

## Variability of Precipitation in Southern Part of Iran and Linkage to Indian Ocean Sea Surface Temperature

F. Pourasghar <sup>1\*</sup>, H. Ghaemi <sup>2</sup>, S. Jahanbakhsh <sup>3</sup>, B. Sarisarraf <sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD, East Azarbaijan Meteorological Organization, Tabriz, Iran

<sup>2</sup> PhD, State Meteorological Organization, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, University of Tabriz, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, University of Tabriz, Iran

### Abstract

In this research, the impact of sea surface temperature on precipitation variation in southern part of Iran is examined using monthly data from meteorological and water resource institute during 1974-2005. The majority of precipitation occurs during the rainy season from October to May. Regional spatial precipitation on variability was identified by Empirical Orthogonal Function (EOF), applied to detrended monthly precipitation anomaly data. The first and second components, which determine 54 to 82.7% of the variance of the total precipitation from October to May were selected for the study. To study the rainfall variations, SST anomaly, moisture flux, geo-potential height and sea level pressure were analyzed for wet and dry years of first and second mode of EOF. The pattern of sea surface temperature anomaly for wet and dry years shows that the sea surface temperature of Indian Ocean has an important role on precipitation variation over the south part of Iran. In the first mode of EOF which represent 50% of total variance the positive (negative) sea surface temperature anomaly is in the East (west) part of Indian Ocean during wet (dry) years and it is associated with the equatorial easterly (westerly) moisture flux anomaly. In the second mode of EOF the SST anomaly over the Arabian Sea is positive in the wet years but it is a non-dominant feature for the dry years. The Arabian anticyclone has an important role to transfer moisture in lower level of atmosphere from southern water bodies to the cyclone near Iran and displacement of the Arabian anticyclone to westward (eastward) transports more moisture from southern water bodies to the western, south western (southern and south eastern) parts of Iran.

**Key words:** Sea Surface Temperature (SST), Precipitation, Indian Ocean, Southern Iran.

## تأثیر دمای سطح آب اقیانوس هند بر تغییرات بارش نیمه جنوبی کشور

فَرناز پوراصغر، دکتری اقلیم‌شناسی، هواشناسی استان آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

هوشنگ قائمی، دکتری هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ایران

سعید جهانبخش، دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

بهروز ساری صراف، دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

وصول: ۱۳۹۴/۰۶/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۶، صص ۱۶۶-۱۴۵

### چکیده

در پژوهش حاضر، تأثیر دمای سطح آب اقیانوس هند بر تغییرات بارش نیمه جنوبی کشور با بهره‌گیری از داده‌های ماهانه بارش و داده‌های بازوآکاوای شده در دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۴ بررسی و توزیع مکانی نابهنجاری بارش در ماه‌های اکتبر تا مه با بهره‌گیری از روش تابع متعامد تجربی EOF شناسایی شد. سپس مؤلفه‌های اول و دوم مطالعه شدند که ۵۴ تا ۸۲/۷ درصد واریانس کل بارش را در ماه‌های اکتبر تا مه تعیین می‌کنند. در ادامه برای بررسی نوسانات بارش، نقشه نابهنجاری دمای سطح آب، شار رطوبتی، ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا در دوره‌های تر و خشک، مؤلفه‌های اول و دوم EOF تحلیل شد. الگوی نابهنجاری دمای سطح آب اقیانوس هند در دوره ترسالی و خشکسالی، نشان داد تغییرات دمای سطح آب اقیانوس هند، نقش مهمی در نوسانات بارش دارد. برای مؤلفه اول EOF که بیش از ۵۰ درصد بارش را در نیمه جنوبی کشور تبیین می‌کند، در دوره ترسالی شرق اقیانوس هند، نابهنجاری منفی و غرب اقیانوس هند، نابهنجاری مثبت دمایی و در دوره خشکسالی، نابهنجاری مثبت در شرق و نابهنجاری منفی دمایی در غرب وجود دارد. این شیو دمایی بین شرق و غرب اقیانوس هند همراه با تغییر سرعت و جهت جریان شار رطوبتی از شرق به غرب (از غرب به شرق) در دوره ترسالی (خشکسالی) است. برای مؤلفه دوم EOF، نابهنجاری دمای دریای عرب مثبت است؛ ولی در دوره خشکسالی، الگوی غالبی وجود ندارد. سیستم پرفشار عربستان، نقش مهمی در انتقال رطوبت در تراز پایین جو از پهنه‌های آبی جنوبی به سیستم کم‌فشار نزدیک ایران دارد و جابه‌جایی آن به سوی چپ (راست)، سبب انتقال شار رطوبتی از پهنه‌های آبی جنوبی به نواحی غربی و جنوب غربی (جنوبی و جنوب شرقی) کشور می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** دمای سطح آب، بارش، اقیانوس هند، جنوب ایران.

## مقدمه

اقیانوس‌ها، مؤلفه‌های اساسی در سیستم آب و هوایی هستند و با حرکت جریان‌های اقیانوسی نقش مهمی در توزیع گرمای جهان از مناطق حاره به مناطق قطبی دارند. بیشترین پس‌خور<sup>۱</sup> دینامیکی در میان مؤلفه‌های مختلف سامانه اقلیمی بین اقیانوس و جو به وقوع می‌پیوندد (Berri and Bertossa, 2004).

پژوهش‌های زیادی ارتباط بین نابهنجاری دمای سطح آب اقیانوس هند را با تغییرات بارش آفریقا، آسیا و استرالیا نشان داده‌اند. لطیف و همکاران (۱۹۹۹) نقش نابهنجاری دمای سطح آب اقیانوس هند را در ایجاد نابهنجاری بارش شرق آفریقا در ماه‌های دسامبر و ژانویه با الگوهای گردش عمومی جو ECHAM3 بررسی کردند. نتایج نشان داد بارش‌های شدید شرق آفریقا در فصل پاییز مستقیماً با تغییرات دمای سطح آب اقیانوس هند ارتباط دارد.

اینگلند و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از داده‌های دیدبانی و بازواکاوی‌شده به بررسی ویژگی‌های الگوهای جوئی و نابهنجاری دمای سطح آب اقیانوس هند در خشکسالی‌ها و ترسالی‌های جنوب غربی استرالیا پرداختند و در دوره ترسالی، الگوی نابهنجاری دوقطبی دمای سطح آب اقیانوس هند را شناسایی کردند. در خشکسالی‌ها (ترسالی‌ها) تقویت (تضعیف) و جابه‌جایی به طرف جنوب (شمال) بادهای غربی جنب قطبی مشاهده می‌شود که همراه با جابه‌جایی جنوبی (شمالی) جبهه‌های بارش همراه با جبهه‌های جنب قطبی است؛ بدین ترتیب فرآیندهای حاره‌ای و جنب حاره‌ای در اقیانوس هند، نابهنجاری دمای سطح

آب و باد را ایجاد می‌کند و سبب انتقال رطوبت و بیشترین بارش‌ها در منطقه می‌شود. ساختار دوقطبی دمایی که به صورت نابهنجاری دمایی در سطح آب اقیانوس هند ظاهر می‌شود، نه تنها بر آب‌های منطقه، بلکه بر آب و هوای کره زمین تأثیر می‌گذارد (Saji et al 1999, Saji and Yamagata 2003, England et al 2006).

چاکروبارتی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی شار رطوبتی ۴۳ سال عربستان دریافتند همگرایی شار رطوبتی در وردسپهر کم است و واگرایی در وردسپهر میانی رخ می‌دهد؛ به طوری که انتقال شار رطوبتی در زمان رویداد ال‌نینو و دوقطبی اقیانوس هند افزایش می‌یابد؛ در این شرایط، شار ورودی از دریای سرخ به سمت غرب عربستان افزایش یافته و شار رطوبتی منطقه به دلیل افزایش شار خروجی از خلیج فارس (شرق عربستان) کاهش می‌یابد. پژوهش‌های انجام‌شده در کشورمان نیز نشان داده‌اند که نوسانات دمای دریا‌های مجاور کشور تأثیر چشمگیری بر بارش ایران دارند.

ناظم‌السادات و شیروانی (۱۳۸۵) داده‌های بارش ۹ ایستگاه سینوپتیک نواحی جنوب غربی کشور و نیز داده‌های دمای سطح آب خلیج فارس را در دوره ۹۳-۱۹۵۹ با بهره‌گیری از روش تابع متعامد تجربی بررسی کردند. نتایج نشان داد نوسان‌های دمای سطح آب خلیج فارس، نقش مؤثری در توجیه نوسان‌های بارش نواحی جنوب غربی کشور دارد.

فرج‌زاده و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود درباره بارش‌های سنگین ۷ روز ژانویه سال ۱۹۹۶ نشان دادند منابع رطوبت اصلی برای بارش‌ها دریای عرب و عمان در ترازهای پایین است. دریای سرخ در

<sup>1</sup> Feedback

کردند. بررسی آنها نشان داد که تغییرات بارش در پاییز و اوایل زمستان، همبستگی مثبتی با دوقطبی اقیانوس هند دارد، نه با ال‌نینو - نوسان جنوبی و در اواخر زمستان و بهار، تغییرات بین سالی بارش تأثیرپذیر از تغییرات دریای مدیترانه است.

رنجیر و ایزدی (۱۳۹۲) در بررسی داده‌های بی‌هنجاری دمای سطح آب دریای عرب و اقیانوس هند و داده‌های بارش ۹ ایستگاه سینوپتیک در نیمه جنوبی ایران پی بردند که بیشترین ضریب همبستگی مربوط به دریای عرب در ماه‌های اکتبر، نوامبر، ژانویه و فوریه بوده است. نتایج نشان داد در زمان فعالیت سامانه کم‌فشار دینامیکی، شرایط مناسبی برای تغذیه رطوبت از روی دریای عرب، دریای سرخ و خلیج فارس فراهم می‌شود. از آنجایی که بیشتر آب‌های داخلی کشور از رودخانه‌های موجود در نواحی جنوبی کشور تأمین می‌شود، بارش اهمیت زیادی در این نواحی دارد.

با توجه به اینکه بیشتر پژوهش‌های گذشته، الگوی جوی را بدون در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی اقیانوس‌ها، رژیم بارش منطقه و با تعداد محدودی از داده‌های بارش ایستگاه‌ها بررسی کرده‌اند، بنابراین هدف این پژوهش، بررسی الگوی زمانی و مکانی نابهنجاری بارش در نیمه جنوبی ایران در ارتباط با نابهنجاری دمایی اقیانوس هند و شناسایی الگوی جوی بزرگ‌مقیاس و مکانیسم ایجادکننده تغییرات بارش است.

#### داده‌ها و روش شناسی

منطقه مطالعه شده  $25^{\circ}\text{N}$  -  $35^{\circ}\text{N}$  و  $45^{\circ}\text{E}$  -  $64^{\circ}\text{E}$  در جنوب ایران است (شکل ۱). در این پژوهش، برای

ترازهای میانی و دریای مدیترانه در ترازهای بالا، نقش مهمی در بارش دارند. همچنین بررسی آن‌ها نشان داد که بیشتر رطوبت در سطوح پایین به کشور منتقل می‌شود. جریان باد که از سیستم‌های فشار سطح زمین منشأ می‌گیرد نیز، نقش مهمی در شارش رطوبت به سوی ایران دارد.

بابایان (۱۳۹۰) میزان حساسیت بارش فصل زمستان کشور را به افزایش دمای پهنه‌های آبی با بهره‌گیری از روش تحلیل عاملی و الگوی اقلیمی RegCm3 بررسی کرد. نتایج بررسی نشان داد که افزایش دمای پهنه‌های آبی مجاور کشور، عمدتاً موجب افزایش بارش کشور شده؛ اما افزایش دمای پهنه‌های آبی دریای مدیترانه، دریای سیاه و غرب اقیانوس هند، موجب کاهش بارش در ایران می‌شود. همچنین افزایش دما، افزایش ناهمگنی بارش و حذف هسته‌های پربارش را در جنوب کشور در پی دارد.

خسروی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر آنومالی دمای سطح دریای عمان را بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرقی ایران بررسی کردند. پژوهش آنها نشان داد که وقوع شرایط گرم (سرد) در دمای سطح آب دریای عمان در فصل بهار با کاهش (افزایش) بارندگی در فصول پاییز و زمستان ایستگاه‌های بررسی شده همراه بوده و بارندگی‌های زمستانه همزمان با نابهنجاری‌های مثبت دمای سطح تابستان است. همچنین تأثیر دمای سطح آب دریا بر الگوهای رطوبت نسبی و خطوط جریان در سطح دریا به منزله مکانیزم اصلی تغییر میزان بارندگی شناسایی شد.

پوراصغر و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر دوقطبی اقیانوس هند را بر بارش نیمه جنوبی کشور بررسی

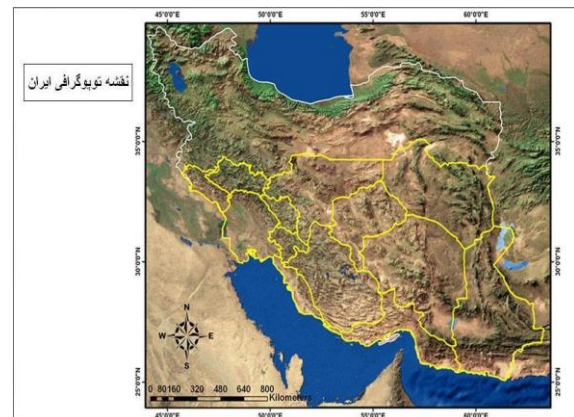
همکاران، ۲۰۱۲)؛ بنابراین برای بررسی تغییرات زمانی مکانی بارش و ناحیه‌بندی آن در فصل بارش در نیمه جنوبی کشور از روش تابع متعامد تجربی EOF<sup>۴</sup> - که به طور گسترده در پژوهش‌های اقلیمی و اقیانوسی به کار می‌رود - استفاده شد (ناظم‌السادات و همکاران، ۱۳۸۳، ۱۳۸۵؛ کرمی و همکاران، Brjornsson and Venegas, 1997; ۱۳۸۸; Rodriguez et al., 1998; Pritchard and Somerville, 2009).

نتایج تحلیل‌های EOF داده‌های نابهنجاری بارش ۱۸۳ ایستگاه در ماه‌های اکتبر تا مه، چندین مد تغییرات را نشان می‌دهد که هر مد می‌تواند با چندین مکانیزم تغییرات همراه باشد. با توجه به رویکرد پژوهش محیطی به گردشی، برای بررسی دوره‌های مرطوب و خشک، سال‌های مرطوب و خشک تعیین شدند. سال‌های مرطوب (خشک) به سال‌هایی اطلاق می‌شود که مؤلفه‌های اصلی<sup>۵</sup> (PC) مدهای EOF در هر ماه آن بیش از ۰/۸ (کمتر از ۰/۸-) انحراف معیار باشد. همچنین برای بررسی منابع رطوبت و شارش رطوبت از روش دینامیکی استفاده شد. بردار شار رطوبتی ( $Q_u$  و  $Q_v$ ) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Q_u = \frac{1}{g} \int_{P_{top}}^{P_{surf}} q u dP \quad Q_v = \frac{1}{g} \int_{P_{top}}^{P_{surf}} q v dP \quad (1)$$

$g$  شتاب گرانش،  $q$  نم ویژه،  $P_{surf}$  فشار در ۱۰۰۰ میلی‌باری و  $P_{top}$  فشار در ۳۰۰ میلی‌باری و  $u$  و  $v$  مؤلفه‌های سرعت مداری و نصف‌النهاری است. نقشه نابهنجاری<sup>۶</sup> دمای سطح آب، شار رطوبتی، ارتفاع

بررسی بارش در ایستگاه‌های جنوبی کشور از اطلاعات ۱۸۳ ایستگاه سینوپتیکی، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی و تحقیقات منابع آب ایران (تماب) در دوره آماری ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۵ استفاده شد. داده‌های دمای سطح آب از داده‌های ماهانه تولیدشده مرکز هدلی سازمان هواشناسی انگلیس<sup>۱</sup> (HadISST) با قدرت تفکیک مکانی ۱ درجه طول و عرض جغرافیایی و داده‌های جوی بازواکوی شده<sup>۲</sup> NCEP<sup>۲</sup>-NCAR<sup>۳</sup> با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی برای مطالعه دمای سطح آب دریاها و شرایط جوی در ترازهای مختلف استفاده می‌شود (Rayner et al, 2003; Kalnay et al, 1996).



شکل ۱. محدوده مطالعاتی و شهرستان‌ها به همراه توپوگرافی منطقه

مطالعه رژیم بارش در نیمه جنوبی کشور نشان داد که میزان بارش در ماه‌های ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر ناچیز بوده و بارش سالیانه این منطقه در ماه‌های اکتبر تا مه رخ می‌دهد و بیشترین میزان در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه است (پوراصغر و

<sup>۴</sup> Empirical Orthogonal Function

<sup>۵</sup> Principle Component

<sup>۶</sup> Composite Map

<sup>۱</sup> Hadley center Sea Ice and Sea Surface temperature data set

<sup>۲</sup> National Center for Environmental Prediction

<sup>۳</sup> National Center for Atmospheric Research

تجربی EOF بر روی داده‌های نابهنجاری بارش ماهانه ۱۸۳ ایستگاه، امکان شناسایی مناطق را با اقلیم‌های متفاوت فراهم می‌سازد.

در شکل (۲) و (۳)، توزیع مکانی طبقه‌بندی‌شده بارش ماهانه مد اول و دوم ماههای اکتبر تا مه که با روش کریجینگ میان‌یابی شدند، دیده می‌شود؛ بر اساس شکل ۲، مد اول EOF که بیانگر بیش از ۵۰ درصد کل واریانس بارش در ماههای اکتبر تا مه است، بیشترین نابهنجاری بارش را در نواحی غربی و جنوب غربی (استان‌های ایلام، لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، خوزستان، بوشهر و فارس) نشان می‌دهد. ساختار بارش در زاگرس با ساختار بارش در دیگر قلمروهای بررسی‌شده، متفاوت است؛ به عبارتی ناهم‌واری‌ها، نقش مهمی در توزیع نابهنجاری بارش دارد. نقشه‌های ترکیبی نابهنجاری دمای سطح آب دریا، شار رطوبتی، ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا، براساس سال‌های خشک و مرطوب ترسیم شدند (جدول ۲، ۳).

ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا برای دوره‌های مرطوب و خشک در ماه‌های اکتبر تا مه ترسیم، بررسی و تحلیل شد.

### یافته‌های پژوهش

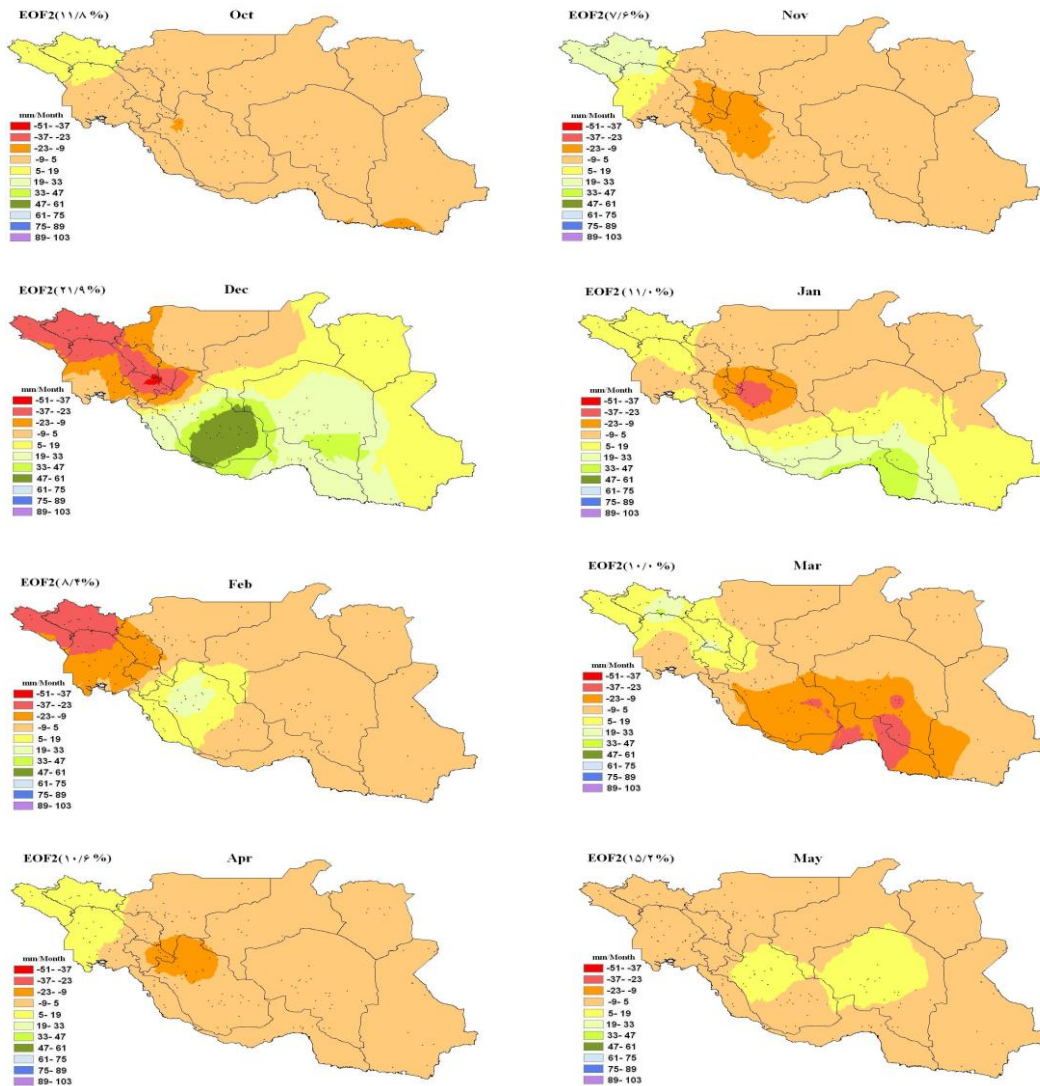
به منظور شناسایی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران، بارش ماهانه در بازه زمانی ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۵، ماههای اکتبر تا مه، بررسی و با انجام روش توابع متعامد تجربی درباره داده‌های بارش سری زمانی ۱۸۳ ایستگاه در هر ماه، پنج مؤلفه اصلی بارش استخراج شد. جدول (۱) به ترتیب درصد واریانس پنج مؤلفه اصلی را از کل واریانس بارش در هر ماه نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این جدول، مؤلفه‌های اول و دوم ماه‌های اکتبر تا مه، مجموعاً به ترتیب بیانگر ۶۲/۶، ۸۲/۷، ۷۶/۵، ۶۵/۹، ۷۴/۲، ۶۴، ۶۵/۶، ۵۴ بیش از ۵۴ درصد کل واریانس بارش ماهانه هستند؛ بنابراین مؤلفه‌های اول و دوم EOF برای مطالعه برگزیده شدند. نتایج به دست آمده از تابع متعامد

جدول ۱. واریانس (% مؤلفه‌های اصلی مد اول تا پنجم EOF در ماه‌های اکتبر تا مه

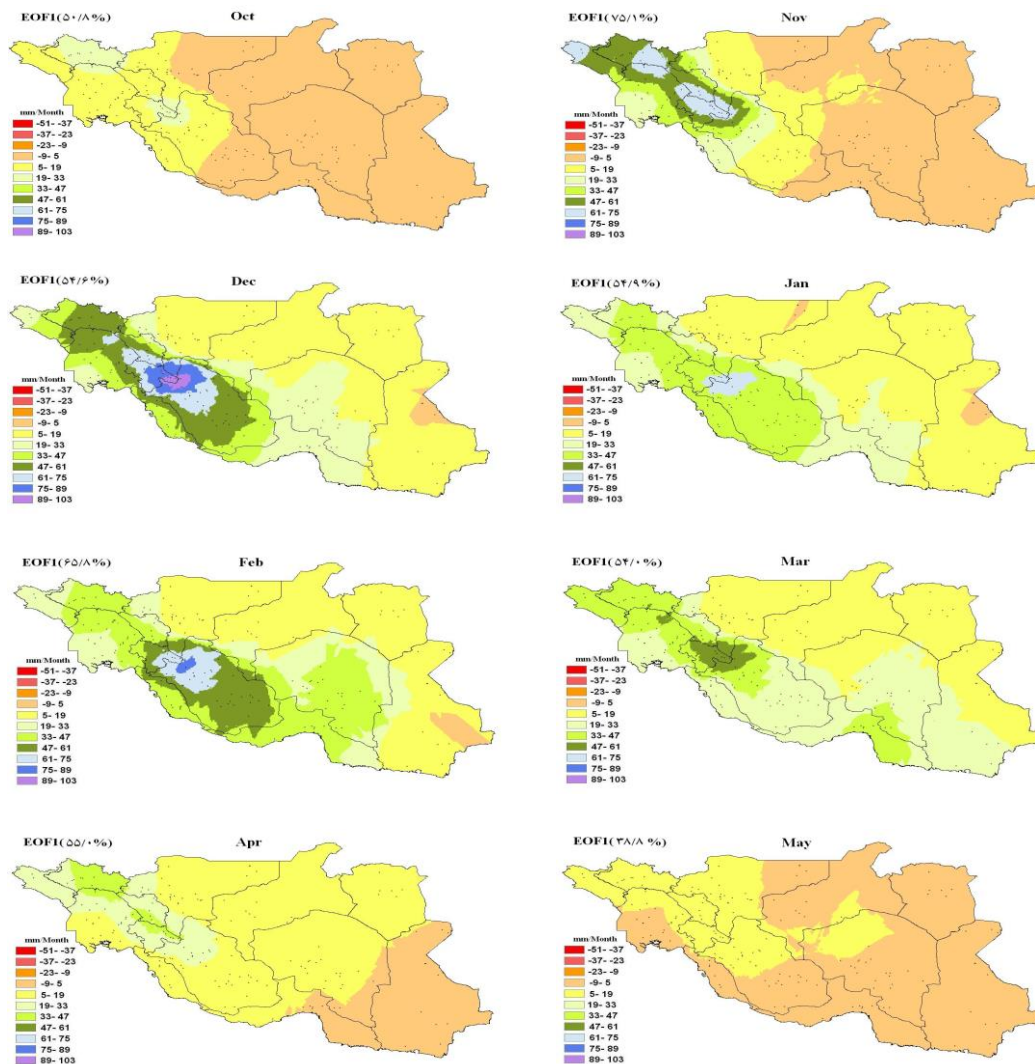
ماه	EOF1	EOF2	EOF3	EOF4	EOF5	درصد واریانس تجمعی
اکتبر	۵۰/۸	۱۱/۸	۱۰/۱	۸/۰	۴/۲	۸۴/۹
نوامبر	۷۵/۱	۷/۶	۴/۷	۲/۴	۱/۷	۹۱/۵
دسامبر	۵۴/۶	۲۱/۹	۴/۵	۳/۵	۲/۶	۸۷/۱
ژانویه	۵۴/۹	۱۱/۰	۹/۳	۲/۹	۲/۸	۸۰/۹
فوریه	۶۵/۸	۸/۴	۷/۰	۳/۷	۲/۵	۸۷/۴
مارس	۵۴/۰	۱۰/۰	۸/۳	۴/۰	۳/۶	۷۹/۹
آوریل	۵۵/۰	۱۰/۶	۷/۰	۴/۳	۳/۷	۸۰/۶
مه	۳۸/۸	۱۵/۲	۸/۴	۷/۸	۵/۹	۷۶/۱

جدول ۲. خشکسالی‌ها و ترسالی‌های مؤلفه اصلی مد اول EOF

خشکسالی	ترسالی	ماه
۱۹۸۵، ۱۹۸۳، ۱۹۸۰، ۱۹۷۸، ۱۹۷۵	۱۹۸۷، ۱۹۸۲، ۱۹۷۷، ۱۹۹۱	اکتبر
۱۹۹۸، ۱۹۹۵، ۱۹۹۱	۱۹۹۴، ۱۹۸۶، ۱۹۸۴	نوامبر
۱۹۸۱، ۱۹۸۳، ۱۹۹۰، ۱۹۹۳، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹	۱۹۷۴، ۱۹۸۶، ۱۹۹۱، ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴	دسامبر
۱۹۸۴، ۱۹۸۶، ۱۹۸۷، ۱۹۸۹، ۱۹۹۴، ۱۹۹۵، ۲۰۰۱	۱۹۷۹، ۱۹۹۱، ۱۹۹۶، ۲۰۰۴	ژانویه
۱۹۷۷، ۱۹۷۹، ۱۹۸۴، ۱۹۸۷، ۱۹۹۴، ۱۹۹۷، ۲۰۰۰	۱۹۷۶، ۱۹۸۰، ۱۹۸۸، ۱۹۹۳، ۱۹۹۵، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹	فوریه
۱۹۷۵، ۱۹۷۷، ۱۹۸۵، ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴	۱۹۷۶، ۱۹۸۲، ۱۹۸۷، ۱۹۹۱، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۱۹۹۸	مارس
۱۹۷۹، ۱۹۸۴، ۱۹۸۵، ۱۹۹۱، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۵	۲۰۰۴، ۲۰۰۲، ۱۹۹۷، ۱۹۹۶، ۱۹۹۵، ۱۹۹۳، ۱۹۸۶، ۱۹۷۶	آوریل
۱۹۷۷، ۱۹۷۸، ۱۹۸۰، ۱۹۸۷، ۱۹۸۸، ۱۹۹۰، ۱۹۹۱	۱۹۷۵، ۱۹۷۹، ۱۹۸۴، ۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۴، ۱۹۹۵	مه



شکل ۲. توزیع مکانی نابهنجاری بارش برای مد اول EOF در ماه‌های اکتبر تا مه



شکل ۳. توزیع مکانی نابهنجاری بارش برای مد دوم EOF در ماه‌های اکتبر تا مه

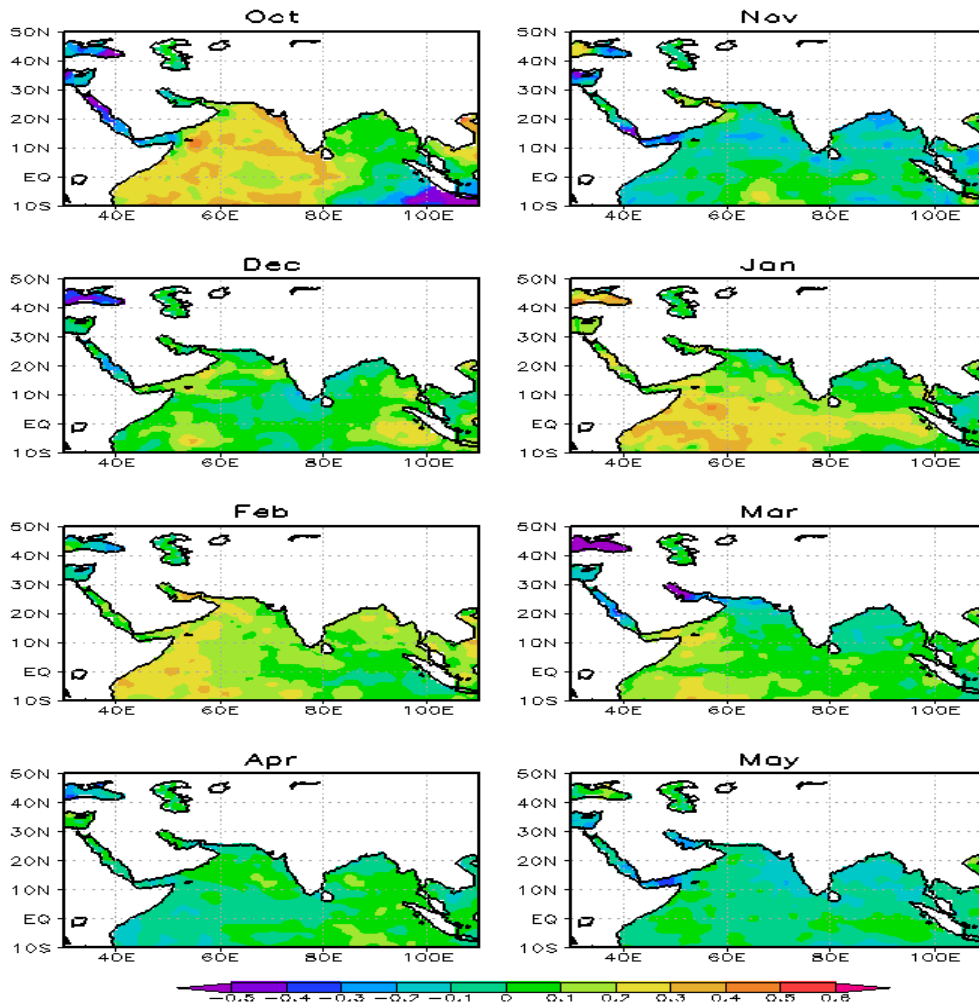
جدول ۳. خشکسالی‌ها و ترسالی‌های مؤلفه اصلی مد دوم EOF

خشکسالی	ترسالی	ماه
۱۹۷۷، ۱۹۸۲، ۱۹۹۷، ۱۹۹۵	۱۹۸۱، ۱۹۸۷، ۱۹۹۴، ۲۰۰۳	اکتبر
۱۹۷۸، ۱۹۸۲، ۱۹۸۹، ۱۹۸۶، ۲۰۰۰	۱۹۸۰، ۱۹۸۳، ۱۹۸۴، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۷	نوامبر
۱۹۷۵، ۱۹۸۷، ۱۹۹۱	۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۵، ۲۰۰۴	دسامبر
۱۹۷۶، ۱۹۷۸، ۱۹۹۱، ۱۹۹۵، ۲۰۰۴	۱۹۷۵، ۱۹۷۷، ۱۹۷۹، ۱۹۹۲، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۱۹۹۸	ژانویه
۱۹۸۰، ۱۹۸۱، ۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۴، ۱۹۹۳	۱۹۷۶، ۱۹۷۷، ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹	فوریه
۱۹۷۶، ۱۹۷۹، ۱۹۸۲، ۱۹۹۴، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶، ۲۰۰۴، ۲۰۰۳	۱۹۸۸، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۸	مارس
۱۹۷۷، ۱۹۸۱، ۲۰۰۲	۱۹۸۵، ۱۹۹۰، ۱۹۹۳	آوریل
۱۹۷۶، ۱۹۷۷، ۱۹۷۹، ۱۹۸۲، ۱۹۸۶، ۱۹۹۳	۱۹۷۵، ۱۹۸۱، ۱۹۸۴، ۱۹۸۵، ۱۹۹۲، ۱۹۹۴	مه

### نقشه ترکیبی دمای سطح آب اقیانوس هند

نقشه‌های ترکیبی امکان بررسی تغییرات را در دوره‌های خشک و مرطوب فراهم می‌آورند. شکل (۴)، نقشه ترکیبی نابهنجاری دمای سطح آب برای مد اول EOF در دوره ترسالی نشان می‌دهد که شیو

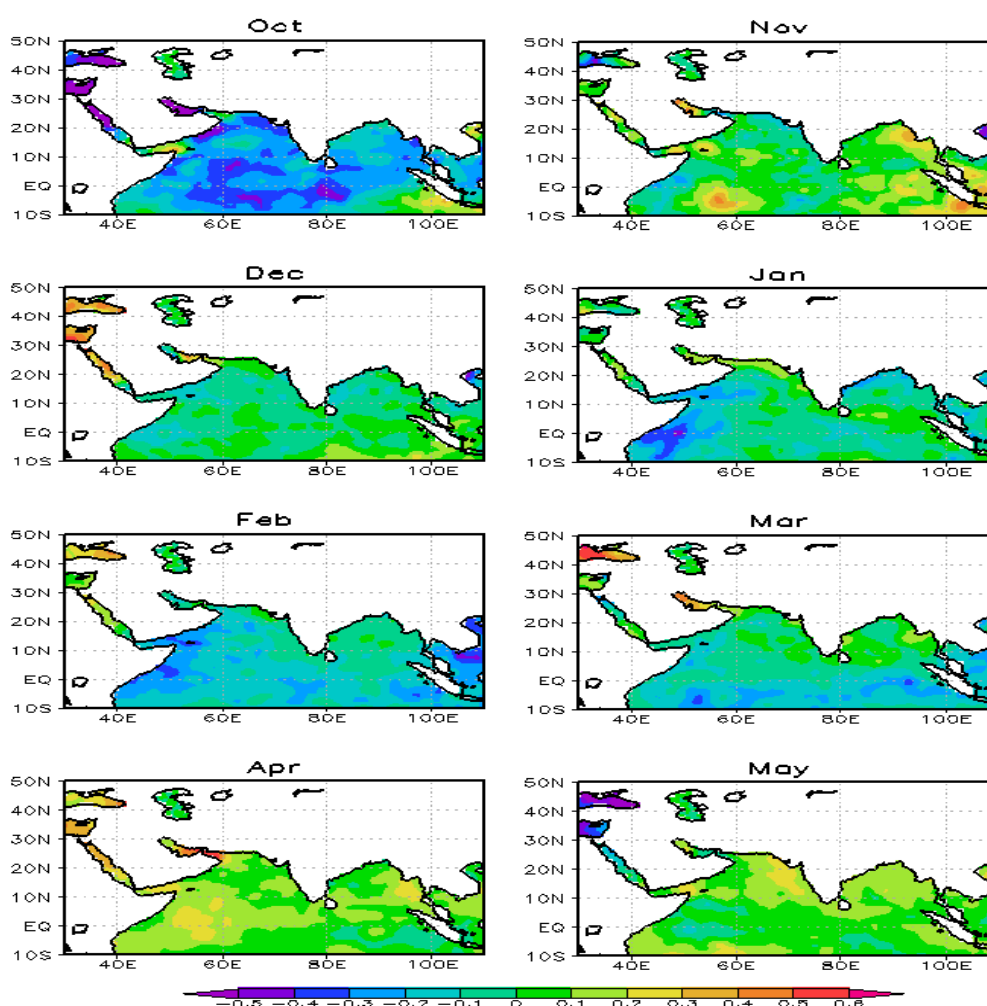
دمایی سطح آب مثبت (غرب) - منفی (شرق)، مشابه فاز مثبت دوقطبی اقیانوس هند است. نابهنجاری دمای سطح دریای عرب و دریای عمان نسبت به خلیج بنگال مثبت‌تر است و دریای سرخ نابهنجاری دمایی منفی دارد.



شکل ۴. نقشه ترکیب دمای سطح آب اقیانوس هند در دوره ترسالی مد اول EOF

در ماه نوامبر نابهنجاری شیو دمایی ( $10^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ) و ( $40^{\circ}\text{E}-80^{\circ}\text{E}$ ) - منفی (شرق اقیانوس هند) دیده می‌شود. این نابهنجاری دمایی، شباهت به فاز مثبت دوقطبی اقیانوس هند دارد. نابهنجاری دمایی دریای عرب و خلیج عدن منفی ضعیف است. نابهنجاری دمایی برای دوره ترسالی در دسامبر، نابهنجاری مثبت

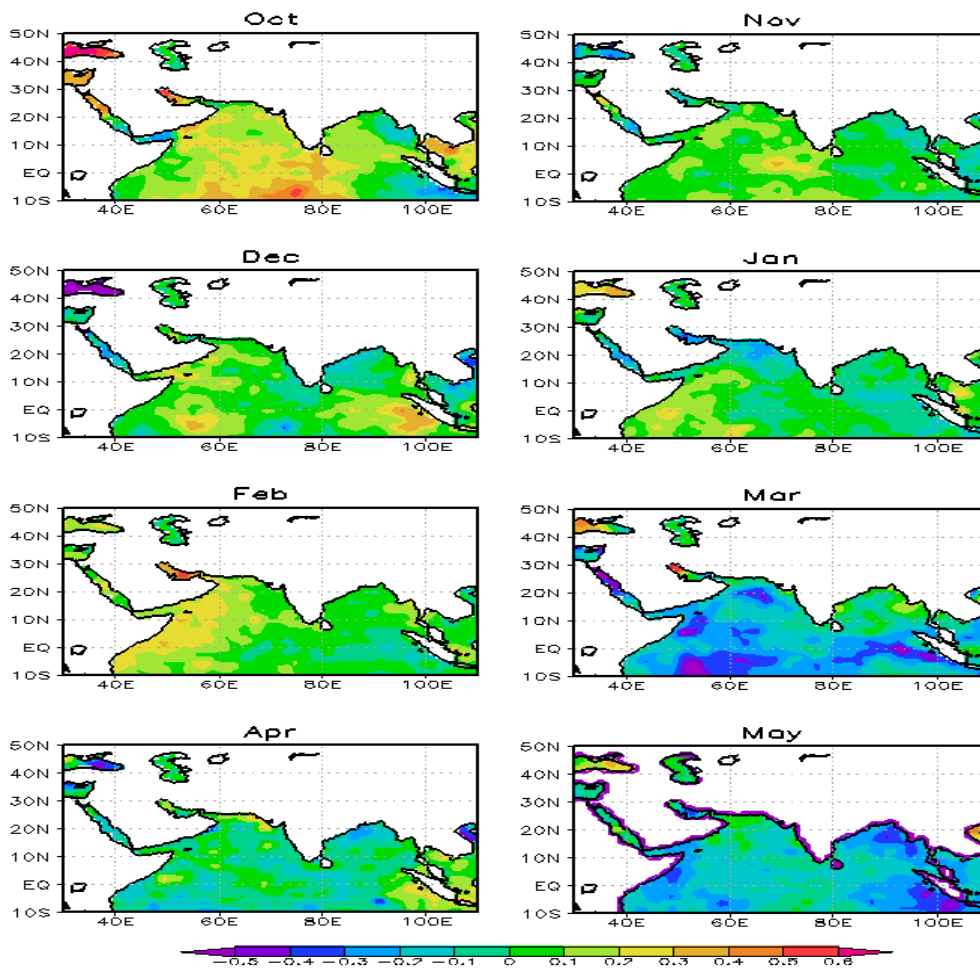
را در اقیانوس هند نشان می‌دهد. در ماه ژانویه در مجاور جنوب شرقی شبه‌جزیره عربستان و شرق سومالی و دریای عرب، نابهنجاری بسیار زیاد دما دیده می‌شود. در ماه فوریه نقشه نابهنجاری دمای سطح دریا، الگوی نابهنجاری گرم‌تری را در ناحیه وسیعی، به‌ویژه در غرب اقیانوس هند نمایش می‌دهد.



شکل ۵. نقشه ترکیب دمای سطح آب اقیانوس هند در دوره خشکسالی مد اول EOF

برای مد اول EOF در دوره خشکسالی نشان می‌دهد که الگوی نابهنجاری دمای سطح دریا در ماه اکتبر برعکس دوره ترسالی است (شکل ۵)؛ به طوری که شیو دمایی غرب (منفی) - شرق (مثبت) مشابه فاز منفی دوقطبی اقیانوس هند دیده می‌شود. در ماه نوامبر نابهنجاری منفی دما در غرب اقیانوس هند و قسمت شرقی با نابهنجاری مثبت حاکم است (فاز منفی دوقطبی اقیانوس هند). دریای عرب و خلیج بنگال به طور ضعیف مثبت است.

نقشه نابهنجاری دمای سطح آب برای مارس، نابهنجاری مثبت را در غرب اقیانوس هند و نابهنجاری منفی را در دریای عمان، خلیج فارس و دریای عرب نشان می‌دهد. در ماههای آوریل و مه، نقشه نابهنجاری دمای سطح دریا نسبت به ماههای دیگر متفاوت است؛ به طوری که الگوی دمایی نابهنجاری دمای سطح آب با نابهنجاری سردتر از نرمال در بیشتر نواحی اقیانوس هند دیده می‌شود (شکل ۴). نقشه ترکیبی نابهنجاری دمای سطح آب

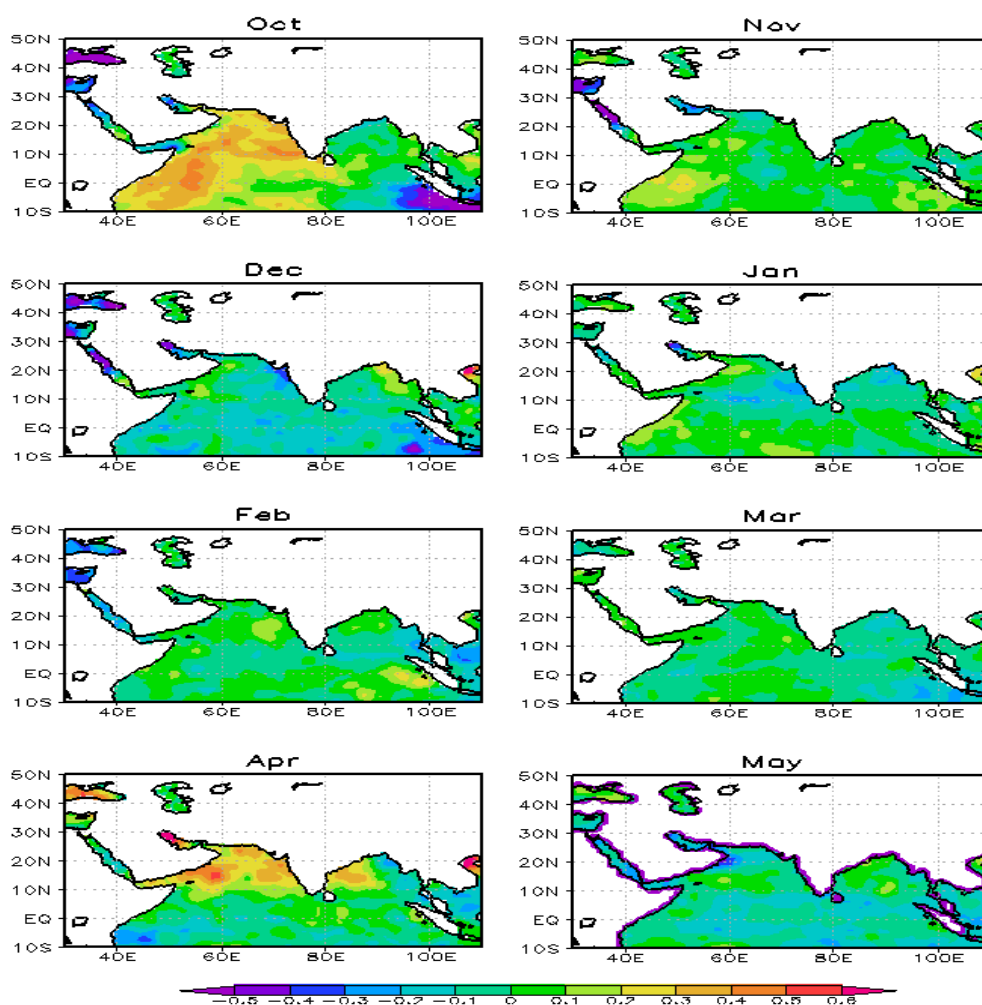


شکل ۶. نقشه ترکیب دمای سطح آب اقیانوس هند در دوره ترسالی مد دوم EOF

تا مه، نشان می‌دهد. همانند مد اول EOF، الگوی دوقطبی اقیانوس هند در منطقه حاره (در شرق نابهنجاری منفی و در غرب نابهنجاری مثبت) در ماه اکتبر و نوامبر دیده می‌شود. در ماه‌های دسامبر و ژانویه دریای سرخ نابهنجاری منفی داشته، در حالی که خلیج فارس و دریای عمان در ماه دسامبر (ژانویه) نابهنجاری مثبت (منفی) دارند؛ همچنین در ماه‌های فوریه و مارس به جز خلیج فارس که در هر دو ماه نابهنجاری مثبت دارد، در بقیه نواحی اقیانوس هند نابهنجاری منفی (مثبت) در ماه مارس (فوریه) دیده می‌شود.

در ماه دسامبر نابهنجاری منفی در غرب اقیانوس هند دیده می‌شود. نقشه ترکیبی نابهنجاری دمای سطح دریا در ماه ژانویه - مارس، الگوی سرد دمایی را در بیشتر نواحی، به‌ویژه در غرب اقیانوس هند نشان می‌دهد. نابهنجاری منفی دمایی در ماه مارس در اقیانوس هند حاکم است. در ماه‌های آوریل و مه، نقشه ترکیبی نابهنجاری دمای سطح آب در دوره خشکسالی نسبت به ماه‌های دیگر فصل بارش متفاوت است. در این ماه‌ها، نابهنجاری گرم‌تر از نرمال در بیشتر نواحی اقیانوس هند حاکم است (شکل ۵).

شکل (۶)، نقشه ترکیبی دمای سطح آب اقیانوس هند را در دوره ترسالی مد دوم EOF، ماه‌های اکتبر



شکل ۷. نقشه ترکیب دمای سطح آب اقیانوس هند در دوره خشکسالی مد دوم EOF

در ماه نوامبر شمال دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عمان، نابهنجاری منفی و غرب اقیانوس هند، آنومالی مثبت دارد.

در ماه دسامبر شمال دریای سرخ، خلیج فارس و شرق اقیانوس هند، نابهنجاری منفی و بقیه نواحی اقیانوس هند، تغییرات دمایی در حد نرمال نسبت به بلندمدت دارد.

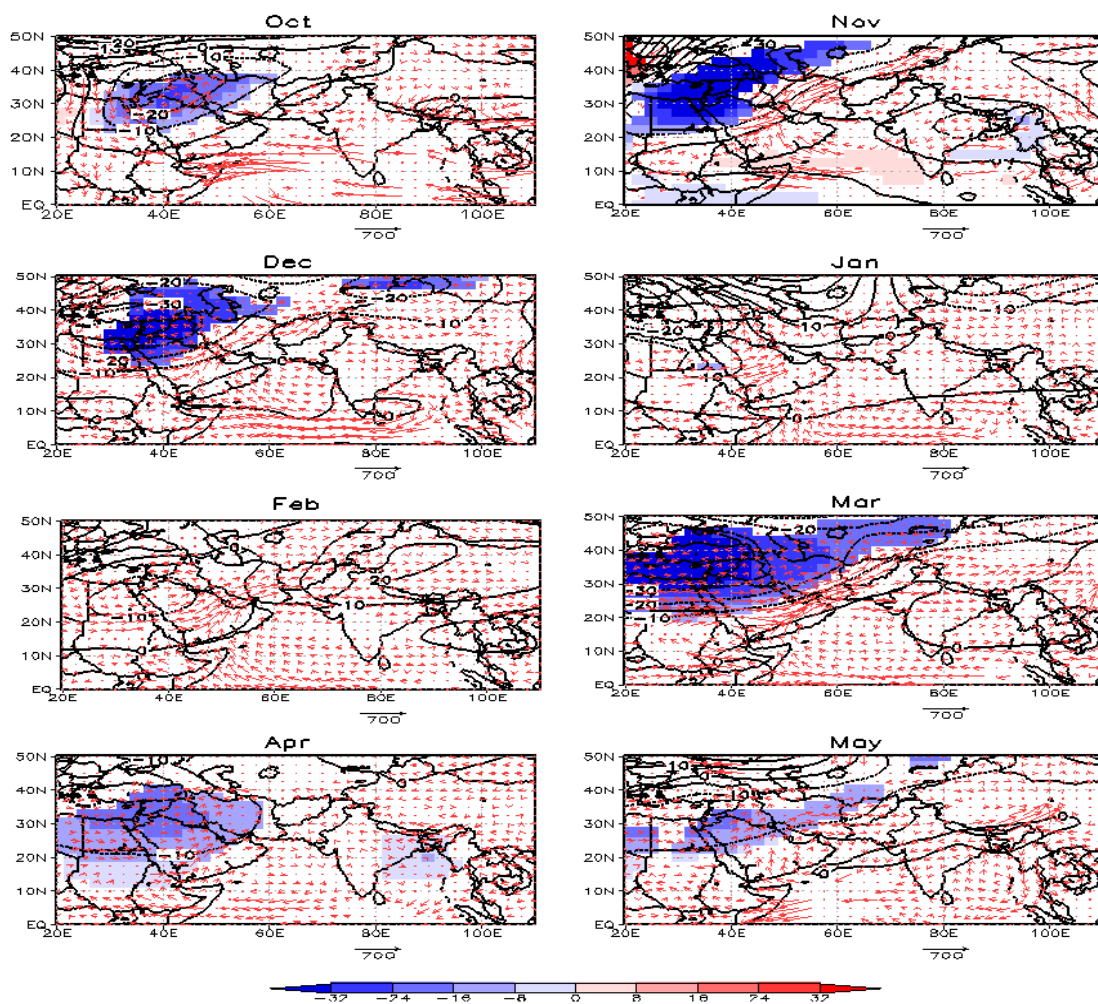
در ماه ژانویه، بیشتر مناطق به جز خلیج فارس و شرق دریای عرب که نابهنجاری منفی دارند، بقیه نواحی در حد نرمال است. در ماه فوریه (مارس)،

در ماه آوریل، شرق اقیانوس هند نابهنجاری مثبت داشته، در حالی که غرب اقیانوس هند نابهنجاری منفی دارد و در بقیه مناطق، تغییرات دما نسبت به بلندمدت در حد نرمال است. در ماه مه، بیشتر نواحی اقیانوس هند نابهنجاری منفی دارد. در دوره خشکسالی مد دوم EOF، ماه اکتبر، نابهنجاری منفی در شمال دریای سرخ، خلیج عدن و شرق اقیانوس هند و نابهنجاری مثبت در دریای عرب و غرب اقیانوس هند دیده می شود (شکل ۷).

### نقشه ترکیب شار رطوبت

مؤلفه اول EOF در دوره ترسالی در تمامی ماه‌ها نشان می‌دهد که شار رطوبتی در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت دریای عرب، خلیج عدن و دریای سرخ را به نواحی غربی، جنوب غربی و جنوبی ایران منتقل می‌کند (شکل ۸). جالب توجه است که بردار شار رطوبتی در سطح معناداری ۹۰ درصد نشان داده شده است.

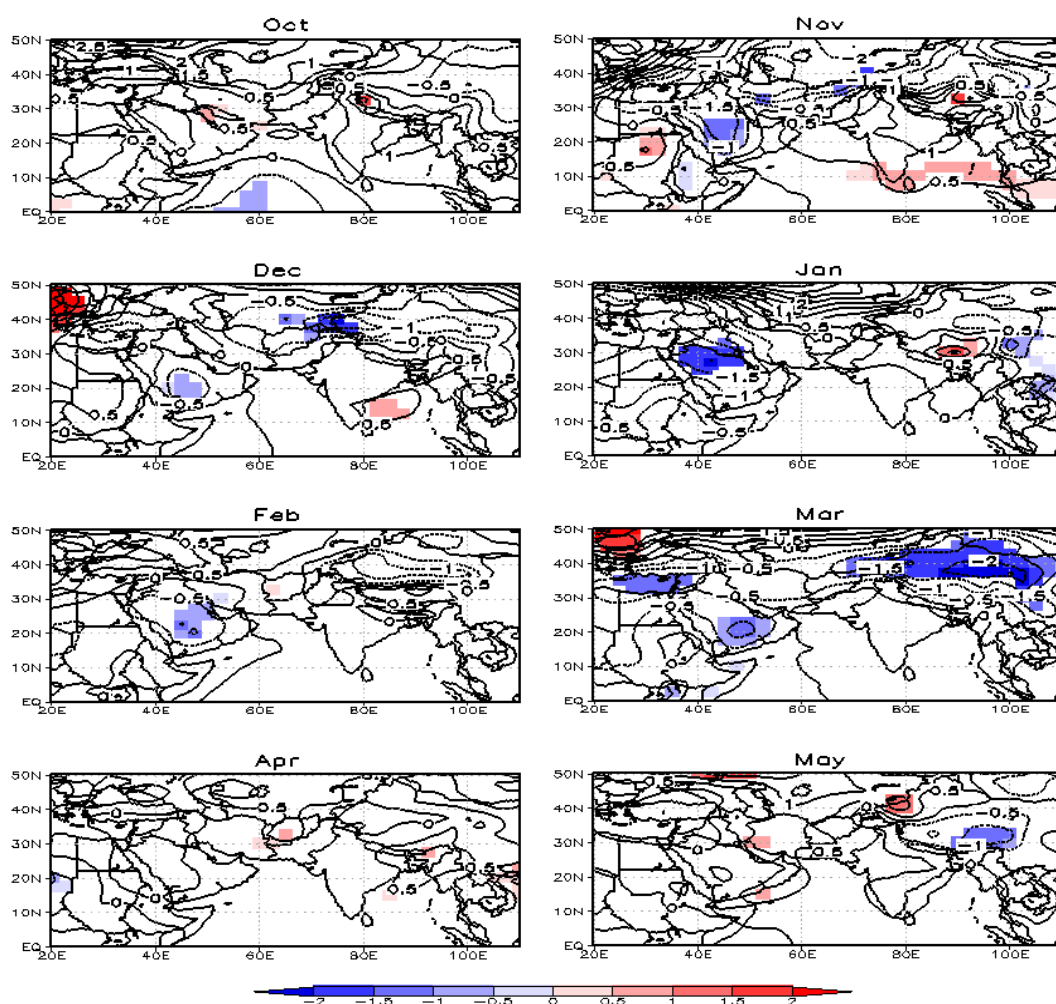
دریای سرخ (شرق اقیانوس هند) نابهنجاری منفی دمایی نسبت به بلندمدت دارد. در ماه آوریل در خلیج فارس، دریای عمان، خلیج عدن و دریای عرب، نابهنجاری مثبت دمایی و در جنوب دریای سرخ و جنوب اقیانوس هند، نابهنجاری منفی دمایی دیده می‌شود. در ماه مه، جنوب شرق اقیانوس هند و شرق شبه‌جزیره عربستان، نابهنجاری منفی و جنوب غربی اقیانوس هند، نابهنجاری مثبت دمایی دارد.



شکل ۸. نقشه ترکیب نابهنجاری شار رطوبت در دوره ترسالی مد اول EOF در سطح معناداری ۹۰ درصد با پیکان مشخص ( $\text{Kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) و ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) به صورت پربند رسم شده است (ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است)

شکل (۱۰) نابهنجاری رطوبتی را برای مؤلفه دوم EOF در دوره ترسالی نشان می‌دهد. در ماه‌های اکتبر و نوامبر نابهنجاری شار رطوبتی در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت را از نواحی غربی دریای عرب، خلیج عدن و دریای سرخ به غرب ایران وارد می‌کند. در ماه اکتبر نابهنجاری منفی (مثبت) ارتفاع ژئوپتانسیل در ایران و شمال شبه‌جزیره عربستان (دریای عرب) قرار دارد.

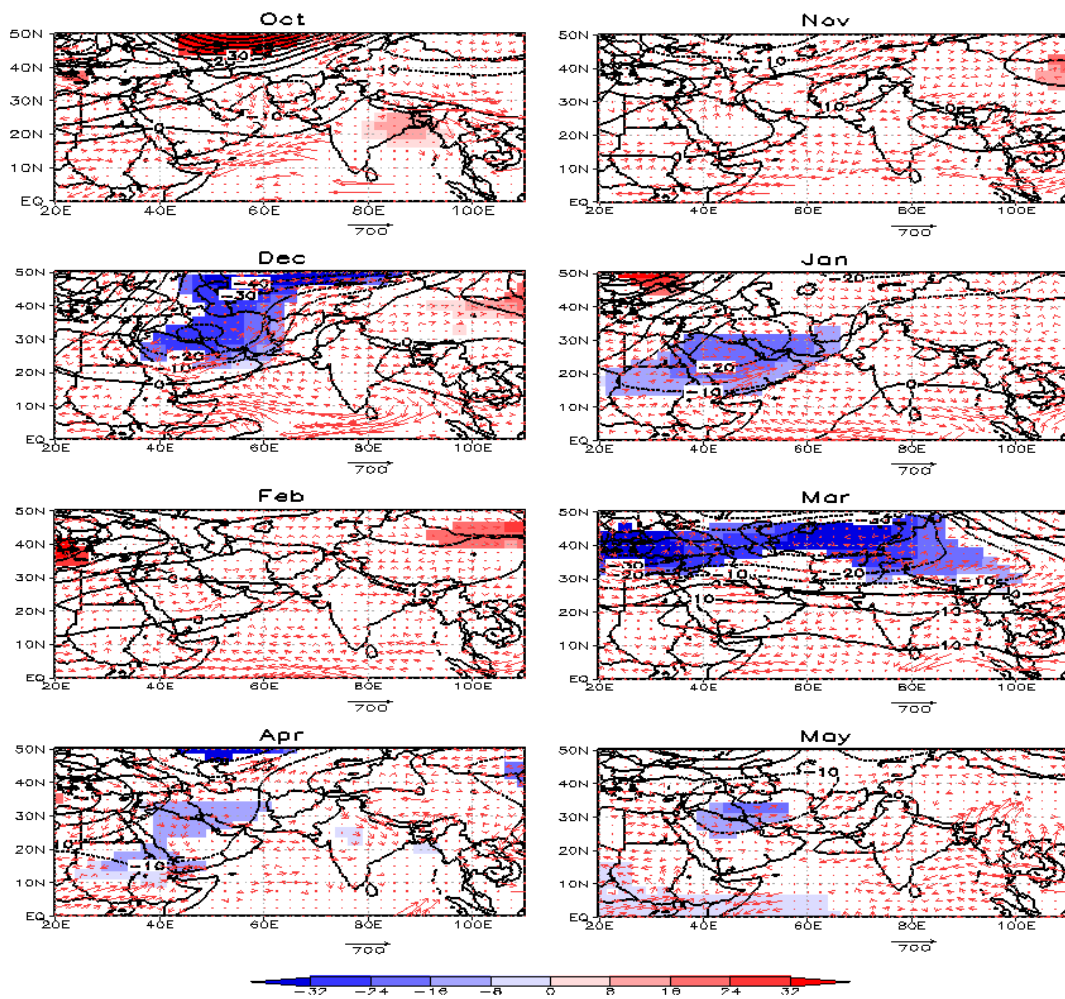
الگوی گردش جوی نشان می‌دهد که نابهنجاری منفی ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، تمامی ماههای دوره ترسالی در خاورمیانه قرار دارد. نقشه ترکیبی نابهنجاری فشار سطح دریا به جز ماه مه، نابهنجاری منفی را در شبه‌جزیره عربستان و مثبت را در ماههای اکتبر تا مه (به جز ژانویه) در دریای عرب و در ماه ژانویه در خلیج بنگال و هند نشان می‌دهد (شکل ۹). در ماه مه، نابهنجاری منفی فشار سطح دریا در شرق مدیترانه حاکم است.



شکل ۹. نقشه ترکیب نابهنجاری فشار سطح دریا (mb) برای مد اول EOF در دوره ترسالی نابهنجاری فشار سطح دریا در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است.

شبه‌جزیره عربستان، دریای عرب و جنوب ایران) است (شکل ۱۰). نابهنجاری فشار سطح دریا نیز، نابهنجاری منفی (مثبت) را در شرق مدیترانه (شبه‌جزیره عربستان، دریای عرب و جنوب ایران) نشان می‌دهد که این الگو برای بارش نواحی غربی ایران مناسب است (شکل ۱۱).

نابهنجاری مثبت فشار سطح دریا در شبه‌جزیره عربستان، دریای عرب و ایران و نابهنجاری منفی در ترکیه، شمال دریای سرخ و شرق مدیترانه قرار دارد (شکل ۱۱). در ماه نوامبر، نقشه ترکیبی نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل بیانگر نابهنجاری منفی (مثبت) در دریای سرخ و غرب شبه‌جزیره عربستان (شرق



شکل ۱۰. نقشه ترکیب نابهنجاری شار رطوبت در دوره ترسالی مد دوم EOF در سطح معناداری ۹۰ درصد با پیکان مشخص ( $\text{Kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) و ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) به صورت پربند رسم شده است (ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است).

عرب (مجاور شرق سومالی) و جنوب دریای سرخ به جنوب ایران منتقل می‌کند (شکل ۱۰).

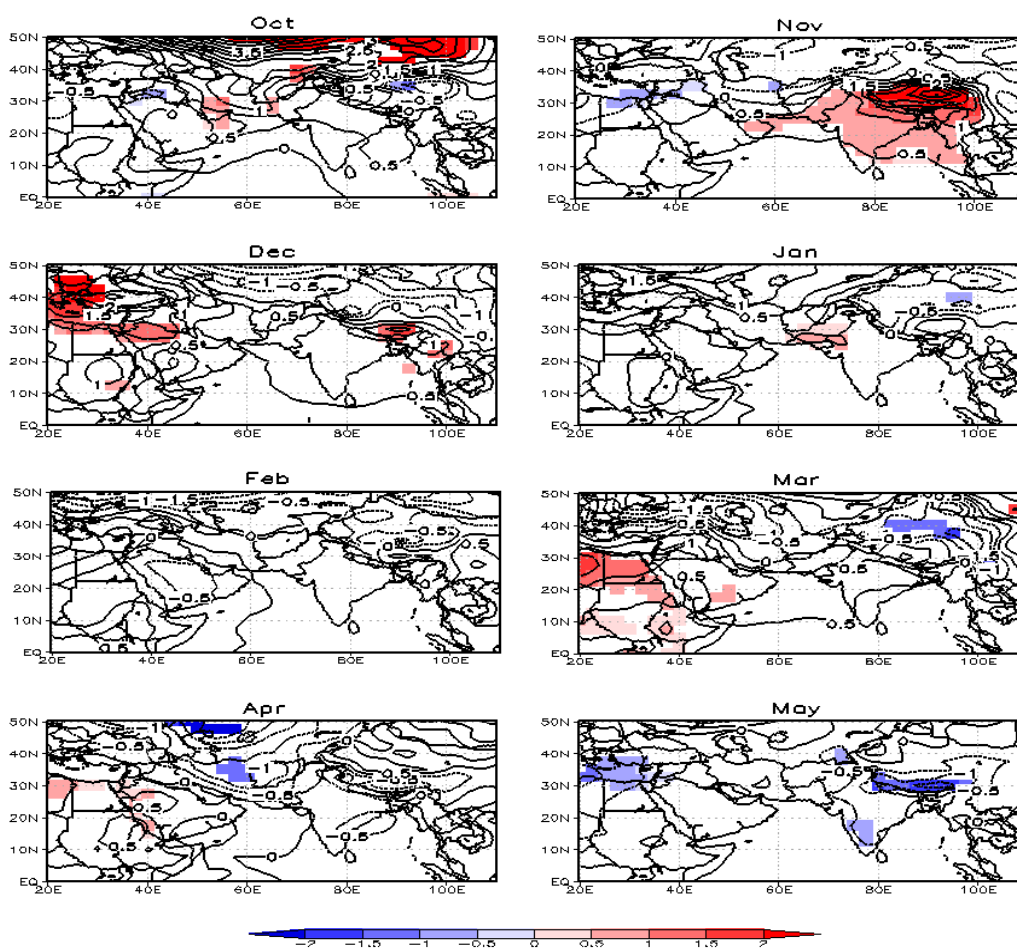
در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه، نابهنجاری جنوبی شار رطوبتی در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت را از غرب اقیانوس هند و دریای

در ماه فوریه، نابهنجاری کمتر (بیشتر) از حد نرمال فشار سطح دریا در شبه جزیره عربستان (ایران، جنوب آسیا، شرق دریای عرب که به سوی شرق اقیانوس هند کشیده شده) قرار دارد. این الگو برای بارش نواحی جنوب غربی ایران مناسب است.

در ماه مارس، نابهنجاری جنوبی شار رطوبتی در خلیج عدن با چرخشی واچرخند، رطوبت را از خلیج عدن و دریای سرخ به غرب و ایران منتقل می‌کند. نقشه ترکیبی نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل، نابهنجاری منفی (مثبت) ارتفاع ژئوپتانسیل را در شرق مدیترانه (شبه جزیره عربستان و دریای عرب) نشان می‌دهد.

در ماه‌های دسامبر و ژانویه، نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل کمتر از نرمال در خاورمیانه و ایران است و در ماه فوریه، این نابهنجاری در شبه جزیره عربستان، دریای سرخ، سودان، دریای عرب و ایران قرار دارد.

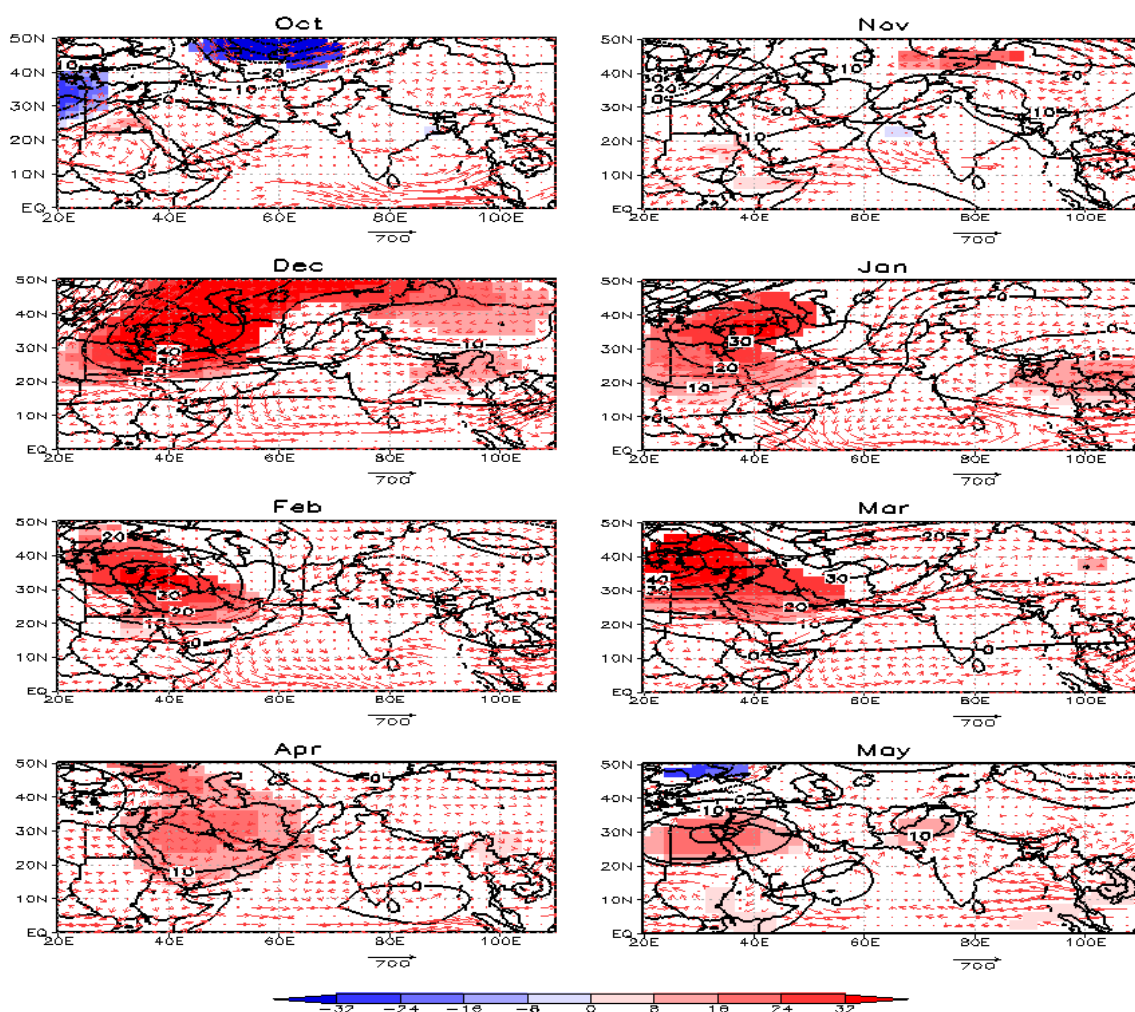
نابهنجاری منفی (مثبت) فشار سطح دریا در ماه دسامبر در جنوب شبه جزیره عربستان (دریای عرب، شرق شبه جزیره عربستان، ایران و شمال خاورمیانه) حاکم است. در ماه ژانویه، نابهنجاری فشار سطح دریا، نابهنجاری منفی (مثبت) در سودان و دریای سرخ (دریای عرب و ایران) حاکم است. این نابهنجاری برای بارش جنوب و جنوب شرق ایران مناسب است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. نقشه ترکیب نابهنجاری فشار سطح دریا (mb) برای مد دوم در دوره ترسالی EOF (نابهنجاری فشار سطح دریا در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است).

این الگو با نابهنجاری کمتر (بیشتر) از حد نرمال فشار سطح دریا در ترکیه و شرق ایران (دریای مدیترانه، آفریقا و شبه‌جزیره عربستان) تطابق دارد (شکل ۱۱). نابهنجاری شمال غربی شار رطوبت با چرخشی چرخندی، رطوبت را از دریای مدیترانه و دریای سیاه به غرب ایران وارد می‌کند (شکل ۱۰).

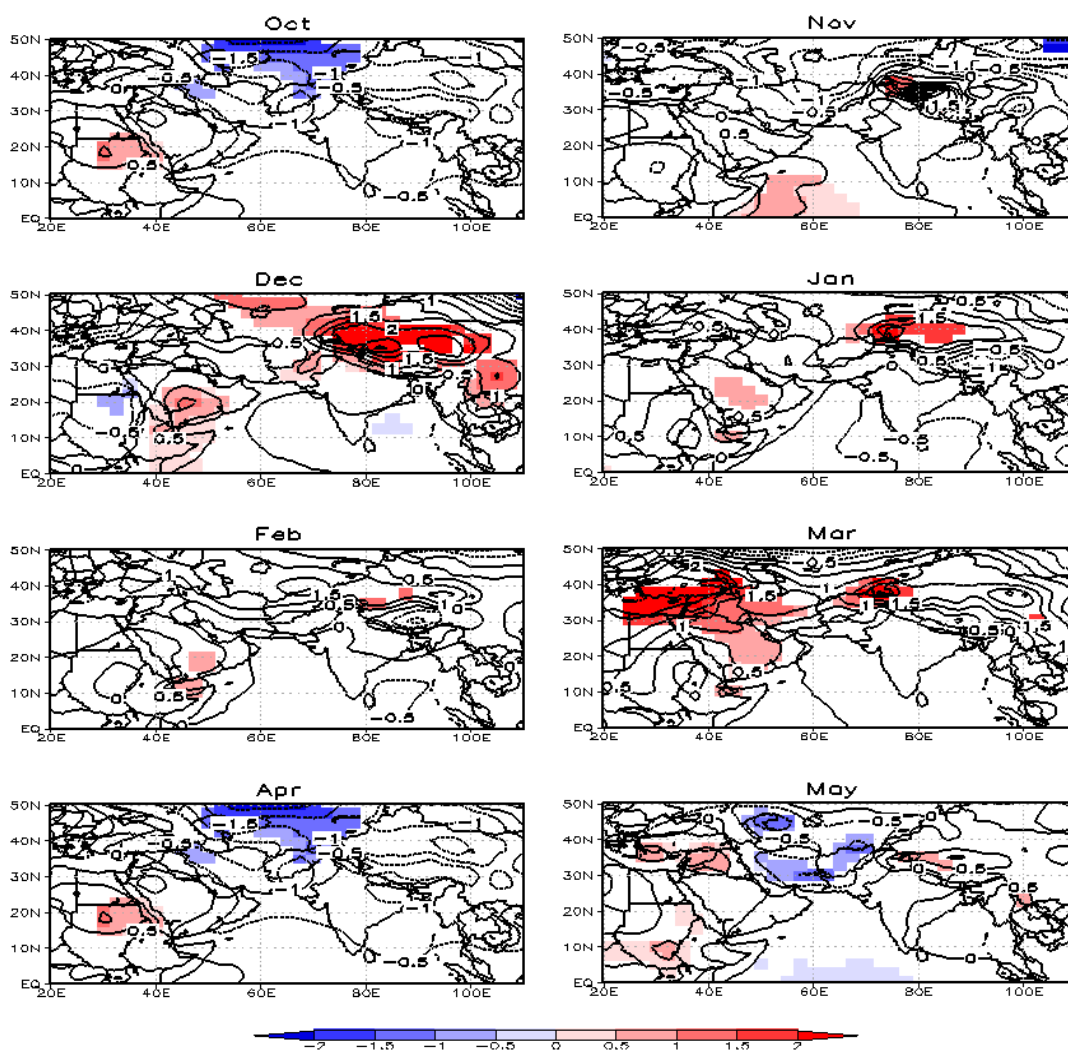
در این شرایط، نابهنجاری کمتر (بیشتر) از حد نرمال فشار سطح دریا در نواحی شمالی دریای مدیترانه، دریای سیاه و شمال ایران (شبه‌جزیره عربستان و دریای عرب) قرار گرفته و برای بارش نواحی غربی و جنوب غربی مناسب است. در ماه آوریل، نابهنجاری قوی منفی (مثبت) ارتفاع ژئوپتانسیل در شمال ایران (دریای مدیترانه) قرار دارد.



شکل ۱۲. نقشه ترکیب نابهنجاری شار رطوبت در دوره خشکسالی مد اول EOF در سطح معناداری ۹۰ درصد با پیکان مشخص ( $\text{Kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) و ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) به صورت پربند رسم شده است. (ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است).

دوره ترسالی است (شکل ۱۲)؛ در این شرایط، نابهنجاری شمال شرقی و شرقی شار رطوبتی در ایران با چرخشی چرخندی از جنوب ایران خارج می‌شود. الگوی گردش جریان در دوره خشک وتر معکوس است؛ به طوری که نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل، نابهنجاری مثبت را در خاورمیانه و ایران و نابهنجاری منفی را در دریای عرب نشان می‌دهد که این شرایط برای خروج رطوبت و کاهش بارش در منطقه مطالعاتی مناسب است.

در ماه مه، نابهنجاری فشار سطح دریا در دوره ترسالی، نابهنجاری منفی را در دریای مدیترانه نشان می‌دهد؛ به طوری که نابهنجاری جنوب شرقی شار رطوبت در دریای عرب و خلیج عدن با چرخشی و اچرخند، رطوبت را از دریای عرب، خلیج عدن و دریای سرخ به جنوب ایران منتقل می‌کند. نابهنجاری کمتر از حد نرمال ارتفاع ژئوپتانسیل در شبه‌جزیره عربستان و غرب دریای عرب حاکم است. در دوره خشکسالی مد اول EOF برای شار رطوبتی برعکس



شکل ۱۳. نقشه ترکیب نابهنجاری فشار سطح دریا (mb) برای مد اول EOF در دوره خشکسالی (نابهنجاری فشار سطح دریا در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است).

مناسبی را در جنوب شرقی ایران فراهم می‌آورد (شکل ۱۵).

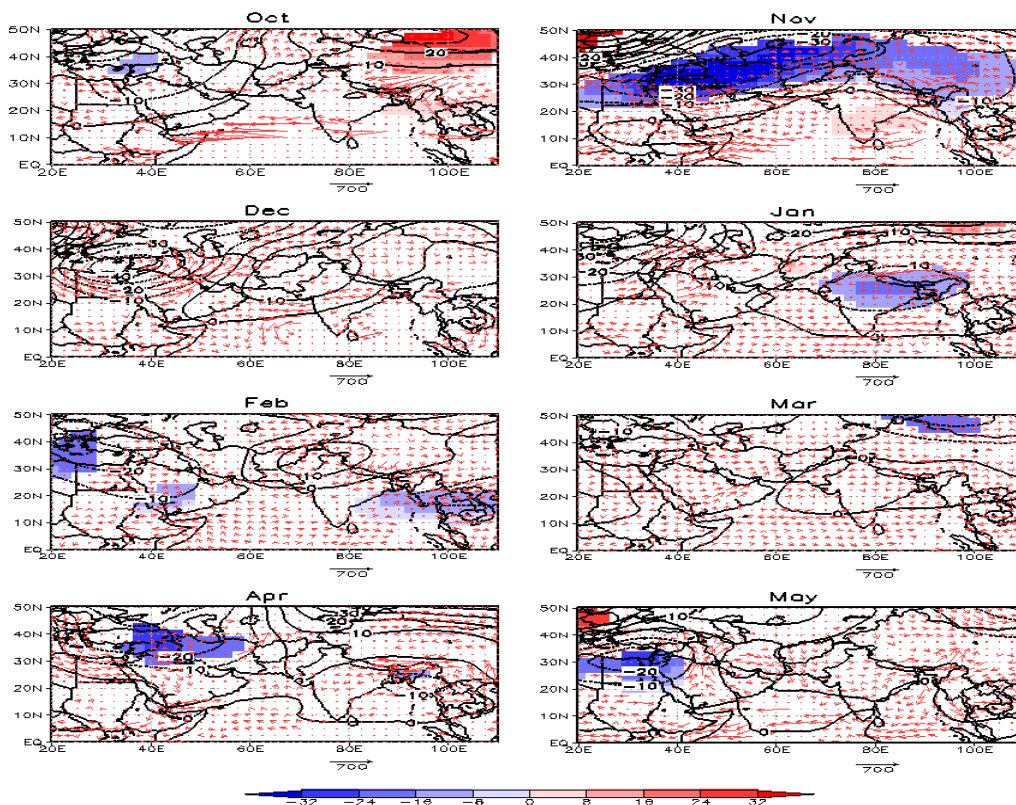
در ماه نوامبر، نابهنجاری جنوبی شار رطوبت در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت را از دریای عرب (مجاور شرق سومالی) و دریای سرخ به جنوب غربی و جنوب ایران منتقل می‌کند.

نابهنجاری منفی (مثبت) قوی نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در شمال دریای سرخ، عراق و ایران (دریای عرب، هند و خلیج بنگال) قرار دارد (شکل ۱۴).

نابهنجاری فشار سطح دریا، مرکز نابهنجاری منفی (مثبت) را در شبه‌جزیره عربستان (خلیج بنگال) نشان می‌دهد؛ این الگوی گردش برای بارش جنوب غربی و جنوب ایران مساعد است.

الگوی نابهنجاری فشار سطح دریا نیز، نابهنجاری بیش از حد نرمال را در شبه‌جزیره عربستان و خاورمیانه و نابهنجاری منفی را در دریای عرب و در ماه نوامبر در شرق اقیانوس هند نشان می‌دهد (شکل ۱۳).

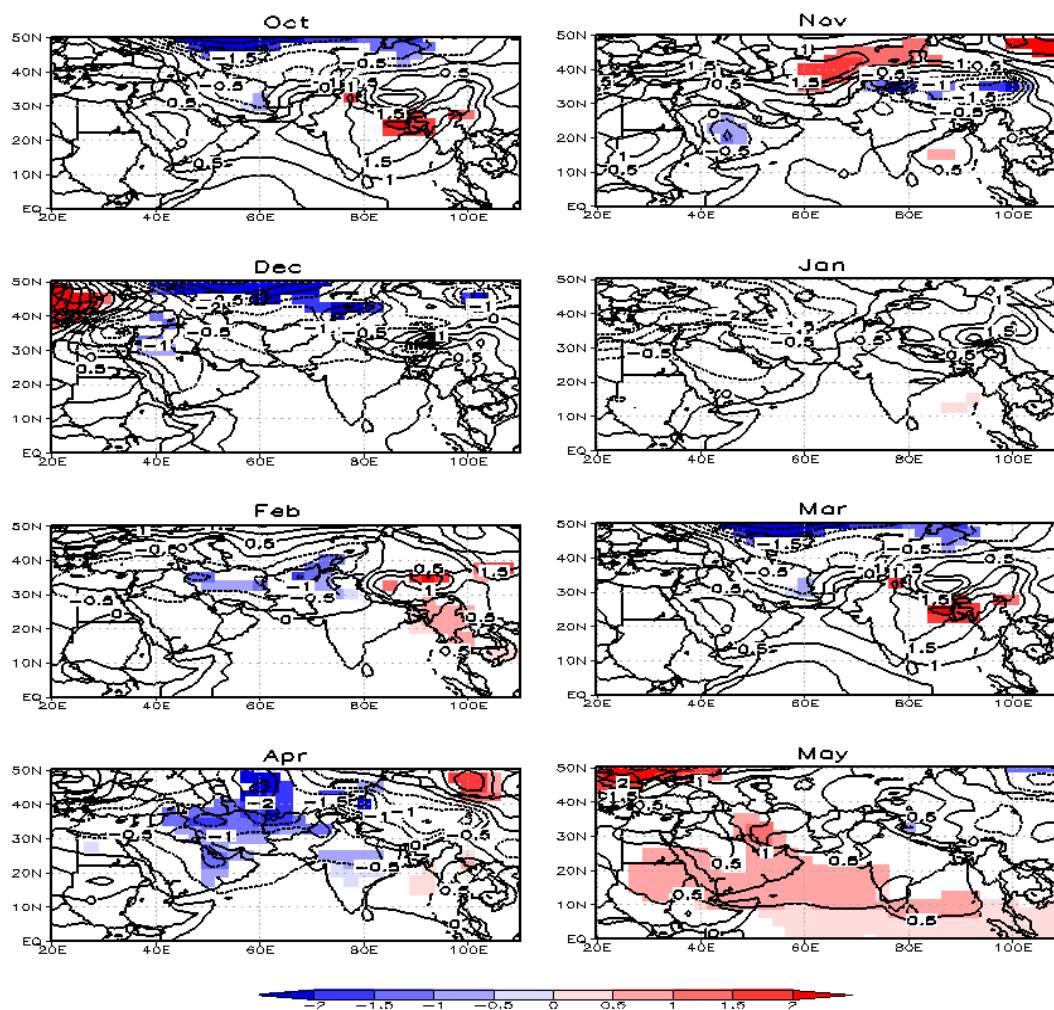
در دوره خشکسالی مد دوم EOF در ماه اکتبر، نابهنجاری شار رطوبتی جنوبی در دریای عرب با چرخشی و اچرخند رطوبت را از دریای عرب، خلیج عدن و دریای سرخ به جنوب شرقی ایران وارد می‌کند. نابهنجاری منفی (مثبت) ارتفاع ژئوپتانسیل در شرق مدیترانه، شمال شبه‌جزیره عربستان و ایران به جز جنوب شرقی (دریای عرب) قرار دارد (شکل ۱۴)؛ این الگو با نابهنجاری منفی (مثبت) فشار سطح دریا در ایران (دریای عرب) تطابق دارد و بارش



شکل ۱۴. نقشه ترکیب نابهنجاری شار رطوبت در دوره خشکسالی مد دوم EOF در سطح معناداری ۹۰ درصد با پیکان مشخص ( $\text{Kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) و ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) به صورت پریند رسم شده است. (ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است).

منفی (مثبت) ارتفاع ژئوپتانسیل در شرق مدیترانه (شمال دریای عرب و شرق ایران) قرار دارد و نابهنجاری فشار سطح دریا با نابهنجاری منفی در شرق مدیترانه، این الگو را تأیید می‌کند؛ این الگو برای بارش غرب ایران مناسب است (شکل ۱۴ و ۱۵).

در ماه دسامبر، نابهنجاری جنوبی شار رطوبت در دریای عرب با چرخشی واچرخند، شار رطوبتی را از شمال دریای عرب، خلیج عدن و دریای سرخ به غرب ایران وارد می‌کند که این، در نواحی جنوبی ایران خشکسالی را ایجاد می‌کند. مرکز نابهنجاری



شکل ۱۵. نقشه ترکیب نابهنجاری فشار سطح دریا (mb) برای مد دوم EOF در دوره خشکسالی (نابهنجاری فشار سطح دریا در سطح معناداری ۹۰ درصد رنگی شده است).

(شرق دریای عرب و اقیانوس هند) قرار دارد (شکل ۱۵).

نابهنجاری مثبت (منفی) ارتفاع ژئوپتانسیل در ایران و شبه‌جزیره عربستان (مدیترانه، جنوب و شرق

در ماه ژانویه نابهنجاری شرقی شار رطوبت از شمال دریای عرب با چرخشی واچرخند، رطوبت را از دریای سرخ به غرب ایران وارد می‌کند. نابهنجاری منفی (مثبت) فشار سطح دریا در خاورمیانه و مدیترانه

دریای عمان به جنوب ایران منتقل می‌کند و در این شرایط، غرب ایران، خشکسالی را تجربه می‌کند (شکل ۱۴).

در ماه مه، نابهنجاری مثبت فشار سطح دریا در ایران، شبه‌جزیره عربستان و شمال اقیانوس هند حاکم است (شکل ۱۵).

نابهنجاری منفی قوی ارتفاع ژئوپتانسیل در شرق مدیترانه و شمال دریای سرخ قرار دارد که برای بارش نواحی غربی ایران مناسب است؛ به طوری که نابهنجاری جنوبی شار رطوبت در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت را از دریای عرب خلیج عدن و دریای سرخ به غرب ایران وارد می‌کند که در نتیجه جنوب ایران، خشکسالی را تجربه می‌کند (شکل ۱۴).

#### نتیجه‌گیری

این پژوهش، تأثیر دمای سطح آب اقیانوس هند را بر تغییرات بارش جنوب ایران با بهره‌گیری از داده‌های بازوآکای شده و بارش ماهانه در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۴ بررسی می‌کند. تغییرات مکانی بارش برای بارش فصلی با بهره‌گیری از روش تابع متعامد تجربی EOF شناسایی شد. دو مؤلفه اول و دوم EOF، بیانگر ۸۲/۷-۵۴ درصد واریانس کل بارش (اکتبر - مه) است. در دوره‌های ترسالی و خشکسالی، مؤلفه اول EOF که بیش از ۵۰ درصد واریانس بارش را در نیمه جنوب ایران نشان می‌دهد، عکس هم است؛ به طوری که در دوره‌های اشاره‌شده شیو دمایی بین شرق و غرب اقیانوس هند در ماههای اکتبر تا مارس مشاهده می‌شود (در دوره ترسالی شرق اقیانوس هند، نابهنجاری منفی و غرب اقیانوس هند، نابهنجاری

آسیا هند و شرق اقیانوس هند) قرار دارد؛ این الگو برای بارش نواحی غربی و شمال غرب ایران مناسب است؛ در حالی که نواحی جنوبی شرایط خشکسالی را تجربه می‌کنند (شکل ۱۴).

در ماه فوریه، نابهنجاری جنوبی در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت را از دریای عرب، خلیج عدن و دریای سرخ به غرب ایران وارد می‌کند. نابهنجاری منفی (مثبت) فشار سطح دریا در شبه‌جزیره عربستان و ایران (دریای عرب) قرار دارد. نابهنجاری کمتر از حد نرمال ارتفاع ژئوپتانسیل در دریای مدیترانه یک تراف عمیق را در دریای سرخ نشان می‌دهد که برای بارش غرب ایران مناسب است (شکل ۱۴).

در ماه مارس، نابهنجاری جنوبی شار رطوبت در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت را از دریای عرب، خلیج عدن و دریای سیاه به جنوب و جنوب شرقی ایران منتقل می‌کند. نقشه ترکیبی نابهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل نابهنجاری منفی را در مدیترانه و مثبت را در دریای عمان و جنوب آسیا نشان می‌دهد (شکل ۱۵).

نابهنجاری منفی (مثبت) فشار سطح دریا در ایران (دریای عرب، شرق و شبه‌جزیره عربستان) قرار دارد؛ این الگو با بارش جنوب و جنوب شرق سازگار است (شکل ۱۵).

در ماه آوریل، نابهنجاری قوی منفی ارتفاع ژئوپتانسیل در خاورمیانه و ایران حاکم است (شکل ۱۴). نابهنجاری کمتر (بیشتر) از حد نرمال فشار سطح دریا در خاورمیانه، ایران، مرکز و جنوب آسیا (خلیج بنگال) قرار دارد (شکل ۱۵).

نابهنجاری جنوب غربی و جنوبی شار رطوبت در دریای عرب، رطوبت را از دریای عرب، خلیج عدن و

در مد دوم EOF، نابهنجاری دمای سطح دریا در دریای عرب مثبت است، اما در دوره خشکسالی الگوی ثابتی وجود ندارد. جابه‌جایی پرفشار عربستان به سوی شرق (غرب) در دوره ترسالی (خشکسالی)، شار رطوبت را از دریای عرب، دریای سرخ و خلیج عدن به جنوب ایران و شرق (غرب) ایران منتقل می‌کند. منبع اصلی بارش در جنوب ایران، دریای عرب و غرب اقیانوس هند (مجاور سومالی)، دریای سرخ و خلیج عدن است. بیشتر رژیم بارشی در نیمه جنوبی ایران با تراف در خاورمیانه و پرفشار عربستان همراه است که نقش مهمی در انتقال رطوبت از آب‌های جنوبی به جنوب ایران دارد.

این پژوهش، ضمن تأیید نتایج پژوهش‌های گذشته (بابایان، ۱۳۹۰؛ پوراصغر، ۲۰۱۲؛ رنجبر و همکاران، ۱۳۹۲) نشان داد که سامانه (اقیانوس - جو) همراه با شرایط منطقه‌ای دمای سطح آب دریا، تغییرات بارش را در جنوب ایران سبب می‌شود.

#### منابع

بابایان، ایمان (۱۳۹۰). *ارزیابی تأثیر دمای پهنه‌های آبی منطقه‌ای بر بارش‌های ایران*، رساله دکتری، تبریز: دانشگاه تبریز، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی.

خسروی، محمود و همکاران، (۱۳۹۰). «تأثیر آنومالی‌های دمای سطح دریای عمان بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرقی ایران»، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۶، شماره ۳۷، ۵۹-۸۱.

رنجبر، عباس و ایزدی، پریسا، (۱۳۹۲). «ارتباط بی‌هنجاری دمای آب سطح اقیانوس هند و دریای عرب با

مثبت دمای سطح آب و در دوره خشکسالی، نابهنجاری مثبت در شرق و نابهنجاری منفی دمایی در غرب اقیانوس هند). این شیو دمایی بین شرق و غرب اقیانوس هند سبب تغییر جهت باد و جریان شار رطوبتی از شرق به غرب (از غرب به شرق) در دوره ترسالی (خشکسالی) می‌شود؛ در صورت وجود سامانه مناسب بارش در ایران، استقرار پرفشار شمال شرق و شرق عربستان و ناوه عمیق شرق مدیترانه - که دامنه آن تا نواحی غرب دریای سرخ امتداد داشته باشد - شار رطوبتی از غرب اقیانوس هند، دریای عرب و دریای سرخ به نواحی غربی، جنوب غربی، جنوب و جنوب شرقی ایران منتقل می‌شود.

در ماه‌های آوریل تا مه، الگوی نابهنجاری دما در دوره‌های ترسالی و خشکسالی با الگوی ماه‌های اکتبر تا مارس مطابقت ندارد؛ زیرا در این ماه‌ها، تغییر فصل صورت می‌گیرد و کمربند حاره‌ای<sup>۱</sup> به تدریج به سوی شمال انتقال می‌یابد که همراه با تغییرات بارش در شبه‌قاره هند است؛ بنابراین تغییرات دمای سطح آب اقیانوس هند در ماه‌های آوریل و مه از روند شرح داده شده در ماه‌های فصل بارش پیروی نمی‌کند و در این ماه‌ها، یک رژیم جدید دمایی در سطح آب اعمال می‌شود.

نابهنجاری جنوب شرقی شار رطوبتی در دریای عرب با چرخشی و اچرخند، رطوبت بیشتری را به جنوب ایران از دریای عرب، دریای سرخ، خلیج عدن و خلیج فارس در دوره ترسالی منتقل می‌کند؛ از طرف دیگر نابهنجاری شمالی شار رطوبت در دوره خشکسالی، رطوبت را از جنوب ایران خارج می‌کند.

<sup>1</sup> ITCZ

- Farajzadeh, M., M. Karimi, H. Ghaemi, M.R. Mobasher. (2007): Studying the moisture flux over west of Iran: A case study of January 1 to 7, 1996 rain storm. *Journal of Applied Science*. Vol 20 (7): 3023-3030
- Kalnay E. (1996) The NCEP/NCAR-40 year reanalysis project. *Bullatin of American Meterological Society*. Vol 77: 437-471
- Latif M., D. Dommengot (1999) The role of Indian Ocean sea surface temperature in forcing east African rainfall anomalies during December-January 1997/98. *Journal of Climate*, Vol 12: 3498-3504
- Pritchard, M.S., R.C. Somerville. (2009). Empirical orthogonal function analysis of the diurnal cycle of precipitation in a multi-scale climate model, *Geophysical Research Letter*. Vol 36: 5812-5817
- Pourasghar F, T. Tozuka, S. Jahanbakhsh, B. Sari Sarraf, H. Ghaemi, T. Yamagata (2012) The interannual precipitation variability in the southern part of Iran as linked to large scale climate modes. *Climate Dynamics*. Vol 39: 2329-2341
- Rayner NA et al (2003) Global analysis of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *Journal of Geophysics Resource* 108. Vol 108: 4407-4439
- Rodriguez\_Duebla, C., A.H. Encinas, S. Nieto and J. Garamendia. (1998). Spatial and temporal pattern of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula, *International Journal of climatology*. Vol 18: 299-316.
- Saji N. H., B.N. Goswami, P.N. Vinyachadran and T. Yamagata. (1999). A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature*. Vol 40: 360-363
- Saji N. H., T. Yamagata. (2003). Possible Impacts of Indian Ocean Dipole Mode Events on Global Climate. *Climate Research*. Vol 15: 151-169
- بی‌هنجاری‌های بارش نیمه جنوبی ایران، *مجله فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۹، شماره ۴، ۱۵۷-۱۳۵.
- کرمی خانیکی، علی و همکاران، (۱۳۸۸). «تحلیل زمانی و مکانی دمای سطح آب دریای خزر با استفاده از توابع متعامد تجربی»، *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، سال دوم، شماره ۶، ۹۰-۸۱.
- ناظم‌السادات، محمد و همکاران، (۱۳۸۳). «کاربرد CCA به منظور ارزیابی و مقایسه توانایی SOI, Nino's SST در پیش‌بینی بارش زمستانه سواحل دریای خزر»، *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال هشتم، شماره ۱، ۲۵-۱۱.
- ناظم‌السادات، محمد و همکاران، (۱۳۸۵). «پیش‌بینی بارش زمستانه مناطق جنوبی ایران با بهره‌گیری از دمای سطح آب خلیج فارس: مدل‌سازی تحلیل متعارف»، *مجله علمی کشاورزی*، سال ۲۲، شماره ۲-۵۷، ۷۸-۶۵.
- Berri GJ, G.I Bertossa. (2004). The influence of the tropical and subtropical Atlantic and Pacific Oceans on precipitation variability over southern central south America on seasonal time scales. *International Journal of Climatology*. Vol 24: 415-435
- Bjornsson, H., S.A. Venegas. (1997). A Manual for EOF and SVD Analysis of Climatic Data", McGill University, CCGCR Report No. 97-1, Montréal, Québec, Canada, pp: 52.
- Chakraborty A, S.K Beher, M. Mujumdar, R. Ohba, T. Yamagata. (2006). Diagnosis of tropospheric moisture over Saudi Arabia and influence of IOD and ENSO. *Monthly Weather Review*. Vol 134: 598-617
- England MH, C.C. Ummenhofer, and A. Santoso. (2006) Interannual rainfall extremes over southwest western Australia linked to Indian Ocean Climate variability. *Journal of Climate*. Vol 19: 1948-1969