**بررسی روند ( trend analysis) شاخص­های حدی (extreme temperature and rainfall indices) دما و بارش در سواحل جنوبی ایران**

چکیده:

 ایستگاه های ساحلی مناطق حساسی نسبت به تغییرات اقلیمی می­باشند که مخاطرات (hazard) ناشی از آن را در سطح اطمینان بالاتری تجربه می­کنند. منطقه مورد مطالعه، سواحل جنوبی ایران نواحی ساحلی در محدوده خلیج فارس و دریای عمان را شامل می­شود که از داده­های روزانه ده ایستگاه­ ساحلی استفاده شده­است. به منظور تعیین تغییرات اقلیمی ، ده شاخص حدی (ten extreme indices) مورد تائید ETCCDMI محاسبه گردید که 6 شاخص مربوط به دما و 4 شاخص مربوط به بارندگی می­باشد. همچنین به منظور بررسی روند این تغییرات از آزمون­های آماری من-کندال اصلاح شده (trend free pre-whitening-Mann- Kendal test) و رگرسیون خطی (linear regression) استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل روند شاخص­های حدی دما، روند افزایشی (increasing trend) برای شاخص­های حدی گرم (warm temperature events) (شب­های حاره­ای (tropical nights)، روزهای تابستانی (summer days)، شب­های گرم (warm nights)، روزهای گرم(warm days) و روند منفی (decreasing trend) برای شاخص­های حدی سرد (cold temperature events) (شب­های سرد(cool nights)، روزهای سرد(cool days)) را نشان می­دهد که نشان دهنده روند گرمایشی در منطقه می­باشد. همچنین برای شاخص­های بارندگی می­توان گفت که نتایج حاصل از بارش تصویر مشخصی از الگوهای بارندگی در منطقه نشان نمی­دهند و اغلب شاخص­ها فاقد روند معنی­دار می­باشند.

کلمات کلیدی: شاخص‌های حدی دما و بارش، سواحل جنوبی ایران،

1 مقدمه:

در سال های اخیر وقوع مکرر رخدادهای حدی مانند امواج گرما و سرما، بارش های سنگین (heavy rainfall) ، سیل و خشکسالی (drought) در سراسر جهان افزایش پیدا کرده است که تغییرات آنها به علت تغییرات آب و هوایی گزارش شده است (Yurong, et al., 2012). طبق گزارش IPCC دمای جهانی در دوران پس از انقلاب صنعتی( 2012-1880 ) مقدار ºC 85/0 افزایش داشته است و در سال­های اخیر (2012-2003) مقدار 78/0 درجه سانتیگراد افزایش دما را نشان داده است. پیش بینی شده است که روند این تغییرات ادامه پیدا کند و تا سال 2100 میانگین دمای جهانی افزایشی در حدود 4/1 تا 8/5 درجه سانتیگراد را تجربه خواهد کرد (IPCC, 2013). مطالعات نشان داده است که فراوانی سیل­های عظیم در طی قرن بیستم افزایش داشته است. اعتقاد بر این است که تغییرات اقلیمی این پتانسیل را داراست که به چرخه هیدرولوژیکی جهانی شتاب دهد و باعث تغییر در توزیع بارندگی و روان آب شود وممکن است باعث افزایش توزیع­های نامناسب زمانی و مکانی (uneven spatiotemporal distribution) رخدادهای حدی مانند بارندگی، سیل و خشکسالی گردد (Zhengwe,2017). تاکنون نظریات مختلفی جهت توجیه روند این تغییرات ارائه شده­است. پنج عامل غلظت گازهای گلخانه­ای، میزان ازن در استراتوسفر، افشانه­ها در تراپوسفر، افشانه­ها در استراتوسفر و لکه­های خورشیدی عوامل موثر در تغییرات دمای مشاهده شده در قرن اخیر و دهه­های پیشین بیان شده­است (Santer et al., 1996). که در این میان سهم بیشتر گازهای گلخانه­ای در تغییرات اقلیمی توسط برخی از محققین بیان شده­است (Folland et al.,2001)

در طی سال‌های اخیر روند شاخص های حدی دما و بارش مورد توجه دانشمندان بسیاری قرار گرفته است و پژوهش‌های بسیاری در زمینه تغییر اقلیم و شاخص­های حدی در سرتاسر دنیا انجام شده­است.et al (2002) Frich روند شاخص­های حدی دما و بارش را در آسیا، اروپا، استرالیا و آمریکای جنوبی مطالعه کردند آنها افزایش قابل توجهی در دمای روزهای تابستان (summer days) و کاهش در تعداد روزهای یخبندان (frost days) و همچنین کاهش در دامنه دمایی حدهای سالانه (intra-annual extreme temperature range) مشاهده نمودند همچنین برای شاخص­های حدی بارش، الگوهای مختلفی را به­دست آوردند اما در مجموع افزایش بارندگی­های سنگین (heavy rainfall) و دوره مرطوب (wet spells) مشاهده کردند. Aguilar (2005) روند مقادیر حدی دما و بارش را در آمریکای مرکزی و شمال آمریکای جنوبی محاسبه کرد. آنالیز شاخص­های دما روند افزایشی (increasing trend) در منطقه را نشان می­داد در حالیکه افزایش قابل توجهی در بارندگی مشاهده نشد. برای اولین بار شاخص­های حدی دما و بارش در منطقه خاورمیانه توسط et al (2005) Zhang بررسی شد. نتایج به­دست آمده روند افزایشی در شاخص­های حدی دما در منطقه را نشان می­داد. همچنین روند عمومی (general trend) ضعیفی در شاخص­های بارندگی گزارش شده­است. Klein Tank (2006) به بررسی شاخص­های حدی دما و بارش در جنوب و مرکز آسیا پرداخت و دریافت که دمای حدی ماکزیمم و مینیمم در مرکز و جنوب آسیا افزایش یافته است. Alexander (2006) با استفاده از یک تصویر سرتاسری شاخص­های حدی دما و بارش در کره زمین را به­دست آورد. بیش از 70 درصد مناطق دنیا کاهش در رخداد شب­های سرد و افزایش در رخداد شب­های گرم را نشان می­دادند. تغییرات بارندگی نیز افزایش گسترده و حائز اهمیتی را از خود نشان می­داد.(2007) Nandintsetseg et al. نیز در بررسی روندهای بارندگی و دمای حدی در اطراف مونگولیا(Mongolia) نشان دادند، که روزهای داغ (warm days) و شب های گرم (warm nights)روند افزایشی و روزهای سرد روند کاهشی دارد. (2009) Aguilar مقادیر حدی دما و بارندگی را در بخشهایی از آفریقا انالیز نمودند. همانند دیگر مناطق دنیا آنالیزها نشان دهنده افزایش شاخص های حدی گرم (warm extremes) و کاهش شاخصهای حدی سرد (cold extremes) بودند. این در حالی است که مطالعات در اکثر مناطق دنیا نشان دهنده افزایش بارندگی­های سنگین (heavy rainfall) در نیم قرن گذشته بودند، ولی در آفریقای مرکزی ، بارش دارای روند کاهشی است. Wong ( 2011 ) روند شاخص­های حدی دما و بارش در هنگ کنگ را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد، دمای حدی ماکزیمم و مینیمم روزانه (extreme daily maximum and minimum temperatures)، روزهای سالانه خیلی داغ (annual numbers of very hot days)، شب­های داغ(hot nights) و طول دوره گرم(warm spell) دارای روند افزایشی است، در حالیکه شب­های سرد (annual number of cold days) و طول دوره سرما (cold spell) دارای روند کاهشی بود. Zhao et al. (2010) به تحلیل منطقه­ای شاخص­های حدی دما در رودخانه های چین پرداختند. نتایج نشان داد که در سراسر منطقه، شاخص­های حدی سرد دارای روند کاهشی و شاخص­های حدی گرم دارای روند افزایشی می­باشند. Stephenson (2014) بیان می کند، به طور کلی شاخص­هایی که بر مبنای حداقل دما هستند روند گرمایشی قویتری را نسبت به شاخص­های محاسبه شده با حداکثر دما نشان می­دهند. and Xi Yu (2015) تغییرات شاخص­های حدی دما در شمال شرقی چین را بررسی کرد و روند گرمایشی در تمام شاخص­های حدی دما را مشاهده نمود. Jiang (2016) شاخص­های حدی دمایی در کوه­های چین را بررسی کرد و نتایج حاصله روند کاهشی برای شاخص­های حدی سرد و روند افزایشی برای شاخص­های حدی گرم را نشان می­داد.

 Fattahi Masroor and Bazrafshan (2016) در تحلیل روند دما و بارش متوسط در سواحل جنوبی ایران، گزارش نمودند، بارش دارای روند کاهشی و دما دارای روند افزایشی است.

پژوهش­های فوق نشان از اهمیت تحلیل و بررسی حدهای آب و هوایی در سرتاسر دنیا دارد و با توجه به اهمیت مناطق ساحلی بدین جهت تحقیق حاضر سعی دارد به تحلیل روند شاخصهای حدی دما و بارشدر سواحل جنوبی ایران و حاشیه خلیج فارس و دریای عمان بپردازد تا با تکیه بر نتایج آن بتوان برنامه ­های مناسب ومنسجم در راستای مقابله با وقوع مکرر رخدادهای حدی در مناطق جنوبی ایران تنظیم و اجرا نمود.

2 مواد و روش­ها:

2-1 منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق سواحل جنوبی ایران انتخاب شده­است که در عرض جغرافیایی ′22˚30 - ′17˚25 شمالی و طول جغرافیایی ′37˚60 - ′15˚48 شرقی قرار گرفته­است (شکل 1). این منطقه از دریای عمان در بخش جنوب شرقی ایران در چابهار تا جنوب غرب سواحل خلیج فارس در آبادان گسترش دارد. اقلیم عموم منطقه مورد مطالعه براساس دسته بندی دومارتن اصلاح شده (extended demartone classification) (Rahimi et al., 2013) فراخشک گرم (Extra- arid- warm) بوده و متوسط بارش و دمای منطقه 150 میلیمتر و 27 درجه سانتیگراد است، به ترتیب .

در این تحقیق از آمار روزانه ده ایستگاه هواشناسی در جنوب ایران استفاده شده­است (Table 1). پارامترهای سینوپتیکی مورد استفاده در این تحقیق شامل "حداکثر دمای روزانه(maximum daily temperature) "، "حداقل دمای روزانه (minimum daily temperature)" و "بارندگی روزانه (daily precipitation)" می­باشد که از سازمان هواشناسی جمهوری اسلامی ایران (I.R of Iran Meteorological Organization) تهیه گردیده­است(IRIMO, 2017). طول دوره آماری حداقل سی ساله می­باشد به جز ایستگاه Dayer که بدلیل تازه تاسیس بودن، کاملترین دوره آماری آن 23 ساله است.لازم به ذکر است که در این پژوهش سعی بر این شده­است که از اطلاعات ایستگاه­هایی با طولانی­ترین دوره آماری و کمترین نواقص استفاده شود.

2-2 شاخص­های حدی (extreme indices)

10 شاخص حدی توصیه شده توسط ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) و با توجه به نیاز منطقه­ای انتخاب شده­است (جدول 2). که 4 شاخص مربوط به بارش و 6 شاخص مربوط به دما می­باشد. برخی از شاخص­ها مانند روزهای یخبندان (frost days) و یا طول دوره سرما (cold spell) برای منطقه مورد مطالعه مناسب نیستند بنابراین کنار گذاشته شدند.

شاخص­های حدی به 5 دسته تقسیم می­شوند. شاخص­های آستانه­ای (Threshold indices)تعداد روزهایی هستند که دما یا بارش از یک آستانه ثابت عبور می­کند. به عنوان مثال می­توان به تعداد سالانه روزهای تابستانی (annual occurrence of summer days) (SU) ، تعداد روزهای با بارش سنگین بیش از 10 میلیمتر (number of heavy precipitation days > 10 mm) (R10)، تعداد سالانه شب­های حاره­ای (annual occurrence of tropical nights) (TR) اشاره نمود. این مقادیر آستانه ­ای عمدتا در سطح جهانی تعریف شده­اند و لیکن سازمان­های ملی می­توانند با توجه به نیازهای محلی و ماهیت اقلیمی منطقه، آستانه­های دیگری را نیز تعریف نموده و از آنها استفاده کنند. شاخص­های حدی دوره­ای (Duration indices) بیانگر طول دوره­های خیلی گرم (سرد)، خیلی مرطوب (خشک) هستند. طول مدت سرما (duration indicator cold spell) (CSDI) و گرما (warm spell duration indicator) (WSDI) از جمله این موارد می‌باشند. بعضی از این شاخص­ها قابلیت کاربرد جهانی ندارند که برای مثال می­توان به عدم کارایی growing season length (GSL) در منطقه حاره اشاره نمود. شاخص­های حدی مبتنی بر صدک (Percentile-based indices )­ شامل شب­های سرد و گرم (cool nights and warm nights) (TN10p, TN90p) و روزهای سرد و گرم (cool days and warm days) (TX10p, TX90p) می­باشد. شاخص­های حدی مطلق (Absolute indices) شامل بالاترین و پایین­ترین دماهای کمینه و بیشینه و بارش در یک سال، فصل و یا ماه می­باشند و برای نمونه در برگیرنده­ی بیشینه­ی حداکثر دما (TXx) ازعنصر دما و حداکثر بارش 1 روزه (Rx1day) از عنصر بارش هستند. یکسری از شاخص­های دیگر هستند که در هیچ دسته­ای قرار نمی­گیرند که شاخص تغییرات شبانه روزی دما (diurnal temperature range) (DTR) را شامل می­شود (Alexander, et al,2006).

در پژوهش حاضر از ده شاخص حدی به منظور آشکارسازی تغییر اقلیم در نواحی جنوبی ایران استفاده شده است که در این بین، شش شاخص مربوط به پارامتر دما و چهار شاخص مربوط به پارامتر بارندگی می­باشند. لازم به ذکر است که دو نوع شاخص حدی آستانه­ای و مبتنی بر صدک (percentile) به­کار گرفته شده­است (جدول 2). مطالعات انجام شده در تغییر اقلیم دلالت بر این واقعیت دارد که آستانه حدی از محلی به محل دیگر متفاوت است. به طور نمونه مقادیری که در مکانی حدی تلقی می­شوند ممکن است در مکانی دیگر نرمال باشند. در این پژوهش از 4 آستانه 1، 5، 10 و 20 میلیمتر در تعیین شاخص­های حدی بارش و در تعیین شاخص­های حدی دما از آستانه­های °C20، 25 استفاده گردیده­است.

**3-1 Trend analysis of extreme temperatures indices**

به­منظور تحلیل روند شاخص­های حدی دما ، 6 شاخص حدی مورد استفاده قرار گرفته­است. از آستانه­های مختلفی در تعیین این شاخص­ها استفاده شده­ که این آستانه­ها با توجه به نیاز منطقه­ای انتخاب شده­اند. نتایج حاصل از تحلیل روند شاخص­های حدی دما با استفاده از آزمون­های رگرسیون خطی (linear regression (LR)) و (TFPW-MK) در جدول 3 ارائه شد.

شاخص تعداد شب­های حاره­ای (TR20) در اکثر ایستگاه­ها دارای روند افزایشی است که در سطح اماری مورد نظر معنی دار است (شکل 4). طبق نتایج آزمون­های رگرسیون و من-کندال اصلاح شده می­توان چنین نتیجه گرفت که در ایستگاه­های چابهار و جاسک (بخش شرقی)، بندرعباس، کیش، لنگه (بخش مرکزی)، دیر، بوشهر و آبادان (بخش غربی) افزایش در رخداد شب­های حاره­ای اتفاق افتاده­است. Alijani et al (2012) طی پژوهشی افزایش چشمگیری در تعداد شب­های حاره­ای در مناطق مرکزی و جنوبی ایران مشاهده گردید. مطابق شکل 2 (a) میانگین شاخص شب­های حاره­ای در سواحل جنوبی ایران در حال افزایش می­باشد که این افزایش با شیب قابل توجهی (تقریبا 1) است. در آغاز دوره­ی مطالعاتی شب­های حاره­ای به تعداد 227 روز در سال اتفاق افتاده­است که در پایان دوره سی ساله این عدد به 257 روز در سال رسیده­است. براساس شکل4؛ بیشترین نوسانات در دهه 1980-1990 رخ داده­است. همانطور که Alizade et al (2017) طبق تحقیقی دریافتند که جهش در سری داده­های دما در ایران عمدتا در دهه­ 1990 اتفاق افتاده­است. همچنین همین محققین افزایش شاخص شب­های حاره­ای را از اوایل دهه 1990 بیان کرده­اند.

مطابق شکل 4 شاخص تعداد روزهای تابستانی (SU25) در اغلب ایستگاه­ها معنی­دار بوده و روند افزایشی (increasing trend) را نشان می­دهد. به­گونه­ای که در عموم ایستگاه­های ساحلی افزایش تعداد روزهای تابستانی اتفاق افتاده­است. این روند افزایشی در ایستگاه­های غربی و مرکزی است و در ایستگاه­های شرقی روند معنی­دار نیست. شکل 2 (ب) متوسط شاخص روزهای تابستانی در سواحل جنوبی ایران را نشان می دهد. همانطور که مشخص است، شاخص روزهای تابستانی در منطقه با رشد قابل توجهی نمایان شده­است به­گونه­ای که در آغاز دوره مطالعاتی 275 روز در سال رخداد این شاخص بوده­است که پس از دوره سی ساله به 289 روز در سال رسیده­است. براساس شکل 2 (ب) برای شاخص روزهای تابستانی مشابه شاخص شب­های حاره­ای جهش در دهه 1990 اتفاق افتاده­است.

شاخص شب­های گرم (TN90) در 90% ایستگاه­ها روند معنی­داری را نشان می­دهد. ایستگاه­های چابهار (بخش شرقی) بندرعباس، سیری، کیش، لنگه، ابوموسی (بخش مرکزی) دیر، بوشهر و آبادان (بخش غربی) روند افزایشی معنی­دار در سطح اطمینان 99 % را نشان می­دهند. در شکل 3 (a) متوسط شاخص شب­های گرم نسبت طی دوره مورد مطالعه در منطقه مورد مطالعه رسم گردیده­است. براساس آن، متوسط این شاخص با شیب نسبتا شدیدی رو به افزایش است به­گونه­ای که پس از دوره آماری موجود به میزان سی روز رخداد این شاخص در سال افزایش داشته­است. می­توان چنین نتیجه گرفت که سواحل خلیج فارس و شرق دریای عمان دستخوش افزایش شاخص شب­های گرم در دوره آماری موجود شده­اند که مطابق با یافته­هایZhang et al (2005) در خاورمیانه می­باشد.

شاخص روزهای گرم (TX90) در ایستگاه­های بندرعباس، سیری، کیش و لنگه (ناحیه مرکزی) و ایستگاه­های بوشهر و آبادان (ناحیه غربی) افزایش در رخداد شاخص روزهای گرم را تجربه نموده­اند (شکل 4). نکته مهمی که از بررسی شب­ها و روزهای گرم به­دست آمده این است که شب­های گرم در این منطقه افزایش قابل توجهی داشته اما روند شاخص روزهای گرم در ایستگاه­های چابهار، ابوموسی و دیر بر خلاف روند روزهای گرم می­باشد. این مطلب می­تواند به­علت افزایش تغییرات بیشتر دمای حداقل نسبت به دمای حداکثر باشد. این مطلب توسط اغلب پژوهشگران همچون Omidvar and Khosravi (2010)، Rahimzad et al (2009)، Fattahi Masrour and Bazrafshan (2016)، Alizade and Najafi (2017) تائید می­شود.

براساس شکل 3 (b) مشاهده می­شود، متوسط شاخص روزهای گرم با شیب 6/0 درجه سانتیگراد در حال افزایش می­باشد که حاکی از روند افزایشی این شاخص در منطقه می­باشد. لازم به ذکر است که در آغاز دوره مطالعاتی متوسط روزهای گرم به میزان 32 روز در سال بوده­است که پس از این بازه به 64 روز در سال رسیده­است.

 نتایج به­دست آمده از دو آزمون آماری، برای شاخص شب­های سرد (TN10) فقط در 4 ایستگاه چابهار، بندرلنگه، کیش و دیر روند معنی­دار را نشان می­دهد که از نوع کاهنده می­باشد (شکل 4). همانطور که در شکل 3 (c) دیده می­شود، شاخص شب­های سرد با روند کاهشی محسوسی نمایان شده­است به­گونه­ای که در پایان دوره مطالعاتی 28 روز کاهش در رخداد شاخص شب­های سرد اتفاق افتاده­است. لازم به ذکر است که کاهش در شاخص شب­های سرد نشان از افزایش دما در منطقه دارد. طبق گفته Trenberth et al (2007) مشخص­ترین تغییرات مربوط به شاخص شب­های سرد می­باشد در حالیکه در این تحقیق بیشترین روند افزایشی را شب­های گرم نشان می­دهد.

 شاخص روزهای سرد (TX10) در حداقل ایستگاه­ها دارای روند می­باشد به­گونه­ای که فقط ایستگاه بوشهر دارای روند معنی دار از نوع کاهشی می­باشد­ (شکل 4). لازم به ذکر است که در تمامی ایستگاه­های ساحلی این شاخص دارای مقادیر منفی است که فاقد روند معنی­دار (no significant trend) می­باشد. همانطور که در شکل 3 (d) نشان داده شده­است، متوسط شاخص روزهای سرد در منطقه با روند کاهشی روبرو شده­است که شیب این شاخص نسبت به شاخص­های دیگر از شدت کمتری برخوردار است. طبق نتایج فوق برای شاخص روزهای گرم روند افزایش معنی­دار به­دست آمد در حالیکه برای شاخص روزهای سرد روند منفی معنی­دار (در ایستگاه­های کمتر) مشاهده شد که روند افزایشی مشاهده شده در شاخص­ روزهای گرم از شدت بیشتری نسبت به روند کاهشی روزهای سرد برخوردار است.

در شکل 4 نتایج پهنه­بندی 6 شاخص حدی دما با استفاده از آزمون من-کندال اصلاح شده نشان داده شده­است و لازم به ذکر است که نتایج در دو سطح اطمینان 95 و 99 درصد به­دست آمده است. همانطور که مشاهده می­شود روند افزایشی در رخداد شاخص­های حدی گرم و روند کاهشی در رخداد شاخص­های حدی سرد وجود دارد.

**3-1 Trend analysis of extreme rainfall indices**

در این پژوهش از 4 شاخص حدی بارندگی به منظور تعیین تغییرات اقلیمی در منطقه استفاده گردیده که در تعیین این شاخص­ها از 4 آستانه بارشی 1، 5، 10 و 20 میلیمتر استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل روند شاخص­های حدی بارش با استفاده از آزمون آماری رگرسیون خطی و من-کندال اصلاح شده در جدول 4 درج گردیده­است.

همانطور که در شکل 6 نشان داده شده­است برای شاخص تعداد روزهای با بارش بیش از 1 میلیمتر (Annual count when precipitation ≥ 1 mm) (R1mm)، فقط در ایستگاه آبادان در بخش غربی روند معنی­دار حاصل شد که این روند از نوع کاهشی در سطح اطمینان 99% می­باشد. در شکل 5 (الف) نمودارهای متوسط منطقه­ای شاخص­ R1mm نشان داده شده­است. همانطور که مشاهده می­شود، نمودار شیب منفی را نشان می­دهد که نشان از افت تعداد روزهای بارندگی بیشتر از 1 میلیمتر در منطقه دارد که منفی­ترین شیب در بین تعداد روزهای بارندگی متعلق به همین شاخص می­باشد. میزان این شاخص با نوسان­های شدیدی روبرو شده­است به­گونه­ای که میزان آن در سال 1999 چهار روز در سال بوده در حالیکه در سال 1995 به میزان 31 روز در سال اتفاق افتاده­است.

برای شاخص تعداد روزهای با بارش بیش از 5 میلیمتر (Annual count when precipitation ≥ 5 mm) (R5mm) هیچ روند معنی­داری در منطقه حاصل نشد. متوسط منطقه­ای این شاخص درشکل 5 (ب) نشان داده­شده­است و همانطور که دیده می­شود افت تعداد روزهای بارندگی را نشان می­دهد. بیشترین تعداد روزهای بارندگی بیشتر از 5 میلیمتر در سال 1995 با 17 روز در سال و کمترین مقدار آن در سال 1999 با 2 روز در سال مشاهده شده­است.

شاخص تعداد روزهای با بارش سنگین (Number of heavy precipitation days)(R10mm) فقط در ایستگاه بوشهر در بخش غربی روند معنی­داری را نشان می­دهد که این روند از نوع کاهشی می­باشد و افت فراوانی بارش­ها در این ایستگاه را نشان می­دهد (شکل 6). همانطور که در شکل 5 (ج) دیده می­شود، متوسط منطقه­ای این شاخص نیز با روند کاهنده روبرو شده­است. متوسط این شاخص نوسان­های زیادی را نشان می­دهد و بیشینه آن در سال 1995 با 12 روز در سال و کمینه آن در سال 1999 با 1 روز در سال حادث شده­است.

تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین (Number of very heavy precipitation days) (R20mm) در هیچ ایستگاهی روند معنی داری را نشان نمی­دهد(شکل 6). مطابق شکل 5 (د) متوسط این شاخص در ایستگاه­های مورد مطالعه با سیر نزولی نمایان شده­است که بیشترین مقدار آن در سال 1995 با 6 روز در سال وکمترین مقدار آن کمتر از 1 روز می­باشد. همانطور که دیده می­شود، در بین بارش­های سنگین، R10mm روند کاهشی شدیدتری را نسبت به R20mm نشان می­دهد که Mohammadi et al (2017) نیز به این نتیجه دست یافتند.

در یک دید کلی نتایج حاصل از بارندگی مقادیر منفی و غالبا فاقد روند را در ایستگاه­ها­ نشان می­دهند به گونه­ای که در 75% شاخص­ها مقادیر منفی به­دست آمده­است و همچنین طبق آزمون رگرسیون خطی، معنی­داری فقط در 7% شاخص­ها طبق آزمون من-کندال اصلاح شده فقط در 6% شاخص­ها مشاهده گردیده­است. نکته قابل توجه این است که در بخش غربی افت بارندگی بیشتری نسبت به بخش­های مرکزی و شرقی وجود دارد و روند کاهشی معنی­دار فقط در این ناحیه اتفاق افتاده­است.

در شکل6 نتایج پهنه­بندی 4 شاخص حدی بارندگی با استفاده از آزمون من-کندال اصلاح شده نشان داده شده­است و لازم به ذکر است که نتایج در دو سطح اطمینان 95 و 99 درصد به­دست آمده است. همانطور که مشاهده می­شود اغلب شاخص­ها آماره منفی و فاقد روند معنی دار را دارا می­باشند.

روند کاهشی بارش که در نتیجه­ی افزایش دما در بیشتر ایستگاه­ها مشاهده شد، برخلاف مطالعات انجام گرفته در مقیاس جهانی است که براساس آنها افزایش دما باعث افزایش بارش در مقیاس میانگین جهانی می­شود. در مقابل مطالعه­ی حاضر با مطالعات انجام گرفته در مناطق جنب حاره­ای مطابقت دارد. مطابق یافته­های Trenberth et al (2007) بارندگی در عرض­های جغرافیایی 30-10 درجه شمالی از سال 1970 به بعد روند کاهشی را طی نموده­است. در واقع اقلیم گرم مناطق خشک و نیمه­خشک جنب حاره­ای (arid and semi arid subtropical climate ) که بیشتر مناطق ایران را تحت تاثیر قرا می­دهد، باعث می­شود که زمان بیشتری برای اشباع جو از بخار آب و شروع بارش صرف شود; بنابراین بخار آب بیشتری از طریق گردش کلی جو و قبل از شکل گیری بارش به عرض­های جغرافیایی بالاتر منتقل می­شود و در نتیجه کاهش بارش را در پی دارد. این در حالیست که Evans (2009) برای بارندگی سواحل جنوبی ایران در قرن 21 روند افزایشی را پیش­بینی نموده­است و علت آن را حرکت به سمت شمال منطقه همگرایی بین حاره­ای (ITCZ) بیان کرده­است. همانطور که در شکل 5 مشاهده می­شود، در دهه نو جهش در رخداد تعداد روزهای بارندگی اتفاق افتاده­است که این جهش می­تواند به علت آغاز تغییرات دما در این دهه در ایران باشد.

4 بحث و نتیجه گیری:

تحقیقات نشان می­دهد که وقوع رخدادهای حدی در طی سال­های اخیر افزایش پیدا کرده­است و با توجه به تاثیرات مخرب آن بر محیط زیست و زندگی بشر، گرایش به بررسی شاخص­های حدی در سرتاسر جهان افزایش یافته است. با توجه به این رویکرد تحقیق حاضر به بررسی شاخص­های حدی در سواحل جنوبی ایران پرداخته­است. نتایج به­دست آمده از آزمون من – کندال اصلاح شده و رگرسیون خطی مقادیر منفی در اغلب شاخص­های حدی بارندگی نشان می­دهد به­گونه­ای که اکثر شاخص­های بارندگی کاهشی فاقد روند معنی دار تجربه کرده­اند. با یک دید کلی می­توان گفت که نتایج حاصل از بارش تصویر مشخصی از الگوهای بارشی در منطقه ارائه نمی­دهند و اغلب شاخص­ها فاقد روند معنی­دار می­باشند.

نتایج تحلیل روند شاخص­های حدی دما، افزایش دما در سواحل جنوبی ایران را نشان می­دهد. طبق مقادیر به­دست آمده از تحلیل روند این شاخص­ها می­توان گفت که شاخص­های حدی گرم (روزهای تابستانی، شب­های حاره­ای، شب­های گرم و روزهای گرم) روند افزایشی و شاخص­های حدی سرد (شب­های سرد و روزهای سرد) روند کاهشی را در منطقه نشان می­دهند که نشان دهنده سیر گرمایشی (warming tend) در منطقه می­باشد. روند کاهشی بارش که در نتیجه­ی افزایش دما در بیشتر ایستگاه­ها مشاهده شد، با مطالعات انجام گرفته در مناطق جنب حاره­ای مطابقت دارد. در واقع اقلیم گرم مناطق خشک و نیمه خشک جنب حاره­ای، باعث می­شود که زمان بیشتری برای اشباع جو از بخار آب و شروع بارش صرف شود؛ بنابراین بخار آب بیشتری از طریق گردش کلی جو و قبل از شکل گیری بارش به عرض­های جغرافیایی بالاتر منتقل می­شود. همچنین با افزایش دما در مناطق خشک و نیمه خشک جنب حاره­ای، با وجود افزایش احتمالی رطوبت ویژه به واسطه­ی افزایش تبخیر-تعرق، چون رطوبت ویژه­ی اشباع با افزایش دما به شدت افزایش می­یابد تراز میعان به ارتفاع بالاتری می­رود که در نتیجه کاهش بارش را در پی دارد.

این افزایش دما در منطقه می­تواند باعث افزایش برخی بیماری­ها در افراد سالمند به­ویژه در مناطق فقیر نشین، افزایش تنش­های گرمایی انسان و حیوان، جابجایی مناطق مستعد اقلیمی، افزایش نیاز به انرژی برای سرمایش، آسیب محصولات کشاورزی و خیلی معضلات دیگر گردد. کاهش بارندگی و تداوم آن در منطقه نیز خشکسالی­های آتی را در پی دارد که سبب کاهش تولید محصولات کشاورزی، کاهش کیفیت و کمیت منابع آب، فرسایش­های ساحلی و خیلی آسیب­های دیگر می­گردد.