

شناسایی سامانه‌های گردشی و ردسپهر در ارتباط با بارش‌های مخاطره آمیز حوضه آبریز کرخه

فردین قدمی^۱، زهرا حجازی زاده^۲، بهلول علیچانی^۳

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۱۰/۲۱، تاریخ تایید: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹

چکیده

بارش یکی از متغیرهای محیطی بسیار مهمی است که تغییرات مکانی و زمانی زیادی از خود نشان می‌دهد و این پدیده تحت تاثیر سیستم‌های گردش جوی سطح بالا قرار دارد و ناهنجاری‌های شدید ناشی از این سیستم‌ها می‌تواند منجر به وقوع سیلاب‌های مخرب گردد. از این رو در این پژوهش هدف شناسایی الگوهای جوی غالب در ارتباط با بارش‌های سنگین جهت مدیریت و کاهش ریسک سیلاب در این حوضه می‌باشد. در این پژوهش به منظور شناسایی الگوهای بارش سنگین در حوضه آبریز کرخه طی دوره آماری ۴۵ ساله (۱۹۶۷ تا ۲۰۱۲)، با اعمال صدک ۹۵ درصد (بارش بالای ۳۰ میلیمتر) بر روی داده‌های روزانه ۳۳ ایستگاه سینوپتیکی و باران‌سنجی از طریق رویکرد محیطی به گردشی تعداد ۳۱۰ روز بارش سنگین شناسایی گردید. سپس جهت تبیین رفتار الگوهای به وجود آورنده این بارش‌ها با اعمال تحلیل مولفه‌های اصلین نوع آرایه T و از طریق چرخش به روش پروماکسبر روی داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل جو بالا مستخرج از مرکز ملی پیش بینی‌های محیطی / مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) تعداد ۴ تیپ آب و هوایی شناسایی شد. نتایجی که از این پژوهش حاصل گردید نشان داد که بیشتر بارش‌های سنگین حوضه آبریز کرخه متأثر از قرارگیری الگوهای ناوهای عمیق همراه سردچال‌های بریده با ۴۰ درصد رویداد بر روی منطقه و همچنین متأثر از بندهای از نوع دوقطبی، امگا و رکس به ترتیب با ۳۰، ۱۸ و ۱۲ درصد رویداد می‌باشد و با توجه به بررسی نقشه‌ها، منطقه مورد مطالعه در بیشتر موارد در قسمت شرقی ناوه‌هاییکه توسط این الگوها شکل گرفته‌اند قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: کرخه- بارش سنگین- الگوهای گردشی- تحلیل مولفه‌های اصلی با آرایه T- چرخش پروماکس.

۱- دانشجوی دکترای آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی تهران. ۰۹۱۸۳۸۷۱۲۳۹ نویسنده مسئول:

Fardin.ghadami@gmail.com

۲- استاد آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی تهران، hejazizadeh@tmu.ac.ir

۳- استاد آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی تهران، bralijani@gmail.com

مقدمه

بارش‌های سنگین از جمله پدیده‌های جوی هستند که در غالب الگوهای آب و هوایی خاصی شکل گرفته و منجر به وقوع سیلاب‌های شدید و مخرب می‌شوند. شاید بتوان گفت در عمل، سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی، مهم‌ترین بلایای طبیعی در جهان محسوب می‌گردد. از این رو شناخت علل و عوامل ایجاد آن و در صورت امکان پیش‌بینی زمان و شدت آن ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (حلییان و همکاران، ۱۳۹۱). نواحی شمالی و مرکزی حوضه آبریز کرخه به دلیل دارا بودن مناطق مرتفع، ناحیه مناسبی برای تشدید و گسترش بارندگی‌های بیش از حد نرمال به دلیل مهار رطوبت هوا بر اثر وجود کوهستان‌ها و همچنین نحوه قرارگیری رشته کوه‌های زاگرس به عنوان یک مانع در برابر بادهای غربی می‌باشد. از این رو در این پژوهش هدفبررسی و شناسایی مهم‌ترین الگوهای بارشی است که منجر به وقوع بارش‌های سنگین در این حوضه آبریز می‌شوند تا بتوان با مدیریت صحیح، خسارات ناشی از این پدیده جوی را به حداقل رساند.

پیشینه پژوهش

در این زمینه مطالعات مشابه‌ای در مناطق مختلف صورت گرفته است که هدف آشکارسازی اینگونه الگوها در شکل‌گیری بارش‌های سنگین بوده است. مطالعات صورت گرفته است در این زمینه از جمله محمدی (۱۳۸۷) به مطالعه موردی بارش‌های سنگین ایران از طریق شناسایی الگوهای ضخامت جو، فرج‌زاده و رجایی نجف‌آبادی (۱۳۹۲) به تحلیل شرایط سینوپتیک رخداد سیل در بارش‌های سنگین شهرستان کوهرنگ، شجاعی و همکاران (۱۳۹۳) به تحلیل همدیدی و دینامیکی بارش سنگین ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰ بر روی شیراز، مسعودیان و کارساز (۱۳۹۳) به تحلیل همدید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی، رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۴) به تحلیل بارش‌های سنگین پهنه شمال غرب کشور (با تاکید بر الگوی ضخامت جو)، میرموسوی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی و تحلیل فضایی تغییرات درون دهه‌ای بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران و خان سالاری و همکاران (۱۳۹۶) به شناسایی الگوهای گردش جوی پدیدآورنده بارش‌های مهم با بی‌هنجارهای سرد در تهران از طریق مقایسه دو روش خوشه‌بندی و سلامی هرمزی و همکاران (۱۳۹۶) به شناسایی و تحلیل همدیدی-دینامیکی الگوهای جوی سیلاب آبان ۱۳۹۴ در استان‌های ایلام و لرستان پرداخته‌اند. همچنین از لحاظ مطالعات خارجی رودری و همکاران^۱ (۲۰۰۵) به مطالعه رویداد بارش‌های سنگین شمال غرب ایتالیا و رابطه آن با الگوهای جوی بزرگ مقیاس و میان مقیاس، لنا و همکاران^۲ (۲۰۰۷) به بررسی الگوهای جوی رویدادهای بارش‌های سنگین در جزایر بارلیک، سبیرت و همکاران^۳ (۲۰۰۷) به مطالعه الگوهای منطقه‌ای و همدید بارش‌های سنگین در اتریش، هوسوس و لولیس^۴ (۲۰۰۸) به بررسی شرایط سینوپتیکی مرتبط با میزان بارندگی‌های شدید در یونان با استفاده از روش آماری چند متغیره، ماتلیک و پیاپوست^۵ (۲۰۰۸) به مطالعه بارش‌های سنگین و رابطه این بارش‌ها با انواع الگوهای آب و هوایی در استونیا در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵، مولر و همکاران^۶ (۲۰۰۹) به مطالعه و بررسی الگوهای گردشی ایجاد کننده بارش‌های سنگین و فراگیر اروپای مرکزی، کارالیمما و همکاران^۷ (۲۰۰۹) به بررسی رویدادهای بارش سنگین در تابستان‌های گرم و

1-Rudari

2 - Lana

3 - Seibert

4 - Hossos&Lolis

5 - Matlik&Piia Post

6 - Muller

7- Carla Lima

مرطوب جنوب شرقی برزیل، هو و همکاران^۱ (۲۰۱۰) به بررسی مکانیزم‌های ایجاد بارش در کشور چینو چن^۲ (۲۰۱۱) به بررسی تأثیرات ناهموازی‌ها بر رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب تایوان، اولدنبرگ^۳ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی طوفان شدید دوزموند در شمال انگلستان و اسکاتلند، ذوالفقار ساعدی^۴ و همکاران (۲۰۱۷) به مطالعه تغییرات فضایی الگوهای بارش‌های سنگین ساراواک در اندونزی طی سال‌های (۱۹۸۰-۲۰۱۴) با استفاده از روش من کندال در ۳۱ ایستگاه به منظور بررسی تغییرات بارندگی در این ناحیه پرداختند.

مواد و روش‌ها

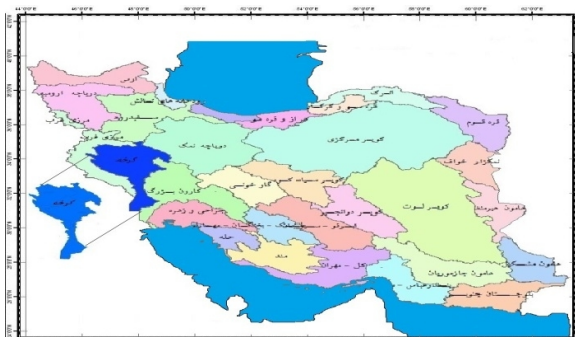
داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش هدف شناسایی الگوهای بارش سنگین در سطح حوضه آبریز کرخه می‌باشد. برای این منظور ابتدا ویژگی‌های بارشی این حوضه توسط داده‌های ایستگاهی در یک دوره ۴۵ ساله (۱۹۶۷-۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت و با اعمال صدک ۹۵ درصد (بارش بالای ۳۰ میلیمتر) بر روی داده‌های روزانه ۳۳ ایستگاه سینوپتیکی و باران‌سنجی از طریق رویکرد محیطی به گردشی تعداد ۳۱۰ روزبارش سنگین شناسایی گردید. سپس جهت تبیین رفتار الگوهای به وجود آورنده این بارش‌ها با اعمال تحلیل مولفه‌های اصلی از نوع آرایه T و از طریق چرخش به روش پرومکس بر روی داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیلی جو بالا مستخرج از مرکز ملی پیش بینی‌های محیطی / مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) تعداد ۴ تیپ آب و هوایی مشخص گردید. سپس از طریق روش همبستگی اقدام به شناسایی و استخراج روزهای نماینده که بیشترین میزان همبستگی را با میانگین هر الگو داشتند گردید و برای هر الگو عناصر ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (hgt)، فشار سطح دریا (slp)، امگا و بردار باد سطوح ۸۵۰ و نم ویژه و بردار باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال استخراج و در محیط نرم افزار سورفر Surfer اقدام به ترسیم نقشه‌ها گردید.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حدود جغرافیایی حوضه آبریز کرخه بین طول شرقی "۴۶°۳'۵۲" و "۴۹°۱۲'۳۸" و عرض شمالی "۳۱°۰۰'۱۹" و "۳۴°۳۲'۵۶" واقع شده که بیشینه ارتفاع آن ۳۶۴۵ متر در ارتفاعات گرین و کمینه ارتفاع ۳ متر در باتلاق هورالعظیم و شیب متوسط حوضه آبریز حدود ۱۶ درصد می‌باشد. شیب خالص رودخانه‌های اصلی بین ۰/۱۲ تا ۱۲/۶ درصد متغیر می‌باشد. این حوضه به سه حوضه آبریز ۳ رقمی، پنج حوضه آبریز با کد چهار رقمی و ۳۵ محدوده مطالعاتی تقسیم گردیده است که شامل قسمت‌هایی از استانهای کرمانشاه، همدان، ایلام، لرستان و خوزستان می‌باشد.

1- Hou
2- Chen
3- Oldenborgh
4- Sa'adi



شکل ۱- موقعیت حوضه‌های آبریز کشور و حوضه مورد مطالعه کرخه

این حوضه وسیع بوده و بصورت کشیده شمالی- جنوبی در باختر فلات ایران قرار گرفته است و وسعت آن بالغ بر ۵۱۹۱۲ کیلومتر مربع می‌باشد که نواحی کوهستانی آن بیش از نواحی دشتی است و شهرهای ملایر، تویسرکان، نهاوند، کنگاور، کرمانشاه، روانسر، اسلام آباد، دره شهر، لومار، ملاوی، سوسنگرد و بستان از کانون‌های مهم شهری این آن محسوب می‌شوند. همچنین حوضه آبریز رودخانه کرخه و شاخه‌های متعدد آن در داخل چین خوردگی‌های زاگرس میانی قرار داشته و قسمت اعظم آنرا مناطق مرتفع کوهستانی در بر گرفته است. در قسمت‌های شمالی دشت‌های آبرفتی با وسعت زیادی قرار دارند که مهم‌ترین آنها دشت‌های ملایر، نهاوند، کنگاور، سنقر، ماهیدشت، کرمانشاه و اسلام آباد می‌باشند که عموماً در ارتفاع بالای ۱۲۰۰ متر از سطح دریا واقع شده‌اند و به علت شرایط خاص و وفور بارندگی، این مناطق دارای رودخانه‌های نسبتاً پرآبی هستند.

تجزیه و تحلیل نتایج

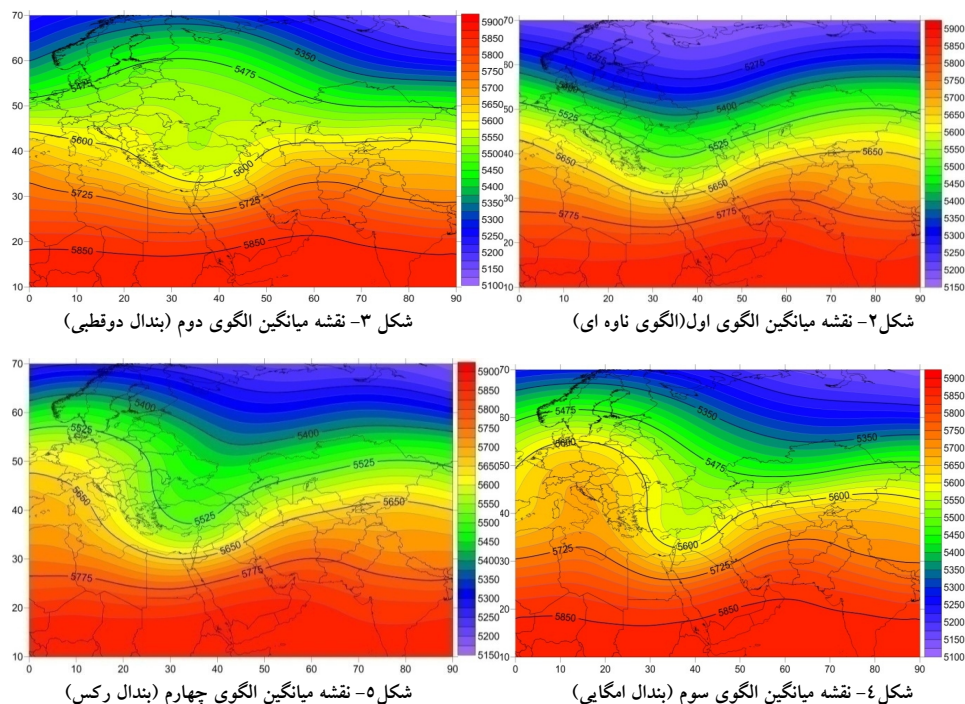
نتایج به دست آمده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی با آرایه T بدون چرخش و با چرخش پرومکس^۱ در جدول ۱ بر روی ۳۱۰ روز بارش نشان دهنده ۹۳٫۶ درصد واریانس جمعی برای ۴ عامل اول می‌باشد.

جدول ۱- نتایج روش تحلیل مولفه‌های به صورت آرایه T و چرخش به روش پرومکس

مولفه	قبل از چرخش		بعد از چرخش	
	واریانس	واریانس جمعی	واریانس	واریانس جمعی
-				
۱	۸۴٫۲	۸۴٫۲	۳۵٫۸	۳۵٫۸
۲	۴٫۵	۸۸٫۷	۳۲٫۳	۶۸٫۱
۳	۲٫۸	۹۱٫۵	۱۵٫۷	۸۳٫۸
۴	۲٫۱	۹۳٫۶	۹٫۸	۹۳٫۶

1-Promax Rotation

نقشه میانگین الگوها

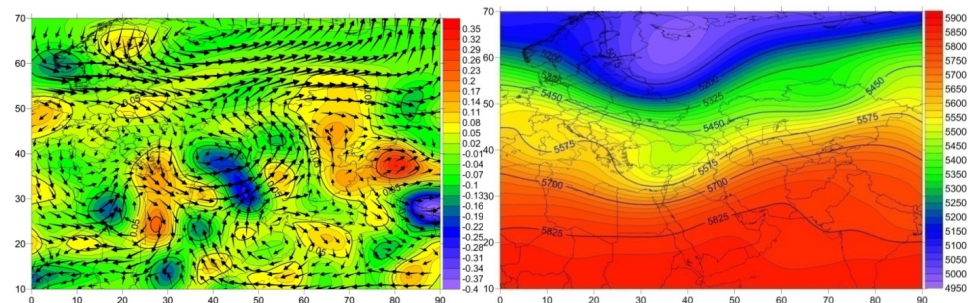


بررسی نقشه‌های میانگین شکل ۲ تا ۵ حاکی از شکل‌گیری چهار تیپ آب و هوایی تاثیر گذار بر محدوده مورد مطالعه می‌باشد. شکل شماره ۲ بیانگر الگوی ناوهای عمیق همراه با بریده‌های کم فشار می‌باشد و محور ناوه در شرق مدیترانه مستقر می‌باشد و محدوده مورد مطالعه نیز در شرق ناوه که بیشترین وضعیت چرخندگی و همچنین بارش را دارا می‌باشد قرار گرفته است. شکل شماره ۳ بیانگر بلوکینگ دوقطبی می‌باشد که در این حالت مرکز ارتفاع زیاد بر روی یک مرکز ارتفاع کم قرار می‌گیرد و این مورد باعث می‌شود که سامانه رودباد در دو مسیر متفاوت حرکت کند و سامانه‌های جوی نیز در محل انشعاب تحت تاثیر نزدیک‌ترین شاخه رودباد و در جهت آن ادامه مسیر می‌دهند (قویدل رحیمی، ۱۳۲۰:۱۳۸۲) که در این نقشه قسمت ناوهای بندال دوقطبی و مخصوصاً شرق ناوه مناطق شمال‌غربی تا جنوب‌غربی ایران را پوشش داده است. شکل شماره ۴ بلوکینگ امگایی را نشان می‌دهد که در این حالت یک مرکز پرفشار قوی به نحوی استقرار می‌یابد که پشته‌ای از آن به سمت شمال کشیده شده و گردش‌های چرخندی در جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی آن دیده می‌شود (همان: ۱۲۹) که در این نقشه مرکز کم فشار جنوب شرق بندال امگا در شرق مدیترانه واقع گردیده و این مورد باعث شده که شرق ناوه بر روی محدوده مورد مطالعه استقرار یابد و باعث ریزش‌های جوی قابل توجه گردد. شکل شماره ۵ بیانگر بندال از نوع رکس می‌باشد که در این حالت پشته قوی از سامانه پرفشار در شمال ناوه قوی از سامانه کم فشار قرار می‌گیرد و شار ابتدا حول پشته و سپس حول ناوه طوری جریان می‌یابد که هوا در مسیری منحنی به شکل حرف S در امتداد یک طول جغرافیایی از عرض‌های جغرافیایی بالا به سمت عرض‌های جغرافیایی پایین حرکت می‌کند (همان: ۱۳۰). در این شکل نیز محدوده مورد مطالعه در قسمت جلوی ناوه قرار گرفته است که شرایط برای ریزش‌های جوی در قسمت‌های غربی ایران را فراهم آورده است.

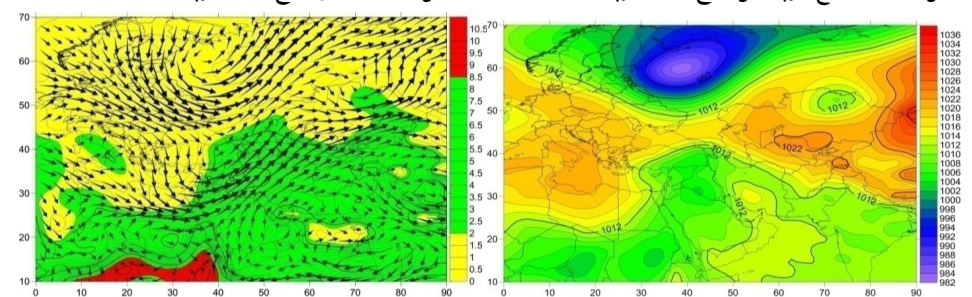
روزهای نماینده برای هر الگو

الگوی اول (الگوی ناوه ای)

بررسی شکل (۶) ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۰ مارس ۱۹۶۹ نشان از گسترش مرکز کم ارتفاع بالای عرض ۶۰ درجه شمالی تا مرکز اروپا و عرض ۵۵ درجه شمالی دارد. با این گسترش و نفوذ بادهای غربی به سمت عرض‌های پایین‌تر ناوه واقع بر روی شرق مدیترانه و عراق عمیق‌تر گردیده و جنوب محور ناوه تا مناطق مرکز عربستان و دریای سرخ توسعه یافته است. همچنین سامانه‌های کم‌ارتفاع و پرارتفاع بر روی منطقه از حالت شمالی-جنوبی به جنوب غربی-شمال شرقی تغییر یافته است. در این روز منطقه مورد بررسی در جنوب غرب ایران در بهترین حالت در جلوی ناوه و جریانات صعودی ناپایدار قرار گرفته است. پشته عظیم واقع بر روی دریای عرب منطبق بر راستای ناوه، جریان هوای گرم و مرطوب را به درون ناوه و منطقه فرارفت نموده است. بررسی نقشه امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل (۷) در روز ۱۰ مارس ۱۹۶۹ نشان می‌دهد که هسته امگای منفی دقیقاً منطبق بر شرق و جلوی ناوه بر روی منطقه مورد بررسی می‌باشد. همچنین این هسته امگای منفی منطبق بر گردش چرخندگی و جهت بادهای جنوب غرب به شمال شرق جلوی ناوه می‌باشد. بررسی نقشه ترکیبی بردار باد و رطوبت سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۰ مارس ۱۹۶۹ نشان می‌دهد که منشاء رطوبت منطقه مورد بررسی از سمت دریاهای جنوبی همچون غرب عرب، خلیج عدن، سرخ و مدیترانه می‌باشد که با راستای جنوب غرب-شمال شرق با عبور از روی عربستان و عراق به سمت منطقه فرارفت شده است که با نفوذ بیشتر گردش چرخندی در روز رخداد بارش نسبت به روزهای قبل از آن قوی‌تر شده است و با شرق سو شدن گردش و اچرخندی عربستان از سمت خشکی به سوی دریای عرب شرایط برای فرارفت رطوبت بیشتر مهیا شده است. بررسی نقشه فشار سطح دریا در روز بارش ۱۰ مارس ۱۹۶۹ نیز نشان از یکپارچه شدن مراکز کم فشار از روی سودان تا شمال غرب ایران می‌باشد. نفوذ پرفشار هسته سرد از روی اروپا تا غرب کم فشار سودانی و پرفشار هسته گرم در شرق کم‌فشار سودانی بر روی دریای عرب شرایط جبهه‌ای و کژفشاری شدیدی را ایجاد نموده است که موجب تقویت کم‌فشار سودانی و دینامیکی شدن آن گردیده است.



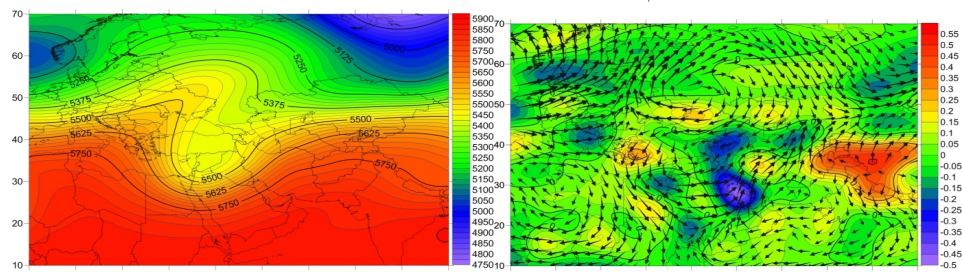
شکل ۶- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۶۹/۳/۱۰) شکل ۷- نقشه امگای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۹۶۹/۳/۱۰)



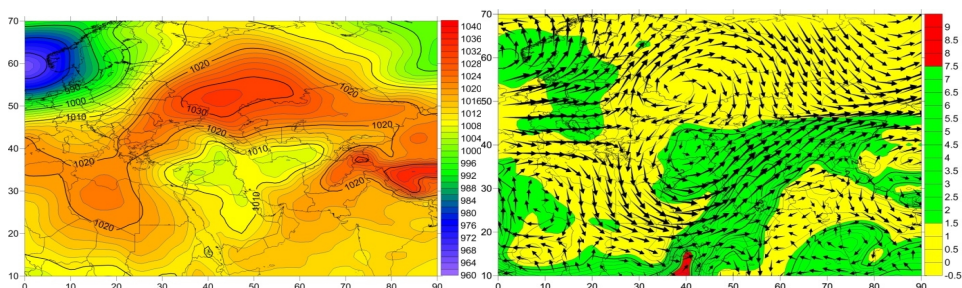
شکل ۸- نقشه شار رطوبتی ویژه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۶۹/۳/۱۰) شکل ۹- نقشه فشار سطح دریا SLP (۱۹۶۹/۳/۱۰)

الگوی دوم (الگوی بندال دوقطبی)

شکل (۱۰) نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را در روز ۲ فوریه ۱۹۸۸ نشان می‌دهد که با شرق سو شدن سامانه‌های کم ارتفاع عرض‌های بالا و نفوذ آن به سمت ایران ناوه عمیقی را در شرق مدیترانه ایجاد کرده است که با توجه به ساختار سامانه یک الگوی بندال دوقطبی را که پشت‌روی عمیق بر روی یک ناوه عمیق قرار گرفته است را ایجاد و موجب دوشاخه شدن بادهای غربی در دو مسیر گردیده است. با حاکمیت این بندال دوقطبی منطقه مورد بررسی در قسمت و اگرایی بالایی شرق ناوه قرار گرفته است. بررسی نقشه امگای شکل (۱۱) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان از هم سو بودن حرکت هسته‌های امگای منفی منطبق و همزمان با ناوه شرق سو از روی غرب اروپا تا نیمه غربی ایران دارد که راستای کشیدگی مرکز امگای منفی کاملاً در نیمه شرقی ناوه واقع شده است که جریان هوای گرم و مرطوب عرض‌های جنوبی را به سمت منطقه فرارفت نموده است. بررسی نقشه ترکیبی رطوبت و بردار باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز اوج بارش با تشدید گردش و اچرخندی و نصف‌النهاری تر شدن جهت بادهای شمال سو، افزایش حجم رطوبت فرارفت شده از نیمه شرقی گردش چرخندی و منطبق بر میدان امگای منفی قوی به سمت منطقه را نشان می‌دهد. منابع تامین کننده رطوبت بارش سنگین به ترتیب اهمیت غرب دریای عرب، خلیج عدن، دریای سرخ و مدیترانه می‌باشد. بررسی نقشه فشار سطح دریا در روز بارش ۱۹۸۸/۲/۲ نشان می‌دهد که سامانه پرفشار عظیم تبت- هیمالیا به صورت شرق سو از ایران خارج شده که اجازه نفوذ کم فشار شرق اقیانوس اطلس را به ایران داده است. با نفوذ این کم فشار بر روی ایران یک سامانه کم فشار سه هسته‌ای با فشار هسته مرکزی ۱۰۰۴ و ۱۰۰۸ هکتوپاسکال ایجاد شده است. همچنین زنجیره یکپارچه از سامانه‌های پرفشار سرد، غرب و شمال کم فشار واقع بر روی ایران را فرا گرفته است که در برخورد با هوای گرم جنوب شرق این کم فشار شرایط گزفشاری خوبی را برای ایجاد اغتشاشات روز بارش فراهم کرده است.



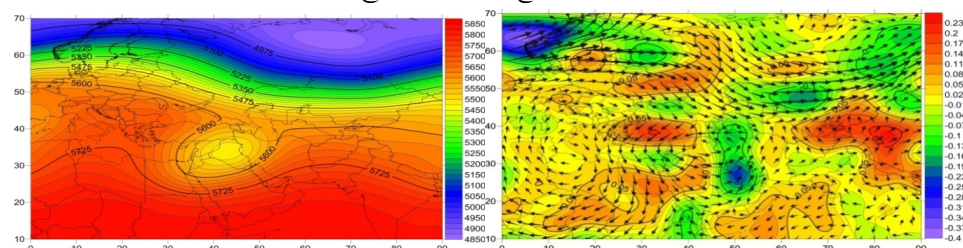
شکل ۱۰- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۸۸/۲/۲) شکل ۱۱- نقشه امگای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۹۸۸/۲/۲)



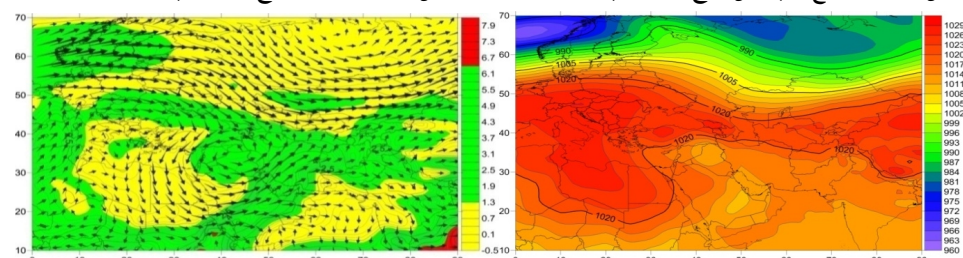
شکل ۱۲- نقشه شار رطوبتی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۸۸/۲/۲) شکل ۱۳- نقشه فشار سطح دریا SLP (۱۹۸۸/۲/۲)

الگوی سوم (بندال امگایی)

شکل ۱۴ شرایط ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را در روز ۱۹۷۵/۱۲/۳۱ نشان می‌دهد که در این روز یک وضعیت الگوی بندال امگایی پدید آمده است. با حرکت شرق سوی مرکز کم ارتفاع حاصل از بندال امگایی یک مرکز کم ارتفاع با پربند ۵۵۰۰ ژئوپتانسیل متر در روی عراق شکل گرفته است و با توجه به فرارگیری نیمه شرقی ناوه از روی دریای سرخ تا منطقه مورد بررسی جریانات ناپایدار در بهترین حالت فرارفت گردیده است. ملاحظه می‌شود که در روز بارش پشته عظیم عربستان بر روی دریای گرم عرب قرار گرفته است که با چرخش و اچرخندی خود جریانات مرطوب را به نیمه شرقی ناوه تزریق می‌کند. بررسی نقشه امگای سطح ۸۵۰ در روز ۱۹۷۵/۱۲/۳۱ نشان می‌دهد که هسته امگای منفی منطبق بر نیمه شرق ناوه و همسو با افزایش بارش، شدت میدان امگای منفی بر روی منطقه مورد مطالعه را تا ۰/۱۳- پاسکال بر ثانیه افزایش داده است و این افزایش واگرایی و صعود هوای گرم و مرطوب منطبق بر نیمه شرقی ناوه و مسیر پیشینه رطوبت فرارفت شده می‌باشد. اما در عقب گردش چرخندی واقع بر روی شمال شرقی آفریقا و مناطق واقع بر روی دریای عرب با میدان امگای مثبت و منطبق بر گردش و اچرخندی نشان از همگرایی و نزول بسته هوا و انتقال جریانات گرم به درون ناوه دارد. بررسی نقشه ترکیبی شار رطوبت و بردار باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز رخداد بارش نشان می‌دهد که مسیر فرارفت رطوبت منطبق بر نیمه شرقی ناوه با جهتی جنوب غربی - شمال شرقی میزان رطوبت فرارفت شده نسبت به روزهای قبل از بارش را افزایش داده است که منطبق بر افزایش گردش چرخندی می‌باشد به نحوی که با شرق سو شدن گردش چرخندی علاوه بر منابع آبی دریای سرخ و خلیج عدن و خلیج فارس، منابع آبی مدیترانه و شرق اطلس نیز در تغذیه رطوبتی سامانه بارشی نقش داشته‌اند. همچنین جریانات شرق به غرب بر روی دریای عرب منطبق بر گردش و اچرخندی عربستان موجب انتقال گرما و رطوبت از روی دریا به سمت خشکی و درون ناوه نقش بسزایی در تقویت گردش چرخندی و تامین رطوبتی این روز داشته است. بررسی نقشه فشار سطح دریا نیز نشان می‌دهد که با ادغام شدن سامانه‌های کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای در شرق مدیترانه با راستای شمالی - جنوبی در روزهای قبل از بارش، منطبق بر مرکز چرخندی سطوح میانی وردسپهر و با حرکت شرق سوی خود، مرکز آن با ۱۰۱۱ هکتوپاسکال در روی عراق قرار گرفته است. همچنین با این حرکت شرق سوی کم‌فشار راستای آن نیز جنوب شرق به شمال غربی شده است که با عبور از دریاهای گرم و مرطوب جنوبی شرایط همگرایی ترازهای پایین و به تبع آن واگرایی سطوح میانی را تقویت می‌کند.



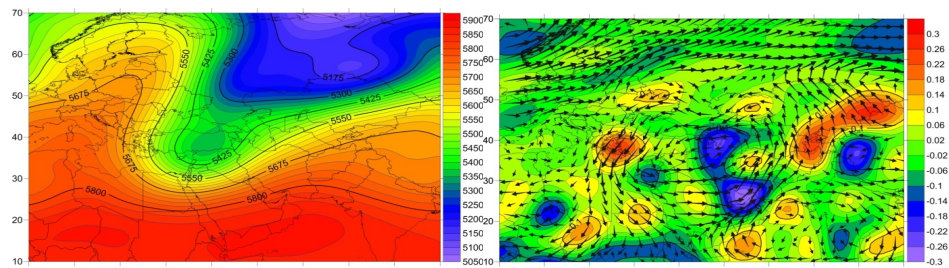
شکل ۱۴- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۷۵/۱۲/۳۱) شکل ۱۵- نقشه امگای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۹۷۵/۱۲/۳۱)



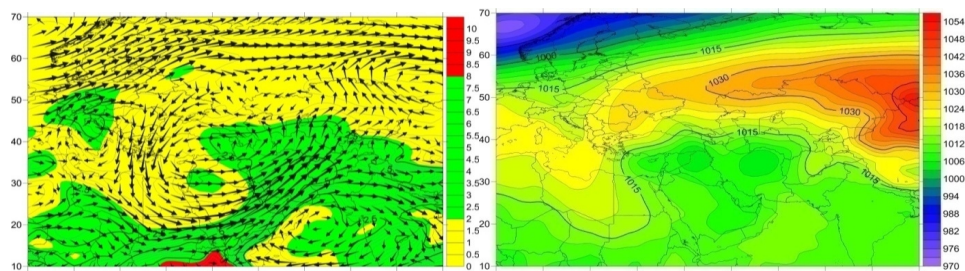
شکل ۱۶- نقشه شار رطوبتی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۷۵/۱۲/۳۱) شکل ۱۷- نقشه فشار سطح دریا SLP (۱۹۷۵/۱۲/۳۱)

الگوی چهارم (بندال رکس)

بررسی نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز بارش ۱۹۹۴/۳/۱۲ نشان می‌دهد که با نفوذ الگوی بزرگ مقیاس بندال رکس (S معکوس) ناوه حاصل از آن با راستای جنوب غربی - شمال شرقی منطقه مورد مطالعه و سراسر غرب و جنوب غرب آسیا در شرق محور ناوه را پوشش داده است به نحوی که حرکت شرق سوی ناوه و افزایش عمق آن موجب شده که جریانات نصف النهاری تر گردیده و همزمان با آن بارش سنگین و فراگیری ایستگاه‌های منطقه را فرا گرفته است. بررسی نقشه امگای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز بارش حاکی از این است که میزان امگای منفی بر روی منطقه مورد مطالعه در این تراز به ۰/۲۲- پاسکال بر ثانیه افزایش یافته است و این افزایش شدت امگای منفی همسو با افزایش عمق ناوه و نصف النهاری شدن جریانات شرق ناوه می‌باشد. بررسی نقشه ترکیبی رطوبت و بردار باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز بارش سنگین نشان می‌دهد که با تقویت گردش چرخندی حجم و قرارگیری دو گردش و اچرخندی مجزا در شرق و غرب این گردش چرخندی میزان رطوبت بیشتری را به سمت منطقه پمپاژ نموده است. بررسی نقشه فشار سطح دریا نیز در روز بارش ۱۹۹۴/۳/۱۲ نشان می‌دهد که نفوذ کم‌فشار سودانی از جهت شمال تا کشور ترکیه و از شرق مدیترانه تا غرب افغانستان را در بر گرفته است. همچنین زبانه‌هایی از پرفشار سرد قدرتمند سیبری با عبور از روی افغانستان تا مرکز دریای عرب کشیده شده است که جریان گردش و اچرخندی بر روی دریای عرب را تقویت کرده است. با گسترش طولی و عرضی این کم‌فشار و استقرار دو مرکز بسته با ۱۰۰۸ هکتوپاسکال در شرق ایران و شمال عراق شرایط نفوذ جریانات مرطوب جنوبی را تقویت نموده است.



شکل ۱۸- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۹۴/۳/۱۲) - شکل ۱۹- نقشه امگای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۹۹۴/۳/۱۲)



شکل ۲۰- نقشه شار رطوبتی باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۹۴/۳/۱۲) - شکل ۲۱- نقشه فشار سطح دریا SLP (۱۹۹۴/۳/۱۲)

نتیجه گیری

پژوهش حاضر جهت شناسایی الگوهایی که منجر به بارش سنگین در حوضه آبریز کرخه شده‌اند انجام گرفت. چهار الگو از طریق روش آماری- سینوپتیکی حاصل گردید که اولین الگو در نتیجه فرودهای عمیق و سردچال‌های بریده با رویداد ۴۰ درصد بر روی شرق مدیترانه و همچنین تا حدودی کشور عراق پدید آمده است که شرق این ناوه‌ها که

بیشترین تاوایی مثبت را دارند، منطقه مورد بررسی را پوشش داده‌اند و فعالیت پرفشار عربستان و کم فشار سودانی نیز شرایط را برای نفوذ و انتقال رطوبت بر روی حوضه آبریز کرخه فراهم آورده‌اند. الگوی دوم ناشی از قرارگیری یک پرفشار بر روی یک کم‌فشار می‌باشد که شرایط برای شکل‌گیری یک شار دو جهته در مسیر بادهای غربی را فراهم آورده است و منجر به تشکیل بندال‌های دوقطبی شده است که این وضعیت ۳۰ درصد رویداد را به خود اختصاص داده است که با شکل‌گیری محور ناوه‌ها در شرق مدیترانه همراه بوده و با حرکت شرق سوی ناوه، قسمت واگرایی آن در روز بارش منطبق بر غرب ایران و محدوده مورد مطالعه می‌باشد. الگوی سوم نشان دهنده شکل‌گیری بندال امگایی با رویداد ۱۸ درصد می‌باشد که مرکز پرفشار طوری استقرار یافته که مراکز کم‌فشار در جنوب‌غرب و جنوب‌شرق آن استقرار یافته‌اند که در این الگو محور کم‌فشار جنوب شرقی بندال امگایی بر روی شرق دریای مدیترانه و خاورمیانه قرار گرفته و غرب ایران و منطقه مورد مطالعه در شرق ناوه قرار گرفته است که با فعالیت و ادغام کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای شرایط برای تامین رطوبت موجود جهت ریزش‌های جوی فراهم شده است. الگوی چهارم بیانگر بندال رکس با رویداد ۱۲ درصد که در این حالت پشته قوی از سامانه پرفشار در شمال ناوه قوی از سامانه کم‌فشار قرار گرفته است و شار ابتدا حول پشته و سپس حول ناوه طوری جریان یافته که هوای سرد عرض‌های بالا در مسیری منحنی به شکل حرف S به سمت عرض‌های پایین انتقال یافته است. همچنین در این الگو نقش واچرخند عربستان در انتقال رطوبت از عرض‌های جنوبی‌تر به سمت منطقه مورد مطالعه کاملاً مشهود می‌باشد که با ادغام با حرکت چرخندی ناوه شرق مدیترانه فرارفت رطوبت جهت ریزش‌های جوی بر روی منطقه را فراهم آورده است. به طور کلی می‌توان گفت در همه الگوها قرارگیری محور ناوه بر روی شرق مدیترانه و به تبع آن استقرار منطقه واگرایی شرق ناوه بر روی منطقه مورد مطالعه و فعالیت واچرخند عربستان و ادغام آن با کم فشار سودانی شرایط مناسب برای بارش‌های سنگین بر روی منطقه مورد مطالعه را فراهم آورده‌اند.

منابع

۱. ابوالفضل مسعودیان و سکینه کارساز (۱۳۹۳)، «تحلیل هم‌دید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی»، جغرافیا و توسعه، زمستان ۱۳۹۳، شماره ۳۷، صفحات ۱۵-۱۸؛
۲. بختیار محمدی (۱۳۸۷)، «شناسایی الگوهای ضخامت جو (مطالعه موردی: بارش‌های سنگین ایران)»، اندیشه جغرافیایی، سال دوم، شماره سوم، بهار ۱۳۸۷؛
۳. حلییان، امیرحسین؛ حسینعلی پورجزی، فرشته و بیژن صابری (۱۳۹۱)، «تحلیل سامانه‌های سیل زا در قم (مطالعه موردی: سیلاب فروردین ۱۳۸۸)»، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال دوم، شماره هشتم، تابستان ۱۳۹۱؛
۴. خان سالاری، سکینه؛ محب الحججه، علیرضا؛ رضی، طیب و فرهنگ احمدی گیوی (۱۳۹۶)، «شناسایی الگوهای گردش جوی پدید آورنده بارش‌های مهم تهران: مقایسه دو روش خوشه‌بندی»، فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۴، شماره ۲، صفحه ۳۶۹-۳۸۴؛
۵. رضایی بنفشه، مجید؛ حسین علی پور گزی، فرشته؛ جعفری شندی، فاطمه؛ علی محمدی، مجید (۱۳۹۴)، «تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین پهنه شمال غرب ایران (با تاکید بر الگوی ضخامت)»، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۳، پاییز ۱۳۹۴، صفحات ۱۱۷-۱۳۵؛
۶. شجاعی، محمد؛ مشکواتی، امیرحسین و مجید مزرعه فراهانی (۱۳۹۳)، «تحلیل هم‌دید و دینامیکی بارش سنگین ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰ بر روی شیراز»، مجموعه مقالات شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۲۰ تا ۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳؛
۷. عزیزی، قاسم؛ نیری، معصومه و شیما رستمی جلیلیان (۱۳۸۸)، «تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین در غرب کشور (مطالعه موردی: بارش دوره ۷-۱۴ مارس ۲۰۰۵، ۱۶ تا ۲۴ اسفند ۱۳۸۵)»، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۴، تابستان ۱۳۸۸؛
۸. قویلد رحیمی، یوسف (۱۳۸۹)، «نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم افزار Grads»، تهران، سهادانش، چاپ اول، ۱۳۸۹.
۹. محمدی، بختیار و ابوالفضل مسعودیان (۱۳۸۹)، «تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین ایران مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳»، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، پاییز ۱۳۸۹؛
۱۰. فرج زاده، منوچهر و سعید رجایی نجف آبادی (۱۳۹۲)، «تحلیل شرایط سینوپتیک رخداد سیل در بارش‌های سنگین (شهرستان کوهرنگ)»، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۷- شماره ۴۵، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۱۴۳-۱۶۲؛
۱۱. میرموسوی، حسین؛ دوستکامیان، مهدی و فاطمه ستوده (۱۳۹۵)، «بررسی و تحلیل الگوی فضایی تغییرات درون دهه‌های بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران»، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۷، پیاپی ۶۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵؛
۱۲. هرمزی سلامی، وحید، امیدوار، کمال، کاوسی، رضا و مجتبی حمزه نژاد، (۱۳۹۶)، «شناسایی و تحلیل هم‌دید-دینامیکی الگوهای جوی سیلاب آبان ۱۳۹۴ در استان‌های ایلام و لرستان»، مجله علمی ترویجی نیوار، شماره ۹۶-۹۷، بهار و تابستان ۱۳۹۶؛
13. 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;
14. Ch, Chen. (2011): Orographic Effects on Localized Heavy Rainfall Events Over Southwestern Taiwan on 27 and 28 June 2008 During The Post-Mei-Yu Period. *Atmospheric Research*, 101:595-610.

15. G. J. van Oldenborgh., F. E. L. Otto., K. Haustein and H. Cullen., (2015), "Climate change increases the probability of heavy rains like those of storm Desmond in the UK – an event attribution study in near-real time.", *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 12, 13197–13216, 2015.
16. Hossos, E., C. J. Lolis, and A. Bartzokas (2008), "Atmospheric Circulation Patterns associated with extreme precipitation amounts in Greece", *Adv. Geosci.*, 17, 5-11;
18. Hou, Tuanjie., Leia, Hengchi and Hu, Zhaoxia., (2010), "A comparative study of the microstructure and precipitation mechanisms for two stratiform clouds in China", *Atmospheric Research*, Volume 96, Issues 2- May 2010, Pages 447-460;
19. Lana, A., J. Campains., A. Genoves and A. Jansa., (2007), "Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic islands", *Adv. Geosci.*, 12, 27-32, 2007;
20. 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;
21. Olga Matlik and Piia Post., (2008), "Synoptic Weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961-2005", *Estonia Journal of Engineering*, 195-208;
22. Rudari, Roberto., Entekhabi, Dara., Roth, Giorgio., (2004), "Large scale atmospheric patterns associated with mesoscale features leading to extreme precipitation events in Northwestern Italy", *Advances in Water Resources* 28, 601–614;
23. Seibert, P., Frank, A., and Formayer. H., (2007), "Synoptic and regional patterns of heavy precipitation in Austria", *Theoretical and Applied Climatology*, 87, 139–153;
24. Zulfaqar Sa'adi., Shamsuddin Shahid1., Tarmizi Ismail., Eun Sung Chung Xiao., Jun Wang., (2017), "Trends analysis of rainfall and rainfall extremes in Sarawak, Malaysia using modified Mann-Kendall test.", *Meteorology and Atmospheric Physics.*, Springer-Verlag GmbH Austria., 27 October 2017.