

تحلیل واگرایی شار رطوبت از منابع رطوبتی اطراف ایران و اثرات آن بر توزیع فضایی نابرابر بارش در نیمه جنوبی کشور

احمد روشنی*، فاطمه پرک

دکتری، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۵

چکیده

توزیع نابرابر بارش در نیمه جنوبی ایران از جمله عواملی است که می تواند در پراکنش منابع آب، کشاورزی و در نهایت نابرابری های اجتماعی-اقتصادی و عدالت اجتماعی اثر گذار باشد. تحلیل میزان واگرایی شار رطوبت از منابع رطوبتی در شرایط ترسالی و خشکسالی یکی از عوامل اثرگذار بر رخداد نابرابر بارش در این منطقه است. در این پژوهش از داده های بارش روزانه بیش از ۳۰۰ ایستگاه، در دوره آماری ۱۹۸۱ لغایت ۲۰۱۰ (۱۳۶۰-۱۳۸۹) برای ماه های اکتبر تا می (مهر تا اردیبهشت) استفاده شده است. برای محاسبه وضعیت خشک با تر بودن هر ماه از روش آماری متعامد تجربی (EOF) استفاده شده است. پس از تعیین ماه های خشک و تر، بررسی واگرایی شار رطوبت از منابع رطوبتی اطراف ایران بسوی منطقه مورد مطالعه گرته های همدیدی دو ماه خشک و دو ماه تر انتخاب شده و سپس نقشه های شار رطوبت برای سه دوره زمانی و چهار لایه مختلف وردسپهر محاسبه شده است. به طور کلی در سال های پرباران، سامانه های همدیدی مناسبی در نواحی شرقی و شمال شرقی و غرب شبه جزیره عربستان سبب می شود که رطوبت مناسبی از پهنه های آبی مزبور به سوی نواحی جنوب غربی و جنوبی ایران منتقل و بارش های مناسبی را ایجاد نماید. این بارش ها از پراکنش فضایی مناسبی نیز برخوردار می باشند. بطوری که در زمان ترسالی دریای عرب و دریای عمان به طور میانگین در تمام لایه ها با سهم حدود ۷۷ درصد، بیشترین مقدار شار را به سوی منطقه مورد مطالعه گسیل داشته است. در زمان خشکسالی و بارش های بسیار کم، شرایط مناسب همدیدی و جریانات مناسبی که بتواند رطوبت را از دریای عرب، دریای عمان و دریای سرخ به سوی نواحی جنوب غربی و جنوب ایران منتقل سازد، وجود نداشته و فقط تأثیر جریان های شکل گرفته از روی شرق مدیترانه به سوی نواحی مزبور دیده می شود که سبب تشدید نابرابری در توزیع بارش می گردد.

کلمات کلیدی: نابرابری توزیع بارش، خشکسالی، شار رطوبت، جنوب ایران

حجم آبهای شیرین در دسترس موجود در جهان، محدود و توزیع آن نابرابر است که اغلب هم مدیریت ضعیفی بر آنها اعمال میگردد. در چنین شرایطی یک پنجم جمعیت جهان به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند و انتظار می رود با شدت گرفتن تغییرات آب و هوایی و رشد جمعیت، عدم توازن فعلی در دسترسی به آب تشدید گردد (عراقچی، ۱۳۹۳).

خشکسالی، بارش های شدید و سیل از جمله مخاطرات اقلیمی هستند که در نتیجه تغییرات در کمیت و توزیع بارش به وجود می آیند و در نهایت بر روی فعالیت های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه اثرگذار هستند. تغییرات در پراکندگی زمانی-مکانی بارش از عوامل اثر گذار بر فراوانی این مخاطرات می باشد. از سوی دیگر بارش، اصلی ترین منبع تأمین آب است و برای رخداد آن علاوه بر ساز و کار دینامیکی و ترمودینامیکی، برای ایجاد سرعت قائم مناسب در یک سامانه کم فشار، وجود رطوبت به اندازه کافی ضروری است. وجود بخار آب (رطوبت) به اندازه کافی و مناسب نه تنها در زمان بارش لازم است، بلکه باید طی مدتی معین ارتباط بین سامانه و منبع رطوبتی به طور پیوسته بر قرار باشد تا کاهش رطوبت سامانه به علت بارش، از سوی منبع رطوبتی جبران گردد. این عمل باعث تقویت دوباره سامانه گردیده و این چرخه با مساعدت شرایط جغرافیایی، بارشی قابل توجه در پی خواهد داشت. این رطوبت با توجه به استقرار سامانه های فشاری در سامانه کلی گردش عموی جو، می تواند در درون خود سامانه به صورت فرارفت از نواحی دور دست آورده شود و یا تغذیه آن در موقع ورود سامانه باران زا به محل، از منابع آبی اطراف صورت گرفته باشد. تغییر پذیری مکانی و زمانی بارش از ویژگی های ذاتی اقلیم در مناطق خشک و نیمه خشک نیمه جنوبی ایران به شمار می رود و تغییرات ناگهانی آنها ممکن است رخدادهای ویران گر اقلیمی از جمله سیلاب ها و خشکسالی هارا به دنبال داشته باشد. علت این مخاطرات تغییرات در نحوه قرارگیری و ورود سامانه ها و الگوی جوی ورودی به منطقه است که باعث

می شود انتقال رطوبت از منابع آبی اطراف به منطقه مورد مطالعه بخوبی صورت نگیرد و این فرایند باعث خشکسالی در منطقه می شود که بررسی و شناسایی شرایط رطوبتی، برای مدیریت بهتر منطقه بسیار لازم و ضروری است.

با توجه به قرار گرفتن نیمه جنوبی ایران در ناحیه آب و هوایی خشک و نیمه خشک جهان، تغییرات بارندگی و وقوع خشکی و خشکسالی و سیل های مخرب از ویژگی های اجتناب ناپذیر و زیان بار اقلیمی آن محسوب می شود. در سال های گذشته رخداد بسیاری از این مخاطرات ثبت و مورد بررسی قرار گرفته است که از آن جمله می توان به سیلاب شدید و مخرب در نواحی مرکزی و جنوبی ایران در پاییز ۱۳۶۵ (تقی زاده، ۱۳۶۶). بارش سنگین ۳۱ دسامبر ۱۹۸۴ (۱۰ دیماه ۱۳۶۳) و سیلاب حاصل از آن در حوضه رودخانه دالکی (پرنده خورانی، ۱۳۹۰)، بارش شدید ۲۱ تا ۲۶ تیرماه ۱۳۷۸ در نواحی جنوبی ایران (اعرابی، ۱۳۸۵) و رخداد خشکسالی های شدید فراگیر و متناوب در دهه های اخیر (بابایی و همکاران، ۱۳۹۲) اشاره کرد.

شناخت عوامل موثر در ایجاد این تغییرپذیری نقش قابل ملاحظه ای در پیش بینی ها و برنامه ریزی های دقیق محیطی و اقتصادی دارد. هرکدام از سامانه های باران زا، با ویژگی های خاص زمانی و مکانی که پیدا می کنند، تاثیر متفاوتی بر روی نواحی مختلف نیمه جنوبی ایران دارند. توپوگرافی پیچیده در این منطقه، به سبب برهم کنش نواحی مزبور بر روی سامانه های جوی و پس خور آنها بر روی نواحی مزبور، تغییرات متفاوتی در شدت و مقدار بارش ایجاد می کنند که با توجه به میانگین سالانه بارش ایستگاهی کل کشور، بررسی ها نشانگر مشاهده این تغییرات می باشد.

در بررسی توفان های همرفتی مقیاس کوچک، که در غرب بیابان های نقوه در فلسطین رخ می دهد، مشخص گردید که ناوه فشاری دریای سرخ در فصل پاییز و بهار، سبب رخ دادن توفان های شدید و کوتاه مدت در آن منطقه می شود و سهم این سامانه بین ۸۳/۵ تا ۱۰۰ درصد است (Kidron، ۲۰۰۰). بررسی همدیدی و

که در صورت همراهی با ناوه تقویت شده و به دلیل دارا بودن مقادیر زیادی رطوبت باعث ایجاد بارش های رگباری سنگین در این منطقه می گردد... (مفیدی، ۱۳۸۴). با استفاده از بررسی نقشه های نم و بیه، چگونگی و مقدار گسترش آن که مربوط به سواحل جنوبی دریای خزر بوده، درصد میزان تامین رطوبت توسط سطوح آبی اطراف ایران برای بارش های ناحیه مذکور ارائه شده است (رورده، ۱۳۸۵). با بررسی بارش های ایران و منابع رطوبتی آنها طی سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۴ (۱۳۵۳-۱۳۴۹) نشان داده شده است که ۲۳ درصد از کل سامانه های کم فشار باران زای عبوری از روی ایران از نواحی جنوب غربی ایران میگذرند (کریمی، ۱۳۸۶؛ مرادی ۱۳۸۵).

رضیئی و همکاران، ۲۰۱۱، رابطه بین انواع گردش جوی و رژیم بارش روزانه ایران را با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی و چرخش واریماکس برای بازه زمانی ۱۹۶۱-۲۰۰۴ (۱۳۸۳-۱۳۳۸) را شناسایی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان می دهد که توزیع مکانی بارش ایران به طور وسیع بوسیله موقعیت جغرافیایی ناوه وردسپهر میانی روی آسیای شرقی و پرفشار روی عربستان کنترل می شود. سامانه های جنوب غربی با توجه به خصوصیات دینامیکی آنها همراه با هوای گرم و پتانسیل رطوبت پذیری زیاد بوده و به سبب دسترسی به رطوبت فراوان دریاهای گرم مجاور، بارش های شدید را در نیمه جنوبی ایران ایجاد می کند. (رضیئی و همکاران، ۲۰۱۱). ارتباط تغییرات دهه ای بارش در قسمت های مختلف جنوب استرالیا را با میانگین فشار و دمای سطح آب با استفاده از روش های طیفی متقابل و تابع متعامد تجربی (EOF^1) توسط آنسل و همکاران (۲۰۰۰)، بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد که میانگین فشار سطح آب و گردش جوی منطقه ای بر بارش های جنوب غربی غرب استرالیا موثر هستند (Ansell و همکاران، ۲۰۰۰). با بررسی تحلیل های همبستگی فصلی بین بارش و سری زمانی EOF دما و میانگین فشار سطح آب در طول دوره های ال نینو و لانینا نشان دادند که رابطه بین گردش جوی

اقلیم شناسی ۵۲ سیل بزرگ روی بیابان نقوه در فلسطین نشان داد که ۳۸ درصد این سیل ها زمانی رخ می دهد که ناوه فشاری دریای سرخ فعال باشد (Kahana و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، بررسی ها نشان داده است که جریان جت جنب حاره هوای گرم و مرطوب را از نواحی جنوبی به ویژه خلیج عدن و شرق افریقا در تراز های میانی و فوقانی وردسپهر بر روی خاورمیانه منتقل می سازد (Dayan و همکاران، ۱۹۸۳). ناوه برگشتی دریای سرخ در سطح زمین با توجه به دامنه ان سبب انتقال رطوبت و هوای گرم از خلیج عدن و شرق دریای سرخ به سوی نواحی شرقی مدیترانه و یا نواحی شمالی شبه جزیره عربستان، غرب جنوب غرب ایران و جنوب ایران می شود (Dayan و همکاران ۱۹۹۰) مطالعه شار رطوبتی ۴۳ سال عربستان نشان داد که همگرایی شار رطوبتی در وردسپهر پایین و واگرایی در وردسپهر میانی رخ می دهد (Chakraborty و همکاران، ۲۰۰۶).

خلیج فارس و دریای خزر از منابع اصلی رطوبت بارش در رشته کوههای البرز و زاگرس است (Smith و همکاران، ۲۰۰۳). در بررسی الگوی سینوپتیکی بارش های شدید جنوب غرب ایران و پس از مطالعه ۵۲ سامانه سیل زا نشان داده شده است این بارش ها ناشی از سامانه کم فشار سودانی و منطقه همگرایی دریای سرخ است و سامانه سودانی در ۴ الگوی کلی باعث ایجاد بارش های سیل زا در جنوب غرب ایران می شود (لشکری، ۱۳۷۵). در بررسی همدیدی، بارش شدید جنوب غرب ایران، یکی از ویژگی های توفان های شدید این منطقه، گسترش شمال و شمال شرق سوی ناوه فشاری دریای سرخ ذکر شده است (لشکری، ۱۳۷۵). او همچنین در بررسی مکانیسم تکوین منطقه همگرایی دریای سرخ مشخص می کند که عمیق شدن ناوه شمال افریقا و گسترش آن بر روی سودان سبب فعال شدن منطقه همگرایی دریای سرخ و در نتیجه ریزش بارش های شدید در جنوب غربی ایران می شود. با بررسی کارهای انجام شده در باره کم فشار های دریای سرخ چنین نتیجه می شود که مهمترین عامل تشکیل کم فشارهای دریای سرخ وضعیت دینامیکی می باشد

1- Empirical Orthogonal Function



شکل ۱. موقعیت منطقه و پراکندگی ایستگاههای مورد مطالعه

با استفاده از تحلیل عاملی حالت R بارش ماهانه ماههای اکتبر تا می (مهر تا اردیبهشت) ایستگاه ها (Venegas و Bjornsson, ۱۹۹۷) برای هر کدام از ماههای سال خوشه بندی شد. با توجه به اینکه قسمت اعظم بارش سالانه در فصل سرد سال رخ می دهد به جز نواحی جنوب شرقی که از بارش تابستانی تحت تاثیر مونسون برخوردار است، از بین عامل های بدست آمده مولفه اصلی به عنوان شاخص اصلی نشان دهنده تغییرات مکانی بارش انتخاب شد. سپس در این مولفه اصلی، نمرات عاملی ایستگاه های مورد مطالعه محاسبه و بر اساس آنها ایستگاه ها به ایستگاه های خشک و تر تقسیم شدند. آستانه تمایز بین شرایط خشک و تر اندازه نمره عاملی 0.8 تعیین شد. بر اساس گسترش مکانی و شدت نمرات عاملی ایستگاه های تر (خشک) در هر ماه، دو نمونه موج بارشی کم باران در ماه های خشک شامل دسامبر ۱۹۹۹ و ژانویه ۲۰۰۱ (آذر ۱۳۷۸ و دی ۱۳۸۰) و دو موج بارشی پر باران فراگیر در ماه های نوامبر ۱۹۹۴ و مارس ۱۹۹۶ (آبان ۱۳۷۳ و اسفند ۱۳۷۵)، در ماه های تر انتخاب و مبادرت به بررسی شرایط سینوپتیکی حاکم بر منطقه شد. بر این اساس موج های بارشی انتخاب شده بر اساس مقدار بارش ایجاد شده در منطقه مورد مطالعه قرار گرفت، با توجه به اینکه این بارش ها باعث رخداد مخاطرات جوی از جمله بارش های شدید، سیل و خشکسالی شده اند.

و ناهنجاری دمای سطح آب، سبب ایجاد بارش می شود (Reason و همکاران، ۲۰۰۰).

ناظم السادات و شیروانی (۱۳۸۳)، با بکارگیری مدل تحلیل همبستگی متعارف CCA امکان پیش بینی بارش زمستانی استان های گیلان و مازندران براساس پدیده ال نینو-نوسان جنوبی مورد ارزیابی قرار گرفته شد. در این تحقیق به منظور کاهش تعداد پیشگو کننده های اولیه از روش تابع متعامد تجربی EOF استفاده شده است. نتایج نشان داد که پیشگوکننده های مدنظر حدود ۴۵ درصد از کل واریانس سری زمانی بارش را شرح می دهند. در مطالعه داده های بارش ۹ ایستگاه همدمیدی نواحی جنوب غربی کشور و نیز داده های دمای سطح آب خلیج فارس برای دوره ۱۹۵۹-۱۹۹۳ با استفاده از تحلیل توابع متعامد تجربی (EOF) نشان داد که مولفه های اصلی بارش و دمای سطح آب به ترتیب ۷۸ و ۷۳ درصد از کل واریانس داده های مشاهده شده را توجیه می نمایند (ناظم السادات و شیروانی، ۱۳۸۵). هدف از این پژوهش شناخت و تحلیل رژیم بارشی در نیمه جنوبی ایران و تعیین خشکسالی ها و ترسالی ها به عنوان مهمترین مخاطرات نیمه جنوبی کشور، با استفاده از توابع متعامد تجربی (EOF) و نقش منابع رطوبتی در فرارفت شار رطوبتی در خشکسالی ها و ترسالی در این نواحی است، همچنین سعی شده است که تاثیر هر کدام از منابع رطوبتی با توجه به پهنای آبی آنها مورد بررسی قرار گیرد.

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه این پژوهش نیمه جنوبی کشور شامل استان های ایلام، خوزستان، لرستان، اراک، چهارمحال بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، بوشهر، اصفهان، یزد، کرمان، هرمزگان، فارس و خراسان جنوبی است. پس از جمع آوری داده های بارش روزانه ۳۰۲ ایستگاه همدید، اقلیم شناسی، بارانسنجی هواشناسی و تبخیرسنجی وزارت نیرو (شکل ۱)، در دوره آماری ۱۹۸۱ لغایت ۲۰۱۰ (۱۳۸۹-۱۳۶۰) به بررسی آماری داده های ماهانه بارش پرداخته شد.

(۳) انجام شد.

$$Q_{vi} = \int_{PB}^{Pt} \left(1/g \cdot \int_{PB}^{Pt} Vq.dp \right) dt \quad (۳)$$

سپس برای بدست آوردن کمیت انتقال رطوبت و درک مکانیسم و ارتباط آن با منبع رطوبت و مناطق فرونشینی رطوبت، متوسط پهنه ای نم ویژه Q_{vi} با استفاده از معادله زیر محاسبه شده است.

$$Q_{vi} = \left(\int_{PB}^{Pt} \left(1/g \cdot \int_{PB}^{Pt} Vq.dp \right) dt \right) A \quad (۴)$$

که AQ_{vi} متوسط Q_{vi} در زمان و مکان است، t زمان و A نیز مساحت می باشد.

نتایج و بحث

تحلیل بارش

در تمامی ماه های بررسی شده نیمه جنوبی ایران از دیدگاه بارش به دو بخش شرقی (کم باران) و غربی (پر باران) تقسیم می شود.

ساختار بارش بر روی زاگرس با ساختار بارش در دیگر بخش های قلمرو بررسی شده متفاوت است به طوریکه بیشترین ناهنجاری بارش در ارتفاعات در ماههای نوامبر و فوریه (آذر و بهمن) دیده شده است. همچنین مشاهده می شود که مقادیر بارش در اواسط فصل بارش دسامبر تا مارس (آذر تا اردیبهشت) بیشترین مقدار را دارند. در این بازه زمانی در شمال تنگه هرمز یک قلمرو بارشی متمایز دیده می شود. شکل ۲ توزیع مکانی مد اول EOF در موج های بارشی انتخابی در ماه های خشک و تر را نشان می دهد.

واکاوی همدیدی واگرایی شار رطوبت در ماه های خشک و تر نمونه ماه های تر

الف: موج بارشی روزهای ۱۰ تا ۱۴ مارس ۱۹۹۶ (۱۹ تا ۲۳ اسفند ۱۳۷۵)

بررسی جریانات سطح زمین از ۴۸ ساعت قبل از بارش تا روز آغاز بارش شکل شماره ۳ نشان دهنده وجود ناوه عمیق در شرق مدیترانه و غرب دریای سرخ

مقدار شار رطوبتی فرارفت شده از منابع رطوبتی اطراف به نیمه جنوبی کشور با استفاده از روش واگرایی شار رطوبت انجام گردید. در بررسی واگرایی شار رطوبت در موج های بارش انتخاب شده از داده های دوباره واکاوی شده نم ویژه و مولفه باد مداری و نصف النهاری از پایگاه داده ECMWF با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ درجه در ۲/۵ درجه، بهره گرفته شد. واگرایی شار رطوبت از رابطه زیر بدست آمده است.

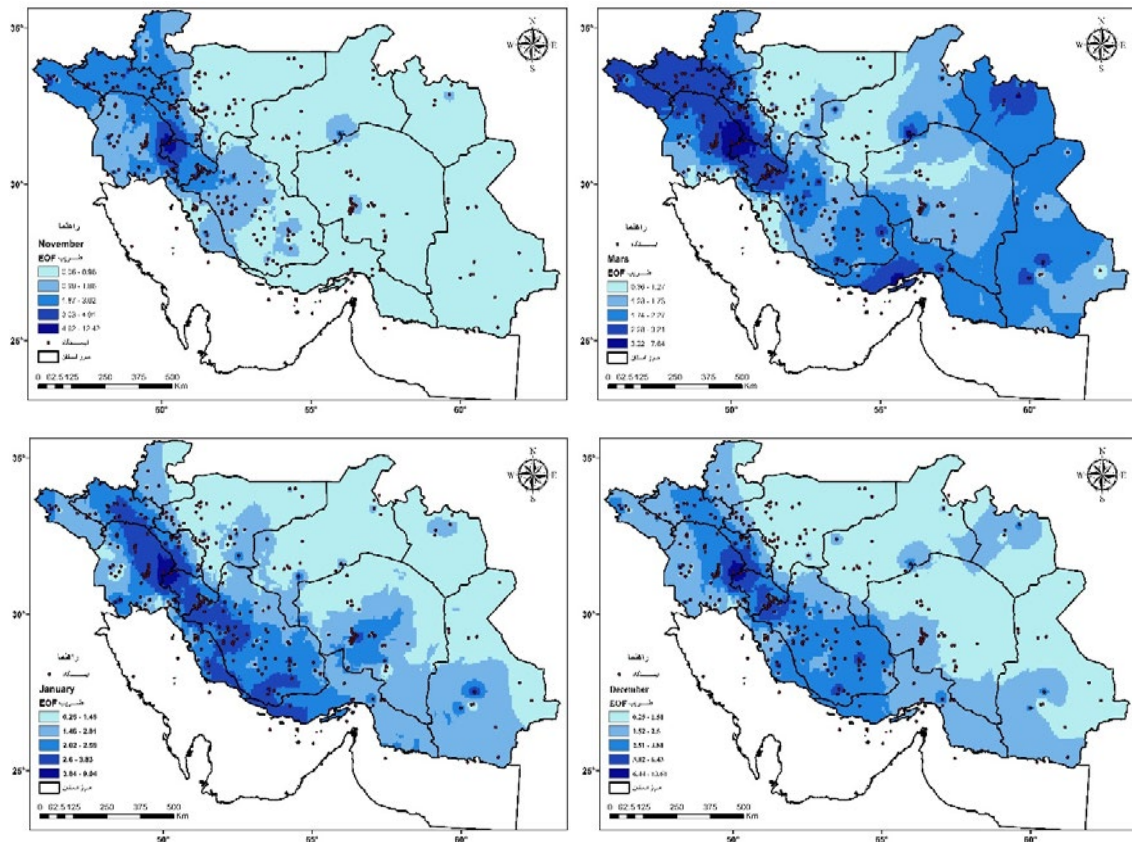
$$HFD = - \left(\left(u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} \right) + \left(q \frac{\partial u}{\partial x} + q \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right) \quad (۱)$$

HFD واگرایی افقی شار رطوبت (علامت منفی برای مثبت کردن مقدار همگرا شده می باشد)، ∂x و ∂y تغییرات در جهات طول و عرض جغرافیایی است. در این پژوهش مقادیر مثبت، هم گرایی شار رطوبت و مقادیر منفی واگرایی شار رطوبت را نشان میدهد و برابر نم ویژه یک تراز از جو، u و v به ترتیب مولفه باد مداری و نصف النهاری است.

$$Q_{wi} = 1/g \cdot \int_{PB}^{Pt} Vq.dp \quad (۲)$$

که در آن Vq همان HFD است و Q_{wi} مجموع شار بخار آب در امتداد نصف النهار به کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه است. با توجه به تفاوت در چگونگی گردش هوا و میزان بخار آب موجود در ترازهای مختلف، مناسب تر دیده شد که محاسبات واگرایی شار رطوبت در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰، ۵۰۰، ۴۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و همچنین در کل لایه وردسپهر محاسبه گردد.

باید توجه داشت که مجموع قائم واگرایی افقی شار رطوبت به صورت بالا برای شرایط لحظه ای یا یک زمان خاص می باشد و محاسبه دوره ای شار رطوبت برای سه دوره زمانی، الف) دو روز قبل از بارش، ب) روزهای بارش و ج) مجموع دو روز قبل بارش تا پایان آخرین روز بارش، برای دوره های بارش یاد شده در بالا با استفاده از رابطه



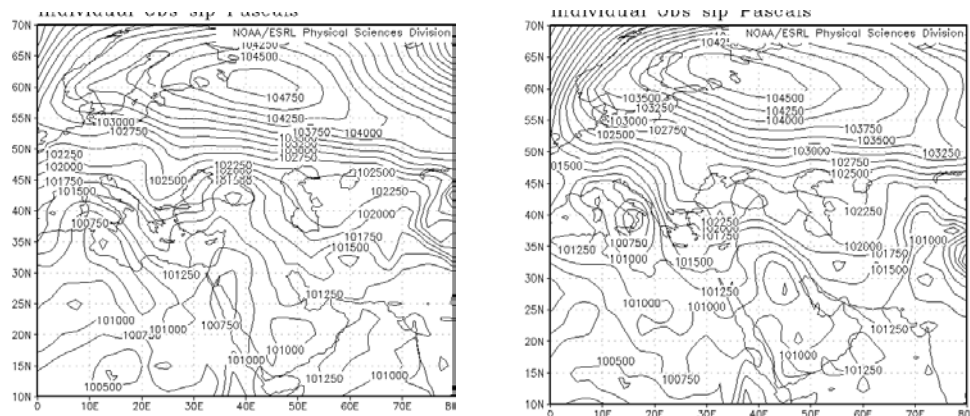
شکل ۲. توزیع مکانی مد اول EOF در موج های بارشی تر و خشک انتخابی

جدول ۱. واریانس (%، خشکسالی و ترسالی مولفه اصلی مد اول EOF برای ماه های اکتبر تا می

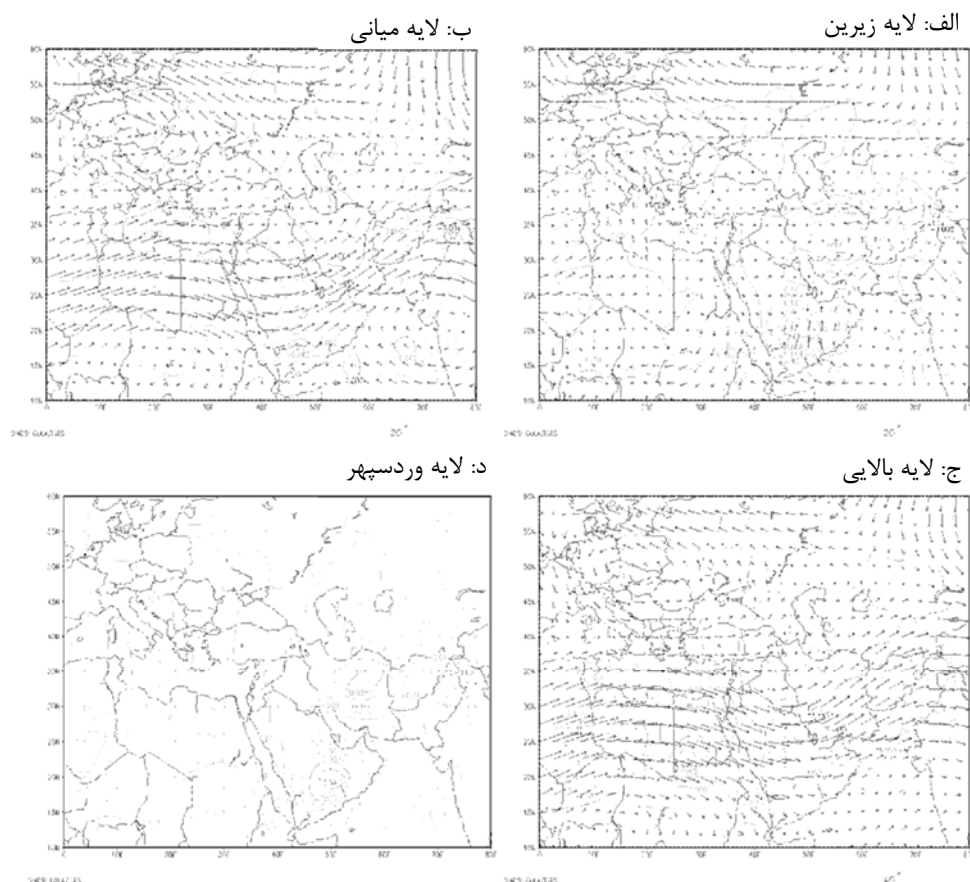
ماه	درصد واریانس	نوع	سال
اکتبر	۵۲/۸	تر	۲۰۰۸ ۲۰۰۶ ۱۹۹۴ ۱۹۹۱ ۱۹۸۷ ۱۹۸۲
اکتبر	۵۲/۸	خشک	۲۰۱۰ ۲۰۰۷ ۲۰۰۵ ۱۹۸۵
نوامبر	۶۸/۹۸	تر	۲۰۱۰ ۲۰۰۷ ۱۹۹۸ ۱۹۹۶ ۱۹۹۱ ۱۹۸۷
نوامبر	۶۸/۹۸	خشک	۲۰۱۰ ۲۰۰۷ ۱۹۹۸ ۱۹۹۶ ۱۹۹۱ ۱۹۸۷
دسامبر	۵۸/۰۶	تر	۲۰۰۴ ۲۰۰۱ ۱۹۹۲ ۱۹۹۱ ۱۹۸۹ ۱۹۸۶
دسامبر	۵۸/۰۶	خشک	۲۰۱۰ ۲۰۰۸ ۱۹۹۹ ۱۹۹۸ ۱۹۹۶ ۱۹۹۳ ۱۹۹۰ ۱۹۸۳ ۱۹۸۱
ژانویه	۵۴/۰۴	تر	۲۰۰۴ ۱۹۹۸ ۱۹۹۶ ۱۹۹۳ ۱۹۹۰ ۱۹۸۷ ۱۹۸۴
ژانویه	۵۴/۰۴	خشک	۲۰۱۰ ۲۰۰۷ ۲۰۰۱ ۱۹۹۵ ۱۹۸۹ ۱۹۸۷ ۱۹۸۴
فوریه	۵۸/۸۵	تر	۲۰۰۶ ۱۹۹۹ ۱۹۹۸ ۱۹۹۶ ۱۹۹۳ ۱۹۸۸ ۱۹۸۲
فوریه	۵۸/۸۵	خشک	۲۰۰۸ ۲۰۰۱ ۲۰۰۰ ۱۹۹۷ ۱۹۹۴ ۱۹۸۴
مارس	۵۱/۴۵	تر	۱۹۹۷ ۱۹۹۶ ۱۹۹۱ ۱۹۸۷ ۱۹۸۳ ۱۹۸۲
مارس	۵۱/۴۵	خشک	۲۰۱۰ ۲۰۰۰ ۲۰۰۹ ۲۰۰۸ ۲۰۰۴ ۱۹۸۵
آوریل	۴۳	تر	۲۰۰۹ ۲۰۰۶ ۲۰۰۸ ۲۰۰۲ ۱۹۹۵ ۱۹۹۲
آوریل	۴۳	خشک	۲۰۰۰ ۱۹۹۹ ۱۹۹۸ ۱۹۹۶ ۱۹۹۰ ۱۹۸۹ ۱۹۸۴
می	۳۱/۸۱	تر	۱۹۹۵ ۱۹۹۴ ۱۹۹۳ ۱۹۹۲ ۱۹۸۶ ۱۹۸۴ ۱۹۸۲
می	۳۱/۸۱	خشک	۱۹۹۱ ۱۹۹۰ ۱۹۸۷ ۱۹۸۲

است همچنین پرفشار در شمال شرقی و شرق عربستان مستقر است و با حرکت واپرخندی خود هوای گرم و مرطوب غرب اقیانوس هند را به جلو ناوه تزریق می کند. این هوای مرطوب بسته به نحوه حرکت و قرار گیری

پرفشار یا از غرب عربستان و یا از خلیج عدن و تنگه باب المندب و جنوب دریای سرخ در جلو ناوه تزریق می شود. با توجه به حرکت ناوه به سمت شرق و نحوه قرارگیری محور ناوه مزبور رطوبت را از غرب منطقه وارد



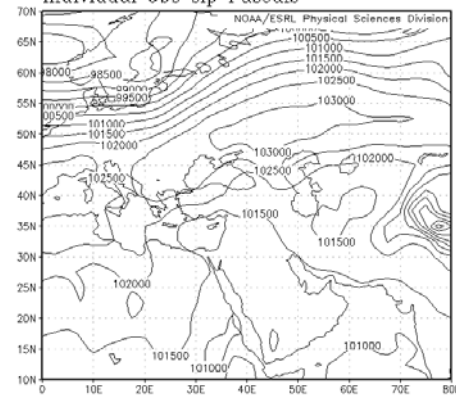
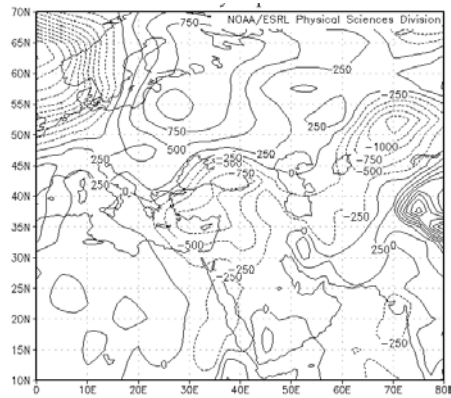
شکل ۳. فشار تراز دریا در دوره قبل از بارش (سمت راست) و آغاز بارش (سمت چپ) مارس ۱۹۹۶ (اسفند ۱۳۷۵)



شکل ۴. واگرایی رطوبت در ۴۸ ساعت قبل بارش تا روز آخر بارش الف (لایه زیرین) ب (لایه میانی) ج (لایه بالایی) د (لایه وردسپهر) مارس ۱۹۹۶ (اسفند ۱۳۷۵)

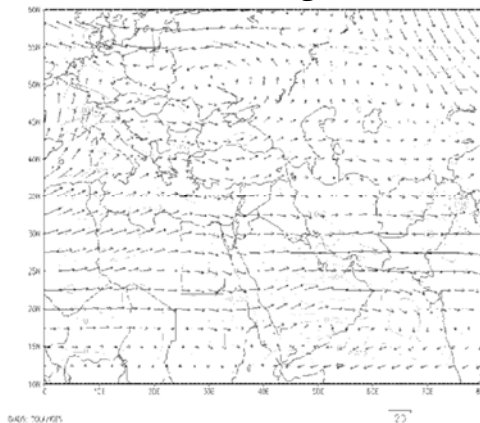
شار (شکل شماره ۴) و محاسبات حاصل از معادلات معلوم شد که رطوبت این سامانه در درجه اول و با میزان خیلی بالایی از دریای عرب و عمان و در درجه دوم با میزان

کشور کرده و با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه باعث ایجاد بارش های بسیار شدید در منطقه مورد مطالعه شده است. همچنین با توجه به بررسی نقشه های واگرایی

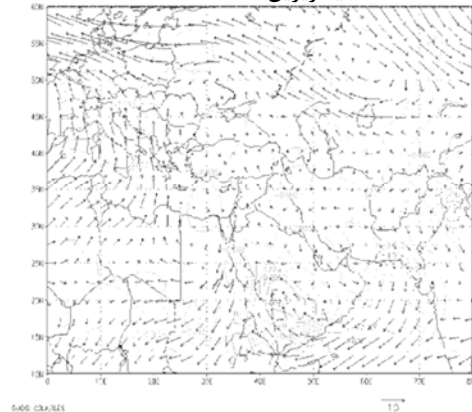


شکل ۵. فشار تراز دریا در قبل از بارش (سمت راست) و آغاز بارش (چپ) نوامبر ۱۹۹۴ (آبان ۱۳۷۳)

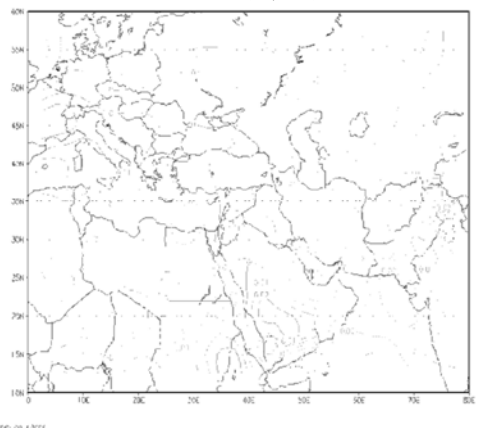
ب: لایه میانی



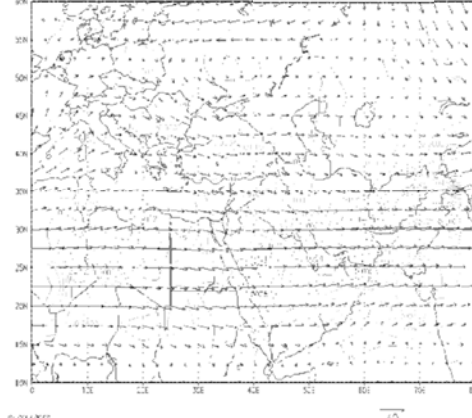
الف: لایه زیرین



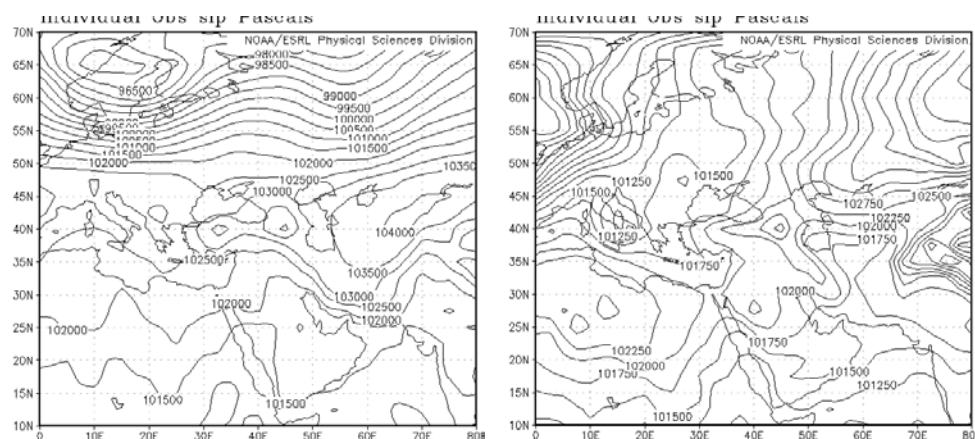
د: لایه وردسپهر



ج: لایه بالایی



شکل ۶. واگرایی رطوبت در ۴۸ ساعت قبل بارش تا روز آخر بارش الف (لایه زیرین) ب (لایه میانی) ج (لایه بالایی) د (لایه وردسپهر) نوامبر ۱۹۹۴ (آبان ۱۳۷۳)



شکل ۷. فشار تراز دریا در قبل بارش (سمت راست) و آغاز بارش (چپ) ژانویه ۲۰۰۱ (دی ۱۳۸۰)

ایران، نشان داد که رطوبت این سامانه در درجه اول با میزان $25.87 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ متعلق به دریای عرب، دریای عمان و در درجه دوم با میزان $8 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ متعلق به دریای سرخ می باشد. به طور کلی در این نمونه مطالعاتی مجموع کل شار رطوبتی از ۴ منبع رطوبتی اطراف ایران (خلیج فارس، دریای عرب، دریای عمان، دریای سرخ و دریای مدیترانه) با توجه به سطح حوضه آنها که به منطقه جنوب غرب و جنوب ایران فرستاده شده است در حدود $38.984 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ بوده است.

نمونه مطالعاتی سال های خشک:

الف: موج بارشی روزهای ۴ تا ۱۰ ژانویه ۲۰۰۱ (۱۴ تا ۲۰ دی ۱۳۸۰)

بررسی نقشه های روزهای قبل بارش تا روز بارش شکل (۷) نشان می دهد که علت اصلی خشکی این ماه، نبود جریانات مناسب بر روی شبه جزیره عربستان است، به طوری که مقدار خیلی کمی از رطوبت دریای عرب، دریای عمان و مقدار غیر قابل ملاحظه ای از دریای سرخ به منطقه وارد شده است و با توجه به بررسی نقشه های سطح زمین مشاهده شد که در این موج بارشی، کم فشار سودانی فعال بوده ولی به دلیل عدم وجود پرفشار واقع در شمال شرق عربستان و عدم جریانات مناسب، رطوبت کافی به منطقه نرسیده است و در مراحل بعدی بارش سامانه کم فشار تضعیف شده و گسترش مناسبی پیدا

قابل ملاحظه ای از طریق دریای سرخ تأمین می شود. به طور کلی در نمونه مطالعاتی ۱۰ مارس تا ۱۴ مارس ۱۹۹۶ (۱۹ تا ۲۳ اسفند ۱۳۷۵)، مجموع کل شار رطوبتی اطراف ایران (دریای عرب و عمان، دریای سرخ، خلیج فارس، دریای مدیترانه) که به منطقه جنوب و جنوب غرب ایران از طریق این سامانه فرستاده شده در حدود $45.07 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ بوده است.

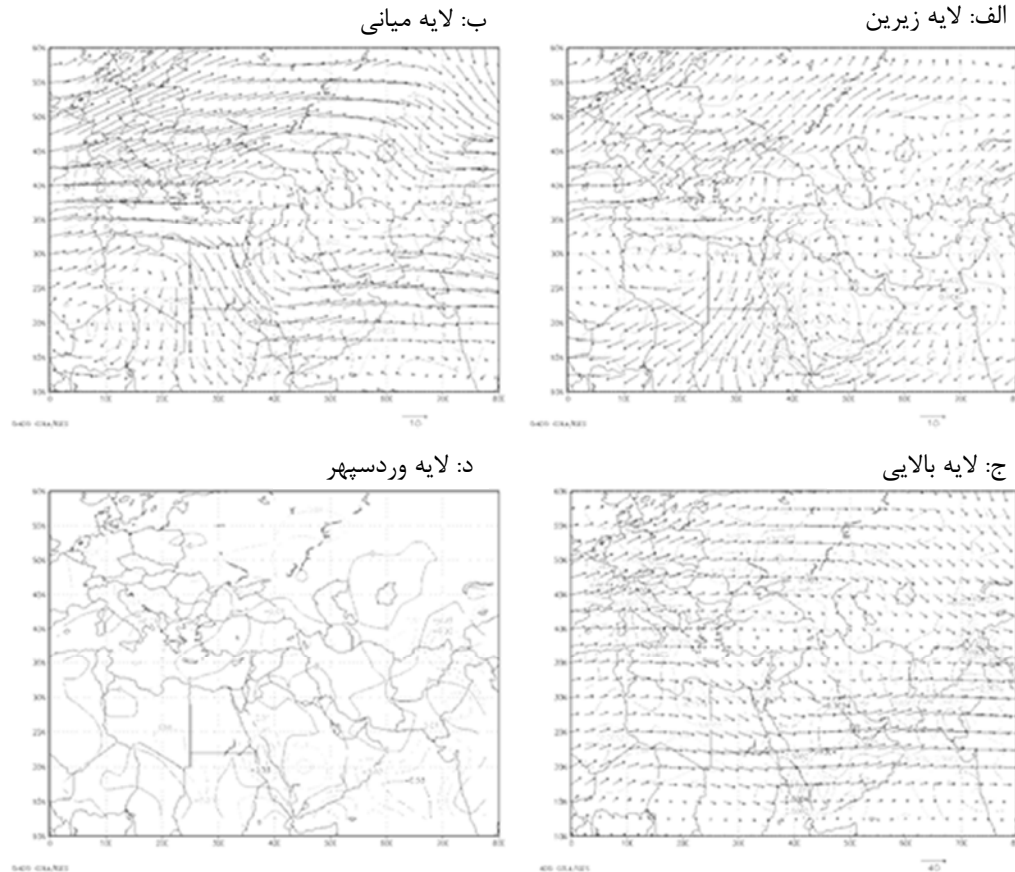
ب: موج بارشی روزهای ۱۳ تا ۱۸ نوامبر ۱۹۹۴ (۲۲ تا ۲۷ آبان ۱۳۷۳)

جریان های سطح زمین از ۴۸ ساعت قبل از بارش تا روز اول بارش و بررسی نقشه های همدیدی آنها نشان می دهند که ناوه عمیق شرق مدیترانه بسیار عمیق شده و باعث ریزش هوای سرد از عرض های شمالی به سوی عرض های پایین شده است و پرفشار واقع در شمال شرقی عربستان نیز در جایگاه خودش واقع است و جریانات هوای منطقه با توجه به قرارگیری این پرفشار سبب می شود هوای گرم و مرطوب دریای عرب، دریای عمان و دریای سرخ در جلو ناوه تزریق و با حرکت غربی _ شرقی ناوه این رطوبت به سمت ایران هدایت شده و باتوجه به میزان رطوبت باعث ریزش بارش شدید در منطقه گردد.

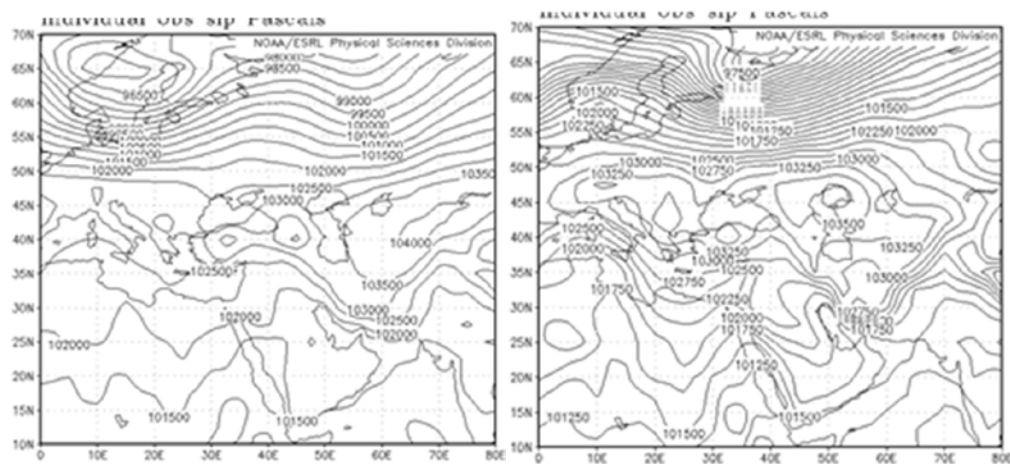
با توجه به بررسی نقشه های واگرایی شار رطوبت (شکل شماره ۶) و محاسبه شار منابع رطوبتی اطراف

نسبت به سال های مرطوب بسیار ناچیز بوده است. (شکل شماره ۶). به طور کلی در نمونه های مطالعاتی ژانویه ۲۰۰۱ (دی ۱۳۸۰)، میزان کل شار واگرا شده از منابع

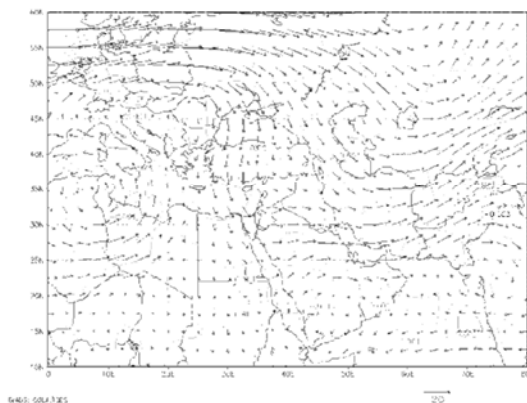
نمی کند. بررسی نقشه های واگرایی رطوبت نیز تأییدی بر این بارش کم می باشد و همان طور که مشاهده گردید مقدار شار رطوبت دریای عرب، دریای عمان و دریای سرخ



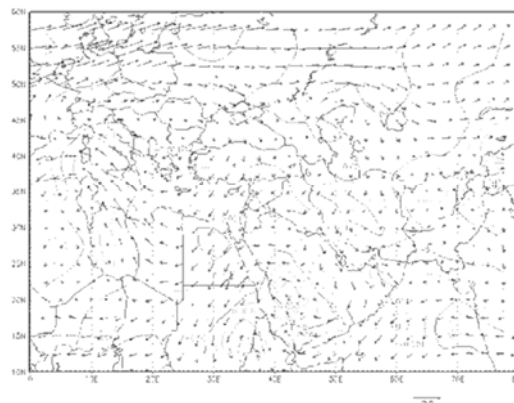
شکل ۸. واگرایی رطوبت در ۴۸ ساعت قبل بارش تا پایان آخرین روز بارش (لایه زیرین) ب (لایه میانی) ج (لایه بالایی) د (لایه وردسپهر) ژانویه ۲۰۰۱ (دی ۱۳۸۰)



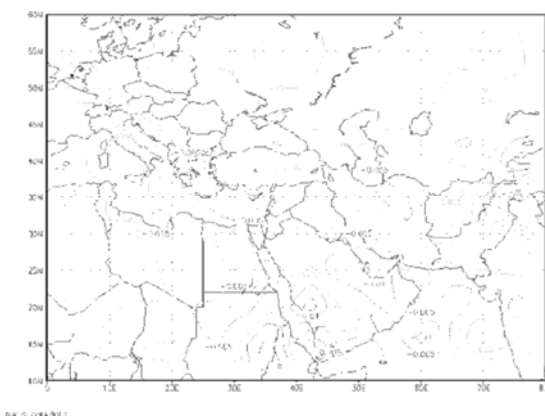
ب: لایه میانی



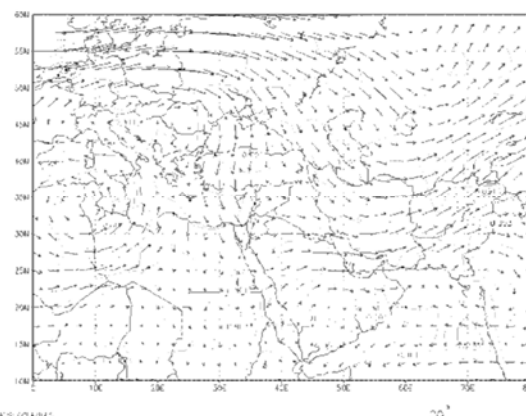
الف: لایه زیرین



د: لایه وردسپهر



ج: لایه بالایی



شکل ۱۰. واگرایی رطوبت در ۴۸ ساعت قبل بارش تا پایان بارش الف(لایه زیرین) ب(لایه میانی) ج(لایه بالایی) د(لایه وردسپهر) دسامبر ۱۹۹۹ (آذر ۱۳۷۸)

بارش های اندک و ناچیزی در منطقه رخ داده است. بررسی نقشه های واگرایی و محاسبه شار رطوبتی(شکل ۱۰) نیز تأییدی بر این بارش های کم است و همان طور که مشاهده شد مقدار شار رطوبت از دریای عرب و عمان و دریای سرخ نسبت به سال های مرطوب بسیار ناچیز بوده است. به طور کلی در نمونه مطالعاتی دسامبر ۱۹۹۹ (آذر ۱۳۷۸) میزان کل شار انتقال شده توسط سطوح آبی به منطقه جنوب غرب و جنوب ایران برابر با $4.88 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ محاسبه شده است.

نتایج حاصل از نقشه های واگرایی شار و محاسبات حاصل از معادلات واگرایی شار رطوبت را در ماه های تر و خشک در جدول (۲) نشان می دهد که در مجموع در زمانی که وضعیت منطقه در حال تر سالی بوده و میزان

رطوبتی اطراف ایران به منطقه جنوب و جنوب غرب ایران برابر با $1655 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ بوده است.

ب: موج بارشی ۲۹ نوامبر تا ۳ دسامبر ۱۹۹۹ (۱ تا ۱۲ آذر ۱۳۷۸)

با توجه به بررسی نقشه های سطح زمین از ۴۸ ساعت قبل از بارش تا روز آغاز بارش(شکل ۹) مشاهده شد که در این موج بارشی کم فشار سودانی در مراحل اولیه تقریباً فعال بوده ولی به علت عدم وجود شیو فشار مناسب در شمال شرق عربستان و ضعیف بودن جریانات، رطوبت کافی از سطوح آبی خصوصاً دریای عرب، دریای عمان و دریای سرخ به منطقه وارد نشده و در نتیجه سامانه کم فشار از گستردگی کمی برخوردار بوده و

جدول ۲. میانگین درصد مشارکت سطوح آبی در تأمین رطوبت موج بارشی و میزان واگرایی شار طی دوره مرطوب و خشک

دوره	منابع رطوبتی	۴۸ ساعت قبل از بارش		روزهای بارش		۴۸ ساعت قبل از بارش تا پایان بارش	
		درصد	میزان شار	درصد	میزان شار	درصد	میزان شار
تر	عرب و عمان	۰.۸۲	$3.69 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۷۷	$16.54 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۷۷	$36.22 \times 10^3 kg/m^2$
تر	مدیترانه	۰.۰۹	$0.42 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۰۵	$5.9 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۱۳	$2.93 \times 10^3 kg/m^2$
تر	سرخ	۰.۰۸	$0.37 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۱۳	$2.8 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۱۳	$5.9 \times 10^3 kg/m^2$
تر	خلیج فارس	۰.۰۳	$0.29 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۰۴	$1.14 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۰۴	$1.95 \times 10^3 kg/m^2$
تر	مجموع	۱۰۰	$4.59 \times 10^3 kg/m^2$	۱۰۰	$21.47 \times 10^3 kg/m^2$	۱۰۰	$47 \times 10^3 kg/m^2$
خشک	عرب و عمان	۰.۰۷۳	$1.57 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۴۶	$3.97 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۴۶	$5.26 \times 10^3 kg/m^2$
خشک	مدیترانه	۰.۱۷	$0.37 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۳۹	$3.37 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۴۵	$5.08 \times 10^3 kg/m^2$
خشک	سرخ	۰.۰۷	$0.15 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۱	$1.11 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۰۵	$0.56 \times 10^3 kg/m^2$
خشک	خلیج فارس	۰.۰۱	$0.06 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۰۱	$0.11 \times 10^3 kg/m^2$	۰.۰۴	$0.44 \times 10^3 kg/m^2$
خشک	مجموع	۱۰۰	$2.15 \times 10^3 kg/m^2$	۱۰۰	$8.56 \times 10^3 kg/m^2$	۱۰۰	$11.34 \times 10^3 kg/m^2$

تبیین کردند به همین دلیل به عنوان مولفه اصلی انتخاب و بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که الگوهای گردش جوی حاکم در منطقه نقش مهمی در انتقال رطوبت از منابع رطوبتی به نیمه جنوبی ایران دارد. مولفه اصلی EOF تغییرات بارشی مناطق نیمه جنوبی ایران را تبیین می‌نماید و دریای عرب و دریای سرخ بیشترین تأمین کننده رطوبت برای این مناطق می‌باشند.

استقرار کم فشار بر روی سطح دریا و وجود ناوه عمیق مدیترانه به سبب ادغام کم فشار سودانی و کم فشار مدیترانه در جنوب غربی دریای سرخ و تشکیل یک پرفشار در نواحی شمال شرقی و شرق عربستان و جریانات مناسب سطح زمین تا بالاتر از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، رطوبت کافی و مناسب را جهت بارش های نواحی جنوب غربی تا جنوب ایران را فراهم آورده است و پرفشار عربستان هوای خشک و سردتر عرض های بالاتر را بر روی غرب اقیانوس هند منتقل می‌سازد. این جریانات در حاشیه جنوبی شبه جزیره عربستان با چرخشی و اچرخند به سمت داخل شبه جزیره تغییر مسیر داده و قسمتی از آن در خلیج عدن و تنگه باب المندب به سمت دریای سرخ جریان می‌یابد. با ادغام این جریان ها با شار رطوبتی انتقالی از دریای سرخ و جریانات جنوب غربی - جنوبی که معمولاً در جلو

بارش منطقه بسیار بالاتر از میانگین است، میزان رطوبت واگرا شده از منابع رطوبتی که با توجه به شرایط جوی و توسط سامانه های باران زا وارد کشور شده است. در حدود ۴ برابر دوره های خشک بوده و با توجه به جدول شماره (۲) غرب اقیانوس هند (دریای عرب و عمان) به عنوان اصلی ترین منبع رطوبتی بارش های نیمه جنوبی کشور که در حدود ۸۰ درصد بوده، شناخته شد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نقش بسیار مهمی در پیش آگاهی های مناسب اب و هواشناسی، اب شناسی و مدیریت منابع اب دارد. در این بررسی به منظور شناخت الگوهای همدیدی موثر بر بارش های نیمه جنوبی ایران و همچنین انتقال رطوبت از منابع رطوبتی اطراف کشور به مطالعه الگوهای همدیدی و محاسبه شار رطوبت پرداخته شده است.

بررسی تغییرات مکانی زمانی بارش در نیمه جنوبی کشور با استفاده از روش تحلیل عاملی EOF بر روی داده های بارش ۳۰۲ ایستگاه در هر ماه ۵ مولفه اصلی بارش را نشان داد. مولفه اول ماههای اکتبر تا آوریل (مهر تا اردیبهشت) بیش از ۵۰ درصد واریانس بارش ماهانه را

ناوه های ۷۰۰ تا بالاتر از ۳۰۰ هکتوپاسکال ناوه مستقر بر شرق مدیترانه که تا مرکز دریای سرخ گسترش یافته ایجاد شده و سامانه به سمت ایران حرکت می کند که حاوی رطوبت از دریاها، عرب، عمان و سرخ می باشد. در چنین حالتی ریزش بارش در غرب منطقه رخ داده و با حرکت شرق سوی ناوه ریزش بارش به سمت دیگر نواحی انتقال داده می شود.

به طور کلی می توان چنین نتیجه گرفت که در سال های پرباران، سامانه های همدیدی مناسبی در نواحی شرقی و شمال شرقی و غرب شبه جزیره عربستان سبب می شود که رطوبت مناسبی از دریاها، مزبور به سوی نواحی جنوب غربی و جنوبی ایران منتقل و بارش های مناسبی را ایجاد کند. در فصل کم باران این سامانه ها چندان فعال نبوده و جریانات مناسب که رطوبت را بتواند انتقال دهد نیز ندارد. این پژوهش نشانگر این است که در زمان خشکسالی جریانات مناسبی که تغذیه کننده رطوبت به درون این سامانه ها هستند فعال نبوده و بسیار ضعیف عمل می کنند. در صورتی که در سال های پرباران، این سامانه ها بسیار فعال بوده و تغذیه رطوبت بسیار بالایی را به درون سامانه سودانی منتقل می سازند که عامل اصلی و مؤثر بارش های شدید و سیل آسای نیمه جنوبی ایران می باشد.

منابع

- ایزدنگهدار، ز.، ۱۳۷۰، بررسی سینوپتیکی بعضی از سیستم های مدیترانه ای مخصوص و اثرات آن بر روی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- بابایی فینی، ا.، علیجانی، ب.، ۱۳۹۲، تحلیل فضایی خشکسالی های بلند مدت ایران. مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۵ (۳): ۱-۱۲.
- پرک، ف.، ۱۳۸۹، تحلیل سینوپتیکی نقش دریای سرخ در تقویت و تامین رطوبت سامانه سودانی عبوری و تاثیر آن در ترسالی و خشکسالی های جنوب و جنوب غرب کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- پرنده خوزانی، ا.، لشکری، ج.، ۱۳۹۰، بررسی سینوپتیکی بارش های سنگین در جنوب ایران. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره ۴۱: ۱۲۳-۱۳۶.

- تقی زاده، ج.، ۱۳۶۶، بررسی سیل پاییز ۶۵ از دیدگاه هواشناسی، رشد آموزش زمین شناسی. شماره ۶: ۵۱-۵۶.
- رورده، ه.، ۱۳۸۵، تعیین منابع رطوبتی بارندگی های سواحل جنوبی دریای خزر، رساله دکتری اقلیم شناسی. دانشگاه تربیت معلم.
- فرجی، ا.، ۱۳۶۰، بررسی سیستم های فشار کم باران زا بر روی ایران و ارائه الگوی از موقعیت و چگونگی حرکت آن ها، پایان نامه کارشناسی هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- کریمی احمدآباد، م.، ۱۳۸۶، تحلیل منابع تامین رطوبت بارش های ایران، پایان نامه دکتری. گروه جغرافیا دانشگاه تربیت مدرس.
- لشکری، ج.، ۱۳۷۰، الگوی سینوپتیکی بارش های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- لشکری، ج.، ۱۳۷۹، مکانیسم تکوین منطقه همگرایی دریای سرخ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۸-۵۹، ۱۶۷-۱۸۴.
- عراقچی، ع.، ۱۳۹۳، دیپلماسی آب از منازعه تا همکاری، فصلنامه علمی- پژوهشی سیاست جهانی دوره سوم، شماره چهارم.
- عربی، ز.، ۱۳۸۵، تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیر ماه ۱۳۸۷ در ایران، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۶: ۱-۱۵.
- مرادی، م.، ۱۳۸۵، بررسی نقش کم فشار گرمایی سودان- اتیوپی و ارتفاعات زاگرس در سامانه های مؤثر بر آب و هوای ایران، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.
- مفیدی، ع.، زرین، آ.، ۱۳۸۴، بررسی سینوپتیکی تاثیر سامانه های کم فشار سودانی در وقوع بارش های سیل زا در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۷.
- مفیدی، ع.، زرین، آ.، ۱۳۸۴، تحلیل سینوپتیکی ماهیت سامانه های کم فشار سودانی، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال دوم، شماره ۶.
- ناظم السادات، م.، شیروانی، ا.، ۱۳۸۵، پیش بینی بارش زمستانه مناطق جنوبی ایران با استفاده از دمای سطح آب خلیج فارس. مدل سازی تحلیل متعارف، مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۲.
- ناظم السادات، م.، شیروانی، ا.، ۱۳۸۳، کاربرد CCA به منظور ارزیابی و مقایسه توانایی Nino's SST، SOI در پیش بینی بارش زمستانه سواحل دریای خزر، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره اول.

Alpert, P.; Neeman, B. and shay, E. Y. 1990. Intermonthly variability of Cyclone tracks in the Mediterranean. K Climate, 3: 1474- 1478.

Ansell T. J., Reason C. J. C., Smith I. N. and Keay K. 2000: Evidence for Decadal Variability in Southern Australian Rainfall and Relationships with Regional Pressure and Sea Surface Temperature. International

- Journal of Climatology, 20:1113-1129.
- Bjornsson, H., and S.A. Venegas, 1997: "A Manual for EOF and SVD Analysis of Climatic Data", McGill University, CCGCR Report No. 97- 1, Montréal, Québec, Canada, 52pp.
- Chakraborty, A., M. Mujumdar, S. K. Behera, R. Ohba, and T. Yamagata, 2006: A cyclone over Saudi Arabia on 5 January 2002: A case study. MeteorolAtmosPhys 93:115-122.
- Dayan U, Abramski R 1983 Heavy Rain in the Middle east Related to unusual jet stream properties. Bull Amr Met Soc 64: pp 1138-1140
- Dayan U, et al 2001 A severe autumn storm over the Middle east: synoptic and Mesoscale Convection analysis. Theo ApplClimatol 69: pp 103-122
- Evan J, Smith R, Oglesby R 2003 Precipitation processes in the Middle East.Proceedings International Congress on Modeling and Simulation, MODISM03, Pošt, E. (Ed.). Jupiter's Hotel andCasino, Townsville, Australia.
- Kahana., R., Ziv., B., Enzel., Y., Dayan., U., 2002 Synoptic Climatoligy of major floods in the NEGEV desert, ISRAEL. Lnt. J. Climet. 22, 867-882
- Kidron., G., j., Pick., K., 2000 the Limited rol of localized convective storms in runoff prodaction in the Western Negev Desert. J. of Hydrology. 229, 281-289
- Raziei T, Mofidi A, Satos J.A, Bordi I, 2011 Spatial pattern and regimes of daily precipitation in Iran relation to large-scale atmospheric circulation. Int J Climatol. doi:10.1002/joc.2347.
- Reason C. J. C., Allan R. J., Indesay J. A. L. and Ansell T. J., 2000 ENSO and climatic signals across the Indian Ocean basin in the global cotext: Part I. International Journal of Climatology, 20:1285-1327.
- Roshani, A., Parak, F., Ghaemi, H., 2013 "Studying the Moisture Flux over South and southwest of Iran: a Case study from December 10 to 13, 1995 Rain Storm", Earth Science Research, Vol. 2, No. 2.
- Smith RB, Evans J, Oglesby R, 2003 Mountain precipitation and hydrology in the Middle East. IntConf Alpine Meteorol Brig Switzerland: pp 19-23.

Divergence analysis of moisture flux originating from moisture sources around Iran and its effects on the unequal spatial distribution of precipitation in the southern part of Iran

A. Roshani*, F. Parak

Department of Climatology, Kharazmi University, Tehran, Iran

*Corresponding Author Email: ahmadroushani@gmail.com

Received: 5 March 2018, accepted: 5 June 2018

ABSTRACT

Atmospheric circulation strongly modulates precipitation patterns throughout the south of Iran. Characteristics of synoptic types were chosen to investigate their relation to the spatiotemporal distribution of precipitation within the south of Iran. In this study, we examined the inter-annual variability of precipitation in the southern region of Iran, and established links among the large-scale circulation patterns. In this region, the majority of precipitation occurs during the rainy season from October to May. The study applied the empirical orthogonal function (EOF) analysis of the monthly precipitation anomaly data obtained from 302 meteorological stations for the 1981–2010 periods. In most months the first mode explains more than 50% of the total variance of the precipitation. Spatiotemporal fluctuation in precipitation over the studied area can be attributed to moisture transport by dynamic factors. This study shows that the position and strength of high pressure over the Arabian Peninsula play an important role during the wet and dry years. The results show that during wet years' moisture flux in low and middle levels from the west of the Indian ocean, the Gulf of Aden, and the Red sea is transferred by the high pressure circulation to the central, North Arabian Peninsula and Southern Iran. This high pressure circulation coupled with the Eastern Mediterranean trough over the west of the Arabian Peninsula at the level of 700hPa. Some parts of moisture flux transferred from the Gulf of Aden and the Red sea in the middle and higher levels. In dry years, the anticyclonic circulation is strengthened in the west of the Arabian Peninsula, and blocks moisture advection into the region from the Indian Ocean.

Keywords: Moisture Flux, Precipitation, Interannual Variability, Southern Part of Iran

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Roshani, A.; Parak, F. (2018). Divergence analysis of moisture flux originating from moisture sources around Iran and its effects on the unequal spatial distribution of precipitation in the southern part of Iran. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 1(1): 25-38.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

