نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ٤، زمستان١٣٩٤

صفحات٧٦-٦٥

تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر در ایران

حسن مصطفائی[1]، کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی.

بهلول علیجانی، استاد آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی.

محمد سلیقه، دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی.

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۰۱ پذیرش نهایی:۱۳۹۴/۰۹/۱۸

چکیده

بارش‌های سنگین از جمله مخاطرات محیطی است که وقوع ناگهانی آنها منجر به خسارات جانی و مالی می‌شود. با توجه به اینکه هیچ پدیده‌ی محیطی وجود ندارد که الگوی خاصی از توزیع فشار، عامل ایجاد آن نباشد، می‌توان با شناخت شرایط سینوپتیکی و الگوهای فشار بوجود آورنده‌ی این پدیده، از چند روز قبل، بارش‌های سنگین را پیش‌بینی کرده و آمادگی لازم در مواجه با این پدیده بدست آورد. بر این اساس این پژوهش با هدف شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای گردش جوی بارندگی‌های شدید بر روی ایران، به انجام رسیده است. برای دستیابی به این مهم، داده‌های میانگین روزانه‌ی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۹ – ۱۹۸۰ در تلاقی‌های ۲/۵ * ۲/۵ درجه از مجموعه داده‌های بازسازی شده‌ی NCEP / NCAR ، استخراج گردید. محدوده‌ی انتخاب شده که گستره‌ای از ۱۰ تا ۶۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه‌ی طول شرقی را پوشش می‌دهد، شامل ۶۰۹ یاخته است. با استفاده از آرایه‌ی S روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) تعداد ۶۰۹ تلاقی مورد مطالعه به پنج مؤلفه‌ی اصلی که مجموعاً ۷۷/۶۳ درصد از کل واریانس داده‌ها را توضیح می‌دهند، کاهش داده شد. سپس به کمک خوشه بندی چند هسته‌ای (K- Mean Cluster) همه‌ی روزهای مورد مطالعه به پنج گروه دسته‌بندی و نقشه‌ی ترکیبی هر گروه به عنوان الگوی گردشی کنترل کننده‌ی بارش‌های شدید و فراگیر ایران، ترسیم و ارائه شد. نتایج این بررسی گویای وجود اختلاف در آرایش الگوها، فراوانی تیپ‌های هوا و مسیر حرکت آنها به سوی ایران است. همچنین برای ارزیابی رابطه‌ی بین الگوهای گردش جوی و بارش از شاخص Pi استفاده شد.

واژگان کلیدی: طبقه بندی الگوهای سینوپتیکی، بارش‌های شدید، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، خوشه‌بندی، ایران.

[1]- نویسنده مسئول: Email: hmostafayi٦٤@yahoo.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

مقدمه

ایران به توجه به موقعیت جغرافیایی خاص خود در منطقه‌ای انتقالی نسبت به الگوهای بزرگ مقیاس گردش عمومی ورد سپهری (تروپوسفری) قرار دارد و محل برهم کنش سیستم‌های گردش برون حاره و حاره‌ای است. این ویژگی همراه با توپوگرافی پیچیده‌ی آن سبب گردیده تا این سرزمین از تنوع آب و هوایی قابل ملاحظه‌ای برخوردار گردد. در طی یک دهه‌ی گذشته و به دنبال تکامل مطالعات اقلیم‌شناسی در ایران، پژوهشگران متعددی جنبه‌های مختلف اقلیم ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این بین بارش‌های سنگین از جمله‌ی پدیده‌های اقلیمی است که وقوع ناگهانی آنها منجر به خسارات جانی و مالی می‌شود. کشور ایران هم به دلیل آنکه در منطقه‌ی خشک و کم بارانی قرار گرفته، وقوع این نوع بارش‌ها، منجر به جاری شدن سیل در مدت زمان کوتاه شده و خسارات هنگفتی به بار می‌آورد که جبران آن در کوتاه مدت امکان‌پذیر نیست. در حقیقت می‌توان گفت که بارش‌های سنگین اساسی‌ترین عامل وقوع سیل می‌باشند که در اکثر حوضه‌های ایران، سیل‌های مخربی را باعث می‌شود. با توجه به اینکه هیچ پدیده‌ی محیطی وجود ندارد که الگوی خاصی از توزیع فشار عامل ایجاد آن نباشد (علیجانی ، ۱۳۸۱: ۲۰۱) شناخت ما از شرایط سینوپتیکی و الگوهای فشار بوجود آورنده‌ی این پدیده و بررسی فراوانی زمانی آنها ، همچنین مکانیسم تکوین، حرکت و گسترش این الگوها ، می‌توانیم از چند روز قبل، بارش‌های سنگین را پیش‌بینی نموده و آمادگی لازم را در مواجه با این پدیده بدست آوریم. بنابراین یکی از پدیده‌هایی که در اقلیم‌شناسی سینوپتیک باید به آن پرداخته و از آن در برنامه‌ریزی‌های محیطی استفاده شود، پیش‌آگاهی از وقوع بارش‌های سنگین است. با توجه به اینکه مؤلفه‌های اصلی گردش جو بارش‌های سنگین و فراگیر ایران به نسبت بالایی ناشناخته باقی مانده است، پژوهش حاضر سعی در شناسایی الگوهای اصلی حاکم بر این رخداد را دارد. طبقه‌بندی الگوهای گردش جوی از گذشته مورد توجه اقلیم شناسان بوده و یکی از اهداف اصلی اقلیم شناسی سینوپتیک است. مطالعات اقلیم‌شناسی سینوپتیک ابتدا به صورت کیفی انجام می‌شد اما از اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ که استفاده از رایانه و الگوریتم‌های پیشرفته ریاضی مانند PCA[1] و CA[2] و پردازش داده‌های عددی نقطه‌ای، گسترش یافت، روش‌های کمی در اقلیم‌شناسی توسعه پیدا کرد و روش‌های کمی جایگزین روش دستی شد. افرادی مانند برایسون (Bryson ,1966) ازاولین پژوهشگرانی بود که تکنیک PCA را جهت مطالعات اقلیم‌شناسی سینوپتیک به کار گرفت.

تاکنون در سطح جهان، مطالعات زیادی با روش‌ها و اهداف مختلف درباره‌ی رابطه‌ی بارندگی و الگوهای گردشی جو انجام شده که اهمیت این‌گونه پژوهش‌ها و کاربردهای آن را نشان می‌دهد. برای نمونه در سطح جهان بوگاردی و همکاران (Bogardi et al.,1994) با استفاده از روش خوشه‌بندی چند هسته‌ای، داده‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای منطقه نبراسکای شرقی خوشه‌بندی و ارتباط الگوهای بدست آمده را با بارش منطقه بررسی نمودند. علیجانی و هارمان (Alijani and Harman , 1985) در تحلیل سینوپتیکی بارش‌های روزانه‌ی ایران، نقشه‌های سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را مورد بررسی قرار داده و مکانیسم‌های بوجود آورنده‌ی بارش‌های ایران را شناسایی کردند. در مطالعه‌ی ارتباط بارندگی‌های روزانه‌ی ناحیه‌ی مدیترانه‌ای اسپانیا با الگوهای گردش جوی با استفاده از داده‌های ECMWF ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال ۱۱ الگو، و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، ۸ الگوی مهم شناسایی شد (Romero et al. , 1998). سیبرت و همکاران (Seibert et al. , 2007) با استفاده از روش خوشه‌بندی،

[1]. Principal Component Analysis
[2] . Cluster Analysis

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

هفت الگوی سینوپتیکی عامل بارش سنگین، را در اتریش شناسایی کردند. هیدالگو- مونوز و همکاران (Hidalgo-Munoz et al. , 2011) روندهای بارش سنگین و الگوهای سینوپتیکی جنوب‌غربی اسپانیا را در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۶- ۱۹۵۵ میلادی، شناسایی کردند. آنها داده‌های فشار سطح دریا و ارتفاع سطح ۵۰۰ را با استفاده از تکنیک‌های طبقه بندی آماری PCA و آرایه یT مورد بررسی قرار دادند. لانا و همکاران (Lana et al. , 2007) در بررسی الگوهای گردش جوی بارش سنگین در جزایر بالریک، ترازهای جوی سطح زمین، ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال را طبقه‌بندی کردند و با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) تعداد متغیرها کاهش داده شد و تحلیل خوشه‌ای بر روی متغیرهای جدید اعمال شد که ۸ الگوی متفاوت شناسایی شدند بیشتر الگوها نشان دهنده یک رابطه‌ی قوی بین بارش سنگین و الگوهای گردشی بودند. جان بیچ و همکاران (Bech et al. , 2011) در تحلیل بارش سنگین و گردبادهای شبانه‌ی دریای مدیترانه با استفاده از داده‌های دریافتی به وسیله‌ی رادار به ارزیابی میزان خسارت پرداخته-اند. مانان و همکاران(Mannan et al. , 2013) کاربرد مدل NWP را در پیش‌بینی بارش‌های سنگین بنگلادش بررسی کرده‌اند. نی شی یاما و همکاران (Nishiyama et al. , 2007) در بررسی الگوهای سینوپتیکی منجر به بارش سنگین در فصول بارانی کشور ژاپن، با استفاده از الگوریتم SOM و تکنیک‌های خوشه بندی $U - matrix$ و $K - means$ هشت نوع الگوی مهم را شناسایی کردند. چن و همکاران (Chen et al. , 2010) با بهره‌گیری از مدل CGCM و سناریوی AR4 ، بارش‌های سنگین چین را در طی قرن ۲۱ مورد ارزیابی قرار دادند نتایج آنها نشان داد که تغییراتی در فراوانی و شدت بارش‌های سنگین در پایان قرن ۲۱ ایجاد خواهد شد.

در ایران نیز در دهه‌های اخیر مطالعاتی در زمینه‌ی رابطه‌ی بین بارش‌های سنگین و الگوهای فشار صورت گرفته است به عنوان نمونه علیجانی (۱۳۸۰) در بررسی تیپ‌های هوای مؤثر بر اقلیم ایران در ماه‌های نوامبر تا مارس سال-های ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۵، با استفاده از داده‌های روزانه‌ی فشار سطح دریا در ساعت ۱۲ و به کمک روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ۹ تیپ هوا شناسایی کردند نتایج این تحقیق نشان داد که تیپ کم‌فشار غربی تقریباً در همه جای ایران، شدیدترین بارش‌های روزانه را تولید می‌کند در حالی که در نواحی سواحل دریای خزر، تیپ پرفشار غربی شدیدترین بارش‌ها را پدید می‌آورد . در بررسی پراکندگی فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران نتایج تحقیق نشان داده که در همه جای کشور حداقل ۴۰ درصد از سال بحران‌های اقلیمی وجود دارد همچنین هر نقطه‌ای از کشور حداقل از نظر یک شاخص اقلیمی دچار بحران است که بحران‌های بارشی در همه جای کشور پراکنده شده است (علیجانی ، ۱۳۹۰). علیجانی (۲۰۰۲) همچنین با بررسی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال توانست دو ناوه خزر و سوریه که نقش مهمی در کنترل آب و هوای ایران دارند را شناسایی و معرفی کند. او در این بررسی نشان داد که ناوه ها و پشته-هایی که در نزدیکی ایران قرار می‌گیرند بیشترین تاثیر را در آب و هوای ایران دارند که از این میان ناوه سوریه و مدیترانه مهمترین نقش را بویژه در بارش غرب کشور دارا می‌باشند. حجازی زاده و فتاحی (۱۳۸۶) با استفاده از روش PCA و خوشه‌بندی چند هسته ای هشت تیپ هوای اصلی را برای فصل زمستان ایران شناسایی و به کمک روش تحلیل همبستگی ارتباط آنها را با بارش ایران تعیین نمودند. رضیئ (۱۳۸۶) با استفاده از روش PCA و خوشه بندی چند هسته ای، الگوهای گردش جو زمستانه ایران را برای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی کرد. او ۱۸ الگوی گردشی برای این فصل شناسایی و ارتباط آنها را با دوره های خشک و تر در غرب ایران بررسی و الگوهای خشکی زا و بارش‌زای این فصل را شناسایی نمود. سلیقه (۱۳۷۷) در بررسی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های تابستانه‌ی جنوب شرق ایران، سه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

الگوی مهم را شناسایی کرد. لشگری (۱۳۷۵) در پژوهشی به بررسی و مطالعه‌ی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های سنگین جنوب غرب ایران پرداخته است. ایشان پس از تحلیل سینوپتیکی نقشه‌های سطح زمین، سطوح ۸۵۰ ، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، نتیجه گرفت که وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در جنوب غرب ایران نتیجه‌ی تقویت و تشدید فعالیت مرکز کم فشار سودانی و منطقه‌ی همگرایی دریای سرخ و تبدیل آنها به سیستم دینامیکی و ترمودینامیکی می‌باشد. حمیدیان پور و همکاران (۱۳۸۹) برای شناسایی الگوهای همدیدی بارش‌های شدید شمال شرق ایران از روش‌های ترکیبی کمی و کیفی بهره برده‌اند یعنی هم از طریق روش‌های آماری پیشرفته‌ی تحلیل عاملی و روش خوشه‌بندی و هم از طریق روش دستی به صورت بررسی نقشه‌های ۶ ساعته‌ی هر روز بارش تا حداکثر ۷۲ ساعت قبل از شروع بارش، استفاده نموده و سه نوع الگوی کم‌فشارهای سودانی، کم‌فشارهای ترکیبی سودانی مدیترانه‌ای و کم-فشارهای مدیترانه‌ای شناسایی شدند. عربی (۱۳۷۹) در شناسایی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر فصل تابستان ایران، نقشه‌های فشار روزهای شروع و اوج بارش‌های شدید و فراگیر را بررسی کرده و دو الگوی مؤثر را معرفی کرد. اشجعی باشکند (۱۳۷۹) در پژوهشی به بررسی و مطالعه‌ی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های سنگین در شمال غرب ایران پرداخته است.

در مجموع با توجه به اینکه بر اساس روش‌های کمی در زمینه‌ی شناسایی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های سنگینی که به صورت فراگیر در سطح ایران اتفاق افتاده باشد، مطالعاتی انجام نشده بود، این پژوهش به آن پرداخته است.

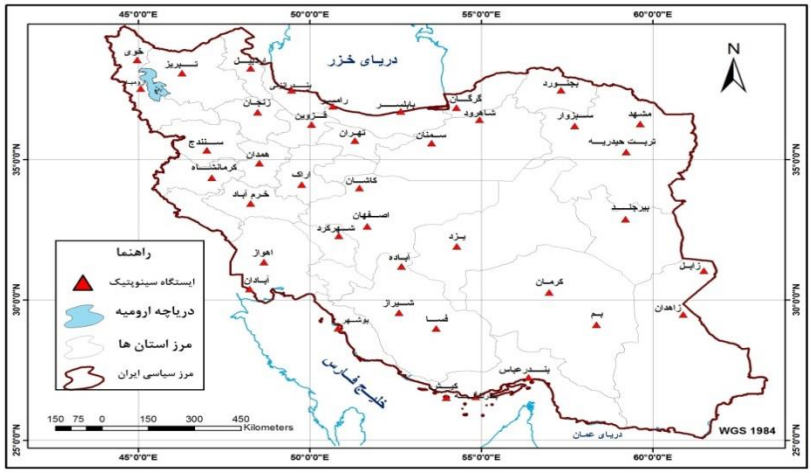
داده‌ها و روش کار

محدوده‌ی مورد مطالعه در این پژوهش، کل ایران است و جامعه‌ی آماری آن شامل دو پایگاه می‌شود یکی پایگاه داده-های محیط سطحی که آمار بارش روزانه‌ی ۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران برای دوره‌ی آماری ۲۰۰۹ – ۱۹۸۰ میلادی که از طریق بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کل کشور، دریافت شد. در انتخاب ایستگاه‌ها در سطح محدوده-ی مورد مطالعه سعی شد که هم از لحاظ پراکندگی فضایی، توزیع مناسب داشته و همچنین دارای آمار بلند مدت ۳۰ ساله باشند که از ۳۱۸ ایستگاه سینوپتیک در محدوده‌ی ایران، تنها ۴۰ ایستگاه سینوپتیک آمار بلند مدت و کاملی داشتند. شکل (۱) نشان دهنده‌ی محدوده مورد مطالعه و توزیع جغرافیایی ایستگاه‌ها در سطح ایران می‌باشد.

پایگاه دیگر داده‌های رقومی میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا با تفکیک مکانی ۲/۵ * ۲/۵ درجه‌ی جغرافیایی در محدوده‌ی ۱۰ تا ۶۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه‌ی طول شرقی (۶۰۹ تلاقی) به صورتی که بتواند کل سیستم‌های کنترل کننده‌ی بارش‌های ایران را در بربگیرد، از پایگاه داده‌ی NCEP / NCAR وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده، دریافت شد. جدول شماره‌ی (۱) ویژگی-های داده‌های مورد استفاده شده را نشان می‌دهد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه و توزیع جغرافیایی ایستگاه‌ها در سطح ایران

جدول (۱): ویژگی‌های متغیرهای استفاده شده در پژوهش

ردیف	نام متغیر	مقیاس زمانی	دقت مکانی (درجه)	دوره‌ی آماری	مرجع
۱	فشار سطح دریا (SLP)	میانگین روزانه	۲/۵ * ۲/۵	۱۹۸۰ - ۲۰۰۹	NCEP/NCAR
۲	ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال	میانگین روزانه	۲/۵ * ۲/۵	۱۹۸۰ - ۲۰۰۹	NCEP/NCAR
۳	مجموع بارش روزانه	روزانه	ایستگاه‌های انتخابی	۱۹۸۰ - ۲۰۰۹	سازمان هواشناسی

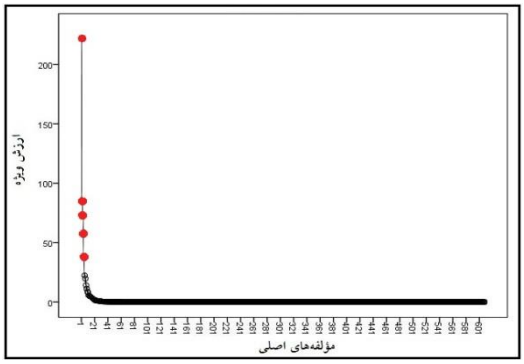
در این پژوهش با توجه به رویکرد مطالعه‌ی محیطی به گردشی، روزهای رخداد بارش سنگین بر اساس صدک ۹۰ در دوره‌ی آماری ۲۰۰۹ – ۱۹۸۰ میلادی برای هر ایستگاه مشخص شد و از بین آنها، روزهایی که حداقل در ۲۵ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه، به طور همزمان، بارش شدید گزارش شده بود، انتخاب گردید. در دوره‌ی آماری مورد مطالعه، ۶۳ روز دارای این شرایط بود که داده‌های فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل این روزها جهت طبقه‌بندی الگوهای گردش جوی حاکم بر این روزها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدلیل اینکه داده‌های فشار تراز سطح دریا، نسبت به ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، تغییرپذیری فضایی و و حتی زمانی بیشتری دارند و هدف، مطالعه‌ی بیشترین تغییرات است، بنابراین داده‌های فشار تراز سطح دریا بهتر می‌توانند الگوهای گردش جو را شناسایی کنند از این رو این داده‌ها ملاک عمل قرار گرفتند و ماتریس حالت S آن در روزهای انتخابی تشکیل و با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره تحلیل عاملی (PCA) و تحلیل خوشه‌ای (CA) جهت طبقه‌بندی و شناسایی الگوهای حاکم بر رخداد بارش سنگین و فراگیر مورد استفاده قرار گرفت. روش تحلیل عاملی عمدتاً به عنوان یک روش آماری برای کاهش تعداد متغیرها بوجود آمده است. امتیاز این روش در این است که ضمن اینکه تعداد متغیرها را کاهش می‌دهد، مقدار اولیه‌ی واریانس (تنوع یا پراش) موجود در داده‌های اصلی را حفظ می‌کند (علیجانی ، ۱۳۸۱: ۱۸۰). بدین منظور برای تشخیص متغیرهایی که معرف اصلی الگوهای گردش جو بارش‌های سنگین و فراگیر هستند، از آن استفاده شد. در مرحله‌ی بعد، جهت تعیین تعداد عامل‌ها از آزمون غربالی[1] (شکل شماره‌ی ۲) استفاده شد و تعداد پنج مؤلفه‌ی نخست را که مجموعاً ۷۷/۶۳ درصد از کل واریانس داده‌ها را شامل می‌شدند، انتخاب و فاکتورهای قسمت انتهای محور حذف شدند. جدول شماره (۲) مقادیر ارزش ویژه، واریانس و واریانس افزایشی مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد. مرحله‌ی بعدی

[1] . Scree Plot

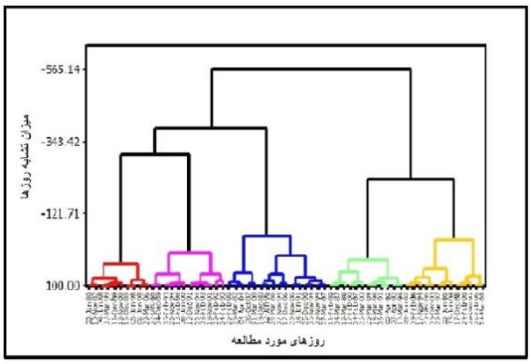
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

خوشه‌بندی روزها بر اساس عامل‌های استخراج شده است که روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی برای طبقه‌بندی مشاهدات و یا روزهایی که از نظر آب و هواشناسی همگن هستند، وجود دارد که در این پژوهش روش خوشه‌بندی چند هسته‌ای[1] مورد استفاده قرار گرفت. این روش، مقادیر اولیه را برای نشان دادن شرایط میانگین هر الگوی جوی، انتخاب می‌کند سپس سایر روزها به نزدیکترین خوشه بر اساس فاصله‌ی آن از مقادیر میانگین روزهای نمونه، تعیین می‌شوند. لازم به ذکر است که در این روش باید دید کلی از تعداد خوشه‌ها یا گروه‌ها، داشته باشیم که بدین منظور نمودار درختی[2] روزهای مورد مطالعه را بر اساس عامل‌های استخراج شده، رسم گردید و از روی این نمودار تعداد پنج خوشه، تشخیص داده شد (شکل ۳).



شکل(۲): نمودار پلکانی تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های تراز سطح دریا



شکل(۳): نمودار درختی روزهای مورد مطالعه بر اساس عامل‌های استخراج شده

در انتها، فراوانی زمانی هر یک از الگوهای بوجود آورنده‌ی بارش‌های سنگین و فراگیر ایران مشخص شد و برای ارزیابی رابطه‌ی بین هر الگوی گردشی با بارش سنگین نواحی مختلف ایران، از شاخص بارش مؤثر (Pi) استفاده شد که این شاخص یک الگوی ویژه i را به عنوان اندازه‌ای از سهم نسبی بارش آن الگو در مجموع بارش تعریف می‌کند و رابطه‌ی آن به شرح زیر می‌باشد.

$$PI(i) = \frac{R_i / n_i}{R / n}$$

که در آن ni تعداد روزهای با الگوی i و Ri مجموع بارندگی طی آن روزها و R مجموع بارش دریافتی در دوره‌ی زمانی مورد مطالعه و n تعداد روزهای مورد مطالعه می‌باشد.

جدول (۲): نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های تراز سطح دریا

شماره مؤلفه	ارزش ویژه	درصد واریانس	درصد افزایشی واریانس
۱	۲۲۱/۵۶	۳۶/۳۸	۳۶/۳۸
۲	۸۴/۳۹	۱۳/۸۶	۵۰/۲۴
۳	۷۱/۹۶	۱۱/۸۲	۶۲/۰۶
۴	۵۷/۳۵	۹/۴۲	۷۱/۴۷
۵	۳۷/۵۱	۶/۱۶	۷۷/۶۳

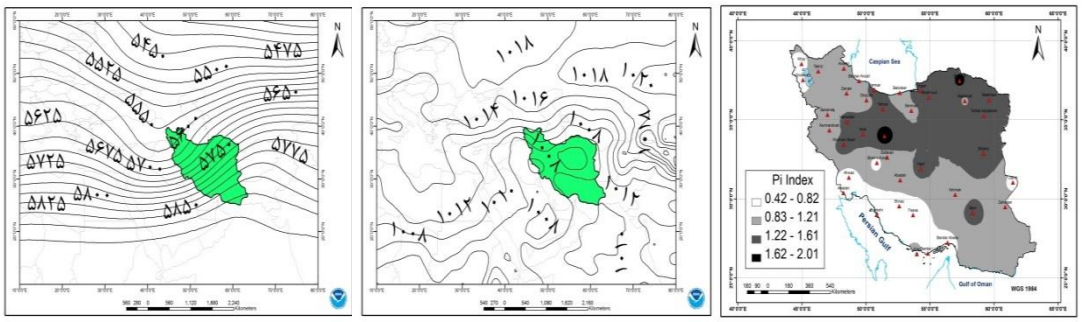
[1]. K- Mean Cluster
[2]. Dendrogram

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

شرح و تفسیر نتایج

براساس یافته‌های بدست آمده از روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای بر روی ۶۳ روز بارش سنگین و فراگیر ایران، طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۹ – ۱۹۸۰ میلادی، پنج گروه یا الگوی گردش جوی بدست آمد. نقشه‌های ترکیبی این الگوها که متناوب‌ترین الگوهای گردش جوی حاکم بر بارش‌های سنگین و فراگیر در ناحیه‌ی مورد مطالعه هستند، در نرم افزار Arc GIS ترسیم شدند. همچنین توزیع ماهانه‌ی همه‌ی الگوها طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه نیز محاسبه و ارائه گردید. الگوهای بدست آمده براساس ترتیب خروجی روش خوشه بندی چند هسته‌ای شماره‌گذاری و بر اساس الگوهای فشار و نحوه‌ی آرایش خطوط جریان تفسیر شدند که در زیر به بررسی و تفسیر آنها پرداخته می‌شود.

الگوی گردشی CP1



شکل(۶): شاخص Pi بارش **شکل(۵): الگوی میانگین فشار سطح دریا** **شکل(۴): الگوی میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال**

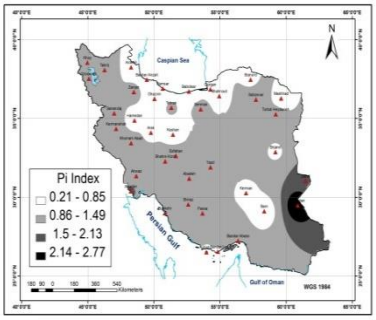
این الگوی گردشی طی دوره‌ی آماری بررسی شده، در حدود ۲۴ درصد از روزهای انتخابی مورد مطالعه، جریان داشته است (جدول شماره‌ی ۳). این تیپ هوا زمستانه است و حداکثر فراوانی را در ماه مارس دارد. با توجه به شکل (۴) نقشه‌ی ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در این الگو یک ناوه‌ی کم عمق در قسمت شمال غربی ایران مستقر شده است دامنه‌ی این کم ارتفاع چندان گسترده نیست. خط ناوه‌ی آن تا عرض‌های ۲۰ درجه کشیده شده است در این تراز هوای گرم و مرطوب دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عمان توسط جریانات فوق به سمت غرب و جنوب غرب ایران انتقال می‌یابد. در این الگو ناوه‌ی معکوس سودانی فعال شده که منجر به شار رطوبتی از سمت جنوب شده است از طرفی بخش شرقی ناوه‌ی شرق مدیترانه بر روی ایران واقع شده است و شرایط باروکلینیک شدید بوجود آورده است. از آنجایی که شرق ناوه غالباً تاوایی نسبی مثبت وجود دارد، در شرایطی که رطوبت کافی در منطقه وجود داشته باشد، احتمال وقوع بارش های فراگیر در این الگوی گردشی زیاد می‌شود. در این الگو قرارگیری واگرایی شدید در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و شرایط ناپایداری شدید بر روی ایران در ترازهای بالای جو، باعث همگرایی و تشکیل کم فشاری با مرکزیت ۱۰۰۸ در نواحی مرکزی و غرب ایران، شده است. با توجه به شکل (۵) نقشه‌ی ترکیبی فشار سطح دریا، کم فشاری بر روی عربستان تشکیل شده است بطوری که زبانه‌ی این کم فشار بخش‌هایی از ایران را در برگرفته و تا نواحی شمالی آن، گسترش یافته است.

بررسی نتایج شاخص Pi بارش و توزیع مکانی این شاخص نشان می‌دهد که الگوی فوق بیشترین سهم و تأثیر را در ایستگاه‌های شمال و شمال شرق ایران دارد در حقیقت با حرکت این سامانه به سمت شرق، به مقدار تأثیر این الگو افزوده می‌شود. شکل (۶).

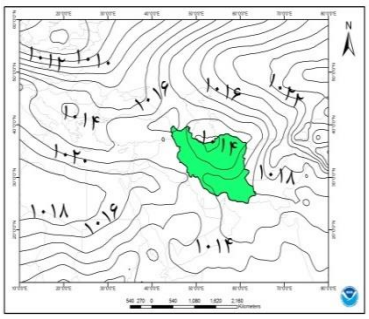
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

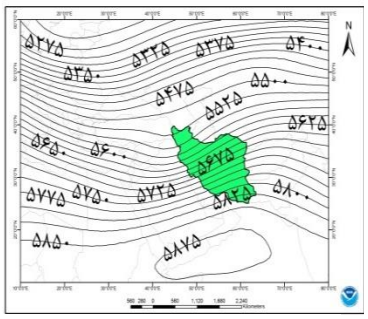
الگوی گردشی CP2



شکل(۹): شاخص Pi بارش



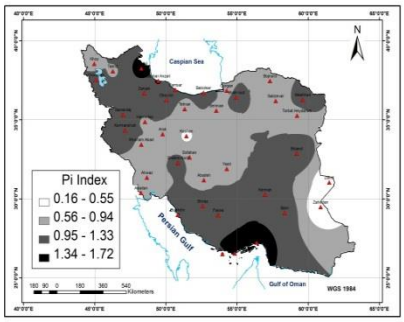
شکل(۸): الگوی میانگین فشار سطح دریا



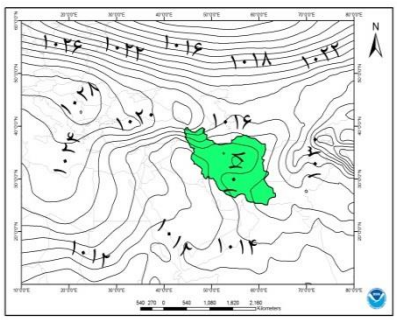
شکل(۷): الگوی میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

این تیپ هوا طی دوره‌ی آماری مطالعه شده، تقریباً در ۱۹ درصد از روزهای انتخابی مورد مطالعه، جریان داشته است (جدول شماره‌ی ۳). این الگوی گردشی نیز زمستانه است و حداکثر فراوانی را در ماه ژانویه دارد. با توجه به شکل شماره‌ی (۷) نقشه‌ی ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در این الگوی گردشی ناوه‌ی دو قطبی حاکم است. بدین صورت که در شمال ناوه‌ی کم عمقی تشکیل شده که باعث بوجود آمدن کم فشار جنوب دریای خزر با هسته‌ی مرکزی ۱۰۱۲ هکتوپاسکال شده است. قطب دیگر ناوه در جنوب تشکیل شده که باعث تقویت کم فشار سودانی با هسته‌ی مرکزی ۱۰۱۲ هکتوپاسکال در جنوب دریای سرخ شده است با توجه به شکل شماره‌ی (۸) نقشه‌ی ترکیبی فشار سطح دریا، بر روی دریای سرخ ناوه‌ی معکوس سودانی نیز تشکیل شده که رطوبت را از روی دریا جذب نموده و همراه با ناوه‌ی جنوبی وارد ایران می‌شود. بررسی نتایج شاخص Pi بارش و توزیع مکانی این شاخص نشان می‌دهد که الگوی فوق بیشترین سهم و تأثیر را در ایستگاه‌های جنوب و جنوب شرقی ایران دارد در حقیقت این الگو نقش بسزایی در رخداد بارش‌های فراگیر این بخش از ایران دارد. (شکل ۹).

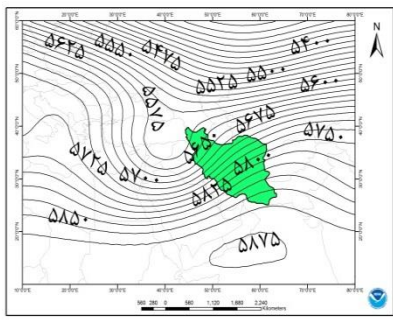
الگوی گردشی CP3



شکل(۱۲): شاخص Pi بارش



شکل(۱۱): الگوی میانگین فشار سطح دریا



شکل(۱۰): الگوی میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

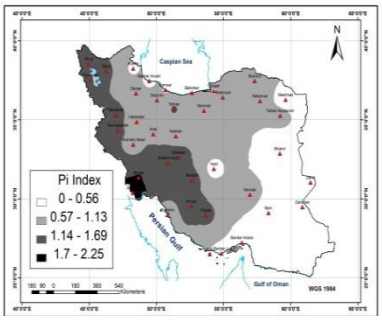
این الگوی گردشی طی دوره‌ی مورد مطالعه بیشترین فراوانی را داشته است (جدول شماره‌ی ۳) به طوری که این تیپ هوا در ۳۰ درصد از روزهای مورد مطالعه، جریان داشته است. توزیع ماهانه‌ی این الگو پاییزه و زمستانه است. این الگوی گردشی از ماه نوامبر تا فوریه جریان دارد و عملاً در سایر ماه‌ها اثری از آن مشاهده نمی‌شود. با توجه به شکل شماره‌ی (۱۰) نقشه‌ی ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در این الگوی گردشی، یک ناوه‌ی عمیق با محور شمال شرقی به جنوب شرقی در شرق دریای مدیترانه تشکیل شده که این ناوه باعث نصف‌النهاری شدن جریانات در شمال دریای

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

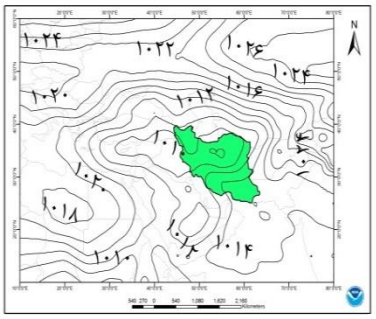
مدیترانه شده است. همانطور که در شکل شماره‌ی (۱۱) نقشه‌ی ترکیبی فشار سطح دریا، مشاهده می‌شود نفوذ هـوای سرد از شمال اروپا و هوای گرم از عربستان و عراق، باعث تشکیل جبهه در شمال غرب ایران شده است همچنین بوجود آمدن کم فشار نواحی مرکزی ایران با فشار مرکزی ۱۰۱۴ در نتیجه‌ی واگرایی شدید در تـراز ۵۰۰ هکتوپاسـکال مـی-باشد.

بررسی نتایج شاخص Pi بارش و توزیع مکانی این شاخص نشان می‌دهد که الگوی فوق بیشـترین سـهم و تـأثیر را در سراسر مناطق جنوب تا شمال ایران دارد (شکل۱۲).

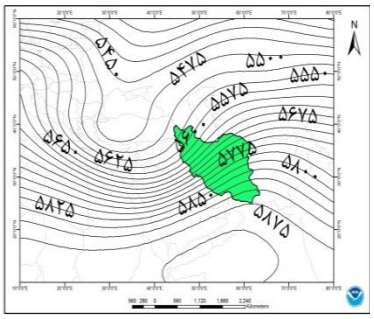
الگوی گردشی CP4



شکل(۱۵): شاخص *Pi* بارش



شکل(۱۴): الگوی میانگین فشار سطح دریا

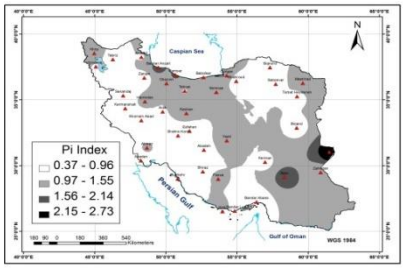


شکل(۱۳): الگوی میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

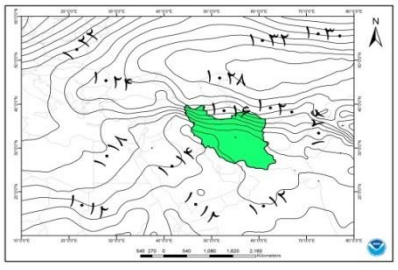
این الگوی گردشی طی دوره‌ی مورد مطالعه کمترین فراوانی را داشته است (جدول شماره‌ی ۳) به طوری که این تیپ هوا تنها در ۱۲ درصد از روزهای مورد مطالعه، جریان داشته است. توزیع ماهانه‌ی این الگو، در ماه‌های دسامبر، فوریه و مارس است. با توجه به شکل شماره‌ی (۱۳) نقشه‌ی ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در این الگو یـک نـاوه‌ی عمیـق در قسمت شمال دریای مدیترانه مستقر شده است در این سطح ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا باعث تشکیل جبهه در شمال غرب ایران شده است قابل ذکر است که نحوه‌ی آرایش خطوط ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی ایـران و نزدیـک بـودن آنها به یکدیگر، نشان دهنده‌ی شرایط باروکلینیکی خیلی شدید در ترازهای بالای جو است که اثر آن به صورت تشکیل کم فشار با هسته‌ی مرکزی ۱۰۰۸ هکتوپاسکال در سطح زمین در شکل شماره‌ی (۱۴) نقشـه‌ی ترکیبـی فشـار سـطح دریا، مشاهده می‌شود.

بررسی نتایج شاخص Pi بارش و توزیع مکانی این شاخص نشان می‌دهد که الگوی فوق بیشترین سهم و تأثیر را در ایستگاه‌های غربی و جنوب غرب ایران دارد (شکل ۱۵).

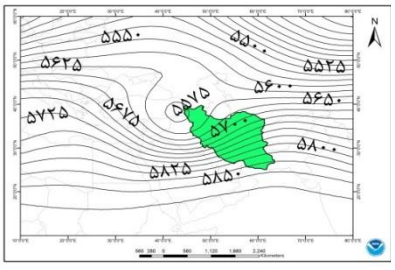
الگوی گردشی CP5



شکل(۱۸): شاخص Pi بارش



شکل(۱۷): الگوی میانگین فشار سطح دریا



شکل(۱۶): الگوی میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

این تیپ هوا طی دوره‌ی آماری مطالعه شده، تقریباً ۱۴ درصد از روزهای انتخابی مورد مطالعه، جریان داشته است (جدول شماره‌ی ۳). توزیع ماهانه‌ی این الگو، پاییزه و زمستانه است. این الگوی گردشی از ماه اکتبر تا ژانویه جریان دارد که بیشترین فراوانی آن مربوط به ماه‌های دسامبر و ژانویه است. با توجه به شکل شماره‌ی(۱۶) نقشه‌ی ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در این الگوی گردشی جریانات نصف‌النهاری هستند که هوای سرد را از روی سیبری و عرض-های بالا به منطقه وارد کرده که این امر باعث تقویت صعود و همگرایی در سطح زمین می‌شود. همانطور که در شکل شماره‌ی(۱۷) نقشه‌ی ترکیبی فشار سطح دریا، مشاهده می‌شود گسترش زبانه‌ی پرفشار سیبری از سمت شمال شرق به سمت عرض‌های پایین و سواحل دریای مدیترانه، باعث فعال شدن سیکلون‌های مدیترانه‌ای و فعالیت مراکز سیکلون‌زایی در این منطقه شده است. از زبانه‌ی کم فشار عربستان، هوای گرم را به طرف عرض‌های بالا گسترش داده و با زبانه‌ی پرفشار سیبری در نواحی شمال ایران، برخورد کرده که این امر باعث تشکیل جبهه شده است.

بررسی نتایج شاخص Pi بارش و توزیع مکانی این شاخص نشان می‌دهد که الگوی فوق بیشترین سهم و تأثیر را در مناطق جنوب شرق کشور دارد (شکل ۱۸).

جدول (۳): فراوانی ماهانه الگوهای گردشی

الگو	فراوانی (روز)	درصد فراوانی	ماه حداکثر
CP۱	۱۵	۲۳/۸۰	مارس
CP۲	۱۲	۱۹/۰۴	ژانویه
CP۳	۱۹	۳۰/۱۵	نوامبر
CP۴	۸	۱۲/۶۹	مارس
CP۵	۹	۱۴/۲۸	ژانویه و دسامبر

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان دهنده‌ی وجود اختلاف در آرایش الگوها، و مسیر حرکت آنها به سوی ایران است. در زمان رخداد بارش سنگین بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه، همواره در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ناوه در غرب از مدیترانه تا ایران، قرار دارد که جریان‌ها را به صورت نصف‌النهاری درمی‌آورد و آنها را با جهت غربی و جنوب غربی به روی ایران روانه می‌کند. تفاوت در محل، عمق و گسترش این ناوه‌ها باعث تفاوت الگوها از یکدیگر و تفاوت در میزان بارش‌های شدید در یک از مناطق مختلف ایران می‌شود. همچنین در سطح زمین، همواره یک مرکز کم‌فشار یا زبانه‌ای از آن بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه تشکیل می‌شود که این مرکز کم‌فشار، با هوای سرد عرض‌های شمالی، تشکیل جبهه می-دهد. بنابراین می‌توان گفت که رخداد بارش‌های شدید همواره با سیستم‌های سیکلونی همراه است. همچنین فراوانی زمانی هر یک از الگوهای بوجود آورنده‌ی بارش‌های سنگین و فراگیر ایران مشخص شدند. نتیجه‌ی این پژوهش نشان داد که الگوی گردشی CP3 طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه بیشترین فراوانی را داشته است به طوری که این تیپ هوا در۳۰ درصد از روزهای مورد مطالعه، جریان داشته است. توزیع ماهانه‌ی این الگو پاییزه و زمستانه است که از ماه نوامبر تا فوریه جریان دارد و عملاً در سایر ماه‌ها اثری از آن مشاهده نمی‌شود. اما الگوی گردشی CP4 طی دوره‌ی مورد مطالعه کمترین فراوانی را داشته است به طوری که این تیپ هوا تنها در ۱۲ درصد از روزهای مورد مطالعه، جریان داشته است همچنین توزیع ماهانه‌ی این الگو، در ماه‌های دسامبر، فوریه و مارس مشاهده شده که ۵۰ درصد از

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

آن در ماه مارس بوده است. بررسی ارتباط میان الگوهای گردش جو و بارش‌های شدید در سطح کشور نشان داد که اثرگذاری هر الگو در مناطق مختلف ایران متفاوت است به طوری که بارش‌های سنگین ناشی از الگوی گردشی CP3 اغلب سرتاسر کشور را با شدت‌های متفاوت در برمی‌گیرد، در حالی که بارش‌های ناشی از الگوی گردشی CP4 بیشتر نیمه‌ی غربی کشور از شمال‌غرب تا جنوب‌غرب، تحت تأثیر قرار می‌دهد. در واقع در الگوی گردشی CP3 ترکیب ناوه‌ی عمیق سوریه با پشته‌ی قوی بر روی دریای عرب– عمان اثر گذارترین الگوی بارشی ایران را رقم می زند که با ناهنجاری‌های ایجاد شده سبب بوجود آمدن بارش‌های شدید و فراگیر در ایران می‌شود. بقیه‌ی الگوها تنها در بخش-هایی از مناطق کشور به صورت منطقه‌ای باعث بارش‌های شدید می‌شود. الگوی گردشی CP1 ، بیشترین تأثیرگذاری را در شمال و شمال‌شرق کشور داشته و در نهایت الگوهای گردشی CP2 و CP5 در مناطق جنوب شرق کشور مؤثر هستند.

منابع

اشجعی باشکند ، محمد . ۱۳۷۹ . *بررسی و ارائه‌ی مدل‌های سینوپتیکی بارش‌های سنگین در شمال غرب ایران*. پایان-نامه‌ی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی. دانشگاه تربیت مدرس. تهران .

حجازی زاده ، زهرا ؛ ابراهیم ، فتاحی . ۱۳۸۶ . تحلیل الگوهای سینوپتیکی بارش‌های زمستانه ایران . *مجله جغرافیا*، **۳** : ۸۹-۱۰۷ .

حمیدیان‌پور ، محسن ؛ بهلول ، علیجانی ؛ علیرضا ، صادقی . ۱۳۸۹ . شناسایی الگوهای همدیدی بارش های شدید شمال شرق ایران . *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک* ، **۱** : ۱-۱۶ .

رضیئی ، طیب . ۱۳۸۶ . *بررسی ارتباط الگوهای گردش جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و دوره های خشک و تر در غرب ایران* . پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تهران.

سلیقه ، محمد . ۱۳۷۷ . *الگوهای سینوپتیکی بارش های تابستانه ی جنوب شرق ایران* . رساله ی دوره ی دکتری جغرافیای طبیعی . دانشگاه تربیت مدرس تهران .

علیجانی ، بهلول . ۱۳۸۱ . *اقلیم شناسی سینوپتیک* . چاپ چهارم . انتشارات سمت ، تهران .

علیجانی ، بهلول . ۱۳۸۰. تیپ های هوا و اثر آن بر اقلیم ایران . *کاوش نامه* ، **۳** : ۲۱ – ۴۹ .

علیجانی ، بهلول . ۱۳۹۰ . تحلیل فضایی دماها و بارش های بحرانی روزانه در ایران . *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی* ، **۱۷** : ۹ – ۳۰ .

عربی ، زهرا . ۱۳۷۹ . *تحلیل و ارائه ی الگوهای سینوپتیکی بارش های شدید و فراگیر فصل تابستان* ایران . رساله ی دوره ی دکتری جغرافیای طبیعی . دانشگاه تربیت مدرس تهران .

لشگری ، حسن . ۱۳۷۵ . *بررسی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب غرب* ایران . رساله‌ی دوره‌ی دکترای اقلیم شناسی . دانشگاه تربیت مدرس . تهران .

Alijani , B and Harman , J.R . 1985 . Synoptic Climatology of Precipitation in Iran . Annals of the Association of American Geographers . 75 : 404 – 416 .

Aljani, B., 2002, Variation of ۵۰۰hpa flow patterns over Iran and surrounding areas and their relationship with climate of Iran. Theor. Appl. Climatol. 71 : 41-4.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]

Bech. J. 2011 . A Mediterranean nocturnal heavy rainfall and tornadic event. Part I:Overview, damage survey and radar analysis . Atmospheric Research , 100 : 621–637.

Bryson, R. A., 1966. "Air Masses, streamlines, and the boreal forest". Geographical Bulletin, 8 : 228-269.

Bogardi, I. Matyasovszky, I. Bardossy, A. and Duckstein, L., 1994, A hydroclimatological model of areal drought, Journal of Hydrol, 153 : 245-264.

Chen , H . Sun , J . Chen . X and Zhou , W . 2010 . CGCM projections of heavy rainfall events in China . International Journal of Climatology , 32 : 441 – 450.

Hidalgo-Muŏz, J.M. D. Argüeso, S.R. Gmiz-Fortis, M.J. Esteban-Parra, Y. Castro-Dez . 2011 . "Trends of extreme precipitation and associated synoptic patterns over thesouthern Iberian Peninsula" . Journal of Hydrology , 409 : 497–511 .

Lana , A. J. Campins, A. Genov´es, and A. Jans`a . 2007 . "Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands". Advances in Geosciences ,12 : 27-32.

Mannan . M , Chowdhuryc . M and Karmakar . S . 2013 . Application of NWP model in prediction of heavy rainfall in Bangladesh . Procedia Engineering, 56: 667 – 675 .

Nishiyama , K . Endo , S . Jinno , K . Bertacchi Uvo , C . Olsson , J and Berndtsson , R . 2007 . Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall inthe rainy season in Japan by a Self-Organizing Map , 83 . 185 – 200 .

Romero , R . Sumner , G . Ramis , C and Genoves , A . 1998 . A Classification of The Atmospheric Circulation Patterns Producing Significant Daily Rainfall in The Spanish Mediterranean Area . Journal of Climatology , 19 : 765 – 785 .

Seibert ,P . Frank , A and Formayer . H . 2007 . Synoptic and regional patterns of heavy precipitation in Austria . Theoretical And Applied Climatology , 87 : 139–153 .

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.4.65]