

# واکاوی همدید بارش‌های سیل آسا و مخاطره آمیز غرب و جنوب غرب ایران در دهه اول فروردین ۱۳۹۸

فرشاد پژوه<sup>۱</sup>

فرزانه جعفری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۳/۰۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۳/۲۷

\*\*\*\*\*

## چکیده

هدف از انجام این تحقیق، تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی روزهای اوج بارش سیل آسا در ۵ و ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ به ترتیب در جنوب غرب و غرب ایران است. بدین منظور با استفاده از روش محیطی به گردشی ابتدا داده‌های بارش ایستگاه زمینی بررسی شد و سپس با استفاده از داده‌های جو بالا و ترسیم نقشه‌های مربوطه، وضعیت همدید سامانه‌های بارشی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که در روزهای اوج بارش بیشتر کشور به جزء جنوب شرق، بارندگی را تجربه کرده‌اند. بیشینه بارش در روزهای ۵ و ۱۱ فروردین به ترتیب در جنوب غرب و غرب کشور روی داده است؛ که اغلب ایستگاه‌ها در این مناطق بارش بیش از ۱۰۰ میلیمتر را به ثبت رسانده‌اند. واکاوی نقشه‌های همدیدی نشان داد که در تراز دریا گسترش کم‌فشارهای چندگانه عربستان، سودان و مدیترانه در تقابل با نفوذ پرفشار سرد اروپا و تبت با ایجاد شیو فشاری قوی موجب شکل‌گیری شرایط جبهه‌ای و ناپایدار در منطقه مورد مطالعه شده‌اند. در ترازهای میانی جو نیز قرارگیری نیمه غربی و جنوب غرب کشور در نیمه شرقی و جلوی ناوه با واگرایی و صعود شدید هوای گرم و مرطوب جنوبی و رخداد بارش‌های فراگیر و شدید را موجب شده‌اند. تحلیل نقشه‌های وزش رطوبتی نیز نشان داد که در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال دریای عرب و خلیج فارس توسط گردش و اچرخندی عربستان و چرخندی شرق مدیترانه و در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دریای سرخ، خلیج فارس و منبع فرامنطقه‌ای نواحی مرکزی اقیانوس اطلس توسط گردش چرخندی ناوه شرق مدیترانه و غرب آفریقا بیشترین نقش را در تأمین رطوبت بارش‌های فراگیر و شدید کشور و منطقه مورد مطالعه داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: بارش، سیل آسا، همدیدی، کم فشار، ناوه، غرب و جنوب غرب ایران.

\*\*\*\*\*

۱- دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران (نویسنده مسئول) farshad.pazhooh44@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران farzaneh.jafari1992@gmail.com

## مقدمه

است. سیل معمولی‌ترین خسارت محیطی است. هر ساله سیلاب‌ها بیش از ۲۰۰۰ نفر را از بین می‌برند و متأسفانه بر ۷۵ میلیون نفر از جمعیت مردم جهان تأثیر می‌گذارد (Alitjani et al., 2008: 107). سیل از جمله مخاطرات اقلیمی است که نه تنها در ایران بلکه در بیشتر نقاط دنیا از فراوانی زیادی برخوردار است و سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی را به بار می‌آورد. در ایران نیز این پدیده از فراوانی بسیاری برخوردار است به طوری که بیش از دو برابر کل رخدادهای مخاطرات دیگر در طول دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۰ اتفاق افتاده است و با ۱۰۹۵ رخدادهای سیل، سهم زیادی را در خسارات جانی به بار آورده در ایران به خود اختصاص داده است. ۲۵۴۵ نفر کشته و ۱۳۰۴۸ نفر زخمی، از مواردی هستند که مخاطره سیل در طول دوره آماری در ایران بر جای گذاشته است. به طور میانگین در هر سال ۶۰ رویداد سیل در ایران اتفاق می‌افتد و میانگین کشته شده‌ها از بالای سیل در هر سال ۱۴۱ نفر است یعنی در برابر هر رخدادهای سیل در هر سال بیشتر از دو نفر می‌میرند. بالاترین رقم تلفات انسانی متعلق به بندرعباس با ۳۸۸ و مشهد ۳۸۷ نفر است (فیبج زاده، ۱۳۸۱). تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران به همراه شرایط عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به منابع رطوبت و غیره سبب می‌گردد تا رفتارهای بارش مانند شدت و تداوم نیز دارای تغییرات زمانی و مکانی باشند. همچنین با بروز بارش‌های سیل‌آسا خسارات فراوانی را بر جای می‌گذارد از جمله بارش‌های ۱۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ بیش از ۲۱۸ میلیارد ریال به بخش‌های مختلف استان بوشهر خسارت وارد کرده است، سیلاب یادشده ۱۱۹ میلیارد ریال به بخش کشاورزی شامل دام و طیور، باغی، زراعی، منابع آبی و ادوات کشاورزی خسارت وارد کرده است (سازمان هواشناسی بوشهر، ۱۳۹۲). وقوع بارش‌های با شدت زیاد، به طوری که میزان آن از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد، موجب ایجاد رواناب و بروز سیل می‌شود. حال اگر این بارش‌های رگباری و شدید در نواحی شهری اتفاق بیفتد، با خطرهای بیشتری همراه است، زیرا نفوذپذیری در مناطق شهری کمتر

کشور ایران به دلیل شرایط و موقعیت جغرافیایی خاص، از شرایط متفاوت بارشی برخوردار است به نحوی که علی‌رغم دارا بودن بارشی معادل یک‌سوم بارش میانگین جهانی، دارای نوسان شدید در رژیم بارش است. سیلاب‌ها در طبقه‌بندی جهانی در زمره‌ی مهم‌ترین بلایای طبیعی قرار می‌گیرند. در دهه‌های اخیر، به دلیل دخالت‌های نابجا و مدیریت نادرست انسان در استفاده از سرزمین، شدت و تواتر وقوع این بلایای طبیعی افزایش یافته است (عباس زاده تهرانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۸). بروز سیلاب‌های سهمگین در اثر تغییرات آب و هوایی طی دهه‌های اخیر موجب خسارت‌های فراوانی در نواحی مختلف دنیا شده است و در نواحی خشک تأثیر این تغییرات محسوس‌تر است (نگارشر و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵).

افزایش سطوح نفوذناپذیر که ناشی از شهرسازی و احداث ساختمان بر خاک‌های نفوذپذیر است، طبعاً از سطوح نفوذپذیر حوضه که قادر به جذب بخشی از بارندگی است، کاسته و در نتیجه، بر حجم کل رواناب شهر افزوده است (طاهری بهبهانی و بزرگ زاده، ۱۳۷۵). بنابراین می‌توان گفت اعمال مجموعه اقدامات مدیریت بحران امری گریزناپذیر است. مدیریت بحران شامل فرآیند پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع بحران، برخورد و مداخله در بحران و سالم‌سازی بعد از وقوع بحران است. به عبارتی دیگر، مدیریت بحران در واقع علمی کاربردی است که به وسیله مشاهده سیستماتیک بحران‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها در جستجوی یافتن ابزاری است که به وسیله آنها بتوان از بروز بحران‌ها، پیشگیری نمود (سازمان مدیریت بحران، ۱۳۸۴). طبق تعریف ذکر شده در بالا، وجود یک نگاه سیستماتیک شامل شناخت علل ایجاد سیل، شناسایی مناطق در معرض خطر و رعایت اصول پیشگیرانه بر سیلاب، از الزامات اولیه مدیریت بحران سیل محسوب می‌شود.

یکی از شاخه‌های مهم علم اقلیم‌شناسی سینوپتیک، شناسایی حالت‌های فرین و ویژگی‌های محیطی، مانند طوفان‌های شدید و به‌ویژه بارش‌های سنگین و سیل‌آسا

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ... )  
 واکاوی هم‌دید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۶۷

همه ساله بخش‌های مهمی از پهنه وسیع کشورمان تحت تأثیر مخاطره اقلیمی بارش سنگین قرار گرفته و خسارات فراوانی به کشور وارد می‌آید. در واقع یکی از مهم‌ترین مسائل محیطی بررسی موج‌های بارشی شدید، یعنی سیلاب‌هاست. بر اساس روش‌های متداول هیدرولوژیست‌ها بررسی و پیش‌بینی سیلاب‌ها پس از شروع رگبار امکان‌پذیر است که معمولاً وقت کافی برای عملیات آمادگی وجود ندارد؛ اما اگر الگوهای گردشی پدیدآورنده موج‌های بارشی شدید شناسایی شوند می‌توان از حداقل یک یا دو روز قبل از رؤیت آغاز توالی الگوهای مختوم به ایجاد سیل، وقوع آن را پیش‌بینی کرد (علیجانی، ۱۳۸۵).

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در رابطه با بارش‌های سنگین و سیل‌آسا به روش سینوپتیک و به کمک نقشه‌های سطوح مختلف جو در سطح جهان و ایران انجام شده است؛ مانند مطالعه (Nishiyama, 2007: 185) در این زمینه شناخت الگوهای سینوپتیک منجر به بارش‌های سنگین در فصل بارندگی در ژاپن می‌باشد. آن‌ها فرض را بر این گذاشتند که الگوهای سینوپتیک توسط نقشه‌های باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و آب قابل بارش می‌توانند به سادگی آشکار شوند و این نقشه‌ها را خود سازمان یافته نامیدند. ایشان با استفاده از این نقشه‌ها و تکنیک‌های خوشه‌ای الگوهای سینوپتیک بارش‌های سنگین را به هشت خوشه تقسیم کردند و به این نتیجه رسیدند که این نقشه‌ها ابزار مؤثری برای آشکارسازی وقایع بارش‌های سنگین می‌باشند. همچنین پژوهش (Lana, 2007: 27) با عنوان الگوهای جوی به وجود آورنده بارش‌های سنگین جزایر بالریک واقع در شرق اسپانیا نمونه دیگری در این زمینه می‌باشد. آن‌ها در مجموع ۱۵۷ روز بارش بیش از ۶۰ میلی‌متر مشخص کردند که از این تعداد بارش ۵۰ درصد در فصل پاییز رخ داده بود و تقریباً ۸۷ درصد بارش‌های سنگین در زمانی رخ داده بود که یک مرکز چرخندی در شعاع ۶۰۰ کیلومتری جزیره واقع شده بود. (Chen, 2011: 235) به بررسی تأثیرات ناهم‌واری‌ها بر رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب تایوان، در

از نواحی خارج از شهر است و مقدار در خور توجهی از چنین بارش‌هایی در نواحی شهری به رواناب و سیل تبدیل شده، موجب خسارت دیدن اماکن و ابنیه و تأسیسات شهری می‌شود.

بارش سنگین از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی دنیا و ایران محسوب می‌شود. کمیسیون اتحادیه اروپا اثر مخاطرات ناشی از فرین‌های آب و هوایی را در پنج بخش که شامل صدمات در بخش‌های: جنگلداری و کشاورزی، صدمات بوم‌شناختی، توریسم، انرژی و بیمه و حفاظت تأسیسات می‌شود، مورد ارزیابی و مدل‌سازی قرار داده است. در شش زیر بخش از کل پنج بخش یادشده عامل ایجادکننده صدمه، عنصر بارش است. در جدول ۱ بخش‌های پنج‌گانه یادشده و عناصر مولد آب و هوایی و تأثیرات آن‌ها درج شده است.

جدول ۱. بخش‌های متأثر از فرین‌های آب و هوایی و عناصر

جوی مولد صدمات

بخش	صدمه	فرین آب و هوایی	عنصر مولد
جنگلداری و کشاورزی	ریشه کن شدن گیاهان	طوفان باد	باد
	آتش سوزی جنگل	استرس گرمایی، خشکسالی	دما، بارش
	کشاورزی مدیترانه	استرس گرمایی، خشکسالی، یخبندان	دما، بارش
صدمه بوم شناختی	صدمه به بوم‌ها	سیل، استرس گرمایی، خشکسالی	دما، بارش
انرژی	استفاده از انرژی	استرس گرمایی تابستانی و امواج سرمای زمستانی	دما
توریسم	سواحل	استرس گرمایی و شرجی هوا	دما و رطوبت
	ورزش‌های زمستانه	کمی یا زیادی برف	دما، بارش
بیمه و حفاظت تأسیسات	صدمات مالی	طوفان باد	باد
	صدمه جانی	سیل	باران و برف
	آب	سیل و خشکسالی	بارش

مأخذ: Hanson et al, 2007

۳- منطقه شمال دریای خزر ۴- شرق ایران ۵- منطقه شمال اروپا. مهم‌ترین عامل شکل‌گیری بارش‌های سنگین کرمان حرکت رو به شرق و تقویت فرود شرق مدیترانه در تروپوسفر میانی است و زمانی که با حرکت رو به پایین سامانه تاوه قطبی همراه است بارش‌های سنگینی در سطح ایستگاه‌های استان رخ می‌دهد (رحیمی، ۱۳۸۹: ۶۹). نظری پور (۱۳۹۰) در رساله خود با بررسی تداوم امواج بارشی طی دوره ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۳ نشان دادند که بارش در گستره ایران دارای تداومی بین ۱ تا ۴۵ روزه است. همچنین با انتخاب تداوم‌های ۳ روزه برای تحلیل همید پنج الگوی ناهنجاری فشار تراز دریا و شش الگوی ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با آرایش‌های متفاوت هنگام رخداد تداوم‌های سه روزه بارش ایران دیده می‌شود. در هنگام حاکمیت هر کدام از الگوهای ناهنجاری فشار تراز دریا، بیشینه همگرایی شار رطوبت بر روی ایران در ترازهای پایین وجود داشته است. درگاهیان و علیجانی (۱۳۹۲: ۱) در مطالعه اثر بندال بر رخداد برف‌های سنگین و بادوام ایران نشان دادند که در بین الگوهای مؤثر بر بارش، تنها الگوی بندال امگا تراف سمت راست منجر به بارش برف مداوم و سنگین می‌شود و ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا سبب تقویت سامانه بارشی شده و فراهم بودن سایر شرایط سینوپتیکی لازم، منجر به ریزش برف مداوم و سنگین شده است. خوشحال دستجردی و همکاران (۱۳۹۴) در پیش‌بینی همید- آماری وقوع ریزش باران در زمان کاشت و برداشت گندم دیم در شهرستان گنبد کاووس به این نتیجه رسیدند که با استفاده از تاریخ و مقدار بارش‌های فروریخته شده در دوره‌های گذشته و به کمک قانون احتمالات با دقت بالایی می‌توان زمان وقوع، مقدار بارش‌ها و منشأ و مسیر سامانه‌های بارش‌زا را در ابتدا و انتهای فصل کشت محصول برآورد نمود و بر اساس آن، تقویم زراعی را تنظیم کرد. درگاهیان و همکاران (۱۳۹۳: ۱۵۵) در بررسی الگوهای فشار مرتبط با بندال‌های مؤثر در رخداد بارش‌های مداوم و سنگین در ایران طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۳ نشان دادند که

طول فصل می-یو (فصل گرم) پرداخت و به این نتیجه رسید که صعود توده هوای مرطوب از کوهستان علت بارش‌های سنگین در این منطقه می‌باشد.

(Pfahl, 2014: 1461) نقش الگوی بندالی دو قطبی در شمال اطلس و اروپا را در رخداد بارش سنگین اروپا حائز اهمیت می‌داند. (Rousta et al., 2014: 127) در بررسی اثر سامانه‌های بندالی در بارش‌های شمال غرب ایران دریافتند که در بیش از ۶۵ درصد بارش‌های منطقه شمال غرب ایران سامانه‌های بندالی نقش داشته‌اند که در این بین سامانه‌های بندالی امگا، رکس، کم فشار و پرفشارهای بریده به ترتیب بیشترین نقش را در رخداد بارش‌های فراگیر منطقه دارند. (Wang et al., 2016: 496) که در بررسی همید توفان بارشی ۸ روزه در اکتبر ۲۰۱۰ در جزیره هینان در جنوب چین نقش جریان چرخندی شمال سو ناشی از گسترش کمربند همگرایی حاره‌ای را دلیل اصلی تداوم موج بارشی دانسته‌اند (Akbari et al., 2016: 591). در بررسی نقش سامانه بندالی در رخداد بارش ژانویه ۲۰۰۸ جنوب شرق ایران نشان دادند که در زمان بارش نفوذ کم‌فشار سودانی در سطح زمین و سامانه بندالی در تراز میانی جو با راستای شمالی به جنوب موجب دینامیک شدن کم‌فشار و رخداد بارش سیل‌آسا در منطقه شده است.

در کشورمان نیز مطالعاتی در زمینه بررسی همید امواج بارشی بادوام و سنگین انجام شده است؛ که می‌توان به پژوهش پروین (۱۳۸۹: ۱۱۷) اشاره کرد. ایشان در مطالعه خود به بررسی ارتباط تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخت. ایشان پس از تعیین آستانه سیل، داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای ۴۴ طوفان مولد سیل طی دوره (۱۳۷۰-۱۳۸۴) مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که به هنگام وقوع سیلاب‌های مذکور پنج کانون با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال قابل تشخیص هستند که عبارتند از: ۱- منطقه بین دریای سرخ تا جنوب غربی ایران ۲- منطقه بین دریای مدیترانه و دریای سیاه

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۱۳۹۸)  
واکاوی همیدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۶۹

(۱۳۵) در تحلیل همیدید ترسالی و خشکسالی‌های شدید و فراگیر شرق ایران به این نتیجه رسیدند که در زمان رخداد خشکسالی اندرکنش بین سامانه پرفشار سبیری و پراارتفاع عربستان و نفوذ آن بر روی کشور و هنگام وقوع ترسالی گسترش کم فشار سودانی و مدیترانه‌ای، ناهه شرق مدیترانه به سمت منطقه و شرق سو شدن پراارتفاع عربستان به سمت دریای عرب مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کنند. ذکی زاده و همکاران (۱۳۹۷: ۳۱) نیز استقرار رودباد با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در نیمه جنوبی ایران به همراه تشکیل ناهه سردچالی بر روی خزر را دلیل رخداد بارش‌های سنگین و فراگیر در ایران دانسته‌اند.

هدف از این پژوهش شناخت همیدیدی و ترمودینامیکی علل وقوع بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز غرب و جنوب غرب ایران در دهه اول فروردین ۱۳۹۸ است که نتایج آن به شناسایی سامانه‌های سیل‌آسا و مخرب در این مناطق کمک می‌کند.

#### داده‌ها و روش‌ها

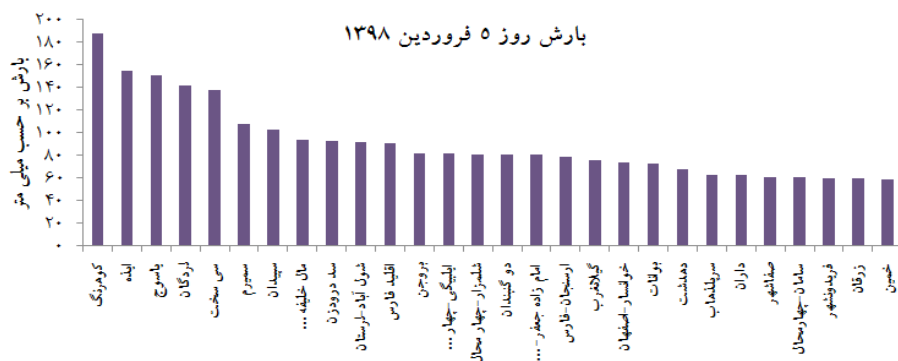
در این مطالعه از دو دسته داده‌های زمینی و جوّ بالا به شرح ذیل استفاده شده است:

(الف) - استفاده از داده‌های بارش روزانه دهه اول فروردین ۱۳۹۸ ایستگاه‌های غرب و جنوب غرب ایران که از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردیده است.

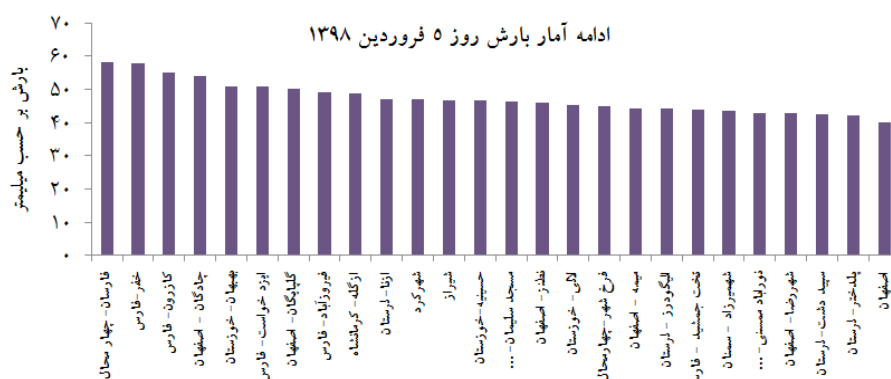
(ب) استفاده از داده‌های سطوح بالا. شامل داده‌های بازکاوی شده مؤلفه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا، باد مداری، باد نصف‌النهار، امگا و رطوبت ویژه که از سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی در کلرادو آمریکا اخذ شده‌اند.

برای انجام تحلیل‌های سینوپتیک از روش محیطی به گردشی استفاده شده است؛ به این نحو که ابتدا روزهای اوج بارش‌های سیل‌آسا شناسایی و سپس ابعاد سینوپتیک آنها در بازه فضایی بین ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی مورد بازکاوی قرار داده شده‌اند. بعد از بررسی داده‌های بارش، روزهای ۵ و ۱۱ فروردین ۱۳۹۸

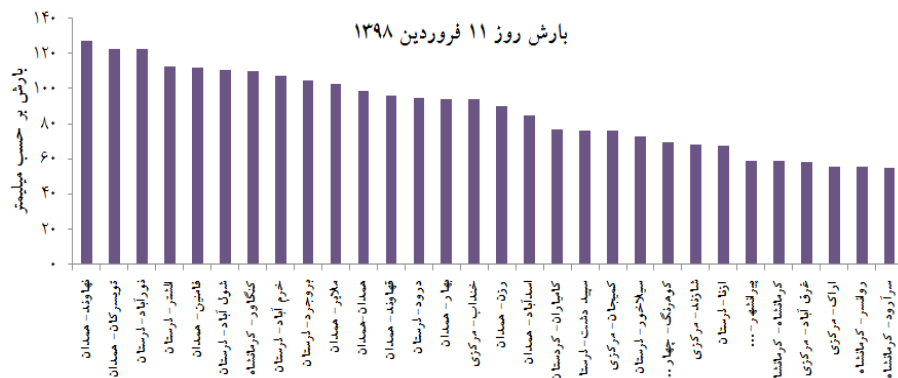
از هفت الگو، چهار الگو بر بارش ایران مؤثر بودند. دو الگوی فشار ناشی از تراف سمت راست و چپ امگا بودند. دو الگوی فشار دیگر مؤثر بر بارش، یعنی الگوی بندال دو قطبی و رکس، به ترتیب از فراوانی رخداد کمتری برخوردار هستند. در مطالعه‌ای تحت عنوان واکاوی همیدید سیلاب آبان ماه ۱۳۹۰ در شهرستان بهبهان و لیکک توسط خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۳: ۵۰۹) نتایج نشان داد که تشکیل و گسترش مراکز کم‌فشار مدیترانه - سودانی به دلیل قرارگیری بین مراکز پرفشار اروپا و پرفشار جنب‌حاره‌ای جنوب شرق عربستان، وجود ناهه عمیق شمال آفریقا از شرق مدیترانه تا شمال سودان و قرارگیری منطقه پژوهش در خروجی رودباد جنب‌حاره‌ای نقش مهمی در تقویت کم‌فشار مدیترانه - سودانی و حرکت شرق سوی آن و در نهایت رخداد سیلاب داشته است. کارساز و مسعودیان (۱۳۹۳: ۱۵) به بررسی و تحلیل همیدید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که فرود منتهی‌الیه شرق دریای مدیترانه با کمی تغییر موقعیت در جنوب غرب ایران و منطقه، کژفشاری شدیدی را ایجاد نموده که در رخداد بارش‌های سنگین این منطقه نقش اساسی دارند. کیانیان و همکاران (۱۳۹۵) در واکاوی ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیک جو نشان دادند که سامانه‌های تأثیرگذار بر دوره‌های خشک الگوی سامانه‌های بندالی، پرفشار جنب حاره‌ای و الگوهای دوره‌های مرطوب عبارتناد: دریای مدیترانه، دریای سرخ. با تشکیل ناهه عمیق بر روی منابع رطوبتی مذکور شرایط برای شروع دوره مرطوب فراهم می‌شود، ولی با استقرار سامانه‌هایی مانند بندال‌ها، ضخامت افزایشی جو، چرخندگی منفی و نزول هوا شرایط خشکی فراهم می‌گردد. محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۵: ۶۷) نقش کم فشار سودانی در تراز دریا و بندال دو قطبی در تراز میانی تروپوسفر را در رخداد بارش‌های سیلابی فروردین ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران حائز اهمیت می‌دانند. حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷):



نگاره ۱: بارش روز اوج ۵ فروردین ۱۳۹۸ منطقه مورد مطالعه



نگاره ۲: ادامه آمار بارش ۵ روز ۵ فروردین ۱۳۹۸



نگاره ۳: بارش روز اوج ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ منطقه مورد مطالعه

و بارش و نقشه فشار تراز سطح دریا که تک ترازه است و همچنین نقشه‌های جت استریم که در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال ترسیم شده است، سایر نقشه‌ها در سطوح فشاری ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ ترسیم گردید.

### یافته‌ها و بحث

در روز ۵ فروردین ۱۳۹۸ روز اوج بارش در جنوب غرب ایران، بخش اعظم ایران بارش‌های بیش از ۲۰ میلیمتر دریافت می کنند که بیشینه آن در ایستگاه‌های

به عنوان روز اوج بارش که بیشترین میزان سیل و خسارت را در مناطق غربی و جنوب غربی ایران بر جای گذاشتند، جهت تحلیل همدیدی انتخاب شد.

در این پژوهش با استفاده از داده‌های اخذ شده، نقشه‌های فشار سطح دریا، ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا، وزش رطوبت، مجموع رطوبت تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال، رودباد، نیمرخ امگا، روان آب و بارش با استفاده از نرم افزار گرادس<sup>۱</sup> ترسیم و تحلیل گردیده‌اند. به جز نقشه‌های روان آب

1- Grads



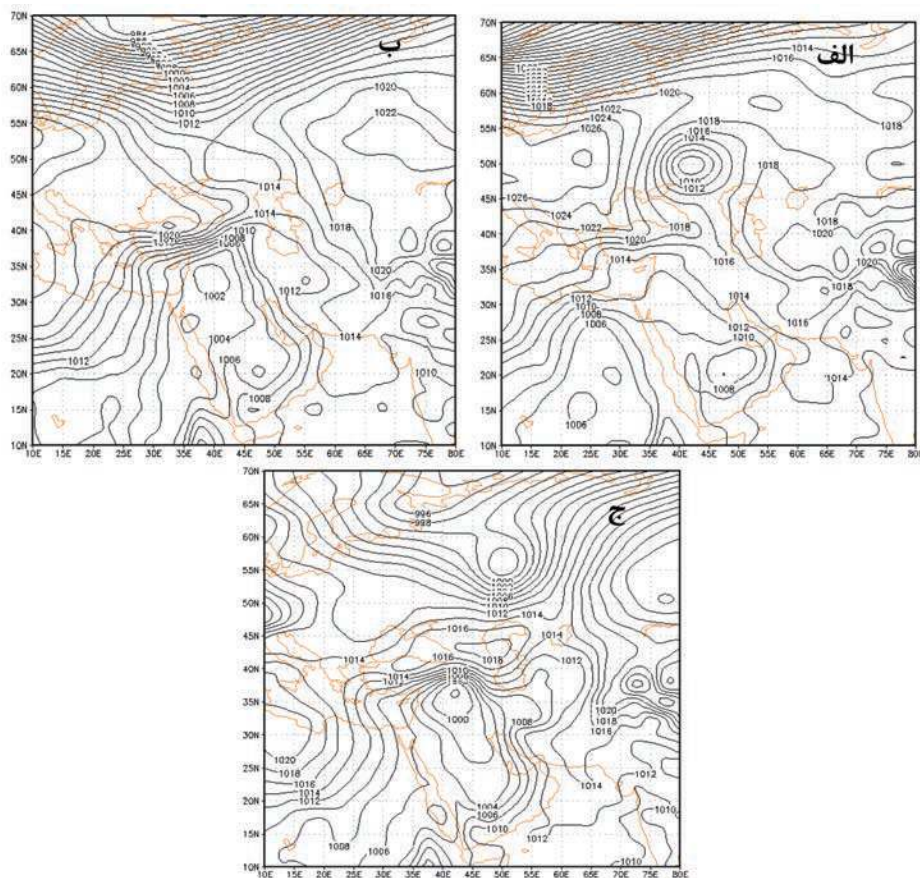
**فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )**  
 واکاوی همیدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۷۱

و اجتماعی گردید. در روزهای ذکرشده بیش از ۴۵ نفر کشته شدند که بیشترین تعداد کشته شدگان و خسارات در شهر شیراز بوده است. در غرب کشور نیز بیشترین آسیب در شهرستان‌های پلدختر و معمولان رخ داد. بارش‌های فوق سنگین و سیلابی همچنین موجب آسیب دیدن ۷۰۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی و خسارت ۶۶۰۰ میلیارد تومان شد. در بخش راهسازی نیز ۱۶۰۰ میلیارد تومان خسارت وارد شد (روزنامه همشهری، ۱۳۹۸)

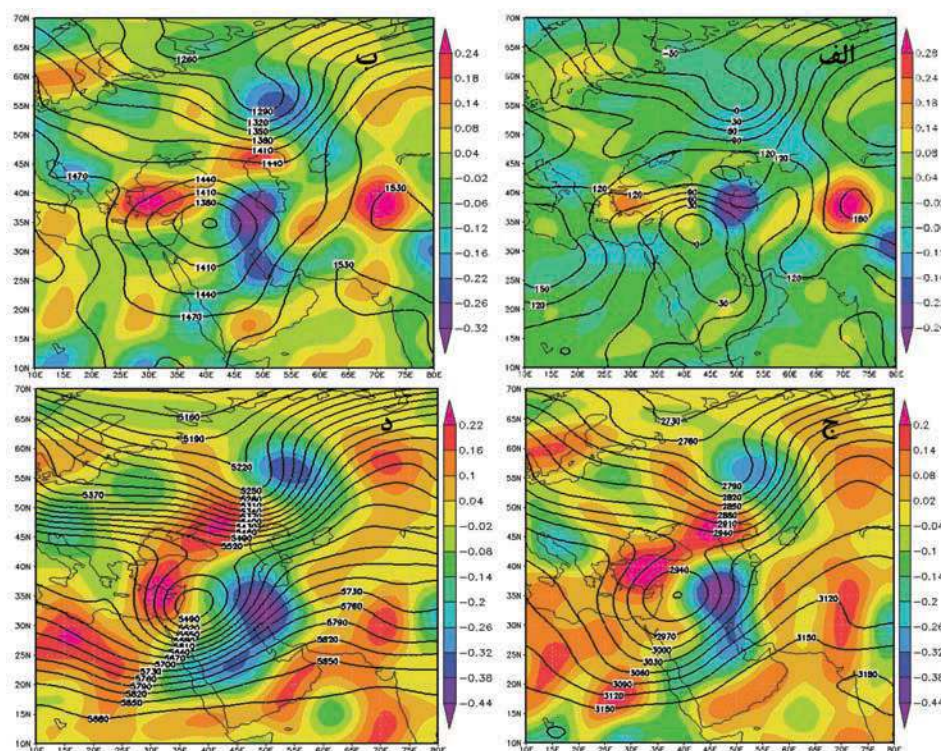
**تحلیل همیدیدی و ترمودینامیکی روز اوج بارش در جنوب غرب ایران ۵ فروردین ۱۳۹۸**

نگاره ۴ نقشه‌های فشار تراز دریا از ۴۸ ساعت قبل از روز اوج بارش در جنوب غرب ایران را تا روز اوج نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در نگاره ۴- الف

کوه‌رنگ با ۱۸۷ میلیمتر، ایذه در خوزستان با ۱۵۵ میلیمتر و یاسوج با ۱۵۱ میلیمتر ثبت شده است. در این روز تنها استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و خراسان جنوبی وضعیتی پایدار و بدون بارش را تجربه کرده‌اند؛ اما در روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ بالاترین میزان بارش‌های دریافتی در ایستگاه‌های واقع در غرب کشور رخ داده است؛ که بیشینه آن در ایستگاه‌های نهاوند و تویسرکان همدان و نورآباد لرستان به ترتیب با ۱۲۶ و ۱۲۲ میلیمتر ثبت شده است. پس از غرب کشور مناطق مرکزی و شمال غربی بیشترین مقادیر بارش را به خود اختصاص داده‌اند. نگاره‌های ۱ تا ۳ بخشی از مقادیر بارش روزهای اوج بارش در غرب و جنوب غرب ایران را نشان می‌دهد. بارش‌های رخ داده در بیش از ۱۶ استان واقع در غرب، جنوب غرب و مرکز کشور موجب خسارت در بخش‌های مختلف کشاورزی، اقتصادی



نگاره ۴: نقشه‌های فشار تراز دریا در روزهای الف: ۳، ب: ۴، ج: ۵ فروردین ۱۳۹۸



نگاره ۵: نقشه‌های ترکیبی  
 امگا (رنگی) و ارتفاع  
 ژئوپتانسیل (خط) در  
 ترازهای الف: ۱۰۰۰،  
 ب: ۸۵۰ ج: ۷۰۰،  
 د: ۵۰۰ هکتوپاسکال در  
 روز ۵ فروردین ۱۳۹۸

چندگانه، سراسر کشور را به جز جنوب شرق فرا گرفته است. با توجه به عبور این کم فشار قدرتمند از روی منابع آبی گرم جنوبی، رطوبت فراوانی را به سمت منطقه مورد مطالعه منتقل می‌کند که در ادامه در بخش نقشه‌های رطوبت تشریح می‌شوند.

نگاره ۵ نقشه‌های ترکیبی امگا بر حسب پاسکال بر ثانیه و ارتفاع ژئوپتانسیل را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۵ فروردین ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. بر اساس نگاره (۵ - الف) ناوه وارونه‌ای منطبق بر کم فشار تراز دریا با پربند مرکزی صفر ژئوپتانسیل متر در شمال عراق جای گرفته است و نیمه غربی ایران در جانب شرقی این ناوه وارونه و جریانات جنوب به شمال آن می‌باشد. منطبق بر این ناوه، میدان امگای منفی سراسر نیمه شمالی و غربی را در بر گرفته است که بیشینه امگای منفی با  $-0.26$  پاسکال بر ثانیه در غرب دریای خزر دیده می‌شود که واگرایی و صعود هوای ناپایدار را بر روی منطقه مورد مطالعه تأیید می‌کند. از طرفی دیگر شکل‌گیری امگای منفی در این تراز پایین آمدن مقطع جریان واگرا و نزدیک به سطح زمین را

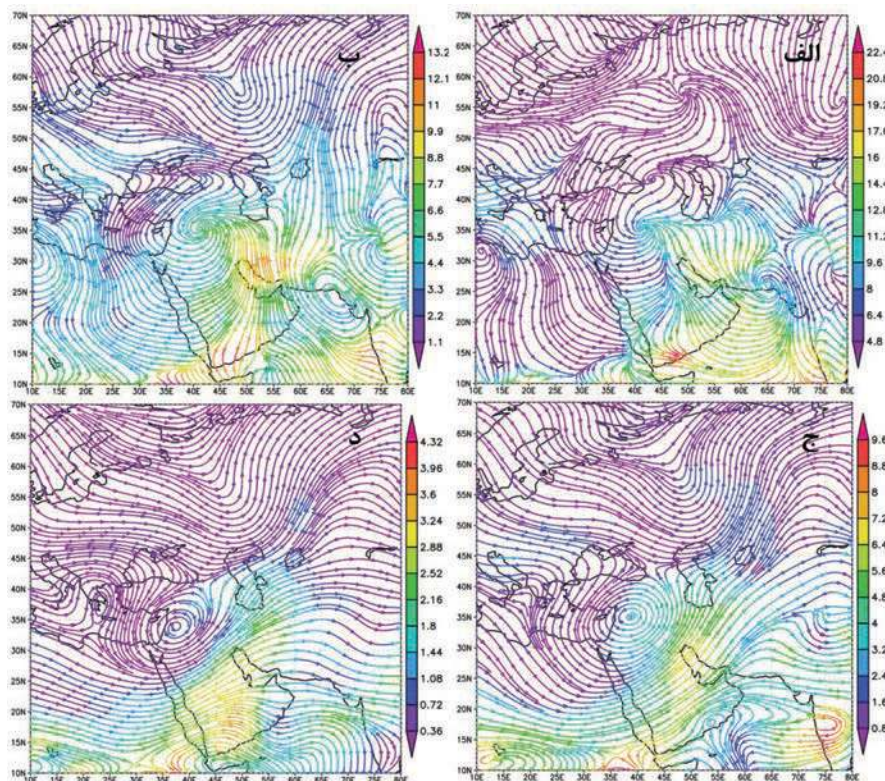
سامانه کم‌فشاری با فشار مرکزی ۱۰۰۶ هکتوپاسکال در غرب کشور سودان و جنوب عربستان واقع شده اند که با راستایی جنوب به شمال بخش اعظم غرب آسیا و نیمه غربی را در بر گرفته‌اند. گسترش این کم‌فشار به سمت عرض‌های فوقانی موج شده که با کم فشار شرق اروپا یکپارچه شده و در مقابل گسترش هوای سرد ناشی از پرفشارهای غرب اروپا و فلات تبت، شیو فشاری شدیدی را بر روی کشور ایجاد کنند. در روز ۴ فروردین (نگاره ۴ - ب) یک روز قبل از اوج بارش، سامانه کم فشار سودان و عربستان به سمت عرض‌های بالاتر حرکت کرده و ضمن کاهش فشار مرکزی آن به ۱۰۰۲ هکتوپاسکال در روی عراق، با عقب نشینی پرفشار تبت، کم فشار واقع در شرق اروپا در این روز تا مناطق مرکزی کشور نفوذ کرده و بیشتر ایران را در بر گرفته‌اند. در روز اوج بارش ۵ فروردین ۱۳۹۸ (نگاره ۴ - ج) سامانه‌های کم فشار با کاهش فشار مرکزی به ۹۹۸ هکتوپاسکال در شمال عراق به قوی ترین حالت خود رسیده اند به نحوی که با فشردگی شدید منحنی‌های فشار ناشی از تقابل با پرفشارهای سرد و یکی شدن مراکز فشار



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )  
 واکاوی همیدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۷۳

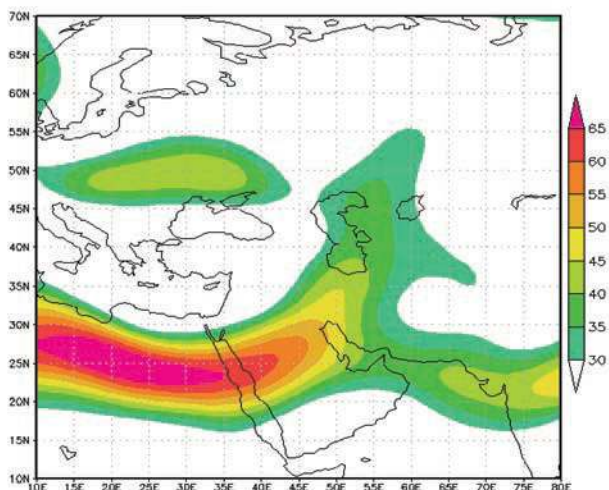
نگاره ۶ نقشه‌های وزش رطوبتی ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز ۵ فروردین ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. با توجه به نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (نگاره ۶- الف) گردش و اچرخندی عربستان مستقر بر روی دریای عرب و عمان همسو با گردش چرخندی در نیمه غربی ایران جریان رطوبت را به میزان ۱۴ تا ۱۶ گرم بر کیلوگرم با جهتی جنوب شرقی به شمال غربی به سمت کشور و نیمه غرب جنوب غرب کشور فرارفت کرده است. در این تراز منابع اصلی تأمین کننده رطوبت، دریای عرب، جنوب دریای سرخ و خلیج فارس می باشند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (نگاره ۶- ب) با عمیق شدن و نفوذ بیشتر گردش چرخندی تا نیمه شرقی عربستان، جهت وزش جنوبی به شمالی شده و نقش دریای سرخ در تأمین رطوبت بارش افزایش محسوسی داشته است؛ اما در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مرکز گردش و اچرخندی عربستان از شمال دریای عمان به جنوب عربستان حرکت کرده است. مرکز گردش چرخندی نیز غرب سو شده و در روی سوریه مستقر شده است که

نشان می‌دهد که حاکی از قوی بودن سامانه حاکم بر روی کشور در ایجاد بارش‌های مخاطره‌آمیز می باشد. در نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (نگاره ۵ - ب) کم ارتفاع با مرکز بسته ۱۳۵۰ ژئوپتانسیل متر در همان موقعیت شمال عراق دیده می‌شود که با ناوه عمیق نفوذ یافته از سمت قطب شمال ادغام شده که موجب تقویت هر چه بیشتر جریانات ناپایدار بر روی کشور و منطقه شده است. میدان امگای منفی ضمن گسترده‌تر شدن و ضمن غرب سو شدن به سمت عرض‌های پایین‌تر و تا مناطق غربی کشور جا به جا شده است. از تراز ۸۵۰ به ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (نگاره ۵ - ج - د) با عمیق تر شدن و فشردگی پربندهای ارتفاعی ناوه واقع در غرب آسیا، میزان امگای منفی نیز بیشتر و بیشینه آن به ۰/۴۴- پاسکال بر ثانیه در جنوب غرب ایران رسیده است. این سامانه در واقع یک سردچال بریده می باشد که همسو با ناوه واقع بر روی روسیه موجب واگرایی و صعود هوای ناپایدار از مناطق گرم و مرطوب جنوبی بر روی کشور شده است.



نگاره ۶: نقشه‌های وزش رطوبت  
 در ترازهای الف: ۱۰۰۰،  
 ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰  
 هکتوپاسکال در روز ۵ فروردین  
 ۱۳۹۸

بر اساس نگاره ۸ نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال روز ۵ فروردین همانطور که دیده می‌شود، رودباد جنب حاره با انحنایی منطبق بر ناوه و پشته نقشه‌های ارتفاعی پس از عبور از اقیانوس اطلس و شمال آفریقا بر روی کشور قرار گرفته است. نیمه شرقی رودباد و سمت چپ خروجی رودباد دقیقاً همسو با نیمه شرقی ناوه با راستایی جنوب غربی به شمال شرقی، نیمه غربی و شمالی کشور را در بر گرفته است. قرارگیری این بخش از رودباد قدرتمند جنب حاره بر روی شرق و جلوی ناوه موجب تخلیه و واگرایی شدید جریان هوای مرطوب فرارفت شده از منابع آبی جنوبی و رخداد بارش‌های شدید و فراگیر بر روی ایران به ویژه جنوب غرب شده است.

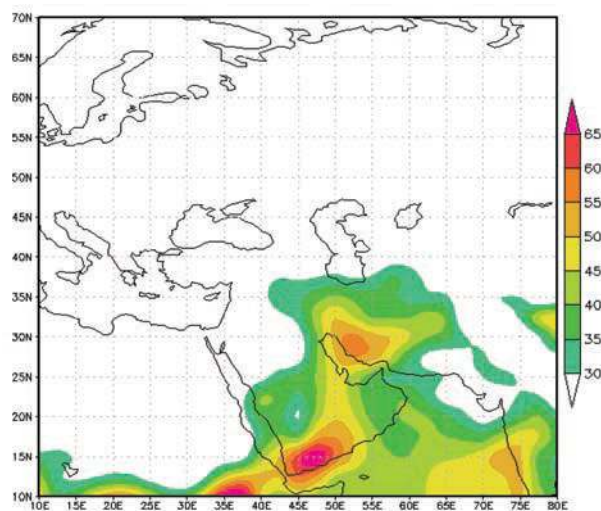


نگاره ۸: نقشه رودباد در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال روز ۵

فروردین ۱۳۹۸

نگاره ۹ نیز نقشه‌های روان آب بر حسب کیلوگرم بر مترمربع و بارش بر حسب میلیمتر بر روز را در روز ۵ فروردین ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. با توجه به نگاره ۹ - الف بیشترین میزان روان آب در شمال غرب و غرب ایران به ترتیب با ۶/۵ و ۶ کیلوگرم بر متر مربع دیده می‌شود. راستای گسترش این روان آب منطبق بر رشته کوه‌های زاگرس از شمال غرب تا نواحی جنوب استان فارس کشیده شده است؛ که همسو با آن بیشترین حجم بارش دریافتی نیز در منطقه جنوب غرب ایران ثبت شده است. بر اساس نگاره

با تغییر جهت وزش رطوبت نیز همراه شده و به جنوب غربی به شمال غربی تغییر یافته است. با این تغییر جهت وزش رطوبت، نقش دریای عرب و عمان در تأمین رطوبت کاهش شدیدی یافته و نقش دریای سرخ و منبع فرامنطقه‌ای یعنی مناطق مرکزی اقیانوس اطلس افزایش داشته است. این وضعیت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (نگاره ۶-د) تشدید شده است و با عمیق و غرب سو تر شدن میدان گردش چرخندی، نواحی مرکزی و شمالی دریای سرخ نیز در تأمین رطوبت بارش‌های این روز نقش ایفا کرده است. با توجه به نگاره ۷ نقشه مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال ملاحظه می‌گردد که تجمع بیشینه رطوبت در جنوب عربستان و شرق آفریقا دیده می‌شود. این تجمع بیشینه رطوبت را می‌توان ناشی از همگرایی جریان و اچرخندی بر روی دریای عرب در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال و جریان چرخندی شرق مدیترانه در این منطقه دانست که موجب انباشت رطوبت شده و توسط جریان چرخندی از نیمه شرقی ناوه به سمت عرض‌های بالاتر و منطقه مورد مطالعه فرارفت گردیده است. بالاترین میزان رطوبت بر روی کشور به ۵۵ گرم بر کیلوگرم بر روی استان فارس رسیده است.

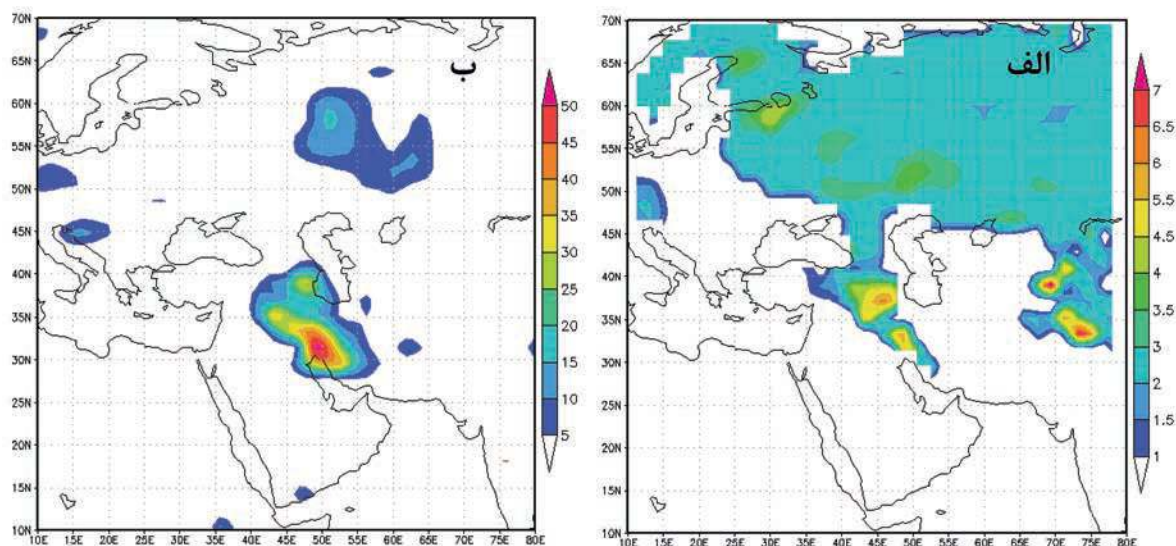


نگاره ۷: نقشه مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰

هکتوپاسکال روز ۵ فروردین ۱۳۹۸



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )  
 واکاوی همیدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۷۵



نگاره ۹: نقشه‌های الف: روان آب بر حسب کیلوگرم بر مترمربع و ب: بارش بر حسب میلیمتر بر روز در روز ۵ فروردین ۱۳۹۸

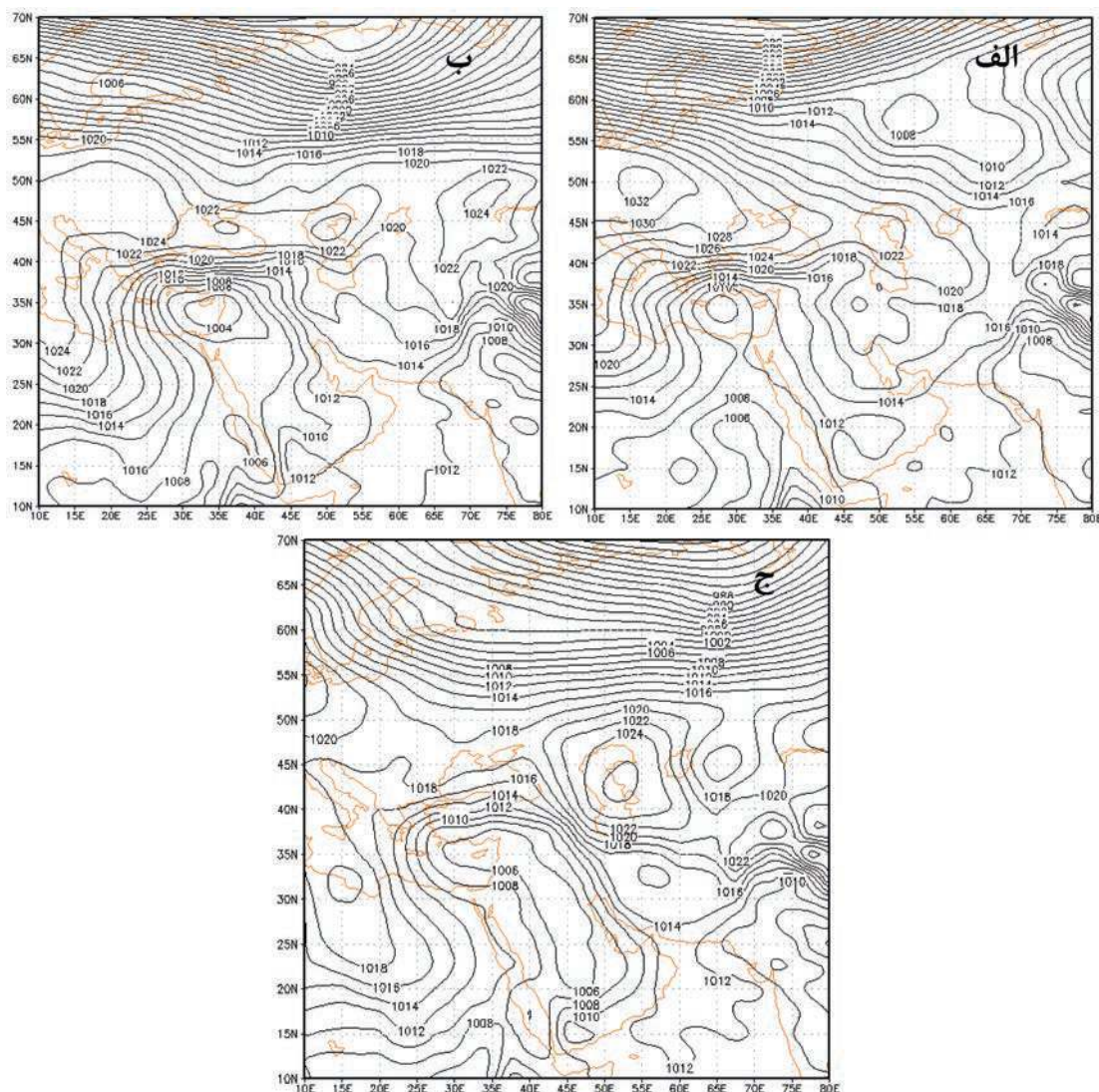
۹- ب می‌توان گفت بر روی نیمکره شمالی بیشترین بارش دریافتی کشور ایران و مناطق جنوب غربی به میزان میانگین ۵۰ میلیمتر بر روز می‌باشد. شکل‌گیری بیشینه روان آب و بارش بر روی ایران، نقش ارتفاعات زاگرس و البرز را در تقویت سیکلون‌های عبوری نشان می‌دهد؛ که هنگام قرارگیری گردش‌های چرخندی بر روی این ارتفاعات، جریانات واگرایی آن شدیداً قوی شده و با رخداد بارش‌های فوق سنگین و فاجعه بار همراه می‌گردد.

پرفشار سرد جنوب اروپا از سمت دریای خزر نفوذ و تا مناطق مرکزی عربستان گسترش یافته است که مانع از ورود سامانه کم فشار ادغامی مدیترانه‌ای-سودانی به درون کشور و منطقه شده است. در روز ۱۰ فروردین یعنی ۱ روز قبل از اوج بارش‌های مخاطره‌آمیز در غرب کشور، مرکز کم فشار مدیترانه‌ای-سودانی فشار مرکزی آن کاهش و به ۱۰۰۴ هکتوپاسکال رسیده است. همچنین با حرکت شرق سوی خود مرکز کم فشار تا غرب سوریه پیشروی کرده است. بر روی کشور نیز با عقب نشینی زبان‌های پرفشار سرد اروپا و سیبری، زبان‌های کم فشار ذکر شده بیشتر کشور را فرا گرفته است. در این روز نیمه غربی کشور مابین زبان‌های پرفشار سرد اروپایی و کم فشار گرم ادغامی قرار گرفته که با شکل‌گیری شرایط جبهه‌زایی و تقویت جریانات ناپایدار، بارش‌های فراگیر بخش اعظم منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است؛ اما در روز اوج بارش‌ها در نیمه غربی کشور، مراکز چندگانه کم‌فشار، به صورت یک مرکز گسترده با فشار مرکزی ۱۰۰۶ هکتوپاسکال سراسر غرب آسیا و منطقه را فرا گرفته است. در مقابل نفوذ پرفشار سرد واقع بر روی دریای خزر تا جنوب ایران، مرز باریکی از دو نوع جریان هوایی با شرایط مختلف دما، فشار و جهت باد را با کم‌فشار

۹- ب می‌توان گفت بر روی نیمکره شمالی بیشترین بارش دریافتی کشور ایران و مناطق جنوب غربی به میزان میانگین ۵۰ میلیمتر بر روز می‌باشد. شکل‌گیری بیشینه روان آب و بارش بر روی ایران، نقش ارتفاعات زاگرس و البرز را در تقویت سیکلون‌های عبوری نشان می‌دهد؛ که هنگام قرارگیری گردش‌های چرخندی بر روی این ارتفاعات، جریانات واگرایی آن شدیداً قوی شده و با رخداد بارش‌های فوق سنگین و فاجعه بار همراه می‌گردد.

### تحلیل همیدیدی و ترمودینامیکی روز اوج بارش در غرب ایران ۱۱ فروردین ۱۳۹۸

نگاره ۱۰ نقشه‌های فشار تراز دریای روز ۹ فروردین ۴۸ ساعت قبل از بارش تا روز ۱۱ فروردین روز اوج بارش‌های فوق سنگین و فراگیر در بخش اعظم کشور به‌ویژه نیمه غربی را نشان می‌دهد. بر اساس نگاره ۱۰ - الف در روز ۹ فروردین کم‌فشار مدیترانه‌ای با مرکز فشاری ۱۰۰۸ هکتوپاسکال در شرق دریای مدیترانه مستقر شده است. این کم فشار قوی با سامانه کم فشار واقع بر روی کشور سودان یکپارچه شده و بخش عظیمی از منطقه غرب آسیا و شمال آفریقا را در بر گرفته‌اند. در این روز بر روی کشور زبان‌های



نگاره ۱۰: نقشه‌های فشار تراز دریا در روزهای الف: ۹، ب: ۱۰، ج: ۱۱ فروردین ۱۳۹۸

همان موقعیت کم فشار ادغامی تراز دریا بر روی عربستان و عراق شکل گرفته است که هوای گرم و مرطوب را با گردش پادساعتگرد با عبور از منابع آبی جنوبی بر روی کشور فرارفت می‌کند. منطقه مورد مطالعه در این روز مابین میدان‌های منفی و مثبت امگا در نیمه شمالی و غربی کشور منطبق بر سامانه‌های ارتفاعی قرار گرفته است. در نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (نگاره ۱۱-ب) سردچال بریده عظیمی با مرکز بسته ۱۴۱۰ ژئوپتانسیل متر در شرق مدیترانه و منطبق بر کم فشار تراز دریا قرار گرفته است. همسو و منطبق با نیمه شرقی ناوه، امگای منفی با مسیری جنوب غربی به

گرم ادغامی مدیترانه‌ای - سودانی در نیمه غربی کشور ایجاد کرده است. تداخل هوای سرد فرارفت شده توسط پرفشار خزر با هوای گرم و مرطوب کم فشار ادغامی موجب شیو شدید فشار و دما و در نتیجه رخداد بارش‌های سیل‌آسا و فراگیر در منطقه شمال غرب تا جنوب غرب کشور شده است.

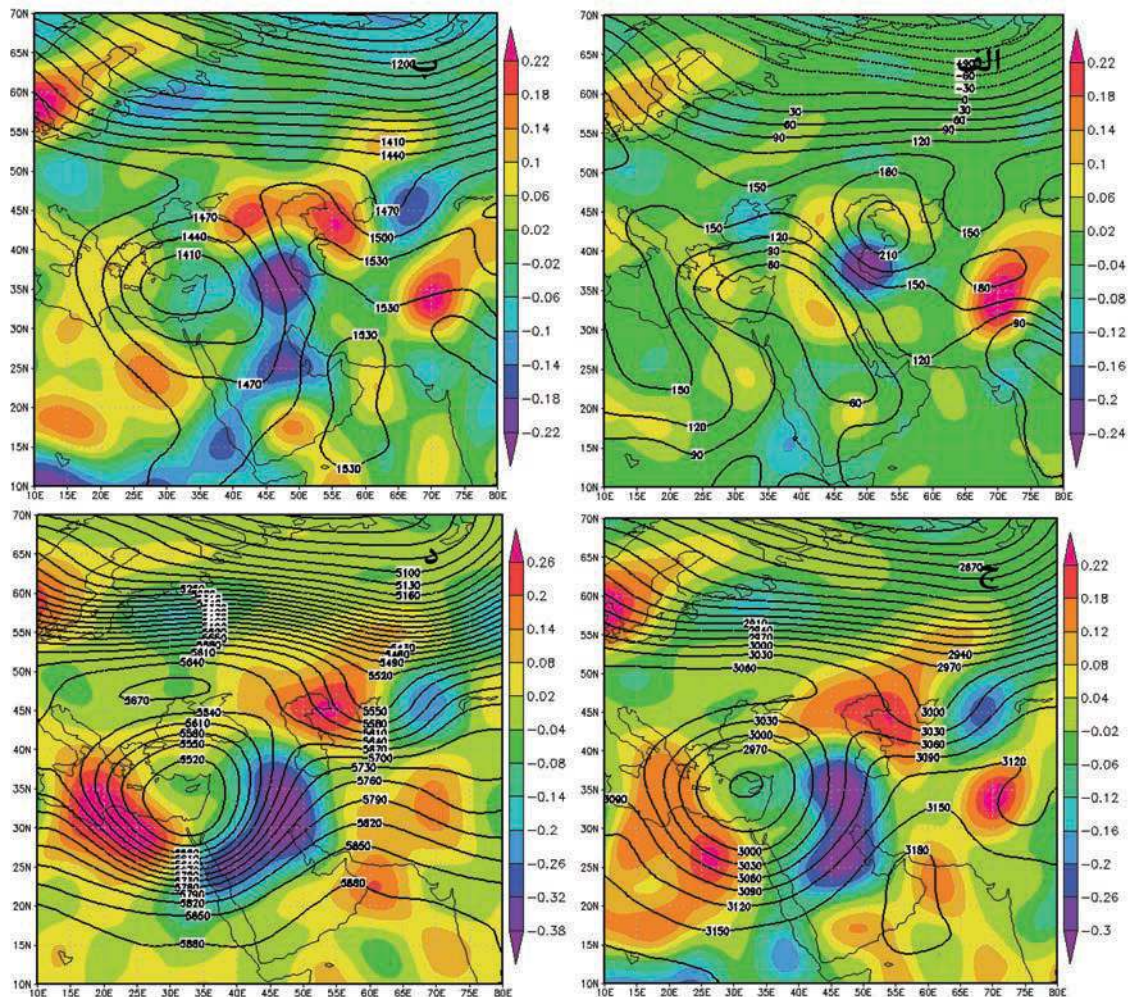
نگاره ۱۱ شرایط ارتفاع ژئوپتانسیل را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز اوج بارش ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ نیمه غربی ایران نشان می‌دهد. همان‌طور که نگاره ۱۱-الف نشان می‌دهد. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، ناوه وارونه‌ای در



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ساز)  
 واکاوی همدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۷۷

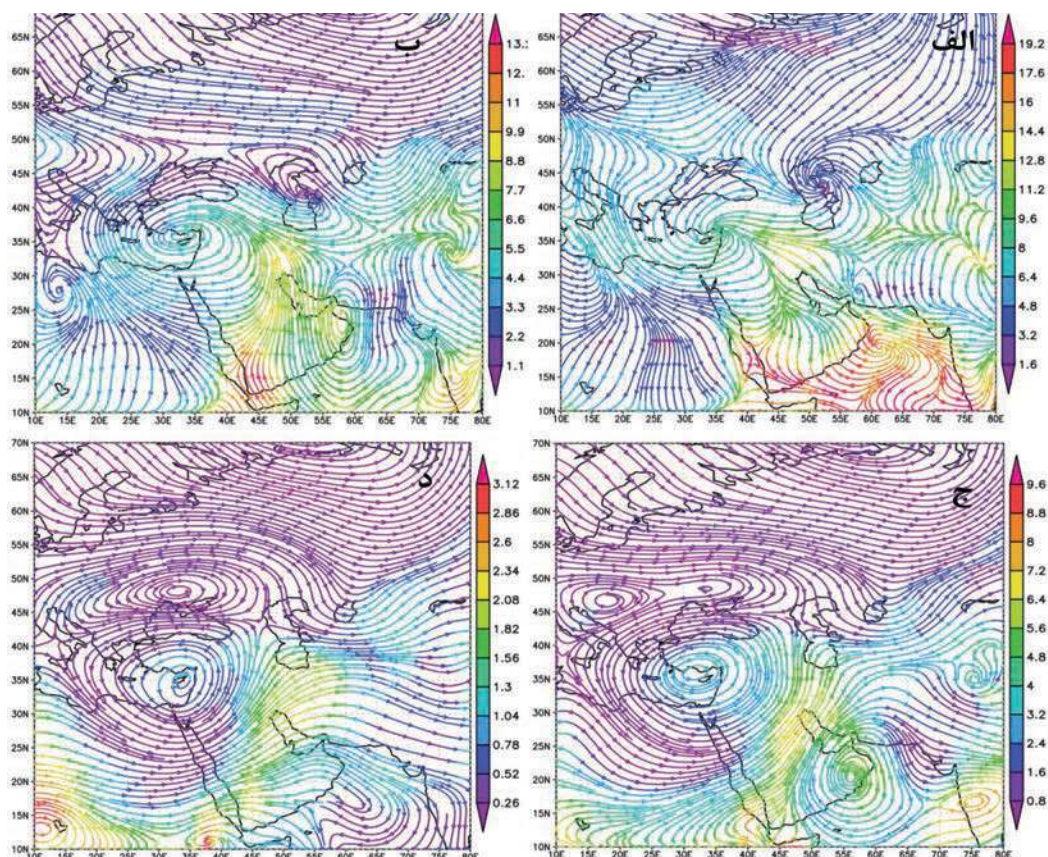
درون ناوه و تقویت شیو فشار بر روی کشور می شود. با تقویت شیو فشار، فشردگی پربندهای ارتفاعی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (نگاره ۱۱-ج) و عمیق‌تر شدن ناوه حاصل از سردچال بریده قدرتمند، میدان امگای منفی ضمن گسترده‌تر شدن بر روی نیمه غربی کشور میزان بیشینه آن به ۰/۳- پاسکال بر ثانیه رسیده است. پراارتفاع عربستان نیز با عمیق‌تر شدن و تغییر حالت به جنوب غربی به شمال شرقی در بهترین موقعیت خود قرارگرفته است و با افزایش شدت همگرایی از روی دریای عرب شرایط را برای رخداد سامانه

شمال شرقی از شرق آفریقا و با عبور از عربستان و خلیج فارس تا شمال غربی ایران گسترش یافته که بیشینه امگای منفی بر روی کشور به ۰/۲۲- پاسکال بر ثانیه رسیده که دقیقاً منطبق بر جلوی ناوه بوده و واگرایی و صعود شدید جریان هوای گرم و مرطوب را بر روی منطقه غرب کشور تأیید می‌کند. پراارتفاع عربستان نیز با مرکز ارتفاعی ۱۵۳۰ ژئوپتانسیل متر در غرب دریای عرب واقع شده که با میزان امگای مثبت ۰/۱۴ پاسکال بر ثانیه موجب همگرایی شرقی به غربی هوای گرم و مرطوب دریای عرب و عمان به



نگاره ۱۱: نقشه‌های ترکیبی امگا (رنگی) و ارتفاع ژئوپتانسیل (خط) در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸





نگاره ۱۲: نقشه‌های  
 وزش رطوبتی در  
 ترازهای  
 الف: ۱۰۰۰،  
 ب: ۸۵۰،  
 ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰  
 هکتوپاسکال در  
 روز ۱۱ فروردین  
 ۱۳۹۸

دریای عرب دیده می شود که توسط گردش و اچرخندی با سمتی جنوب شرقی به شمال غربی با عبور از خلیج فارس رطوبت را به میزان بیش از ۱۴ گرم بر کیلوگرم به سمت نیمه غربی کشور فرارفت کرده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (نگاره ۱۲-ب) گردی چرخندی شرق دریای مدیترانه شرق سو شده و تا جنوب شرق عربستان گسترش یافته است که همراه با گردش و اچرخندی عربستان رطوبت را با تغییر راستا به جنوبی - شمالی به میزان ۹ گرم بر کیلوگرم به سمت عرض‌های فوقانی فرارفت کرده اند. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (نگاره ۱۲-ج) گردش چرخندی شرق مدیترانه به جنوب غربی، به شمال شرقی تغییر راستا داده است که موجب تغییر وزش رطوبت و نوع منبع اصلی تأمین کننده رطوبت از دریای عرب به دریای سرخ شده است. علاوه بر منابع آبی عرب، سرخ و خلیج فارس، رطوبت مناطق مرکزی اقیانوس اطلس نیز توسط جریان گردش جو با عبور از شمال آفریقا به درون ناوه شرق

بارشی سیل آسا مهیاتر کرده است. نکته جالب توجه اینکه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (نگاره ۱۱-د) سامانه سردچال بریده در ترازهای زیرین، در این تراز به یک سامانه بندال دو قطبی عظیمی در غرب آسیا تغییر شکل داده است. همزمان با این تغییر نوع سامانه، با تعمیق ناوه و شدت امگای منفی به ۰/۳۸- پاسکال بر ثانیه مواجه شده ایم. در این تراز بیشینه امگای منفی جنوب سوتر شده و کاملاً بر روی غرب کشور در منطقه اوج بارش و خسارات ناشی از سیل قرار گرفته است که واگرایی شدید جریان هوای ناپایدار و رخداد بارش فوق سنگین و فراگیر را موجب شده است.

نگاره ۱۲ نقشه‌های وزش رطوبتی ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال را در روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ نشان می دهد. با توجه به نگاره ۱۲ - الف نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال گردش و اچرخندی واقع بر روی مرکز دریای عرب نقش اصلی را در فرارفت رطوبت به سمت نیمه غربی کشور ایفا می کند. بیشینه رطوبت با ۱۹ گرم بر کیلوگرم بر روی

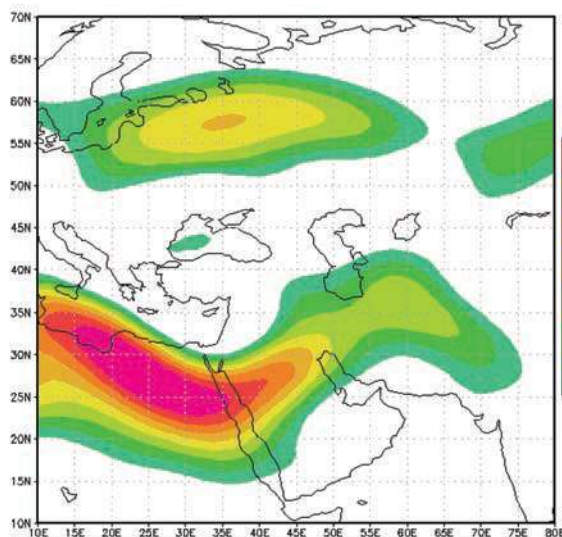
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( SID )  
واکاوی همدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۷۹

انباشت هسته رطوبت بیش از ۶۰ گرم بر کیلوگرم در جنوب عربستان ناشی از جریانات همگرایی گردش و اچرخندی عربستان بر روی دریای عرب و اقیانوس اطلس است که به ترتیب با سمتی شرقی و غربی موجب همگرایی شدن رطوبت و تجمع آن در این منطقه و از آنجا فرارفت توسط گردش چرخندی از نیمه شرقی ناوه به سمت کشور و منطقه غربی گردیده است.

الگوی جریان گردشی در این سامانه بارشی شباهت زیادی به بارش روز ۵ فروردین ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. به طوری که در نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال (نگاره ۱۴) نیز رودباد از نوع جنب حاره و انحنایی پشته - ناوه منطبق بر نقشه‌های ارتفاعی دارد.

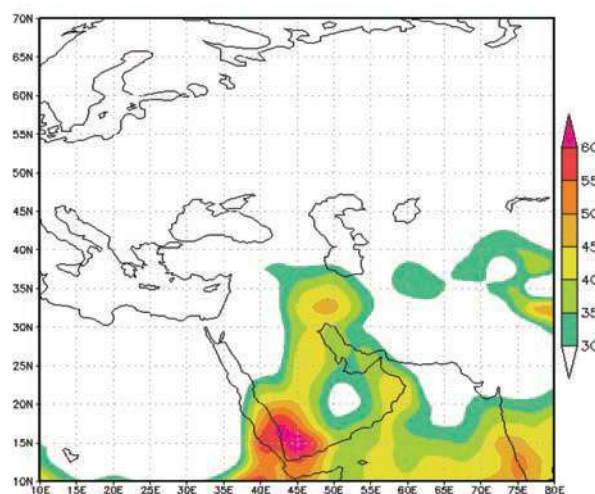
همان‌طور که دیده می‌شود بخش سمت چپ خروجی رودباد کاملاً منطبق بر نیمه شرقی ناوه، مسیر بیشینه رطوبت و امگای منفی می‌باشد.

قرارگیری این رودباد جنب حاره قدرتمند بر روی منابع آبی جنوبی موجب تخلیه و واگرایی شدید رطوبت فراوان بر روی جو استان‌های غرب و جنوب غربی کشور و رخداد بارش‌های شدید و فراگیر شده است.



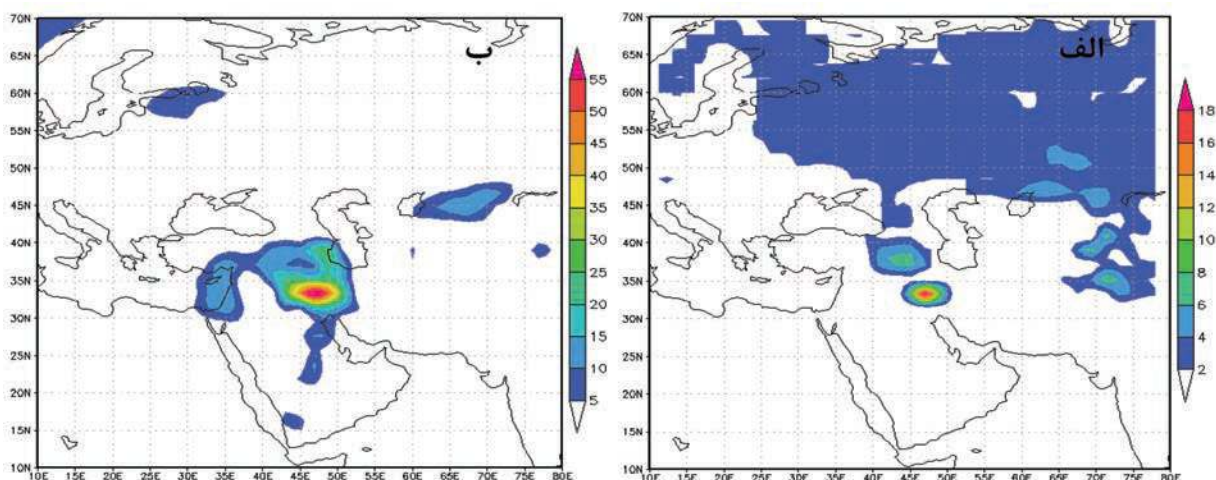
نگاره ۱۴: نقشه رودباد در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸

مدیترانه و از آنجا به سمت منطقه فرارفت گردیده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (نگاره ۱۲-د) با گسترده‌تر شدن گردش چرخندی تا شمال خلیج فارس و جنوب سو شدن گردش و اچرخندی عربستان، نقش دریای سرخ، اقیانوس اطلس و تا حدودی مدیترانه در تأمین رطوبت بارش این روز افزایش محسوسی یافته است. در اینجاست که نقش پراارتفاع عربستان از جانب جنوب روشن می‌شود. پراارتفاع عربستان از یک سو رطوبت را از دریا‌های عمان، عرب، خلیج عدن و سرخ گرفته و بخار آب مورد نیاز بارش سنگین را فراهم می‌کند و از سوی دیگر با تزریق رطوبت و گرما به درون کم فشار هسته سرد موجب فعال سازی و دینامیکی کردن چرخندهای نفوذی بر روی خاورمیانه می‌شود که به تبع آن بر شدت صعود و واگرایی جریان هوا اثر گذار است. بر اساس نگاره ۱۳ نقشه مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸، مانند سامانه بارش قبلی بیشینه رطوبت با بیشینه بارش و سیلاب منطبق است. به نحوی که هسته رطوبت با بیش از ۵۰ گرم بر کیلوگرم بر روی جو شمال خوزستان و استان لرستان از سمت جنوب عربستان و دریای سرخ با راستایی جنوب غربی به شمال شرقی فرارفت شده است.



نگاره ۱۳: نقشه مجموع رطوبت از تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸

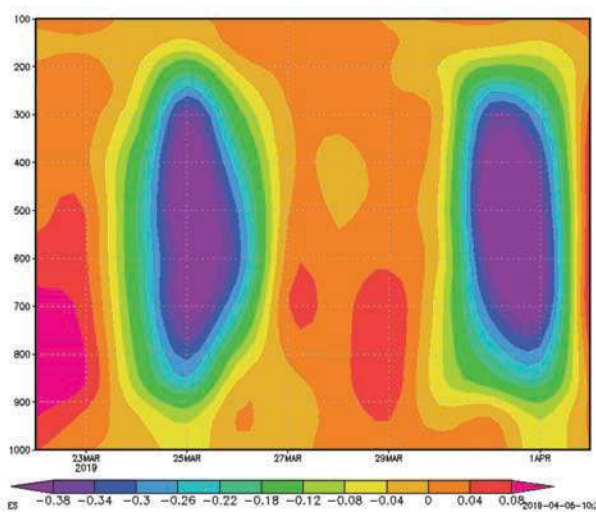




نگاره ۱۵: نقشه‌های الف: روان آب بر حسب کیلوگرم در متر مربع و ب: بارش بر حسب میلیمتر بر روز در روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸

برای رخداد اینگونه بارش‌های مخاطره‌آمیز مهم می‌باشد. جریان همگرا (امگای مثبت) در کنار این امگای منفی در ایجاد و تقویت واگرایی و صعود بسته هوای ناپایدار ضروری می‌باشد. پایین بودن سطح مقطع بیشینه امگای منفی از تراز ۸۰۰ هکتوپاسکال (۱۲۰۰ متری) و امتداد آن تا تراز ۲۰۰ هکتوپاسکالی (۱۱۵۰۰ متری) نشان از سامانه جوی بسیار قوی در ایجاد بارش‌های شدید و فراگیر دهه اول فروردین ۱۳۹۸ ایران می‌باشد.

نگاره ۱۵ نقشه‌های روان آب و بارش را در روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ اوج بارش در غرب ایران نشان می‌دهد. طبق نگاره ۱۵ - الف بیشینه روان آب با ۱۸ کیلوگرم بر مترمربع در غرب ایران دقیقاً منطبق بر بیشینه بارش است. این نشان از هم‌زمانی بارش فوق سنگین و رخداد سیل در این منطقه از کشور می‌باشد. نکته جالب توجه این که در سراسر نیمکره شمالی بیشترین میزان بارش و روان آب در غرب ایران رخ داده است که نقش شرایط مناسب گردش جوی و توپوگرافی این منطقه در افزایش شدت و مدت بارش را در این زمان از سال را نشان می‌دهد. بر اساس نگاره ۱۵ مسیر و مناطق بیشینه بارش و روان آب با موقعیت جلوی ناوه و مسیر بیشینه رطوبت بر روی غرب کشور کاملاً همخوانی نشان می‌دهد که با تقویت جریانات واگرا و صعودی موجب رخداد بارش‌های فراگیر در بیشتر استان‌های کشور گردیده است.

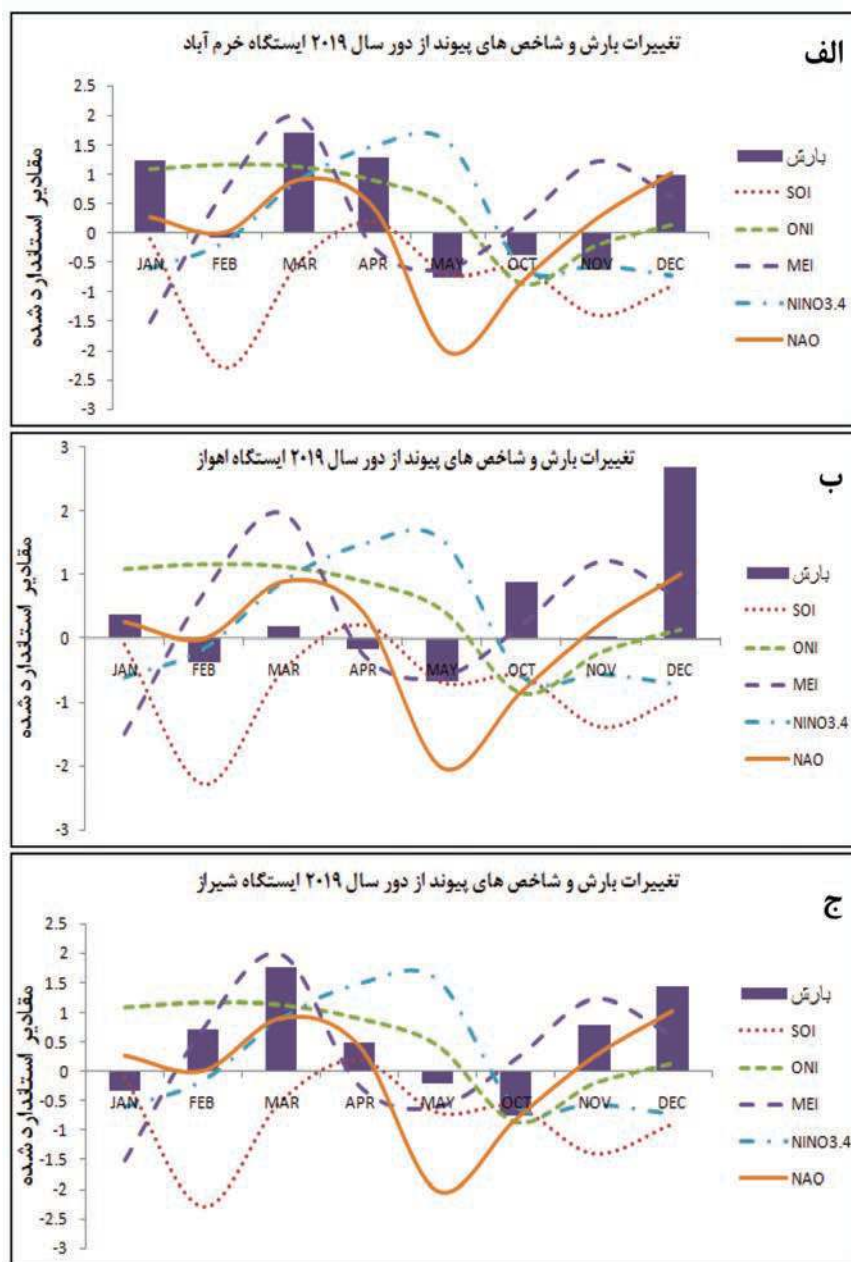


نگاره ۱۶: نقشه نیمرخ امگا تراز ۱۰۰۰ تا ۱۰۰ هکتوپاسکال روزهای ۳ تا ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ در غرب ایران

نگاره ۱۶ نقشه نیمرخ امگا را برای ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای ۳ تا ۱۲ فروردین نشان می‌دهد. بر اساس نگاره مشاهده می‌شود در روزهای اوج بارش در ۵ و ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ از تراز ۸۰۰ تا حدوداً ۲۰۰ هکتوپاسکال امگای منفی با شدت  $-0.38$  پاسکال بر ثانیه شکل گرفته است که منطبق بر جو مناطق اوج بارش و سیلاب می‌باشد. همان‌طور که جریانات واگرا (امگای منفی)



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)  
 واکاوی هم‌دید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۸۱



نگاره ۱۷: نمودارهای تغییرات بارش و شاخص‌های پیوند از دور ماهانه برای ایستگاه‌های الف: خرم‌آباد، ب: اهواز، ج: شیراز

باشد. این ارتباط در ماه‌هایی که میزان بارش بیشتر از حد نرمال رخ داده است، قوی‌تر می‌باشد. به ویژه برای ماه مارس و آوریل که با رخداد بارش‌های سیل‌آسا در مناطق مختلف کشور مواجه بوده‌ایم. بیشترین همسویی در بین شاخص‌های مورد بررسی با بارش در شاخص چند متغیره انسو (MEI) مشاهده می‌شود. نکته جالب توجه اینکه طی ماه‌هایی که با افزایش بارش رو به رو شده‌ایم، شاخص

وضعیت شاخص‌های پیوند از دور سال ۲۰۱۹  
 نگاره ۱۷ مقادیر استاندارد شده شاخص‌های پیوند از دور ماه‌های دارای بارش سال ۲۰۱۹ و مجموع بارش ایستگاه‌های منتخب خرم‌آباد، اهواز و شیراز را نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود مقادیر افزایش و کاهش بارش‌ها در غرب و جنوب غرب کشور منطبق با مقادیر شاخص‌های منتخب انسو و نوسان اطللس شمالی می

بندال بر روی غرب و جنوب غرب کشور موجب ایجاد میدان‌های امگای منفی شدید، گسترده و واگرایی هوای گرم و مرطوب جنوبی بر روی کشور و منطقه شده است. تحلیل نقشه رودباد در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال نشان داد که رودباد در بهترین حالت و منطبق بر شرق و جلوی ناوه، نیمه چپ خروجی‌اش بر روی کشور و نیمه غربی مستقر شده که تخلیه شدید هوای گرم و مرطوب و در نتیجه تقویت جریانات ناپایدار را به همراه داشته است. تحلیل نقشه‌های وزش رطوبتی نشان داد که در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال منابع آبی عرب و خلیج فارس و در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دریای سرخ، خلیج فارس و منبع فرامنطقه‌ای اقیانوس اطلس بیشترین نقش را در تأمین رطوبت بارش‌های شدید بر عهده داشته‌اند. در ترازهای زیرین جو گردش و اچرخندی عربستان به صورت مستقیم رطوبت را به صورت ساعتگرد از دریای عرب به سمت منطقه فرارفت کرده است. به صورت غیر مستقیم نیز با ایجاد جریان‌های شرقی به غربی از روی دریای عرب هوای گرم و مرطوب را به درون ناوه تزریق و توسط گردش چرخندی شرق مدیترانه به سمت کشور فرارفت می‌کند؛ اما در ترازهای میانی و فوقانی جو با جنوب سو شدن گردش و اچرخندی عربستان از شمال دریای عرب به مناطق مرکزی و جنوبی آن و گسترش بیشتر ناوه شرق مدیترانه به عرض‌های جنوبی، منابع تأمین‌کننده رطوبت از دریای عرب و جنوب سرخ به مرکز و شمال دریای سرخ و مناطق مرکزی و جنوبی اقیانوس اطلس متغیر شده است. مناطق بیشینه بارش و روان آب در غرب و جنوب غرب کشور کاملاً با هم منطبق بوده و هم‌زمانی رخداد بارش و سیلاب‌های شدید را تأیید می‌کند. تحلیل شاخص‌های پیوند از دور منتخب نیز حاکی از همسویی تغییرات بارش ماهانه سال ۱۳۹۸ با شاخص‌های پیوند از دور نوسان اطلس شمالی و انسو دارد. ارتباط شاخص‌های مذکور طی ماه‌های رخداد سیل (اسفند ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸) با مقادیر استاندارد شده‌ی بارش بیشتر می‌باشد.

نوسان اطلس شمالی (NAO) نیز در فاز مثبت قرار داشته است و برعکس.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به واکاوی هم‌دیدگی و ترمودینامیکی سامانه‌های موجد رخداد بارش‌های فراگیر، شدید و مخاطره‌آمیز روزهای اوج ۵ و ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ در مناطق غرب و جنوب غرب کشور پرداخته شده است. نتایج نشان داد که در روزهای ذکر شده بخش اعظم کشور به جزء جنوب شرق، بارش را تجربه کرده‌اند؛ که اوج آن در جنوب غرب و غرب کشور بوده است.

در روز ۵ فروردین روز اوج بارش و سیلاب‌های مخرب در جنوب غرب ایران ایستگاه کوه‌رنگ با ۱۸۸، ایزه با ۱۵۵ و یاسوج با ۱۵۱ میلیمتر بیشترین میزان بارش را به خود اختصاص داده‌اند. در روز ۱۱ فروردین روز اوج بارش‌های فوق سنگین در غرب کشور، ایستگاه نهاوند با ۱۲۷، تویسرکان با ۱۲۳ و نورآباد لرستان با ۱۲۱ میلیمتر بالاترین مقادیر بارش را ثبت کرده‌اند. در مقایسه آماری بین دو سامانه بارشی، سامانه ۵ فروردین ضمن این‌که بیشترین فراگیری را بر روی کشور داشته است، از شدت بالاتری نیز برخوردار بوده است. شباهت بین این دو سامانه قدرتمند بارشی این است که بیشتر ایستگاه‌های غرب و جنوب غرب مقادیر بارش بیش از ۱۰۰ میلیمتر را داشته‌اند.

واکاوی هم‌دیدگی و ترمودینامیکی نقشه‌ها نشان داد که در تراز دریا نفوذ کم‌فشارهای گرم جنوبی و غربی مانند عربستان، سودان و مدیترانه بر روی نیمه غربی کشور در تقابل با پرفشار سرد مستقر بر روی دریای خزر، موجب ایجاد شیو شدید فشار و شکل‌گیری شرایط جبهه‌ای قوی بر روی کشور و منطقه مورد مطالعه شده است؛ اما در ترازهای میانی و بالایی جو با گسترش ناوه‌های عمیق و چند دامنه از قطب شمال و با عبور از کشور روسیه به صورت سامانه‌های بندال کم‌فشار بریده و دو قطبی و قرارگیری مراکز بسته چرخندی در شرق مدیترانه و نیمه شرقی ناوه حاصل از

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ... )  
واکاوی همدید بارش‌های سیل‌آسا و مخاطره‌آمیز ... / ۱۸۳

۹- ذکی زاده اوماسلان علیا، سلیقه، ناصرزاده؛ میربهروز، محمد، محمد حسین؛ ۱۳۹۷، تحلیل آماری و سینوپتیکی مؤثرترین الگوی رودباد ایجاد کننده بارش‌های سنگین، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۷، شماره ۱۵، ۴۸-۳۱.

۱۰- رحیمی، خوشحال، علیزاده؛ داریوش، جواد، تیمور؛ ۱۳۸۹، تحلیل آماری- همدیدی بارش سنگین مناطق خشک ایران (مطالعه موردی: استان کرمان)، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، دوره ۷، شماره ۱۴، ۶۹-۵۱.

۱۱- طاهری بهبهانی، بزرگ زاده؛ محمد، مصطفی؛ ۱۳۷۵، سیلاب‌های شهری، نشر مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، چاپ دوم، تهران، ۲۴۷.

۱۲- عباس زاده تهرانی، مخدوم، مهدوی؛ نادیا، مجید، محمد؛ ۱۳۸۹، بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر میزان دبی سیلاب‌ها با کاربرد فناوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز رودخانه مادرسو، پژوهش‌های محیط زیست، شماره ۱، ۷۸-۹۰.

۱۳- علیجانی، بهلول؛ ۱۳۸۵، اقلیم شناسی سینوپتیک، نشر سمت، چاپ اول، تهران، ۲۵۹.

۱۴- کارساز، مسعودیان؛ سکینه، سید ابوالفضل؛ ۱۳۹۳، تحلیل همدید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۷، ۲۷-۱۵.

۱۵- کیانیان، صالح پور جم، حاجی محمدی، رسولی؛ محمد، امین، حسن، فهیمه؛ ۱۳۹۵، بررسی و ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیک جو، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال ۶، شماره ۲۲، ۱۹۱-۱۷۵.

۱۶- محمودآبادی، امیدوار، مظفری، نارنگی فرد، مزیدی، فاطمی؛ مهدی، کمال، غلامعلی، احمد، مهدی، مهران؛ ۱۳۹۵، تحلیل همدید اثرات پدیده بلاکینگ بر بارش‌های سیلابی فروردین ماه ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران، پژوهش‌های اقلیم شناسی، دوره ۷، شماره ۲۵، ۸۲-۶۷.

۱۷- مرادی، محمد؛ ۱۳۸۵، بررسی نقش کم فشار گرمایی سودان- اتیوپی به ارتفاعات زاگرس در سامانه‌های مؤثر بر

منابع و مأخذ

۱- آروین، اراز محمد مفیدی، مازینی؛ عباسعلی، خواجه، فرشته؛ ۱۳۹۱، تعیین الگوی زمانی مکانی بارش استان گلستان با روش تحلیل خوشه‌ای، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال دوم، شماره ۶، ۱۳۲-۱۱۷.

۲- پروین، نادر؛ ۱۳۸۹، بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۷، ۱۱۷-۱۳۸.

۳- حجازی زاده، پژوه، جعفری؛ زهرا، فرشاد، فرزانه؛ ۱۳۹۷، آشکارسازی شرایط همدید مؤثر بر خشک‌سالی و ترسالی‌های شدید و فراگیر در نیمه شرقی ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ۳، ۱۳۵-۱۶۰.

۴- خوش‌اخلاق، صفایی راد، سلمانی؛ فرامرز، رضا، داود؛ ۱۳۹۳، واکاوی همدید رخداد سیلاب آبان ماه ۱۳۹۰ در شهرستان بهبهان و لیکک، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴، شماره ۴۶، ۵۲۴-۵۰۹.

۵- خوشحال دستجردی، نظری، قانقرمه، فلاحی؛ جواد، عبدل‌القدير، عبدالعظیم، حسین علی؛ ۱۳۹۴، پیش بینی همدید- آماری وقوع ریزش باران در زمان کاشت و برداشت گندم دیم در شهرستان گنبد کاووس، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال ۵، شماره ۱۶، ۱۸۴-۱۶۹.

۶- درگاهیان، علیجانی؛ فاطمه، بهلول؛ ۱۳۹۲، بررسی اثر بلاکینگ بر رخداد برف‌های سنگین و مداوم ایران، جغرافیای سرزمین، دوره ۱۰، شماره ۳۸، ۱-۱۴.

۷- درگاهیان، علیجانی، محمدی؛ فاطمه، بهلول، حسین؛ ۱۳۹۳، بررسی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ‌های مؤثر در رخداد بارش‌های مداوم ( بیش از ۵ روز) و سنگین در ایران در فصل سرد: ۱۹۵۳-۲۰۱۳، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۰، ۱۵۵-۱۷۳.

۸- ذبیح زاده، قباد (۱۳۸۸)، مستند سازی و تحلیل فضایی مخاطرات اقلیمی در ایران، به راهنمایی منوچهر فرج زاده، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم انسانی.

- 26- Pfahl, S; 2014, Characterising the relationship between weather extremes in Europe and synoptic circulation features, *Nat Hazards Earth Syst Sci*, vol 14, 1461-1475.
- 27- Rousta, Khosh Akhlagh, Soltani, Modir Taheri; I, F, M, S; 2014, Assessment of blocking effects on rainfall in northwestern Iran, e-book of proceedings, vol 3, 127-132.
- 28- Wang, Sun, Zhao; H, J, S; 2016, The Multiscale Factors Favorable for a Persistent Heavy Rain Event over Hainan Island in October 2010, *J Meteorol Res*, vol 30, 496-512.
- 29- [www.irimo.ir](http://www.irimo.ir)
- 30- [www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep\\_reanalysis](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep_reanalysis)
- 31- [www.bushehrmet.ir](http://www.bushehrmet.ir)
- 32- [www.ndmo.ir](http://www.ndmo.ir).
- 33- <https://havades.golestanp.ir/>
- آب و هوای ایران، رساله دکتری هواشناسی، به راهنمایی هوشنگ قائمی، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه جغرافیا واحد علوم تحقیقات.
- ۱۸- نظری پور، حمید، ۱۳۹۰، تحلیل همدید تداوم بارش ایران، رساله دکتری آب و هواشناسی، به راهنمایی دکتر محمود خسروی و ابوالفضل مسعودیان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه جغرافیای طبیعی دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- ۱۹- نگارش، اژدری مقدم، آرامش؛ حسین، مهدی، محسن، ۱۳۹۲، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی و پیش بینی سیلاب در حوضه آبریز سرباز، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۱، ۱۵-۲۸.
- 20- Alijani, O'Brien, Yarnal; B, J, B; 2008, Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, vol 94, 107-124.
- 21- Akbari, Ghasem, Ashraf, Mahmoud; T, A, A, D; 2016, The role of blocking system in heavy precipitation of Iran (a case study: southeast of Iran January 2008), *Arab J Geosci*, vol 9, 591-606.
- 22- Chen, C.H; 2011; Investigation of a heavy rainfall event over southwestern Taiwan associated with a subsynoptic cyclone during the 2003 Mei-Yu season, *Atmospheric Research*, vol 95, 235-254.
- 23- Hanson, Palutikof, Livermore, Barring, Bindi, Corte-Real, Duro, Giannakopoulos, Good, Santos, Schlyter, Kundzewicz, Holt, Leckebusch, Moriondo, Radziejewski, Schwarb, Stjernquist, Ulbrich; C, J.P, M, L, M, J, R, C, P, T, Z, G. C, M, M, J, P, M, I, U; 2007, Modelling the impact of climate extremes: an overview of the MICE project, *Climatic Change*, vol 81, 163-177.
- 24- Lana, A; 2007, Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic island, *international journal of climatology*, vol 12, 27-32
- 25- Nishiyama, K; 2007, Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map, *Atmospheric Research*, vol 83, 185-200.