

تأثیر ال‌نینو- نوسان جنوبی (انسو) بر جنوب غرب آسیا در اقلیم آینده

مریم جمشیدی^۱، مریم رضازاده^{۲*}، امید علیزاده^۳

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشکده علوم و فنون دریایی و جوی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.

۲- دکتری فیزیک هواشناسی، دانشیار گروه علوم غیر زیستی و جوی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.

۳- پسا دکتری فیزیک هواشناسی، دانشیار گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

چکیده

دورپیوندها مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر نوسان‌ها و تغییرات اقلیمی بین‌سالانه در یک منطقه می‌باشند، که ال‌نینو-نوسان جنوبی (انسو) برجسته‌ترین آنها است. در دهه‌های اخیر تغییراتی در فراوانی و شدت رخداد‌های ال‌نینو و لانینا در پاسخ به گرمایش زمین مورد توجه محققان قرار گرفته است. هرگونه تغییر در الگوی چرخه انسو در مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام می‌تواند منجر به تغییر در الگوی واداشت‌های دورپیوندی آن شود. در مطالعه پیش‌رو الگوهای دورپیوندی دو فاز اصلی انسو، یعنی ال‌نینو و لانینا روی برخی از متغیرهای جوی منطقه جنوب غرب آسیا (شامل دمای سطح دریا، دمای هوای نزدیک سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیلی - تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بارش) در اقلیم آینده (۲۰۵۰ تا ۲۰۹۹) نسبت به اقلیم گذشته (۱۹۵۰ تا ۱۹۹۹) بررسی شده است. ابتدا با استفاده از روش تحلیل تابع متعامد تجربی، عملکرد ۱۲ مدل CMIP6 در شناسایی فازهای مختلف انسو بررسی شد سپس، با استفاده از داده‌های مدل CNRM-CM6-1 به‌عنوان مدلی با بهترین عملکرد، تحت سه سناریوی SSP1-2.6، SSP2-4.5 و SSP5-8.5 تأثیر فازهای انسو بر اقلیم جنوب غرب آسیا بررسی شد که نتایج نشان داد تحت هر سه سناریو فراوانی وقوع ال‌نینو و لانینا در اقلیم آینده کاهش می‌یابد. در بررسی تغییر پارامترهای اقلیمی، شدت جت جنب حاره نیز در جنوب غرب آسیا در اقلیم گذشته در طی سال‌های وقوع لانینا بیشتر از سال‌های وقوع ال‌نینو و سال‌های خنثی است در حالی که تحت سناریوهای تغییر اقلیم آینده دمای هوا و بارش تغییر الگوی مشخصی را نشان نمی‌دهد.

کلید واژه‌ها: انسو، CMIP6، اقلیم آینده، جنوب غرب آسیا، گرمایش زمین.

مقدمه

از اولین مطالعات مربوط به تأثیر عوامل دورپیوندی بر نوسان- های اقلیمی مناطق دوردست مطالعات واکر بود که نشان داد الگوی گردش جو در مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام بر مونسون جنوب آسیا تأثیرمی‌گذارد (Walker, 1923). گردش‌ی که در اثر اختلاف دما در مناطق استوایی اقیانوس آرام شکل می‌گیرد، عدم تقارن افقی در دمای سطح دریا را نیز در پی دارد که به نام گردش واکر شناخته می‌شود (Bjerknes, 1969). در شرایط نرمال (فاز خنثی انسو) در این سلول بادهای تجارتی سطحی از شرق و بادهای سطوح فوقانی از سمت غرب می‌وزند و این سلول کامل می‌شود. در اثر گرم شدن بیش از حد معمول آب‌های شرقی و مرکزی اقیانوس آرام حاره‌ای بوجود می‌آید گرادیان افقی دمای سطح دریا بین شرق و غرب مناطق استوایی اقیانوس آرام و بادهای تجارتی تضعیف می‌شود و این حالت فاز گرم انسو، ال‌نینو نامیده می‌شود و در حالتی که گرادیان افقی دمای سطح دریا بین شرق و غرب مناطق استوایی اقیانوس آرام و بادهای تجارتی تقویت می‌شود، فاز سرد انسو و لائینا نامیده می‌شود. به این دلیل که این پدیده، دوره‌ای بین فازهای گرم (ال‌نینو) و سرد (لائینا) اتفاق می‌افتد از واژه ال‌نینو-نوسان جنوبی (به اختصار انسو) برای آن استفاده می‌شود (Troup, 1965; McPhaden et al, 2006). در خصوص تأثیر آب و هوایی فازهای مختلف پدیده انسو بر مناطق مختلف جهان مطالعات زیادی انجام شده است و بر تأثیر آن بر اقلیم مناطقی مثل، جنوب غرب و جنوب شرق ایالات متحده آمریکا (Hansen et al, 1998; Cayan et al, 1999) اتفاق نظر وجود دارد و همینطور بر بخش‌های مختلفی از ایران نیز اثرگذاری دورپیوند انسو بر دما و بارش نشان داده شده است به‌طور مثال (Azmoodehfar & Nazemosadat, 2013)، ناظم السادات و قاسمی (Nazemosadat & Ghasemi, 2004)، غیبی و نورافشان (Gheiby & Noorafshan, 2013)، نشان داده‌اند که وقوع لائینا و ال‌نینو به ترتیب موجب کاهش و افزایش بارندگی در استان‌های جنوب غربی ایران می‌شود. تأثیر انسو نه تنها به شدت خود رویداد انسو در مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام وابسته است، بلکه به ویژگی‌های آب و هوایی خود مناطق متأثر از این دور پیوند نیز بستگی دارد، این بدین معنی است که تأثیرات لائینا و ال‌نینو عموماً " بر مناطق گرم و خشکی مثل ایران، می‌تواند بیشتر باشد (Najafi & Alizadeh, 2018).

تحقیقات زیادی در مورد تأثیر دورپیوند انسو بر وضعیت اقلیمی نقاط مختلف جهان صورت گرفته است و موضوعی که اخیراً" توجه دانشمندان را به خود جلب کرده است تأثیرگرمایش زمین برویدادهای انسو است (Cai, 2014). از دهه ۱۹۹۰ ویژگی‌های دورپیوند انسو دست‌خوش تغییر شده است، که علت آن ممکن است تغییرات طبیعی یا واداشت‌های انسانی و یا اینکه تأثیرات ترکیبی از آن‌ها باشد، که سبب تغییرات این دورپیوند از نظر بارش و دما در نقاط مختلف جهان شده است و همچنین بر پیش‌بینی رخداد‌های انسو و آمار رویدادهای فرین آن نیز تأثیر گذاشته است (Yeh, 2018; Cai & CGCMs) و به کارگیری سناریوهای تعریف شده توسط هیئت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC) پاسخ میانگین دمای سالانه سطح دریا در مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. پیش‌بینی برخی از این مدل‌های گردش کلی نشان‌می‌دهند که این تغییرات به الگوی فاز گرم انسو (ال‌نینو) شبیه می‌باشد. به عبارت دیگر شرق مناطق استوایی اقیانوس آرام بیشتر از غرب آن گرم شده است (Meel, 1996 & Washington) و در مقابل، برخی از مدل‌ها نیز پیش‌بینی کرده‌اند که در نتیجه گرمایش زمین، میانگین الگوی دمای سطح دریا در مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام به الگوی لائینا شبیه است (Keenlyside & Latif, 2009). تجزیه و تحلیل مدل‌های جفت شده CMIP3 و CMIP5 تحت گرمایش زمین نشان می‌دهد که در مورد تغییرات ویژگی‌های انسو اختلاف نظرهایی نیز وجود دارد (Cai, et al., 2015; Coolins, et al., 2010; IPCC, 2013). در بررسی تغییرات اقلیمی وضعیت انسو در نیمه دوم سده بیست و یکم نسبت به نیمه دوم سده بیستم، با استفاده از نتایج همادی ۱۴ مدل از پروژه CMIP5 تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5، به ترتیب کاهش و افزایش اندکی در فراوانی رویدادهای فرین ال‌نینو و لائینا مشاهده شده است و می‌توان گفت بطور کلی تغییرات چندانی در رویدادهای فرین ال‌نینو و لائینا تحت گرمایش جهانی دیده نشده است (Alizadeh & Marjani, 2019). در حال حاضر مدل‌های CMIP6 فرصت دیگری را برای تجزیه و تحلیل پاسخ دورپیوند انسو، با سناریوهای متعدد تابشی در نسل جدید مدل‌های پیشرفته آب و هوایی فراهم کرده‌اند. در بسیاری از مناطق، انسو با افزایش میزان گرمایش

جهانی پیش‌بینی شده در پروژه (CMIP6) که منجر به تغییرپذیری بیشتر در اثرات این پیوند از دور شده‌است، که با بررسی دو پارامتر دما و بارش در تقریباً ۵۰٪ از مناطق تحت تاثیر دورپیوند انسو، در دسامبر- فوریه (۲۰۸۱-۲۱۰۰) نسبت به (۱۹۵۰-۲۰۱۵) تغییرات قابل‌توجهی مشاهده شده است (Shayne McGregor et al., 2022). منطقه جنوب غرب آسیا با توجه به موقعیت ژئوپولوتیکی و استراتژیکی خود یکی از مناطق مورد توجه در تاثیرپذیری این تغییرات می‌باشد. اما با وجود رشد علمی و افزایش آگاهی ما نسبت به، پیامدهای منطقه‌ای و جهانی تغییر اقلیم مسئله‌ای که این منطقه را در آینده وارد ابعاد تازه چالشی خواهد نمود، عدم توجه کافی به اثرات این تغییرات در جنوب غرب آسیا و آسیای مرکزی است (Tahrodi, 1396). به تازگی نیز نتایج پژوهشی در ارزیابی روند تغییرات اقلیمی با بررسی روند سالانه تغییرات دما و بارش نشان داده است، در یک دوره ۳۰ ساله در منطقه جنوب غرب آسیا، که به‌طور کلی دما دارای روندی افزایشی و بارش روندی کاهشی می‌باشد (Hoseini, et al, 1399).

در پژوهش پیش‌رو، ابتدا با انتخاب مدل مناسب CMIP6، الگوهای دورپیوندی دو فاز اصلی انسو، یعنی ال‌نینو و لائینا روی برخی از پارامترهای جوی منطقه جنوب غرب آسیا (۱۰ تا ۴۵ درجه شمالی و ۳۰ تا ۷۵ درجه شرقی) با تاکید بر تفاوت آنها در اقلیم گذشته (۱۹۵۰ تا ۱۹۹۹) و آینده (۲۰۵۰ تا ۲۰۹۹) تحت سه سناریو بررسی خواهد شد و به این سوال پاسخ داده می‌شود که تاثیر گرمایش زمین بر رویدادهای انسو در اقلیم آینده، منطقه جنوب غرب آسیا به چه صورت خواهد بود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر الگوهای دورپیوندی دو فاز ال‌نینو و لائینا برای اقلیم آینده (۲۰۵۰ تا ۲۰۹۹) با خروجی مدل‌های مختلف CMIP6 و برای اقلیم گذشته (۱۹۵۰ تا ۱۹۹۹) با داده‌های بازتحلیل (Reanalysis) روی برخی از پارامترهای جوی منطقه جنوب غرب آسیا با تاکید بر تفاوت آنها در اقلیم گذشته و آینده بررسی شده‌اند. هرچند، در سال‌های اخیر برای انجام مطالعات اقلیمی به‌ویژه روی اقلیم آینده، معمولاً از روش‌های همادی استفاده شده است (مانند Cai, et al 2014; kim & Yu, 2012). در این مطالعه نیز جهت محاسبه میانگین همادی ۱۲ مدل داده‌های خروجی ماهانه مربوط به همه ۱۲

مدل در نرم‌افزار NCL با روش Bilinier به تفکیک افقی $1^\circ \times 1^\circ$ تغییر داده شده است ولی بررسی‌های انجام شده روی میانگین همادی ۱۲ مدل مختلف CMIP6 در مطالعه حاضر نشان داد که به دلیل اختلاف چشمگیر الگوهای بی‌هنجاری دمای سطح دریا طی رخداد‌های ال‌نینو و لائینا، در مدل‌های مختلف، با میانگین‌گیری روی خروجی مدل‌ها، نسبت سیگنال‌های مربوط به الگوهای انسو به نوفه‌های موجود کاهش پیدا می‌کند. بر همین اساس، در مطالعه پیش‌رو، اقلیم آینده با تمرکز بر روی یک مدل انجام شده است. به منظور انتخاب مدل مناسب برای پژوهش جاری، عملکرد ۱۲ مدل CMIP6 که داده‌های مورد نیاز برای این مطالعه را پوشش می‌دادند روی شناسایی ال‌نینو شرق و مرکز اقیانوس آرام بررسی شد. بدین منظور، با استفاده از روش تحلیل EOF مشابه آنچه که در پژوهش (Alizadeh, et al; 2022, Jeong, et al; 2016) آمده است، مدلی که الگوهای شناخته‌شده ال‌نینو شرق و مرکز اقیانوس آرام را به شکل بهتری شناسایی می‌کرد انتخاب شد. طبق بررسی‌های انجام‌شده، مدل CNRM-CM6-1 نسبت به سایر مدل‌ها در شناسایی الگوی ال‌نینو شرق و مرکز اقیانوس آرام عملکرد بهتری نشان داد. که در شکل (۴)، قسمت نتایج آورده شده است.

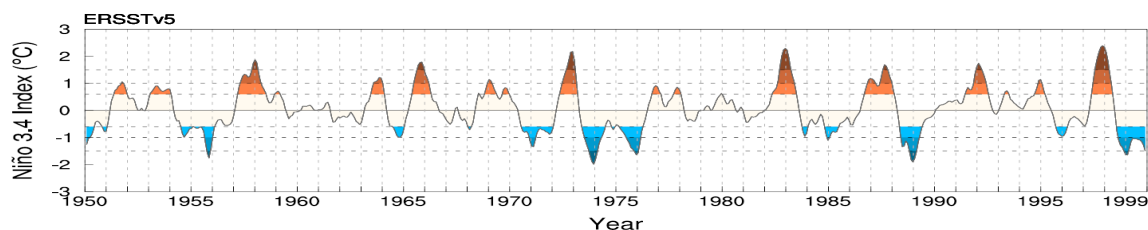
همانطور که پیش‌تر نیز به آن اشاره شد، در مطالعه حاضر دورپیوندهای انسو روی منطقه مورد مطالعه (جنوب غرب آسیا)، طی دو دوره تاریخی (Historical) و آینده تحت سه سناریوی SSP1-2.6، SSP2-4.5 و SSP5-8.5 بررسی شده‌اند. دوره تاریخی شامل سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۹ و دوره آینده شامل سال‌های ۲۰۵۰ تا ۲۰۹۹ است. برای محاسبه بی‌هنجاری داده‌ها، دوره پایه ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۹ برای دوره تاریخی و دوره پایه ۲۰۷۰ تا ۲۰۹۹ برای دوره آینده انتخاب شده است. پارامترهایی که در این مطالعه بررسی شده‌اند، شامل دمای سطح دریا، دمای هوای نزدیک سطح زمین، فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بارش و ماکزیمم سرعت باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای منطقه جنوب غرب آسیا می‌باشند، که در شکل‌های (۱۷-۵) برای محدوده منطقه مورد مطالعه، آورده شده است. جهت بررسی دوره تاریخی از داده‌های مختلفی استفاده شده است، برای بررسی دمای سطح دریا از داده‌های ERSST v5 با تفکیک افقی $2^\circ \times 2^\circ$ که آخرین نسخه داده‌های ERSST است و توسط سازمان ملی اقیانوس و جو (ایالت متحده آمریکا) از مجموعه جامع

را می‌توان به‌طور نمونه در شکل (۱) برای دوره تاریخی با خروجی داده‌های ERSST v5 مشاهده کرد. در جدول (۱)، سال‌های رخداد ال‌نینو و لانینا مبتنی بر شاخص Niño 3.4 با خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت هر سه سناریو برای اقلیم آینده و گذشته و همچنین با داده‌های ERSST v5 برای دوره تاریخی آورده شده است. همچنین، در شکل (۲) میانگین بی‌هنجاری دمای سطح دریا، خروجی مدل CNRM-CM6-1 برای سال‌های رخداد ال‌نینو و لانینا در زمستان (دسامبر تا فوریه) برای مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام آورده شده است. همانطوری که مشاهده می‌شود بی‌هنجاری‌های دمای سطح دریا در منطقه حاره اقیانوس آرام ال‌گوه‌ای ال‌نینو و لانینا را به‌درستی نشان می‌دهد. در نهایت، برای بررسی تأثیر دورپیوندهای فازهای مختلف انسو روی منطقه مورد مطالعه، مقدار میانگین بی‌هنجاری برخی از پارامترهای جوی در سال‌های رخداد ال‌نینو و لانینا در فصول زمستان و تابستان روی منطقه مورد نظر بررسی شد. همچنین، برای بررسی سطح اطمینان محاسبات از آزمون T-Test با سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده شده است. مناطق نقطه‌چین در تمامی شکل‌های ۵ تا ۱۷ در بخش نتایج نشانگر مناطقی است که سطح اعتماد در آنها مساوی یا بیشتر از ۹۵ درصد است.

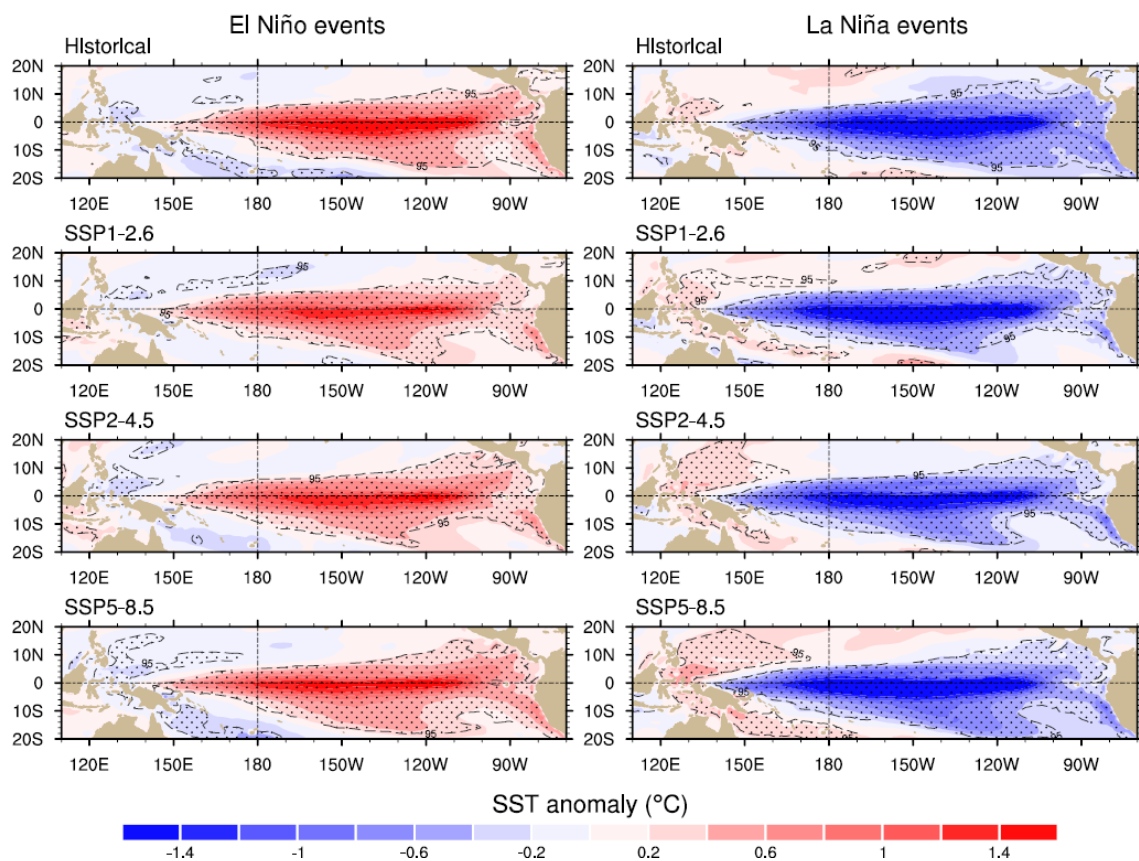
بین‌المللی اقیانوس جو (ICOADS) به‌دست آمده است. برای بررسی بارش از داده‌های NOAA's Precipitation Reconstruction (PREC) با تفکیک افقی $2/5^\circ \times 2/5^\circ$ استفاده شده است. (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.prec.html>) و برای ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰hpa از داده‌های NCEP-NCAR-Reanalysis (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>) با تفکیک افقی $2/5^\circ \times 2/5^\circ$ برای فشار تراز سطح دریا، دمای نزدیک سطح زمین و بادهای افقی سطح زمین از داده‌های بازتحلیل ERA5 موسسه ECMWF با تفکیک افقی $0/1^\circ \times 0/1^\circ$ استفاده شده است. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، جهت بررسی اقلیم آینده، از داده‌های مدل CNRM-CM6-1 برای سه سناریوی SSP1-2.6، SSP2-4.5 و SSP5-8.5 استفاده شده است. برای شناسایی فازهای مختلف انسو، سال‌های رخداد ال‌نینو و لانینا نیز با استفاده از شاخص Niño 3.4، که بر اساس تعریف آن، در منطقه Niño 3.4، حاره اقیانوس آرام ($5^\circ S - 5^\circ N$ و $120^\circ W - 170^\circ E$)، میانگین لغزان ۵ ماهه بی‌هنجاری دمای سطح دریا برای سال‌هایی که حداقل پنج ماه پیاپی از مقدار آستانه ۰.۵ (-۰.۵) بیشتر باشد، ال‌نینو (لانینا) رخ داده است. مقادیر این شاخص

جدول ۱- سال‌های رخداد ال‌نینو و لانینا مبتنی بر شاخص Niño 3.4 با خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت چهار سناریو و داده‌های ERSST v5 برای دوره تاریخی

(ERSSTv5)				Model CNRM-CM6-1					
Historical		Historical		SSP1-2.6		SSP2-4.5		SSP5-8.5	
Elnino	Lanina	Elnino	Lanina	Elnino	Lanina	Elnino	Lanina	Elnino	Lanina
1951-52	1950-51	1951-52	1952-53	2051-52	2050-51	2052-53	2050-51	2051-52	2050-51
1953-54	1954-55	1957-88	1953-54	2054-55	2053-54	2056-57	2055-56	2054-55	2052-53
1957-58	1955-56	1960-61	1955-56	2055-56	2058-59	2058-59	2057-58	2058-59	2055-56
1963-56	1964-65	1963-64	1958-59	2057-58	2062-63	2062-63	2061-62	2061-62	2056-57
1965-66	1970-71	1968-69	1959-60	2061-62	2064-65	2064-65	2063-64	2064-65	2057-58
1968-69	1973-74	1970-71	1962-63	2065-66	2068-69	2065-66	2066-67	2066-67	2060-61
1969-70	1974-75	1971-72	1966-67	2069-70	2072-73	2068-69	2069-70	2070-71	2062-63
1972-73	1975-76	1974-75	1969-70	2073-74	2074-75	2070-71	2072-73	2072-73	2067-68
1976-77	1983-84	1976-77	1975-76	2076-77	2077-78	2071-72	2078-79	2074-75	2068-69
1977-78	1984-85	1979-80	1981-82	2079-80	2086-87	2073-74	2080-81	2076-77	2073-74
1982-83	1988-89	1981-82	1982-83	2080-81	2089-90	2077-78	2082-83	2078-79	2075-76
1986-87	1995-96	1984-85	1983-84	2082-83	2094-95	2079-80	2086-87	2082-83	2079-80
1991-92	1998-99	1985-86	1988-89	2085-86	2096-97	2084-85	2090-91	2085-86	2086-87
1993-94		1986-87	1990-91	2088-89	2098-99	2089-90	2093-94	2088-89	2087-88
1994-95		1987-88	1991-92	2090-۹۱		2091-92	2096-97	2093-94	2089-90
1997-98		1989-90	1993-94	2092-93		2095-96		2094-95	2091-92
		1992-93	1995-96	2095-96		2097-98		2096-97	2095-96



شکل ۱- سری زمانی شاخص Niño 3.4- بی‌هنجاری‌های دمای سطح دریا با خروجی داده‌های ERSST v5 برای سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۵۰، مقادیر بیشتر از ۰/۵ نمایانگر ال‌نینو و کمتر از ۰/۵ نمایانگر لانینا در منطقه حاره اقیانوس آرام

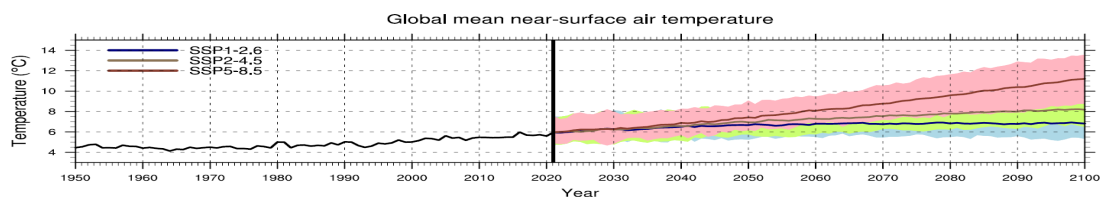


شکل ۲- بی‌هنجاری دمای سطح دریا در منطقه حاره اقیانوس آرام، خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت چهار سناریو تاریخی، SSP1-2.6، SSP2-4.5 و SSP5-8.5، ستون سمت راست زمان رخداد ال‌نینو و ستون سمت چپ رخدادهای لانینا، نقطه‌چین‌ها نیز مناطقی هستند که سطح اعتماد در آنها مساوی یا بیشتر از ۹۵ درصد است.

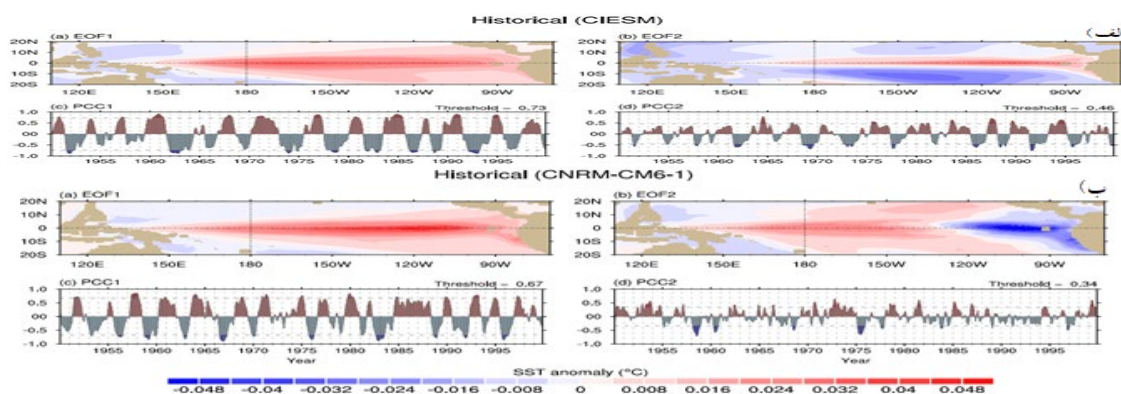
نتایج و بحث

همادی مدل‌ها را نشان می‌دهند و سایه‌ها نشانگر گستره مقادیر کمترین و بیشترین مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها است. همانطور که دیده می‌شود، از دهه ۱۹۹۰ دما رو به افزایش بوده است که در اقلیم آینده سناریوهای SSP1-2.6 و SSP5-8.5 به ترتیب کمترین و بیشترین افزایش دما را داشته‌اند.

در شکل ۳- میانگین سالانه دمای هوای ۲ متری برای دو دوره تاریخی (۱۹۵۰ تا ۲۰۲۱) و آینده (۲۰۲۲ تا ۲۱۰۰) آورده شده است. برای دوره گذشته از داده‌های ERSST v5 استفاده شده است. برای دوره آینده از مدل‌های Cmp6 برای سه سناریو استفاده شده است. خطوط پررنگ شکل (۳) میانگین



شکل ۳- میانگین سالانه دمای هوای ۲ متری برای دو دوره گذشته (۱۹۵۰ تا ۲۰۲۱) و آینده (۲۰۲۲ تا ۲۱۰۰) تحت سه سناریوی SSP1-2.6، SSP2-4.5 و SSP5-8.5 که گرمایش زمین را در اقلیم آینده تحت این سه سناریو نشان می‌دهد.



شکل ۴- تحلیل EOF، داده‌های ERSST v5 (الف) ناکارآمدترین مدل CIEM5، (ب) کارآمدترین مدل CNRM-CM6-1،

نمودارهای زیر هر شکل، ضرایب الگوی همبستگی (PCCs) بین بی‌هنجاری‌های دمای سطح دریا و دو مؤد اول تابع متعامد تجربی بی-هنجاری‌های دمای سطح دریا در مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام

دمای هوای نزدیک سطح زمین در شمال غرب منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری مثبت را در سال‌های رخداد ال‌نینو نشان می‌دهد و در سال‌های رخداد لائینا در این فصل، بخش‌های زیادی از ایران و شبه‌جزیره عربستان با بی‌هنجاری منفی دمای نزدیک سطح زمین همراه هستند (شکل‌های ۵-الف و ۵-ج). در سناریوی SSP1-2.6 دمای هوای نزدیک سطح زمین در فصل زمستان و در سال‌های رخداد ال‌نینو، در مناطق شمال شرقی ایران و مناطقی از شمال غربی منطقه مورد مطالعه سردتر از مقدار میانگین است. در حالی که در شبه جزیره عربستان بی‌هنجاری مثبت دمای هوای نزدیک سطح دیده می‌شود (شکل ۶-ب) و در سال‌های رخداد لائینا در این فصل اکثر منطقه مورد مطالعه و مخصوصاً شرق آن کمی گرمتر از مقدار میانگین می‌باشد. در فصل تابستان نیز در همین سناریو سال‌های رخداد ال‌نینو در اکثر منطقه مورد مطالعه و به‌ویژه قسمت‌های مرکز و شرق ایران هوا گرم‌تر از مقدار میانگین می‌باشد (شکل ۶-الف). در حالی که دمای نزدیک سطح در سال‌های رخداد لائینا، در اکثر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه به‌جزه قسمتی از شمال غرب آن بی‌هنجاری

مقایسه تحلیل EOF داده‌های ERSST v5 با تحلیل EOF میانگین همادی ۱۲ مدل نشان می‌دهد که، میانگین همادی ۱۲ مدل نتوانسته الگوی فازهای گرم و سرد انسو را به‌درستی پیش‌بینی کند. نتایج تحلیل EOF مدل CNRM-CM6-1، به‌عنوان مدلی که نسبت به سایر مدل‌ها در شناسایی الگوی ال‌نینو شرق و مرکز اقیانوس آرام عملکرد بهتری نشان می‌دهد و مدل CIEM5 نمونه مدلی که بدترین عملکرد را داشته برای سناریو تاریخی در شکل (۴) آورده شده است.

در ادامه نقشه‌های خروجی مدل CNRM-CM6-1 برای سناریوهای مختلف در شکل‌های ۵ تا ۱۷ مورد بررسی قرار گرفته است. برای دمای نزدیک سطح زمین خروجی سناریوی تاریخی در فصل زمستان (DJF) در سال‌های رخداد ال‌نینو، نشان می‌دهند که جنوب منطقه مورد مطالعه به‌ویژه جنوب ایران و شبه‌جزیره عربستان گرمتر از مقدار میانگین بلندمدت است (شکل ۵-ب). این درحالی است که در فصل زمستان سال‌های رخداد لائینا، دمای هوای نزدیک سطح زمین در شمال منطقه مورد مطالعه به‌ویژه نوار شمالی ایران گرم‌تر از مقدار میانگین است (شکل ۵-د). در فصل تابستان (JJA)،

شکل (۹-الف) و در رخدادهای لائینا به جزء قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه، بارش در بی‌هنجاری منفی را نشان می‌دهد. در سناریو ssp1-2.6 فصل زمستان، برای سال‌های رخدادهای لائینو مرکز منطقه مورد مطالعه به ویژه غرب ایران بارش بیشتر از مقدار میانگین بلندمدت می‌باشد در حالی که سال‌های رخدادهای لائینا عکس این حالت را نشان می‌دهد شکل‌های (۱۰-ب و ۱۰-د). در همین سناریو فصل تابستان سال‌های رخدادهای لائینو اکثر منطقه مورد مطالعه به جزء ایران بارش بی‌هنجاری مثبت نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد و سال‌های رخدادهای لائینا به جز قسمت محدودی از شمال شبه جزیره عربستان غالب منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری منفی بارش مشاهده می‌شود شکل‌های (۱۰-الف و ۱۰-ج). در سناریو ssp2-4.5 فصل زمستان، برای سال‌های رخدادهای لائینو و لائینا اکثر منطقه جنوب غرب آسیا بی‌هنجاری مثبت بارش نسبت به میانگین را نشان می‌دهد و تفاوت چندانی را نشان نمی‌دهند (شکل‌های ۱۱-ب و ۱۱-د). در همین سناریو، برای فصل تابستان سال‌های رخدادهای لائینو بارش در اکثر جنوب غرب آسیا بی‌هنجاری مثبت نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد در حالی که برای سال‌های رخدادهای لائینا تقریباً بارش فقط در نیمی از منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری مثبت را نشان می‌دهد شکل‌های (۱۱-الف و ۱۱-ج). در سناریو ssp5-8.5، برای فصل زمستان سال‌های رخدادهای لائینو بارش به جزء مرکز و جنوب ایران و نواحی جنوبی شبه جزیره عربستان در بیشتر منطقه مورد مطالعه، بی‌هنجاری منفی نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد در حالی که در سال‌های رخدادهای لائینا بارش در اکثر منطقه مورد مطالعه به جزء قسمت‌هایی از شمال شبه جزیره عربستان و ایران بی‌هنجاری مثبت نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد شکل‌های (۱۲-ب و ۱۲-د). در فصل تابستان در همین سناریو، برای سال‌های رخدادهای لائینو بارش فقط در قسمتی از شمال غرب منطقه مورد مطالعه کمتر از میانگین بلند مدت است و در سال‌های رخدادهای لائینا بارش در اکثر ایران و شمال غرب منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری منفی نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد شکل‌های (۱۲-الف و ۱۲-ج). ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در سناریوی تاریخی برای فصل زمستان، سال‌های رخدادهای

منفی را نشان می‌دهد. در سناریو ssp2-4.5، در فصل زمستان برای سال‌های رخدادهای لائینو دمای نزدیک سطح منطقه مورد مطالعه سردتر از مقدار میانگین بلندمدت می‌باشد (شکل ۷-ب) و در سال‌های رخدادهای لائینا نیز دمای نزدیک سطح غالب منطقه به جزء قسمتی از جنوب شبه جزیره عربستان بی‌هنجاری منفی دمایی را نشان می‌دهند که در غرب ایران قابل توجه‌تر می‌باشد شکل (۷-د). در همین سناریو در فصل تابستان برای سال‌های رخدادهای لائینو شبه جزیره عربستان، جنوب و مرکز ایران به جزء قسمتی از شمال منطقه مورد مطالعه دمای هوای نزدیک سطح منطقه مورد مطالعه گرم‌تر از مقدار میانگین بلندمدت می‌باشد شکل (۷-الف)، در حالی که در سال‌های رخدادهای لائینا در همین فصل دمای هوای نزدیک سطح به جزء مناطق شمال غرب و غرب ایران که گرم‌تر از مقدار میانگین بلند مدت است، بی‌هنجاری منفی دما را نشان می‌دهد (۷-ج). در سناریو ssp5-8.5، در فصل زمستان برای سال‌های رخدادهای لائینو دمای هوای نزدیک سطح غالب منطقه مورد مطالعه به جزء قسمتی از غرب آن سردتر از مقدار میانگین بلند مدت می‌باشد (۸-ب) در حالی که در زمستان برای سال‌های رخدادهای لائینا دمای هوای نزدیک سطح غالب منطقه مورد مطالعه گرم‌تر از مقدار میانگین است (۸-د) و در فصل تابستان برای سال‌های رخدادهای لائینو دمای هوای نزدیک سطح منطقه مورد مطالعه به جزء ایران که بی‌هنجاری منفی دیده می‌شود، گرم‌تر از مقدار میانگین است شکل (۸-الف) و بلعکس برای سال‌های رخدادهای لائینا دمای هوای نزدیک سطح به جزء ایران، سردتر از مقدار میانگین بلند مدت می‌باشد (۸-ج).

بررسی پارامتر بارش در سناریوی تاریخی برای فصل زمستان نشان می‌دهد که در سال‌های رخدادهای لائینو غالب منطقه جنوب غرب آسیا به جزء قسمتی از شبه جزیره عربستان و دریای خزر، بیشتر از مقدار میانگین بلند مدت است شکل (۹-ب) در حالی که برای سال‌های رخدادهای لائینا بارش در ایران نسبت به مقدار میانگین بلند مدت بی‌هنجاری منفی نشان می‌دهد (۹-د). در فصل تابستان، برای سال‌های رخدادهای لائینو اکثر منطقه جنوب غرب آسیا به ویژه جنوب شرق به جزء قسمت کوچکی از شمال غرب و شمال شرق، بی‌هنجاری مثبت بارش نسبت به میانگین بلندمدت را نشان می‌دهد

ال‌نینو در اکثر منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری مثبت را نشان می‌دهد و فقط بخش‌هایی از شمال غرب منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری منفی نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد. در حالی که برای سال‌های رخداد لائینا در شرق منطقه مورد مطالعه و اکثر ایران بی‌هنجاری منفی ارتفاع ژئوپتانسیل نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد که بیشترین کاهش ارتفاع مربوط به نوار غرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد شکل (۱۳-د). در فصل تابستان، برای سال‌های رخداد ال‌نینو، غالب منطقه مورد مطالعه به جزء ایران ارتفاع ژئوپتانسیل بی‌هنجاری منفی نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد و در زمان رخداد لائینا کل منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری مثبت ارتفاع ژئوپتانسیل را نشان می‌دهد شکل‌های (۱۳-الف و ۱۳-ج). در سناریو ssp1-2.6، برای فصل زمستان سال‌های رخداد ال‌نینو، در غالب منطقه مورد مطالعه ارتفاع ژئوپتانسیل نیز بی‌هنجاری منفی را نسبت به میانگین بلند مدت نشان می‌دهد شکل (۱۴-ب) و برای رخداد لائینا غالب منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری مثبت را نسبت به میانگین بلند مدت نشان می‌دهد شکل (۱۴-د). در همین سناریو برای فصل تابستان سال‌های رخداد لائینا و ال‌نینو ارتفاع ژئوپتانسیل الگویی مخالف هم را در غالب منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۴-ب و ۱۴-د). در سناریو ssp2-4.5، برای فصل زمستان رخداد ال‌نینو ارتفاع ژئوپتانسیل در کل منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری منفی نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد و برای رخداد لائینا غالب منطقه ایران مرکز افزایش بی‌هنجاری منفی نسبت به میانگین بلند مدت است (شکل‌های ۱۵-ب و ۱۵-د). در همین سناریو، برای فصل تابستان سال‌های رخداد ال‌نینو ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کل منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری مثبت را نسبت به میانگین بلند مدت نشان می‌دهد و برای سال‌های رخداد لائینا برای ارتفاع ژئوپتانسیل در بیشتر منطقه مورد مطالعه به جز قسمتی از شمال منطقه، بی‌هنجاری منفی را در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌کنیم. در سناریو ssp5-8.5، برای فصل زمستان ارتفاع ژئوپتانسیل در رخداد ال‌نینو کل منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری منفی را نسبت به میانگین بلند مدت نشان می‌دهد در حالی که در سال‌های رخداد لائینا با الگوی کاملاً متفاوت کل منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری

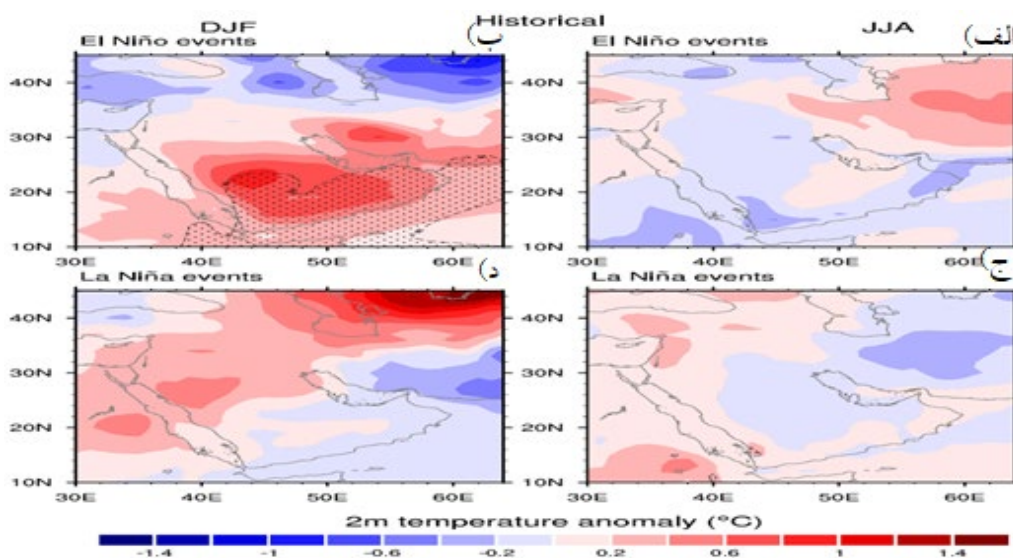
مثبت ارتفاع ژئوپتانسیل نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد که با شرایط بارش هم‌پوشانی ندارد شکل‌های (۱۶-ب و ۱۶-د). برای فصل تابستان در همین سناریو، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال رخداد ال‌نینو در کل منطقه مورد مطالعه بی‌هنجاری مثبت نسبت به میانگین بلند مدت را نشان می‌دهد که بیشترین کاهش ارتفاع رخداد لائینا ارتفاع ژئوپتانسیل در کل منطقه مورد مطالعه به جز قسمتی از شمال شرقی بی‌هنجاری منفی را نسبت به میانگین بلند مدت نشان می‌دهد شکل‌های (۱۶-الف و ۱۶-ج).

نتیجه‌گیری

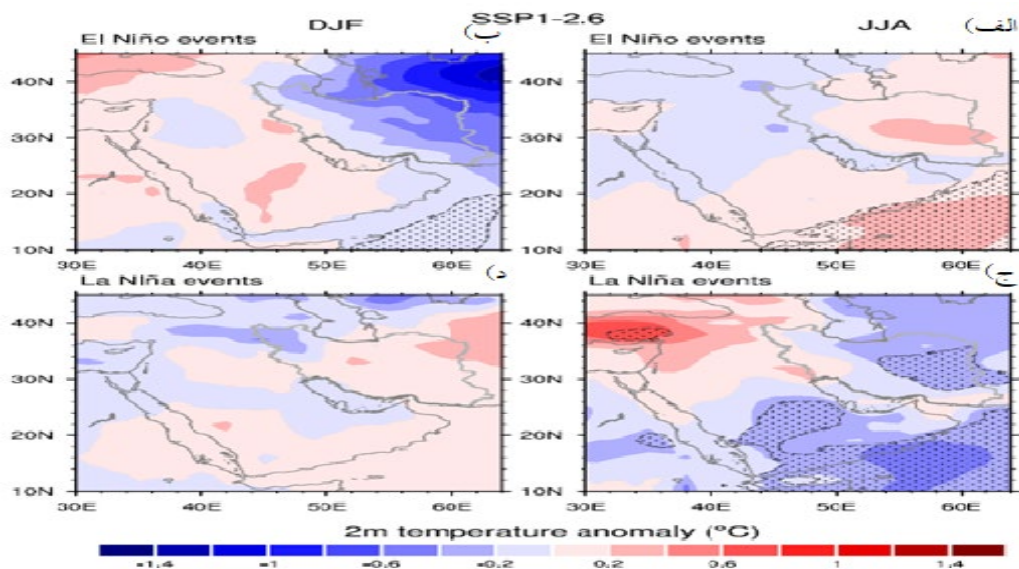
طبق جدول (۱)، خروجی مدل CNRM-CM6-1 برای سناریوی تاریخی نشان می‌دهد که فراوانی سال‌های هر دو رخداد ال‌نینو و لائینا نزدیک به ۳۱ درصد نسبت به داده‌های ERSST v5 افزایش داشته‌اند، در حالی که خروجی این مدل در سال‌های رخداد ال‌نینو تحت سناریوهای SSP1-2.6، SSP2-4.5 و SSP5-8.5 نسبت به سناریوی تاریخی به ترتیب ۵، ۱۰ و ۱۰ درصد و در سال‌های رخداد لائینا در سناریوهای SSP1-2.6، SSP2-4.5 نسبت به سناریوی تاریخی به ترتیب ۱۸ و ۶ درصد کاهش نشان می‌دهند که با نتایج (Alizadeh et al., 2022) با میانگین همادی ۸ مدل cmip6 هماهنگی دارد. فراوانی رخداد لائینا تحت سناریو SSP5-8.5 تغییری نشان نمی‌دهد. بررسی نقشه‌های دمای دو متری به جز سناریو ssp2-4.5 که یک سناریو حد میانه می‌باشد تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نسبت به گذشته نشان نمی‌دهد. دو سناریوی دیگر مانند سناریوی تاریخی، الگوهای بی‌هنجاری دما را برای سال‌های رخداد ال‌نینو و لائینا متفاوت نشان می‌دهند که بیشترین تفاوت را در سناریو ssp5-8.5 که یک سناریو بدبینانه است مشاهده می‌کنیم. اما الگوی خاصی را از نظر افزایش یا کاهش بی‌هنجاری دما نشان نمی‌دهند. در اقلیم آینده تحت هر سه سناریو در فصل تابستان منطقه جنوب غرب آسیا، در سال‌های رخداد ال‌نینو و لائینا ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوهای متفاوتی را نشان می‌دهند که می‌توانند باعث ایجاد شرایط اقلیمی متفاوتی در سال‌های رخداد ال‌نینو و لائینا در منطقه مورد مطالعه شوند

در سناریو ssp2-4.5 غالب منطقه مورد مطالعه به‌جز شمال شرق ایران برای فصل زمستان در سال‌های رخداد ال‌نینو بارش بیشینه است و در فصل تابستان سال‌های رخداد ال‌نینو اکثر منطقه مورد مطالعه به‌جز جنوب شرق ایران پربارش هستند و در همین سناریو در فصل زمستان سال‌های رخداد ال‌نینو در اکثر منطقه جنوب غرب آسیا شرایط بارشی بهتری را نسبت به سال‌های رخداد لانینا داریم که در همین شرایط مشابه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بی‌هنجاری منفی را نشان می‌دهد در شکل (۱۵) که با نتایج (Parhizkar & Ahmadi Givi, 1390) هم‌خوانی دارد. از آنجا که نمی‌توان برخی از بی‌هنجاری‌های دما و بارش و ارتفاع ژئوپتانسیل را با تاثیرات فازهای مختلف انسو بر روی منطقه مورد مطالعه پیش‌بینی نمود، می‌تواند نشان‌دهنده پاسخ غیر خطی انسو به گرمایش جهانی باشد (Alizadeh et al., ۲۰۲۲).

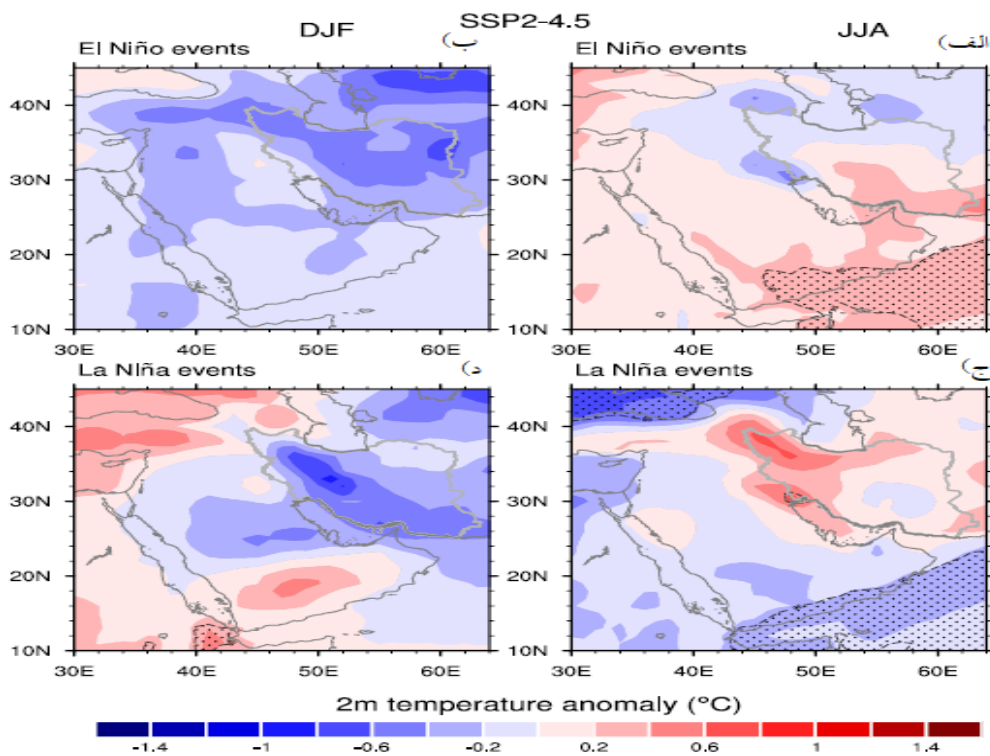
به‌جز در سناریوی تاریخی که ارتفاع ژئوپتانسیل الگوی خاصی را از نظر افزایش یا کاهش نشان نمی‌دهند. در سناریوی تاریخی برای سال‌های رخداد لانینا در فصل تابستان شدت جت جنب حاره بیشتر از سال‌های رخداد ال‌نینو و نرمال می‌باشد، تقویت جت جنب حاره امواج ورد سپهر میانی را ضعیف می‌کند و در مقایسه با شرایط اقلیم‌شناختی منطقه در مسیر مستقیم‌تری با پیچ و تاب کمتر حرکت می‌کند (Screen and Saymos, ۲۰۱۴) که در هماهنگی با این واقعیت شکل (۱۳) نیز بی‌هنجاری مثبت ارتفاع را نشان می‌دهد که منجر به بی‌هنجاری مثبت بارش در این ناحیه نیز شده است شکل (۹) و با نتایج مطالعات (Screen & Saymos, 2014; Alizadeh & Adibi, 2017) هماهنگ است. در حالی که تحت سناریوهای تغییر اقلیم آینده شدت جت یا بالعکس شده و یا الگویی را نشان نمی‌دهند.



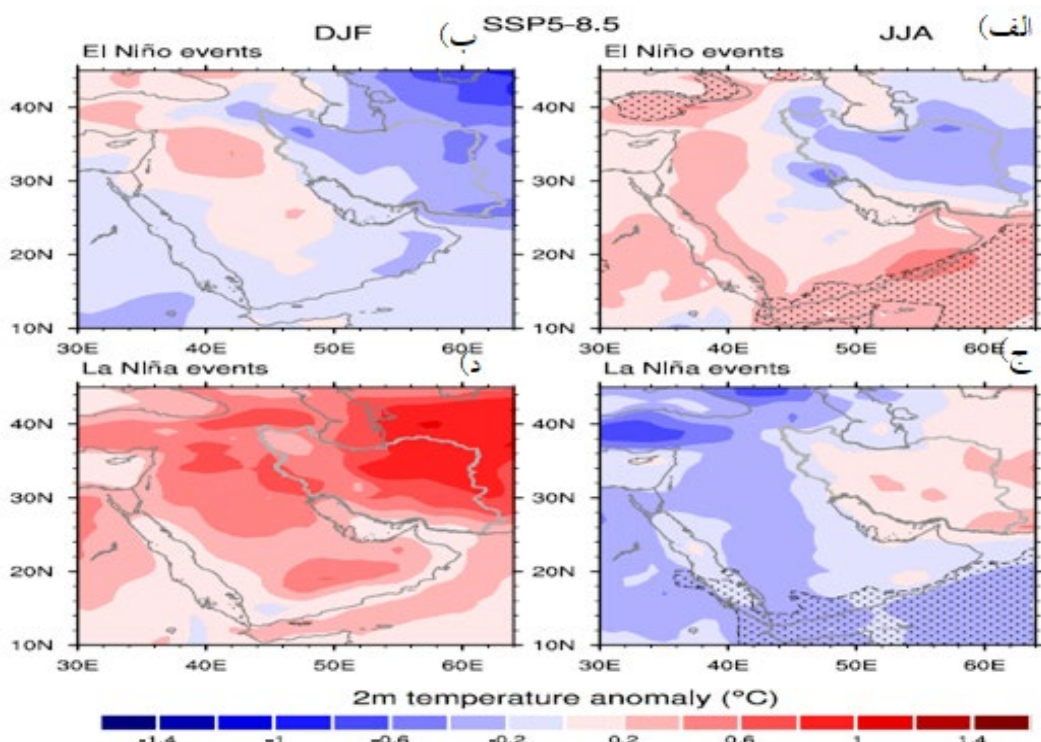
شکل ۵ - (الف، ب، ج، د)، بی‌هنجاری دمای دو متری، خروجی داده‌های مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو تاریخی (۱۹۹۹-۱۹۵۰)



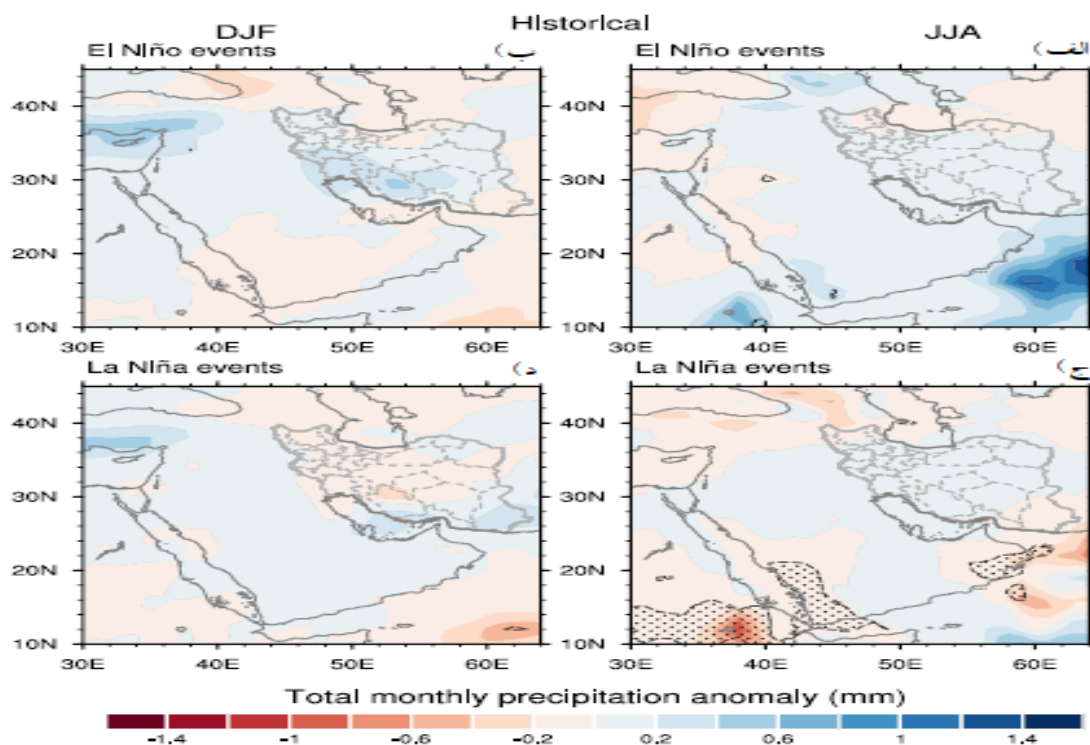
شکل ۶ - (الف، ب، ج، د)، بی هنجاری دمای دو متری، خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو ssp1-2.6 آینده (۲۰۵۵-۲۰۹۹)



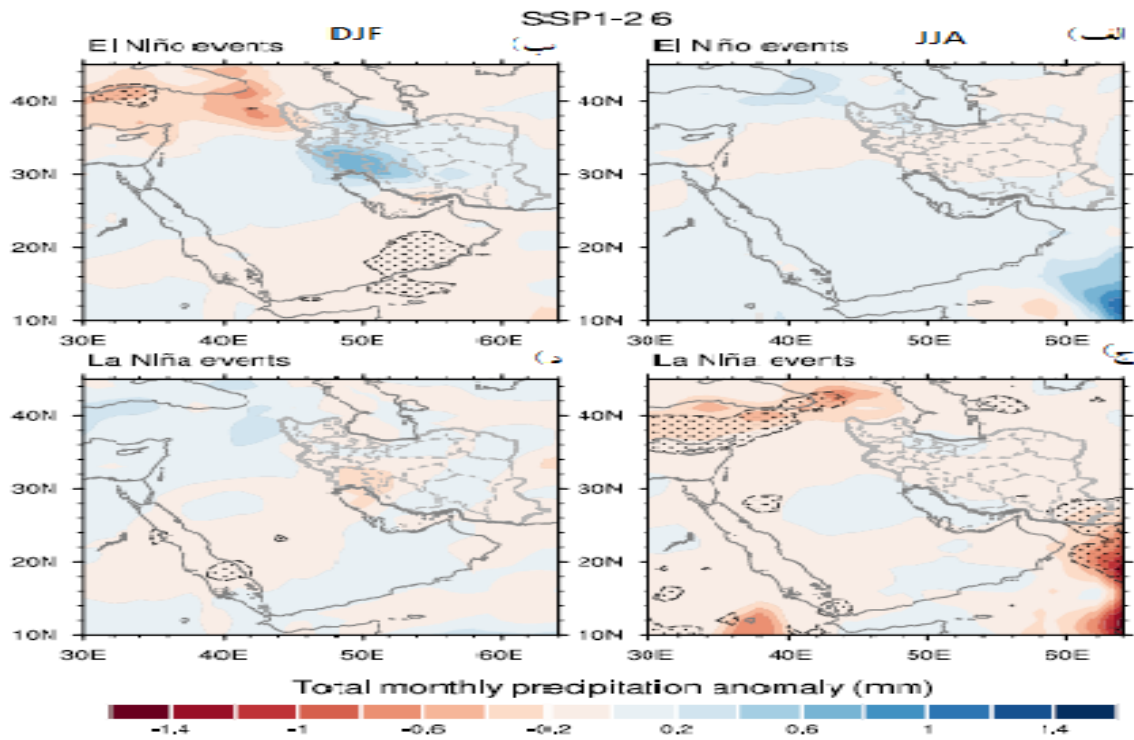
شکل ۷ - (الف، ب، ج، د)، بی هنجاری دمای دو متری، خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو ssp2-4.5 آینده (۲۰۵۵-۲۰۹۹)



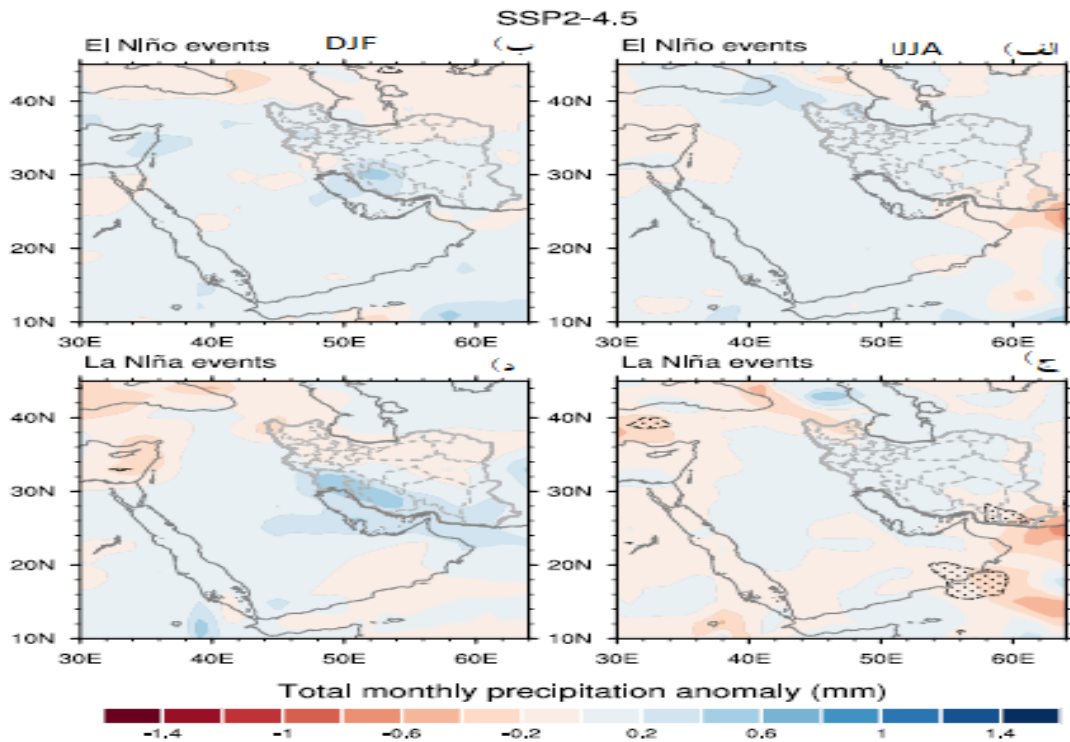
شکل ۸- (الف، ب، ج، د)، بی‌هنجاری دمای دو متری، خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو آینده ssp5-8.5 (۲۰۰۵-۲۰۹۹)



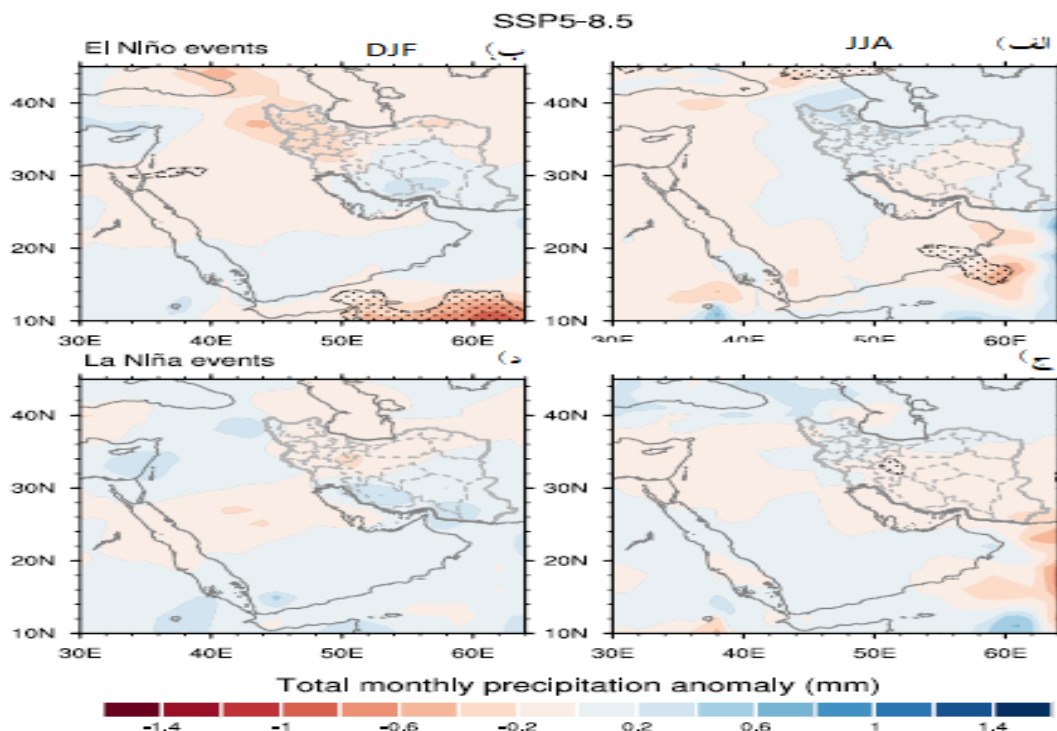
شکل ۹- (الف، ب، ج، د)، بی‌هنجاری بارش، خروجی داده‌های مدل CNRM-CM6-1، تحت سناریو تاریخی (۱۹۵۰-۱۹۹۹)



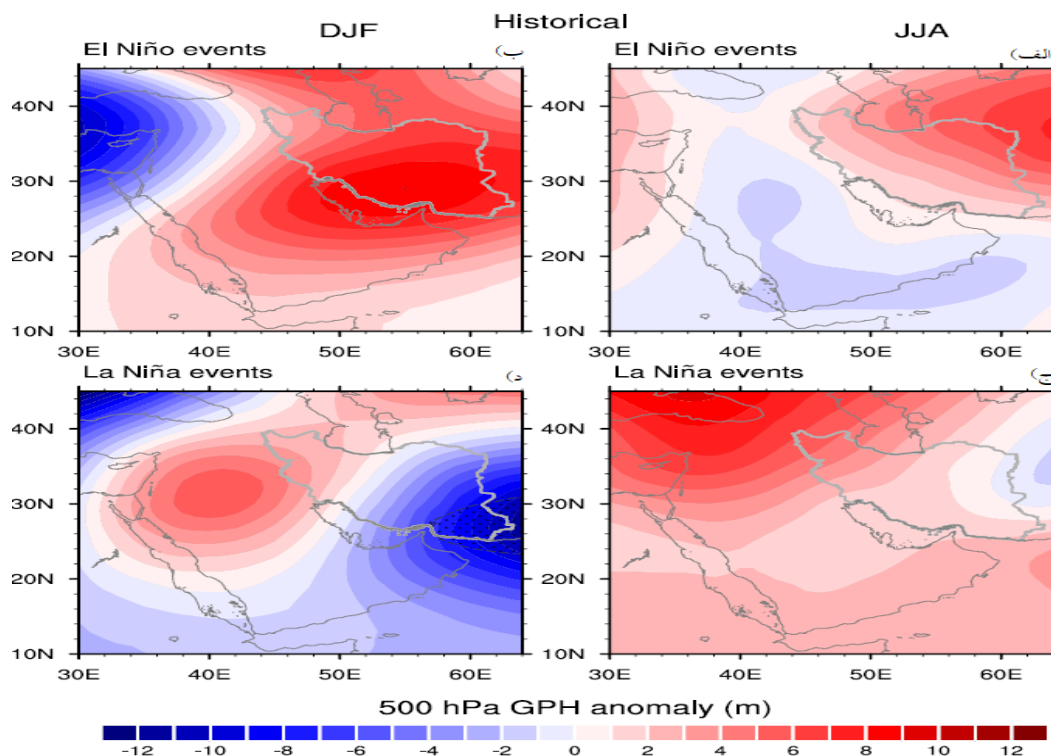
شکل ۱۰ - (الف، ب، ج، د)، بی هنجاری بارش، خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو آينده ssp1-2.6 (۲۰۵۵-۲۰۹۹)



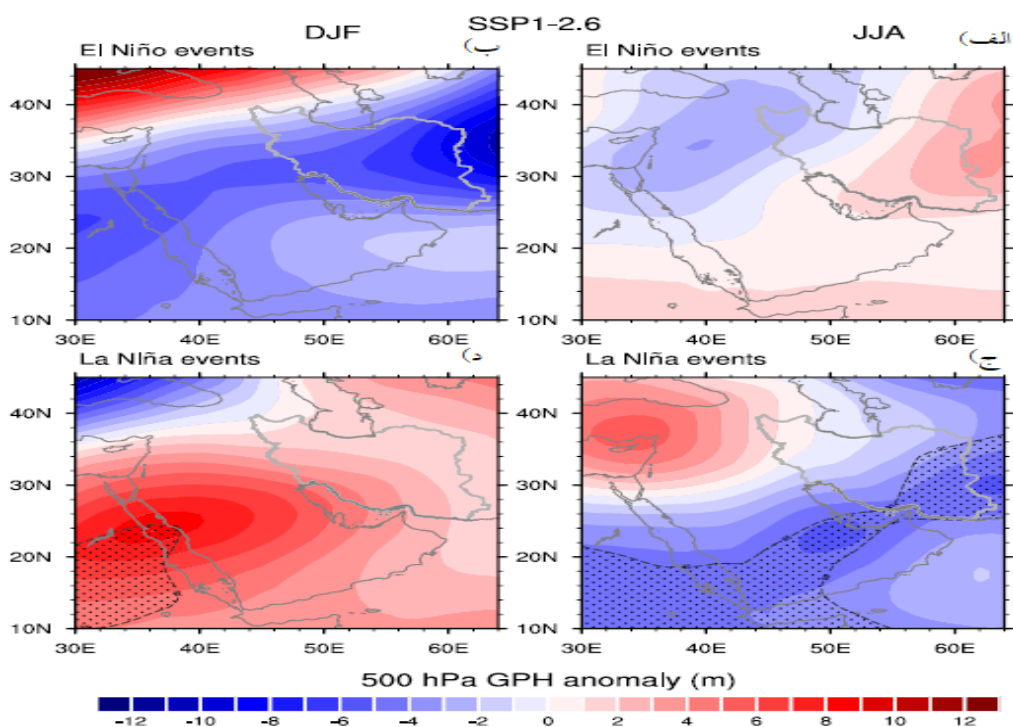
شکل ۱۱ - بی هنجاری بارش، (الف، ب، ج، د) خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو آينده ssp2-4.5 (۲۰۵۵-۲۰۹۹)



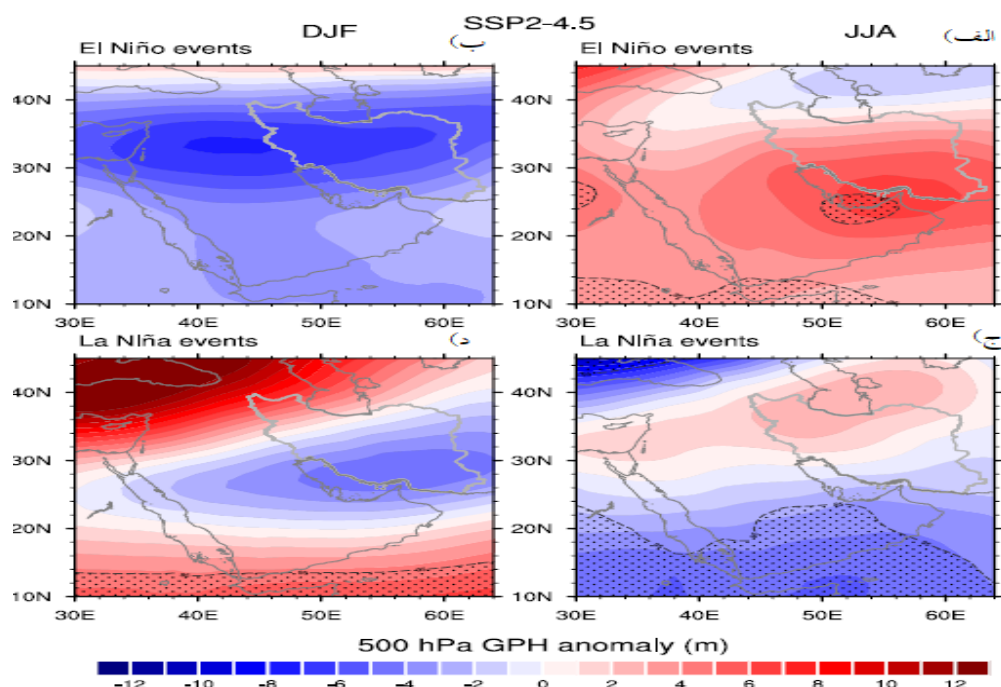
شکل ۱۲- (الف، ب، ج، د)، بی‌هنجاری بارش، خروجی مدل CNRM-CM6-1، تحت سناریو آینده ssp5-8.5 (۲۰۵۵-۲۰۹۹)



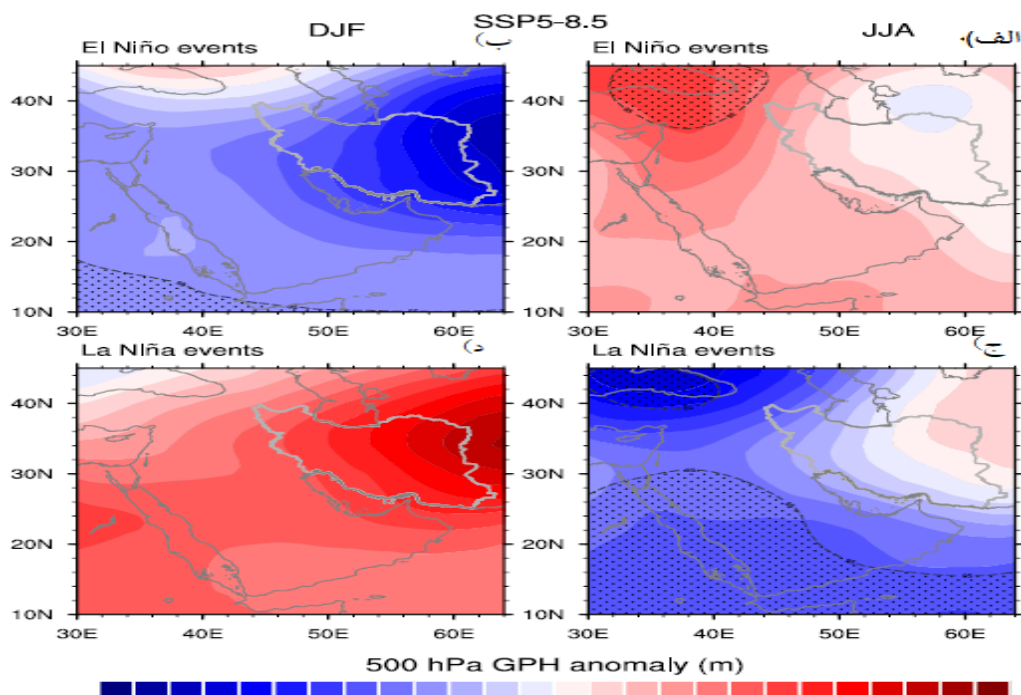
شکل ۱۳- (الف، ب، ج، د)، بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو تاریخی (۱۹۵۰-۱۹۹۹)



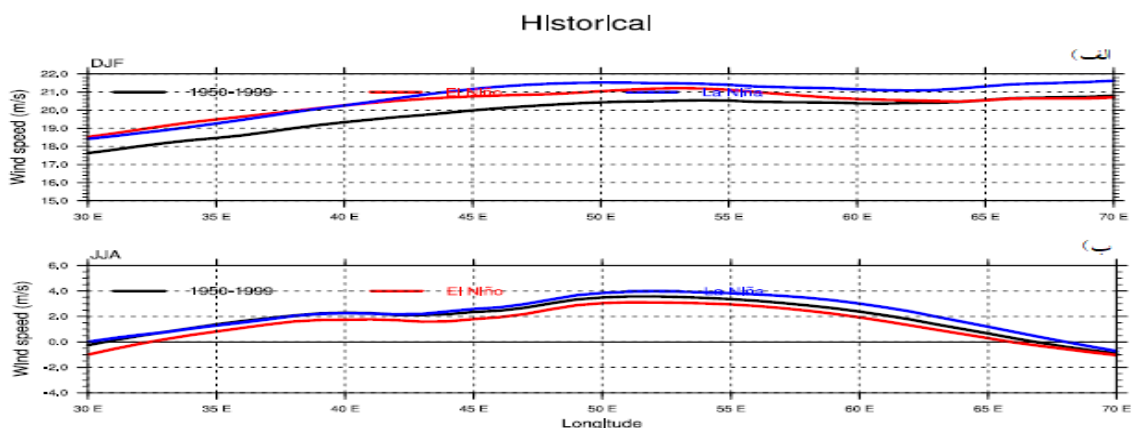
شکل ۱۴- (الف، ب، ج، د)، بی هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو ssp1-6.2 (۲۰۵۵-۲۰۹۹)



شکل ۱۵- (الف، ب، ج، د)، بی هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو ssp2-4.5 (۲۰۵۵-۲۰۹۹)



شکل ۱۶- (الف، ب، ج، د)، بی‌هنجاریار تفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو ssp5-8.5 (۲۰۵۰-۲۰۹۹)



شکل ۱۷ - ماکزیمم سرعت باد در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال خروجی مدل CNRM-CM6-1 تحت سناریو تاریخی (۱۹۵۰-۱۹۹۹)

(الف فصل زمستان، ب فصل تابستان)

changing climate. *Clim Dyn* No. 50, pp. 249-260.

- 4- Alizadeh-choobari O, Qadimi M., Zolghadr M., Irannejad P., 2022 Frequency of different types of El Niño event under global warming. *Int J Climatolo*, Vol. 42, No. 16, pp. 9697-9709, doi: <https://doi.org/10.1002/joc.7858>.
- 5- Ahmadi- Givi, F., Parhizkar, D. 2012 Studying the relationship of El Niño with the annual fluctuation of the tropical cyclone over the Middle East in a selected thirty-year period. *Journal of Climate Research*, No. 9.

منابع

- 1- Alizadeh-Choobari O., 2017 Contrasting global teleconnection features of the eastern Pacific and central El Niño events. *Dyn Atmos Ocean*. No. 80, pp. 139-154.
- 2- Alizadeh-choobari O, Najafi M.S., 2018 Climate variability in Iran in response to the diversity of the El Niño-Southern Oscillation. *Int J Climatolo*, No. 38, pp. 4239-4250.
- 3- Alizadeh-choobari O, Najafi M.S., 2018 Extreme weather events in Iran under a

- 14- Nazemosadat M.J., Ghaedamini, H., Koohizadeh M., Sabziparvar A 2014 Individual and coupled effects of the ENSO and PDO on autumnal dry and wet periods in the southern parts of Iran Geophysics of Iran J, No 8, pp. 92-109.
- 15- Marjani, Alizadeh-choobari O, Irannejad P 2019, Frequency of extreme El Niño and LaNiña events under global warming. Clim No., 21 pp. 5852-5869.
- 16- Mcphaden M.J., Zebiak E., Glantz M.H. (2006) Enso as an integrating concept in Earth Science. Science No 314, 2 pp. 1740-1745.
- 17- IPCC, Climate change 2013, The physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Agricultural Forest Meteorology.
- 18- Thompson, R., 1998, Atmospheric processes and systems, Routledge, pp. 161-163.
- 19- Troup, A. J. 1965, The Southern Oscillation. Q.J.R. Meteorol. No.91, pp. 490-506.
- 20- Walker G.T. 1923 correlation in seasonal variation of weather V: A preliminary study of world weather. Mem Indian Meteorol Dep No. 24, pp. 225-232.
- 21- Yeh, S.-W., Cai, W., Kug, J., -S., 2018, ENSO Atmospheric Teleconnections and Their Response to Greenhouse Gas Forcing, Reviews of Geophysics. 56. DOI: 10.1002/2017RG000568.
- 6- Bjerkensj. 1969, Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. Mon Weather Rev, Vol. 97, No. 3, pp. 163-172.
- 7- Cayan D.R., Redmond K.T., Riddle L.G., 1999 ENSO and hydrologic extremes in the Western United States. J. Clim. Vol. 12, No. 9, pp. 2881-2893.
- 8- Gheiby A., Noorafshan M., 2013, Enso Events, Rainfall Variability and the Potential of SOI for the Seasonal Precipitation Predictions in Iran. American Journal of Climate Change. DOI: 10.4236/ajcc.2013.21004.
- 9- Hansaen J.W., Hodges A.W., Jones A.W. 1998, ENSO Influences on agriculture in the Southeastern United States. J. Clim. No. 11, pp. 411-404.
- 10- Hoseini, A, S, Majidi L, Bali, A, Shiravand H, 2020, Variability Temperature and precipitation in South West Asia. Journal of Climate Research, No. 42, pp. 155-167.
- 11- Hye-In J, Joong-Bae A 2016, A new method to classify ENSO event into eastern and central Pacific types. International Journal of Climatology. No, 37, pp. 2193-2199.
- 12- Azmoodehfar M.H., Azarmsa S.A. 2013, Assessment the effect of ENSO on weather temperature changes using fuzzy analysis (case study: Chabahar). APCBEE Procedia 5T pp. 508-513.
- 13- Nazemosadat M.J., and Ghasemi A.R. 2004, Quantifying the ENSO-related shifts in the intensity and probability of drought and wet Periods in Iran. Amer Meteorol Soc No. 17, pp. 4005-4018.