

بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در سواحل شمالی خلیج فارس با استفاده از آزمون کندال

کمال امیدوار، دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، ایران
یونس خسروی، دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، ایران*

چکیده

به منظور آشکارسازی تغییر اقلیم در سواحل شمالی خلیج فارس، داده‌های مربوط به ۵ پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای میانگین، رطوبت نسبی و بارش سه ایستگاه سینوپتیک بندرعباس، بوشهر و آبادان در یک دوره آماری پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵) انتخاب و سپس کلیه این داده‌ها در یک پایگاه اطلاعاتی شامل ۱۳۰ ماتریس (۵×۲۶) در محیط نرم‌افزار MATLAB وارد شدند و با استفاده از آزمون کندال و از طریق برنامه‌نویسی در نرم‌افزار مربوطه، روند تغییرات آنها بررسی گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات دمای میانگین در هر سه ایستگاه، مشابه با روند تغییرات دمای حداقل آنهاست و آنچه موجب افزایش دمای میانگین ایستگاه‌های منطقه شده، بیشتر دمای حداقل بوده است. همچنین رطوبت نسبی در هر سه ایستگاه مذکور، بیشتر یا دارای روند نزولی معنی‌دار و یا فاقد روند معنی‌دار است که این روند در ماه‌های گرم سال آشکارتر است. در مورد پارامتر بارش، فراوانی روندهای معنی‌دار نزولی در ایستگاه‌های مورد مطالعه دیده می‌شود و هیچ‌گونه روند صعودی معنی‌داری در آنها مشاهده نمی‌شود. واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، دما، رطوبت نسبی، بارش، آزمون کندال، سواحل شمالی خلیج فارس.

مقدمه

تاکنون نظریات مختلفی برای توجیه روند تغییرات اقلیمی ارایه شده که از آن جمله می‌توان به تئوری چگالی انرژی خورشید، تئوری گلخانه‌ای و گرد و غبار آتشفشانی اشاره کرد، اما معتبرترین نظریه در این زمینه، تئوری گلخانه‌ای است. طبق گزارش‌های (International Panel in Climate Change) (۲۰۰۰)، به دلیل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته در جو زمین، خروج امواج حرارتی (طول موج بلند) از زمین با موانع بیشتری روبه‌رو شده که افزایش دمای هوا را به دنبال داشته است و میزان این افزایش به میزان ۰.۳ تا ۰.۶ درجه

امروزه، موضوع تغییر اقلیم و تأثیرات ناشی از آن، مانند گرمایش جهانی، یکی از مسایل مهم و مطرح جهانی است. در این خصوص بسیاری از محققان و پژوهشگران در سراسر جهان تحقیقات ارزنده‌ای برای شناخت اقلیم، تغییرپذیری آن و پیش‌بینی این تغییرات در دوره‌های زمانی متفاوت آینده انجام داده‌اند. همچنین دیدگاه‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی مسأله تغییر اقلیم نیز در سطح جهانی در دست مطالعه و بررسی است (کرولی و همکاران: ۱۹۹۹: ۱۹۰۱).

درجه سانتیگراد بوده که در دهه‌های اخیر شتاب بیشتری یافته است.

از آنجا که اقیانوس‌ها سطح وسیعی از کره زمین را پوشانده‌اند، تأثیر زیاد آنها بر وضعیت اقلیمی دور از انتظار نیست. برای مثال، آب آهسته‌تر از هوا، دما را جذب و دفع می‌کند و در نتیجه این خاصیت، اقیانوس‌ها اثر تعدیلی بر وضعیت اقلیمی مناطق ساحلی دارند (زاهدی، ۱۳۸۲: ۶۸). خلیج فارس، به علت ویژگی‌های خاص خود، مانند: آب و هوای گرم، شوری زیاد، عمق کم و بارندگی اندک، موقعیت ویژه‌ای دارد. این خلیج، نتیجه عقب‌نشینی خشکی و پیشروی آب دریا است؛ یعنی همان میزان که از تأثیرات تغییر اقلیم در افزایش سطح آب دریا انتظار می‌رود، به همان اندازه نیز خود آب پیشروی و افزایش سطح دارد. میزان عقب‌نشینی خشکی از اوایل قرن بیستم تا سال ۲۰۰۰ برابر ۲۰ سانتی‌متر برآورد گردیده و میزان این افزایش در تراز دریا برای خلیج فارس دو برابر میزان میانگین جهانی برآورد شده است. البته، مشاهدات اخیر دلالت بر تغییراتی کمتر نسبت به الگوی فرض شده دارد (UNEP، ۱۹۹۴: ۲۳۱). با وجود این، تمامی مدل‌های کامپیوتری جهان، گرم شدن کره زمین را در عرض‌های جغرافیایی بالا در فصل زمستان و اواخر پاییز مشخص می‌نمایند. آمار مستند ایستگاه‌های هواشناسی کشور در تجزیه و تحلیل دمای سطح زمین و سواحل شمالی خلیج فارس، این نظریه را که در طی پانزده سال اخیر متوسط دمای کشور افزایش یافته است، تأیید می‌کند (نوریان، ۱۳۷۴: ۲۸).

به منظور آشکارسازی و تشخیص تغییر اقلیم، فعالیت‌های زیادی برای بررسی روند تعدادی از پارامترهای اقلیمی در دهه‌های اخیر انجام گرفته است. ویلسون و لئیمایر (۱۹۹۲: ۲۷۹۱)، کاتز و پارالانژ (۱۹۹۳: ۲۳۳۹) و ولهیستر و همکاران (۱۹۹۳: ۱۲۷۸)، دریافتند که الگوهای در چرخه‌ی جوی (برای مثال، فشار سطح دریا^۲)، تأثیر معنی‌داری بر روی بارش و روند تغییرات آن دارند. بوگاردی و همکاران (۱۹۹۳: ۶۵۳)، روند تغییرات فشار سطح دریا در دهه‌های اخیر و ارتباط آن با تغییرات بارش را مورد توجه قرار داده‌اند. موریس و گراهام (۱۹۹۶: ۱۲۰۷) و چن و همکاران (۱۹۹۷: ۱۱۹۷)، اواسط دهه ۱۹۷۰ را به عنوان نقطه تغییر در سری زمانی داده‌های بارش و دما معرفی نمودند. کیلی (۱۹۹۹: ۱۴۱)، تغییر اقلیم در ایرلند را با استفاده از داده‌های بارش و دبی بررسی نموده و نتیجه‌گیری کرده است که افزایش در بارش و دبی رودخانه‌های ایرلند در چند دهه اخیر با نوسان‌های فشار هوا در سطح اقیانوس اطلس شمالی ارتباط دارد. دلویس و همکاران (۲۰۰۰: ۱۴۵۱) و گنزالس-هیدالگو (۲۰۰۱: ۸۴۳) با بررسی بارندگی والنسیا در اسپانیا نتیجه گرفتند که روند بارندگی در ارتباط با تغییرپذیری بین‌سالی بارندگی در مناطق مرطوب این منطقه به طور معنی‌داری کاهش یافته است. پیکارتا و همکاران (۲۰۰۴: ۹۰۷) با مطالعه بارندگی باسیلیکا در اسپانیا به این نتیجه رسیدند که مقدار بارندگی سالانه در بسیاری از ایستگاه‌های این منطقه دارای روندی منفی است و میانگین کاهش بارندگی در این ایستگاه‌ها در سی سال گذشته، در حدود ۱۵۶ میلی-متر بوده است.

².Sea Level Pressure(SLP)

¹.United Nations Environment Program

را بررسی نمود. ابراهیمی و همکاران (۵:۱۳۸۴)، روند تغییرات درجه حرارت در دو سطح اعتماد ۱ و ۵ درصد را در دشت مشهد بررسی کردند، که برای این منظور، از روش‌های لتن‌مایر و من-کندال برای تمام ماه‌ها استفاده شده است.

عزیزی و همکاران (۲۵:۱۳۸۴) با مطالعه روند دمای چند دهه ایران به ارتباط این روند با افزایش گاز دی اکسید کربن پی بردند. آنها با بررسی بر روی ۱۲ ایستگاه برای تعیین میزان، جهت و معنی‌داری روند از آزمون من-کندال استفاد نمودند و دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه، روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده می‌شود که این ممکن است از افزایش میزان دی اکسید کربن جو متأثر شده باشد.

محمدی و تقوی (۱۵۱:۱۳۸۴) روند شاخص‌های حدی دما و بارش را در ایستگاه مهرآباد تهران طی یک دوره پنجاه و سه ساله را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که روند دمای حداقل و دمای متوسط روزانه کاملاً افزایشی است و شیب مثبت دارد و این، در صورتی است که روند افزایشی دمای حداکثر دارای شیب کمتری است. عزیزی و روشنی (۱۳:۱۳۸۷) ضمن مطالعه تغییرات اقلیمی در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال نتیجه گرفتند که بیشتر این تغییرات، ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان برخوردار بوده است و در اکثر ایستگاه‌ها دمای حداقل روند مثبت و دمای حداکثر روند منفی را نشان می‌دهند.

در پژوهش دیگری، امیدوار و خسروی (۸۸:۱۳۸۸) دما و بارش یکی از ایستگاه‌های سواحل شمالی خلیج فارس یعنی ایستگاه بوشهر را طی دوره آماری پنجاه ساله بررسی کردند و سپس با بررسی روند موجود در پارامترهای مذکور به پیش‌بینی پرداختند. نتیجه حاکی از

اگرچه در ایران هنوز تحقیقات جامعی در خصوص تغییر اقلیم صورت نگرفته است ولی از جمله تحقیقات صورت گرفته، می‌توان به این موارد اشاره کرد: عسکری (۴۴:۱۳۷۱) بر این نظر تأکید می‌کند که آنچه در تغییر کلی الگوی اقلیمی سیاره زمین اهمیت دارد، الگوی جغرافیایی تغییر دما است. به نظر علیزاده (۳۴:۱۳۷۳)، هرگونه تغییر اقلیمی سرآغاز زنجیره‌ای از واکنش‌هاست که اثر آن به طور مستقیم در فرایندهای هیدرولوژیک ظاهر می‌شود. رستمیان (۸۵:۱۳۷۵) با بررسی ایستگاه‌های ساحلی دریای خزر هیچ‌گونه روندی را مشاهده نکرد، ولی پدیده کاهش دمای حداکثر و افزایش دمای حداقل در طول سال به جز در زمستان مشاهده نمود که این پدیده در ایستگاه انزلی نسبت به سایر ایستگاه‌ها شدیدتر و تغییرات ناگهانی در عناصر اقلیمی (دما) در سال‌های ۱۹۶۵ تا ۱۹۶۸ قابل تشخیص بوده است. ریسی (۵۹:۱۳۷۶) با استفاده از روش‌های استوکستیک^۳ به مطالعه تغییرات اقلیمی جنوب ایران پرداخت. وی با روش‌های آنالیز طیفی، داده‌های چهل سال بارندگی و درجه حرارت شیراز را بررسی نمود و نتیجه گرفت که آنالیز طیفی با شناسایی فرکانس‌های فعال موجود در ساختار سری‌های زمانی بارندگی، نشان دهنده عدم تغییرات آب و هوایی در چهل ساله گذشته است. نتایج این تحقیق، نشان دهنده روند افزایشی تغییرات درجه حرارت بوده است.

خشنو (۹۸:۱۳۷۸) تغییرات اقلیمی جنوب ایران را به کمک پارامترهای دما و بارش و با استفاده از آزمون من-کندال ارزیابی نمود. وی با استفاده از این آزمون، چگونگی روندها و تغییرات مشخص پارامترهای مذکور

³. Stochastic

این بررسی، محدود به سه ایستگاه سینوپتیک بندرعباس، بوشهر و آبادان بوده، دوره آماری مورد استفاده شامل: سال‌های ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵؛ یعنی یک دوره پنجاه ساله است. علل انتخاب این ایستگاه‌ها، طول دوره آماری کافی و نیز پراکنش مناسب مکانی در سواحل شمالی خلیج فارس بوده است. مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول (۱) و شکل (۱) ارایه شده است.

آن بود، که با طرح مدل‌های آماری، روند افزایش برای دما و روند کاهش برای بارش قابل انتظار است.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی سواحل شمالی خلیج فارس در سه ایستگاه سینوپتیک بندرعباس، بوشهر و آبادان طی دوره آماری پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)، با استفاده از آزمون کندال است.

معرفی منطقه مورد مطالعه

جدول (۱): مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های منطقه مورد بررسی

| ایستگاه | عرض جغرافیایی (درجه و دقیقه) | طول جغرافیایی (درجه و دقیقه) | ارتفاع از سطح دریا (متر) |
|----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| بندرعباس | ۲۷/۱۳ | ۵۶/۲۲ | ۹/۸ |
| بوشهر | ۲۸/۵۹ | ۵۰/۵۰ | ۱۹/۶ |
| آبادان | ۳۰/۲۲ | ۴۸/۱۵ | ۶/۶ |

مواد و روش‌ها

۱- جمع آوری آمار و اطلاعات

به منظور انجام این پژوهش، ابتدا شناسنامه اطلاعات آب و هوایی سه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بندرعباس، بوشهر و آبادان از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. از میان آمار و اطلاعات هواشناسی ثبت شده در این ایستگاه‌ها، پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای میانگین، رطوبت نسبی و بارش در یک دوره آماری پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵) انتخاب گردید، تا روند کلی تغییرات اقلیمی آنها تحلیل گردد. از آنجا که پارامترهای بارش، دما و رطوبت نسبی پارامترهای وابسته به یکدیگر محسوب می‌شوند و تغییرات آنها تأثیر بسزایی بر نوع اقلیم یک منطقه دارد، می‌توان با بررسی تغییرات زمانی و تأثیر آنها بر یکدیگر، تغییرات اقلیمی را در منطقه مورد نظر بررسی کرد.

۲- تشکیل پایگاه داده

پس از جمع‌آوری اطلاعات هواشناسی مورد نظر، کلیه این داده‌ها در یک پایگاه اطلاعاتی شامل ۱۳۰ ماتریس (۵×۲۶) که هر ماتریس مربوط به پارامتر مشخصی از یک ایستگاه هواشناسی است، در محیط نرم-افزار MATLAB وارد شدند. شایان ذکر است که هر یک از این ماتریس‌ها شامل سطرهایی به اندازه طول دوره آماری (پنجاه سال) و چهارده ستون هستند، که ستون اول مربوط به طول دوره آماری، ستون دوم تا سیزدهم مربوط به مقادیر هر پارامتر در ماه‌های میلادی و ستون آخر حاوی مقادیر هر پارامتر به صورت سالانه است. جدول (۲)، بیانگر اطلاعات دمای حداقل ایستگاه هواشناسی بوشهر است که در واقع، یکی از ماتریس‌های مذکور را در قالب جدول نشان می‌دهد.

جدول (۲): اطلاعات دمای حداقل ایستگاه سینوپتیک بوشهر به درجه سلسیوس

| سال آماري | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | مه | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | سالانه |
|--------------|--------|-------|------|-------|------|------|-------|------|---------|-------|--------|--------|--------|
| 1951 | 9.4 | 8.6 | 9.8 | 13.3 | 12.4 | 11.3 | 12 | 10.5 | 11.8 | 12.3 | 12 | 8.1 | 10.9 |
| 1952 | 8.5 | 9.1 | 10.8 | 13.2 | 11.4 | 9.2 | 9.4 | 13 | 13.2 | 14.5 | 11.1 | 8.9 | 11.02 |
| 1953 | 10.6 | 9.8 | 10.7 | 13.1 | 13.5 | 13.2 | 11.6 | 11.5 | 13.2 | 14.3 | 10.8 | 8 | 11.7 |
| 1954 | 9.8 | 9.2 | 10.1 | 12.7 | 12.2 | 10.6 | 11.4 | 11.2 | 14 | 13.5 | 8.7 | 7.6 | 10.9 |
| 1955 | 8.5 | 10.8 | 10.2 | 13 | 12.6 | 15.5 | 12.2 | 11.9 | 13 | 14.7 | 12.9 | 8.6 | 12 |
| 1956 | 8.9 | 9.6 | 9.4 | 11.5 | 10.5 | 11.5 | 9.7 | 12 | 13.5 | 14.2 | 14 | 7.6 | 11 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| 2000 | 7.9 | 8.7 | 9.4 | 11.4 | 10.2 | 10.4 | 11.2 | 9.1 | 10.5 | 11.2 | 8.6 | 8.6 | 9.8 |
| 2001 | 9.3 | 9.9 | 10.7 | 11.1 | 11.5 | 9.6 | 9.9 | 10.2 | 10.6 | 12.1 | 11 | 8.4 | 10.4 |
| 2002 | 7.9 | 9.4 | 10.6 | 10.3 | 12 | 11.3 | 10.7 | 9.9 | 10 | 12.7 | 10.6 | 8.1 | 10.2 |
| 2003 | 7 | 6.6 | 8.7 | 9 | 9.5 | 8.1 | 7.2 | 8.8 | 9.7 | 9.9 | 9.5 | 7 | 8.4 |
| 2004 | 6.7 | 7.9 | 9.2 | 8.4 | 8.5 | 8 | 9.7 | 7.8 | 9.2 | 11.1 | 9.5 | 7.4 | 8.7 |
| 2005 | 7.5 | 7.5 | 8.4 | 10 | 10.8 | 7.6 | 8.1 | 7.9 | 9.2 | 9.7 | 7.6 | 9.1 | 8.6 |

مآخذ: سازمان هواشناسی کشور

وجود روند داده‌ها را مشخص می‌کند (مهدوی، ۱۳۸۴).

در یک سری مشخص از داده‌ها، برای تعیین تصادفی بودن آنها از رابطه زیر استفاده می‌شود:

۳- بررسی معناداری روند داده‌ها با استفاده از آزمون

کندال^۴ (آزمون T)

چنانچه سری زمانی داده‌های هیدرولوژی و هواشناسی به طور یکنواخت سیر صعودی یا نزولی داشته باشند نشان دهنده وجود روند در داده‌های مذکور است. هر گونه تغییرات طبیعی و یا غیر طبیعی، منجر به تغییر در روند داده‌ها می‌شود. برای آنکه وجود یا عدم روند در داده‌ها مشخص شود، می‌توان از یکسری آزمون‌هایی استفاده کرد. آزمون T کندال، یکی از آزمون‌هایی است که به فراوانی در هیدرولوژی و اقلیم‌شناسی، برای تعیین روند داده‌ها استفاده می‌گردد. به عبارتی، معنادار بودن

⁴.Kendal

$$\tau = \frac{4p}{n(n-1)} - 1 \quad (1)$$

در رابطه (۱)، τ آماره کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف n_i است. میزان P از رابطه زیر به دست می‌آید (کندال، ۱۹۷۳)

$$P = \sum_{i=1}^n ni \quad (2)$$

در رابطه (۲)، n معرف تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده است. برای یک مجموعه تصادفی امید ریاضی τ برابر صفر است و واریانس نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{Var}(\tau) = \frac{2(2n+5)}{9n(n-1)} \quad (3)$$

آزمون کندال، متغیر نرمال استاندارد به نام N را تعریف می‌کند که از رابطه (۴) به دست می‌آید. از این رابطه به منظور تعیین معنی‌دار بودن آماره τ استفاده می‌شود:

$$N = \frac{\tau}{\text{var}(\tau)^{1/5}} \quad (4)$$

بحث و نتایج

هوا و اقلیم، خود سیستمی پیچیده و متشکل از اجزا و پارامترهای مختلفی است که تعامل این پارامترها با یکدیگر، نوع آب و هوای هر منطقه را تعیین می‌کند. این موضوع قضاوت یک طرفه در مورد هوا و اقلیم یک منطقه و برآورد آن با توجه به یک پارامتر (مثلاً دما، بارش و غیره) را در تمامی مناطق با مشکل روبه‌رو می‌سازد. آنچه آشکار و روشن است این است که عناصر دما و بارش نقشی اساسی بر روی اقلیم هر منطقه دارند و تا حد زیادی دیگر عوامل، از جمله رطوبت نسبی، دمای نقطه شبنم و تبخیر و تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این میان، تغییرات دما بر روی میزان و نوع بارش اثر گذاشته، نقشی اساسی در تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل دارد.

در صورت افزایش در تعداد داده‌ها (n)، N به سرعت به سمت توزیع نرمال استاندارد همگرا می‌شود. اگر قدرمطلق N ، از $N/2$ (در سطح ۵ درصد با استفاده از جدول توزیع نرمال برابر با ۱/۹۶)، بیشتر باشد، سری داده‌ها دارای روند معنی‌دار است. اگر مقدار N منفی باشد، توزیع دارای روندی نزولی و اگر مقدار N بین ۱/۹۶ و -۱/۹۶ باشد، سری داده‌ها فاقد روند خاصی هستند (جهانبخش، ۱۳۸۳).

برای هر یک از سری داده‌ها به صورت ماهانه و سالانه، مقدار N برآورد گردید و معنی‌داری یا عدم روند در سری داده‌ها مشخص شد. تمام مراحل و محاسبات در محیط نرم‌افزار MATLAB صورت گرفته است.

سالانه با استفاده از آزمون K کندال و پیرو آن میزان N به دست آمده است. همچنین، روند تغییرات این پنج پارامتر را می‌توان در نمودارهای ۱ تا ۳ مشاهده کرد.

جداول شماره ۳ تا ۸، نشان‌دهنده روند تغییرات پارامترهای پنجگانه (دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش) به صورت ماهانه و

جدول (۳): میزان N (متغیر نرمال استاندارد) به دست آمده از آزمون کندال پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر،

دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه بندرعباس طی دوره آماری ۵۰ ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

| پارامتر | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | مه | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | سالانه |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|
| حداقل دما (°C) | 1.61 | 1.08 | 1.93 | 2.96 | 3.03 | 3.93 | 3.97 | 2.93 | 2.19 | 2.58 | 1.96 | 2.94 | 3.03 |
| حداکثر دما (°C) | -0.61 | -0.28 | -1.37 | 1.26 | 1.2 | 0.82 | -1.09 | 2.05 | 3.38 | -1.73 | 0.19 | -0.21 | -0.25 |
| دمای متوسط (°C) | 1.43 | -1.59 | 1.04 | 2.21 | 3.3 | 3.96 | 3.23 | 3.02 | 4.34 | 3.02 | -1.75 | -0.91 | 2.01 |
| رطوبت نسبی (%) | 0.56 | -0.6 | 0.71 | 1.08 | 1.09 | -3.84 | -3.38 | -3.74 | 1.02 | 0.94 | 0.49 | 0.08 | 0.23 |
| بارش (mm) | -0.08 | 0.39 | 0.74 | -1.22 | -6.94 | -8.01 | -7.71 | -3.86 | -9 | -6.87 | -3.22 | 0.74 | 0.39 |

جدول (۴): روند معنی‌داری تغییرات پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه

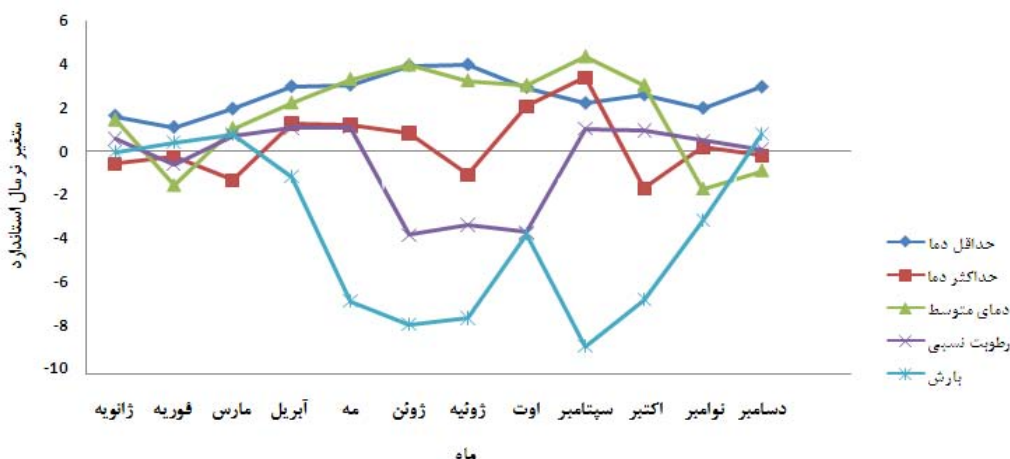
بندرعباس طی دوره آماری ۵۰ ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

| پارامتر | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | مه | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | سالانه |
|-----------------|--------|-------|------|-------|----|------|-------|-----|---------|-------|--------|--------|--------|
| حداقل دما (°C) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| حداکثر دما (°C) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| دمای متوسط (°C) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| رطوبت نسبی (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| بارش (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 |

1 = معنی‌دار بودن روند داده‌ها بر اساس آزمون K کندال و روند صعودی -1 = معنی‌دار بودن روند داده‌ها بر اساس آزمون

K کندال و روند نزولی

0 = معنی‌دار نبودن روند داده‌ها



نمودار (۱): میزان N (متغیر نرمال استاندارد) به دست آمده از آزمون کندال پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه بندرعباس طی دوره آماری پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

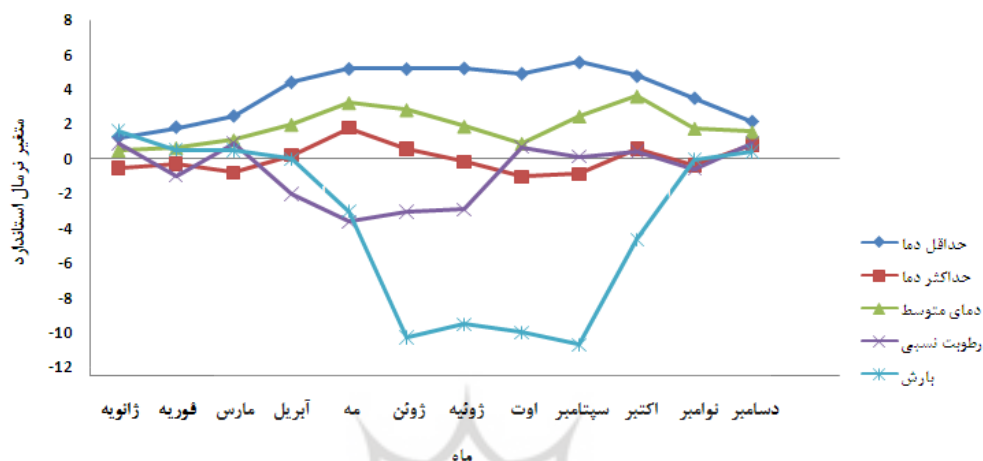
جدول (۵): میزان N (متغیر نرمال استاندارد) به دست آمده از آزمون کندال پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه بوشهر طی دوره آماری پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

| پارامتر | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | مه | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | سالانه |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|
| حداقل دما (°C) | 1.23 | 1.81 | 2.46 | 4.41 | 5.19 | 5.18 | 5.22 | 4.91 | 5.57 | 4.77 | 3.49 | 2.14 | 6.76 |
| حداکثر دما (°C) | -0.54 | -0.30 | -0.82 | 0.20 | 1.76 | 0.57 | -0.17 | -1.02 | -0.86 | 0.57 | -0.38 | 0.79 | 0.43 |
| دمای متوسط (°C) | 0.47 | 0.62 | 1.07 | 1.97 | 3.23 | 2.82 | 1.87 | 0.88 | 2.45 | 3.61 | 1.75 | 1.55 | 3.94 |
| رطوبت نسبی (%) | 0.89 | -0.95 | 0.92 | -2.00 | -3.59 | -3.01 | -2.91 | 0.68 | 0.14 | 0.44 | -0.56 | 0.89 | -0.27 |
| بارش (mm) | 1.60 | 0.50 | 0.47 | -0.01 | -3.01 | -10.27 | -9.50 | -9.99 | -10.68 | -4.65 | -0.05 | 0.41 | 1.35 |

جدول (۶): روند معنی‌داری تغییرات ۵ پارامتر پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه بوشهر طی دوره آماری پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

| پارامتر | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | مه | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | سالانه |
|-----------------|--------|-------|------|-------|----|------|-------|-----|---------|-------|--------|--------|--------|
| حداقل دما (°C) | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| حداکثر دما (°C) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| دمای متوسط (°C) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| رطوبت نسبی (%) | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| بارش (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 |

1 = معنی دار بودن روند داده‌ها بر اساس آزمون Kendall و روند صعودی
 -1 = معنی دار بودن روند داده‌ها بر اساس آزمون Kendall و روند نزولی
 0 = معنی دار نبودن روند داده‌ها



نمودار (۲): میزان N (متغیر نرمال استاندارد) به دست آمده از آزمون کندال پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه بوشهر طی دوره آماری ۵۰ ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

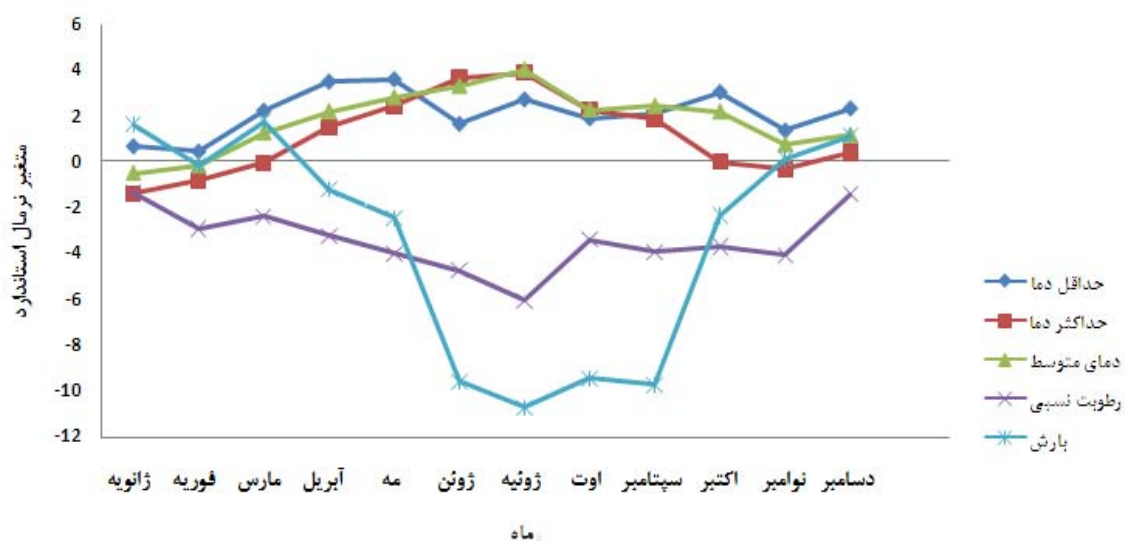
جدول (۷): میزان N (متغیر نرمال استاندارد) به دست آمده از آزمون کندال پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه آبادان طی دوره آماری ۵۰ ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

| پارامتر | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | مه | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | سالانه |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|
| حداقل دما (°C) | 0.66 | 0.43 | 2.20 | 3.46 | 3.56 | 1.63 | 2.69 | 1.87 | 2.05 | 3.01 | 1.34 | 2.30 | 4.00 |
| حداکثر دما (°C) | -1.43 | -0.89 | -0.11 | 1.46 | 2.40 | 3.61 | 3.85 | 2.23 | 1.84 | -0.04 | -0.36 | 0.36 | 2.29 |
| دمای متوسط (°C) | -0.53 | -0.20 | 1.24 | 2.17 | 2.79 | 3.29 | 4.00 | 2.26 | 2.42 | 2.16 | 0.73 | 1.14 | 3.10 |
| رطوبت نسبی (%) | -1.39 | -2.97 | -2.42 | -3.27 | -4.04 | -4.77 | -6.08 | -3.43 | -3.97 | -3.74 | -4.12 | -1.43 | -4.39 |
| بارش (mm) | 1.60 | -0.18 | 1.72 | -1.24 | -2.50 | -9.66 | -10.78 | -9.52 | -9.78 | -2.40 | 0.07 | 1.11 | 1.01 |

بررسی روند معنی داری تغییرات با استفاده از آزمون کندال مربوط به دمای حداقل نشان می‌دهد که هر سه ایستگاه دارای یک روند صعودی معنی داری هستند. البته، طبق جداول مذکور، در ماه‌های ژانویه و فوریه - که منطبق با فصل زمستان منطبق است - روند چندان معنی - داری در مورد افزایش دمای حداقل مشاهده نمی‌شود. به عبارت بهتر، در این مناطق، تغییرات صعودی دمای حداقل در ماه‌های گرم سال بیشتر است. نتایج مربوط به دمای حداکثر در سه ایستگاه مزبور، با روند دمای حداقل آنها متفاوت است. مهمترین تفاوت،

بررسی روند معنی داری تغییرات با استفاده از آزمون کندال مربوط به دمای حداقل نشان می‌دهد که هر سه ایستگاه دارای یک روند صعودی معنی داری هستند. البته، طبق جداول مذکور، در ماه‌های ژانویه و فوریه - که منطبق با فصل زمستان منطبق است - روند چندان معنی - داری در مورد افزایش دمای حداقل مشاهده نمی‌شود. به عبارت بهتر، در این مناطق، تغییرات صعودی دمای حداقل در ماه‌های گرم سال بیشتر است. نتایج مربوط به دمای حداکثر در سه ایستگاه مزبور، با روند دمای حداقل آنها متفاوت است. مهمترین تفاوت،

فراوانی کمتر تغییرات معنی‌دار نسبت به دمای حداقل است.



نمودار (۳): میزان N (متغیر نرمال استاندارد) به دست آمده از آزمون کندال پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه آبادان طی دوره آماری ۵۰ ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

جدول (۸): روند معنی‌داری تغییرات پنج پارامتر پنج پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، رطوبت نسبی و بارش ایستگاه آبادان طی دوره آماری پنجاه ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵)

| پارامتر | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | مه | ژوئن | ژوئیه | اوت | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر | سالانه |
|-----------------|--------|-------|------|-------|----|------|-------|-----|---------|-------|--------|--------|--------|
| حد اقل دما (°C) | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| حداکثر دما (°C) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| دمای متوسط (°C) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| رطوبت نسبی (%) | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 |
| بارش (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 |

1 = معنی‌دار بودن روند داده‌ها بر اساس آزمون Kendall و روند صعودی -1 = معنی‌دار بودن روند داده‌ها بر اساس آزمون

Kendall و روند نزولی

0 = معنی‌دار نبودن روند داده‌ها

روند نزولی معنی دار در هر سه ایستگاه مذکور است که دقیقاً از اردیبهشت تا مهر این روند ادامه دارد. همچنین، با در نظر گرفتن روند تغییرات سالانه آن، هیچ کدام از ایستگاه‌ها دارای روند معنی دار نیستند.

نتیجه گیری

از آنجا که اقلیم خود متأثر از پارامترهای متنوع و متعددی است، می توان چنین نتیجه گرفت که تغییرات اقلیمی نمی تواند فقط نتیجه چند پارامتر خاص باشد و این تأثیر پارامترهای متفاوت است که به تغییرات اقلیمی یک منطقه منجر می شود.

مطابق با نتایج این پژوهش، تغییرات اقلیمی در سواحل شمالی خلیج فارس شباهت‌های یکسانی دارند. آنچه در این تحقیق قابل توجه است، این است که در ایستگاه‌هایی که دارای روند معنی دار صعودی تغییرات دمایی هستند، تغییرات دمایی حداقل بیش از تغییرات دمایی حداکثر است. از طرف دیگر، فراوانی تغییرات معنی دار پنج پارامتر مورد بررسی در ایستگاه آبادان به مراتب بیش از دو ایستگاه دیگر است و این، در حالی است که این فراوانی در ایستگاه بوشهر کمتر از دو ایستگاه دیگر است.

از آنجا که دمایی میانگین نیز تابعی از دمایی حداکثر و دمایی حداقل است، پس می توان نتیجه گرفت که سهم تأثیر دمایی حداقل بر میانگین دما به مراتب بیشتر از تأثیر دمایی حداکثر است و آنچه موجب افزایش دمایی میانگین شده است، بیشتر دمایی حداقل بوده است. شاید بتوان گفت که دلیل بیشتر بودن تغییرات دمایی حداقل نسبت به دمایی حداکثر، تا حدود زیادی مربوط به تأثیر گازهای

تغییرات دمایی میانگین در هر سه ایستگاه، به نسبت مشابه با روند تغییرات دمایی حداقل است. البته، فراوانی روندهای معنی دار دمایی میانگین از فراوانی روندهای معنی دار دمایی حداقل کمتر و از دمایی حداکثر بیشتر است. پارامتر رطوبت نسبی، در هر سه ایستگاه بیشتر یا دارای روند نزولی معنی دار و یا فاقد روند معنی دار است. همان طور که مشاهده می شود، این روند در ماه‌های گرم سال بیشتر است. با توجه به رابطه برآورد رطوبت نسبی (نسبت مقدار بخار آب موجود در هوا به حداکثر گنجایش هوا برای پذیرش بخار آب در همان دما) با افزایش دما، ظرفیت پذیرش بخار آب برای حجم ثابتی از هوا، بیشتر می شود و در نتیجه، میزان رطوبت نسبی کاهش می یابد. البته، رطوبت نسبی فقط تابع عامل دما نیست و از پارامترهای دیگری از جمله مقدار بارش، رطوبت موجود در هوا، باد و تابش خورشید نیز تأثیر می پذیرد. به عبارت بهتر، می توان گفت که نمی توان رابطه رگرسیونی با اطمینان بالایی بین افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی برقرار کرد، بدون این که نقش سایر عوامل را نادیده گرفت. با این حال، رطوبت نسبی در ایستگاه‌های بندرعباس و بوشهر نسبت به آبادان به مراتب کمتر دچار تغییر شده‌اند که این موضوع می تواند ناشی از تغذیه منظم رطوبتی باشد. در مورد پارامتر بارش، چنین مشاهده می شود که فراوانی روندهای معنی دار نزولی در هر سه ایستگاه وجود دارد و هیچ گونه روند صعودی معنی داری مشاهده نمی شود. بر اساس همین جداول فراوانی، کاهش بارش ماهانه در فصل تابستان بیشتر مشاهده می شود. آنچه در اینجا قابل ملاحظه است،

۳- جهانبخش، سعید، ترابی، سیما، (۱۳۸۵)، بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴: صص ۱۰۴ تا ۱۲۵.

۴- خشنو، احمد، (۱۳۷۸)، بررسی تغییرات اقلیمی جنوب ایران (دما و بارش)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم: صص ۱۰۴ تا ۹۸.

۵- رستمیان، حمید، (۱۳۷۵)، بررسی تغییرات سواحل جنوبی دریای خزر با تاکید بر دما و بارش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران: صص ۹۴ تا ۸۵.

۶- رئیسی، علی، (۱۳۷۶)، استفاده از روش‌های استوکستیک در مطالعه تغییرات آب وهوایی جنوب ایران، دومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی ایران: صص ۵۹ تا ۷۳.

۷- زاهدی، رقیه، (۱۳۸۲)، نقش تغییر اقلیم بر جریان‌های خلیج فارس، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان: صص ۶۸ تا ۷۶.

۸- عسکری، احمد، (۱۳۷۱)، تغییر اقلیم، مجله نیوار، شماره ۱۳: صص ۴۴ تا ۵۲.

۹- عزیزی، قاسم، (۱۳۸۴)، روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO₂، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم، جلد ۴، شماره ۵: صص ۲۵-۴۳.

۱۰- عزیزی، قاسم، روشنی، محمود، (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، پژوهش‌های جغرافیایی، دانشگاه تهران، شماره ۶۴: صص ۱۳ تا ۲۸.

گلخانه‌ای است، چرا که فراوانی برداشت‌های دمای حداقل در هنگام شب و قبل از طلوع آفتاب بیشتر است. می‌دانیم که بخش بزرگی از منبع حرارتی در شب، بازتابش‌های با طول موج بلند ساطع شده از زمین است. همچنین، گازهای گلخانه‌ای می‌توانند عاملی در جهت افزایش دمای حداقل این مناطق باشند.

آنچه در مورد تغییرات بارش درخور توجه است، این است که تغییرات نزولی و معنی‌دار بارش، بیشتر در فصول گرم سال مشاهده می‌شود که این تغییرات نزولی بارش همراه با افزایش دما می‌تواند درجه خشکی منطقه را بالا برده، باعث افزایش تبخیر- تعرق شود.

با توجه به مسأله خشکسالی، وجود روند نزولی بارش، بویژه در فصل تابستان در هر سه ایستگاه مورد بررسی، موضوع بسیار مهمی است که توجه به آن اهمیت زیادی دارد. همچنین، افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی در این مناطق مسأله‌ای جدی است که می‌تواند آثار زیان‌باری به دنبال داشته باشد.

منابع

- ۱- ابراهیمی، حسین، امین‌علیزاده و سهیلا جوانمرد، (۱۳۸۴)، بررسی وجود تغییرات دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۹: صص ۵ تا ۱۸.
- ۲- امیدوار، کمال، خسروی، یونس، (۱۳۸۸)، تعیین روند و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش شهر بوشهر، همایش بین‌المللی خلیج فارس، ۱ و ۲ اردیبهشت: صص ۸۸ تا ۱۰۱.

- International Journal of Climatology, 21: 843-860.
- 20- IPCC, (2000), Special Report on Emissions scenarios, International Panel on Climate Change, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA: 599-615
- 21- Katz, RW. And M. B. Palanzhe, (1993), Effects of an Index of Atmospheric Circulation on Stochastic Properties of Precipitation, Water Resources Research.29:2335-2344.
- 22- Keily, G, (1999), Climate Change in Ireland from Precipitation and Stream Flow Observations, Advances in Water Resources 23:141-151.
- 23- Kendal, M.G, Stuart. A, (1973), The Advanced Theory by Statistics, Griffin, London.
- 24- Morrissey, M. L. and N. E. Graham, (1996), Recent Trends in Rain Gauge Precipitation Measurements From the Tropical Pacific, Bulletin of the American Meteorological Society. 77(6):1207-1219
- 25- Piccareta, M., Capolongo, D., and Boenzi, F, (2004), Trend Analysis of Precipitation and Drought in Basilicata from 1923 to 2000 Within a Southern Italy Context, International Journal of Climatology, 24:907-922.
- 26- Wilson, L. L, Lettenmaier, DP, (1992), A Hierarchical Stochastic Model of Large Scale Atmospheric Circulation Patterns and Multiple Station Daily Precipitation, Journal of Geographical Research.1-97(Ds):2791-2809.
- 27- Woolhiser, Da. T. keefer and K. T, Redmond, (1993), Southern Oscillation Effects on Daily Precipitation in the South-Western United States, Water Resources Research.29 (4):1278-1295.
- ۱۱- علیزاده، امین، (۱۳۷۳)، گرم شدن جهانی و پیامدهای هیدرولوژیک، مجله نیوار، شماره ۲۲: صص ۳۴ تا ۴۲.
- ۱۲- محمدی، حسین، تقوی، فرحناز، (۱۳۸۴)، روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۳: صص ۱۵۱ تا ۱۷۲.
- ۱۳- مهدوی، محمد، (۱۳۸۴)، هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۴- نوریان، محمدعلی، (۱۳۷۴)، بحران تغییر اقلیم ملی است یا جهانی، بولتن کمیسیون آب، شماره ۱۳: صص ۲۸ تا ۳۶.
- 15- Bogardi, I., I. Matyasovszky, A. Barossy, and L. Duckstein, (1993), Application of a Space-time Stochastic Model for Daily Precipitation Using Atmospheric Circulation Patterns, Journal of Geophysical Research.98(D9):653-667
- 16- Chen, T.S, J.M. and CK. Wikle, (1997), International Variation in US Pacific Coast Precipitation over the Past Four Decades, Bulletin of the American Meteorological Society.77 (6):1197-2205.
- 17- Crowley, T.J.and, and K.Y.Kim, (1999), Modeling the Temperature Response to Forced Climate Change over the last Six Centuries, Geophys.Res.Lett. 26: 1901-1904.
- 18- De luis, M, raventos, J., Gonzales-Hidalgo, J. C., Sanchez, J. R., and Cortina, J, (2000), Spatial Analysis of Rainfall Trends in the Region of Valencia(east Spain), Journal of Climatology, 20:1451-1469.
- 19- Gonzales-Hidalgo, J.C., De luis, M., Raventos, J., and sanchez, J. R, (2001), Spatial Distribution of Seasonal Rainfall Trends in a Western Mediterranean Area, J.

28-UNEP Regional Seas Reports, (1994),
Implications of Climate Change In the
ROPME region, No 155:231-245.



پروژه شگانه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی