

واکاوی اقلیم شناختی الگوهای واگرایی شار رطوبت در بارش های سنگین منجر به سیل در جنوب غرب ایران با تاکید بر سیلاب های فروردین ماه ۱۳۹۸

فاطمه پرک^{۱*}، علی خاکی^۲، احمد روشنی^۳

^۱ دکتری جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران
^۲ عضو هیأت علمی گروه معماری، دانشگاه فنی و حرفه ای
^۳ دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۱۶ ، تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۴

چکیده

رخداد مخاطرات اقلیمی از جمله سیل های مخرب در نواحی جنوب غرب ایران از ویژگی های ذاتی اقلیم این منطقه محسوب می شود. ورود پیاپی دو سامانه بارشی در فاصله روزهای ۵ تا ۱۳ فروردین ماه ۱۳۹۸ به کشور سبب رخداد بارش فراگیر در بیشتر استان های کشور و سیل های ویرانگر در استان های لرستان و خوزستان شد که آبگرفتگی گسترده شهرها و روستاها و تحمیل خسارت گسترده به زیرساخت های اقتصادی و اجتماعی را در پی داشت. در این پژوهش تلاش شده است تا اقلیم شناختی گرته های همدیدی بزرگ مقیاس و سازو کار واگرایی شار رطوبتی از منابع رطوبتی اطراف ایران در سامانه های منجر به بارش های سنگین بررسی شود. در بررسی اقلیم شناختی شار رطوبتی از داده های بارش روزانه بیش از ۳۰۰ ایستگاه، در دوره آماری ۱۹۸۱ لغایت ۲۰۱۰ برای ماه های اکتبر تا می و برای محاسبه ماههای تر استفاده شده است. بررسی الگوهای جوی واگرایی شار رطوبت از منابع رطوبتی اطراف ایران بسوی منطقه مورد مطالعه در ماههای تر برای سه دوره زمانی و چهار لایه مختلف وردسپهر نشان داد که بارش های سنگین منجر به سیل در نواحی جنوب غربی ایران تحت تاثیر یک الگوی غالب ایجاد می شوند. بررسی ها و محاسبات انجام شده واگرایی شار رطوبت و بررسی نقشه های از تراز دریا تا تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال، نشان داد که در موج های بارشی روزهای ۵ تا ۱۳ فروردین ماه ۱۳۹۸ به طور میانگین در تمام لایه های وردسپهر میزان مشارکت غرب اقیانوس هند و دریای عمان در حدود ۵۰ درصد، دریای سرخ و خلیج فارس هر کدام حدود ۲۱ درصد و سهم دریای مدیترانه ۸ درصد بوده است. به طور کلی می توان چنین نتیجه گرفت که در بارش های سنگین ناحیه جنوب غرب ایران، سامانه های همدیدی مناسب در نواحی شرقی و شمال شرقی و غرب شبه جزیره عربستان سبب می شود که رطوبت مناسبی از دریاها و موزون به سوی نواحی جنوب غربی و جنوبی ایران منتقل و بارش های مناسبی را ایجاد کند. بنابراین، چگونگی الگوهای قرارگیری سامانه های جوی در شمال اقیانوس هند و موقعیت ناوه مدیترانه نقش مهمی را در پیش بینی بارش های سنگین منجر به سیل در این منطقه دارد.

کلمات کلیدی: سیل، شار رطوبت، پرفشار عربستان، جنوب غرب ایران

موج بارش سنگین و ابر سنگین به عنوان رویدادهایی هستند که اغلب درون سامانه های بزرگ مقیاس پنهان بوده و می تواند انرژی و رطوبت خود را در قالب شار یا جریان از مناطق دوردست کسب کنند. براساس نظرگروپسمن (۱۹۹۹)، این بارش ها با وجود خسارات زیاد، سهمی کوچک در رویداد های برون حاره ای دارند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۸۹).

بارش های شدید و سیل آسا 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 برقرار 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 عمومی جو، می تواند در درون خود سامانه به صورت فرارفت از نواحی دور دست آورده شود. یا تغذیه آن در موقع ورود سامانه باران زا به محل، از منابع آبی اطراف صورت گرفته باشد (روشنی و پرک، ۱۳۹۷). تغییر پذیری مکانی و زمانی بارش از ویژگی های ذاتی اقلیم در مناطق خشک و نیمه خشک نیمه جنوبی ایران به شمار می رود که تغییرات ناگهانی آنها ممکن است رخداد های ویران گر اقلیمی از جمله سیلاب ها و خشکسالی ها را به دنبال داشته باشد. بررسی و شناسایی شرایط رطوبتی، برای مدیریت بهتر منطقه بسیار لازم و

ضروری است (پرک و همکاران، ۱۳۹۴).

با توجه به قرار گرفتن نواحی جنوب غرب ایران در ناحیه آب و هوایی خشک و نیمه خشک جهان، تغییرات بارندگی و وقوع سیل های مخرب از ویژگی های اجتناب ناپذیر و زیانبار اقلیمی آن محسوب می شود. رخداد دو موج بارشی سنگین بصورت پیاپی در تاریخ های ۵ تا ۹ و نیز ۱۱ تا ۱۳ فروردین ماه سال ۱۳۹۸، موجب ایجاد سیلاب در سرشاخه های رودهای کرخه، کارون و دز گردید. این سیلاب ها به ویژه در موج دوم با خسارات گسترده در بیشتر استان های جنوب غرب از جمله استان های لرستان، خوزستان و ایلام همراه شد، بطوری که سبب آبگرفتگی گسترده و به زیر آب رفتن بخش هایی از شهرهای معمولان، دورود، خرم آباد، پلدختر، دره شهر و روستاهای استان خوزستان گردید. میانگین مجموع بارش شش روزه (۴ تا ۹ فروردین) حاصل از موج اول بارش ها در کل «حوضه کشکان» بالغ بر ۱۳۷ میلی متر برآورد شده که بیشترین مقدار آن معادل با ۱۵۷ میلی متر در ایستگاه نورآباد و کمترین میزان آن به مقدار ۱۱۶ میلی متر در ایستگاه کوهدشت رخ داد. پس از یک وقفه یک روزه، سامانه بارشی دوم در روزهای ۱۱ تا ۱۳ فروردین، نمایانگر میانگین بارش بالغ بر ۱۵۳ میلی متر در کل حوضه کشکان است که بیشترین مقدار آن برابر با ۱۷۲ میلی متر در ایستگاه نورآباد و کمترین میزان آن به مقدار ۱۳۶ میلی متر در ایستگاه خرم آباد رخ داده است. رخداد سیلاب شدید و ایجاد خسارات گسترده به زیرساخت های اجتماعی و اقتصادی از جمله شبکه راه ها، سکونتگاه های شهری و روستایی و شبکه های انتقال نیرو و آب نشان می دهد که لازم است بررسی دقیق ماهیت و آرایش الگوهای سامانه های جوی موثر در ایجاد این بارش ها جهت افزایش دانش پیش بینی ها و کمک به آمادگی های آتی مورد توجه قرار گیرد.

شناخت عوامل موثر در ایجاد این بارش ها، نقش قابل ملاحظه ای در پیش بینی ها و برنامه ریزی های دقیق محیطی و اقتصادی دارد. هر کدام از سامانه های بارش زا، با ویژگی های خاص زمانی و مکانی که پیدا می کنند،

رفتار متفاوتی بر روی نواحی مختلف نیمه جنوبی ایران دارند. توپوگرافی پیچیده در این منطقه، به سبب برهم کنش نواحی مذبور بر روی سامانه های جوی و پس خور آنها بر روی نواحی مذبور، تغییرات متفاوتی در شدت و مقدار بارش ایجاد می کنند که با توجه به میانگین سالانه بارش ایستگاهی کل کشور، کاملاً این تغییرات مشاهده می گردد (پرک و همکاران، ۱۳۹۴).

در سال های گذشته رخداد بسیاری از این مخاطرات ثبت و مورد بررسی قرار گرفته است که از آن جمله می توان به سیلاب مخرب در نواحی مرکزی و جنوبی ایران در پاییز ۱۳۶۵ (تقی زاده، ۱۳۶۶)، بارش سنگین ۳۱ دسامبر ۱۹۸۴ و سیلاب حاصل از آن در حوضه رودخانه دالکی (پرند خورانی، ۱۳۹۰) و بارش شدید ۲۱ تا ۲۶ تیرماه ۱۳۷۸ در نواحی جنوبی ایران (اعرابی، ۱۳۸۵) اشاره کرد. تحقیقاتی که به واکاوی علل رخداد بارش های سنگین در ایران پرداخته اند، به عوامل جوی مختلفی اشاره دارند. شکل گیری نفوذ زبانه پرفشار در شمال کشور هنگام بارش های سواحل جنوبی دریای خزر (خوشحال و قائمی، ۱۳۷۶)، شکل گیری الگوی پرفشار باختر روسیه و فرود عربستان-عراق (عسگری و همکاران، ۱۳۸۶)، شکل گیری الگوی پرفشار دریای سیاه تا جنوب خاوری ایران و کم فشار عراق (مسعودیان و محمدی، ۱۳۸۹)، نقش سردچال ها در رخداد بارش های سنگین جنوب غرب و مرکز ایران (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹)، شکل گیری الگوی سودانی هنگام رخداد بارش های شمال شرقی ایران (حمیدیان پور و همکاران، ۱۳۸۹) و بارش های استان بوشهر (گندمکار، ۱۳۸۹) و سرانجام کند شدن حرکت سامانه کم فشار خاور سو روی آب های دریای مدیترانه و شمال دریای سرخ هنگام پیدایش الگوی پرفشار بر روی زاگرس و در نتیجه امکان تغذیه بیشتر از سطح این دریاها (براتی و همکاران، ۱۳۹۱) از جمله نتایج تحقیقات مورد اشاره هستند. با بررسی بارش های ایران و منابع رطوبتی آنها طی سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۴ نشان داده می شود که ۲۳ درصد از کل سامانه های کم فشار باران زای عبوری از روی ایران از نواحی جنوب غربی ایران می گذرند (کریمی ۱۳۸۶، مرادی ۱۳۸۵).

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 بارشهای سیل زا در جنوب غرب ایران می شود (لشکری ۱۳۷۵). کرمپور و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی همدیدی ۲۸ مورد سیل بزرگ در زیرحوضه های استان لرستان چهار الگوی همدیدی را بیان می کنند و بر نقش ناوه مدیترانه و گسترش آن بر روی دریای سرخ و ادغام با سامانه سودانی و مرکز پر ارتفاع روی عربستان تاکید می کنند. همچنین، براتی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی بارش های سنگین در استان زنجان، جابجایی شرق سوی ناوه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، مهیا بودن نم ویژه مناسب در این تراز و ادغام یال صعودی رودباد جبهه قطبی و رودباد جنب حاره و سرانجام شکل گیری بادهای جنوب -جنوب غربی به سوی استان زنجان را از عوامل همدید رخداد بارش های سنگین در این منطقه می داند. رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۴)، با بررسی همدیدی بارش های سنگین پهنه شمال غرب ایران چهار الگوی گردشی ضخامت را در به وجود آمدن این بارش ها موثر می دانند. با بررسی کارهای انجام شده درباره کم فشار های دریای سرخ چنین نتیجه می شود که مهمترین عامل تشکیل کم فشارهای دریای سرخ دینامیک می باشد 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). براساس مطالعه رضیئی و همکاران (۲۰۱۱)، رابطه بین انواع گردش جوی و رژیم بارش روزانه ایران با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی و چرخش واریماکس برای بازه زمانی ۱۹۶۱-۲۰۰۴ شناسایی گردید. نتایج این تحقیق 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

الگوهای جوی منجر به بارش های سنگین در جنوب غرب ایران و تحلیل ساز و کار فرارفت شار رطوبت از منابع رطوبتی بسوی نیمه جنوبی ایران است.

مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه این پژوهش نواحی جنوب غرب ایران شامل استان های واقع در نیمه جنوبی و نواحی جنوب غرب کشور است. بررسی رژیم بارشی در این منطقه نشان می دهد که بارش های این منطقه بیشتر در فصول سرد سال رخ می دهد، به همین خاطر دوره انتخابی در این پژوهش ماه های اکتبر تا می (مهر تا اردیبهشت) می باشد. در ابتدا، جهت بررسی اقلیم شناختی الگوی بارش های سنگین، دوره زمانی مورد بررسی در این پژوهش از سال ۱۹۸۱ لغایت ۲۰۱۰ در ۸ ماه دوره سرد سال از اکتبر تا می (مهر تا اردیبهشت) قرار داده شده است و از داده های بارش روزانه ۳۰۲ ایستگاه همدید، اقلیم شناسی و بارانسنجی (شکل ۱) استفاده شده است.

در این پژوهش، تحلیل خوشه بندی برای هر ماه انجام شده و براساس مولفه اصلی، ماههای تر به ماههایی اطلاق می شود که بیش از ۰/۸ نمره عاملی را به خود اختصاص دهند. پس از تعیین دوره های تر، الگوی همدیدی ۱۰ موج بارش سنگین و فراگیر انتخاب و مبادرت به بررسی شرایط سینوپتیکی حاکم بر منطقه و چگونگی مقدار شار رطوبتی فرارفت شده از منابع رطوبتی اطراف ایران به نواحی جنوب غربی ایران با استفاده از روش واگرایی شار رطوبت شده است. برای بررسی واگرایی شار رطوبت در موج های بارش منتخب 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 شده است. واگرایی شار رطوبت از رابطه زیر بدست آمده است.

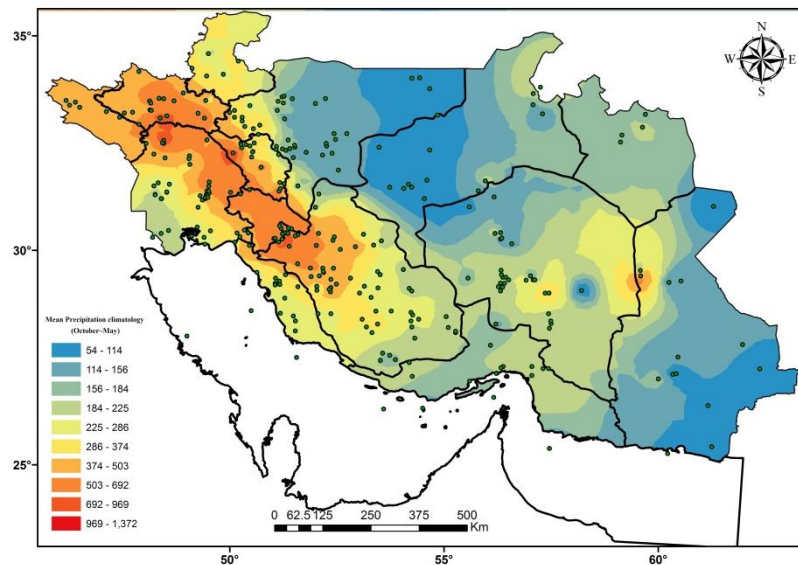
$$HFD = - \left(\left(u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} \right) + \left(q \frac{\partial u}{\partial x} + q \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right) \quad (1)$$

در رابطه بالا q برابر نم ویژه یک تراز از جو، u و v به

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.

بررسی ها نشان داده است 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 (Abrams و Dayan، 1983). در بررسی توفان های همرفتی مقیاس کوچک، که در غرب بیابان های نقوه رخ می دهد، بیان می شود که ناوه فشاری دریای سرخ در فصل پاییز و بهار، سبب رخداد توفان های شدید و کوتاه مدت در آن منطقه می شود و سهم این سامانه بین ۸۳/۵ تا ۱۰۰ درصدی می باشد (Kidron و همکاران، ۲۰۰۰). در پژوهشی، بررسی همدیدی و اقلیم شناسی سیل های بزرگ روی بیابان نقوه در فلسطین با استفاده از داده های مرکز هواشناسی ملی برای دوره آماری ۱۹۹۴ - ۱۹۶۵، ۵۲ سیل بزرگ را مطالعه شده است که و نشان میدهد ۳۸ درصد این سیل ها زمانی رخ می دهد که ناوه فشاری دریای سرخ فعال باشد (Kahana و همکاران، ۲۰۰۰). 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 (Alpert و همکاران، ۱۹۹۰، Dayan و همکاران ۲۰۰۱). سایر مطالعات نیز خلیج فارس و دریای خزر را از منابع اصلی رطوبت بارش در رشته کوههای البرز و زاگرس است (Smith و همکاران، ۲۰۰۳ و Evan و همکاران، ۲۰۰۳). 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).

با توجه به مطالب بالا، بنظر می رسد نقش فرارفت شار رطوبتی از منابع رطوبتی اطراف ایران در افزایش مقدار بارش و ایجاد دوره های ترسالی اهمیت بسیار زیادی داشته باشد. بنابراین، هدف از این پژوهش شناخت



شکل ۱: موقعیت منطقه و پراکندگی ایستگاههای مورد مطالعه و میانگین درازمدت بارش در جنوب غرب ایران (اکتبر تا می)

۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰، ۵۰۰، ۴۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و همچنین در کل لایه وردسپهر محاسبه گردد. باید توجه داشت که مجموع قائم و اگرایی افقی شار رطوبت به صورت بالا برای یک زمان خاص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود.

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

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تحلیل داده های نابهنجاری بارش ماهانه در ایستگاه های مورد بررسی امکان شناسایی مناطق با اقلیم های متفاوت را فراهم می سازد. در تمامی ماه های بررسی شده نواحی جنوب غربی 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. بطوری که بیشترین نابهنجاری بارش در ارتفاعات در ماه های نوامبر و فوریه دیده شده است. به عبارتی ناهمواری ها نقش مهمی در توزیع نابهنجاری های بارش دارند (شکل ۱). همچنین مشاهده می شود که مقادیر بیشینه بارش عمدتاً در ماههای دسامبر تا مارس دیده می شوند.

ترتیب مولفه باد مداری و نصف النهاری است.

رابطه بالا را می توان به صورت زیر گسترش داد:

$$HFD_{ij} = - \left(u_{ij} \frac{q_{i+1} - q_{i-1}}{x_{i+1j} - x_{i-1j}} + v_{ij} \frac{q_{ij+1} - q_{ij-1}}{y_{ij+1} - y_{ij-1}} + q_{ij} \frac{u_{i+1j} - u_{i-1j}}{x_{i+1j} - x_{i-1j}} + q_{ij} \frac{v_{ij+1} - v_{ji-1}}{y_{ij+1} - y_{ij-1}} \right) \quad (۲)$$

که 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 می دهد.

$$Q_{wi} = 1/g \cdot \int_{PB}^{pt} Vq.dp \quad (۳)$$

که 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،

جدول ۱- ماههای تر در سال های مورد بررسی

ماه	سال های تر					
اکتبر	2008	2006	1994	1991	1987	1982
نوامبر				2009	1994	1986
دسامبر	2004	2001	1992	1991	1989	1986
ژانویه		2004	1998	1996	1993	1991
فوریه	2006	1999	1998	1996	1995	1993
مارس	1997	1996	1991	1987	1983	1982
آوریل	2009	2006	2003	2002	1995	1992
می	1995	1994	1993	1992	1986	1982

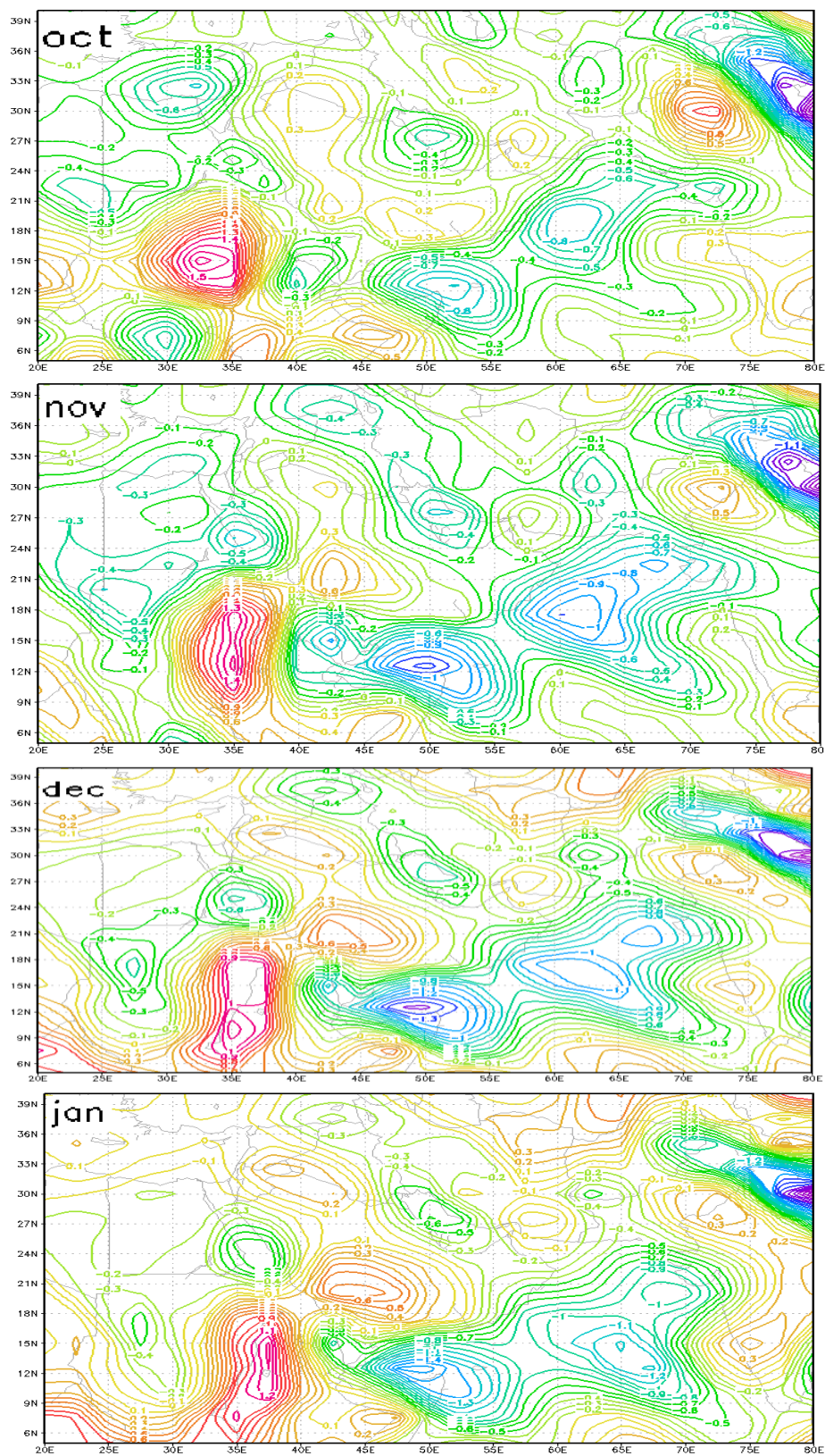
میانگین ماهانه همگرایی و واگرایی شار رطوبت نشان می دهد که منابع اصلی تامین رطوبت در نواحی جنوب غربی ایران در طی اکتبر تا می نواحی شرقی مدیترانه، شمال اقیانوس آرام و خلیج فارس هستند و سامانه های جوی با استفاده از رطوبت حاصل از این منابع تقویت می شوند. در طی ماههای اکتبر تا می برخی از نواحی مانند: خلیج عدن، دریای سرخ و شمال اقیانوس هند نشان دهنده مقادیر منفی واگرایی شار رطوبت هستند. مقدارهای بالای واگرایی شار رطوبت بسوی جنوب ایران در فصل سرد در ارتباط با فرارفت بیشتر رطوبت از اقیانوس هند و دریای سرخ است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که بیشینه همگرایی شار رطوبت در روی دامنه های غربی و روبه باد زاگرس سبب رخداد تراکم و بارش های شدید شده است (شکل ۲). وجود ناوه کم فشار در عرض های میانه نقش مهمی در واگرایی رطوبت از منابع رطوبتی بسوی منطقه مورد مطالعه دارد و فرارفت رطوبت بسوی منطقه مورد نظر توسط گردش واپرخندی روی اقیانوس هند و ناوه کم فشار بر روی عربستان کنترل می شود (شکل ۲).

نابهنجاری واگرایی/همگرایی شار رطوبت در دوره مرطوب از منابع رطوبتی چشمه و چاهه بترتیب با علامت منفی و مثبت نشان داده شده اند (شکل ۳). در سال های تر گردش واپرخندی بر روی غرب منطقه ضعیف تر شده و تراف روی عرض های میانی تقویت شده و عمیق می شود که فرارفت بیشتر شار رطوبتی را مهیا می سازد و سبب ایجاد نابهنجاری های همگرایی شار رطوبتی در روی

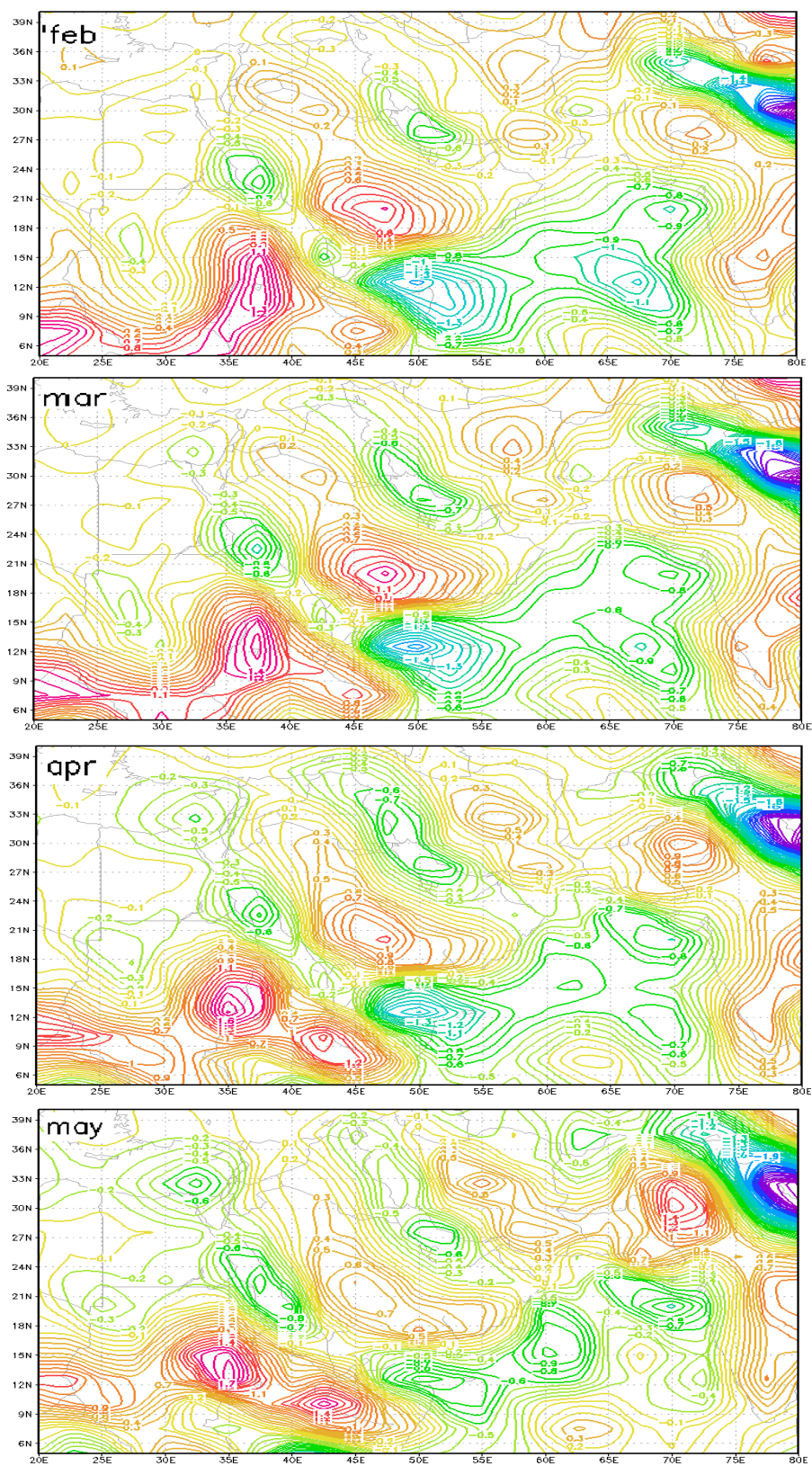
منطقه مورد مطالعه می شود. در لایه های زیرین وردسپهر گردش واپرخندی روی اقیانوس هند سبب فرارفت مقدار آب قابل بارش بیشتری به نواحی شرقی عربستان می شود (شکل ۳، a). همچنین، فرارفت شار رطوبتی از خلیج عدن و دریای سرخ نیز در این لایه و دریای مدیترانه نیز در لایه های بالایی وردسپهر در مقدار شار رطوبتی اثر گذار هستند. از سوی دیگر، همگرایی رطوبت و رخداد تراکم در لایه میانی وردسپهر در روی نواحی مرکز و غرب عربستان و جنوب غربی ایران از اهمیت بسیاری برخوردار است (شکل ۳، b). همگرایی شار رطوبتی بر روی این نواحی همراه با حرکات بالاسو همراه است و این حرکات تا زمانی که انرژی گرمای نهان در طی فرایند تراکم آزاد شود، ادامه می یابد. نتایج این بررسی نشان می دهد که محتوای آب قابل بارش در لایه بالایی وردسپهر از مقدار موجود در لایه های میانی و پایینی کمتر است. بنابراین، محتوای رطوبتی لایه بالایی وردسپهر در نابهنجاری کل بارش منطقه مورد مطالعه تاثیر چندانی ندارد (شکل ۳، c).

واکاوی همدیدی شار رطوبت در بارش های فروردین ماه ۱۳۹۸

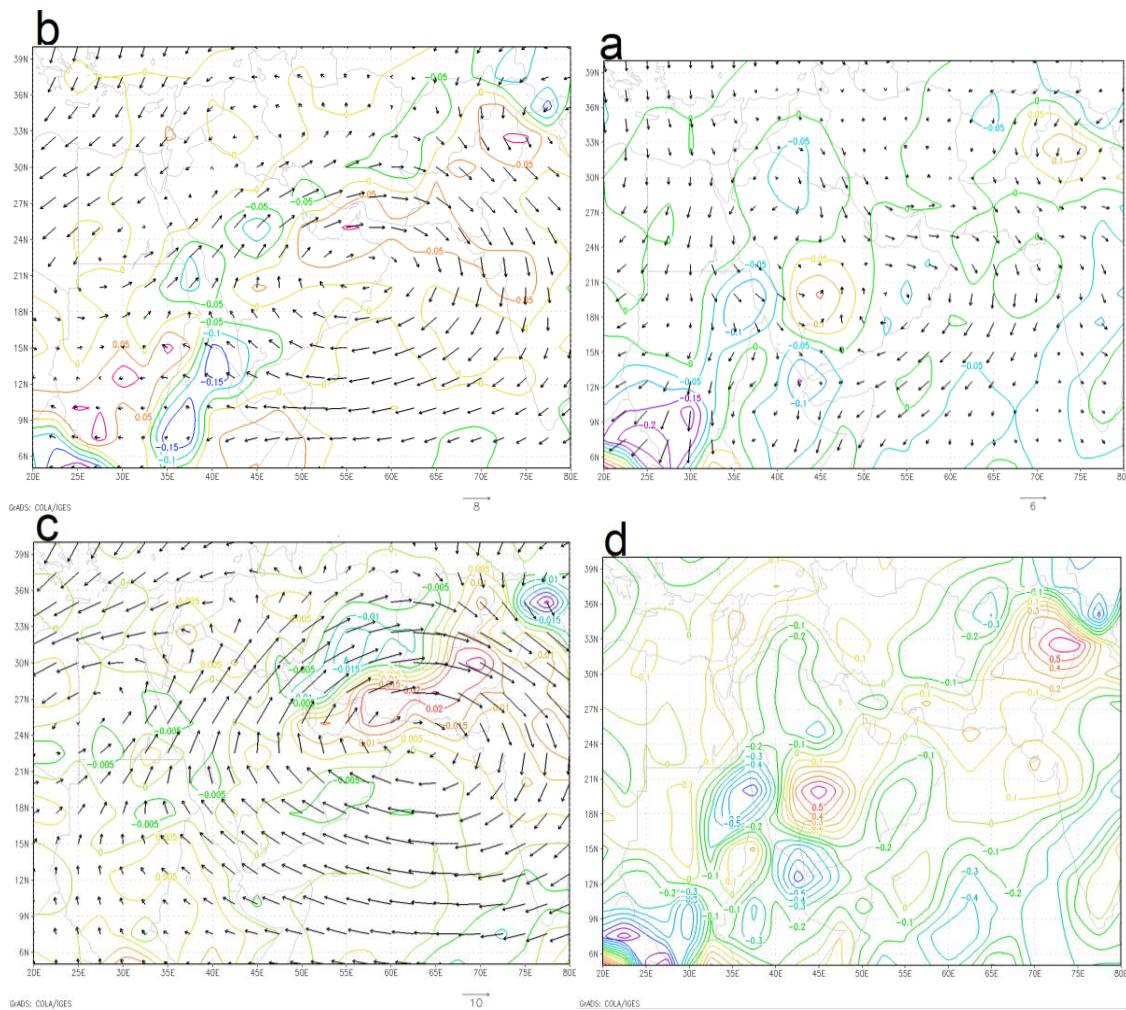
بررسی الگوهای همدیدی و همچنین سازوکارانتقال رطوبت از منابع رطوبتی اطراف کشور در دو سامانه بارشی پیاپی در تاریخ های ۵ تا ۹ و نیز ۱۱ تا ۱۳ فروردین، نشان داد که به سبب عمیق بودن ناوه شرق مدیترانه و انتقال هوای بسیار سرد عرض های میانی به سوی عرض های



شکل ۲: میانگین ماهانه واگرایی/همگرایی شار رطوبت در لایه وردسپهر (اکتبر تا ژانویه) در منطقه مورد مطالعه در دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰.



ادامه شکل ۲: میانگین ماهانه واگرایی/همگرایی شار رطوبت در لایه وردسپهر (فوریه تا می) در منطقه مورد مطالعه در دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰.

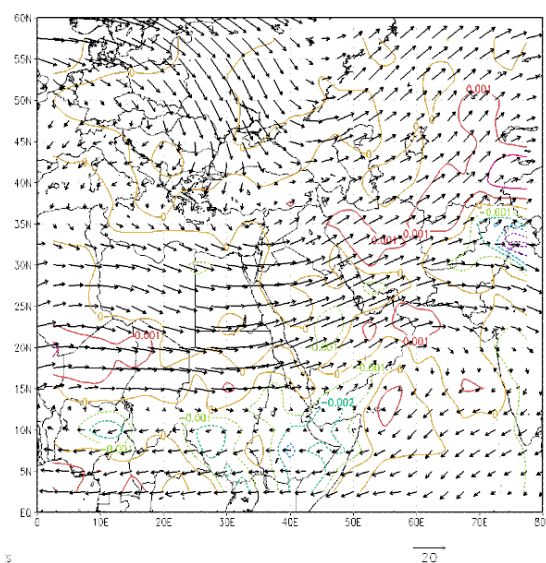


شکل ۳: ترکیب نابهنجاری واگرایی/ همگرایی شار رطوبت در سالهای مرطوب در لایه وردسپهر (a) لایه پایینی، (b) لایه میانی، (c) لایه بالایی و (d) کل لایه وردسپهر

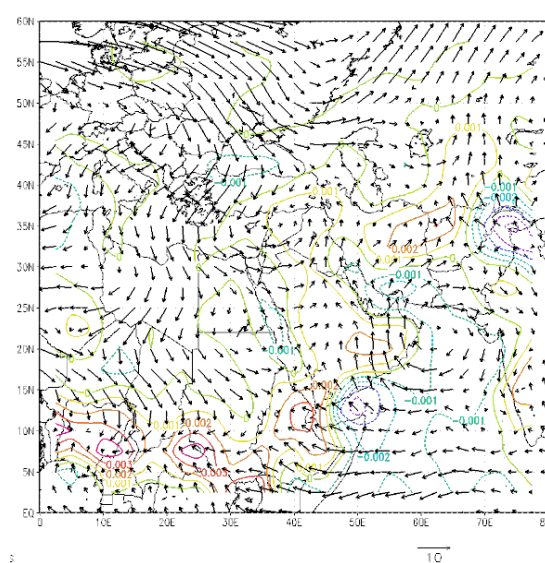
۴۸ ساعت قبل از بارش تا خاتمه بارش در خصوص تعیین سهم مشارکت واگرایی شار رطوبت از منابع تبخیر شونده در دوره بارشی ۵ تا ۱۳ فروردین نشان می دهد که شمال اقیانوس هند و دریای عمان با بیش از ۵۰ درصد، دریای سرخ و خلیج فارس نیز هر کدام ۲۱ درصد و دریای مدیترانه حدود ۸ درصد از شار رطوبتی را تامین کرده اند. این امر نشان می دهد که رطوبت بارش های بسیار شدید و سیل آسای این منطقه اکثرا توسط نواحی غرب اقیانوس هند و دریای عمان تامین می شوند. به طور کلی در دوره بارشی ۵ تا ۱۳ فروردین مجموع کل شار رطوبتی که از منابع رطوبتی اطراف ایران به منطقه جنوب و جنوب غرب ایران فرستاده شده در حدود $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$

پایین و به ویژه شمال شرق افریقا، زبانه آن در ابتدا به سوی نواحی مرکزی و شمالی شبه جزیره عربستان منتقل شده و به تدریج فعالیت آن افزایش یافته است. این افزایش فعالیت به سبب گرمای محسوس بر روی شبه جزیره عربستان و همچنین گرمای نهان آزاد شده از بخار آب انتقال یافته از شرق شبه جزیره عربستان (شمال اقیانوس هند و دریای عمان)، خلیج عدن و دریای سرخ به درون ناوه کم فشار است. ناوه مذکور به تدریج به سوی نواحی غرب، جنوب غرب و جنوب ایران انتقال یافته و با شرایط مناسب جریان های جوی در این منطقه رطوبت کافی و مناسبی را به درون نواحی مذکور انتقال می دهد (شکل ۴). بررسی نقشه ها و محاسبات واگرایی شار رطوبت از

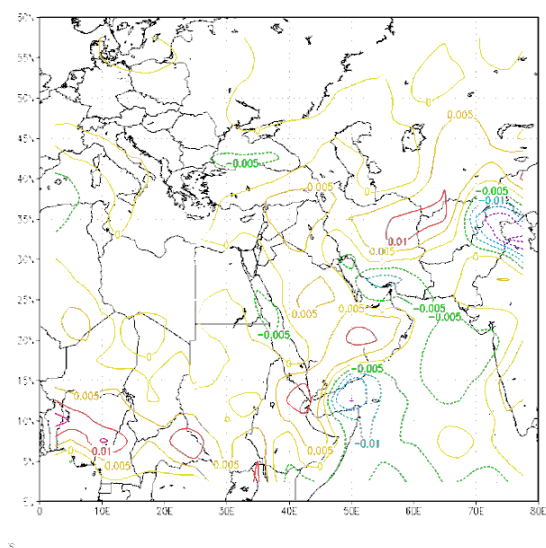
ب: لایه میانی



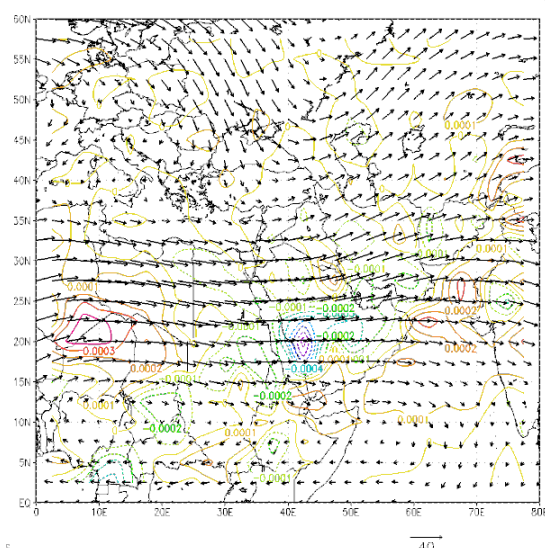
الف: لایه زیرین



د: لایه وردسپهر



ج: لایه بالایی



شکل ۴: واگرای رطوبت در از ۴۸ ساعت قبل از بارش تا آخرین روز بارش، ۲۳ تا ۳۰ مارس ۲۰۱۹ (۳ تا ۱۰ فروردین ۱۳۹۷)

بوده است (جدول ۲).

هکتوپاسکال وابسته است، به دلیل شیب افقی کمتر، شیو دمای پتانسیل نیز کمتر است و بنابراین انتقال رطوبت نیز کندتر به ارتفاعات بالا انتقال می یابد. همچنین انتقال شار از دریای مدیترانه به سبب فاصله نسبتاً زیادتر تا منطقه جنوب و جنوب غرب ایران در لایه های بالایی و به طور نسبی لایه میانی بوده است. قابل ذکر است که دریای سرخ علاوه بر فاصله نسبتاً زیاد تا منطقه مورد مطالعه به علت وسعت کم سطح تبخیردهنده آن نسبت به دیگر

رطوبت انتقال یافته از غرب اقیانوس هند و عمان در لایه های زیرین جو در دوره بارشی مذکور در حدود ۸۱،۶ درصد است، این امر نشان می دهد که جریان هوا از منابع مذکور به سبب نزدیک بودن به منطقه مورد مطالعه با شیب پتانسیل کمتری حرکت کرده و با سرعت کمتری به ارتفاعات بالاتر انتقال یافته است. از آنجا که شیو دمای پتانسیل به شیب افقی دمای سطح زمین و تراز ۸۵۰

جدول ۲: میانگین مقدار واگرایی شار رطوبتی و درصد مشارکت سطوح آبی در تامین شار رطوبتی موج بارش ۲۳ مارس تا ۲ آوریل ۲۰۱۹ (۳ تا ۱۳ فروردین ۱۳۹۷)

منابع رطوبتی	۴۸ ساعت قبل از بارش		روزهای بارش		۴۸ ساعت قبل از بارش تا پایان بارش	
	میزان شار	درصد	میزان شار	درصد	میزان شار	درصد
خلیج فارس	$1/5 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	14	$2/8 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	23	$2/2 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	21
شمال اقیانوس هند و دریای عمان	$6 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	55	$5/2 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	43	$5/2 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	50
دریای سرخ	$9/8 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$	9	$3/5 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	29	$2/1 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	21
دریای مدیترانه	$2/4 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$	22	$5/3 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$	5	$8/4 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$	8
مجموع	$1/1 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$	100	$1/2 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$	100	$1 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$	100

کشکان و به دنبال آن در حوضه کرخه بود. به منظور شناخت الگوهای همدیدی موثر بر بارش های سنگین نواحی جنوب غربی ایران و همچنین سازوکارانتقال رطوبت از منابع رطوبتی اطراف کشور، الگوهای همدیدی و شار رطوبتی در مقیاس اقلیم شناختی و موردی بررسی شده است.

بنابراین این بررسی منجر به شناسایی گرته ای برای دوره های ترسال شده است. با توجه به گرته مزبور، انتظار می رود که در زمان ترسالی وجود ناوه عمیق مدیترانه، سپس 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. پرفشار عربستان هوای خشک و سردتر عرض های بالاتر را بر روی غرب اقیانوس هند منتقل می سازد. 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 می یابد. قرارگیری پرفشار عربستان در شرق و شمال شرق عربستان سبب فرارفت شار رطوبت از غرب اقیانوس هند به جلو سامانه سودانی شده است. که هم زمانی این فرارفت شار رطوبت توسط پرفشار مزبور و حرکت شرق سوی سامانه دینامیکی سودانی منجر به انتقال شار رطوبت به نواحی جنوب و

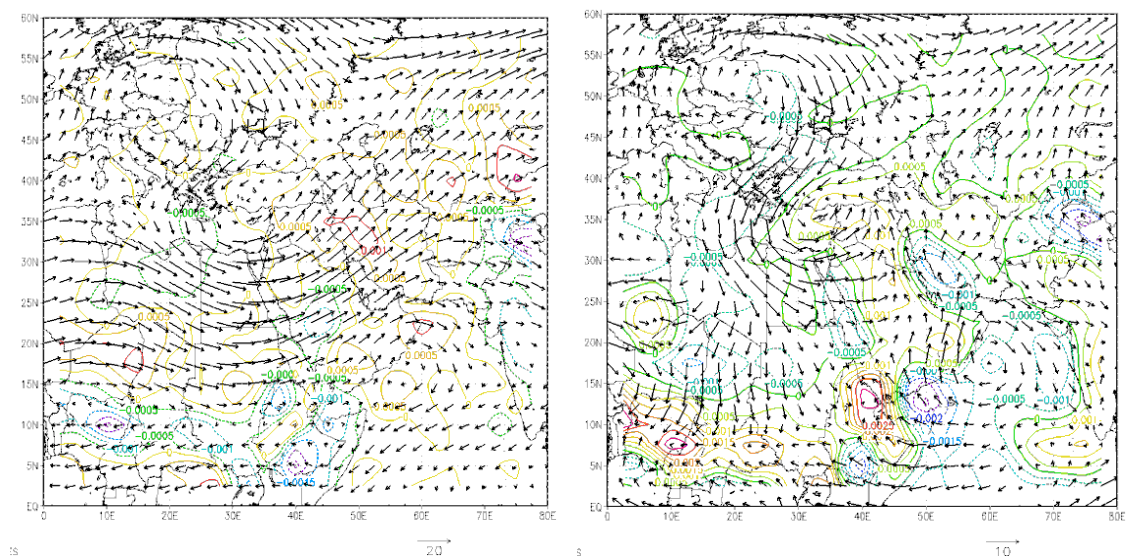
منابع رطوبتی، میزان شار رطوبتی کمتری به منطقه و آن هم بیشتر در لایه های میانی انتقال داده است. به طور کلی می توان چنین نتیجه گرفت که در دو موج بارش شدید، سامانه های همدیدی مناسبی در نواحی شرقی و شمال شرقی و غرب شبه جزیره عربستان سبب می شوند که رطوبت مناسبی از دریاهای مزبور به سوی نواحی جنوب غربی و جنوبی ایران منتقل و بارش های مناسبی در حدود ۴ برابر میانگین ایجاد کند. در رخداد بارش های سنگین در منطقه مورد مطالعه غرب اقیانوس هند در انتقال رطوبت از طریق لایه های زیرین و میانی وردسپهر تاثیر بیشتری نسبت به سایر منابع دارد. در لایه های بالایی وردسپهر نیز دریای مدیترانه، منبع اصلی و تاثیرگذار است (شکل ۵).

جمع بندی

ورود پیاپی دو سامانه بارشی در تاریخ های ۵ تا ۹ و نیز ۱۱ تا ۱۳ فروردین موجب ایجاد سیلاب و خسارت در استان های غربی و جنوب غربی از جمله: لرستان و خوزستان گردید. در این رخداد خسارات بسار زیادی همچون رانش زمین و به زیر آب رفتن بخش هایی از شهر های معمولان، دورود، خرم آباد، پلدختر گزارش شد. بدین ترتیب در یک جمع بندی کلی می توان این گونه نتیجه گیری کرد که تداوم بارش به مدت ۹ روز متوالی و وقوع بیشینه بارش های ۲۴ ساعته در انتهای این دوره بارش، عامل اصلی رخدادهای سیل اخیر در حوضه

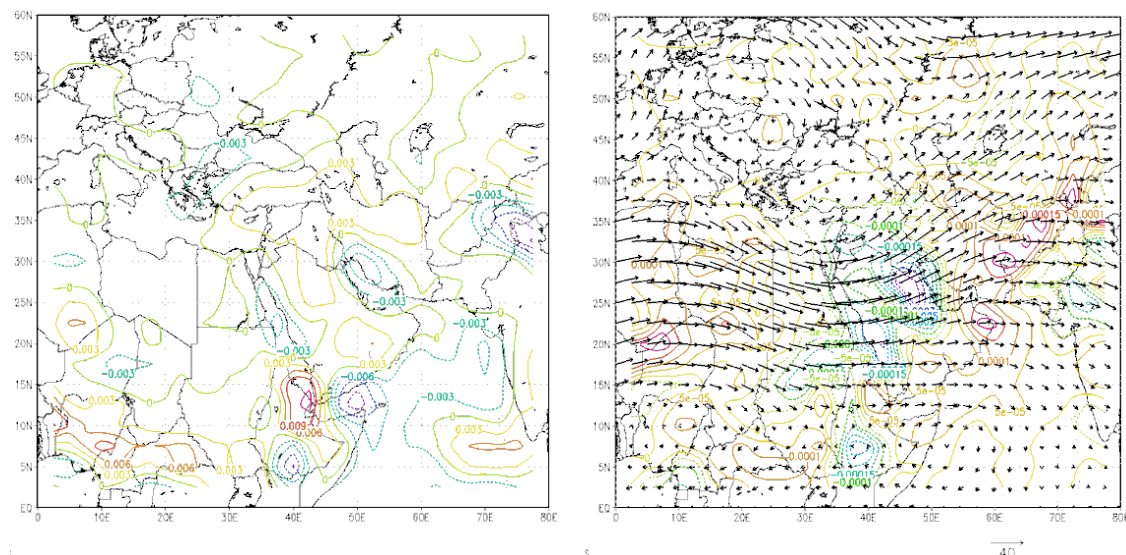
الف: لایه زیرین

ب: لایه میانی



ج: لایه بالایی

د: لایه وردسپهر



شکل ۵: واگرایی رطوبت در از ۴۸ ساعت قبل از بارش تا آخرین روز بارش، ۲۹ مارس تا ۳ آوریل ۲۰۱۹ (۹ تا ۱۳ فروردین ۱۳۹۷)

حرکت شرق سوی ناوه بارش به سمت دیگر نواحی انتقال داده می شود. گسترش این ناوه کم فشار و فعالیت قوی آن در زمان بارش منجر به ریزش بارش های همرفتی بسیار بالایی به میزان چهار برابر میانگین سالانه در جنوب و جنوب غرب ایران شده است.

بررسی ها ومحاسبات انجام شده واگرایی شار رطوبت در زمان ترسالی و بررسی نقشه های آنها از تراز دریا تا

جنوب غرب ایران شده است. با ادغام با شار رطوبتی انتقالی از دریای سرخ و جریانات جنوب غربی - جنوبی که معمولاً در جلو ناوه های ۷۰۰ تا بالاتر از ۳۰۰ هکتوپاسکال ناوه مستقر بر شرق مدیترانه که تا مرکز دریای سرخ گسترش یافته ایجاد می شود و به سمت ایران حرکت می کند که حاوی رطوبت از دریای عرب، عمان و سرخ می باشد. در چنین حالتی ریزش بارش در غرب منطقه رخ میدهد که با

تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال، نشان داد که در زمان ۴۸ ساعت قبل بارش تا روز پایان بارش نواحی غرب اقیانوس هند و دریای عمان بیش از ۵۰ درصد شار رطوبتی بارش های سنگین جنوب غرب ایران را عمدتاً در لایه میانی وردسپهر مهیا می سازند و دریای سرخ و خلیج فارس در رده های بعدی قرار می گیرند. از سوی دیگر، دریای مدیترانه نیز در لایه های بالا اثر گذاری بیشتری دارد. مجموع کل شار رطوبتی که از منابع رطوبتی اطراف ایران به منطقه جنوب و جنوب غرب ایران فرستاده شده در موج بارشی ۵ تا ۱۳ فروردین در حدود $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ بوده است.

به طور کلی می توان چنین نتیجه گرفت که در بارش های سنگین ناحیه جنوب غرب ایران، سامانه های همدیدی مناسبی در نواحی شرقی و شمال شرقی و غرب شبه جزیره عربستان سبب می شود که رطوبت مناسبی از دریاها و موزور به سوی نواحی جنوب غربی و جنوبی ایران منتقل و بارش های مناسبی را ایجاد کند. بنابراین، شمال اقیانوس هند و چگونگی الگوهای قرارگیری سامانه های جوی نقش مهمی را در پیش بینی بارش های سنگین در این منطقه دارد. نتایج حاصل از این پژوهش نقش بسیار مهمی در پیش آگاهی های مناسب آب و هواشناسی، آب شناسی و مدیریت منابع آب دارد.

مراجع

- ایزدنگهدار، زهرا؛ 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، ام السله و علیجانی بهلول، ۱۳۹۲، تحلیل فضایی خشکسالی های بلند مدت ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، ص ۱-۱۲.
- براتی، غلامرضا، محمد مرادی و رقیه سلیمی (۱۳۹۴). واکاوی همدید بارش های سنگین بهاره استان زنجان، مجله مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۶، صص: ۷۷-۸۸.
- براتی، غلامرضا، جواد بدایع جمالی و ناصر ملکی (۱۳۹۱). نقش واچرخندها در رخداد بارش های سنگین دهه اخیر غرب ایران (۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶)، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۸۰، صص: ۹۸-۸۵.
- پرک، فاطمه، احمد روشنی و بهلول علیجانی (۱۳۹۴). واکاوی همدیدی سامانه کم فشار سودانی در رخداد ترسالی ها و خشکسالی های نیمه جنوبی ایران، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۵، صص: ۷۵-۹۰.
- پرک فاطمه، ۱۳۸۹، تحلیل سینوپتیکی نقش دریای سرخ در تقویت و تأمین رطوبت سامانه سودانی عبوریو تأثیر آن در ترسالی و خشکسالی های جنوب و جنوب غرب کشور، پایان نامه کارشناسی

- ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- پرنده خوزانی، اکرم، لشکری، حسن، ۱۳۹۰، بررسی سینوپتیکی بارش های سنگین در جنوب ایران، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره ۴۱، ص ۱۲۳-۱۳۶.
- تقی زاده، حبیب، ۱۳۶۶، بررسی سیل پاییز ۶۵ از دیدگاه هواشناسی، رشد آموزش زمین شناسی، شماره ۶، ص ۵۱-۵۶.
- حمیدیان پور، محسن، بهلول علیجانی و علیرضا صادقی (۱۳۸۹). شناسایی الگوهای همدیدی بارش های شدید شمال شرق ایران، مطالعه جغرافیایی مناطق خشک، شماره یک، صص: ۱-۱۶.
- خوشحال، جواد و هوشنگ قائمی (۱۳۷۷). تحلیل و ارائه یک مدل سینوپتیکی- اقلیمی برای بارش های بیش از صد میلی متر در سواحل جنوبی دریاچه خزر، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ۱۴، صص: ۶۲-۵۳.
- رضایی بنفشه، مجید، فرشته حسین علی پور گزیف فاطمه جعفری شندی و مجید علی محمدی (۱۳۹۴). تحلیل همدید بارش های سنگین چهنه شمال غرب ایران (با تأکید بر الگوهای ضخامت جو)، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۵۳، صص: ۱۱۷-۱۲۵.
- رورده، همت ا...، ۱۳۸۵، تعیین منابع رطوبتی بارندگی های سواحل جنوبی دریای خزر، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت معلم.
- روشنی، احمد و فاطمه پرک (۱۳۹۷). تحلیل واگرایی شار رطوبت از منابع رطوبتی اطراف ایران و اثرات آن بر توزیع فضایی نابرابر بارش در نیمه جنوبی کشور، نشریه هواشناسی و علوم جو، شماره یک، صص: ۲۵-۳۸.
- فرجی، اسماعیل، 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، مصطفی، ۱۳۸۶، تحلیل منابع تأمین رطوبت بارش های ایران، پایان نامه دکتری، گروه جغرافیا دانشگاه تربیت مدرس.
- کرمپور، مصطفی، جعفر معصوم پور سماکوش، مرضی میری و یدالله یوسفی (۱۳۹۲)، بررسی الگوهای همدیدی بارش های سیل آسا در استان لرستان، مجله فضای جغرافیایی، شماره ۴۳، صص: ۹۹-۱۱۳.
- گندمکار، امیر (۱۳۸۹)، بررسی همدیدی بارش شدید روزهای سوم و چهارم اردیبهشت سال یکهزار و سیصد و هشتاد و نه؛ مجموعه مقالات همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی محیطی، خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی.
- لشکری حسن، ۱۳۷۵، الگوی سینوپتیکی بارش های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- لشکری، حسن (۱۳۷۹): مکانیسم تکوین منطقه همگرایی دریای سرخ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۸-۵۹، ۱۶۷-۱۸۴.
- عربی، زهرا، ۱۳۸۵، تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیر ماه ۱۳۸۷ در ایران، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۶، ص ۱-۱۵.
- مرادی، محمد؛ ۱۳۸۵، بررسی نقش کم فشار گرمایی سودان- اتیوپی و ارتفاعات زاگرس در سامانه های موثر بر آب و هوای ایران، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات.
- مسعودیان، سید ابوالفضل و بختیار محمدی (۱۳۸۹). تحلیل همدید بارش های سنگین ایران، مطالعه موردی آبان ماه ۱۳۷۳، جغرافیا و توسعه، ۱۹، صص: ۳۷-۷۰.
- مفیدی، عباس؛ زرین، اذر، ۱۳۸۴؛ بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه های کم فشار سودانی در وقوع بارش های سیل زا در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۷.
- مفیدی عباس، زرین اذر، b1384، تحلیل سینوپتیکی ماهیت سامانه های کم فشارسودانی، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال دوم، شماره 6.
- ناظم السادات، م. ج و 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. ج و شیروانی، ا. (۱۳۸۳): کاربرد CCA به منظور ارزیابی و مقایسه توانایی SOI، Nino's SST، در پیش بینی بارش زمستانه سواحل دریای خزر، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره اول.
- Alpert P, Neeman B, shay-E Y 1990 Intermonthly variability of Cyclone tracks in the Mediteranean. 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, Post, 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.

Climatological study of moisture flux divergence patterns in heavy rainfall leading to floods in southwestern Iran with emphasis on April 2019 floods

Fatemeh Parak^{1*}, Ali Khaki², Ahmad Roshani³

¹PhD in Geography, Farhangian university, Tehran, Iran

²PhD in Architecture, Faculty of Technical and Vocational University, Tehran, Iran

³PhD in Climatology, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding Author Email: f.parak@yahoo.com

Received: 8 October 2018, accepted: 3 February 2019

ABSTRACT

The occurrence of climatic hazards such as destructive floods in southwestern Iran is one of the inherent characteristics of climate in this region. Two rainfall systems between 23 March to 2 April caused extensive rainfall in most provinces of the country and devastating floods in Lorestan and Khuzestan provinces, causing extensive flooding of cities and villages and imposing extensive damage to infrastructure. It had economic and social consequences. In this study, it is attempting to study the large-scale synoptic patterns and the mechanism of divergence of moisture flux from moisture sources around Iran in heavy rainfall systems. Daily data of more than 300 stations were used for the period 1981 to 2010 for calculating the wetter years from October to May. Investigation of atmospheric patterns of moisture flux divergence from moisture sources around Iran to the study area in the wetter months was done for three time periods and four different layers of the troposphere. The results showed that heavy rainfall leads to flooding in southwestern Iran under the influence of a dominant pattern and the western parts of the Indian Ocean have an important role in moisture flux divergence in all of the tropospheric layers. Indian Ocean and the Oman Sea accounted for about 50 percent, the Red Sea and the Persian Gulf each about 21 percent and the Mediterranean share of 8 percent in moisture flux divergence. Therefore, the patterns of atmospheric systems in the northern Indian Ocean and the position of the Mediterranean trough play an important role in predicting heavy rainfall in the region.

Keywords: Flood, Moisture flux, High pressure Saudi Arabia, Southwestern Iran

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Parak, F.; Khaki, A.; Roshani, A. (2019). Climatological study of moisture flux divergence patterns in heavy rainfall leading to floods in southwestern Iran with emphasis on April 2019 floods. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 1(4): 380-393.

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/>).

