

بکارگیری مدل های آماری در شناسایی پدیده تغییر اقلیم (مطالعه موردی: ایستگاه های کرمان و بم)

دکتر هوشمند عطایی^۱، راضیه فنایی^۲، محمد علی رجایی ریزی^۳، مهدیه فاتحی^۴

۱- استادیار اقلیم شناسی دانشگاه پیام نور، گروه جغرافیا، تهران

۲- مدرس دانشگاه پیام نور مرکز اصفهان

۳- دکتری تخصصی جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور اصفهان

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت MBA دانشگاه تهران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات اقلیمی دو ایستگاه کرمان و بم به عنوان ایستگاه های منتخب استان کرمان صورت گرفته است. در این راستا از پارامترهای میانگین دمای خشک، دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای شبانه روزی، حداقل مطلق دما، حداکثر مطلق دما، میانگین رطوبت نسبی، حداکثر رطوبت نسبی، حداقل رطوبت نسبی و مجموع بارش در مقیاس ماهانه و سالانه طی مقطع زمانی ۱۹۵۷-۲۰۰۵ استفاده به عمل آمد. در ابتدا بهنجاری و همگنی داده های مورد استفاده توسط آزمون های اندرسون-دارلینگ و کای اسکور بررسی شد. سپس جهت داده های با توزیع نرمال، آزمون تابع خود همبستگی و جهت داده های با توزیع غیرنرمال، آزمون آماری-گرافیکی من-کندال بکار گرفته شد. در نهایت مدل تحلیلی روند به روش کمترین مربعات بر روی داده های با توزیع نرمال صورت پذیرفت. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که در ایستگاه کرمان با توجه به روندهای مشاهده شده در ماه هایی که از الگوهای روند پیروی می کردند؛ میانگین دمای خشک از روند کاهشی، حداکثر مطلق دما بدون روند و سایر عناصر دمایی از روند افزایشی برخوردار بوده اند. در عناصر رطوبتی نیز میانگین رطوبت نسبی و حداکثر رطوبت نسبی دارای روند افزایشی و حداقل رطوبت نسبی دارای روند کاهشی بوده است. در مقابل وجود روند افزایشی در عناصر دمایی و روند کاهشی در عناصر رطوبتی ایستگاه بم تأیید شد. کلید واژه ها: آزمون تابع خود همبستگی، آزمون من-کندال، تغییر اقلیم، دما، رطوبت نسبی، روند.

مقدمه

مسئله تغییر اقلیم که امروزه به عنوان یکی از شایع ترین مباحث علمی و حتی سیاسی-اجتماعی مطرح است، در واقع مسئله تازه ای نیست. اصولاً تغییر و حرکت جزء وجودی سامانه های طبیعی است. تغییرات مذکور غالباً چرخه ای و سیکلیک هستند. این چرخه ها بین آستانه های حداقل و حداکثر که در هر سامانه مقدار متفاوت دارد، نوسان می کنند. بر اساس بررسی های انجام گرفته، متوسط دمای کره زمین که هم اکنون حدود ۱۵ درجه سانتی گراد است، در طول دوره های گذشته بین ۵ تا ۱۰ درجه سانتی گراد سردتر نسبت به زمان کنونی نوسان داشته است. بنا بر اهمیتی که تغییر اقلیم بر ساختار محیطی کره زمین و ساکنین آن داشته و خواهد داشت، تلاش جهت شناخت هر چه

بیشتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری مسلم است (عزیزی، ۱۳۸۳: ص ۱). استفورد^۱ و همکاران (۲۰۰۰، ص ۳۶)، دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ۲۵ ایستگاه در آلاسکا را بررسی و نشان دادند در تمام ایستگاه ها دما روند افزایشی داشته است. یو^۲ و همکاران (۲۰۰۳، ص ۱۵)، روند دمای 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. هوث و پورکورنا^۳ (۲۰۰۴، ص ۱۰۷)، روندهای سالانه و فصلی ۱۰ پارامتر اقلیمی در جمهوری چک را بررسی و نتایج پژوهش آنها نشان می دهد که نتایج هر دو آزمون اختلاف بسیار اندکی دارد. گیورگی^۴ و لیونلو^۵ (۲۰۰۸: ص ۹۰)، در بررسی تغییر اقلیم ناحیه مدیترانه دریافتند حداکثر گرما در فصل تابستان می باشد. سای^۶ و همکاران (۲۰۱۰: ص ۲۴۱)، نوسانات دما، بارش و رطوبت فلات تبت را طی یک دوره ۳۵ ساله بررسی و بیان کردند هر سه پارامتر دارای روند افزایشی بوده است. شن^۷ و همکاران (۲۰۱۱)، به بررسی نوسانات دمای حداقل و حداکثر ایالات متحده طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۰۱ پرداختند و نتیجه گرفتند که هر دو پارامتر بین سال های ۱۹۶۰-۱۹۳۰ روند کاهشی و بین سال های ۲۰۰۰-۱۹۷۰ روند افزایشی داشته اند. فان و وانگ^۸ (۲۰۱۱: ص ۵۱۹)، دما و بارش چین را طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۵۹ بررسی و به این نتیجه دست یافتند که طی ۵۰ سال گذشته دما ۱/۲ درجه سلسیوس و بارش ۹۹/۲ میلی متر کاهش داشته است. کوثری^۹ و همکاران (۲۰۱۱: ص ۳۲۱)، تغییرات دما و بارش ایران را طی یک دوره ۵۵ ساله بررسی و به این نتیجه دست یافتند که دما روند افزایشی و بارش روند کاهشی داشته است. نتایج تحقیق ژوران و همکاران^{۱۰} (۲۰۱۲: ص ۵۶۹)، روند افزایشی در بارش را نشان داد در حالی که هیچ روند افزایشی در شدت حوادث بارش شدید مشاهده نشده است. ژانگ و همکاران^{۱۱} (۲۰۱۲: ص ۸۶)، تغییرات زمانی - مکانی بارش را طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۵۶ بررسی کردند. نتایج نشان می دهد که در فصول بهار و پاییز، کاهش بارش و در فصل زمستان افزایش بارش غالب است. مسعودیان (۱۳۸۳: ص ۸۹)، روند دمای ایران را در نیم سده گذشته بررسی و به این نتیجه دست یافت که در نیم سده گذشته دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ایران به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش داشته است. عزیزی و روشنی (۱۳۸۷: ص ۱۳)، در مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به این نتیجه رسیدند که زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و در اکثر ایستگاه ها دمای حداقل روند مثبت و دمای حداکثر روند منفی داشته است. گندمکار (۱۳۸۷)، در بررسی روند تغییرات بارش ۵۰ سال اخیر در شهرکرد به این نتیجه دست یافت که در طی دوره مورد مطالعه روند تغییرات بارش معنی دار نبوده است. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۹)،

^۱- Stafford

^۲- Yue

^۳-Huth & Pokorna

^۴- Giorgi

^۵- Lionello

^۶- Xie

^۷- Shen

^۸- Fan & Wang

^۹- Kousari

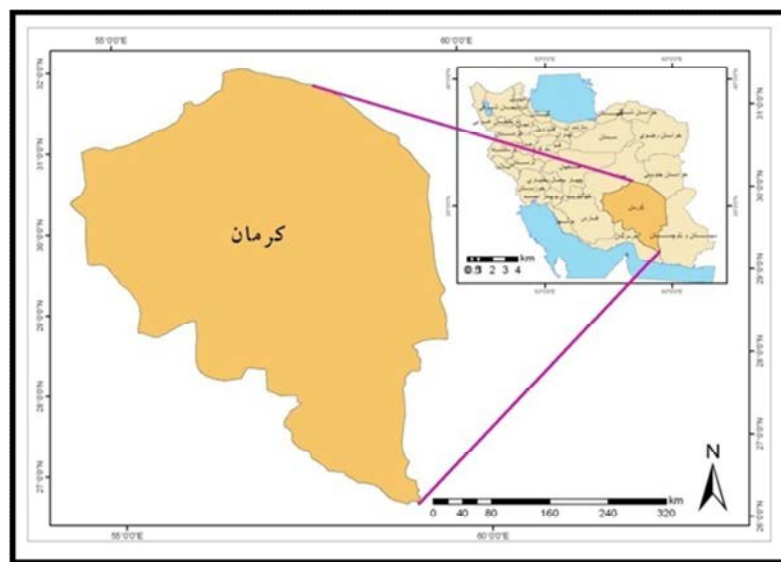
^{۱۰}- Zhuoran

^{۱۱}- Zhang

در بررسی تغییرات دما و بارندگی در حوضه کرخه به این نتیجه رسیدند که بارش در اکثر زیر حوضه های منطقه روند کاهشی و دما روند افزایشی دارد. عساکره (۱۳۸۹: ص ۱۱)، چرخه های میانگین دمای سالانه زنجان را بررسی و به این نتیجه دست یافت که دمای زنجان دارای چرخه ۲/۵ ساله است. منتظری و غیور (۱۳۸۹)، در تحلیل مقایسه ای روند بارش و خشکسالی حوضه خزر، زیر حوضه های خزر را از نظر اقلیمی به ۴ قلمرو تفکیک کردند. عطایی و فنایی (۱۳۹۰: ص ۸۶)، روند تغییرات دما و بارش شیراز را بررسی و به این نتیجه رسیدند بارش شیراز بدون روند و دمای آن دارای روند صعودی می باشد. عساکره (۱۳۹۱: ص ۵۱)، بارش های فرین شهر زنجان را با استفاده از توزیع فرین تعمیم یافته (GEV) تحلیل و نشان داد اوصاف بارش بیشینه و پنج بارش بزرگ از ایستایی بیشتری نسبت به شاخص های دیگر برخوردارند. عطایی و فنایی (۱۳۹۲: ص ۱۶۷)، در بررسی تغییرات زمانی - مکانی دمای شبانه استان اصفهان دریافتند طی دوره آماری مورد مطالعه در تمام ماههای سال روند افزایشی بر روند کاهشی غلبه داشته و دمای شبانه این استان ۲/۶ درجه سانتی گراد افزایش داشته است. عطایی و فنایی (۱۳۹۳: ص ۱۰۵)، در بررسی روند دمای روزانه استان اصفهان دریافتند طی نیم قرن گذشته ماه آوریل از بیشترین روند کاهشی و ماه ژوئن از بیشترین روند افزایشی برخوردار بوده است.

داده ها و روش ها

استان کرمان با مساحت ۱۸۱۷۱۴ کیلومتر مربع در جنوب شرقی فلات مرکزی و بین ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی قرار دارد. این استان از شمال به استان های خراسان جنوبی و یزد، از شرق به استان سیستان و بلوچستان، از غرب به فارس و از جنوب به جیرفت محدود می شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان کرمان

بررسی و مطالعه تغییر اقلیم مستلزم استفاده از آمار بلند مدت می باشد. در پژوهش حاضر جهت بررسی تغییر اقلیم در استان کرمان از داده های ماهانه دو ایستگاه کرمان و بم که دارای آمار طولانی مدت بودند به عنوان ایستگاه های منتخب استان استفاده شد. در این راستا پارامترهای میانگین دمای خشک، میانگین دمای حداقل، میانگین دمای

حداکثر، میانگین دمای شبانه روزی، میانگین حداقل مطلق دما، میانگین حداکثر مطلق دما، میانگین رطوبت نسبی، میانگین رطوبت نسبی حداکثر، میانگین رطوبت نسبی حداقل و مجموع بارش در مقیاس ماهانه و سالانه طی دوره آماری ۱۹۵۷-۲۰۰۵ انتخاب گردید. لازمه هر گونه مطالعات اقلیمی در ابتدا سنجش داده ها از نظر بهنجاری و همگنی می باشد. لذا در این پژوهش از آزمون های اندرسون- دارلینگ و کای اسکور جهت بررسی بهنجاری و همگنی داده ها بهره گرفته شد. سپس جهت داده های با توزیع نرمال از آزمون پارامتری تابع خودهمبستگی و جهت داده های با توزیع غیرنرمال از آزمون آماری من- کندال استفاده گردید. سپس با توجه به این که آزمون تابع خود همبستگی فقط وجود یا عدم وجود روند را مشخص می نماید و همانند آزمون من-کندال نوع روند را مشخص نمی نماید؛ مدل تحلیلی روند به روش کمترین مربعات به کار گرفته شد تا نوع روند داده های پارامتری نیز مشخص گردد. در ادامه جهت داده های با توزیع نرمال نمودارهای تابع خود همبستگی و جهت داده های با توزیع غیرنرمال آزمون گرافیکی من-کندال ترسیم گردید. به این ترتیب تغییرات جزئی و کوتاه مدت نیز در عناصر اقلیمی ایستگاه های مورد مطالعه شناسایی و بررسی شد.

آزمون تابع خود همبستگی

تابع خود همبستگی رابطه خطی موجود میان مشاهدات سری زمانی که با K وقفه زمانی از هم جدا شده اند را اندازه گیری می کند (عساکره، ۱۳۸۳: ۱۴۶). $r(k)$ همیشه بین +۱ و -۱ می باشد. مقدار همبستگی در تأخیرهای مختلف به وسیله نمودار همبستگی نگار^۱ نشان داده می شوند (کاوایانی و عساکره، ۱۳۸۴: ۱۴۷). وقتی استقلال در یک سری زمانی وجود دارد ضریب همبستگی بین یک سری به طور متوالی مورد توجه قرار می گیرد. وقتی ضرایب خود همبستگی را در وقفه های مختلف اندازه گیری و ترسیم کنند، معمولاً تابع خود همبستگی مشخص می شود. برای محاسبه آن از رابطه (۱) استفاده می گردد (جاوری، ۱۳۸۸: ۷۳):

$$r_k = \frac{\sum (Y_{t-k} - \bar{Y})(Y_t - \bar{Y})}{\sum (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

قاعده تصمیم گیری در این پژوهش: $H_0 \text{ if } |r_k| > 0 / 28$

آزمون آماری-گرافیکی من- کندال

این آزمون برای تعیین تصادفی بودن و روند در سری ها استفاده می شود. در صورت وجود روند، داده ها غیرتصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده ها از رابطه (۲) استفاده می شود (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (2)$$

^۱- Correlogram

T آماره من کندال و P مجموع تعداد رتبه های بزرگتر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می گیرند و از رابطه (۳) به دست می آید:

$$p = \sum_{i=1}^{N-1} n_i \quad (3)$$

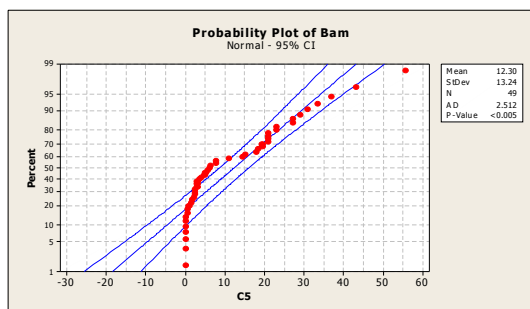
آزمون معنی داری آن از رابطه (۴) قابل محاسبه می باشد:

$$(T)_t = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (4)$$

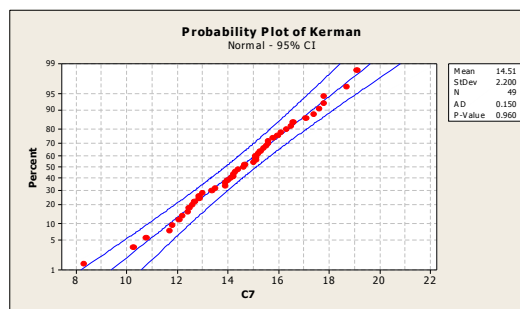
در این پژوهش tg برابر با مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد (Z) بر اساس احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می باشد. با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده در سطح ۹۵ درصد اگر $(T)_t > T > -(T)_t$ یعنی $0.19 > T > -0.19$ باشد، هیچ گونه روندی در سری ها مشاهده نمی شود و سری ها تصادفی هستند و اگر $(T)_t < -T < -(T)_t$ یعنی $T < -0.19$ شد روند منفی در سری ها و اگر $(T)_t > T > (T)_t$ یعنی $T > 0.19$ باشد روند مثبت در سری ها غالب خواهد بود.

بحث

سنجش بهنجاری و همگنی بر روی تمام پارامترهای مورد مطالعه در مقیاس ماهانه انجام پذیرفت. بررسی های به عمل آمده نشان داد که تمامی پارامترها از شرایط همگنی برخوردار می باشند. در رابطه با سنجش بهنجاری، هر دو شرایط نرمال و غیرنرمال مشاهده گردید؛ به گونه ای که تعدادی از پارامترها و ماهها از شرایط نرمال و تعدادی دیگر از پارامترها و ماهها از شرایط غیرنرمال برخوردار بودند. در شکل (۲) نمونه ای از توزیع نرمال داده ها و در شکل (۳) نمونه ای از توزیع غیر نرمال داده های توسط آزمون اندرسون-دارلینگ ارائه گردیده است.



شکل ۳- نمونه ای از توزیع غیرنرمال داده ها



شکل ۲- نمونه ای از توزیع نرمال داده ها

بررسی های روند میانگین دمای خشک در ایستگاه کرمان نشان داد که طبق آزمون تابع خود همبستگی ماه های مارس با ۰/۴۵، ژولای با ۰/۳۲ و اکتبر با ۰/۵۱ با توجه به وقفه ۳ دارای روند و قابل محاسبه با مدل های گرایش دار و سایر ماهها فاقد روند و غیر قابل محاسبه با مدل های گرایش دار می باشند (جدول ۱). در پارامتر میانگین دمای حداقل ماه های ژولای، سپتامبر، اکتبر و دسامبر طبق آزمون من-کندال از روند افزایشی و داده های سالانه طبق وقفه ۳ در آزمون تابع خود همبستگی از روند برخوردار می باشند. پارامتر میانگین دمای حداکثر در ماه های آوریل و نوامبر روند افزایشی را نشان دادند. در مقیاس سالانه نیز با توجه به وقفه ۳ در آزمون تابع خود همبستگی سری با ۹۵ درصد اطمینان دارای روند بوده است. ماه های آوریل، اکتبر و نوامبر نیز به ترتیب با مقادیر ۰/۲۳، ۰/۱۹،

و ۰/۳۵ وجود روند افزایشی را در میانگین دمای شبانه روزی تأیید کردند. ماههای مارس، دسامبر و مقادیر سالانه نیز با توجه به وقفه ۳ آزمون تابع خود همبستگی در سطح ۹۵ درصد دارای روند بوده اند. پارامتر میانگین حداقل دمای مطلق نیز در ماه های نوامبر و دسامبر به ترتیب با ۰/۱۹ و ۰/۲۵ توسط آزمون من- کندال روند افزایشی را نشان داده و در سایر ماه ها فاقد هر گونه روند بوده اند (جدول ۱). بررسی های روند پارامتر میانگین حداکثر مطلق دما با استفاده از آزمون من- کندال حاکی از آن بود که تمام طی دوره آماری مورد مطالعه بدون روند بوده اند. بررسی های روند پارامترهای رطوبت نسبی نیز بیانگر آن است که میانگین رطوبت نسبی در مقیاس سالانه و میانگین رطوبت نسبی حداکثر در ماه مارس با توجه به وقفه ۳ آزمون تابع خود همبستگی دارای روند بوده اند. در پارامتر میانگین رطوبت نسبی حداقل ماه فوریه طبق نتایج آزمون من - کندال از روند کاهشی برخوردار بوده است. در پارامتر بارش ماههای مه تا اکتبر طبق آزمون من - کندال از روند کاهشی و سایر ماهها فاقد هر گونه روند بوده اند.

جدول ۱- نتایج ماهانه و سالانه آماره های تابع خود همبستگی و من- کندال در ایستگاه کرمان

ماه	میانگین دمای خشک	میانگین دمای حداقل	میانگین دمای حداکثر	دمای شبانه روزی	حداقل مطلق دما	حداکثر مطلق دما	میانگین رطوبت نسبی	رطوبت نسبی حداکثر	رطوبت نسبی حداقل	بارش
ژانویه	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۲	۰/۰۳۷	۰/۱۴	-۰/۱۸	-۰/۰۴
فوریه	۰/۰۰۵	۰/۲۱	-۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۱۸	-۰/۱۹*	-۰/۰۳
مارس	۰/۴۵*	۰/۱۳	۰/۲۷	۰/۲۸*	۰/۱۶	-۰/۰۱	۰/۳۰	۰/۳۵*	-۰/۰۱	۰/۰۰۶
آوریل	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۲۵*	۰/۲۲*	-۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۴	-۰/۱۷	-۰/۱۶
مه	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۴	۰	-۰/۰۲	۰/۱۷	-۰/۰۷	-۰/۱۵	-۰/۳۳*
ژوئن	-۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۱۱	-۰/۰۱	-۰/۵۶*
ژولای	۰/۳۲*	۰/۲۲*	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۱۸	-۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۱۶	-۰/۵۴*
آگوست	-۰/۱۲	۰/۱۱	-۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۳	-۰/۶*
سپتامبر	-۰/۰۹	۰/۲۰*	-۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۹	-۰/۰۰۱	-۰/۰۵	۰/۱۳	-۰/۶*
اکتبر	۰/۵۱	۰/۲۲*	۰/۱	۰/۱۹*	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۳۲*
نوامبر	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۶*	۰/۳۵*	۰/۱۹*	۰/۱۴	-۰/۰۱	۰/۲۰	-۰/۰۸	-۰/۱۴
دسامبر	۰/۰۵	۰/۳۷*	۰/۰۶	۰/۳۲*	۰/۲۵*	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۰۴
سالانه	-۰/۰۳	۰/۳۷*	۰/۳۱*	۰/۴۲*	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۲۸*	۰/۰۶	-۰/۱۵	-۰/۱۱

نکته: خانه های خاکستری رنگ متعلق به داده های نرمال بوده و توسط آزمون تابع خود همبستگی محاسبه شده است

* معنی داری در سطح ۹۵ درصد

بررسی های روند عناصر اقلیمی ایستگاه بم نشان داد که در رابطه با عناصر دمایی، میانگین دمای خشک این ایستگاه در ماه های آوریل، ژولای، آگوست، نوامبر و همچنین مقیاس سالانه به ترتیب با مقادیر ۰/۱۹، ۰/۲۲، ۰/۲۰، ۰/۲۳ و ۰/۲۸ طبق آزمون من - کندال از روند افزایشی برخوردار بوده است (جدول ۲). در میانگین دمای حداقل این ایستگاه نیز در ماه های ژانویه، آوریل، ژوئن، ژولای، آگوست، اکتبر، نوامبر و سالانه روند افزایشی مشاهده شده است. ماه های ژوئن، ژولای، سپتامبر و مقادیر سالانه نیز در پارامتر میانگین دمای حداکثر از روند افزایشی برخوردار بوده اند. میانگین دمای شبانه روزی هم در ماه های ژوئن با ۰/۳۹، ژولای با ۰/۴۲ و نوامبر با ۰/۲۹ طبق آزمون من

– کندال از روند افزایشی برخوردار بوده اند. در مقیاس سالانه نیز با توجه به وقفه ۳ در آزمون تابع خود همبستگی می توان بیان نمود که با احتمال ۹۵ درصد اطمینان سری به طور کامل خود همبستگی دارد و با مدل های گرایش دار قابل محاسبه می باشد. پارامتر حداقل مطلق دما نیز در ماه های مه، ژولای و آگوست از روند افزایشی برخوردار و در سایر ماه ها فاقد روند بوده است. در پارامتر حداکثر مطلق دمای این ایستگاه تنها در ماههای آوریل و نوامبر روند افزایشی توسط آزمون من – کندال و با مقدار ۰/۲۱ و ۰/۲۳ تأیید می شود و سایر ماه های توسط آزمون مذکور فاقد روند نشان داده شد. بررسی عناصر رطوبتی این ایستگاه نیز حاکی از آن است که طبق آزمون من – کندال میانگین رطوبت نسبی در تمام ماه ها از روند کاهشی و میانگین رطوبت نسبی حداکثر نیز توسط همین آزمون در ماه ای مارس تا دسامبر و همچنین در مقیاس سالانه از روند کاهشی برخوردار بوده است. میانگین رطوبت نسبی حداقل نیز در ماه دسامبر فاقد روند و در ماههای مارس و سپتامبر با توجه به آزمون تابع خود همبستگی در وقفه ۳ با احتمال ۹۵ درصد از روند برخوردار بوده و قابل تحلیل با مدل های گرایش دار می باشد. سایر ماه ها نیز با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون من – کندال از روند کاهشی برخوردار بوده اند. در پارامتر بارش نیز طبق نتایج به دست آمده از آزمون من – کندال روند کاهشی در ماه های ژوئن تا نوامبر و عدم روند در سایر ماه ها تأیید می گردد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج ماهانه و سالانه آماره های تابع خود همبستگی و من- کندال در ایستگاه بم

ماه	میانگین دمای خشک	میانگین دمای حداقل	میانگین دمای حداکثر	دمای شبانه روزی	حداقل مطلق دما	حداکثر مطلق دما	میانگین رطوبت نسبی	رطوبت نسبی حداکثر	رطوبت نسبی حداقل	بارش
ژانویه	۰/۱۳	۰/۲۵*	۰/۰۰۵	۰/۱۲	۰/۰۶	-۰/۰۸	-۰/۳۵*	۰/۰۹۹	-۰/۴۹*	-۰/۰۶
فوریه	-۰/۰۲۴	۰/۱۴	-۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۴*	۰/۱۴	-۰/۵۶*	-۰/۰۲
مارس	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۱۱	-۰/۰۴	-۰/۴*	-۰/۲۶*	۰/۲۸*	-۰/۰۵
آوریل	۰/۱۹*	۰/۴۱*	۰/۶	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۲۱*	-۰/۵۱*	-۰/۴۶*	-۰/۶۱*	-۰/۱۸
مه	۰/۱	۰/۲۷	۰/۱۰۵	۰/۱۸	۰/۲۷*	۰	-۰/۵۹*	-۰/۵۶*	-۰/۶۵*	-۰/۱۶
ژوئن	۰/۱۵	۰/۴۷*	۰/۲۵*	۰/۳۹*	۰/۱۶	۰/۱۷	-۰/۵۷*	-۰/۵۲*	-۰/۶۵*	-۰/۵۱*
ژولای	۰/۲۲*	۰/۵۰*	۰/۲۸*	۰/۴۲*	۰/۳۳*	۰/۰۳	-۰/۵۸*	-۰/۵۳*	-۰/۶۵*	-۰/۶۶*
آگوست	۰/۲۰*	۰/۴۴*	۰/۰۱۳	۰/۱۹	۰/۳۰*	۰/۰۳	-۰/۶*	-۰/۵۴*	-۰/۶۷*	-۰/۷۴*
سپتامبر	۰/۰۲۷	۰/۲۳	۰/۲۱*	۰/۰۲۴	۰/۱۸	-۰/۰۲	-۰/۶۴*	-۰/۵۲*	۰/۶۱*	-۰/۱۸*
اکتبر	۰/۰۷	۰/۳۳*	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۰۲	-۰/۵۲*	-۰/۴۱*	-۰/۵۸*	-۰/۴۳*
نوامبر	۰/۲۳*	۰/۴۳*	۰/۱۴	۰/۲۹*	۰/۱۱	۰/۲۳*	-۰/۴۱*	-۰/۳۳*	-۰/۵۵*	-۰/۳۹*
دسامبر	۰/۱۴	۰/۲۱	-۰/۱۲	-۰/۰۰۵	۰/۱۹	۰/۱۱	-۰/۳۲*	-۰/۲۵*	۰/۲۲*	-۰/۱۸
سالانه	۰/۲۸*	۰/۶۲*	۰/۲۶*	۰/۴۲*	۰/۰۷	۰/۱۵	-۰/۶۷*	-۰/۵۹*	-۰/۷۶*	-۰/۰۷

نکته: خانه های خاکستری رنگ نرمال بوده و توسط آزمون تابع خود همبستگی محاسبه شده است

* معنی داری در سطح ۹۵ درصد

در ادامه جهت ماه های روند دار مدل تحلیل روند جهت تعیین نوع روند رخ داده انجام پذیرفت. در مدل تحلیل روند تنها ماه هایی که از شرایط نرمال برخوردار بودند و آزمون تابع خود همبستگی بر روی آنها صورت گرفت جهت تعیین نوع روند آنها وارد مدل می شوند. لذا با توجه به این که آزمون من - کندال علاوه بر وجود روند، نوع روند به وقوع پیوسته را نیز مشخص می کند، نیازی به وارد کردن داده های غیرنرمال در این مدل نیست. نتایج بررسی های به عمل آمده از مدل تحلیل روند به روش کمترین مربعات در زیر حاکی از آن است که در ایستگاه کرمان، میانگین دمای خشک این ایستگاه طی ماه های مارس، ژولای و اکتبر از روند کاهشی برخوردار بوده است. در مقابل میانگین دمای حداقل و حداکثر سالانه این ایستگاه دارای روند افزایشی بوده است. در میانگین دمای شبانه روزی در ماه های مارس، دسامبر و همچنین داده های سالانه نیز روند افزایشی مشاهده شده است. تغییرات میانگین رطوبت نسبی در مقیاس سالانه و حداکثر رطوبت نسبی در ماه مارس نیز حاکی از روند افزایشی در این ماه ها می باشد. در ایستگاه بم میانگین دمای شبانه روزی سالانه این ایستگاه از روند افزایشی و میانگین رطوبت نسبی حداقل آن در ماه های مارس و سپتامبر از روند کاهشی برخوردار بوده است.

$$T \text{ Bulb mar keramn} = 12/5 - 0/0273 t$$

$$T \text{ Bulb jul keramn} = 29/2 - 0/0210 t$$

$$T \text{ Bulb oct keramn} = 17/8 - 0/0245$$

$$T \text{ Min annual keramn} = 5/67 + 0/0378 t$$

$$T \text{ Max annual keramn} = 23/9 + 0/0295 t$$

$$T \text{ Daily mar keramn} = 10/9 + 0/0049 t$$

$$T \text{ Daily dec keramn} = 3/97 + 0/0712 t$$

$$T \text{ Daily annual keramn} = 14/8 + 0/0331 t$$

$$\text{Mean Hum annual keramn} = 32/3 + 0/0136 t$$

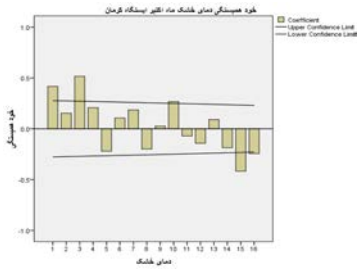
$$\text{Max Hum mar keramn} = 60/4 + 0/176 t$$

$$T \text{ Daily annual Bam} = 21/8 + 0/0444 t$$

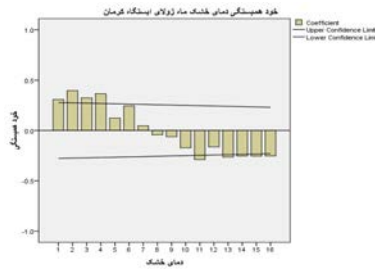
$$\text{Min Hum mar Bam} = 32/4 - 0/311 t$$

$$\text{Min Hum sep Bam} = 23/6 - 0/298 t$$

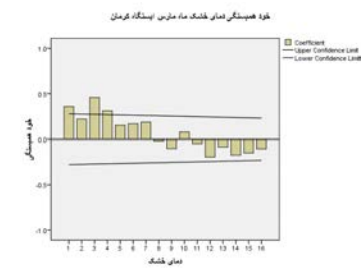
در ادامه نمودار تابع خود همبستگی جهت داده هایی که از توزیع نرمال برخوردار بودند و آزمون گرافیکی من - کندال بر روی داده هایی که از توزیع غیرنرمال برخوردار بودند ترسیم گردید. یافته های حاصل از ترسیم نمودارهای تابع خود همبستگی ایستگاه کرمان حاکی از آن است که در میانگین دمای خشک در ماه مارس میزان خود همبستگی در وقفه اول، سوم و چهارم معنی دار و مثبت است و چون تابع خود همبستگی در وقفه سوم بیش از وقفه های دیگر از نایستایی متأثر می شود؛ بنابراین به بهترین وجهی قادر به ارایه روند می باشد (شکل ۴). در ماه ژولای در وقفه های اول تا چهارم خود همبستگی معنی دار و مثبت در وقفه های یازده و سیزده تا شانزده خود همبستگی معنی دار و منفی قابل مشاهده می باشد (شکل ۵). در ماه اکتبر در وقفه های اول، سوم و دهم خود همبستگی معنی دار و مثبت و در وقفه های پانزدهم و شانزدهم خود همبستگی معنی دار و منفی می باشد. لذا در وقفه سوم بیش از سایر وقفه ها از نایستایی برخوردار می باشد (شکل ۶).



شکل ۶-دمای خشک ماه اکتبر کرمان

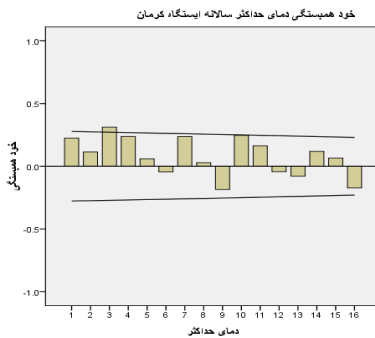


شکل ۵-دمای خشک ماه ژوئای کرمان

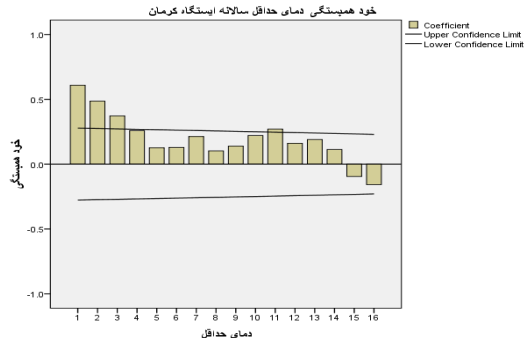


شکل ۴-دمای خشک ماه مارس کرمان

در پارامتر میانگین دمای حداقل سالانه در وقفه اول تا چهارم و وقفه یازدهم روابط خود همبستگی معنی دار و مثبت برقرار می باشد. لذا در وقفه اول بیش از سایر وقفه ها شرایط نایستایی مشاهده می گردد(شکل ۷). میانگین دمای حداکثر سالانه در وقفه های سوم و دهم از شرایط خود همبستگی معنی دار و مثبت برخوردار می باشد(شکل ۸).

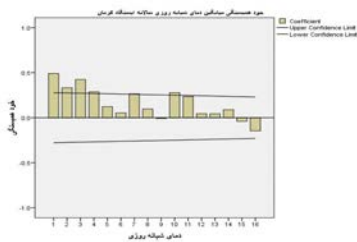


شکل ۸-دمای حداکثر سالانه ایستگاه کرمان

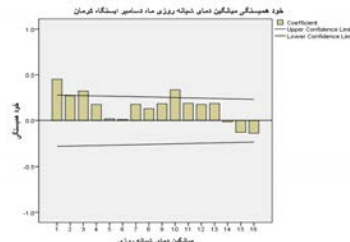


شکل ۷-دمای حداقل سالانه ایستگاه کرمان

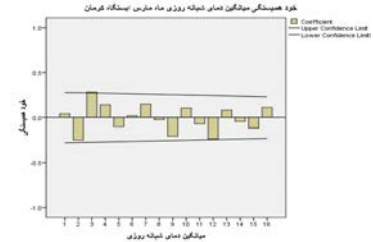
در میانگین دمای شبانه روزی طی ماه مارس در وقفه سوم خود همبستگی معنی دار مثبت و در وقفه دوازدهم خود همبستگی معنی دار منفی مشاهده شده است(شکل ۹). در ماه دسامبر هم در وقفه های اول، سوم و دهم خود همبستگی معنی دار و مثبت برقرار می باشد؛ لذا در وقفه اول بیش از سایر وقفه ها شرایط نایستایی مشاهده شده است(شکل ۱۰). در مقیاس سالانه نیز در وقفه اول تا چهارم، هفتم، دهم و یازدهم شرایط خود همبستگی معنی دار و مثبت حاکم می باشد(شکل ۱۱).



شکل ۱۱-دمای شبانه روزی سالانه کرمان

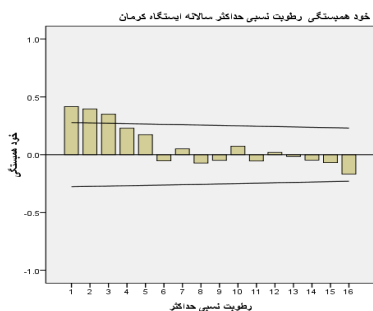


شکل ۱۰-دمای شبانه روزی دسامبر کرمان

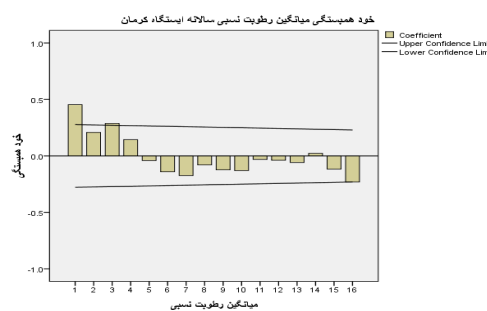


شکل ۹-دمای شبانه روزی ماه مارس کرمان

در میانگین رطوبت نسبی سالانه در وقفه اول و سوم خود همبستگی معنی دار و مثبت و در وقفه شانزدهم خود همبستگی معنی دار و منفی مشاهده شده است (شکل ۱۲). میانگین رطوبت نسبی حداکثر سالانه نیز در وقفه اول تا سوم وجود خود همبستگی معنی دار و مثبت تأیید می شود (شکل ۱۳).

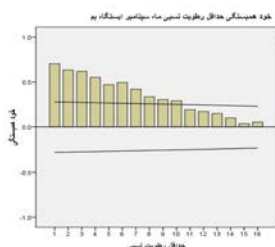


شکل ۱۳- رطوبت نسبی حداکثر سالانه ایستگاه کرمان

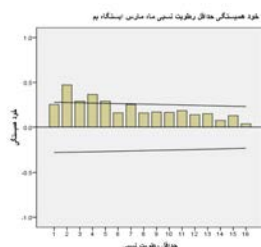


شکل ۱۲- میانگین رطوبت نسبی سالانه ایستگاه کرمان

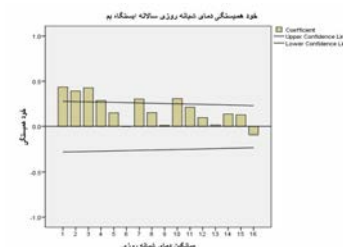
در ایستگاه بم میانگین دمای شبانه روزی این ایستگاه در مقیاس سالانه در وقفه های اول تا چهارم، هفتم و دهم خود همبستگی معنی دار و مثبت مشاهده شده است (شکل ۱۴). میانگین حداقل رطوبت نسبی نیز در ماه مارس در وقفه های دوم تا پنجم و نیز در وقفه های هفتم شرایط خود همبستگی معنی دار و مثبت وجود داشته است. لذا در وقفه دوم بیش از سایر وقفه ها از شرایط ناپایستایی برخوردار بوده است (شکل ۱۵). در ماه سپتامبر نیز در وقفه های اول تا دهم شرایط خود همبستگی معنی دار و مثبت برقرار بوده است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- حداقل رطوبت نسبی سپتامبر بم



شکل ۱۵- حداقل رطوبت نسبی مارس بم



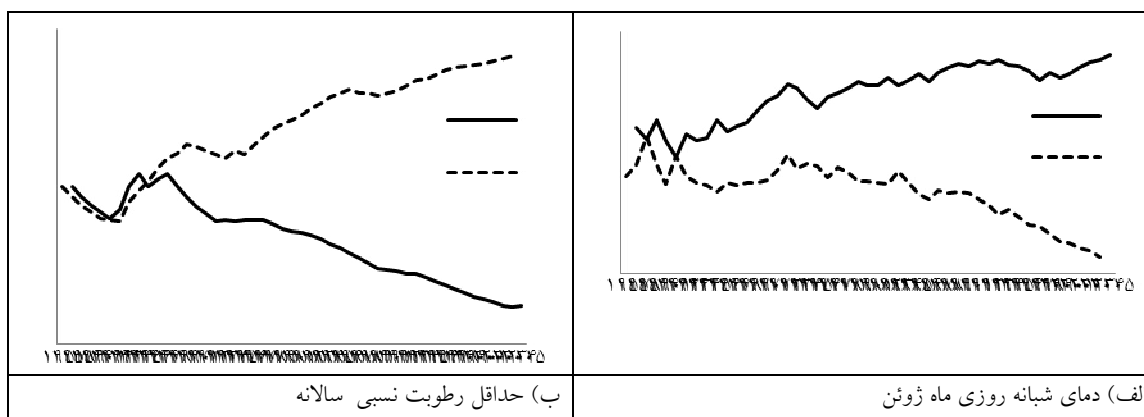
شکل ۱۴- دمای شبانه روزی سالانه بم

با توجه به این که تعداد نمودارهای ترسیم شده توسط آزمون گرافیکی من - کندال فوق العاده زیاد و خارج از حجم این مقاله بود، لذا تنها نمونه ای از نمودارهای ترسیم شده ارائه شده است. طبق شکل (۱۷) در ماه دسامبر میانگین حداقل مطلق دمای کرمان دو دوره تغییرات را همراه داشته است. دوره اول از سال ۱۹۶۰ آغاز و تا سال ۱۹۷۵ ادامه داشته و به صورت تغییرات تصادفی کاهش یافته همراه بوده است. دوره دوم از سال ۱۹۷۵ شروع و به صورت تغییرات تصادفی افزایشی ظاهر شده است. در پارامتر میانگین دمای حداکثر طی ماه نوامبر تغییرات از سال ۱۹۵۹ و به صورت تغییرات تصادفی افزایشی آغاز شده و پس از یکسری نوسانات پی در پی از سال ۱۹۷۹ کاملاً به صورت افزایشی آشکار گردیده است.



شکل ۱۷- نمونه ای از نمودارهای من- کندال ایستگاه کرمان

با استنباط از شکل (۱۸) میانگین دمای شبانه روزی ایستگاه بم در ماه ژوئن از سال ۱۹۶۲ تغییرات تصادفی افزایشی آن آغاز و با شیب ملایمی تا سال ۲۰۰۵ همچنان ادامه داشته است. همچنین پارامتر میانگین رطوبت نسبی حداقل سالانه ایستگاه بم از سال ۱۹۶۶ همراه با شروع تغییرات تصادفی به صورت کاهشی بوده که با شیب تندی همچنان تا سال ۲۰۰۵ ادامه داشته است.



شکل ۱۸- نمونه ای از نمودارهای من- کندال ایستگاه بم

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر روند عناصر اقلیمی استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا ایستگاه های کرمان و بم به دلیل داشتن آمار بلند مدت به عنوان ایستگاه های منتخب استان انتخاب و روند تغییرات عناصر اقلیمی میانگین دمای خشک، میانگین دمای حداقل، میانگین دمای حداکثر، میانگین دمای شبانه روزی، میانگین حداقل مطلق دما، میانگین حداکثر مطلق دما، میانگین رطوبت نسبی، میانگین حداکثر رطوبت نسبی، میانگین حداقل رطوبت نسبی و مجموع بارش در این دو ایستگاه مورد تجزیه و تحلیل واقع شد. با توجه به وجود داده های نرمال و غیرنرمال در هر دو ایستگاه از آزمون های تابع خود همبستگی به عنوان نماینده آزمون های پارامتری و من- کندال به عنوان نماینده آزمون های ناپارامتری به منظور بررسی روند استفاده گردید. یافته های حاصل شده از بررسی روند عناصر اقلیمی ایستگاه کرمان بیانگر آن است که در رابطه با عناصر دمایی، میانگین دمای خشک این ایستگاه در ماههای مارس، ژولای و اکتبر از روند کاهشی برخوردار و در سایر ماهها فاقد روند بوده است. در مقابل میانگین دمای حداقل، میانگین دمای حداکثر، میانگین دمای شبانه روزی و میانگین حداقل مطلق دما در ماههایی که وجود روند در آنها

تأیید شده است از روند افزایشی برخوردار بوده و در سایر ماه ها بدون روند بوده اند. شایان ذکر است، در بین عناصر دمایی، پارامتر میانگین حداکثر مطلق دما در تمام ماه ها فاقد هر گونه روند بوده است. در رابطه با عناصر رطوبتی این ایستگاه می توان بیان نمود که پارامتر میانگین رطوبت نسبی در مقیاس سالانه و میانگین حداکثر رطوبت نسبی در ماه مارس دارای روند افزایشی بوده اند. در مقابل وجود روند کاهشی در میانگین حداقل رطوبت نسبی در ماه فوریه و مجموع بارش طی ماههای مه تا اکتبر تأیید شده است. بررسی های به عمل آمده از روند عناصر اقلیمی ایستگاه بم نیز حاکی از آن است که تمامی عناصر دمایی این ایستگاه در ماه هایی که از الگوهای روند تبعیت می کردند، از روند افزایشی و تمام عناصر رطوبتی این ایستگاه در ماه هایی که دارای روند مشاهده شده اند از روند کاهشی برخوردار بوده اند. در مجموع وجود روندهای افزایشی دما و کاهشی رطوبت نسبی در ایستگاه بم بیش از ایستگاه کرمان مشاهده شده و ماه های بیشتری وجود روندهای افزایشی و کاهشی را در این ایستگاه تأیید کرده است. با توجه به نتایج حاصل شده از آزمون گرافیکی من- کندال بر روی داده های غیرنرمال، وجود تغییرات تصادفی افزایشی در عناصر دمایی و تغییرات تصادفی کاهشی در عناصر رطوبتی هر دو ایستگاه مشخص گردید. طبق نمودارهای خود همبستگی ترسیم شده، در کلیه ماه های نرمال رونددار خود همبستگی های کامل و معنی دار مثبت و منفی با وقفه های متفاوت در هر دو ایستگاه مشاهده شد.

منابع

- ۱- جاوری، مجید، ۱۳۸۸، شیوه های تجزیه و تحلیل کمی در اقلیم شناسی با تأکید بر مدل های روند، انتشارات پیام رسان، چاپ اول، تهران، صص ۱۶۶.
- ۲- جهانبخش، سعید، رحیمی، سیما، حسینی، عباس، رضایی، سمیه، خوش زمان، تورج، ۱۳۸۹، بررسی تغییرات بارندگی و دما در حوزه کرخه، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان.
- ۳- عزیزی، قاسم، ۱۳۸۳، تغییر اقلیم، انتشارات قومس، چاپ اول، صص ۲۶۴.
- ۴- عزیزی، قاسم، روشنی، محمود، ۱۳۸۷، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی خزر به روش من-کندال، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۲۸-۱۳.
- ۵- عطایی، هوشمند، فنایی، راضیه، ۱۳۹۲، بررسی روند تغییرات زمانی- مکانی دمای شبانه استان اصفهان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۱۱، صص ۱۸۲-۱۶۷.
- ۶- عطایی، هوشمند، فنایی، راضیه، ۱۳۹۳، آشکارسازی ساختار روند میانگین دمای روزانه استان اصفهان طی نیم قرن اخیر، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۵، پیاپی ۵۵، شماره ۳، صص ۱۱۸-۱۰۵.
- ۷- عساکره، حسین، ۱۳۹۱، تغییر توزیع فراوانی بارش های فرین شهر زنجان، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی ۴۵، شماره ۱، صص ۶۶-۵۱.
- ۸- عساکره، حسین، ۱۳۸۳، تحلیلی آماری بر تغییرات میانگین سالانه دمای شهر زنجان طی دهه های اخیر، مجله نیوار، شماره ۵۳ و ۵۲.
- ۹- عساکره، حسین، ۱۳۸۹، تحلیل چرخه های میانگین دمای سالانه شهر زنجان، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، صص ۲۴-۱۱.

- ۱۰- فرج زاده، منوچهر، فیضی، وحید، ملاشاهی، مریم، ۱۳۸۹، مطالعه تغییر اقلیم در شمال غرب ایران به روش من کندال، همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی محیطی، خرم آباد.
- ۱۱- کاویانی، محمدرضا، عساکره، حسین، ۱۳۸۴، بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان، مجله علمی و پژوهشی دانشکده علوم انسانی دانشگاه اصفهان، جلد هیجدهم، شماره ۱، صص ۱۶۲-۱۴۳.
- ۱۲- گندمکار، امیر، ۱۳۸۷، بررسی روند تغییرات بارش ۵۰ سال اخیر در شهرکرد، همایش خشکسالی در استان چهارمحال و بختیاری و راه های مقابله با آن.
- ۱۳- مسعودیان، سید ابوالفضل، ۱۳۸۳، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، جغرافیا و توسعه، صص ۱۰۶-۸۹.
- ۱۴- منتظری، مجید، غیور، حسنعلی، ۱۳۸۸، تحلیل مقایسه ای روند بارش و خشکسالی حوضه خزر، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، صص ۷۱-۹۲.
- 15- Fan, x.-h. w.-b., 2011, Change trends of air temperature and precipitation over shanxi province china. Theoretical and Applied climatology, vol 103, num 3-4 , 519-531(20).
- 16- Giorgi, F, Lionello, P, 2008, Climate Chang Projections For The Mediterran Region, Global And Change, 63, pp 90-104(17).
- 17- Huth, R. L., 2004, Parametric versus non-parametric estimates of climatic trends. Theor Appl. climatol, 77 , 107-112(16).
- 18- Kousari, M. R., 2011, An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature and relative humidity parameters. Theoretical and Applied climatology, vol 103, num 3-4 , 321-335(21).
- 19- Shen, S. S., 2011, The twentieth century contiguous us temperature changes indicated by daily and higher statistical moments. climatic change, online first(19) .
- 20- Stofford, J, M, G, Wendler, J, Curtis, 2000, Tempreture and precipitation of Alaska: 50 year trend analysis, theor, appl, climatol, 67(14).
- 21- Xie, h. y, 2010, Warming and drying trends on the Tibetan Plateau 1971-2005. Theoretical and Applied climatology, vol 101, num 3-4 , 241-253(18).
- 22- Yue, S. H, 2003, Temperature tiends in Japan 1900-1996. Theor, Appl, Climatol, 75 , 15-27(15).
- 23- Zhuoran, D. L, 2012, The Extreme Precipitation Change Characteristics of the Source Area of the Middle Route of South-North Water Transfer Project. Procedia Engineering 00 (2011) , 569 – 573(22).
- 24- Zhang, Q. S., 2012, Spatial-temporal precipitation changes (1956–2000) and their implications for agriculture in China. Global and Planetary Change, Volumes 82–83 , 86-95(23).