

تاثیر نوسانات ماهانه دمای آب دریای مدیترانه بر نوسان ماهانه بارش‌های شمال غرب ایران

میترا امینی*^۱، غلامرضا براتی^۲، علیرضا شکیبا^۳، محمد مرادی^۴، مصطفی کریمپور^۵

۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۳- دانشیار گروه سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۴- استادیار پژوهشگاه هواشناسی تهران

۵- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۸

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳

چکیده

تاثیر دمای سطح آب دریا (SST) بر مقدار بارش محدود به ساحل نبوده و نواحی دور از دریا را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. تشخیص همبستگی بین SST و بارش نقش موثری در پیش‌بینی خشکسالی و ترسالی مناطقی که تحت تاثیر نوسانات دمای آب قرار می‌گیرند خواهد داشت. در پژوهش حاضر به منظور شناخت بهتر از شرایط بارشی، ارتباط نوسان ماهانه SST مدیترانه با بارش شمال غرب ایران بررسی می‌گردد. پس از مشخص کردن دوره‌های سرد و گرم دمای ماهانه سطح آب دریای مدیترانه نسبت به دمای میانگین آن در دوره آماری (۲۰۱۴-۱۹۸۲)، میزان همبستگی بین SST و بارش در سطح منطقه محاسبه گردید. نتایج نشان داد تاثیر SST بر نوسان بارش منطقه از نظر زمانی و مکانی متفاوت است و بارش ماه‌های مارس، آوریل و می بیشترین همبستگی (در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد) را با دمای آب دارد. گرم بودن SST در تمام سطح دریای مدیترانه در ماه سپتامبر با کاهش بارش در ماه نوامبر و سرد بودن SST غرب دریا در ماه نوامبر و دسامبر با کاهش بارش این دو ماه همبستگی نشان داد. بین سرد بودن SST غرب دریا در فوریه و کاهش بارش ماه آوریل، هم‌چنین سرد بودن SST شرق دریا در ماه مارس و کاهش بارش ماه مارس و ماه می ارتباط معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین ارتباط معنی‌داری (در سطح اطمینان ۹۵ تا ۹۹ درصد) بین گرم بودن SST تمام دریا و افزایش بارش ماه آوریل در منطقه شمال غرب مشاهده شد. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد هرچند براساس رابطه همبستگی بین SST و بارش، شناخت کلی از شرایط بارش امکان‌پذیر می‌باشد، معذالک بررسی شرایط سینوپتیک-ترمودینامیکی جو چگونگی این ارتباط را توجیه خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: SST، دریای مدیترانه، نوسان بارش، شمال غرب ایران.

مقدمه

اقیانوس‌ها و دریاها به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی بالا منبع اصلی انرژی و رطوبت برای اتمسفر می‌باشند و تغییرات سطح آب اثر مهمی روی نوسانات اقلیمی خشکی‌ها دارد (بری و همکاران، ۲۰۰۴). تاثیر دمای سطح آب دریا بر مقدار بارش محدود به نقاط ساحلی نبوده، بلکه نواحی بسیار دور از دریا نیز می‌توانند تحت تاثیر تغییرات الگوهای دمای سطح گستره‌های آبی قرار گیرند (ناظم‌السادات و قاسمی، ۱۳۸۳). ارتباط بین دمای پهنه‌های اقیانوسی و بارش مناطق مختلف کره زمین مورد توجه محققان زیادی بوده است. از جمله می‌توان به بررسی همبستگی بین دمای اقیانوس آرام و بارش بخش‌هایی از قاره آمریکا، کشورهای واقع در دریای کارائیب، جنوب شرق آسیا، استرالیا و آفریقا (لی و ژنگ، ۲۰۰۷؛ لیم و همکاران، ۲۰۰۷، مارکوسکی و نورس، ۲۰۰۳؛ مایسرا، ۲۰۰۳؛ ویره، ۱۹۸۷) اشاره کرد. بالاس و کلاتر (۲۰۰۷) به این نتیجه رسیدند که بارش آفریقای حاره‌ای غربی در ماه‌های مارس-آوریل-می (MAM) با دمای سطح اقیانوس آرام و در ماه‌های ژوئن-ژوئیه-اوت (GGA) با اقیانوس اطلس مرتبط است. (لین و همکاران، ۲۰۱۵) تاثیر SST^۲ شمال غربی اقیانوس آرام استوایی بر نوسانات بین‌سالانه بارش پاییزه جنوب غربی چین را بررسی کردند. تحلیل آماری آنها نشان داد که بارش جنوب غربی چین همبستگی منفی با SST شمال غربی اقیانوس آرام دارد. و گرم بودن شمال غربی اقیانوس آرام گسترش شرایط خشک در جنوب غربی چین را به همراه دارد که این امر با فرایندهای دینامیکی مرتبط است. (هاتزاکی و رنگانگو، ۲۰۱۵) نوسان بارندگی زمستانه جنوب شرقی اروپا را در ارتباط با SST اطلس شمالی مطالعه کردند. که در تحقیق آنها تحلیل تابع متعامد تجربی (EOF)

داده‌های بارش زمستانی نشان داد که اولین EOF که حدود ۴۴ درصد از تغییرات بین سالانه را شرح می‌دهد رفتار یکنواختی در کل منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد و بشدت با آنومالی‌های SST اطلس شمالی مرتبط است. ارتباط مشاهده شده بین SST اطلس شمالی و بارش زمستانه جنوب غربی اروپا را می‌توان به پاسخ یک نوع موج رزبای به آنومالی‌های SST استوایی شامل یک الگوی موج از غرب اطلس مداری تا اروپا نسبت داد. میزان بارش فصل پاییز در جنوب شرق ایران در فازهای گرم بطور معنی‌داری بیشتر از فاز سرد انسو بوده و حداکثر بارش پاییزه در اکثر ایستگاه‌های منطقه با قویترین النینو سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۷۷ منطبق است (غیور و خسروی، ۱۳۸۰). ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه پیش‌بینی بارش مناطق جنوبی ایران با استفاده از دمای سطح آب خلیج فارس با مدل تحلیل همبستگی متعارف به این نتیجه رسیدند که نوسان‌های خلیج فارس در مقابل سواحل بوشهر نقش موثری در توجیه نوسانات بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه دارد. نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی با میزان بارش زمستانه ایران ارتباط بیشتری نسبت به بارش پاییزه دارند (یاراحمدی و عزیز، ۱۳۸۶). هم‌چنین رویداد فاز منفی نوسان اطلس شمالی افزایش بارش در ایران را به دنبال دارد (صلاحی و همکاران، ۱۳۸۶؛ خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۸۷). بررسی الگوهای ناهنجاری دمای سطح اقیانوس هند در دوره ترسالی و خشکسالی نشان می‌دهد که تغییرات دمای اقیانوس هند نقش مهمی در نوسانات بارش و ترسالی و خشکسالی استان‌های جنوب کشور دارد (قاسمی و خلیلی، ۲۰۰۸؛ جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰). رسولی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین کانون‌های تغییر دما در فصل

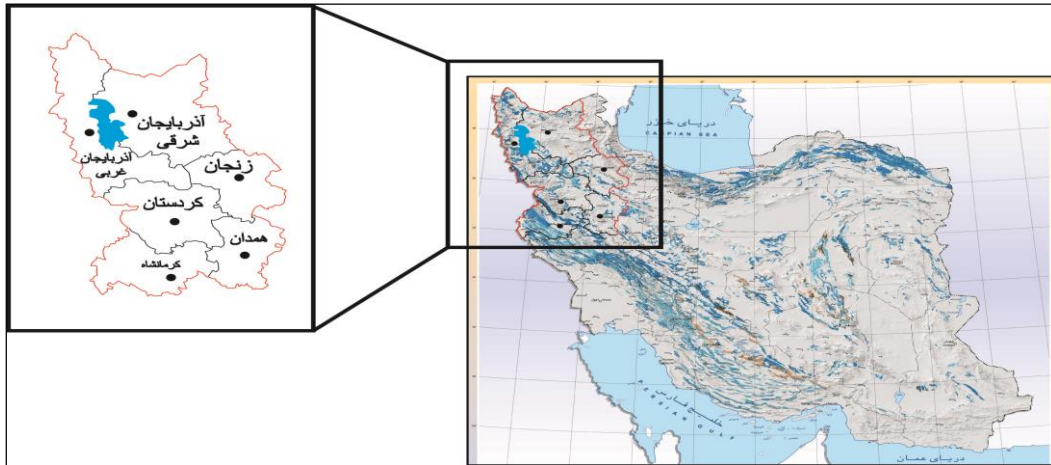
2-Sea surface temprature

تأثیرپذیری زیادی از SST منابع رطوبتی یاد شده دارد. با توجه به مطالب مطرح شده هدف از این پژوهش، بررسی ارتباط بارش‌های ماهانه شمال غرب ایران با نوسانات دمای سطح آب دریای مدیترانه به‌عنوان یکی از منابع رطوبت بارش‌های ایران است. این تحقیق دارای سه وجه تمایز نسبت به پژوهش‌های مشابه می‌باشد، الف) تقسیم دریای مدیترانه به بخش‌های شرقی و غربی و بررسی اثر هر یک از این قسمت‌ها بطور جداگانه بر بارش‌های شمال غرب ایران، ب) بررسی داده‌ها بصورت ماهانه بجای فصلی و ج) با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از بارش‌های منطقه مورد مطالعه در فصل بهار رخ می‌دهد در این تحقیق علاوه بر بررسی ارتباط بارش و دمای آب در ماه‌های پاییز و زمستان، از داده‌های فصل بهار نیز استفاده شده است.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران در محدوده ۳۳ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۵۰ درجه طول شرقی واقع شده است که شامل استان‌های آذربایجان شرقی- آذربایجان غربی- زنجان- کردستان- همدان و کرمانشاه (شکل ۱) و محدوده دریای مدیترانه (۵ درجه غربی تا ۳۶ درجه شرقی و ۳۰ تا ۴۵ درجه شمالی) می‌باشد (شکل ۲). این سرزمین از یک سو تحت‌تأثیر سیستم‌های آب‌و- هوایی مناطق حاره و جنب حاره است و از سوی دیگر، از شرایط آب‌وهوایی عرض‌های میانه به‌ویژه سیستم بادهای غربی بهره‌مند می‌شود. دریای مدیترانه یکی از منابع اصلی تامین رطوبت بارش‌های غرب ایران است که در تحقیق حاضر ارتباط بین نوسان دمای سطح آب دریای مدیترانه و بارش استان‌های شمال غرب ایران بررسی می‌شود.

پاییز در اقیانوس هند و دریای عرب، در زمستان در غرب اقیانوس هند، شرق دریای مدیترانه و دریای سیاه و در فصل بهار در اقیانوس هند و دریای مدیترانه واقع هستند. رنجبر سعادت آبادی و ایزدی (۱۳۹۲) در بررسی ارتباط بی‌هنجاری‌های دمای سطح آب اقیانوس هند و دریای عرب با بی‌هنجاری‌های بارش نیمه جنوبی ایران نشان دادند که بردار شار رطوبت ویژه و خطوط جریان در ترازهای پایین جو به گونه‌ای است که در زمان فعالیت سامانه‌های کم‌فشار دینامیکی، شرایط مناسبی برای تغذیه رطوبت از روی دریای عرب، دریای سرخ و خلیج فارس فراهم می‌شود. و بیشترین ضریب همبستگی مربوط به دریای عرب در ماه‌های اکتبر، نوامبر، ژانویه و فوریه بوده است. (گندمکار و همکاران، ۱۳۹۳) در بررسی رابطه الگوهای پیوند از دور با متوسط دمای ماهانه و متوسط بارش ماهانه شهرکرد به این نتیجه رسیدند که الگوهای EA/WR، EP/NP، WP، NAO، POL Pacific SST، Soi با دما یا بارش یا هر دو، همبستگی معناداری را نشان می‌دهند. الگوی Soi فقط با بارش دارای ارتباط معنادار در سطح ۰/۹۵ است و با دما همبستگی معناداری نشان نمی‌دهد. ولی الگوی EA/WR فقط با دما دارای ارتباط معنادار در سطح ۰/۹۹ است و با بارش همبستگی معناداری نشان نمی‌دهد. یکی از مهم‌ترین موارد مطالعات اقلیمی، شناخت روابط موجود بین متغیرهای مورد مطالعه است. تبیین روابطی که در بین این نوع متغیرها وجود دارد، باعث خواهد شد بتوان پیش‌بینی‌های لازم را به منظور برنامه‌ریزی انجام داد. کشور ایران به دلیل قرارگیری در مسیر منابع رطوبتی دریای مدیترانه، خلیج فارس، دریای عمان، دریای خزر، دریای سیاه و اقیانوس هند



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲: موقعیت دریای مدیترانه (نسبت به منطقه مورد مطالعه) و محدوده شرقی غربی این دریا (فلوکاس و همکاران، ۲۰۱۰)

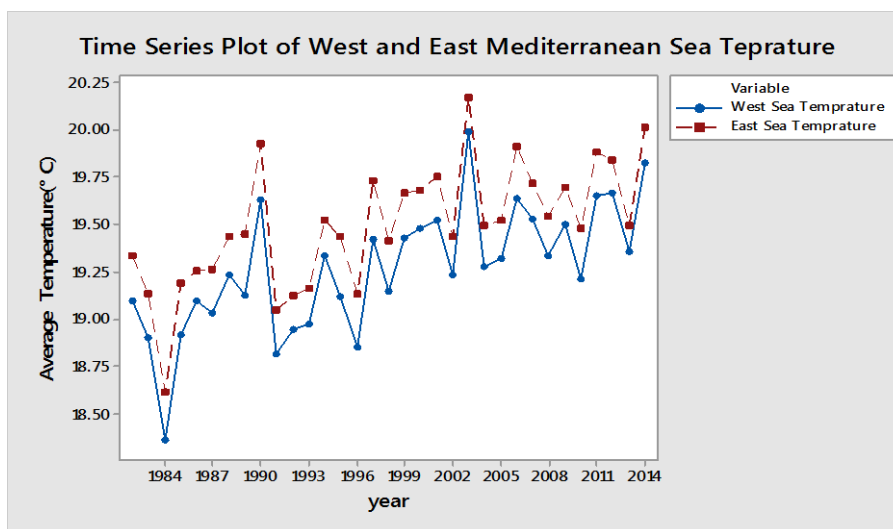
مواد و روش‌ها

در این تحقیق در دوره آماری سی و سه ساله از ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۴، از دو سری داده شامل دمای ماهانه سطح آب دریای مدیترانه و بارش روزانه استان‌های شمال غرب کشور استفاده شد. داده‌های ماهانه دمای سطح آب دریای مدیترانه با تفکیک مکانی ۱×۱ درجه در این دوره آماری از سایت اینترنتی ناسا بدست آمد (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/>) ([/data.noaa.oisst.v2.html](http://data.noaa.oisst.v2.html)). داده‌های بارش نیز از (اول اکتبر تا آخر ژوئن) برای دوره آماری انتخابی

از دو منبع ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور و بارانسنجی وزارت نیرو تهیه شد. در ابتدا با توجه به طول دوره آماری در نظر گرفته شده در پژوهش حاضر (۲۰۱۴-۱۹۸۲) شرایط ایستگاه‌ها از نظر کامل بودن داده‌ها بررسی شد. در نهایت ایستگاه‌هایی که فاقد شرایط بودند (نداشتن داده در طول دوره آماری مورد نظر، نداشتن داده در چند سال متوالی و ناقص بودن داده‌ها و تازه تاسیس بودن نسبت به طول دوره آماری در نظر گرفته شده) حذف شدند. که نهایتاً ۶۰ ایستگاه (۸ ایستگاه سینوپتیک و ۵۲ ایستگاه بارانسنجی) در

مدیترانه در دوره آماری (۲۰۱۴-۱۹۸۲) افزایشی است. پس از محاسبه میانگین دمای ماهانه سطح آب دریا، دوره‌های سرد و گرم آب دریا نسبت به دمای پایه خود دریا مشخص شد. بدین صورت که در محیط minitab چارک اول و سوم میانگین ماهانه دمای سطح آب دریا برای هر ماه در طول ۳۳ سال بدست آمد. دماهای برابر یا کوچکتر از چارک اول به‌عنوان دوره‌های سرد و دماهای برابر یا بزرگتر از چارک سوم به‌عنوان دوره‌های گرم آب دریا انتخاب شدند (نظام السادات و قاسمی، ۲۰۰۴). در محیط minitab ضریب همبستگی بارش‌های ماهانه ماه‌های متناظر و دو ماه متأخر با دمای آب دریا به روش پیرسون محاسبه شد. در نهایت در دوره‌های گرم و سرد آب دریا که همبستگی بالایی با بارش‌ها داشتند درصد کاهش یا افزایش بارش تحت تاثیر نوسان دمای آب محاسبه شد. هم‌چنین شرایط همدید دو نمونه موردی که ارتباط معنی‌داری با کاهش/افزایش بارش داشتند با استفاده از نقشه‌های جریان باد و امگا بررسی شد.

نظر گرفته شد. با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های در نظر گرفته شده در سطح هر استان، میانگین بارش ماهانه برای هر استان در هر ماه برای دوره آماری ۳۳ ساله بدست آمد. میانگین (حسابی) دمای سطح آب دریا با داده‌های بدست آمده در ۲۹۴ نقطه در سطح دریا یکبار برای کل دریا و یکبار با تقسیم دریا به دو قسمت شرق و غرب (فلوکاس و همکاران، ۲۰۱۰)، برای هر قسمت جداگانه محاسبه شد (شکل ۲). با توجه به طول جغرافیایی گسترده (حدود ۴۰ درجه) دریای مدیترانه و تفاوت شرایط جغرافیایی و دمایی، این دریا به بخش‌های شرقی و غربی تقسیم شده است. از آنجا که دمای شرق دریا در طول دوره آماری مطالعه شده گرم‌تر از غرب دریاست (شکل ۳)، احتمال تاثیر دوگانه این دو بخش بررسی شد. در برخی از ماه‌ها نوسان SST در شرق و غرب دریا هم‌زمان نبوده است. بنابراین پیش‌فرض تاثیرگذاری دوگانه نوسان SST شرق و غرب دریای مدیترانه قابل بحث است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود روند SST دریای



شکل ۳: دمای میانگین ۳۳ ساله در شرق و غرب دریا

بحث و نتایج

هدف اصلی این تحقیق بررسی میزان ارتباط نوسان ماهانه بارش استان‌های شمال غرب ایران با نوسان دمای سطح آب دریای مدیترانه می‌باشد. نوسان دمای سطح آب دریای مدیترانه تنها عامل تأثیرگذار بر بارش منطقه نیست و در زمان‌های مختلف عوامل متعددی می‌تواند بر آن تأثیرگذار باشد. بنابراین تأثیر دمای آب بر بارش می‌تواند از نظر زمانی و مکانی کم و زیاد شود. در این راستا پس از تعیین دوره‌های گرم و سرد آب دریا و بررسی ضریب همبستگی بین بارش و دمای آب در این دوره‌ها، میزان افزایش/کاهش بارش دوره‌هایی که رابطه معنی داری بین SST مدیترانه و بارش منطقه وجود داشت مورد بررسی قرار گرفت.

-همبستگی SST ماه‌های تابستان و پاییز دریای مدیترانه با بارش ماهانه فصل پاییز: در این بخش نوسان میانگین بارش ماهانه در سطح استان‌های مورد مطالعه، در فصل پاییز شامل سه ماه اکتبر، نوامبر و دسامبر در ارتباط با میانگین ماهانه SST دریای مدیترانه در ماه‌های آگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر بررسی شده است. تأثیر دمای آب دریا بر بارش ممکن است با تأخیر زمانی صورت گیرد، بنابراین ارتباط SST با بارش ماه متناظر و دو ماه بعد از آن نیز بررسی شد. لازم به ذکر است در این تحقیق منظور از گرم/سرد بودن SST، بالاتر/پایین‌تر بودن دمای سطح آب دریا نسبت به میانگین بلند مدت (۲۰۱۴-۱۹۸۲) می‌باشد. بین نوسان SST در ماه‌های تابستان و بارش ماه‌های پاییز، بجز ماه سپتامبر در سایر ماه‌ها ارتباط معنی‌داری دیده نشد. بین گرم بودن SST در ماه سپتامبر و کاهش بارش ماه نوامبر منطقه ارتباط وجود دارد که بیشترین مقدار همبستگی در دو استان آذربایجان غربی و کردستان (در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد) و کمترین همبستگی در استان همدان

مشاهده می‌شود (جدول ۱). در این خصوص می‌توان گفت که به واسطه حاکمیت پرفشار جنب حاره‌ای در فصل تابستان تا اوایل پاییز بر روی دریای مدیترانه و همچنین خاورمیانه، تأثیرات این دریا بر روی بارش ایران تابع جابه‌جایی مداری و نصف-النهاری پرفشار جنب حاره‌ای است. زمانی که SST شرق دریا در ماه اکتبر گرم بوده ارتباط معناداری (در سطح اطمینان ۹۹ درصد) با افزایش بارش ماه اکتبر در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و استان کردستان دارد اما در سایر استان‌ها ارتباط معنادار دیده نشد. مقدار افزایش بارش در این ماه در آذربایجان غربی و شرقی به ترتیب ۱۴ و ۱۰ درصد و در کردستان ۱۴ درصد بوده است. هم-چنین سرد بودن غرب دریا در ماه نوامبر و دسامبر با کاهش بارش ماه نوامبر و دسامبر در منطقه مورد مطالعه همبستگی نشان داد (جدول ۱). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود بالاترین سطح معنی‌داری در ماه نوامبر در استان کرمانشاه و همدان و در ماه دسامبر در استان‌های آذربایجان غربی و همدان مشاهده می‌شود که سطح معنی‌داری در این دو استان بیش از ۹۵ درصد و در سایر استان‌ها ۷۰ تا ۹۰ درصد است. در سایر موارد ارتباط معناداری بین نوسان و بارش مشاهده نشد. البته باید در نظر داشت که افزایش/کاهش در SST می‌تواند مستقل از رژیم‌های دینامیک منجر به افزایش/کاهش محتوی بخار آب در تروپوسفر پایینی شود. اما دینامیک عمودی نیز نقش مهمی در تغییرات محتوی بخار آب بویژه در تروپوسفر بالایی و میانی دارد. به‌رحال به‌طور سیستماتیک محتویات بخار آب در تروپوسفر میانی و بالایی بدون ارتباط با SST نیست و به‌صورت هم‌زمان علاوه بر SST، بستگی به دینامیک و ترمودینامیک دارد (چین-پیر و همکاران، ۱۹۹۸). در اینجا به نمونه موردی نوامبر سال ۱۹۹۶ اشاره می‌شود. در این ماه

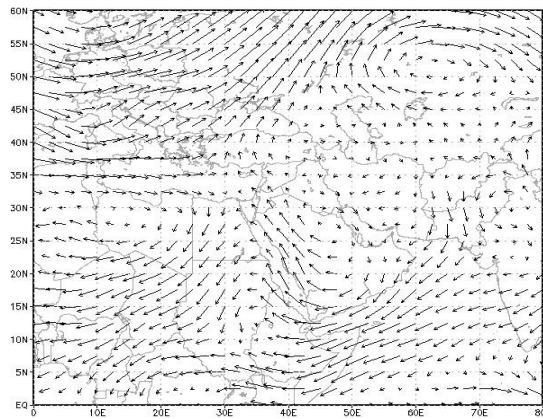
ایران تا شرق دریای مدیترانه جهت جریانات شرقی، جنوب شرقی و شمالی جنوبی است که به پراکنش رطوبت از منطقه کمک می‌کند. مقدار امگا به وسیله مقدار چرخش و همرفت وزشی گرم (یا سرد) در اتمسفر مشخص می‌شود. مقادیر زیاد آن نشان دهنده جریانات قوی عمودی در جو است. مقادیر مثبت جریانات نزولی و منفی جریانات صعودی را نشان می‌دهد. در صورت قوی بودن جریانات صعودی و فراهم بودن رطوبت بارش نازل می‌شود (خسروی و همکاران، ۱۳۹۰). نقشه میانگین بلند مدت امگا در ماه نوامبر (شکل ۶) نشان می‌دهد که شمال غرب ایران تحت تاثیر امگای کمتر از ۰/۰۱- قرار دارد که نشان دهنده جریانات صعودی است، اما در نوامبر سال ۱۹۹۶ (شکل ۷) میزان امگا در منطقه بیشتر از ۰/۰۱+ است که حاکی از جریانات نزولی و پایداری جوی می‌باشد.

دمای غرب دریا نسبت به میانگین بلند مدت سرد بوده و با کاهش بارش ماه متناظر خود همبستگی داشته است. در نقشه میانگین بلند مدت جریان باد ماه نوامبر (شکل ۴) مشاهده می‌شود که جریانات غربی- شرقی از روی دریای مدیترانه و جریانات جنوب غربی- شمال شرقی از دریای سرخ، در غرب ایران همگرا شده‌اند و رطوبت را به غرب ایران انتقال می‌دهند. اما نقشه جریان باد ماه نوامبر ۱۹۹۶ (شکل ۵) نشان می‌دهد گرچه بر روی دریای مدیترانه جریان باد غربی است اما در شرق این دریا به سمت شمال تغییر مسیر داده است و جریانات جنوبی که با جهت جنوب شرقی- شمال غربی در شرق دریای سرخ تا شرق دریای مدیترانه تداوم دارد با بادهای جنوبی- شمالی شرق دریای مدیترانه همگرا شده‌اند. بنابراین رطوبت دریای مدیترانه و آب‌های جنوب به غرب ایران نمی‌رسد. و از غرب

جدول ۱: میزان همبستگی SST در ماه‌های تابستان و پاییز با بارش ماه‌های پاییز

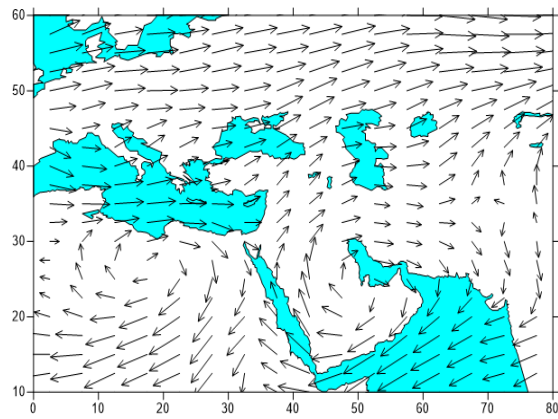
استان	درصد افزایش/کاهش بارش	SST سرد غرب دریا در دسامبر/ بارش دسامبر	درصد افزایش/کاهش بارش	SST سرد غرب دریا در نوامبر/ بارش نوامبر	درصد افزایش/کاهش بارش	SST گرم کل دریا در سپتامبر/ بارش نوامبر
آذربایجان غربی	-۶	*۰/۶۳	-۳/۵	۰/۶۳	-۱۰/۱۴	*-۰/۷۴
آذربایجان شرقی	-۵/۸	۰/۴۷	-۵/۸	۰/۴۷	-۱۶/۴۳	-۰/۶۰
کردستان	-۱۰/۸	۰/۵۶	-۱۱	۰/۵۶	-۱۰/۶۳	*-۰/۶۵
زنجان	-۱۰	۰/۴۹	-۱۰	۰/۴۹	-۱۳/۱۷	-۰/۵۹
کرمانشاه	-۱۳/۳	۰/۶۶	-۲۰/۷	*۰/۶۶	-۱۵/۸۱	-۰/۵۵
همدان	-۱۲	**۰/۷۵	-۲۰/۶	**۰/۷۵	-۱	-۰/۴۷

* در سطح اطمینان ۹۵ درصد بدین معنی است که P Value محاسباتی رابطه همبستگی کوچکتر از ۰,۰۵ باشد.
** در سطح اطمینان ۹۹ درصد بدین معنی است که P Value محاسباتی رابطه همبستگی کوچکتر از ۰,۰۱ باشد.



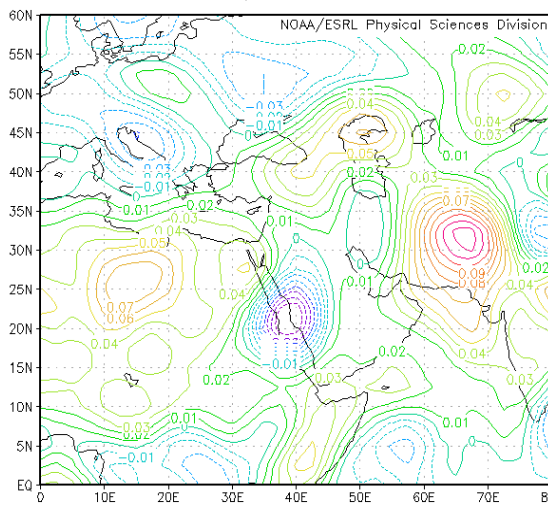
شکل ۵: میانگین میدان باد ماه نوامبر سال ۱۹۹۶ در

تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



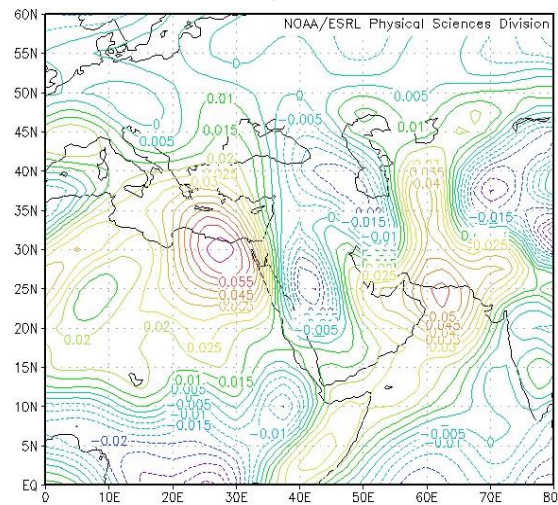
شکل ۴: میانگین ۳۰ ساله میدان باد ماه نوامبر در تراز

۸۵۰ هکتوپاسکال



شکل ۷: میانگین میدان امگا ماه نوامبر سال ۱۹۹۶ در

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۶: میانگین ۳۰ ساله میدان امگا ماه نوامبر در تراز

۵۰۰ هکتوپاسکال

شرق دریا در این ماه (بجز دو استان آذربایجان شرقی و غربی) همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهد. و بیشترین میزان همبستگی در سطح اطمینان ۹۹ درصد در استان‌های کردستان و زنجان مشاهده می‌شود (جدول ۲). میزان کاهش بارش این ماه در کردستان ۱۰ درصد و در آذربایجان شرقی ۱۵ درصد است.

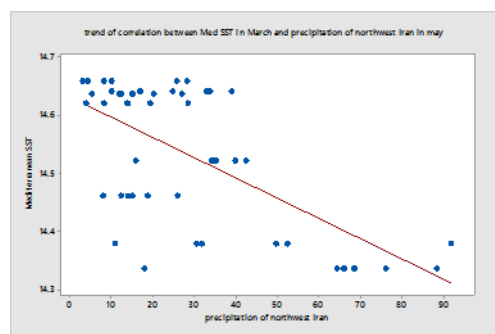
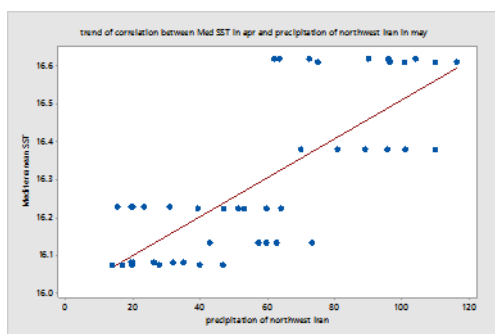
همبستگی SST ماه‌های پاییز و زمستان دریای مدیترانه با بارش ماهانه فصل زمستان: در بررسی ارتباط دمای ماهانه سطح آب دریا در ماه‌های پاییز با بارش ماه‌های زمستان مشخص شد که ارتباط معناداری بین SST ماه‌های پاییز و بارش ماه‌های زمستان وجود ندارد. در فصل زمستان در ماه مارس بین بارش و SST ارتباط وجود دارد. بدین صورت که کاهش بارش در ماه مارس با سرد بودن SST

جدول ۲: میزان همبستگی SST ماههای زمستان با بارش ماههای زمستان و بهار

استان	درصد افزایش/کاهش بارش	SST سرد شرق دریا در مارس / بارش می	درصد افزایش/کاهش بارش	SST سرد غرب دریا در فوریه / بارش آوریل	درصد افزایش/کاهش بارش	SST سرد شرق دریا در مارس / بارش می
آذربایجان غربی	-۲۳/۴	*-۰/۶۸	-۳	**۰/۷۷	-	-۰/۲
آذربایجان شرقی	-۱۸/۹	**۰/۸۰	-۸/۷	۰/۴۰	-	-۰/۰۷
کردستان	-۲۴/۸۲	*-۰/۷۰	-۵/۸	*۰/۶۴	-۱۰	**۰/۸۱
زنجان	-۱۰/۷۲	**۰/۷۹	-۹/۲۵	۰/۴۵	-۱۵	**۰/۸۰
کرمانشاه	-۵۱/۱۶	**۰/۷۷	-۱۵/۷	**۰/۷۵	-۲/۶	-۰/۶۲
همدان	-۱۸/۷۳	*-۰/۷۲	-۲۶	۰/۵۰	-۳	-۰/۶۱

۰/۰۵ می باشد. هم چنین سرد بودن SST شرق دریا در ماه مارس همبستگی معنادار (در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد) با بارش کل منطقه مورد مطالعه دارد و در هر ۶ استان کاهش بارش را بدنبال داشته است (جدول ۲). بیشترین کاهش در استان کرمانشاه به میزان ۵۱/۱۶ درصد است. روند همبستگی بارش و دمای آب در این دوره در شکل ۸ نشان داده شده است.

همبستگی SST ماههای زمستان و بهار دریای مدیترانه با بارش ماهانه فصل بهار: بین نوسان SST در ماههای زمستان و بارش ماههای بهار در دو حالت با تاخیر زمانی دو ماهه همبستگی معنی دار مشاهده شد: سرد بودن دمای آب غرب دریا در ماه فوریه با کاهش بارش در ماه آوریل همبستگی نشان داد و سطح معنی داری این همبستگی در آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه با خطای کوچکتر از

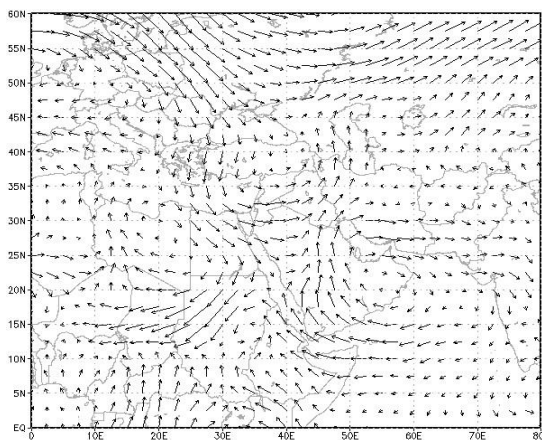


شکل ۹: همبستگی بین SST کل دریای مدیترانه (شرق و غرب) و بارش شمال غرب ایران (با سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد) در ماه آوریل در دوره‌ای که دمای آب نسبت به میانگین بلند مدت گرم بوده است

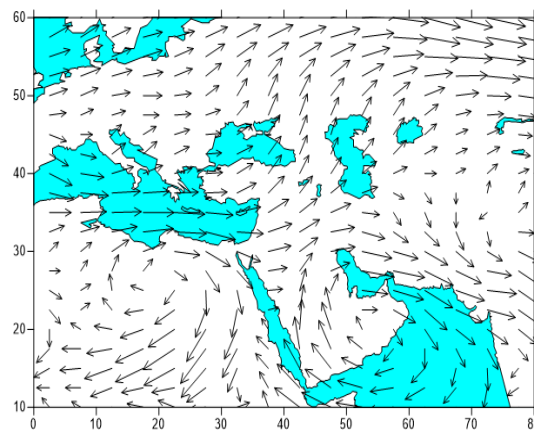
شکل ۸: همبستگی بین SST شرق دریای مدیترانه در ماه مارس و بارش شمال غرب ایران (با سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد) در ماه می در دوره‌ای که دمای آب نسبت به میانگین بلند مدت سرد بوده است.

دارد. همچنین این شکل نشان می‌دهد در عرض ۳۰ تا ۶۰ درجه شمالی و طول ۰ تا ۳۵ درجه شرقی، جهت باد غربی- شرقی است. اما در نقشه باد ماه آوریل سال ۲۰۰۷ (شکل ۱۱) مشاهده می‌شود که جریان واچرخندی در شمال غربی اروپا مستقر است و در سمت شرق خود هوای سرد عرض‌های شمالی را بر روی شرق دریای مدیترانه ریزش کرده که موجب تشدید شار گرمای نهان روی دریای مدیترانه شده است و چرخند شرق دریای مدیترانه را تقویت کرده است. جریانات شرق دریای مدیترانه با جریانات گرم جنوبی، در غرب ایران همگرا شده‌اند. با توجه به (شکل ۱۳) مقدار امگا در شمال غرب ایران در این ماه کمتر از 0.06 - هکتوپاسکال است که نسبت به میانگین بلندمدت (شکل ۱۲) کاهش داشته است و نشان دهنده شدت صعود و میزان ناپایداری در منطقه می‌باشد. در نهایت می‌توان گفت سازوکار بارش پیچیده بوده و تحت تاثیر عوامل متعددی قرار دارد. هرچند براساس رابطه همبستگی بین SST و بارش، شناخت کلی از شرایط بارش امکان پذیر می‌باشد، معذالک بررسی شرایط سینوپتیک- ترمودینامیکی جو چگونگی این ارتباط را توجیه خواهد کرد.

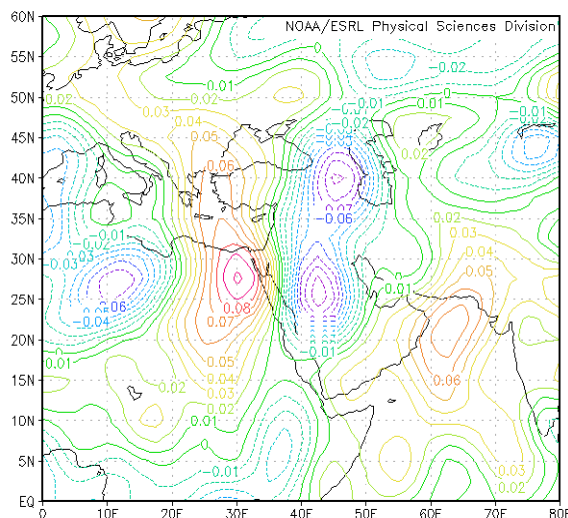
جدول ۳ میزان همبستگی بارش ماه‌های بهار در شمال غرب ایران را با SST ماه‌های بهار در دریای مدیترانه نشان می‌دهد. دوره‌ای که SST ماه آوریل در کل دریا (شرق و غرب) گرمتر از معمول بوده همبستگی معنی‌داری (در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد) با بارش ماه آوریل منطقه مورد مطالعه دارد و باعث افزایش بارش در کل منطقه شده است. روند همبستگی بارش و دمای آب در این دوره در شکل ۹ نشان داده شده است. همچنین سرد بودن SST شرق دریا در ماه آوریل با افزایش بارش در ماه می و سرد بودن SST غرب دریا در ماه می نیز با افزایش بارش ماه می همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهد. شکل ۱۰ و ۱۲ میانگین بلندمدت میدان باد و امگا ماه آوریل و شکل ۱۱ و ۱۳ میانگین میدان باد و امگا ماه آوریل سال ۲۰۰۷ را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۰۷ دمای سطح آب دریا گرم‌تر از معمول بوده و با افزایش بارش همبستگی معنی‌داری دارد. در نقشه باد میانگین بلندمدت ماه آوریل (شکل ۱۰) دیده می‌شود جهت جریانات بر روی دریای مدیترانه تا غرب ایران غربی- شرقی است و در غرب ایران با جریانات جنوبی همگرا شده است و غرب ایران تحت تاثیر جریانات جنوب غربی شمال شرقی قرار



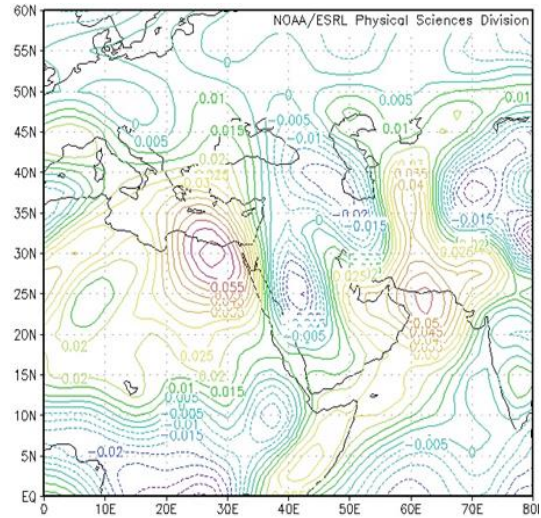
شکل ۱۱: میانگین میدان باد ماه آوریل سال ۲۰۰۷
تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



شکل ۱۰: میانگین ۳۰ ساله میدان باد ماه آوریل در
تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



شکل ۱۳: میانگین میدان امگا ماه آوریل سال ۲۰۰۷ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۱۲: میانگین ۳۰ ساله میدان امگا ماه آوریل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

جدول ۳: همبستگی دمای سطح آب دریا در ماههای بهار با بارش ماههای بهار

استان	درصد افزایش/کاهش بارش	SST سرد در غرب دریا در می / بارش می	درصد افزایش/کاهش بارش	SST سرد در شرق دریا در آوریل / بارش می	درصد افزایش/کاهش بارش	SST گرم در کل دریا در آوریل / بارش آوریل
آذربایجان غربی	۲۴/۴	-۰/۶۶	۱۵	-۰/۶۴	۱۲/۵	*۰/۷۹
آذربایجان شرقی	۹	-۰/۴۲	۹/۷۳	**۰/۸۳	۱۱	*۰/۷۷
کردستان	۲۵	*۰/۶۷	۲۱/۲	*۰/۷۳	۱۰	**۰/۸۷
زنجان	۳۳/۳	-۰/۵۶	۳۲/۸	*۰/۷۶	۹	*۰/۷۸
کرمانشاه	۶/۲	**۰/۸۰	۴/۷	*۰/۷۳	۱۱	*۰/۷۲
همدان	۱۱/۸	-۰/۵۱	۱۷/۷	*۰/۷۰	۸	*۰/۷۶

دریای مدیترانه گرمتر از میانگین باشد منطقه ساحل مرطوبتر از شرایط نرمال است و سالیانی که دمای آب سردتر از میانگین باشد، خشکتر است (راول، ۲۰۰۷). نتایج تحقیق (رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۸۹) که ارتباط فصلی SST مدیترانه با بارشهای غرب ایران در فصل پاییز و زمستان را بررسی کردهاند نیز نشان داد که بارشهای نیمه

مطالعات متعددی در زمینه ارتباط SST دریای مدیترانه با بارش نواحی متأثر از رطوبت آن انجام شده است. نتایج پژوهش کولیس و همکاران نشان می دهد که رابطه معناداری بین شارش گرمای نهان و محسوس در دریای مدیترانه غربی و بارش در منطقه غرب یونان وجود دارد (کولیس و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین سالیانی که دمای سطح آب

نتایج نشان داد از دو ماه در نظر گرفته شده در تابستان (آگوست و سپتامبر)، ارتباط دمای آب در ماه سپتامبر در دوره‌ای که دمای آب در کل دریا گرم بوده با دو ماه تاخیر باعث کاهش بارش ماه نوامبر شده است. گرم بودن SST شرق دریا در ماه اکتبر با افزایش بارش در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و کردستان ارتباط معنی‌داری دارد. کاهش بارش در ماه نوامبر با سرد بودن دمای غرب دریا در این ماه همبستگی نشان داد. در ماه‌های زمستان بین سرد بودن SST شرق دریا در ماه مارس و کاهش بارش ماه مارس رابطه وجود دارد. سرد بودن SST در زمستان (غرب دریا در فوریه و شرق دریا در مارس) با کاهش بارش فصل بهار (ماه آوریل و می) همبستگی معنی‌دار نشان می‌دهد، که همبستگی کاهش بارش ماه مارس با دمای سرد شرق دریا در ماه می در سطح اطمینان ۹۵ تا ۹۹ درصد در کل منطقه معنی‌دار بوده است. در آوریل نیز گرمتر از معمول بودن SST در کل دریا باعث افزایش بارش در منطقه شده است. ارتباط معناداری بین سرد بودن شرق دریا در ماه آوریل و افزایش بارش ماه می و همچنین سرد بودن غرب دریا در ماه می و افزایش بارش ماه می وجود دارد. همبستگی بارش فصل بهار با SST نسبت به دیگر فصول بیشتر بوده و از هماهنگی بیشتری در سطح منطقه مورد مطالعه برخوردار است. در این مقاله صرفاً میزان تأثیرات دمای سطح آب دریای مدیترانه بر بارش شمال غرب ایران رفتارشناسی شده است؛ لذا علت تأثیرپذیری متفاوت ایستگاه‌های مورد مطالعه از SST دریای مدیترانه را می‌توان در مطالعات بعدی از دیدگاه سینوپتیکی بررسی کرد تا بتوان استدلال علمی مناسبی برای یافته‌های مذکور داشت. البته باید نقش عوامل داخلی و درصد شرکت پدیده‌های دیگر اقیانوسی- جوی در نوسانات بارشی منطقه را نیز در نظر گرفت.

غربی ایران، در دوره‌هایی که فصل زمستان SST دریای مدیترانه سردتر از معمول باشد افزایش می‌یابد. ولی گرم بودن SST دریای مدیترانه در فصل پاییز باعث افزایش بارش پاییز می‌شود. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر ارتباط دمای آب دریای مدیترانه با بارش شمال غرب ایران به صورت ماهانه (علاوه بر کل دریا) در شرق و غرب دریا بررسی شده است و علاوه بر فصل پاییز و زمستان چگونگی ارتباط بارش فصل بهار با SST نیز در نظر گرفته شده است، در برخی ماه‌ها نتایجی متفاوت از تحقیق (رضایی و همکاران) بدست آمد. الگوی تامین رطوبت با توجه به زمان و مکان ممکن است بسیار متفاوت باشد. نتایج پژوهش (کریمی، ۱۳۸۶) نشان می‌دهد دریای عرب در بیشتر مناطق ایران اصلی‌ترین تامین کننده رطوبت بوده و دریای مدیترانه در فصول انتقالی (پاییز و بهار) این نقش را ایفا میکند. دریای مدیترانه اصلی‌ترین منبع رطوبت بارش ماه‌های گذر (فوریه، مارس، آوریل، می، سپتامبر و اکتبر) در ناحیه شمال غرب بوده است. نتایج تحقیق حاضر نیز همسو با پژوهش (کریمی) نشان می‌دهد که بیشترین همبستگی بین نوسان SST دریای مدیترانه و بارش منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران در ماه‌های نوامبر، دسامبر، فوریه، مارس، آوریل و می بوده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر دمای ماهانه سطح آب دریای مدیترانه بصورت ماهانه در فصول تابستان، پاییز، زمستان و بهار بر بارش ماهانه پاییز، زمستان و بهار در استان‌های شمال غرب ایران مورد بررسی قرار گرفت. ارتباط دمای ماهانه آب یکبار برای کل سطح دریا و یکبار برای شرق و غرب دریا جداگانه بررسی شد. و کاهش/افزایش بارش در دوره‌هایی که بین SST و بارش همبستگی وجود داشت بدست آمد.

منابع

- هند و دریای عرب با بی‌هنجاری‌های بارش نیمه جنوبی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۹، شماره ۴، ص ۱۳۵-۱۵۷.
- صلاحی، ب.، خورشیددوست، ع.م. و قویدل رحیمی، ی.، ۱۳۸۶. ارتباط بین نوسان‌های گردش جوی- اقیانوس اطلس شمالی با خشکی‌های آذربایجان شرقی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، تابستان ۱۳۸۶، ص ۱۴۷-۱۵۶.
- غیور، ح. و خسروی، م.، ۱۳۸۰. تاثیر پدیده انسو بر نابهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی بارش منطقه جنوب شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۲، ص ۱۴۱-۱۷۴.
- کریمی، ا.، ۱۳۸۶. تحلیل منابع رطوبت بارش‌های ایران، دانشگاه تربیت مدرس، رساله دکتری جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم‌شناسی.
- گندمکار، ا.، اسماعیلی، ک.، پورغلامی، م. و دهقانی، ر.، ۱۳۹۳. بررسی رابطه الگوهای پیوند از دور با متوسط دمای ماهانه و متوسط بارش ماهانه شهرکرد، کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز.
- ناظم‌السادات، م. ج. و قاسمی، ا.، ۱۳۸۳. تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب‌غربی ایران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره ۴، ص ۱-۱۴.
- ناظم‌السادات، س. م. ج. و شیروانی، ا.، ۱۳۸۵. پیش‌بینی بارش زمستانه مناطق جنوبی ایران با استفاده از دمای سطح آب خلیج فارس، مجله علمی کشاورزی، شماره ۲، صص ۶۵-۷۷.
- یاراحمدی، د. و عزیزی، ق.، ۱۳۸۶. تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، ص ۱۶۱-۱۷۴.
- جهانبخش، س.، ساری صراف، ب.، قائمی، ه. و پور اصغر، ف.، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر پدیده دو قطبی دمایی اقیانوس هند بر تغییرپذیری بارش‌های فصلی استان‌های جنوبی کشور، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره ۴، ص ۲۷-۴۶.
- جهانبخش اصل، س.، زینالی، ب.، رضایی بنفشه، م. و بابائیان، ا.، ۱۳۹۱. تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای مدیترانه بر بارش پایکوه‌های شرقی زاگرس و چاله‌های مرکزی ایران، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شماره ۳۹، ص ۳۵-۴۹.
- خسروی، م.، سلیقه، م. و صبغی، ب.، ۱۳۹۰. تأثیر آنومالی‌های دمای سطح دریای عمان بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرقی ایران، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شماره ۳۷، ص ۶۵.
- خوش اخلاق، ف.، قنبری، ن. و معصوم پور سماکوش، ج.، ۱۳۸۷. مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۶، زمستان ۱۳۸۷، ص ۵۷-۷۰.
- رسولی، ع.ا.، بابائیان، ا.، قائمی، ه. و زواررضا، پ.، ۱۳۹۰. ارتباط بین بارش‌های فصلی ایران و دمای پهنه‌های آبی منطقه‌ای، نشریه پژوهش‌های اقلیم-شناسی، سال ۲، شماره ۵ و ۶، ص ۶۹-۹۲.
- رضایی بنفشه، م.، جهانبخش، س.، بیاتی خطیبی، م. و زینالی، ب.، ۱۳۸۹. پیش‌بینی بارش پاییزه و زمستانه نیمه غربی ایران با استفاده از SST مدیترانه در فصول تابستان و پاییز، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۴، ص ۴۷-۶۲.
- رنجبر سعادت‌آبادی، ع. و ایزدی، پ.، ۱۳۹۲. ارتباط بی‌هنجاری‌های دمای آب سطح اقیانوس

- Balas, N., Nicholson, S.E. and Klotter, D., 2007. The Relationship of Rainfall Variability in West Central African to Sea Surface Temperature Fluctuations, *International Journal of Climate*, v. 27, p. 1335-1349.
- Berri, G.J. and Bertossa, G., 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*, v. 24, p. 415-435.
- Colis, C.J., Bartzokaz, A. and Katsoulis, B.D., 2004. Relation between Sensible and Latent Heat Fluxes in the Mediterranean and Precipitation in Greek Area During Winter, *International Journal of Climatology*, v. 24, p.1803-1816.
- Flocas, H.A., Simmonds, I., Kouroutzoglou, J., Keay, K., Hatzaki, M., Bricolas, V., Asimakopoulos, D., 2010. On Syclonic Tracks over the Eastern Mediterranean, *Journal of climate*, v. 23, p. 5243-5257.
- Ghasemi, A.R. and Khalili, D., 2008. The association between regional and global atmospheric patterns and winter precipitation in Iran, *Journal of atmospheric research*, v. 88, p. 116-133.
- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>
- Jean-Pierre, C., Alain, C. and Noelle, A., 1998. Relationship between sea surface temperature, vertical dynamics and the vertical distribution of atmospheric water vapor inferred from TOVS observations, *Journal of Geophysical Research*, v. 103(D18), p. 173-180.
- Li, F. and Zeng, Q., 2008. Statistical prediction of East Asian summer Monsoon rainfall based on SST and sea ice concentration, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v. 86(1), p. 237-243.
- Lim, E., Hendon, H. and Alves, O., 2007. Seasonal forecast of the tropical Indo-Pacific SST and Australian rainfall, Bureau of Meteorology of Australia, Project report, v. 3.2.2, p. 33-39.
- Markowski, G.R. and North, G.R., 2003. Climatic influence of Sea Surface Temperature: evidence of substantial precipitation correlation and predictability, *Journal of ydrometeorology*, v. 4, p. 856-877.
- Misra, V., 2003. The influence of Pacific SST variability on the precipitation over Southern Africa, *Journal of Climate*, v. 16, p. 2408-2418.
- 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, *Climate*, v. 15, p. 4005-4018.
- Rowell, D.P., 2007. The Impact of Mediterranean SSTs on the Sahelian Rainfall Seasonal, *Jornal of climate*, v. 16, p. 849-862.
- Weare, B.C., 1987. Relationship between monthly precipitation and SST variations in the tropical pacific region, *Monthly Weather Review*, v. 115, p. 2687-2698.
- Hatzaki, M. and Renguang, W., 2015. The south-eastern Europe winter precipitation variability in relation to the North Atlantic SST, *Atmospheric Research*, v.152, p. 61-68.
- Lin, W., Wen, C., Wen, Z. and Gang, H., 2015. Teleconnected influence of tropical Northwest Pacific sea surface temperature on interannual variability of autumn precipitation in Southwest China, *Climate Dynamics*, v. 45(9), p. 2527-2539.