

## بررسی و تحلیل هم‌دید دینامیکی سازوکارهای بارش فراگیر زمستانه ایران

دریافت مقاله: ۹۶/۴/۸ پذیرش نهایی: ۹۷/۳/۱

صفحات: ۳۷-۵۵

مسعود جلالی: استادیار گروه اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

**Email:** o.jalali22@yahoo.com

مهدی دوستکامیان: دانشجوی دکتری تغییر اقلیم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

**Email:** s.mehdi@znu.ac.ir

امین شیری کریم وندی: کارشناس ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

**Email:** aminshiri85@yahoo.com

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل سازوکار بارش‌های فراگیر زمستانه ایران می‌باشد. برای این منظور داده‌های بارش روزانه ۴۸۳ ایستگاه سینوپتیک و کلیما‌تولوژی مرتب شده و سپس بارش‌های فراگیر استخراج و مورد تحلیل قرار گرفته است. به منظور بررسی و واکاوی سازوکار بارش‌های فراگیر زمستانه پارامترهای دینامیکی و هم‌دید نظیر شار رطوبت، تاوایی، فشار سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل و مؤلفه نصف‌النهاری و مداری باد برای ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان داد که سازوکار دینامیکی و هم‌دید بارش‌های فراگیر زمستانه ایران تحت تأثیر الگوی ترکیبی جو نظیر کم‌فشار مدیترانه - کم‌فشار دو هسته‌ای خلیج فارس، کم‌فشار بسته ایران مرکزی - پرفشار شرق اروپا، کم‌فشار اورال - پرفشار خاورمیانه، کم‌فشار عربستان - پرفشار اروپا و کمربند پرفشار سیبری - کم‌فشار ایران مرکزی قرار دارند. بیشترین منبع تغذیه شار رطوبتی بارش‌های زمستانه حاصل اندرکنش ترازهای میانی جو به‌ویژه ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال بوده است. در حالی که وردش‌های جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نقش به‌سزایی در سازوکار دینامیکی بارش‌های فراگیر زمستانه ایران داشته است.

کلیدواژه‌گان: شار رطوبت، تاوایی، کم‌فشار مدیترانه، بارش زمستانه، ایران

## مقدمه

بارش یک عنصر بسیار مهم و تأثیرگذار بر جوامع انسانی می‌باشد، بطوریکه امروزه رکن اصلی مطالعات در کلیه برنامه‌ریزی‌های محیطی و اقتصادی به شمار می‌آید. در هر مکانی بارش زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود فراهم شود. هردوی این شرایط به‌وسیله الگوهای گردش اتمسفر فراهم می‌شوند (علیجانی، ۱۳۸۱: ۲۰۲-۲۰۳). بارش و فرآیندهای ناشی از آن به‌عنوان عاملی مخاطره‌انگیز در بروز حوادث طبیعی مثل سیل مطرح می‌باشند (ماریناکی<sup>۱</sup> و همکاران ۲۰۰۶: ۱۳۱-۱۳۵، عزیزی ۱۳۸۸: ۱-۱۸). سرزمین ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های خاص آب و هوایی، از سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. یکی از موانع عمده توسعه و پیشرفت کشور نیز از گذشته محدودیت‌های کمی و کیفی منابع آب بوده است. تغییرات شدید آب و هوایی در قالب گرمایش جهانی، منجر به تغییر الگوهای دما و بارش و پدید آمدن ناهنجاری‌های اقلیمی در اغلب نقاط جهان شده است. با توجه به موقعیت جغرافیایی، میانگین بارش ایران بسیار کمتر از میانگین جهانی بارش هست. نکته‌ی قابل توجه در ارتباط با بارش ایران علاوه بر مقدار کم بارش، تغییرپذیری آن می‌باشد (عزیزی و یاراحمدی، ۱۳۸۶: ۱۶۱-۱۷۴). با توجه به اینکه بارش جایگاه مهمی در انرژی و چرخه آب جهانی دارد. آگاهی درست از مقادیر بارش رسیده به سطح زمین، به‌ویژه برای ارزیابی آب شرب و مدیریت کاربری زمین، کشاورزی و هیدرولوژی و مواردی مانند کاهش خطر سیلاب و خشکسالی اهمیت دارد (نظری پور و صداقت، ۱۳۹۴: ۴۲۱). عوامل کنترل‌کننده آب‌وهوای ایران به دو دسته درونی و بیرونی تقسیم می‌شوند، عوامل درونی به عواملی مانند موقعیت جغرافیایی، وضعیت ناهمواری‌ها و پوشش زمین گفته می‌شود که در محل موردنظر وجود دارند و تغییر نمی‌کنند. عوامل بیرونی آن‌هایی هستند که در داخل ایران مستقر نیستند و از بیرون وارد کشور شده و اقلیم آن را کنترل می‌کنند. ورود این سامانه‌ها تابع سیستم‌های آورنده آن‌هاست، مثلاً یک سال ممکن است بر اثر ورود زیاد چرخندهای مدیترانه‌ای، بارش زیاد و سال دیگر به دلیل نیامدن آن‌ها هیچ بارانی رخ ندهد. این عوامل در قالب سامانه‌های گردش عمومی هوا، آب‌وهوای ایران را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (علیجانی، ۱۳۸۵: ۲۷). الگوهای گردش جوی نقش اصلی را در رخداد پدیده‌های محیطی به‌ویژه در مناطق معتدله دارند. برخی از الگوهای گردش جوی، سبب ایجاد دوره‌های مرطوب و برخی دیگر موجب ایجاد دوره‌های خشک و کم‌آبی می‌شوند؛ بنابراین از آنجایی که وقوع رخدادهای خشکسالی و ترسالی ریشه در گردش عمومی جو دارد با شناخت الگوهای گردش جوی، امکان بررسی این پدیده‌ها قبل از وقوع و نیز، ارزیابی آثار آن‌ها تا حدودی فراهم می‌شود (فتاحی و رحیم زاده، ۱۳۸۸: ۳۸). پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که پدیده‌های سیل و خشکسالی، متأثر از تغییرات ناگهانی الگوهای گردش جوی است (رسولی، باباییان، قائمی و زوار رضا، ۱۳۹۱، خوش‌اخلاق، نبوی و عباسی، ۱۳۹۱، حلبیان، پورجزی و صابری، ۱۳۹۱، باقری، ۱۳۹۲).

طبقه‌بندی الگوهای گردش جوی روزانه، از گذشته مورد توجه اقلیم‌شناسان بوده است. بررسی متغیرهای اقلیم‌شناسی، مانند بارش و دما در یک مکان و زمان معین، نشان می‌دهد که این متغیرها به‌شدت تحت تأثیر الگوهای گردش جوی هستند. از این‌رو متغیرهای هواشناسی، مانند بارش و دما و پدیده‌های وابسته به آن‌ها

1. Marinaki

مانند سیل، خشکسالی، یخبندان‌ها و ... به انواع ویژه‌ای از الگوهای گردش جوی مربوط می‌شوند (هوث<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶: ۸۹۵). درباره مهم‌ترین توده‌های هوا و الگوهای جوی مؤثر بر بارش در نقاط مختلف دنیا مطالعات فراوانی انجام شده است. در تحقیقی روی بارش‌های مدیترانه، رومرو<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۹۸: ۷۶۵-۷۸۵) الگوهای جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را در ارتباط با بارش‌های مدیترانه خوشه‌بندی کرده و این الگوها را مهم‌ترین عامل ریزش بارش‌های مدیترانه دانسته‌اند. در تحقیقی دیگر ماهراس<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۴: ۱۶۹۵-۱۷۱۲) الگوهای گردش تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یونان را بررسی کرده و شش الگوی واچرخندی، هشت الگوی چرخندی، دو نوع مختلط چرخند و واچرخندی و چهار الگوی ویژه آب و هوایی را شناسایی کرده‌اند. همچنین سارونی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۹: ۱۰۱۴-۱۰۲۵)، ارتباط بین رژیم‌های بارشی در فلسطین اشغالی و موقعیت و شدت فروبراهای قبرس را بررسی کردند. مطالعه آن‌ها نشان داد که بارش فصلی و روزانه وابستگی بالایی به عمق چرخندها در توزیع فضایی بارش تولیدشده بر روی افسطین اشغالی داشته‌است. چرخندهای قرارگرفته بر روی شرق قبرس اساساً برای بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه بسیار ثمربخش بوده است. آن‌هایی که در غرب و شمال فلسطین اشغالی قرارگرفته‌اند برای شمال این کشور سودمند بوده‌اند. حساسیت بالای بارش در مکان چرخندهای سطحی، نقش مهم انتقال رطوبت سطوح پایین‌تر در شکل‌گیری بارش را تأیید می‌نماید. در ایران نیز تحقیقات متعددی در زمینه شناسایی الگوهای بارشی مؤثر بر روی بارش‌های فراگیر ایران صورت گرفته است از جمله‌ی این تحقیقات می‌توان به تحقیق سلیقه نجار (۱۳۸۵: ۱-۱۳) با مطالعه سازوکار بارش‌های جنوب شرق ایران، سه الگوی چرخندی بادهای غربی، موج‌های کوتاه بادهای غربی با ترف عمیق‌تر و زبانه کم‌فشار مونسونی هندوستان را در به وجود آمدن این بارش‌ها مهم دانسته است. باین حال الگوهای گردش در شمال غرب ایران بیشتر تحت تأثیر سامانه پرفشار سیبری، اثرات کوهستان روی پدیده‌های جوی، سیستم‌های پرفشار اروپا و کم‌فشار مونسون می‌باشند (اشجعی باشکند، ۱۳۷۹: ۱). از طرف دیگر بارش‌های شمال کشور در نتیجه وجود پرفشار و چرخش پادساعت‌گرد وابسته به تأثیر زبانه پرفشار مستقر بر روی سواحل خزر بوده است. این نکته نشان می‌دهد که در الگوی پرفشار و ترکیبی مهم‌ترین مکانیسم بارش وجود سیکلون در منطقه است (مفیدی و زرین، ۱۳۸۶: ۱۳۱-۱۵۴). در عین حال با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط محققان خارجی و داخلی تحلیل شرایط همدیدی و دینامیکی الگوهای گردش جوی، در شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع بارش، بسیار حائز اهمیت است. این شناخت می‌تواند با رابطه بین گردش‌های جوی با محیط سطحی زمین از طریق دو رویکرد گردش به محیطی و محیطی به گردش در یک منطقه قابل بررسی باشد.

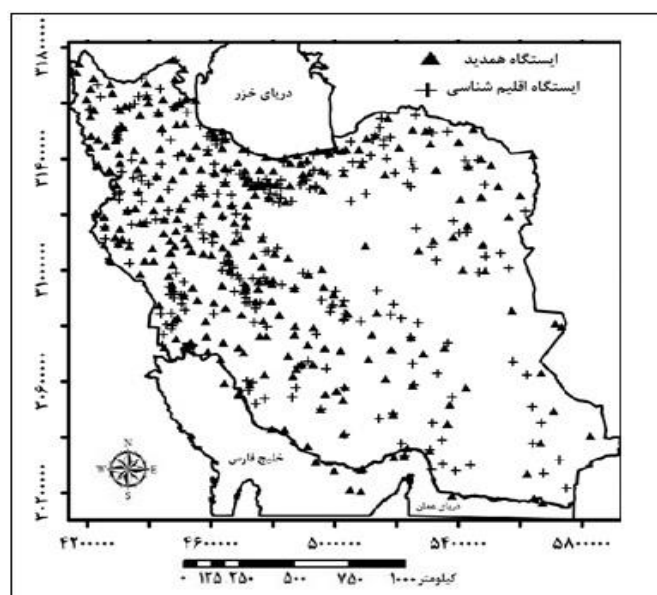
### روش تحقیق

هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل همدیدی دینامیکی سازوکارهای بارش فراگیر زمستانه ایران می‌باشد. برای این منظور از دو پایگاه داده‌ای بهره گرفته شده است:  
داده‌های محیطی: این گروه از داده‌ها از طریق میان‌یابی مقادیر ایستگاهی بارش روزانه برای دوره‌ی آماری ۱۳۴۰

2. Huth
3. Romero
4. Maheras
5. Saaroni

تا ۱۳۹۰ بدست آمده است. دوره‌ی آماری ۵۰ ساله با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۴۸۳ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی که از سازمان هواشناسی کشور دریافت شده است، مرتب و میان‌یابی شده‌اند شکل (۱). بعد از تشکیل پایگاه داده‌ای به‌منظور تعیین روز بارشی از سه شرط استفاده شده است: (۱) روزی که مقدار بارش از یک میلی‌متر بالاتر باشد. (۲) حداقل دو روز تداوم داشته باشد. (۳) حداقل ۵۰ درصد پوشش مکانی داشته باشد (با شرط پیوستگی مکانی) باشد. با تعیین این شرط‌ها فقط بارش‌های فراگیر برای هر کدام از یاخته‌های مورد بررسی، انتخاب می‌شوند و مفهوم نسبی بودن بارش فراگیر برای مناطق مختلف کشور رعایت می‌شود. شرط دوم نیز تداوم این بارش‌ها به مدت حداقل ۲ روز می‌باشد. با در نظر گرفتن این شرط بارش‌های با منشأ سامانه‌ای از بارش‌های محلی که بر اثر عوامل محیطی رخ می‌دهند تفکیک می‌شوند.

داده‌های جوی: جهت بررسی و تحلیل همدیدی دینامیکی سازوکارهای بارش فراگیر زمستانه ایران از داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، نم و یژه، دمای جو، مولفه‌های باد مداری و مولفه باد نصف‌النهاری، شار رطوبتی جو و تاوایی استفاده شده است. این متغیرها از پایگاه داده‌ای مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی تحقیقات جوی NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده دریافت شده و در ترازهای ۵۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال استفاده شده است. قدرت تفکیک مکانی این داده‌ها  $2/5 \times 2/5$  درجه‌ی قوسی می‌باشد. این داده‌ها در تارنمای [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov) قابل دست‌یابی است. با توجه به موضوع پژوهش و به‌منظور نمایش کامل سامانه‌های مؤثر در ایجاد و تداوم بارش‌های فراگیر زمستانه ایران محدوده‌ی مطالعه‌ی سامانه‌های جوی از ۱۰- درجه‌ی طول غربی تا ۱۰۰ درجه‌ی طول شرقی و ۱۰ تا ۷۰ درجه‌ی عرض شمالی تعیین شده است. دلیل این امر پوشش کامل سامانه‌های گردش جوی بزرگ‌مقیاس و نحوه‌ی حرکت این سامانه‌ها بر کشور ایران بوده است.

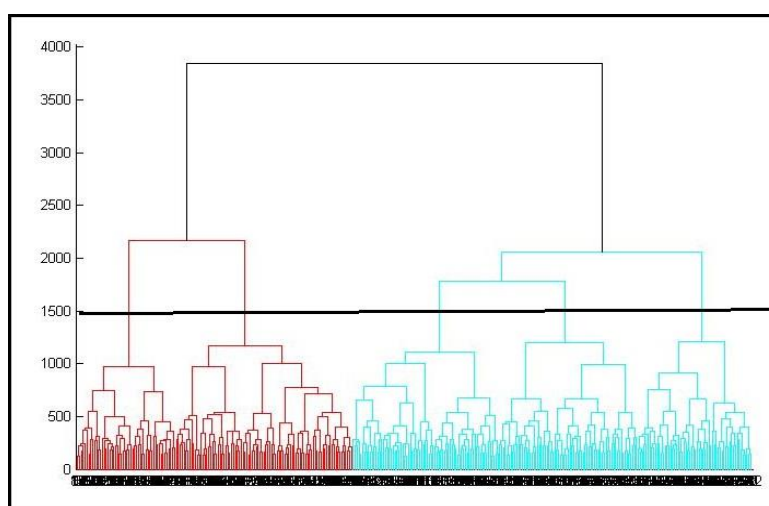


شکل (۱). پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

بعد از استخراج روزهای بارشی فراگیر، به منظور شناسایی الگوهای بارش فراگیر ایران از تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. در گام بعدی باهدف انجام طبقه‌بندی بر روی داده‌های فشار سطح دریا و شناسایی روزهای نماینده اقدام به انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی این داده‌ها شد. هدف از انجام تحلیل خوشه‌ای، پیدا کردن دسته‌های واقعی افراد و کاهش حجم داده‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر هدف، شناسایی تعداد کمتری از گروه‌هاست به طوری که داده‌هایی که دارای شباهت بیشتری با یکدیگر هستند در یک گروه قرار گیرند به صورتی که پراش درون‌گروهی کمینه و پراش بین‌گروهی بیشینه شود. در این روش گروه‌بندی داده‌ها بر اساس فاصله یا شباهت بین آن‌ها صورت می‌گیرد. برای اندازه‌گیری فاصله‌ی بین داده‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از پرکاربردترین این روش‌ها، روش فاصله‌ی اقلیدسی می‌باشد. به منظور انتخاب روزهای نماینده گروه‌های به دست آمده از طبقه‌بندی داده‌های مربوط به فشار سطح دریا از روش همبستگی لوند استفاده شده است. به این ترتیب برای انتخاب روز نماینده روزی که بیشترین شباهت را با بیشترین تعداد روزهای گروه دارد، انتخاب می‌شود. ضریب همبستگی معرف درجه همانندی الگوهای دو نقشه با همدیگر است. برای این کار باید ضریب همبستگی آستانه معینی را پذیرفت. مقدار ضریب همبستگی در این گونه موارد نوعاً بین ۰/۵ تا ۰/۷ تغییر می‌کند (یارنال، ۱۳۹۰).

### نتایج

با اجرای تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فشار همراه با بارش‌های فراگیر زمستانه ۵ الگو شناسایی شده است که نتایج آن در شکل (۲) و جدول (۱) آورده شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود بیشتر رخداد الگوهای بارشی زمستانه ایران با توجه به فراوانی ۹۳ روز، زمانی رخ خواهد داد که کمربند پرفشار سبیری - کم فشار ایران مرکزی بر ایران حاکم باشد. در حالی که بیشترین مجموع بارشی ایران در زمان حاکمیت کم فشار بسته ایران مرکزی - پرفشار شرق اروپا رخ داده است. در صورتی که در زمان حاکمیت الگوی بارشی کم فشار مدیترانه - کم فشار دو هسته‌ای خلیج فارس مجموع بارش ایران به ۳۶۰۳ میلی‌متر می‌رسد جدول (۱).



شکل (۲). دندروگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فشار سطح زمین

جدول (۱). بعضی از مشخصات الگوهای شناسایی شده بارش فراگیر زمستانه ایران

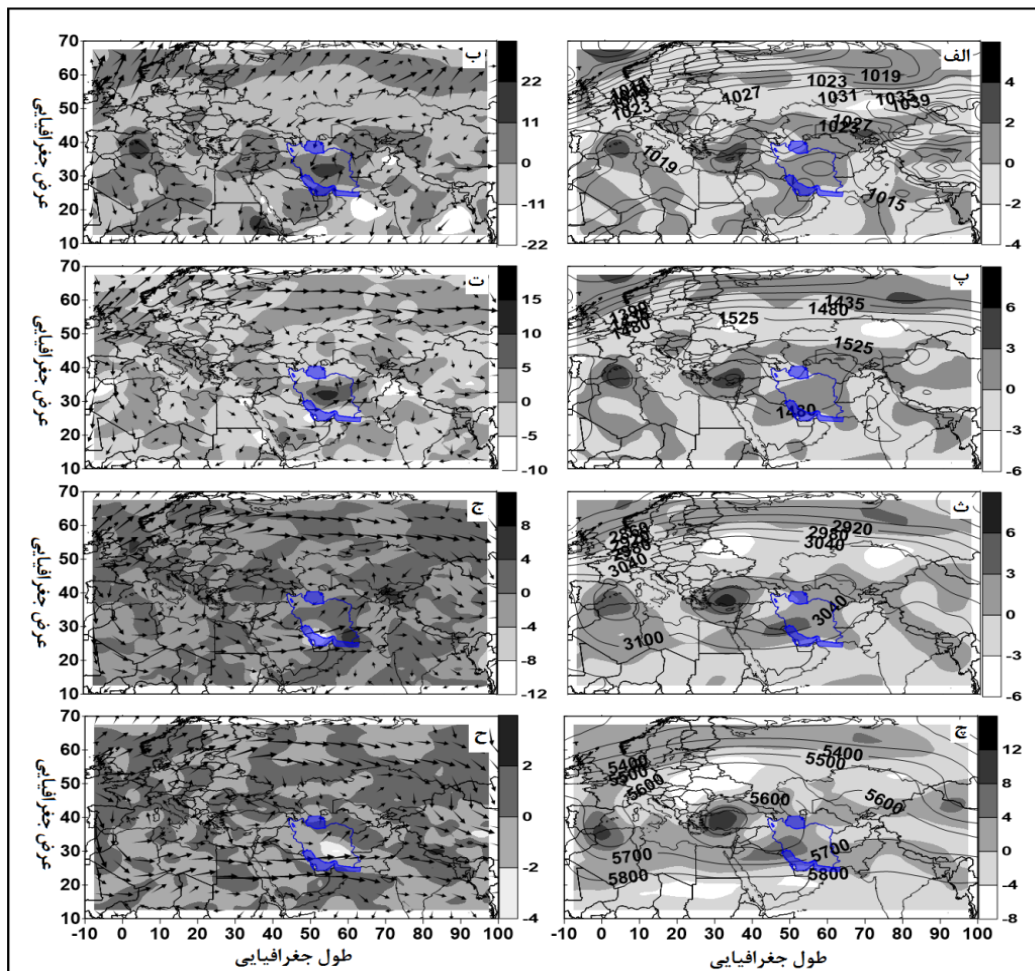
الگوها	درصد فراگیر	مجموع بارش	فراوانی
کم فشار مدیترانه - کم فشار دو هسته‌ای خلیج فارس	۵۰/۱۳۲	۳۶۰۳	۷۷
کم فشار بسته ایران مرکزی - پرفشار شرق اروپا	۸۱/۰۳۵	۵۸۲۴	۷۳
کم فشار اورال - پرفشار خاورمیانه	۵۶/۹۹۲	۴۰۹۶	۶۰
پرفشار اروپا - کم فشار عربستان	۵۸/۳۱۴	۴۱۹۱	۵۲
کمربند پرفشار سیبری - کم فشار ایران مرکزی	۵۵/۳۲۲	۳۹۷۶	۹۳

## الگوی اول) کم فشار شرق مدیترانه - کم فشار دو هسته‌ای خلیج فارس

با توجه به نقشه فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل (۳-الف) یک ناحیه پرفشار گسترده با مرکزیت ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بر روی اوکراین و دریای سیاه مستقر شده و به سمت شرق تا قزاقستان پیشروی کرده است. زبانه‌های آن از سمت شمال و شمال غرب وارد ایران شده بطوریکه فرارفت هوای سرد عرض‌های بالاتر را به همراه دارد و نزول و واگرایی هوای سرد بر روی سطح زمین را موجب می‌شود. بر روی نواحی مرکزی ایران فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال ناشی از نفوذ منطقه کم فشار خلیج فارس دیده می‌شود که با توجه به نقشه شار رطوبت در همین تراز شکل (۳-ب) همگرایی جریانات سطحی و فرارفت هوای گرم و مرطوب از سمت جنوب و جنوب غربی بر روی ایران را در پی دارد که به دنبال آن صعود قائم و همگرایی جریانات گرم و مرطوب را بر روی ایران به همراه می‌آورد. این آرایش فشاری گرادیان نسبتاً خوبی در نیمه شمالی کشور به‌ویژه نواحی شمال غربی ایجاد کرده و سبب ناپایداری شدید در محل برخورد دو توده هوا در این منطقه می‌شود.

علاوه بر آن مرکز کم فشار دیگری نیز بر روی سوریه و شرق مدیترانه به میزان ۱۰۱۴ هکتوپاسکال قرار گرفته است. در محل استقرار مرکز کم فشار فوق هسته همگرایی رطوبتی بر روی سوریه و مرکز ترکیه قرار دارد که از روی دریای مدیترانه نشأت می‌گیرد. تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۳-پ) به دلیل نزدیکی به سطح زمین تحت تأثیر ویژگی‌های سطح زمین بوده و به‌نوعی نمایشگر ویژگی‌های تعدیل شده سطح زمین می‌باشد (عزیزی، ۱۳۸۸: ۸). دو مرکز کم ارتفاع بسته‌ای به میزان ۱۴۴۰ ژئوپتانسیل متر بر روی جنوب ترکیه و شرق مدیترانه و به میزان ۱۴۶۰ ژئوپتانسیل متر کاملاً بر روی مرکز کشور واقع شده است. وجود بیشینه تاوایی مثبت بر روی این مراکز بیانگر جریانات چرخندی و حرکات قائم هوا در این تراز می‌باشد. برعکس منطقه کمینه تاوایی بر روی شمال دریای سیاه درست منطبق بر مرکز پر ارتفاع ۱۵۴۰ ژئوپتانسیل متر دیده می‌شود که جریانات نزولی را به‌صورت واچرخندی بر روی نواحی شمال غرب کشور می‌ریزد. با توجه به مقدار تاوایی بر روی نقشه تراز سطح دریا کمینه وزش تاوایی موجب ایجاد جریان همگرایی و بیشینه وزش تاوایی موجب جریان واگرایی در سطوح فوقانی جو می‌شوند (قویدل رحیمی، ۱۳۸۹: ۱۶۳). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۳-ت) هسته همگرایی نسبتاً قوی رطوبتی بر روی مرکز ایران قرار دارد که با توجه به قرارگیری مرکز کم فشار خلیج فارس بر روی ایران و شکل‌گیری صعود قائم و همگرایی جریانات رطوبتی در تراز فوق سبب شکل‌گیری هسته رطوبتی قوی بر روی ایران شده است. منبع تأمین رطوبت در این تراز خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۳-ث) مطابق با الگوی ۸۵۰ هکتوپاسکالی مرکز کم ارتفاع ۲۹۶۰ ژئوپتانسیل متر بر روی جنوب ترکیه و شرق مدیترانه قرار گرفته است. ناهه دیگری بر روی جنوب غرب کشور و خلیج فارس دیده

می‌شود. بیشینه تاوایی مثبت به مقدار  $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  و فرارفت آن بر روی ایران، افزایش همگرایی جریانات زیرین و سرعت قائم هوا را در این تراز موجب شده است. با توجه به نقشه شار رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۳-ج) هسته همگرایی نسبتاً قوی بر روی جنوب شرق ایران منطبق بر قسمت جلویی ناوه قرار دارد در حالی که بر روی جنوب ایران و روی خلیج فارس جریان واگرایی شدید رطوبتی ملاحظه می‌شود، در سایر نواحی ایران منطبق بر کم ارتفاع همگرایی، جریانات رطوبتی به سمت عرض‌های بالاتر مشاهده می‌شود. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۳-چ)، با توجه به ارتفاع بالای این تراز نسبت به سطح زمین در مسافت‌های طولانی بادهای غربی نمی‌توانند در مسیر موازی با مدارها بوزند، به طوری که مکرر از حالت مداری خارج شده و به صورت موج‌هایی ظاهر می‌شوند (ذوالفقاری، ۱۳۹۳: ۵۶). بر روی جنوب غرب کشور ناوهای با بیشینه تاوایی  $8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  متر بر ثانیه، همگرایی جریانات صعودی ترازهای پایین و واگرایی سطوح فوقانی را نشان می‌دهد. در نقشه شار رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۳-ح) هسته واگرایی شدید رطوبتی بر روی جنوب و جنوب شرق ایران دیده می‌شود ضمناً در این تراز جریانات شمال سو بر روی ایران حاکم است. به طور کلی می‌توان گفت عمده بارش‌های این روز متأثر از جریانات گرم و مرطوب جنوبی است. دریای سرخ و خلیج فارس منبع رطوبتی بارش‌ها به‌ویژه در نیمه جنوبی کشور بوده و مدیترانه تأمین‌کننده رطوبت بخشی از بارش‌های شمال غرب کشور می‌باشد.



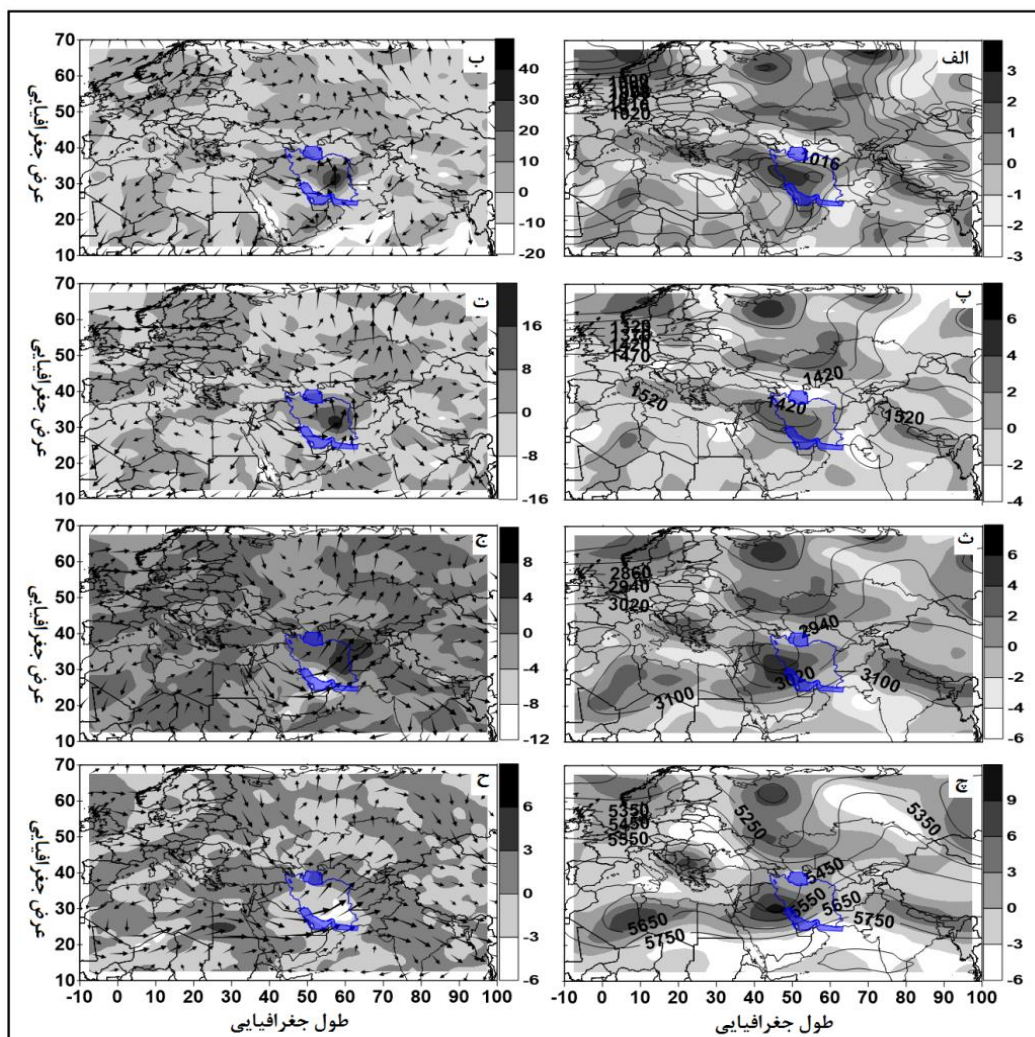
شکل (۳) نقشه (الف): فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ب): همگرایی رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (پ): ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ت): همگرایی رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (ث): ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ج): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (چ): ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ح): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه.

#### الگوی دوم) کم فشار بسته ایران مرکزی - پرفشار اروپا

بر روی نقشه تراز سطح دریا شکل (۴-الف) یک ناحیه کم فشار با مرکزیت ۱۰۱۰ هکتوپاسکال به صورت ناهه فشاری وارون کاملاً بر روی فلات مرکزی ایران قرار گرفته است که فرارفت هوای گرم و مرطوب را از سمت خلیج فارس و دریای عمان و همگرایی جریانات سطحی و صعود قائم جریانات رطوبتی بر روی کشور را نشان



می‌دهد. از سویی دیگر بر روی اروپای مرکزی زبانه پرفشار ۱۰۲۲ هکتوپاسکال با عبور از روی دریای سیاه و مدیترانه به سمت عرض‌های پایین‌تر تا نواحی مرکزی دریای سرخ کشیده شده است. این آرایش فشاری انتقال هوای سرد و مرطوب عرض‌های بالایی را به همراه دارد.



شکل (۴): نقشه (الف): فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و تاوایی متر بر ثانیه  $(5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1})$ . نقشه (ب): همگرایی رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه. نقشه (پ): ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه  $(5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1})$ . نقشه (ت): همگرایی رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه. نقشه (ث): ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه  $(5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1})$ . نقشه (ج): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه. نقشه (ح): ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه  $(5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1})$ . نقشه (خ): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه.

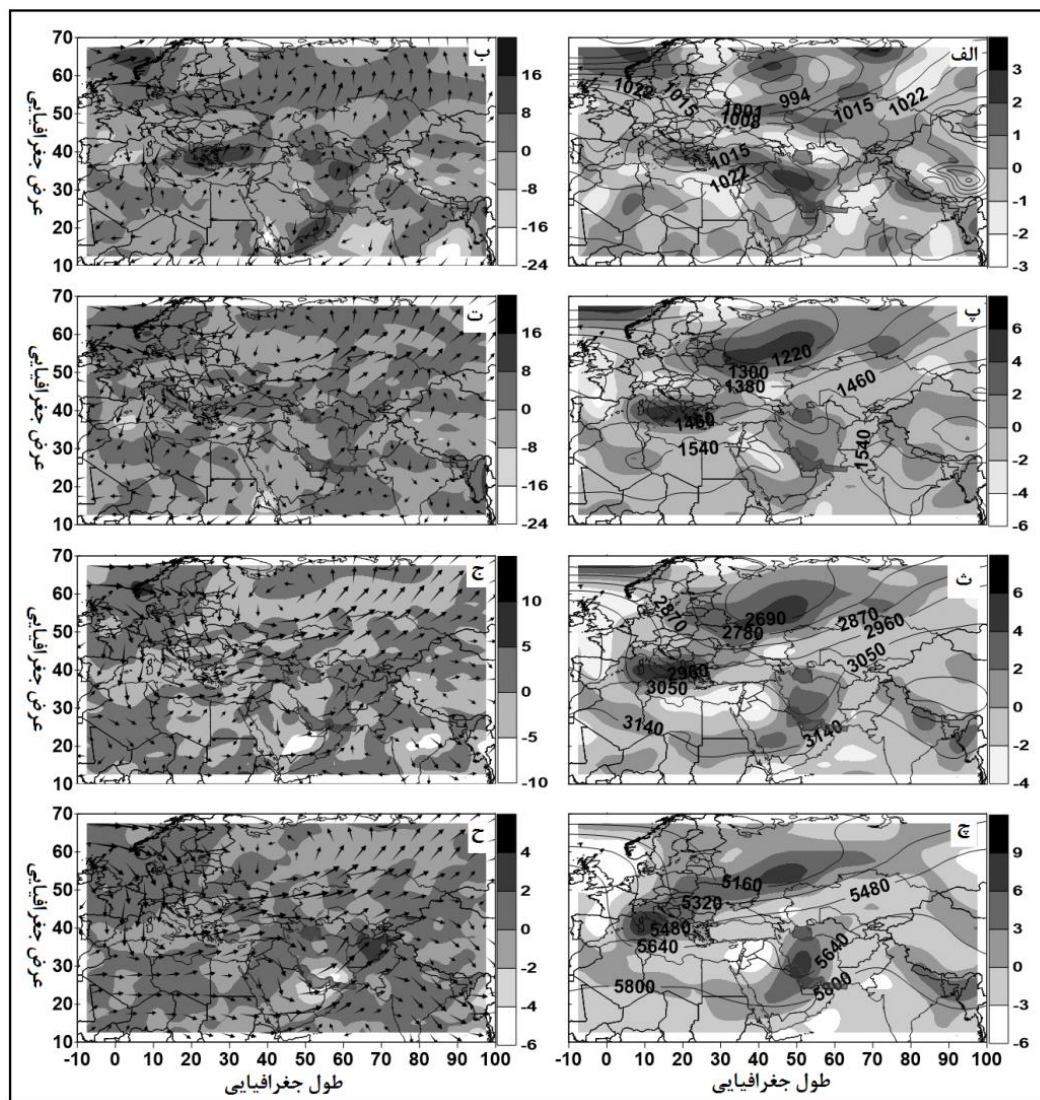
در نقشه شار رطوبتی و جریان باد تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل (۴-ب) هسته همگرایی رطوبتی نسبتاً قوی بر

روی مرکز ایران قرار دارد که با توجه به موقعیت مرکز کم فشار موجب فرارفت جریانات رطوبتی از روی خلیج فارس و خلیج عدن به روی ایران می شود. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۴- پ) ناوهای منبعث از کم ارتفاع اورال با مرکزیت ۱۴۲۰ ژئوپتانسیل متر کاملاً بر روی نیمه غربی کشور قرار گرفته است. در این تراز تشدید جریانات نزولی در پشت ناوه، سبب بیشینه تاوایی منفی بر روی شمال دریای سرخ و شرق مدیترانه قرار دارد مشاهده می شود. در حالی که نیمه جنوبی و شرقی کشور کاملاً بر روی دامنه فرازشی ناوه قرار گرفته است. طبق نقشه شار رطوبتی و جریان باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۴-ت) هسته همگرایی جریانات رطوبتی بر روی شرق ایران قرار گرفته است. در این روز منبع تأمین رطوبت بارش های ایران خلیج فارس بوده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۴-ث) مشابه تراز زیرین، ناوهای با مرکزیت ۲۹۸۰ ژئوپتانسیل متر بر روی نوار مرزی غرب کشور و خلیج فارس واقع شده است. بیشینه تاوایی مثبت به میزان  $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  متر بر ثانیه منطبق بر محور ناوه، همگرایی جریانات سطوح زیرین و حداکثر حرکات صعودی چرخندی را بر روی سرتاسر ایران موجب شده است. با توجه به شار رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۴-ج)، مناطق بیشینه همگرایی در جنوب شرق ایران قرار داشته و منبع تأمین رطوبت در این تراز دریای سرخ و خلیج فارس می باشد. با قرارگیری محور ناوه بر روی غرب و جنوب غرب ایران بیشترین چرخندگی و همگرایی در لایه های زیرین جو شکل گرفته است. چنانچه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۴-چ) مشاهده می شود. محور ناوه با مرکزیت ۵۴۴۰ ژئوپتانسیل متر بر روی عراق و عربستان قرار دارد. همگرایی و نزول جریانات سرد شمالی و تغذیه رطوبتی از ۴ منبع دریای سیاه، مدیترانه، و دریای سرخ و خلیج فارس در دامنه غربی ناوه در شکل (۴-ح) به وضوح مشاهده می شود. سرتاسر ایران به جز نواحی شمال غربی کاملاً در دامنه فرازشی ناوه قرار گرفته و فرارفت بیشینه تاوایی مثبت، واگرایی سطوح فوقانی و حداکثر سرعت قائم را در ترازهای زیرین موجب شده است. نحوه آرایش سینوپتیکی این تراز فشاری و لایه های دیگر مجموعاً سامانه کم فشار دینامیکی بسیار فعالی را بر روی کشور ایجاد کرده که نهایتاً منجر به بارش های بسیار گسترده و سنگین شده است.

#### الگوی سوم: کم فشار اورال - پرفشار خاورمیانه

بر روی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل (۵-الف) یک مرکز کم فشار بسیار قوی به میزان ۹۹۰ هکتوپاسکال چندین پربند بسته به صورت گسترده بر روی غرب روسیه قرار گرفته است. دو زبانه فشاری منبعث از آن، یکی در جهت جنوب غربی با عبور از دریای سیاه بر روی مدیترانه کشیده شده است، فشار در این ناحیه ۱۰۱۰ هکتوپاسکال می باشد. زبانه دیگری با فشار ۱۰۱۴ هکتوپاسکال در جهت جنوب شرقی با عبور از دریای خزر تا نواحی مرکزی ایران نفوذ کرده است. بر روی شمال شرقی آفریقا، کشورهای مصر، سوریه، عراق و عربستان یک ناحیه نسبتاً پرفشار گسترده به میزان ۱۰۲۲ هکتوپاسکال ملاحظه می شود. الگوی فشاری فوق یک منطقه همگرایی شار بر روی ترکیه و شمال غرب کشور به وجود آورده بطوریکه فرارفت رطوبت را از روی مدیترانه و دریای سیاه بر روی کشور به همراه دارد. می توان گفت همگرا شدن جریان (شار) رطوبتی سطوح مختلف جو در واقع میزان انباشت بخار آب از طریق وزش افقی به ترازهای مختلف سطح زمین تا سطوح فوقانی جو را نشان می دهد. در نقشه های همگرایی یا واگرایی جریان رطوبت، مقادیر منفی نشان دهنده ی واگرایی و مقادیر مثبت همگرایی جریانات رطوبت جو را نشان می دهند (قویدل رحیمی، ۱۳۸۹: ۱۷۸). در نقشه شار رطوبتی تراز

۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل (۵-ب) منطقه همگرایی رطوبتی بر روی شمال شرق کشور منطبق بر زبانه جنوب شرقی کم فشار اورال است که با توجه به حرکت پادساعت گردی کم فشار اورال و زبانه‌های آن بر روی ایران سبب صعود جریانات از روی خلیج فارس به سمت عرض‌های بالاتر می‌شود. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۵-پ) درست منطبق بر الگوی فشاری سطح زیرین مرکز کم ارتفاع بر روی غرب روسیه با فشار مرکزی ۱۲۰۰ ژئوپتانسیل متر قرار دارد. ناوه‌های ارتفاعی در شرق اروپا و مدیترانه و بر روی ایران با عبور از روی دریای خزر تا خلیج فارس دیده می‌شود.



شکل (۵) نقشه (الف): فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ب): همگرایی رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (پ): ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ت): همگرایی رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (ث): ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه



(۱- $5 \times 10^{-5}$  s): نقشه (ج): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربرثانیه. نقشه (ج): ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5}$  s). نقشه (ح): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربرثانیه.

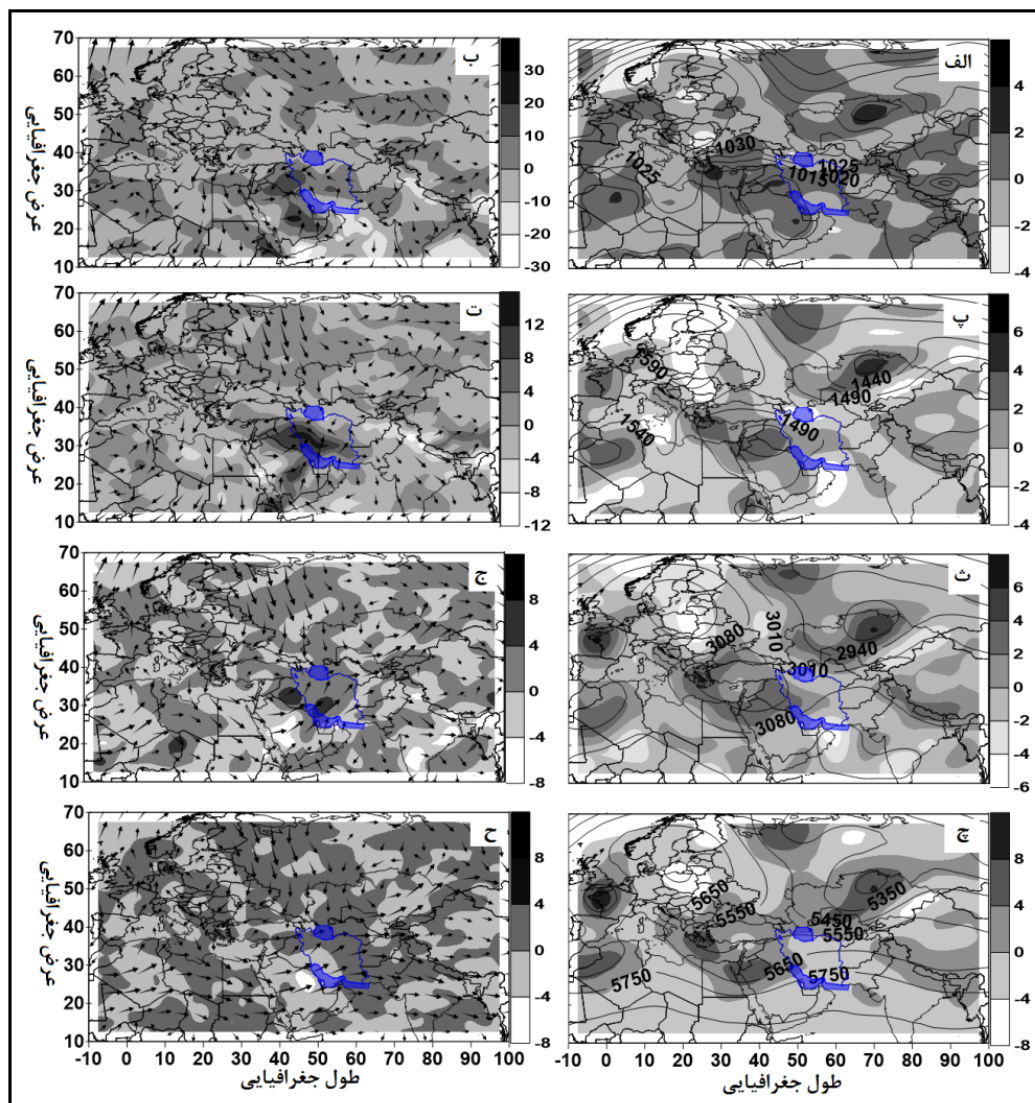
انتقال هوای بسیار سرد منطقه اسکاندیناوی و سیبری به عرض‌های پایین‌تر توسط مرکز کم ارتفاع ذکر شده و همگرایی آن با جریانات مرطوب مدیترانه و دریای سیاه ناشی از ناوه مدیترانه و انتقال آن بر روی ایران توسط ناوه مستقر بر مرکز کشور حاصل آرایش الگوی ارتفاعی فوق می‌باشد. با توجه به قرارگیری محور ناوه بر روی شرق ایران صعود جریانات و همگرایی رطوبتی از روی خلیج فارس به سمت عرض‌های بالاتر در نیمه شرقی کشور رخ داده است شکل (۵-ت). بر روی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۵-ث) الگوی ارتفاعی ۸۵۰ هکتوپاسکال به‌وضوح مشاهده می‌شود که در آن بیشینه تاوایی مثبت و فرارفت آن بر روی محور ناوه مستقر بر روی ایران و دامنه شرقی فرازشی قرار دارد. همگرایی جریانات چرخندی و صعود توده‌های هوا در این نواحی به‌ویژه نیمه شرقی کشور ملاحظه می‌شود. هسته همگرایی شار رطوبتی بر روی جنوب شرق ایران منطبق بر قسمت جلویی ناوه است که رطوبت خود را از طریق خلیج فارس و دریای عمان تأمین می‌کند. در غرب و شمال غرب ایران نیز مناطقی با همگرایی جریان رطوبت تأمین شده از روی دریا وجود دارد بر روی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۵-ج) محور ناوه مستقر بر روی ایران با کمی تغییر نسبت به لایه‌های زیرین بر روی مناطق جنوب غربی خلیج فارس و عرض‌های پایین‌تر تا عربستان کشیده شده است. در این تراز شکل (۵-چ) بر روی جنوب و جنوب شرق ایران جریان واگرایی شدید رطوبتی مشاهده می‌شود. عمیق‌تر شدن ناوه فوق منجر به همگرایی جریانات مرطوب مدیترانه، بخش‌های شمالی دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عمان شده است، بطوریکه در جلوی ناوه (دامنه شرقی آن) بیشینه فرارفت تاوایی مثبت به مقدار  $6 \times 10^{-5} s^{-1}$  منجر به واگرایی شدید تراز فوقانی، همگرایی جریانات زیرین و در نتیجه شکل‌گیری بارش‌های سنگین به‌ویژه بر روی نیمه شرقی و جنوبی کشور می‌شود. در نتیجه این آرایش فشاری در ترازهای مختلف جوی، سبب تقویت ناوه فشاری بر روی ایران و تقویت و گسترش قسمت جلویی ناوه و بیشینه وزش تاوایی در ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و واگرایی سطوح فوقانی بر روی نیمه شرقی ایران و شرایط دینامیکی لازم جهت وقوع بارش‌های فراگیر بر روی ایران شده است.

#### الگوی چهارم: کم‌فشار عربستان - پرفشار اروپا

در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل (۶-الف) یک ناحیه پرفشار بسیار گسترده با مرکزیت ۱۰۳۰ هکتوپاسکال به‌طور کامل بر روی اروپا از نواحی اسکاندیناوی تا مدیترانه در جنوب و به سمت شرق تا مرزهای روسیه دیده می‌شود. زبانه‌ی پرفشار از سمت شمال غرب و دریای خزر وارد کشور شده است. از طرفی، مرکز کم‌فشار گسترده‌ای نیز به میزان ۱۰۱۰ هکتوپاسکال کاملاً بر روی عربستان، عراق و خلیج فارس مستقر شده بطوریکه با پرفشار شمالی گرادیان شدیدی را بر روی دریای سیاه، ترکیه، عراق و به‌ویژه نیمه شمالی کشور ایجاد کرده است. این آرایش فشاری منجر به فرارفت هوای گرم عرض‌های پایین به سمت نیمه شمالی کشور شده و نفوذ هوای بسیار سرد اروپای شمالی به منطقه را موجب شده است. بررسی نقشه شار رطوبتی تراز ۱۰۰۰

هکتوپاسکال شکل (۶-ب) نیز بیانگر منطقه همگرایی شار رطوبتی در غرب و مرکز ایران می‌باشد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۶-پ) مرکز پراارتفاع ۱۵۸۰ ژئوپتانسیل‌متر کاملاً بر روی اروپا واقع شده و زبانه‌ای از آن به میزان ۱۵۲۰ ژئوپتانسیل‌متر بر روی نوار شمالی کشور کشیده شده است. از طرفی مرکز کم ارتفاعی به میزان ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل‌متر بر روی شمال قزاقستان قرار گرفته که ناواه‌ای آن از سمت شمال شرق به مرزهای کشور نفوذ کرده است. این وضعیت ارتفاعی منجر به همگرایی جریانات بسیار سرد اروپای شمالی و سیبری و ریزش آن بر روی مناطق شمالی کشور شده است. از طرف دیگر ناوه ارتفاعی بسیار قوی با چندین پربند بسته به میزان ۱۴۴۰ ژئوپتانسیل‌متر بر روی عراق و عربستان قرار گرفته بطوریکه فرارفت جریانات گرم و مرطوب را از روی مدیترانه، دریای سرخ و خلیج‌فارس بر روی ایران در پی دارد.

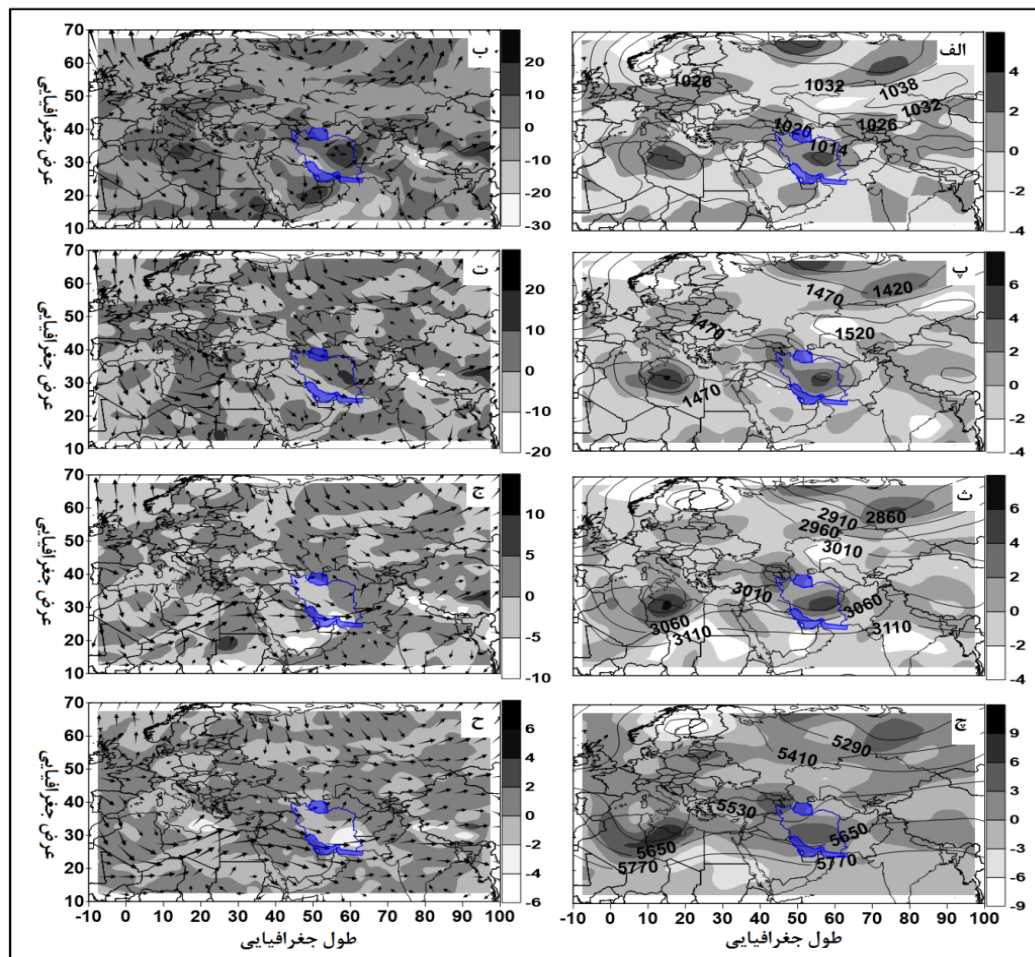
در نقشه شار رطوبتی و جریان باد شکل (۶-ت)، منطقه همگرایی نسبتاً قوی رطوبتی بر روی غرب و جنوب غرب ایران و بخش اعظمی از کشور عراق مشاهده می‌شود که تاوایی چرخندی را تقویت می‌کند (قویدل رحیمی، ۱۳۸۹: ۱۷۷). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۶-ث) ایران کاملاً متأثر از ناوه ارتفاعی جنوبی است که مرکز آن به میزان ۳۰۰۰ ژئوپتانسیل‌متر بر روی جنوب ترکیه، عراق، سوریه و شرق مدیترانه واقع شده است. انتقال رطوبت از روی مدیترانه و به‌ویژه دریای سرخ و خلیج‌فارس شکل (۶-ج) بر روی کشور، فرارفت تاوایی مثبت در دامنه‌های شرقی ناوه به‌وضوح ملاحظه می‌شود. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۶-چ) محور ناوه جنوبی بر روی دریای سرخ تا میانه‌های آن کشیده شده است. منطقه بیشینه تاوایی منطبق بر آن به میزان  $7 \times 10^{-5} s^{-1}$  متر بر ثانیه واگرایی سطوح فوقانی و همگرایی و صعود جریانات را در این تراز و ترازهای زیرین تشدید می‌کند. نیمه غربی کشور متأثر از این ناوه بارش‌های سنگین که عمدتاً به‌صورت باران می‌باشد را نشان می‌دهد. سه منبع تأمین‌کننده رطوبت این سامانه با توجه به شکل (۶-ح) مدیترانه، دریای سرخ و خلیج‌فارس می‌باشد. البته بارش‌های مناطق شمالی کشور به دلیل قرارگیری در جنوب غربی ناوه مستقر بر روی قزاقستان و ریزش هوای سرد شمالی و عبور آن از روی خزر می‌باشد. شکل‌گیری منطقه جبهه‌ی وسیع در نوار شمالی کشور ناپایداری‌های دینامیکی بسیار فعالی را در این ناحیه ایجاد کرده است.



شکل (۶) نقشه (الف): فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ب): همگرایی رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه. نقشه (پ): ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ت): همگرایی رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه. نقشه (ث): ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ج): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه. نقشه (چ): ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ح): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متربر ثانیه.

الگوی پنجم: کمربند پرفشار سیبری - کم فشار ایران مرکزی

چنانچه در شکل (۷-الف) مشاهده می‌شود کم فشار ایران مرکزی با فشار مرکزی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال بر روی شرق و شمال شرق ایران قرار دارد که سبب صعود جریانات مرطوب از روی دریای عمان و خلیج فارس شده و رطوبت را به روی ایران انتقال داده است. از طرف دیگر پرفشار سیبری تقویت شده و تا نیمه شمالی ایران گسترش دارد و باعث ریزش هوای سرد به داخل کشور شده است. آرایش فشاری دو مرکز کم فشار خلیج فارس و پرفشار سیبری سبب وقوع شیو فشاری شدیدی در نیمه شمالی کشور می‌باشد. بر روی دریای مدیترانه نیز مرکز کم فشاری مستقر است که سبب صعود و همگرایی جریانات در این منطقه و چرخندزایی بر روی دریای مدیترانه و غرب خاورمیانه شده است. در نقشه شار رطوبتی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل (۷-ب) نیز مرکز همگرایی شار رطوبتی بر روی ایران قرار دارد که سبب افزایش چرخندگی مثبت و بیشینه صعود قائم شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۷-پ) همانند تراز سطح دریا کمربند کم فشار ایران مرکزی بر روی سراسر ایران و شمال خاورمیانه قرار گرفته که با حرکت چرخندی سبب صعود و همگرایی جریانات رطوبتی از روی دریای عمان و خلیج فارس به عرض‌های بالاتر شده است. منطقه همگرایی شار رطوبت شکل (۷-ت) در شرق ایران قرار دارد، در حالی که در غرب کشور واگرایی جریان رطوبتی دیده می‌شود. محور ناوه بر روی شرق و جنوب شرق ایران قرار دارد شکل (۷-ث). بیشینه تاوایی با مقدار  $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  در این منطقه مستقر است. با توجه به قرارگیری مرکز کم فشار ایران مرکزی در لایه‌های زیرین سبب صعود و همگرایی در سطوح پایین جو بر روی مناطق شرقی و جنوب شرقی ایران شده و بر روی مناطق شمال غرب ایران نیز مرکز کم ارتفاعی با فشار مرکزی ۲۹۶۰ ژئوپتانسیل متر مستقر است که سبب صعود و همگرایی در لایه‌های زیرین جو شده است. بیشینه تاوایی مثبت نیز بیانگر صعود و همگرایی مثبت در این تراز است. با توجه به شکل (۷-ج) هسته همگرایی ضعیفی بر روی شرق و شمال شرق ایران در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۷-چ) محور ناوه بر روی جنوب و جنوب غرب ایران قرار دارد. با توجه به بیشینه تاوایی مثبت  $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  متر بر ثانیه در این تراز قسمت جلویی ناوه بر روی شرق و جنوب شرق ایران قرار دارد که سبب صعود و همگرایی جریانات در لایه‌های پایینی جو در این منطقه شده است. این عامل سبب همگرایی جریانات رطوبتی در لایه‌های پایینی جو شده است. در نقشه شار رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۷-ح) کمینه واگرایی رطوبت بر روی شرق و جنوب شرق ایران دیده می‌شود که با توجه به ارتفاع بالای سطح مورد مطالعه همگرایی رطوبتی کمینه می‌شود.



شکل (۷) نقشه (الف): فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ب): همگرایی رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (پ): ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ت): همگرایی رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (ث): ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ج): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه. نقشه (ح): ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر و تاوایی متر بر ثانیه ( $5 \times 10^{-5} s^{-1}$ ). نقشه (ح): همگرایی رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب گرم بر کیلوگرم و جریان باد بر حسب متر بر ثانیه.

### نتیجه گیری

بارش در میان عناصر اقلیمی اهمیت ویژه‌ای دارد. میزان و شدت آن نقش بسزایی در کاهش یا افزایش منابع آبی بر روی زمین به عهده دارد. در این مطالعه به بررسی سازوکار همدیدی دینامیکی بارش‌های فراگیر زمستانه ایران پرداخته شده است. برای این منظور سه شرط بارش بالای یک میلی‌متر، گستره ۵۰ درصدی و پیوستگی مکانی و تداوم بیش از دو روزه در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که



سازوکار بارش‌های زمستانه ایران در ارتباط با الگوهای کم‌فشارمدیترانه / کم‌فشار دو هسته‌ای خلیج‌فارس، کم‌فشار بسته ایران مرکزی / پرفشار شرق اروپا، کم‌فشار اورال / پرفشار خاورمیانه، کم‌فشار عربستان / پرفشار اروپا و کمربند پرفشار سیبری / کم‌فشار ایران مرکزی می‌باشد.

در وقوع بارش‌های فراگیر زمستانه بر روی کشور در همه‌ی الگوها، سامانه‌های کم‌فشار نقش اساسی در رخداد بارش داشته است. این سامانه‌ها که ماهیتاً دارای شرایط ناپایداری و اغتشاش‌گر در اتمسفر می‌باشند، سبب شکل‌گیری وضعیت باروکلینیک به‌خصوص در ترازهای زیرین جو شده است. با این وجود، نکته‌ی مهم این‌که وجه اشتراک مکانیسم رخداد بارش در تمامی الگوها، وجود ناوهِی عرض‌های میانی (مانند ناوهِی مدیترانه) در تقویت سامانه‌های کم‌فشار ترازهای زیرین جو بر روی کشور می‌باشد. همچنین می‌توان نقش منابع آبی اطراف ایران مخصوصاً دریاهای خلیج‌فارس و عمان و در وهله‌ی بعدی دریاهای مدیترانه، خزر و سیاه را در تزریق رطوبت موردنیاز بارش‌های فراگیر به سامانه‌های مستقر بر روی کشور اشاره کرد. حضور محور ناوهِی میانی بر روی نیمه غربی و قسمت جلویی ناوهِی بر روی مناطق شرق و جنوب شرق ایران، افزایش ناپایداری و صعود جریانات لایه‌های زیرین جو را به دنبال داشته است. از طرف دیگر نتایج پژوهش مسعودیان و محمدی (۱۳۸۹: ۱-۴) در شناسایی الگوهای بارش‌های فراگیر و فوق سنگین ایران نشان داد که سه الگوی اصلی فشار تراز سطح دریا در به وجود آمدن این‌گونه رویدادها موثر بوده اند: در الگوی اول، کم‌فشار عربستان / پرفشار سیبری - مدیترانه، در الگوی دوم، پرفشار سیبری - شمال آفریقا / کم‌فشار عربستان و در الگوی سوم، پرفشار غرب روسیه / کم‌فشار عراق - عربستان عامل اصلی فراهم نمودن شرایط لازم در سطح زمین، برای رخداد اینگونه بارش - هاست. همچنین عزیزی و همکاران (۱۳۸۸: ۱-۱۳) کم‌فشار دریای مدیترانه و زبانه کم‌فشار سودانی را باعث بارندگی‌های سنگین و فراگیر غرب ایران می‌دانند. بنابراین در بارش‌های نیمه غربی کشور نقش کم‌فشار سودانی در فصول سرد سال بارزتر می‌باشد در این پژوهش که از رویکرد محیطی به‌گرددشی استفاده شده است، سعی بر آن شده است که به بررسی و شناسایی الگوهای مختلف جوی در ارتباط با وقوع پدیده‌های سطحی که همان بارش فراگیر زمستانه می‌باشد پرداخته شده است. امید است با شناخت الگوهای موثر بر بارش‌های فراگیر فصلی بر روی ایران به تغییرات زمانی و مکانی این بارش‌ها و الگوهای موثر بر رخداد آنها به طور جد مورد بررسی قرار گیرد.

### منابع

- اشجعی باشکند، محمد. (۱۳۷۹). **بررسی و ارائه مدل‌های سینوپتیکی بارش‌های سنگین در شمال غرب ایران**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر محمد خیراندیش، دانشگاه تربیت مدرس.
- جانباذ قبادی، غلامرضا؛ مفیدی، عباس؛ زرین، آذر. (۱۳۹۰). **شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر**، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۲ (۲): ۲۳-۴۰.
- حلبیان، امیرحسین؛ حسینعلی پور جزی، فرشته؛ صابری، بیژن. (۱۳۹۱). **تحلیل هم‌دید سامانه‌های سیل زا در قم (مطالعه موردی: سیلاب فروردین سال ۱۳۸۸)**. نشریه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۲ (۸): ۱۲۱-۱۳۷.

- خوش اخلاق، فرامرز؛ نبوی، سید امید؛ عباسی، اسماعیل. (۱۳۹۱). تحلیل سامانه‌های همید بارش‌های شدید دوره سرد سال در استان‌های خراسان رضوی و شمالی، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۶ (۴۰): ۹۷-۱۱۸.
- ذوالفقاری، حسن. (۱۳۹۳). آب‌وهوای کره زمین، انتشارات دانشگاه رازی، کرمانشاه، چاپ اول.
- رسولی، علی‌اکبر؛ بابائیان، ایمان؛ قائمی، هوشنگ؛ زوار رضا، پیمان. (۱۳۹۱). تحلیل سری‌های زمانی فشار مراکز الگوهای سینوپتیکی مؤثر بر بارش‌های فصلی ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۰ (۲۷): ۷۷-۸۸.
- سلیقه نجار، محمد. (۱۳۸۵). مکانیزم بارش در جنوب شرق کشور، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۸ (۵۵): ۱-۱۳.
- صداقت، مهدی؛ نظری پور، حمید. (۱۳۹۴). تغییرات زمانی - مکانی بارش دوره سرد سال در ایران (۱۹۵۰-۲۰۰۹)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۷ (۳): ۴۲۱-۴۳۳.
- عزیزی، قاسم؛ نیری، معصومه؛ رستمی جلیلیان، شیما. (۱۳۸۸). تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین غرب کشور، (مطالعه موردی: بارش دوره ۷-۱۴ مارس ۲۰۰۵، ۱۶-۲۴ اسفند ۱۳۸۵)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۴: ۱-۱۳.
- عزیزی، قاسم؛ یاراحمدی، داریوش. (۱۳۸۶). تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲: ۱۶۱-۱۷۴.
- علیجانی، بهلول. (۱۳۸۱). اقلیم‌شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، تهران، چاپ اول.
- علیجانی، بهلول. (۱۳۸۵). آب‌وهوای ایران، انتشارات پیام نور، تهران.
- علیجانی، بهلول، زاهدی، مجید (۱۳۸۱)، تحلیل آماری و سینوپتیکی بارندگی آذربایجان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۶۵-۶۶، شماره ۳-۲، صص ۲۰۳-۲۱۷.
- فتاحی، ابراهیم؛ رحیم زاده، فاطمه. (۱۳۸۸). تأثیر پدیده انسو بر رفتار الگوهای گردشی جوی ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۷ (۱۵): ۲۱-۴۴.
- قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۸۹). نگاهت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم‌افزار Grads، نشر سها دانش، تهران، چاپ اول.
- مسعودیان، ابولفضل؛ محمدی، بختیار. (۱۳۸۹). تحلیل فشار تراز دریا در زمان رخداد بارش‌های فوق سنگین و فراگیر ایران، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۲۱-۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۸۹، تهران.
- یارنال، برنت. (۱۳۸۵). اقلیم‌شناسی همید و کاربرد آن در برنامه‌ریزی محیطی، ترجمه سید ابوالفضل مسعودیان، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ اول.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر. (۱۳۸۶). تعیین الگوی همیدی بارش‌های شدید و حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، نشریه فیزیک زمین و فضا، ۳۳ (۳): ۱۳۱-۱۵۴.

Huth, R., 1996, **Anintercomparison of Computer Assisted Circulation Classification Methods**, International Journal of Climatology, 16(8), 893- 922, doi.org/10.1002/(sici)1097-0088(199608) 16:8<893::AID-JOC51>3.0.CO;2-Q.

Maheras, P., Konstantiia, T, anagnostopoulou, Ch. Vafidais, M .Patriks, L, Flokas, H, 2004, **On the Rrelationships between Circulation Taype and Changes in Rainfall Varibility in the Greece**, International Journal of Climatology, 24,1695- 1712, Doi.org/10.1002-joc.1088.

- Marinaki, A. spiliotopoulos, M. michalopoulou, H. 2006, "**evaluation of atmospheric instability indices in Greece**", advances in geosciences, 7, 131- 135,
- Romero, R., Sumner, G., Ramis, C. and Genove, A, 1998, **A Classification of the Atmospheric Circulation Pattern Producing Significant Daily Rain Fall in the Spanish Mediterranean Area**, International Journal of Climatology, 19,253- 269. Doi.org/10.1002/(sici)1097-0088(19990615)19:7<765::AID-JOC388>3.0CO;2-T
- Saaroni,a H. \*N. Halfon,b B. Ziv,c P. Alpertd and H. kutielb, **2009: Links Between The Rainfall Regime in Israel and location and Inttensity Of Cyprus Lows**. International Journal of Climatology, 30, 1014- 1025, Doi.org//10.1002/joc.1912.