پژوهش‌های جغرافیایی – شماره۶۴، تابستان ۱۳۸۷
صص ۱۳ – ۲۸

مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من– کندال

قاسم عزیزی* – دانشیار دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران
محمود روشنی – مربی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۱/۲۸ تایید نهایی: ۱۳۸۶/۴/۶

چکیده

هدف این تحقیق مطالعه انحراف احتمالی برخی عناصر رطوبتی و دمایی در سواحل جنوبی دریای خزر از حالت نرمال می باشد. محاسبات و تحلیلها بر روی میانگین دمای حداقل، حداکثر، بارش،رطوبت و ابرناکی انجام شده است. مقطع زمانی مورد مطالعه در این تحقیق یک دوره ۴۰ ساله است که بین سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۴ واقع می گردد و ایستگاههای بندرانزلی، رشت، رامسر، بابلسر و گرگان را شامل می شود. ابتدا سعی شده است با استفاده از روش رتبه ای من ـ کندال، تغییرات داده ها شناسایی شوند و سپس نوع و زمان آن مشخص گردد. نتایج بدست آمده از تحلیل داده ها نشان می دهد که زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. در اکثر ایستگاهها دمای حداقل روند مثبت و دمای حداکثر روند منفی نشان می دهد. بدین ترتیب از دامنه نوسان دما در طول دوره کاسته شده است. همچنین نتایج نشان می دهد که درصد تغییر در فصل زمستان و تابستان نسبت به بهار و پاییز بیشتر است وزمان شروع تغییرات در ایستگاههای منطقه یکسان نیست.

کلید واژه ها : سواحل جنوبی دریای خزر، تغییر اقلیم، من ـ کندال، تغییر ناگهانی، روند، نوسان.

مقدمه

آب و هوای کره زمین در طول قرن بیستم، بویژه در دو دهه اخیر تعادل خود را از دست داده و تمایل به افزایش دما نشان داده است(IPCC, 2001a,b). از طرف دیگر پیش بینی ها برای قرن۲۱ نیز افزایش دمای جهانی ناشی از افزایش گازهای گلخانه ای و هواویزهای جو را هشدار می دهد. بزرگی افزایش دماهای پیش بینی شده تا ۲/۵ درجه سانتیگراد درآخر قرن حاضر(عزیزی، ۱۳۸۳، ۱۹۵) بطور بالقوه می تواند منجر به تغییر چرخه آب شده و بارش بیشتر، تبخیر سریعتر و تغییر در آبهای جاری را باعث شده و ناهنجاریهای هیدرولوژیک، همچون خشکسالیها و سیلابها را تشدید کند(گلیک[1] ۱۹۸۹، آرورا[2] و بویر[3] ۲۰۰۱ ،مورل[4] ۲۰۰۱، نیجسن و همکاران[5] ۲۰۰۱). دراین تغییر نقش انسان و فعالیتهای متنوع او در زمینه های مختلف بسیار بارزاست و روند تغییر مسیری را

* نویسنده مسئول : ۶۶۴۰۴۴۷۵
E-mail :ghazizi@ut.ac.ir

1- Gleick
2 - Arora
3- Boer
4- Morel
5- Nijssen et al

دنبال می کند که نتایج بعدی آن به طور کامل برای اقلیم شناسان روشن نیست. از این رو مسئله تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره زمین و پیامدهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولتمردان و سیاستمداران را نیزدر سرتاسر دنیا به خود جلب کرده است. به طور کلی پیامدهایی نظیر خشکسالیها، سیلابهای شدیدو ناگهانی، امواج هوای سرد و گرم، از جمله آثار و شواهد ناهنجاریهای اقلیمی است که کره زمین را با بحرانهای مختلف مواجهه کرده است. بدین ترتیب بدون شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمی حال و آینده، مدیران و برنامه ریزان قادر به اجرای برنامه های مختلف نخواهند بود.

مطالعات انجام گرفته در مورد تغییرات اقلیم معاصر بر محور تغییرات دما متمرکز می باشد. در این مورد تحقیقات بسیار گسترده ای در ارتباط با روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه ای انجام پذیرفته است (گیل و واتارد[1] ۱۹۹۱، هاسلمن[2] ۱۹۹۳، اشلسینگر و رامندکوتی[3] ۱۹۹۴، نورث و کیم[4] ۱۹۹۵، نورث و همکاران[5] ۱۹۹۵). در ارتباط با تغییرات صورت گرفته در الگو های جهانی دمای متوسط کره زمین تحقیقاتی توسط سانتر و همکاران[6] ۱۹۹۵، هگرل و همکاران[7] ۱۹۹۶، هگرل و همکاران ۱۹۹۷، جونز و هگرل[8] ۱۹۹۸ انجام قرار گرفته است. همچنین در ایران بر اساس نتایج طرح آشکار سازی تغییر اقلیم، در اکثر ایستگاه‌های ایران روند افزایش دما مشاهده گردیده است(رحیم زاده ۱۳۸۲،۵۸). براساس تحلیل فضایی که بر روی دمای ماهانه ایران انجام شده، نواحی دارای روند افزایشی و کاهشی دما در ایران مشخص شده است(مسعودیان ۱۳۸۲،۳۲). عزیزی وهمکاران(۱۳۸۴،۲۵) ضمن مطالعه روند دمای چند دهه اخیر در ایران به ارتباط این روند با افزایش گاز Co_2 جو پرداختند. آنها با بررسی روی ۱۲ ایستگاه برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون خود همبستگی مرتبه اول و ران تست استفاده کردند واز آزمون ناپارامتریک من – کندال جهت تعیین میزان، جهت و معنی داری روند استفاده نمودندو دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه(ایستگاه‌های سینوپتیک) روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده می گردد، که ممکن است از افزایش میزان Co_2 جو متاثر گردیده باشند.

در این مقاله با توجه به اهمیت پدیده تغییر و ارتباط تغییرات جهانی با تغییرات منطقه ای و محلی سعی شده متغیرهای دما، بارش، رطوبت و ابرناکی که طیف وسیعتری از پدیده تغییر اقلیم را پوشش می دهند مورد بررسی و تحلیل قرار گیرند.

مواد و روش ها

در مطالعات تغییر اقلیم، آمارهای بلند مدت می توانند تغییرات، چگونگی و خصوصیات آن را تا اندازه زیادی نمایش دهند. در ایران تاسیس شبکه ایستگاه های هواشناسی از سال ۱۹۵۱ می باشد که علاوه بر کوتاهی دورهٔ

1 - Ghil and Vautard
2 - Hasselmann
3 - Schlesinger and Ramankutty
4 - North and Kim
5 - North et al
6 - Santer et al
7 - Hegerl et al
8 - Jones and Hegerl

آماری مشکلات دیگری نیز در این زمینه وجود دارد. در این رابطه می توان به ناکافی بودن شبکه ایستگاه ها، سال های فاقد آمار در ایستگاه ها و همچنین تغییرات صورت گرفته در محل و ادوات ایستگاه‌ها اشاره کرد که باعث شده، مطالعه تغییر اقلیم در کشور با مشکلات جدی روبرو باشد(عزیزی و همکاران ۱۳۸۴،۳۲).در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات اقلیمی سواحل دریای خزر محدوده ای بین مدارات ´۲۸ °۳۶ تا ´۳۶ °۳۸ عرض شمالی و نصف النهارات ´۵۲ °۴۸ تا ´۲۶ °۵۴ طول شرقی انتخاب گردیده است. این محدوده در نیمه شمالی کشور ایران و نیمه جنوبی کمربند معتدله کره زمین واقع شده است.منطقه مطالعاتی از شمال به دریای خزر و از جنوب به ارتفاعات البرز محدود می گردد. درازای این منطقه از آستارا تا گرگان برابربا حدود ۶۵۷ کیلومتر و پهنای آن بین ۵ تا ۱۰۰ کیلومتر در نوسان است و در حدود چهار درصد مساحت ایران را به خود اختصاص می دهد. محاسبات و تحلیل بر روی میانگین دمای حداقل وحداکثر، بارش،رطوبت و ابرناکی انجام شده است. مقطع زمانی مورد مطالعه در این تحقیق یک دوره ۴۰ سال می باشد که بین سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۴ واقع می گردد و ایستگاههای بندرانزلی، رشت، رامسر، بابلسر و گرگان را شامل می گردد. جدول ۱ مشخصات ایستگاهها را نشان می دهد.

اطلاعات مورد نیاز از مرکز آمار سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است. روش مورد استفاده در این تحقیق، آزمون آماری ـ گرافیکی من - کندال[1] و میانگین متحرک[2] پنج ساله است. این آزمون برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سریها استفاده می شود. در ابتدا این تست برای مشخص کردن غیر پارامتر یک 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 گردد.

جدول ۱ مشخصات ایستگاههای ساحلی دریای خزر

ایستگاهها	ارتفاع به متر	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی(درجه)
بندرانزلی	-۲۶,۲	49° 28′ E	37° 28′ N
رشت	۳۶,۷	49° 39′ E	37° 12′ N
رامسر	-۲۰	50° 40′ E	36° 54′ N
بابلسر	-۲۱	52° 39′ E	36° 43′ N
گرگان	۱۳,۳	54° 16′ E	36° 51′ N

در صورت وجود روند داده ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده ها از تست زیر استفاده شده است (میشل و همکاران، ۱۹۶۶):

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

1-The Mann-Kendal rank statistic
2 - moving average

که T آماره کندال و P مجموع تعداد رتبه های بزرگتراز ردیف n_i که بعدازآن قرارمی گیرند بوده واز رابطه:

$$p = \sum_{i=1}^{n} ni$$

بدست می آید و n نیز تعداد کل سالهای آماری مورد استفاده یا $\sum xi$ها است. به منظور سنجش معنی دار بودن آماره T از رابطه زیر محاسبه می شود:

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

که tg برابر با مقدار بحرانی نمره نرمال یا استاندارد (z) با سطح احتمال آزمون است و با سطح احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می باشد. در صورت اعمال این مقدار، $(T)_t$ معادل با 0.21± می شود. با توجه به مقدار بحرانی بدست آمده برای $(T)_t$، حالات مختلفی بدین شرح مشاهده خواهد شد:

اگر $(T)_t > T > -(T)_t$ یا $0.21+ > T > 0.21-$ باشد، هیچگونه روند مهمی در سریها مشاهده نمی شود و سریها تصادفی هستند. همچنین اگر $T < (T)_t$ یا $T < 0.21-$ باشد، نشان دهنده روند منفی در سریها و در صورتیکه $T > (T)_t$ 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 کندال می باشد. بدین منظور معمولاً از جدول ویژه ای استفاده می شود(برای آگاهی بیشتر به منبع شماره۲ مراجعه شود). در جدول مذکور، ابتدا داده های آماری به ترتیب سال(ستون اول) وارد شده و در ستون دوم داده ها شماره ردیف می گیرند. سپس در ستون سوم مقادیر پارامتر مورد نظر نوشته می شود 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 رابطه زیر بدست می آید(Sueyers, 1990):

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

که تابع توزیع آن در شرایطی که فرض صفر حاکم باشد از لحاظ مجانبی با میانگین و واریانس برابر است.

$$E(t_i) = \frac{n(n-1)}{4}$$

و واریانس آن برابر با:

$$Var(t_i) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

در این آزمون وجود روند در شکل دو طرفه آن صحیح بوده واز این رو فرض صفر برای مقادیر بالای $|u(t_i)|$ رد می گردد و $u(t_i)$ از رابطه زیر استفاده می شود.

$$U(t_i) = [t_i - E(t_i)] / \sqrt{Var(t_i)}$$

زمانی مقادیر$u(t_i)$ معنی دار است که روند افزایش یا کاهش در آن مشاهده شود و این بستگی دارد که مقدار آن بزرگتر از صفر $\{u(t_i) > 0\}$ یا کوچکتر از صفر $\{u(t_i) < 0\}$ باشد.

برای تعیین زمان وقوع تغییر لازم است علاوه بر $u(t_i)$، مؤلفه $u(t'_i)$ نیز از رابطه زیر محاسبه شود:

$$(t'_i) = \sum_{i=1}^{n} ni$$

دیگر مؤلفه مورد نیاز مقدار u است که معادل عکس u می باشد:

$$u_i' = -u(t'_i)$$

پس از محاسبات فوق و ترسیم نمودارهای مربوط وجود هر گونه روند در سریها به صورت منفی ظاهر می شود و زمانی که روند معنی داری در داده ها وجود داشته باشد، خطوط ui و u'i همدیگر را قطع می کنند. اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی(۱/۹۶ ±) همدیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتیکه خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع نمایند بیانگر وجود روند در سریهای زمانی است(Sueyers , 1990). در این تحقیق وجود هر گونه روند(Trend)با حرف T، تغییر ناگهانی (Abrupt)در تقاطع مؤلفه u و َ u با حرف A، افزایش(Increase) عنصر با حرف I و کاهش(Decrease) آن با حرف D مشخص شده است.

یافته های تحقیق

الف : تحلیل تست من ـ کندال بروی داده های ماهانه

نتایج بدست آمده از اعمال آزمون آماره (T) و آماره بحرانی t(T) من ـ کندال(جدول ۲)، مشخص می کند که در مجموع میانگین دمای حداکثر ماهانه درتمام ایستگاههای مورد مطالعه دارای روند بوده است. تغییرات در اکثر ماهها روند کاهشی یا منفی داشته است. بعنوان مثال ایستگاه بندر انزلی، رشت، گرگان و رامسر(به جزء فوریه) در اکثر ماهها روند کاهشی دارند. اما ایستگاه بابلسر و رامسر بر خلاف سایر ایستگاهها بترتیب در ماههای آوریل و فوریه با روند افزایشی رو برو بوده اند و به دمای حداکثر ماهانه این ایستگاه در ماههای مذکور افزوده شده است.

تحلیل دمای حداقل ماهانه ایستگاهها نیز حاکی از وجود تغییر در این پارامتر است. تغییرات از دو نوع افزایشی و کاهشی می باشد. دمای حداقل ایستگاه انزلی در ماههای آوریل، ژوئن، ژولای، آگوست و نوامبر به ترتیب به مقدار ۰/۲۷، ۰/۳۱، ۰/۴۴، ۰/۳، ۰/۲۲ و ایستگاه رشت در ماههای آوریل، مه، ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر به ترتیب به مقدار ۰/۳۱۳، ۰/۳۱۸، ۰/۴۴، ۰/۴۸، ۰/۳۷۷، ۰/۲۹۴، رامسر در ماه فوریه به مقدار ۰/۲۴ـ، بابلسر در ماههای آوریل، ژوئن و ژولای به مقدار ۰/۳۱۵، ۰/۲۷، ۰/۲۲۵ و در نهایت ایستگاه گرگان در ماههای ژانویه، فوریه و می به مقدار ۰/۲۴ـ، ۰/۳ـ و ۰/۲۸ـ تغییر کرده است. پرواضح است که به دمای حداقل ایستگاههای انزلی، رشت و بابلسر افزوده و از دمای حداقل دو ایستگاه رامسر و گرگان کاسته شده است. مقایسه(T) و t(T) میانگین دمای ماهانه نشان می دهد تغییرات در پارامتر مورد نظر محدود به ماههای محدودی بوده و از گستردگی کمتری برخوردار می باشد. همچنین عدم وجود روند در بیشتر ماههای سال غالب است. بررسی سریهای ماهانه بارندگی در ایستگاههای مورد مطالعه نشان می دهد که تغییرات بارندگی نسبت به سایر پارامترها کمتر و هرگونه تغییر در این عنصر با عدم تغییر در پارامتر دمای (حداقل و حداکثر) ماهانه، رطوبت نسبی و ابرناکی همراه است تغییر در پارامتر بارش محدود به ایستگاههای رشت، رامسر و گرگان بوده و تغییری در بارندگی ایستگاه انزلی و بابلسر دیده نمی شود. تغییر بارندگی در ایستگاه رشت به میزان ۰/۲۱۵ (فوریه)، رامسر به میزان ۰/۲۵ ـ(آوریل) و ایستگاه گرگان به اندازه ۰/۳۵ ـ و ۰/۳۲ ـ(مارس و آوریل) صورت گرفته است. مشخص است روند تغییر در رشت افزایشی و رامسر و گرگان کاهشی می باشد با وجود این تغییر بارندگی ایستگاهها مستقل از سایر عناصر

بوده و برای دستیابی به پاسخی قانع کننده در تغییر عنصر بارش باید عوامل دیگری را جستجو کرد. با توجه به اهمیت عنصر رطوبت و ابرناکی دیده می شود که عنصر رطوبت در ازای افزایش یا کاهش دما نسبت به ابرناکی بیشتر تغییر کرده است. ایستگاه انزلی در غربی ترین قسمت ساحل در ماههای فوریه و می به میزان ۰/۲۲، ۰/۲۵، رشت در ماههای آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، اوت و دسامبر به مقدار ۰/۳۴۶، ۰/۳۹، ۰/۳۴۶، ۰/۳۲۵، ۰/۳۷، ۰/۲۲ و رامسر در ماههای فوریه، مارس، آوریل، می، ژوئن، ژولای، نوامبر و دسامبربه میزان ۰/۲۴، ۰/۲۱۵، ۰/۳، ۰/۳، ۰/۲۵، ۰/۴، ۰/۳۱، ۰/۲۸ و گرگان در ماههای ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، ژوئن، آگوست، سپتامبر و اکتبر به میزان ۰/۲۷، ۰/۳۳، ۰/۲۷، ۰/۳۳، ۰/۳۷، ۰/۲۷، ۰/۳۳، ۰/۲۹، ۰/۲۲ تغییر داشته اند. ولی تغییری در رطوبت نسبی ایستگاه بابلسر مشاهده نمی گردد.

ب: تحلیل تست من ـ کندال بروی داده های فصلی

با توجه به جدول (۳) مشخص می گردد که در ایستگاه انزلی تنها میانگین حداکثر دما در فصل زمستان به اندازه ۰/۳۳- تغییر و دارای روند منفی است که آثار آن در متوسط دمای سالانه نیز قابل مشاهده است. ولی در سایر پارامترهای اقلیمی تغییری مشاهده نمی گردد. درایستگاه رشت واقع در قسمت داخلی جلگه گیلان تنها میانگین رطوبت نسبی در فصل زمستان به اندازه(۰/ ۲۵) با تغییر روبرو بوده است. تغییرات فصلی عناصر اقلیمی در ایستگاه رامسر از دامنه بیشتری نسبت به دو ایستگاه قبلی برخوردار بوده و میانگین دمای متوسط، حداقل، حداکثر و رطوبت نسبی فصلی به اندازه ۰/۲۸- ،۰/۲۶-، ۰/ ۳۳- و ۰/ ۳۳+ تغییر داشته است. در ایستگاه بابلسر هیچ گونه تغییر و روند در عناصر یاد شده در فصل زمستان وجود ندارد. نتایج مربوط به فصل زمستان ایستگاه گرگان نشان می‌دهد که بارندگی ایستگاه گرگان در طول دوره ۴۰ ساله به طور شگفت آوری تغییر کرده است.

تغییرات عناصر اقلیمی فصل بهار ایستگاه انزلی مشخص می کند که روند مثبت دمای حداقل و روند منفی دمای حداکثر با روند افزایشی رطوبت نسبی همراه است در بابلسر هم روند مثبت در دمای حداقل و حداکثر فصل بهار وجود دارد. ولی تغییرات افزایشی دما هیچ گونه تغییری در سایر عناصر ایجاد نکرده است. مقایسه آماره T و t(T) دمای حداکثر و حداقل بندر انزلی نشان می دهد که دمای حداکثر دارای روند منفی و دمای حداقل با روند مثبت روبه رو بوده و از دامنه نوسان دما کاسته شده است. تنها عنصر تغییر یافته در ایستگاه بابلسر(فصل تابستان) رطوبت نسبی و دارای روند از نوع مثبت می‌باشد (جدول۳ روندهای مثبت ومنفی رابطور جزیی نمایش می‌دهد).

جدول ۲ ـ نتایج آماره کنرال (T) و آماره بحرانی t(T) برای ایستگاههای ساحلی دریای خزر

ماه / پارامتر	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	ژولای	ژوئن	می	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه
میانگین ماهانه دمای حداکثر بندر انزلی	-0.23	-0.11	-0.14	-0.09	-0.47	-0.29	-0.22	-0.4	-0.13	-0.23	-0.29	-0.17
میانگین ماهانه دمای حداکثر رشت	-0.21	-0.089	-0.046	0.115	-0.13	0.077	0.025	-0.26	0.115	-0.074	-0.195	-0.107
میانگین ماهانه دمای حداکثر رامسر	-0.2	-0.06	-0.06	0.04	-0.24	-0.11	-0.12	-0.3	-0.01	-0.13	0.27	-0.16
میانگین ماهانه دمای حداکثر بابلسر	-0.08	0.097	0.09	0.11	-0.036	0.2	0.16	-0.04	0.3	-0.008	-0.18	-0.072
میانگین ماهانه دمای حداکثر گرگان	-0.16	0.03	-0.02	-0.06	-0.37	-0.06	-0.1	-0.19	0.16	-0.07	-0.3	-0.13
میانگین ماهانه دمای حداقل انزلی	0.06	0.22	0.1	0.17	0.3	0.44	0.31	0.09	0.27	0.11	-0.14	-0.04
میانگین ماهانه دمای حداقل رشت	0.197	0.2	0.2	0.29	0.377	0.48	0.44	0.32	0.3	0.06	-0.04	-0.005
میانگین ماهانه دمای حداقل رامسر	-0.08	0.12	0.048	-0.005	0.015	0.15	0.084	-0.074	0.11	-0.074	-0.24	-0.16
میانگین ماهانه دمای حداقل بابلسر	0.11	0.2	-0.013	0.023	0.054	0.225	0.27	0.105	0.315	-0.013	-0.18	-0.037
میانگین ماهانه دمای حداقل گرگان	-0.154	0.013	-0.15	-0.08	0.07	0.13	-0.036	-0.28	-0.095	-0.16	-0.3	-0.24
بارندگی ماهانه انزلی	0.005	-0.087	-0.02	-0.084	-0.095	-0.005	-0.16	0.04	-0.16	-0.1	0.11	-0.02
بارندگی ماهانه رشت	0.156	0.061	0.074	-0.143	-0.015	0.015	-0.113	0.056	-0.069	0.115	0.215	0.184
بارندگی ماهانه رامسر	0.002	-0.12	0.19	0.06	-0.17	0.005	-0.14	0.064	-0.25	-0.07	0.013	0.046
بارندگی ماهانه بابلسر	0.08	0.031	0.013	-0.01	0.08	-0.118	-0.131	0.054	-0.192	-0.097	0.105	0.19
بارندگی ماهانه گرگان	0.056	-0.09	-0.18	0.05	0.1	-0.2	-0.2	-0.07	-0.32	-0.35	0.13	0.011

ادامه جدول ۲ ـ نتایج آماره کندال (T) و آماره بحرانی t(T) برای ایستگاههای ساحلی دریای خزر

ماه / پارامتر	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	ژولای	ژوئن	می	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه
میانگین دمای ماهانه بندر انزلی	-0.113	-0.002	-0.013	0.059	-0.077	0.025	0.064	-0.22	0.043	-0.11	-0.22	-0.16
میانگین دمای ماهانه رشت	-0.3	0.05	0.08	0.21	0.2	0.33	0.29	-0.015	0.26	-0.013	-0.18	-0.06
میانگین دمای ماهانه رامسر	-0.15	-0.025	-0.06	0.04	-0.13	-0.003	-0.005	-0.23	0.05	-0.12	-0.29	-0.17
میانگین دمای ماهانه بابلسر	0.054	0.19	0.054	0.1	0.0025	0.228	0.225	0.02	0.31	-0.03	-0.17	-0.05
میانگین دمای ماهانه گرگان	-0.19	0.02	-0.09	-0.095	-0.2	-0.01	-0.064	-0.24	0.035	-0.1	-0.33	-0.2
میانگین ماهانه رطوبت نسبی بندر انزلی	0.051	0.056	0.092	-0.046	0.074	0.2	0.205	0.25	0.136	-0.07	0.22	-0.025
میانگین ماهانه رطوبت نسبی رشت	0.22	0.272	0.28	0.087	0.37	0.32	0.34	0.39	0.34	0.164	0.19	0.09
میانگین ماهانه رطوبت نسبی رامسر	0.28	0.31	0.21	-0.056	0.19	0.4	0.25	0.3	0.3	0.215	0.24	0.164
میانگین ماهانه رطوبت نسبی بابلسر	-0.056	0.07	-0.13	-0.084	-0.059	0.05	0.02	0.03	-0.1	0.09	0.03	0.03
میانگین ماهانه رطوبت نسبی گرگان	0.207	0.205	0.22	0.29	0.33	0.074	0.27	0.37	0.33	0.27	0.33	0.27
میانگین ماهانه ابرناکی بندر انزلی	0.054	0.11	-0.02	-0.26	0.03	-0.11	0.12	-0.23	-0.23	-0.17	-0.03	-0.13
میانگین ماهانه ابرناکی رشت	0.05	0.12	0.077	-0.29	-0.074	-0.08	-0.21	0.08	-0.44	-0.2	0.013	-0.15
میانگین ماهانه ابرناکی رامسر	-0.041	0.03	0.05	-0.03	0.08	0.018	-0.12	0.12	-0.3	-0.15	0.04	0.03
میانگین ماهانه ابرناکی بابلسر	-0.064	0.18	0.06	-0.15	0.14	-0.06	-0.11	0.23	-0.29	-0.12	0.04	-0.06
میانگین ماهانه ابرناکی گرگان	0.033	0.1	-0.09	-0.13	0.051	-0.051	0.041	0.033	-0.033	-0.077	0.087	-0.07

جدول ۳ـ نتایج آماره کندال (T) و آماره بحرانی t(T) برای ایستگاههای ساحلی دریای خزر

فصل / پارامتر	پاییز T	تابستان T	بهار T	زمستان T
میانگین فصلی دمای متوسط بندر انزلی	-0.1	-0.23	-0.06	-0.21
میانگین فصلی دمای متوسط رشت	0	0.31	0.29	-0.1
میانگین فصلی دمای متوسط رامسر	-0.15	-0.11	-0.08	-0.28
میانگین فصلی دمای متوسط بابلسر	0.1	0.13	0.27	-0.08
میانگین فصلی دمای متوسط گرگان	-0.14	-0.13	-0.12	-0.36
میانگین فصلی دمای حداقل بندر انزلی	0.17	0.46	0.35	0.04
میانگین فصلی دمای حداقل رشت	0.2	0.5	0.45	0
میانگین فصلی دمای حداقل رامسر	-0.05	0.16	0.08	-0.26
میانگین فصلی دمای حداقل بابلسر	0.2	0.1	0.3	-0.08
میانگین فصلی دمای حداقل گرگان	-0.18	0	0.2	-0.32
میانگین فصلی دمای حداکثر بندرانزلی	-0.3	-0.28	-0.33	-0.33
میانگین فصلی دمای حداکثر رشت	-0.2	0	-0.08	-0.21
میانگین فصلی دمای حداکثر رامسر	-0.17	-0.17	-0.3	-0.33
میانگین فصلی دمای حداکثر بابلسر	0	0.15	0.22	-0.06
میانگین فصلی دمای حداکثر گرگان	-0.09	-0.25	-0.04	-0.28

فصل / پارامتر	پاییز T	تابستان T	بهار T	زمستان T
میانگین فصلی بارش بندرانزلی	-0.01	-0.23	-0.17	-0.03
میانگین فصلی بارش رشت	0.18	-0.09	-0.05	0.13
میانگین فصلی بارش رامسر	0.1	-0.03	-0.18	-0.02
میانگین فصلی بارش بابلسر	0.08	0	-0.14	0.16
میانگین فصلی بارش گرگان	-0.19	-0.01	-0.32	0.9
میانگین فصلی ابرناکی بندر انزلی	0.21	-0.04	-0.07	-0.1
میانگین فصلی ابرناکی رشت	0.13	- 0.19	- 0.1	-0.1
میانگین فصلی ابرناکی رامسر	0.1	-0.13	-0.11	-0.1
میانگین فصلی ابرناکی بابلسر	0.19	0.05	0.01	0.03
میانگین فصلی ابرناکی گرگان	0.12	-0.04	-0.05	-0.03
میانگین فصلی رطوبت بندرانزلی	0.11	0.15	0.25	0.14
میانگین فصلی رطوبت رشت	0.36	0.38	0.44	0.25
میانگین فصلی رطوبت رامسر	0.42	0.24	0.39	0.33
میانگین فصلی رطوبت بابلسر	0.023	0.056	0.046	0.087
میانگین فصلی رطوبت گرگان	0.2	0.36	0.41	0.33

ج: تحلیل آزمون من ـ کندال بر روی داده های سالانه

بررسی سالانه عناصر اقلیمی با روش من-کندال حاکی از وجود روند در دوره مورد مطالعه هست. محاسبات انجام شده در جدول (۴) نشان می دهد که بارندگی و ابرناکی ایستگاه ها در طول دوره تغییر نکرده است. ولی سایر پارامتر ها با تغییراتی مواجهه بوده اند. میانگین دمای سالانه ایستگاه رامسر به میزان ۰/۲۷- دارای روند کاهشی و در سایر ایستگاه ها تغییر وجود نداشته است. به نظر می رسد بیشتر تغییرات در عنصر دما صورت گرفته

است. مثلاً میانگین دمای حداقل سالانه ایستگاه انزلی، رشت و گرگان به میزان ۰/۳، ۰/۳۶، ۰/۲۵- تغییر روند دارند که روند افزایشی دمای حداقل سالانه انزلی و رشت با روند منفی گرگان همراه است. دمای حداکثر دارای روند منفی است و به عبارت دیگردر تمام ایستگاه ها (به جز بابلسر) دمای حداکثر سالانه کاهش یافته است. تغییرات رطوبت محدود به ایستگاه رشت و گرگان و روند هر دو آنها از نوع افزایشی بوده و در سایر ایستگاه ها تغییری در رطوبت مشاهده نمی شود.

جدول ۴ ـ نتایج آمار کندال (T) و آمار بحرانی t(T) برای ایستگاههای موردنظر

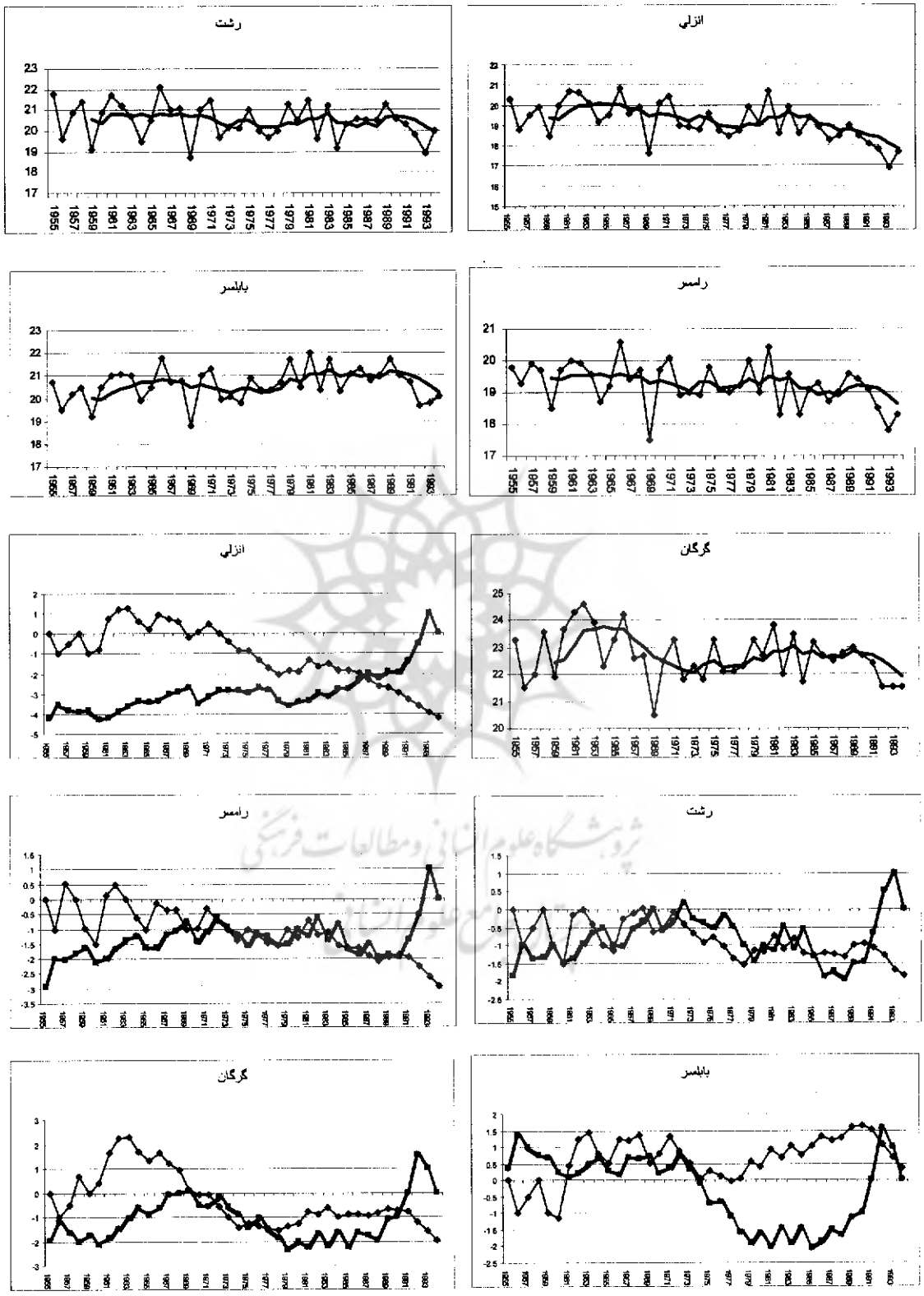
نام ایستگاه / پارامتر	بندر انزلی T	رشت T	رامسر T	بابلسر T	گرگان T
بارش سالانه پنج ایستگاه	-0.16	0.2	0	0.2	-0.18
ابرناکی سالانه پنج ایستگاه	0.07	-0.06	0	0.17	0.1
میانگین دمای سالانه پنج ایستگاه	-0.2	0.1	-0.27	0.14	-0.16
میانگین دمای حداقل پنج ایستگاه	0.3	0.36	-0.1	0.19	-0.25
میانگین دمای حداکثر پنج ایستگاه	-0.47	-0.22	-0.32	0.05	-0.24
میانگین سالیانه رطوبت نسبی پنج ایستگاه	0.12	0.36	-0.01	-0.015	0.29
مقدار آماره بحرانی t(T)	±0.21	±0.21	±0.21	±0.21	±0.21

د: تحلیل آزمون نموداری من-کندال جهت تعیین نوع و زمان تغییر

برای این کار ابتدا نمودار کندال با استفاده از مولفه u و u´ برای تمام عناصر مورد بررسی در مقیاس فصلی و سالانه ترسیم شد. سپس با توجه به خصوصیات آزمون گرافیکی کندال نوع و زمان تغییر مشخص گردید نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نمودارها در جدول (۵،۶،۷) ارائه شده است به دلیل حجم زیاد نمودارها (بیش از ۲۰۰ نمودار) امکان ترسیم همه آنها در این بحث وجود نداشته و فقط نمونه ای از آن آورده شده است (شکل ۱).

جدول ۵ ـ فراوانی وقوع و درصد تغییرات عناصر اقلیمی در ایستگاههای مورد مطالعه

دوره		سالانه		پاییز		تابستان		بهار		زمستان		زمان / نوع تغییر
تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
30	%26.5	9	%31	1	%5	3	%13.6	6	%31.6	11	%47.8	روند منفی
32	%28.3	6	%20.7	4	%20	8	%36.4	10	%52.6	4	%17.4	روند مثبت
24	%21.2	5	%17.2	6	%30	5	%22.7	3	%15.8	5	%21.7	کاهشی
27	%24	9	%31.1	9	%45	6	%27.3	0	0	3	%31.1	افزایشی
113	%100	29	%100	20	%23.79	22	%26.19	19	%22.64	23	%27.4	کل تغییرات



شکل ۱ – تغییرات آماره های u و u` و میانگین متحرک ۵ ساله دماهای متوسط حداکثر فصلی در ایستگاه های مورد مطالعه

با توجه به نمودارهای ترسیم شده معلوم گردید که زمان شروع بیشتر تغییرات از نوع ناگهانی بوده و در ۲۶/۵ درصد از موارد تغییرات فصلی و سالانه دارای روند منفی، ۲۸/۳ درصد دارای روند مثبت، ۲۱/۲ درصد تغییرات افزایشی و ۲۴ درصد آن از نوع تغییرات کاهشی بوده است. همچنین بررسی نوع تغییرات فصلی و سالانه در جدول (۵) نشان می دهد که اکثر تغییرات فصل زمستان از نوع روند بوده است(۶۵/۲ درصد). و روند منفی با مقدار ۴۷/۸ درصد نشان دهنده روند کاهشی همه عناصر در کل منطقه است در همین راستا ۸۴/۲ درصد تغییرات فصل بهار از نوع روند می باشد که ۵۲/۶ درصد آن از نوع روند مثبت و حاکی از افزایش عناصر مذکور در کل دوره است. تغییرات فصل تابستان نسبت به فصول دیگر از همگنی بیشتری برخوردار بوده و مجموع تغییرات از نوع روند مثبت و افزایشی می باشد (۶۳/۷ درصد) همچنین ۶۵ درصد تغییرات فصل پاییز از نوع روند مثبت و از افزایش متغیرها در طول دوره حکایت می کند. مقدار کل تغییر نشان می دهد که درصد تغییر در فصل زمستان و تابستان نسبت به بهار و پاییز بیشتر بوده و تقریباً درصد تغییرات فصل زمستان با تابستان و بهار با پاییز برابر است .

در جدول ۷ برای تحلیل دقیق تر زمان وقوع تغییرات، کل دوره به ۴ دهه تقسیم شده است تا از این طریق همزمانی تغییرات در ایستگاه ها مشخص شود اطلاعات مندرج در جدول شماره (۷) مشخص می کند که :

- در فصل زمستان زمان شروع بیش از ۸۰ درصد تغییرات، در دو دهه اول و دوم رخ داده است.
- در دهه های اول دوره مورد مطالعه هیچگونه تغییری در عناصر اقلیمی فصل بهار مشاهده نمی گردد و در این فصل زمان شروع تغییرات از دهه دوم بوده و بیش از ۷۳ درصد تغییرات از دهه سوم و چهارم دوره آغاز می شود به این ترتیب زمان وقوع تغییر عناصر فصل بهار در ۲ دهه پایانی دوره بیشتر است .
- زمان وقوع تغییرات فصل تابستان در دهه اول، سوم و چهارم بوده و دهه دوم درصد کمتری را به خود اختصاص می دهد .
- فصل پاییز نسبت به سه فصل دیگر از زمان وقوع همگنی برخوردار است. حدود ۶۰ درصد زمان شروع تغییر از دهه دوم و سوم و ۴۰ درصد آن از دهه اول و چهارم بوده است .
- درصد زمان وقوع تغییر سالانه و کل دوره به هم نزدیک بوده و نشان می دهد هر چه از فصل زمستان به طرف زمان وقوع سالانه و کل دوره پیش برویم درصد زمان وقوع تغییر در چهار دوره به هم نزدیکتر شده و در کل دوره توزیع می گردد .

جدول ۶ - بررسی نوع(حروف) و زمان(اعداد) تغییر پارامترهای اقلیمی در ایستگاههای ساحلی دریای خزر

فصل / پارامتر	سالانه	پاییز	تابستان	بهار	زمستان
میانگین فصلی دمای متوسط انزلی	CD 90		CI 58		CD 70
میانگین فصلی دمای متوسط رشت	CI 80		TI 77	TI 76	CD 68
میانگین فصلی دمای متوسط رامسر	TD 64	CD 72			TD 69
میانگین فصلی دمای متوسط بابلسر	CI 77		CI 78	TI 78	
میانگین فصلی دمای متوسط گرگان					TD 70
میانگین فصلی دمای حداقل انزلی	TI 76		TI 75	TI 73	
میانگین فصلی دمای حداقل رشت	TI 78	TI 78	TI 79	TI 76	
میانگین فصلی دمای حداقل رامسر	TD 64-86	CD 69	CI 87		TD 68
میانگین فصل دمای حداقل بابلسر		TI 85	CI 76	TI 81	CD 64
میانگین فصلی دمای حداقل گرگان	TD 86	CD 85		TD 87	TD 69
میانگین فصلی دمای حداکثر انزلی	TD 87	TD 73	TD 90	TD 88	TD 72
میانگین فصلی دمای حداکثر رشت	CD 69	CD 73	CI 66		CD 69
میانگین فصلی دمای حداکثر رامسر	TD 70	CD 57	CD 57	TD 81	TD 70
میانگین فصلی دمای حداکثر بابلسر	CI 62	CI 61	TI 75	TI 75	
میانگین فصلی دمای حداکثر گرگان	TD 72		TD 88		TD 72

دوره / پارامتر	سالانه	پاییز	تابستان	بهار	زمستان
میانگین فصلی بارش بندر انزلی	TI 61-72		TD 64	TD 66	CI 64
رشت	CI 67	CI 72	CD 64	CD 78	CI 67
رامسر				TD 66	
بابلسر	CI 73	CI 71		CD 79	CI 67
گرگان	CD 84	CD 86		TD 66	CD 82
میانگین فصلی رطوبت نسبی بندر انزلی	TD 60-82 CI	CI 83	CI 85	TI 85	
رشت	TI 82	TI 80	TI 82	TI 81	TI 80
رامسر	TI 89	TI 85	TI 89	TI 87	TI 85
بابلسر	TD 55-84 CI 91				TI 55-66
گرگان	TI=89 TD	CI 90	TI 85	TI 86	TI 85
میانگین فصلی ابرناکی بندر انزلی	CI 77	CI 75	TI 62-89		TD 58-69
رشت	CD 58	CI 75	CD 62		TD 58-69
رامسر	CD 58	CI 61	CD 63	CD 65	TD 58-69
بابلسر	CI 77	CI 76			
گرگان			CD 57		TD 56-68

جدول ۷ فراوانی و درصد وقوع زمان تغییرات عناصر فصلی و سالانه ایستگاههای مورد مطالعه

دهه	فاصله زمانی	زمستان		بهار		تابستان		پاییز		سالانه		دوره	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
اول	۱۹۵۵-۱۹۶۵	7	%30.4	0	0	8	%36.36	3	%15	8	%27.58	26	%23
دوم	۱۹۶۵-۱۹۷۵	12	%52.2	5	%26.3	1	%4.54	6	%30	8	%27.58	32	%28.3
سوم	۱۹۷۵-۱۹۸۵	2	%8.7	9	%47.36	7	%31.8	6	%30	8	%27.58	32	%28.3
چهارم	۱۹۸۵-۱۹۹۴	2	%8.7	5	%26.34	6	%27.3	5	%25	5	%17.26	23	%20.4
کل تغییرات		**23**	**%100**	**19**	**%100**	**22**	**%100**	**20**	**%100**	**29**	**%100**	**113**	**%100**

نتیجه گیری

با بررسی و مطالعاتی که بر روی عناصر دما، بارش، رطوبت و ابرناکی ۵ ایستگاه ساحلی دریای خزر صورت گرفت مشخص شد که عناصر اقلیمی در طول دوره (۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰) تغییر کرده است. این تغییر از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی و روند می باشند که در بعضی از سری های ماهانه، فصلی و سالانه مشاهده می شود در بررسی سری های دمای حداکثر و حداقل معلوم گردید که تغییرات موجود از نوع روند و در دو جهت مثبت و منفی است به این ترتیب که از دمای حداکثر تمام ایستگاه ها (به جز بابلسر) کاسته و بر دمای حداقل آنها افزوده شده است. فقط دمای حداقل گرگان از روند منفی پیروی می کند. پدیده کاهش دمای حداکثر و افزایش دمای حداقل ماهانه در انزلی شدیدتر از سایر نقاط ظاهر گردید و تغییرات سری هایی بارندگی مستقل از بقیه عناصر عمل کرده و میزان تغییر در گرگان شدید تر از سایر ایستگاهها و از نوع روند منفی است. روند تغییر رطوبت ماهانه از نوع مثبت (بجز بابلسر) بوده و هر گونه تغییر در دما (افزایشی یا کاهشی) منجر به روند افزایشی در رطوبت شده است. بیشترین مقدار افزایش دمای حداقل در فصل بهار و تابستان و کمترین آن در فصل زمستان رخ داده است بدین ترتیب که روند تغییر ایستگاه انزلی، رشت، بابلسر مثبت و در رامسر و گرگان منفی و دمای حداقل فصل پاییز هیچگونه تغییر مهمی را نشان نمی دهد. در سری های مربوط به بارش مشخص گردید که بارندگی زمستان و بهار ایستگاه گرگان دارای روند مثبت و منفی است در حالی که بارندگی انزلی (تابستان) دارای روند منفی و بقیه ایستگاهها تغییرات بارزی را در بارندگی نشان نمی دهند در سری های ابرناکی فصول هیچگونه تغییری که نشانه روند باشد وجود ندارد. زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از نوع روند می باشد هم چنین زمان تغییر عناصر در ایستگاهها، متفاوت و نشان دهنده عدم هماهنگی پدیده تغییر در ایستگاه های مورد مطالعه است.

منابع

۱. رحیم زاده. فاطمه، عسگری. احمد، نوحی. کیوان، (۱۳۸۲)، نگرشی برتفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور، سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم.

۲. روشنی، محمود، (۱۳۸۲)، بررسی تغییرات اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر، پایاننامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما دکتر قاسم عزیزی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران.

۳. عزیزی، قاسم. کریمی احمدآباد، مصطفی. سبک خیز، زهرا، (۱۳۸۴)، روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO2 ،نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم، جلد ۴، شماره ۵، پاییز و زمستان ۱۳۸۳ و بهار و تابستان صص ۲۵-۴۳ .

۴. مسعودیان. ابوالفضل، ۱۳۸۳، تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد پانزدهم- شماره ۱و۲.

5. Arora, V.K. and Boer, G.J.: 2001, 'Effects of Simulated Climate Change on the Hydrology of Major River Basins', *J. Geophys. Res.* 106(D4), 3335-3348.

6. Ghil, M., and R. Vautard, Interdecadal Oscillations and the Warming Trend in Global Temperature Time Series, Science, 199, 1065-1068, 1991.

7. Gleick, P.H.: 1989, 'Climate change, hydrology, and water resources' *Reviews in Geophysics* 27, 329-344.

8. Hasselmann, K., Climate change: Are We Seeing Global Warming?, Science, 276, 914-915, 1997.

9. Hegerl, G. C., H. v. Storch, K. Hasselmann, B. D. Santer, U. Cubasch, and P. D. Jones, Detecting Greenhouse-gas-induced Climate Change with an Optimal Fingerprint Method, *Journal of Climate, 9*, 2281-2306, 1996.

10. Hegerl, G. C., K. Hasselmann, U. Cubasch, J. F. B. Mitchell, E. Roeckner, R. Voss, and J. Waskewitz, on Multi-fingerprint Detection and Attribution of Greenhouse Gas and Aerosol Forced climatic change, *Climate Dynamics, 13*, 613-634, 1997.

11. IPCC: 2001a, '*Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability'*, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White (eds), Cambridge University Press, 1032 pp.

12. IPPC: 2001b, '*Climate Change 2001: The Scientific Basis*', Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Houghton, J.T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881p.

13. Jones, P. D., and G. C. Hegerl, Comparisons of Two Methods of Removing Anthropogenically Related Variability from the Near-surface Observational Temperature Field, *J. Geophys. Res., 103 (D12)*, 13,777-13,786, 1998.

14. 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 .

15. Morel, P.: 2001, 'Why GEWEX? The Agenda for a Global Energy and Water Cycle Research Program', in Twitchell, 403 P. (ed.), *GEWEX NEWS*11 (1), 1, 7-11. International GEWEX Project Office, 1010 Wayne Avenue 450, 404 Silver Springs, MA (USA).

16. Nijssen, B., O'Donnell, G.M., Hamlet, A.F., and Lettenmaier, D.P.: 2001, 'Hydrologic Sensitivity of Global Rivers to Climate Change', *Climate Change* 50 (1-2), 143-175.

17. North, G. R., and K.-Y. Kim, Detection of Forced Climate Signals. Part II: Simulation results, *Journal of Climate, 6*, 409-417, 1995.

18. North, G. R., K.-Y. Kim, S. P. Shen, and J. W. Hardin, Detection of Forced Climate Signals. Part I: filter theory, *Journal of Climate, 6*, 401-408, 1995.

19. Santer, B. D., K. E. Taylor, T. M. L. Wigley, J. E. Penner, P. D. Jones, and U. Cubasch, Towards the Detection and Attribution of an Anthropogenic Effect on Climate, *Climate Dynamics, 12*, 79-100, 1995.
20. Schlesinger, M. E., and N. Ramankutty, An oscillation in the global climate system of period 65-70 years, *Nature, 360*, 330-333, 1994.
21. Sueyers. R, 1990, on the Statistical Analysis of Series of Observation, wmo, no 415, pp 2 – 15.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی