نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۳، پاییز ۱۳۹٤، صفحات ۱۳۵-۱۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۴/۱۴

تحلیل همدید بارش‌های سنگین پهنه شمال غرب ایران (با تأکید بر الگوهای ضخامت جو)

مجید رضایی بنفشه[۱]
فرشته حسین‌علی‌پور گزی[۲]
فاطمه جعفری شندی[۳]
مجید علی محمدی[٤]

چکیده

در این پژوهش بارش‌های سنگین پهنه شمال غرب ایران با استفاده از رویکرد محیطی به گردشی بررسی شده است. به‌همین منظور، با استفاده از پایگاه داده بارش روزانه پهنه شمال غرب ایران، نقشه‌های هم‌بارش از روز ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۸/۱/۱ بر روی یاخته‌هایی به ابعاد ۱۴×۱۴ کیلومتر، به روش کریگینگ میانیابی و ترسیم شد (ماتریس ۵۳۳×۱۷۵۰۸). بر مبنای داده‌های حاصل از میان‌یابی، بارش‌های سنگین پهنه انتخاب و بررسی شد. این بارش‌ها در محدوده وسیعی از صفر تا ۱۲۰درجه شرقی و صفر تا ۸۰ درجه شمالی در ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰هکتوپاسکال و در چهار دیده‌بانی در ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰زولو، محاسبه شد. نتایج پژوهش نشان دادکه چهار الگوی گردشی ضخامت در به‌وجود آمدن این‌گونه بارش‌ها مؤثر بوده است. در تحلیل این بارش‌ها برای هر الگوی گردشی یک روز نماینده معرفی گردید. نتایج تحلیل نشان داد که الگوی گردشی شماره ۲، بیشتر بارش‌ها را توجیه مـی‌کند. این یافته‌ها می‌تواند نقش مهمی در پیش‌بینی بارش و جلوگیری از وقوع سیل در پهنه مطالعاتی ایفا نمایند[۵].

واژگان کلیدی: بارش سنگین؛ شمال غرب ایران؛ تحلیل خوشه‌ای؛ الگوی گردشی.

۱ـ عضو هیأت علمی، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز. Email:mrbanafsheh@yahoo.com
۲ـ کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی.
۳ـ دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی.
۴ـ دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی.
۵ـ این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با حمایت دانشگاه تبریز بوده و بدین وسیلخ قدردانی می‌گردد.

مقدمه

بارش مهم‌ترین پدیده یا ویژگی محیط زیست است و تاکنون مطالعات فراوانی درباره عوامل ایجاد آن انجام شده است. در هر مکانی بارش زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود فراهم شود. هر دوی این شرایط به‌وسیله الگوهای گردشی فراهم می‌شوند (علیجانی، ۱۳۸۵: ۲۰۲ و ۲۰۳). پهنه شمال غرب ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی آن، جزو مناطقی از کشوراست که تحت تأثیر انواع مختلفی از سامانه‌های جوی هم‌چون سامانه‌های فشارکم مدیترانه‌ای (سیکلون‌های مدیترانه‌ای)، فرود دریای سیاه، مرکز فشار زیاد آزور و مرکز فشار زیاد سیبری قرار دارد. به این ترتیب ویژگی‌های آب و هوایی(بارش) پهنه، نه تنها به شرایط محلی بلکه به عوامل بیرونی منطقه‌ای و سیاره‌ای سامانه‌های گردش جوی بستگی دارد. این ویژگی‌ها سبب شده پهنه مورد مطالعه تحت تأثیر برخی پدیده‌های آب و هوایی شدید و ناگهانی هم‌چون بارش‌سالانه اندک، کوتاه بودن دوره بارش و نزول بارش‌ها به‌صورت رگبارهای شدید باشد. بدین ترتیب این احتمال وجود دارد که بارش‌های حدی و فراگیر پهنه، از یک یا چند الگوی همدید متفاوت ناشی شده باشند. از آنجا که رابطه بین الگوهای گردشی و بارش رابطه معناداری است (علیجانی، ۱۳۸۱ :۱۱۴) دستیابی به نتایج قابل قبول در زمینه ارتباط بین این الگوها با بارش‌های حدی و فراگیر پهنه شمال غرب ایران، نیازمند تحلیل نقشه‌های همدیدی است. از این رو مهم‌ترین هدف پژوهش حاضر، بررسی و شناخت سامانه‌های همدیدی است که علت پدیده‌های مزبور می‌باشند و این نه تنها سازوکار پیدایش این‌گونه بارش‌ها را روشن می‌سازد، بلکه راه را برای پیش بینی رخداد آن‌ها در آینده فراهم می‌کند و نقش مهمی در مدیریت حوادث غیرمترقبه‌ای همچون سیل و بهره‌برداری بهینه از آن ایفا می‌نماید. برای استفاده بهتر از بارش یک منطقه، نخستین گام شناخت کافی از شرایط همدید و پویایی رخداد بارش در آن ناحیه است. در این راستا پژوهش‌های زیادی در داخل و خارج از کشور انجام پذیرفته است که در ادامه به بررسی برخی از آن‌ها می‌پردازیم.

چینگسن[6] و همکاران بارش‌های سنگین بعد از ظهرهای تایوان را طی فصل بهار

6- Ching-Sen

مطالعه و آن‌ها را در دو گروه طبقه‌بندی کرده‌اند: الف) بارش‌هایی که در زمان رخداد آن‌ها، جریان‌های جوی جهت جنوبی داشته و محور فراز بر روی شرق تایوان مستقر شده؛ ب) بارش‌های سنگینی که همزمان با رخداد آن‌ها، جریان‌های جوی جهت جنوب غربی داشته و محور فراز روی جنوب تایوان واقع شده است (Ching-Sen and etal, 2002: 129). روبرتو[۷] و همکاران رویداد بارش‌های سنگین شمال غربی ایتالیا و رابطه آن‌ها را با الگوهای جوی بزرگ مقیاس و متوسط مقیاس مطالعه کرده و بارش‌های پهنه را با سه آرایش مختلف نحوه قرار گیری جریان‌های جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی منطقه مرتبط دانسته‌اند (Roberto and etal, 2004: 601). کهنوا[۸] و پاراجکا[۹] در تحقیقی به بررسی برآورد عمق حداکثر بارش روزانه کوه‌های منطقه اسلواکی طی دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ برای ۲۵ ایستگاه باران‌سنجی پرداخته و عمق حداکثر بارش روزانه را برای چند محل برآورد کرده است (Kohnova and Parika, 2005). سیبرت[۱۰] و همکاران الگوهای منطقه‌ای و همدید بارش‌های سنگین در اتریش را طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۳ مطالعه و الگوهای همدید بارش‌های سنگین را با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای شناسایی مطالعه کرده است (Sibert and etal, 2007:139). لنا[۱۱] و همکاران (۲۰۰۷: ۱۷) الگوهای جوی به‌وجود آورنده بارش‌های سنگین جزایر بالریک[۱۲] را مطالعه نموده است. آن‌ها پس از انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی پایگاه داده‌های (۲۰۰۴-۱۹۹۵) مربوط به سطح ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال و تحلیل خوشه‌ای بر روی مؤلفه‌های اصلی به‌دست آمده هشت الگوی گردشی اصلی به‌دست آورده است (Lana and etal, 2007:17). لی[۱۳] و همکاران یک رویداد بارش سنگین ۱۸ روزه (از ۳۱ ژوئیه تا ۱۷ اوت سال ۱۹۹۸)(روز ۱۳۷۷/۵/۹ تا روز ۱۳۷۷/۵/۲۶) کُره جنوبی را به‌منظور درک و فهم ویژگی‌های همدید مقیاس تحلیل و سازوکارهای پیدایش این رویداد طولانی مدت را، بررسی کرده است (Lee and etal,

7- Roberto
8- Kohnova
9- Parjka
10- Seibert
11- Lana
12- Balearic Island
13- Lee

2008: 313). فدریکو[۱۴] و همکاران در مطالعه خود به‌بررسی الگوهای چرخش جوی وابسته به بارش‌های سنگین روزانه در کالابریای ایتالیا جنوبی طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۷ پرداخته‌اند. بر اساس یک تحلیل خوشه‌ای بر روی متغیرهای جوی، ۱۱ الگوی جوی حاصل شده و یک پیوستگی روشنی بین هر یک از تیپ‌های گردشی و الگوهای بارشی برای بارش‌های سنگین روزانه پدیدار شده و این پیوستگی به‌واسطه کنش بین توپوگرافی منطقه، دوری و نزدیکی به دریا و جریانات جوی در مقیاس همدید شرح داده شده است (Federico and etal, 2008: 1174). کارلالیما[۱۵] و همکاران به بررسی رویدادهای بارش سنگین در تابستان‌های گرم و مرطوبی پرداخته‌اند که در جنوب شرقی برزیل سبب بروز سیل و خسارت می‌شود. آن‌ها نشان داده‌اند که این رویدادها اکثراً ناشی از دو نوع آشفتگی جوی هستند: جبهه‌ای و منطقه همگرایی آتلانتیک جنوبی (CarlaLima and etal, 2009). مولر[۱۶] و همکاران الگوهای گردشی ایجادکننده بارش‌های سنگین و فراگیر اروپای مرکزی را که معمولاً از طریق حرکت چرخندها از جنوب به این مناطق حرکت می‌کنند بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که الگوهای همدید می‌تواند به‌طرز درستی به‌وسیله شدت متغیرهای دینامیکی و ترمودینامیکی انتخاب شده، مورد توصیف قرار گیرد و نابهنجاری‌ها با شدت بارش‌های سنگین و رخداد سیل در جمهوری چک همبستگی دارند (Muller and etal, 2009: 441).

در داخل کشور نیز خوشحال (۱۳۷۶) و خوشحال و قائمی (۱۳۷۷) در بررسی خود به تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیکی ـ کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از ۱۰۰ میلی متر در سواحل جنوبی دریای خزر پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داده که برخلاف آنچه پیش از این تصور می‌شد، اولاً ریزش این باران‌ها در اثر فرارفت سرد از سیبری به روی این دریا انجام نمی‌شود و دوم این که، مقدار ریزش باران در دامنه‌های شمالی البرز با ارتفاع کاهش نیافته بلکه افزایش یافته است. علیجانی بارش‌های روزانه ایران را از نظر عامل به‌وجودآورنده بررسی و در نهایت ایران را از نظر سازوکارهای تولید بارش ناحیه‌بندی

14- Federico
15- Carla Lima
16- Muller

کرده است. نتایج ایشان حاکی از این است که عوامل مسئول در ایجاد بارش ایران با یکی از پنج عامل صعود (یا همرفت[۱۷] معمولی)، همرفت وزشی، عامل چرخندگی[۱۸]، صعود جبهه‌ای (چرخندی) و صعود نامعلوم در ارتباط است. از نظر توزیع مکانی، در ساحل دریای خزر همه عوامل صعود، به‌خصوص همرفت وزشی، در شمال غرب کشور عامل همرفت معمولی، در نواحی مرکزی عامل چرخندی و در نواحی جنوبی ایران عامل چرخندگی نمود چشمگیرتری داشته‌اند (علیجانی، ۱۳۸۱: ۲۰۷-۲۰۴). مسعودیان با استفاده از داده‌های بارش و رواناب روزانه حوضه کارون و داده‌های روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای گردشی پدیدآورنده سیلاب‌های بزرگ در کارون را بررسی و نشان داده که الگوهای‌کم ارتفاع و فرودها شرایط دینامیکی را برای ناپایداری فراهم می‌آورند و الگوهای پرارتفاع و فرازها شرایط دینامیکی را برای پایداری فراهم می‌آورند (مسعودیان، ۱۳۸۴ :۱۶۱). عربی برای تحلیل شرایط همدیدی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیر ماه سال ۱۳۷۸، نقشه‌های هوای روزانه ساعت صفر گرینویچ سطح زمین را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. نتایج نشان داد که گسترش و نفوذ سامانه کم‌فشار مونسون از سمت جنوب و جنوب‌شرق و سامانه‌های پرفشار مهاجر از طرف شمال باعث وقوع بارندگی در این دوره شده است (عربی، ۱۳۸۵: ۱). مسعودیان در مطالعه‌ای که با عنوان شناسایی شرایط همدید همراه با بارش‌های ابرسنگین ایران، بر روی بارش‌های یک روزه بیش از صد میلی‌متر انجام داده؛ مشخص شد که دو الگوی گردشی در پدید آمدن بارش‌های ابرسنگین یک روزه ایران نقش داشته‌اند. الگوی اول با استقرار یک پرفشار بر روی دریای سیاه و گسترش فرود خلیج فارس مشخص می‌شود. الگوی دوم با شکل‌گیری فرود بر روی عراق و رخنه زبانه پرفشار سیبری- سیاه به درون ایران همراه است (مسعودیان، ۱۳۸۷). محمدی سازوکار همدید رویداد بارش‌های ابرسنگین ایران را به روش‌کریجینگ میانیابی کرد. وی نشان داد که کم‌فشار عربستان- عراق عامل اصلی فراهم نمودن شرایط لازم در سطح زمین، برای رخداد بارش‌های سنگین و فراگیر ایران است (محمدی، ۱۳۸۸). در این پژوهش نیز تحلیل نقشه‌های ضخامت نشان داد که چهار الگوی همدید عامل اصلی بارش‌های سنگین پهنه کم‌بارش شمالی ایران بوده است.

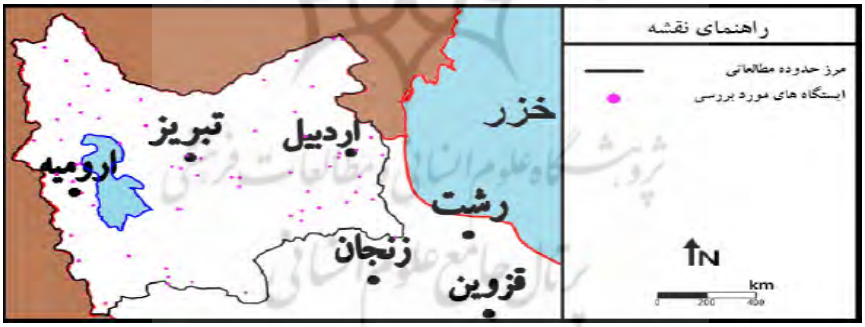
17- Convection
18- Vorticity

مواد و روش‌ها

به‌طور بنیادین، در هر مطالعه همدید نیاز به دو پایگاه داده ضرورت می‌یابد، یکی پایگاه داده رویداد محیطی (سطحی) و دیگری پایگاه داده جوی که چگونگی جریان‌های جوی را مشخص می‌کند. برای تجزیه و تحلیل سازوکار این‌گونه داده‌ها در این پهنه، از رویکرد محیطی به گردشی (مسعودیان، ۱۳۸۵: ۹ و ۱۰) استفاده شده است. دلیل استفاده از این روش آن است که تغییرات زمانی و مکانی بارش شدید است و این رویکرد به پژوهشگر کمک می‌کند تا تنها روی بارش‌هایی متمرکز شود که قصد مطالعه آن‌ها را دارد). ابتدا داده‌های بارش روزانه ۸۲ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی پهنه شمال غرب ایران از تاریخ ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۸/۱/۱ تهیه و انتخاب شد که پایگاه داده رویداد محیطی محسوب می‌شوند (شکل ۱). دومین گروه از متغیرها مشتمل بر داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل (بر حسب ژئوپتانسیل متر)، مؤلفه بادمداری و مؤلفه باد نصف‌النهاری (برحسب متر بر ثانیه)، نم‌ویژه (برحسب گرم بر کیلوگرم) و دما (برحسب کلوین) بود که در ترازهای مختلف جو از آن‌ها بهره گرفته شد. متغیرهای گروه اوّل از سازمان هواشناسی کشور و گروه دوم متغیرها از تارنمای مربوطه[19] به‌صورت دیده‌بانی‌های شش ساعته (۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ به وقت گرینویچ) دریافت شد. در بررسی داده‌های جو بالا، محدوده مورد مطالعه، گسترده‌تر از قلمرو مورد مطالعه (از صفر تا ۱۲۰ درجه شرقی و از ۰ تا ۸۰ درجه شمالی) انتخاب شد. دلیل انتخاب این محدوده گسترده، شناسایی پدیده‌های همدید و آگاهی از مسیر حرکت سامانه‌های گردشی و چگونگی گسترش و اثرگذاری آن‌ها برروی پهنه مورد مطالعه بوده است. با توجه به پایگاه داده رویداد محیطی، بارش روزانه پهنه مطالعاتی در ۱۷۵۰۸ روز با بهره‌گیری از روش کریجینگ، میان‌یابی شد. به‌هنگام میان‌یابی بارش هر روز، پهنه مطالعاتی به ۵۳۳ یاخته به اندازه ۱۴×۱۴ کیلومتر تبدیل شد که حاصل آن، تشکیل آرایه‌ای از پایگاه داده بارش روزانه کرانه‌های غربی خزر به ابعاد ۵۳۳ ×۱۷۵۰۸ بود. سپس برای هر روز، بیشینه و درصد پهنه زیر بارش محاسبه و در انتها پایگاه داده مزبور بر حسب شدیدترین و فراگیرترین بارش‌ها از بزرگ به کوچک مرتب شد. برای بررسی بارش‌های حدی و فراگیر

19- www.cdc.noaa.gov

پهنه، از میان شاخص‌هایی که اغلب پژوهشگران آن را برای تعیین بارش‌های حدی مورد استفاده قرار داده‌اند، از شاخص پایه صدک که هم‌اکنون رایج‌ترین روش محاسبه و تعیین بارش‌های حدی به‌شمار می‌رود (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۳۳ و ۱۳۴)، استفاده شد. بر این اساس، از تعداد کل روزهای بارشی در پهنه مطالعاتی، روزهای برابر یا بالاتر از صدک ۹۹ام، به‌منزله روزهای دارای بارش حدی در نظر گرفته شدند. بدین ترتیب روزهای نمونه انتخاب شده، روزهایی بودند که بیشینه بارش آنها برابر یا بیش از ۹/۱ میلی‌متر بود. به‌گفته دیگر، ۱۰۶ روز از بارش‌های پایگاه داده مورد بحث که برحسب شدیدترین و فراگیرترین بارش‌ها مرتب شده بودند، به‌عنوان نمونه مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شدند. سپس با استفاده از رویکرد محیطی به گردشی، روی نقشه‌های ضخامت جو ترازهای ۵۰۰–۱۰۰۰ هکتوپاسکال، تحلیل خوشه‌ای پایگانی انباشتی به‌روش ادغام "وارد"[۲۰] انجام پذیرفت و برای هر چهار الگوی شناسایی شده، یک روز به‌عنوان نماینده با بهره‌گیری از ضریب همبستگی با آستانه ۹۵ درصد تعیین شد. در هر روز، نقشه‌های ضخامت جو در ترازهای ۵۰۰–۱۰۰۰ هکتوپاسکال، توابع تابع شار همگرایی رطوبت برای ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ترسیم و تحلیل شدند.



شکل (۱) موقعیت ۸۲ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی در پهنه شمال غرب ایران

یافته‌ها و بحث

یکی از نقشه‌هایی که در اقلیم‌شناسی همدید استفاده می‌شود، نقشه‌های ضخامت است. در

20- Ward

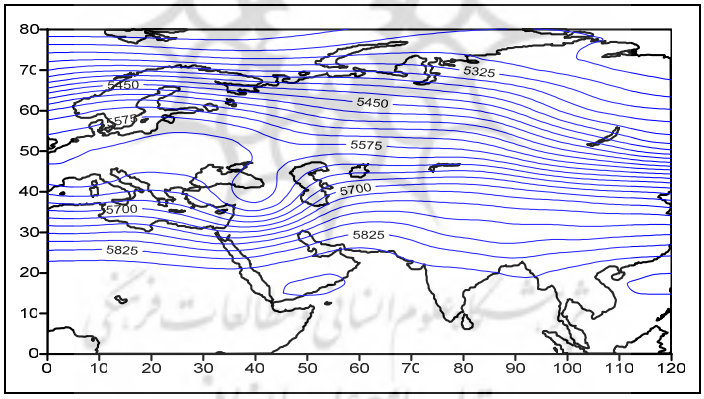
این نقشه‌ها ضخامت جو (ترازهای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) بوده و این ضخامت را ضخامت تمام اتمسفر تلقی می‌کنند (علیجانی، ۱۳۸۵: ۵۳). ضخامت زیاد روی نقشه‌های ضخامت، نشانگر توده هوای گرم و ضخامت کم، توده هوای سرد را مشخص می‌کند. در این نقشه‌ها می‌توان مناطق جبهه (ناپیوستگی) را که محل برخورد دو توده هوای سرد و گرم است و سبب حرکات صعودی می‌شود را نشان داد. نقشه‌های ضخامت ابزار سودمندی برای بررسی وضعیت گرمایی لایه‌های جوی است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۴۷). بنابرین بر روی این‌گونه نقشه‌ها می‌توان باد گرمایی را که به موازات خطوط ضخامت می‌وزد، نشان داد. هرچه خطوط ضخامت فشرده‌تر باشند، باد گرمایی سریع‌تر می‌وزد. پس علاوه بر شناسایی مناطق فعال جوی، مسیر آن‌ها را نیز می‌توان مشخص کرد. همچنین از روی نقشه‌های ضخامت می‌توان نوع بارش، محل جبهه و بسیاری پدیده‌های دیگر را شناسایی کرد. به‌همین منظور در این قسمت از پژوهش، الگوهای ضخامت جو را به چند خوشه مختلف تقسیم کرده (دو خوشه، سه خوشه، چهار خوشه و پنج خوشه) و پس از ترسیم نقشه‌های هر الگو و تطبیق آن‌ها با یکدیگر به این نتیجه رسیدیم که در وقوع بارش‌های حدی و فراگیر پهنه مطالعاتی چهار الگوی ضخامت حاکم بوده است. در ادامه به بررسی الگوهای ضخامت جو حاصله پرداخته می‌شود (شکل ۲).

شکل (۲) دارنمای ضخامت جو در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در پهنه شمال غرب ایران

الگوی شماره ۱

این الگو با فرود عمیقی در امتداد غرب کشور ایران مشخص است. در زمان حاکمیت

این الگو کشور ایران و به‌ویژه پهنه شمال غرب ایران در نیمه شرقی فرودی قرار گرفته که امتداد محور آن شمالی – جنوبی است. جریان هایی که در این الگو بر روی ایران و به‌ویژه پهنه مطالعاتی کشیده شده‌اند به‌دلیل پایین بودن عرض جغرافیایی، هوای سردی را به ایران منتقل ننموده است؛ اما با توجه به این که فرود یاد شده از روی دریاهای مدیترانه و سیاه گسترش یافته، می‌تواند حاوی رطوبت بیشتری به ایران و به‌ویژه پهنه مطالعاتی باشد. از سمت خلیج فارس نیز توده هوای گرم به داخل ایران پیشروی کرده است. با توجه به آرایش خطوط ضخامت، سرآغاز توده هوای گرم نفوذی به ایران، از سمت عربستان (جنوب خلیج فارس) بوده و نواحی جنوبی ایران دارای ضخامت زیادی نسبت به نواحی شمال است. با توجه به استقرار نیمه شرق فرود روی نوار شمالی کشور، به‌ویژه پهنه شمال غرب ایران، این پهنه محل ناپیوستگی و ایجاد جبهه است. ضخامت بیش از ۵۷۰۰ متر جو نیز، می‌تواند زمینه را برای رخداد بارش در این قلمرو ایجاد کند (شکل ۳).

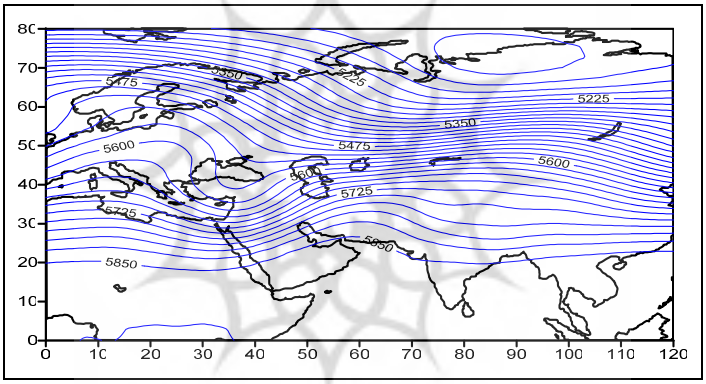


شکل (۳) الگوی شماره ۱ ضخامت جو برحسب متر

الگوی شماره ۲

این الگو با فرود عمیقی در امتداد منتهی الیه غرب روسیه– شمال دریای سیاه و شرق مدیترانه مشخص است. پهنه شمال غرب ایران در نیمه شرقی فرود قرار گرفته و شکل فرود به‌صورت فرود حرارتی همرسنده (علیجانی، ۱۳۸۵: ۵۶) است. این بدان معناست که در سطوح بالا همگرایی وجود دارد. بر اساس الگوی مزبور در جنوب ایران، ضخامت جو نسبت

به شمال و به‌ویژه شمال غرب ایران، به‌سبب نفوذ توده هوای گرم از عرض‌های پایین به داخل کشور زیادتر است. در عین حال در تمام گستره مطالعاتی، ضخامت جو کاهش یافته و ناپیوستگی به‌وجود آمده است. این منطقه محل برخورد توده هوای مذکور با توده هوای سردی است که از عرض‌های بالا (شمال روسیه) پیشروی کرده و سبب شیو شدید دما و تشکیل جبهه در این پهنه شده است. در این الگو نیز همانند الگوی قبل با توجه به میزان ضخامت جو که ۵۷۲۵ متر است، به‌نظر می‌رسد پهنه شمال غرب ایران از شرایط دگر فشار شدیدی برخوردار بوده و این می‌تواند بر روی افزایش مقدار وسعت منطقه تحت تأثیر بارش مؤثر باشد (شکل ۴).

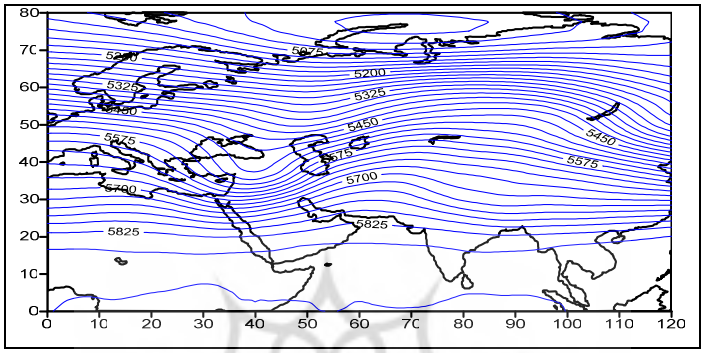


شکل (۴) الگوی شماره ۲ ضخامت جو برحسب متر

الگوی شماره ۳

در الگوی شماره ۳ ضخامت جو، یک فرود به‌نسبت عمیقی در غرب ایران مشاهده می‌شود. با توجه به محور شمال ـ جنوب این فرود، پهنه مطالعاتی زیر نیمه شرقی فرود قرار گرفته است. بر روی عرض‌های بالایی شمال غرب ایران خطوط ضخامت به‌صورت رودباد حرارتی همرسنده (عیلجانی، ۱۳۸۵: ۵۶) و بر روی پهنه شمال غرب ایران، به‌شکل فرود حرارتی همرسنده است که با توجه به این نوع آرایش خطوط همگرایی هوا در سطوح بالا وجود دارد. بنابراین در نوار شمالی کشور، وقوع جبهه و ناپیوستگی امری محتمل است. توده هوای گرم در این الگو از سمت خلیج فارس و دریای عرب به ایران نفوذ می‌کند. در این

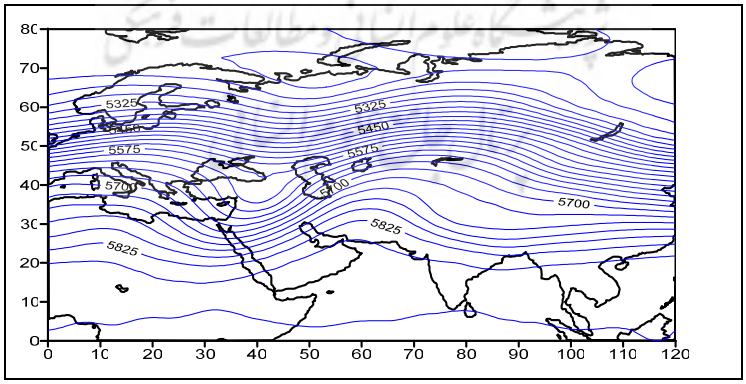
الگوی گردشی نیز با این که میزان ضخامت روی منطقه مطالعاتی افزایش یافته، ولی چون بیش از ۵۶۷۵ متر است، رخداد بارش را می‌توان انتظار داشت (شکل ۵).



شکل (۱) الگوی شماره ۳ ضخامت جو برحسب متر

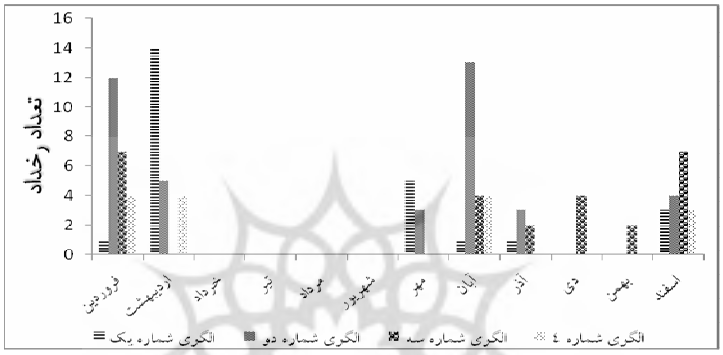
الگوی شماره ۴

در الگوی شماره ۴ ضخامت جو، همانند الگوی شماره‌ی ۳، یک فرود در غرب ایران با امتداد شمالی- جنوبی مشاهده می‌شود. در زمان حاکمیت این الگو، پهنه مطالعاتی زیر نیمه شرقی فرود (جلوی فرود) قرار گرفته است. در زمان حاکمیت این الگو تمام گستره ایران زیر یک فراز بالایی واقع شده است. به‌نظر می‌رسد الگوی مذکور توانسته شرایط ناپایداری را برای ایران و ه پهنه مطالعاتی فراهم کند (شکل ۵).



شکل (۶) الگوی شماره ۴ ضخامت جو برحسب متر

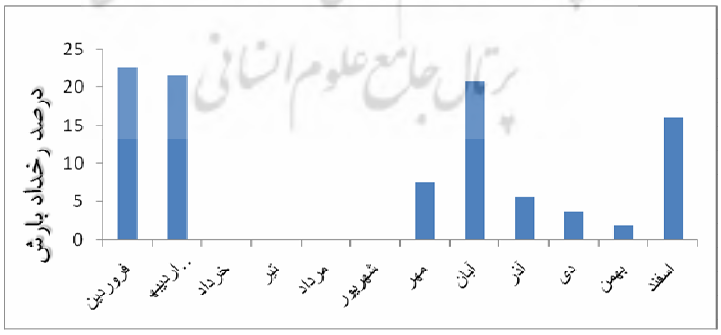
در مجموع نتایج حاصل از بررسی فراوانی ۱۰۶ روز بارش حدی و فراگیر در پهنه مطالعاتی و در زمان حاکمیت الگوهای ضخامت جو، حاکی از این است که بارش‌های پهنه از مهر ماه آغاز شده و تا اواخر اردیبهشت ماه تداوم می‌یابد (شکل ۷). اوج زمانی بارش در اردیبهشت ماه است و ماه‌های فروردین و آبان در رتبه‌های بعد قرار دارند (شکل ۸).



شکل (۷) فراوانی ۱۰۶بارش سنگین در طی حاکمیت الگوهای ضخامت جو از تاریخ ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۸/۱/۱

روزهای نماینده الگوهای ضخامت جو

بر اساس چهار الگوی ضخامت جو حاصله از این پژوهش و با محاسبه ضریب همبستگی برای هر الگو، چهار روز نماینده تعیین شد. این روزهای نماینده، به‌ترتیب عبارتند از: ۱۳۸۲/۱/۲۷، ۱۳۷۳/۸/۱۴، ۱۳۷۱/۸/۱۶ و ۱۳۵۲/۱۲/۲۶ که به اختصار در این نوشتار، تنها به بررسی یکی از روزهای نماینده به‌عنوان نمونه پرداخته می‌شود.

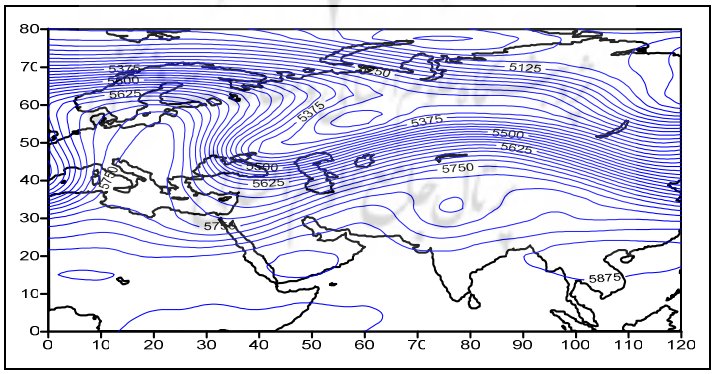


شکل (۸) درصد فراوانی رخداد کل الگوهای ضخامت جو در طول سال‌های مورد بررسی

روز نماینده الگوی شماره ۲ ضخامت جو (۱۳۷۳/۸/۱۴)

الگوی ضخامت جو

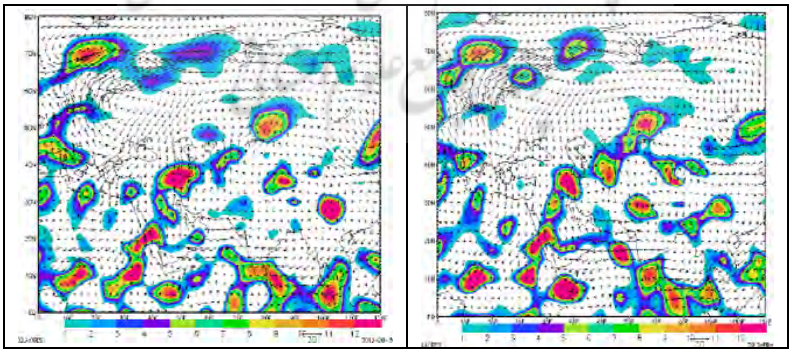
در نقشه روز (۱۳۷۳/۸/۱۴) که روز نماینده الگوی شماره ۲ ضخامت جو انتخاب شده است، فرودی عمیق با یک هسته سردچال بر روی دریای سیاه مشاهده می‌شود که از جنوب دریای کارا آغاز شده و تا شمال دریای سیاه در محدوده شمالی ـ جنوبی امتداد یافته و از این منطقه تا شمال شرق دریای مدیترانه با تغییر جهت (شمال شرقی ـ جنوب غربی) گسترده شده است. با نگاهی به فرود مزبور درمی‌یابیم که کمابیش پهنه مطالعاتی در نیمه شرقی فرود واقع شده است. با توجه به این امر می‌توان گفت جریان هوای سردی که از نیمه غربی فرود بر روی عراق و بخش‌های غربی ایران ریزش کرده است در برخورد با هوای گرمی که از روی شمال‌شرق افریقا و عربستان گسترش یافته، منطقه دگرفشار وسیعی را روی ایران و پهنه مطالعاتی ایجاد نموده است. در عین حال، حالت خطوط بیانگر استقرار یک فرود سرد بر منطقه است. در نقطه آغاز (جنوب دریای کارا) ضخامت جو کم‌تر از ۵۳۷۵ متر است. بنابراین می‌توان انتظار ریزش‌های جوی از نوع برف را داشت. آرایش خطوط ضخامت بین پهنه شمال غرب ایران و دریای سیاه، نشانگر تغییر ناگهانی خطوط هم ضخامت (محل انحنای خطوط) بوده که می‌توان این منطقه را محدوده جبهه برشمرد (شکل ۹).



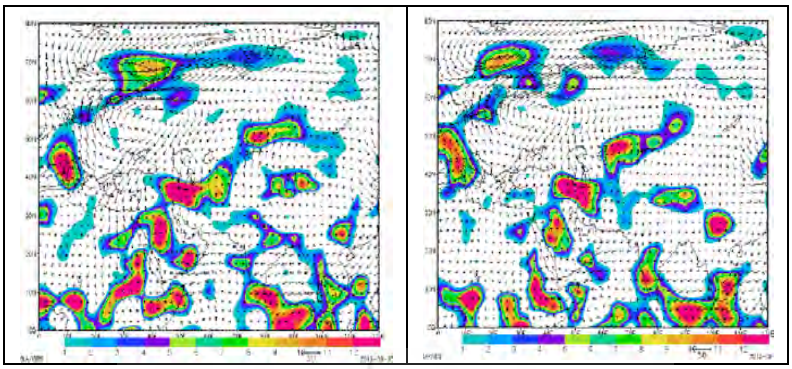
شکل (۹) روز نماینده الگوی شماره ۲ ضخامت جو برحسب متر (۱۳۷۳/۸/۱۴)

تحلیل تابع همگرایی شار رطوبت در ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

بررسی نقشه‌های همگرایی شار رطوبت در ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال طی چهار دیده‌بانی همدید در ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ گرینویچ، نشان داد که ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال سطوح مناسب برای تحلیل شار رطوبت در پهنه مطالعاتی هستند. در نقشه‌های همگرایی شار رطوبت، هسته‌های رطوبتی روی شمال غرب ایران و اطراف آن دیده می‌شود که به‌طور عمده از دریای سیاه، دریای مدیترانه و دریای خزر رطوبت خود را تأمین می‌کنند. در ساعت ۰۰:۰۰ تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال کمربندی از هسته‌های رطوبتی از جنوب عربستان تا شمال دریاچه بالخاش را می‌پوشاند. این هسته گسترده رطوبت خود را از چند منبع تأمین می‌کند: دریای سیاه، دریای مدیترانه، دریای خزر و دریای عرب، خلیج فارس و تا حدودی دریای سرخ. رطوبتی که روی گستره مطالعاتی تأثیر دارد، از منابع مزبور تأمین می‌شود. در ساعت ۰۶:۰۰ با اینکه هسته رطوبتی مستقر در شمال غرب ایران، تنها از سمت دریای خزر و خلیج فارس رطوبت دریافت می‌کند؛ ولی بسیار قوی‌تر از دیده‌بانی قبل حضور دارد. در ساعت ۱۲:۰۰ علاوه بر دریای خزر و خلیج فارس، دریای سیاه نیز بر تأمین رطوبت مورد نیاز بارش این روز اثرگذار بوده است. از دیگر سو، رطوبت از شرق دریای سیاه با جهتی شمال غربی ـ جنوب شرقی به سمت شمال‌غرب ایران وارد می‌شود. در ساعت ۱۸:۰۰، به‌جز افزایش سرعت در جریان‌های جوی (بیش از ۲۰ متر بر ثانیه) که سبب تجمع بیشتر رطوبت در مناطق خاصی شده، تغییر دیگری در منابع تأثیرگذار رطوبتی دیده نمی‌شود (شکل ۱۰).



ساعت ۰۰:۰۰ ساعت ۰۶:۰۰



ساعت ۱۲:۰۰ ساعت ۱۸:۰۰

شکل (۱۰) همگرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵هکتوپاسکال برحسب $^{0}_{1}{}^{-5}g.\overset{g}{k}{}^{-1}.s^{-1}$ در تاریخ (۱۳۷۳/۸/۱٤)

در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در هر چهار دیده‌بانی، وضعیت رطوبت همانند تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال بوده است. در این تراز نیز هم‌چنان دریای خزر،خلیج فارس، دریای عرب و دریای سرخ اصلی‌ترین منابع تأمین رطوبت هسته‌های رطوبتی هستند. تنها تفاوت در این تراز، افزایش تدریجی سرعت و تغییر جهت بردارهای سرعت از اولین دیده‌بانی (ساعت ۰۰:۰۰) تا آخرین دیده‌بانی روز (۱۳۷۳/۸/۱۴) (ساعت ۱۸:۰۰) است (شکل ۱۰).

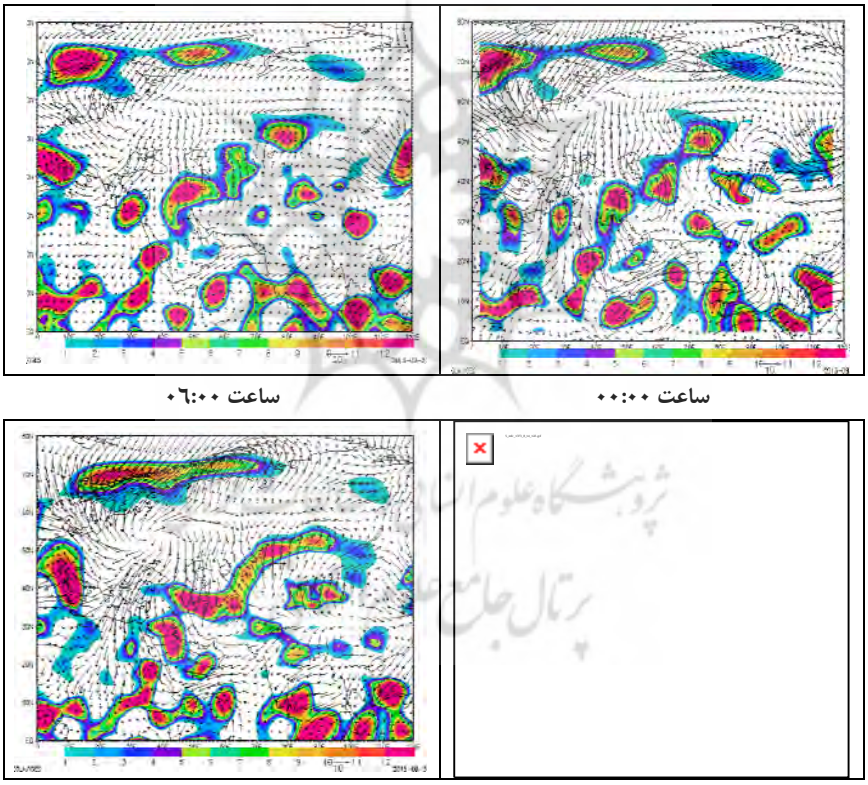
نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف شناسایی شرایط همدید پدیدآورنده بارش‌های حدی و فراگیر در پهنه شمال غرب ایران، بارش‌های حدی و فراگیر در پهنه مطالعاتی شناسایی و الگوهای همدید و سامانه‌های اقلیمی به‌وجود آورنده آن‌ها بررسی شد. با توجه به تحلیل الگوهای ضخامت جو در ترازهای ۵۰۰–۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روزهای رخداد بارش حدی و فراگیر چهار الگوی گردشی مشخص شد که عبارتند از:

الف) الگوی شماره ۱: فرودی بسیار عمیق در غرب ایران واقع شده و شرایط ناپیوستگی را در پهنه شمال غرب ایران، به‌دلیل برخورد با توده هوای گرم در نواحی جنوبی کشور (ناشی از زبانه‌های توده هوای گرم مستقر بر عربستان) ایجاد کرده است. تاریخ ۱۳۸۲/۱/۲۷

روز نماینده الگوی شماره ۱ ضخامت جو است.

ب) الگوی شماره ۲: فرود به‌نسبت عمیقی در امتداد منتهی الیه غرب روسیه- شمال دریای سیاه و شرق مدیترانه قابل مشاهده است. پهنه شمال غرب ایران در نیمه شرقی فرود قرار گرفته است. در تمام گستره مطالعاتی، ضخامت جو کاهش یافته و ناپیوستگی به‌وجود آمده است. این منطقه محل برخورد توده هوای مذکور با توده هوای سردی است که از عرض‌های بالا (شمال روسیه) پیشروی کرده و سبب شیو شدید دما و تشکیل جبهه در این پهنه شده است. روز نماینده این الگو تاریخ ۱۳۷۳/۸/۱۴ است.



ساعت ۰۰:۰۰ ساعت ۰۶:۰۰

ساعت ۱۲:۰۰ ساعت ۱۸:۰۰

شکل (۱۱) همگرایی شار رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال برحسب $10^{-5}\, g \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$ در تاریخ ۱۳۷۳/۸/۱۴

ج) الگوی شماره ۳: در این الگو یک فرود به‌نسبت عمیقی در غرب ایران با امتداد شمالی – جنوبی مشاهده می‌شود. بر روی عرض‌های بالایی شمال غرب ایران خطوط ضخامت به‌صورت رودباد حرارتی همرسنده است. با توجه به خطوط ضخامت در این الگو، وقوع جبهه و ناپیوستگی در پهنه مطالعاتی امری محتمل است. توده هوای گرم در این الگو از سمت خلیج فارس و دریای عرب به ایران نفوذ می‌کند. روز نماینده این الگو تاریخ ۱۳۷۱/۸/۱۶ است.

د) الگوی شماره ۴: در این الگو یک فرود در غرب ایران با امتداد شمالی– جنوبی قابل مشاهده می‌باشد؛ که پهنه مطالعاتی زیر نیمه شرقی فرود (جلوی فرود) قرار گرفته است. با توجه به این امر به‌نظر می‌رسد که الگوی مذکور توانسته شرایط ناپایداری را برای ایران و به‌ویژه پهنه مطالعاتی فراهم کند. روز نماینده این الگو تاریخ ۱۳۵۲/۱۲/۲۶است.

هر چند بارش‌های این پهنه از چهار الگوی مختلف ضخامت جو پیروی می‌کنند؛ اما در هر چهار الگو، فرود در غرب ایران (غرب پهنه شمال غرب ایران) واقع شده که تنها کمی از لحاظ آرایش مکانی تفاوت ایجاد کرده است. بررسی تابع شار همگرایی رطوبت در دو تراز ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال که ترازهای مناسب برای تشکیل هسته‌های رطوبتی هستند نیز، نشان داد که جریان‌های عرض‌های بالا که هوای سرد را به عرض‌های پایین وارد می‌کنند با عبور از روی دریای سیاه، مدیترانه، سرخ، عرب، خلیج فارس و دریای خزر کسب رطوبت کرده و این رطوبت را به پهنه مطالعاتی تزریق می‌کنند. در مجموع، توده آبی خزر، خلیج فارس و عرب اصلی‌ترین منابع تأمین رطوبت بارش‌های حدی و فراگیر پهنه شمال غرب ایران به‌شمار می‌رود و منابعی دیگر چون، دریای سیاه و دریای مدیترانه و دریای سرخ در درجه بعدی اهمیت قرار دارند، زیرا این منابع از محدوده مطالعاتی دور هستند.

منابع

- خوشحال دستجردی، ج. (۱۳۷۶)، «تحلیل و ارائه یک مدل سینوپتیک-کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از صد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر»، رساله دکترای جغرافیای طبیعی با گرایش اقلیم، دانشگاه تربیت مدرس.
- خوشحال دستجردی، ج.؛ قائمی، هـ (۱۳۷۷)، «تحلیل و ارائه‌ی یک مدل سینوپتیک اقلیمی برای بارش‌های بیش از ۱۰۰میلی متر در سواحل جنوبی دریاچه‌ی خزر»، ***مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی*** (دانشگاه اصفهان)، شماره ۱۳ و ۱۴، سال ، صص ۸۲-۵۲..
- عربی، زهرا (۱۳۸۵)، «تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیرماه ۱۳۷۸ در ایران»، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۵۶.
- علیجانی، بـهلول (۱۳۸۱)، «شـناسایی تیپ‌های هوایـی باران‌آور تـهران بر اساس محاسـبه چرخندگی»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۶۴-۶۳.
- علیجانی، ب. (۱۳۸۵)، ***«اقلیم‌شناسی سینوپتیک»***، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
- محمدی، بـختیار (۱۳۸۸)، «***تحلیل همدید بارش‌های ابر سـنگین ایران***»، پایان‌نامه دکتری اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی»، استادان راهنما: دکتر سیدابوالفضل مسعودیان و دکتر محمدرضا کاویانی، دانشکده ادبیات، دانشگاه اصفهان.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۴)، «شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورنده سیلاب‌های بزرگ در کارون»، ***مجله جغرافیا و توسعه***، شماره ۵.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۵)، «زیج سی ساله الگوهای گردشی تراز میانی جو ایران»، ***مجله جغرافیا و توسعه***، شماره۵.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۷)، «شناسایی شرایط همدید همراه با بارش‌های ابرسنگین ایران»، سومین کنفرانس مدیریت منابع ایران، ۲۳ الی۲۵مهرماه، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.
- مسعودیان، سیدابوالفضل، همکاران (۱۳۹۱)، ***«مایش و پردازش داده‌های جوی»***، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- مفیدی، ع.؛ زرین، آ. و جانباز قـبادی، غ. (۱۳۸۶)، «تعیین الگوی هـمدیدی بارش‌های شـدید و

حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر»، ***مجله فیزیک زمین فضا***، دوره ۳۳، شماره ۳، صص. ۱۳۱-۱۵۴.

- Carla Lima, K., P. Satyamurty and J. P. Reyes Fernandez (2009), "Large-Scale Atmospheric Conditions Associated with Heavy Rainfall Episodes in Southeast Brazil", ***Theoretical and Applied Climatology***, Springer Wien, DOI. 10.1007/s00704-009-0207-9.
- Ching-Sen, Ch., Chuan-Yao, L., Yin-Jin, Ch. and His-Chi, Y., (2002), "A Study of Afternoon Heavy Rainfall in Taiwan during the Mei-yu Season", ***Atmospheric Research***, Vol. 65, No. 1-2, PP.129-149.
- Federico, S., Avolio, E., Pasqualoni, L., and Bellecci, C., (2008), "Atmospheric Patterns for Heavy Rain Events in Calabria", Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 8, PP. 1173-1186.
- Kohnova S. and Parjka J. (2005), "Estimation of Design Maximum Daily Precipitation Depths in a Mountain Region of Slovakia, Dept. of Land and Water ResourcesManagement", Slovak University of Technology.
- Lana, A.J. Campins, A. Genov´es, and A. Jans., (2007), "Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands", ***Advances in Geosciences***, 12, 27-32.
- Lee, Dong-Kyou., Jeong-Gyun PARK, and Joo-Wan KIM., (2008), Heavy rainfall events Lasting 18 days from July 31 to August 17, 1998, over Korea, ***Journal of the Meteorological Society of Japan***, Vol, 86, No. 2, pp. 313-333.
- M. Muller, M. Ka spar, and J. Matschullat (2009), "Heavy rains and extreme rainfall-runoff events in Central Europe from 1951 to 2002", ***Natural Hazards and Earth System Sciences***,Vol. 9, pp 441- 450.
- Roberto Rudari, Dara Entekhhabi and Giorgio Roth (2004), "Large-scale atmospheric patterns associated with mesoscale features leading to extreme precipitation event in Northwestern Italy", ***Advance in Water Resources***, 28, 601-614.
- Seibert, P., A. Frank, and H. Formayer (2007), "Synoptic and regional patterns of heavy Precipitation in Austria", ***Theoretical and Applied Climatology***.87, 139-152.