

تحلیل همدیدی، ترمودینامیکی جابجایی مکانی جت جنب حاره‌ای در فعالیت کم‌فشار سودانی (مطالعه موردی ترسالی‌های استان فارس)

زینب محمدی^۱، حسن لشکری^{۲*}

۱-دکتری آب و هواشناسی، مرکز مطالعات ناحیه‌ای و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی

۲-دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۷/۴

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۳

چکیده

در این تحقیق از دو روش گردشی به محیطی و محیطی به گردشی استفاده شده است. برای مطالعه و تحلیل جابجایی مکانی جت جنب حاره‌ای داده‌های سایت <http://www.esrl.noaa.gov> استفاده شد. نقشه‌های جت طی دوره آماری ۲۱ سال در ماه‌های (اکتبر تا می) در محیط نرم افزاری grads ترسیم و محور جت‌ها برای هر ماه بر روی نقشه‌های پایه‌ای که در محیط نرم افزاری ARCGIS10.4 تهیه شده بود ترسیم شده است. سپس داده‌های ماهانه بارش ۹ ایستگاه همدید استان طی سال‌های زراعی (۱۳۷۵ تا ۱۳۹۶) استخراج نمونه‌های مطالعاتی انتخاب گردید. بررسی‌های چشمی انجام شده بر روی محور جت‌ها در ماه‌های مختلف نشان داد که محور جت‌ها دارای جابجایی شمال و جنوب سوی نسبتاً زیاد می‌باشند. از اول اکتبر به تدریج با جابجایی شرق سوی پرفشار عربستان جریان‌های جت در موقعیت مناسبی قرار گرفته و شرایط برای ایجاد ناپایداری‌ها فراهم می‌شود. در ماه‌های ژانویه و دسامبر جت در مناسب‌ترین حالت خود (شرق مصر تا غرب خلیج فارس) قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از الگوی‌های همدید بارش‌های شدید نشان داد که از چند روز قبل از شروع بارش‌ها پشته عمیقی از روی آفریقا و مدیترانه مرکزی تا شمال عرض ۶۰ درجه گسترش یافته و جریانات را بر روی مدیترانه شرقی کاملاً نصف النهاری و باعث شکست در امواج راسبی می‌گردد. شیو حرارتی شدید حاصل از آن ضمن تقویت جت جنب حاره‌ای، ناوه عمیقی را بر روی مدیترانه شرقی ایجاد می‌کند که با فرارفت سرد جنب قطبی بر روی سامانه سودانی و فرارفت رطوبتی مناسب از روی دریا‌های گرم عرب و عمان سامانه سودانی و ناوه دریای سرخ تقویت شده و ناپایداری شدیدی را بر روی منطقه ایجاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: همدید، ترمودینامیک، جت جنب حاره‌ای، کم‌فشار سودان، استان فارس.

مقدمه

جریان‌های جتی به دست آوردند و به این نتیجه رسیدند که تشکیل توده‌های هوای گرم و مرطوب وسیع در لایه‌های میانی و بالایی وردسپهر، از جنوب به شمال حرکت می‌کند نیز شرایط همدیدی یکسانی را فراهم می‌سازد، از ویژگی همدیدی این بارش‌ها، وجود ناوه برگشتی بر روی دریای سرخ در سطح زمین و همراه با ناوه‌های ژرف و گسترده شرق مدیترانه و جریان‌های جتی ترازهای بالایی وردسپهر همراه است (دیان و آبراهام، ۱۹۸۴). در مدیترانه شرقی برای کم‌فشارهای بدون جبهه که از منطقه دریای سرخ و سودان به سمت شرق مدیترانه گسترش پیدا کرده و موجب بارش‌های سیل‌آسا می‌شود نام جدیدی تحت عنوان، ناوه برگشتی دریای سرخ برگزیده‌اند که این سامانه‌ها به وسیله جریان‌های جتی تقویت می‌شود (کریک و آلبرت، ۱۹۹۴). اثر متغیرهای گرمایی را در موقعیت یا ساختار جریان‌های جتی با مسیر مستقیم و منحنی، با الگوی واگرایی مرتبط با آن‌ها مورد آزمون قراردادند (زیف و پولار، ۱۹۹۸). در زمینه جریان‌های جتی می‌توان به کارهایی از جمله (کتانی و همکاران، ۲۰۰۱؛ گراورسانیز، ۲۰۰۲؛ یانگ، لا و کیم، ۲۰۰۶؛ کاتلیپ، ۲۰۰۳؛ به لک برن و کوشینز، ۲۰۰۷؛ گنتی و همکاران، ۲۰۱۱). در ایران مطالعه جریان‌های جتی به طور ویژه بسیار محدود بوده و فقط در بعضی از مطالعاتی که در زمینه آب و هواشناسی همدیدی صورت گرفته است، سیستم‌های سطح بالا نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. به‌طور کلی می‌توان مطالعات جریان‌های جتی را در ایران به صورت زیر ذکر کرد. ترابی در پایان‌نامه خود با عنوان بررسی جریان‌های جتی روی ایران مقدار متوسط جریان‌های جتی غربی روی شمال آفریقا و غرب آسیا برای سه ماه

شناخت جریان‌های جتی برای اولین بار در جریان حملات هوایی امریکا به ژاپن در طی جنگ جهانی دوم میسر شد و به سرپرستی راسبی در مکتب شیکاگو ثابت و نام‌گذاری شد. تاکنون مطالعات موردی درباره این جریانات جتی انجام گرفته است، از جمله کارهایی که در زمینه جریان‌های جتی در جهان انجام شده است، به موارد زیر می‌توان اشاره داشت: بارش‌های سنگین مرکز ایالات متحده را با جریان‌های جتی به ناوه‌های ژرف و گسترده همراه با جریان‌های جتی ترازهای بالای وردسپهر ارتباط داده و مدلی برای این نوع بارش‌ها ارائه داده‌اند. و نیز در پایان یادآوری کرده‌اند که بارش‌های سنگین به وجود جریان‌های جتی قطبی و جریان‌های جتی جنب‌حاره‌ای به تفکیک و یا ترکیبی از آن‌ها نیاز است (اسمیت و یانکین، ۱۹۷۲). براساس بررسی کلاین تعداد ماهانه سیکلون‌های تشکیل شده در هر واحد ۵ درجه جغرافیایی، در تابستان در بالای مدار ۴۰ درجه و در زمستان اطراف مدار ۳۵ درجه به حداکثر خود می‌رسد. طبق تحقیق او، کمربند حداکثر سیکلون زایی، در تمام فصول سال، منطبق بر کمربند جریان‌های جتی جبهه قطبی در منطقه برون حاره است (کلاین، ۱۹۸۴). نیمرخ قائم جو و تابش فرا سرخ، دما، دمای پتانسیل و بخار آب را در طی جریان‌های جتی در مسیر از والزمین تا کاراکاس را در روزهای ۷ و ۹ ژانویه ۱۹۶۱ بررسی کردند. در تحلیل همدیدی منطقه به نتایجی از تأثیر ابرها بر تابش فرا سرخ، نیمرخ قائم دما و بخار آب و تابش فرا سرخ بر روی جریان‌های جتی دست یافتند (جانسون و شن، ۱۹۸۶). در مطالعه خود ارتباط بارش‌های سنگین در خاورمیانه را به ویژگی‌های بی‌هنجاری

جریان‌های جتی طی فازهای ENSO پرداختند و نتایج کار ایشان نشان داد که دو مسیر برای عبور جریان‌های جتی وجود دارد که مسیر جنوبی‌تر جریان‌های جتی جنب‌حاره‌ای بر فراز ایران و مسیر شمالی‌تر جریان‌های جتی جنب قطبی در عرض‌های ۴۰ تا ۷۵ درجه شمالی جریان دارد. مسیر عبور جریان‌های جتی جنب‌حاره‌ای در سال النینو در هر دو تراز ۲۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال به عرض‌های جنوبی‌تر منتقل می‌گردد (سفر راد و عزیز، ۱۳۹۱). روند تغییرات فصلی جریان‌های جتی جنب حاره در محدوده اقلیمی ایران طی دهه‌های اخیر در تحقیقی مورد بررسی قرار گرفت نتایج کار نشان داد که بیشترین تغییرات مربوط به دهه پنجم (۱۳۸۰-۱۳۷۰) بوده است (عساکره و همکاران، ۱۳۹۴). آروین و همکاران در تحقیقی به تأثیر جریان‌های جتی جنب‌حاره‌ای بر بارش‌های روزانه بیش از ده میلی‌متر در حوضه زاینده‌رود پرداختند نتایج کار ایشان نشان داد که الگوی غالب در رخداد بارش بیش از ده میلی‌متر، قرارگیری چپ خروجی جریان‌های جتی جنب‌حاره‌ای بر روی دامنه فرازش موج‌کوتاه باد غربی است (آروین و همکاران، ۱۳۹۴). در زمینه جریان‌های جتی می‌توان به کارهایی از جمله تحقیق (لشکری و همکاران، ۱۳۹۶) بر روی جنوب و جنوب غرب ایران اشاره کرد. این تحقیق سعی دارد به این سؤال پاسخ دهد که جابجایی مکانی جت جنب‌حاره‌ای در دوره بارشی ایران چگونه است و همچنین موقعیت مکانی آن چقدر در تشدید فعالیت کم‌فشار سودانی تأثیرگذار است.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر از دو روش گردشی به محیطی و محیطی به گردشی استفاده شده است. در مرحله

زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) مورد مطالعه قرار داد. اطلاعات مورد استفاده مربوط به سال‌های ۱۹۷۱-۱۹۷۵ بوده و در دو قسمت به کار برده شده است: محور جریان‌های جتی در سطح ۲۰۰ میلی باری مقاطع عمودی جریان‌های جتی در طول جغرافیایی ۵۰ درجه شرقی که از غرب ایران می‌گذرد تهیه شده، اطلاعات لازم و ایستگاه‌ها بین ۱۰ تا ۵۰ درجه طول شرقی و ۱۰ تا ۵۰ درجه عرض شمالی استفاده شده است. ماکزیمم سرعت باد از ۴۲/۵ متر بر ثانیه در ماه دسامبر به ۵۰ متر بر ثانیه در ماه‌های ژانویه و فوریه افزایش می‌یابد (ترابی، ۱۳۵۵ به نقل از خورانی، ۱۳۸۴). تعیین موقعیت جریان‌های جتی در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور با استفاده از داده‌های بارشی ۷ ایستگاه در دو استان ایلام و کرمانشاه در دوره ۱۰ ساله، نتیجه گرفت که در دو روز قبل از بارش مسیرهای جریان‌های جتی دارای انحناء آنتی سیکلونی بوده و در روزهای آغاز و بیشینه بارش انحناء چرخندی پیدا می‌کنند. هسته‌های جریان‌های جتی نیز در دو روز قبل از بارش پراکنده بوده و در روزهای آغاز و حداکثر بارش در دو منطقه متمرکز شده‌اند. درحالی‌که هسته‌های جریان‌های جتی در قسمت اول قرار دارند، منطقه مورد مطالعه در قسمت خروجی هوای سردهسته جریان‌های جتی و درحالی‌که هسته‌های جریان‌های جتی در قسمت دوم قرار دارند، در ناحیه ورودی هوای گرم قرار می‌گیرد. این شرایط باعث تقویت سامانه‌های کم‌فشار سطح زمین می‌شود. بین سرعت هسته‌های جریان‌های جتی و میزان بارش سامانه‌ها، رابطه خطی خاصی وجود ندارد. این امر به علت تأثیر عوامل متعدد در میزان بارش سامانه‌ها شده است (خورانی، ۱۳۸۴). سفر راد و عزیز در تحقیقی به تحلیل ویژگی‌های

اول داده‌های موردنیاز (بادمداری و نصف‌النهاری) از سایت <http://www.esrl.noaa.gov> دریافت گردید و سپس در محیط نرم‌افزار Grads پس از ترکیب بادمداری و نصف‌النهاری نقشه‌های جت در ماه‌های دوره بارشی (اکتبر تا می) ترسیم گردید و محور جت جنب‌حاره‌ای پس از ترسیم نقشه پایه در محیط نرم‌افزاری ArcGIS 10.4 ترسیم گردید. از داده‌های ماهانه بارش ۹ ایستگاه همدید استان فارس طی سال‌های زراعی (۱۳۷۶-۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۶) استفاده شده است (شکل ۱). ملاک انتخاب ایستگاه‌ها دوره آماری مشترک ۲۱ ساله در همه ایستگاه‌ها است. در این تحقیق از شاخص SPI برای بررسی ترسالی‌ها و

خشک‌سالی‌ها استفاده شده است، شاخص SPI در تحلیل منطقه‌ای خشک‌سالی و مطالعات تطبیقی و مقایسه‌ای استفاده می‌شود (هایز، ۱۹۹۹). روش بارش استاندارد شده (SPI) از روش‌های متداول خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در مناطق و ایستگاه‌های مختلف است. مبنای این روش داده‌های استاندارد شده بارش است که هر چه از میانگین تغییر کند ترسالی و خشک‌سالی را در ماه‌های مختلف سال و یا کل سال می‌توان تعیین کرد.

$$SPI = \frac{P_K - \bar{P}_i}{\sigma_i}$$

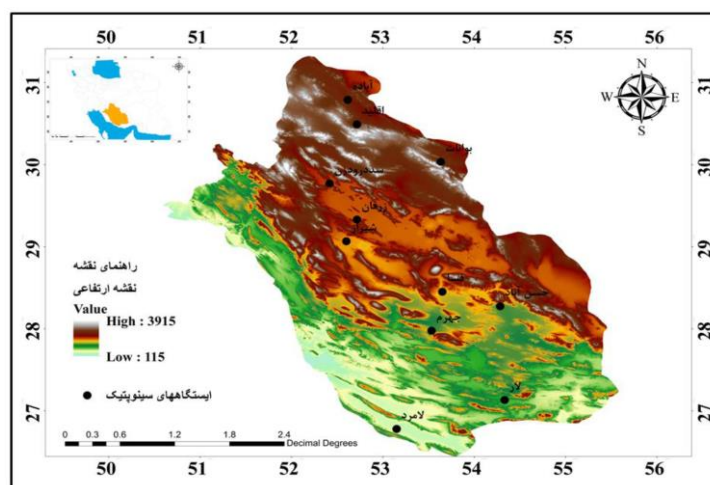
جدول ۱: مقیاس طبقه‌بندی برای مقادیر SPI

طبقه	شدیداً مرطوب	خیلی مرطوب	مرطوب متوسط	تقریباً نرمال	خشک متوسط	خیلی خشک	شدیداً خشک
مقادیر SPI	>2	۱.۵ تا ۱.۹	۱ تا ۱.۴۹	۰.۹۹ تا -۰.۹۹	-۱ تا -۱.۴۹	-۱.۹۹ تا -۱.۴۹	<-۲

منبع: لشنی زند (۱۳۸۳) به نقل از (مک کی، ۱۹۹۳)

ترسالی‌های استان در سال (۸۵-۱۳۸۴) رخ داده است و در همه ایستگاه‌های استان فراگیر بوده است.

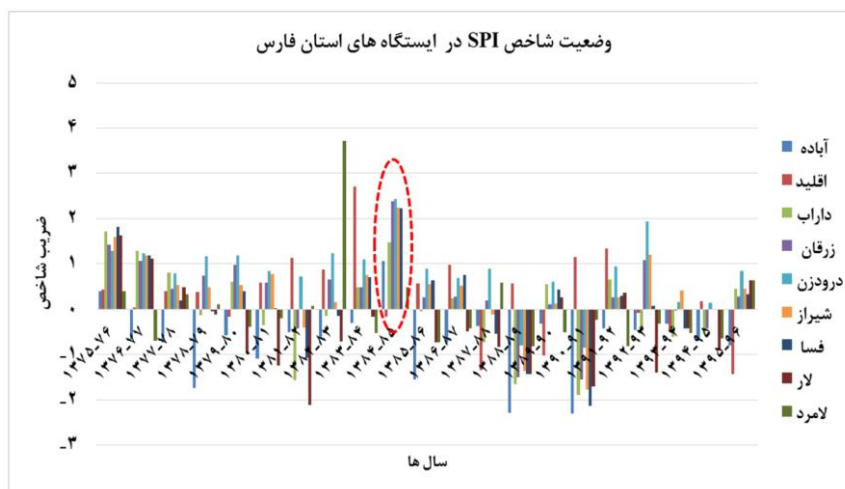
برای محاسبه شاخص از نرم‌افزار DIP استفاده گردید. شکل ۱ پراکنش ایستگاه‌های انتخابی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شاخص SPI برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که شدیدترین



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۲: مقدار شاخص SPI در ایستگاه‌های استان فارس

	آباده	اقلید	داراب	زرقان	دروذن	شیراز	فسا	لار	لامرد
1375-76	0,4	0,43	1,72	1,43	1,29	1,59	1,81	1,63	0,4
1376-77	-0,67	0,03	1,29	1,06	1,23	1,18	1,18	1,11	-0,7
1377-78	-0,73	0,4	0,81	0,44	0,79	0,54	0,2	0,48	0,33
1378-79	-1,75	0,38	-0,13	0,74	1,16	0,49	-0,04	-0,11	0,1
1379-80	-0,58	-0,17	0,61	0,98	1,19	0,54	0,4	-0,94	-0,39
1380-81	-1,09	0,59	-0,36	0,58	0,85	0,77	0,02	-1,25	-0,2
1381-82	-0,51	1,13	-1,58	-0,43	0,72	-0,4	-1,08	-2,12	0,07
1382-83	-0,66	0,88	-0,15	0,65	1,23	0,15	-0,15	-0,72	3,71
1383-84	-0,3	2,7	0,48	0,48	1,1	0,76	0,7	-0,17	-0,53
1384-85	1,06	-0,17	1,48	2,38	2,43	2,24	2,23	-0,01	0,49
1385-86	-1,56	0,56	-0,04	0,26	0,89	0,55	0,64	-0,73	-0,74
1386-87	-0,74	0,98	0,25	0,27	0,69	0,52	0,75	-0,5	-0,42
1387-88	-0,37	-1,35	-0,74	0,2	0,89	-0,11	-0,54	-0,83	0,58
1388-89	-2,29	0,56	-1,66	-1,5	-0,8	-1,36	-1,43	-1,43	-0,82
1389-90	-0,32	-1,03	0,55	0,1	0,61	0,12	0,43	0,26	-0,51
1390-91	-2,31	1,15	-1,89	-1,55	-0,85	-1,78	-2,13	-1,71	-0,24
1391-92	-0,42	1,33	0,66	0,26	0,95	0,26	0,3	0,37	-0,81
1392-93	-0,46	-0,08	-0,5	1,09	1,94	1,2	0,08	-1,4	-0,33
1393-94	-0,32	-0,5	-0,61	-0,03	0,16	0,41	-0,43	-0,43	-0,52
1394-95	-0,7	0,17	-0,55	-0,43	0,14	-0,02	-0,02	-0,9	-0,64
1395-96	-0,8	-1,44	0,45	0,27	0,84	0,44	0,33	0,64	0,64



شکل ۲: وضعیت ضریب شاخص SPI در استان فارس

پس از تهیه داده‌های موردنیاز از سایت مرکز ملی جو و اقیانوس‌شناسی آمریکا (Ncep/Ncar) در محیط نرم‌افزاری Grads ترسیم گردیده است.

نتایج

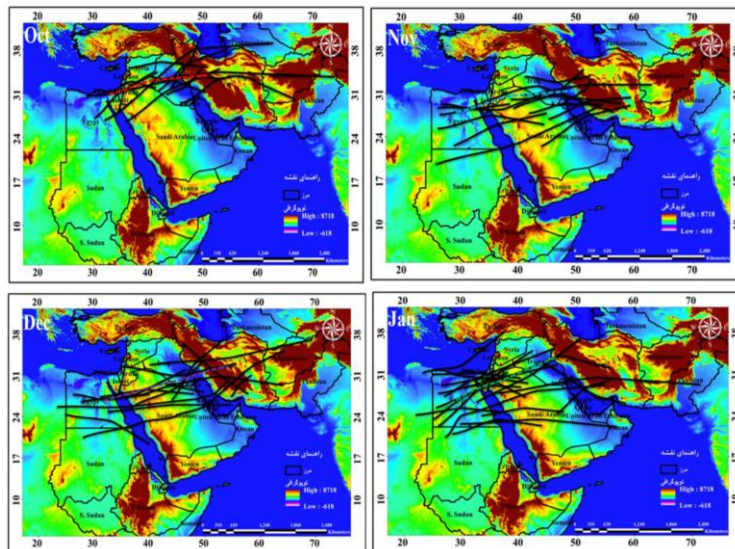
جت جنب‌حاره‌ای یکی از مهم‌ترین سامانه‌های جوی بر روی پدیده‌های اقلیمی عرض‌های

و درنهایت روزهای بارشی در سال‌های با ترسالی شدید مورد بررسی قرار گرفت و روزهایی که در تمامی ایستگاه‌ها بارش به صورت فراگیر و بالای ۲۰ میلی‌متر به ثبت رسیده به‌عنوان نمونه بارشی انتخاب گردید و نقشه‌های ترکیبی شامل نقشه جت جنب‌حاره‌ای، توپوگرافی، نم ویژه و وزش دمایی در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال

ITCZ دستخوش تغییر است و همچنان جابجایی و پرفشار جنب‌حاره‌ای نیز در مناطق مختلف جغرافیایی متفاوت است.

تحلیل موقعیت ماهانه جت جنب‌حاره‌ای
مهم‌ترین جت تأثیرگذار در پدیده‌های اقلیمی و شرایط جوی روزانه نوار جنوب و جنوب غربی کشور ایران جت جنب‌حاره‌ای است. اشکال ۳ و ۴ موقعیت محور جت جنب‌حاره‌ای را در هر یک از ماه‌های هشتگانه دوره بارشی نشان می‌دهد. شکل ۳ موقعیت محور مرکزی جت جنب‌حاره‌ای را در ماه اکتبر تا ژانویه در دوره آماری ۲۱ ساله (۱۳۷۵ تا ۱۳۹۶) نشان می‌دهد. محور جت‌ها در طول دوره ۲۱ ساله پراکنشی در ماه اکتبر بین عرض‌های ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی دارند. تمرکز محورها در محدوده عرض ۳۲ درجه شمالی است. ملاحظه می‌شود با وجود اینکه اعتدالین شروع شده است ولی به دلیل جابجایی کند جنوب سوی پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان، جت جنب‌حاره‌ای نیز جابجایی جنوب سوی مناسبی ندارد.

جنب‌حاره‌ای است. جت‌ها اصولاً با توجه به ساختار دینامیکی خود نقش مهمی در تشدید ناپایداری‌های لایه زیرین خود دارند. جت‌ها همچنین در پیشانی دو توده هوایی با شرایط حرارتی و دینامیکی متفاوت شکل می‌گیرند. با وجود اینکه جت‌های جنب‌حاره‌ای حاصل یک فرایند دینامیکی حاکم در جریانات جنوبی لایه‌های بالایی سلول هدلی و اصل ثابت بودن تکانه زاویه‌ای حاصل می‌شوند. و عمدتاً در دامنه شمالی و اچرخند جنب‌حاره‌ای قرار دارند. ولی تشدید جریان سرد شمالی ناوه عرض‌های جنب قطبی و گردان حرارتی حاصل از آن نیز نقش بسیار مهمی در تقویت و تشدید آن‌ها دارند. جت جنب‌حاره‌ای نیز همانند جابجایی سالانه در مکان جغرافیایی سامانه‌های اصلی سازنده گردش عمومی جو، جابجایی مداری و نصف‌النهاری نسبتاً قابل‌توجهی دارند. به‌طوری‌که با جابجایی سلول‌های پرفشار جنب‌حاره و منطقه همگرایی حاره‌ای موقعیت مکانی و سرعت آن‌ها نیز



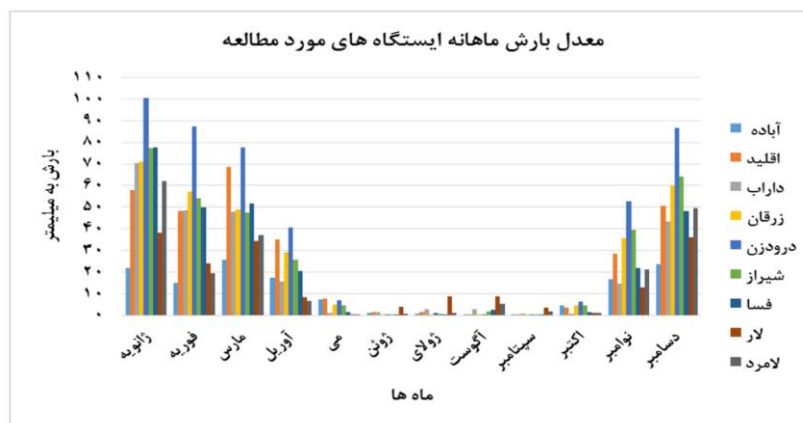
شکل ۳: محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه‌های اکتبر تا ژانویه تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال

بارش‌ها در نوار جنوبی و حتی مرکزی کشور در ماه اکتبر شروع نشده یا تا پایان اکتبر به تأخیر می‌افتد. نظم عمومی محورها جنوب غربی -

به‌جز در چند سال محدود که جت حرکت جنوب سوی مناسبی دارد. در سایر سال‌ها جت همچنان در عرض‌های بالا استقرار دارد. به همین دلیل

شرایط پاییزی در این منطقه است. پراکنش محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه دسامبر نسبت به دو ماه قبل منظم‌تر و از پراکندگی محورها کاسته شده است به جز در چند مورد استثنا که محورها بر روی ایران قرار داشته یا حالت نامتقارنی دارند در سایر سال‌ها محورهای جت جنب‌حاره‌ای در محدوده نرمال خودبین مصر تا غرب خلیج فارس استقرار دارند. تمرکز اصلی محورها بین عرض‌ها ۲۴ تا ۲۶ درجه شمالی قرار دارند. موقعیت عمومی محورها به گونه‌ای است که جنوب و جنوب غرب ایران در مناسب‌ترین موقعیت از جت جنب‌حاره‌ای (سمت چپ خروجی جت) قرار می‌گیرد. به همین دلیل ماه دسامبر یکی از ماه‌های اوج فعالیت سامانه سودانی و همچنین ماه‌های پربارشی نوار جنوبی و مرکزی کشور ایران است. شکل ۴ معدل بارش ماهانه تعدادی از ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود ماه دسامبر یکی از ماه‌های پر بارش اکثر ایستگاه‌های استان‌های جنوبی کشور است.

شمال شرقی است و در موارد اندکی محور طولانی بسیار گسترده‌ای دارند. تمرکز طولی محورها بین ساحل شرقی مدیترانه تا دامنه‌های زاگرس شمالی است. محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه نوامبر در مقایسه با ماه اکتبر محور جت‌ها جابجایی جنوب سوی قابل توجهی را نشان می‌دهند. عموم محورها در جنوب عرض ۳۲ درجه شمالی قرار دارند و از ضلع جنوبی تا عرض ۲۰ درجه نیز گسترش پیدا کرده‌اند. تمرکز اصلی محورها در محدوده عرض ۲۸ تا ۲۹ درجه شمالی است و از لحاظ گسترش طولی محدوده‌ای بین ۲۵ درجه شرقی (مصر) تا ۶۰ درجه شرقی (جنوب شرق ایران) را در بر گرفته‌اند. نظم عمومی محورها غربی- شرقی و بندرت جنوب غربی- شمال شرقی است. این جابجایی سریع محورها بیانگر جابجایی جنوب سوی قابل توجه پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان و جت جنب‌حاره‌ای مرتبط با آن از ماه اکتبر تا نوامبر است. بنابراین ماه نوامبر شروع فصل بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران و در عین حال تغییر ناگهانی از شرایط تابستانی به



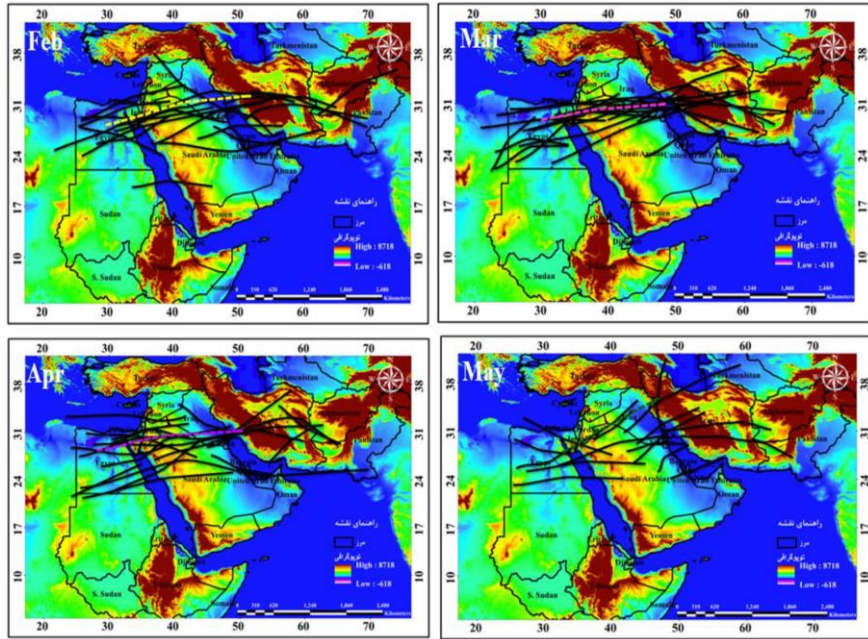
شکل ۴: معدل بارش ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه

و شکست در امواج راسبی جت جنب‌حاره‌ای و جت قطبی به هم نزدیک‌تر شده و به دلیل شیو حرارتی شدیدتر ایجاد شده در محدوده پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان و ناوه شرقی مدیترانه

پراکنش محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه ژانویه نشان می‌دهد که با نزدیک شدن به سردترین ماه نیمکره شمالی و فرارفت‌های سرد شدیدتر عرض‌های شمالی از طریق ناوه‌های گسترش یافته

درجه شمالی و از لحاظ طولی در محدوده طول‌های ۲۳ تا ۴۵ درجه شرقی قرار دارند. محور تمرکز و تراکم و موقعیت میانگین استقرار جت‌ها بر روی عرض ۳۰ درجه شمالی است. این ماه نیز از ماه‌های پر بارش این منطقه و همچنین فعالیت بیشتر سامانه سودانی است.

هسته‌های جت متعددی شکل گرفته است. در قیاس با ماه‌های قبل محور طولی جت‌ها کوتاه‌تر و تعداد جت‌های تشکیل شده متنوع‌تر و متعددتر شده است. کوتاه شدن محور طولی هسته جت بیانگر افزایش سرعت در هسته جت و به تبع ایجاد کژفشاری شدیدتر شده است. تمرکز اصلی محوره‌های جت از لحاظ عرضی بین ۲۰ تا ۳۲



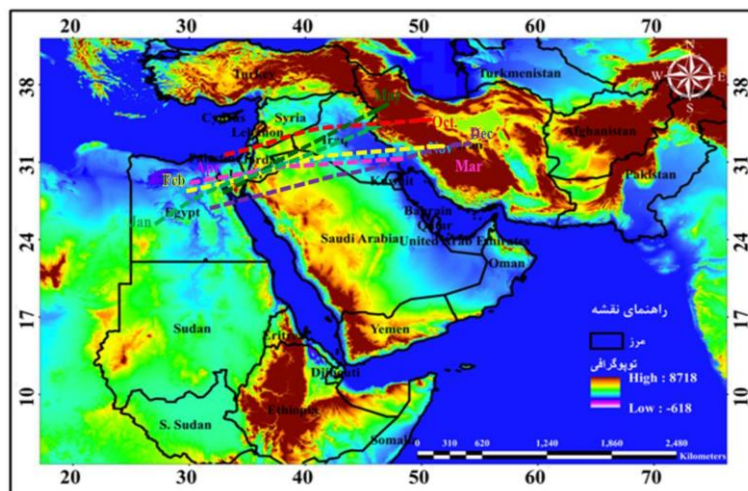
شکل ۵: محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه‌های فوریه تا می تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال

است که مجموع بارش‌ها این ماه نسبت به ماه‌های ژانویه و دسامبر و حتی مارس کاهش محسوسی پیدا کند. مطالعه انجام شده بر روی هسته‌های مرکزی پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان نیز نشان داد که هسته‌های پرفشار در این ماه جابجایی شمال سوی قابل توجهی داشته است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). این جابجایی در هسته مرکزی پرفشار و همچنین محور جت جنب‌حاره‌ای شاید یکی از دلایل اصلی کاهش بارش‌ها در این بخش از کشور در ماه فوریه است. جت ماه مارس در قیاس با ماه فوریه از پراکندگی محورها کاسته شده است و تمرکز و انسجام بیشتری در پراکنش محورها به چشم می‌خورد. با وجود اینکه همچنان

شکل ۵ محور جت جنب‌حاره‌ای را در ماه‌های فوریه تا می در تراز ۲۵۰ را نشان می‌دهد. در ماه فوریه پدید مشهود در پراکنش محورها نسبت به دو ماه قبل جابجایی قابل توجه محورها به عرض‌های شمالی است. به طوری که عمده محورها در موقعیتی بالاتر از عرض ۲۵ درجه شمالی قرار دارند. تمرکز اصلی محورها از لحاظ طولی در محدوده مصر تا غرب طول ۵۵ درجه شرقی (دامنه شرقی زاگرس میانی و جنوبی) است. ولی گاهی محورها تا پاکستان نیز گسترش داشته‌اند. از ویژگی بارز محوره‌های این ماه طول بسیار زیاد محورها و جابجایی شرق سوی محورها به خصوص بر روی ایران است. مجموع این شرایط سبب شده

نیز ماه بارشی نسبتاً خوبی به خصوص در ایستگاه‌های پای کوهی و کوهستانی زاگرس جنوبی و میانی است. پراکنش محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه می و تقریباً آخرین ماه بارشی استان‌های جنوبی و جنوب غربی کشور را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود در این ماه محور جت جنب‌حاره‌ای جابجایی شمال سوی فراوانی را نشان داده است. به‌طوری‌که عمده محورها در بالای عرض ۲۴ درجه شمالی قرار داشته و تا عرض ۳۵ درجه شمالی نیز گسترش پیدا کرده‌اند. از ویژگی بارز دیگر محورها انتقال تعداد زیادی از محورها بر روی غرب ایران است. به‌طوری‌که حدود نصف محورها در محدوده عراق و شمال عربستان تا مرکز و شرق ایران قرار دارند. در این سال‌ها به‌طور قطع بارش‌ها با توجه به الگوی گسترش جت و موقعیت منطقه جنوب و جنوب غرب نسبت به موقعیت جت، بارش بسیار اندکی دریافت کرده و سامانه‌های بارشی کمتری وارد منطقه شده و یا از ناپایداری مناسبی برخوردار نبوده‌اند. به همین دلیل می‌توان گفت ماه انتقالی واقعی در بخش جنوب و جنوب غربی کشور ماه می است که شرایط زمستانی به یک‌باره به شرایط تابستانی در ماه ژوئن تغییر می‌یابد.

محورها از لحاظ طولی گسترش بسیار زیادی را نشان می‌دهند. به‌طوری‌که از غرب مصر تا شرق پاکستان را در برمی‌گیرند. ولی از لحاظ گسترش عرضی تمرکز بیشتری دارند. از ویژگی بارز محوره‌ای دو ماه فوریه و مارس طول بسیار زیاد محور اصلی جت جنب‌حاره‌ای است. این به‌منزله عمق کم ناوه و مداری شدن جریان‌ها در عرض‌های جنب‌حاره‌ای است. مطالعه دقیق‌تر بر روی محور جت جنب‌حاره‌ای در دو سال پر بارش ۲۰۰۳-۲۰۰۴ و ۱۹۹۷-۱۹۹۶ توسط (محمدی و همکاران، ۱۳۹۶) نشان داد که موقعیت متوسط محور جت در این سال‌ها در همان موقعیت مطلوب بین غرب مصر تا غرب خلیج فارس بوده است. در ماه آوریل که ماه انتقالی از زمستان به بهار و ماه اعتدالین است. با وجود اینکه انتظار می‌رفت در این ماه محورها نسبت به ماه‌های فوریه و مارس جابجایی شمال سوی قابل توجهی داشته باشند. ولی پراکنش محوره‌ای جت الگویی شبیه الگوی ماه ژانویه دارند. همچنان تمرکز اصلی محورها در محدوده عرض ۲۱ تا ۳۲ درجه شمالی از لحاظ طولی بین غرب مصر تا غرب خلیج فارس است. محورها دارای طول نسبتاً کوتاه و کشیدگی در جهت جنوب غرب تا شمال شرق دارند. این ماه



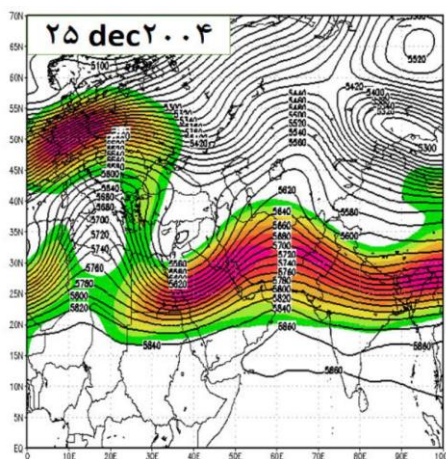
شکل ۶: میانگین محور جت جنب‌حاره‌ای در ۸ ماه دوره بارشی تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال

تا عرض جنب قطبی جریان‌ات بر روی اروپای شرقی، شرق مدیترانه و شمال شرق صحرای آفریقا کاملاً شمالی شده و فرارفت سرد عرض‌های شمالی تا مرکز سودان نشان می‌دهد که پربندها کاملاً نصف‌النهاری شده و بیانگر فرارفت تاوایی مثبت قوی بر روی مصر و سودان است. با گسترش قابل توجه پشته از روی پرفشار آفریقا و شکست در امواج راسبی، ناوه مدیترانه‌ای گسترش قابل توجهی به عرض‌های جنوبی پیدا کرده است. در نتیجه هسته کم ارتفاع بریده تا جنوب عراق و خوزستان پایین آمده است. فرارفت سرد در ترازهای میانی و بالایی وردسپهر و فرارفت گرم و مرطوب از روی دریا‌های گرم عرب و عمان و دریای سرخ از طریق جریان‌ات و اچرخندی پرفشار عربستان شیو حرارتی و فشاری شدیدی را در شمال عربستان و جنوب ایران ایجاد نموده است. این شیو حرارتی شدید و تزریق تاوایی مثبت قوی به وسیله ناوه فشاری شرق مدیترانه سبب ایجاد جت قوی در جلو ناوه شده است. هسته جت با امتداد جنوب غربی - شمال شرقی بر روی خلیج فارس، بوشهر و فارس قرار دارد. جت دارای مؤلفه نصف‌النهاری مناسب بوده و از تاوایی مناسبی برخوردار است. جت جنب‌حاره‌ای یکی از عوامل دینامیکی مهم در منطقه خاورمیانه است که با تقویت ناوه مدیترانه در ترازهای زیرین خود نقش بسیار مهمی در تقویت کم‌فشار سودان دارد (پیتروز و اف، ۲۰۰۳) با بررسی تأثیر دو جت جنب‌حاره‌ای و قطبی در عمیق شدن ناوه مدیترانه و ایجاد شکست در امواج راسبی چهار الگوی متفاوت را ارائه کرده‌اند. مهم‌ترین این الگوها عبارت‌اند از؛

(۱) وجود یک جت منفرد در سراسر منطقه شکست موج

تحلیل همدیدی نمونه بارشی ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴
 برای بررسی و تحلیل نقش موقعیت مکانی و الگوی گسترش جت جنب‌حاره‌ای بر روی بارش‌های نوار جنوبی کشور استان فارس به‌عنوان نمونه انتخاب و پس از بررسی وضعیت بارشی ایستگاه‌های استان در یک دوره آماری ۲۰ ساله و تعیین خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های استان سال ۱۳۸۳-۱۳۸۴ به‌عنوان سال‌تر سال شدید انتخاب و نقش جت جنب‌حاره‌ای در بارش‌های این سال مورد تحلیل قرار گرفته است. براساس نتایج حاصل از تحقیق رساله (محمدی، ۱۳۹۶) بر روی موقعیت مکانی جت جنب‌حاره‌ای در یک دوره آماری ۶۶ ساله که نشان داد ترازهای ۲۵۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال مناسب‌ترین تراز برای بررسی و مطالعه جت جنب‌حاره‌ای است. در این تحقیق نیز موقعیت و الگوی گسترش جت جنب‌حاره‌ای در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال تحلیل می‌شود. برای تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی ساختار جو و الگوی گسترش جت جنب‌حاره‌ای روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ به‌عنوان شدیدترین روزهای بارشی سال انتخاب شده و مورد تحلیل قرار می‌گیرد. شکل ۷ موقعیت جت جنب‌حاره‌ای مؤثر بر روی ایران را در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال (موقعیت‌های رنگی) و نقشه ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به‌عنوان نماینده ساختار همدیدی جو در لایه میانی وردسپهر را نشان می‌دهد. در هر دو روز پشته بسیار گسترده و عمیقی با راستای کاملاً جنوبی - شمالی از روی صحرای آفریقا (محدوده طول‌های ۱۰ تا ۳۰ درجه شرقی) به عرض‌های شمالی گسترش یافته و تا حدود عرض ۶۰ درجه شمالی (جنوب کشور) تداوم دارد. با گسترش قابل توجه پشته بر روی اروپا و امتداد آن

یک برکه هوای سرد که گسترش جنوب سوی قابل توجهی پیدا کرده است شیو حرارتی شدیدی در بالادست جت ایجاد نموده است. با فرارفت رطوبت از دریاهای گرم جنوبی و همراه شدن آن با ناوه وردسپهر بالایی منجر به ایجاد شرایط ناپایداری بر روی دریای سرخ، سودان و شمال اسیوی گردیده و زبانه‌ای از کم‌فشار سودان به شکل V وارونه به سمت عرض‌های شمال تا شمال غرب عربستان و گاه به صورت یک ناوه وارون تا شرق مدیترانه، جنوب ترکیه امتداد می‌یابد. این الگو با نتایج مقالات (الفندی، ۱۹۵۰)، (باتین، ۱۹۹۲)، (سارونی و زیو، ۲۰۰۰)، (کهاناو همکاران، ۲۰۰۲)، (کریچاک و همکاران، ۲۰۱۲). در مورد تراف دریای سرخ و اثر آن بر بارش‌های ساحل شرقی مدیترانه همخوانی دارد.

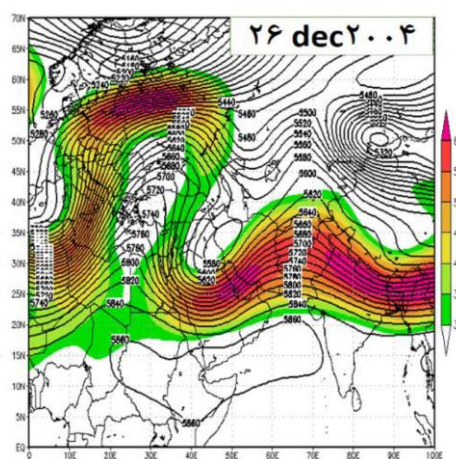


شکل ۷: نقشه جت جنب‌حاره‌ای تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال و نقشه ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در نمونه بارشی ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴

۲) جت شکسته که در نزدیک حداکثر سرعت جت قطبی شکست ضعیفی در جت جنب‌حاره‌ای رخ می‌دهد.

۳) وجود یک جت قطبی در جریان پادسوی جت جنب‌حاره‌ای.

۴) وجود یک جت قطبی در پادجریان سوی جت جنب‌حاره‌ای همان‌طور که دیده می‌شود شارش و اچرخندی ناشی از جت قطبی در انتهای پشته سبب شکست امواج راسبی و گسترش قابل توجه موج به سمت عرض‌های جنوبی شده و با شارش سرد عرض‌های جنب قطبی و با تاوایی مثبت قوی تا جنوب عرض ۲۰ درجه شمالی گسترش یابد. با گسترش جنوب سوی ناوه و فرارفت سرد شدید به درون ناوه به تدریج از روز اول به روز دوم هسته کم ارتفاع بریده‌ای در درون ناوه بسته شده و به صورت

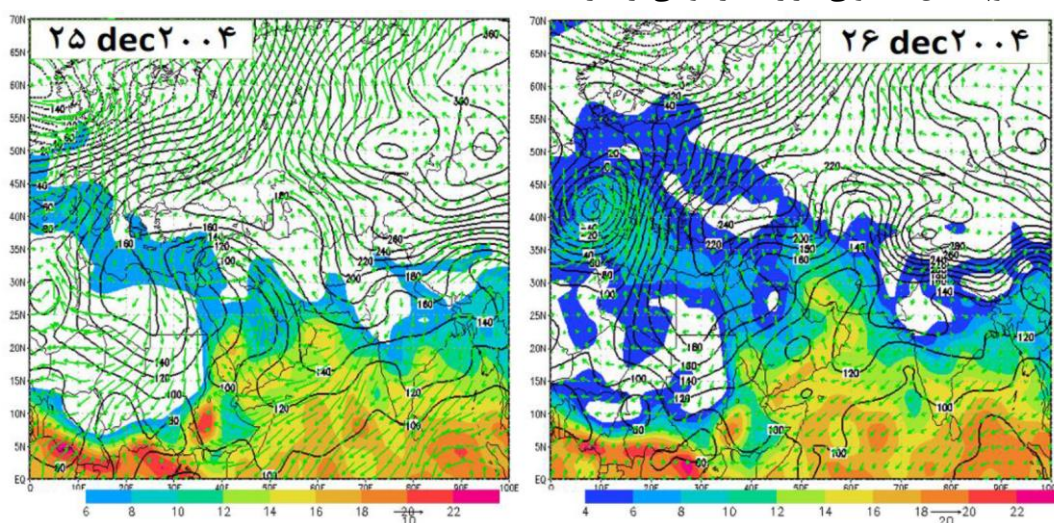


نصف‌النهاری آن (امتداد جنوب غربی-شمال شرقی) زبانه کم‌فشار سودانی تقویت قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده و با گسترش شمال سوی خود در امتداد جریانات جنوبی ترازهای بالا در روز اول تا شمال ترکیه و با جابجایی شرق سوی ناوه مدیترانه‌ای در روز دوم تا شمال ترکمنستان و ساحل شرقی دریای مازندران گسترش یافته است.

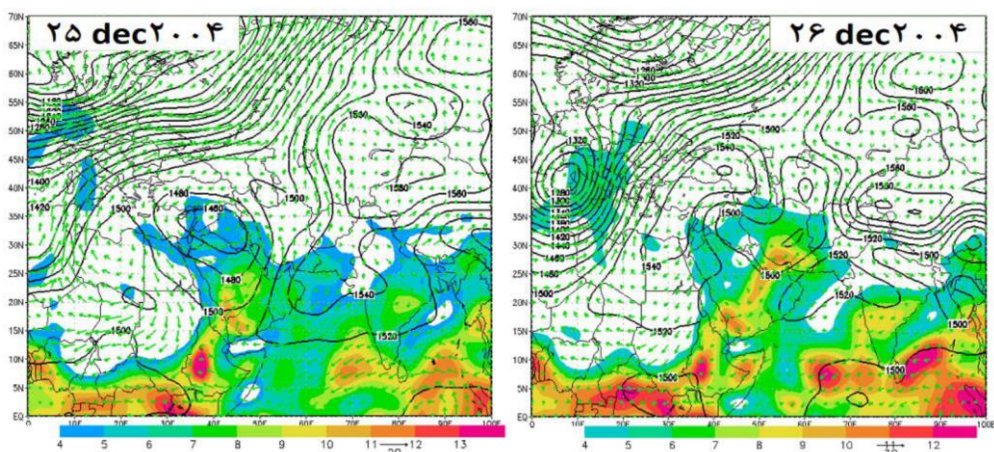
شکل ۸ نقشه ارتفاعی، نم و ویژه و وزش دمایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را در روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود با گسترش جنوب سوی ناوه مدیترانه در ترازهای میانی و بالای وردسپهر بر روی کم‌فشار سودانی و استقرار جت جنب‌حاره‌ای بر روی شمال غرب عربستان و جنوب غرب ایران و چرخش

امتداد ناوه دریای سرخ یا زبانه کم‌فشار سودانی و جریانات جنوب غربی جلو ناوه مدیترانه‌ای نشان می‌دهد. از ترازهای ۸۵۰ هکتوپاسکال به بالاتر ارتفاعات سواحل شرقی و غربی دریای سرخ نیز مانعی برای عبور جریانات مرطوب جنوبی نمی‌باشند. در صورتی که ناوه مدیترانه‌ای باعث تعمیق و تقویت ناوه دریای سرخ و کم‌فشار سودان نشود. این هوای مرطوب در مقابل زبانه پرفشار عربستان و توپوگرافی ساحل دریای سرخ مسدود شده و گسترش چندانی بر روی کشورهای حاشیه ندارند. این مطالعه همچنان نشان داد که علاوه بر دریاهای گرم عرب و عمان و دریای سرخ در ترازهای بالاتر از ۸۵۰ هکتوپاسکال، بخصوص در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در امتداد جریانات جنوبی و اچرخند عربستان شاخه‌ای از جریانات شرقی از منطقه ITCZ به سمت عرض‌های شمالی جدا شده و با ترکیب با جریانات جنوب غربی جلو ناوه مدیترانه‌ای سبب فرارفت رطوبت منطقه حاره‌ای بر روی منطقه شده است. شکل ۱۱ نمونه‌ای از این جریان رطوبتی را از منطقه ITCZ بر روی منطقه نشان می‌دهد.

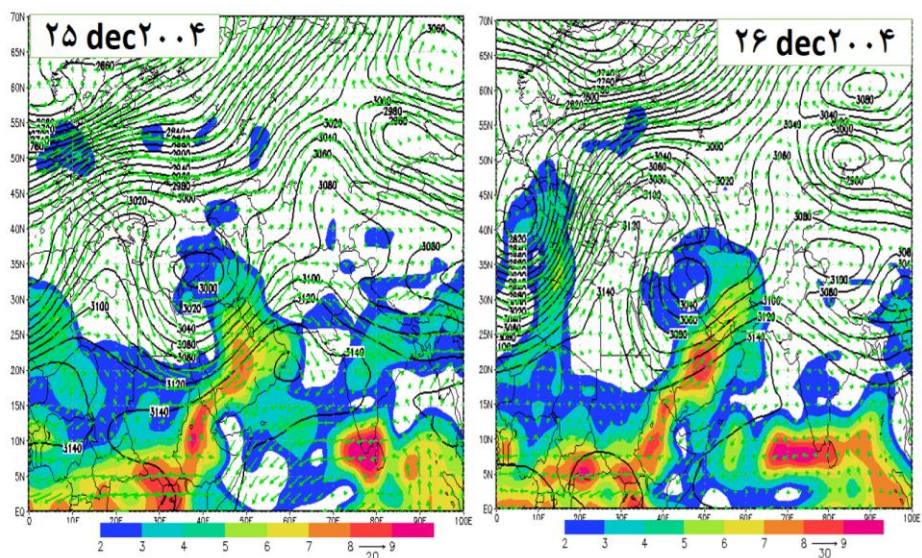
فرارفت گرم و مرطوب از روی دریاهای گرم عرب و عمان به‌وسیله جریانات و اچرخندی پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان به درون ناوه دریای سرخ و کم‌فشار سودانی و سپس شارش این رطوبت به‌وسیله جریانات جنوبی ترازهای بالاتر بر روی منطقه مطالعاتی بارش‌های شدیدی را بر روی استان فارس ایجاد نموده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود فرارفت رطوبتی در ترازهای زیرین و ردسپهر به دلیل توپوگرافی شرق شبه‌جزیره عربستان و ارتفاعات شمالی و جنوبی خلیج عدن و سواحل دریای سرخ به‌راحتی بر روی منطقه جنوبی ایران و منطقه مورد مطالعه انجام نمی‌شود. بلکه این رطوبت با کانالیزه شدن در درون خلیج عدن و دریای سرخ سواحل شرقی و جنوبی شبه‌جزیره عربستان متراکم می‌شود ولی به تدریج از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و بالاتر این رطوبت از طریق جریانات همرفتی روی سودان و همگرایی دریای سرخ به درون جریانات جنوب- جنوب غربی ناوه مدیترانه فرارفت شده، به‌راحتی بر روی جنوب ایران منتقل می‌شود. شکل ۹ و ۱۰ نقشه‌های وزش دمایی و رطوبتی ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال به‌خوبی فرارفت رطوبتی را در



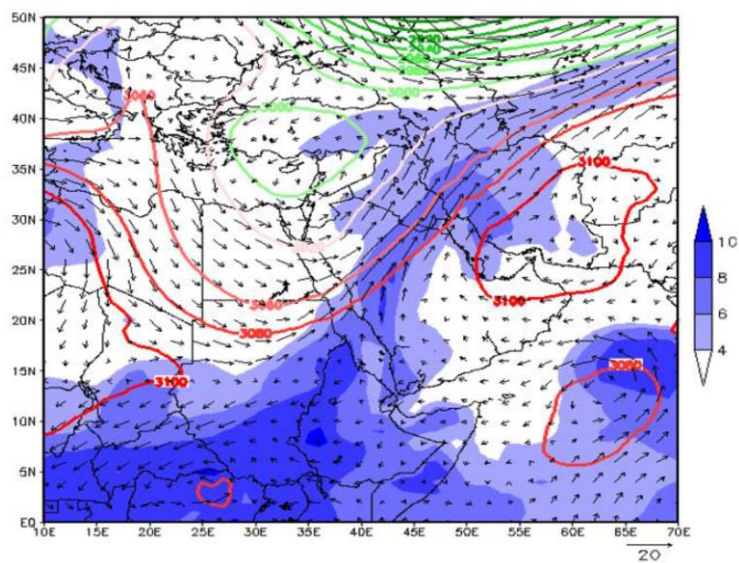
شکل ۸: نقشه ارتفاعی، نم و ویژه و وزش دمایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴



شکل ۹: نقشه ارتفاعی، نم ویژه و وزش دمایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴



شکل ۱۰: نقشه ارتفاعی، نم ویژه و وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴



شکل ۱۱: نمونه‌ای از این جریان رطوبتی از منطقه ITCZ بر روی منطقه

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر از دو روش گردشی به محیطی و محیطی به گردشی استفاده شده است. در مرحله اول داده‌های مورد نیاز (بادمداری و نصف‌النهاری) از سایت <http://www.esrl.noaa.gov> دریافت گردید و سپس در محیط نرم‌افزار Grads پس از ترکیب بادمداری و نصف‌النهاری نقشه‌های جت در ماه‌های دوره بارشی (اکتبر تا می) ترسیم گردید و محور جت جنب‌حاره‌ای پس از ترسیم نقشه پایه در محیط نرم‌افزاری ArcGIS 10.4 ترسیم گردید. از داده‌های بارشی ۹ ایستگاه همدید استان فارس در یک دوره آماری ۲۱ ساله استفاده شده است. برای بررسی خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها از شاخص SPI استفاده شده است برای محاسبه شاخص از نرم‌افزار DIP استفاده گردید. نتایج حاصل از شاخص SPI برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که شدیدترین ترسالی‌های استان در سال (۸۵-۱۳۸۴) رخ داده است و در همه ایستگاه‌های استان فراگیر بوده است. درنهایت روزهای بارشی در سال‌های با ترسالی شدید مورد بررسی قرار گرفت و روزهایی که در تمامی ایستگاه‌ها بارش به صورت فراگیر و بالای ۲۰ میلی‌متر به ثبت رسیده به عنوان نمونه بارشی انتخاب گردید و نقشه‌های ترکیبی شامل نقشه جت جنب‌حاره‌ای، توپوگرافی، نم و ویژه و وزش دمایی در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال ترسیم گردیده است. موقعیت جت در دوره بارشی منطقه در ۲۱ سال مورد بررسی قرار گرفت و بهترین موقعیت جت برای ایجاد بارش بر روی منطقه محدوده بین غرب مصر تا غرب خلیج فارس هست. (در این تحقیق و هم در رساله (محمدی، ۱۳۹۶؛ لشکری و محمدی، ۲۰۱۸) و (خورانی، ۱۳۸۴) با بررسی جت در ترازهای ۲۰۰، ۲۵۰،

۳۰۰، ۵۰۰) به این نتیجه رسیدیم که تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال مناسبترین تراز برای بررسی جت جنب‌حاره‌ای می‌باشد. بررسی سالانه جت جنب‌حاره‌ای در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال برای ماه‌های بارشی (اکتبر تا می) نشان داد که: (۱) مهم‌ترین جت تأثیرگذار در پدیده‌های اقلیمی و شرایط جوی روزانه نوار جنوب و جنوب غربی کشور ایران جت جنب‌حاره‌ای است. (۲) محور جت‌ها در طول دوره ۲۱ ساله پراکنشی در ماه اکتبر بین عرض‌های ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی دارند. تمرکز محورها در محدوده عرض ۳۲ درجه شمالی است. به دلیل جابجایی کند جنوب سوی پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان، جت جنب‌حاره‌ای نیز جابجایی جنوب سوی مناسبی ندارد. و به همین دلیل بارش‌ها در نوار جنوبی شروع نشده یا تا پایان اکتبر به تأخیر می‌افتد. (۳) محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه نوامبر عموماً در جنوب عرض ۳۲ درجه شمالی قرار دارند و از ضلع جنوبی تا عرض ۲۰ درجه نیز گسترش پیدا کرده‌اند. تمرکز اصلی محورها در محدوده عرض ۲۸ تا ۲۹ درجه شمالی است و از لحاظ گسترش طولی محدوده‌ای بین ۲۵ درجه شرقی (مصر) تا ۶۰ درجه شرقی (جنوب شرق ایران) را در بر گرفته‌اند. این جابجایی سریع محورها بیانگر جابجایی جنوب سوی قابل توجه پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان و جت جنب‌حاره‌ای مرتبط با آن از ماه اکتبر تا نوامبر است. بنابراین ماه نوامبر شروع فصل بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران و درعین حال تغییر ناگهانی از شرایط تابستانی به شرایط پاییزی در این منطقه است. (۴) پراکنش محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه دسامبر نسبت به ماه‌های اکتبر و نوامبر منظم‌تر و یکنواخت تر می‌باشد به جز در چند مورد استثنا

و حتی مارس کاهش محسوسی پیدا کند. مطالعه انجام شده بر روی هسته‌های مرکزی پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان نیز نشان داد که هسته‌های پرفشار در این ماه جابجایی شمال سوی قابل توجهی داشته است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). این جابجایی در هسته مرکزی پرفشار و همچنین محور جت جنب‌حاره‌ای شاید یکی از دلایل اصلی کاهش بارش‌ها در این بخش از کشور در ماه فوریه است.

۷) ویژگی بارز محورهای دو ماه فوریه و مارس طول بسیار زیاد محور اصلی جت جنب‌حاره‌ای است. این به‌منزله عمق کم ناوه و مداری شدن جریانات در عرض‌های جنب‌حاره‌ای است.

۸) در ماه آوریل که ماه انتقالی از زمستان به بهار و ماه اعتدالین است. محورها دارای طول نسبتاً کوتاه و کشیدگی در جهت جنوب غرب تا شمال شرق دارند. این ماه نیز ماه بارشی نسبتاً خوبی بخصوص در ایستگاه‌های پای کوهی و کوهستانی زاگرس جنوبی و میانی است.

۹) پراکنش محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه می جابجایی شمال سوی فراوانی را نشان داد به‌طوری‌که عمده محورها در بالای عرض ۲۴ درجه شمالی قرار داشته و تا عرض ۳۵ درجه شمالی نیز گسترش پیدا کرده‌اند. از ویژگی بارز دیگر محورها انتقال تعداد زیادی از محورها بر روی غرب ایران است. به‌طوری‌که حدود نصف محورها در محدوده عراق و شمال عربستان تا مرکز و شرق ایران قرار دارند. در این سال‌ها به‌طورقطع بارش‌ها با توجه به الگوی گسترش جت و موقعیت منطقه جنوب و جنوب غرب نسبت به موقعیت جت، بارش بسیار اندکی دریافت کرده و سامانه‌های بارشی کمتری وارد منطقه شده و یا از ناپایداری مناسبی برخوردار نبوده‌اند. به همین

که محورها بین بر روی ایران قرار داشته یا حالت نامتقارنی دارند در سایر سال‌ها محورهای جت جنب‌حاره‌ای در محدوده نرمال خودبین مصر تا غرب خلیج فارس استقرار دارند. تمرکز اصلی محورها بین عرض‌ها ۲۴ تا ۲۶ درجه شمالی قرار دارند. موقعیت عمومی محورها به‌گونه‌ای است که جنوب و جنوب غرب ایران در مناسب‌ترین موقعیت از جت جنب‌حاره‌ای (سمت چپ خروجی جت) قرار می‌گیرد.

۵) پراکنش محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه ژانویه با توجه به نزدیک شدن به سردترین ماه نیمکره شمالی و فرارفت‌های سرد شدیدتر عرض‌های شمالی از طریق ناوه‌های گسترش یافته و شکست در امواج راسبی جت جنب‌حاره‌ای و جت قطبی به هم نزدیک‌تر شده و به دلیل شیو حرارتی شدیدتر ایجاد شده در محدوده پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان و ناوه شرقی مدیترانه هسته‌های جت متعددی شکل گرفته است. کوتاه شدن محور طولی هسته جت از دیگر ویژگی‌های جت در ماه ژانویه می‌باشد که بیانگر افزایش سرعت در هسته جت و به‌تبع ایجاد کژفشاری شدیدتر شده است.

۶) محور جت جنب‌حاره‌ای در ماه فوریه به سمت عرض‌های شمالی جابه‌جا شده است. به‌طوری‌که عمده محورها در موقعیتی بالاتر از عرض ۲۵ درجه شمالی قرار دارند. تمرکز اصلی محورها از لحاظ طولی در محدوده مصر تا غرب طول ۵۵ درجه شرقی (دامنه شرقی زاگرس میانی و جنوبی) است. ولی گاهی محورها تا پاکستان نیز گسترش داشته‌اند. از ویژگی بارز محورهای این ماه طول بسیار زیاد محورها و جابجایی شرق سوی محورها به خصوص بر روی ایران است. مجموع این شرایط سبب شده است که مجموع بارش‌ها این ماه نسبت به ماه‌های ژانویه و دسامبر

ترکیه امتداد می‌یابد. این الگو با نتایج مقالات (الفندی، ۱۹۵۰؛ باتین، ۱۹۹۲؛ سارونی و زیو، ۲۰۰۰؛ کهاناو همکاران، ۲۰۰۲؛ کریچاک و همکاران، ۲۰۱۲). در مورد تراز دریای سرخ و اثر آن بر بارش‌های ساحل شرقی مدیترانه همخوانی دارد.

۳) بررسی نقشه‌های ارتفاعی، نم ویژه و وزش دمایی تراز ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ۲۶ و ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴ نشان داد که گسترش جنوب سوی ناوه مدیترانه در ترازهای میانی و بالای وردسپهر بر روی کم‌فشار سودانی و استقرار جت جنب‌حاره‌ای بر روی شمال غرب عربستان و جنوب غرب ایران و چرخش نصف‌النهاری آن (امتداد جنوب غربی - شمال شرقی) زبانه کم‌فشار سودانی تقویت قابل‌ملاحظه‌ای پیدا کرده و با گسترش شمال سوی خود در امتداد جریانات جنوبی ترازهای بالا در روز اول تا شمال ترکیه و با جابجایی شرق سوی ناوه مدیترانه‌ای در روز دوم تا شمال ترکمنستان و ساحل شرقی دریای مازندران گسترش یافته است. فرارفت گرم و مرطوب از روی دریاها گرم عرب و عمان به‌وسیله جریانات و اچرخندی پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان به درون ناوه دریای سرخ و کم‌فشار سودانی و سپس شارش این رطوبت به‌وسیله جریانات جنوبی ترازهای بالاتر بر روی منطقه مطالعاتی بارش‌های شدیدی را بر روی استان فارس ایجاد نموده است.

۴) وجود توپوگرافی شرق شبه‌جزیره عربستان و ارتفاعات شمالی و جنوبی خلیج عدن و سواحل دریای سرخ سبب شده است که فرارفت رطوبتی در ترازهای زیرین وردسپهر بر روی منطقه جنوبی ایران و منطقه مورد مطالعه انجام نشود بلکه این رطوبت با کانالیزه شدن در درون خلیج عدن و دریای سرخ سواحل شرقی و جنوبی شبه‌جزیره

دلیل می‌توان گفت ماه انتقالی واقعی در بخش جنوب و جنوب غربی کشور ماه می است که شرایط زمستانی به یک‌باره به شرایط تابستانی در ماه ژوئن تغییر می‌یابد.

برای تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی ساختار جو و الگوی گسترش جت جنب‌حاره‌ای روزهای ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ به‌عنوان شدیدترین روزهای بارشی سال انتخاب شده نتایج نشان داد که:

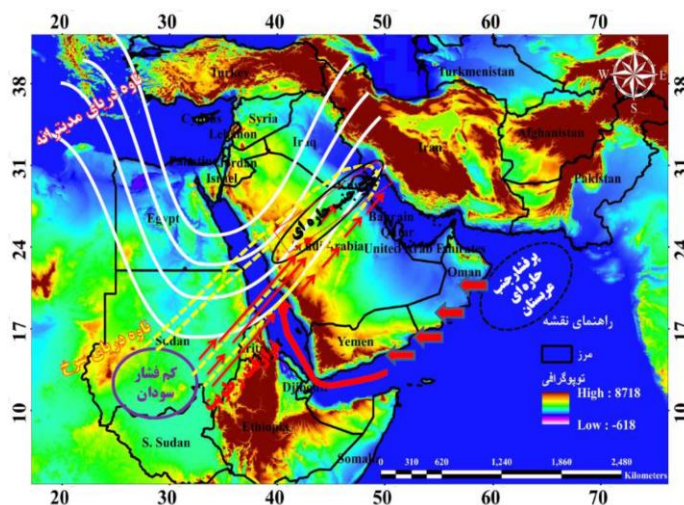
۱) در هر دو روز پشته بسیار گسترده و عمیقی با راستای کاملاً جنوبی- شمالی از روی صحرای آفریقا (محدوده طول‌های ۱۰ تا ۳۰ درجه شرقی) به عرض‌های شمالی گسترش یافته و تا حدود عرض ۶۰ درجه شمالی (جنوب کشور) تداوم دارد. با گسترش قابل‌توجه پشته بر روی اروپا و امتداد آن تا عرض جنب قطبی جریانات بر روی اروپای شرقی، شرق مدیترانه و شمال شرق صحرای آفریقا کاملاً شمالی شده و فرارفت سرد عرض‌های شمالی تا مرکز سودان گسترش یافته که پربندها کاملاً نصف‌النهاری شده و بیانگر فرارفت تاوایی مثبت قوی بر روی مصر و سودان است.

۲) با گسترش جنوب سوی ناوه و فرارفت سرد شدید به درون ناوه به‌تدریج از روز اول به‌روز دوم هسته کم ارتفاع بریده‌ای در درون ناوه بسته شده و به‌صورت یک برکه هوای سرد که گسترش جنوب سوی قابل‌توجهی پیدا کرده است شیو حرارتی شدیدی در بالادست جت ایجاد نموده است. با فرارفت رطوبت از دریاها گرم جنوبی و همراه شدن آن با ناوه وردسپهر بالایی منجر به ایجاد شرایط ناپایداری بر روی دریای سرخ، سودان و شمال اتیوپی گردیده و زبانه‌ای از کم‌فشار سودان به شکل V وارونه به سمت عرض‌های شمال تا شمال غرب عربستان و گاه به‌صورت یک ناوه وارون تا شرق مدیترانه، جنوب

جریانات جنوبی و اچرخند عربستان شاخه‌ای از جریانات شرقی از منطقه ITCZ به سمت عرض‌های شمالی جدا شده و با ترکیب با جریانات جنوب غربی جلو ناوه مدیترانه‌ای سبب فرارفت رطوبت منطقه حاره‌ای بر روی منطقه شده است. شکل ۱۲ الگوی هم‌دیدگی خلاصه شده از اندرکنش سامانه‌ها و نقش جت جنب حاره‌ای برای ایجاد یک بارش شدید در نوار جنوب کشور را نشان می‌دهد.

عربستان متراکم می‌شود ولی به تدریج از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و بالاتر این رطوبت از طریق جریانات همرفتی روی سودان و همگرایی دریای سرخ به درون جریانات جنوب- جنوب غربی ناوه مدیترانه فرارفت شده، به راحتی بر روی جنوب ایران منتقل می‌شود.

علاوه بر دریا‌های گرم عرب و عمان و دریای سرخ در ترازهای بالاتر از ۸۵۰ هکتوپاسکال، به خصوص در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در امتداد



شکل ۱۲: الگوی هم‌دیدگی خلاصه شده از اندرکنش سامانه‌ها و نقش جت جنب حاره‌ای

منابع

آورین، ع.، سجادیان، م.، قانقرمه، ع. و حیدری، ج.، ۱۳۹۴. تأثیر جریان‌های جتی جنب حاره‌ای بر بارش روزانه بیش از ده میلی‌متر در حوضه زاینده‌رود، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۱، ص ۱۲۵-۱۴۲.

ترابی، ع.، ۱۳۵۵. جت استریم روی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران.

خورانی، ا.، ۱۳۸۴. تعیین موقعیت جت در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور در دوره زمانی ۱۹۹۹ - ۱۹۹۰، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی و برنامه‌ریزی محیطی، به راهنمایی ص ۸-۶۹.

منوچهر فر زاده اصل و حسن لشکری، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.

عساکره، ح.، قائمی، ه. و بیرانوند، آ.، ۱۳۹۴. روند تغییرات فصلی رودباد جنب حاره در محدوده‌ی اقلیمی ایران طی دهه‌های اخیر، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴۷، ص ۵۲-۷۲.

عزیزی، ق. و سفر راد، ط.، ۱۳۹۱. تحلیل ویژگی‌های جریان‌های جتی طی فازهای (ENSO) مطالعه موردی، سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۳، شماره ۹، ص ۸-۶۹.

پژوهش‌های دانش زمین

پژوهش‌های دانش زمین، سال هشتم، شماره ۳۰، ص ۱۴۱-۱۶۳.

-لشکی زنده، م.، ۱۳۸۳. بررسی اقلیمی خشکسالی‌های ایران و راهکارهای مقابله با آن، رساله دکترای جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ص ۱۸.

-محمدی، ز. و لشکری، ح. ۱۳۹۶. تحلیل همدیدی نقش موقعیت مکانی پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها، شروع، پایان و طول دوره بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران، رساله دکترای، دانشگاه شهید بهشتی.

-لشکری، ح. و محمدی، ز.، ۱۳۹۴. اثر موقعیت استقرار پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان بر سامانه‌های بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۱، ص ۷۳-۹۴.

-لشکری، ح.، ۱۳۸۲. مکانیسم تکوین و توسعه کم‌فشار سودان و اثر آن بر روی بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، نسخه ۴۶، ص ۱-۱۸.

-لشکری، ح.، متکان، ع.ا.، آزادی، م. و محمدی، ز.، ۱۳۹۶. تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در خشکسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران،

-Bitan, A. and Saaroni, H., 1992. The horizontal and vertical extension of the Persian Gulf pressure trough, International Journal of Climatology, v. 12, p. 733-747.

-Blackburn, M., Hoskins, B. and Slingo, J., 2007. Notes on the Meteorological Context of the UK Flooding in June and July 2007, NCAS-Climate and Department of Meteorology.

-Dayan, U. and Abramski, R., 1986. Heavy Rain in the Middle East related to unusual Jet Stream properties, Bulletin of the American Meteorological Society.

-Elfandy, M.G., 1950. Troughs in the upper westerlies and cyclonic Developments in the Nile valley, Quart. J. Roy. Meteor. Sec, v. 76, p. 166-172.

-Gaetani, M., Baldi, M., Ciardini, V., Dalu, G. and Maracchi, G., 2011. The role of the jetstream on the extreme precipitation in the Euro-Mediterranean region: the 2009-2010 case studies, v. 13, p. 2011-5812.

-Lashkari, H. and Mohammadi, Z., 2018. Study on the role of annual

movements of Arabian subtropical high pressure in the late start of precipitation in southern and southwestern Iran, Theoretical and Applied Climatology, p 1-8.

-Shen, J., 1968. Profiles of infrared irradiance and cooling through a jet stream.

-Kahana, R., Ziv, B., Enzel, Y. and Dayan, U., 2002. Synoptic climatology of major floods in the Negev desert, Israel International Journal of Climatology, v. 22, p. 867-882.

-Klein, W.H., 1984. Winter Precipitation as Related to 700 mb Circulation, Bull. Amer. Meteor. Soc, v. 29, p. 439-503.

-Krichak, J., Breitgand, S. and Feldstein, S.B., 2012. A conceptual model for the identification of the active Red sea trough synoptic events over the southeastern Mediterranean, Journal of Applied Meteorology and Climatology, v. 51, p. 962-971.

-Krichak, S. and Alpert, P., 1994. Effects of winter monsoon Variability

- in the eastern Mediterranean 616, WCRP-84, p. 215-222.
- Peters, D. and Waugh, D.W., 2003. Rossby wave breaking in the southern hemisphere wintertime upper troposphere, *Mon. Weather Rev.*, v. 131, p. 2623-2634.
- Saaroni, H. and Ziv, B., 2000. Summer rain episodes in a Mediterranean climate, the case of Israel: climatological-dynamical analysis, *International Journal of Climatology*, v. 20, p. 191-209.
- Smith, W. and Younkin, R.J., 1972. An operationally useful relationship between the polar jet stream and heavy precipitation, national meteorological center, national weather service, NOAA, suitlandspring precipitation in Europe, *International Journal of Climatology*, v. 20, p. 565-574.
- Yang, S., Lau, K.M. and Kim, K.M., 2002. Variations of the East Asian Jet Stream and Asian-Pacific-American Winter Climate Anomalies, *J. Climate*, v. 15, p. 306-325.
- Ziv, B. and Paldor, N., 1999. the divergence fields associated with time-dependent jet streams, *journal of that atmosphere sciences*, von, v. 56, p. 1843-1858.
- Cutlip, 2003. Jet stream changes linked to prairie drought, *Weatherwise*, 56 p.