نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳

صفحات ۱۷ – ۴۰

اقلیم‌شناسی کم‌فشار سودان

وحیده صیاد؛ دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

بهلول علیجانی[1]؛ استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

زهرا حجازی زاده؛ استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

دریافت مقاله : 1399/10/18 پذیرش نهایی: 1400/8/9

چکیده

ایران کشوری کم بارش همراه با ریزش‌های جوی با شدت بالا است که سیستم‌های سینوپتیکی مختلف بر روی آن تأثیرگذارند، از مهم‌ترین این سیستم‌ها کم‌فشار سودانی است، لذا شناخت کم‌فشارهای منطقه سودان از اهمیت خاصی برخوردار است، هدف از این مطالعه جمع‌آوری یک شناخت کامل و جامع از مجموعه مطالعات انجام‌شده در رابطه با این کم‌فشار، ساختار و شکل‌گیری و تأثیرات آن بر اقلیم مناطق اطراف است. مطالعه حاضر با استفاده از روش کتابخانه‌ای و جستجو در منابع معتبر علمی و پژوهشی در رابطه با تحقیقات انجام‌شده در مورد کم‌فشار سودان انجام‌گرفته است و هیچ‌گونه داده‌پردازی در آن انجام‌نشده است، به این‌گونه است که تغییرات زمانی و مکانی کم‌فشار سودان را طی چند سال و اثر آن بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران را موردبررسی و تحلیل قرار داده است. به‌طور کل نتایج این تحقیق را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد که شامل مطالعات در رابطه با شناخت و مطالعه کم‌فشار سودان، ساختار و شکل‌گیری آن در طول زمان، الگوهای فشار مؤثر بر آن در سطوح مختلف اتمسفر و اثرات آن بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران موردبررسی قرارگرفته است، در ادامه تأثیر این کم‌فشار بر بارش‌های فصلی و بهاری ایران، بارش برف و تگرگ، سیل، طوفان‌های تندری و همچنین تأثیر الگوهای پیوند از دور بر این سامانه کم‌فشار نیز مطالعه شده است و در آخر تحلیل این یافته‌ها موردبررسی قرارگرفته است. می‌توان نتیجه گرفت که سامانه کم‌فشار سودانی یک ناوه معکوس در منطقه شمال شرق افریقا و جنوب غرب خاورمیانه می‌باشد که عامل تقویت و جابجایی آن در ترازهای بالایی ناوه مدیترانه و رودباد جنب حاره است و در سطح زیرین تزریق رطوبت از دریای عرب و عمان از طریق پرفشار عربستان به داخل آن است که عامل ناپایداری شدید بر روی ایران و یک عامل اصلی ایجاد بارش‌های سنگین در مناطق مختلف کشور می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کم‌فشار سودان، الگوهای فشار، الگوهای بارشی، اقلیم ایران

[1] نویسنده مسئول

Email: bralijani@gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

مقدمه

با توجه به اهمیت نحوه شکل‌گیری و گسترش کم‌فشار سودان و اثرات آن بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران، علی‌رغم مطالعات گسترده‌ای درباره این کم‌فشار، تاکنون مطالعه‌ای جامع در رابطه با نحوه شکل‌گیری، سازوکار و عملکرد آن در طول زمان، الگوهای فشار مؤثر بر آن در سطوح مختلف اتمسفر و اثر این کم‌فشار بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران انجام‌نشده است لذا ضرورت دارد برای شناخت بهتر سازوکار این سامانه کم‌فشاری یک جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کامل از مطالعات حاصل شود. سامانه سودانی یکی از عناصر سازنده گردش عمومی جو در شمال آفریقا است که در بیشتر ایام سال بر روی غرب اتیوپی و کشور سودان تشکیل می‌شود و همچنین یکی از الگوهای سینوپتیکی مشهور در خاورمیانه است، این کم‌فشار برای اولین بار توسط اشبل (۱۹۳۸) و الفندی (۱۹۴۸) موردمطالعه قرار گرفت که بیشترین زمان فعالیت آن بر روی منطقه مدیترانه شرقی در ماه‌های اکتبر، نوامبر و آوریل است ، درحالی‌که فراوانی وقوع آن از ماه ژوئن تا اوت کم است (Tsvieli and Zangvi,2005). در بعضی تحقیقات سامانه سودانی را حتی گاهی مهم‌ترین سازوکار بارش زا در برخی از مناطق شرق مدیترانه می‌دانند و به‌عنوان یکی از رایج‌ترین الگوهای سینوپتیکی در محدوده جنوب شرق مدیترانه شناخته‌شده است و آن را نتیجه نوسان منطقه همگرایی بین حاره‌ای دانسته‌اند (Tsvieli and Zangvil,2005). با توجه به حرکت فصلی و آشفتگی کم‌فشار سودان، نوسان آن این‌گونه است که از ماه سپتامبر تا ژانویه به سمت غرب حرکت می‌کند و از فوریه تا می به سمت شرق می‌رود (Krichak et al,2012؛ Dayan and Sharoni 1981)؛ و در طول دوره‌های گذر فصل‌های سرد یعنی اواخر پاییز و ماه‌های اول بهار بیشترین گستردگی را در مناطق اطراف خود دارد (Alpert et al,2004). زیو و همکاران (۲۰۰۵) منشأ باران‌های استثنایی ناحیه نگف را که پنج برابر بیشتر از میانگین ماه دسامبر بود را فعال شدن کم‌فشار سودان دانسته‌اند، این بارش‌های خسارت‌بار زمانی رخ می‌دهد که کم‌فشار سودان با حالت ناپایدار به سمت جنوب دریای مدیترانه گسترش یابد و به توسعه سیستم‌های سینوپتیکی مجاور کمک کند. در موارد فعال، کم‌فشار سودان یک تهدید جدی برای جامعه انسانی در منطقه شمال شرقی آفریقا است و گاهی اوقات با سیل ویرانگر در این مناطق همراه است (El-Fandy,1948؛ Abramski and Dayan,1983؛ Krichak et al. 1997، Kahana et al, 2002، De Vries et al, 2016؛ Yair et al, 2015). با وقوع سیل جده در نوامبر ۲۰۰۹ مشخص شد که عامل اصلی این سیل سنگین کم‌فشار سودان بود که با پیشروی به عرض‌های بالا و تداخل با سیستم‌های سینوپتیکی آن در شمال شرقی آفریقا تقویت‌شده است. این سیل میلیون‌ها دلار خسارت وارد کرد و باعث کشته شدن تقریباً ده هزار نفر شد (De Vries,2016).

با عمیق شدن ناوه شمال آفریقا در دوره سرد سال، سامانه سودانی حالت ترمودینامیکی پیداکرده و با حرکت رو به شرق خود سبب ایجاد بارندگی‌های قابل‌توجهی در غرب و جنوب غرب ایران می‌شود (لشکری،۲۰۰۳). به همین دلیل شناخت سازوکار این سامانه از اهمیت بسزایی برخوردار است. در ایران تحقیقات زیادی اهمیت کم‌فشار سودان و اثر آن را بر اقلیم ایران ثابت کرده‌اند، اولین بار الفت (۱۳۴۷) از کم‌فشاری که در منطقه دریای سرخ و سودان تشکیل می‌شود و پس از عبور از عمان و خلیج‌فارس باعث ایجاد بارش‌هایی در ایران می‌شود، نام‌برده است. در ادامه فرشی فروغی (۱۳۵۶) و عبدالحسینی (۱۳۵۸) از کم‌فشاری که در منطقه دریای سرخ و سودان تشکیل‌شده است نام‌برده‌اند و آن را کم‌فشار سودانی نامیده‌اند. علیجانی (۱۳۶۶) در بررسی مسیرهای سیکلونی خاورمیانه به ورود کم‌فشار سودان و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

اثرات آن بر بارش‌های ایران اشاره‌کرده است که مسیر c سیکلون ها از صحرای آفریقا منشأ می‌گیرد و از طریق خلیج‌فارس وارد ایران می‌شود که این درواقع همان کم‌فشار سودان است. تقی زاده (۱۳۶۶) منشأ سیل مهیبی را که در جنوب کشور رخ داد را به کم‌فشار دریای سرخ نسبت داد و بعدازآن سبزی پرور و ایزد نگهدار (۱۳۷۰)، مولا (۱۳۸۵)، رئوفی فرد (۱۳۷۶) نقش کم‌فشار سودانی در وقوع چند بارش رگباری و سیل دیگر را موردمطالعه قراردادند؛ اما نهایتاً لشکری (۱۳۸۷) تحقیقی جامع در مورد منشأ بارش‌های سیل‌آسا انجام داد که نحوه تشکیل و تکوین و گسترش کم‌فشار سودانی را به‌طور کامل تشریح کرد. تحقیقات درزمینهٔ کم‌فشار سودان در سال ۱۳۹۲ به اوج خود رسید ازجمله: موقری نقش خلیج‌فارس در تزریق رطوبت به داخل سامانه کم‌فشار سودانی و اثر آن بر بارش‌های جنوب غرب ایران را مطالعه کرد. شکیبا اثرات سامانه کم‌فشار سودانی بر بارندگی و سیل خوزستان را مطالعه کرد، فرج زاده منشأ بارش‌های سنگین شهرستان کوهرنگ را عمیق‌تر شدن کم‌فشار یونان و قرارگیری آن را بر روی کم‌فشار سودان دانست، رضایی (۱۳۹۴) باراهنمایی، عساکره و قائمی گستره زمانی و مکانی زبانه کم‌فشار سودانی را بررسی کردند، حقیقی باراهنمایی قلی زاده در سال ۲۰۱۷ یکی از عامل‌های اصلی بارش‌های بهاری فراگیر ایران را کم‌فشار سودان دانست، مسعودیان همراه با علیجانی در سال ۱۳۹۰ میانگین گردش‌های جوی منجر به یخبندان‌های فراگیر در ایران را بررسی کردند و عامل آن را ایجاد منطقه گرادیان فشار بین زبانه پرفشار سیبری و سامانه کم‌فشار سودانی دانستند، فاروقی باراهنمایی و مشاوره زرین و مفیدی در سال ۱۳۹۶ مسیریابی سامانه‌های کم‌فشار عبوری از ایران را انجام دادند و بیشینه بارش بر روی ایران و خاورمیانه را به ادغام سامانه‌های کم‌فشار مدیترانه‌ای و سودانی نسبت داده‌اند، یک مطالعه دیگر در مورد کم‌فشار سودان توسط فنودی باراهنمایی امیدوار در سال ۱۳۹۶ انجام‌گرفته است که تأثیر این سامانه را بر بارش‌های رگباری ناحیه کوهپایه‌ای ایران را بررسی کرد. محمدی و لشکری (۱۳۹۸) نشان دادند که روند صعودی در ورود سیستم‌های سودانی به منطقه جنوب غربی وجود دارد و در آخر صیاد با راهنمایی حجازی زاده و علیجانی(۲۰۲۰) روند و وسعت کم‌فشار سودان و تأثیر آن بر بارش‌های غرب و جنوب غرب ایران را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دو ماه دسامبر و ژانویه بیشترین نرخ افزایش فشار در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی را داشته‌اند و ضریب تغییرات در ماه‌های موردبررسی به ترتیب به میزان ۱,۵، ۱,۴-، ۰,۰۸، ۰,۱۹-، ۰,۳۶ و ۱- درصد در هر دهه برای ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس می‌باشد و حداقل و حداکثر ارتفاع ژئوپتانسیل نیز روند افزایشی مشخصی در تمامی ترازها نشان می‌دهد. همچنین وسعت کم‌فشار تنها در ماه دسامبر و ژانویه روند کاهشی قابل‌توجهی به میزان ۶۲۸۳۴۷,۳ و ۶۲۴۴۰,۸ کیلومترمربع که در سطح ۰,۹۹ معنادار بوده است را نشان داد و ارتباط بارش به‌طورکلی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی با بارش ۳۱ ایستگاه در سه ماه زمستانی منفی و معنادار بوده است.

در این تحقیق کم‌فشار سودان، نحوه شکل‌گیری آن در طول زمان، الگوهای فشار مؤثر بر آن در سطوح مختلف اتمسفر و اثرات آن بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران بررسی خواهد شد. برای انجام این تحقیق ابتدا کلمات کلیدی مانند کم‌فشار سودان و بارش، بارش سنگین، سیل، تگرگ، طوفان‌های گردوغبار منجر شده از کم‌فشار سودان در ایران در پایگاه‌های معتبر علمی مانند Google Scholar،ScienceDirect ،Magiran ،SID و کتابخانه‌ی دانشگاه تهران جستجو شد و ۸۳ تحقیق داخلی و ۳۸ تحقیق خارجی از بین تحقیقات مختلف استخراج شد که در ادامه این تحقیق یافته‌های این محققان آورده می‌شود، در مرحله بعد منابع به بخش‌های مطالعاتی جداگانه دسته‌بندی شدند و به تعاریف مختلف در مورد کم‌فشار سودان و سازوکار شکل‌گیری آن، الگوهای فشار مؤثر بر آن در سطوح مختلف اتمسفر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

و اثرات آن بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران پرداخته شد و به روش‌های مختلف استفاده‌شده در مورد مطالعات کم‌فشار سودان و منطقه‌ی موردمطالعه پرداخته شد، درنهایت نتیجه‌گیری‌های مختلف جمع‌بندی و مورد تحلیل قرار گرفتند.

ساختار و شکل‌گیری

در این بخش به تحلیل نتایج تحقیقات محققان مختلف در مورد شناخت کم‌فشار سودان، ساختار و شکل‌گیری آن در طول زمان، الگوهای فشار مؤثر بر روی آن در سطوح مختلف جو و اثرات آن بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران می-پردازیم، بخش تأثیر کم‌فشار سودان بر اقلیم ایران خود به چند زیربخش تقسیم می‌شود که شامل: بارش‌های سنگین، بارش‌های بهاری، ترسالی و خشک‌سالی‌ها، طوفان‌های تندری، سیل، بارش برف و تگرگ و یخبندان می‌باشد و درنهایت تأثیر الگوهای پیوند از دور بر این سامانه کم‌فشاری مطالعه شده است. الفندی هواشناس مصری مطالعه درباره کم‌فشار سودان را حدود ۷۰ سال پیش انجام داده است و در اواخر دهه ۱۹۴۰ و اوایل ۱۹۵۰ این هواشناس از کم‌فشاری نام برد که منطقه شمال شرق آفریقا و جنوب غرب خاورمیانه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و آن را کم‌فشار سودان نامید (Elfandy,1948, 1950). بسیاری از پژوهشگران کم‌فشار سودان را همان ناوه دریای سرخ (RST[۲]) نامیده‌اند که آن زبانه‌ای کم‌فشار است که از شمال دریای سرخ و جنوب شرق مدیترانه به سمت جنوب غرب دریای سرخ گسترش می‌یابد (Tsvieli and Zangvil,2005; Krichak et al,2012; Almazroui and Awad,2016). RST درواقع بخشی از «کم‌فشار موسمی سودان»، است که از سیستم حرارتی کم‌فشار استوایی و یا کم‌فشار موسمی آفریقایی منشأ می‌گیرد (EL-FANDY, 1948). نظریات متعددی در مورد نحوه شکل‌گیری این سامانه کم‌فشاری وجود دارد ازجمله: از نظر الفندی تشکیل و توسعه، وسعت و شدت این سیکلون به ویژگی‌های توپوگرافی و حرارتی منطقه بستگی دارد (El-Fandy, 1950). کریچاک هم با روش شبیه‌سازی مشخص کرد که عامل توپوگرافی و در مرحله بعدی شار حرارتی محسوس مهم‌ترین عامل سیکلونزایی در شکل‌گیری کم‌فشار سودان در منطقه شمال شرق افریقا است (Krichak et al.1997). در دهه ۱۹۶۰ ساختار هوا در منطقه دریای سرخ توسط پلدجی موردبررسی قرار گرفت که منجر به کشف منطقه همگرایی دریای سرخ شد و ایشان معتقد بود که کم‌فشار سودان از این منطقه نشاءت می‌گیرد (Pedgley,1966). توسیل و زنگویل کم‌فشار سودانی را به‌عنوان یکی از شایع‌ترین الگوهای سینوپتیکی در محدوده جنوب شرق مدیترانه دانسته‌اند که نتیجه نوسان منطقه همگرایی بین حاره‌ای است (Tsvieli and Zangvil,2005). مطالعات زیادی اهمیت کم‌فشار سودان و نقش آن را در دگرگونی آب‌وهوای مدیترانه نشان داده‌اند (Tsvieli and Zangvi,2005، Krichak et al,1997؛ Haggag,2013 El-Badry and؛ Krichak et al,2012؛ De Vries et al,2016؛ Almazroui,2016 Awad and). خوش‌اخلاق معتقد است که تشکیل و گسترش مراکز کم‌فشار مدیترانه-سودانی به دلیل قرارگیری بین مراکز پرفشار اروپا و پرفشار جنب‌حاره‌ای جنوب شرق عربستان، سبب تشکیل کمربند همگرایی روی سودان و دریای سرخ می‌شود (خوش‌اخلاق و همکاران،۲۰۱۴). لشکری معتقد است که این سامانه یکی از عناصر سازنده گردش عمومی جو در نواحی جنوب غربی دریای سرخ، بین سودان و اتیوپی است که در بیشتر ایام سال بر روی اتیوپی و کشور سودان تشکیل می‌شود و به‌صورت زبانه کم‌فشاری بین پرفشار مستقر بر روی شمال افریقا و پرفشار مستقر بر روی شبه‌جزیره عربستان به وجود می‌آید. فعال شدن این سامانه ارتباط مستقیمی با ناوه شرق

[2] Red Sea Trough

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

مدیترانه داشته و با توجه به دامنه آن، کم‌فشار مزبور می‌تواند به‌صورت یک ناوه معکوس از دریای سرخ و یا به‌صورت موج کم‌فشار دینامیکی درآمده و با یک حرکت مورب به‌سوی نواحی جنوب غربی تا جنوب شرقی ایران انتقال یابد (لشکری، ۱۳۸۱). یک نظریه دیگر هم نشان می‌دهد که زبانه کم‌فشار دریای سرخ نتیجه «فرآیند چرخندزایی بادپناهی» در منطقه دریای سرخ بوده و کوه‌های مرتفع فلات اتیوپی و کوه‌های عسیر بیشترین نقش را ازاین‌جهت دارا هستند (مفیدی ۱۳۸۳). در تحقیق محمدی و همکاران سامانه سودانی، به کم‌فشارهای حرارتی اطلاق می‌گردد که منشأ آن‌ها مناطق اطراف دریای سرخ بوده و خطوط کم‌فشار آن‌ها جنوب دریای سرخ، سودان و اتیوپی را در برگرفته و در ادامه مسیرشان از جنوب غرب ایران عبور کرده و سبب بارش‌های شدید می‌شوند (محمدی و همکاران،۱۳۹۱). سلیقه درباره تشکیل کم‌فشار سودان سه نظریه ارائه داده است: کم‌فشار سودان یک کم‌فشار حرارتی در منطقه حاره است که وقتی یک ناوه دینامیکی از سطح بالا به این کم‌فشار حرارتی ملحق شود به‌شرط این‌که کم‌فشار حرارتی در سمت جنوب شرق ناوه دینامیکی قرارگرفته باشد، یعنی در زیر قسمت واگرایی قرارگرفته شود، به یک سیکلون دینامیکی تشکیل می‌شود، نظریه دوم معتقد است کم‌فشار سودانی در اثر گسترش ناوه‌های معکوس حاره‌ای نشاءت گرفته از بادهای شرقی ایجاد می‌شود و نظریه آخر می‌گوید که کم‌فشار سودانی در اثر قرارگیری در منطقه همگرایی دریای سرخ و ایجاد چرخندگی مثبت در این منطقه ایجاد می‌شود (سلیقه،۱۳۹۵).

کم‌فشار سودان در ابتدا با آب‌وهوای گرم و خشک همراه است که از جریانات شرق-جنوب شرقی در لایه‌ی پایین اتمسفر نشاءت می‌گیرد (Tsvieli and Zangvil,2007)؛ اما در برخی مواقع با ناوه ترپوسفر بالایی همراه می‌شود که از شرق به سمت مدیترانه گسترش می‌یابد این شرایط ناپایدار برای سیستم‌های همرفتی مناسب است (Krichak et al,2012; Dayan and Sharoni,1981). سارونی معتقد است که هرچقدر کم‌فشار سودان به عرض‌های ۳۰ درجه نفوذ کند باعث قرار گرفتن بیشتر آن در مسیر بادهای غربی و خارج شدن آن از حالت حرارتی و تبدیل‌شدن به حالت دینامیکی می‌شود و این خود باعث تأثیر بیشتر این کم‌فشار بر بارش‌های ایران می‌شود (Saaroni etal,1988). لشکری می‌گوید هنگامی‌که کمربند همگرایی حاره‌ای به عرض‌های ۲۰ تا ۳۵ درجه کشیده شود، کم‌فشار سودان به‌عنوان شاخه‌ای از این کم‌فشار جداشده و به عرض‌های بالاتر نفوذ می‌کند (لشکری، ۱۳۸۱)، نحوه عملکرد آن به نظر مرادی این‌گونه است که در اثر جذب انرژی فراوان آفتاب در اطراف استوا از کمربند همگرایی حاره‌ای جداشده و به دینامیکی‌ها در عرض‌های بالا ملحق می‌شود که در زمستان باعث ایجاد بارش‌های رگباری در ایران می‌شود (مرادی، ۱۳۸۷). جوانمرد معتقد است که در تابستان سامانه سودانی فقط به‌صورت حرارتی عمل می‌کند (جوانمرد، ۱۳۸۳). درواقع این سامانه ابتدا با ریشه حرارتی ایجاد می‌شود (سلیقه،۱۳۹۵) و سپس با ورود بادهای غربی به‌طرف جنوب تقویت می‌شود (علیجانی،۱۳۶۶). عساکره می‌گوید این کم‌فشار یکی از عوامل سازنده اقلیم در شمال آفریقاست که در ابتدا حالت حرارتی داشته و در فصل زمستان حالت ترمودینامیکی پیدا می‌کند و با گسترش زبانه کم‌فشار ترازپایین در دوره سرد سال به سمت شرق دریای سرخ حرکت کرده، بر روی ایران نیز گسترش می‌یابد (عساکره، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر نیز پژوهشگران برای بارش‌های بدون جبهه‌ای که از منطقه دریای سرخ نشاءت می‌گیرد نام زبانه کم‌فشار دریای سرخ را به کار می‌برند (Krichak etal,2012; Alpert etal,2004).

عاملی که بر روی زمان فعالیت کم‌فشار سودان و بارش‌های نشاءت گرفته از این سامانه نقش بسزایی دارد تغییرات زمانی و جابجایی مکانی این کم‌فشار است (عساکره، ۱۳۹۵). به گفته الفندی و آلپرت دوره اوج این ناوه در ماه‌های

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

اکتبر، نوامبر و آوریل و در طول دوره‌های گذر فصل‌های سرد یعنی اواخر پاییز و ماه‌های اول بهار می‌باشد (EL-FANDY, 1948؛Alpert et al,1990). طبق بررسی Awad and Almazroui,2016و Mashat and Awad,2015) در حدود بیش از ۶۰ درصد از فعالیت این کم‌فشار در دوره‌های زمستانه و پاییزه است. الفندی ثابت کرده است که در طول دوره‌های RST مرطوب توسعه‌ی روبه شمال و روبه غرب (به سمت دریای مدیترانه) شایع‌تر از دوره‌های خشک RST است (EL-FANDY, 1948). همچنین (Awad and Mashat,2001) نیز بیشترین تعداد RST را در ماه اکتبر با دوره موردمطالعه ۶۰ ساله به دست آوردند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی وقوع کم‌فشارهای سودانی در ایران در درجه اول مربوط به ماه دسامبر (آذر) و سپس فصل زمستان می‌باشد. در این رابطه به نظر می‌رسد افزایش تعداد سامانه‌های سودانی با جابجایی سریع و حرکت به سمت جنوب رودباد جنب حاره در خاورمیانه در ماه دسامبر در ارتباط باشد (مفیدی و زرین،۱۳۸۴). به نظر قائدی بیشترین پهنه و درصد افزایش بارش در زمان رخداد الگوی میانی فرود دریای سرخ، مربوط به اردیبهشت و خردادماه، در زمان الگوی غربی مربوط به بهمن و اسفندماه و در زمان الگوی شرقی مربوط به اردیبهشت و مهرماه است (قائدی و همکاران،۱۳۹۰). فنودی نیز دوره اوج این کم‌فشار را فصل پاییز دانسته (فنودی و همکاران،۱۳۹۶). تحقیقات نشان داده است که مقدار بالای رطوبت هوا در تعیین شدت رویدادهای فعال منطقه همگرایی دریای سرخ در شمال شرق آفریقا و منطقه مدیترانه شرقی نقش کلیدی ایفا می‌کند (Krichak et al,2012). ازاین‌رو، اختلالات سیکلونی عرض‌های میانی در اواسط پاییز، زمستان و بهار همراه با هوای مرطوب در سطح پایین جو در این منطقه منجر به بی‌ثباتی تروپوسفر و بارندگی بیش از نرمال در مناطق اطراف می‌شود (Barth and Steinkohl,2004؛ Evans et al,2004؛ Chakraborty et al,2006؛ Smith and Evans,2006؛ Ghaedamini and Nazemosadat,2010؛ Kumar et al,2015). بااین‌حال بسیاری از محققین نیز نشان دادند روند فعالیت آن طی زمان کاهشی بوده است (Awad and Almazroui,2016; Awad and Mashat,2018).

آنچه از این مطالعات مشخص است درواقع شش دیدگاه در مورد علت شکل‌گیری کم‌فشار سودانی وجود دارد که شامل عامل بادپناهی، منطقه همگرایی بین حاره‌ای، زبانه کم‌فشاری که بین پرفشار مستقر بر روی شمال افریقا و پرفشار مستقر بر روی شبه‌جزیره عربستان، قرارگیری بین مراکز پرفشار اروپا و پرفشار جنب‌حاره‌ای جنوب شرق عربستان، ناوه معکوس حاره‌ای نشاءت گرفته از بادهای شرقی و منطقه همگرایی دریای سرخ، درنهایت آنچه همه این محققان بر روی آن اتفاق‌نظر دارند این است که سامانه سودانی یک کم‌فشار حرارتی در منطقه سودان و اطراف کمربند بین حاره‌ای است که با پیوستن به سیستم‌های دینامیکی در عرض‌های بالاتر تقویت می‌شود و باعث ایجاد اثرات اقلیمی متفاوت در مناطق اطراف می‌شود و همچنین دوره فعالیت آن را نیمه سرد سال و به‌ویژه دوره‌های گذر فصل‌های سرد می‌دانند.

الگوهای فشار مؤثر

باید در نظر داشت تنها عامل تقویت سامانه حرارتی سودانی اثر سامانه‌های دینامیکی بر روی آن است که باعث فعال شدن این کم‌فشار و اثر آن بر اقلیم مناطق اطراف می‌شود (مفیدی،۱۳۸۲). نظریه‌ها حاکی از آن است که وجود یک ناوه با دامنه بلند در ترازهای میانی و بالایی جو (لشکری و خلیلیان،۲۰۱۳). و قرارگیری ناوه در مدیترانه شمال شرقی و پشته در مدیترانه آفریقای شمالی، در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز سبب فعال شدن کم‌فشار گرمایی سودانی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

می‌شود (TSVIELI and ZANGVIL 2005). حتی در بعضی مواقع همراهی ناوه‌های دو دامنه مدیترانه و کم‌فشار سودان باعث فعال شدن دوچندان این سامانه در منطقه می‌شود (بلیانی و سلیقه، ۱۳۹۵). همچنین بادهای شدید بر روی فلسطین در طی زمستان و وجود پرفشار لایه زیرین شرق عربستان فرآیند تقویت و حرکت ناوه شرق مدیترانه را تسریع و باعث تحرک هرچه بیشتر سامانه سودانی می‌شود (Saaroni and Bitan,1998، موقری و خسروی،۲۰۱۴)؛ همچنین پشته عمیقی که از روی آفریقا و مدیترانه مرکزی تا شمال عرض ۶۰ درجه گسترش می‌یابد جریانات را بر روی مدیترانه شرقی کاملاً نصف‌النهاری می‌کند و باعث شکست در امواج راسبی می-گردد و این خود شیو حرارتی شدیدی در منطقه ایجاد می‌کند که ضمن تقویت رودباد جنب‌حاره‌ای، ناوه عمیقی را بر روی مدیترانه شرقی ایجاد می‌کند که با فرارفت سرد جنب قطبی بر روی سامانه سودانی و فرارفت رطوبتی مناسب از روی دریاهای گرم عرب و عمان سامانه سودانی و ناوه دریای سرخ تقویت شده و ناپایداری شدیدی را بر روی منطقه ایجاد می‌کند (محمدی و لشکری،۱۳۹۸).

با توجه به مطالب گفته شده تکوین و گسترش کم‌فشارهای منطقه دریای سرخ و جابجایی و انتقال آن‌ها در خاورمیانه می‌تواند به موقعیت و شدت رودباد جنب حاره و نیز عمق و امتداد محور ناوه عرض‌های میانی بستگی داشته باشد (مفیدی ۱۳۸۳)؛ و نشان می‌دهد موقعیت و سرعت هسته رودباد جنب حاره بر روی خاورمیانه و امتداد محور آن در ترازهای فوقانی تروپسفر ضمن کنترل الگوی گردش تراز میانی، مسیرهای ورود کم‌فشارهای سودانی به ایران را کنترل می‌کند (مفیدی و زرین،۱۳۸۴). نتایج کار مفیدی و زرین در ایران نشان می‌دهد خاورمیانه در زمان اوج فعالیت کم‌فشار سودانی در خروجی هسته رودباد جنب حاره قرار می‌گیرد. بامطالعه‌ی کریچاک و آلمازوری درزمینهٔ رودباد جنب حاره در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال نیز مشخص شد که در طی دوره سرد سال بخش شرقی و شمال شرقی کم‌فشار سودان تحت تسلط این رودباد است (Krichak et al,1997, Almazroui et al.2018). به‌این‌ترتیب این رودباد به‌عنوان مؤثرترین عامل در تشدید ناپایداری‌های این منطقه به‌حساب می‌رود (لشکری و همکاران ۱۳۹۵)؛ که توفان‌های شدید پاییزی منطقه شرق مدیترانه و عمیق شدن ناوه لایه میانی تروپسفر در شرق مدیترانه و گسترش آن به عرض‌های جنوبی‌تر سبب تقویت آن در شمال شرق افریقا شده و درنتیجه باعث تقویت کم‌فشار سودانی می‌شود (Dayan and Abramsky,1983). به‌این‌ترتیب کم‌فشار سودانی در شرایطی تشکیل می‌شود که رودباد در منطقه حضور داشته باشد و هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین‌تر (دریای عرب و سرخ) را به مناطق اطراف تزریق و همگرایی سطح پایین را تشدید کند (رفعتی و همکاران ۲۰۱۶).

خاطرنشان می‌شود در طی ماه‌هایی که کم‌فشار سودان فعال و مرطوب بوده است ارتباط معکوسی را با پرفشار آزور نشان داده است به‌طوری‌که طی سال‌هایی که پرفشار آزور تضعیف‌شده و درنتیجه کم‌فشار سودان شدت گرفته است. شدت یافتن پرفشار آزور طی سال‌های متمادی در مطالعات بسیاری گزارش‌شده است (Rehman et al.2019; Iqbal et al. 2012). این محققان در محدوده خاورمیانه و آفریقا شدت یافتن این پرفشار را با کاهش بارش‌ها در خاورمیانه و آفریقا نشان دادند که آن را نتیجه شدت یافتن چرخه هدلی به‌ویژه از دهه ۱۹۵۰ می‌دانند (Awad and Mashat,2018). همچنین کم‌فشار سودان می‌تواند با جابجایی پرفشار جنب‌حاره‌ای مرتبط باشد، جابه‌جایی سالانهٔ این پرفشارها اثر بسیار مهمی بر پراکنش و نحوه فعالیت کم‌فشار سودان دارد (لشکری و محمدی،۲۰۱۵). قرارگیری هستهٔ مرکزی پرفشار بر روی دریاهای گرم عمان و عرب موجب فرارفت گرما و رطوبت از روی این دریاها به داخل کم‌فشار

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

سودان می‌شود (لشکری و محمدی،۲۰۱۵). پس وجود سامانه پرفشار بر روی شبه‌جزیره عربستان و شمال غرب اقیانوس هند منبع عمده رطوبتی مربوط به دریای سرخ است که به تقویت این سامانه می‌انجامد (موقری و خسروی،۱۳۹۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد قرارگیری بین مراکز پرفشار اروپا و پرفشار جنب‌حاره‌ای جنوب شرق عربستان، سبب تشکیل کمربند همگرایی روی سودان و دریای سرخ می‌شود و به ترتیب سبب فرارفت هوای سرد و گرم به درون کمربند همگرایی دریای سرخ و سامانهٔ سودانی می‌شود و موجبات تقویت آن را فراهم می‌کند (خوش‌اخلاق و همکاران،۲۰۱۴).

به نظر بعضی محققین یکی دیگر از عامل‌های مهم در تقویت کم‌فشار سودان، گسترش جنوب سوی پرفشار سیبری و گسترش شمال سوی کم‌فشار سودان و ایجاد جبهه‌های سنگین بین این دو مراکز فشاری است (Darand et al,2018; Mashat and avad,2015). حتی آن‌ها خاطرنشان می‌کنند شدت یافتن پرفشار سیبری مهم‌تر از الگوهای پیوند از دوری نظیر NAO, AO و SO است (Awad and Mashat,2018). باوجوداینکه روند صعودی در ورود سیستم‌های سودانی به منطقه جنوب غربی ایران وجود دارد (محمدی و لشکری،۹۸)؛ اما طی سال‌های موردبررسی و طی یک روند بلندمدت این کم‌فشار تضعیف‌شده و دلیل آن می‌تواند تقویت پرفشار آزور و پرفشار سیبری باشد، پرفشار آزور به دلایلی نظیر گرمایش جهانی قدرت و شدت زیادی یافته است به‌طوری‌که توانسته از قدرت کم‌فشار سودانی تا حدی بکاهد و از طرفی دیگر در سال‌هایی که پرفشار سیبری هم تقویت شود کم‌فشار سودانی تضعیف می‌گردد این در شرایطی است که پرفشار سیبری تا ایتالیا و شبه‌جزیره عرب نیز پیشروی می‌کند (Awad and Mashat,2018). درنتیجه می‌توان این را استنباط نمود که تحت شرایط گرمایش جهانی و تغییرات مهم و قدرت یافتن پرفشار آزور از شدت کم‌فشار سودانی در اکثر سال‌های موردبررسی کاسته شده است. از طرفی چون کم‌فشار ارتباطاتی نیز با پرفشار سیبری نشان داده است مشخص می‌کند در زمان‌هایی که پرفشار سیبری قوی بوده از شدت و وسعت این کم‌فشار کاسته شده (Awad and Mashat,2018).

سبزی پرور (۱۳۷۰) عامل اصلی در دینامیکی شدن کم‌فشار سودانی را عمیق شدن کم‌فشار ایسلند و ایجاد ناوه عمیق بین پرفشار سیبری و پرفشار آزور می‌داند. کرم پور با تأیید این نتایج معتقد است که کم‌فشار سودان از طریق سه الگو بر مناطق اطراف خود تأثیرگذار است: الگوی اول قرارگیری ناوه عمیقی در غرب روسیه و گسترش دامنه مکانی آن بر روی دریای سرخ. الگوی دوم، قوی شدن و گسترش واچرخند سیبری و رسیدن آن به آب‌های گرم جنوبی ایران که انتقال رطوبت به داخل سامانه سودانی را سبب می‌شود؛ و همچنین ادغام سامانه سودانی و مدیترانه‌ای با سامانه ایسلند. الگوی سوم، گسترش شمال غربی- جنوب شرقی پرفشار آزور بر روی اقیانوس اطلس و ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی توسط سامانه ایسلند بر روی خاورمیانه و ادغام آن با سامانه سودانی می‌باشد (کرم پور و همکاران،۱۳۹۲).

پس با توجه به نظر محققان مختلف از عوامل تقویت کم‌فشار سودانی می‌توان به وجود ناوه در مدیترانه شرقی و پشته در مدیترانه غربی اشاره کرد، ولی یک عامل مهم در تقویت این سامانه رودباد جنب حاره است که با قرارگیری کم‌فشار سودان در نیمه شرق هسته خروجی رودباد موجب بارش‌های جالب‌توجه در مناطق اطراف به‌ویژه ایران می‌شود، محققان ثابت کرده‌اند که کم‌فشار سودان در محل ایجاد جبهه بین مناطق فشاری مختلف تقویت می‌شود که ازجمله آن‌ها پرفشار سیبری و پرفشار آزور، پرفشار جنب‌حاره‌ای و پرفشار اروپایی می‌باشد، اما از عوامل تضعیف آن

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

می‌توان به‌شدت یافتن و گسترش پرفشار آزور و پرفشار سیبری اشاره کرد که اگر این مراکز پرفشار پیشروی کنند از شدت کم‌فشار سودانی کاسته می‌شود. درنتیجه اگر بین دو مرکز فشار در منطقه سودان جبهه ایجاد شود باعث تقویت این سامانه می‌شود ولی اگر سیستم‌های پرفشار بر روی مناطق اطراف کم‌فشار سودانی شدت و گسترش بیابند از شدت این سامانه کاسته می‌شود.

اثرات کم‌فشار سودان بر اقلیم منطقه به‌ویژه ایران

محققان زیادی اهمیت کم‌فشار سودان و نقش آن را در دگرگونی آب‌وهوای مدیترانه اثبات کرده‌اند (Tsvieli,2005 Zangvil and، Krichak et al,2000؛ Haggag,2013 El-Badry and؛ Krichak et al,2015؛ De Vries et al,2016؛ Almazroui,2016 Awad and)؛ و همچنین مطالعات متعددی، الگوهای سینوپتیکی و تحول برخی از سیلاب‌های سنگین و بارش‌های سنگین در این منطقه را تحلیل کرده‌اند (Zangvil,1995 Izacson and, Alpert and Krichak1997؛ Dayan et al,2001؛ Ziv et al,2005؛ Al-Khalaf Abdel and Basset,2013). ابرهای حاره‌ای پدیده‌ای که منشأ بارش‌های خاورمیانه را به آن نسبت داده‌اند در اثر ایجاد جبهه بین منطقه حاره و عرض‌های میانی ایجاد می‌شود و منشأ حرارتی آن از منطقه حاره و رطوبت آن از اقیانوس هند تأمین می‌شود که گویا منشأ سودانی دارد (Rubin et al,2007). در بیابان نقبه ناوه معکوس دریای سرخ در ایجاد بارش‌های سنگین این منطقه در فصل بهار و پاییز نقش عمده‌ای داشته و بین ۸۵ تا ۱۰۰ درصد بارش سالانه صحرای نقبه توسط این فرآیند تأمین می‌شود (Kidron and Pick,2000). همچنین مشخص‌شده است که اصلی‌ترین عامل بارش‌های سنگین عربستان در طول دوره ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ مربوط به کم‌فشار سودان بوده است (Gallus and Samman,2018). به‌این‌ترتیب فعال شدن و تقویت کم‌فشار سودان بارش‌های بسیار شدید و سنگینی را بر روی نواحی اطراف دریای سرخ و مدیترانه ایجاد می‌کند (Shay and Alpert,1990). در بعضی تحقیقات سامانه سودانی را حتی گاهی مهم‌ترین سازوکار بارش زا در شرق مدیترانه می‌دانند. این سامانه در صورت وجود شرایط مناسب در لایه‌های میانی جو و با توجه به خصوصیات ترمودینامیکی خود و با برخورداری از هوای گرم و پتانسیل رطوبت پذیری بالا و دسترسی به رطوبت فراوان دریاهای گرم (دریای سرخ، مدیترانه، دریای عرب، عمان، اقیانوس هند و خلیج عدن) هنگام ورود به ایران رگبارهای شدیدی را در نواحی جنوبی و جنوب غرب کشور ایجاد می‌کند (لشکری، ۱۳۸۱، خوشحال و همکاران،۲۰۰۹). درواقع بخش گسترده‌ای از سامانه‌هایی که جنوب غرب ایران را تحت تأثیر قراردادند، در امتداد منطقهٔ همگرایی دریای سرخ (جنوب شرق عراق، کویت و شمال شرق شبه‌جزیرهٔ عربستان) شکل گرفتند و وابسته به گسترش و نفوذ زبانهٔ کم‌فشار سودانی می‌باشد (رفعتی و همکاران،۲۰۱۴). مطالعات مختلفی در ایران اثبات نموده‌اند که این سامانه کم‌فشاری بر بارش‌های ایران نقش بسزایی دارد و در زمستان و بهار باعث بارش‌های سیل‌آسا می‌گردد (Lashkari, 2003; Zarrin and Mofidi, 2006; Mohammadi et al.2012; Lashkari et al.2016). خلج (۱۳۸۱) نشان داده است که کم‌فشارهای دریای سرخ بعد از کم‌فشارهای دریای مدیترانه دومین عامل بارش زا در بارش ایران هستند و همچنین نشان داده است که بیشتر بارش‌های سیل‌آسا در ایران مربوط به این کم‌فشار و یا ترکیب آن با کم‌فشارهای مدیترانه‌ای است. درواقع همیشه تفکر غالب این بوده است که کم‌فشار دینامیکی مدیترانه‌ای بیشترین تأثیر را در بارش‌های جوی ایران داشته است (مکتب برگن) اما تحقیقات اخیر حاکی از پررنگ‌تر شدن نقش کم‌فشار سودان در این امر می‌باشد (مفیدی و زرین،۱۳۸۴)؛ و باعث ایجاد بارش‌های مؤثر و سیل‌آسا بر روی مناطق مختلف کشور می‌شود (خلج ۱۳۸۱،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

لشکری ۱۳۸۱، سازمان هواشناسی ۱۳۸۱، لشکری و همکارانش،۲۰۱۳، امیری،۱۳۸۷، انصاری، ۱۳۸۲، فرجی،۱۹۸۱، کیانی و خالدی،۲۰۱۷، قائدی و همکاران ۱۳۹۰). از ویژگی‌های آب‌وهوایی و همچنین رژیم بارش‌های سودانی در ایران، بارش‌های سالیانه اندک با نوسان‌های شدید و رگباری و کوتاه‌مدت است (علیجانی،۱۳۶۶). میزان بارش این سامانه در ابتدا زیاد بوده و زمانی که به‌سوی مرکز و شمال شرق کشور منتقل می‌گردد از میزان شدت آن کاسته می‌شود؛ و تمام نقاط کشور به‌جز شرق و جنوب شرق از بارش این سامانه بهره‌مند می‌شوند (لشکری و خلیلیان،۲۰۱۳)؛ به‌این‌ترتیب سامانه سودانی یکی از سامانه‌های مؤثر سرد سال بر روی کشور ایران است که در بعضی منابع به نام موج سودانی آمده است (پرک و همکاران،۱۳۹۴)؛ و در دوره‌های تر و خشک ایران تأثیر بسزایی دارد (Darand et al.2018). پس می‌توان نتیجه گرفت که سیستم کم‌فشار سودانی با بهره‌گیری از رطوبت آب‌های گرم و فعال شدن توسط سیستم‌های دینامیکی اثرات اقلیمی قابل‌توجهی بر روی مناطق اطراف خود خصوصاً ازنظر بارشی دارد، ازآنجاکه از ویژگی‌های بارشی این سامانه بارش‌های تند و رگباری است باعث ایجاد بارش‌های بسیار سنگین و سیل‌های خسارت‌بار در منطقه می‌شود و اثرات این کم‌فشار بر اقلیم ایران در اکثر موارد به‌صورت پدیده‌های حدی ظاهر می‌شود که به‌صورت بارش‌های سنگین، بارش‌های بهاری، بارش برف و تگرگ و یخبندان، خشک‌سالی و ترسالی، سیل و طوفان‌های تندری می‌باشد.

بارش‌های سنگین

در الگوی موج بارشی سنگین در مناطق جنوبی و جنوب غربی ایران، کم‌فشار سودانی بر روی جنوب غرب دریای سرخ، استقرار می‌یابد و دامنه آن به‌صورت مورب از جنوب غرب به‌سوی شمال شرق امتداد می‌یابد و این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد که عامل رطوبت آن دریای عرب می‌باشد و در حین عبور از روی دریای سرخ و خلیج‌فارس تقویت می‌گردد (مفیدی و زرین،۲۰۰۵). در ادامه به مواردی اشاره خواهیم کرد که کم‌فشار سودانی عامل ایجاد بارش‌های سنگین در مناطق مختلف ایران در طول سالیان مختلف بوده است، ازجمله: ثابت‌شده است منشأ اصلی بارش‌های سنگین منطقه شیرکوه یزد کم‌فشار سودانی می‌باشد (امیدوار و همکاران،۱۳۹۴). شرایط سینوپتیکی لازم برای ایجاد بارش‌های سیل زا در فصل گرم سال در استان گلستان مربوط به نفوذ سامانه پرفشار مهاجر اروپایی از شمال شرق و ریزش هوای سرد جنب قطبی از یکسو و نفوذ زبانه‌های سامانه کم‌فشار سودان از جنوب و جنوب غرب کشور می‌باشد (لشکری و همکاران،۱۳۸۷). عامل اصلی بروز بارش‌های شدید و سیل زا در شهر اصفهان ورود سامانه کم‌فشار سودانی از جنوب غرب کشور به این منطقه عنوان‌شده است (گندم‌کار،۱۳۹۱، لشکری و همکاران،۲۰۱۲). کانون بارش‌های شدید در استان خراسان رضوی ناشی از وجود الگوی سینوپتیکی هم‌زمان با بارش‌های شدید فرود بلند مدیترانه می‌باشد و دریای سرخ به‌عنوان منبع اصلی این بارش‌ها است (خوش‌اخلاق و همکاران،۲۰۱۲). بارش سنگین در استان لرستان از چهار الگو پیروی می‌کند که ۳ الگوی آن از کم‌فشار سودان تأثیر می‌پذیرد (کرم پور و همکاران،۱۳۹۲). همچنین رویارویی کم‌فشار جنب قطبی با کم‌فشار سودان-عربستان را که شرایط دگرفشار شدیدی را در راستای شمال غرب - جنوب شرق کشور فراهم می‌کند، عامل بارش‌های سنگین در نیمه غربی کشور است (علیجانی و همکاران،۱۳۹۲). در هنگام وقوع بارش‌های سنگین در جنوب ایران، بر روی جنوب شرق شبه‌جزیره عربستان پرفشار حاکم است و جریانات حاکم بر روی این منطقه رطوبت و گرما را از روی دریای عمان و عرب و از طرف دیگر خلیج عدن و دریای سرخ را به جلو سامانه مذکور تزریق نموده و توسط سیستم سودانی وارد مناطق جنوبی ایران می‌نماید و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

به علت عمیق شدن ناوه شرق مدیترانه و ریزش هوای سرد از نواحی عرض‌های شمالی به پشت سامانه سودانی این سیستم فوق‌العاده قوی گردیده و به حالت دینامیکی درآمده و بارش سنگین را در جنوب غرب کشور ایجاد می‌کند (لشکری و همکارانش،۲۰۱۳). وقوع بارش‌های سنگین در مناطق کوهستانی ایران نشان می‌دهد که در روزهای بارشی مرکز کم‌فشاری بر روی کشور یونان شکل‌گرفته و با عمیق شدن تا عرض‌های ۲۵ درجه کم‌فشار حرارتی واقع بر روی سودان را تبدیل به کم‌فشار دینامیکی کرده و تا غرب کشور گسترش‌یافته است (فرج زاده و رجایی،۱۳۹۲). منابع عمده رطوبتی بارش سنگین قزوین در سطوح ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال را دریای سرخ و خلیج‌فارس دانسته‌اند (احمدی،۱۳۹۴). رویارویی دو مرکز پرفشار عربستان با کم‌فشار دریای مدیترانه و سودان باعث ریزش بارش‌های سنگین در حوضه‌های آبریز حله و مند در منطقه شمالی خلیج‌فارس و خلیج‌فارس شده است (بلیانی و سلیقه،۱۳۹۵). سامانه کم‌فشار سودان هوای گرم و مرطوب دریای سرخ و خلیج‌فارس را به اهواز تزریق می‌کند و باعث بارش‌های تندری در این منطقه می‌شود (محمدی و همکاران،۱۳۹۵). الگوی جوی بارش سنگین در جنوب غرب ایران نشان می‌دهد یک سامانه کم‌فشار که از روزهای قبل بر روی دریای سرخ شکل‌گرفته با حرکت به سمت شمال شرق در این روز به داخل ایران نفوذ کرده و در برخورد با پرفشار مستقر بر روی اروپا که به سمت جنوب غرب حرکت می‌کند شرایط مناسب برای ناپایداری را بر روی جنوب غرب ایران ایجاد کرده و منجر به همگرایی در سطوح پایین بر روی منطقه شده است (مشکواتی و همکاران،۱۳۹۳). در مناطق مرکزی ایران گرادیان شدید فشار بین کم‌فشار سودان و پرفشار اروپایی عامل اصلی رخداد بارش فرین در این مناطق عنوان‌شده است (امیدوار و همکاران،۱۳۹۴). در زمان حدوث بارش‌های سنگین در غرب ایران یک سیستم مانع بر روی شمال ایران مستقر و باعث خواهد شد تا شاخه جنوبی سامانه غربی از روی دریای عرب و خلیج‌فارس به نواحی غربی کشور کشیده شود. در چنین شرایطی میزان رطوبت در نواحی سودان و دریای سرخ بالاست و نحوه وزش باد نیز به‌گونه‌ای است که رطوبت را از دریای سرخ و عرب مکیده و به نواحی غربی ایران هدایت می‌کند (داداشی و کاشکی،۱۳۹۷). نتایج نشان داده است که هنگامی‌که دمای سطح خلیج‌فارس کاهش می‌یابد اختلاف فشار بین نواحی جنوبی کشور و مناطق خیز سودانی نیز افزایش‌یافته و درنتیجه صعود توده‌هوای سودانی و بارش سنگین را به دنبال دارد(ناظم السادات، ۱۳۷۷). بیشتر مطالعات نشان داده‌اند که این کم‌فشار بر روی مناطق غرب و جنوب غرب کشور اثر دارد اما مطالعاتی دیگر ثابت کرده‌اند که اثرات آن تا مناطق مرکزی و حتی شمال شرقی کشور نیز نفوذ داشته است و این نشان‌دهنده نقش کم‌فشار سودانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سامانه‌های سینوپتیکی تأثیرگذار بر روی اقلیم ایران می‌باشد.

بارش‌های بهاری و فصلی و روند تغییرات

میزان تأثیر کم‌فشارهای منطقه سودان بر بارش در هر یک از ماه‌ها و الگوهای مختلف، متفاوت است ولی بیشترین پهنه و درصد افزایش بارش در زمان رخداد الگوی میانی و شرقی فرود دریای سرخ، مربوط به اردیبهشت و خردادماه است (قائدی و همکاران،۱۳۹۰). تقویت سامانه پرفشار سیبری از ناحیه شمال شرق و پیشروی سامانه سودانی از ناحیه جنوب غرب کشور در بهار می‌تواند موجب پدید آمدن گرادیان فشار بین این دو مرکز فشاری و به‌تبع آن افزایش ناپایداری‌ها و بارش‌های بهاری در نواحی مختلف کشور گردد(رسولی و همکاران ۱۳۹۱). دوستکامیان نیز ثابت کرده است که مکانیسم بارش‌های فراگیر بهارهٔ ایران ناشی از گرادیان فشار بین پرفشار سیبری و کم‌فشار سودان بوده است (دوستکامیان و همکاران،۲۰۱۷)؛ بنابراین غالب¬ترین الگوی بارشی بهاره فراگیر ایران الگوی پرفشار سیبری و کم‌فشار

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

سودان بوده است وضعیت منابع رطوبتی نیز بیانگر این است که نقش دریای عرب، خلیج¬فارس، دریای سرخ در تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکالی به شکل بارزی در شار رطوبت بارش‌های بهاره ایران قابل‌مشاهده و ردیابی است (درگاهیان و همکاران،۱۳۹۸). نتایج حاصل از واکاوی بارش‌های بهاری فراگیر ایران نشان داد که علاوه بر نقش کم‌فشار سودان، چهار الگوی کم‌فشار عربستان- کم‌فشار ایران مرکزی، کم‌فشار اروپا- کم‌فشار سودان، کم‌فشار خلیج‌فارس- پُرفشار سیبری و الگوی چندهسته‌ای کم‌فشار خاورمیانه بیشترین نقش را در بارش‌های بهاری فراگیر ایران ایفا می‌کنند (حقیقی و همکاران،۲۰۱۷).

تحلیل‌ها نشان داد که بارش‌های فصلی در نیمه جنوبی ایران اساساً به کم‌فشار سودانی و تقویت این کم‌فشار توسط مدیترانه ارتباط داده می‌شود (پوراصغر و همکاران،۲۰۱۳). در سال‌های اخیر در فصل زمستان میانگین تعداد و مقدار بارش‌های رگباری در ایستگاه‌های سینوپتیکی کشور، کاهش‌یافته و همچنین فشار هسته مرکزی سامانه کم‌فشار سودانی نیز نشان می‌دهد که در فصل زمستان دارای تغییرات معنی‌دار در راستای تضعیف عملکرد بارش رگبارها بوده و از تعداد و بارش آن‌ها کاسته شده است و ازلحاظ مکانی در طول جغرافیایی آن تغییر معنی‌داری رخ نداده ولی عرض جغرافیایی آن به عرض‌های پایین‌تر منتقل‌شده است که جابجایی جنوب‌سوی آن می‌تواند فرآیند ادغام آن با سامانه‌های مدیترانه‌ای و درنتیجه بارش‌ها را تضعیف نماید. تغییرات در فشار هسته مرکزی کم‌فشار سودانی در پائیز، در راستای افزایش میزان بارش رگبارها علی‌رغم ثابت بودن تعداد رگبارها است. طول جغرافیایی محل تشکیل هسته مرکزی سامانه کم‌فشار سودانی در پائیز دارای تغییرات معنی‌داری بوده است. همچنین این سامانه ازلحاظ عرض جغرافیایی در فصل پاییز تغییرات معنی‌دار نداشته ولی تحقیقات نشان می‌دهد که به سمت عرض‌های بالاتر و شرق متمایل شده است که موجب افزایش تأثیرگذاری این سامانه در فصل پائیز بر روی ناحیه کوه‌پایه‌ای داخلی ایران شده است (فنودی و همکاران،۱۳۹۶)؛ بنابراین مطالعات در رابطه با اثر کم‌فشار بر بارش‌های فصلی ایران نشان داده است که همبستگی معکوس منفی در فصل‌های زمستان و بهار و همبستگی مثبت در فصل‌های تابستان و پاییز وجود داشته است. همبستگی مثبت فصل تابستان به علت دمای بالای آب و عبور توده‌هوای موسمی و همبستگی مثبت فصل پاییز به علت دمای بالای آب و عبور کم‌فشار سودانی از روی دریای عمان بوده است (کیانی و خالدی،۲۰۱۷). بررسی سیر تاریخی سامانه‌های سودانی نشان داده است که فراوانی و شدت سامانه‌های دوروزه نسبت به سایر دوره‌ها در حال افزایش است. درعین‌حال، فراوانی ورود سامانه‌هایی با منشأ سودانی به کشور ایران سیر صعودی دارد؛ به‌طوری‌که که حدود ۵۷ درصد کل بارش‌های نازل‌شده در این محدوده مربوط به سامانه‌هایی با منشأ سودانی مستقل است (لشکری و محمدی،۲۰۱۹).

از مطالعه تحقیقات صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به گذار بودن فصل بهار، به دلیل اینکه هنوز پرفشار سیبری عقب‌نشینی نکرده و کم‌فشارهای منطقه سودان که در اثر سیستم‌های دینامیکی تقویت‌شده‌اند در حال پیشروی به داخل کشور می‌باشند، در اثر ایجاد گرادیان فشار بین این دو مرکز فشاری بارش‌های بهاری قابل‌توجهی در کشور رخ خواهد داد که نقش رطوبتی دریای عرب و خلیج‌فارس نیز دراین‌بین حائز اهمیت است. در سال‌های اخیر وقوع رگبارها با منشأ سودانی در کشور بیشتر در فصل پاییز افزایش‌یافته است، در این فصل کم‌فشار ازنظر طول و عرض جغرافیای به سمت شرق و شمال شرق جابجا می‌شود و این خود باعث تأثیر بیشتر آن بر اقلیم ایران می‌شود،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

بااین‌وجود به دلیل افزایش فشار مرکزی در زمستان و عدم جابجایی مرکز فشار به سمت عرض‌های بالاتر تأثیر این سامانه در فصل زمستان کاهش‌یافته است.

ترسالی و خشک‌سالی

سامانه‌های سودانی در ترسالی و خشک‌سالی نیمه جنوبی ایران نقش مهمی را ایفا می‌کند، بررسی‌ها نشان می‌دهد تقویت کم‌فشار بر روی مدیترانه و سودان و ادغام آن‌ها و تقویت پرفشار درروی اروپا با وقوع ترسالی‌ها در کشور همراه خواهد بود و در مقابل افزایش نابهنجاری مثبت فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ از شمال دریای سرخ و روی نیمه شرقی مدیترانه تا شمال اروپا همراه با نابهنجاری‌های منفی در نیمه غربی مدیترانه سبب دوره‌های خشک شدید می‌شود (رنجبر و همکاران،۲۰۱۴). همچنین زمانی که پرفشار عربستان هوای گرم و مرطوب نواحی غرب اقیانوس هند را به درون سامانه سودانی تغذیه می‌کند سبب حرکت شرق سوی سامانه سودانی و انتقال حجم وسیعی از شار رطوبت و شار گرمای نهان به نواحی جنوب و جنوب غرب ایران می‌شود که منجر به ریزش بارش‌های هم رفتی بسیار بالایی به میزان چهار برابر میانگین سالانه و ترسالی در جنوب و جنوب غرب ایران می‌شود ولی در سال‌های خشک نابهنجاری‌های دما و ارتفاع متفاوت با دوره ترسالی است؛ بدین معنی که نواحی شرق دریای مدیترانه، سراسر غرب دریای سرخ، نیمه غربی شبه‌جزیره عربستان، نواحی جنوبی ایران و بر روی سواحل جنوبی دریای خزر نابهنجاری‌های مثبت در سطح زمین و در کلیه ترازهای تروپسفر دیده می‌شود. علاوه بر این، نواحی شمال شرقی و شرق شبه‌جزیره عربستان از نابهنجاری‌های منفی برخوردار است و نشان می‌دهد که سامانه سودانی چندان فعال نبوده و رطوبت به نحو شایسته‌ای از نواحی غرب اقیانوس هند به درون سامانه سودانی انتقال نمی‌یابد (پرک و همکاران،۱۳۹۴). از طرف دیگر با عقب‌نشینی پرفشار قدرتمند سیبری و نفوذ سامانه کم‌فشار سودانی و ناوه عرض‌های بالا، سمت باد در سطح زمین و میانی جو جنوبی و غربی شده و دریاهای مجاور ایران به‌ویژه جنوبی همچون دریای عرب و سرخ نقش تأمین رطوبت را در زمان رخداد ناپایداری و ترسالی‌های فراگیر ایران را بر عهده‌دارند (حجازی زاده و همکاران،۱۳۹۷)؛ بنابراین خشک‌سالی‌ها زمانی رخ می‌دهد که میزان فشار و ارتفاع جو و تداوم آن درنتیجهٔ پدیدهٔ گرمایش جهانی در منطقهٔ سودان و دریای سرخ تشدید شود و موجب کاهش بارش در جنوب غرب ایران می‌شود (حیدری و خوش‌اخلاق،۲۰۱۸)؛ و ترسالی‌ها زمانی رخ می‌دهد که رطوبت دریاهای عرب و عمان از طریق گردش واچرخندی پُرفشار عربستان به درون سامانهٔ سودانی وارد می‌شود و سپس در امتداد زبانهٔ کم‌فشار بر روی ایران منتقل‌شده است (محمدی و لشکری،۲۰۱۸).

سازوکار تأثیر کم‌فشار سودانی بر وقوع خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در ایران نیز مطابق با عملکرد وقوع بارش‌های سنگین می‌باشد، بدین گونه سال‌هایی که پرفشار عربستان رطوبت اقیانوس هند و دیگر آب‌های اطراف را به داخل کم‌فشار سودان نفوذ می‌دهد و مخصوصاً اگر با ناوه‌های عرض‌های بالا همراه باشد باعث فعال شدن و حرکت به سمت شرق و درنتیجه وقوع بارش‌ها در ایران و به‌تبع وقوع ترسالی‌ها در ایران می‌شود این پدیده مخصوصاً زمانی تأثیر عمیق دارد که پرفشار سیبری عقب‌نشینی کند در مقابل پدیده خشک‌سالی زمانی اتفاق می‌افتد که هیچ‌گونه ناهنجاری بین مراکز فشاری وجود ندارد و حتی پرفشار عربستان و سیبری مانعی برای حرکت شرق سوی کم‌فشار سودان به وجود می‌آورند.

یخبندان، برف و تگرگ

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

نتایج حاصل از مطالعه نقشه‌های حداکثری یخبندان‌های فراگیر کشور، یک نابهنجاری فشاری دوقطبی با یک مقدار مثبت در شمال شرق و یک مقدار منفی ضعیف در شمال غرب ایران بر روی کشور ترکیه را نشان می‌دهد. چنین ساختاری باعث تقویت پرفشار سیبری و گسترش زبانه غربی آن تا غرب دریای مدیترانه می‌گردد و شرایط برای استقرار یک سامانه پرفشار بر روی این دریا فراهم می‌شود که نتیجه آن، ایجاد منطقه جبهه‌ای با زبانه سامانه کم‌فشار موسمی سودان و همچنین مهیا شدن شرایط همدیدی برای ریزش هوای سرد از عرض‌های جغرافیایی بالاتر بر روی ایران است (محمودی و همکاران،۱۳۹۱). بارش برف در غرب ایران در اثر ورود سامانه‌های مختلف دور و نزدیک به این منطقه شکل می‌گیرد که گسترش و نفوذ زبانه‌های کم‌فشار سودان به سمت نواحی غربی ایران یکی از این عامل‌ها است و باعث می‌شود که بارش‌های برف در غرب کشور رخ می‌دهد (رضایی بنفشه و همکاران،۲۰۱۴).

مطالعه الگوهای جوی در تحلیل همدید بارش تگرگ فراگیر غرب ایران نشان داد که این رخداد، نتیجه گسترش سامانه کم‌فشار واقع بر روی دریای سرخ و سودان است (لشکری و همکاران، ۱۳۹۴). بدین گونه در روز بارش تگرگ منطقه در جلو ناوه قرار داشته و سامانه پرفشار بر روی دریای عرب سبب انتقال هوای گرم و مرطوب با امتداد جنوبی-شمالی به درون کشور شده و ضمن تقویت سامانه کم‌فشار سودانی شرایط مناسبی برای ایجاد ناپایداری و ریزش تگرگ فراهم کرده است (ایران پور و باقری،۲۰۱۶). در کل سه الگوی گردشی مرتبط با بارش تگرگ در کشور شناسایی‌شده است؛ ازجمله ۱. تقویت سامانهٔ کم‌فشار سودان؛ ۲. تقویت پُرفشارهای اروپایی و سیبری؛ ۳. قرارگیری منطقه بر روی شرق ناوهٔ مدیترانه که نقش سامانه کم‌فشار سودانی در سال‌های اخیر بسیار موردتوجه قرارگرفته است (سلیمی سبحان و همکاران،۲۰۱۹).

می‌توان نتیجه گرفت که وقوع یخبندان در کشور، زمانی رخ می‌دهد که با پیشروی پرفشار سیبری بر روی مدیترانه یک منطقه جبهه‌ای بین این دو منطقه فشاری ایجاد شود، سامانه سودانی همچنین با پیشروی خود بر روی مناطق غربی کشور می‌تواند یکی از علت‌های بارش برف در کشور باشد، اما مهم‌ترین اثری که این سامانه می‌تواند بر روی اقلیم ایران داشته باشد در ارتباط با بارش تگرگ است و این زمانی رخ می‌دهد که سامانه سودانی در قسمت جلوی ناوه مدیترانه قرار گیرد و ضمن نفوذ رطوبت از طریق پرفشار عربستان به داخل آن فعال شود و عامل وقوع تگرگ‌های قابل‌توجه در کشور باشد.

سیل

تقریباً ۳۷٪ از سیل‌های عمده بین سال‌های ۱۹۶۵ و ۱۹۹۴ با فعال شدن کم‌فشار سودان در جنوب غرب خاورمیانه ایجادشده است (Kahana et al,2002). با وقوع سیل جده در نوامبر ۲۰۰۹ مشخص شد که عامل اصلی این سیل سنگین کم‌فشار سودان بود که با پیشروی به عرض‌های بالا و تداخل با سیستم‌های سینوپتیکی آن در شمال شرقی آفریقا تقویت‌شده است. این سیل میلیون‌ها دلار خسارت وارد کرد و باعث کشته شدن تقریباً ده هزار نفر شد (De Vries,2016). سامانه سودانی همراه با هوای گرم و مرطوبی که از طریق نفوذ پرفشار عربستان به داخل آن تأمین می‌شود، پس از عبور از دریای سرخ و خلیج‌فارس تقویت‌شده و بر محتوای رطوبتی آن افزوده‌شده و درنتیجه در اثر ناپایداری شدید ایجادشده در جلوی فرود عمیق مدیترانه صعود نموده و رخداد بارش‌های سیل زا در زاگرس مرتفع را به دنبال دارد (منتظری،۲۰۱۶). همچنین تقویت سامانه سیبری و گسترش آن بر روی آب‌های گرم و انتقال رطوبت به داخل ایران و عربستان و نیز ریزش هوای سرد واچرخند آزور برای پویایی و انتقال سامانه سودانی به عرض‌های بالاتر و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

ادغام آن با سامانه مدیترانه‌ای و ریزش هوای سرد عرض‌های بالا توسط فشار کم ایسلند و ادغام آن با سامانه ادغامی عامل ایجاد سیل عظیم در نیمه سرد سال در کشور می‌شود (کرمی،۱۳۸۹). همچنین در طی فعالیت سامانه بندالی اقیانوس اطلس در شرق دریای مدیترانه، انشعاب در رودباد در نزدیکی پشته ثانوی روی ایران به وقوع می‌پیوندد و درنتیجه سامانه‌های کم‌فشاری نزدیک غرب ایران را تشدید کرده است؛ بسط و توسعه سامانه کم‌فشار سودانی سبب افزایش نیرومندی ناوه شرقی سامانه بندالی و منجر به جاری شدن سیل روی غرب ایران می‌شود (حبیبی،۱۳۸۶).

پس همان فرایندی که طی تقویت کم‌فشار سودانی موجب بارش‌های سنگین در کشور می‌شود، می‌تواند سیل‌های بسیار سهمگین را نیز در کشور به دنبال داشته باشد که بارزترین عامل آن نفوذ رطوبت از طریق پرفشار عربستان به داخل کم‌فشار سودان و قرارگیری این سامانه در جلوی فرود عمیق مدیترانه می‌باشد و موجب بارش‌های سیل‌آسا مخصوصاً در غرب و جنوب غرب کشور می‌شود.

طوفان‌های تندری و گردوغبار

در هنگام وقوع طوفان‌ها زبانه بیشینه مستقر بر روی دریای سرخ همراه با پیشروی شرق سوی ناوه، به‌صورت نوار باریکی به ایران کشیده شده و مقادیر تاوایی نسبی به‌تدریج در جنوب غرب ایران افزایش‌یافته است. همراهی جریان باد با هسته‌های بیشینه نم ویژه مستقر در دریای سرخ، هم رطوبت لازم برای توفان‌ها را تأمین نموده تا با فراهم بودن عوامل دینامیک و رطوبت لازم، بارش‌های فراگیر در منطقه نازل شوند (محمدی و همکاران ۱۳۹۱). همچنین وجود پرفشار مستقر در شمال غربی اروپا و ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر به پشت کم‌فشار مستقر در شرق مدیترانه و تقویت کم‌فشار سودانی و حرکت آن به سمت شمال شرق همراه با رطوبت موجب وقوع این طوفان‌های تندری در کشور می‌شود (امینی و همکاران،۲۰۱۳). بررسی‌ها حاکی از آن است که در هنگام وقوع طوفان‌های تندری در شمال غرب کشور زبانه واچرخندی قوی بر روی روسیه که تا شمال غرب ایران امتداد یافته است، باعث افزایش شیو حرارتی در منطقه شده می‌شود. همچنین در ترازهای بالاتر، وجود چرخندی قوی بر روی جنوب شرقی دریای سیاه با ریزش مداوم هوای سرد عرض‌های شمالی بر روی منطقه سبب عمیق‌تر شدن ناوه مهاجر دریای سیاه بر روی شمال غرب ایران گردیده است. با ادغام دو سلول کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای بر روی کویت و جنوب عراق و با امتداد زبانه آن به سمت شمال غرب ایران و همچنین وجود یک سلول کم‌فشار روی تنگه هرمز و شمال عربستان و انتقال گرما و رطوبت دریای عمان و خلیج‌فارس بر روی منطقه، شرایط لازم برای ناپایداری بیشتر و ایجاد طوفان‌های تندری فراهم می‌شود (لشکری و آقاسی،۲۰۱۳). همچنین اختلاف ارتفاع بین پر ارتفاع شمال آفریقا و کم‌ارتفاع روی ایران در تراز ۸۵۰ موجب شکل‌گیری کم‌فشار قوی در سطح دریا می‌شود. این کم‌فشار قوی با قدرت مکش بسیار بالا هوای گردوغباری بیابان‌های اطراف را به منطقه جنوب غرب کشور مکش می‌کند. در مورد دیگر نیز اختلاف فشار بین دو سیستم پرارتفاع روی عربستان و خلیج‌فارس و کم‌ارتفاع روی مدیترانه در تراز ۸۵۰ سبب وزش باد از مناطق بیابانی اطراف به منطقهٔ مورد بررسی می‌شود. نقشهٔ سطح زمین توفان نیز نشان می‌دهد که کم‌فشار سودان بادهای گرم و خشک و آلوده به ذرات گردوغبار عربستان را به کشور وارد می‌کند. پردازش تصاویر ماهواره‌ای نیز این نتایج را تأیید کرده است (اکبری و همکاران،۲۰۱۴، ناصرپور و همکاران،۲۰۱۵).

آنچه در مورد وقوع پدیده گردوغبار حائز اهمیت است وقوع شیو حرارتی بین مناطق سودانی و مناطقی از کشور است که اگر کم‌فشارها بر نواحی از کشور حاکم باشند باقدرت مکش بالای خود موجب ایجاد طوفان‌ها و گردوغبار در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

کشور می‌شوند. در موارد دیگری نیز کم‌فشار سودان بادهای گرم و خشک و آلوده به ذرات گردوغبار عربستان را به کشور وارد می‌کند.

الگوهای پیوند از دور

در سال‌های هم‌فاز انسو، توزیع‌های متفاوتی از بی‌هنجاری‌ها به چشم می‌خورد؛ اما با جداسازی اثر انسو از اثر سایر نوسان‌های جوی، مشاهده می‌گردد که فاز گرم انسو باعث توسعه پرفشار بر روی اروپای شرقی و دریای سیاه در فصول سرد سال می‌شود که پی آمد آن عبور کم‌فشارهای سودانی و مدیترانه از روی ایران و شکل‌دهی بارش‌های زمستانی در منطقه خواهد بود. این وضعیت برای لانینا، تنها در فصل پاییز آن‌هم با شدت کمتر دیده می‌شود (پرهیزگار و احمدی گیوی،۲۰۱۲). بررسی‌های انجام‌شده بر روی دو سامانه همدید سیبری و سودان نشان داد که آرایش این دو سامانه در سه ماه دسامبر، ژانویه و فوریه در سال لانینا، شرایط مناسب‌تری برای ایجاد بارش نسبت به سال ال نینو داشته است. هرچند داده‌های میانگین بارش سالانه خلاف آن را نشان می‌دهد (نجف پور و کیانی پور،۱۳۹۱). در بین نمایه‌های دور پیوندی، بیش از همه چرخه بارش‌های حدی در ارتباط با چرخه ۳ تا ۵ ساله نمایه انسو می‌باشد (رضایی بنفشه و همکاران،۲۰۱۴). مطالعات نشان می‌دهد که بارش‌های حدی منطقه غرب کشور در طی ۵۰ سال گذشته دارای روندی کاهشی است که این روند کاهشی در ارتباط با رفتار نمایه‌های دورپیوندی AO، NAO و ENSO و همچنین مراکز فشار تأثیرگذار بر بارش منطقه اعم از پرفشار سیبری، کم‌فشار سودانی و کم‌فشار مدیترانه است و سبب کاهش بارش‌ها در غرب و شمال غرب کشور می‌شوند (رضایی بنفشه و همکاران،۲۰۱۴).

آنچه مشخص است تأثیر نمایه‌های دورپیوندی بر روی سامانه سودانی است که می‌تواند اثر این سامانه را بر اقلیم ایران کاهش یا افزایش دهد، ملاحظه می‌شود شرایط النینو بیشتر در زمستان تأثیرگذار است درحالی‌که لانینا در پاییز می‌تواند اثر کم‌فشار سودانی بر اقلیم ایران را تشدید کند.

مطالعات در حوزه کم‌فشار سودان و اثرات آن بر اقلیم مناطق اطراف به‌ویژه ایران به دو بخش تقسیم می‌شود. ۴۷٪ از نویسندگان بارش‌های سنگین ناشی از این کم‌فشار را مطالعه کرده‌اند و بیشترین تعداد حوزه مطالعاتی را درزمینهٔ مطالعات پدیده‌های حدی ناشی از تغییرات کم‌فشار سودان را به خود اختصاص داده است. بعد از آن بارش‌های سیل زای منجر شده از کم‌فشار سودان را کار کرده‌اند که ۲۱٪ از مطالعات را شامل می‌شود، این کم‌فشار همچنین منجر به پدیده‌های یخبندان، بارش برف و تگرگ شده است که شامل ۱۲٪ از مطالعات می‌شود، طوفان‌های گردوغبار، دوره‌های خشک و تر ماه‌های سرد سال ناشی از کم‌فشار سودان در مرحله بعدی مطالعات محققان قرار داشته است که ۶٪ بوده است، پدیده انسو همچنین بر تغییرات این کم‌فشار تأثیر داشته است که ۶٪ از مطالعات محققان می‌باشد و درنهایت ۳٪ از مطالعات اثر رودبادهای سطح پایین و بالا را بر تغییرات کم‌فشار سودان است.

بیشترین منطقه مطالعاتی نواحی جنوب و جنوب غربی ایران می‌باشد که ۴۷٪ از تحقیقات انجام‌شده مربوط به این ناحیه از ایران می‌باشد، ۱۳٪ از مطالعات مربوط به بارش‌های کل ایران، نواحی کوهپایه‌ای داخلی ایران و بارش‌های فراگیر بهاری منجر شده از کم‌فشار سودان می‌باشد و بارش‌های فصلی و بارش‌های جنوب شرق ایران ۷٪ از مطالعات درزمینه مورد مطالعاتی را به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

طبق مطالعاتی که در رابطه با نحوه شکل‌گیری و گسترش کم‌فشار سودان حاصل‌شده است می‌توان نتیجه گرفت که سامانه کم‌فشار سودانی یک ناوه معکوس می‌باشد که عامل تقویت و جابجایی آن در ترازهای بالایی ناوه مدیترانه و رودباد جنب حاره است و در سطح زیرین تزریق رطوبت از دریای عرب و عمان از طریق پرفشار عربستان به داخل آن باعث تقویت این کم‌فشار می‌باشد همچنین از اصلی‌ترین عامل تشدید و تقویت آن در مقیاس بزرگ نیز می‌توان به اختلاف فشار بین مناطق پرفشار قطبی و کم‌فشار حاره‌ای اشاره کرد که از طریق ۳ مسیر مستقل وارد ایران می‌شود. شیو حرارتی شدید حاصل از آن ضمن تقویت رودباد جنب‌حاره‌ای، ناوه عمیقی را بر روی مدیترانه شرقی ایجاد می‌کند که با فرارفت سرد جنب قطبی بر روی سامانه سودانی و فرارفت رطوبتی مناسب از روی دریاهای گرم عرب و عمان سامانه سودانی و ناوه دریای سرخ تقویت‌شده و ناپایداری شدیدی را بر روی ایران ایجاد می‌کند که عامل ایجاد بارش در مناطق مختلف کشور می‌باشد. نقش کم‌فشار سودان در ایجاد بارش‌های بهاری نیز حائز اهمیت است، به‌طوری‌که غالب‌ترین الگوی بارشی بهاره فراگیر ایران الگوی پرفشار سیبری و کم‌فشار سودان بوده است. به این صورت که با ایجاد شیو فشاری شدید بر روی ایران و استقرار فرود مدیترانه منجر به ایجاد ناپایداری عمیق در جو ایران شده است. نتایج حاصل از واکاوی بارش‌های بهاری فراگیر ایران نشان داد که چهار الگوی کم‌فشار عربستان- کم‌فشار ایران مرکزی، کم‌فشار اروپا- کم‌فشار سودان، کم‌فشار خلیج‌فارس- پُرفشار سیبری و الگوی چندهسته‌ای کم‌فشار خاورمیانه بیشترین نقش را در بارش‌های بهاری فراگیر ایران ایفا می‌کنند. سامانه‌های سودانی همچنین در ترسالی و خشک‌سالی نیمه جنوبی ایران نقش مهمی را ایفا می‌کند، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده تغییرات فشار و ارتفاع جو و تداوم آن درنتیجهٔ پدیدهٔ گرمایش جهانی در منطقهٔ سودان و دریای سرخ موجب افزایش خشک‌سالی و کاهش بارش در جنوب غرب ایران می‌شود از طرف دیگر تقویت کم‌فشار در روی مدیترانه و سودان و ادغام آن‌ها و تقویت پرفشار درروی اروپا با افزایش بارش در منطقه موردمطالعه همراه خواهد بود. بارش برف و یخبندان در ایران نیز از این سامانه کم‌فشار تأثیر می‌پذیرد به این‌گونه که تقویت پرفشار سیبری و نفوذ آن به عرض‌های پایین باعث عقب راندن کم‌فشار سودانی می‌شود و بارش تگرگ در منطقه موردمطالعه، نتیجه گسترش سامانه‌ی کم‌فشار واقع بر روی دریای سرخ و سودان است که در روز بارش تگرگ منطقه در جلو ناوه قرار داشته و سامانه پرفشار بر روی دریای عرب سبب انتقال هوای گرم و مرطوب به داخل ایران می‌شود. الگوی سامانه‌های ادغامی مدیترانه- سودانی عامل اصلی توفان‌های شدید در ایران بوده است، در توفان‌ها زبانه بیشینه مستقر بر روی دریای سرخ همراه با پیشروی شرق سوی ناوه، به‌صورت نوار باریکی به ایران کشیده شده و مقادیر تاوایی نسبی به‌تدریج در جنوب غرب ایران افزایش‌یافته است. همراهی جریان باد با هسته‌های بیشینه نم ویژه مستقر در دریای سرخ هم رطوبت لازم برای توفان‌ها را تأمین نموده تا با فراهم بودن عوامل دینامیک و رطوبت لازم، بارش‌های فراگیر در منطقه نازل شوند. همچنین تقویت سامانه سیبری و گسترش آن بر روی آب‌های گرم و انتقال رطوبت به داخل ایران و عربستان تا آخرین ساعات بارش و نیز ریزش هوای سرد واچرخند آزور برای پویایی و انتقال سامانه سودانی به عرض‌های بالاتر و ادغام آن با سامانه مدیترانه‌ای و ریزش هوای سرد عرض‌های بالا توسط کم‌فشار ایسلند و ادغام آن با سامانه ادغامی عامل ایجاد یک سیل عظیم می‌شود. در کل مطالعات نشان می‌دهد که بارش‌های حدی منطقه غرب کشور در طی ۵۰ سال گذشته دارای روندی کاهشی است که این روند کاهشی در ارتباط با رفتار نمایه‌های دور پیوندی AO، NAO و ENSO و تأثیر آن بر مراکز فشار تأثیرگذار بر بارش ازجمله کم‌فشار سودانی است که سبب کاهش بارش‌ها در غرب و شمال غرب کشور می‌شوند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

منابع

احمدی م، جعفری همبری ف. تحلیل سینوپتیک بارش سنگین ۱۲ آوریل ۲۰۱۵ شهرستان قزوین. جغرافیا. ۱۳۹۴;۱۳ (دوره جدید)(۴۴):

الفت، علی‌اکبر، وضع هوای ایران در سال گذشته (۱۳۴۷)، نیوار، ۲۱-۳۹ و ۶۲-۶۳

ایزد نگهدار، زهرا، بررسی سینوپتیکی بعضی از اثرات مدیترانه‌ای مخصوص و اثرات آن بر ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۷۰، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

انصاری، سپهدار، بررسی سینوپتیکی بارش‌های سیل زا در حوزه آبریز کهکولیه و بویراحمد، ۱۳۸۲ پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت‌معلم

امیری، هدایت،۱۳۸۷. بررسی سینوپتیکی بارش‌های سیل زا در حوضه آبریز رودخانه زهره، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی.

امیدوار، کمال، بررسی و تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه یزد، پژوهش‌های جغرافیایی،۱۳۸۶، شماره ۵۹، صص ۸۱-۹۸

ایران پور، فخرالدین، باقری، سعید. تحلیل آماری همدیدی بارش تگرگ در استان همدان. پژوهش های اقلیم‌شناسی. ۲۰۱۶;۱۳۹۵(۲۷):۳۱-۱۱۵

اکبری م، محمدی ح، شمسی پور عا. بررسی تغییرات شاخص های دینامیکی همزمان با توفان های حوضه آبریز کارون. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی. ۲۰۱۴;۱۸(۴۸):۱۷-۳۶.

امیدوار ک، سپندار ن، شفیعی ش. تحلیل سینوپتیک و ترمودینامیک بارش سنگین و سیلابی روزهای ۵ تا ۸ آبان ۱۳۹۴ دراستان کرمانشاه. اطلاعات جغرافیایی. ۱۳۹۷;۲۷(۱۰۷ #a00476):

امینی م، لشکری ح، کرمپور م، حرودبادی ز. تحلیل سینوپتیک سامانه¬های همراه با بارش سنگین و سیل¬زا در حوضه رودخانه کشکان برای دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۵۰). نشریه جغرافیا و برنامه ریزی. ۲۰۱۳;۱۷(۴۳):۱-۲۰.

بلیانی، سعید، سلیقه، محمد، تحلیل و استخراج الگوهای جوی منجر به بارش‌های سنگین روزانه منطقه شمالی خلیج‌فارس، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۷۹-۹۸

پرهیزکار، داود، احمدی گیوی، & فرهنگ. (۲۰۱۲). بررسی اثر انسو (ENSO) بر توزیع فشار سطحی بر روی خاورمیانه در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰. پژوهش های اقلیم شناسی، ۱۳۹۱(۱۱), ۶۵-۷۸.

پرک، فاطمه، روشنی، احمد و علیجانی، بهلول، واکاوی همدیدی سامانه کم‌فشار سودانی در رخداد ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌های نیمه جنوبی ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۳۹۴ شماره پانزدهم، صص ۷۵-۹۰

پوراصغر ف، جهانبخش س، ساری صراف ب، قائمی ه، تدینی م. پهنه¬بندی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی. ۲۰۱۳;۱۷(۴۴):۲۷-۴۶.

تقی زاده، حبیب، بررسی سیل پاییز ۱۳۶۵، رشد آموزش زمین‌شناسی، ۱۳۶۶، شماره ۶، ص ۵۱- ۵۶

حبیبی ف. نقش سامانه های بندالی در چرخندزایی روی شرق دریای مدیترانه و بررسی نقش آن در سیل روی منطقه غرب ایران در مارس ۲۰۰۰. پژوهشهای جغرافیایی. ۱۳۸۶;۳۹(۶۲):

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

حجازی زاده ز، پژوه ف، جعفری ف. آشکارسازی شرایط همدید مؤثر بر خشکسالی و ترسالی های شدید و فراگیر در نیمه شرقی ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی; سال ۷، شماره ۲۷، (۱۳۹۷). ۲۰۱۸.

حقیقی ا، قلی زاده م، دوستکامیان م، قادری ف. بررسی ماهیت و ساختار وردش‌های جوی به هنگام بارش‌های بهاری فراگیر ایران. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۴۹;۲۰۱۷(۳):۵۲۳-۳۹.

حیدری، محمدامین، خوش اخلاق، فرامرز. واکاوی اثر گرمایش جهانی بر منطقهٔ کم‌فشار سودان ـ دریای سرخ و ارتباط آن با بارش‌های جنوب غرب ایران. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ۲۰۱۸,۲۹(۲):۹۱-۱۱۲.

حمیدیان‌پور محسن، علیجانی بهلول، صادقی علیرضا. شناسایی الگوهای همدیدی بارش‌های شدید شمال شرق ایران. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۱۳۸۹; ۱ (۱): ۱-۱۶.

جوانمرد، ۱۳۸۳. تحلیل دینامیکی و سینوپتیکی تغییراقلیم، طرح تحقیقاتی پژوهشگاه هواشناسی.

خلج، علی، تحلیلی بر تأثیر رشته‌کوه‌های زاگرس بر روی سیستم‌های سینوپتیک مؤثر بر اقلیم ایران مرکزی، ۱۳۸۱ رساله دکتری جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.

خوش اخلاق ف، نبوی س، عباسی ا. تحلیل سامانه¬های همدید بارش¬های شدید دوره¬ سرد سال در استان¬های خراسان رضوی و شمالی. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی. ۱۶;۲۰۱۲(۴۰):۹۷-۱۱۸.

خوش اخلاق، ف، راد ص، سلمانی، داود. واکاوی همدید رخداد سیلاب آبان‌ماه ۱۳۹۰ در شهرستان‌های بهبهان و لیکک. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۴۶;۲۰۱۴(۴):۵۰۹-۲۴.

خوشحال ج، خسروی م، نظری پور ح. شناسایی منشاء و مسیر رطوبت بارش¬های فوق سنگین استان بوشهر. فصلنامه جغرافیا و توسعه. ۷;۲۰۰۹(۱۶):۷-۲۸.

رئوفی فرد، محمود، بررسی سینوپتیکی سیل در استان قم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، ۱۳۷۶ دانشگاه آزاد واحد تهران شمال

دفتر طرح ملی تغییر آب‌وهوا، ۱۳۸۳، «گرمایش جهانی»، کنوانسیون تغییر آب‌وهوا و تعهدات بین‌المللی

رفعتی س، حجازی زاده ز، کریمی م. تحلیل همدیدی شرایط رخداد سامانه‌های همرفتی با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر در جنوب غرب ایران. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۴۶;۲۰۱۴(۲):۱۳۷-۵۶.

رفعتی س، فتح نیا ا، کریمی م. تأثیر رودبادهای سطح پایین در شکل‌گیری سامانه‌های همرفتی میان‌مقیاس در جنوب‌غرب ایران. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۴۸;۲۰۱۶(۱):۸۲-۶۹.

رسولی عا، بابائیان ا، قائمی ه، زوار‌رضا پ. تحلیل سری های زمانی فشار مراکز الگوهای سینوپتیکی مؤثر بر بارش‌های فصلی ایران. جغرافیا و توسعه. ۱۰;۱۳۹۱(پیاپی ۲۷):

رنجبرسعادت آبادی ع، پناهی ع، فتاحی ا. تأثیر نابهنجاری‌های ماهانه الگوهای گردشی جو در رخداد دوره‌های خشک وتردر غرب و شمال غرب ایران. پژوهش های اقلیم‌شناسی. ۱۳۹۳;۲۰۱۴(۱۷):۹۱-۱۰۹.

رضائی بنفشه م، نجفی مس، نقی زاده ح، آب خرابات ش. واکاوی رفتار بارشهای حدی در ارتباط با عوامل مؤثر بر بارش در غرب و شمالغرب. جغرافیا و مخاطرات محیطی; سال ۴، شماره ۱۳، (۱۳۹۴). ۲۰۱۴.

دوستکامیان، م، جلالی، م و طاهریان، ا (۲۰۱۷). واکاوی شار همگرایی رطوبت و آب قابل بارش جوّ بارش‌های بهارهٔ ایران .جغرافیا و مخاطرات محیطی,۷(۱)۱۳۱-۱۵۲doi:10.22067/geo.v7i1.64076

داداشی رودباری ع، کاشکی ع. ارزیابی همدیدی بارش سنگین ۹ فروردین ۱۳۸۶ استان خراسان رضوی. آمایش جغرافیایی فضا. ۸;۱۳۹۷ ۲۹)#l00684):

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

درگاهیان، دوستکامیان، طاهریان، مراد. (۱۳۹۸) واکاوی همدیدی–دینامیکی وردش‌های جوی بارش بهاره فراگیر ایران. مهندسی اکوسیستم بیابان.۱-۱۲.

سازمان هواشناسی کشور، بررسی سینوپتیکی تکوین، تقویت و گسترش کم‌فشارهای سودانی مؤثر بر ایران، ۱۳۸۱، گزارش منتشرنشده، شماره ۱۰۷، صفحه ۳۰۷

سلیقه، محمد، ۱۳۹۵، آب و هواشناسی سنوپتیک ایران، انتشارات سمت

سبزی پرور، علی‌اکبر، بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل زا در جنوب غرب ایران، ۱۳۷۰ پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، ۱۳۵۸ موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

سلیمی سبحان م، حجازی زاده ز، صیادی ف، قادری ف. تحلیل همدیدی و شناسایی شار رطوبت روزهای همراه با تگرگ در غرب ایران (مطالعه موردی: حوضه آبریز زاب، آذربایجان غربی). پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۲۰۱۹;۵۱(۴):۷۱۵-۳۱.

شکیبا، علیرضا، قدم خیر، محمدصادق، اثرات سامانه‌های کم‌فشار سودانی بر بارندگی و سیل خوزستان، ۱۳۹۲، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران،۳۱ خرداد

عساکره، حسین، قائمی، هوشنگ، رضائی، شیما، بررسی مکانیسم گسترش و شدت کم‌فشار دریای سرخ، فصلنامه علمی -پژوهشی دانشگاه گلستان، ۱۳۹۵، سال ششم /شماره مسلسل بیست و یکم

علیجانی، بهلول، عنایه، سیدکرامت، نیا ع، پورهاشمی، واکاوی شرایط دینامیکی، ترمودینامیکی و همدیدی رخداد بارش‌های سیل‌آسای ناحیهٔ بسیار کم بارش جنوب شرقی ایران. جغرافیا و پایداری محیط.۱۳۹۲،۴(۴):۱۳-۲۸.

علیجانی بهلول. رابطه پراکندگی مکانی مسیرهای سیکلونی خاورمیانه با سیستم های هوایی سطح بالا .1366 *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*.143 -125 : **4**

قائدی، سهراب، موحدی، مسعودیان، ابوالفضل س، رحیمی. تأثیر فرود دریای سرخ بر بارش ایران. جغرافیا و پایداری محیط.۱۳۹۰ (۱):۷۸-۶۳.

فنودی، محسن، امیدوار، کمال، مزیدی، احمدی، واکاوی تأثیر سامانه کم‌فشار سودانی بر بارش‌های رگباری ناحیه کوه‌پایه‌های داخلی ایران، ۱۳۹۶، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دهم، شماره ۵

فاروقی، آیدا، مفیدی، عباس، زرین، آذر، مسیریابی رقومی سامانه‌های کم‌فشار عبوری از ایران، ۱۳۹۶ پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

فرجی، اسماعیل (۱۹۸۱) بررسی مسیر سیستم‌های فشار کم بازان زا بر روی ایران و ارائه الگوهایی از موقعیت آن‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

فرج زاده، منوچهر، رجایی، سعید، تحلیل شرایط سینوپتیک رخداد سیل در بارش‌های سنگین،۱۳۹۲، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۵، صص ۱۴۳-۱۶۲

فرشی فروغ، جواد، کلیماتولوژی سینوپتیکی آذربایجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، ۱۳۵۶ موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

عبدالحسینی، محمدعلی، مسیر و اثرات کم‌فشارها بر روی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، ۱۳۵۸ موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

کرم پور م، معصوم پورسماکوش ج، میری م، یوسفی ی. بررسی الگوهای همدیدی بارش‌های سیل آسا در استان لرستان. فضای جغرافیایی. ۱۳۹۲;۱۳(۴۳):

کرمی ف، شیراوند ه، درگاهیان ف. بررسی الگوی سینوپتیک سیل بهمن ۱۳۸۴ شهرستان پلدختر. جغرافیا و مطالعات محیطی. ۱۳۸۹;۲(۴):

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

کیانی م، خالدی ش. رابطه بین تغییرات دمای سطح آب (SST) و مقادیر بارش ساحل شمالی دریای عمان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۰۱۷:

گندم‌کار، امیر، مدیریت بحران وقوع سیل در شهر اصفهان با استفاده از سامانه‌های جوی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۳۹۱، سال65 ، شماره دوم، شماره پیاپی933 ، شماره مقاله863 ، صص ۱۸۱۶۱ - ۱۸۱۷۵

لشکری، حسن، مسیریابی سامانه‌های سودانی ورودی به ایران، مجله مدرس (ویژه‌نامه جغرافیا)، ۱۳۸۱، دوره ششم، شماره دوم، صفحه ۱۳۳- ۱۵۶

لشکری، حسن و پژوه، فرشاد و بیتا، محمد، تحلیل همدید بارش تگرگ فراگیر در غرب ایران، فصلنامه علمی پژوهش‌های فضای جغرافیایی،۱۳۹۴ شماره پانزدهم، صص ۸۳-۸۵

لشکری ح، محمدی ز. اثر موقعیت استقرار پرفشار جنب حاره‌ای عربستان بر سامانه‌های بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۲۰۱۵;۴۷(۱):۷۳-۹۰.

لشکری ح، خلیلیان و. تحلیل سینوپتیکی پهنه بارش سامانه ادغامی سودانی – مدیترانه ای بر روی ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر». ۲۰۱۳;۲۱(۸۴):۲۱-۳۴.

لشکری ح، اصغرپور م، متکان عا. تحلیل سینوپتیکی عوامل ایجاد بارشهای سیل زا در استان گلستان. مدرس علوم انسانی. ۱۳۸۷;۱۲(۲ (پیاپی ۵۷) (جغرافیا)):

لشکری ح، متکان عا، آزادی م، محمدی ز. تحلیل همدیدی نقش پرفشار عربستان و رودباد جنب حاره ای در کوتاه ترین طول دوره بارشی جنوب و جنوب غرب ایران. علوم محیطی. ۱۳۹۵;۱۴(۴ #a00291):

لشگری ح، خلیلیان و. تحلیل سینوپتیکی پهنه بارش سامانه ادغامی سودانی – مدیترانه ای بر روی ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر». ۲۰۱۳;۲۱(۸۴):۲۱-۳۴.

لشکری ح، محمدی ز. اثر موقعیت استقرار پرفشار جنب حاره‌ای عربستان بر سامانه‌های بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۲۰۱۵;۴۷(۱):۷۳-۹۰.

لشکری، حسن، آقاسی، نوشین. تحلیل سینوپتیکی توفان های تندری تبریز در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۶). نشریه جغرافیا و برنامه ریزی. ۲۰۱۳;۱۷(۴۵):۲۰۳-۳۴.

لشگری ح، قائمی ه، پرک ف. تحلیل رژیم بارندگی منطقه جنوب و جنوب غرب کشور. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر». ۲۰۱۳;۲۲(۸۵-۱):۵۷-۶۳.

لشکری ح، قائمی ه، حرودبادی ز، امینی م. تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید در استان اصفهان. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۲۰۱۲;۴۴(۴):۱۱۶-۹۹.

لشکری، محمدی. بررسی تغییرات بارش سامانهٔ کم‌فشار سودان طی روند تاریخی در منطقهٔ جنوب غرب ایران. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۲۰۱۹;۵۱(۲):۳۷۳-۸۷.

لشکری ح. مکانیسم تکوین – تقویت و توسعه مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن بر روی بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهش های جغرافیایی (منتشر نمی‌شود). ۲۰۰۳;۳۵(۳):

موقری، خسروی. بررسی رابطه سامانه کم‌فشار سودانی و بارش دهم اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ در استان کرمانشاه. مخاطرات محیط طبیعی (۱۳۹۲).۳(۴):۶۱-۸۰.

مولا، عباس، بررسی سینوپتیکی- دینامیکی سیل کرمان در بهمن ۱۳۷۱، ۱۳۷۴ پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، ۱۳۵۸ موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

مرادی محمد ,مشکواتی امیرحسین ,آزادی مجید ,علی اکبری بیدختی عباسعلی، نقش تاوایی پتانسیلی هم ارز وتر در مسیریابی سامانه های سودانی،نیوار , 1387 : دوره , - شماره ;- از صفحه33تا صفحه52

محمدی حسین، فتاحی، ابراهیم، شمسی‌پور، علی‌اکبر، اکبری، مهری، تحلیل دینامیکی سامانه‌های سودانی و رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۳۹۱، سال دوازدهم، شماره ۲۴

محمدی ح، خزایی م، ماهوتچی م، عباسی ا. تحلیل همدیدی توفان های تندری مخرب اهواز. مدیریت مخاطرات محیطی. ۱۳۹۵;۳(۲ #b00274):

محمدی ز، لشکری ح. نقش جابه جایی مکانی پُرفشار عربستان و رودباد جنب حاره ای در الگوهای همدیدی و ترمودینامیکی ترسالی های شدید جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۲۰۱۸;۵۰(۳):۴۹۱-۵۰۹.

محمدی، حسین، اخلاق خ، فرامرز، عزیزی، قاسم. تحلیل فضایی و مدلسازی ارتباط مراکز کنش جوی با ناهنجاری های فراگیر بارش ایران. جغرافیا و مطالعات محیطی. ۲۰۱۹;۸(۳۱):۵۵-۷۲.

محمدی ح، خزایی م، ماهوتچی م، عباسی ا. تحلیل همدیدی توفان های تندری مخرب اهواز. مدیریت مخاطرات محیطی. ۱۳۹۵;۳(۲ #b00274):

محمدی ز، لشکری ح. تحلیل همدیدی، ترمودینامیکی جابجایی مکانی رودباد جنب حاره ای در فعالیت کم‌فشار سودانی (مطالعه موردی ترسالی های استان فارس). پژوهش های دانش زمین. ۱۳۹۸;۱۰(۳۸ #T00105):

مفیدی ع. اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل زا با منشا منطقه دریای سرخ در خاورمیانه. تحقیقات جغرافیایی. ۱۳۸۳;۱۹(۴ (پیاپی ۷۵)):

مفیدی ع، زرین آ. تحلیل سینوپتیکی ماهیت سامانه های کم‌فشار سودانی (مطالعه موردی؛ توفان دسامبر ۲۰۰۱). جغرافیایی سرزمین. ۲۰۰۵;۲(شماره ۲ (پیاپی ۶)):۲۶-۵۰.

مفیدی، عباس و زرین، آذر، بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل زا در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی،۱۳۸۴، شماره77 ، صص ۱۳۶-۱۱۳

مسعودیان س، علیجانی ب، ابراهیمی ر. واکاوی میانگین مجموع درجه/ روز مورد نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو ایران. جغرافیا و پایداری محیط (پژوهشنامه جغرافیایی). ۱۳۹۰;۱(۱):

مشکواتی اح، شجاعی م، مزرعه فراهانی م. ساختار گردش جوی در طی بارش سنگین ۲۱ دسامبر ۱۹۹۲ برروی شیراز (۳۰ آذر ۱۳۷۱). پژوهش های اقلیم‌شناسی. ۲۰۱۴;۱۳۹۳(۱۷):۷۳-۹۰.

محمودی پ، خسروی م، مسعودیان س، علیجانی ب. نابهنجاری های همدیدی منجر به یخبندان های فراگیر ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۳۹۱;۱(۱):

منتظری. (۲۰۱۶). واکاوی آماری همدیدی بارش رواناب در حوضه ی بهشت آباد. هیدروژئومورفولوژی، ۲(۶), ۱۳۷-۱۵۹.

ناصرپور س، علیجانی ب، ضیائیان پ. منشأیابی توفان‌های گردوغبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوا. پژوهشهای جغرافیای طبیعی. ۲۰۱۵;۴۷(۱):۲۱-۳۶.

نجف پور، بهرام، کیانی پور، منیژه، تحلیل همدید الگوهای پرفشار سیبری و کم‌فشار سودانی در زمان وقوع پدیده انسو و ارتباط آن با ناهنجاری بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران،۱۳۹۱، اندیشه جغرافیایی، سال ششم، شماره دوازدهم، مقاله شماره ۱۳

Alpert, P, Etal (2004): A New Season Definition Based on Classified Daily Synoptic System: An Example for the Eastern Mediterranean. Int. J.Climatol. Vol. 24, Pp.1013- 1021

Alpert E, Neeman B, Shay-El Y (1990b) IntermonthIy variability of cyclone tracks in the Mediterranean. J Clim 3:1474–1478

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

Ashbel D. 1938. Great floods in Sinai Peninsula, Palestine, Syria and the Syrian desert, and the influence of the Red Sea on their formation. Q. J. Roy. Meteor. Soc. 64(277), 635-639.

Almazroui M, Awad AM (2016) Synoptic regimes associated with the eastern Mediterranean wet season cyclone tracks. Atmos Res 180(2016):92–118

Al-Khalaf A. and Abdel Basset H. 2013. Diagnostic study of a severe thunderstorm over Jeddah. Atmos. Clim. Sci. 3, 150-164.

Awad, Adel M. & Mashat, Abdul-Wahab S.2018, Climatology of the autumn Red Sea trough, Theoretical and Applied Climatology, doi.org/10.1007/s00704-018-2453-1

Barth HJ, Steinkohl F (2004) Origin of winter precipitation in the central coastal lowlands of Saudi Arabia. J Arid Environ 57:101–115

Chakraborty A, Behera SK, Mujumdar M, Ohba R, Yamagata T (2006) Diagnosis of tropospheric moisture over Saudi Arabia and influences of IOD and ENSO. Mon Weather Rev 134:598–617

Dayan, U. & Abramsky, R. (1983): Heavy Rain in the Middle East Related to Unusual Jet Stream Properties.Bulletin of the American Meteorological Society, 64(10), 1133-1140.

Darand.M,Garcia-Herrera.B, Asakereh.H, Amiri.R, and David Barriopedro, (2018), Synoptic conditions leading to extremely warm periods in Western Iran, INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY *Int. J. Climatol.* 38: 307–319

Dayan U. Ziv B. Margalit A. Morin E. and Sharon D. 2001. A severe autumn storm over the middle-east: synoptic and mesoscale convection analysis. Theor. Appl. Climatol. 69, 103-122.

Dayan, U. & Abramsky, R. (1983): Heavy Rain in the Middle East Related to Unusual Jet Stream Properties.Bulletin of the American Meteorological Society, 64(10), 1133-1140.

Dayan U, Sharon D (1981)Meteorological parameters for discrimination between widespread and spotty storms in the Negev, Israel. J Earth Sci 29:253–256

De Vries AJ, Feldstein SB, Riemer M, Tyrlis E, Sprenger M, Baumgart M, Fnais M, Lelieveld J (2016) Dynamics of tropical–extratropical interactions and extreme precipitation events in Saudi Arabia in autumn, winter and spring. Q J R Meteorol Soc 142:1862–1880

Elfandy,1948,The Effect of the Sudan monsoon low on the Development of thudery conditions in Egypt, Palestine and Syria,Q. J.R.Met.Soc.Vol. 74, pp.31-38.

Elfandy,1950a,Effects to topography and other Factors on the Movement of lows in the Middle East and Sudan, Bull.Amr. Met. Soc.Vol.31,No.10,pp.375-381.

Elfandy,1950b,Troughs in the upper westerlies and cyclonic Developments in the Nile valley,Q.J.R. Met.Soc.Vol.76, pp.166-172.

Evans JP, Smith RB, Oglesby RJ (2004) Middle East climate simulation and dominant precipitation processes. Int J Climatol 24:1671–1694

Evans JP, Smith RB (2006) Water vapor transport and the production of precipitation in the eastern fertile crescent. J Hydrometeorol 7:1295–1307

Hejazi, Z; Alijani, B; Saligheh, M; Sayad, V. 2020. Analyzing the trend and extend of the Sudan low and its impact on the precipitation of the western and southwestern Iran. Arabian Journal of Geosciences

Haggag M, El-BadryH (2013) Mesoscale numerical study of quasistationary convective system over Jeddah in November 2009. Atmos Clim Sci 3(1):73–86.

Iqbal, MJ, Rehman, S.U, Hameed,S, Qureshi, M.A(2019) Changes in Hadley circulation: the Azores high and winter precipitation over tropical northeast AfricaTheoretical and Applied Climatology,pp 1–8.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]

Iqbal, M.J, & Hameed S& Khan F(2012),Influence of Azores High pressure on Middle Eastern rainfall, Theor Appl Climatol, DOI 10.1007/s00704-012-0648-4.

Mashat, A.S. Awad, A.M. 2015. Synoptic characteristics of the primarywidespread winter dust patterns over the northern Arabian Peninsula. Air Qual. Atmos. Health

Nazemosadat MJ, GhaedaminiH (2010) On the relationships between the madden–Julian oscillation and precipitation variability in southern Iran and the Arabian peninsula: atmospheric circulation analysis. J Clim 23:887–904

Pedgley,1966a,The Red Sea convergence zone, partA:The horizontal pattern of winds,Weather,Vol.21,pp.350-358

Krichak, S. Alpert, P. and Krishnamurti, T.N. 1997a. Interaction of topography and Tropospheri flow–pressure systems Sudanese floodcausing precipitation in Iran, Geographical Research Quarterly, 77.

Kahana R, Ziv B, Enzel Y, Dayan U (2002) Synoptic climatology of major floods in the Negev desert, Israel. Int J Climatol 22:867–882

Krichak SO, Breitgand JS, Feldstein SB (2012) A conceptual model for the identification of active Red Sea trough synoptic events over the southeastern Mediterranean. J Appl Meteor Climatol 51:962–971.

Kidron, G.J.& Pick, K. (2000): The Limited Role of Localized Convective Storms in Runoff Production in the Western Negev Desert. Journal of Hydrology, 229, 281-289

Saaroni, H. Ziv, B. Bitan, A. and Alpert, P. 1998. Easterly Wind Storms over Israel, Theor. Appl. Climatol. 59:61-77.

Kumar KN, Entekhabi D, Molini A (2015) Hydrological extremes in hyperarid regions: a diagnostic characterization of intense precipitation over the central Arabian peninsula. J Geophys Res Atmos 120: 1637–1650.

RUBIN, SHIRA. ZIV, BARUCH. PALDOR, NATHAN(2007), Tropical Plumes over Eastern North Africa as a Source of Rain in the Middle East, Article *in* Monthly Weather Review, DOI: 10.1175/2007MWR1919.1

SAMMAN, Ahmad E. GALLUS, William A.(2018), A classification of synoptic patterns inducing heavy precipitation inSaudi Arabia during the period 2000-2014, *Atmósfera 31(1), 47-67*

Tsvieli Y, Zangvil A (2005) Synoptic climatological analysis of Bwet^ and Bdry^ Red Sea troughs over Israel. Int J Climatol 25:1997– 2015.

Tsvieli Y, Zangvil A (2007) Synoptic climatological analysis of Red Sea trough and non-Red Sea trough rain situations over Israel. Advances in Geosciences, European Geosciences Union 12:137–143

Yair, Y. Price, C. Katzenelson, D. Rosenthal, N. Rubanenko, L. Ben-Ami, Y. Arnone, E. 2015.

Zangvil A. and Isakson A. 1995. Structure of the water vapor field associated with an early spring rainstorm over the eastern Mediterranean. Israel J. Earth Sci. 44, 159-168.

Ziv B, Dayan U, Sharon D (2005) A mid-winter, tropical extreme floodproducing storm in southern Israel: synoptic scale analysis. Meteorol Atmos Phys 88:53–63.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-04-22]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.2.17]