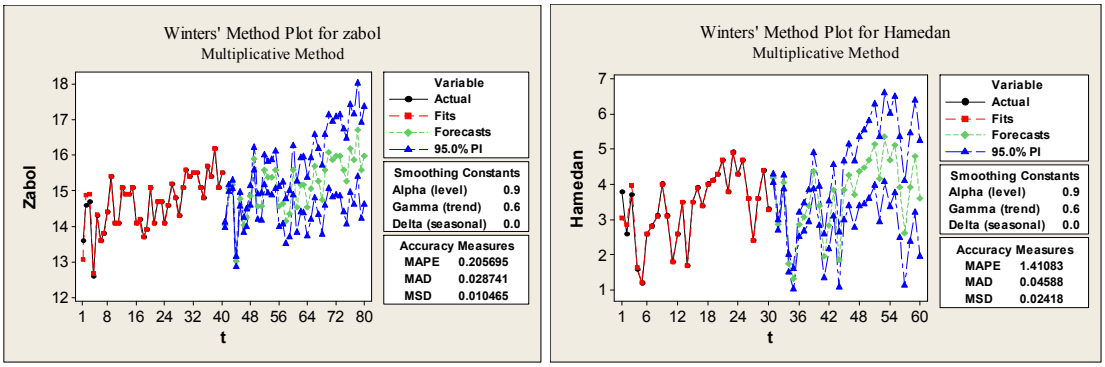
شکل٦ داده‌های اصلی و برازش شده (ایستگاه همدان)

شکل ۷ داده‌های اصلی و برازش شده (ایستگاه اهواز)



شکل۸ داده‌های اصلی و برازش شده (ایستگاه زابل

سری حداقل دمای ایستگاه‌های مورد نظر پس از برازش مقادیر اصلی و مقادیر برازش شده با ضرایب مناسب و با کمترین مقدار خطا، با استفاده از شیوه هولت مورد پیش‌بینی قرار گرفته اند. حدود اطمینان بالایی و پایینی این پیش بینی‌ها با ۹۵ درصد اطمینان و قرار گیری داده‌های پیش بینی شده در بین این حدود اطمینان، نشان دهنده این مطلب است که پیش بینی‌های بدست آمده مطلوب است. نمودار این پیش‌بینی‌ها برای چهار ایستگاه همدان، زابل، اهواز و بابلسر به صورت نمونه در شکل (۹ تا ۱۲) نشان داده شده است.



شکل ۹ پیش بینی حداقل دمای همدان(شیوه هولت) **شکل۱۰** پیش بینی حداقل دمای زابل(شیوه هولت)

در مقایسه پیش‌بینی‌های بدست آمده با استفاده از روش هولت و میانگین حداقل دما در طی سال‌های گذشته، شاهد افزایش حداقل دما در نواحی مختلف ایران در طی دوره‌های ۳۰، ٤٠ و ۵۰ ساله آینده خواهیم بود. به صورتی‌که که میزان حداقل دما در نواحی شمال‌غرب به میزان ۰/۱٦ درجه سانتی گراد، غرب بین ۰/۰۲ تا ۰/۳۲ درجه سانتی گراد یا به طور متوسط ۰/۱۷ درجه سانتی گراد ، جنوب‌غرب بین ۰/۱۲ تا ۰/۲۷ درجه سانتی گراد یا به طور متوسط ۰/۱۹ درجه سانتی گراد، شرق بین ۰/۲۷ تا ۰/٤٥ درجه سانتی گراد یا به طور متوسط ۰/۳٦ درجه، جنوب بین ۰/۲۷- تا ۰/۲۸ درجه سانتی گراد، شمال بین ۰/۳۵- تا ۲/۲۸ درجه سانتی گراد، جنوب‌شرق بین ۰/۰۹ تا ۰/٤۷ درجه سانتی گراد و نواحی مرکزی بین ۰/۰۳ تا ۰/٦۷ درجه سانتی گراد

افزایش را نشان می دهد. این افزایش دمای حداقل خود به عنوان زنگ خطری است که تغییرات اقلیم را در درازمدت نشان می دهد که به دنبال این تغییرات، شاهد تغییرات گوناگون در سایر پدیده‌ها و محیط‌ها در آینده خواهیم بود که در صورت عدم مطالعه دقیق این گونه تغییرها و شناسایی تاثیر آن بر سایر پدیده‌ها و جدی نگرفتن افزایش دما در طی سال‌های آتی، شاهد فجایع محیطی و زیستی بسیاری در سطح ایران خواهیم بود.

٤. نتیجه‌گیری

باتوجه به بررسی و کاربرد مدل‌های سنجش و پیش بینی تغییرات گرایش دار ارزیابی عناصر آب و هوایی در قالب مدل‌های گرایش دار از سه منظر سنجش، تحلیل و پیش‌بینی سری‌ها مورد توجه قرار می گیرد. برای انتخاب مدل‌های سنجش و تحلیل سری‌ها جهت پیش‌بینی تغییرات گرایش دار سری‌ها، از آزمون‌های آماری عاملی و ناعاملی استفاده شده است. در این تحقیق ۷۸ ایستگاه اقلیم شناسی و سینوپتیک ایران که از حداقل دما با طول دوره آماری بالاتر از ۳۰ سال برخوردار بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. حداقل دمای سال‌های مفقود این ایستگاه‌ها با استفاده از روش کمترین مربعات مورد بازسازی قرار گرفت. پس از تکمیل داده‌ها، به منظور سنجش سری‌ها، وضعیت بهنجاری یا نابهنجاری حداقل دمای ایستگاه‌ها با استفاده از دو روش آزمون اسمیرونوف و جوینر مورد سنجش قرارگرفت که از بین ۷۸ ایستگاه مورد مطالعه، حداقل دمای ۱۹ ایستگاه دارای توزیع نابهنجار بودند که حداقل دمای این ایستگاه‌ها با توزیع نابهنجار، با آزمون ناعاملی دنیلس و حداقل دمای سالانه بقیه ایستگاه‌ها با آزمون عاملی tr مورد سنجش قرار گرفتند. در این پژوهش با توجه به ۲ آزمون(tr و دنیلس) به کاربرده شده بر روی تمامی ایستگاه های ایران، از بین ۷۸ ایستگاه، حداقل دمای ٢٦ ایستگاه که عبارتند از بردسیر، سقدار، اردبیل، آباده، بجنورد، دامنه فریدن، همگین، کاشان، پل زمانخان، اصفهان، قزوین، ارومیه، همدان نوژه، گرگان، سقز، زنجان، خوی، دزفول، کروندار، برازجان، برنیشابور، نصرت آباد، خوانسار، بیرجند، سنندج و اراک بدون الگوی روند هستند و میل تغییرات روند حداقل دمای ٤ ایستگاه شهرکرد، خرم آباد، بندر عباس و فسا به صورت نزولی بدست آمده است. میل تغییرات گرایش دار در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه که شامل ٤٨ است به صورت مثبت یا صعودی نشان داده شده است. بدین معنی که میزان حداقل دما در این نواحی در حال افزایش و گرمتر شدن است. همچنین سری حداقل دمای سالانه ۵۲ ایستگاه ایران با ضرایب مختلف آلفا مورد سنجش قرار گرفت و بهترین مدل برای سری حداقل دمای سالانه ایران با استفاده از ضریب نابرابری تایل پیشنهاد و حداقل دمای این ایستگاه‌ها با استفاده از این ضرایب و به کار بردن شیوه هولت، مورد تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی قرار گرفت. پیش بینی ها نشان می دهد که حداقل دمای در نواحی شمال‌غرب به میزان ۰/١٦ درجه سانتی گراد، غرب بین ۰/۰۲ تا ۰/۳۲ درجه یا به طور متوسط ۰/۱۷ درجه سانتی گراد، جنوب‌غرب بین ۰/۱۲ تا ۰/۲۷ درجه یا به طور متوسط ۰/۱۹ درجه سانتی گراد، شرق بین ۰/۲۷ تا ۰/٤٥ درجه

یا به طور متوسط ۰/۳٦ درجه سانتی گراد، جنوب بین ۰/۲۷- تا ۰/۲۸ درجه سانتی گراد، شمال بین ۰/۳۵- تا ۲/۲۸ درجه سانتی گراد، جنوب‌شرق بین ۰/۰۹ تا ۰/٤۷ درجه سانتی گراد و نواحی مرکزی بین ۰/۰۳ تا ۰/٦۷ درجه سانتی گراد افزایش خواهند داشت.

کتابنامه

جاوری، مجید؛ ۱۳۸۸. شیوه تجزیه و تحلیل کمی در اقلیم شناسی(باتاکید بر مدل های روند). چاپ اول. تهران: انتشارات پیام رسان.

جاوری، مجید؛ ۱۳۸۹. شیوه تجزیه و تحلیل کمی در اقلیم شناسی(باتاکید بر مدل های فصلی). چاپ اول. تهران: انتشارات پیام رسان..

جلالی، مسعود و حلیمه کارگر؛ ۱۳۹۰. تحلیل و مدلسازی آماری دمای ایستگاه بوشهر. مجله فضای جغرافیایی. شماره۳۹، ۱۷۳– ۱٤۹.

جهانبخش، سعید و سیما ترابی؛ ۱۳۸۳. بررسی و پیش بینی دما و بارش در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷٤، ۱۲۵– ۱۰٤.

صادقی عطاآبادی، فریبا؛ ۱۳۹۰. بررسی و مدلسازی روند بارش و اثرات آن در پهنه بندی خشکسالی اقلیمی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد کاربرد اقلیم در برنامه ریزی محیطی. دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان.

عساکره، حسین و محمدرضا کاویانی؛ ۱۳۸۰. بررسی و مدلسازی روند دماطی سده گذشته مطالعه موردی ایستگاه جاسک. مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان. شماره ۲۷ ، ۳۸–۱۹.

عساکره، حسین؛ ۱۳۸۰. کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای سالانه. مجله پژوهشی تحقیقات جغرافیایی. شماره ۸۷، ۲٦–۳.

علیجانی، بهلول؛ ۱۳۸۱. آب و هوای ایران. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.

مسعودیان، ابوالفضل؛ ۱۳۸۹. آب و هوای ایران. چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان.

مسعودیان، ابوالفضل؛ ۱۳۸٤. بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته. انتشارات پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ٥٤، ٤٥–۲۹.

موحدی، سعید و محمدرضا کاویانی و ابوالفضل مسعودیان؛ ۱۳۸٤. تغییرات زمانی و مکانی دمای مارون. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد ۱۸ شماره۱، ۲۸–۱۳.

نیرومند، حسین و ابوالقاسم بزرگ نیا؛ ۱۳۸٦. سری‌های زمانی. چاپ سوم، چاپ عمران و انتشارات دانشگاه پیام نور. تهران.

Alaei Taleghani, M., 2003. Geomorphology of Iran. Ghoomes Publishing Company Ltd.Tehran, Iran, 404pp.

Alijani, B., 2005. Climatology of Iran. Payamresan Publications of Tehran.

Asakareh, H., and Kaviani, M,. 2001. Study and Modeling of temperature trend during last decade (Case study on Jask station). Journal of Human Sciences of Isfahan University 27, 19-38.

Asakareh, H,. 2004. Application of Liner Regression in Analysis of Annual temperature. Journal of Geographical Researches 87, 3-26.

KleinTank, A.M.G,. and Nnen,G. P. KO., 2003. Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe 1946–99. Royal Netherlands Meteorological Institute. 3665-3680.

Dian J,G., and Rebecca J.R., 1998. Climatology and Trends of U.S. Surface Humidity and Temperature. Air Resources Laboratory. 818-828.

Free, M., 2011. The Seasonal Structure of Temperature Trends in the Tropical Lower Stratosphere. Journal of Climate 24, 859–866.

Guo, Y., and Yihui, D., 2012. Changes in the observed trends in extreme temperatures over China around 1990. Journal of Climate 22, 1037–1051.

Jahanbakhsh, s., and Torabi, S,. 2004. Study and forecast of temperature and rain in Iran. Journal of Geographical Researchs 74, 104-125.

Jalali, M., and Kargar, H,. 2011. Analysis and modeling for temperature of Bushehr station. Journal of Geographical Space 39, 149-173.

Javari, M., 2009. Methods of quantitative analysis in climatology(with emphasis on Trend models). Payamresan Publications.

Javari, M., 2010. Methods of quantitative analysis in climatology(with emphasis on Seasonal models). Payamresan Publications.

Kurbis, K., Mudelsee, M., Tetzlaff, G., and Brazdil, R., 2009. Trends in extremes of temperature, dew point, and precipitation from long instrumental series from central Europe. Theor Appl Climatol. 187-195.

Masoodian, A,. 2010. Climatology of Iran. Esfahan University Publications.

Masoodian, A,. 2008. Survey of Temperature Trend in Iran during last decade. Journal of Geographical Researchs 54, 29-45.

Movahedi, S.Kaviani, M., and Masoodian, A,. 2008. Temperature temporal and especial Changes in Maroon. Journal of Isfahan University 18, 13-28.

Niromand, H., and Bozorgnia, A,. 2010. Times Series. Payamenoor University of Tehran Publications.

Peterson., and Wallis., 2005. Trends in Middle East climate extreme indices from 1950-2003. Journal of Geophysical Reserch. 1-12.

Sadeghi Ataabady, F., 2011. Study and modeling of rainfall trend and its effects on the zonation of climatic drought in Iran. MS Thesis. Payamenoor University of Esfahan.

Zhang, X., Lucie, A., Vincent,W.D., Hogg and Ain, N., 2000. Temperature and Precipitation Trends in Canada during the 20th Century. Climate Research Branch, Meteorological Service of Canada. 395-417.

Zheng, X., Reid E., Basher., and Craigs, Thompson., 1996. Trend Detection in Regional-Mean Temperature Series: Maximum, Minimum, Mean, Diurnal Range, and SST. National Institute of Water and Atmospheric Research. 317-325.

Zheng, X., and Reid e. Basher., 1998. Structural times models and trend detection in global and regional temperature Series. National Institute of Water and Atmospheric Research. 2347-2357.