

تغییرپذیری بارش و دوره‌های تر و خشک در بخش‌های جنوبی دریای خزر

یدالله یوسفی *

استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مازندران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۵/۲۵

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۰

چکیده

بررسی حاضر به تغییرپذیری بارش در بخش‌های جنوبی دریای خزر با استفاده از ۸ شاخص پرداخته است. داده‌های روزانه بارش برای ۵ ایستگاه سینوپتیک برای دوره زمانی ۱۹۵۶-۲۰۱۴ از سازمان هواشناسی دریافت و مورد بررسی قرار گرفت. میزان NCPI نیز از داده‌های جو بالای پایگاه NCEP/NCAR استخراج شد. شاخص‌های استخراج شده از بارش شامل طولانی‌ترین دوره خشک سالانه، میانگین تداوم دوره‌های تر، میانگین بارش دوره‌های تر، تعداد دوره‌های تر سالانه، بارش سالانه، طولانی‌ترین دوره تر سالانه، بیشینه بارش سالانه در یک دوره تر و تعداد روزهای بارش است. نتایج نشان داد از میان تغییرات همه شاخص‌ها تغییر میانگین تداوم دوره‌های تر و تعداد روزهای بارش در همه ایستگاه‌ها مشخص تر بوده و دارای روند کاهشی معنی‌داری هستند. این کاهش در همه ایستگاه‌ها مشاهده شد. در هیچ یک از ایستگاه‌ها طولانی‌ترین دوره خشک سالانه (CDD) دارای روند خاصی نبوده است. بررسی همبستگی، میان روزهای بارش به صورت ماهانه با شاخص دریای شمال-خزر (NCPI) همبستگی زیادی را میان این دو به ویژه در ماه‌های ژانویه، آوریل، سپتامبر و دسامبر نشان داد. همبستگی نشان داد در فاز منفی NCPI تعداد روزهای خشک افزایش می‌یابد و تعداد روزهای بارش کاهش نشان می‌دهد. همچنین طولانی‌ترین دوره تر پیوسته (CWD) همبستگی معنی‌داری با NCPI نشان نداد. مشخص‌ترین شکل تغییرات روند کاهشی به صورت فراگیر از میان تمامی شاخص‌های بررسی شده در تعداد روزهای بارش است. روند منفی و معنی‌دار این شاخص در همه ایستگاه‌ها نشان‌دهنده تغییر در رفتار زمانی بارش در این منطقه است.

واژگان کلیدی: تداوم بارش، تغییر، دریای خزر، دوره تر، NCPI.

مقدمه

نقش محیط پایدار در پایداری توسعه بر هیچ‌کس پوشیده نیست. پایداری محیط در واقع با یک اقلیم ناپایدار قابل تصور نخواهد بود. از این‌رو برخی از کشورها جهت رسیدن به توسعه پایدار اقدامات حفاظتی برای آب و هوا مدنظر قرار داده‌اند. به‌طور مثال دولت فدرال آلمان طراحی برنامه محافظت از آب و هوا را به عنوان یک پیش‌شرط لازم برای پایداری ملی می‌داند (جاگارد، ۲۰۰۷). بحث از تغییر و تغییرپذیری اقلیم و عناصر آن این روزها در بسیاری از مطالعات علمی در زمینه‌های مختلف اعم از آب و هواشناسی، هواشناسی، محیط زیست و حتی اقتصاد، مدیریت و به ویژه بیمه و بسیاری از علوم دیگر اهمیت یافته است. منابع علمی مختلف به‌ویژه گزارش‌های IPCC نشان‌دهنده آنست که اقلیم کره زمین در طول دو قرن اخیر به‌واسطه دست‌اندازی گسترده انسان در طبیعت دستخوش تغییرات شده است (IPCC, 2001). این پدیده و پیامدهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، توجه دولتمردان و سیاستمداران را نیز در سرتاسر دنیا به خود جلب کرده است (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷). تغییر اقلیم و افزایش رخدادهای حادی بر جنبه‌های مختلف زندگی انسان به‌ویژه بر توسعه بخش کشاورزی و تغییر زیست‌محیطی منطقه‌ای نیز بسیار اثرگذار است (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۳). این پدیده می‌تواند نتیجه تغییر در کمیت و رفتار هر یک از عناصر آب و هوایی همچون رطوبت، بارش، ابرناکی، باد و دیگر عناصر مربوط به آب و هوا باشد که به‌واسطه تغییر در موازنه انرژی میان این عناصر ساختار اقلیم را تغییر خواهد داد. عموماً بیشتر مطالعات در این زمینه بر روی دما متمرکز شده است (دسلر و پارسون، ۲۰۰۶). تغییر و تغییرپذیری اقلیم به مراتب مهم‌تر از تغییر و یا افزایش دماست. مطالعات

در بخش‌های مختلف جهان نشان از آن دارد جنبه‌های مختلف رخداد بارش نیز همچون دما و دیگر عناصر اقلیمی در حال تغییر است و میزان و نوع تغییرات آن بر روی کره زمین در مقایسه با دما بسیار متفاوت‌تر بوده و از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند. در برخی نواحی تغییرات در میزان بارش و در برخی نواحی تغییر در تعداد روزهای بارش و الگوهای زمانی بارش است (هوگتون، ۲۰۰۲). تغییر در میزان و زمان بارش باعث ناهنجاری‌های زیادی در زندگی انسان به‌ویژه در بخش‌های زراعت، دام‌پروری حمل و نقل خواهد شد. شناخت این تغییرات باعث می‌شود تا برنامه‌ریزان آگاهی بیشتری در این زمینه برای تصمیم‌گیری داشته باشند. برخی مطالعات به روند کاهش بارش‌های مدیترانه‌ای اشاره دارد که تا حدودی علت آن را روند مثبت شاخص NAO دانسته‌اند (گودز و جونز، ۲۰۰۲؛ لاترباچر و همکاران، ۲۰۰۶). نتیجه بسیاری از بررسی‌ها حاکی از آن است که میزان بارش‌ها به دلیل افزایش میزان تبخیر افزایش می‌یابد. به‌طور مثال نتایج برخی منابع علمی بیان می‌دارد میزان افزایش بارش در کل کره زمین از سال ۱۹۰۰ در حدود ۲٪ بوده است. این افزایش عمدتاً به‌واسطه افزایش بارش‌های حادی رخ داده است، اما تفاوت‌های مکانی نیز در این افزایش وجود دارد. به‌طور مثال برخلاف الگوی کلی افزایش بارش بر روی کره زمین در عرض‌های ۱۰ تا ۳۰ درجه شمالی بارش‌ها کاهش یافته است (هاردی، ۲۰۰۳؛ فولاند و کارل، ۲۰۰۱). در بررسی‌های اخیر به ویژه در اروپا به جنبه‌های دیگر بارش از جمله تعداد روزهای تر و خشک و نیز تعداد دوره‌های تر (CWD) و خشک پیوسته (CDD) توجه شده است. در مناطق غربی یونان روند تغییرات در سطح ۹۵٪ در بیشینه تعداد روزهای تر منفی و این روند برای بیشینه تعداد روزهای خشک در اغلب مناطق یونان با تأکید

بر عناصر اقلیمی مورد توجه قرار گرفت. شاخص-های پیوند از دور جوی در ارتباط با شرایط اقلیمی به ویژه بارش بخش‌های مختلف کره زمین است. یکی از شاخص‌های پیوند از دور شناخته شده در اطراف دریای خزر شاخص دریای شمال-خزر NCPI است که اثر این شاخص بر بارش مناطق مختلف جهان و ایران در مطالعات متعددی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. بیشتر مطالعات در زمینه اثر پیوند از دوری NCPI بر روی دما انجام گرفته است (قانقرمه و همکاران، ۲۰۱۵). بررسی اثر این شاخص بر بارش در مناطق اطراف مدیترانه حاکی از آن است اثر این شاخص بر بارش این مناطق پیچیده است و اثر آن بر بارش بخش‌های شرقی مدیترانه به صورت بارش بیشتر در منطقه بالکان و خاورمیانه طی فاز مثبت و برعکس به صورت بارش کمتر طی فاز منفی این شاخص مشخص است (کوتیل و بناروش، ۲۰۰۲). همچنین بررسی کوتیل و تورکش (۲۰۰۵) به ارتباط میان دمای ترکیه با این شاخص اشاره دارد اما ارتباط میان بارش ترکیه با NCPI را معنی‌دار نمی‌داند. این در حالی است که برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد مناطق بحری جنوب یونان و ترکیه بارش بیشتری در فاز منفی NCPI و مناطق بحری شمالی نظیر کرت و ناحیه دریای سیاه ترکیه در فاز مثبت NCPI بارش بیشتری دارند (کوتیل، ۲۰۱۱). قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۲) به افزایش بارش در سواحل جنوبی دریای خزر در فاز مثبت NCPI و کاهش بارش در فاز منفی آن دست یافتند. در بررسی دیگر نیز قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر NCPI بر بارش مناطق غرب و شمال-غرب ایران به همبستگی بالای بارش این مناطق به ویژه در ماه دسامبر با این شاخص دست یافتند همچنین اثر این شاخص روی دمای زمستان ایران به صورت ارتباطی منفی و قوی است (قاسمی و

بر مناطق جنوبی مثبت است. کاهش بارش و تعداد روزهای بارش نیز در یونان به اثبات رسیده است (ناستوس و زرفورس، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰). علاوه بر این نیز در چندین منطقه همچون آفریقای جنوبی، سیبری، شرق مدیترانه، مکزیک مرکزی و شمال ژاپن روزهای بارانی در حال کمتر تکرار شدن هستند و تنها افزایش در بارش‌های سنگین مشاهده شده است، این در حالی است که مقدار بارش کل تغییر قابل توجهی ندارد (استرلینگ و همکاران، ۲۰۰۰؛ آلپرت و همکاران، ۲۰۰۲؛ فاجریو و همکاران، ۲۰۰۳؛ گرویسمن و همکاران، ۲۰۰۵). در شرق آسیا جیانگ و همکاران به روند افزایشی بارش سالانه، روزهای بارش و شدت بارش حدی در بیش از ۷۰٪ از ایستگاه‌های مورد بررسی در چین اشاره می‌کنند (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۳). بررسی تغییرات بارش‌های حدی و دوره‌های خشک و تر در تایلند نیز نشان می‌دهد بیشتر نواحی در این کشور در دوره‌های تر دارای بارش بیشتر و در دوره‌های بدون بارش خشک‌تر از گذشته خواهند شد (میچاندی و همکاران، ۲۰۱۴). در بررسی‌های داخلی انجام گرفته در این زمینه محمدی و تقوی (۱۳۸۴) با بررسی دما و بارش به روند افزایشی دمای حدی و کاهش بارش‌های حدی در تهران رسیده‌اند. عزیزی و روشنی (۱۳۸۶) با بررسی تغییرات در میزان بارش در سواحل جنوبی دریای خزر به روند کاهشی معنی‌دار رامسر و گرگان دست یافتند. حجام و همکاران (۱۳۸۷) به روند کاهشی در میزان بارش در نواحی مرکزی ایران اشاره دارند. فرج‌زاده و فیضی (۱۳۸۹) نیز به تغییرات کاهشی معنی‌دار در بارش‌های جنوب ایران دست یافتند. بررسی روند تبخیر و تعرق در ایران نیز نشان می‌دهد میزان تبخیر و تعرق در سراسر کشور رو به افزایش است (معصوم‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). در بسیاری از بررسی‌ها نقش شاخص‌های پیوند از دور

اهمیت زیادی است. در این پژوهش به بررسی تغییرپذیری دوره‌های تر و خشک، تناوب دوره‌های تر و خشک پیوسته، میزان بارش و تعداد روزهای بارشی در قالب ۸ شاخص پرداخته شده است. در ادامه نیز ارتباط میان NCPI با برخی از پارامترهای بارش مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

طولانی‌مدت است. با توجه به دوره آماری مناسب موجود از داده‌های ۵ ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی (که حداقل از سال ۱۹۵۶ دارای داده هستند) استفاده شد (شکل ۱ و جدول ۱).

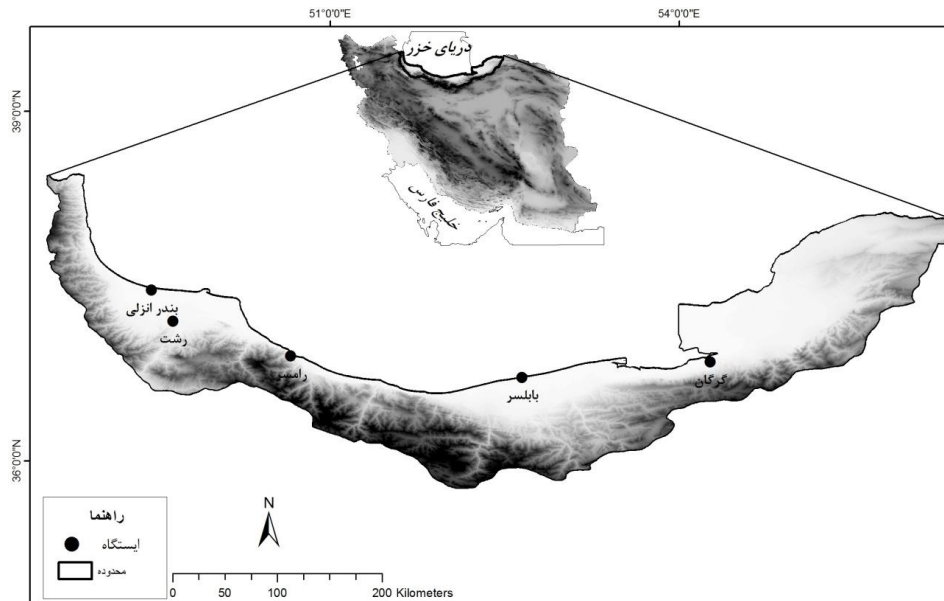
خلیلی (۲۰۰۸). بخش‌های جنوبی دریای خزر یکی از مناطق مهم کشاورزی و نیز از نواحی پرتراکم جمعیتی در ایران محسوب می‌شود و به واسطه وابستگی بسیار زیاد کشاورزی، محیط زیست پایدار و توسعه در این منطقه با بارش و روزهای بارش توجه به این پارامتر اقلیمی در این منطقه دارای

منطقه مورد بررسی شامل سه استان شمالی کشور گیلان، مازندران و گلستان می‌باشد. به دلیل تفاوت‌ها و تغییرپذیری بسیار زیاد بارش برای بررسی و مطالعه ویژگی‌های بارش نیاز به داده‌های

جدول ۱: ویژگی‌های ایستگاه‌های همدیدی مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	میانگین بارش (mm)	میانگین دما (°C)	استان
۱	بندر انزلی	۳۷-۲۸	۴۹-۲۸	-۲۶/۲	۱۸۲۹	۱۶/۱۵	گیلان
۲	رشت	۳۷-۱۲	۴۹-۳۹	۳۶/۷	۱۳۳۵	۱۶/۱۷	گیلان
۳	رامسر	۳۶-۵۴	۵۰-۴۰	-۲۰	۱۲۱۸	۱۶/۰۸	مازندران
۴	بابلسر	۳۶-۴۳	۵۲-۳۹	-۲۱	۸۹۰	۱۶/۷	مازندران
۵	گرگان	۳۶-۵۱	۵۴-۱۶	۱۳/۳	۵۹۰	۱۷/۷	گلستان

داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی دارای دقت و طول دوره آماری مطلوبی است. دوره آماری مورد مطالعه ۵۹ ساله بوده و از داده‌های بارش روزانه سال‌های ۱۹۵۶-۲۰۱۴ میلادی استفاده شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

بارش سالانه بزرگتر مساوی ۱ میلی‌متر $P_{\geq 1}$ ، طولانی‌ترین دوره تر سالانه CWD بیشینه بارش سالانه در یک رخداد تر یک یا چند روزه P_{max} ، تعداد روزهای دارای بارش بزرگتر مساوی ۱ میلی-متر $PD_{\geq 1}$ است (جدول ۲).

در این پژوهش به ۸ شاخص از بارش پرداخته شده است. شاخص‌های مورد بررسی شامل طولانی‌ترین دوره خشک پیوسته سالانه CDD، میانگین طول دوره‌های تر \bar{D}_{CWD} ، میانگین بارش دوره‌های تر \bar{P}_{CWD} ، تعداد دوره‌های تر سالانه N_{CWD} ،

جدول ۲: متغیرهای بارش و دوره‌های تر و خشک مورد بررسی

ردیف	توضیح	علامت اختصاری
۱	طولانی‌ترین دوره خشک سالانه	CDD
۲	میانگین تداوم دوره‌های تر	\bar{D}_{CWD}
۳	میانگین بارش دوره‌های تر	\bar{P}_{CWD}
۴	تعداد دوره‌های تر سالانه	N_{CWD}
۵	بارش سالانه بزرگتر مساوی ۱ میلی‌متر	$P_{\geq 1}$
۶	طولانی‌ترین دوره تر سالانه	CWD
۷	بیشینه بارش سالانه در یک دوره یک یا چند روزه به میلی‌متر	P_{max}
۸	روزهای دارای بارش بزرگتر مساوی ۱ میلی‌متر	$PD_{\geq 1}$

شاخص‌های بارش و ویژگی‌های آن استفاده نموده- اند (ناستوس و زرفورس، ۲۰۰۹؛ جیانگ و همکاران،

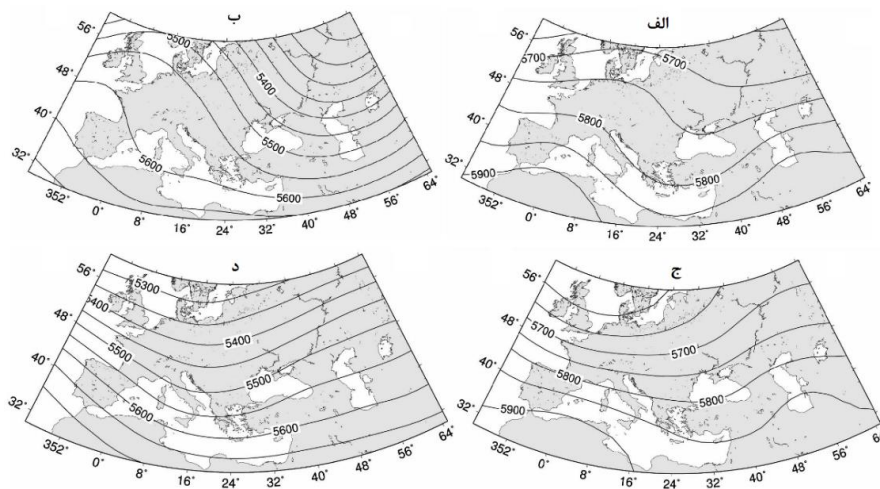
جهت بررسی تغییر در پارامترهای اقلیمی پژوهش- های چندی از روش من-کندال برای مطالعه

5-total precipitation equal or more than 1mm
6-maximum precipitation
7-days with precipitation ≥ 1

2-average duration of wet periods
3-average precipitation of wet periods
4-number of wet periods

$+ (\tau)t$ و یا $- (\tau)t > \tau$ داده‌ها دارای روند معنی‌دار خواهد بود. در حالت مثبت روند افزایشی و در حالت منفی روند کاهش‌ی است.

در ادامه به اثر شاخص پیوند از دور NCPI بر روی برخی از شاخص‌های بارش منطقه پرداخته شده است. میزان این شاخص از اختلاف ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال در طول صفر درجه و ۵۵ درجه شمالی تا نقطه ۱۰ درجه طول شرقی و ۵۵ درجه عرض شمالی (دریای شمال) با منطقه میان ۴۵ درجه طول شرقی و ۵۰ درجه عرض شمالی و ۴۵ درجه طول شرقی و ۶۰ درجه شمالی (دریای خزر) به دست می‌آید. فاز مثبت این شاخص به شکل یک پارتفاع بر روی دریای شمال و یک کم‌ارتفاع بر روی دریای خزر و برعکس فاز منفی آن با یک کم‌ارتفاع بر روی دریای شمال و پارتفاع بر روی دریای خزر در این سطح همراه است (شکل ۲).



شکل ۲: فازهای مختلف NCPI: الف- فاز + NCP در جولای ب- فاز + NCP در ژانویه، ج- فاز - NCP در جولای د- فاز - NCP در ژانویه، برانتی و کوتیل (۲۰۱۱)

۲۰۱۳). براساس این روش رتبه هر یک از x_i ها مشخص شده و هر رتبه‌ای از $x_i (i=1:N)$ با تمامی رتبه‌های ماقبل مقایسه می‌گردد. اگر n_i تعداد رتبه‌های بزرگتر از x_i باشد در این صورت مجموع (رابطه ۱) آنها و آزمون τ (رابطه ۲) محاسبه می‌گردد. سپس مقدار τ با $t (\tau)$ (رابطه ۳) مقایسه می‌گردد:

$$P = \sum_{i=1}^n n_i \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\tau = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$t(\tau) = \pm 1.96 \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که مقدار ۱/۹۶ مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد (Z) با سطح احتمال ۹۵ درصد در آزمون دو دامنه-ای، P مجموع n_i و N تعداد داده‌هاست. اگر $+ (\tau)t < \tau < - (\tau)t$ باشد، سری زمانی فاقد روند معنادار است؛ اما در حالتی که $\tau > \tau$

تابعی که شدت NCPI را مشخص می‌نماید از رابطه ۴ به دست می‌آید (کوتیل، ۲۰۰۲):
رابطه (۴)

$$NCPI = \overline{\text{gmp}}(0^\circ, 55^\circ N; 10^\circ E, 55^\circ N) - \overline{\text{gmp}}(50^\circ E, 45^\circ N; 60^\circ E, 45^\circ N)$$

محاسبه و معنی‌داری آن بررسی شد. آماره کندال بیانگر میزان شیب سری زمانی هر کدام از متغیرهای مورد بررسی است. سری‌های زمانی که دارای روند معنادار هستند با رنگ خاکستری در جدول نشان داده شده‌اند (جدول ۳). با توجه به طول دوره آماری و رابطه معنی‌داری در آزمون من-کندال آستانه بحرانی به میزان ± 0.175 به دست آمد.

با نوشتن تابع بالایی در نرم‌افزار GrADS میزان NCPI با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی (پایگاه داده NCEP/NCAR) طی دوره آماری (۲۰۱۴-۱۹۵۶) استخراج و مورد استفاده گرفت.

بحث و نتایج

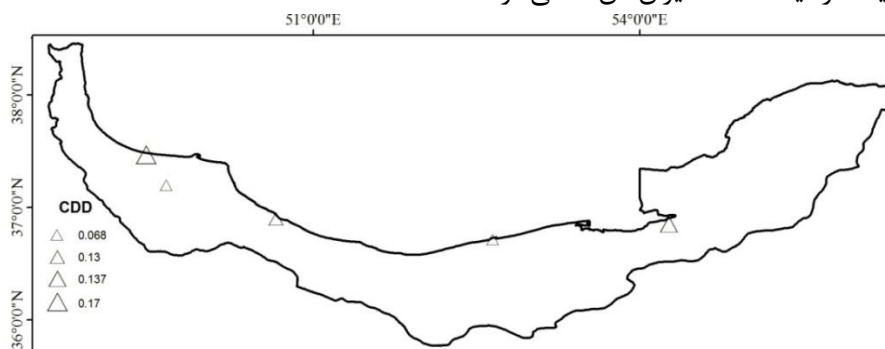
برای تمامی شاخص‌های مورد بررسی آزمون من-کندال مورد استفاده قرار گرفت و آماره کندال

جدول ۳: آماره کندال شاخص‌های محاسبه شده در ایستگاه‌ها

ایستگاه	CDD	\bar{D}_{CWD}	\bar{P}_{CWD}	N_{CWD}	$P_{\geq 1}$	CWD	P_{max}	$PD_{\geq 1}$
بابلسر	0.068	-0.032	0.246	-0.255	0.102	0.013	0.120	-0.241
بندر انزلی	0.170	-0.117	-0.103	-0.266	-0.185	-0.052	-0.178	-0.299
گرگان	0.137	-0.341	0.045	-0.341	-0.334	-0.349	-0.137	-0.420
رامسر	0.130	-0.252	0.065	-0.235	-0.081	-0.108	0.011	-0.376
رشت	0.068	-0.307	0.227	-0.187	-0.047	-0.173	0.014	-0.334

نیست (جدول ۳ و شکل ۳). در نقشه‌های تهیه شده برای نشان دادن تفاوت‌های فضایی با توجه به معنی‌دار بودن روند، ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار با مثلث توپر نشان داده شده‌اند. نوع تغییرات با جهت مثلث افزایشی به سمت بالا و کاهش‌ی به سمت پایین با قید میزان تاو در گوشه سمت چپ مشخص گردید.

تغییرات طولانی‌ترین دوره خشک سالانه (CDD): شاخص طولانی‌ترین دوره خشک بیانگر طولانی‌ترین دوره خشک پیوسته در هر سال است. واحد این شاخص در هر سال به تعداد روز است. همان گونه که در جدول ۳ به روشنی مشخص است این شاخص در همه ایستگاه‌ها دارای روند مثبت است که در هیچ یک از ایستگاه‌ها میزان آن معنی‌دار



شکل ۳: پراکنش میزان و معنی‌داری تاو کندال شاخص CDD

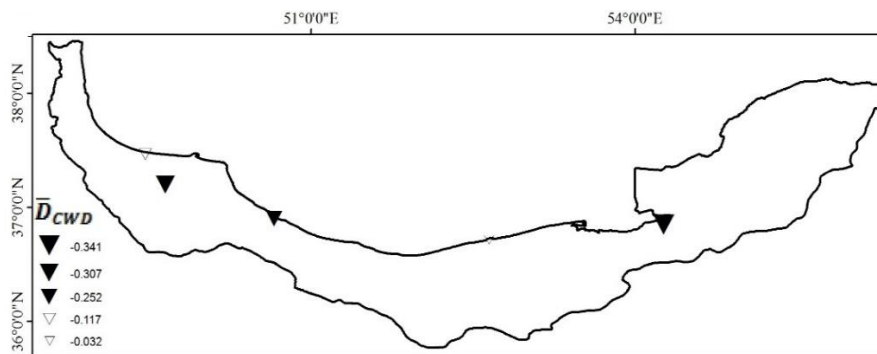
سرهم n روزه که بیش از یک میلی‌متر بارش داشتند به عنوان یک دوره تر n روزه تعریف شد و

تغییرات میانگین تداوم دوره‌های تر \bar{D}_{CWD} : برای محاسبه \bar{D}_{CWD} ، در هر سال، تعداد روزهای پشت

روند میانگین تداوم دوره‌های تر در همه ایستگاه‌ها منفی است که در ایستگاه‌های بابلسر و بندر انزلی این میزان معنی‌دار نیست (جدول ۳ و شکل ۴). بیشترین شیب تغییرات کاهش‌ی نیز در ایستگاه گرگان وجود دارد.

میانگین تداوم‌های آنها به عنوان شاخص \bar{D}_{CWD} سالانه در نظر گرفته شد. در رابطه ۵ مجموع تداوم‌های تر و N تعداد رخداد تر n روزه است.

$$\bar{D}_{CWD} = \frac{\sum CWD}{N} \quad \text{(رابطه ۵)}$$



شکل ۴: پراکنش میزان و معنی‌داری تاوکنندال شاخص میانگین تداوم دوره‌های تر

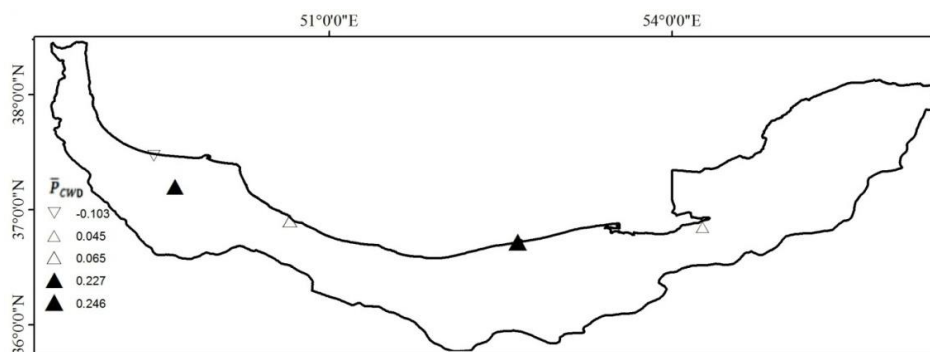
میانگین تمامی این مقادیر به عنوان \bar{P}_{CWD} در نظر گرفته شد (رابطه ۶):

تغییرات میانگین بارش دوره‌های تر (\bar{P}_{CWD}): برای محاسبه \bar{P}_{CWD} ، ابتدا میانگین بارش در هر دوره تر (P_{CWD}) محاسبه گردید. سپس برای هر سال (رابطه ۶)

$$\bar{P}_{CWD} = 1/n \sum_{i=1}^n P_{CWD}$$

منفی است. تغییرات معنی‌دار افزایشی آن در ایستگاه‌های بابلسر و رشت وجود دارد (شکل ۵).

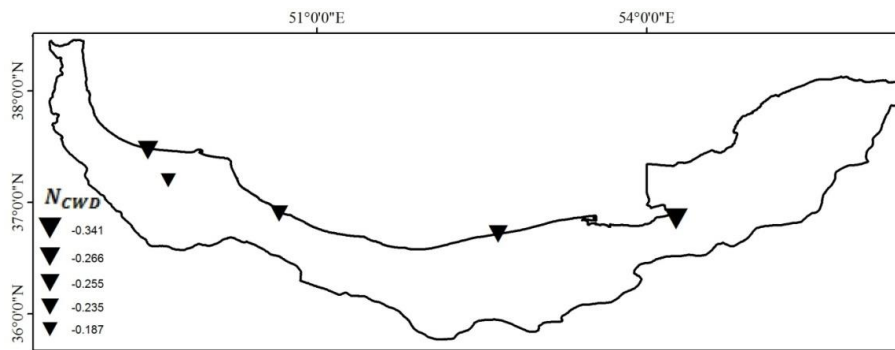
تغییرات زمانی این شاخص بیانگر روند افزایشی آن در اکثر ایستگاه‌هاست؛ اما بندر انزلی دارای روند



شکل ۵: پراکنش میزان و معنی‌داری تاوکنندال شاخص میانگین بارش دوره‌های تر

کاهش‌ها معنی‌دار است. این امر نشان می‌دهد که در همه ایستگاه‌ها در این منطقه تناوب‌های رخداد-های بارش کمتر از گذشته دیده می‌شود (شکل ۶).

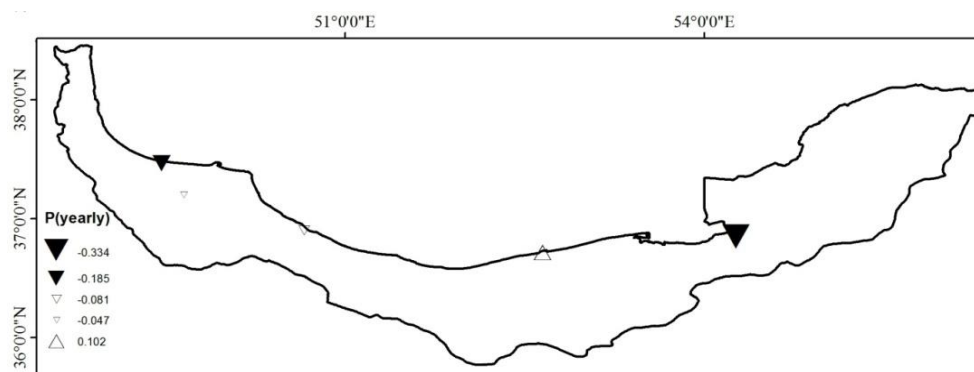
تغییرات تعداد دوره‌های تر (N_{CWD}): یکی از شاخص‌هایی که در تمامی ایستگاه‌های بررسی شده دارای روند کاهشی معنی‌دار است، تعداد دوره‌های تر رخ داده در هر سال است. در سطح ۹۵٪ نیز این



شکل ۶: پراکنش میزان و معنی‌داری تاوکنندال شاخص تعداد دوره‌های تر

معنی‌دار نبوده و شیب تغییرات آن نیز قابل توجه نیست (شکل ۷). این روند کاهشی در بارش‌های این منطقه در کارهای انجام گرفته گذشته نیز مشاهده شده است (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۶).

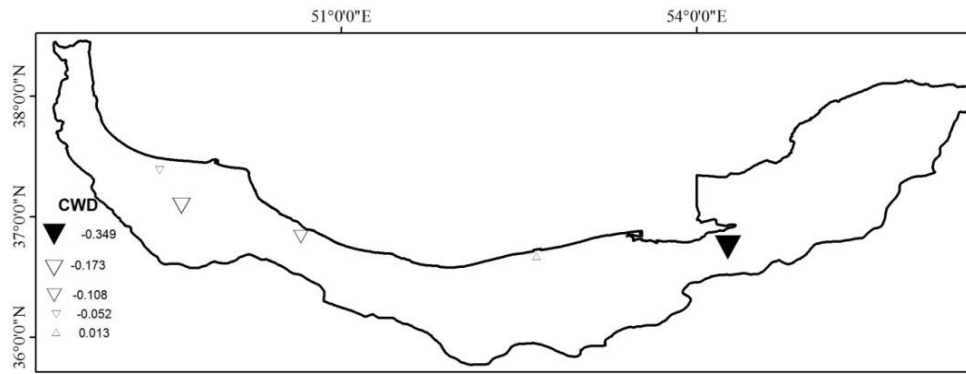
تغییرات بارش سالانه بیش از ۱ میلی‌متر ($P_{\geq 1}$): از میان ایستگاه‌های مورد بررسی دو ایستگاه گرگان و بندر انزلی دارای روند کاهشی معنی‌دار در میزان بارش سالانه بیش از ۱ میلی‌متر هستند. ایستگاه بابل‌سر دارای روند مثبت است اما تغییرات آن



شکل ۷: پراکنش میزان و معنی‌داری تاوکنندال شاخص مجموع بارش سالانه بیش از ۱ میلی‌متر

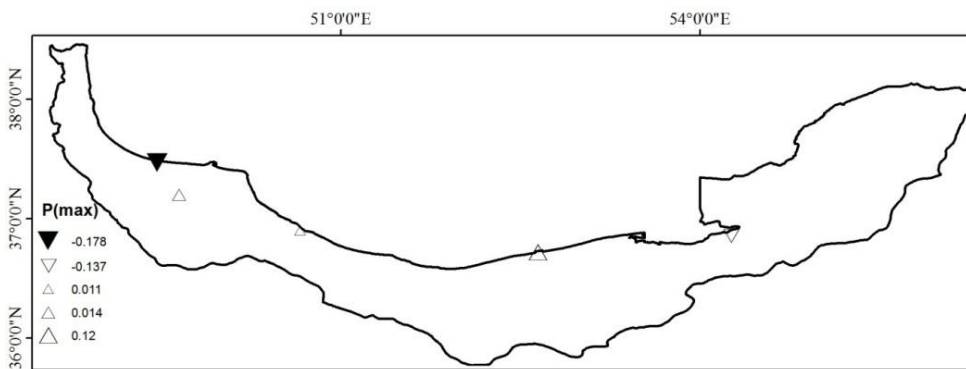
تنها در ایستگاه گرگان دارای روند معنی‌دار منفی است (شکل ۸).

تغییرات طولانی‌ترین دوره تر پیوسته سالانه (CWD): تغییرات طولانی‌ترین دوره تر پیوسته



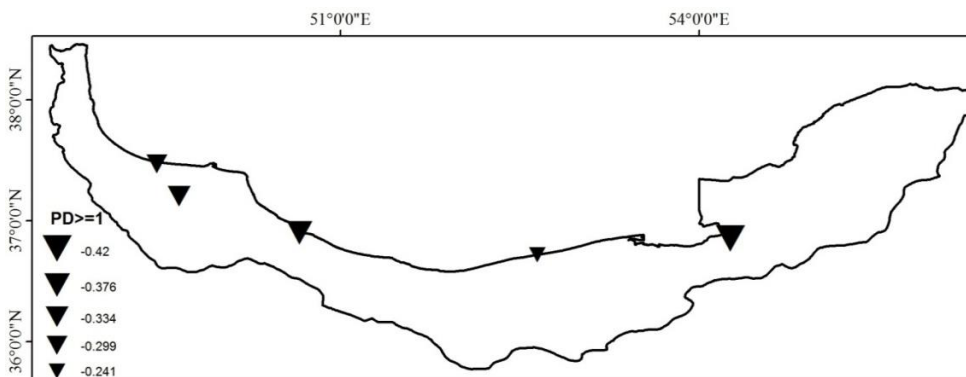
شکل ۸: پراکنش میزان و معنی‌داری تاوکندال شاخص CWD

تغییرات بیشینه بارش سالانه در یک دوره تر P_{max} : نیز تنها در ایستگاه بندر انزلی کاهشی و معنی‌دار تغییرات بیشینه بارش رخ داده در رویدادهای بارشی است (شکل ۹).



شکل ۹: پراکنش میزان و معنی‌داری تاوکندال شاخص Pmax

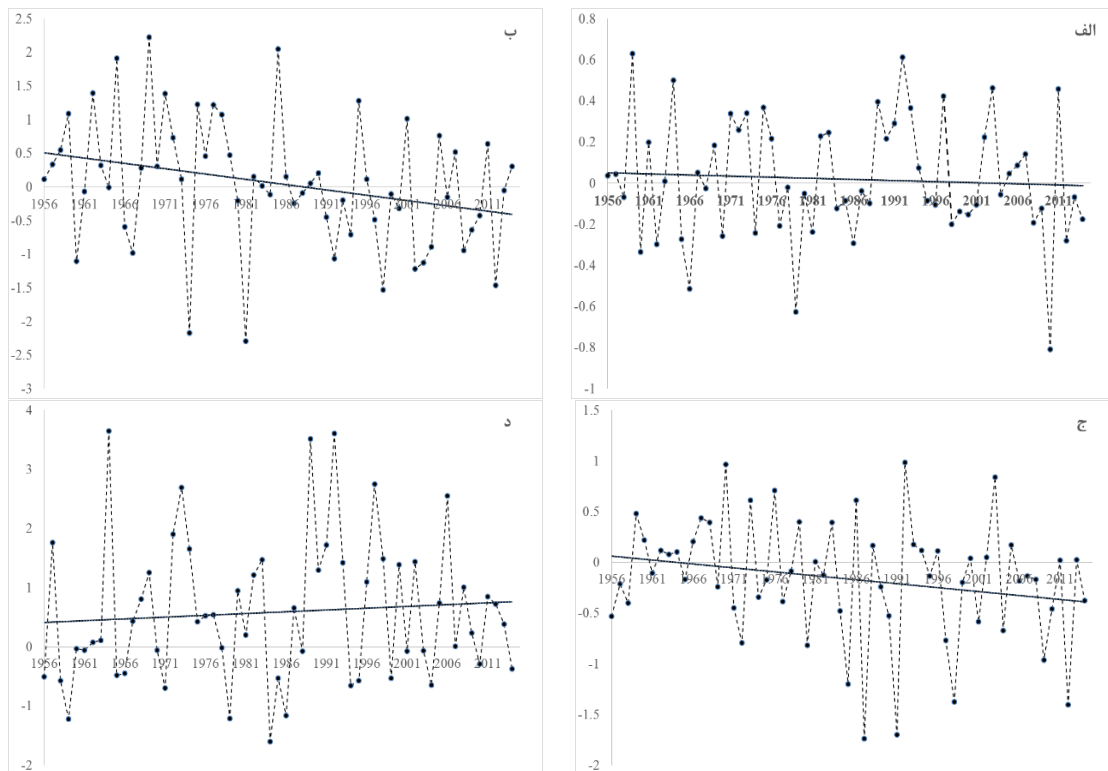
تغییرات روزهای با بارش بیش از ۱ میلی‌متر $PD_{\geq 1}$: از میان همه پارامترهای مورد بررسی، بیشترین تغییر در روند را تعداد روزهای بارش در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. تمامی ایستگاه‌ها دارای روند منفی معنی‌دار در تعداد روزهای بارش هستند. بیشترین شیب تغییرات افزایشی است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: پراکنش میزان و معنی‌داری تاوکندال شاخص $PD_{\geq 1}$

طورکلی در حال کاهش است (شکل ۱۱ الف). بیشترین میزان کاهش NCPI در ماههای اکتبر و ژوئن وجود دارد (شکل ۱۱ ب و ج). این در حالی است که برخی ماهها روند افزایشی بسیار کمی را طی کردهاند (شکل ۱۱ د).

جهت بررسی ارتباط شاخصهای پیوند از دور با روزهای تر و خشک همبستگی میان ۲ شاخص تعداد روزهای خشک و تر به صورت ماهانه و شاخص CWD با در نظرگیری ماه رخداد آن با NCPI در آن ماه طی دوره آماری محاسبه شد. سری زمانی میزان میانگین سالانه NCPI به



شکل ۱۱: تغییرپذیری سری زمانی NCPI از سال ۱۹۵۶ تا ۲۰۱۴ الف- میانگین سالانه ب- اکتبر ج. ژوئن د- ژانویه

بررسی ماهانه میزان همبستگی میان تعداد روزهای خشک با این شاخص دورپیوندی قابل توجه، منفی و معنی دار است (جدول ۴ و شکل ۱۲).

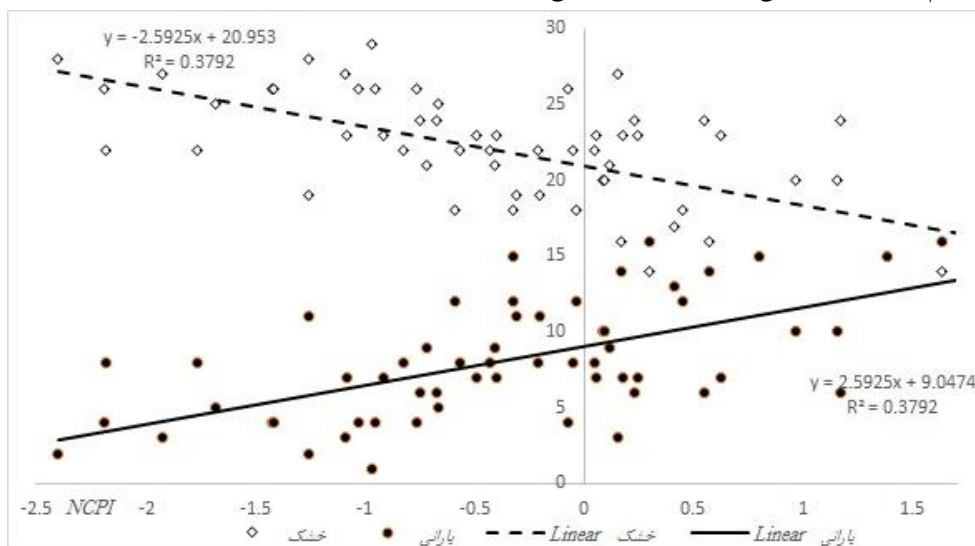
جدول ۴: بیشترین میزان همبستگی ماهانه تعداد روزهای خشک با NCPI

ماه	روزهای خشک	ایستگاه	ردیف
ژانویه	-.547**	بابلسر	۱
سپتامبر	-.543**	بندر انزلی	۲
دسامبر	-.394**	گرگان	۳
آوریل	-.616**	رامسر	۴
دسامبر	-.601**	رشت	۵

** در سطح ۹۹ درصد معنی دار است

همبستگی‌ها در ماه‌های دسامبر، ژانویه، آوریل و دسامبر وجود دارد و در ایستگاه‌های مختلف متفاوت است.

بیشترین میزان همبستگی تعداد روزهای خشک با NCPI مربوط به ایستگاه رامسر در ماه آوریل بوده که در سطح ۰/۹۹ درصد معنی‌دار است. با توجه به بررسی انجام شده مشخص شد، بیشینه این



شکل ۱۲: ارتباط میان تعداد روزهای خشک و بارانی با NCPI ماه آوریل ایستگاه رامسر

نشان داد میزان ارتباط بین این دو بسیار کم بوده و تنها در ایستگاه گرگان CWD با میزان NCPI ارتباط معنی‌داری دارد (جدول ۵).

میزان همبستگی میان بیشینه روزهای تر پیوسته (CWD) ایستگاه‌ها با NCPI به صورت ماهانه و میانگین ماه‌های ۱۰ و ۱۱ در منطقه مورد مطالعه

جدول ۵: میزان ضریب همبستگی CWD ایستگاه‌ها با NCPI ماهانه

ایستگاه	NCPI و CWD	میانگین NCPI ماه‌های ۱۰ و ۱۱ با CWD
بابلسر	.13	.088
بندر انزلی	.201	.284
گرگان	-.381*	-.102
رامسر	.209	.286
رشت	.093	.055

* در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است

نتیجه‌گیری

است. بررسی تغییرات شاخص‌های بارش در بخش‌های جنوبی دریای خزر نتایج جالب توجهی را به دست داده است. از میان تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی گرگان به لحاظ تغییرات در همه شاخص‌ها

تغییرپذیری شرایط اقلیمی در عناصر گوناگون جوی قابل مشاهده و بررسی خواهد بود. تغییرات بارش و تغییرپذیری آن بسیار پیچیده و قابل توجه

همانند تعداد روزهای بارش نباشد، نشان از این خواهد داشت حجم بارش‌های سالانه در تعداد روزهای کمتری طی سال خواهد بارید و این مساله باعث تغییر در بسیاری از سیستم‌های طبیعی اعم از جریان‌های سطحی شرایط زیست محیطی و تمام ویژگی‌های محیطی منطقه خواهد شد. همانند تغییرات کاهش معنی‌دار روزهای بارش به طور فراگیر در همه ایستگاه‌ها شاخص تعداد دوره‌های تر نیز دارای روند منفی است. در مقابل طولانی‌ترین دوره‌های خشک پیوسته در هیچ یک از ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌داری نیست. بررسی همبستگی میان تعداد روزهای بارانی و خشک با NCPI با برخی از شاخص‌ها نیز نشان داد این شاخص ارتباط مستقیم نسبتاً زیادی با تعداد روزهای تر و برعکس ارتباط معکوسی با روزهای خشک در ماه‌های مختلف دارد. بیشترین این ارتباط در ماه آوریل در رامسر مشاهده شد. این در حالی است که بزرگ‌ترین تعداد روزهای تر پیوسته ارتباط معنی‌داری با این شاخص ندارد. به عبارت بهتر این شاخص با تعداد روزهای تر و خشک ارتباط دارد اما با بزرگ‌ترین تداوم روزهای تر در ارتباط نیست. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان پی برد که تغییرات هم در میزان بارش سالانه و به‌طور کلی در شاخص‌های بارش در بخش‌های جنوبی دریای خزر وجود دارد. در این میان تغییرات شاخص‌های مربوط به تعداد رخداد‌های بارشی بیشتر و مشخص‌تر است. از سوی دیگر این بررسی همسو با پژوهش انجام‌شده در یونان (ناستوس و زرفورس، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰) وجود کاهش در میزان بارش نه به‌صورت همه‌گیر اما کاهش در تعداد روزهای بارشی را در بخش‌های جنوبی دریای خزر نشان می‌دهد. ارتباط مستقیم نتیجه شده میان تعداد روزهای بارش با فاز مثبت NCPI در مطالعه‌های صورت گرفته در بررسی همبستگی میان میزان

دارای تغییرات روند معنی‌دار بیشتری است. در مقابل ایستگاه بابل‌سر کمترین تغییرات معنی‌دار را در شاخص‌های بارش از خود نشان داده است. میزان میانگین طول دوره‌های تر در همه ایستگاه‌ها کاهش یافته است. این موضوع نشان از آن دارد که در این منطقه در سال‌های اخیر هر یک از رخداد‌های بارشی دارای تداوم کمتری بوده است. به عبارت بهتر طول دوره‌های تر در این منطقه کاهش معنی‌دار داشته است. از طرفی روند منفی میانگین طول دوره‌های تر نیز نشان‌دهنده این حالت است که بارش‌های بیشتری در تعداد روزهای کمتری می‌بارند. این حالت در افزایش میانگین بارش‌های دوره‌های تر ایستگاه‌ها به ویژه بابل‌سر و رشت (که دارای روند معنی‌دار افزایشی هستند) به خوبی مشخص است. کاهش در تعداد رخداد‌های تر n روزه در منطقه در حالی است که روند کاهش در میزان بارش سالانه در همه ایستگاه‌ها بدین شکل فراگیر وجود ندارد. به این روند کاهش در میزان بارش سالانه در بررسی عزیززی و روشنی (۱۳۸۷) بحرانی آماره کندال معنی‌دار نبوده است، اما در بررسی حاضر با طول دوره آماری در اختیار برای دو ایستگاه این روند معنی‌دار است. از میان تمامی شاخص‌های بررسی شده روزهای بارشی دارای روند معنی‌دار کاهش یافته در همه ایستگاه‌ها بوده است. شیب کاهش این شاخص در مقایسه با شیب روند دیگر شاخص‌های بررسی شده دارای میزان بیشتری است. بیشترین شیب کاهش نیز مربوط به ایستگاه گرگان است. کاهش تعداد روزهای بارش در این منطقه در حال حاضر و همچنین در آینده به عنوان یک علامت هشدار در تغییر شرایط محیطی است. کاهش تعداد روزهای بارش در حقیقت نشان‌دهنده افزایش تعداد روزهای خشک است. اگرچنانچه روند بارش سالانه دارای این کاهش و یا حتی با شیبی

شرقی مدیترانه (کوتیل و بناروش، ۲۰۰۲) نتایج یکسانی را نشان می‌دهد.

خزر بر نوسانات بارش‌های پاییزی مناطق غرب و شمال غرب ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی شماره ۳۹، ص ۲۱۸-۲۳۰.

-قویدل رحیمی، ی.، حاتمی زرنه، د. و رضایی، م.، ۱۳۹۲. نقش الگوی پیوند از دور جو بالای دریای شمال-مازندران در تغییرات زمانی بارش سواحل جنوبی دریای خزر، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۳۱، ص ۲۹-۴۶.

-محمدی، ح. و تقوی، ف.، ۱۳۸۴. روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۳، ص ۱۵۱-۱۷۲.

-معصوم پور سماکوش، ج.، رجایی، س. و یگانه فر، م.، ۱۳۹۳. تغییرپذیری زمانی-مکانی و روند تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال چهاردهم، شماره ۳۴، ص ۷-۲۵.

بارش در مناطق جنوبی دریای خزر (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲)، شمال غرب ایران (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۳) و بارش بخش‌های

منابع

-حجام، س.، خوشخو، ی. و شمس‌الدین وندی، ر.، ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۶۴، ص ۱۵۷-۱۶۸.

-عزیزی، ق. و روشنی، م.، ۱۳۸۷. مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، پژوهش‌های جغرافیایی ۶۴، ص ۱۳-۲۸.
-فرج زاده اصل، م. و فیضی، و.، ۱۳۸۹. آشکارسازی تغییرهای زمانی-مکانی عناصر دما و بارش در ایران، مجله مدرس علوم انسانی، دوره شانزدهم شماره ۴، ص ۴۹-۶۶.

-قویدل رحیمی، ی.، فرج زاده، م. و کاکاپور، س.، ۱۳۹۳. بررسی اثر الگوی پیوند از دور دریای شمال-

-Alpert, P., Ben-gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S. and Manes, A., 2002. The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values, *Geophysical Research Letters*, v. 29, p. 1-4.

-Brunetti, M. and Kutiel, H., 2011. The relevance of the North-Sea Caspian Pattern (NCP) in explaining temperature variability in Europe and the Mediterranean, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 11, p. 2881-2888.

-Dessler, A. And Parson, E., 2006. *The Science and Politics of Global Climate Change: A Guide to the Debate*, New

York: Cambridge University Press, 190 p.

-Easterling, D.R., Evans, J.L., Groisman, P.Ya., Karl, T.R., Kunkel, K.E. and Ambenje, P., 2000. Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: a Brief Review. *Bulletin of the American Meteorological Society*.

-Fauchereau, N., Trzaska, S., Rouault, M. and Richard, Y., 2003. Rainfall variability and changes in Southern Africa during the 20th century in the global warming context, *Nat. Hazards*, v. 29, p. 139-154.

-Folland, C.K. and Karl, T.R., 2001. *Observed climate variability and change*, Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I. Cambridge: Cambridge University

Press.

-Ghanghermeh, A., Roshan, G.R. and Al-Yahyai, S., 2015. The influence of Atlantic-Eurasian teleconnection patterns on temperature regimes in South Caspian Sea coastal areas: a study of Golestan Province, North Iran, *Pollution*, v. 1(1), p. 67-83.

-Ghasemi, A. R. and Khalili, D., 2008. The effect of the North Sea-Caspian pattern (NCP) on winter temperatures in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, v. 92, p. 59-74.

-Goodess, C. M. and Jones, P. D., 2002. Links Between Circulation and Changes in the. *International Journal of Climatology*, v. 22, p. 1593- 1615.

-Groisman, P.Ya., Knight, R.W., Easterling, D.R., Karl, T.R. and Hegerl, G.C., 2005. Trends in intense precipitation in the climate record, *Journal of climate*, v. 18, p. 1326–1350.

-Hardy, J. T., 2003. *Climate Change Causes, Effects and Solutions*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 260 p.

-Houghton, D., 2002. *Introduction to Climate Change: Lecture Notes For Meteorologists*, Geneva – Switzerland: WMO-No, 926 p.

-IPCC., 2001. *Climate Change: 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.

-Jaggard, L., 2007. *Climate Change Politics in Europe Germany and the International Relations of the Environment*, London: Tauris Academic Studies, 217 p.

-Jiang, F.Q., Hu, R.J., Wang, S.P., Yan-Wei Zhang, Y.W. and Tong, T., 2013. Trends of precipitation extremes during

1960–2008in Xinjiang, the Northwest China, *Theoretical and Applied Climatology*, v. 111, p.133–148.

-Kutiel, H. and Turkes, M., 2005. New Evidence for the role of the North Sea Caspian Pattern on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey, *Geografiska Annaler*, v. 87 (4), p. 501–513.

-Kutiel, M. and Benaroch, Y., 2002. North Sea-Caspian Pattern (NCP)- an upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean: Identification and definition, *Theoretical and Applied Climatology*, v. 71, p. 17-28.

-Kutiel, H., 2011. A Review on the Impact of the North Sea – Caspian Pattern (NCP) on Temperature and Precipitation Regimes in the Middle East, *Environmental Earth Sciences*, p. 1301-1312.

-Luterbacher, J., Xoplaki, E., Casty, C., Wanner, H., Pauling, A. and Küttel, M., 2006. *Mediterranean Climate Variability Over the Last Centuries: A Review*, *The Mediterranean Climate: an overview of the main characteristics and issues*, Lionello P., Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R., Elsevier, Elsevier, Amsterdam: (NETHERLANDS), p. 27-148.

-Maichandee, S., Kreasuwun, J., Komonjinda, S. and Promnopas, W., 2014. Effects of climate change on future extreme rainfall indices over Thailand, *Global NEST Journal*, v. 16, p. 307-316.

-Nastos, P.T. and Zerefos, C.S., 2009 . Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece, *Atmospheric Research*, p. 1-12.

-Nastos, P.T. and Zerefos, C. S., 2010. Cyclic modes of the intra-annual variability of precipitation in Greece, *Advances in Geosciences*, v. 25, p. 45–50.