



تحلیل همدیدی-دینامیکی تاثیر نوسانات دمای آب دریای مدیترانه بر بارش‌های غرب ایران

علیرضا شکیبا*، میترا امینی، غلامرضا براتی و محمد مرادی

گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۰

شکیبا، ع.، م. امینی، غ. براتی و م. مرادی. ۱۳۹۷. تحلیل همدیدی-دینامیکی تاثیر نوسانات دمای آب دریای مدیترانه بر بارش‌های غرب ایران. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶(۲): ۸۳-۱۰۰

سابقه و هدف: نوسانات دمای سطح آب دریا (SST)¹ اثر مهمی بر نوسانات آب و هوای خشکی‌ها دارد. تاثیر دمای سطح آب دریا بر مقدار بارش محدود به نقاط ساحلی نبوده، بلکه نواحی بسیار دور از دریا نیز می‌توانند تحت تاثیر دگرگونی الگوهای دمای سطح گستره‌های آبی قرار گیرند. تشخیص همبستگی بین SST و بارش نقش موثری در پیش‌بینی خشک‌سالی و ترسالی مناطقی که تحت تأثیر نوسانات دمای آب قرار می‌گیرند خواهد داشت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش به منظور بررسی ارتباط نوسانات SST دریای مدیترانه با بارش‌های غرب ایران، پس از بررسی آماری در بازه زمانی (۲۰۱۴-۱۹۸۲) و مشخص شدن دوره‌های گرم و سرد آب دریا که همبستگی معنی‌داری با بارش‌های منطقه مطالعاتی داشتند، دو نمونه آوریل ۲۰۰۷ و مه ۱۹۹۹ انتخاب و چگونگی تاثیرگذاری دمای آب بر مقدار بارش با استفاده از بررسی شرایط همدیدی-دینامیک تحلیل شد. بدین منظور برای موردهای انتخابی، داده‌های روزانه بارش، نقشه‌های میدان فشار سطح متوسط دریا و ارتفاع ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، میدان دمای تراز ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، میدان نم ویژه تراز ۱۰۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و مولفه‌های باد مداری و نصف‌النهاری تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال، میدان سرعت قائم در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، میدان تاوایی نسبی و فرارفت افقی تاوایی نسبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، میدان نم ویژه و فرارفت افقی نم ویژه ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال در محیط GRADS ترسیم و مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد اگرچه از نظر آماری بین گرم بودن SST در ماه آوریل و افزایش بارش در این ماه، و سرد بودن SST شرق دریا در ماه مارس با کاهش بارش در ماه می همبستگی در سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد در کل منطقه مورد بررسی وجود دارد، اما در بررسی همدیدی-دینامیک مشخص شد سامانه‌هایی که در ماه آوریل بارندگی را در منطقه به همراه داشتند، سامانه سودانی بوده و عمده منبع رطوبت این بارش‌ها از سمت جنوب بوده است. این سامانه‌های همدیدی در اثر سازوکار عمیق شدن ناوه ارتفاع تراز میانی، ایجاد تاوایی مثبت در شرق ناوه، وجود حرکت بالاسو، همگرایی در ترازهای زیرین و کاهش فشار، تشکیل و یا تقویت می‌شوند. با فراهم شدن رطوبت در

*Corresponding Author. E-mail Address: a-shakiba@sbu.ac.ir

ترازهای زیرین و حرکت صعودی بالاسو، شرایط مناسبی برای بارش‌های همرفتی در منطقه مورد بررسی فراهم شده است. همچنین کاهش بارش ماه مه تحت تاثیر نفوذ و حضور نسبتاً پایدار و اچرخند آזור روی دریای مدیترانه و منطقه مورد بررسی، در سطح زمین از نفوذ و گسترش سامانه سودانی و شکل‌گیری چرخندهای مدیترانه‌ای، و در ترازهای بالاتر از عمیق شدن ناوه کم‌ارتفاع و نزدیک شدن آن به غرب ایران ممانعت به عمل آورده است. اگرچه دمای آب کاهش داشته است اما در فرارفت رطوبت از دریای مدیترانه به منطقه مورد بررسی تغییر چندانی حاصل نشده است و تنها فرارفت رطوبتی از سمت جنوب تقریباً به صفر رسیده است. با توجه به نقشه‌های امگا و تاوایی نیز مشاهده می‌شود که وجود شرایط پایدار جوی و فرارفت تاوایی منفی و حرکات نزولی در منطقه باعث کاهش بارش در این ماه شده است.

نتیجه‌گیری: در مجموع پیچیدگی دینامیک و ترمودینامیک جو در فاصله مدیترانه تا غرب و شمال‌غرب ایران، مانع بازایی اثر افت و خیزهای دمای سطح آب بر کاهش و افزایش بارندگی شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد افزایش/کاهش دمای آب دریای مدیترانه تأثیری بر مقدار رطوبت فرارفت‌شده از این دریا و افزایش/کاهش بارش منطقه مورد بررسی نداشته باشد و الگوهای جوی متفاوت همراه شده با بی‌هنجاری‌های مثبت یا منفی SST در ماه‌های متفاوت، نقش کنترل‌کننده را در تغذیه رطوبتی از منابع گوناگون و رخداد بارش ایفا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: دمای سطح، همدید، دینامیک، فرارفت رطوبت، سامانه سودانی.

مقدمه

بارش دارد. با توجه به اهمیت موضوع، تحقیقات زیادی در این باره صورت گرفته و نتایجی حاصل شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. ارتباط بین پدیده انسو و دوقطبی اقیانوس هند (IOD)² نشان می‌دهد که بیشتر پدیده‌های IOD مستقل از (ENSO)³ رخ داده و فرایندهای منطقه‌ای اقیانوس هند نقش مهمی در شکل‌گیری این پدیده دارند (Ashok et al., 2003; Zablone and Ogallo, 2004). Singh et al. (2007) اثر بی‌هنجاری اقیانوس هند را روی بارش‌های مونسونی تابستانه هند بررسی کردند و نتیجه گرفتند که افزایش SST اقیانوس هند، بارش نواحی جنوب و غرب شبه‌جزیره هند را افزایش و بارش مناطق شمال‌شرقی اقیانوس هند را کاهش می‌دهد. Hatzaki and Renguangwu (2015) نوسان بارندگی زمستانه جنوب‌شرقی اروپا را در ارتباط با SST اطلس شمالی بررسی کردند. در تحقیق آنها تحلیل تابع متعامد تجربی (EOF)⁴ 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 بررسی نشان می‌دهد و به‌شدت با آنومالی‌های SST اطلس شمالی مرتبط است. ارتباط مشاهده‌شده بین SST

اقیانوس‌ها و دریاها به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی بالا منبع اصلی انرژی و رطوبت برای جو هستند و دگرگونی دمای سطح آب اثر مهمی بر نوسانات اقلیمی خشکی‌ها دارد (Berri et al., 2004). البته تاثیر نوسانات دمای سطح آب بر بارش به چگونگی گردش جوی و پارامترهای همدید و ترمودینامیک جو نیز بستگی دارد. 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 به‌ویژه در تروپوسفر بالایی و میانی دارد. به هر حال به‌طور سیستماتیک محتویات بخار آب در تروپوسفر میانی و بالایی بدون ارتباط با SST نیست و به‌صورت همزمان علاوه بر SST به دینامیک و ترمودینامیک بستگی دارد (Jean-Pierre et al., 1998).

کشور ایران نیز به دلیل قرارگیری در مسیر منابع رطوبتی دریای مدیترانه، خلیج فارس، دریای عمان، دریای خزر، دریای سیاه و اقیانوس هند تأثیرپذیری زیادی از SST منابع رطوبتی یاد شده دارد (Poorasghar, 2011). لذا بررسی این تأثیرات بر مقادیر بارش کشور نقش اساسی در شناخت نوسان‌های بارش و پیش‌بینی مقادیر

آب دریای مدیترانه بر بارش‌های نیمه غربی ایران و Jahanbakhsh Asl *et al.* (2012) تاثیر نوسان‌های دمای آب دریای مدیترانه بر بارش‌های کوهپایه‌های شرقی زاگرس و چاله‌های مرکزی ایران را بررسی کردند که نتایج به‌دست‌آمده از هر دو تحقیق مذکور نشان داد، زمانی که در فصل زمستان دمای سطح آب دریای مدیترانه سردتر از معمول باشد بارش زمستانه مناطق مورد بررسی افزایش می‌یابد ولی دمای گرمتر از معمول در فصل پاییز باعث افزایش بارش پاییزه می‌شود.

Torabi Azad *et al.* (2016) اثر متقابل دمای سطح آب دریا (SST) بر سرعت باد سطحی در منطقه خزر جنوبی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در فصل تابستان و بهار به دلیل کاهش فعالیت سیستم‌های جوی، اختلاف دمای دو ایستگاه تاثیر قابل توجهی در تقویت اختلاف سرعت باد دارد. بنابراین با در نظر گرفتن نتایج تحقیقات مشابه در ایران و سایر نقاط دنیا می‌توان استنباط کرد که نوسانات دمای پهنه‌های آبی می‌تواند در چگونگی عملکرد توده‌های باران‌زا اهمیت قابل توجهی داشته باشد. یکی از مهمترین موارد مطالعات اقلیمی، شناخت روابط موجود بین متغیرهای مورد بررسی است. تبیین روابطی که در بین این نوع متغیرها وجود دارد، باعث خواهد شد بتوان پیش‌بینی‌های لازم را به منظور برنامه‌ریزی انجام داد. با توجه به مطالب مطرح‌شده، در این پژوهش چگونگی ارتباط و تأثیرگذاری نوسانات SST دریای مدیترانه به‌عنوان یکی از منابع تامین‌کننده رطوبت بارش‌های ایران بر تغییرات بارش غرب ایران، از دیدگاه همدید و دینامیک که در مطالعات قبلی کمتر به آن توجه شده است بررسی می‌شود.

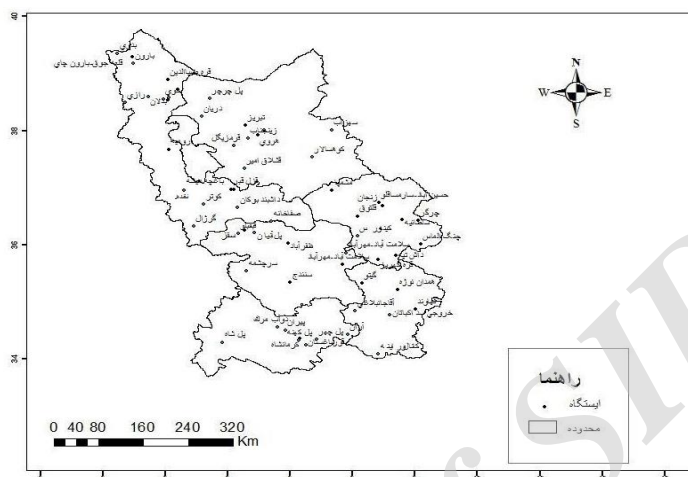
محدوده مورد بررسی

به‌منظور بررسی همدید-دینامیک اثر دمای سطح آب دریای مدیترانه بر بارش‌های منطقه غرب ایران، استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، زنجان،

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. پژوهش (Lin *et al.* 2015) در بررسی تاثیر SST شمال غربی اقیانوس آرام استوایی بر نوسانات بین‌سالانه بارش پاییزه جنوب غربی چین نشان داد که بارش جنوب غربی چین همبستگی منفی با SST شمال غربی اقیانوس آرام دارد. 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. Liwei and Dachao (2016) رابطه بین بی‌هنجاری بین‌سالانه بارندگی در جنوب چین در منطقه گوانگشی⁵ و استان گوانگ‌دونگ⁶ و ناهنجاری دمای سطح دریا در جنوب شرقی اقیانوس هند گرمسیری در طول تابستان نیمکره شمالی را بررسی کردند. آنها دریافتند که ناهنجاری بارندگی در مناطق مورد بررسی به‌طور قابل ملاحظه‌ای ارتباط منفی با SST جنوب شرق اقیانوس هند مداری دارد. میزان بارش فصل پاییز در جنوب شرق ایران در فازهای گرم به‌طور معنی‌داری بیشتر از فاز سرد انسو بوده و حداکثر بارش پاییزه در اکثر ایستگاه‌های منطقه با قویترین النینو سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۷۷ منطبق است (Ghayour and Khosravi, 2001). رویداد فاز منفی نوسان اطلس شمالی افزایش بارش در ایران را به دنبال دارد (Khosh Akhlagh *et al.*, 2007). همچنین نوسان قطبی و نوسان اطلس شمالی با میزان بارش زمستانه ایران ارتباط بیشتری نسبت به بارش پاییزه دارند (Yarahmadi and Azizi, 2007). Rasooli *et al.* (۲۰۱۱) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که مهمترین کانون‌های تغییر دما در فصل 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. Rezaii Banafsheh *et al.* (2010) تاثیر نوسان‌های دمای

شد. به دلیل موقعیت جغرافیایی این سرزمین، در طول سال تحت تاثیر سامانه‌های اقلیمی مناطق جنب حاره و شرایط آب‌وهوایی عرض‌های میانه به‌ویژه سامانه بادهای غربی قرار می‌گیرد (Alijani, 2012).

کردستان، همدان و کرمانشاه در محدوده ۳۳ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۵۰ درجه طول شرقی (شکل ۱) و محدوده دریای مدیترانه (۵ درجه غربی تا ۳۶ درجه شرقی و ۳۰ تا ۴۵ درجه شمالی) (شکل ۲) در نظر گرفته



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی و ایستگاه‌های انتخاب‌شده در سرزمین پژوهش
Fig. 1- Geo-location of the study area and location of selected stations in the research area

ایستگاه‌هایی که فاقد شرایط بودند (از قبیل جدید بودن ایستگاه‌ها، فقدان داده در چند سال متوالی و ناقص بودن داده‌ها و تازه تاسیس بودن نسبت به طول دوره آماری در نظر گرفته شده) حذف شدند. در نهایت ۶۰ ایستگاه (۸ ایستگاه سینوپتیک و ۵۲ ایستگاه باران‌سنجی) در نظر گرفته شد و میانگین بارش ماهانه برای هر استان در هر ماه برای دوره آماری به دست آمد. میانگین دمای سطح آب دریا با داده‌های به‌دست‌آمده در ۲۹۴ نقطه در سطح دریا یک‌بار برای کل دریا و یک‌بار با تقسیم دریا به دو قسمت شرق و غرب (Flocas *et al.*, 2010) برای هر قسمت (شکل ۲) جداگانه محاسبه شد. 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 بررسی‌شده گرم‌تر از غرب دریاست (شکل ۳)، احتمال تاثیر دوگانه این دو بخش بررسی شد. تأثیر دمای آب بر بارش گاهی با تأخیر زمانی

مواد و روش‌ها

برای بررسی همبستگی و چگونگی ارتباط بین بی‌هنجاری‌های دمای سطح آب دریای مدیترانه و بارش غرب ایران از سه سری داده استفاده شد شامل: الف- داده‌های ماهانه دمای سطح آب دریای مدیترانه؛ ب- بارش روزانه استان‌های شمال غرب کشور؛ ج- داده‌های باز تحلیل مرکز ملی پیش‌بینی محیط زیست مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR). داده‌های ماهانه دمای سطح آب دریای مدیترانه با تفکیک مکانی ۱×۱ درجه برای دوره آماری (۱۹۸۲-۲۰۱۴) از سایت اینترنتی نوا 7 به دست آمد. داده‌های بارش نیز از (اول فوریه تا آخر ژوئن) برای دوره آماری انتخابی از دو منبع داده‌های مرکز داده و فناوری اطلاعات سازمان هواشناسی کشور و باران‌سنجی وزارت نیرو برای ایستگاه‌های منتخب دریافت شد (شکل ۱). در ابتدا با توجه به طول دوره آماری در نظر گرفته‌شده در پژوهش حاضر (۱۹۸۲-۲۰۱۴) شرایط ایستگاه‌ها از نظر کامل بودن داده‌ها بررسی شد و

در ماه‌های نوامبر، دسامبر، فوریه و مه نیز بین دمای آب و بارش در همان ماه یا با تاخیر زمانی یک یا دو ماهه نیز در برخی از استان‌ها همبستگی معنی‌دار مشاهده شد (Amini *et al.*, 2017).

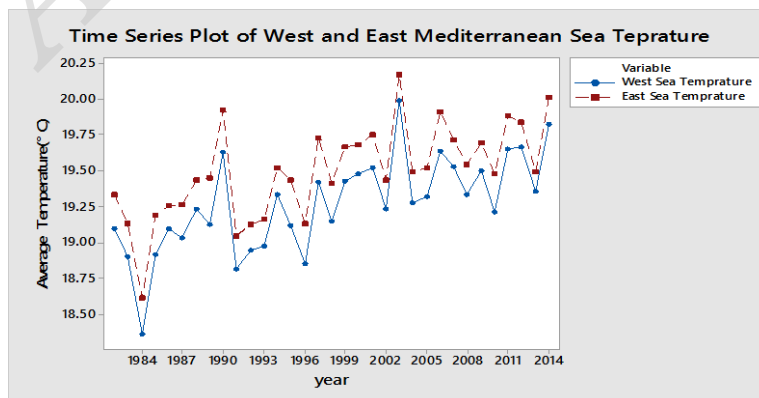
با توجه به اینکه در این دو مورد که در جدول ۱ ارائه شده است همبستگی معنی‌دار به صورت همزمان در کل منطقه مورد بررسی وجود دارد برای بررسی سینوپتیک-دینامیک در نظر گرفته شدند. ماه آوریل سال ۲۰۰۷ به عنوان موردی که مقدار بارش آن تحت تاثیر افزایش دمای آب در ماه آوریل افزایش داشته است، و ماه مه سال ۱۹۹۹ به عنوان موردی که مقدار بارش آن تحت تاثیر کاهش دمای آب در ماه مارس (با دو ماه تأخیر) کاهش یافته است انتخاب شدند. برای بررسی همبستگی-دینامیک داده‌های روزانه بارش، نقشه‌های فشار، دما، مولفه‌های باد مداری و نصف‌النهاری، امگا، تاوایی نسبی و فرارفت افقی تاوایی نسبی، میدان نم ویژه و فرارفت افقی نم ویژه تهیه و تحلیل شد.

صورت می‌گیرد، بنابراین پس از مشخص شدن دوره‌های سرد و گرم آب دریا نسبت به دمای پایه دریا، مقدار همبستگی بارش‌های ماهانه ماه‌های متناظر و یک و دو ماه متأخر نیز با دمای آب دریا به روش پیرسون به دست آمد. در نهایت در دوره‌های گرم و سرد آب دریا که همبستگی معنی‌داری با بارش‌های منطقه مورد بررسی داشتند دو نمونه انتخاب و چگونگی تاثیرگذاری دمای آب بر مقدار بارش با استفاده از بررسی شرایط همبستگی-دینامیک تحلیل شد. در این راستا پس از بررسی آماری ارتباط نوسان دمای آب با نوسان بارش در منطقه مورد بررسی مشخص شد بین سرد بودن دمای آب شرق دریا در ماه مارس و کاهش بارش در ماه مه (با تاخیر زمانی دو ماهه)، همچنین بین گرم بودن دمای آب در کل سطح دریا در ماه آوریل و افزایش بارش در همان ماه در کل منطقه مورد بررسی همبستگی معنی‌داری (در سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد) وجود دارد (جدول ۱). البته



شکل ۲- موقعیت دریای مدیترانه (نسبت به منطقه مورد بررسی) و محدوده شرقی غربی این دریا (Flocas *et al.*, 2010)

Fig. 2- Position of the Mediterranean (relative to the studied area) and its East-West boundary



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

Fig. 3- Average temperature of 33 years in the East and West of the Mediterranean Sea

جدول ۱- میزان همبستگی SST در ماه آوریل با بارش ماه آوریل و همبستگی SST شرق دریا در ماه مارس با بارش ماه می
Table 1. Correlation of SST in April with April precipitation and correlation of the SST of the East Mediterranean in March with the precipitation of May

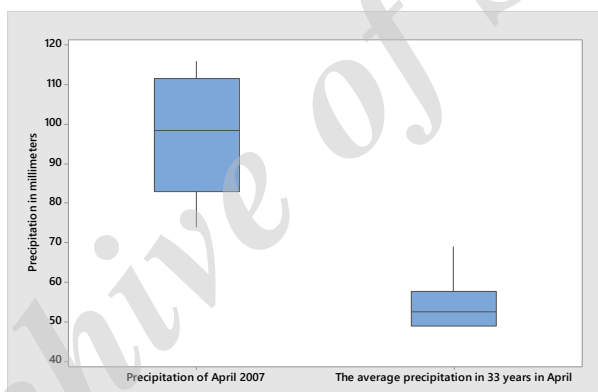
| SST سرد شرق دریا در مارس / بارش مه Cold sst In the east of the sea in March / may Precipitation | SST گرم در کل دریا در آوریل / بارش آوریل Warm SST in whole sea in April / April precipitation | استان State |
|---|---|--------------------------------------|
| -0.68* | 0.79* | آذربایجان غربی Western Azerbaijan |
| -0.80** | 0.77* | آذربایجان شرقی East Azerbaijan |
| 0.70* | 0.87** | کردستان Kurdistan |
| -0.79** | 0.78* | زنجان Zanjan |
| -0.77** | 0.72* | کرمانشاه Kermanshah |
| -0.72* | 0.76* | همدان Hamedan |

* 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.

*At the confidence level of 95%, this means that the P value of the computational correlation is less than 0.05.

**At the confidence level of 99%, this means that the P value of the computational correlation is less than 0.01.



شکل ۴- مقایسه بارش ماه آوریل ۲۰۰۷ و میانگین بارش بلندمدت (سی و سه ساله) ماه آوریل در ایستگاه‌های منطقه مورد بررسی
Fig. 4- Comparison of precipitation in April 2007 and the average long-term precipitation (33 years) of April in the study stations

باعث ایجاد بارش بر روی ایران و منطقه شده است تحلیل می‌شود.

نتایج و بحث

تحلیل همدیدی-دینامیکی مورد انتخابی

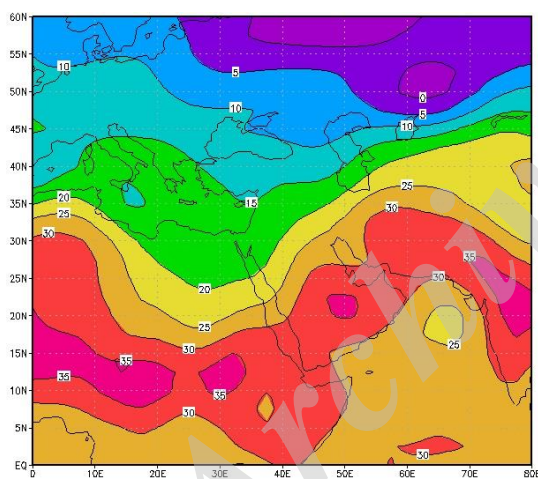
آوریل ۲۰۰۷

میدان فشار تراز دریا، دما و نم ویژه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

بررسی نقشه‌های این تراز نشان می‌دهد از روز هفتم پشته فشاری با راستای جنوبی-شمالی از پرفشار آזור گسترش شمال سو پیدا کرده و تا عرض ۵۰ درجه شمالی امتداد یافته است. این پشته عمیق با فرارفت سرد جنب

بررسی داده‌های روزانه بارش و الگوهای همدیدی حاکم بر منطقه نشان می‌دهد که در این ماه، چند سامانه بارشی منطقه مورد بررسی را تحت تاثیر قرار داده و بارش این ماه نسبت به میانگین بلندمدت ۹۱ درصد افزایش داشته است (شکل ۴). لذا شرایط همدید-دینامیک سامانه‌های بارشی هشتم تا ۲۰ آوریل ۲۰۰۷ که به تناوب

حاره‌ای را روی نیمه غربی و جنوبی کشور نشان می‌دهد (شکل ۶). بررسی میدان نم ویژه در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال که تقریباً بر سطح دریا منطبق است را نشان می‌دهد که طی روزهای هشتم، نهم و دهم، هم‌مقدار ۱۰ واحدی نم ویژه شمال غرب ایران را در بر گرفته است و در روز یازدهم به 12 g/kg رسیده است. نقشه ترکیبی وزش رطوبتی نیز به صورت جالبی این پدیده را نشان می‌دهد (شکل ۷). فرارفت سرد و تقریباً خشک از عرض‌های جنب قطبی روی مدیترانه و صحرای آفریقا و فرارفت گرم همراه با رطوبت مناسب از روی هسته رطوبتی روی جنوب سودان و اتیوپی و شرق دریای مدیترانه بر روی نیمه غربی و شمال غرب کشور به خوبی شرایط ترمودینامیکی حاکم برای ایجاد بارش‌های فراگیر در منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

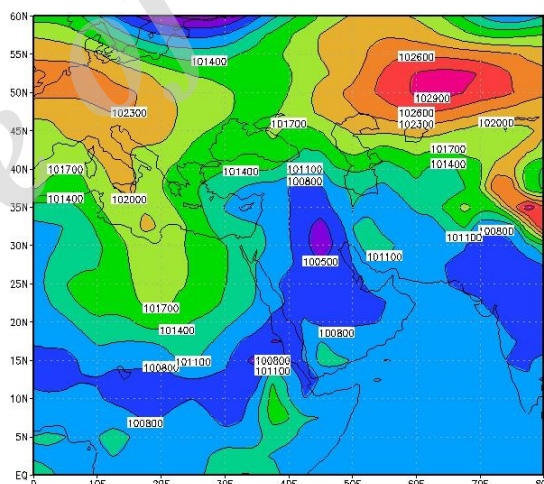


شکل ۶- میدان دما تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه سلسیوس روز ۱۱ آوریل ۲۰۰۷

Fig. 6- Temperature field of 1000 hPa in degrees Celsius on 11 April 2007

از کم‌ارتفاع عرض‌های جنب قطبی به شرق دریای مدیترانه امتداد یافته است. در روزهای بعدی در اثر جابجایی شرق‌سوی ناوه، غرب ایران تحت‌تاثیر فعالیت بارشی این سامانه قرار می‌گیرد. با تشدید فرارفت سرد عرض‌های جنب قطبی هسته کم‌ارتفاع ناوه (مرکز کم‌ارتفاع بریده) جابه‌جایی قابل‌ملاحظه‌ای به عرض‌های

قطبی در دامنه شرقی خود ناوه عمیقی را روی اروپا و مدیترانه مرکزی تا مرکز صحرای آفریقا ایجاد کرده است. با فرارفت سرد شمالی روی صحرای آفریقا کم‌فشار سودانی فعال شده و زبانه کم‌فشاری با راستای جنوب‌غربی-شمال‌شرقی به سمت عراق و غرب ایران در حال گسترش است. شیو (گرادیان) حرارتی و فشار حاصل از این ناوه سرد دینامیکی و سامانه حرارتی و مرطوب روی اتیوپی و سودان شرایط مناسبی را برای تشدید ناپایداری روی ایران و منطقه فراهم کرده است (شکل ۵). بارش‌های این سامانه از روز هشتم شروع شده و روز ۱۱ آوریل اوج بارش سامانه است. جدول (شماره ۲) مقادیر بارش ایستگاه‌های نمونه را نشان می‌دهد. نقشه هم‌دمای این روز نیز به خوبی فرارفت سرد جنب قطبی را تا جنوب صحرای آفریقا و در مقابل فرارفت گرم از عرض‌های جنب



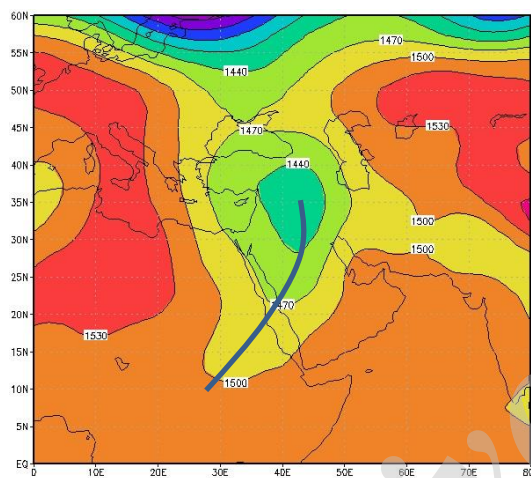
شکل ۵- میدان فشار تراز دریا بر حسب هکتوپاسکال روز ۱۱ آوریل ۲۰۰۷

Fig. 5- Sea level pressure in hPa on 11 April 2007

میدان ارتفاع ژئوپتانسیل، دما و نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

میدان ارتفاع این تراز نشان می‌دهد از روز هفتم زبانه‌های پر ارتفاع مستقر در شمال‌غربی اروپا روی غرب دریای مدیترانه فرارگرفته و هوای سرد عرض‌های شمالی را روی این دریا انتقال می‌دهد. از طرفی ناوه ارتفاع ناشی

این منطقه فراهم می‌کند. الگوی دما نیز این شرایط را به‌خوبی نشان می‌دهد. در امتداد ناوه دمایی بادهای شمالی هوای سرد عرض‌های بالا را به سوی غرب دریای سرخ منتقل می‌کنند. همچنین بادهای جنوبی از جنوب دریای سرخ به سوی خلیج فارس شارش یافته‌اند و سبب انتقال هوای گرم به منطقه جنوب غربی و سپس غرب ایران شده‌اند. مقدار نم ویژه از روز هشتم در شمال‌غرب ایران افزایش یافته و در روز اوج بارش به ۸ گرم بر کیلوگرم در منطقه مورد بررسی رسیده است.



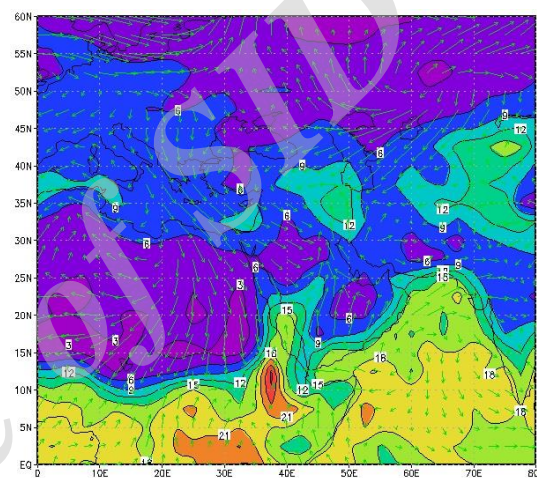
شکل ۸- میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ آوریل ۲۰۰۷ بر حسب ژئوپتانسیل متر

Fig. 8- Altitude field of 850 hpa level on 11 April 2007 in terms of geo-potential metre

ناوه میدانی از امگای منفی قوی به‌صورت زبانه‌ای از جریانات بالاسوی قوی با راستای جنوب‌غربی-شمال‌شرقی از روی سودان تا شمال‌غرب ایران دیده می‌شود. بالاترین حرکات بالاسو روی غرب ایران قرار دارد و امگا روی غرب ایران به بیش از $0/35$ پاسکال بر ثانیه رسیده است (شکل ۱۰).

تزریق رطوبتی مناسب به‌ویژه در لایه‌های زیرین وردسپهر و جریانات ناپایدار مناسب باعث ایجاد بارش‌های مناسب روی منطقه شده و آزاد شدن گرمای با دررو حاصل از آن انرژی لازم برای تشدید جریانات بالاسو بر روی این منطقه را فراهم کرده است. به همین دلیل با وجود هسته رطوبتی برتر روی سودان، بالاترین جریانات صعودی روی

جنوبی پیدا کرده و هسته سرد چرخندی قوی با منحنی هم‌ارتفاع ۱۴۳۰ ژئوپتانسیل متر بر روی مرکز عراق بسته شده است (شکل ۸). با فرارفت سرد در لایه‌های بالاتر روی سامانه حرارتی سودان سبب تقویت این سامانه شده است. با نفوذ این زبانه کم‌فشار سلول پرفشار عربستان حرکت شرق‌سوی شدیدی پیدا کرده و روی آب‌های گرم دریای عرب قرار گرفته است. این الگو سبب فرارفت رطوبتی مناسب به درون سامانه سودانی شده است و انرژی ترمودینامیکی مناسبی را برای بارش‌های شدید در



شکل ۷- نقشه ترکیبی وزش رطوبتی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ آوریل ۲۰۰۷. مقدار نم ویژه بر حسب گرم بر کیلوگرم

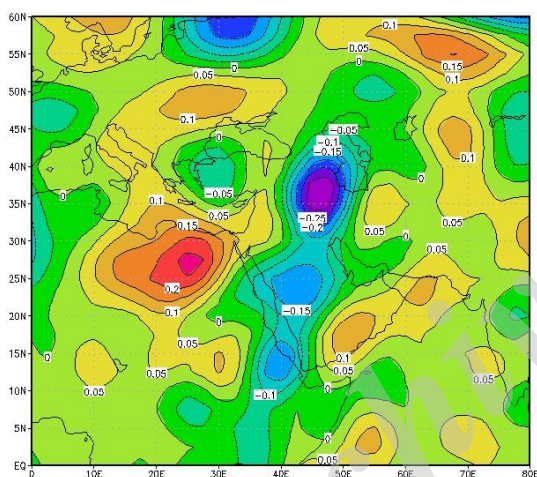
Fig. 7- Combination map of humidity of a 1,000-hp level on 11 April 2007. Specific amount in g/kg

نقشه‌های این تراز نشان می‌دهد جریانات واچرخندی حاکم روی دریاهای گرم عرب و عمان با وزش ملایم خود رطوبت را از طریق جریانات جنوبی و سپس شرقی به درون کم‌فشار سودانی منتقل کرده و این رطوبت در امتداد جریانات نسبتاً شدید جنوب-جنوب‌غربی جلو ناوه روی غرب و شمال‌غرب ایران فرارفت شده است (شکل ۹).

جریانات بالاسو

نقشه‌های میدان امگا تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد درست در انطباق با جریانات ناپایدار جلو

بررسی آماری نشان می‌دهد که بین کاهش دمای سطح آب شرق دریای مدیترانه در ماه مارس و کاهش بارش ماه مه در منطقه مورد بررسی همبستگی معنی‌دار منفی وجود دارد. در ماه مارس ۱۹۹۹ که دمای سطح آب در شرق دریای مدیترانه نسبت به میانگین بلندمدت کاهش داشته است، با دو ماه تاخیر با کاهش بارش ماه مه در ایستگاه‌های منطقه مورد بررسی همبستگی نشان داد (شکل ۱۲). بررسی داده‌های روزانه بارش و الگوهای هم‌دیدگی حاکم بر منطقه در این ماه نشان می‌دهد که در این ماه شرایط پایدار جوی در منطقه حاکم بوده و مقدار بارش این ماه نسبت به میانگین بلندمدت ۶۴ درصد کاهش داشته است. لذا شرایط هم‌دیدگی-دینامیکی این ماه بررسی می‌شود.

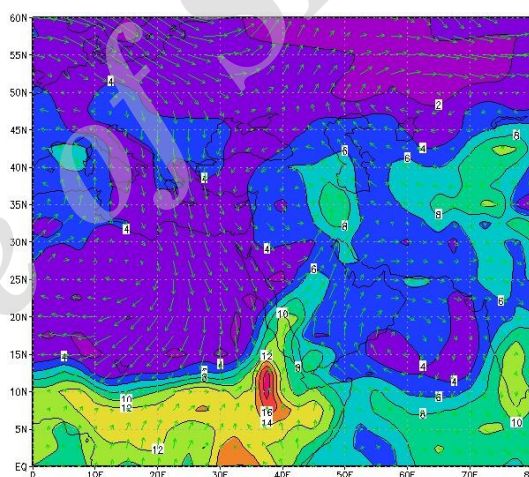


شکل ۱۰- میدان امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۱ آوریل ۲۰۰۷
Fig. 10- Omega field at 500 hPa level on 11 April 2007

پرفشار، زبانه‌های آن شرق دریای مدیترانه، نوار شمال غرب ایران تا شرق دریای خزر را فرا گرفته است. با جابه‌جایی این هسته به سمت شرق موقعیت قبلی خود، سلول دیگری از پرفشار ازور با فشار مرکزی بیش از ۱۰۲۳ هکتوپاسکال از غرب اروپا به منطقه وارد شده و سراسر اروپا، دریای مدیترانه، شمال آفریقا و نیمه شمالی ایران را در بر گرفته است. به طوری که منطقه مورد بررسی در دامنه زبانه‌های این پرفشار گسترده قرار می‌گیرد. این

آذربایجان واقع شده است. این به دلیل جریانات بالاسو به وسیله انرژی ترمودینامیکی حاصل از آزاد شدن گرمای با دررو روی منطقه است. از بررسی میدان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود (شکل ۱۱) که در شرق ناوه ارتفاع این تراز، مقادیر تاوایی نسبی مثبت و هماهنگ با آن حرکت بالاسو قرار گرفته است. بنابراین ناوه ارتفاع، تاوایی نسبی مثبت و امگای منفی در تراز میانی سبب ایجاد همگرایی در سطح زیرین و واگرایی در سطح بالا می‌شود. این شرایط باعث کاهش فشار در شرق دریای مدیترانه و تقویت کم‌فشار سطح زمین شده است

بررسی هم‌دیدگی-دینامیکی مورد انتخابی مه ۱۹۹۹



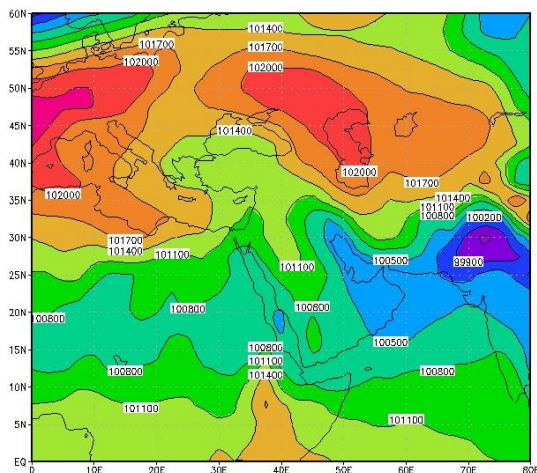
شکل ۹- نقشه ترکیبی وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ آوریل ۲۰۰۷. مقدار نم ویژه بر حسب g/kg
Fig. 9- Combination map of humidity of a 850-hPa level on 11 April 2007. Specific amount in g/kg

میدان فشار تراز دریا، دما و نم ویژه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

بررسی نقشه‌های تراز دریا در روزهای ۱۷ تا ۳۱ در این ماه نشان می‌دهد از روز هفدهم هسته پرفشاری با فشار مرکزی بیش از ۱۰۲۵ هکتوپاسکال از شمال غربی اروپا در عرض‌های بالاتر از ۵۵ درجه شمالی مشاهده می‌شود که زبانه‌های آن تا شمال دریای مدیترانه امتداد یافته است. در روزهای بعدی با حرکت شرق سوی این

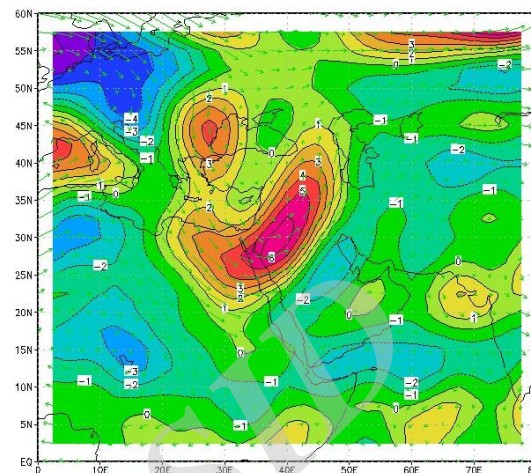
زبان‌های این پرفشار روی آفریقا زبان‌های کم‌فشار سودانی نیز امکان گسترش روی منطقه را پیدا نکرده است.

الگوی همدید سبب شده تمام عرض دریای مدیترانه تحت تسلط پرفشار گسترده قرار گیرد و شرایط سیکلون‌زایی از بین برود. علاوه بر این با گسترش



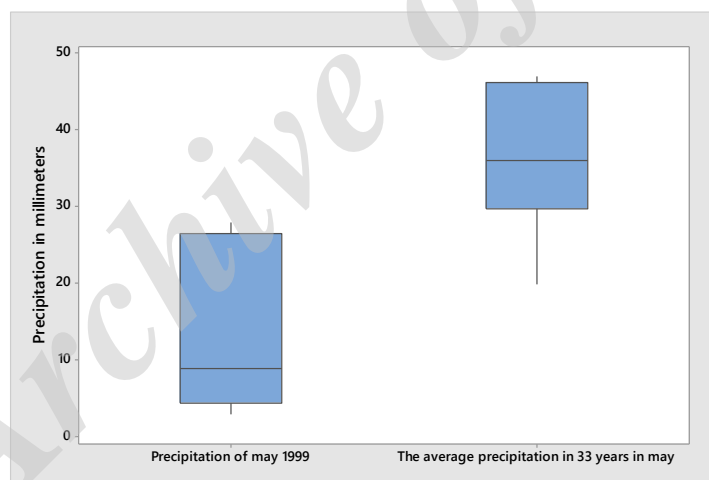
شکل ۱۲- میدان فشار تراز دریا بر حسب هکتوپاسکال روز ۲۳ می ۱۹۹۹

Fig. 12- Sea level pressure in hPa on 23 May 1999



شکل ۱۱- میدان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱۱ آوریل ۲۰۰۷

Fig. 11- Vorticity field at 500 hPa level on 11 April 2007

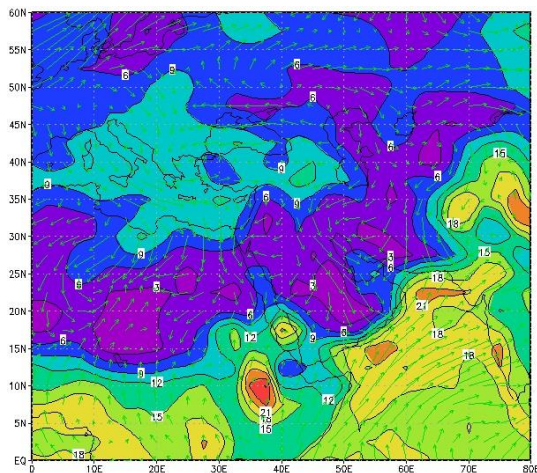


شکل ۱۳- مقایسه بارش ماه مه ۱۹۹۹ و میانگین بارش بلندمدت (سی و سه ساله) ماه مه در منطقه مورد بررسی
Fig. 13- Comparison of precipitation in May 1999 and the average long-term precipitation (33 years) in May in the study stations

شرایط نشان‌دهنده شرایط پایدار جوی و جریان‌های خشک روی منطقه است. میدان نم ویژه و وزش رطوبتی در نزدیکترین تراز نسبت به سطح زمین نشان می‌دهد که جز روزهای ۲۰ تا ۲۳ که مقدار نم ویژه ۶ تا ۹ گرم بر کیلوگرم بوده است در سایر روزهای این ماه مقدار نم ویژه ۸ گرم و بیشتر بوده است. با وجود پایین بودن دمای آب

(شکل ۱۳). در تطابق با نقشه‌های فشار، میدان دما نیز نشان می‌دهد در اکثر روزهای این ماه ناوه دمایی که از سمت غرب اروپا روی دریای مدیترانه نفوذ می‌کند قبل از رسیدن به منطقه مورد بررسی با جابجایی شمال‌سوی به عرض‌های بالاتر منتقل می‌شود و منطقه مورد بررسی اکثراً تحت‌تاثیر پشته دمایی قرار دارند (شکل ۱۴). این

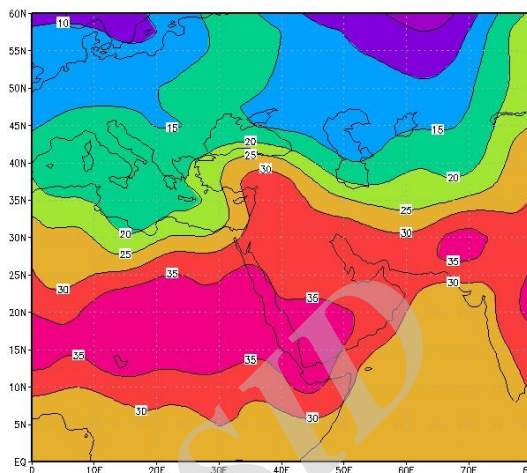
چشم نمی‌خورد (شکل ۱۵). بنابراین نبود شرایط ناپایداری مناسب در منطقه باعث کاهش بارش شده است.



شکل ۱۵- نقشه ترکیبی وزش رطوبتی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۳ مه ۱۹۹۹. مقدار نم ویژه بر حسب گرم بر کیلوگرم
Fig. 15- Combination map of humidity of a 1,000-hpa level on 23 May 1999. Specific amount in g/kg

پایین‌تر از مدار ۳۵ درجه شمالی نمی‌رسد و با حرکت شمال‌سوی، قبل از رسیدن به غرب ایران از منطقه خارج می‌شود (شکل ۱۶). به این ترتیب گسترش و حضور نسبتاً دائمی هسته‌های واچرخندی روی آفریقا و مدیترانه مانع از شکل‌گیری و توسعه شرایط چرخندی روی منطقه می‌شود. آرایش دمای جو این تراز نیز نشان می‌دهد جز چند روز معدود که ناوه دمایی از منطقه عبور کرده است در سایر روزهای ماه در منطقه مورد بررسی پشته دمایی مشاهده می‌شود که این شرایط جریانات واچرخندی را روی منطقه نشان می‌دهد. نقشه‌های وزش رطوبتی نیز همانند نقشه‌های فشار و ارتفاع نشان‌دهنده وجود شرایط پایدار جوی در منطقه و مساعد نبودن شرایط برای فرارفت رطوبتی مناسب به‌ویژه از سمت جنوب است. با توجه به نقشه‌های ترکیبی فرارفت رطوبت، با وجود سرد بودن دمای آب در این ماه وزش رطوبتی به منطقه مورد بررسی اکثراً از سمت دریای مدیترانه بوده است، اما فرارفتی از سمت جنوب صورت نگرفته است (شکل ۱۷). بدین سبب

دریای مدیترانه، جهت جریانات فرارفت را از روی دریای مدیترانه به سمت منطقه نشان می‌دهد، ولی فرارفت رطوبتی مناسبی از عرض‌های جنوبی روی منطقه به

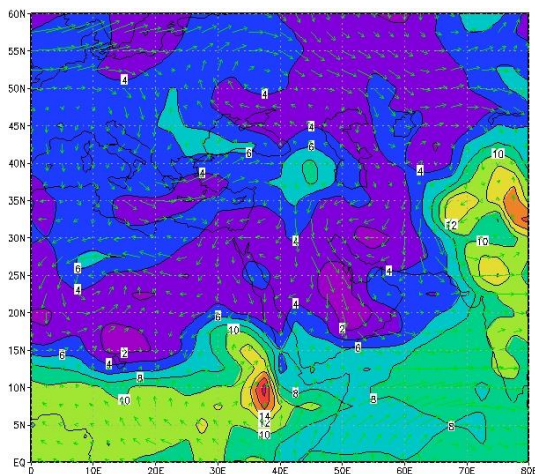


شکل ۱۴- میدان دما تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه سلسیوس روز ۲۳ مه ۱۹۹۹
Fig. 14- Temperature field of 1000 hPa in degrees Celsius on 23 May 1999

میدان ارتفاع ژئوپتانسیل، دما و نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

بررسی میدان ارتفاع ژئوپتانسیل در این تراز نشان می‌دهد پرفشار ازور در تمام روزهای این ماه حضوری نسبتاً دائمی روی دریای مدیترانه پیدا کرده است. واچرخند ازور از روز هفدهم با دو سلول بسته با ۱۵۴۰ ژئوپتانسیل متر روی مدار ۳۰ تا ۳۵ درجه شمالی روی دریای مدیترانه قرار گرفته است و زبانه شرقی آن تا شرق دریای مدیترانه کشیده شده است. این واچرخند در روزهای بعد به‌تدریج در حال گسترده شدن و حرکت به سمت شرق است. به‌طوری که روز بیست و یکم سراسر آفریقا، دریای مدیترانه، اروپای شرقی، دریای سیاه، عراق، سوریه، عربستان و سراسر ایران (جز جنوب شرقی) تحت پوشش زبانه‌های این پرفشار قرار گرفته‌اند. در این روز همچنین سلول کم‌ارتفاعی با ۱۴۴۰ ژئوپتانسیل متر روی اروپا بسته شده است. پشته پر ارتفاع مذکور مانع از عمیق شدن ناوه این کم‌ارتفاع می‌شود و حداکثر عمق آن به

عرض‌های بالاتر رانده شده است و از طرف دیگر شرایط پایدار مانع پیشروی کم‌فشار سودانی به عرض‌های بالاتر شده و به دنبال آن فرارفت رطوبت از سمت جنوب به منطقه مورد بررسی صورت نگرفته است.



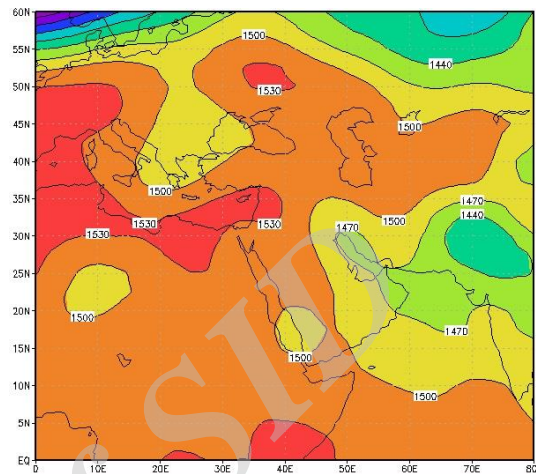
شکل ۱۷- میدان نم ویژه و فرارفت رطوبت تراز ۸۵۰

هکتوپاسکال روز ۲۳ مه ۱۹۹۹

Fig. 17- Combination map of humidity of a 850- hPa level on 23 May 1999. Specific amount g/kg

وردسپهر نیز نشان‌دهنده جوی پایدار با خصوصیت دینامیکی قوی در تمام لایه میانی و زیرین وردسپهر روی منطقه است که انجام هر گونه ناپایداری و فرارفت رطوبتی مناسب و شرایط ترمودینامیکی مناسب را روی منطقه از بین می‌برد (شکل ۱۹). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز هسته‌ای از تاوایی منفی روی دریای سرخ و هسته‌ای دیگر روی شرق دریای مدیترانه قرار گرفته است که به شمال غربی ایران فرارفت می‌شود. این فرارفت منفی هماهنگ با حرکات نزولی است که منطقه را تحت تاثیر قرار داده است. بررسی‌های متعددی درباره ارتباط SST پهنه‌های آبی و دریای مدیترانه با بارش نواحی دور و نزدیک به این دریاها انجام شده است. با توجه به اینکه اولین شرط بارندگی تغذیه رطوبتی در ترازهای پایین جو است، دمای سطح آب می‌تواند نقش مهمی در میزان تغذیه رطوبتی و مسیر حرکت جریان‌ها داشته باشد. شبیه‌سازی‌های صورت‌گرفته به کمک مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع

بیشترین کاهش بارندگی در این ماه مربوط به استان‌های کرمانشاه، همدان و کردستان است. با جریانات واچرخندی که در منطقه حاکم بوده است از طرفی ناهای کم‌ارتفاع نتوانسته است به عرض‌های جنوبی نفوذ کند و به سوی



شکل ۱۶- میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۲۳ مه

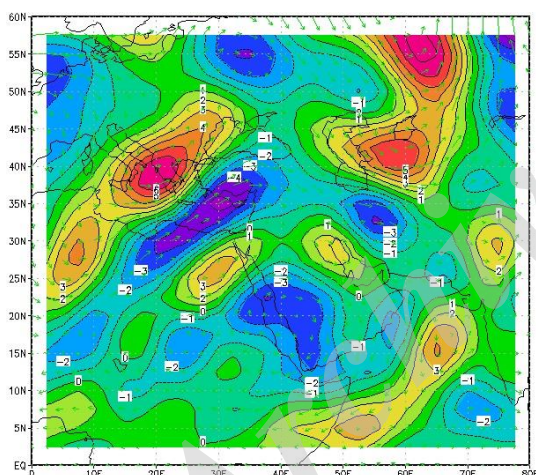
۱۹۹۹ بر حسب هکتوپاسکال

Fig. 16- Altitude field of 850 hpa level on 23 May 1999, in terms of geo-potential metre

جریانات بالاسو

نقشه‌های میدان امگا نیز نشان می‌دهد در این ماه در اکثر موارد هسته‌ای از امگای مثبت روی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است یا اینکه زبانه‌ای از امگای مثبت روی منطقه مورد بررسی گسترش یافته است. در نتیجه همگرایی و پایداری را در منطقه شاهد هستیم. از روز هفدهم هسته‌ای از امگا با $+0.2$ پاسکال بر ثانیه در شمال دریای مدیترانه قرار گرفته است که در روزهای بعد به سمت جنوب و شرق موقعیت قبلی خود جابه‌جا شده است و هسته مرکزی آن به $+0.25$ پاسکال بر ثانیه رسیده است. زبانه‌های آن از سمت جنوب تا مدار 20° درجه روی عربستان، از سمت شمال تا بالاتر از مدار 60° درجه شمالی امتداد یافته است. شرق دریای مدیترانه، عراق، سوریه، ترکیه، دریای خزر و کل ایران (جز شمال شرق) تحت پوشش زبانه‌های این هسته امگای مثبت قرار گرفته‌اند (شکل ۱۸). بنابراین نقشه‌های تاوایی ترازهای میانی

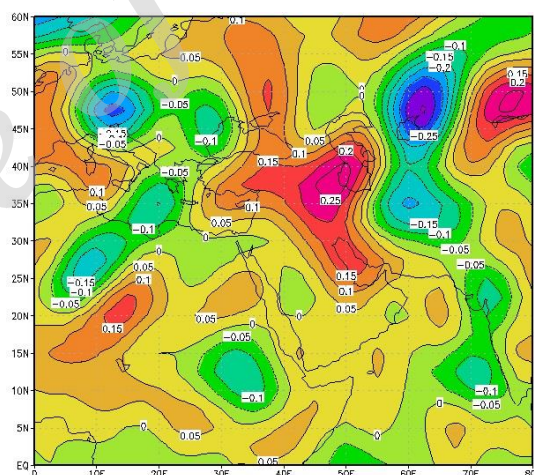
منطقه غرب یونان وجود دارد و سال‌هایی که دمای سطح آب دریای مدیترانه گرم‌تر از میانگین باشد منطقه ساحل مرطوب‌تر از شرایط نرمال است و سال‌هایی که دمای آب سردتر از میانگین باشد، خشک‌تر است (Rowell, 2007). اما Barrett (2008) در بررسی ارتباط بین بارش ایستگاه‌های هواشناسی ترکیه با دمای دریاهای مدیترانه و سیاه، به این نتیجه رسید که ارتباط قابل‌ملاحظه‌ای بین بارش ترکیه و آنومالی‌های دمایی دریاهای مدیترانه و سیاه وجود ندارد. نتایج این تحقیق نیز همسو با نتایج تحقیق Barrett (2008) نشان می‌دهد اگرچه از نظر آماری ارتباط معناداری بین افزایش/کاهش دمای آب دریای مدیترانه و افزایش/کاهش بارش در منطقه مورد بررسی وجود دارد، اما بررسی همدیدی-دینامیکی معناداری این ارتباط آماری را تایید نمی‌کند.



شکل ۱۹- میدان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۳ مه ۱۹۹۹
Fig. 19- Vorticity field at 500 hPa level on 23 May 1999

نسبت به میانگین بلندمدت کاهش چشمگیری داشته است، نفوذ و حضور نسبتاً پایدار و اچرخند ازور در این ماه روی دریای مدیترانه و منطقه مورد بررسی در سطح زمین از نفوذ و گسترش سامانه سودانی و شکل‌گیری چرخندهای مدیترانه‌ای، و در ترازهای بالاتر از عمیق شدن ناوه کم‌ارتفاع و نزدیک شدن آن به غرب ایران ممانعت به عمل آورده است. اگرچه دمای آب کاهش

هوا نشان می‌دهد که در سامانه‌های باران‌زای ایران، جریان هوا فواصل زیادی را از روی دریای عرب و بخش‌هایی از اقیانوس هند، دریای مدیترانه، دریای سرخ و خلیج فارس طی می‌کنند. بنابراین هر یک از این دریاها می‌تواند سهمی در تغذیه رطوبتی بارش‌های کشور داشته باشد (Rangbar Saadat-abadi and Izadi, 2013). میزان این سهم به عامل‌های متفاوت، از جمله سرعت باد (Back and Bretherton, 2005; Shokla and Misra, 1977) طول مسیر طی‌شده جریان‌ها، عمق دریا (Rezaei and Banafsheh, 2010) و دمای سطح آب دریا (Tea- Suk and Moon, 2010; Yatagagi and Yasumari, 1998) بستگی دارد. گرچه نتایج پژوهش (Colis et al., 2004) نشان داد که رابطه معناداری بین شارش گرمای نهان و محسوس در دریای مدیترانه غربی و بارش در



شکل ۱۸- میدان امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۳ مه ۱۹۹۹
Fig. 18- Omega field at 500 hPa level on 23 May 1999

بررسی نقشه‌های همدیدی-دینامیک نشان می‌دهد سامانه‌هایی که افزایش بارندگی در ماه آوریل در منطقه را به همراه داشتند سامانه سودانی بوده و عمده منبع رطوبت این بارش‌ها از سمت جنوب بوده است. به‌نظر می‌رسد افزایش دمای آب دریای مدیترانه تاثیری بر مقدار رطوبت فرارفت شده از این دریا بر منطقه مورد بررسی و افزایش بارش نداشته است. همچنین در ماه مه که بارش

سمت جنوب بوده است و به نظر می‌رسد افزایش دمای آب دریای مدیترانه تاثیری بر مقدار رطوبت فرارفت‌شده از این دریا بر منطقه مورد بررسی و افزایش بارش نداشته است. همچنین در ماه مه ۱۹۹۹ با توجه به نقشه‌های ترکیبی فرارفت رطوبت، علیرغم سرد بودن دمای آب در این ماه وزش رطوبتی به منطقه مورد بررسی اکثرا از سمت دریای مدیترانه بوده است، اما فرارفتی از سمت جنوب صورت نگرفته است. در واقع حضور نسبتا دائمی شرایط پرفشار در این ماه، ضمن ایجاد پایداری در لایه زیرین، هوای سرد و خشکی را روی منطقه فرارفت ایجاد کرده است. این شرایط ضمن ممانعت از شکل‌گیری چرخند مدیترانه‌ای، مانع از نفوذ کم‌فشار سودان به ایران شده و در صورت نزدیک شدن این کم‌فشارها روی کشورمان قابل تعقیب نبوده‌اند و بارش این ماه نسبت به میانگین بلندمدت کاهش یافته است. در نهایت با توجه به اینکه دریای مدیترانه با اقیانوس اطلس مرتبط است، پیشنهاد می‌شود چگونگی ارتباط نوسان SST دریای مدیترانه با اقیانوس اطلس و همزمان ارتباط نوسان بارش سرزمین پژوهش با نوسان اقیانوس اطلس بررسی شود.

با استفاده از طراحی مدل ارتباط بارش با تمام پارامترهای تاثیرگذار بر بارش به صورت همزمان بررسی شود و میزان تأثیر و اهمیت هر کدام از پارامترها مشخص شود.

پی‌نوشت‌ها

¹ Sea surface temperature

² Indian Ocean Dipole

³ El Niño-South Oscillation

⁴ Empirical Orthogonal Function

⁵ Guangxi

⁶ Guangdong

⁷ <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>.

داشته است اما در فرارفت رطوبت از دریای مدیترانه به منطقه مورد بررسی تغییر چندانی حاصل نشده است و تنها فرارفت رطوبتی از سمت جنوب تقریبا به صفر رسیده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش چگونگی ارتباط نوسان دمای آب دریای مدیترانه با بارش‌های غرب ایران بررسی شد. پس از بررسی آماری دو مورد که همبستگی معنی‌داری بین بارش در کل منطقه مورد بررسی و دمای آب دریا وجود داشت برای بررسی همدید-دینامیک در نظر گرفته شدند. ماه آوریل سال ۲۰۰۷ به عنوان افزایشی و ماه مه سال ۱۹۹۹ به عنوان مورد کاهش برای بررسی همدید-دینامیک انتخاب شدند. نتایج نشان داد در ماه آوریل ۲۰۰۷ در مواردی روی منطقه مورد بررسی بارش‌های خوبی رخ داده است که محور زبانه کم‌فشار سودانی با راستای جنوبی-شمالی یا جنوب‌غربی-شمال‌شرقی وارد ایران شده و تا شمال غربی ایران (منطقه مورد بررسی) گسترش داشته است. پراکنش محور ناوه‌های تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در طول این ماه نشان داد در روزهایی که ناوه گسترش جنوب‌سوی زیادی داشته و سردچال درون ناوه تا عرض‌های جنوبی پیش‌روی کرده است، با ایجاد گرادیان فشاری و دمایی شدید و انتقال رطوبت از دریاهای گرم جنوبی بارش‌های قابل‌ملاحظه‌ای روی منطقه مورد بررسی ایجاد کرده است. در این روزها با فرارفت سرد قطبی روی سامانه کم‌فشار سودانی و انتقال رطوبت قابل توجه ناپایداری‌های بسیار قوی و بارش‌های شدید و گاه رگبارهای شدید روی منطقه ایجاد شده است. بنابراین سامانه‌هایی که بارندگی در منطقه را به همراه داشتند سامانه سودانی بوده و عمده منبع رطوبت این بارش‌ها از

منابع

Alijani, B., 2012. Iran's Weather, Iran. Payamenoor University. (In Persian with English abstract).

Amini, M., Gh. Barati., A. Shakiba., M. Moradi., and M. Karampoor., 1396. The impact of monthly

- fluctuations Mediterranean Sea surface temperature in the fluctuations of monthly precipitation northwest Iran. *Journal of Earth Science Research*. 31, 28-41. (In Persian with English abstract).
- Ashok, k., Guan, Z. and Yamagata, T., 2003. A look at the relationship between the ENSO and the Indian Ocean Dipole. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 81, 41-56.
- Back, L.E. and Bretherton, C.S., 2005. The relationship between Wind speed and precipitatin in the Pacific ITCZ. *Journal of Climate*. 18, 4317-4328.
- Barrett, B.S., 2008. Relationship Between Sea Surface Temperature Anomalies and Precipitation Across. Turkey University of Graz, Austria.
- Barlow, M., Cullen, H. and Lyon, B., 2002. Drought in central and southwest Asia, Lanina, the warm pool, and Indian Ocean precipitation. *Journal of Climate*. 15, 697-700.
- 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*. 24, 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*. 24, 1803-1816.
- Ghayoor, H. and Khosravi, M., 2001. Impact of the Enso phenomenon on the abnormalities of summer and autumn precipitation in the southeastern Iran. *Quarterly Journal of Geographic Research*. 62, 141- 174. (In Persian with English abstract).
- Hatzaki, M. and Renguang, W., 2015. The South-eastern Europe winter precipitation variability in relation to the North Atlantic SST. *Atmospheric Research*. 52, 61–68.
- Jahanbakhsh, S., Zeinali, B. and Jalali, T., 2012. The effect of Mediterranean Sea surface temperature fluctuations on the precipitation of eastern Zagros and central pits of Iran. *Journal of Geography and Planning (Tabriz University)*. 39, 35-49. (In Persian with English abstract).
- 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*. 103, 173-180.
- Khosh Akhlagh, F., GHanbari, N. and Masoompoor, J., 2008. Study of the effects of North Atlantic fluctuate on the precipitation and temperature regime of the southern shores of the sea. *Journal of Natural Geography Research*. 66, 57-80. (In Persian with English abstract).
- Lin, W., Wen, C., Wen, Z. and Gang, H., 2015. Tele-connected influence of tropical Northwest Pacific sea surface temperature on inter-annual variability of autumn precipitation in Southwest China. *Climate Dynamics*. 45, 2527–2539.
- Liwei, H. and Dachao, J., 2016. The inter-annual relationship between anomalous precipitation over southern China and the south eastern tropical Indian Ocean sea surface temperature anomalies during boreal summer. *Atmospheric Science Letters*, Published online in Wiley Online Library. 17: 609-515.
- Poorasghar, F., 2012. Influence of the surface water temperature of the Indian Ocean on the precipitation of the southern half of Iran. Ph.D. Thesis. Faculty of Humanities and Social Sciences of Tabriz University, Tabriz, Iran.

- Ranjbar Sadat-abadi, A. and Izadi, P., 2013. Relationship of water temperature anomalies on the surface of the Indian Ocean and the Arabian Sea with the anomalies of the southern half of Iran. *Journal of Earth and Space Physics*. 4, 135-157. (In Persian with English abstract).
- Rasooli, A., Babaian, A., Ghaemi, H. and Zavarreza, P., 2011. Relationship between seasonal rainfall of Iran and temperature of regional watersheds. *Journal of Climatology Research*. 5 and 6, 69-92. (In Persian with English abstract).
- Rezaii Banafsheh, M., Jahanbakhsh, S., KHatibi, M. and Zeinali, B., 2010. Estimation of autumn and winter precipitation in southwest Iran using Mediterranean SST in summer and autumn. *Journal of Natural Geography Research*. 74, 47-62. (In Persian with English abstract).
- Rowell, D., 2007. The Impact of Mediterranean SSTs on the Sahelian Rainfall Seasonal. *Jornal of Climate*. 16(5), 849-862.
- Salahi, B., KHorshiddost, A.M. and Ghavidel Rahimi, Y., 2007. Relationship between the Atmospheric-oceanic circulation fluctuations with the East Azarbaijan lands. *Journal of Geographical Research*. 60, 147- 156. (In Persian with English abstract).
- Singh, G.P. and Jai-Ho, O., 2007. Impact of Indian Sea surface temperature anomaly on Indian summer monsoon precipitation using a regional climate model. *International Journal of Climatology*. 27, 1455-1465.
- Shokla, J. and Misra, B. M., 1977. Relationships between sea surface temperature and Wind speed over the central Arabian Sea and monsoon rainfall over India. *Monthly Weather Review*. 105, 998-1002.
- Tea-Suk, O. and Moon, Y., 2010. A study on the analysis of the relationship between sea surface temperature and monthly rainfall. *Journal of Korea Water Resources Association*. 43(5), 471-482.
- Torabi Azad, M., Bidokhti, A. and Salehian Far, J., 2016. Study of the interaction of surface water temperature on surface wind speed using satellite and field data in the southern Caspian Sea. *Geographic Information Journal*. 97, 117-127. (In Persian with English abstract).
- Yarahmadi, D. and Azizi, GH., 2007. Multivariate analysis of the relationship between seasonal rainfall of Iran and climate indicators. *Journal of Geographical Research*. 62, 161-174. (In Persian with English abstract).
- Yatagagi, A. and Yasumari, T., 1998. Variation of summer water vapor transport related to precipitation over and around the arid region in the interior of the Eurasian continent. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 76(5), 799-815.
- Zablone, O. and Ogallo, L.A., 2008. Linkage between the Indian ocean dipole index and East African seasonal rainfall anomalies. *Journal of Kenya Meteorological Society*. 2, 3-17.





Environmental Sciences Vol.16 / No.2 / Summer 2018

83-100

A synoptic-dynamic analysis of the impact of Mediterranean Sea water temperature fluctuations on precipitation in western Iran

Alireza Shakiba,* Mitra Amini, Gholamreza Barati and Mohammd Moradi

Department of Natural Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2017.10.16

Accepted: 2018.01.10

Shakiba, A., Amini, M., Barati, Gh. and Moradi, M., 2018. Synoptic-Dynamic analysis of the impact of Mediterranean Sea water temperature Fluctuations on Western Iran precipitation. *Environmental Sciences*. 16(2): 83-100.

Introduction: Sea Surface Temperature (SST) anomalies can greatly affect climate fluctuations of arid regions. The impact of SST on the amount of rainfall is not limited to coastal areas, but distant areas may also be affected by changes in patterns of SST areas. Understanding the correlation between SST and rainfall pattern has an effective role in prediction of drought and rain in areas that are influenced by water temperature fluctuations.

Materials and methods: In this research, in order to investigate the relationship between anomalies of Mediterranean Sea SST (as one of the sources of rainfall in Iran) and rainfall in western regions of Iran, after statistical analysis and identification of hot and cold periods of water, which had a significant correlation with rainfall in the study area, two samples were selected and the way water temperature affects rainfall was analyzed using a Synoptic-Dynamic condition analysis. For this purpose, in selected regions, the following factors were depicted and examined in a GRADS environment: daily rainfall data; mean sea level pressure field maps; heights of 500, 700, and 850 hPa; temperature field at 850 and 1000 hPa; specific humidity field at 850 and 1000 hPa; wind and orbital components at 500-1000 hPa; vertical velocity field at 500 and 700 hPa; relative vorticity field and horizontal divergent of relative vorticity field at 500 hPa; and specific humidity field and horizontal divergent of specific humidity field at 800 and 1000 hPa.

Results and discussion: The results showed that, although a statistically significant correlations exist in the whole study region between high SST and rising rainfall in April (95%) as well as low SST of the Eastern area decreasing rainfall in March (99%), according to a Synoptic-Dynamic analysis the system that brought rain to the region in April was the Sudanese system and the main source of humidity was the southern area. These synoptic systems, which are associated with atmospheric fronts, are formed or strengthened under the influence of a deepened trough at mid-level height, creation of a positive vorticity in the eastern part of a trough, existence

* Corresponding Author. *E-mail Address:* a-shakiba@sbu.ac.ir

of an upward movement, convergence at lower heights, and reduced pressure. By providing humidity at lower heights and upward movement, suitable conditions are provided for convective rainfall in the study area. Also, under the influence of the relatively stable presence of the Azores anticyclone over the Mediterranean Sea on the Earth's surface and the study area, reduced rainfall in May prevents the influence and expansion of the Sudanese system and the formation of Mediterranean cyclones at higher levels, deepening of a low height trough, and approaching western Iran. Although water temperature decreased in humidity advection from the Mediterranean Sea to the studied area, no change occurred and only humidity advection from southern area reached zero. According to Omega and vorticity maps, it is also observed that the presence of stable atmospheric conditions, vorticity advection, and downward movements in the region all reduced rainfall in this month.

Conclusion: In general, the dynamic and thermodynamic complexity of weather from the Mediterranean Sea to western and north-western Iran prevents recovery of the effect of SST fluctuations caused by decreasing and increasing precipitation. Therefore, it seems that an increase and/or decrease in water temperature of the Mediterranean Sea has no impact on the amount of humidity advection and increase and/or decrease of rainfall in the study area. What is more, different atmospheric patterns accompanied by positive or negative SST abnormalities in different months, play a controlling role in humidity feeding through various sources and occurrence of rainfall.

Keywords: Surface temperature, Synoptic, Dynamic, Moisture advection, Sudanese system.