

الگوهای گردشی پر ارتفاع جنب حاره‌ای عربستان در تراز میانی و ارتباط آن با بارش ایران

مصطفی کریمی^۱

فرامرز خوش اخلاق^۲

علی اکبر شمسی پور^۳

فهیمه نوروزی^۴

چکیده

الگوهای گردشی بزرگ مقیاس، شرایط اقلیمی به ویژه بارش یک ناحیه را کنترل می‌کنند. هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین الگوهای گردشی پر ارتفاع جنب‌حاره‌ای عربستان در تراز میانی با بارش‌های ایران است. به این منظور با استفاده از داده‌های دوباره تحلیل ارتفاع ژئوپتانسیل مرکز پیش‌بینی‌های میان‌مدت اروپا (ECMWF) در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال با تفکیک مکانی ۱*۱ درجه قوسی و تحلیل خوشه‌ای مبتنی بر فاصله همبستگی، الگوهای گردشی در محدوده ۳۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی و ۵ تا ۳۰ درجه عرض شمالی و در دوره زمانی ۱۱ سال (۲۰۰۰-۲۰۱۰) استخراج گردید. بر اساس نتایج حاصله می‌توان الگوها را از نظر زمان وقوع به الگوهای دوره سرد، دوره گرم و دوره گذار تقسیم بندی نمود. در دوره سرد، پر ارتفاع عربستان در عرض‌های پایین و بر روی دریای عرب و خلیج عدن قرار گرفته و بیشتر نواحی ایران بارش داشته که مقادیر بیشینه بارش مربوط به الگوی دوم است. در الگوهای دوره گذار، پر ارتفاع عربستان با جریان ساعتگرد جنوب‌غربی

^۱ . استادیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

Email: Mostafakarimi.a@ut.ac.ir

^۲ . دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

^۳ . دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

^۴ . کارشناسی ارشد اقلیم شناسی سینوپتیک، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

در جلوی ناوه شرق مدیترانه در وقوع بارش در شمال غرب کشور موثر بوده است. در الگوهای دوره گرم پارتفاع عربستان باعث ایجاد شرایط واچرخندی بر روی کشور شده و به عنوان یک مانع برای ورود سامانه‌های بارشی بوده است.

واژگان کلیدی: پرفشار جنب‌حاره، بارش، تحلیل خوشه‌ای، روش همبستگی، ایران

مقدمه

بارش پدیده حاصل از اندر کنش‌های پیچیده جو است. در میان رویدادهای اقلیمی، با توجه به نقش حیاتی آن اهمیت ویژه‌ای دارد و نسبت به پدیده‌های اقلیمی دیگر از پیچیدگی رفتاری چشمگیرتری برخوردار است. (محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۸: ۴۷). تفاوت‌های مکانی بارش در ایران بسیار زیاد است. از یک سو به رفتار مکانی بارش و از سوی دیگر تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران سبب شده است تا در هر منطقه مقدار ریزش جوی و زمان بارش متفاوت باشد (مسعودیان و کاویانی به نقل از اشرفی، ۱۳۸۸: ۱۳). با وجود رفتار متفاوت و گاهی متضاد بارش و عوامل باران‌زا، امکان طبقه‌بندی آن‌ها وجود دارد. طبقه‌بندی و به دست آوردن الگوهای گردشی هم‌دید با پیشرفت علوم بارانه‌ای به طور فزاینده‌ای وارد علوم جوی شده است. به گونه‌ای که در برخی مطالعات برای شناسایی الگوهای جوی غالب از روش تحلیل خوشه‌ای به روش ادغام ward و تحلیل مؤلفه‌های اصلی بهره گرفته شده است (کاویانی و همکاران، ۱۳۸۶؛ افشار منش، ۱۳۸۹؛ Fovell and Fovell، ۱۹۹۳؛ Domroes & et al، ۱۹۹۸؛ Corté & et al؛ ۱۹۹۹؛ Alhamed & Arahan، ۲۰۰۲؛ Turkes، ۲۰۰۹؛ Lopez، ۲۰۰۸) در برخی مطالعات دو الگو (کاویانی و همکاران، ۱۳۸۶) و در برخی دیگر چهارالگو به عنوان الگوهای مولد بارش شناسایی شده است (Bart & Steinkohl، ۲۰۰۴؛ افشارمنش، ۱۳۸۹). اقلیم هر منطقه تحت تأثیر الگوهای گردشی متفاوتی است، انتقال بخار آب در جو وابستگی مستقیم به شرایط گردش جو داشته و با تغییرات گردش جو در طی سال، میزان و مسیر انتقال رطوبت نیز تغییر می‌یابد. یکی از مؤلفه‌های گردش جوی موثر در انتقال رطوبت

مراکز پرفشار هستند (ژائو^۱ و همکاران، ۲۰۰۳ به نقل از کریمی و فرج‌زاده، ۱۳۹۰:۱۱۰) پرفشارهای جنب حاره‌ای یکی از عناصر اصلی در ساختار گردش عمومی جو است. مطالعاتی در ارتباط با نقش پرفشارهای جنب حاره‌ای به عنوان سامانه جوی کلان مقیاس و به عنوان سامانه تعیین‌کننده دوره خشک و مرطوب انجام شده است (حجازی‌زاده، ۱۳۷۲؛ فرزانه‌منش، ۱۳۸۴؛ صادقی‌نیا، ۱۳۸۶؛ جهان‌بخشی، ۱۳۸۷؛ زرین و همکاران، ۲۰۱۰؛ Santos & et al, ۲۰۰۵) که در آن‌ها تأثیر جابه‌جایی سالانه این پرفشار بر پراکنش و توزیع زمانی و مکانی بارش در پهنه بزرگی از سیاره زمین مورد بررسی قرار گرفته است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵؛ لشکری و محمدی، ۱۳۹۴؛ حجازی‌زاده، ۱۳۷۲؛ خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱؛ فرزانه‌منش، ۱۳۸۴؛ صادقی‌نیا، ۱۳۸۶). در این میان پرفشار جنب حاره‌ای عربستان یکی از مهم‌ترین مراکز فشار شبه ساکنی است که در ترازهای زیرین جو ویژگی‌های اقلیمی منطقه را از خود متأثر می‌سازد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). واچرخند عربستان یکی از سلول‌های پرفشار جنب حاره‌ای است که بر روی شبه‌جزیره عربستان تشکیل می‌شود و یکی از عوامل موثر در وقوع بارش‌های زمستانه ایران (لشکری، ۱۳۷۵؛ جهان‌بخشی، ۱۳۸۷) و عامل انتقال‌دهنده رطوبت بویژه در ترازهای زیرین وردسپهر، از آب‌های جنوبی به سامانه‌های بارشی فعال بر روی ایران می‌باشد (کریمی، ۱۳۸۶؛ رضیی و همکاران، ۲۰۱۲؛ لشکری و همکاران، ۱۳۹۷) که به پیروی از حرکت ظاهری خورشید، به طرف عرض‌های بالا و پایین جا به جا می‌شود. محور قرارگیری آن عمدتاً شرقی و غربی بوده (جهان‌بخشی، ۱۳۸۷) و در طول دوره سرد در محدوده بین دریای سرخ، اقیانوس هند و دریای عمان در امتداد طولی در نوسان است. این نوسان در امتداد عرضی منطقه‌ای از شاخ آفریقا تا خلیج فارس را شامل می‌شود (کیانی‌پور، ۱۳۷۹:۱۳). لشکری و محمدی (۱۳۹۴) با توجه به اثر موقعیت استقرار پرفشار جنب حاره‌ای عربستان بر سامانه‌های بارشی جنوب و جنوب غرب ایران و پس از بررسی ۴۱ سامانه بارشی شدید معتقدند در تمام ترازهای بررسی شده هسته مرکزی پرفشار بر روی دریاهای عرب و عمان قرار داشته و در تمام سامانه‌های بارشی، مولفه مداری باد، شرقی و مولفه نصف النهاری آن شمالی بوده است، که بیان‌کننده فرارفت رطوبت و گرما از روی این دریاهای به داخل کم‌فشار سودان است.

¹ - Xu et al.

به عنوان نمونه در سالیان اخیر توجه به سامانه‌های سودانی و نقش آن در بارش ایران افزایش یافته و به منابع رطوبتی این نوع سامانه اشاره شده است که در آن‌ها نقش پرفشار مستقر در شرق شبه‌جزیره عربستان و دریای عرب محسوس‌تر از دیگر مؤلفه‌های گردش جو منطقه بیان شده است (ایزد نگهدار، ۱۳۷۰؛ مفیدی و زرین، ۱۳۸۴). به این صورت که جریان‌های واپرخندی رطوبت را از دریا برداشت کرده و موجب شار رطوبتی از روی دریای عرب و عمان به درون سامانه سودانی و انتقال آن به وسیله جریان‌های جنوبی جلو ناوه به درون ایران شده است (لشکری و محمدی، ۱۳۹۴: ۸۳). نکته قابل توجه در رابطه با پر ارتفاع عربستان این است که با گسترش دوره گرم سال، مرکز پرفشار مذکور ضمن جابه‌جایی شمال غرب سو، از محور کوهستانی غرب عربستان تبعیت می‌کند. درعین حال این مرکز در طول فصول انتقالی، قوی‌تر از فصل تابستان ظاهر می‌گردد (مفیدی و جعفری، ۱۳۹۰: ۲۴). با این حال در بعضی از تحقیقات بدون در نظر گرفتن چنین الگوی گردش جو فقط به جریان‌های جنوب، جنوب غربی جلوی ناوه اشاره کرده اند (شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۹۷). در مطالعات انجام‌شده بیشتر بر نقش پر ارتفاع عربستان بر روی بارش‌های ایران به خصوص در فصل سرد سال تاکید شده است. هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین الگوهای گردش جو بزرگ مقیاس پر ارتفاع جنب حاره‌ای عربستان در تراز میانی و رفتار مکانی و زمانی آن با الگوهای بارش بر روی ایران است.

داده و روش‌شناسی

برای استخراج الگوهای گردش جو از رویکرد گردش جو به محیطی استفاده شده است. به این منظور داده‌های روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال از سری داده‌های شبکه‌بندی ERA-Interim مرکز پیش‌بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF)^۱ با قدرت تفکیک ۱*۱ درجه قوسی برای سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در محدوده طول جغرافیایی ۳۰ تا ۸۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۵ تا ۳۰ درجه شمالی اخذ شد. برای استخراج الگوهای همدیدی فعالیت پرتافتع جنب‌حاره‌ای عربستان در تراز میانی، از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی مبتنی بر فاصله همبستگی (ضریب همبستگی پیرسون) استفاده گردید. یکی از مهم-

¹ - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

ترین مباحث در خوشه‌بندی به این روش، آستانه ضریب همبستگی مناسب می‌باشد. در این پژوهش با اجرای ضرائب متفاوت و بررسی خروجی‌های به دست آمده، ضریب همبستگی ($r=0/6$) انتخاب گردید. به علت تعدد گروه‌ها در مراحل اولیه، همبستگی بین گروهی به عنوان روشی جهت کاهش تعداد الگوها به کار گرفته شد و بر روی ماتریس جدید ناشی از میانگین گروه‌ها فرایند گروه‌بندی اعمال شد و گروه‌های دارای همبستگی بالای $0/6$ با یکدیگر ادغام که در نهایت ۶ بزرگ الگو استخراج شد. مواردی که دارای اعضای کمتر از یک درصد (40 روز) کل روزهای (4018 روز) مورد بررسی بودند بعنوان روزهای الگو بندی نشده یا شرایط خاص در نظر گرفته شد. براساس نتایج که در جدول ۱ آمده است، 3981 روز در 6 الگو قرار گرفته و 37 روز بعنوان شرایط خاص در هیچکدام از 6 الگو قرار نگرفته اند. برای انتخاب الگوهای جوی، میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل در هر خوشه، بهترین معرف الگوی خوشه بود بنابراین نقشه‌های مربوط به میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در ترازهای 700 و همچنین 500 هکتوپاسکال، برای هر الگو برای تفسیر هم‌دید ترسیم گردید. در مرحله با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده بارش (ERA-Interim) برای دوره 11 سال ($2000-2010$) با قدرت تفکیک $0/5^*0/5$ درجه نقشه میانگین روزانه بارش الگوها و نمودار فراوانی ماهانه و سالانه هر یک از الگوها تهیه و در نهایت ویژگی‌های مکانی و گردشی و ایجاد شرایط مناسب برای بارش ایران بررسی گردید.



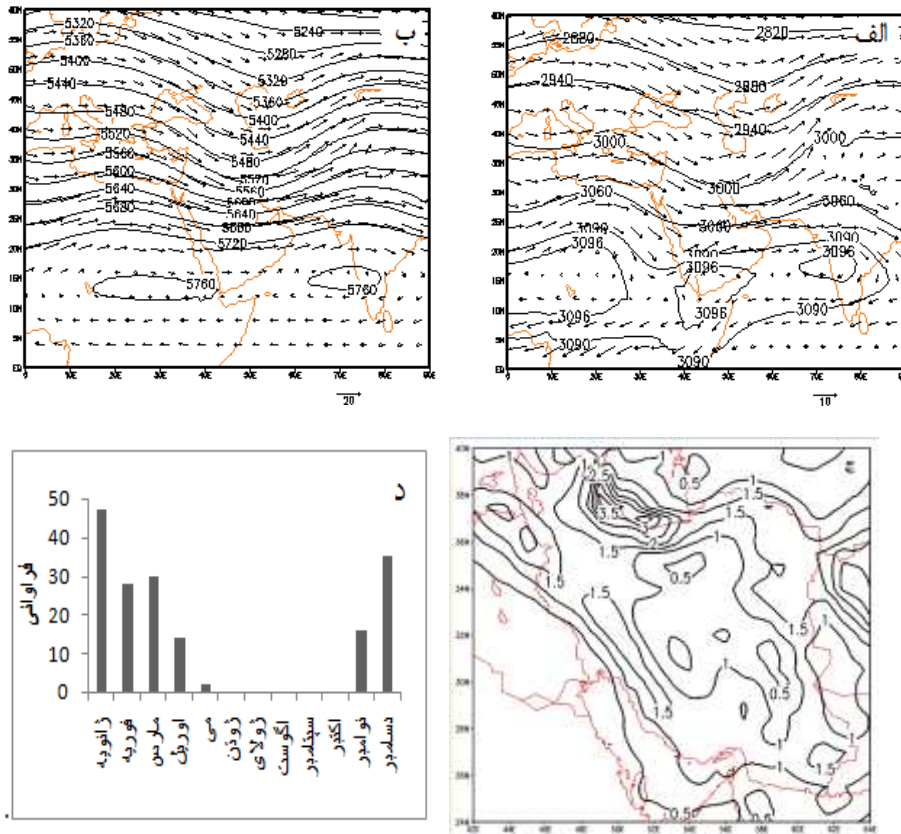
شکل ۱- محدوده مطالعاتی جهت شناسایی الگوی استقرار واچرخند عربستان

بحث و نتایج

نتایج حاصل از خوشه‌بندی تعداد ۶ بزرگ‌الگو و ۸ مورد خاص به دست آمد. خوشه‌های ۱ تا ۳ مربوط به الگوهایی است که معمولاً در دوره سرد سال حاکم بوده و سیستم پر ارتفاع در عرض‌های پایین و بر روی مناطق آبی گسترش یافته است. خوشه‌های ۴ و ۵ مربوط به الگوهای گردشی دوره گذار می‌باشد که پهنه شمال‌غرب و شمال‌شرق کشور تحت تاثیر ناوه شرق مدیترانه و جریانات جنوب‌غربی ناشی از گردش ساعتگرد پر ارتفاع عربستان قرار دارد. اما در الگوی ۶ (تابستانه) گردش واچرخندی به عنوان یک مانع برای ورود سامانه‌های بارشی بوده است.

الگوی اول

بر طبق جدول ۱، الگوی اول با ۱۷۲ روز در مجموع ۴۰۲۸ درصد از کل رخدادها را به خود اختصاص داده است. نقشه میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲-الف) نشان می‌دهد که پر ارتفاع عربستان به صورت دو سلول منفرد و جداگانه با پربند مرکزی ۳۰۹۶ ژئوپتانسیل متر یکی بر روی خلیج عدن و دیگری بر سواحل غربی شبه جزیره هند مستقر شده است. استقرار سلول بسته پر ارتفاع جنب حاره بر روی افریقا، سبب ایجاد پشته و گردش واچرخندی با جریان ساعتگرد در مدیترانه شرقی شده است.



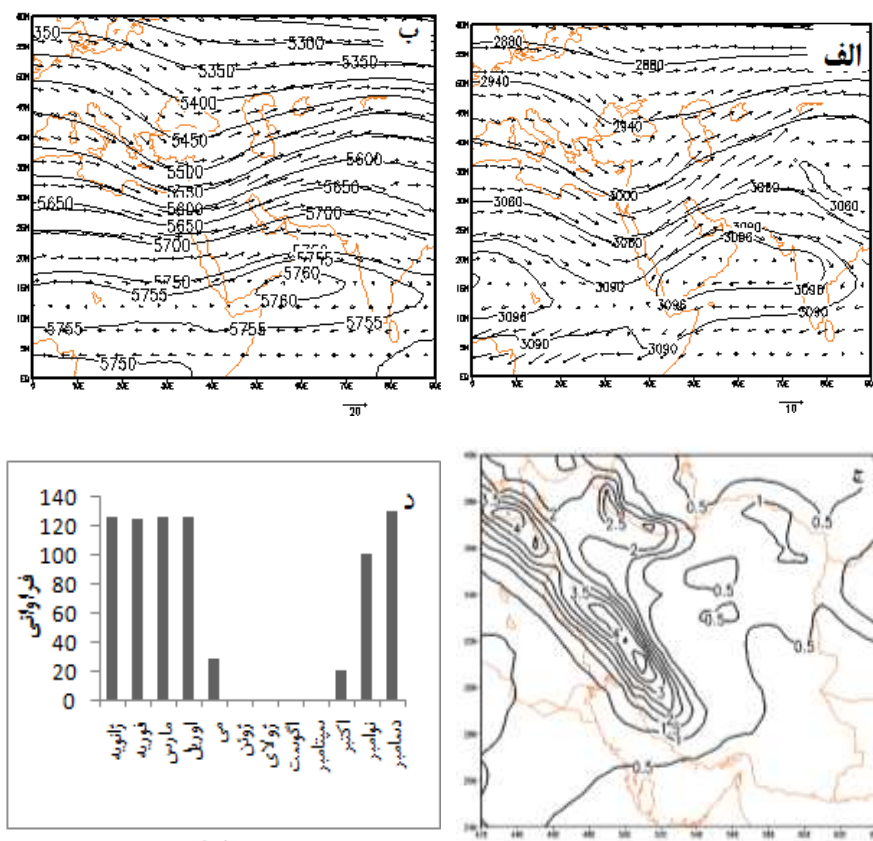
شکل ۲- (الف) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۰.۷۰۰، (ب) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۰.۵۰۰ هکتوپاسکال، (ج) میانگین روزانه بارش (میلی‌متر در روز)، (د) فراوانی ماهانه رخداد الگوی اول

وجود پر ارتفاع عربستان بر روی خلیج عدن و ایجاد جریان ساعتگرد جنوب غربی منجر به تقویت ناوه مستقر بر روی ایران شده است. قسمت اعظم ایران در منطقه جلوی ناوه و در محل رفت تاوایی مثبت و امگای منفی قرار گرفته است. با توجه به شکل (۲-ب) ملاحظه می‌شود که در تراز ۰.۵۰۰ هکتوپاسکال نیز ناوه با راستای شمالی - جنوبی بر روی

غرب کشور شکل گرفته است. انتهای این ناوه به صورت ضعیف تا مرکز شبه جزیره عربستان امتداد یافته است. پر ارتفاع با پربند مرکزی ۵۷۶۰ ژئوپتانسیل متر بر روی دریای عرب و شرق افریقا دارای سلول بسته است. مرکز واچرخندی در دریای عرب نسبت به تراز ۷۰۰ در عرض جغرافیایی پایین تر شکل گرفته است. با توجه به نقشه بارش (شکل ۲-ج) در این الگو کل پهنه ایران بارش دریافت کرده که حداکثر بارش‌ها مربوط نوار شمالی (۳.۵ میلی متر در روز) می‌باشد. فراوانی رخداد این الگو (شکل ۲-د) از ماه نوامبر شروع و در ماه ژانویه به اوج خود می‌رسد و تا ماه می ادامه دارد (دوره بارشی کشور) که از میزان فراوانی روزها در این ماه کاسته شده است. حداکثر فراوانی‌ها مربوط به فصول سرد سال به ویژه زمستان است. بنابراین این الگو را می‌توان الگوی بارشی فصل سرد (پاییزه - زمستانه) قلمداد نمود.

الگوی دوم

الگوی دوم با دارا بودن ۷۸۱ روز در مجموع ۱۹.۴۴ درصد از کل رخدادها را به خود اختصاص داده است. در این الگو (شکل ۳-الف) یک مرکز بسته پر ارتفاع بر روی دریای عرب مشاهده می‌شود. حد فاصل این مرکز و مرکز مستقر بر روی افریقا ناوهای بر روی دریای سیاه تا سودان شکل گرفته است. این سازوکار، یعنی وجود ناوه و عمیق شدن آن تا سودان سبب صعود توده هوای زیرین تروپوسفر می‌شود. در این وضعیت پر ارتفاع عربستان با جریان ساعتگرد جنوب غربی نقش عمده در انتقال و تزریق رطوبت در تراز میانی بر عهده دارد و با شارش دادن هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین به داخل ناوه آن را تقویت کرده است. با توجه به نحوه آرایش سامانه‌های جوی در این تراز جریانات جنوب غربی در برخورد با رشته کوه زاگرس مجبور به صعود شده و با ریزش بخش عمده‌ای از رطوبت خود، قسمت اعظم بارش‌های منطقه را تأمین می‌نماید.



شکل ۳- (الف) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۵۰۰، (ب) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۷۰۰، (ج) میانگین روزانه بارش (میلی‌متر در روز)، (د) فراوانی ماهانه رخداد الگوی دوم

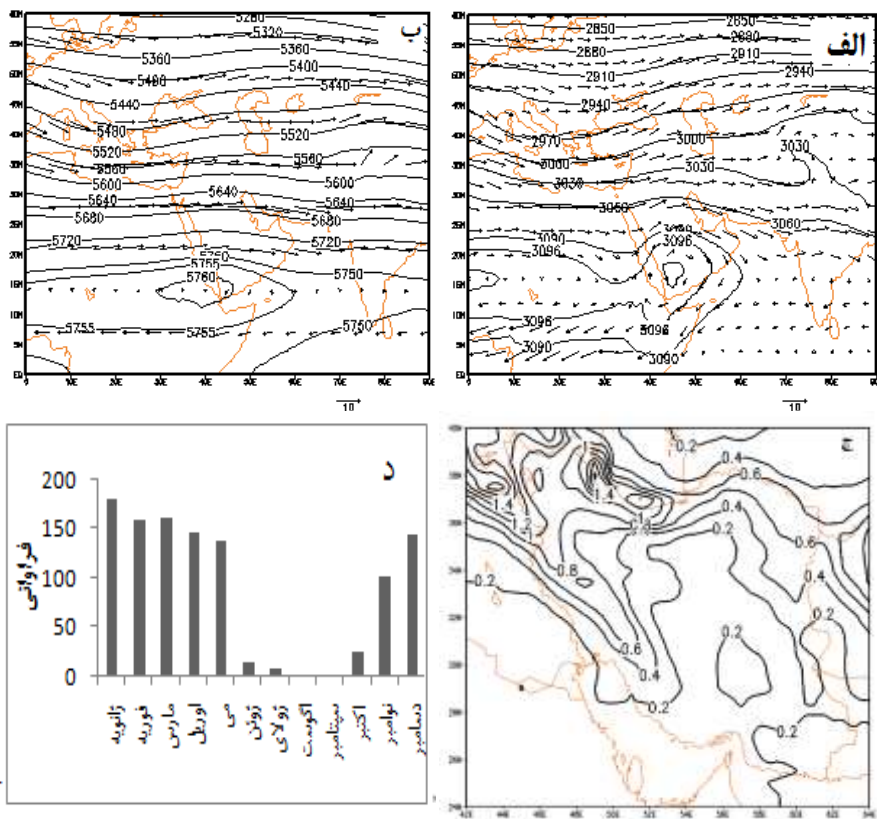
در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳- ب) نیز ناوه ارتفاعی از دریای سیاه شروع شده و بخش شرقی دریای مدیترانه تا مرکز سودان را در بر گرفته است. جریانات واگرا در جلوی ناوه با جهت جنوب غربی بر روی ایران، سبب تزریق تاوایی مثبت و فرارفت گرم بر روی کشور شده است. همچنان شاهد استقرار واچرخند عربستان بر روی دریای عرب هستیم که نسبت به سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال، سلول واچرخندی محدود تر و تنها بر روی آب شکل گرفته است. این الگو (شکل ۳- ج) نیز بارش مناسبی تقریباً برای کل ایران به جز

جنوب شرق داشته ولی توزیع مکانی بارش در این الگو متمرکز بوده و این تمرکز بیشتر بر روی ارتفاعات زاگرس به وضوح دیده می‌شود (بیشینه ۴ میلیمتر در روز) که ناشی از استقرار غربی‌تر ناوه و شرقی‌تر بودن مرکز پر ارتفاع عربستان می‌باشد. این الگو از ماه اکتبر شروع و در اواخر پاییز شدت می‌گیرد و تا ماه می ادامه دارد. الگوی غالب در این خوشه همانند الگوی قبل پاییزه - زمستانه می‌باشد که بیشینه رخدادهای مربوط به فصل زمستان است و می‌توان آن را یک الگوی پر بارش دوره سرد نامید (شکل ۳-د).

الگوی سوم

الگوی سوم شامل ۱۰۷۶ رخداد است که ۲۶.۷۸ درصد از کل رخدادهای را به خود اختصاص داده است. پر بند ۳۰۹۶ ژئوپتانسیل متر که در الگوی قبل به صورت سلول بسته بود و قسمت اعظم آن روی دریای عرب تشکیل شده بود در این الگو (شکل ۴-الف) به صورت زبانه پر ارتفاعی و به سمت غرب حرکت کرده و بر روی جنوب عربستان گسترش دارد. در چنین وضعیتی پر ارتفاع جنب حاره‌ای جنوب عربستان با جابه‌جایی به غرب و نفوذ به عرض‌های بالا جهت‌گیری نصف‌النهاری دارد و پشته آن با محور شمالی - جنوبی بر روی نیمه غربی کشور گسترش یافته است. جریان‌های شمال غربی از یال شرقی پشته روانه مناطق جنوبی و مرکزی کشور شده است. این سازوکار سبب فرونشینی دینامیکی هوا و پایداری جو شده است که پیرو آن بارش‌ها در این منطقه کاهش چشمگیری داشته است. ناوهای که در الگوی قبل بر روی دریای سیاه تا سودان گسترش یافته بود، در این الگو ضعیف شده و جریان‌های مداری تر شده است. به واسطه مداری تر بودن جریان‌ها در واقع تبادل انرژی چندانی بین عرض‌های بالا و پایین وجود ندارد. شمال و شمال غرب کشور در یال غربی پشته و در محل واگرایی بالایی و جریان‌های ناپایدار قرار گرفته است.

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۴-ب) نیز جریان‌ها به صورت مداری گسترش دارد. مرکز بسته و اچرخندی با محور شرقی - غربی در فاصله طولی ۳۰ تا ۴۵ درجه بسته شده است. این الگوی گسترش سبب شده پشته بسیار ضعیفی بر روی کشور ایجاد شود.

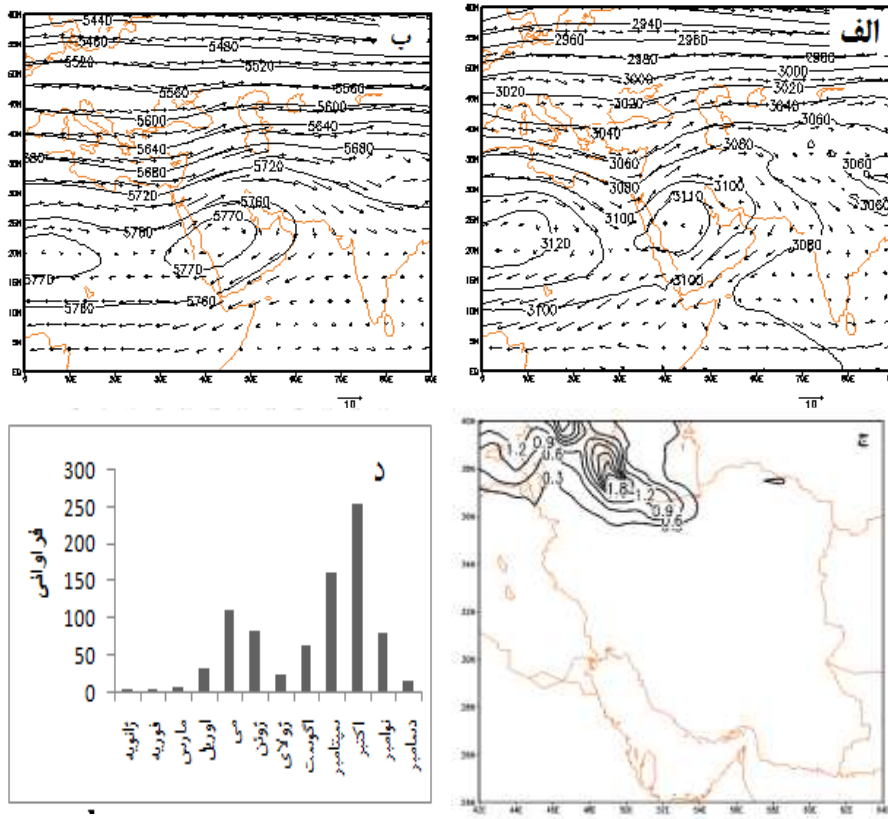


شکل ۴- (الف) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۷۰۰، (ب) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (ج) میانگین روزانه بارش (میلی‌متر در روز)، (د) فراوانی ماهانه رخداد الگوی سوم

در این الگو کل پهنه ایران بارش دریافت کرده اما تمرکز مکانی بارش در نیمه شمالی و غربی کشور بیشتر و در مناطق جنوبی و مرکزی کم می‌باشد. در این الگو مقادیر بارش دریافتی نسبت به دو الگوی قبل بسیار ناچیز می‌باشد (شکل ۴- ج). فراوانی رخدادها در این الگو (شکل ۴- د) از ماه اکتبر آغاز شده است که تعداد اندکی از روزها را به خود اختصاص داده است و در ماه‌های بعد به تعداد فراوانی روزها در این الگو افزوده شده است. حداکثر فراوانی‌ها مربوط به دوره سرد سال و بیشینه آن مربوط به ماه ژانویه است.

الگوی چهارم

الگوی چهارم با ۸۲۷ روز در مجموع ۲۰.۵۸ درصد از کل رخدادها را به خود اختصاص داده است. در این الگو (شکل ۵- الف) نسبت به الگوهای قبل، پر ارتفاع عربستان به طرف عرض‌های بالا جابجا شده و پشته حاصل از آن بخش بیشتری از کشور را در بر گرفته است.



شکل ۵- (الف) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۷۰۰؛ (ب) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال؛ (ج) میانگین روزانه بارش (میلی‌متر در روز)؛ (د) فراوانی ماهانه رخداد الگوی چهارم

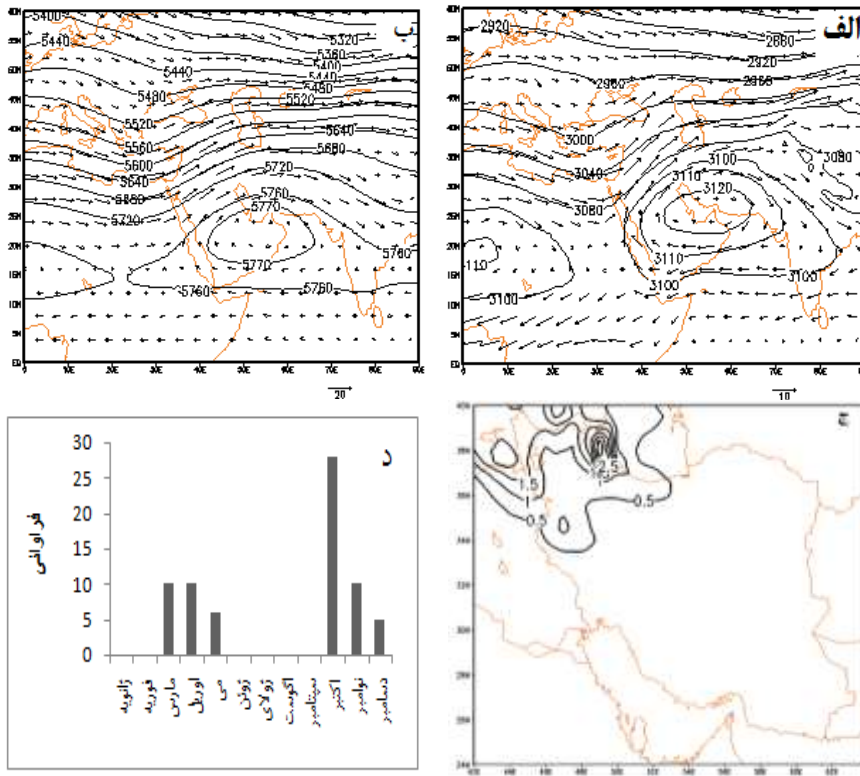
ایران تحت استیلای کمربند پرفشار جنب حاره‌ای قرار دارد و تنها به واسطه وجود ناوه شرق مدیترانه و قرارگیری شمال غرب ایران در جلوی آن، منجر به حاکمیت شرایط ناپایدار و بارش کم در این منطقه شده است. در واقع بر ارتفاع عربستان با حرکت ساعتگرد، جریانات جنوب‌غربی را به ناوه شرق مدیترانه منتقل کرده و سبب خارج شدن شمال غرب ایران از محدوده بر ارتفاع شده است. بین مناطق بیابانی عربستان به عنوان چاه گرمایی و مناطق مونسونی به عنوان چشمه گرمایی، شیب گرمایی قابل توجهی در امتداد مداری به وجود می‌آید که در نهایت فرونشینی هوای برخاسته از مونسون را در این مناطق به دنبال دارد. ملاحظه می‌شود که مرکز بسته بر ارتفاع عربستان و زبانه‌های آن در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵-ب) نسبت به تراز ۷۰۰ به سمت غرب و جنوب گسترش دارد و دارای محوری در امتداد جنوب‌غربی-شمال‌شرقی است. جریانات واگرا بر روی شمال غرب کشور ناپایداری ترازهای زیرین را به همراه دارد. با توجه به الگوی گردشگری در هر دو سطح، محدوده بارش شمال‌غرب و شمال کشور می‌باشد (شکل ۵-ج). فراوانی رخدادها (شکل ۵-د) نشان دهنده شرایط گذار از سرد به گرم و گرم به سرد است. در کل بارش این الگو بسیار کم می‌باشد.

الگوی پنجم

الگوی پنجم با فراوانی ۶۹ مورد، ۱.۷۲ درصد از کل روزها را شامل می‌شود. مطابق شکل (۶-الف) بر ارتفاع عربستان با پر بند مرکزی ۳۱۲۰ ژئوپتانسیل متر بخش وسیعی از ایران را دربر گرفته است که با توجه به موقعیت مکانی آن و انتقال رطوبت اندک به داخل کشور، بارش دریافتی به استثنای پهنه شمال غرب و شمال، در سایر مناطق صفر می‌باشد. گسترش بر ارتفاع به عرض‌های بالا موجب عمیق شدن ناوه از ترکیه تا مصر و شیب بیشتر آن شده است. سیستم بر ارتفاع با حرکت ساعتگرد خود جریانات گرم و مرطوب را به درون ناوه شارش می‌کند.

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶-ب) واچرخندی با پر بند مرکزی ۵۷۷۰ ژئوپتانسیل متر بر روی خشکی عربستان و دریا‌های جنوبی بسته شده است. شمال غرب ایران همانند تراز ۷۰۰ در قسمت جلوی ناوه قرار گرفته و ناپایداری ترازهای زیرین ورد سپهر را به دنبال دارد که با

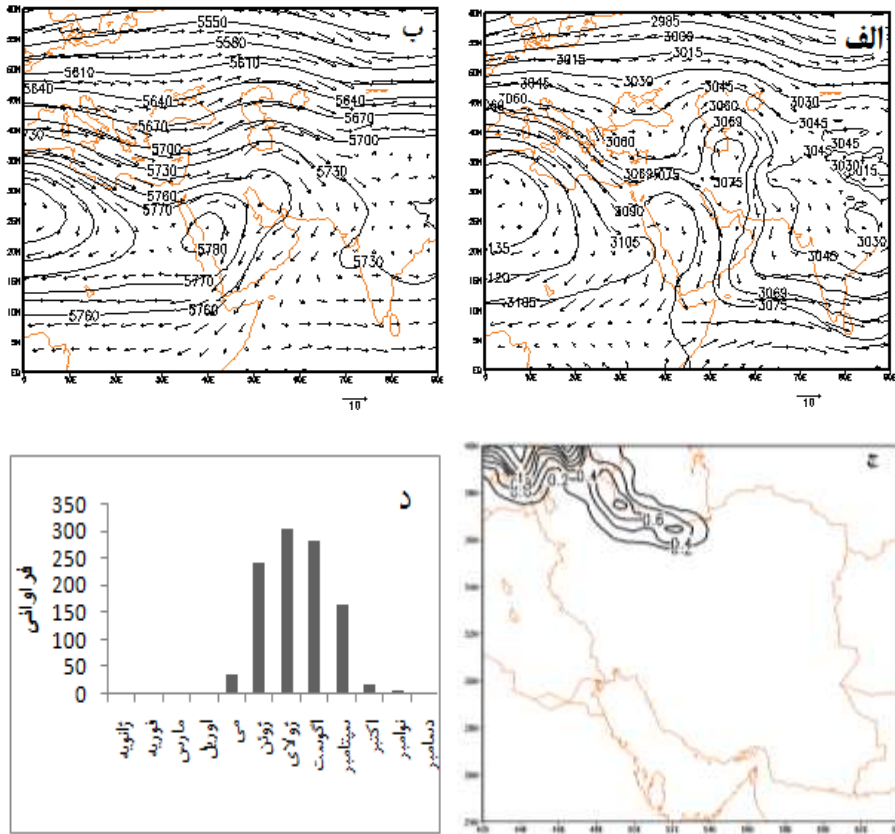
فرارفت هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین و انتقال آن به درون ناوه توسط پر ارتفاع، سامانه تقویت گردیده است. الگو بارش همانند الگوی قبل می‌باشد با این تفاوت که به علت تاثیر بیشتر و اچرخند عربستان در انتقال رطوبت، مقدار بارش بیشتر (بیشینه ۳ میلی متر در روز) و پهنه آن وسیع‌تر است. (شکل ۶-ج). بر اساس (شکل ۶-د) فراوانی‌ها در دو بازه زمانی اکتبر تا دسامبر و مارس تا می رخ داده که بیشینه رخدادها مربوط به ماه اکتبر و کمینه آن مربوط به ماه دسامبر می‌باشد. بر این اساس الگوی ششم نیز در شرایط گذار (پاییز و بهار) و الگویی کم بارش می‌باشد.



شکل ۶- (الف) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۷۰۰، (ب) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (ج) میانگین روزانه بارش (میلی‌متر در روز)، (د) فراوانی ماهانه رخداد الگوی پنجم

الگوی ششم

الگوی ششم از خوشه‌های پربسامد است. این الگو با دارا بودن ۱۰۵۶ روز، در مجموع ۲۶.۲۸ درصد از کل رخدادها را به خود اختصاص داده است. بر اساس شکل (۷-الف) در این الگو مرکز واچرخندی واقع در افریقا نسبت به الگوی قبل به سمت شمال حرکت کرده است و سیستم گردش موسمی همزمان قوی تر شده به سمت غرب انتقال یافته است. سیستم پر ارتفاع جنب حاره‌ای از حالت کمربندی ممتد خارج شده و هسته پر ارتفاعی از آن جدا شده و بر روی ایران باقی مانده است. در دوره حاکمیت این الگو، جریان بادهای ۱۲۰ روزه نیز حاکم می‌باشد. در واقع ایجاد باد و گرد و غبار از نتایج حاکمیت این الگو است. ناوه ای از دریای سیاه شروع و تا عراق امتداد یافته است. به واسطه ضعیف بودن و گسترش کم ناوه و سهم کم دریای سیاه در انتقال رطوبت، مقدار بارش‌های دریافتی بسیار ناچیز است. به بیان دیگر، این الگو دوره گرم (تابستانه) و بدون بارش می‌باشد. پر ارتفاع عربستان نه تنها نقشی در وقوع بارش ندارد، بلکه به عنوان مانعی در ورود سامانه‌ها به کشور می‌باشد.



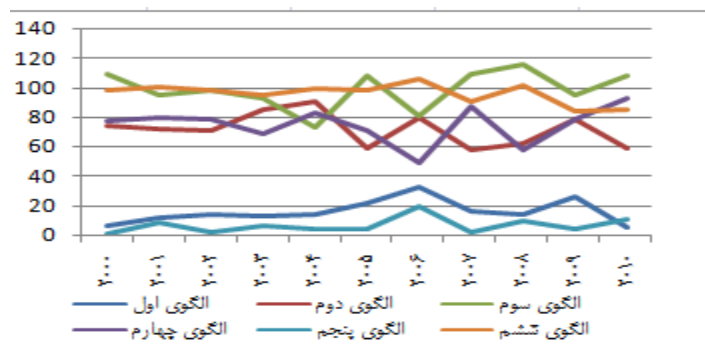
شکل ۷- (الف) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۷۰۰، (ب) میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل و باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (ج) میانگین روزانه بارش (میلی‌متر در روز)، (د) فراوانی ماهانه رخداد الگوی ششم در تراز ۵۰۰ (شکل ۷- ب) نیز کشور تحت تأثیر زبانه‌های پر ارتفاع قرار گرفته است. سلول پر ارتفاع در این تراز بر روی غرب عربستان و دریای سرخ بسته شده است. جریانات از حالت نصف‌النهاری خارج شده و دارای امتداد جنوب غربی- شمال شرقی می‌باشد. با توجه (شکل ۷- د) شروع رخداد این الگو ماه می و خاتمه آن در ماه نوامبر است. بیشینه فراوانی‌ها مربوط به ماه‌های ژوئن تا سپتامبر می‌باشد. این الگو از جمله الگوهای غالب

تابستانه می‌باشد که در ماه ژولای به حداکثر فراوانی رسیده است. لذا می‌توان آن را الگویی گرم نامید که بارش‌های دریافتی ناچیز و محدود به شمال و شمال غرب کشور می‌باشد (شکل ۷-ج).

با توجه به مشخصات الگوها (جدول ۱) و نمودار فراوانی سالانه آن‌ها (شکل ۸) الگوهای ۳ تا ۱، الگوهای دوره سرد بوده که در الگوی ۱ پراکندگی بارش در کشور یکنواخت و حداکثر فراوانی آن در سال ۲۰۰۶ است. در الگوی دوم کل کشور به جز جنوب شرق بارش داشته و توزیع مکانی بارش بر روی ارتفاعات زاگرس متمرکز شده و سال ۲۰۰۴ اوج فراوانی این الگو است. با توجه به مقادیر بالای بارش در این الگو و بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۱)، در سال ۲۰۰۴ شرایط ترسالی حاکم بوده است. در الگوی سوم مقادیر بارش دریافتی ناچیز و تمرکز مکانی بارش در نواحی مرکز و جنوب کم و حداکثر فراوانی آن در سال ۲۰۰۸ می‌باشد. الگوهای ۴ و ۵ به عنوان الگوهای گردشی در دوره گذار در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۰۶ و فراوانی الگوی ۶ در سال ۲۰۰۶ در بیشینه خود قرار دارد. موارد ۷ تا ۱۴ به عنوان شرایط خاص می‌باشد که دارای اعضای کمتر از یک درصد روزهای الگوبندی بوده و به علت افزایش حجم کار از ارائه آنها خودداری شده است.

جدول ۱- مشخصات الگوهای استخراج شده

شماره الگو	فراوانی	درصد فراوانی	نوع الگو
۱	۱۷۲	۴.۲۸	پاییزه- زمستانه
۲	۷۸۱	۱۹.۴۴	پاییزه- زمستانه
۳	۱۰۷۶	۲۶.۷۸	پاییزه- زمستانه
۴	۸۲۷	۲۰.۵۸	دوره گذار (پاییزه- بهاره)
۵	۶۹	۱.۷۲	دوره گذار (پاییزه- بهاره)
۶	۱۰۵۶	۲۶.۲۸	بهاره - تابستانه
۷	۲	۰.۰۵	شرایط خاص
۸	۲	۰.۰۵	شرایط خاص
۹	۲	۰.۰۵	شرایط خاص
۱۰	۲	۰.۰۵	شرایط خاص
۱۱	۲	۰.۰۵	شرایط خاص
۱۲	۱۴	۰.۳۵	شرایط خاص
۱۳	۸	۰.۲	شرایط خاص
۱۴	۵	۰.۱۲	شرایط خاص



شکل ۸- نمودار فراوانی سالانه الگوها

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با رویکرد گردشی به محیطی و خوشه‌بندی سلسله مراتبی، الگوهای گردشی و موقعیت استقرار واچرخند عربستان در تراز میانی و تأثیر آن بر الگوهای بارشی ایران بررسی شد. با تجزیه و تحلیل‌های به کار گرفته شده ۶ بزرگ الگو و ۸ مورد به عنوان شرایط خاص به دست آمد و موقعیت پر ارتفاع عربستان و نقش آن بر شرایط گردش جو تراز میانی وردسپهر و الگوی بارش ایران مورد واکاوی قرار گرفت. نتایج نشان داد تفاوت آشکاری در موقعیت استقرار پر ارتفاع در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ و نیز در الگوهای گردشی دوره گذار (پاییزه - بهاره) و دوره سرد و گرم وجود دارد. در الگوهای دوره سرد (الگوی ۳، ۲، ۱) هسته پر ارتفاع در عرض‌های پایین جغرافیایی و بر روی سواحل غربی شبه قاره هند و خلیج عدن قرار گرفته و پهنا وسیعی از کشور بارش دریافت کرده است. تمرکز مکانی بارش در الگوی ۲ در ارتفاعات زاگرس (بیشینه ۴ میلیمتر در روز) و در الگوی سوم تمرکز بارش بیشتر در نیمه شمالی و غربی کشور و در نواحی مرکزی و جنوبی کمتر و نسبت به الگوی اول و دوم مقدار دریافت بارش ناچیز بوده است. در زمان فعالیت این الگوها نقش ناوه ارتفاعی بر روی شرق مدیترانه و دریای سرخ و همچنین ناوه موجود بر روی ایران بسیار تعیین‌کننده بوده است. انتقال هوای گرم و مرطوب در تراز میانی وردسپهر در جریانات جنوب غربی به داخل ناوه مذکور نقش عمده‌ای در تقویت سامانه‌های موثر ورودی بر کشور دارد و نه تنها سبب خشکی و پایداری در دوره سرد

سال نیست، بلکه در صورت حرکت شرق‌سوی این واچرخند، زمینه بسیار خوبی برای بارش در کشور فراهم می‌شود. در الگوی گردشی دوره گذار (الگوی ۴ و ۵) پر ارتفاع به طرف عرض‌های بالا گسترش یافته و با توجه به موقیت مکانی آن سبب حاکمیت هوای گرم و شرایط پایدار در بخش وسیعی از کشور شده است. تنها به واسطه گردش ساعتگرد پر ارتفاع عربستان، جریانات جنوب غربی به درون ناوه مستقر در غرب کشور ارسال و سبب خارج شدن شمال و شمال غرب ایران از محدوده پر ارتفاع جنب حاره شده است. در واقع وقوع بارش در ایران به استثنای پهنه شمال غرب و شمال کشور که متأثر از ناوه مدیترانه است، در بخش‌های دیگر به شدت از سوی پرفشار دینامیکی جنب حاره عربستان کنترل و در عمل متوقف شده است. در الگوی دوره گرم (الگوی ۶) پر ارتفاع باعث ایجاد شرایط واچرخندی بر روی کشور شده و به عنوان یک مانع برای ورود سامانه‌های بارشی بوده است. در سطوح بالای جو در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، مراکز پر ارتفاع به سمت غرب و جنوب جابه‌جا شده است.

منابع

- اشرفی، سعیده، (۱۳۸۸)، *پهنه بندی اقلیمی* - بارش شمال غرب ایران، دانشگاه زنجان.
- افشار منش، حمیده، (۱۳۸۹)، *تحلیل سینوپتیکی بارش های تابستانه جنوب شرق ایران*، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- جهان بخشی، مریم، (۱۳۸۷)، *تحلیل سینوپتیکی ارتباط پرفشار جنب حاره ای عربستان با بارش های جنوب و جنوب غرب ایران*، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- حبیبی، فریده، فیروزآبادی، محبوبه، زارعی، فاطمه، (۱۳۹۷)، *تحلیل همدیدی-دینامیکی وقوع سیل بندرعباس در مارس ۲۰۱۴*. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۲(۶۶)، ۱۴۱-۱۶۲.
- حجازی زاده، زهرا، (۱۳۷۲)، *بررسی سینوپتیکی پرفشار جنب حاره در تغییر فصل ایران*، دانشگاه تربیت مدرس.
- خوش اخلاق، فرامرز، عزیزی، قاسم، رحیمی، مجتبی، (۱۳۹۱)، *الگوهای همدید خشکسالی و ترسالی زمستانه در جنوب غرب ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، شماره ۲۵، صص ۷۷-۵۷.
- شمسی پور، علی اکبر، کاکلی، سیف اله، جاسمی، سیدمیثم، جعفری، ایوب، (۱۳۹۷)، *واکاوی همدیدی-ترمودینامیکی بارش های سنگین غرب و جنوب غرب ایران (مطالعه موردی ۱۲ تا ۱۵ آوریل ۲۰۱۶)*. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۲(۶۴)، ۱۴۹-۱۶۷.
- صادقی نیا، علیرضا، (۱۳۸۶)، *بررسی تغییرات مکانی پرفشار جنب حاره ای آزرورز در بارش های تابستانه نیمه جنوبی ایران*، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، تربیت معلم تهران.
- فرزانه منش، راحله، (۱۳۸۴) *مطالعه سینوپتیکی نوسانات پرفشار جنب حاره در سال های نمونه النینو و لانینا (مطالعه موردی: بارش های نیمه جنوبی ایران)*، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- کاویانی، محمدرضا، مسعودیان، ابوالفضل، شبانکاری، مهران، (۱۳۸۶)، *شناسایی رفتار زمانی- مکانی پرفشار سیبری در تراز دریا، تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۴، صص ۲۷-۴۸.
- کریمی احمدآباد، مصطفی، (۱۳۸۶)، *تحلیل منابع رطوبتی بارش های ایران*، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

- کریمی احمدآباد، مصطفی، فرج زاده، منوچهر، (۱۳۹۰)، شار رطوبت و الگوهای فضایی-زمانی منابع تأمین رطوبت بارش های ایران، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، شماره ۲۲، صص ۱۰۹-۱۲۷.
- کریمی، مصطفی، خوش اخلاق، فرامرز، بازگیر، سعید، جعفری، مهناز، (۱۳۹۵)، نقش گردش وردسپهر زیرین پرفشار عربستان در بارش ایران، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۸(۴)، صص ۵۶۹-۵۸۷.
- کیانی پور، منیژه، (۱۳۷۹)، *بررسی سینوپتیکی پدیده النینو و ارتباط آن با ناهنجاری بارش های جنوب و جنوب غرب کتسور*، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- لشکری، حسن، متکان، علی اکبر، آزادی، مجید، محمدی، زینب. (۱۳۹۷). تحلیل الگوهای هم‌مدیدی منجر به بارش‌های زودرس جنوب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری (۲۰۱۵-۱۹۷۹). *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، ۲۲(۶۴)، ۲۴۷-۲۶۶.
- لشکری، حسن، (۱۳۷۵)، *الگوی هم‌مدیدی بارش‌های تسدید جنوب غرب ایران*، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- لشکری، حسن، محمدی، زینب، (۱۳۹۴)، اثر موقعیت استقرار پرفشار جنب حاره ای عربستان بر سامانه‌های بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، شماره ۱، صص ۷۳-۹۰.
- محمدی، بختیار، مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۸۸)، تحلیل هم‌مدید بارش‌های سنگین ایران (مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳)، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۹، صص ۴۵-۶۵.
- مفیدی، عباس، جعفری، سجاد، (۱۳۹۰)، بررسی نقش گردش منطقه‌ای جو بر روی خاورمیانه در وقوع توفان‌های گرد و غباری تابستانه در جنوب غرب ایران، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، شماره پنجم، صص ۱۰-۲۵.
- مفیدی، عباس، زرین، آذر (۱۳۸۴)، تحلیل سینوپتیکی ماهیت سامانه‌های کم فشار سودانی (توفان دسامبر ۲۰۰۱)، *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، شماره ۶، صص ۲۴-۴۸.

- Alhamed, A. Araham, S.L. (2002), Cluster Analysis of Multimodal Ensemble data from SAMEX. *Monthly Weather Review*, 180:226-25.
- Barth, H. & Steinkoh, F. (2004), Origin of winter precipitation in the central coastal lowlands of Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*, 57(1), 101-115.
- Corte, J., Quian, B. and Xu, H. (1999), Circulation Patterns Daily Precipitation in Portugal and Implications for Climate Change, *Climate Dynamics*, No.15, pp 921-932.
- Domroes, Mand Kaviani, M, and Schaefer, D (1998), An Analysis of Regional and Intra-Annual Precipitation Variability over Iran Using Multivariate Statistical Methods, *Theo, Appl.Climatol*, 61, 151-159.
- Lopez-Bustins Joan-Albert, Javier Martin-Vide, Arturo Sanchez-Lorenzo, (2008), Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns. *Global and Planetary Change*, 171-176.
- Raziei T, Mofidi A, Santos JA, Bordi I, (2012), Spatial patterns and regimes of daily precipitation in Iran in relation to large-scale atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, 2347.
- Robert G. Fovell and Mei-Ying C. Fovell, (1993), Climate Zones of the Conterminous United States Defined Using Cluster Analysis. *J. Climate*, 6, 2103-2135.
- Santos, J. A. Corte, J. Leite, S.M. (2005), Weather Regimes and Their Connection to the Winter Rainfall in Portugal, *International Journal of Climatology*, Vol. 25, PP. 33-50.
- Turkes M. Koc T. and Saris F. (2009), Spatiotemporal Variability of Precipitation Total Series Over Turkey, *International Journal of Climatology*, 29, 1056-1074.
- Zarrin, A. Ghaemi, H. Azadi, M. Farajzadeh, M. (2010), The Spatial Pattern of Summertime Subtropical Anticyclones over Asia and Africa: A Climatology Review, *International Journal of Climatology*, Vol. 30, PP.159-173.

- Xu, X. D., Miao Q, Wang J, Zhang, X, (2003) The water vapor transport model at the regional boundary during the meiyu period. *Advances in Atmospheric Science*, VOL. 20, No. 3, pp: 333-342.