

تأثیر آنومالی‌های دمای سطح دریای عمان بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرقی ایران

محمود خسروی^۱؛ محمد سلیقه^۲؛ بهروز صباغی^۳

چکیده

تغییرپذیری درجه حرارت سطح دریا (SST) نقش بسیار مهمی را در پیدایش و تکامل فرایندهای اقیانوس‌شناسی و اقلیمی نظیر بارندگی‌های سنگین و سیلاب‌های ناشی از آن، نوسانات سطح دریا در مقیاس کلان و شکل‌گیری سیکلون‌های حاره‌ای دارند. در این پژوهش تأثیر دمای سطح آب دریای عمان (SST) در فصول چهارگانه سال بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل شمالی آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. داده‌های دمای سطح آب بر اساس میانگین‌گیری از ۴ نقطه در سطح دریای عمان از طریق داده‌های آرشیو مرکز تحقیقاتی NCEP وابسته به NOAA توسط نرم‌افزار Grads استخراج گردید و داده‌های اقلیمی سه ایستگاه ساحلی چابهار، جاسک و بندرعباس نیز مورد استفاده قرار گرفت. دوره‌های گرم، سرد و نرمال (شرایط معمولی دمای سطح آب دریا) تعریف و میانه بارندگی در هر دوره به ترتیب Rw ، Rc و Rb محاسبه و از مقادیر نسبت‌های $\frac{Rw}{Rb}$ ، $\frac{Rc}{Rb}$ ، $\frac{Rc}{Rw}$ به منظور ارزیابی میزان تأثیر این شرایط بر بارندگی استفاده

شده است. نتایج 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 مورد مطالعه همراه بوده است. همچنین بارندگی‌های زمستانه هم‌زمان با ناهنجاری‌های مثبت دمای سطح دریا در تابستان چشمگیر بوده‌اند. جهت بررسی ساز و کار مربوط به تأثیر دمای سطح آب دریای عمان بر بارندگی نواحی ساحلی، نقشه‌های خطوط جریان^۴، رطوبت نسبی و امگا^۵ تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از تأثیر دمای سطح آب دریا بر روی الگوهای رطوبت نسبی و خطوط جریان در سطح دریا به عنوان مکانیزم اصلی تغییر میزان بارندگی است. عموماً طی شرایط پرباران خطوط جریان بر روی دریا مسیر طولانی‌تری را طی نموده و میزان رطوبت سامانه‌های باران‌زا و جریان‌های صعودی حاکم بر آنها جهت ایجاد بارندگی مهیاتر بوده‌اند.

واژگان کلیدی: دمای سطح دریا، دریای عمان، جنوب شرق ایران، خطوط جریان، رطوبت نسبی، امگا.

۱- دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان. khosravi@hamoon.usb.ac.ir.

۲- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۳- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

4- Stream line

5- Omega

مقدمه

دریاها و اقیانوس‌ها بیش از ۷۰٪ سطح کره زمین را می‌پوشانند و یکی از اجزای اصلی سیستم اقلیمی کره زمین هستند. با توجه به ذخیره‌سازی و مبادله حرارت با اتمسفر، اقیانوس‌ها و دریاها کلید مهمی برای شناخت نوسانات و تغییرات اقلیمی هستند. ازدمای سطح دریا (SST) برای مطالعات متعددی از جمله ارزیابی تغییرات اقلیمی کره زمین، مبادلات سطح و عمق اقیانوسی و اثرات آن بر شرایط اقلیمی خشکی‌های مجاور و اثرات اقلیمی برای نواحی مختلف دنیا استفاده می‌شود.

در سال‌های اخیر بررسی بر هم کنش بین خشکی، اقیانوس و جو مورد توجه بسیاری از دانشمندان علوم هواشناسی و اقلیم‌شناسی قرار گرفته است. پژوهش‌های زیادی نشان داده است که تغییرات دما در سطح گستره‌های آبی می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر نوسان‌های بارندگی در سطح خشکی‌های زمین داشته باشد (ناظم‌السادات، ۱۳۷۷: ۷) تا دهه ۱۹۸۰ الگوهای دمایی سطح دریا (SST) تنها به عنوان یکی دیگر از نتایج همان فرایندهای گردش اتمسفری تفسیر می‌شدند که بارندگی‌های منطقه ساحل را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند اما در حال حاضر به این الگوها به عنوان یک عامل توجه می‌شود که تأثیر آنها بر بارندگی مناطق ساحل، بیشتر از تأثیر جابجایی گردش اتمسفری می‌باشد (Hulme and Kelly, 1993: 8). در سال‌های اخیر مطالعات متعددی به بررسی نقش این عامل در ناهنجاری‌های عناصر اقلیمی مناطق مختلف کره زمین پرداخته‌اند. ناظم‌السادات (۱۳۷۷: ۳۴) نشان داد که تغییرات دمای سطح آب‌های خلیج فارس تأثیر معنی‌داری بر نوسان‌های بارندگی در سطح وسیعی از مناطق جنوب غربی و جنوبی ایران دارد. ناظم‌السادات و قاسمی (۱۳۸۸: ۱۳) تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر را بر بارندگی فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران مورد مطالعه قرار داده و تأثیر دمای سطح دریا را بر بارندگی زمستان و بهار این نواحی مورد تأیید قرار داده‌اند. حسن‌زاده و نجار خدابخش (۱۳۸۱: ۲۱۳) با بررسی دمای سطح آب در خلیج فارس نشان داده‌اند که الگوی تغییرات SST در این خلیج الگویی

دریایی نبوده و شبیه یک الگوی قاره‌ای می‌باشد که انتقال اکمن^۱ سهم قابل ملاحظه‌ای در تغییرات فصلی آن بازی می‌کند.

نیکودا (۱۹۸۸: ۱۹) اثر ناهنجاری‌های دمای سطح آب در مناطق غربی حاره‌ای اقیانوس آرام بر روی عوامل اقلیمی کره زمین را بررسی نموده است. کلارک و همکاران (۲۰۰۰: ۲۵۰۶) اثرات دمای سطح اقیانوس هند (SST) و بارندگی‌های تابستانه را در مقیاس دهه‌ای مورد تأیید قرار داده‌اند. لوشنیک و وسیز (۲۰۰۰: ۳۳۴۳) نیز سیستم‌های اتمسفری مرتبط با دمای سطح آب در اقیانوس هند را تجزیه و تحلیل نموده‌اند. لویس و کاوامورا (۲۰۰۱) اثر رویدادهای سرمایشی دمای سطح دریا خلیج مانر را بر روی سیستم مونسون زمستانه را تأیید نموده‌اند همچنین یک مورد از اثرات دینامیکی سرمایشی SST اقیانوس هند بر نواحی مجاور آن طی ماه مه ۱۹۹۷ تحلیل شده است (Luis and Kawamura, 2002). لئو و ونگ (۲۰۰۱: ۱۲۹۵) تغییرات دمای سطح آب در مقیاس جهانی و اثرات آن بر روی بارندگی‌های تابستانه چین را با تأکید بر رویداد ال نینوی ۹۸-۱۹۹۷ بررسی نموده است. فرناندز و همکاران (۲۰۰۳: ۳۱۹) تأثیر دمای سطح دریا را بر روی بارندگی‌های شمال شرق برزیل مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که با کاهش دمای سطح دریا بارندگی در نواحی دور از منطقه ساحلی کاهش یافته است و با افزایش دمای سطح دریا افزایش کلی بارندگی مشاهده می‌شود. وسچی و همکاران (۲۰۰۳: ۳۳۰۶) نشان دادند که تغییر سالیانه بارندگی‌های موسمی جنوب غربی شبه قاره هند رابطه بسیار نزدیکی با تغییرات دمای سطح دریا در اقیانوس هند دارد. طارق مسعود و همکاران (۲۰۰۴: ۵۵۰) تغییرات دمای سطح آب دریای عرب و خلیج بنگال بر شهرهای ساحلی اطراف آنها را بررسی نموده و ارتباط SST در این پهنه‌های آبی با رویدادهای ال نینو و لائینا را ثابت کرده‌اند. ترن برت (۲۰۰۵: ۱۷۵۳) بر اساس مطالعات خود روند رو به افزایشی را در تغییرات SST در مناطق ورای حاره‌ای اقیانوس اطلس نشان داده است که از آن به عنوان عاملی در تغییرات رفتار سیکلون‌های حاره‌ای اقیانوس اطلس یاد شده است (Jiang and Perrie, 2007: ۱۱۷۴). بارت و برادفورد (۲۰۰۷: ۲۰۳) در مطالعه‌ای در ترکیه، روابط بین دمای سطح دریا در دریا‌های سیاه و

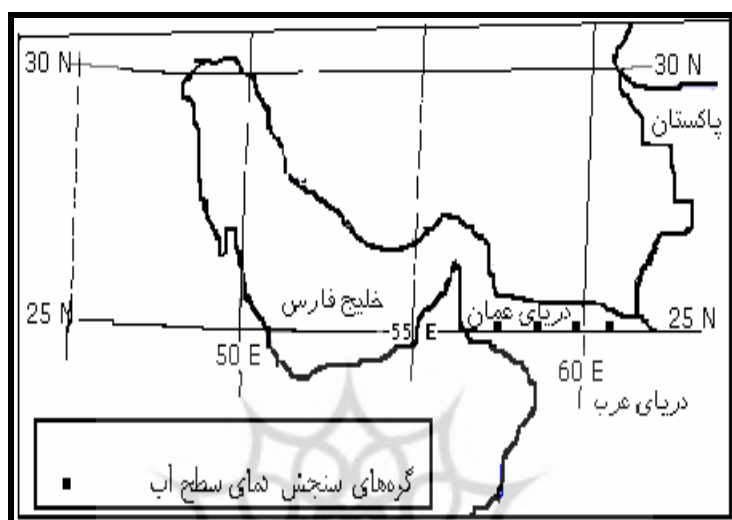
1- Ekman

مدیترانه و بارندگی در ۲۷ ایستگاه ترکیه را مورد بررسی قرار داده‌اند و تأیید نموده‌اند که برای مکان‌های انتخاب شده دماهای بیش از حد نرمال آب دریا با افزایش بارندگی‌های تابستانه همراه بوده است. مک کنزی و شایدک (۲۰۰۷: ۴۱۰) اثرات زیستی درازمدت تغییرات سری زمانی دمای سطح آب را بررسی نموده است. امانوئل (۲۰۰۷: ۵۵۰۰) یکی از عوامل بسیار مهم در شدت طوفان‌های حاره‌ای اقیانوس اطلس و آرام را تغییرات SST می‌داند. ورم (۲۰۰۷) یکی از عوامل اصلی افزایش شدت هاریکن‌ها در مناطق شرقی آمریکا را گرمایش SST می‌داند و علت این گرمایش از نظر ونگ (۲۰۰۵: ۷۹۴) افزایش فعالیت‌های خورشیدی بوده است.

مواد و روش‌ها

آمار و اطلاعات پایه در ارتباط با موضوع از سازمان هواشناسی کشور و سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده (NOAA) اخذ گردیده است و پس از طبقه‌بندی به تجزیه و تحلیل آنها با استفاده از روش‌های استدلالی و آماری پرداخته شد. در ابتدا داده‌های روزانه و ماهانه بارندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه شامل سه ایستگاه چابهار، بندرعباس و جاسک از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی سازمان هواشناسی کشور استخراج گردیده است. دوره مورد بررسی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ می‌باشد. همچنین مقادیر فصلی، ماهانه و روزانه دمای سطح دریا (SST) در گستره دریای عمان برای دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ از طریق پایگاه داده‌های جوی NCEP^۱ وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده برداشت شده است. این داده‌ها از میانگین‌گیری دمای سطح دریا در چهار نقطه در شمال دریای عمان توسط نرم‌افزار Grads استخراج شده‌اند (شکل ۱).

1- National Oceanic and Atmospheric Administration
2- National Centers for Environmental Prediction



شکل (۱) گره‌های انتخابی برای ثبت دمای سطح دریا در دریای عمان

جدول (۱) مقادیر آنومالی دمای سطح دریا به درجه سلسیوس برای فصول مختلف در طی دوره

آماري مورد مطالعه

سال	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
۱۹۸۶	-۰/۰۳	-۰/۴۷	-۰/۳	-۰/۶	-۰/۱۴۵
۱۹۸۷	-۰/۰۳	-۰/۳۷	-۰/۳	-۰/۲	-۰/۰۴۵
۱۹۸۸	۰/۴۷	-۰/۳۷	۰	۰	۰/۲۵۵
۱۹۸۹	۰/۵۳	-۰/۶۳	۰/۳	-۰/۱	-۰/۲۴۵
۱۹۹۰	-۰/۱۳	-۰/۰۷	۰	-۰/۱	۰/۰۵۵
۱۹۹۱	-۰/۲۳	-۰/۲۳	-۰/۵	-۰/۳	-۰/۳۴۵
۱۹۹۲	-۰/۶۳	-۰/۰۷	-۰/۱	-۰/۹	-۰/۴۴۵
۱۹۹۳	-۰/۲۳	-۰/۱۳	۰	۰/۴	۰/۰۵۵
۱۹۹۴	۰/۰۷	-۰/۱۷	-۰/۲	۰/۴	-۰/۲۵۵
۱۹۹۵	-۰/۴۳	-۰/۱۷	-۰/۱	۰/۲	-۰/۰۴۵
۱۹۹۶	۰/۰۷	-۰/۳۷	-۱/۱	-۰/۲	-۰/۲۴۵
۱۹۹۷	-۰/۶۳	۰/۴۷	۰/۲	-۰/۶	-۰/۱۴۵
۱۹۹۸	-۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۷	۰/۱	-۰/۳۵۵
۱۹۹۹	۰/۵۷	-۰/۲۳	۰/۶	۰/۸	۰/۴۵۵

ادامه جدول (۱)

۲۰۰۰	۰/۷۷	-۰/۱۳	۰/۳	۰/۱	۰/۲۵۵
۲۰۰۱	۰/۵۷	-۰/۴۳	۰/۴	۰/۱	۰/۱۵۵
۲۰۰۲	۰/۱۷	-۰/۴۳	-۰/۲	۰/۴	-۰/۰۴۵
۲۰۰۳	-۰/۰۳	-۰/۱۳	-۰/۴	۰	-۰/۱۴۵
۲۰۰۴	-۰/۰۷	-۰/۶۳	۰/۱	۰/۴	-۰/۰۴۵
۲۰۰۵	-۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲	۰	-۰/۰۵۵
میانگین	۲۸/۸۳	۲۸/۸۳	۲۷/۲	۲۳/۹	۲۷/۴۴۵
انحراف معیار	۰/۴۰	۰/۳۵۴	۰/۴۱	۰/۴۰۲	۰/۲۳۷

برای تعیین دوره‌های گرم و سرد (فاز گرم و سرد) در هر یک از فصول بهار و تابستان مقادیر SST از کوچک به بزرگ مرتب گردید و سال‌هایی را که SST در محدوده ۲۵ درصد بالای ارقام مرتب شده قرار دارد به عنوان فاز گرم (Rw) و در سال‌هایی که SST در محدوده پایین ۲۵ درصد ارقام مرتب شده قرار دارد به عنوان فاز سرد (Rc) در نظر گرفته شد. سال‌هایی که SST در آنها بین محدوده ۲۵ درصد بالایی و ۲۵ درصد پایینی قرار داشت، به عنوان دوره نرمال (Rb) در نظر گرفته شد.

با توجه به مقدار SST دریای عمان برای هر فصل میانه بارندگی در دوره‌های گرم و سرد سطح دریا به ترتیب (Rc-Rw) محاسبه شده و با میانه بارندگی در دوره نرمال سال‌های خارج از دوره‌های گرم و سرد SST همان ایستگاه (Rb) مقایسه گردیده‌اند. جدول ۱ مقادیر آنومالی دمای سطح دریا در فصول مختلف را نشان می‌دهد.

همچنین در این تحقیق فصول زمستان و پاییز به ترتیب ماه‌های ژانویه تا مارس و اکتبر تا دسامبر در نظر گرفته شده است. زیرا این روش تقسیم‌بندی داده‌ها نتایج بهتری را نسبت به دیگر روش‌های تقسیم‌بندی زمانی داده‌ها، ارائه داده است. با توجه به اینکه ۹۰٪ بارندگی در هر سه ایستگاه مورد مطالعه به ترتیب در فصول زمستان و پاییز صورت می‌گیرد لذا اثر نوسان‌های دمای سطح دریای عمان بر روی بارندگی‌های این دو فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جهت تحلیل همدید و پیدا کردن ساز و کار تأثیر دمای آب بر بارندگی‌ها منطقه از تفسیر نقشه‌های امگا استفاده شده است. نقشه‌های امگا بر اساس قانون معادله اومگا ترسیم می‌شوند. این معادله براساس ترکیب دو واژه در مدل‌های هواشناسی استوار است: به عبارت دیگر امگا به وسیله مقدار چرخش و همرفت وزشی گرم (یا سرد) در اتمسفر مشخص می‌شود. مقادیر زیاد آن نشان‌دهنده جریانات قوی عمودی در جو است. مقادیر مثبت جریانات نزولی و منفی نشان‌دهنده جریانات صعودی است. در صورت قوی بودن جریانات صعودی و فراهم بودن رطوبت بارش نازل می‌شود.

دریای عمان در قاره آسیا و در جنوب ایران قرار دارد. از سمت غرب توسط تنگه هرمز به خلیج فارس و از سمت شرق به اقیانوس هند وصل می‌شود. در جنوب دریای عمان کشور عمان قرار دارد و از سوی جنوب به اقیانوس هند متصل می‌شود. کرانه‌های جنوبی ایران از تنگه هرمز تا بندر گواتر مجاور دریای عمان است و این مسافت حدود نیمی از کناره‌های جنوبی ایران را تشکیل می‌دهد. مدار راس سرطان از شمال آن عبور می‌کند از این رو این دریا جزو دریاهای گرم محسوب می‌شود. حداکثر درجه حرارت سطح آب در مرداد ماه ۳۳ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن در دی ماه ۱۹/۸ درجه سانتی‌گراد است. طول سواحل جنوبی ایران در مجاورت دریای عمان حدود ۶۰۰ کیلومتر است و مساحت آن در حدود ۹۰۳ هزار کیلومتر مربع می‌باشد. عمق آن در سواحل چابهار حدود ۳۳۹۸ متر است و هر چه به سوی غرب پیش رویم عمق آن کاهش می‌یابد و در نزدیکی تنگه هرمز به ۷۳ متر می‌رسد. آب دریای عمان شور است و شوری متوسط آن ۳۷ در هزار است. جهت جریان‌های سطحی آن در زمستان به موازات ساحل یعنی از شمال غربی به جنوب شرقی است ولی امتداد عمومی جریان‌ها در زمستان از سوی دریای عمان به طرف خلیج فارس و در تابستان عکس آن است. (نجاریپور فروشانی، ۱۳۷۷) پیش‌بینی بارندگی جنوب کشور در دوره سرد سال با توجه به دمای سطح دریا برای ارزیابی و نیز برنامه‌ریزی وضعیت منابع آب در مناطق جنوب کشور از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است (ناظم‌السادات و شیروانی، ۱۳۸۴: صص ۴۱-۱).

به منظور اطلاع از شرایط بارندگی دوره سرد مناطق جنوبی کشور و ارتباط آن با دمای سطح دریا لازم است دمای سطح دریا با بارندگی‌های دوره سرد این مناطق در طی یک دوره آماری قابل اطمینان مورد بررسی قرار گیرد تا بر اساس آن بتوان شرایط بارندگی جنوب

کشور را بر اساس دمای سطح دریا پیش‌بینی کرد. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، مشخص کردن ارتباط دمای سطح آب دریای عمان و بارندگی دوره سرد سال سواحل شمالی دریای عمان می‌باشد.

بحث

۱- تحلیل ارتباط بین بارندگی فصول پاییز و زمستان با دمای سطح دریا

میانگین بارندگی ایستگاه‌ها همزمان با فازهای گرم، سرد و نرمال دریا طی فصول مختلف سال مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس جدول ۲ میزان بارندگی زمستان در سال‌هایی که دمای دریا در بهار سردتر از حد معمول بوده به مراتب بیشتر از سال‌های فاز گرم بهاره بوده است. تفاوت این میزان در چابهار ۵۷، جاسک ۶۸/۴ و در بندرعباس حدود ۴ درصد می‌باشد. تأثیر دماهای بهاره دریا بر بارندگی پاییزه شدیدتر بوده است. جدول شماره ۳ میانگین بارندگی‌های پاییزه همزمان با فازهای گرم، سرد و نرمال بهاره دریا را نشان می‌دهد. بارندگی در طی فازهای سرد در چابهار ۱۴/۵، جاسک ۱۲ و در بندرعباس بیش از ۶/۵ برابر فازهای گرم بوده است (شکل شماره ۲). علاوه بر این بارندگی فازهای سرد افزایش چشمگیری نسبت به بارندگی دوره‌های نرمال داشته است. شکل ۲ میزان بارندگی فصول پاییز و زمستان ایستگاه‌های مورد مطالعه، بندرعباس، چابهار و جاسک را طی فازهای گرم، سرد و نرمال بهاره دمای سطح آب را نشان می‌دهد. عموماً در سال‌هایی که دمای سطح دریا در بهار کمتر است بارندگی پاییز و زمستان بیشتر از شرایط نرمال و فازهای گرم بوده است. ناهنجاری‌های تابستانه عموماً تأثیری عکس شرایط فوق را نشان می‌دهند. فازهای گرم تابستانه بارندگی‌های بیشتری را در زمستان‌های متعاقب آن موجب شده‌اند. بنابراین فازهای سرد SST دریا به جز در فصل تابستان با بارندگی‌های بیشتری در فصول پاییز و زمستان همراه بوده‌اند. تفاوت بارندگی ایستگاه‌ها طی فازهای گرم و سرد قابل ملاحظه بوده و بخصوص ناهنجاری‌های بهاره دما، اهمیت بیشتری در این رابطه داشته‌اند.

جدول شماره ۴ ضریب همبستگی بین بارندگی‌های زمستانه ایستگاه‌های منتخب و دمای سطح دریای عمان در فصول مختلف سال را نشان می‌دهد. بر این اساس SST فصل زمستان تنها با بارندگی‌های زمستانه چابهار در سطح اطمینان ۹۹٪ همبستگی معنی‌دار دارد.

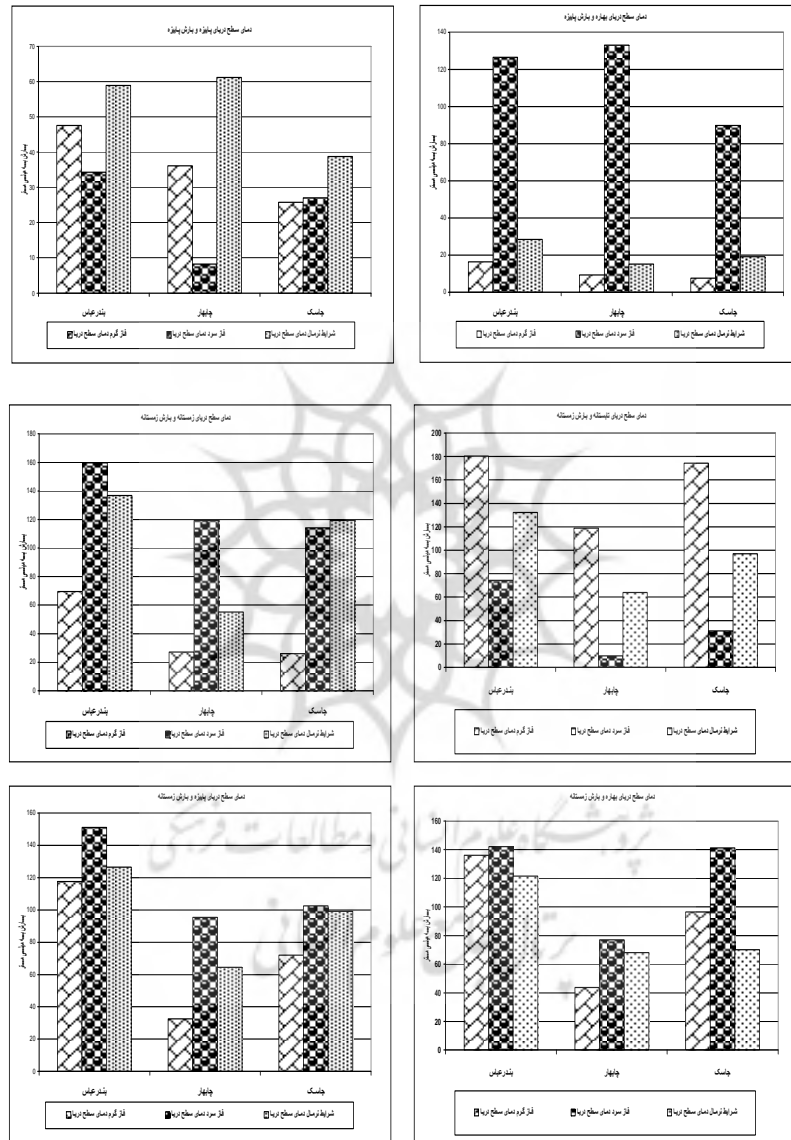
سایر ایستگاه‌ها با وجود آنکه روندی مشابه را نشان می‌دهند اما ضریب همبستگی آنها معنی‌دار نمی‌باشد. ضریب منفی نشان‌دهنده اهمیت فازهای سرد در افزایش میزان بارندگی است. همبستگی تأخیری (Lag Correlation) بین بارندگی‌های پاییزه و SST بهاره ضریب همبستگی قوی و معنی‌داری را در هر سه ایستگاه نشان می‌دهد (جدول ۴). در بندرعباس همبستگی بالاتر است. روند ضریب نیز نشان‌دهنده کاهش بارندگی نواحی ساحلی با افزایش دمای سطح دریا می‌باشد. بنابراین با توجه به لختی ذاتی پهنه‌های آبی، پدیده فراجهبش (Upwelling) آب‌های سرد باعث ذخیره انرژی برای شروع بارندگی‌ها در پاییز شده و به عنوان شتاب‌دهنده سامانه‌های جوی عمل می‌کند. این روند در بارندگی‌های زمستانه نیز وجود دارد اما ضرایب همبستگی در سطح حداقل ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۴). دمای تابستانه دریا همبستگی قوی و مثبتی با بارندگی‌های زمستانه سواحل دارد به نحوی که در دو ایستگاه چابهار (۰/۸۰۲) و جاسک (۰/۶۱۱) که مجاورت بیشتری با دریا دارند، همبستگی در سطح اطمینان ۹۹٪ و در بندرعباس در سطح ۹۰٪ معنی‌دار است. تنها در این فصل افزایش دمای دریا باعث افزایش بارندگی زمستانه ناحیه ساحلی شده و در فازهای سرد کاهش بارندگی زمستانی مشاهده می‌گردد (جدول ۴).

جدول (۲) میانگین بارندگی زمستانه ایستگاه‌ها همزمان با فازهای گرم (R_w)، سرد (R_c) و نرمال (R_b) دمای بهاره سطح دریای عمان

ایستگاه	R_w	R_c	R_b
بندرعباس	۱۳۶/۱	۱۴۲/۲	۱۲۱/۴
چابهار	۴۳/۶	۷۶/۹	۶۸/۱
جاسک	۹۶/۶	۱۴۱/۲	۷۰/۳

جدول (۳) میانگین بارندگی پاییزه ایستگاه‌ها همزمان با فازهای گرم (R_w)، سرد (R_c) و نرمال (R_b) دمای بهاره سطح دریای عمان

ایستگاه	R_w	R_c	R_b
بندرعباس	۱۶/۳	۱۲۶/۵	۲۸/۵
چابهار	۹/۲	۱۳۳/۴	۱۵/۱
جاسک	۷/۵	۸۹/۹	۱۹/۲



شکل (۲) نمودارهای تغییرات بارندگی زمستانه و پاییزه ایستگاه‌های منتخب همزمان با شرایط مختلف فصلی دمای سطح دریا

جدول (۴) رابطه بین بارندگی زمستانه ایستگاه‌های منتخب و دمای سطح دریای عمان (SST) فصول مختلف سال

دمای دریا در زمستان	دمای دریا در بهار	دمای دریا در تابستان	دمای دریا در پاییز		
**۰/۶۷۱	-۰/۳۸۵	**۰/۸۰۲	-۰/۲۴۷	ضریب همبستگی	چابهار
۰/۰۰۱	۰/۰۹۴	۰۰۰	۰/۲۹۳	(p-value)	
-۰/۲۳۹	-۰/۲۴۵	**۰/۶۱۱	-۰/۱۲۳	ضریب همبستگی	جاسک
۰/۳۱۰	۰/۲۹۸	۰/۰۰۴	۰/۶۰۴	(p-value)	
-۰/۳۵۶	-۰/۱۳۶	۰/۴۲۱	-۰/۳۰۱	ضریب همبستگی	بندرعباس
۰/۱۲۳	۰/۵۶۹	۰/۰۶۵	۰/۱۹۷	(p-value)	

جدول (۵) رابطه بین بارندگی پاییزه ایستگاه‌های منتخب و دمای سطح دریای عمان (SST) در فصل بهار

ایستگاه	ضریب همبستگی r	p-value
جاسک	**۰/۵۸۱	۰/۰۰۷
چابهار	*۰/۵۰۴	۰/۰۲۳
بندرعباس	**۰/۶۵۲	۰/۰۰۲

۲- ساز و کار چگونگی تأثیر دمای سطح دریا بر الگوهای بارندگی

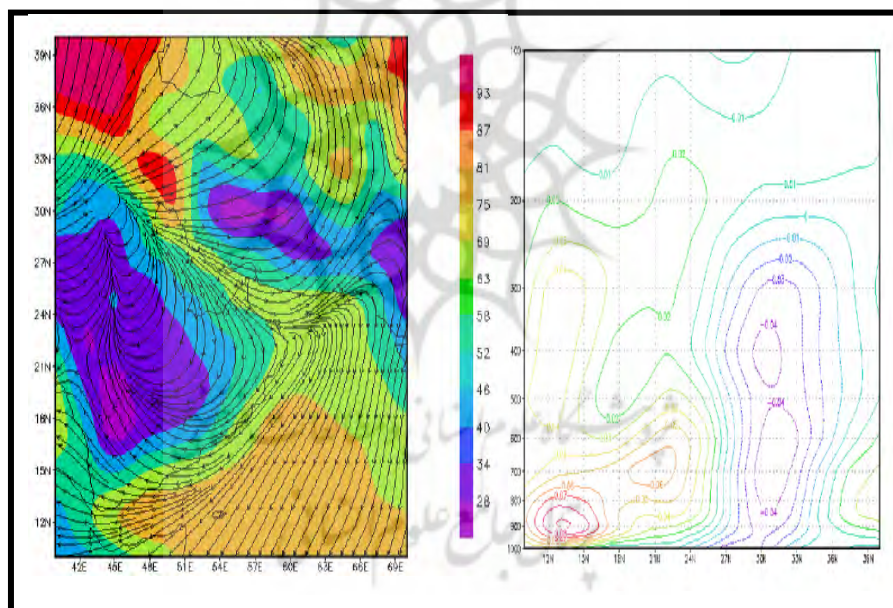
به منظور بررسی تأثیر دمای سطح دریا بر عوامل بارندگی منطقه مورد مطالعه، تأثیر دمای سطح دریا بر روی خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگا مورد بررسی قرار گرفته است. شرایط میانگین در فازهای گرم و سرد دمای سطح دریا در محدوده طول جغرافیایی ۴۰ تا ۷۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۰ تا ۴۰ درجه شمالی به صورت نقشه‌های ترکیبی برای رطوبت نسبی و خطوط جریان و نیمرخ‌های عرضی برای امگا با استفاده از نرم افزار گرادس و بانک اطلاعاتی NCEP تهیه و تحلیل گردید. علت انتخاب این محدوده به دلیل اثرگذاری منابع رطوبتی آن بر بارش‌های منطقه است.

۲-۱- تأثیر دمای سطح دریا در فصل زمستان بر الگوهای بارندگی فصل زمستان

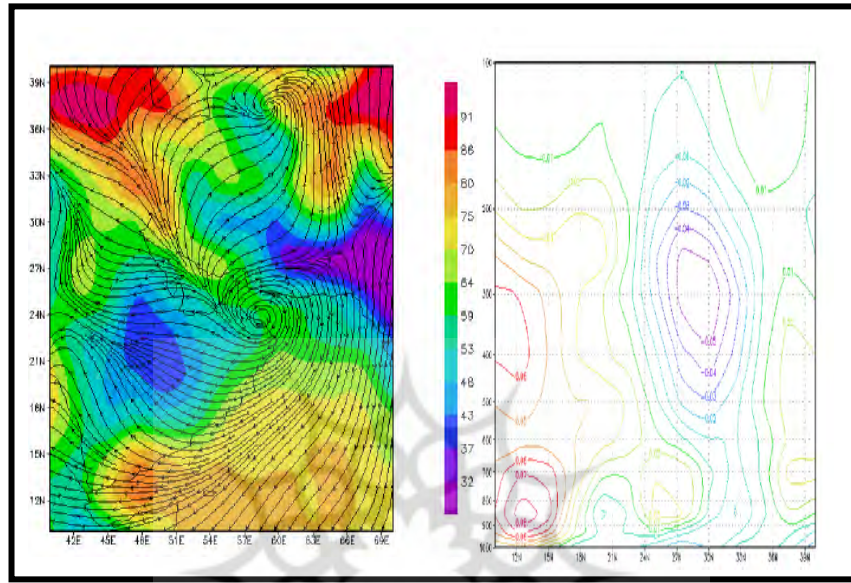
بررسی نقشه‌های مربوط به دوره سرد دمای سطح دریا در فصل زمستان (شکل ۴) و مقایسه آن با میانگین بلندمدت فصل زمستان (شکل ۳) نشان می‌دهد که در دوره سرد دمای سطح دریا در فصل زمستان، هسته خطوط جریان بر روی دریای عمان شکل گرفته و با عبور از روی دریای عمان وارد خشکی‌های شمال این پهنه آبی شده است. میزان رطوبت نسبی در دوره سرد دمای سطح دریا در فصل زمستان در منطقه مورد مطالعه بیشتر از میانگین بلندمدت فصل زمستان بوده و با توجه به نیمرخ تغییرات اومگا شرایط صعود قائم و حرکات عمودی در سواحل خلیج فارس و غرب دریای عمان در دوره سرد دمای سطح دریا در فصل زمستان بیشتر از میانگین بلندمدت فصل زمستان بوده است. با توجه به مسیر حرکت خطوط جریان رطوبت به سواحل دریای عمان و منطقه مورد مطالعه وارد شده و موجبات افزایش میزان بارندگی در دوره سرد دمای سطح دریا در فصل زمستان را نسبت به میانگین بلندمدت آن فراهم آورده است. با بررسی و مقایسه نقشه‌های خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگا در میانگین بلندمدت فصل زمستان، و دوره گرم دمای سطح دریا در فصل زمستان (شکل ۵) مشاهده گردید که الگوی غالب جهت خطوط جریان در هر دو دوره غربی - شرقی بوده و جهت جریان‌ات از دریا به خشکی بوده است با این تفاوت که در دوره گرم دمای سطح دریا در فصل زمستان خطوط جریان مسافت کمتری را بر روی دریا طی نموده‌اند. میزان رطوبت نسبی در دوره گرم دمای سطح دریا در فصل زمستان نسبت به میانگین بلندمدت فصل زمستان میزان کمتری را نشان می‌دهد. شرایط صعودی و حرکات قائم در سطوح پایینی و میانی تروپوسفر در میانگین بلندمدت فصل زمستان شدت بیشتری را نسبت به دوره گرم دمای سطح دریا در فصل زمستان نشان می‌دهد. در نتیجه یکی از دلایل کاهش میزان بارندگی در دوره گرم دمای سطح دریا در فصل زمستان در مقایسه با بارندگی میانگین بلندمدت فصل زمستان و بخصوص فاز سرد دمای سطح دریا، تغییرات دمای سطح دریا بوده و تأثیرات آن در جهت خطوط جریان، میزان رطوبت نسبی و نقشه‌های امگا قابل مشاهده می‌باشد.

۲-۲- تأثیر دمای سطح دریا در بهار بر عوامل بارندگی فصل پاییز

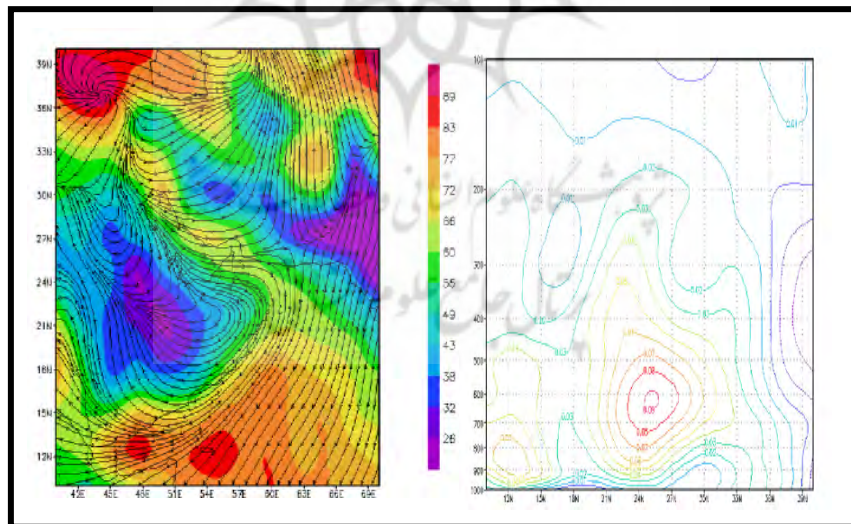
بررسی نقشه‌های خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای برای میانگین بلندمدت فصل پاییز (شکل ۶) و فصل پاییز همزمان با فاز سرد بهاره دمای سطح دریا (شکل ۷) نشان می‌دهد که در فصل پاییز همزمان با فازهای سرد بهاره دمای سطح دریا، خطوط جریان مسیر بیشتری را بر روی دریا طی نموده و جهت جریانات در این دوره به طور کامل از دریا به خشکی بوده است. همچنین میزان رطوبت نسبی در فصل پاییز همزمان با فازهای سرد بهاره نسبت به میانگین بلندمدت فصل پاییز بر روی دریای عمان و خلیج فارس بیشتر از میانگین بلند مدت فصل پاییز می‌باشد.



شکل (۳) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای میانگین بلندمدت فصل زمستان

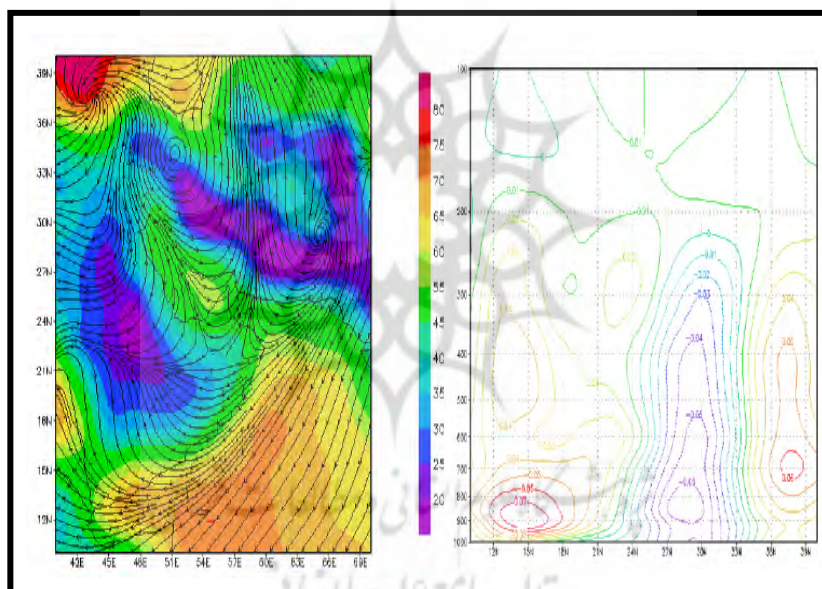


شکل (۴) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای دوره سرد دریا در فصل زمستان

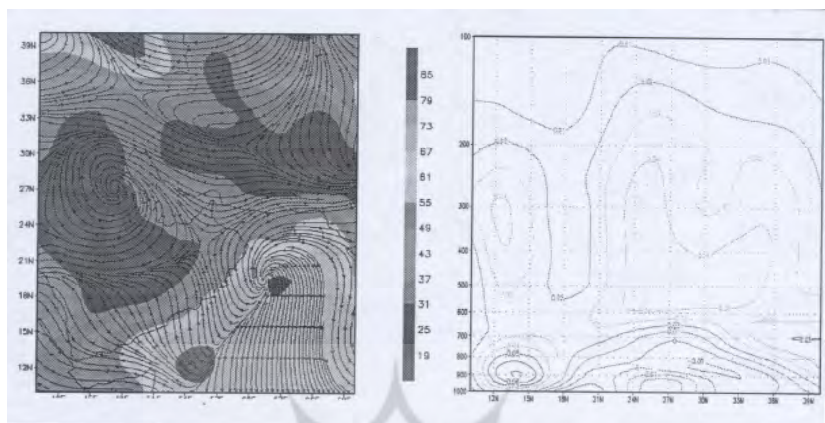


شکل (۵) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای دوره گرم دریا در فصل زمستان

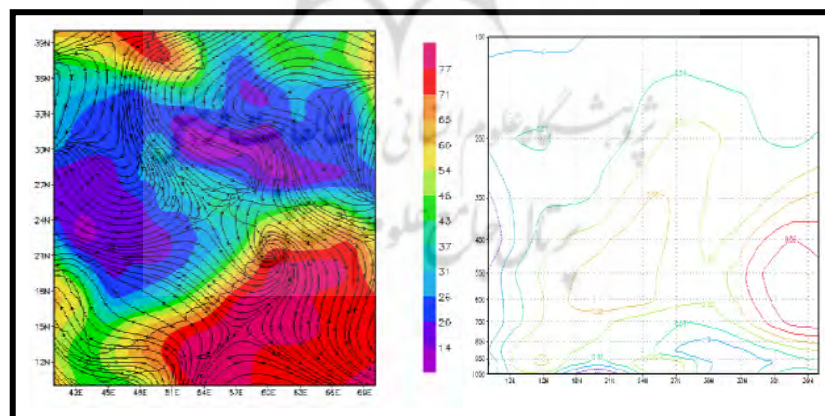
شرایط صعود و میزان حرکات عمودی هوا در سطوح پایینی و میانی تروپوسفر در فصل پاییز همزمان با فازهای سرد بهاره شدت بیشتری نسبت به میانگین بلندمدت فصل پاییز دارد و با توجه به مطالب ذکر شده در بالا می‌توان گفت که یکی از دلایل افزایش میزان بارندگی در فصل پاییز همزمان با فازهای سرد بهاره، تغییر دمای سطح آب دریای عمان می‌باشد که باعث ایجاد تغییراتی در جهت خطوط جریان، رطوبت نسبی و شرایط صعودی و میزان حرکات عمودی هوا شده است.



شکل (۶) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای میانگین بلندمدت فصل پاییز



شکل (۷) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای فصل پاییز همزمان با فاز سرد دمای دریا در بهار مقایسه بارندگی همزمان با فازهای گرم بهاره دمای سطح دریا (شکل شماره ۸) و میانگین حکایت از آن دارد که جهت خطوط جریان بیشتر از خشکی به دریا بوده و میزان رطوبت نسبی طی این شرایط نیز نسبت به میانگین بلندمدت فصل پاییز کمتر بوده است. شرایط صعودی و میزان حرکات عمودی هوا در سطوح پایینی و میانی تروپوسفر نیز نسبت به میانگین بلندمدت فصل پاییز بسیار ضعیف بوده است.

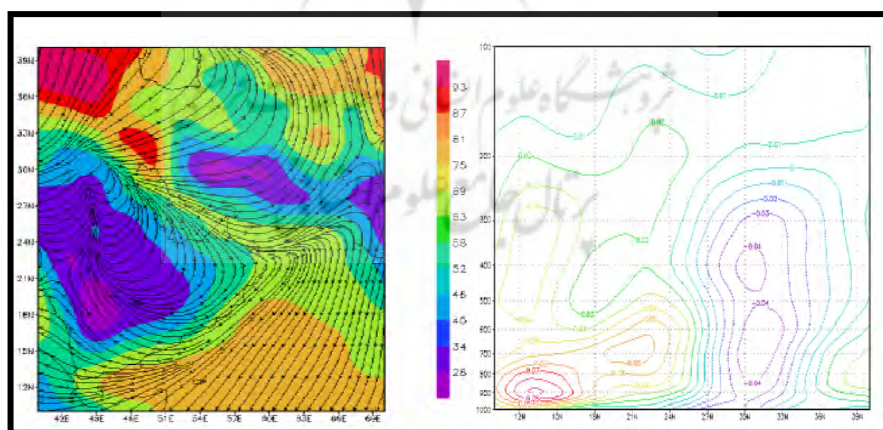


شکل (۸) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای فصل پاییز همزمان با فاز گرم دمای سطح دریا در بهار

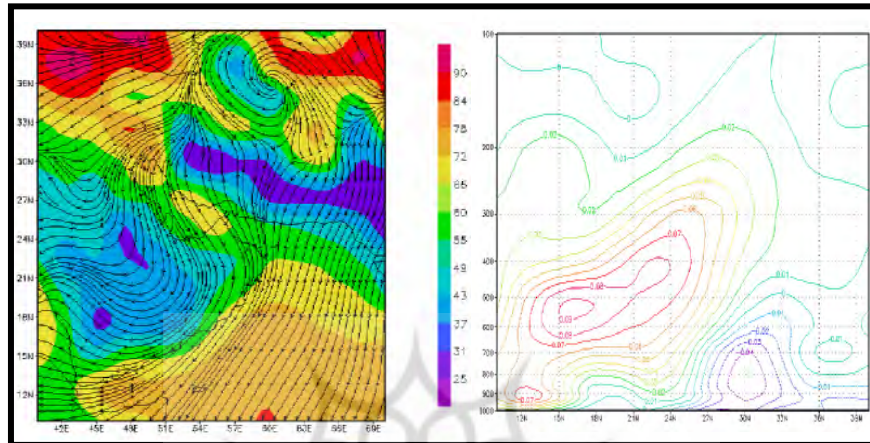
۲-۳- تأثیر دمای سطح دریا در تابستان بر شرایط بارندگی فصل زمستان

مقایسه نقشه‌های خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگا برای میانگین بلندمدت فصل زمستان (شکل ۹) و فصل زمستان همزمان با فازهای سرد تابستانه (شکل ۱۰) نشان داد که طی شرایط میانگین بلندمدت فصل پاییز جهت خطوط جریان از دریا به خشکی بوده در حالی که در الگوی فصل زمستان همزمان با فازهای سرد تابستانه، جهت خطوط جریان از خشکی به دریا بوده است. میزان رطوبت نسبی طی شرایط میانگین بلندمدت فصل زمستان بیشتر از رطوبت نسبی برای همزمان با فازهای سرد تابستانه دمای سطح دریا می‌باشد. شرایط صعودی و حرکات قائم در سطوح مختلف تروپوسفر در میانگین بلندمدت فصل زمستان شرایط بهتری نسبت به فازهای سرد تابستانه داشته است.

شکل‌های شماره ۹ و ۱۱ بارندگی میانگین بلندمدت فصل زمستان را نسبت به بارندگی زمستان همزمان با فازهای گرم تابستانه را نشان می‌دهد. جهت خطوط جریان در هر دو دوره، از دریا به خشکی بوده است با این تفاوت که همزمان با فازهای گرم تابستانه شدت خطوط جریان و مسافت طی شده بر روی دریا نسبت به میانگین بلندمدت فصل زمستان بیشتر بوده است همچنین رطوبت نسبی در مقایسه با میانگین بلندمدت فصل زمستان و فازهای سرد تابستانه مقدار بیشتری را نشان می‌دهد.

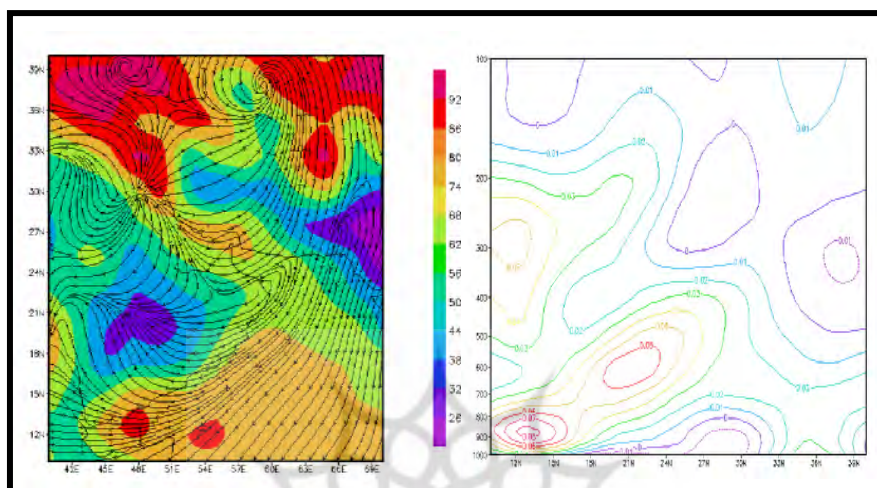


شکل (۹) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگا برای میانگین بلندمدت فصل زمستان



شکل (۱۰) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای فصل زمستان همزمان با فاز سرد دمای سطح دریا در تابستان

حرکات قائم و شرایط صعودی در فصل زمستان همزمان با فازهای سرد تابستانه بر روی منطقه مورد مطالعه و بخصوص دریای عمان در سطوح پایینی تروپوسفر شدت بیشتری داشته است.



شکل (۱۱) نقشه خطوط جریان، رطوبت نسبی و امگای فصل زمستان همزمان با دوره گرم دریا در تابستان

نتیجه گیری

دو شرط اساسی ایجاد بارندگی در یک منطقه، صعود هوا و میزان رطوبت لازم است. در این مقاله تأثیر نوسانات دمایی سطح دریای عمان بر شرایط صعودی هوا و همچنین میزان رطوبت نسبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله حاکی از تأثیرات متفاوت نوسانات دمایی سطح دریای عمان بر روی رطوبت نسبی و امکان شرایط صعودی هوا در فصول مختلف سال و در نتیجه تغییرات بارندگی سواحل شمالی می‌باشد.

نتایج نشان داد وقوع شرایط گرم (سرد) در دمای سطح آب دریای عمان در فصل بهار با کاهش (افزایش) بارندگی در فصل پاییز و زمستان ایستگاه‌های مورد مطالعه همراه شده است. همچنین شرایط گرم (سرد) دمای سطح دریای عمان در فصل تابستان باعث افزایش (کاهش) بارندگی فصل زمستان ایستگاه‌های مورد مطالعه شده است. توجهات همدیدی مورد استناد در این مقاله، همسویی خطوط جریان و گذر طولانی تر آن از روی سطح دریا، افزایش جریانات صعودی و میزان رطوبت نسبی همزمان در فصول پاییز و زمستانی که

دمای بهاره دریا سردتر از حد معمول است را ثابت می‌کند. در فازهای گرم‌تر از حد معمول تابستانه دمای دریا نیز، الگویی مشابه در بارندگی‌های زمستانه سواحل شمالی مشاهده می‌گردد. عموماً در چنین شرایطی جهت غالب جریان‌ها از دریا به خشکی ب‌آوده و باعث بهره‌مندی حداکثری سامانه‌های عبوری از رطوبت دریا می‌شود. وجود دوره‌های سرد دمای سطح آب دریا در بهار باعث ذخیره حرارت در ترموکلاين‌های زیرین گردیده و با توجه به لختی ذاتی پهنه‌های آبی، این ذخیره در فصول سرد به مصرف تبخیر بیشتر از سطح آب و مشارکت در تقویت بارندگی‌های سواحل شمالی می‌گردد. برهم کنش اثر جو و دریا با وجود ذخیره گرمایی فصل تابستان دریای عمان باعث تقویت همرفت سامانه‌هایی می‌شوند که پس از عبور طولانی از منطقه منشاء خود در مدیترانه و دریای سرخ فاقد انگیزه‌های لازم جهت بارندگی‌های فراگیر و قابل توجه طی فصول پاییز و زمستان هستند. بارندگی نیمه آخر آذر ۱۳۸۷ نمونه‌ای از این تأثیر می‌باشد. ساز و کار دقیق‌تر این فرایند نیاز به تحقیقاتی بیشتری دارد که بایستی توسط محققان مرتبط با اقیانوس‌شناسی انجام شود.

منابع

- ۱- حسن زاده، اسماعیل و حسن نجارخدابخش (۱۳۸۱)، «مطالعه دمای سطح آب و انتقال اکمن در ناحیه خلیج فارس»، *مجله پژوهشی فیزیک ایران*، جلد ۳، شماره ۳، ص ۲۱۳.
- ۲- ناظم السادات، سیدمحمدجعفر و امین شیروانی (۱۳۸۴)، «پیش‌بینی دمای سطح آب خلیج فارس با استفاده از رگرسیون چندگانه و تحلیل مولفه‌های اصلی»، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال نهم، شماره سوم، ۱۰-۱.
- ۳- ناظم السادات، سیدمحمدجعفر (۱۳۷۷)، «بررسی دمای آب خلیج فارس بر بارندگی‌های جنوب ایران»، *نیوار*، شماره ۳۸، ۳۳-۴۶.
- ۴- ناظم السادات، سیدمحمدجعفر و احمدرضا قاسمی (۱۳۸۳)، «تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر بر بارندگی فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران»، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال هشتم، شماره چهارم، ۱۴-۱.
- ۵- نجار پورفروشانی، محمدعلی (۱۳۷۷)، «تولید انرژی از امواج ناشی از باد در سواحل جنوبی ایران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی.
- 6- Barrett, S., Bradford, (2007), "Relationship between Sea Surface Temperature Anomalies and Precipitation across Turkey, *International Journal of Climatology*, 22. pp: 197-217.
- 7- Clark, C.O., Cole, J. E. and Webster, P.J., (2000), "Indian Ocean SST and Indian Summer Rainfall: Predictive Relationships and Their Decadal Variability, *Journal of Climatology*, 13, 2503-2519.
- 8- Emanuel, K., (2007), "Environmental Factors Affecting Tropical Cyclone Power Dissipation", *Journal of Climate*, 15 Nov. 2007, Vol 20, pp 5500.
- 9- Fernandes.A.S. Gandu.A.W.Ramos. A.M.Souza.A.L, (2003), "F.Influence of Sea Surface Temperature in Climate Numerical Simulations over Brazilian Northeast, *International Journal of Climatology*, Vol. 27, pp.316-329

- 10- Hulme and Kelly, M. Hulme and M. Kelly, (1993) Exploring the Links between Desertification and Climate Change, *Environment*, 35, pp. 4-11.
- 11- Jiang, J, Perrie, W., (2007), “The Impacts of Climate Change on Autumn North Atlantic Midlatitude Cyclones”, *Journal of Climate*, Vol 20, Apr., pp 1174.
- 12- Lau, K.M. and Weng, H, (2001), “Coherent Modes of Global SST and Summer Rainfall over China: An Assessment of the Regional Impacts of the 1997-98 El Nino, *Journal of Climate*, 14, 1294-1308.
- 13- Loschnigg, J. and Webster, P.J, (2000), “A Coupled Ocean-atmosphere System of SST Regulation for the Indian Ocean, *Journal of Climatology*, 13, 3342-3360.
- 14- Luis, A.J. and H. Kawamura, (2002), A Case Study of SST Cooling Dynamics Near the Indian Tip during May 1997, *Journal of Geophysical Research.*, 3171, doi: 10.1029/2000JC000778.
- 15- Luis, A. J. and H. Kawamura, (2001), Characteristics of Atmospheric Forcing and SST Cooling Events in the Gulf of Mannar during Winter Monsoon, *Remote Sensing and Environment*, 77, 1-10.
- 16- Luis, A.J. and H. Kawamura, (2004), “Air-Sea Interaction, Coastal Circulation and Primary Production in the Eastern Arabian Sea: A Review”, *Journal of Oceanography*, Vol. 60, pp. 205 to 218
- 17- MacKenzie, B.R., Schiedek, D, (2007), “Long-term Sea Surface Temperature Baselines Time Series, Spatial co Variation and Implications for Biological Processes, *Journal of Marine Systems*, 68, 405-420.
- 18- Nikaidou, Y, (1988), “Effects of High SST Anomaly over the Tropical Western Pacific on Climates Predicted in 4-month Integrations of the Global Spectral Model T42, *Research Activities in Atmosphere and Ocean Modeling*, G.J. Boer, Ed., WMO/ TD, 263, 7, 19-20.

- 19- Tarighmasood, A, Dawan, A.Q, Tad, M, Majajul, M.S, (2004), "Seasonal and Interannual Sea Surface Temperature Variability in the Coastal Cities of Arabian Sea and Bay of Bengal", *Natural Hazards*, 31, pp549-560.
- 20- Trenberth, K.E., (2005), "Uncertainty in Hurricanes and Global Warming", *Science*, 308, 1753–1754.
- 21- Vecchi.A.Gabriel. Harrison. D.E, (2003), "Indian Continental Rainfall and" Indian Ocean SST, *Geophysical Research Letters*, 23, pp 3305-3308.
- 22- Vermette S, (2007), "Storms of Tropical Origin: A Climatology for New York State", USA (1851-2005), *Natural Hazards*, 42: 91-103.
- 23- Vermette., S, (2007), "*Storms of Tropical Origin: A Climatology for New York*".
- 24- Weng, H, (2005), "The Influence of the 11-yr Solar Cycle on the Interannual-centennial Climate Variability", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*", 67 pp793-805.