

## تحلیل هم‌دیدگی نقش جت جنب‌حاره‌ای در ترسالی‌های جنوب غرب ایران

هما درستکار گل‌خیلی<sup>۱</sup>، حسن لشکری<sup>۲\*</sup>، زینب محمدی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

۳- پسادکتری اقلیم‌شناسی سینوپتیک، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

### چکیده

تند بادها یا جت‌های تراز بالایی و ریدسپهر بدلیل ویژگی‌های دینامیکی و تشدید ناپایداری‌های لایه‌های زیرین یکی از پدیده‌های جذاب در مطالعات اقلیم‌شناسان می‌باشد. جت‌ها با توجه به ماهیت دینامیکی یا حرارتی به سه گروه جت‌های جنب حاره، قطبی و شرقی (حاره‌ای) تقسیم می‌گردند. هدف این پژوهش بررسی نقش جت جنب‌حاره‌ای در ساختار هم‌دیدگی سامانه‌های بارشی و فراوانی ورود سامانه‌های بارشی در ترسالی‌های ورودی به منطقه جنوب‌غربی ایران می‌باشد. برای این منظور داده‌های بارشی ایستگاه‌های این منطقه در یک دوره آماری ۳۳ ساله مطابق با سه سیکل خورشیدی ۲۲، ۲۳ و ۲۴ از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. بر اساس میانگین سالانه‌ی بارش و شاخص  $SPI$  و با استفاده از نرم‌افزار  $DIP$  و  $Excel$ ، ترسالی‌های شدید، که در آنها حداقل در نیمی از ایستگاه‌ها ترسالی شدید رخ داده باشد، استخراج گردید. برای انتخاب الگوهای هم‌دیدگی بر اساس داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال از مرکز ملی اقیانوس‌شناسی و محیط‌شناسی ایالات متحده آمریکا ( $NCEP/NCAR$ ) با قدرت تفکیک مکانی  $2/5 \times 2/5$  درجه جغرافیایی استخراج و نقشه‌های تراز مربوطه ترسیم شده و با بررسی چشمی پرتکرارترین الگوهای هم‌دیدگی استخراج گردید. برای تحلیل هم‌دیدگی الگوهای انتخابی از داده‌های سمت و سرعت باد مداری و نصف‌النه‌اری، نم و ویژه، امگای ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده شده است. برای تمام سامانه‌های انتخابی حاصل از ترسالی‌های شدید و با استفاده از مولفه باد مداری و نصف‌النه‌اری و بیش‌ترین سرعت حد جت‌ها ترسیم شده و محور و هسته جت استخراج گردید. نتایج تحقیق نشان داد که در تمام روزهای بارشی بر روی منطقه در ترسالی‌های شدید محور جت‌ها در محدوده عرض ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی و طولهای ۲۰ تا ۵۰ درجه شرقی (محدوده شرق الجزایر تا جنوب غرب ایران) و هسته‌های سرعت در بیش از ۷۵ تا ۸۰ درصد از موارد بر روی کشور کویت و استان خوزستان قرار می‌گیرند. در ترسالی‌های سیکل دوم و سوم هسته‌های سرعت جت با اندکی تفاوت نسبت به سیکل اول، در طول شرقی  $45^\circ$  تا  $50^\circ$  و عرض شمالی  $28^\circ$  تا  $34^\circ$  و بر روی جنوب غرب ایران، خلیج فارس و کشور کویت قرار داشتند. در صورتی که در سیکل اول یک میدان بر روی شمال دریای سرخ و میدان دوم بر روی جنوب غرب ایران شکل گرفته است. عموماً محورهای جت در محدوده شمال آفریقا دارای مولفه مداری بوده ولی از محدوده شمالی دریای سرخ کاملاً تغییر جهت داده و امتدادی جنوب غربی - شمال شرقی پیدا کرده و مولفه نصف‌النه‌اری تقویت می‌شود. همین پدیده سبب تزریق تاوایی مناسب به سامانه‌های بارشی ورودی شده و ناپایداری‌ها تشدید، و جریانات همرفتی شدید حاکم می‌شوند.

**کلید واژه‌ها:** الگوی هم‌دیدگی، جت جنب‌حاره، ترسالی، جنوب غرب.

## مقدمه

همرفتی پایین تروپوسفر در شرق آسیا در فصل تابستان، نشان دادند که جت جنب‌حاره در مرطوب‌سازی جو میانی نقش مهمی ایفا می‌کند. زولوتوف و همکاران (Zolotov et al, 2018) به بررسی ویژگی‌های جریان جت جنب‌حاره‌ای در اقیانوس اطلس شمالی پرداختند. هورینوچی و همکاران (Horinouchi et al, 2019)، مطالعه‌ای در رابطه با تغییرات نصف‌النهاری باند بارانی در می‌یوبایو در ارتباط با جت جنب‌حاره‌ای با استفاده از خروجی‌های مدل‌های اقلیمی تهیه شده توسط CMIP5 انجام دادند. اسیری و همکاران (Asiri et al, 2020) با بررسی ویژگی‌های سینوپتیکی مرتبط با تنوع زمستانی جریان جت جنب‌حاره بر فراز آفریقا و خاورمیانه نشان دادند که جریان جت در بیش از ۸۷٪ مواقع در سطح فشار ۲۰۰ هکتوپاسکال و در بیش از ۸۳٪ این موارد در مدار نصف‌النهاری بین ۲۰° و ۳۵° شمالی واقع شده است. اولین مطالعات در رابطه با جت جنب‌حاره در ایران توسط عبدالحسینی (۱۳۵۸)، مفیدی (۱۳۷۵)، خسروی و غیور (۱۳۸۰)، انجام پذیرفت. سپس بیرانوند (۱۳۹۲)، ابراهیمی نیک (۱۳۹۲)، عساکره و همکاران (۱۳۹۲)، قلی‌پور (۱۳۹۴)، قانقرمه و روشن (۱۳۹۴)، آروین و همکاران (۱۳۹۴)، عساکره و همکاران (۱۳۹۶) مطالعاتی در رابطه با رفتار جت جنب‌حاره در بارش‌های مؤثر بر ایران انجام دادند. مطالعاتی که در سال‌های اخیر در رابطه با موضوع این پژوهش انجام شده است، می‌توان به نتایج به دست آمده از پژوهش محمدی و لشکری (۱۳۹۷)، اشاره کرد که در آن به نقش جابه‌جایی مکانی پرفشار عربستان و جت جنب‌حاره‌ای در الگوهای هم‌مدیدی و ترمودینامیکی ترسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین موقعیت جت جنب‌حاره‌ای برای تشدید ناپایداری‌های لایه‌ی زیرین، محدوده‌ای بین مصر تا غرب خلیج فارس است که هسته مرکزی جت در جنوب اردن استقرار می‌یابد. شمسی پور و همکاران (۱۳۹۷) در واکاوی هم‌مدیدی- ترمودینامیکی بارش‌های سنگین غرب و جنوب غرب ایران نشان دادند که در روزهای قبل از بارش، زبانه‌ی پرفشار سیبری بر روی غرب ایران نفوذ کرده و همزمان مراکز کم فشار روی دریای مدیترانه تشکیل شده‌اند که با جابه‌جایی شرق سوی آن‌ها شرایط برای ایجاد ناپایداری و رخداد بارندگی در منطقه فراهم شده است. یافته‌های پژوهش جلیلیان (۱۳۹۸) نشان می‌دهد که الگوی استقرار ناوه تقریباً عمیق با محور

جت‌ها، یکی از سیستم‌های شناخته شده سینوپتیکی هستند که تعیین موقعیت و شرایط استقرار و ویژگی‌های دینامیکی آنها در ایجاد ترسالی و خشکسالی هر منطقه، مورد توجه پژوهشگران بوده است. جت جنب‌حاره‌ای یکی از چند سامانه سینوپتیکی می‌باشد که اقلیم کشور ایران را متأثر می‌سازد. (علیجانی، ۱۳۹۲). بدین جهت شناخت موقعیت قرارگیری جت جنب‌حاره به لحاظ تغییرات زمانی- مکانی آن و اثرگذاری بر اقلیم کشور امری ضروری می‌باشد؛ با شناسایی موقعیت جریان جت، نوسانات دوره‌ای و موقعیت آن در دوره‌های ترسالی و خشکسالی، می‌توان در مورد امکان شروع بارشها و پایان آن در هر سال قضاوت کرد. اولین مطالعه‌ای که در ارتباط با جایگاه متوسط جت صورت گرفت، مربوط به پالمن (Palman, 1951) بود (سوها، Saha, 2010)، به نقل از عساکره و همکاران، (۱۳۹۲). پس از آن کریشنامورتی (Krishnamurti, 1961)، التانتاوی (Eltantawy, 1960)، هرون و تولستوی (Heron & Tolstoy, 1968)، وینرت (Weinert, 1968)، دایان و آبرامسکی (Dayan and Abramski, 1983)، سینکلر و ریویل (Sinclair & Revell, 2000)، فوو همکاران (Fu et al, 2006)، آرچر و کالدرا (Archer and Caldeira, 2008)، به مطالعه و بررسی ویژگی‌های جت در مناطق مختلف پرداختند. هودسون (Hudson, 2012)، حرکت جریان‌های جت را در عرض‌های میانی نیمکره شمالی و جنوبی طی دوره‌ی آماری ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۰، اندازه‌گیری کرده است. هندلوس و مارتین (Handlos & Martin, 2016)، به بررسی ساختار و تکامل محیط‌های بزرگ مقیاس مساعد برای برهم‌کنش جت جنب‌حاره‌ای و جبهه‌ی قطبی در غرب اقیانوس آرام پرداختند. مطالعه‌ی هورینوچی و هایاشی (Horinouchi & Hayashi, 2017) بر روی جت جنب‌حاره و بارش تابستانه در شرق آسیا نشان داد که در تابستان، بارش به سمت جنوب خطوط تروپواز که با جت‌های لحظه‌ای همراه است، بیشتر است. کریستنسون و همکاران (Christenson et al, 2017) با مطالعه برهم‌کنش جت جنب‌حاره و جت جبهه قطبی در فصل سرد، نشان دادند که رویدادهای برهم‌کنش نسبتاً نادر هستند، اما حد جغرافیایی مشخصی وجود دارد. یوکویاما و همکاران (Yokoyama et al, 2017) در بررسی اثرات جت جنب‌حاره و بی‌ثباتی

شمال‌شرقی - جنوب‌غربی در مجاورت غرب و شمال‌غرب ایران بر انتقال شمال‌سوی جت جنب حاره‌ای و انتقال جنوب‌سوی جت جنبه قطبی به عرض‌های میانی و فعالیت همزمان این جت‌ها مؤثر است. یافته‌های محمدی و همکاران (۱۳۹۸) در اقلیم‌شناسی جت‌ها در خاورمیانه نشان داد که در دوره سرد سال فراوانی جت‌ها و سرعت آنها در عرض‌های جغرافیایی ۲۰° تا ۳۰° شمالی و در دوره گرم سال به عرض‌های ۳۵° تا ۴۵° عرض شمالی منتقل می‌شود. پژوه (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای نشان داد که جت جنب حاره‌ای با تقویت همگرایی سطحی و میدان واگرایی در سطوح بالای وردسپهر و به تبع آن توسعه کم‌فشار سطحی و ناوه سطوح میانی وردسپهر، نقش مهمی در رخداد بارش‌های سنگین و فراگیر نیمه جنوبی کشور دارد. خزایی و نیک فال (۱۳۹۹) رخداد بارش‌های سیل آسای غرب و جنوب غرب کشور را بررسی و نشان دادند که وجود چرخندی عمیق در فشار تراز دریا تا فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از شرق دریای مدیترانه تا غرب ایران و همچنین استقرار جت جنب حاره‌ای با جهت نصف‌النهاری در منطقه جنوب غرب و غرب کشور و در نهایت چینش شدید قائم باد افقی از فشار تراز دریا تا فشار تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در منطقه، عوامل اصلی ناپایداری این مناطق می‌باشند. سینایی و همکاران (۱۴۰۱) عامل اصلی ناپایداری بارش‌های حدی فراگیر جنوب غرب کشور را جت و سامانه‌های برون حاره‌ای و عامل اصلی تامین رطوبت بارش‌های این پهنه از کشور دریا‌های گرم جنوبی (دریای سرخ، دریای عمان، دریای عربی و خلیج فارس) نشان دادند. کیخسروی و همکاران (۱۴۰۱) نشان دادند که مناسب‌ترین موقعیت هسته جت برای ایجاد بارش‌های فوق سنگین در حوضه کرخه، واقع در مرکز کشور عربستان در عرض شمالی ۲۴° و طول شرقی ۴۲° است. در این حالت منطقه خروجی جت منطبق بر بخش جلویی ناوه بر روی حوضه کرخه می‌باشد. بنی نعیمه و همکاران (۱۴۰۲) دریافتند که سامانه مؤثر در ایجاد بارش‌های فوق سنگین در حوضه دز واقع در جنوب‌غرب ایران، سامانه کم‌فشار سودان است. و با گسترش شرق سوی پرفشار عربستان و استقرار بر روی دریای عمان زمینه لازم برای گسترش شمال‌شرق سوی زبانه کم‌فشار سودانی و فرارفت مرطوب در منطقه فراهم می‌شود. در پژوهش حاضر، به این سؤالات پاسخ داده خواهد شد که: بهترین موقعیت استقرار و الگوی کشیدگی جت جنب

حاره‌ای برای ایجاد ترسالی در جنوب‌غرب ایران کجاست؟ جت‌های جنب حاره‌ای در ترسالی‌ها منجر به چه الگوی هم‌مدیدی می‌شوند؟

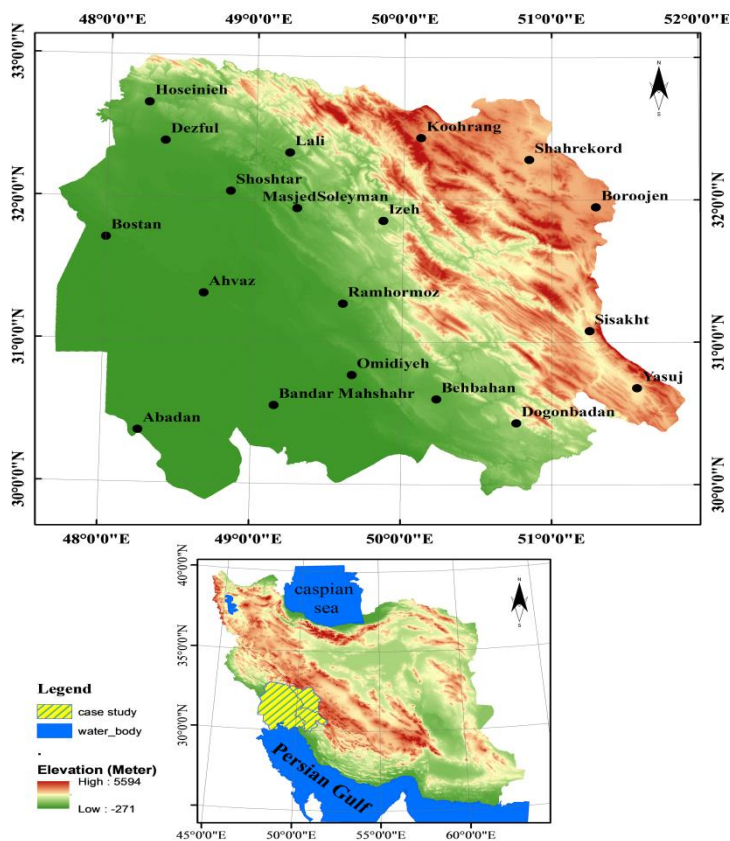
### داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب‌غرب ایران واقع شده و استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری را شامل می‌شود. این منطقه تنوعی از توپوگرافی دریا، ساحل، دشت و جلگه کم‌ارتفاع و در عین حال رشته کوه‌های مرتفع و همگن را در بر می‌گیرد. به لحاظ موقعیت جغرافیایی تنوعی از سامانه‌های حاره‌ای و جنب حاره‌ای این منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در عین این که این منطقه یکی از مناطق مهم کشاورزی، صنعتی، تجاری، بندرگاهی و پتروشیمی کشور است. روش استفاده شده در این تحقیق روش محیطی به گردشی است. در همین راستا ابتدا ایستگاه‌های هم‌مدید منطقه جنوب غرب کشور شناسایی گردید. دوره آماری انتخاب شده در این تحقیق یک دوره ۳۳ ساله می‌باشد. چرا که به اعتقاد اکثریت اقلیم‌شناسان یک محیط جغرافیایی با یک اقلیم مشخص بیش از ۹۰ درصد رفتارها و ویژگی‌های اقلیمی خود را در یک دوره ۳۳ ساله یا سه سیکل خورشیدی بروز می‌دهد. با همین باور دوره آماری ۱۹۸۶-۲۰۱۹ منطبق با سه سیکل خورشیدی اخیر برای مطالعه انتخاب گردیده است. در عمل برای این که از بیشترین تعداد ایستگاه هم‌مدیدی برای استخراج ترسالی‌ها و سامانه‌های بارشی استفاده شود، در هر سیکل خورشیدی که یک ایستگاه دارای آمار ثبت شده کامل بود به عنوان یک ایستگاه عضو انتخاب گردید. به همین دلیل تعداد ایستگاه‌های عضو از سیکل اول (سیکل ۲۲) تا سیکل سوم (سیکل ۲۴ خورشیدی) افزایش یافته است. (لازم به ذکر است که اگر ایستگاهی در اواسط یک سیکل ایجاد شده است در همان سیکل استفاده نشده ولی در سیکل بعد به عنوان یک عضو سیکل مورد نظر بکار گرفته شده است) شکل (۱) پراکنش جغرافیایی ایستگاه‌های انتخابی را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های انتخابی را نشان می‌دهد. در گام بعد داده‌های بارش روزانه این ایستگاه‌ها از سال ۱۹۸۶ تا پایان سال ۲۰۱۹ از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. پس از مرتب‌سازی و رفع

استفاده از نرم‌افزار DIP و Excel ترسالی‌های شدید استخراج گردید. برای انتخاب نمونه‌های مطالعاتی تمام سال‌هایی که در هر سیکل در بیش از نصف ایستگاه‌های آن ترسالی شدید گزارش شده بود به عنوان نمونه مطالعاتی انتخاب گردید.

خطاهای احتمالی داده‌ها از قبیل: بررسی داده‌های مفقوده و رفع نواقص از روش میانگین وزنی، میانگین ماهانه بارش براساس سال زراعی (اکتبر تا سپتامبر) برای ایستگاه‌های مذکور در محیط Excel انجام شد. سپس با توجه به میانگین سالانه بارش و ملاک قرار دادن شاخص SPI (جدول ۲)، با



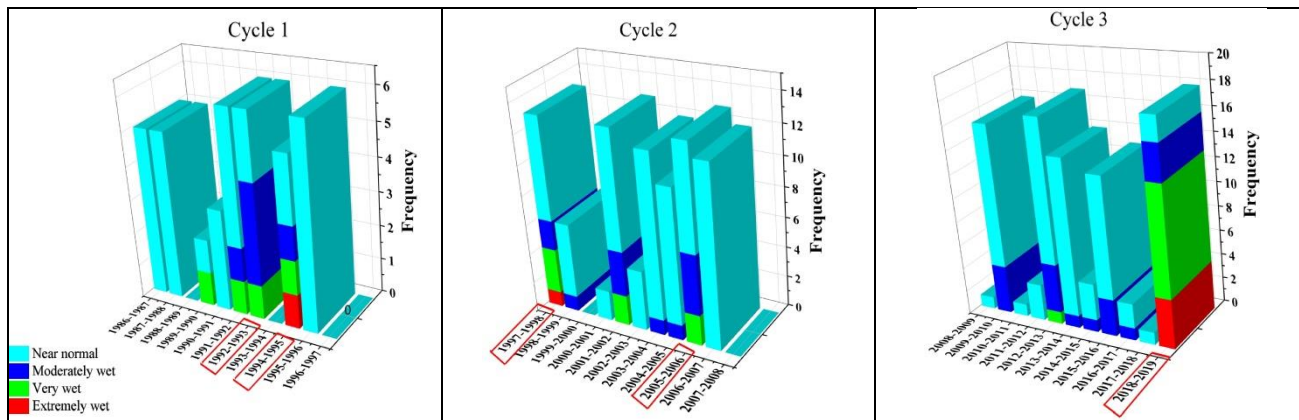
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

جدول (۱) مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های جنوب غرب ایران در دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۱۹)

ارتفاع از سطح دریا	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		نام ایستگاه
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه			دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	
۷۲۶	۸۰	۵۰	۳۶	۳۰	دوگنبدان	۳	۱۷	۴۸	۲۰	۳۰	آبادان
۱۵۰/۵	۵۹	۴۹	۲۷	۳۱	رامهرمز	۱۹	۴۲	۴۹	۴۵	۳۰	امیدیه
۲۲۰۰	۴۱	۵۱	۸۸	۳۰	سی سخت	۲۲/۵	۴۰	۴۸	۲۰	۳۱	اهواز
۶۷	۸۳	۴۸	۰۵	۳۲	شوشتر	۷۶۷	۸۵	۴۹	۸۴	۳۱	ایذه
۳۳۰۰	۲۲	۴۹	۲۰	۳۲	شهرکرد	۲۲۶۰	۲۹	۵۱	۹۷	۳۱	بروجن
۲۳۶۵	۱۲	۵۰	۴۵	۳۲	کوه‌رنگ	۷/۸	۰۱	۴۸	۷۰	۳۱	بستان
۳۶۵	۰۹	۴۹	۳۳	۳۲	لالی	۶/۲	۱۵	۴۹	۵۴	۳۰	بندر ماهشهر
۲۳۶	۳۰	۴۹	۹۳	۳۱	مسجد سلیمان	۳۱۳	۲۱	۵۰	۶۰	۳۰	بهبهان
۱۸۱۶/۳	۵۵	۵۱	۶۹	۳۰	یاسوج	۳۵۴	۲۵	۴۸	۶۶	۳۲	حسینیه

جدول (۲) تعیین درجه‌ی خشکسالی و ترسالی با استفاده از شاخص SPI (منبع: لشنی زند، ۱۳۸۳: ۶۹)

درجه ترسالی	شاخص بارش استاندارد شده	درجه خشکسالی	شاخص بارش استاندارد شده
فوق العاده مرطوب	+۲	تقریباً نرمال (خشک)	۰ تا ۰/۹۹-
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹	کمی خشک	-۱ تا -۱/۴۹
کمی مرطوب	۱ تا ۱/۴۹	خیلی خشک	-۱/۹۹ تا -۱/۵
تقریباً نرمال (مرطوب)	۰ تا ۰/۹۹	فرا خشک	کمتر از -۲



شکل ۲- فراوانی ایستگاه‌های درگیر با ترسالی در جنوب غرب ایران براساس نتایج شاخص SPI. به تفکیک سیکل‌های خورشیدی

اقیانوس‌شناسی و محیط‌شناسی ایالات متحده آمریکا (NCEP/NCAR) با قدرت تفکیک مکانی  $2/5 \times 2/5$  درجه‌ی جغرافیایی و در محدوده ۰ تا ۸۰ درجه‌ی طول شرقی و ۰ تا ۶۵ عرض شمالی دریافت شد. برای تعیین موقعیت مکانی جت در ترسالی‌های شدید منطقه‌ی جنوب غرب کشور، اسکریپتی در محیط نرم‌افزاری GRADS ایجاد و محور و هسته‌ی جت جنب‌حاره برای تمام روزهایی که سامانه‌ی بارشی در ترسالی‌های مذکور، وارد منطقه شده است، ترسیم شد. جدول (۴) تعداد نقشه‌های ترسیم شده را برای هر ترسالی نشان می‌دهد.

در مرحله بعد، داده‌های SLP برای ترسالی‌های هر سیکل برداشت شد که برای تحلیل عاملی از آنها استفاده گردید؛ جهت شناسایی الگوی جت‌ها از روش تحلیل عاملی و معیار KMO و آزمون بارتلت در نرم‌افزار SPSS24 استفاده شد. طبق نتایج به دست آمده، مقدار KMO برای ترسالی‌های هر سیکل به شرح زیر می‌باشد، که نشان می‌دهند داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب هستند. همچنین مقادیر محاسبه شده‌ی آزمون بارتلت برای ترسالی‌های هر سیکل در سطح  $P < 0.000$  معنادار شده است (جدول ۵).

شکل (۲) وضعیت فراوانی شاخص SPI را برای ایستگاه‌های درگیر با ترسالی برای هر سه سیکل، نشان می‌دهد. این نمودار، حاصل نتایج شاخص SPI با درجه (تقریباً) (مرطوب) تا فوق‌العاده مرطوب) برای کلیه ایستگاه‌های منطقه می‌باشد. با توجه به این نمودار، ترسالی‌های سیکل اول: سال‌های زراعی ۱۹۹۲-۱۹۹۳ و ۱۹۹۴-۱۹۹۵، ترسالی‌های سیکل دوم: سال‌های زراعی ۱۹۹۸-۱۹۹۷ و ۲۰۰۵-۲۰۰۶، و ترسالی‌های سیکل سوم: سال‌های زراعی ۲۰۱۸-۲۰۱۹ می‌باشد. در گام بعد برای شناسایی و انتخاب سامانه‌های بارشی در هر ترسالی شدید دو معیار انتخاب شده است. (۱) حداقل در یکی از ایستگاه‌های انتخابی بارش بیش از ۵ میلی‌متر ثبت شده باشد. (۲) مجموع بارش ایستگاه در آن سامانه از صدک ۵۰ ام بارش سامانه بالاتر بوده است.

پس از مشخص شدن سامانه‌های بارشی (جدول ۳)، داده‌های جوی برای باد مداری، باد نصف‌النهاری، ارتفاع ژئوپتانسیل برای ۲۵۰ هکتوپاسکال و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، نم ویژه و امگا و باد مداری و نصف‌النهاری برای ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال از مرکز ملی

جدول (۳) مشخصات سامانه‌های بارشی ترسالی‌های جنوب غرب ایران در سه سیکل خورشیدی بر اساس صدک ۵۰

		سیکل ۱					
		ماه					
		نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل
نوع سیستم	سودانی / تعداد	۲	۱	۲	۳	۳	۲
	مدیرانه‌ای / تعداد	-	۱	-	-	-	-
	ادغامی / تعداد	۲	۱	-	-	-	۱
مجموع		۴	۳	۲	۳	۳	۳
تعداد روز بارشی		۱۴	۹	۸	۱۱	۹	۱۷
سنگین‌ترین روز بارش		۱۷	۱۵	۸	۳	۱۳	۲۷
روز و سال		۱۹۹۴	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۱۹۹۵	۱۹۹۳
مقدار بارش		۴۸/۴۱	۳۵/۰۵	۲۳/۳	۴۳/۳۵	۲۱/۳۲	۵۰/۹۶
		سیکل ۲					
		ماه					
		نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل
نوع سیستم	سودانی / تعداد	۴	۴	۳	۴	۲	-
	مدیرانه‌ای / تعداد	-	-	۱	-	-	-
	ادغامی / تعداد	۱	۲	۱	-	۱	-
مجموع		۵	۶	۵	۴	۳	-
تعداد روز بارشی		۱۳	۱۳	۱۶	۱۵	۷	-
سنگین‌ترین روز بارش		۲۰۰۵	۲۵	۵	۴	۳۰	-
روز و سال		۸	۲۰۰۵	۱۹۹۸	۲۰۰۶	۱۹۹۸	-
مقدار بارش		۲۳/۳۵	۳۸/۳۶	۶۰/۲	۳۸/۹۵	۳۴/۹۶	-
		سیکل ۳					
		ماه					
		نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل
نوع سیستم	سودانی / تعداد	۳	-	۳	۱	۳	-
	مدیرانه‌ای / تعداد	-	-	-	-	-	-
	ادغامی / تعداد	-	۱	۱	-	-	۱
مجموع		۳	۱	۴	۱	۳	۱
تعداد روز بارشی		۸	۲	۱۳	۳	۶	۱
سنگین‌ترین روز بارش		۲۵	۷	۲۰۱۹	۱۱	۲۵	۱
روز و سال		۲۰۱۸	۲۰۱۸	۳	۲۰۱۹	۲۰۱۹	۲۰۱۹
مقدار بارش		۳۶/۵	۹/۱	۲۵/۶۲	۱۵/۷۱	۳۰/۸۴	۱۷/۱۰

جدول (۴) نقشه‌های ترسیم شده برای ترسالی‌های جنوب غرب ایران در سه سیکل خورشیدی

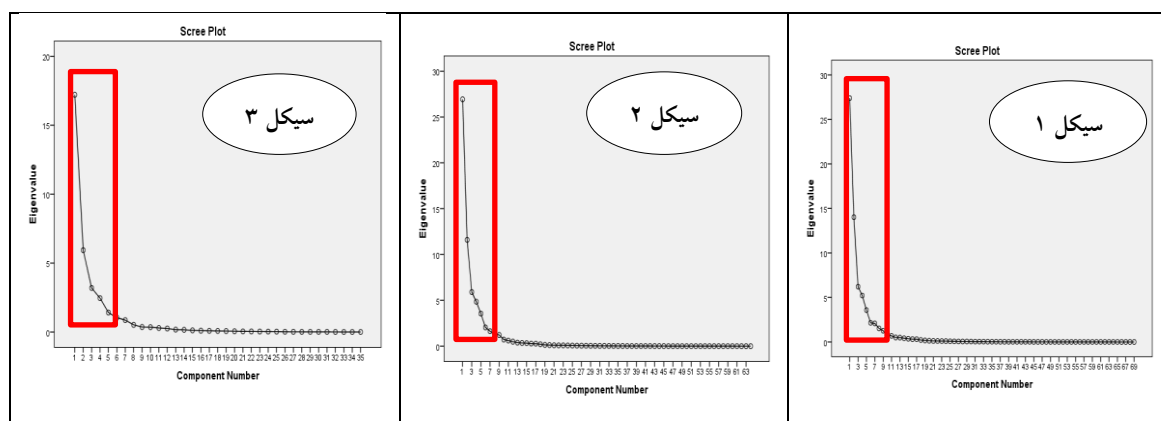
ترسالی	تعداد نقشه جریان
۱۹۹۲-۱۹۹۳	۵۵
۱۹۹۴-۱۹۹۵	۵۴
۱۹۹۷-۱۹۹۸	۵۳
۲۰۰۵-۲۰۰۶	۵۶
۲۰۱۸-۲۰۱۹	۵۸

جدول (۵) آزمون KMO و بارتلت برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها (ترسالی‌های جنوب غرب ایران)

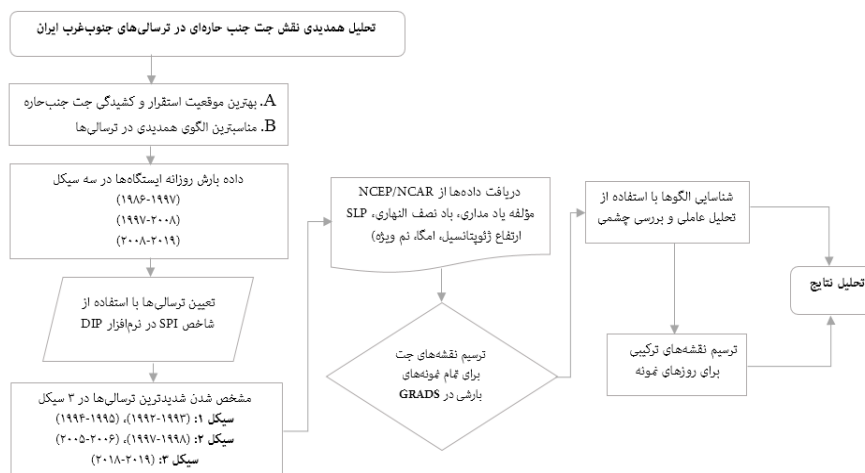
KMO and Bartlett's Test				
		سیکل ۱	سیکل ۲	سیکل ۳
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.884	0.882	0.853
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	254419.383	231314.289	96761.566
	df	2346	2016	595
	Sig	0.000	0.000	0.000

می‌کند. عامل اول ۳۵/۸۸ درصد درصد از پراش داده‌ها را باعث می‌شود. تحلیل عاملی با چرخش واریمکس برای ترسالی سیکل سوم نشان داد که ۶ عامل ۸۹/۳۱ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌کند که عامل اول ۲۸/۲۴ درصد از پراش داده‌ها را باعث می‌شود. شکل (۳) نمودار اسکری گراف برای نمایش ارزش ویژه‌ی عوامل برای ترسالی‌های جنوب غرب ایران را نشان می‌دهد. سپس برای انتخاب مطمئن از الگوهای همدیدی، نقشه‌های تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ترسیم و با بررسی چشمی الگوهای همدیدی پر تکرار شناسایی و با الگوهای استخراجی از تحلیل عاملی مقابله شده و الگوی نهایی انتخاب گردید. برای تحلیل همدیدی الگوها، با اسکریپ نویسی مناسب نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل، نم‌ویژه و بردار باد ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال ترسیم شده و تحلیل شده‌اند. شکل ۴ گام‌های اجرایی تحقیق را نشان می‌دهد.

در گام بعد، جهت شناسایی الگوی جت‌ها و الگوهای همدیدی از روش تحلیل عاملی و معیار KMO و آزمون بارتلت در نرم‌افزار SPSS24 استفاده شد. طبق نتایج به دست آمده، مقدار KMO برای ترسالی‌های هر سیکل به شرح زیر می‌باشد، که نشان می‌دهند داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب هستند. همچنین مقادیر محاسبه شده‌ی آزمون بارتلت برای ترسالی‌های هر سیکل در سطح  $P < 0.000$  معنادار شده است (جدول ۵). با ورود داده‌ها برای تحلیل عاملی در نرم‌افزار SPSS در یک تحلیل مؤلفه مبنای دوران یافته، درصد واریانس و واریانس تراکمی برای تحلیل عامل‌ها مشخص شد. تحلیل عاملی با چرخش واریمکس برای ترسالی‌های سیکل اول نشان داد که ۹ عامل با پراش بالای یک، بیش از ۹۱/۹۳ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌کند، به طوری که عامل اول حدوداً ۳۴/۴۷ درصد از پراش داده‌ها را باعث می‌شود. چرخش واریمکس برای ترسالی‌های سیکل دوم نیز ۹ عامل مشخص شد که با پراش بالای یک بیش از ۹۲/۳۲ درصد پراش داده‌ها را تبیین



شکل (۳) نمودار اسکری گراف برای نمایش ارزش ویژه عوامل برای ترسالی‌های جنوب غرب ایران در سیکل‌های خورشیدی



شکل (۴) مراحل روش کار پژوهش

طول شرقی و  $20^{\circ}$  تا  $40^{\circ}$  عرض شمالی و در راستای جنوب غربی- شمال شرقی امتداد یافته‌اند. محورهای جت در محدوده دریای سرخ تا خلیج فارس حالت نصف‌النهاری پیدا کرده‌اند و موقعیت آنها در هر دو ترسالی، بر روی مناطق فوق فراوانی بیشتری داشته است. امتداد محورهای جریان جت بر روی این مناطق، مناسب‌ترین شرایط را برای تشدید ناپایداری‌ها در لایه‌های میانی و پایینی ورد سپهر به وجود آورده است. که منجر به بارش‌های نسبتاً شدید تا شدید در جنوب غرب ایران شده است.

شکل (۶) موقعیت محورها و هسته‌های جت را برای تراز  $250$  هکتوپاسکال در سیکل دوم ترسالی‌های شدید جنوب غرب ایران نشان می‌دهد. سیکل دوم خورشیدی در مقایسه با سیکل اول، فراوانی هسته‌های سرعت جت در ترسالی  $1997-1998$  (۶A)، غالباً بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه واقع در جنوب غرب ایران، همچنین بر روی خلیج فارس قرار گرفت و در ترسالی  $2005-2006$  (۶C) عموماً هسته‌های سرعت بر روی جنوب غرب ایران، کشور کویت و خلیج فارس و در شمال مصر متمرکز شده است که نسبت به سیکل گذشته، محل تشکیل هسته‌های سرعت کمی جابجایی و در طول شرقی  $45^{\circ}$  تا  $50^{\circ}$  و عرض شمالی  $28^{\circ}$  تا  $32^{\circ}$  استقرار داشته است. در این حالت، جنوب غرب ایران در منطقه‌ای مناسب از جریان جت قرار داشته که سبب ایجاد ناپایداری‌ها در منطقه شده است. موقعیت محورهای جت در هر دو ترسالی نسبت به سیکل اول تغییر

## نتایج و بحث

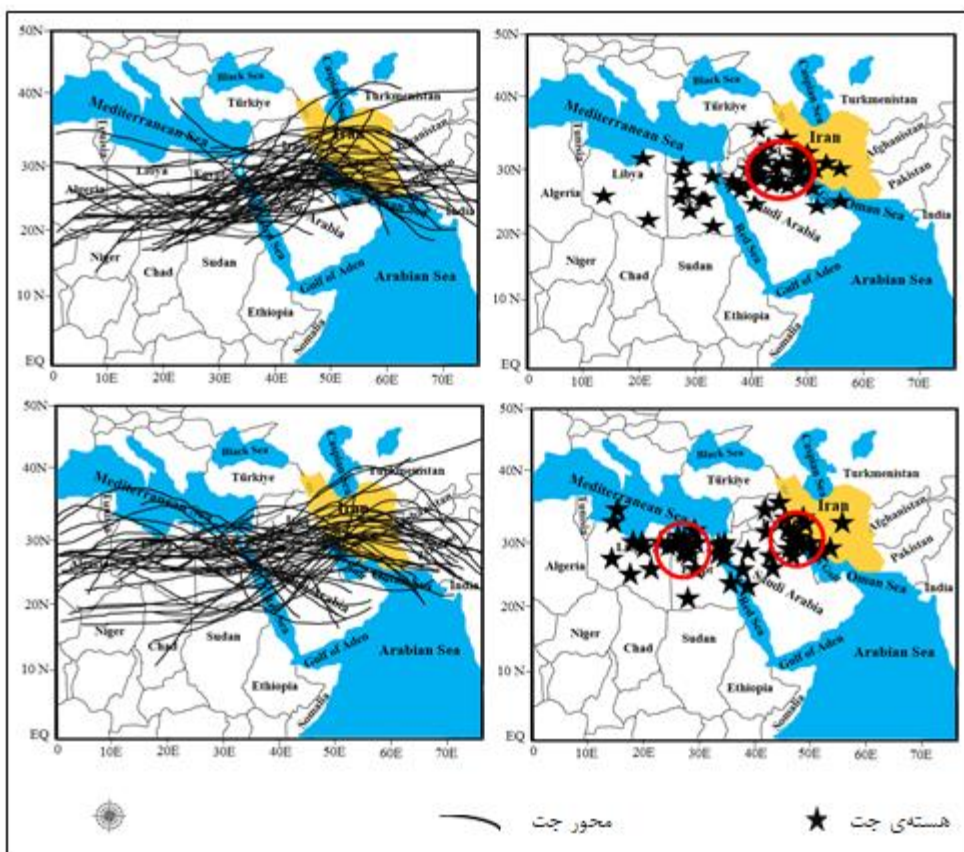
تحلیل موقعیت جت جنب حاره در ترسالی‌های جنوب غرب ایران (براساس سیکل‌های خورشیدی) موقعیت روزانه محور جت جنب حاره‌ای و همچنین موقعیت هسته‌های جت برای تمام روزهای بارشی جنوب غرب ایران در ترسالی‌های جنوب غرب ایران برای تراز  $250$  هکتوپاسکال در سه سیکل خورشیدی ترسیم شد.

شکل (۵) موقعیت هسته‌های جت را برای تراز فوق در ترسالی‌های شدید جنوب غرب ایران در سیکل اول، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در ترسالی  $1992-1993$  در تراز  $250$  هکتوپاسکال (۵A)، فراوانی هسته‌های سرعت جت جنب‌حاره در طول شرقی  $40^{\circ}$  تا  $50^{\circ}$  و عرض شمالی  $25^{\circ}$  تا  $32^{\circ}$  بر روی شمال عربستان، جنوب عراق و خلیج فارس در هر دو ترسالی و در ترسالی  $1994-1995$  (۵C) علاوه بر این مناطق، تراکم هسته‌های سرعت در محدوده دریای سرخ و شمال غرب عربستان و مصر مشاهده شده است. در حالتی که هسته‌های سرعت جت بر روی مناطق فوق قرار گرفتند، منطقه جنوب غرب ایران در بهترین حالت در نیمه چپ خروجی جت و جریانات صعود یافته قرار گرفته است که در این حالت سبب بارش‌های سنگین و نسبتاً فراگیر در منطقه شده است. بررسی نقشه‌های هر دو ترسالی نشان می‌دهد که محور جت جنب حاره در هر دو ترسالی (۵B & ۵D) در محدوده  $0^{\circ}$  تا  $80^{\circ}$

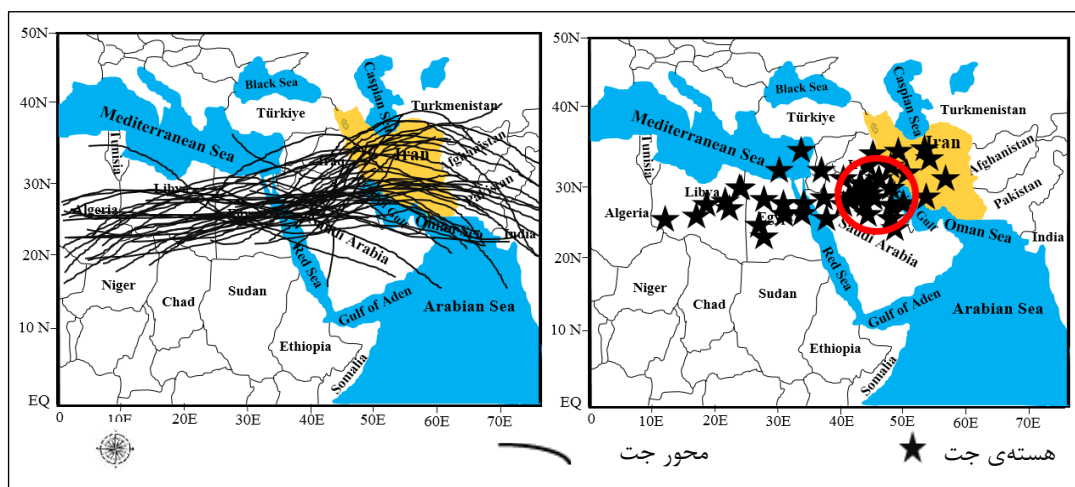


جغرافیایی محورها نسبت به سیکل گذشته تفاوت چندانی نداشته و در طول شرقی  $0^{\circ}$  تا  $80^{\circ}$  و با اندکی جابجایی در عرض شمالی  $15^{\circ}$  تا  $40^{\circ}$  امتداد یافته است. در بیشتر موارد محورهای جت بین دریای سرخ تا جنوب ایران قرار داشت که در این حالت جت جنب‌حاره نقش مؤثری بر پدیده‌های جوی جنوب‌غرب ایران داشته است.

چندانی نداشته و در همان راستای جنوب‌غربی-شمال شرقی امتداد یافته است و در شمال عربستان حالت نصف النهاری پیدا کرده که به صورت یک جریان نسبتاً قوی شرایط مناسبی را برای تقویت سامانه‌های چرخندی فراهم کرد (B & D)، بدین ترتیب به صورت پشته و ناوه و با عبور از ایران تا شمال کشور هند ادامه یافت. محدوده



شکل (۶) مراکز هسته و محورهای جت جنب‌حاره در ترسالی‌های جنوب‌غرب ایران، سیکل دوم (B & A) ترسالی ۱۹۹۷-۱۹۹۸ و (D & C)



شکل (۷) مراکز هسته و محورهای جت جنب‌حاره در ترسالی‌های جنوب‌غرب ایران، سیکل سوم (ترسالی ۲۰۱۸-۲۰۱۹)

است که این حالت نشانگر تاوایی شدید حاکم بر جت لایه‌ی وردسپهر میانی و بالایی بوده است که در نتیجه با نزدیکی جت به جنوب‌غرب ایران، شیو فشاری قوی ایجاد شده است. در این حالت، جت به صورت یک سامانه‌ی مؤثر در تقویت سامانه‌های چرخندی، به ویژه کم‌فشار حرارتی سودانی نقش مؤثری داشته است، چنانچه جنوب غرب ایران در شرایط مساعدی برای تشدید ناپایداری‌های جوی قرار داشت. در مواردی نیز هسته‌های جت بین کشور مصر تا لیبی و ایران مرکزی قرار داشته‌اند که در این حالت تأثیر چندانی بر تشدید ناپایداری‌های جوی بر منطقه مورد مطالعه نداشته است.

### تحلیل همدیدی الگوهای پرتکرار در ترسالی‌های

#### شدید جنوب غرب ایران

برای تحلیل همدیدی و الگویابی سامانه‌های غالب در ترسالی‌ها، از شاخص تحلیل عاملی و بررسی چشمی استفاده گردید. برای تحلیل سامانه‌های غالب، از نقشه‌های ترکیبی ارتفاع، جریان و نم ویژه برای ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و همچنین نقشه‌های ترکیبی ارتفاع، جریان و امگا برای ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال که در محیط گرس ترسیم گردیده، استفاده شده است. همان‌طور که در بخش روش‌شناسی پژوهش اشاره شد، تحلیل عاملی و بررسی چشمی انجام شده بر روی ترسالی‌های شدید جنوب‌غرب ایران در سیکل‌های زراعی، عامل اول که بیشترین فراوانی و بیشترین توجه واریانس برای ترسالی‌های منطقه را نشان می‌دهد، در این پژوهش مورد تحلیل قرار گرفته است. در بررسی‌های چشمی از نقشه‌های ارتفاعی نمونه‌های ترسالی برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، انواع سامانه‌های بارشی (سودانی، مدیترانه‌ای و ادغامی) تأثیرگذار بر جنوب‌غرب ایران، مشخص گردید؛ در بررسی‌های انجام شده، سامانه‌های سودانی بیشترین تأثیرگذاری را بر منطقه داشتند و در موارد بیشتری وارد منطقه شدند. در این پژوهش با توجه به محدودیت، یک نمونه از الگوهای سودانی و ادغامی مورد تحلیل قرار گرفته است.

شکل (۷) موقعیت هسته‌ها و محورهای جت جنب‌حاره را برای ترسالی شدید جنوب‌غرب ایران در سیکل سوم (۲۰۱۸-۲۰۱۹) برای تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. در سیکل سوم محل تشکیل هسته‌های سرعت جت با اندکی جابجایی نسبت به دو سیکل گذشته، بر روی کشور کویت، خلیج فارس و جنوب‌غرب ایران استقرار داشته است. محل تشکیل هسته‌های سرعت نسبت به سیکل دوم تغییر چندانی نداشته ولی نسبت به سیکل اول کاملاً نزدیک به جنوب غرب ایران و در مواردی نیز کاملاً بر روی منطقه واقع شده‌اند. موقعیت جغرافیایی تراکم هسته‌های سرعت مشابه سیکل دوم و با کمی تفاوت نسبت به سیکل اول، در  $45^{\circ}$  تا  $50^{\circ}$  طول شرقی و  $28^{\circ}$  تا  $34^{\circ}$  عرض شمالی بوده است. در تعداد زیادی از ماه‌ها، جت‌ها دارای هسته سرعت قوی بوده‌اند که در این شرایط توانستند چینش خوبی را به لحاظ حرکات قائم جوی در وردسپهر زیرین ایجاد کنند. محورهای جت از طول شرقی  $0^{\circ}$  تا  $83^{\circ}$  و حداثی الجزایر تا هند امتداد یافتند که در راستای جنوب‌غربی-شمال شرقی وارد منطقه شده و با عبور از آن، در ایران مرکزی حالت نصف‌النهاری پیدا کردند. محل عبور بیشترین محورهای جت همانند سیکل‌های قبلی محدوده‌ی بین دریای سرخ تا خلیج فارس بوده است که نشان می‌دهد مناسب‌ترین موقعیت جهت استقرار جت جنب‌حاره برای ایجاد ناپایداری‌های جوی و تشدید آن در جنوب‌غرب ایران، محدوده‌ی فوق است. موقعیت هسته‌های جت در ترسالی‌های شدید جنوب‌غرب ایران در هر سه سیکل، نشان داد که:

هسته‌های سرعت جت به پیروی از محورها در تشدید ناپایداری‌های جنوب‌غرب ایران در محدوده  $45^{\circ}$  تا  $50^{\circ}$  طول شرقی و  $28^{\circ}$  تا  $32^{\circ}$  عرض شمالی و بر روی شمال عربستان، خلیج فارس و جنوب‌غرب ایران استقرار داشته‌اند. بنابراین، در بیشتر روزها منطقه جنوب‌غرب ایران در محدوده خروجی سمت چپ جریان‌های جتی قرار دارد. علت اصلی تشدید ناپایداری‌ها در روزهای بارشی، واگرایی شدید منطقه خروجی جریان‌های جت است. محور جت‌ها در راستای جنوب‌غربی-شمال شرقی بوده که در محدوده دریای سرخ تا کشور کویت حالت نصف‌النهاری پیدا کرده

## تحلیل هم‌دیدگی الگوی ادغامی کم فشار سودان و چرخند مدیترانه‌ای

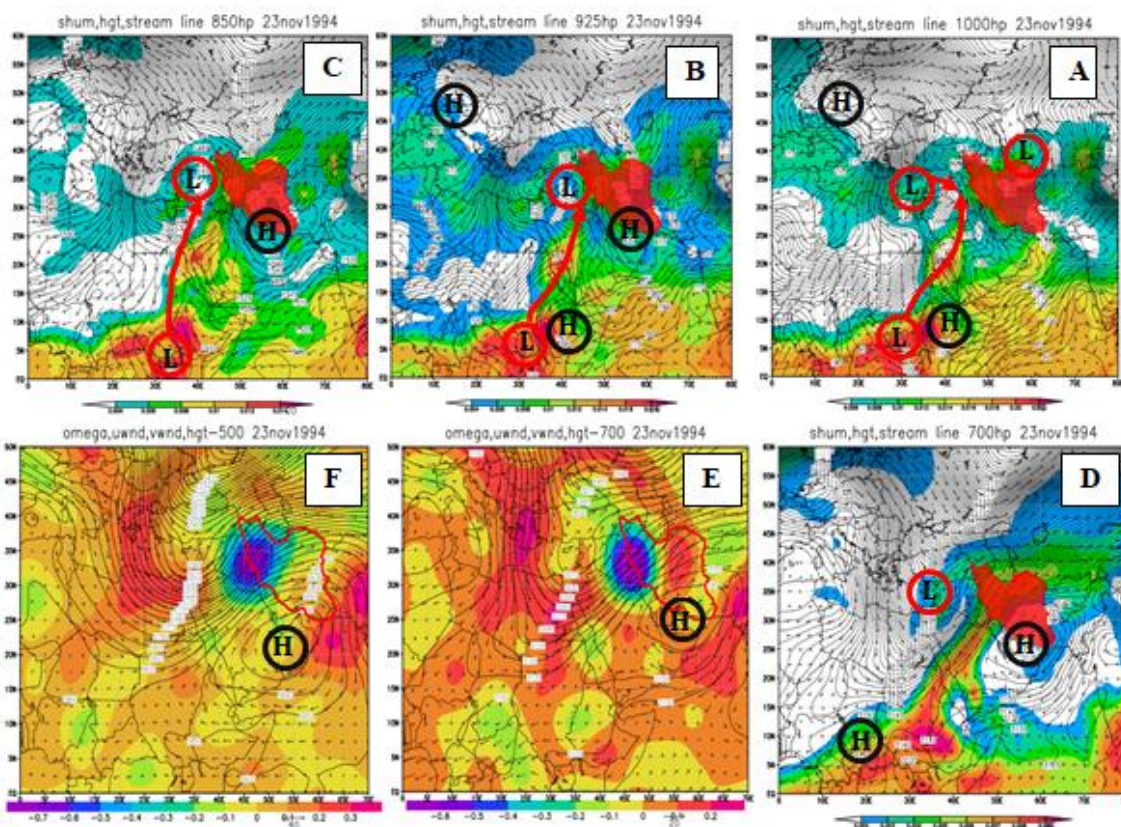
سامانه ۲۳ نوامبر ۱۹۹۴ به عنوان نماینده این الگوی انتخاب گردیده است. حدود ۳۹ درصد از سامانه‌های بارشی در ترسالی‌ها از این الگو تبعیت کرده‌اند. شکل (۸) نقشه ترکیبی (نم و یژه، جریان و ارتفاع ژئوپتانسیل) ترازهای (۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، به ترتیب شکل‌های  $AB$ ،  $AC$ ،  $AD$ ) و (امگا، جریان و ارتفاع ژئوپتانسیل) ترازهای (۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) (اشکال  $E$  و  $F$ ) را برای روز ۲۳ نوامبر ۱۹۹۴ نشان می‌دهد. اشکال  $AB$ ،  $AC$  و  $AD$  آرایش سامانه‌ها را در ترازهای زیرین و مرزی و ردسپهر (ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال) نشان می‌دهد. در این الگو زبانه‌ی کم‌فشار سودانی با گسترش شمال‌سو تا سواحل شرقی دریای مدیترانه امتداد یافته است و با چرخند قوی که بر روی شرق مدیترانه شکل گرفته است، ادغام شده و از روی کشور عراق از غرب و جنوب‌غرب وارد ایران شده است. از سویی دیگر، زبانه‌ی پرفشاری با راستای شمال شرقی - جنوب غربی و پس از عبور از کشورهای افغانستان و پاکستان و بخش جنوب شرقی ایران، بر روی آبهای گرم دریاهای عمان و عرب گسترش یافته است و با گردش و اچرخندی، رطوبت این دریاها را به درون سامانه سودانی فرارفت می‌کند. در عین حال، و اچرخندی در بخش غربی اروپا و شمال ایتالیا استقرار دارد که زبانه جنوبی این سامانه با گسترش جنوب سوی، پس از عبور از دریای مدیترانه تمام پهنه صحرای آفریقا را در بر گرفته است. تندبادهای ضلع شرقی این سامانه و اچرخند با جریانات شمالی، هوای سرد جنب قطبی را به دامنه غربی کم فشار سودانی فرارفت نموده است. شرایط ایجاد شده، شیو دمایی و به تبع آن شیو فشاری را در غرب آسیا تشدید نموده است. تندبادهای حاکم در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال گویای این شیو فشاری می‌باشد. این ساختار ترمودینامیکی سبب شده است ناوه‌ی وارونی از کم فشار سودانی با گسترش شمال سوی و پس از عبور از دریای سرخ تمام پهنه‌ی غربی آسیا را در بر بگیرد. این زبانه کم فشار با شکل امگایی تمام پهنه غرب ایران تا غرب یونان را در برگرفته است. رطوبت فرارفت

شده بوسیله جریانات جنوبی دامنه‌ی شرقی زبانه کم فشار سودانی، میدانی از رطوبت را با مقادیر ۱۶ تا ۱۸ گرم بر کیلوگرم در تراز ۱۰۰۰ و ۱۲ تا ۱۴ گرم بر کیلوگرم در ترازهای ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال در جنوب غرب و غرب ایران ایجاد کرده است. این رطوبت قابل توجه فرارفت شده بر روی منطقه جنوب غرب ایران انرژی ترمودینامیکی قوی را برای شکل‌گیری جریانات بالا سوی قوی و ابرهای همرفتی در این منطقه فراهم نموده است. جدول شماره (۶) نمونه‌ای از بارش‌های همرفتی را در برخی از ایستگاه‌های نمونه انتخابی نشان می‌دهد.

شکل (۸D) آرایش سامانه‌ها را در تراز میانی و ردسپهر نشان می‌دهد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، سه سامانه‌ی اصلی، از سه تا چهار روز قبل از شروع فعالیت سامانه‌ی بارشی در موقعیتی بین دریای عمان تا شرق صحرای آفریقا به لحاظ گستره‌ی طول جغرافیایی و عرض‌های ۱۰ تا ۶۰ درجه‌ی شمالی، کنترل‌کننده‌ی ساختار هم‌دیدگی منطقه هستند. در این الگو، هسته‌ی چرخندی بر روی دریای مدیترانه به صورت کم‌فشار بریده تظاهر یافته است و ناوه‌ی آن پهنه‌ی شمالی آفریقا، دریای سرخ، شمال عربستان را در بر گرفته است. با جابجایی شرق سوی و اچرخند عربستان و استقرار بر روی دریای عمان، زمینه‌ی لازم برای گسترش جنوب و شرق سوی ناوه فراهم شده است. و اچرخند عربستان با گردش و اچرخندی رطوبت این دریا را بر جلوی ناوه و به تبع آن بر روی جنوب و جنوب غربی ایران فرارفت کرده است. کانال رطوبتی ایجاد شده در جلوی ناوه، فرارفت رطوبت را از عرض‌های حاره‌ای بر روی منطقه نشان می‌دهد. همچنین همچنین در این تراز هسته‌ی و اچرخندی بر روی کشورهای لیبی و الجزایر استقرار یافته است. گسترش ناوه حاصل از کم‌فشار بریده در شرق مدیترانه بر روی دریای سرخ و شمال آفریقا سبب تشدید شیو دمایی بین و اچرخند شمال آفریقا و چرخند مستقر بر روی شرق مدیترانه شده است. به طوری که ناوه تقویت شده و سبب گسترش جریانات شمالی و فرارفت سرد به عرض‌های پایین شده است. در این حالت مناطق غربی و جنوب‌غرب ایران در جلوی ناوه و در منطقه‌ی شدیدترین واگرایی جهت تقویت ناپایداری‌ها قرار گرفته است. اشکال  $E$  و  $F$ )

نموده است؛ که نشان می‌دهد بیشترین حرکات صعودی بر روی این مناطق صورت گرفته است. جریانات بالا سوی قوی به همراه رطوبت فراوان فرارفت شده، زمینه‌ی مناسبی برای شکل‌گیری ابرهای همرفتی قوی و بارش‌های رگباری شدید در این مناطق فراهم کرده است.

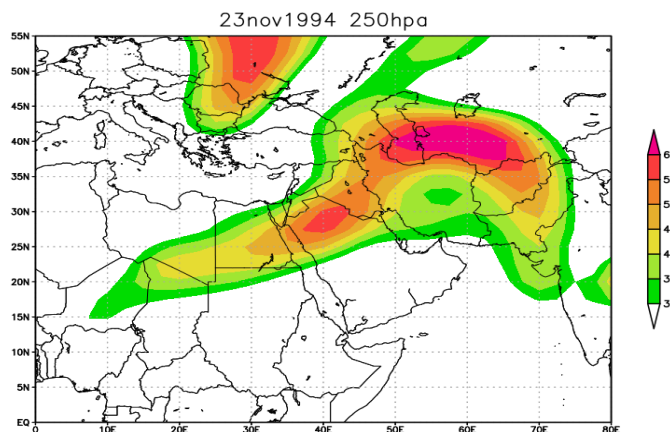
نقشه‌ی ترکیبی جریان، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا را برای ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. فرارفت تاوایی مناسب و انرژی ترمودینامیکی حاصل از فرارفت رطوبت قابل ملاحظه بر روی مناطق غربی و جنوب غرب ایران، میدانی گسترده و قوی از امگای منفی با بزرگای بیش از ۰/۴- تا ۰/۵- پاسکال بر ثانیه بر روی این مناطق ایجاد



شکل (۸) ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، و ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و امگا (سایه‌دار) در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، روز ۲۳ نوامبر ۱۹۹۴

جدول ۶- بارش ایستگاه‌های جنوب‌غرب ایران در ۲۳ نوامبر ۱۹۹۴

بارش فراگیر (mm)	ایستگاه سینوپتیک	بارش فراگیر (mm)	ایستگاه سینوپتیک
۲۳ نوامبر ۱۹۹۴		۲۳ نوامبر ۱۹۹۴	
۸۳	مسجد سلیمان	۲۴	آبادان
۹/۲	شهرکرد	۱۶/۳	اهواز
۸	دوگنبدان	۲۹/۵	امیدیه



شکل (۹) نقشه جت، تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال، روز ۲۳ نوامبر ۱۹۹۴

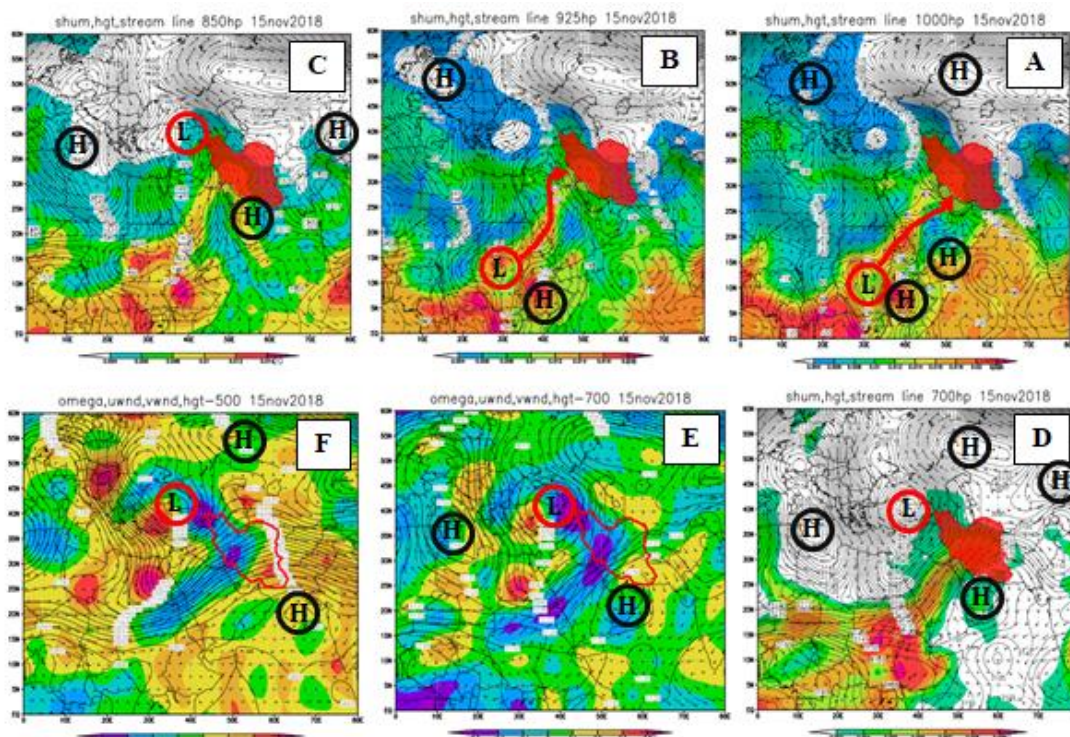
شرقی در امتداد زبانه کم فشار فرارفت رطوبت از دریاهای گرم جنوبی را بر روی جنوب غرب ایران نشان می‌دهد. همان‌طور که نقشه‌های ترکیبی ترازهای زیرین نشان می‌دهد، سلول واپرخندی بر روی دریای مدیترانه استقرار دارد که با گسترش جنوب‌سو تمام پهنه صحرای آفریقا را دربرگرفته است. جریانات شمالی در ضلع شرقی این واپرخند هوای سرد عرض‌های بالا را به دامنه غربی کم فشار سودانی فرارفت نموده است. با این شرایط، شیو دمایی و به تبع شیو فشاری در غرب آسیا تشدید یافته است. تندبادهای حاکم در ترازهای زیرین و ردسپهرگوی این شیو فشاری می‌باشد. این در حالی است که هسته واپرخندی عربستان با گسترش جنوب‌غرب سو بر روی دریای عرب و خلیج عدن مستقر شده است و ضمن حرکت واپرخندی، رطوبت را به ضلع شرقی کم‌فشار سودان فرارفت کرده است. رطوبت فرارفت شده بوسیله جریانات جنوبی دامنه شرقی زبانه کم فشار سودانی، میدانی از رطوبت را با مقادیر ۱۴ تا ۱۶ گرم بر کیلوگرم در ترازهای زیرین و ردسپهر در جنوب غرب و غرب ایران ایجاد کرده است. این جریانات همرفتی با تأمین رطوبت مناسب از دریاهای گرم مستعد شکل‌گیری ابرهای همرفتی و بارش‌های همرفتی شدید این رطوبت قابل توجه فرارفت شده بر روی منطقه جنوب غرب ایران سبب شکل‌گیری شکل‌گیری ابرهای همرفتی و بارش‌های همرفتی شدید در این منطقه شده است. جدول (۷) نمونه‌ای از بارش‌های همرفتی را در ایستگاه‌های نمونه انتخابی نشان می‌دهد.

شکل (۹) شرایط جت را در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال، برای روز ۲۳ نوامبر ۱۹۹۴ نشان می‌دهد. در این روز، جت جنوب حاره با عبور از شمال شرق آفریقا و شمال عربستان، سراسر ایران را در بر گرفته است. محور جت در راستای جنوب غربی-شمال شرقی و از  $10^{\circ}$  تا  $45^{\circ}$  طول شرقی امتداد یافته است. هسته جت با سرعتی معادل ۵۵ متر بر ثانیه بر روی شمال عربستان شکل گرفته است. در این شرایط جت سبب تقویت سیستم سودانی شده است؛ به طوری که جنوب غرب ایران کاملاً در نیمه چپ خروجی هسته جت یا شدیدترین واگرایی قرار گرفته است که هوای گرم و مرطوب را از منابع جنوبی دریافت کرده و بر منطقه مورد مطالعه تخلیه می‌کند. مجموع بارش این سیستم در ایستگاه‌های مورد مطالعه،  $428/09$  میلی‌متر بوده است که از این مقدار،  $198/34$  میلی‌متر در روز نمونه بوده است.

### تحلیل همدیدی الگوی کم فشار سودان

سامانه ۱۵ نوامبر ۲۰۱۸ به عنوان نماینده این الگوی انتخاب گردیده است که حدود ۴۹ درصد از سامانه‌های بارشی در ترسالی‌ها از این الگو تبعیت کرده‌اند. شکل (۱۰) آرایش سامانه‌ها را در ترازهای (۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) و ردسپهر نشان می‌دهد.

در ترازهای زیرین و ردسپهر (اشکال A و B) از دو تا سه روز قبل از شروع بارش زبانه‌ی شمالی کم‌فشار سودان پس از عبور از دریای سرخ و عربستان در امتداد جنوب غربی-شمال شرقی جنوب‌غرب ایران را تحت تأثیر قرار داده است. کانال رطوبتی با راستای جنوب‌غربی-شمال



شکل (۱۰) ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، و ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و امگا (سایه‌دار) در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، روز ۱۵ نوامبر ۲۰۱۸

جدول (۷) بارش ایستگاه‌های جنوب‌غرب ایران در ۱۵ نوامبر ۲۰۱۸

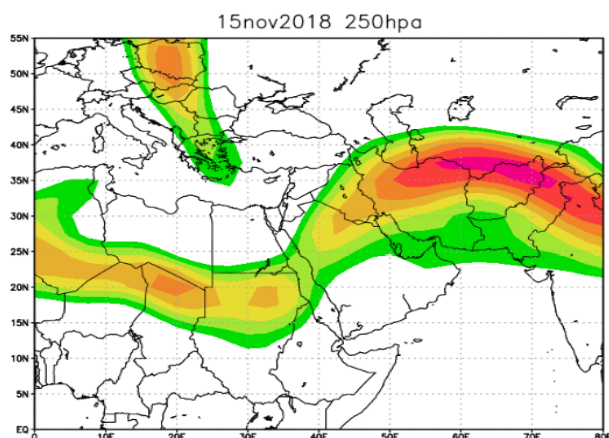
بارش فراگیر (mm)	ایستگاه سینوپتیک	بارش فراگیر (mm)		بارش فراگیر (mm)	ایستگاه سینوپتیک
		۲۰۱۸ نوامبر ۱۵	۲۰۱۸ نوامبر ۱۵		
۳۰	بهبهان	۱/۶	بروجن	۶/۶	آبادان
۸۶	حسینیه	۱۴	ایذه	۱۲/۲	امیدیه
۲۶	لالی	۴۱	کوهرنگ	۰/۹۱	اهواز
۱۷	شوشتر	۶	بندر ماهشهر	۴۲/۲	دوگنبدان
۶۴	سی سخت	۷	رامهرمز	۴/۱	شهرکرد
۱۵	بستان	۸۴	یاسوج	۹/۱	مسجدسلیمان

روی منطقه و شکل‌گیری ابرهای همرفتی فراهم نموده است. در تراز میانی و ردسپهر سامانه‌های اصلی از چند روز قبل از شروع فعالیت سامانه بارشی در ۱۰ تا ۵۰ درجه عرض شمالی و از صفر تا ۷۰ درجه طول جغرافیایی استقرار داشته‌اند که کنترل کننده ساختار همدیدی منطقه هستند. در این الگو هسته‌ی واچرخندی در جنوب ایتالیا در دریای مدیترانه دریای مدیترانه استقرار دارد که در ضمن حرکت واچرخندی، هوای سرد را به شمال آفریقا و در دامنه غربی کم‌فشار سودان فرارفت می‌کند. از طرفی سلول کم ارتفاعی بر روی دریای سیاه استقرار دارد که با گسترش

شکل (۱۰C و ۱۰D) آرایش سامانه‌ها را در ترازهای مرزی و میانی و ردسپهر نشان می‌دهد. همان‌طور که نقشه‌های همدیدی تراز مرزی نشان می‌دهد، از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با استقرار یک سلول پراارتفاع بر روی دریای سیاه و پراارتفاعی بر روی جنوب اروپا بر روی مدیترانه، و نفوذ یک ناوه گسترده و عمیق از عرض‌های شمالی بر روی غرب آسیا و شمال آفریقا و فرارفت سرد حاصل از آن و تزریق تاوایی مناسب و استقرار این ناوه بر روی زبانه کم فشار سودانی که حاوی رطوبت مناسب در لایه زیرین و ردسپهر می‌باشد، زمینه مناسب را برای تشدید جریانات همرفتی بر

منطقه است. بالاترین مقدار بارش در این روز، از ایستگاه حسینیه با مقدار ۸۶ میلی‌متر به ثبت رسیده است. همچنین در ۵ ایستگاه بارش بیش از ۴۰ میلی‌متر گزارش شده است. شکل (۱۱) نقشه جت جنب حاره را برای تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال در روز ۱۵ نوامبر ۲۰۱۸ نشان می‌دهد. براساس شکل فوق، هسته‌ای از جت جنب‌حاره با عبور از دریای سرخ و عربستان وارد کشور شده و سراسر ایران را در بر گرفته است. هسته‌ای از جت جنب‌حاره با عبور از دریای سرخ و عربستان وارد کشور شده و سراسر ایران را در بر گرفته است. هسته مرکزی جت با سرعتی برابر با ۶۰ متر بر ثانیه، در شمال‌شرقی ایران، تمام پهنه ایران را پوشش داده است. این در حالی است که از ۲۴ ساعت قبل هسته مرکزی کاملاً بر روی مرکز ایران قرار گرفته بود. قرارگیری هسته اصلی جت بر روی کشور سبب فعالیت و تقویت سامانه سودانی شده است؛ به طوری‌که این سامانه در سه روز فعالیت بیش از ۱۰۲۰ میلی‌متر بارندگی برای جنوب غرب ایران به همراه داشته است. محور جت با عبور از دریای سرخ جهت نصف‌النهاری پیدا کرده است.

جنوب‌سو، جریانات شمالی ضمن فرارفت سرد عرض‌های بالا، تمام پهنه‌ی شرق اروپا و خاورمیانه را فرا گرفته است. جابجایی شرق سوی واچرخند عربستان و استقرار بر روی دریاهای عمان و عرب، زمینه‌ی لازم برای گسترش جنوب سوی ناوه فراهم شده است. پرفشار عربستان، ضمن گردش واچرخندی، رطوبت این دریاها را به جلوی ناوه و بر روی جنوب غرب ایران فرارفت کرده است و کانال رطوبتی ایجاد شده در جلوی ناوه، فرارفت رطوبت را از عرض‌های حاره‌ای بر روی منطقه نشان می‌دهد. شکل‌های (E) و (F) نقشه‌ی ترکیبی جریان، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا را برای ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. با جابجایی شرق سوی هسته مرکزی واچرخند عربستان و استقرار بر روی دریای عمان و یکنواخت شدن محور قائم آن ناوه در موقعیتی مناسب بر روی جنوب غرب ایران قرار دارد. میدانی از امگای منفی قوی که بیانگر استقرار اوج جریانات بالاسوی جلو ناوه می‌باشد درست بر روی جنوب‌غرب ایران استقرار دارد. بالاترین مقدار امگای منفی به بزرگای ۰/۳- پاسکال بر ثانیه کاملاً بر روی منطقه قرار دارد که بیانگر اوج جریانات بالاسو و همرفتی بر روی



شکل (۱۱) نقشه جت، تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال، روز ۱۵ نوامبر ۲۰۱۸

نقشه‌های تراز زیرین و رددسپهر در همه‌ی روزهای بارشی در ترسالی‌های شدید جنوب‌غرب ایران استفاده شد. نتایج نشان داد که محور جت‌ها در هر سه سیکل در راستای جنوب غربی-شمال‌شرقی و از طول شرقی ۰° تا ۸۰° امتداد داشته است و در محدوده دریای سرخ تا خلیج فارس حالت

## بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، برای تعیین بهترین موقعیت استقرار و الگوی کشیدگی جت جنب حاره‌ای برای ایجاد ترسالی در جنوب غرب ایران و همچنین انتخاب پرتکرارترین الگوی همدیدی، علاوه بر تحلیل عاملی از بررسی‌های چشمی

۱۴ تا ۱۶ گرم بر کیلوگرم در تراز ۱۰۰۰ و ۹۲۵ و ۸ تا ۱۰ گرم بر کیلوگرم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در جنوب غرب و غرب ایران ایجاد کرده است. در الگوی ادغامی، مناسب ترین چینش و آرایش سامانه‌ها برای تشدید ناپایداری‌های جوی در جنوب غرب ایران مشخص شد بدین صورت که، سیستم‌های کم‌فشار سودان، چرخند مدیترانه، و اچرخند عربستان، و اچرخند اروپا و اچرخند شمال افریقا، نقش مؤثری در تشدید این ناپایداری‌ها در منطقه ایفا کردند. زیانه کم‌فشار سودانی با گسترش شمال‌سو بر روی قبرس و یونان امتداد یافته است و با چرخند قوی که بر روی شرق مدیترانه استقرار دارد، ادغام شده است. با ادغام این دو سامانه، در حرکتی شرق‌سو با عبور از روی عراق، از غرب و جنوب غرب وارد ایران شده است. در ترازهای زیرین، و اچرخندی بر روی اروپا استقرار داشته است که با فرارفت سرد از طریق جریانات شمالی به پشت چرخند مدیترانه، سبب تقویت این سیستم شده است. در عین حال، و اچرخند عربستان با گردش و اچرخندی، رطوبت را در تراز ۱۰۰۰ از خلیج عدن و در ترازهای ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال با حرکت شرق‌شو و استقرار بر روی دریای عمان، رطوبت را از این دریا به جلوی کم‌فشار سودانی فرارفت کرده است. چنانچه در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال این فرارفت رطوبت از دریای عمان از طریق و اچرخند عربستان ادامه داشته و به جلوی ناوهای حاصل از کم‌فشار بریده که در شرق دریای مدیترانه مستقر است، منتقل شده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، و اچرخندی بر روی شمال افریقا مستقر شده است و چرخند مدیترانه به صورت کم‌فشار بریده تظاهر یافته است که ناوه حاصل از آن بر روی دریای سرخ و شمال افریقا گسترش یافته است که سبب تشدید شیو دمایی بین و اچرخند شمال افریقا و چرخند مستقر بر روی شرق مدیترانه شده است. به طوری که ناوه، تقویت شده و سبب گسترش جریانات شمالی و فرارفت سرد به عرض‌های پایین شده است. در این حالت مناطق غرب و جنوب غرب ایران کاملاً در شدیدترین واگرایی جهت تقویت ناپایداری‌ها قرار گرفته‌اند. مقادیر امگا در هسته میدانی امگایی در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال با بیش از ۰/۴- تا ۰/۵- پاسکال بر ثانیه بر روی غرب و جنوب

نصف‌النهاری پیدا کرده‌اند، که این حالت نشانگر تاوایی شدید حاکم بر جت لایه میانی و بالایی وردسپهر بوده است که در نتیجه با نزدیکی جت به جنوب غرب ایران، شیو فشاری قوی ایجاد شده است. در این حالت، جت به صورت یک سامانه مؤثر در تقویت سامانه‌های چرخندی، به ویژه کم‌فشار حرارتی سودانی نقش مؤثری داشته است. موقعیت هسته سرعت جت در هر سه سیکل خورشیدی، در طول شرقی  $45^{\circ}$  تا  $50^{\circ}$  و عرض شمالی  $28^{\circ}$  تا  $34^{\circ}$  و بر روی جنوب غرب ایران، خلیج فارس و کشور کویت است که مناسب‌ترین حالت برای تشدید ناپایداری‌ها در جنوب غرب ایران بوده است. در صورتی که هسته جت در شمال شرق عربستان و بر روی خلیج فارس قرار گیرد، به دلیل شیو دمایی و به تبع آن کژفشاری شدید در بخش شمال شرقی جت، شرایط سلونوئیدالی بر روی جنوب غرب ایران ایجاد و تقویت می‌شود. در این حالت جنوب غرب ایران کاملاً در منطقه شدیدترین واگرایی قرار گرفته و هوای گرم و مرطوب را از منابع جنوبی دریافت می‌کند. همچنین الگوی کم‌فشار سودان، پرتکرارترین الگوی هم‌مدیدی در رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب ایران، می‌باشد و پس از آن الگوی ادغامی کم‌فشار سودان و چرخند مدیترانه‌ای بیشترین نقش را داشته‌اند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در الگوی هم‌مدید سودانی، ساختار و آرایش سامانه‌ها برای تشدید ناپایداری‌های جنوب غرب ایران اینگونه بوده است که، زیانه کم‌فشار سودانی در راستای جنوب غربی- شمال شرقی امتداد یافته و از روی خلیج فارس وارد جنوب و جنوب غرب ایران شده است؛ این در حالی است که پرفشار عربستان بر روی دریای عرب و عمان استقرار یافته و رطوبت این دریاها را به دامنه شرقی کم‌فشار سودان فرارفت کرده است؛ از سویی دیگر ناوهای عمیق در غرب ایران از اروپا تا جنوب سودان شکل گرفته و هوای سرد جنب قطبی را از طریق جریانات شمالی بر دامنه غربی کم‌فشار سودان فرارفت کرده است. این شرایط شیو فشاری را در غرب آسیا تشدید نموده است. تندبادهای حاکم در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال گویای این شیو فشاری می‌باشد. رطوبت فرارفت شده بوسیله جریانات جنوبی دامنه شرقی زیانه کم‌فشار سودانی، میدانی از رطوبت را با مقادیر



- Volume 3, Issue 3; Pages 37-55.  
<https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11216.1107>
8. Beyranvand, Azar, 2014, Temporal-spatial changes of the Janbahara River in Iran, master's thesis, supervisor: Hossein Asakere, Department of Geography, Faculty of Humanities, and Zanjan University.
  9. Christenson. C, Jonathan E. Martin, and Zachary J. Handlos (2017). A Synoptic Climatology of Northern Hemisphere, Cold Season Polar and Subtropical Jet Superposition Events, *Journal of Climate*, Volume 30, Issue 18, pp 7231-7246.
  10. Dayan. U; Abramski. R. (1983), Heavy rain in the Middle East related to unusual jet stream properties, *Bulletin American Meteorological Society*, Vol. 64, No. 10, October 1983, pp. 1138-1140.
  11. Ebrahimi Nik, MaryamSadat. 2012, the role of subtropical and polar river location on droughts and droughts in southwestern Iran, Master's thesis, supervisor: Dr. Hassan Lashkari, Department of Natural Geography, Faculty of Earth Sciences, and Shahid Beheshti University.
  12. Eltantawy. A.I (1960). Jet stream clouds in the Middle East, *Geofisica pura applicata* volume 46, and pages 352-359.
  13. Fu, Q., Johanson, C. M., Wallace, J. M. and Reichler, T., 2006, Enhanced Mid-Latitude Tropospheric Warming in Satellite Measurements, *Science*, 312, 1180, doi 10.1126/science.1125566.
  14. Ghanghormeh, Abdolazim, Roshan, Gholamreza, 2015, Evaluation of the role of subtropical river in the control of rainfall in Iran, *Geography and Environmental Planning*, 59(26), pp 149-170.
  15. Gholipur, Jamileh, 2015, the study of the behavior of the subtropical jet over the Middle East, to determine the beginning of the summer season in Iran, master's thesis, supervisor: Dr. Seyed Hossein Sanajnejad, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
  16. Handlos.Z.J and Martin. J. E (2016). Composite Analysis of Large-Scale Environment s Conducive to Western Pacific Polar/Subtropical Jet Superposition, *Journal of Climate*, Volume 29, Issue 19, pp 7145-7165.
  17. Herron. T. J. and Tolstoy. I. (1968), Tracking Jet Stream Winds from ground level Pressure Signals, *Journal of the atmospheric Sciences*. Vol 26, pp. 266- 269.
  18. Horinouchi.T, Matsumura.s, Takayabu.Y, Ose.T (2019). Jet-Precipitation Relation and Future Change of the Mei-Yu-Bai u غرب ایران، بیانگر تقویت حرکات صعودی در این مناطق است که زمینه مناسبی را برای شکل‌گیری ابرهای همرفتی قوی و بارش‌های رگباری شدید فراهم نموده است. منبع اصلی رطوبت سامانه‌ها در تمام نمونه‌های بارشی دریا‌های عرب، عمان و مدیترانه است. این فرارفت رطوبتی در تمام ترازهای زیرین و میانی ورسپهر به چشم می‌خورد. یافته‌های این پژوهش در راستای نتایج پژوهش‌های پیشین که توسط بنی نعیمه و همکاران (۱۴۰۲)، کیخسروی و همکاران (۱۴۰۱)، سینایی و همکاران (۱۴۰۱)، خزایی و نیک فال (۱۳۹۹)، پژوه (۱۳۹۹)، جلیلیان (۱۳۹۸) و محمدی و لشکری (۱۳۹۷) انجام شده است، می‌باشد و نتایج آنان را تأیید می‌کند.
- ### منابع
1. Abbasali, Arvin, Sajadian, S.Mohamad, Ghanghormeh, Abdolazim, Haidari, Jalal, 2015, The influence of the tropical monsoon on the daily rainfall of more than 10 mm in the Zayandeh Rood basin, *Natural Geography Research*, 47(1), pp 125-142.
  2. Alijani, Bohlool, 2013, *Climate of Iran*, Payam Noor University Press, Tehran, pp 221.
  3. Archer, C. L. and Caldeira, K., 2008, Historical trends in the jet Streams, *Geophys. Res. Lett...* 35.
  4. Asakareh, Hosein, Beyranvand, Azar, Fatahiyan, Mokhtar, Shadman, Hasan, 2018, Analyzing the movement of wind and high pressure over the Middle East and its relationship with the climate of Iran, a scientific-research quarterly of geographical space, 17( 58), pp 315-303.
  5. Asakareh, Hosein, Ghaemi, Hooshang, Beyranvand, Azar, 2013, Spatial analysis of the Jumbareh river in the desert areas of the Middle East and North Africa with emphasis on Iran, *Geographical explorations of desert areas*, first year, number 2, pages 103-121.
  6. Asiri. A. Mana, Almazroui .Mansour, Awad Adel M. (2020). Synoptic features associated with the winter variability of the subtropical jet stream over Africa and the Middle East, *Meteorology and Atmospheric Physics*, <https://doi.org/10.1007/s00703-019-00722-4>.
  7. Bani Naeimeh, Sara; Lashkari, Hassan; Ghorbanian, Jibril; Jafar Morshedi (2023). Synoptic analysis of extremely heavy rains and its effect on the peak discharge of Dez river floods (floods of 1993 and 2005),

- season in the southern half of Iran, *Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 7(1), pp. 177-196.
30. Shamsipoor, Aliakbar, Kaki, Seyfolah, Jafari, Ayob, & Jasemi, Seyd Maysam. (2018). Synoptic and Thermodynamic Analysis of Heavy rainfall in the west and southwest of Iran. (Case Study: 12-15 April 2016). *JOURNAL OF GEOGRAPHY AND PLANNING*, 22(64), 149-167.
  31. Sinaei, Hassan, SALIQEH, MOHAMMAD, & AKBARI, MEHRI. (2022). Extreme precipitation and the role of jet streams, Case study: Southwestern Iran. *GEOGRAPHICAL DATA*, 31(121), 177-189. SID. <https://sid.ir/paper/1051126/en>
  32. Sinclair. M. R. and M. J. Revell. 2000. Classification and Composite Diagnosis of Extratropical Cyclogenesis Events in the Southwest Pacific. *Mon Wea. Rev.*128. pp 1089-1105.
  33. Strong.D and Davis. R. E (2007). Winter jet stream trends over the Northern Hemisphere, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Volume133, Issue629, Pages 2109-2115.
  34. Weinert, R.A. (1968). Statistics of the subtropical Jet Stream over the Australian, Central Office, Bureau of Meteorology, Melbourne, and Manuscript received November 1998.
  35. Yokoyama.C, Takayabu.Y.N, Horinouchi.T (2017). Precipitation Characteristics over East Asia in Early Summer: Effects of the Subtropical Jet and Lower-Tropospheric Convective Instability, *Journal of Climate*, Volume 30, Issue 20, 8127-8147.
  36. Zolotov. S Yu, I I Ippolitov, and S V Loginov (2018). Characteristics of the subtropical jet stream over the North Atlantic from reanalysis data, *Earth and Environmental Science* 211 (2018) 012005.
  19. Horinouchi.T, Hayashi. A (2017). Meandering Subtropical Jet and Precipitation over Summertime East Asia and the Northwestern Pacific, *Journal of Atmospheric Science*, (74), Issue 4, pp 1233-1247.
  20. Hudson. R. D (2012). Measurements of the movement of the jet streams at mid-latitudes, in the Northern and Southern Hemispheres, 1979 to 2010, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 7797-7808.
  21. Jalilian, Azar, 2020, the interaction of subtropical and polar frontal winds in Iran's spring and autumn heavy rains, PhD thesis, supervisor: Dr. Hassan Zulfaqari, Faculty of Literature and Human Sciences, Razi University.
  22. Keikhosravi, Ghasem. Shakiba, Alireza. & Hamidpour, Pegah. (2022). Analysis of Synoptic and Thermodynamic Patterns Leading to extremely Heavy Rainfall and Estimation of Water Area Resulting from Precipitation in Karkheh Basin. *Geographical studies of coastal areas journal*, 3(1(8)), 83-100. SID. <https://sid.ir/paper/964797/en>
  23. Khazaei, Mahdi; nikfal, Amir Hossain (2021). Investigation of Synoptic Conditions coincided with the Occurrence of West and Southwest Floods on March 31 and April 1, 2019, Volume 22, Issue 12 - Serial Number 103, Pages 65-77.
  24. Khosravi, Mahmood, Ghayour, Hasanali, The effect of Anso phenomenon on summer and autumn precipitation anomalies in the southeast region of Iran, *Geographical Research* 62, 141-174.
  25. Krishnamurti T (1961) the subtropical jet stream of winter. *J Meteorol* 18(5):657-670.
  26. Mofidi, Abbas, Zarrin, Azar, 2006, A synoptic survey of the impact of Sudanese low pressure systems, *Geographical Research*, Volume 20, Number 2(77), pp. 113-136.
  27. Mohamadi, Bakhtiyar, Alijani, Bohlool, OmarSaleh, Aram, 2020, Climatology of rivers in the Middle East, *Natural Geography Research*, Volume 51, Number 2, pp. 221-201.
  28. Mohamadi, Zainab, Lashkari, Hasan, 2019, The role of high-pressure spatial displacement of Arabia and the subtropical current in synoptic and thermodynamic patterns of extreme droughts in the south and southwest of Iran, *Natural Geography Research*, 50(3) pp 491-509.
  29. Pazhoh, Farshad, 2021, identifying effective river patterns in the rains of the cold rainy