

بررسی احتمال تغییر اقلیم در استان کرمان با روش من - کندال (مطالعه موردی ایستگاه کرمان)

دکتر بتول باهک

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

چکیده

تغییر اقلیم یکی از عمده ترین چالش های پیش روی بشر در زمان حاضر است. پدیده هایی مانند تغییرات بارندگی، گرم شدن جهانی، ذوب شدن یخ های قطبی، سیل، سرماها و گرماهای بی موقع و شدید در بسیاری از نقاط جهان به حدی شدید و خسارت بار و نگران کننده است که موضوع تغییر اقلیم را در صدر مطالعات محققین علوم جوی قرار داده است و تحقیقات گسترده ای در مقیاس جهانی، ناحیه ای و محلی را به خود اختصاص داده است. به منظور بررسی احتمال تغییر اقلیم استان کرمان میانگین بارش و میانگین، حداقل، حداکثر درجه حرارت، ایستگاه سینوپتیک کرمان طی سال های ۲۰۰۵-۱۹۵۶ از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی دریافت و به صورت سری زمانی تنظیم و با استفاده از آزمون من-کندال بررسی شده است. در این تحقیق با استفاده از مدل فوق نوع و زمان تغییرات عناصر مذکور شناسایی شده است. نتایج حاصل از تحلیل ها نشان می دهد زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان است. میزان تغییرات بارش در ماه های گرم چشمگیر تر می باشد در حالی که میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت در ماه های آوریل، نوامبر و دسامبر بیشتر و چشمگیر تر بوده و سایر ماه ها تغییرات قابل ملاحظه ای مشاهده نمی شود. در مجموع مقدار بارش ایستگاه طی دوره مطالعه کاهش و میانگین حد اقل و حداکثر درجه حرارت افزایش داشته است. کلید واژه ها: دما، بارش، روند، نوسان، من-کندال، کرمان.

مقدمه

آب و هوا در طول هزاران و میلیونها سال گذشته دگرگونی بنیادی داشته است. دگرگونی های اقلیم هم در قالب نوسانات کوتاه مدت و هم تغییرات بلند مدت بروز می کند. آثار برجای مانده در محیط چنین دگرگونیهای اقلیمی را به اثبات رسانده است (علیجانی و کاویانی، ۱۳۸۰). دگرگونی از ویژگی ها و شاید با ثبات ترین اصل اقلیم باشد. درون این دگرگونی ها نوسانات و افت و خیزهایی نیز دیده می شود. براساس بررسی های انجام گرفته، متوسط دمای کره زمین هم اکنون حدود ۱۵ درجه سانتیگراد است، درطول دوره های گذشته بین ۵ درجه سانتیگراد گرمتر تا ۱۰ درجه سانتیگراد سردتر نسبت به زمان کنونی نوسان داشته است. بنابر اهمیتی که تغییر اقلیم در ساختار محیطی کره زمین و ساکنان آن داشته و خواهد داشت، تلاش جهت شناخت هرچه بیشتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری

مسلم است. این ضرورت بویژه در زمان فعلی که بحث گرم شدن جهانی به یک مسئله جدی تبدیل گردیده است، آشکارتر می گردد (عزیزی، ۱۳۸۳). در زمینه تغییرات اقلیمی تحقیقات زیادی در سطح جهانی و منطقه ای در هر نوع شرایط آب و هوایی صورت گرفته است در این میان می توان به مطالعات میشل^۱ (۱۹۸۱) اشاره کرد، او نشان داد که در اثر دو برابر شدن CO₂ درجه حرارت بین ۲٫۸ تا ۵٫۲ درجه کلوین و بارندگی بین ۷٫۱ تا ۱۵ درصد افزایش می یابد ولی افزایش بارندگی در مناطق مختلف یکسان نیست. اگر نرخ افزایش گاز کربنیک ثابت بماند میزان آن در سال ۲۰۳۵ به جای ۳۶۰PPM به ۴۲۰PPM خواهد رسید. افزایش گاز کربنیک باعث افزایش درجه حرارت و رطوبت مطلق در لایه های هوای نزدیک سطح زمین می گردد هرچند با دوبرابر شدن CO₂ میزان بارندگی افزایش می یابد ولی افزایش بارندگی در نقاط مختلف یکسان نیست. بابائیان^۲ و همکاران (۲۰۰۴) تغییرات اقلیمی را با استفاده از مدل LARS-WG در دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۹ مورد ارزیابی قرار دادند. این مطالعه بر روی پارامترهای اقلیمی بارش، تابش، دمای حداقل و حداکثر، طول دوره روزهای تر و خشک طول دوره روزهای داغ و یخبندان و روند تغییرات بارش های سنگین ده ایستگاه سینوپتیک کره جنوبی انجام شد. نتایج مطالعه نشان میدهد که مقدار بارش و طول روزهای تر و خشک در دوره مورد مطالعه افزایش خواهد داشت و میانگین طول روزهای یخبندان کاهش می یابد، طول روزهای داغ و میانگین دما افزایش می یابند، مقادیر آستانه بارشهای سنگین و خیلی سنگین به طور معنی داری در طول دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۹ افزایش خواهد یافت.

در کشورما نیز تحقیقاتی پیرامون وجود یا عدم وجود روندی در دما و بارش صورت گرفته است. رستمیان (۱۳۷۵) طی مطالعاتی بر روی ایستگاههای ساحلی دریای خزر هیچ گونه روند مشخصی را مشاهده نکرد، اما نتایج بررسی وی کاهش دمای حداکثر و افزایش دمای حداقل در کل سال به جزء زمستان را تایید می کند. این تغییرات در ایستگاه انزلی نسبت به سایر ایستگاهها شدیدتر بوده است و تغییرات ناگهانی دما نیز طی سالهای ۱۹۶۸-۱۹۶۵ قابل تشخیص بوده است. قربانی (۱۳۸۱) طی مطالعاتی برای بررسی تغییرات اقلیمی از ۴۰ سال آمارهواشناسی ایستگاه گرگان از سال ۱۹۶۱ تا پایان ۲۰۰۰ میلادی استفاده نموده و میزان تغییر متغیرهای مربوط به دما و بارندگی را با روش رگرسیون خطی ساده مورد مقایسه قرار داد، طبق نتایج این تحقیقات تغییرات معنا داری در دما مشاهده نشد ولی بارندگی به میزان ۴-۳ میلیمتر در سال کاهش نشان داده است. عزیزی و روشنی (۱۳۸۲) به بررسی تغییرات اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر با عناصر دما بارش، رطوبت و ابرناکی پرداخته است. نتایج به دست آمده از این روش در طی دوره ۱۹۹۴-۱۹۵۵ نشان می دهد که زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و تغییرات از هر دو نوع روند و نوسان می باشند. باهک ۱۳۹۱، ۱۳۹۰ سری زمانی پارامترهای درجه حرارت یزد و در سال ۱۳۹۰ درجه حرارت ایستگاه های بندرعباس، قشم و کیش را از بدو تاسیس تا ۲۰۰۵ میلادی مطالعه نمود نتایج بررسی های وی افزایش دما در ایستگاه های یزد، کیش و قشم را نشان می دهد در حالی که سری درجه حرارت ایستگاه بندر عباس کاهش داشته است.

^۱ -Mitchel

^۲ -Babaeian

حدود و موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر کرمان بزرگترین شهر و مرکز استان کرمان می باشد که در شمال استان واقع شده است. شهرستان کرمان از شمال با استان خراسان، از غرب با شهرهای زرنند و رفسنجان، از جنوب با بم و از جنوب غربی با شهر بردسیر هم مرز است. شهرستان کرمان با ۶۷۷۶۵۰ نفر جمعیت پرجمعیت ترین و با مساحت ۴۴۱۹۲/۸۳ کیلومتر مربع، وسیعترین شهرستان این استان می باشد.

بررسی آمار و اطلاعات

۱- بررسی وضعیت ایستگاه: مطالعات بر مبنای یک دوره آماری ۵۰ ساله که بین سالهای ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵ در ایستگاه سینوپتیک کرمان که دارای آمار طولانی مدت قابل اطمینان بوده و از لحاظ تجهیزات، شرایط استاندارد ایستگاه و آمار برداری دارای کیفیت خوبی بودند صورت گرفته است.

۲- داده های مورد استفاده: در این تحقیق از پارامتر میانگین بارندگی و میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهانه و سالانه به عنوان شاخص های خام ثبت شده آماری استفاده شده است.

۳- تخمین داده های غیرموجود: روش های تخمین داده های اقلیمی در مورد تکمیل آمار یک روز، ماه و سالی که مفقود شده و یا اصولاً برداشت نشده، استفاده می شود. این داده ها نیز قبل از اینکه مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد باید تکمیل و نواقص آنها برطرف شود. یکی از روشهای غیرنموداری مهم آن است که بین داده های مشترک بین دو ایستگاه یک رابطه همبستگی خطی برقرار کرده و معادله خطی محاسبه شود. بدین منظور از معادله شیب خطی استفاده نموده ایم.

روشهای آماری

روش مورد استفاده در این تحقیق آزمون آماری-گرافیکی من-کندال است. آزمون من کندال برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سریها استفاده می شود. این تست برای مشخص کردن غیرپارامتریک بودن سریها بکار می رود، بدین ترتیب که سریهای آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه بندی می شوند. در این آزمون تصادفی بودن داده ها با عدم وجود روند مشخص می شود. در صورت وجود روند داده ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده ها از تست زیر استفاده شده است (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷).

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

$T =$ آماره کندال

$P =$ برابر با مجموع تعداد رتبه های بزرگتر از ردیف ni که بعد از آن قرار می گیرد.

$N =$ تعداد کل xi های سری زمانی که در این تحقیق ۴۰ ساله می باشد.

برای سنجش معنی دار بودن آماره t و آماره بحرانی بودن t_0 از رابطه زیر استفاده می شود.

$$t_0 = 0 \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}}$$

$tg =$ مقدار بحرانی نمره نرمال یا استاندارد Z با سطح احتمال آزمون است. و با سطح احتمال ۹۵٪ برابر ۱/۹۶ می باشد (علیجانی، ۱۳۸۷). در صورت اعمال این مقدار، $t(T)$ معادل با $\pm 0,21$ می شود. با توجه به مقدار بحرانی

بدست آمده برای $t(T)$ حالات مختلفی بدین شرح مشاهده خواهد شد. اگر $t(T) > T$ یا $t(T) < -0.21$ یا $t(T) > +0.21$ باشد، هیچگونه روند مهمی در سریها مشاهده نمی شود و سریها تصادفی هستند. همچنین اگر $t(T) < T$ یا $t(T) < -0.21$ باشد، نشان دهنده روند منفی در سریها و در صورتی که $t(T) > T$ یا $t(T) > +0.21$ باشد روند مثبت در سریها غالب خواهد بود. برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی من کندال می باشد. بدین منظور معمولاً از جدول ویژه‌ای استفاده می شود که در این جدول ابتدا داده‌های آماری به ترتیب سال (ستون اول) وارد شده و در ستون دوم داده‌ها شماره ردیف می گیرند. سپس در ستون سوم مقادیر پارامتر مورد نظر نوشته می شود و در ستون چهارم، مقادیر عددی ستون سوم به ترتیب صعودی تنظیم می گردد. جهت تکمیل جدول مورد نظر نیاز به محاسبه ضریب t آزمون کندال می باشد؛ که از راه زیر بدست می آید:

$$t_i = \sum_{i=1}^n n_i$$

که تابع توزیع آن در شرایطی که فرض صفر حاکم باشد از لحاظ مجانبی با میانگین و واریانس برابر است. برای محاسبه‌ی ستون‌های بعدی از فرمول‌های زیر به ترتیب محاسبه و برای هر ردیف جداگانه نوشته می شود (عزیزى ، ۱۳۸۷).

$$E = \frac{n_i(n_i-1)}{2}$$

$$V = \frac{n_i(n_i-1)(2n_i+5)}{24}$$

$$U = \frac{\sum t_i - E}{\sqrt{V}}$$

$$E_t = \frac{(N-n_i+1)(N-n_i)}{2}$$

$$V_t = \frac{(N-n_i+1)(N-n_i)(2(N-n_i+1)+5)}{24}$$

$$U = \frac{-\sum t_i - E}{\sqrt{V_t}}$$

پس از محاسبات فوق و ترسیم نمودارهای مربوط وجود هرگونه روند در سریها بصورت منفی ظاهر می شود و زمانی که روند معنی داری در داده‌ها وجود داشته باشد، خطوط u_i و i و \bar{u} همدیگر را قطع می کنند. اگر خطوط مذکور در محدوده بحرانی $(\pm 1,96)$ همدیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتیکه خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند بیانگر وجود روند در سریهای زمانی است (عزیزى و روشنى ، ۱۳۸۷). در این تحقیق وجود هرگونه روند (Trend) با حرف T، تغییر ناگهانی در تقاطع مولفه‌های u و v با حرف C، افزایش عنصر (Increase) با حرف I و کاهش (Decrease) آن با حرف D مشخص شده است.

یافته‌های تحقیق

بررسی میانگین بارندگی ماهانه، فصلی و سالانه

نتایج حاصل از اعمال آزمون آماره (T) و آماره بحرانی $t(T)$ کندال بر روی داده‌های ماهانه بارش نشان می دهد که بارش ایستگاه کرمان در ماههای گرم تر سال یعنی در ماههای می، ژوئن، ژولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر دارای

روند منفی و کاهشی به ترتیب به میزان $-۰,۳۶$ ، $-۰,۶۱$ و $-۰,۳۶$ می باشد. در سایر ماهها روندی مشاهده نمی شود و نوسانات ناگهانی مشاهده می شود (جدول شماره ۱). لازم به ذکر است بارش این ایستگاه طی دوره آماری مذکور در فصول بهار و تابستان دارای روند کاهشی به میزان $-۰,۲۲$ و $-۰,۲۶$ بوده و در سایر فصول روندی مشاهده نمی شود. همچنین بارش سالانه نیز روند مشخصی را نشان نمی دهد (جدول شماره ۲)، ولی در مجموع میزان بارش ماهانه طی دوره مطالعه کاهش داشته است.

جدول شماره ۱- نتایج آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T)t میانگین بارش ماهانه ایستگاه کرمان

ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
-0.05	-0.03	-0.06	-0.14	-0.34	-0.57	-0.57	-0.60	-0.61	-0.36	-0.15	-0.08

جدول شماره ۲- نتایج آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T)t میانگین بارش فصلی و سالانه ایستگاه کرمان

فصل	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
میانگین بارش	-0.12	-0.22	-0.26	-0.03	-0.17

بررسی آزمون نموداری من-کندال بر روی داده های سالانه بارش ایستگاه سینوپتیک کرمان نشان می دهد خطوط u و \bar{u} در سالهای ۱۹۵۸، ۱۹۶۰، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ در داخل محدوده بحرانی $\pm ۱,۹۶$ همدیگر را قطع کرده، بنابراین تغییرات ناگهانی در این سالها رخ داده و هیچگونه روند مشخصی مشاهده نمی شود (نمودار شماره ۱). در مجموع بارش سالانه ایستگاه کرمان کاهش یافته است.

بررسی میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهانه، فصلی و سالانه

بررسی آزمون آماره (T) و آماره بحرانی (T)t کندال بیانگر این مطلب است که میانگین درجه حرارت ایستگاه سینوپتیک کرمان طی دوره آماری ۵۰ ساله هیچگونه روند مشخصی نداشته و فقط تغییرات مختصر و نامحسوسی از نوع کاهشی در این دوره مشاهده می شود. میانگین حداقل دمای ماهانه کرمان در ماههای نوامبر و دسامبر به ترتیب به میزان $۰,۲۶$ و $۰,۳۳$ دارای روند افزایشی بوده و در سایر ماهها روند خاصی مشاهده نمی شود و تغییرات عمدتاً از نوع نوسان ناگهانی و افزایشی بوده است. نتایج به دست آمده از اعمال آزمون آماره (T) و آماره بحرانی (T)t کندال روی داده های میانگین حداکثر دمای کرمان نیز نشان می دهد در ماههای آوریل نوامبر و دسامبر روند افزایشی دما رخ داده است و در سایر ماهها روند خاصی مشاهده نمی شود (جدول شماره ۳ و ۴).

جدول شماره ۳- نتایج آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T)t میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهانه ایستگاه کرمان

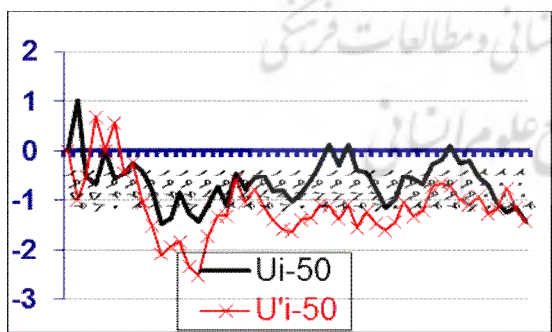
پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دما	-0.04	-0.06	-0.19	-0.03	0	-0.11	-0.05	-0.05	-0.11	-0.06	-0.02	-0.02
میانگین حداقل دما	0.09	0.08	0.03	0.12	0.18	0.13	0.17	0.07	0.15	0.18	0.26	0.33
میانگین حداکثر دما	0.11	0.04	0	0.22	0.14	0.08	0.08	0.15	0.15	0.08	0.24	0.23

حداقل دمای کرمان در فصول بهار و پاییز دارای روند افزایشی و مثبت بوده است و در فصل زمستان و تابستان نوسانات ناگهانی و افزایشی دیده می شود. ضمناً حداقل دمای سالانه این ایستگاه نیز دارای روند افزایشی دما در سالهای اخیر بوده است. بررسی آزمون نموداری من- کندال بر روی داده های سالانه حداقل دما ایستگاه سینوپتیک کرمان نشان می دهد خطوط u و \bar{u} در سالهای ۱۹۵۷ و ۱۹۵۸ در داخل محدوده بحرانی $\pm 1,96$ همدیگر را قطع کرده، بنابراین تغییرات ناگهانی در این سالها رخ داده و هیچگونه روند مشخصی مشاهده نمی شود اما در سال ۲۰۰۴ این خطوط در خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کرده که روند افزایشی دما را نشان می دهد (نمودار ۳ و ۴ و جدول شماره ۴).

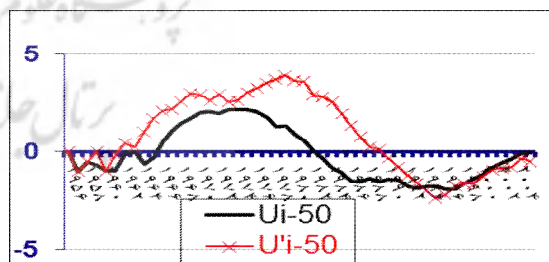
جدول شماره ۴- نتایج آماره کندال (T) و آماره بحرانی (T)t میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت فصلی و سالانه ایستگاه کرمان

فصل	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
میانگین دما	-0.14	-0.04	-0.06	-0.01	-0.09
میانگین حداقل دما	0.15	0.22	0.17	0.37	0.36
میانگین حداکثر دما	0.10	0.20	0.19	0.35	0.22

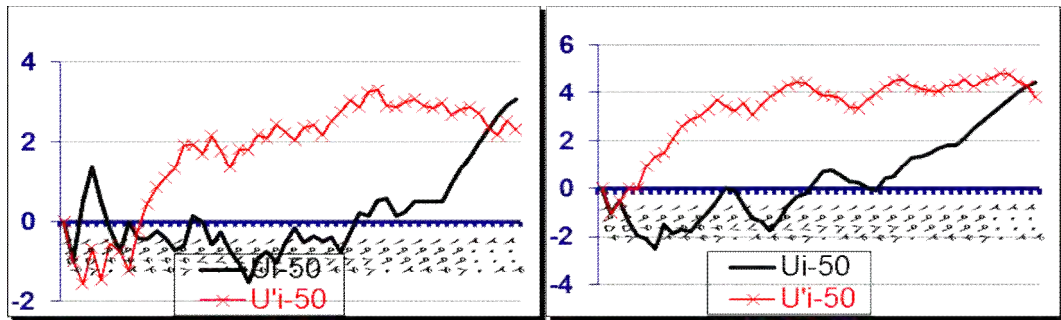
بررسی آزمون نموداری من-کندال بر روی داده های میانگین درجه حرارت سالانه ایستگاه سینوپتیک کرمان نشان می دهد خطوط u و \bar{u} در سالهای ۱۹۵۷، ۱۹۶۰، ۱۹۵۸، ۱۹۹۳، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۱ در داخل محدوده بحرانی $\pm 1,96$ همدیگر را قطع نموده که نشانگر وجود جهش و تغییرات ناگهانی همراه با نوسان در این سالها بوده و هیچگونه روند مشخصی را نمایان نمی کند (نمودار شماره ۲). بررسی آزمون نموداری من-کندال بر روی داده های سالانه حداکثر دما ایستگاه سینوپتیک کرمان نشان می دهد خطوط u و \bar{u} در سالهای ۱۹۵۷ و ۱۹۶۲ در داخل محدوده بحرانی $\pm 1,96$ همدیگر را قطع کرده و در این سالها جهش صورت گرفته، در سال ۲۰۰۲ این خطوط در خارج از محدوده بحرانی یکدیگر را قطع کرده اند که وجود روند افزایشی دما را تایید می کند (نمودار ۴).



نمودار ۲- تغییرات درجه حرارت ایستگاه کرمان با روش من- کندال



نمودار ۱- تغییرات بارش ایستگاه کرمان با روش من- کندال



نمودار ۳- تغییرات میانگین ماهانه حداقل دما ایستگاه کرمان نمودار ۴- تغییرات میانگین ماهانه حداکثر دما ایستگاه کرمان

در این تحقیق وجود هرگونه روند (Trend) با حرف T، تغییر ناگهانی در تقاطع مولفه های u و \bar{u} با حرف C، افزایش عنصر (Increase) با حرف I و کاهش (Decrease) آن با حرف D مشخص شده است.

جدول شماره ۵- بررسی نوع (حروف) تغییر پارامتر بارش و درجه حرارت ماهانه ایستگاه کرمان

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین بارش	CD	CD	CD	CD	TD	TD	TD	TD	TD	TD	CD	CD
میانگین دما	CD	CD	CD	CD	-	CD	CD	CD	CD	CD	CD	CD

جدول شماره ۶- بررسی نوع (حروف) میانگین تغییرات بارش و درجه حرارت فصلی و سالانه ایستگاه کرمان

پارامتر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
میانگین بارش	TD	TD	CD	CD	CD
میانگین دما	CD	CD	CD	CD	CD

نتایج

بررسی تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک کرمان به روش من-کندال نشان می دهد که بارش این ایستگاه طی دوره مطالعاتی ۵۰ ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵) در ماههای گرم سال می، ژوئن، ژولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر دارای روند منفی و کاهشی به ترتیب به میزان $-۰,۳۴$ ، $-۰,۵۷$ ، $-۰,۵۷$ ، $-۰,۶۰$ ، $-۰,۶۱$ و $-۰,۳۶$ می باشد، در سایر ماهها روند خاصی مشاهده نمی شود. بارش این ایستگاه در فصول بهار و تابستان نیز دارای روند کاهشی به میزان $-۰,۲۲$ و $-۰,۲۶$ بوده و در پاییز و زمستان روندی را نشان نمی دهد، همچنین بارش سالانه نیز روند مشخصی ندارد اما بررسی تغییرات میانگین درجه حرارت ایستگاه سینوپتیک کرمان طی دوره مطالعاتی مذکور هیچگونه روند مشخصی در کلیه ماهها و فصول سال نشان نمی دهد و فقط تغییراتی از نوع ناگهانی همراه با نوسان در آن دیده می شود.

میانگین حداقل دمای ماهانه کرمان در ماههای نوامبر و دسامبر به ترتیب به میزان ۰,۲۶ و ۰,۳۳ دارای روند افزایشی و در سایر ماهها روند خاصی مشاهده نمی شود و تغییرات عمدتاً از نوع نوسان ناگهانی و افزایشی بوده است. نتایج به دست آمده از اعمال آزمون آماره (T) و آماره بحرانی (T)t کندال روی داده های میانگین حداکثر دمای کرمان نیز نشان می دهد در ماههای آوریل نوامبر و دسامبر روند افزایشی دما تایید می کند و در سایر ماهها روند خاصی مشاهده نمی شود. در مجموع میانگین بارش ایستگاه کرمان طی دوره مطالعه کاهش و میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت افزایش نشان داد.

منابع:

- ۱- آب خرابات، شعیب، ۱۳۸۵، تعیین تغییرات اقلیمی در غرب ایران (حوضه آبریز کرخه)، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- جعفری، م، ۱۳۸۷، تحقیق و تحلیل عوامل تغییر اقلیم طی ۵۰ سال گذشته در جنگلهای خزری، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره ۲۳.
- ۳- رستمیان، حمید، ۱۳۷۷، بررسی تغییرات اقلیمی در سواحل شمالی ایران طی سالهای ۱۹۵۱-۱۹۹۵، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۴- قربانی، م، ۱۳۸۱، بررسی تغییر اقلیم گرگان طی ۴۰ سال گذشته، فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳۶.
- ۵- عساکره، ح، ۱۳۸۶، تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان.
- ۶- عزیزی، قاسم، روشنی، محمود، ۱۳۸۷، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من کندال، مجله پژوهش های جغرافیایی-شماره ۶۴.
- ۷- عزیزی، قاسم، تغییر اقلیم، انتشارات قومس، ۱۳۸۳، تهران.
- ۸- علیجانی، بهلول، کاویانی، محمدرضا، ۱۳۸۰، مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.
- ۹- علیجانی، بهلول، ۱۳۷۸، تغییر الگوهای جریان سطح 500 هکتوپاسکال در مدیترانه اثر آن بر اقلیم ایران در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰، طرح پژوهشی مرکز ملی اقلیم شناسی مشهد، سازمان هواشناسی کشور.
- ۱۰- علیزاده، امین، ۱۳۸۲، هوا و اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۱- علیزاده، امین، ۱۳۸۷، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.
- 12-Babaeian, I , kwon, W.T and Im E.S, 2004, application of weather Genrator technique for climate change assessment over Korea meteorological Research institute climate Research lab.
- 13-Chambers Frank and Ogle Michael, 2002, Climate change, Vole.1, London, Routl, Ledge.
- 14-Chambers Frank and Ogle Michael, 2002, Climate change, Vole .2, London, Rout, Ledge.
- 15-Mitchell.j.M, Chairman.j.r, Dzerdzeevskii.B, Flohn.H, Hofmeyr.W.L, Lamb.H.H, Rao.K.N, wallen. C.C, 1966, Climatic Change, Technical note, wmo, no 79.