

تحلیل تطبیقی سازوکار بارش‌های پاییز و زمستان جنوب غرب ایران

مریم ثقفی^۱، غلامرضا براتی*^۱، بهلول علیجانی^۲، محمد مرادی^۳

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳- پژوهشگاه هواشناسی، تهران، ایران

(پژوهشی)

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۵ تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۱/۳/۲۲

چکیده

کاهش مداوم ذخایر آب زیرزمینی در سرزمین ایران بر اهمیت بارش‌های جوی می‌افزاید. این حساسیت در نیمه جنوبی ایران و به ویژه جنوب غربی که منطقه‌ای انباشته از سدهای بزرگ است، بیشتر است. در این پژوهش نخست سازوکار بارش‌ها در دو فصل پاییز و زمستان در جنوب غرب ایران بررسی و مقایسه شد. سپس شرایط همدید بادوام‌ترین و شدیدترین بارش‌های رخ داده طی بازه‌ی آماری منتخب در سرزمینی مورد پژوهش شناسایی شد. داده‌های روزانه بارندگی از ۸ ایستگاه داده‌سنجی در بازه ۳۰ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۶) در جنوب غرب ایران گردآوری شد. تفکیک بارش‌ها بر حسب دوام با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط متلب؛ امکان انتخاب ۴۰ نمونه بارش را فراهم کرد. طراحی الگوهای همدید شار رطوبت، ارتفاع جو و موقعیت هسته‌های رובاد نتایج زیر را نشان داد: (۱) منابع تامین‌کننده بارش‌های بادوام و فراگیر در فصل پاییز، آب‌های گرم پیرامون ایران شامل دریای سرخ، خلیج عدن، دریای عرب، خلیج فارس و دریای عمان است. (۲) خاستگاه جریان‌ات مرطوب این بارش‌ها از مناطق مرکزی آفریقای حاره‌ای است. (۳) طی فصل زمستان این منابع عموماً به دریای سرخ و خلیج عدن محدود شده‌اند. (۴) همچنین تحلیل الگوهای موقعیت هسته‌های امگای منفی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال گویای شرایط التهاب و گرادیان حرارتی شدید در ستون جو روی سرزمین‌های جنوب غربی ایران طی فصل پاییز نسبت به زمستان است.

واژه‌های کلیدی: جنوب غرب ایران، بارش‌های فراگیر، تغذیه رطوبت، دوام بارش.

مقدمه

بارش یکی از فرآیندهای حیاتی در چرخه جهانی آب است (Fu et al, 2016) که تغییرات الگوهای جوی پدیدآور آن سبب مخاطراتی مانند خشکسالی و سیل (Jiang et al, 2008) می‌شود. از دیدگاه اقلیم‌شناسی، هرگاه میزان بارش در حدی باشد که سبب سرریز شدن آب از مجرای اصلی خود و طغیان رود شود، سیل رخ داده است (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۷). پژوهشگران مخاطره سیل را ناشی از سامانه‌های همرفتی ساکن‌وار می‌دانند که سبب رخداد بارندگی شدید و بلندمدت در یک سرزمین می‌شوند (Li et al, 2016). بر پایه آمار فراهم شده از سازمان ملل متحد، در میان بلایای طبیعی، سیل و توفان، بیشترین تلفات و زیان را به جوامع بشری وارد کرده‌اند. به گونه‌ای که تنها در یک دهه میزان زیان‌های سیل و توفان بیش از ۲۱ میلیارد دلار بوده است. بارش‌های سنگین خود یکی از عوامل مهم رخداد سیل هستند و در این بارش‌ها اثر صعود و دسترسی به بخار آب برجسته است. بنا به نظر رودول و هاسکین (Rodwell and Hoskins, 2001)، تغییرات بارش را چرخه انتقال نم کنترل می‌کند. از این رو چنانچه الگوهای گردشی پدیدآور سیل شناسایی شوند، می‌توان از دست کم یک یا دو روز پیش از آغاز پی‌آیند الگوهای سیل‌زا، رخدادشان را پیش‌بینی کرد و اینجاست که بنا به نظر علیجانی (۱۳۹۲)، فرصت کافی برای آمادگی فراهم است. پژوهشگران بررسی الگوهای جوی را گام نخست در شناخت سازوکارها بارش‌های سنگین می‌دانند. چنانکه جنسا و همکاران (Jensa et al, 2001)، در پژوهش خود دریافتند که در ۹۰ درصد بارش‌های سنگین باختر مدیترانه، کانون چرخندی در همسایگی رخداد بارش بوده و تشدید جریان هوای مدیترانه به سوی سرزمین‌های دارای بارندگی را سبب شده است.

بررسی الگوهای جوی رخداد بارش‌های سنگین در جزیره بالئارس (Lena et al, 2007) و همچنین پژوهشی مشابه در یونان (Hossos et al, 2008) و ایالت یوتا (Harnack, et al, 1998) نتایج مشابهی داشته؛ به طوری که در هر دو مورد پیوندی نیرومند میان رویدادهای بارش سنگین با فعالیت کم‌فشار دیده شده است. واگرایی جریان‌های هوا در ترازهای پایین نیز در قالب چرخندهای نیرومند، عاملی است که در حوزه‌ی ساسکوانا (Yarnal and Frankes, 1994) به آن توجه شده و مشخص شده است که پی‌آیند این چرخندها به همراهی جبهه‌های فعال سرد و گرم و سپس طغیان رودها انجامیده است. در ایران پژوهش‌هایی با محور ورود سامانه‌های مدیترانه‌ای از عراق به ایران (کیانی و همکاران، ۱۳۹۹)، شناخت تاثیر دو سامانه کم‌فشار دریای مدیترانه و زبانه کم‌فشار سودانی در ترازهای بالا و تقویت این سامانه‌ها روی دریاهای مدیترانه، سیاه و سرخ (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸)، تعیین موقعیت ناوهای سوریه و مدیترانه (Alijani, 2002) و نیز تاثیر نزدیک شدن یک ناو غربی از سمت دریای مدیترانه در نصف النهاری شدن جریانات، گویای توجه محققان با اهمیت مطالعات با روش همدید است. در کنار محور شناسایی الگوهای جوی و سامانه‌های فشار، شناخت نقش ناهمواری‌ها نیز از دید پژوهشگران دور نمانده است. در این زمینه ویلیام و همکاران (William et al, 2004) و رُداری و همکاران (Rudari et al, 2005)، بر نقش ناهمواری در رخداد بارش‌های سنگین کوهستانی تاکید دارند. در این زمینه در ایران، مسعودیان (۱۳۸۷) به تاثیر عامل پویشی مانند ناهمواری‌های زاگرس بر سامانه‌های وارد شونده از غرب و جنوب‌غرب و واداشت آنها به صعود و در نتیجه تقویت این سامانه‌ها می‌گوید. همچنین هوز (Houze, 2012)، در پژوهشی به نقش مکانیکی

تحلیل شود و با بهره‌گیری از داده‌های آماری ۳۰ ساله تفاوت سازوکار بارش‌ها در این سرزمین طی دو فصل پاییز و زمستان مقایسه شود.

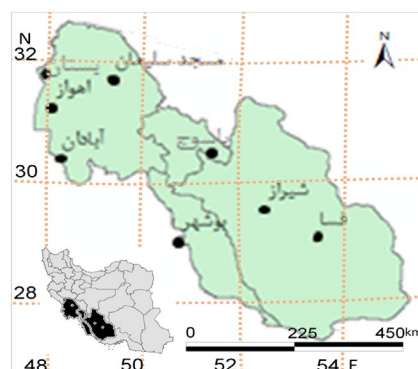
مواد و روش‌ها

در نخستین مرحله پژوهش، داده‌های بارش روزانه ۸ ایستگاه همدید طی یک بازه ۳۰ ساله از ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ (جدول ۱) از چهار استان سیل‌خیز جنوب‌غرب ایران شامل خوزستان، بوشهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد (شکل ۱)، از سازمان هواشناسی کشور فراهم شد.

ناهمواری‌ها در کنترل بارش در سرزمین‌های کوهستانی اشاره کرده است. در این میان، در حالی که ذوالفقاری (۱۳۸۴) ناهمواری، خاک و کاربری اراضی را از عوامل زمینه‌ساز بروز سیل می‌داند، محمدی و مسعودیان (۱۳۸۹)، چهره غالب سرزمین‌های یاد شده را بارش‌های جوی و تندر ذکر کرده است. چنانچه ملاحظه شد هر یک از پژوهش‌های یاد شده به سازوکار بارش در سرزمین مورد پژوهش پرداخته‌اند ولی در این پژوهش سعی بر این بوده تا با بهره‌گیری از نتایج پژوهش‌های موردی، ضمن شناسایی الگوهای همدید منجر به بارش‌های سیلابی و ویرانگر در جنوب‌غرب ایران، شرایط همدید فراگیرترین و بلندترین بارش‌ها

جدول ۱: ویژگی‌های ایستگاه‌های برگزیده

ایستگاه	بلندا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
آبادان	۶/۶	۳۰/۳۷	۵۰/۸۲
اهواز	۲۲/۵	۳۱/۳۴	۴۸/۷۴
بستان	۷/۸	۳۱/۷	۴۸/۰۱
بوشهر	۹	۲۸/۹	۵۰/۸۲
فسا	۱۲۸۸/۳	۲۸/۸۹	۵۳/۷۱
مسجد سلیمان	۳۲۰/۵	۳۱/۹۸	۴۹/۲۴
شیراز	۱۴۸۴	۲۹/۵۶	۵۲/۶
یاسوج	۱۸۱۶/۳	۳۰/۶۹	۵۱/۵۵



شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاه‌های منتخب

بارشی فراگیر و بادوام سرزمین مورد پژوهش بر پایه پیوندهای زیر برگزیده شوند (رابطه ۱).

چیدن داده‌ها در جداول روزانه به ترتیب روزهای سال در رَج و ایستگاه‌ها در ستون، امکان تهیه بانکی از داده‌ها را در محیط اکسل فراهم کرد تا نمونه‌های

رابطه ۱)

الف). $\frac{\text{فراوانی ایستگاههای درگیر بارش در هر روز}}{\text{کل ایستگاههای منطقه}} > 0.5$

ب). طول دوره‌ی بارش

پ). میزان بارش مجموع ایستگاهها

در روز اوج نمونه ی بارشی چند روزه.

در گام نخست، برای تعیین موج‌های بارشی فراگیر از میان موج‌های بارشی شناسایی شده، از رابطه ۱ و گزینه count if در نرم‌افزار اکسل استفاده شد تا با مشخص شدن فراوانی ایستگاه‌های درگیر بارش در هر روز، فراوانی روزهایی که در آنها بیش از نیمی از ایستگاه‌های سرزمین بارش داشتند، یعنی روزهای بارشی فراگیر شناسایی شود. در گام دوم، برای شناسایی بلندترین بارش فراگیر (معیار ب) از ابزار conditional formatting در نوار ابزار نرم‌افزار اکسل استفاده شد. به این ترتیب از میان بارش‌های فصل پاییز و زمستان به صوت جداگانه ۲۰ نمونه بارش فراگیر در سرزمین با طول دوره بارشی دست کم ۳ روز انتخاب شد. سرانجام از میان نمونه‌های بارشی برگزیده، به بلندترین و فراگیرترین نمونه بارشی که مجموع بارش ایستگاه‌ها در روز اوج آن بیشتر از نمونه‌های دیگر بود، برچسب موج شاخص آن فصل داده شد. شایان ذکر است برای روز بارشی بسته به شرایط مکانی، آب‌وهواشناسان آستانه‌های گوناگونی پیشنهاد داده‌اند. دمرس و رنتونگ (Domroes and Rantung, 1993)، آستانه‌های یکصدم تا سه‌دهم میلی‌متر را مطرح کرده‌اند. نظری‌پور و همکاران (۱۳۹۱) برای بررسی بارش‌های یک‌روزه ایران از آستانه ۰/۵ میلی‌متر و نظری (۱۳۹۳) برای بررسی تداوم بارش‌ها از آستانه ۰/۵ میلی‌متر استفاده کرده‌اند. در این تحقیق با توجه به نیمه‌خشک بودن سرزمین مورد مطالعه از مقادیر یاد شده، «آستانه ۱ میلی‌متر برای هر روز بارشی» تعریف شد (رابطه ۲).

رابطه ۲)

$\text{Rainday}_{j,i} = P_{j,i} \geq 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, 40950$

در مرحله‌ی بعد، داده‌های ترازهای بالای جو از بایگانی NCEP/NCAR اخذ گردید. این داده‌ها شامل فشار تراز دریای آزاد، بلندا، مولفه‌های مداری، نصف‌النهار و مولفه قائم بردار باد در تراز فشاری مختلف بود. در بررسی نحوه تکوین سامانه‌های همدید از نقشه‌های میدان فشار تراز دریا و نقشه‌های ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده شد. برای بررسی حرکت‌های بالاسو و پایین‌سو، از نقشه‌های مولفه قائم سرعت باد در دستگاه مختصات فشاری دو تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده شد و نقشه‌های ترازهای ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز برای بررسی نقش رودبادهای از میدان باد استفاده شد. تمامی نقشه‌های ذکر شده با برنامه‌نویسی در نرم‌افزار گرس رسم شد. بررسی نقش سرعت و جهت رودباد در سامانه‌های بارشی و مقایسه آن طی فصول پاییز و زمستان در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال عملی شد. انتخاب این تراز به این دلیل بود که مسیرهای رودباد در آن آشکارتر هستند. در این زمینه فرج‌زاده (۱۳۸۶)، ترازهای ۲۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال را برای تعیین مسیر و هسته‌های رودباد عامل بارش‌های استان‌های ایلام و کرمانشاه مناسب‌تر از تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال معرفی کرده است. برای شناخت منابع رطوبتی بارش‌های شناسایی شده، معادله همگرایی شار رطوبت محاسبه و ارزیابی گردید (رابطه ۳ و ۴). این معادله را پیش از این، حلبیان و پورجزی (۱۳۹۶)، برای محاسبه شار رطوبت رخدادهای بارشی سنگین جنوب‌غرب کشور استفاده کرده‌اند. صورت برداری این معادله به شرح زیر است:

رابطه ۳)

$$MFC = -\nabla \cdot (q \bar{V}_h) = -\bar{V}_h \cdot \nabla q - q \nabla \cdot \bar{V}_h$$

رابطه ۴)

$$MFC = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - q \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

جمله وزش

جمله همگرایی

در این رابطه‌ها:

$-\nabla \cdot (q \bar{V}_h)$: همگرایی شار رطوبت،

$-\bar{V}_h \cdot \nabla q$: وزش رطوبتی،

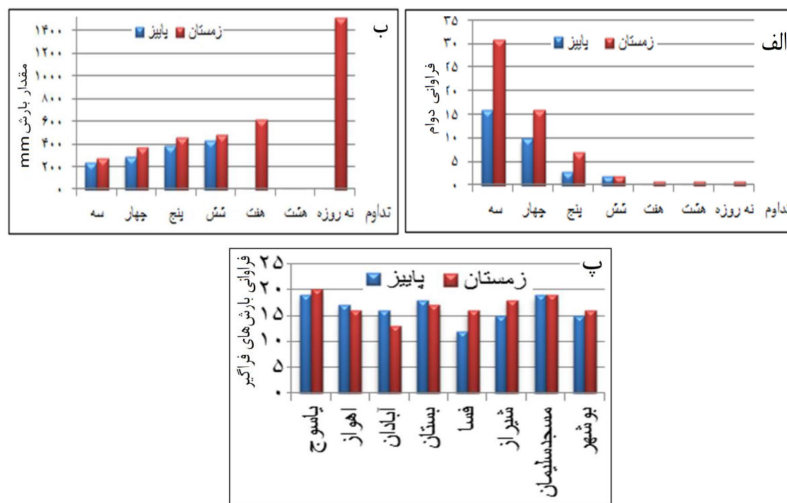
$q \nabla \cdot \bar{V}_h$: همگرایی رطوبت، q : رطوبت ویژه، X و

Y : متغیرهای مستقل مکانی، U و V : مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد می‌باشد.

بحث و نتایج

نخستین نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بارش‌های سه‌روزه به‌ویژه در فصل زمستان، بالاترین فراوانی را

در بازه ۳۰ ساله آماری داشته‌اند (شکل ۲ الف) و هر چه دوام‌ها بیشتر شده است، مقادیر بارش به‌ویژه برای بارش‌های نه روزه در فصل زمستان افزایش یافته است (شکل ۲ ب). براساس شکل ۲ پ، شهر یاسوج دارای بالاترین فراوانی بارش فراگیر به‌ویژه طی زمستان و شهر فسا دارای کمترین فراوانی بارش‌های فراگیر به‌ویژه طی فصل پاییز است. چنانکه پیش از این در تحقیق احمدی و جعفری (۱۳۹۷) مشخص گردید، بالاترین فراوانی بارش‌های بیش از ۵۰ میلی‌متر در گستره پنج استان هرمزگان، کرمان، یزد، فارس و کهگیلویه و بویراحمد، مربوط به زمستان ایستگاه یاسوج است و این خود نشان از آسیب‌پذیری آبخیزهای شهر یاسوج در مواجهه با چرخندهای بارانزای غربی و جنوب‌غربی است.



شکل ۲: نمودار فراوانی دوام‌های بارش‌ها (الف)، نمودار مقادیر بارش بر پایه فراوانی (ب) و نمودار فراوانی وقوع بارش‌های فراگیر (پ) به تفکیک دو فصل پاییز و زمستان

تحلیل نقشه‌های هوا

در ادامه به بررسی عوامل موثر در رخداد نمونه‌های بارشی شناسایی شده از جمله الگوی فشار تراز دریا و بلندا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، وضعیت ناپایداری هوا (امگای منفی) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوی رودباد در تراز ۳۰۰

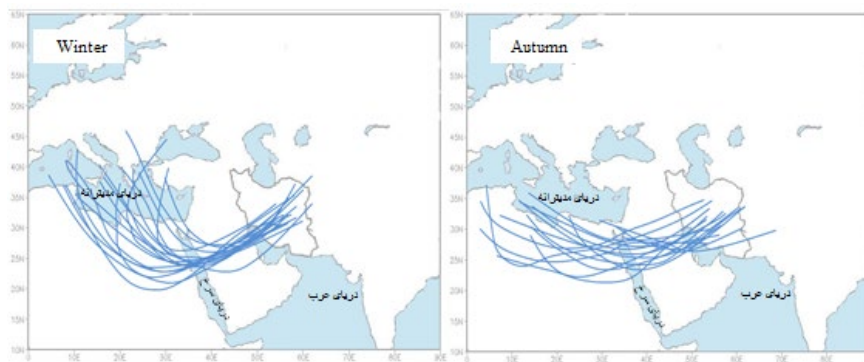
هکتوپاسکال و منبع تغذیه رطوبت بارش‌ها؛ به صورت مجزا برای دو فصل پاییز و زمستان پرداخته شده است.

- ناوه تراز میانی جو

نخستین مولفه در بررسی عوامل موثر در بارش‌های شدید و فراگیر، موقعیت محور ناوه‌ی تراز ۵۰۰

است. در فصل پاییز (شکل ۳ الف)، ناوه‌ها بیشتر حالت مداری دارند ولی در فصل زمستان تحت-تأثیر گسترش بیشتر بادهای غربی و با تشدید سرعت آنها همراه است (علیجانی، ۱۳۸۵)، از حالت مداری خارج شده، حالت نصف‌النهاری و عمیق به خود گرفته‌اند. منطقه مورد پژوهش در جلوی این ناوه‌های عمیق قرار گرفته که این خود یکی از عوامل تشدید ناپایداری و در نتیجه تشدید بارش در فصل زمستان نسبت به فصل پاییز است.

هکتوپاسکال است. طبق بررسی‌های انجام گرفته (علیجانی، ۱۳۸۱) در آرایش متوسط این تراز در اکثر ماه‌های سال، یک ناوه‌ی کاملاً مشخص وجود دارد که محور آن در امتداد ۳۰ درجه شرقی قرار گرفته، بلندای آن در پایین‌ترین نقطه محور ناوه در ماه‌های دی و بهمن (ژانویه و فوریه) ۷۵ متر است. شکل ۳ نشان می‌دهد که در تایید نتایج پژوهش یاد شده، در هر دو فصل پاییز و زمستان، این ناوه در همه نمونه‌های بارشی دیده می‌شود و تفاوت آن در دو فصل پاییز و زمستان، در عمق محور ناوه

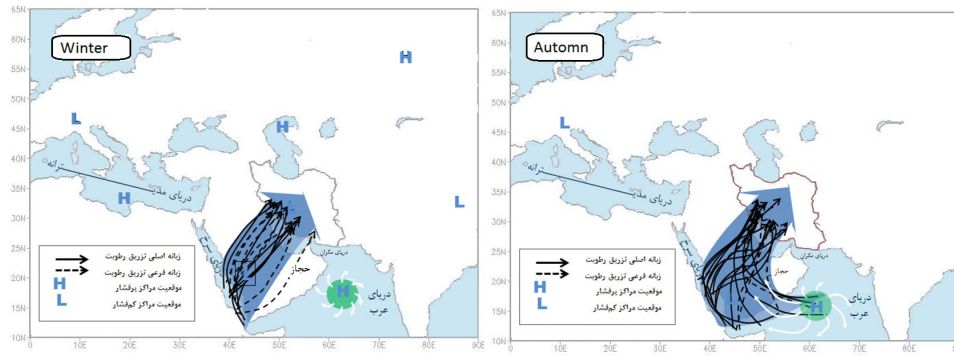


شکل ۳: موقعیت ناوه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در فصل پاییز (الف) موقعیت ناوه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در فصل زمستان (ب).

حالی که طی زمستان عموم مسیرها منحصر به جنوب دریای سرخ است. نکته دیگر، نقش فعال‌تر پرفشار دریای عرب، در انتقال نم این دریا به جنوب غرب ایران طی فصل پاییز نسبت به فصل زمستان است. تحت‌تأثیر این پرفشار، جریان‌ات مرطوب و واگرا از کناره‌های جنوبی و غربی آن در حاشیه جنوبی شبه جزیره عربستان به سمت داخل شبه جزیره تغییر مسیر داده، زیر یال شرقی ناوه غربی به سمت ایران حرکت می‌کنند. با این سازوکار، چنانکه محققان (لشکری، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و مفیدی و زرین، ۱۳۸۵) اذعان دارند، رطوبت دریاهای مکران (عمان) و سرخ، به سوی ایران حرکت شمال-غرب سو می‌یابد.

– بررسی الگوی انتقال رطوبت بارش‌ها

الگوی کلی انتقال رطوبت وابستگی شدیدی به الگوی گردش جو (Farajzadeh et al, 2017) و موقعیت پرفشارها و کم‌فشارها در ترازهای پایین و ردسپهر دارد. عموماً مشاهده می‌شود که با تغییرات گردش جو طی سال میزان و مسیر انتقال رطوبت نیز تغییر می‌کند. به منظور شناسایی منابع تغذیه رطوبتی بارش‌ها و ردیابی مسیر انتقال رطوبت، الگوی وزش رطوبتی و موقعیت مراکز فشار در تراز سطح دریا به تفکیک برای فصل پاییز و زمستان تهیه شد شکل (۴). این شکل نشان می‌دهد که مسیرهای تغذیه رطوبت طی فصل پاییز، پهنه‌های آبی گسترده‌تری را از میانه دریای سرخ و خلیج عدن تا دریای عرب در برگرفته‌اند؛ در

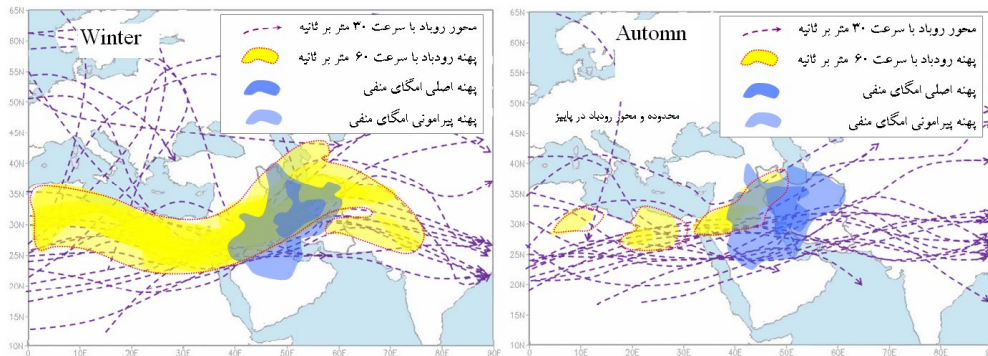


شکل ۴: الگوی منابع تغذیه رطوبت بارش‌های پاییزی (الف) و منابع تغذیه رطوبت بارش‌های زمستانه (ب).

بررسی الگوی رودباد و هسته‌های امگای منفی

به لحاظ نظری، سرعت بیشتر هسته‌های رودباد با مقدار بیشتر حرکت صعودی و ناپایداری ناشی از آن همراه است ولی به دلیل سیستمی بودن فرآیند بارش و دخالت عوامل متعدد در بارش، سرعت هسته‌ها می‌تواند تنها یک عامل موثر در ناپایداری و تقویت بیشتر سامانه‌ها باشد. در هسته‌های رودباد، ربع‌های دوم و چهارم با افزایش تاوایی مثبت یعنی واگرایی سطوح بالایی و همگرایی سطوح پایین جو همراهند در حالی که ربع‌های اول و سوم برعکس به همراه افزایش تاوایی منفی، همگرایی سطوح بالایی و واگرایی سطوح پایین جو نیز می‌افزاید (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۸۶). چنانچه در شکل ۴؛ سمت راست، ملاحظه می‌شود در فصل پاییز، هسته‌های رودباد ۶۰ متر در ثانیه بسیار کمتر به چشم می‌خورد درحالی که در الگوی مربوط به فصل

زمستان (شکل ۴ ب)، هسته‌های رودباد ۶۰ متر در ثانیه در عرض ۳۰ درجه شمالی، فراوان دیده می‌شود. همچنین محورهای رودباد ۳۰ متر در ثانیه، در هر دو فصل پاییز و زمستان، در قسمت خروجی سرد یعنی ناحیه چپ خروجی یا ربع دوم است و سبب افزایش میزان تاوایی و تشدید ناپایداری در منطقه شده است. در این حال در هر دو فصل زمستان رودباد جبهه قطبی نیز دیده می‌شود که با رودباد جنب حاره‌ای ادغام شده، سبب تشدید ناپایداری شده است. مقایسه موقعیت هسته‌های پیرامونی و به‌طور آشکار، هسته‌های اصلی امگای منفی نیز گویای موقعیت جنوبی‌تر آنها طی فصل زمستان، یعنی فصلی است که بادهای غربی بیشترین گسترش را تا عرض‌های جنوبی پیدا کرده‌اند (شکل ۵).



شکل ۵: الگوی محور و پهنه‌های رودباد و پهنه‌های امگای تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در فصل پاییز (سمت راست) و فصل زمستان (سمت چپ) طی روزهای اوج بارش‌های بادوام و فراگیر جنوب غرب ایران.

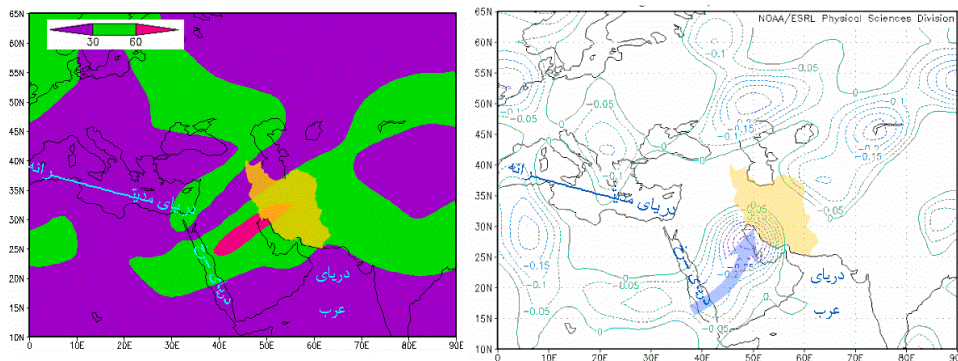
بررسی همدید دو الگوی حدی

به دلیل تشابه الگوها طی بازه مورد مطالعه، دو الگوی بسیار حدی تر، یکی از فصل پاییز و دیگری از فصل زمستان انتخاب و تحلیل همدید شد:

– بررسی همدید رخداد بارش سنگین پاییز ۱۳۹۴

در این موج بارشی یازده روزه، مقدار بارش مجموع شهرها طی روز ۲۴ دسامبر ۲۰۱۵ به اوج رسیده است و در روزهای پیش و پس از آن مقادیر کمتر بوده است. چنانکه در نقشه امگا دیده می‌شود (شکل ۶، سمت راست)، جنوب غربی ایران را هسته‌ای از امگای منفی با مقدار مرکزی ۰/۳۵ – پاسکال بر ثانیه فراگرفته که نشان از صعود هوا

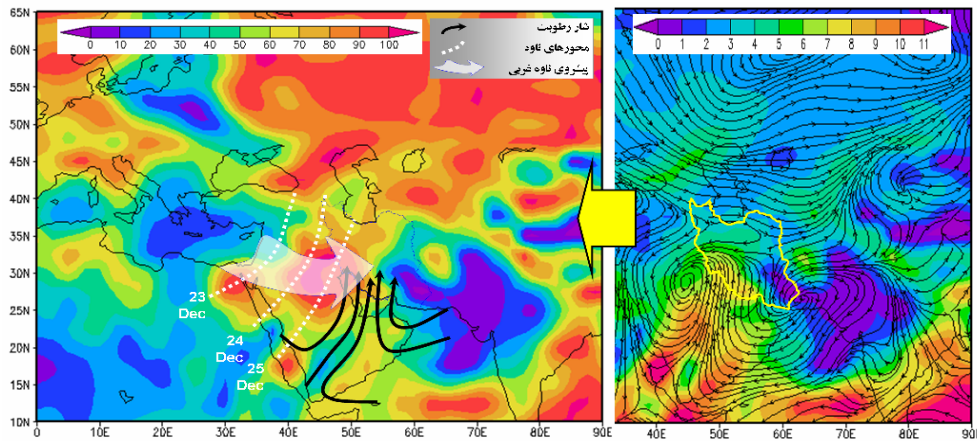
یعنی سرعت قائم بالاسو و ناپایداری در منطقه دارد و بیشینه امگای منفی بر بیشینه بارش منطبق است. الگوی رودباد مربوط به این بارش سنگین در شکل ۶؛ سمت چپ، مشاهده می‌شود. در این الگو هسته رودباد جنب‌حاره‌ای با سرعت ۶۰ متر بر ثانیه در عرض جغرافیایی ۲۳ تا ۳۵ درجه شمالی روی عربستان و خلیج فارس دیده می‌شود و جنوب غرب ایران در خروجی سمت چپ آن است. نتیجه‌ی این شرایط ایجاد واگرایی در ترازهای بالا و ناپایداری تراز دریای آزاد است و سرانجام منجر به تقویت سامانه کم‌فشار، ورود به جنوب غرب ایران و بارش شده است.



شکل ۶: الگوی امگای منفی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت راست) و الگوی رودباد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ) طی بارش یازده روزه و فراگیر جنوب غرب ایران در ۲۴ دسامبر ۲۰۱۵.

همانطور که در نقشه رطوبت نسبی ۲۴ دسامبر ۲۰۱۵ ملاحظه می‌شود، در نیمه غربی ایران به ویژه جنوب غرب، نم نسبی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به میزان ۹۰ – ۱۰۰ درصد رسیده است و نشان دهنده شرایط بسیار مناسب برای رخداد بارش سنگین است. بررسی نقشه وزش رطوبتی این رخداد نشان می‌دهد که تزریق رطوبت از دو منبع دریای سرخ و دریای عرب بوده است. این دو جریان روی حجاز

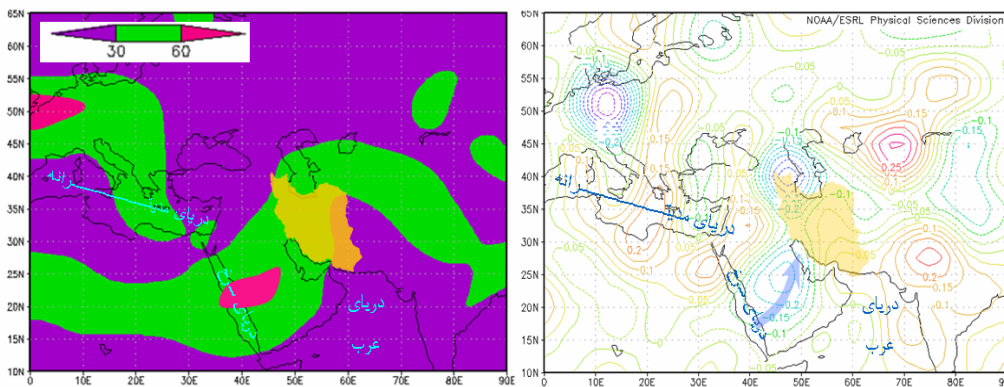
همگرا شده، به سوی ایران حرکت کرده، رطوبت مورد نیاز بارش را فراهم کرده‌اند. در نقشه هم‌ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال طی روزهای بارش، حرکت شرق سوی ناوهای عمیقی با امتدادی از عرض ۱۸ تا ۴۵ درجه‌ی شمالی دیده می‌شود و ایران زیر یال شرقی آن یعنی جلوی ناوه است. این شرایط به تشدید ناپایداری انجامیده است (شکل ۷).



شکل ۷: الگوهای شمار رطوبت نسبی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (سمت راست) و پیشروی ناوه غربی در تراز هکتوپاسکال ۵۰۰ (سمت چپ) طی بارش یازده‌روزه و فراگیر جنوب غرب ایران در ۲۴ دسامبر ۲۰۱۶.

۰/۲۵ - پاسکال بر ثانیه در غرب خلیج فارس است و نشان از صعود هوا و ناپایداری روی سرزمین دارد. در نقشه رودباد مربوط به این رخداد (شکل ۸، سمت چپ) دیده می‌شود که هسته رودباد جنب حاره‌ای با سرعت ۶۰ متر در ثانیه در عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۲۵ درجه شمالی روی حجاز و دریای سرخ و ایران در خروجی سمت چپ آن بوده است. نتیجه این شرایط ایجاد واگرایی در ترازهای بالا و ناپایداری در تراز دریای آزاد است.

بررسی همدید رخداد بارش سنگین زمستان ۱۳۸۳ در این موج بارشی نه‌روزه، مقدار بارش مجموع شهرها طی روز ۱۳ ژانویه ۲۰۰۴ به اوج رسیده است و در روزهای پیش و پس از آن مقادیر کمتر بوده است. چنانچه در نقشه امگا دیده می‌شود (شکل ۸، سمت راست)، همه نیمه‌ی غربی ایران را امگای منفی دو هسته‌ای در بر گرفته است که هسته شمالی آن با مقدار مرکزی ۰/۴ - پاسکال بر ثانیه در غرب دریای خزر و هسته جنوبی آن با مقدار مرکزی



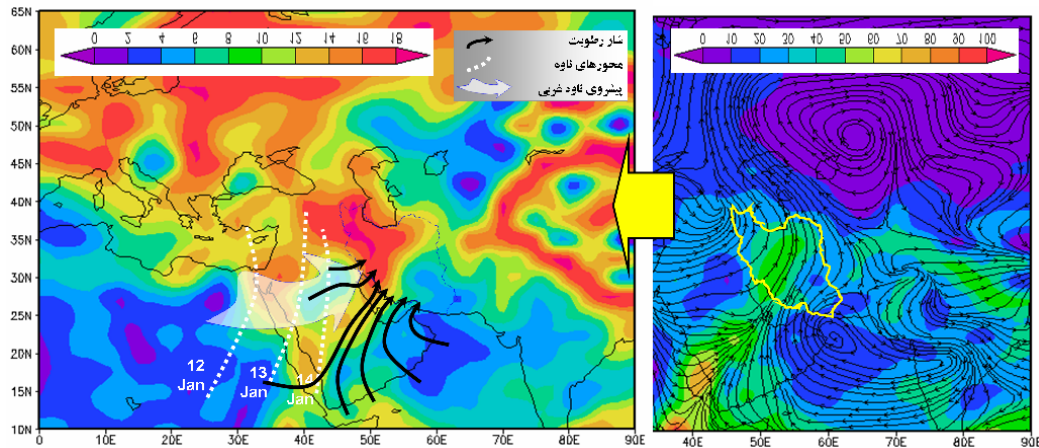
شکل ۸: الگوی امگای منفی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت راست) و الگوی رودباد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ) طی بارش نه‌روزه و فراگیر جنوب غرب ایران در ۱۳ ژانویه ۲۰۰۴.

۹۰ درصد رسیده است که نشانگر شرایط مناسب برای بارش شدید است. چنانچه دیده می‌شود، منبع تزریق رطوبت، دریای سرخ و خلیج عدن بوده که با

در الگوی نم نسبی مربوط به این رخداد (شکل ۹، سمت راست) دیده می‌شود که در نیمه غربی ایران به ویژه در سرزمین مورد پژوهش نم نسبی به میزان

شرقی است. این سامانه در روز ۱۳ ژانویه ۲۰۰۴ به سمت شرق جابه‌جا شده، سرزمین را زیر یال شرقی دارد و در روز بعد نیز همچنان امکان شکل‌گیری ناپایداری‌ها در جنوب غرب ایران فراهم است.

جریان‌ات شمال‌شرق‌سو وارد سرزمین شده است. چنانچه دیده می‌شود در روز ۱۲ ژانویه ۲۰۰۴ (شکل ۹، سمت چپ) یعنی یک روز پیش از روز اوج بارش، فرود غربی عمیق روی دریای مدیترانه



شکل ۹: الگوهای شار رطوبت نسبی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (سمت راست) و پیشروی ناوه غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ) طی بارش نه‌روزه و فراگیر جنوب غرب ایران در ۱۳ ژانویه ۲۰۰۴.

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان داد که پژوهشگران دیگری نیز به بارش‌های جنوب و جنوب‌غرب کشور با ورود سامانه‌های مدیترانه‌ای از مسیر کشور عراق (تقی‌زاده، ۱۳۶۶)، تقویت و تشدید فعالیت کم‌فشار سودانی و تبدیل آن به سامانه دینامیک و ترمودینامیک (لشکری، ۱۳۷۵)، تاثیر توامان هر دو (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸) و با حضور امگای منفی، رطوبت بالای ۷۰ درصد و قرارگیری در جلوی ناوه و حضور رودباد در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال (قاسمی‌فر و همکاران، ۱۳۹۶) اشاره کرده‌اند. در پژوهش کنونی، به تفاوت عوامل بارش و مقایسه فصلی آنها طی پاییز و زمستان توجه شد. در پژوهش حاضر تلاش بر آن بود که ضمن شناسایی الگوهای هم‌دیدگی منجر به بارش‌های سیلابی و مخرب در جنوب‌غرب ایران، سازوکار این بارش‌ها در دو فصل پاییز و زمستان مقایسه شده، شرایط هم‌دیدگی شدیدترین و بلندمدت‌ترین بارش رخ

داده شناسایی شود و از جمله نتایجی که به دست آمده به شرح زیر است:
طراحی الگوهای هم‌دید ارتفاج جو، موقعیت هسته‌های روباد و همچنین شاررطوبت به ترتیب در ترازهای ۵۰۰، ۳۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال برای ۴۰ نمونه بارشی نشان داد که محور ناوه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در هر دو فصل پاییز و زمستان در تمامی نمونه‌های بارشی در نزدیکی منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود و تفاوت آن در عمق محور ناوه است که در فصل پاییز ناوه‌ها بیشتر حالت مداری دارند ولی در فصل زمستان تحت‌تاثیرگسترش بیشتر بادهای غربی که با تشدید سرعت آنها همراه است (علیجانی، ۱۳۸۵)، ناوه‌ها از حالت مداری خارج شده و حالت نصف‌النهاری و عمیق به خود گرفته‌اند. هسته‌های رودباد با سرعت ۶۰ متر در ثانیه در منطقه مورد مطالعه در فصل پاییز کمتر از فصل زمستان به چشم می‌خورد. علاوه بر این در

هستند و اختلاف بلندا هزارمتری آنها با تراز پست و هموار جلگه میانرود در عراق و شبه‌جزیره حجاز بر میل به صعود جریانات می‌افزاید. در این شرایط، آسیب‌دیدگی بسترهای پذیرای بارش‌ها که عموماً شیب‌دار هستند، فرصت‌های زندگی‌بخش «نفوذ» را به تهدیدهای خانمان‌سوز «جریان» و به عبارت شناخته‌تر «سیل» تبدیل می‌کند. تحقیقات آینده می‌تواند نگرانی‌های مربوط به افزایش این بارش‌ها را مرتبط به پدیده جهانی تغییر آب‌وهوا راست‌آزمایی کند و بیش از پیش سیاست‌های کنونی ما را در مدیریت منابع آب به چالش بکشد.

-فرج‌زاده اصل، م.، لشکری، ح. و خورانی، ا.، ۱۳۸۶. تحلیل موقعیت رودباد در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور (استان‌های ایلام و کرمانشاه)، مدرس علوم انسانی، شماره ۵۶، ص ۲۳۹-۲۵۶.

-کیانی، م.، لشکری، ح. و قایمی، ه.، ۱۳۹۹. تحلیل هم‌دید فرین‌های بارشی زمستان در غرب ایران، پژوهش‌های دانش زمین، شماره ۱۱(۳)، ص ۲۳۳-۲۴۴.

-لشکری، ح.، ۱۳۸۱. مسیریابی سامانه‌های کم‌فشار سودانی ورودی به ایران، مجله مدرس، شماره ۲، ص ۱۳۳-۱۵۶.

-لشکری، ح.، ۱۳۸۲. مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن روی بارش‌های جنوب و جنوب‌غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، ص ۱-۱۸.

-محمدی، ب. و مسعودیان، ا.، ۱۳۸۹. تحلیل هم‌دید بارش‌های شدید ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، ص ۷۰-۴۷.

-مسعودیان، ا.، ۱۳۸۷. اقلیم‌شناسی ایران، اصفهان، دانشگاه اصفهان.

الگوی رودباد فصل زمستان رودباد جبهه قطبی نیز دیده می‌شود که با رودباد جنب حاره‌ای ادغام شده، باعث تشدید ناپایداری شده است. منابع تامین‌کننده بارش‌های بادوام و فراگیر در فصل پاییز، آب‌های گرم پیرامون ایران شامل دریای سرخ، خلیج عدن، دریای عرب، خلیج فارس و دریای مکران و نیز جریانات مرطوب از مناطق مرکزی آفریقای حاره‌ای هستند ولی طی فصل زمستان این منابع عموماً به دریای سرخ و خلیج عدن محدود شده‌اند. ناگفته پیداست که چهار استان مورد بررسی، بخشی از پیشانی بامه ایران

منابع

-احمدی، م. و جعفری، ف.، ۱۳۹۷. مسیریابی کامل و تحلیل سینوپتیک یک نمونه مطالعاتی از سامانه‌های منجر به بارش‌های سنگین بیش از ۵۰ میلی متر در جنوب ایران، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۵(۳)، ص ۱۰۲-۸۳.

-حجازی زاده، ز.، جعفرپور، ز.، علیجانی، ب. و نادر، پ.، ۱۳۸۷. بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، علوم جغرافیایی، شماره ۷(۵)، ص ۱۲۵-۱۵۵.

-حلییان، ا. و حسینعلی پورجری، ف.، ۱۳۹۶. تحلیل سینوپتیکی مخاطرات اقلیمی در جنوب‌غرب ایران، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۴، ص ۳۱-۴۶.

-ذوالفقاری، ح. و عابدزاده، ح.، ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۶، ص ۱۷۳-۱۸۷.

-عزیزی، ق.، نیری، م. و رستمی، ش.، ۱۳۸۸. جغرافیای طبیعی، شماره ۴، ص ۱-۱۳.

-علیجانی، ب.، ۱۳۹۲. اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چاپ ۶، تهران، نشر سمت، ۲۱۴ ص.

- مفیدی، ع. و زرین، ا.، ۱۳۸۵. تحلیلی بر ماهیت و ساختار مراکز پرفشار و کم‌فشار، رشد آموزش علوم زمین، شماره ۴۶، ص ۵۳-۶۱.
- نظری‌پور، ح.، ۱۳۹۳. نواحی تداوم بارش ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، ص ۱۹۵-۲۰۸.
- Alijani, B., 2002. Variation of 500 hPa flow Patterns over Iran and Surrounding areas and their relationship with Climate of Iran. *Theor Appl, Climatol*, v. 71, p. 4-41.
- Domroes, M. and Rantung, E., 1993. A Statistical approach toward a regionalization of daily rainfall in Sri Lanka. *Int. J. Climatol.*, v. 7, p. 741-754.
- Fu, Y.F., Chen, G., Liu, Y., Yang, R., Yuan, R., Li, Q., Liu, Y., Wang, L., Zhong, L. and Sun, X., 2016. Resent Trends of summer convective and stratiform precipitation in Mid- Eastern china. *Scientific Reports*, v. 6, p. 44-33.
- Farajzadeh, M. and Ahmadi, M., 2017. A synoptic – climatology approach to increase skill of numerical weather predictions over Iran. *Natural Environment Change*, v. 3, p. 1-9.
- Harnack, D.T., Jensen, J.R. and Cermak, X., 1998. Investigation of upper air conditions occurring with heavy summer main in Utah. *International Journal of climatology*, v. 18, p. 701-723.
- Houze, R.A., 2012. Orographic effects on precipitating clouds. *Reviews of Geographic*, v. 50, p. 608-598.
- Jiang, T.Z. and Kundzewicz, B.S., 2008. Change in monthly precipitation and flood hazard in the Yangtze River Basin China. *Internantional Journal of Climatology*, v. 28, p. 1471-1481.
- Lana, A., Campin, A. and Genoves, A., 2007. Atmospheric patterns for heavy rain event in the Balearic Island. *Advance in Geosciences*, v. 12, p. 27-32.
- Li, Z.S., Yang, B., He, C. and Hu, X., 2016. Intensified Springtime Deep Convections over the south china sea and the philippine sea dries southern china. *Scientific peport*, v. 9, p. 63-47.
- Rodwell, M. and Hoskins, B., 2001. Subtropical anticyclones and summer monsons. *J. Climate*, v. 14. p. 3192-3211.
- Rudari, R., Entekhabi, D. and Roth, G., 2004. Large-Scale atmospheric patterns associated with meso-scale texture leading to extreme precipitation events in Northwestern Italy. *Advances in Water Resource*, v. 28, p. 601-614.
- William, H., Neil, I. and Christopher, G., 2004. A Study of twentieth- century extreme rainfall events in the United Kingdom with implications for forecasting. *Advances in water Resource*, v. 2, p. 601-614.
- Yarnal, B. and Frankes, B., 1994. Using synoptic climatology to define representative discharge event. *International Journal of Climatology*, v. 17, p. 323-341.