نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۵۵ – ۷۸

الگوهای همدید تعیین کننده مسیر حرکت سامانه‌های بارشی با منشاء سودانی

مهناز جعفری؛ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی،تهران، ایران.
حسن لشکری[1]؛ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۸/۱۱/۲۳ پذیرش نهایی:۱۳۹۹/۰۱/۲۶

چکیده

سامانه سودانی مهمترین سامانه تامین‌کننده بارش مناطق‌جنوبی ایران است. این سامانه در شرایط همدیدی مختلف، از مبادی ورودی و مسیرهای متفاوتی از ایران عبور می‌کند. هدف اصلی این تحقیق شناسایی و معرفی الگوهای‌همدیدی و سامانه‌های اصلی تاثیرگذار در تعیین مسیر حرکت سامانه‌سودانی می‌باشد. برای دستیابی به این مهم نیمه‌جنوبی ایران به سه منطقه جنوب‌غرب، جنوب‌میانی و جنوب‌شرق تقسیم گردید. با اعمال معیارهای لازم ۱۴۲سامانه‌بارشی شناسایی شد. پس از استخراج منشا آنها هسته‌مرکزی، پهنه اولین منحنی بسته و محور اصلی زبانه کم‌فشارسودانی به تفکیک هر گروه استخراج شد. نتایج نشان می‌دهد موقعیت استقرار هسته و الگوی گسترش اولین منحنی بسته کم‌فشار در ماه‌های مختلف بارشی و سامانه‌های مسیرهای سه‌گانه، از لحاظ موقعیت مکانی تفاوت چندانی ندارد. بلکه مهمترین سامانه موثر در تعیین مسیر حرکت سامانه‌های‌سودانی واچرخندعربستان و الگوی گسترش ناوه شرق‌مدیترانه می‌باشد. در الگوی همدیدی سامانه‌های جنوب‌غرب، واچرخندعربستان در نیمه‌شرقی عربستان استقرار می‌یابد. محور ناوه‌ها دراین حالت عموما گسترش شمالی-جنوبی دارند. درنتیجه پهنه و شدت بارش سامانه‌هایی که از جنوب‌غرب وارد ایران می‌شوند بیشتر از دو مسیر دیگر است. تمرکز محور ناوه‌های این مسیر بین طول‌های ۳۰ تا ۴۰ درجه شرقی (مدیترانه شرقی) می‌باشد. در سامانه‌های جنوب‌میانی واچرخندعربستان قدری جنوب‌سو شده و محوری شمال‌شرقی-جنوب‌غربی پیداکرده است. در این الگو ناوه‌های مدیترانه‌ای عموما محوری شمال‌شرقی-جنوب‌غربی دارند. در سامانه‌های جنوب‌شرق واچرخندعربستان با جابجایی شرق‌سوی نامتعارف برروی هند مستقر می‌شود. گسترش و امتداد محور ناوه‌ها و زبانه کم‌فشارسودانی مسیر جنوب‌شرق، دارای انضباط و هماهنگی ساختاری نمی‌باشد. این عدم‌تقارن را باید در توپوگرافی عمومی فلات‌تبت و الگوی‌گردشی مترتب در اثر حضور واچرخندتبت برآن جستجو کرد.

واژه های کلیدی: الگوهای همدیدی، سامانه کم‌فشار سودانی، ناوه شرق مدیترانه، نیمه جنوبی ایران، واچرخند عربستان.

[1] . نویسنده مسئول: Email: h-lashkari@sbu.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

مقدمه

بارش به عنوان یک عنصر آب و هوایی مهم دارای بی نظمی‌ها و نوسانات بسیاری است. چراکه توزیع متفاوت مراکز فشار و نوع آن‌ها در توزیع و کنترل زمانی و مکانی بارش نقش و اهمیت بسیاری دارد. لذا چگونگی استقرار و شدت و ضعف این مراکز مهم است. کشور ایران بویژه نیمه جنوبی آن دارای نوسانات بارشی قابل توجه‌ای است. سامانه‌های جوی متعددی در شکل گیری بارش این منطقه از ایران نقش دارند. از جمله مهمترین سامانه بارشی تاثیرگذار در بارش ایران سامانه سودانی است. لشکری (۱۳۷۵) با مطالعهٔ ۵۲ مورد سامانهٔ سیل‌زا، کم‌فشار سودان را مهم‌ترین سامانهٔ بارشی در مناطق جنوبی ایران معرفی کرد. سامانه کم‌فشار سودانی یکی از عناصر سازنده گردش عمومی جو در شمال آفریقا می‌باشد که بیشتر ایام سال بر روی غرب اتیوپی و کشور سودان تشکیل می‌شود (لشکری، ۱۳۸۱؛ جوانمرد و همکاران، ۱۳۸۲؛ عساکره و همکاران، ۱۳۹۵). بیش از سه چهارم وسعت ایران مستقیما از بارش‌های سامانه‌های کم‌فشار سودان متاثر می‌شود. این سامانه منشا حاره‌ای داشته و زمانی که منطقه همگرایی بین حاره‌ای بین طول‌های ۲۰ تا ۳۵ درجه به سمت عرض‌های بالاتر کشیدگی پیدا می‌کند، سلولی از این کم‌فشار جدا شده و به طرف عرض‌های بالاتر حرکت می‌کند. تحت این شرایط سینوپتیکی، سلول کم‌فشاری بر روی شمال اتیوپی و جنوب سودان تشکیل می‌شود که به سامانه کم‌فشار سودان معروف است (لشکری، ۱۳۸۱). خطوط کم‌فشار سامانه سودانی، جنوب دریای سرخ، سودان و اتیوپی را در برگرفته و در ادامه مسیرشان به طرف شمال یا شمال‌شرق حرکت کرده و از مسیرهای مختلفی وارد ایران می‌شود و بارش‌های شدید و فراگیری را بر روی ایران ایجاد می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ جوانمرد و همکاران، ۱۳۸۲). بارش‌های این سامانه نه تنها در ایران، بلکه در نواحی شرقی مدیترانه و حتی ترکیه تاثیرگذار است (فنودی و همکاران، ۱۳۹۶). سامانه کم‌فشار سودانی در فصل تابستان به صورت حرارتی و در فصل سرد سال (پائیز و زمستان) به صورت دینامیکی و در فصل بهار به هر دو صورت دینامیکی و حرارتی عمل می‌کند (فنودی و همکاران، ۱۳۹۶).

نقش سامانه بارانزای سودانی در بارش‌های نیمه جنوبی و یا حتی نیمه شمالی ایران، مهم و قابل توجه است، از این رو که خشکسالی و ترسالی ایران متوجه این سامانه بوده و بررسی همدیدی آن، گرته‌های خشکسالی و ترسالی را مشخص می‌کند (فنودی و همکاران، ۱۳۹۶). در طول سه دهه گذشته مطالعات متعددی در زمینه سازوکارهای همدیدی و دینامیکی حوزه نفوذ و عملکرد سامانه‌های جنوبی و تغییرات رفتاری آنها به عنوان سامانه‌های تاثیرگذار در بارش‌های ایران انجام شده است. از جمله مفیدی و زرین (۱۳۸۴) مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی سینوپتیکی تاثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل زا در ایران انجام دادند، یافته‌های آنها بر استقرار مناسب خروجی هسته جت جنب‌حاره بر روی خاورمیانه به همراه استقرار و تقویت پشته‌ای در تراز میانی و زبانه پرفشاری در تراز پایین بر روی دریای عرب جهت تکوین و گسترش کم فشارهای سودانی تاکید دارد. موقعیت و سرعت هسته جت جنب‌حاره بر روی خاورمیانه و امتداد محور آن در ترازهای فوقانی وردسپهر ضمن کنترل الگوی گردش تراز میانی، مسیرهای ورود کم فشارهای سودانی به ایران را کنترل می کند. همچنین آنها مشخص نمودند که بیشترین فراوانی وقوع کم فشارهای سودانی در ایران در درجه اول مربوط به ماه دسامبر (آذر) و سپس فصل زمستان می‌باشد که به نظر آنها افزایش تعداد این سامانه با جابجایی سریع و حرکت به سمت جنوب جت جنب‌حاره در خاورمیانه در ماه دسامبر در ارتباط است. همچنین این محققین (۱۳۸۴) در پژوهشی دیگر با بررسی ماهیت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

سامانه‌های کم‌فشار سودانی، ضمن ارائه نتایج پژوهش گذشته خود مبنی بر عوامل موثر جوی در تکوین و گسترش این سامانه‌ها، نقش اصلی را به کشیده شدن تاوه قطبی در تراز ۵۰ هکتوپاسکال به عنوان منبع اصلی تاوایی برای پیدایش الگوی گردش ناهنجار و تقویت سلول هدلی و جت جنب حاره بر روی مدیترانه و شمال آفریقا می‌دهند. پرک و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از تابع متعامد تجربی EOF بر روی بارش نیمه جنوبی ایران و انتخاب دوره‌های تر و خشک، تاثیر سامانه کم‌فشار سودانی را در رخداد ترسالی‌ها و خشکسالی‌های این منطقه ارزیابی نمودند. نتایج آنها گویای نقش مهم سامانه‌های سودانی در ایجاد ترسالی و خشکسالی نیمه جنوبی ایران است. در گرته ترسالی، شرایط حاکم بر وردسپهر به گونه‌ای است که نشانگر عمیق بودن ناوه شرق مدیترانه و دینامیکی بودن سامانه‌های کم‌فشار سودانی است. همچنین حرکت شرق‌سوی این سامانه سبب انتقال حجم وسیعی از شار رطوبت و شار گرمای نهان به نواحی جنوبی ایران می‌شود که منجر به ریزش بارش‌های همرفتی بسیار بالایی در این مناطق است. ولیکن در سال‌های خشک شرایط در مقایسه با سال‌های تر متفاوت بوده که نشان دهنده فعالیت کم سامانه سودانی و کاهش انتقال رطوبت از نواحی غرب اقیانوس هند به درون این سامانه است. لشکری (۱۳۸۲) نشان داد که بارش‌های سنگین جنوب و جنوب‌غرب ایران از چهار الگو پیروی می‌کنند. الگوی نوع اول ادغامی بوده و سامانه‌های سودانی-مدیترانه‌ای بر روی شرق مدیترانه و یا بر روی عراق با هم ادغام شده و طور همزمان فعالیت می‌کنند که بارش‌های فراگیری از شمال‌غرب تا جنوب‌غرب ایجاد می‌کنند. در الگوهای دوم تا چهارم سامانه سودانی به تنهایی عمل کرده و سامانه مدیترانه‌ای یا فعال نبوده و یا نقش بسیار کمی در ایجاد بارش‌ها داشته است. محمدی و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که در تمام توفان‌های جنوب‌غرب ایران، تاوایی نسبی تراز میانی پیش از رخداد توفان دو مرکز بیشینه، یکی در شرق دریای مدیترانه و دیگری در غرب دریای سرخ روی کشور سودان و مرکز کمینه بر روی ایران مستقر است. همچنین همراه شدن جریان‌های باد با هسته‌های بیشینه نم‌ویژه در دریای سرخ، رطوبت لازم را برای توفان‌های مورد مطالعه فراهم نموده است. عساکره و همکاران (۱۳۹۵) مکانیسم گسترش و شدت کم‌فشار دریای سرخ را بررسی نموده و دریافتند که این کم‌فشار در فصل سرد به سبب تامین رطوبت کافی در منطقه شمال آفریقا، نقش عمده‌ای در بارش‌های جنوب‌غربی ایران دارد، بیشترین زمان گسترش آن در ماه‌های آبان و آذر و کمترین آن در ماه‌های گرم سال است. همچنین یافته‌های آن‌ها حاکی از این مطلب است که شدت و گسترش کم‌فشار در سال‌های اخیر کاهش یافته است. گندمکار (۱۳۹۱) در پژوهشی عامل اصلی و منشا بروز بارش‌های شدید و سیل زا را در شهر اصفهان، ورود سامانه کم‌فشار سودانی از جنوب‌غرب کشور به منطقه می‌داند. موقری و خسروی (۱۳۹۳) در پژوهشی رابطه میان سامانه کم‌فشار سودانی و بارش شدید در استان کرمانشاه را بررسی نمودند. آنها بیان کردند که شروع بارندگی‌ها با استقرار ناوه مدیترانه بر روی ترکیه و عراق و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در قسمت جلوی آن در ترازهای بالایی، با همراهی کم‌فشار سودان در سطح زمین اتفاق می‌افتد. وجود سامانه پرفشار بر روی شبه‌جزیره عربستان و شمال‌غرب اقیانوس هند، سبب تقویت این سامانه می‌شود. اَلفَندی (Elfandy, ۱۹۵۰a; ۱۹۵۲) با ترسیم موقعیت فصلی نوسان‌های کم‌فشار موسمی سودان، تغییرات سالانه آن را چنین توضیح داده است. در طی فصول گذار (ماه‌های آوریل و اکتبر) این کم‌فشار روی مرکز سودان واقع است. در ماه ژانویه به عرض‌های پایین‌تر جابه‌جا و در جنوب اِتیوپی مستقر می‌شود. این سامانه در اوایل تابستان با جابه‌جایی به سمت عرض‌های بالاتر تا شمال‌شرق سودان گسترش می‌یابد. برخی از مطالعات نشان داده‌اند در شرایط معمول زمستان، زبانهٔ آن تا حدود ۲۰ درجهٔ عرض شمالی کشیده می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

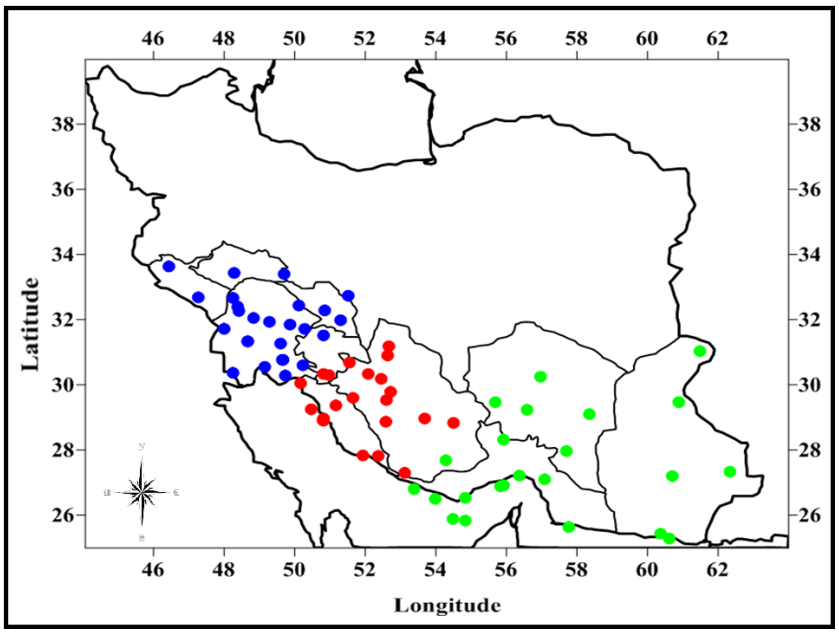
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

این زبانهٔ کم‌فشار و بدون جبهه را Red sea trough (RST) نام‌گذاری کرده‌اند (Krichak et al., ۱۹۹۷a; ۱۹۹۷b; Krichak and Alpert, ۱۹۹۸; Alpert, ۲۰۰٤).

نقش مهم و تاثیرگذار کم‌فشار سودان در بارش‌های ایران بویژه نیمه جنوبی آن بارها و به صورت مکرر در مطالعات متعدد اثبات شده است. اما موقعیت شکل گیری و چگونگی پهنه گسترش آن در بارش‌های این منطقه کمتر مورد توجه بوده است. مجموع این دلایل سبب شده است که موقعیت و چگونگی گسترش همدیدی کم‌فشار سودان به عنوان عاملی تاثیرگذار در بارش‌های نیمه جنوبی ایران در این تحقیق مورد توجه قرار بگیرد. لذا هدف این مطالعه شناسایی و معرفی الگوهای همدیدی و سامانه‌های اصلی تاثیرگذار در تعیین مسیر حرکت سامانه سودانی است. از این رو موقعیت گسترش این سامانه مهم اقلیمی به تفکیک در بارش‌های سه منطقه جنوب‌غرب، جنوب‌میانی و جنوب‌شرق بررسی شده است.

داده‌ها و روش کار

برای انجام این پژوهش از دو دسته داده، شامل داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه مورد مطالعه برگرفته از سازمان هواشناسی ایران و داده‌های شبکه بندی شده فشار تراز دریا (SLP) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ERA interim با قدرت تفکیک مکانی ۰.۵ در ۰.۵ درجه طول و عرض جغرافیایی از مرکز پیش بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF) طی دوره آماری ۱۹۹۷-۲۰۱۷ استفاده شده است. داده‌های بارش از ۷۱ ایستگاه هواشناسی واقع در نیمه جنوبی ایران استخراج شده است (جدول ۱). پراکنش ایستگاه‌های مورد استفاده در مطالعه در شکل ۱ قابل مشاهده است. تلاش بر این بوده است که ایستگاه‌ها طوری انتخاب شوند که علاوه بر اینکه پراکنش مناسب در مناطق سه گانه داشته باشد در دوره آماری انتخاب شده (۱۹۹۷-۲۰۱۷) دارای آمار باشند.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌ها در مناطق سه گانه جنوب‌غرب (آبی)، جنوب‌میانی (قرمز) و جنوب‌شرق (سبز).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

جدول ۱. ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش و موقعیت جغرافیایی آنها.

جنوب‌غرب				جنوب‌میانی				جنوب‌شرق			
ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع
اهواز	۳۱ ۲۰	۴۸ ۴۰	۲۲.۵	شیراز	۲۹ ۳۲	۵۲ ۳۶	۱۴۸۸	بندرعباس	۲۷ ۱۳	۵۶ ۲۲	۹.۸
ایلام	۳۳ ۳۸	۴۶ ۲۶	۱۳۳۷	بوشهر	۲۸ ۵۸	۵۰ ۴۹	۹	میناب	۲۷ ۶	۵۷ ۵	۲۹.۶
خرم اباد	۳۳ ۲۶	۴۸ ۱۷	۱۱۴۷.۸	یاسوج	۳۰ ۴۱	۵۱ ۳۳	۱۸۱۶.۳	جزیره سیری	۲۵ ۵۳	۵۴ ۲۹	۴.۴
شهرکرد	۳۲ ۱۷	۵۰ ۵۱	۲۰۴۸.۹	درودزن	۳۰ ۱۱	۵۲ ۲۷	۱۶۴۲	جزیره قشم	۲۶ ۵۵	۵۵ ۵۵	۱۲.۸
بروجن	۳۱ ۵۹	۵۱ ۱۸	۲۲۶۰	آباده	۳۱ ۱۱	۵۲ ۴۰	۲۰۳۰	ابوموسی	۲۵ ۵۰	۵۴ ۵۰	۶.۶
کوهرنگ	۳۲ ۲۶	۵۰ ۷	۲۳۶۵	بندر دیبر	۲۷ ۵۰	۵۱ ۵۶	۴	لار	۲۷ ۴۱	۵۴ ۱۷	۷۹۲
بندر ماهشهر	۳۰ ۳۳	۴۹ ۹	۶.۲	جم	۲۷ ۴۹	۵۲ ۲۲	۶۵۵	بم	۲۹ ۶	۵۸ ۲۱	۱۰۶۶.۹
بهبهان	۳۰ ۳۶	۵۰ ۱۴	۳۱۳	دوگنبدان	۳۰ ۲۰	۵۰ ۴۹	۷۲۶	ایرانشهر	۲۷ ۱۲	۶۰ ۴۲	۵۹۱.۱
بستان	۳۱ ۴۳	۴۸ ۰	۷.۸	فسا	۲۸ ۵۸	۵۳ ۴۱	۱۲۶۸	سراوان	۲۷ ۲۰	۶۲ ۲۰	۱۱۸۲
مسجد سلیمان	۳۱ ۵۶	۴۹ ۱۷	۳۲۰.۵	حسن‌آباد(داراب)	۲۸ ۵۰	۵۴ ۳۰	۱۰۹۸.۲	بافت	۲۹ ۱۴	۵۶ ۳۵	۲۲۸۰
رامهرمز	۳۱ ۱۶	۴۹ ۳۶	۱۵۰.۵	لامرد	۲۷ ۱۸	۵۳ ۷	۴۱۱	بندر لنگه	۲۶ ۳۲	۵۴ ۵۰	۲۲.۷
صفی‌آباد(دزفول)	۳۲ ۱۶	۴۸ ۲۵	۸۲.۹	بوشهر(ساحلی)	۲۸ ۵۴	۵۰ ۴۹	۸.۴	جاسک	۲۵ ۳۸	۵۷ ۴۶	۵.۲
آبادان	۳۰ ۲۲	۴۸ ۱۵	۶.۶	بوشهر(فرودگاه)	۲۸ ۵۵	۵۰ ۴۸	۹	چاه بهار	۲۵ ۱۷	۶۰ ۳۷	۸

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

ایذه	۳۱ ۵۱	۴۹ ۵۲	۷۶۷	اقلید	۳۰ ۵۴	۵۲ ۳۸	۲۳۰۰	زابل	۳۱ ۲	۶۱ ۲۹	۴۸۹.۲
امیدیه(آغاجاری)	۳۰ ۴۶	۴۹ ۴۰	۲۷	زرقان	۲۹ ۴۷	۵۲ ۴۳	۱۵۹۶	زاهدان	۲۹ ۲۸	۶۰ ۵۳	۱۳۷۰
شوشتر	۳۲ ۳	۴۸ ۵۰	۶۷	امامزاده جعفر	۳۰ ۱۸	۵۰ ۵۸	۶۶۸	سیرجان	۲۹ ۲۸	۵۵ ۴۱	۱۷۳۹.۴
لردگان	۳۱ ۳۱	۵۰ ۴۹	۱۶۱۱	بندر دیلم	۳۰ ۳	۵۰ ۱۰	۳.۹	کرمان	۳۰ ۱۵	۵۶ ۵۸	۱۷۵۴
الیگودرز	۳۳ ۲۴	۴۹ ۴۲	۲۰۲۲.۱	سپیدان	۳۰ ۲۰	۵۲ ۵	۲۲۰۱	کنارک(فرودگاه)	۲۵ ۲۶	۶۰ ۲۲	۱۲
امیدیه(فرودگاه)	۳۰ ۴۶	۴۹ ۳۹	۳۴.۹	کازرون	۲۹ ۳۶	۵۱ ۳۹	۸۴۰	کهنوج	۲۷ ۵۸	۵۷ ۴۲	۴۹۹
دزفول(فرودگاه)	۳۲ ۲۴	۴۸ ۲۳	۱۴۳	برازجان	۲۹ ۲۲	۵۱ ۱۰	۸۹.۹	کیش	۲۶ ۳۰	۵۳ ۵۹	۳۰
دهلران	۳۲ ۴۱	۴۷ ۱۶	۲۳۲	جزیره‌خارک	۲۹ ۱۵	۵۰ ۲۸	۴.۳	حاجی آباد	۲۸ ۱۹	۵۵ ۵۵	۹۳۱.۲
هندیجان	۳۰ ۱۷	۴۹ ۴۴	۳	فیروزآباد	۲۸ ۵۲	۵۲ ۳۵	۱۳۶۲	قشم (ساحلی)	۲۶ ۵۳	۵۵ ۵۰	۶
سامان	۳۲ ۴۴	۵۰ ۹۱	۲۰۷۵					جزیره لاوان	۲۶ ۴۸	۵۳ ۲۳	۲۲.۲
اهواز(کشاورزی)	۳۱ ۲۰	۴۸ ۴۰	۱۲								
حسینیه	۳۲ ۴۰	۴۸ ۱۵	۳۵۴								
دهدز	۳۱ ۴۳	۵۰ ۱۷	۱۴۵۷								

از آنجا که هدف در این مطالعه بررسی موقعیت و گسترش سامانه کم‌فشار سودان در بارش‌های مناطق جنوب‌غرب، جنوب‌میانی و جنوب‌شرق ایران است، در گام نخست بررسی و استخراج سامانه‌های بارشی در این مناطق در طی دوره آماری مورد مطالعه نیاز است. بنابراین سامانه‌های بارشی برای ۸ ماه دوره سرد سال (اکتبر تا می) به تفکیک مناطق استخراج گردیده است. در این تحقیق از ماه‌های فصل گرم (جون تا سپتامبر) به سبب فقدان بارش قابل توجه و همچنین عدم فعالیت سامانه سودانی به شکل دینامیکی در ماه‌های گرم سال، صرف نظر شده است (شکل ۲). به منظور انتخاب سامانه‌های بارشی مناطق سه گانه، پس از انتخاب پایه آماری مشترک، داده‌های ایستگاه‌های هر منطقه به صورت سری

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

زمانی از ابتدای دوره آماری (۱۹۹۷) تا انتهای آن (۲۰۱۷) مرتب گردیدند. سپس با اعمال معیارهای زیر سامانه‌های بارشی آنها استخراج گردید.

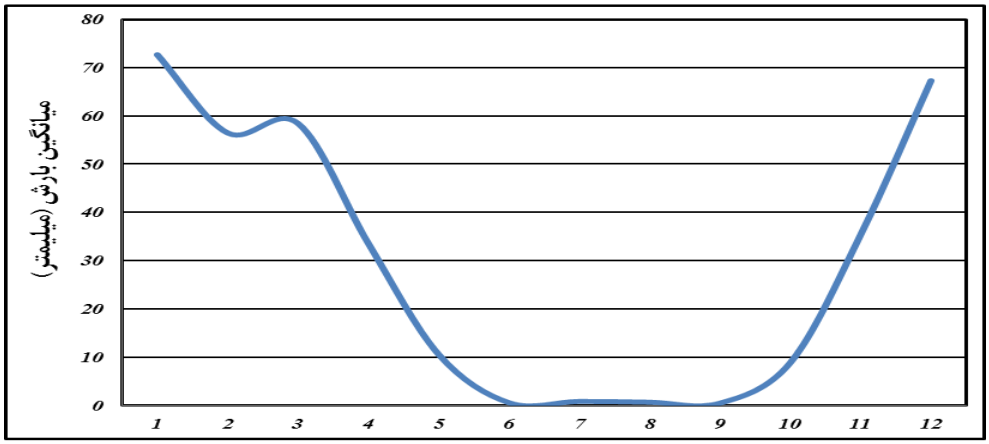
معیارهای مورد استفاده برای گزینش و استخراج سامانه‌های بارشی مناطق سه گانه به شرح زیر است:

۱) معیار شدت: حداقل در یکی از ایستگاه‌های هر یک از مناطق و در یکی از روزهای سامانه بارشی حداقل ۵ میلیمتر و بیشتر بارش ثبت شده باشد (به منظور اجتناب از امکان انتخاب بارش‌های محلی).

۲) معیار فراگیری: حداقل در بیش از نیمی از ایستگاه‌های هر منطقه بارش رخ داده باشد (به منظور اجتناب از انتخاب بارش‌های محلی و همرفتی).

۳) معیار جهت (مدخل ورود): با توجه به این که سامانه‌های بارشی این مناطق عموما از سمت جنوب یا جنوب‌غرب وارد منطقه می‌گردند. برای انتخاب سامانه بارشی حتما در یکی از جنوبی‌ترین ایستگاه‌های هر منطقه بارش رخ داده باشد.

معیارهای سه‌گانه از این جهت استفاده شدند تا از این طریق اطمینان حاصل شود که بارش حاصله نتیجه ورود یک سامانه بارشی به مناطق بوده و از طرفی منشا سامانه از مناطق جنوبی و کم‌فشار سودان بوده است. به این ترتیب و در مجموع ۱۴۲ سامانه بارشی در سه منطقه مورد مطالعه حاصل گردید. از این تعداد به ترتیب در جنوب‌غرب ۱۰۷، جنوب‌میانی ۱۹ و جنوب‌شرق ۱۶ سامانه بارشی در طی ۲۱ سال حاصل شد. البته باید توجه داشت که این تعداد تمامی سامانه‌هایی نیست که در طول ۲۱ سال از سمت جنوب یا مناطق دیگر وارد منطقه جنوبی ایران شده است. بلکه بر اساس معیارهای انتخابی این تعداد سامانه غربال گری گردیده است. تعداد سامانه‌های بارشی هر یک از ماه‌های سال در جدول ۲ ارائه شده است. ماه‌های می و اکتبر کمترین تعداد سامانه‌های بارشی را به خود اختصاص داده‌اند. منطقه جنوب‌شرق بر اساس معیارهای انتخابی هیچ سامانه بارشی را در این دو ماه دریافت نکرده است.



شکل ۲. میانگین ماهانه بارش در منطقه مورد مطالعه.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

جدول ۲.تعداد سامانه‌های بارشی و پراکنش ماهانه آن به تفکیک مناطق سه گانه.

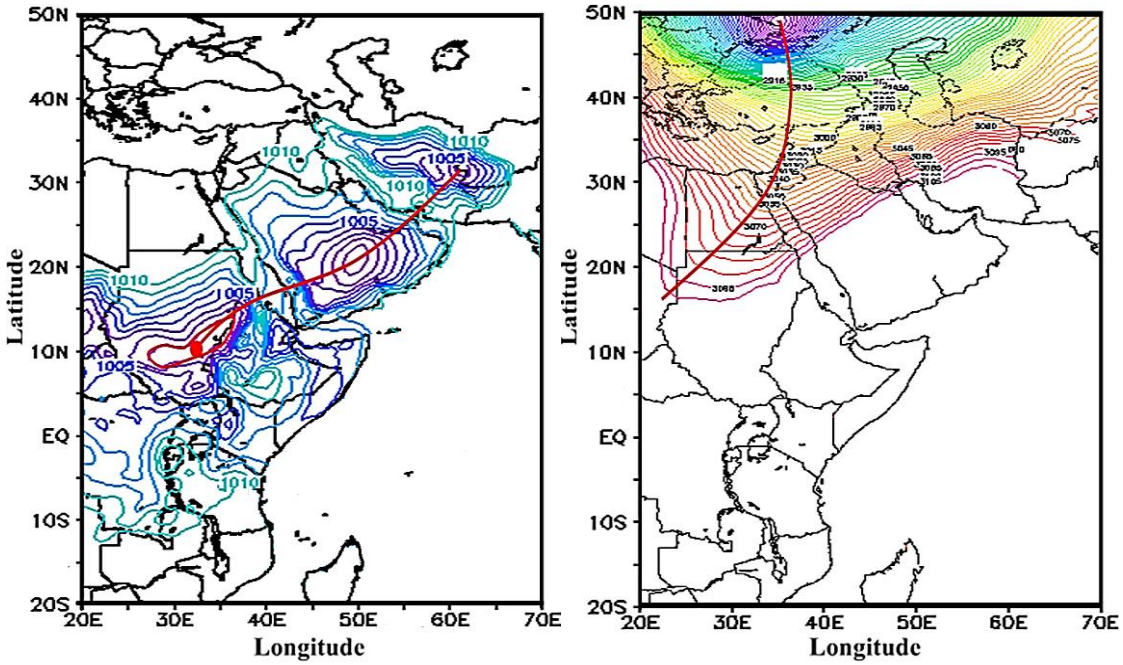
سامانه‌های بارشی / مناطق سه گانه	تعداد کل	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می
جنوب‌غرب	۱۰۷	۸	۱۷	۱۷	۱۲	۱۴	۱۲	۲۲	۵
جنوب‌میانی	۱۹	۱	۴	۲	۲	۴	۲	۳	۱
جنوب‌شرق	۱۶	-	۲	۴	۲	۱	۶	۱	-

پس از انتخاب سامانه‌های بارشی، در گام بعدی، موقعیت هسته مرکزی سامانه سودانی تعیین گردید. برای این منظور ابتدا نقشه‌های ۱۲ ساعته فشار تراز دریا (SL) برای تمامی روزهای هر سامانه بارشی ترسیم شد. در ادامه با روی هم گذاری نقشه‌های ترسیم شده، موقعیت هسته مرکزی کم‌فشار، محدوده گسترش اولین منحنی بسته در اطراف مرکز و در نهایت محور زبانه کم‌فشار سودان ترسیم گردید (شکل ۳).

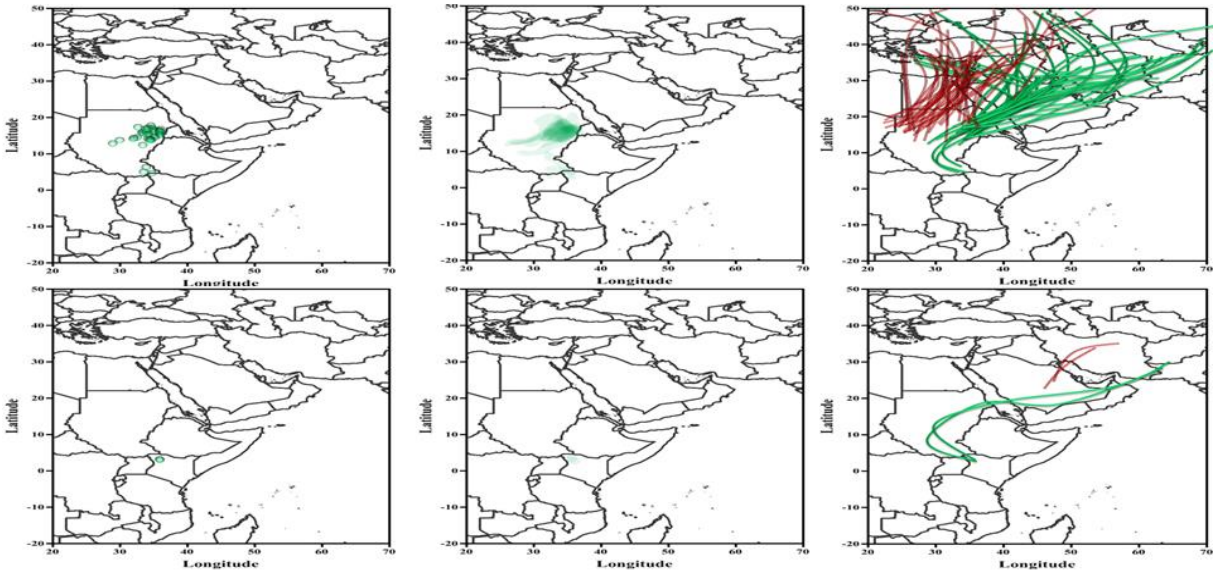
بدون شک تقویت و گسترش سامانه سودانی در ترازهای زیرین جو نیازمند شرایط جوی مناسب در ترازهای میانی و بالاتر است. برای این منظور پس از بررسی شرایط همدیدی حاکم در ترازهای میانی و بالایی مشخص شد شرایط همدیدی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مناسب‌ترین تراز برای مطالعه فرارفت رطوبت از منطقه همگرایی بین حاره‌ای (ITCZ) بدرون سامانه‌های سودانی می‌باشد. بر اساس مطالعات متعدد انجام شده توسط کریمی (۱۳۸۶)، کریمی و فرج زاده (۱۳۹۰)، کریمی و همکاران (۱۳۹۵) و فرج زاده و همکاران (Farajzadeh et al., ۲۰۰۷)، لایه زیرین جو (ترازهای دریا تا ۸۵۰ هکتوپاسکال) مناسب‌ترین لایه برای فرارفت رطوبت از دریاهای گرم عمان، عرب و دریای سرخ بدرون سامانه سودانی است. همچنین مطالعات لشکری و همکاران (۱۳۹۵) نشان داده است که گاهی رطوبت فرارفت شده از منطقه همگرایی بین حاره‌ای در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نقش مهمی در تشدید و تقویت سامانه‌های سودانی داشته است. لذا پس از بررسی نقشه‌های تراز دریا، در ادامه، برای بررسی نحوه و چگونگی تقابل سامانه سودانی با شرایط جوی در ترازهای بالای جو موقعیت ناوه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز مورد بررسی قرار گرفته شد. از این رو نقش موقعیت و جابجایی ناوه ترازهای میانی جو در تعیین مسیر حرکت سامانه سودانی با بهره گیری از روش بالا برای تمامی سامانه‌های مناطق سه گانه و در هر ماه بررسی و تحلیل شده است. در نهایت مدل یا الگوی گردش عمومی جو در سامانه‌های بارشی مناطق، به تفکیک ارائه شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]


50N
40N
30N
20N
10N
EQ
10S
20S
20E
30E
40E
50E
60E
70E
Latitude
Longitude
1010
1005
1000
2916
2933
2950
2967
2984
3000
3017
3034
3051
3068
3085
3102
3119
3136
3153
3170
3187
3204
3221
3238
3255
3272
3289
3306
3323
3340
3357
3374
3391
3408
3425
3442
3459
3476
3493
3510
3527
3544
3561
3578
3595
3612
3629
3646
3663

تمام ایران را در بر می‌گیرند. این زبانه‌ها گاه تا آسیای میانه نیز ادامه دارند. تعداد کمتری از زبانه‌ها نیز با توجه به الگوی همدیدی حاکم بر روی مدیترانه تغییر مسیر داده امتدادی جنوب‌شرقی-شمال‌غربی دارند. درباره الگوی همدیدی این گونه زبانه‌ها در ادامه مقاله بحث خواهد شد. همانطور که ملاحظه می‌شود محور ناوه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برای سامانه‌های مسیر جنوب‌غرب عموما امتداد شمال‌شرقی-جنوب‌غربی دارند. این محورها در محدوده‌ای بین طول ۲۵ تا ۳۵ درجه شرقی (مدیترانه شرقی) متمرکز شده‌اند. دامنه گسترش جنوبی این ناوه‌ها عموما تا جنوب مدار ۲۰ درجه و تا عرض ۱۵ درجه نیز گسترش دارند (شکل ۴).

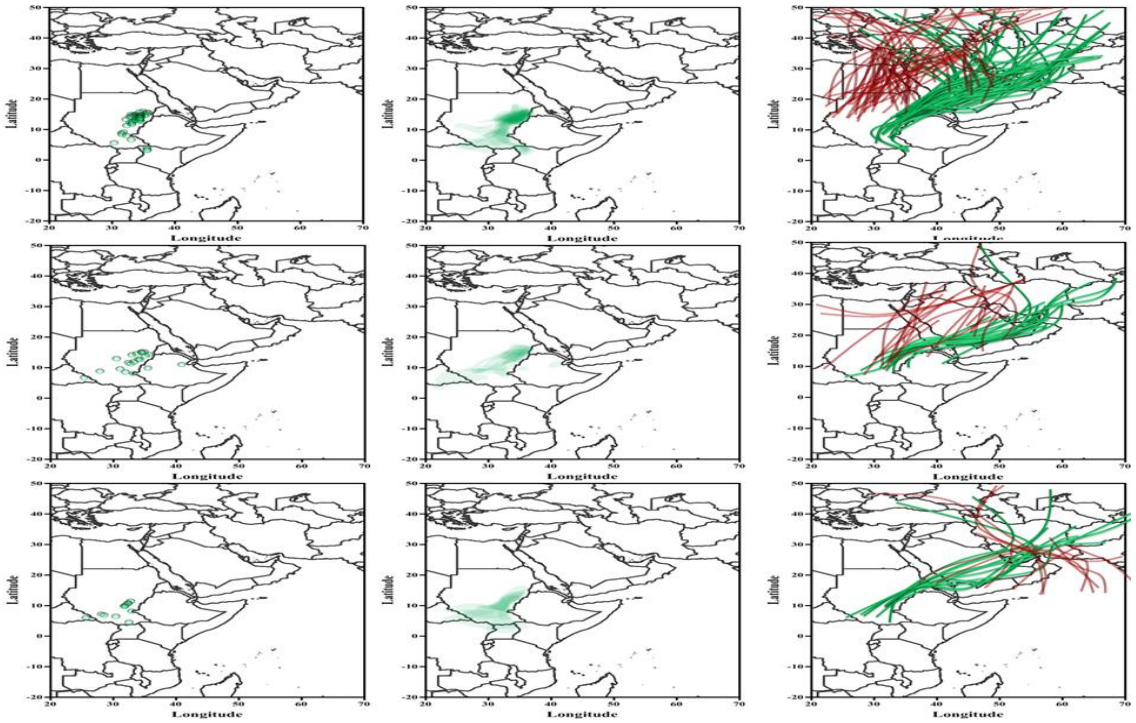


شکل ۴. موقعیت هسته مرکزی (ستون اول) و گسترش اولین منحنی بسته در اطراف هسته مرکزی سامانه کم‌فشار سودان (ستون دوم)، محور گسترش همدیدی این سامانه (خطوط سبز) به همراه موقعیت ناوه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (خطوط قرمز) (ستون سوم) در زمان رخداد بارش‌های جنوب‌غرب (بالا) و جنوب‌میانی (پایین) در ماه اکتبر.

در این ماه هر سه منطقه دارای سامانه بارشی بوده‌اند. با این همه بیشترین تعداد سامانه‌ها از منطقه جنوب‌غرب وارد ایران شده‌اند. همانطور که دیده می‌شود هسته مرکزی کم‌فشار سودانی برای هر سه منطقه در موقعیت مرز شرقی کشور سودان با کشور اتیوپی متمرکز شده‌اند. فقط موقعیت استقرار هسته‌های بارشی منطقه جنوب‌شرق قدری جنوبی‌تر از دو منطقه دیگر است. بنابراین هسته مرکزی کم‌فشار سودان برای سامانه‌های بارشی با مسیرهای مختلف، جابجایی خاصی را نشان نمی‌دهد. بعبارت دیگر موقعیت مکانی هسته کم‌فشار، تعیین کننده مسیرحرکت یا تغییر در مسیر حرکت سامانه نمی‌باشد. این مساله در مورد اولین منحنی بسته شده نیز صادق است. یعنی محدوده گسترش اولین منحنی بسته شده در اطراف هسته کم‌فشار نیز برای پهنه‌های بارشی مختلف تفاوت چندانی نشان نمی‌دهد. ولی مسیر حرکت زبانه کم‌فشار برای سامانه‌های بارشی برای مناطق سه گانه کاملا متفاوت است. این زبانه‌ها تا عبور از دریای سرخ تفاوت چندانی را نشان نمی‌دهند. در این محدوده محور زبانه همه سامانه‌ها از بخش جنوبی دریای سرخ (محدوده ۱۵ تا ۲۰درجه عرض شمالی) عبور می‌کنند. ولی بعد از دریای سرخ و بر روی شبه جزیره عربستان مسیرهای متفاوتی را طی کرده‌اند. همانطور که دیده می‌شود زبانه‌های کم‌فشار سامانه‌های

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

بارشی جنوب‌غرب، پس از عبور از منطقه مرکزی شبه جزیره عربستان در محدوده‌ای بین تنگه هرمز تا خوزستان و جنوب‌شرق عراق وارد ایران می‌شوند. زبانه بیش از دو سوم سامانه‌ها قبل از عبور از ارتفاعات زاگرس خاتمه یافته و ادامه مسیر نداده‌اند. تعداد کمتری از سامانه‌ها در همان مسیر جنوب‌غربی-شمال‌شرقی تا آسیای میانه تداوم دارند. همینطور تعدادی از سامانه‌های بارشی نیز قبل یا بعد از عبور از رشته کوه‌های زاگرس تغییر مسیر داده با امتداد جنوب‌شرقی-شمال‌غربی تا شرق اروپا امتداد دارند. به نظر میرسد این گونه سامانه‌ها الگویی از سامانه‌های ادغامی باشند که درادامه بحث در همین مقاله مورد بررسی قرار خواهند گرفت. محور ناوه سامانه‌های این مسیر عموما در محدوده‌ای بین طول ۲۷ تا ۴۰ درجه شرقی (مدیترانه شرقی) قرار دارند. در این محدوده محور ناوه‌ها بیشتر نصف‌النهاری می‌باشند. محورهایی که از طول ۴۰ درجه فراتر رفته‌اند عموما دارای مولفه مداری قوی‌تر و طول بیشتر می‌باشند. محور زبانه‌های کم‌فشار دو منطقه بارشی جنوب‌میانی و جنوب‌شرق شباهت زیادی برروی شبه جزیره عربستان دارند. حتی محور سامانه‌های جنوب‌شرقی موقعیتی شمالی‌تر از سامانه‌های جنوب‌میانی دارند. مساله قابل توجه در مورد محور زبانه‌های منطقه جنوب‌میانی است که تعداد زیادی از زبانه‌ها در دامنه‌های جنوبی زاگرس متوقف شده و بر روی ایران امتدای ندارند. تفاوت محور ناوه سامانه‌های جنوب‌میانی در قیاس با سامانه‌های جنوب‌غربی، جابجایی شرق‌سوی محورها و همچنین عمق آن‌ها می‌باشد. ولی همانطور که دیده می‌شود محور ناوه سامانه‌های جنوب‌شرقی الگویی کاملا متفاوت ازدو مسیر دیگر دارند. برای این گونه سامانه‌ها، محورها عموما امتدادی شمال‌شرقی-جنوب‌غربی پیدا می‌کنند و عموما در شرق طول ۴۵ درجه شرقی قرار می‌گیرند (شکل ۵).



شکل ۵. موقعیت هسته مرکزی (ستون اول) و گسترش اولین منحنی بسته در اطراف هسته مرکزی سامانه کم‌فشار سودان (ستون دوم)، محور گسترش همدیدی این سامانه (خطوط سبز) به همراه موقعیت ناوه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (خطوط قرمز) (ستون سوم) در زمان رخداد بارش‌های جنوب‌غرب (بالا)، جنوب‌میانی (وسط) و جنوب‌شرق (پایین) در ماه نوامبر.

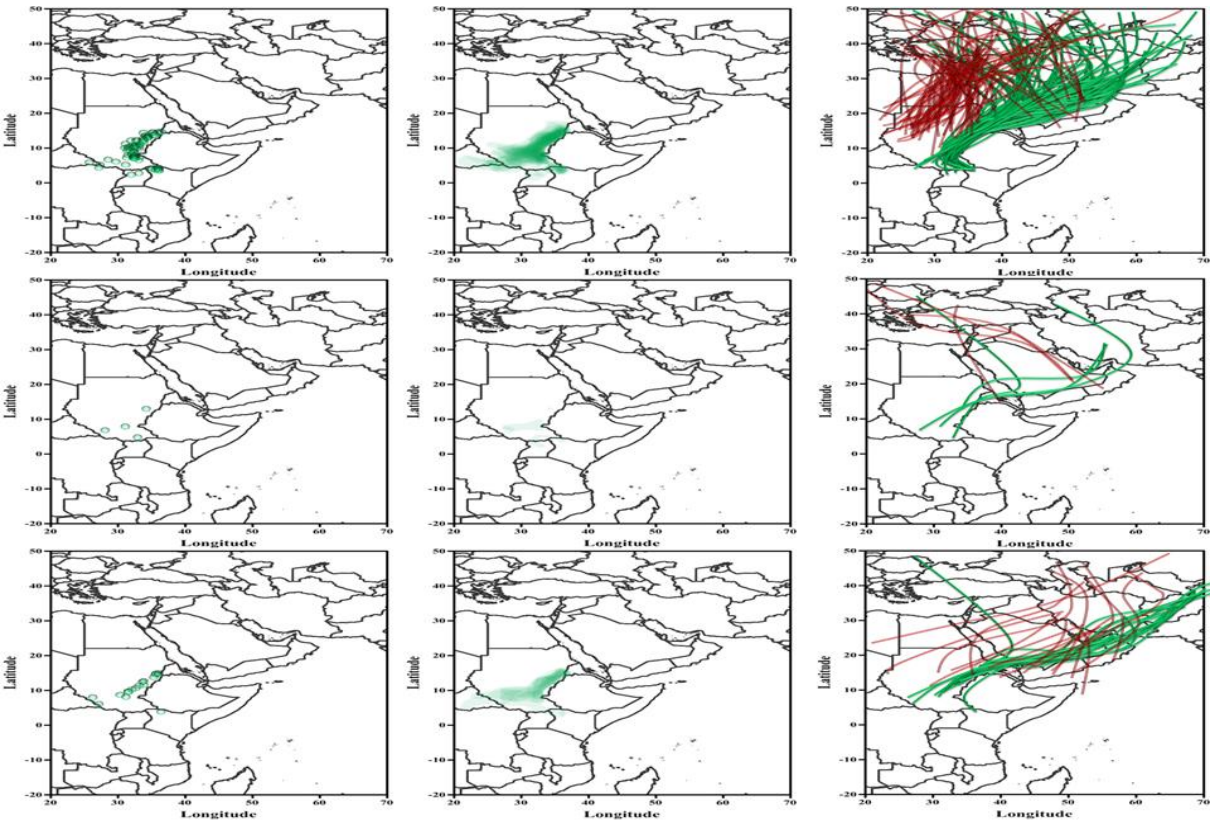
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

در این ماه نیز هر سه منطقه دارای سامانه بارشی بوده‌اند. با این تفاوت که منطقه جنوب‌میانی دارای کمترین سامانه بارشی بوده است. باز هم بیشترین تعداد سامانه‌ها برای منطقه جنوب‌غرب است. در این ماه نیز همانند دو ماه قبل، موقعیت جغرافیایی استقرار هسته مرکزی کم‌فشار سودانی در هر سه منطقه تقریبا مشابه است و در محدوده شرقی و جنوبی کشور سودان و در نزدیکی کشور اتیوپی متمرکز شده‌اند. در محدوده گسترش اولین منحنی بسته شده در اطراف هسته مرکزی کم‌فشار نیز برای سامانه‌های بارشی در مناطق سه گانه نیز تفاوت چندانی مشاهده نمی‌شود و پهنه آن با گسترش جنوب‌غربی-شمال‌شرقی تقریبا نیمه جنوبی کشور سودان را فرا گرفته است. اما تفاوت در محور گسترش زبانه کم‌فشار پس از عبور از بخش جنوبی دریای سرخ (محدوده ۱۵ تا ۲۰درجه عرض شمالی) و ناوه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برای سامانه‌های بارشی در سه منطقه دیده می‌شود. در سامانه‌های مربوط به منطقه جنوب‌غرب، زبانه کم‌فشار پس از عبور از دریای سرخ و بر روی شبه جزیره عربستان، پهنای مسیر حرکت و دامنه گستره آن افزایش می‌یابد و از مسیرهای متفاوتی وارد ایران می‌شود. در سامانه‌های جنوب‌میانی و جنوب‌شرق محور زبانه کم‌فشار دارای موقعیتی جنوبی‌تر است و از بخش جنوبی عربستان و پس از گذر از تنگه هرمز وارد منطقه مطالعاتی می‌شود. به طور کلی تعدادی از این زبانه‌ها با گسترش قابل توجه پس از گذر از ایران تا آسیای میانه تداوم دارند و تعدادی دیگر نیز با تغییر مسیر تا شرق اروپا امتداد دارند. محور ناوه در سامانه‌های بارشی منطقه جنوب‌غرب عموما به صورت شمالی-جنوبی و در محدوه مدیترانه شرقی قرار دارند. در مواردی این محورها تا غرب ایران گسترش داشته و شکل قرارگیری آن به صورت شمال‌شرقی-جنوب‌غربی است. شرایط در سامانه‌های منطقه جنوب‌میانی کاملا متفاوت است و محور ناوه با موقعیتی شرقی‌تر با گسترشی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی دیده می‌شود. گسترش محور ناوه در این ماه در بارش‌های منطقه جنوب‌شرق همانند ماه نوامبر دارای الگویی کاملا متفاوت است. به طوری که هم موقعیت محور و نحوه قرارگیری ناوه‌ها با گسترش از شبه جزیره عربستان تا شرق ایران و هم امتداد و جهت قرارگیری آن‌ها کاملا نامنظم است (شکل ۶).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

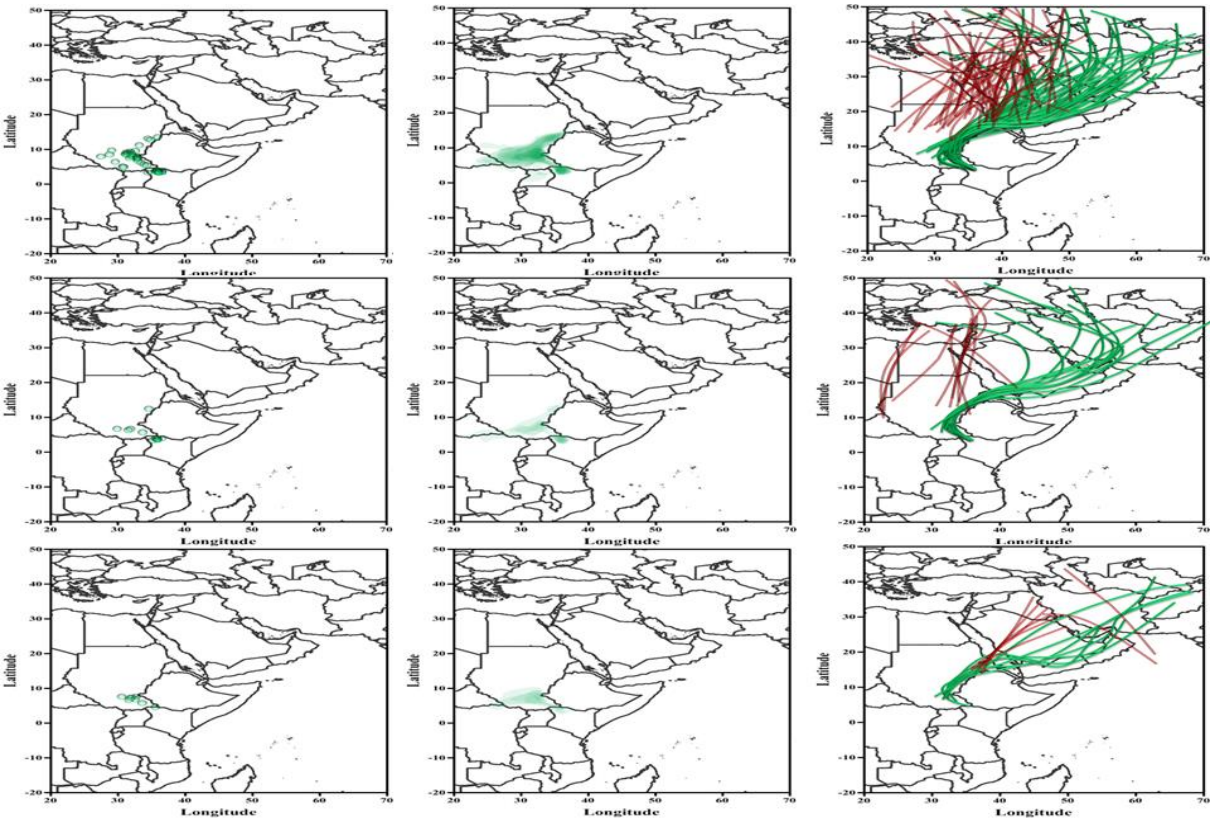


شکل ۶. همان نقشه برای ماه دسامبر.

شکل ۷ نحوه قرارگیری هسته مرکزی و چگونگی گسترش زبانه کم‌فشار سودان در سامانه‌های بارشی مناطق سه گانه جنوب‌غرب، جنوب‌میانی و جنوب‌شرق در ماه ژانویه را نشان می‌دهد. در این ماه نیز تعداد سامانه‌های بارشی در منطقه جنوب‌غرب در مقایسه با دو منطقه دیگر بیشینه بوده است. همانطور که دیده می‌شود اگرچه نحوه قرارگیری و موقعیت هسته مرکزی و همچنین اولین منحنی بسته در اطراف هسته مرکزی کم‌فشار، تقریبا مشابه ماه‌های پیشین است و جایگاه تمرکز آن‌ها در حدفاصل شرق سودان و مرز غربی سومالی است، اما تفاوت محسوس در این رابطه جابجایی جنوب‌سوی اندک در جایگاه هسته‌های کم‌فشار نسبت به ماه‌های قبل است که با توجه به گردش عمومی جو در این ماه و هدایت سامانه‌های جوی به عرض‌های جنوبی قابل توجیه است. میدان گسترش اولین منحنی بسته شده در اطراف هسته مرکزی در محدوده قرارگیری هسته‌ها است. در این ماه نیز تفاوت در ورود زبانه کم‌فشار پس از گذر از دریای سرخ مشهود است. در سامانه‌های جنوب‌غربی پهنه حرکت زبانه کم‌فشار و دامنه گستره آن‌ها از غرب تا جنوب‌شرق ایران دیده می‌شود اما در سامانه‌های جنوب‌میانی و جنوب‌شرق، اغلب آن‌ها بیشتر از مسیر جنوبی وارد ایران شده‌اند. امتداد تعدادی از زبانه‌ها گاه تا آسیای میانه ادامه دارد. تعدادی از آن‌ها نیز بر روی ایران با تغییر مسیر به شکل جنوب‌شرقی-شمال‌غربی تا شرق اروپا ادامه دارند. الگوی محور ناوه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در مقایسه با ماه‌های پیشین قدری متفاوت است. جایگاه و موقعیت محور ناوه سامانه‌های مسیر جنوب‌غرب دارای جابجایی شرق‌سو است و با گسترش منظمی از ۳۰ تا ۵۰ درجه شرقی تمرکز دارند، اما محور آن‌ها عموما نصف‌النهاری است. در بارش‌های مربوط به جنوب‌میانی تفاوت بسیار بارزی نسبت به ماه‌های پیشین مشاهده می‌شود و آن

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

هم جابجایی غرب‌سو در محور ناوه است که عموما تا شرق مدیترانه و گاه مرکز آن دیده می‌شود. محور قرارگیری آن‌ها نیز برخلاف ماه‌های قبل اغلب نصف‌النهاری است. در بارش جنوب‌شرق دو الگوی گسترش شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شمال‌غربی- جنوب‌شرقی در نحوه قرارگیری محور ناوه مشاهده می‌شود. نکته قابل توجه گسترش جنوبی ناوه‌ها تقریبا تا ۱۵ درجه جنوبی و در محدوده کشور سودان و کاهش عمق آن‌ها است.

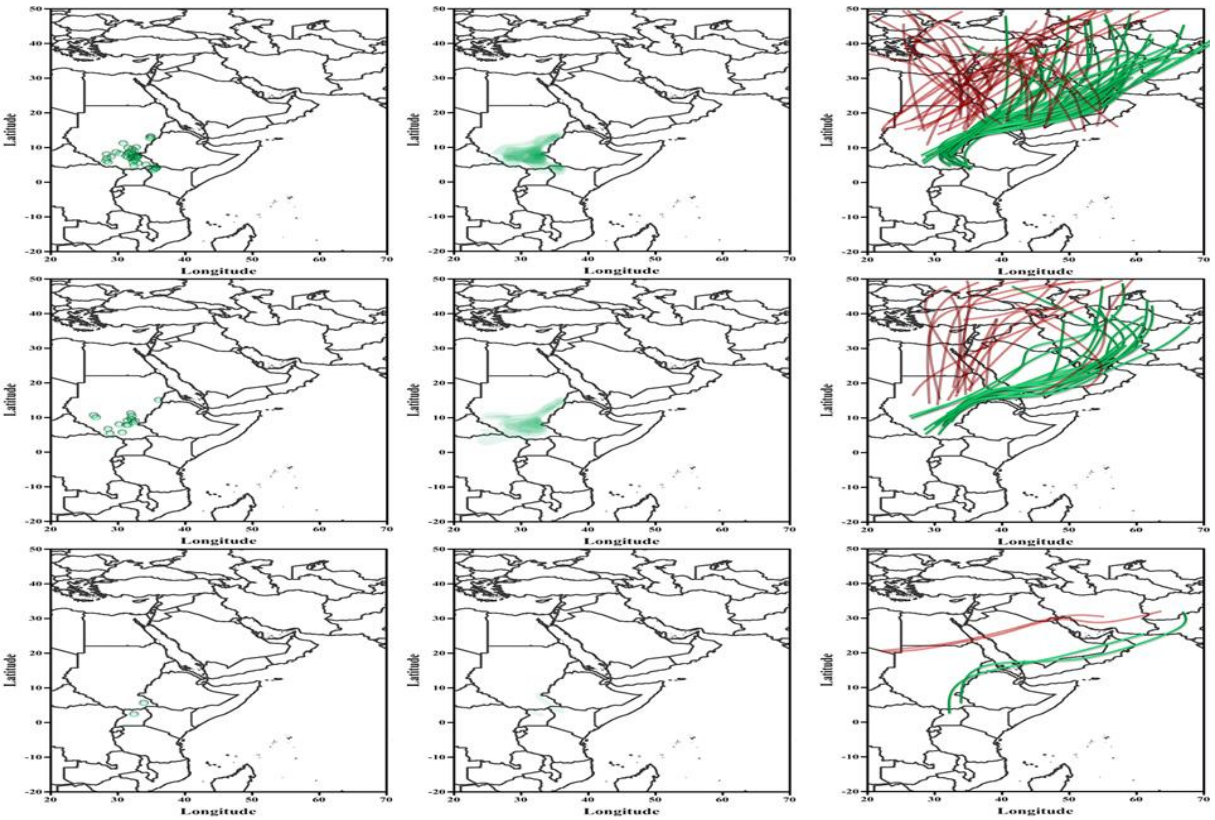


شکل ۷. همان نقشه برای ماه ژانویه.

موقعیت کم‌فشار سودان و تاثیر آن در سامانه‌های بارشی مناطق سه گانه در ماه فوریه نیز مورد بررسی قرار گرفته است. منطقه جنوب‌شرق با کمترین تعداد سامانه‌های بارشی مشاهده می‌شود. در این ماه نیز موقعیت هسته مرکزی و اولین منحنی بسته در اطراف هسته مرکزی کم‌فشار تقریبا مشابه ماه ژانویه است و جابجایی جنوب‌سو در آن‌ها دیده می‌شود. با این همه تمرکز آن‌ها همچنان در شرق و جنوب سودان است. دامنه حرکت زبانه کم‌فشار در سامانه‌های جنوب‌غربی گسترده‌تر و در مناطق جنوب‌میانی و جنوب‌شرق محدود به مرزهای جنوبی و گذر از تنگه هرمز است. امتداد زبانه‌ها بر روی ایران و تغییر مسیر در حرکت آن‌ها به سمت شرق اروپا در سامانه‌های جنوب‌غرب و جنوب‌میانی همچنان در ماه فوریه قابل مشاهده است. الگوی گسترش محور ناوه در مقایسه با ماه ژانویه قدری متفاوت است. موقعیت محور ناوه در سامانه‌های مسیر جنوب‌غرب نسبت به ماه ژانویه جابجایی شرق‌سوی بیشتری دارد و تا نیمه غربی ایران و فراتر از طول ۵۰ درجه شرقی گسترش یافته است. محور آن‌ها گاه شمال‌شرقی-جنوب‌غربی و گاه شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است. در بارش‌های مربوط به جنوب‌میانی نیز این جابجایی و حرکت شرق‌سو در محورهای ناوه مشاهده می‌شود. نکته قابل توجه افزایش عمق ناوه در بارش‌های جنوب‌میانی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

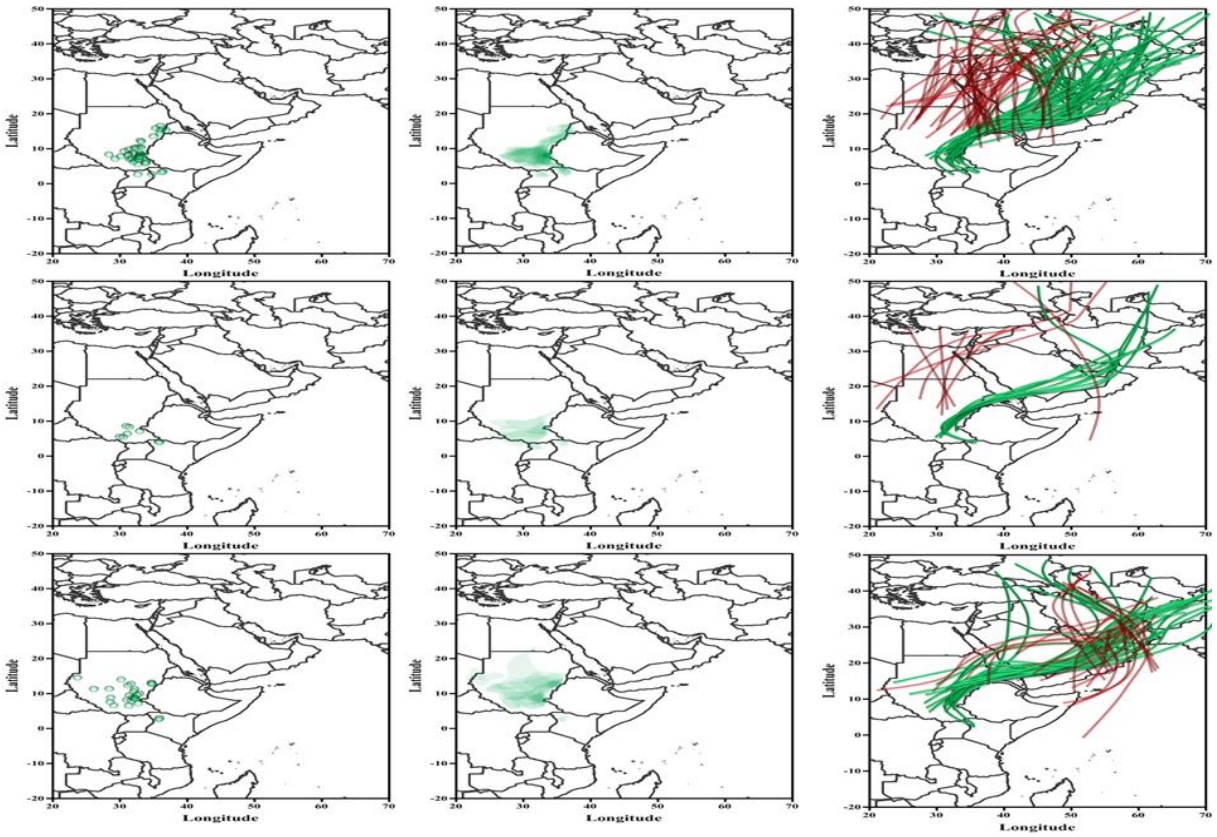
در مقایسه با سایر ماه‌ها است. در بارش جنوب‌شرق گسترش شمال‌شرقی- جنوب‌غربی با عمق بسیار قابل توجه در محور ناوه وجود دارد (شکل ۸).



شکل ۸. همان نقشه برای ماه فوریه.

شکل ۹ نحوه قرارگیری هسته مرکزی و چگونگی گسترش زبانه کم‌فشار سودان در سامانه‌های بارشی مناطق جنوب‌غرب، جنوب‌میانی و جنوب‌شرق در ماه مارس را نشان می‌دهد. الگوی کلی موقعیت هسته مرکزی و اولین منحنی بسته در اطراف هسته مرکزی کم‌فشار مشابه ماه‌های ژانویه و فوریه است. دامنه حرکت زبانه کم‌فشار در سامانه‌های جنوب‌غربی همانند سایر ماه‌ها گسترده‌تر از دو منطقه دیگر است. همچنین الگوی گسترش محور ناوه در بارش‌های این منطقه با گسترش طولی قابل توجه بسیار مشابه به دو ماه دیگر فصل زمستان بویژه ماه ژانویه است. محور آن‌ها گاه نصف‌النهاری و گاه شمال‌شرقی- جنوب‌غربی است. دامنه حرکت زبانه کم‌فشار در بارش‌های منطقه جنوب‌میانی بر روی شبه جزیره عربستان باریک و پس از گذر از تنگه هرمز به این منطقه وارد می‌شود. محور ناوه در بارش‌های این منطقه نیز دارای الگوی بسیار نامنظمی به لحاظ گسترش جغرافیایی، امتداد و عمق است. همانطور که ملاحظه می‌شود مسیر حرکت زبانه‌های کم‌فشار سودان در بارش‌های جنوب‌شرق در مقایسه با مناطق جنوب‌غرب و میانی دارای جابجایی جنوب‌سوی اندکی است که اغلب آن‌ها با گذر از تنگه هرمز و دریای عمان وارد منطقه می‌شوند. بیشینه تمرکز ناوه‌ها در بارش‌های این منطقه در محدوده میان ۵۰ تا ۶۰ درجه شرقی (بر روی ایران) است. امتداد محور ناوه‌ها نامنظم است و در جهات متفاوتی مشاهده می‌شود. نکته قابل توجه وجود زبانه‌های برگشتی بر روی ایران به سمت شرق اروپا در بارش‌های ماه مارس تمامی مناطق است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

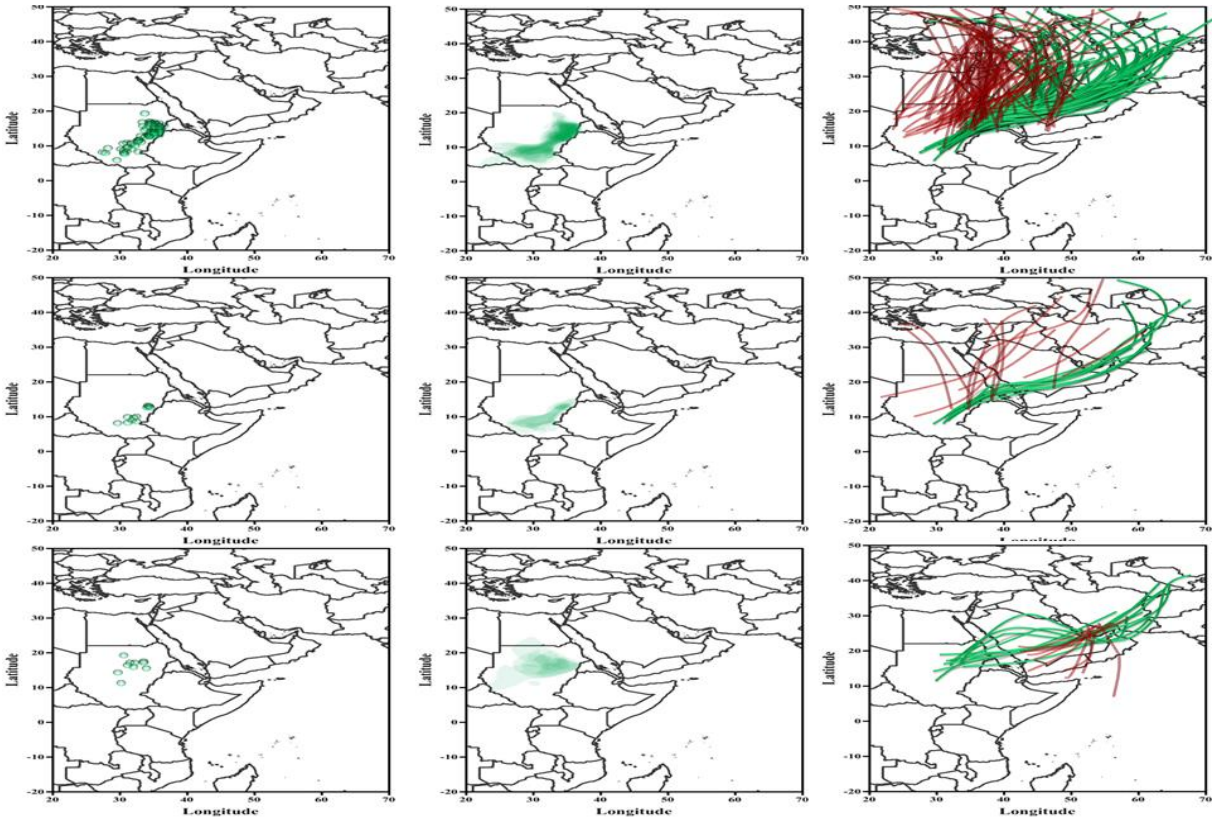


شکل ۹. همان نقشه برای ماه مارس.

در ماه آوریل نیز بیشترین تعداد سامانه‌ها از منطقه جنوب‌غرب وارد ایران شده‌اند. همانطور که دیده می‌شود در این ماه همچون ماه‌های پیشین موقعیت هسته مرکزی کم‌فشار سودانی برای هر سه منطقه بر روی کشور سودان متمرکز است. اما تفاوت موجود در جایگاه عرضی این هسته‌ها است که در مقایسه با ماه‌های فصل زمستان دارای موقعیتی شمالی‌تر هستند. این مسئله در استقرار هسته‌های بارشی منطقه جنوب‌شرق مشهودتر است که موقعیت آن‌ها قدری شمالی‌تر از دو منطقه دیگر است. محدوده گسترش اولین منحنی بسته شده در اطراف هسته کم‌فشار نیز برای پهنه‌های بارشی مختلف تفاوت چندانی را نشان نمی‌دهد و نمایانگر محدوده هسته‌های کم‌فشار است. لذا هسته مرکزی کم‌فشار سودان برای سامانه‌های بارشی با مسیرهای مختلف، در ماه‌های معتدل نیز جابجایی خاصی را نشان نمی‌دهد. ولی مسیر حرکت زبانه کم‌فشار برای سامانه‌های بارشی مناطق سه گانه بر روی شبه جزیره عربستان متفاوت است. همانطور که دیده می‌شود زبانه‌های کم‌فشار سامانه‌های بارشی جنوب‌غرب، در محدوده گسترده از تنگه هرمز تا جنوب‌شرق عراق وارد منطقه می‌شوند. محور ناوه این مسیر عموما در محدوه‌ای بین طول ۲۵ تا ۵۰ درجه شرقی قرار دارند و امتداد محور آن‌ها بیشتر نصف‌النهاری است. همینطور تعداد قابل توجهی از زبانه‌های سامانه‌های بارشی این منطقه دارای تغییر مسیر به سمت شرق اروپا هستند و تعداد کمتری تا آسیای میانه امتداد دارند. محور زبانه‌های کم‌فشار دو منطقه بارشی جنوب‌میانی و جنوب‌شرق به لحاظ ورود به ایران شباهت زیادی دارند و از مرزهای جنوبی (تنگه هرمز و دریای عمان) وارد منطقه می‌شوند اما در مسیر شبه جزیره عربستان دارای تفاوت اندکی هستند. به طوری که در زبانه‌های تعدادی از سامانه‌های جنوب‌شرق کشیدگی یا انحراف شمال‌سو وجود دارد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

امتداد محور ناوه سامانه‌های جنوب‌میانی به شکل شمال‌شرقی-جنوب‌غربی است، و گسترش جغرافیایی آن‌ها در محدوده‌ای مشابه با ناوه‌های بارشی منطقه جنوب‌غرب است. همانطور که دیده میشود محور ناوه سامانه‌های جنوب‌شرقی به لحاظ امتداد، گسترش و عمق، الگویی کاملا متفاوت از دو مسیر دیگر دارند. گسترش جغرافیایی این ناوه‌ها تقریبا در محدوده ۵۰ تا ۶۰ درجه شرقی است و ابتدای محور ناوه‌ها در تمامی موارد بر روی خلیج فارس تشکیل شده است. نکته قابل توجه کاهش بسیار زیاد عمق ناوه‌های سامانه‌های بارشی منطقه جنوب‌شرق است (شکل ۱۰).

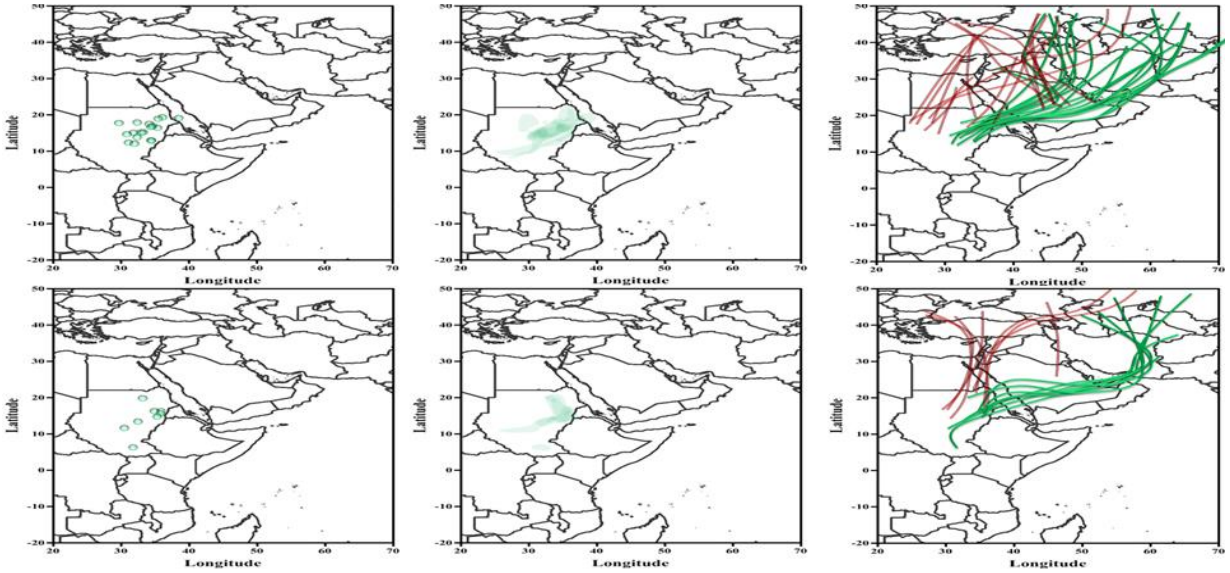


شکل ۱۰. همان نقشه برای ماه آوریل.

منطقه جنوب‌شرق در ماه می نیز همانند ماه اکتبر در طول دوره آماری فاقد سامانه بارشی بوده است. اگرچه در ماه می نیز بیشترین تعداد سامانه‌ها از منطقه جنوب‌غرب وارد ایران شده‌اند اما تعداد آن‌ها نسبت به سایر ماه‌های مورد بررسی کاهش یافته است. همانطور که ملاحظه می‌شود در این ماه موقعیت عرضی استقرار هسته‌های مرکزی و همچنین محدوده گسترش اولین منحنی بسته شده در اطراف هسته کم‌فشار در مقایسه با سایر ماه‌ها دارای جابجایی شمالی هستند. موقعیت استقرار هسته‌ها حتی از موقعیت آن‌ها در ماه آوریل نیز قدری شمالی‌تر است. به طوری که در هسته‌های بارشی جنوب‌غرب کاملا به شمال سودان کشیده شده و در مواردی بر روی جنوب دریای سرخ قرار گرفته‌اند. این مسئله منجر به کشیدگی موقعیت اولین منحنی بسته شده اطراف کم‌فشار به عرض‌های جغرافیایی شمالی و جهت گیری جنوب‌غربی-شمال‌شرقی شده است. البته همچنان مشابه ماه‌های پیشین محل استقرار آن‌ها بر روی کشور سودان است. ولی مسیر حرکت زبانه کم‌فشار برای سامانه‌های بارشی جنوب‌غرب و جنوب‌میانی، بر روی شبه جزیره عربستان کاملا مشابه با روند آن، در سایر ماه‌های سال است. هرچند

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

که با توجه به جابجایی شمال‌سوی هسته‌ها، مسیر عبوری زبانه‌های کم‌فشار بر روی سودان و قبل از گذر از دریای سرخ اندکی متفاوت شده است و دیگر خمیدگی و انحنا به سمت جنوب سودان و غرب اتیوپی در آن دیده نمی‌شود. محور ناوه مسیر جنوب‌غرب در محدوده‌ای بین طول ۲۵ تا ۵۰ درجه شرقی قرار دارد و امتداد آن‌ها در مواردی شمال‌شرقی-جنوب‌غربی و در موارد دیگر به شکل عکس آن یعنی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است. امتداد محور ناوه سامانه‌های جنوب‌شرق اغلب نصف‌النهاری است، و گسترش جغرافیایی آن‌ها در محدوده ۳۰ تا ۵۰ و در بیشتر موارد در محدوده ۳۰ تا ۴۰ درجه شرقی است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. همان نقشه برای ماه می.

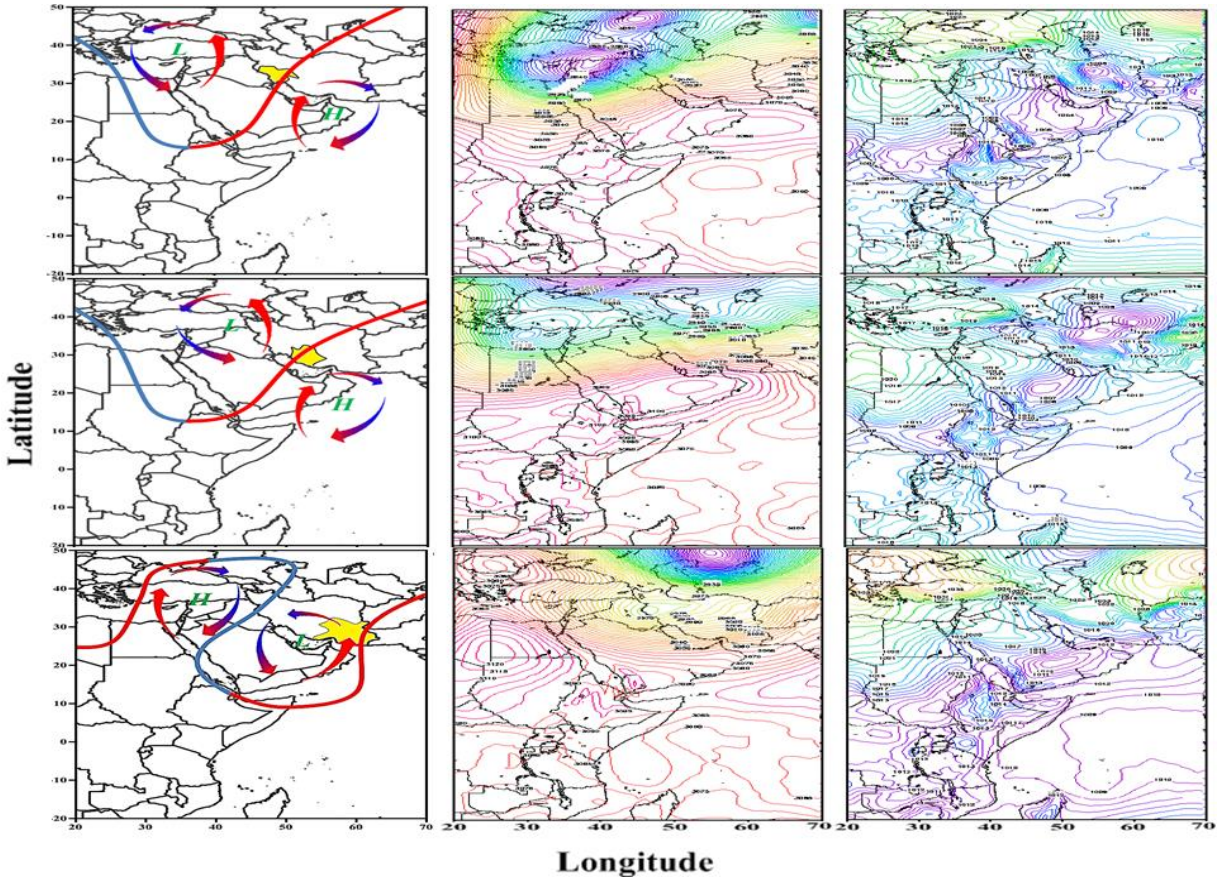
- **نمونه الگوی همدیدی مسیرهای سه گانه**

شکل شماره۱۲ الگوی کلی حاکم در لایه زیرین و میانی وردسپهر در شکل دهی مسیر حرکت سامانه‌ها را نشان می‌دهد. در الگوی سامانه‌هایی که از سمت جنوب‌غرب وارد ایران می‌شوند زبانه کم‌فشار سودانی در امتداد جنوب‌غربی-شمال‌شرقی از بخش میانی دریای سرخ عبور کرده و بر روی عربستان امتدادی جنوبی-شمالی پیدا کرده و در همان امتداد وارد عراق شده و گاه تا دریای سیاه امتداد دارد. در این الگو زبانه سودانی عموما با چرخند مدیترانه در شکل ادغام شده عمل می‌کنند. همانطور الگوی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد سامانه واچرخندی عربستان با محوری جنوب‌غربی-شمال‌شرقی در ساحل شرقی شبه جزیره عربستان استقرا پیدا می‌کند. این الگوی استقرار سبب شده است زبانه سودانی بر روی عربستان امتدادی جنوبی-شمالی پیدا کند. همچنان که ناوه نیز راستایی شمالی-جنوبی دارد. در بررسی محور ناوه سامانه‌های مسیر جنوب‌غربی دیده شد که محور ناوه‌ها عموما امتدادی شمالی-جنوبی داشته‌اند. همچنین این ناوه‌ها در قیاس با ناوه‌های دو مسیر دیگر گسترش جنوب‌سوی قابل توجهی دارند. در سامانه‌های این مسیر، ناوه‌ها گاه تا زیر مدار ۱۰ درجه شمالی گسترش دارند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

در سامانه‌های مسیر جنوب‌میانی زبانه کم‌فشار سودانی از منتهی الیه دریای سرخ عبور کرده و در امتداد شرق عربستان و از استان‌های بوشهر و هرمزگان وارد ایران می‌شود. همانطور که می‌بینیم الگوی گسترش واچرخند عربستان در این گونه سامانه‌ها با راستای طویل جنوب‌غربی-شمال‌شرقی است. این الگوی استقرار سبب می‌شود ناوه‌های مسیر جنوب‌میانی گسترش جنوب‌سوی زیادی نداشته باشند و محور ناوه‌ها نیز عموما خمیدگی زیادی به سمت شمال‌شرق پیدا کنند. به همین دلیل سامانه‌های این مسیر بیشتر نیمه شرقی ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهند. سامانه‌های مسیر جنوب‌شرق الگویی کاملا پیچیده دارند. ناوه‌های مدیترانه همواره در جابجایی شرق‌سوی خود بعد از طول جغرافیایی ۵۵ تا ۶۰ درجه شرقی دچار اختلالاتی می‌گردند. ویژگی‌های توپوگرافی منطقه (ارتفاعات گسترده و همگن هیمالیا)، الگوی استقرار و جابجایی مکانی واچرخندهای عربستان و تبت در این فصل از سال مجموع عواملی هستند که حرکت منظم ناوه را به سمت شرق در این محدوده جغرافیایی دچار اختلال می‌نماید. به همین دلیل الگوی گسترش زبانه‌های کم‌فشار در تراز زیرین و الگوی استقرار ناوه در ترازهای بالا، سامانه‌های این مسیر را بسیار پیچیده می‌نمایند. همانطور که ملاحظه شد ناوه‌های این منطقه یا دارای کشیدگی مداری مفرط است و یا برخلاف ناوه سامانه‌های دو مسیر قبل، امتدادی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی پیدا می‌کنند.



شکل ۱۲. نمومه انتخابی نقشه فشار تراز دریا (راست) و تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (چپ) و الگوهای همدیدی غالب تراز میانی جو در زمان رخداد سامانه‌های بارشی جنوب‌غرب (بالا)، جنوب‌میانی (وسط) و جنوب‌شرق (پائین).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

نتیجه گیری

سامانه‌های جنوبی به عنوان سامانه‌های تاثیرگذار در اقلیم ایران و بارش‌های آن بشمار می‌روند. بنابراین با توجه به اهیمت بسیار زیاد این سامانه‌ها، سازوکارهای همدیدی آن‌ها همواره موضوع بحث‌های متعدد محققین در عرصه اقلیم هستند. از جمله مهمترین سامانه‌های جنوبی، سامانه کم‌فشار سودانی که به عنوان سامانه جوی ایجاد کننده بارش‌ها و پدیده‌های مرتبط با آن بویژه در مناطق جنوبی ایران است. سامانه کم‌فشار سودان پس از تشکیل، با توجه به الگوی سینوپتیکی حاکم در منطقه، به طرف شمال یا شمال‌شرق حرکت کرده و از مسیرهای مختلفی وارد ایران شده و بارش‌های فراگیری را بر روی آن ایجاد می‌کند. مسیرهای متعدد ورود این سامانه به ایران، می‌تواند منجر به تغییراتی در شدت و ضعف و پهنه درگیر بارش در مناطق مختلف نیمه جنوبی ایران شود. از این رو در این مطالعه الگوهای همدید تعیین کننده مسیر حرکت سامانه‌های بارشی با منشاء سودانی به تفکیک سه منطقه جنوب‌غرب، جنوب‌میانی و جنوب‌شرق بررسی شده است.

نتایج این تحقیق نشان داد که موقعیت مکانی هسته مرکزی کم‌فشار سودان در سامانه‌های بارشی در مسیرهای سه گانه (جنوب‌غرب، جنوب‌میانی و جنوب‌شرقی) تفاوت چندانی نشان نمی‌دهد. این یکسانی در پهنه گسترش و الگوی کشیدگی اولین منحنی بسته شده اطراف کم‌فشار نیز دیده می‌شود. این پدیده نشان دهنده آن است که کم‌فشار سودان جابجایی مکانی زیادی ندارد و برای سامانه‌های بارشی با مسیرهای مختلف، جابجایی خاصی را نشان نمی‌دهد. بعبارت دیگر موقعیت مکانی هسته کم‌فشار، تعیین کننده مسیرحرکت یا تغییر در مسیر حرکت سامانه نمی‌باشد.

اما در الگوی گسترش و محور زبانه کم‌فشار سودان در سه مسیر تفاوت‌هایی دیده می‌شود. اصولا سامانه‌های بارشی منطقه جنوب‌غرب ابتدا با راستایی جنوب‌غربی-شمال‌شرقی از منطقه میانی دریای سرخ عبور کرده ولی بعد از دریای سرخ قدری خمیدگی به سمت شمال پیدا می‌کنند. در مورد سامانه‌های ادغام شده با سیکلون‌های مدیترانه‌ای محور زبانه کاملا به سمت شمال و شمال‌غرب خمیدگی پیدا کرده و زبانه تا شمال ترکیه و دریای سیاه امتداد می‌یابد. در این گونه سامانه‌ها مرکز سیکلونی در اروپای شرقی و اطراف دریای سیاه استقرار دارد. سامانه‌های بارشی این مسیر دارای پهنه باشی بیشتری هستند و مناطق بیشتری از ایران تحت تاثیر سامانه‌های این مسیر قرار می‌گیرند. زبانه کم‌فشار سودانی برای دو مسر دیگر قدری جنوبی‌تر و از بخش جنوبی دریای سرخ و گاه از تنگه باب المندب از سودان خارج شده و بعد از عبور از منطقه میانی شبه جزیره عربستان وارد جنوب‌میانی یا جنوب‌شرق ایران می‌گردند.

در تحلیل الگوی همدیدی منجر به تعیین مسیر و الگوی گسترش کم‌فشار سودان، دو سامانه واچرخند عربستان و ناوه شرقی مدیترانه در لایه زیرین و میانی وردسپهر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت که نهایتا الگوی ناوه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به عنوان نتیجه این ارزیابی در مقاله آمده است. در سامانه‌هایی که مسیر آنها از جنوب‌غرب ایران می‌باشد در اکثر قریب به اتفاق سامانه‌ها واچرخند عربستان در ساحل شرقی شبه جزیره عربستان استقرار داشته است. در این حالت ناوه مدیترانه در محدوده‌ای بین ۳۰ تا ۴۵ درجه شرقی (مدیترانه شرقی) استقرار پیدا می‌کند. الگوی گسترش ناوه عموما شمالی-جنوبی بوده و در قیاس با دو مسیر دیگر گسترش جنوب‌سوی بیشتری داشته است و در اکثر موارد تا زیر مدار ۱۵ درجه شمالی نفوذ پیدا می‌کند. در نتیجه پهنه و شدت بارش سامانه‌هایی که از جنوب‌غرب وارد ایران می‌شوند بیشتر از دو مسیر دیگر است. این مسیر بالاترین فراوانی سامانه‌ها را دارد. به طوری که ۷۵ درصد سامانه‌های مورد بررسی از این مسیر وارد ایران می‌شوند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

در سامانه‌های با مسیر جنوب‌میانی واچرخند عربستان قدری جنوب‌سو جابجا شده و محوری شمال‌شرقی-جنوب‌غربی پیدا کرده است. در نتیجه الگوی گسترش واچرخند نسبت به مسیر جنوب‌غرب، گردشی مداری پیدا کرده است. در این الگو ناوه‌های مدیترانه‌ای عموما محوری شمال‌شرقی-جنوب‌غربی پیدا می‌کنند. این الگو سبب می‌شود بارش‌های سامانه‌های ورودی از جنوب‌میانی نیمه شرقی ایران را در برگیرد. یا حداقل منطقه شمال‌غربی و غرب ایران چندان درگیر بارش نخواهند بود. الگوی همدید در مورد سامانه‌های مسیر جنوب‌شرق متفاوت‌تر از دو الگوی دیگر است. در این گونه سامانه‌ها واچرخند می‌بایستی جابجایی شرق‌سوی قابل توجهی داشته و تا شرق دریای عمان و کشور هند عقب نشینی نماید. با این همه ناوه‌های این منطقه دو الگوی کاملا متضادی را نشان دادند. در برخی سامانه‌ها ناوه با راستایی شمال‌شرقی- جنوب‌غربی با تمایل مداری، تمام پهنه عربستان و جنوب ایران را در بر می‌گیرد. و بر عکس در برخی سامانه‌ها ناوه امتدادی کاملا مغایر با گروه اول، راستایی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی دارد. این عدم تقارن در گسترش و امتداد ناوه‌ها را باید در توپوگرافی عمومی فلات تبت و الگوی گردشی مترتب در اثر حضور واچرخند تبت بر آن جستجو کرد. اصولا ناوه‌های مدیترانه در جابجایی شرق‌سوی متداول خود بعد از طول ۶۰ درجه دچار اختلال می‌گردند. همانطور که ملاحظه می‌شود محور ناوه‌ها و زبانه کم‌فشار سودانی برای مسیر جنوب‌شرق دارای انضباط و هماهنگی ساختاری نمی‌باشند.

به طورکلی استقرار و جابجایی سامانه واچرخند عربستان بر روی شبه جزیره عربستان و دریای عرب و جابجایی ناوه شرق مدیترانه، ضمن تاثیر و نقش فراوان بر شدت و ضعف و پهنه گسترش بارش‌های ایران بویژه در مناطق جنوبی آن، الگوهای همدیدی و سامانه‌های اصلی تاثیر گذار در تعیین مسیر حرکت سامانه سودانی نیز هستند. لذا نتایج مربوط به موقعیت و جابجایی مکانی واچرخند عربستان کاملا با نتایج لشکری و محمدی (۱۳۹۴)، لشکری و همکاران (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶)، کریمی و همکاران (۱۳۹۵) و خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۱) و نیز نتایج مربوط به موقعیت و امتداد محور ناوه ترازهای میانی جو با نتیجه مطالعه پرک و همکاران (۱۳۹۴: ۷۵) منطبق است. همچنین نتایج مربوط به تغییرات مکانی موقعیت کم‌فشار سودان بر روی کشورهای سودان و اتیوپی و جابجایی عرضی آن در این منطقه طی ماه‌های مختلف سال با نتایج حاصل از مطالعه اَلفَندی (۱۹۵۰a؛ ۱۹۵۲) هماهنگ است.

منابع

پرک، فاطمه؛ احمد روشنی و بهلول علیجانی. ۱۳۹۴. واکاوی همدیدی سامانه کم فشار سودانی در رخداد ترسالی‌ها و خشکسالی‌های نیمه جنوبی ایران. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۱۵**: ۹۰-۷۵.

جوانمرد، سهیلا؛ جواد بداق جمالی و مهدی آسیایی. ۱۳۸۲. بررسی همبستگی تغییرات فشار قزاقستان-دریای عمان با نوسان‌های بارش ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۷۱**: ۱۵۰-۱۳۶.

خوش اخلاق، فرامرز؛ قاسم عزیزی و مجتبی رحیمی. ۱۳۹۱. الگوهای همدید خشکسالی و ترسالی زمستانه در جنوب غرب ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۲۵**: ۷۷-۵۷.

عساکره، حسین؛ هوشنگ قائمی و شیما رضایی. ۱۳۹۵. بررسی مکانیسم گسترش و شدت کم‌فشار دریای سرخ. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، **۲۱**: ۹۰-۷۷.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

فنودی، محسن؛ کمال امیدوار و احمد مزیدی. ۱۳۹۶. واکاوی تاثیر سامانه کم‌فشار سودانی بر بارش‌های رگباری ناحیه کوهپایه‌های داخلی ایران. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، **۳۵**: ۷۴-۶۱.

کریمی، مصطفی. ۱۳۸۶. *تحلیل منابع تامین رطوبت بارش‌های ایران*. رساله دکتری جغرافیای طبیعی، گرایش اقلیم شناسی، استاد راهنما منوچهر فرج زاده، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

کریمی، مصطفی؛ منوچهر فرج زاده. ۱۳۹۰. شار رطوبت و الگوهای فضایی-زمانی منابع تامین رطوبت بارش‌های ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۲۲**: ۱۲۷-۱۰۹.

کریمی، مصطفی؛ فرامرز خوش اخلاق، سعید بازگیر و مهناز جعفری. ۱۳۹۵. نقش گردش وردسپهر زیرین پرفشار عربستان در بارش ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۴**: ۵۸۷-۵۶۹.

گندمکار، امیر. ۱۳۹۱. مدیریت بحران وقوع سیل در شهر اصفهان با استفاده از سامانه‌های جوی. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۲**: ۱۲۷-۱۱۵.

لشکری، حسن. ۱۳۷۵. *الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران*. رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

لشکری، حسن. ۱۳۷۹. مکانیسم تکوین منطقه همگرایی دریای سرخ. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۴-۳**: ۱۸۴-۱۶۷.

لشکری، حسن. ۱۳۸۱. مسیریابی سامانه‌های کم فشار سودانی ورودی به ایران. *مجله مدرس علوم انسانی*، **۲**: ۱۵۶-۱۳۳.

لشکری، حسن؛ زینب محمدی. ۱۳۹۴. اثر موقعیت استقرار پرفشار جنب حاره‌ای عربستان بر سامانه‌های بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران. *فصلنامهٔ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۱**: ۷۳ ـ ۹۰.

لشکری، حسن؛ علی اکبر متکان، مجید آزادی و زینب محمدی. ۱۳۹۵. تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب حاره‌ای عربستان و رودباد جنب حاره‌ای در کوتاه‌ترین طول دوره بارشی جنوب و جنوب غرب ایران. *فصلنامه علوم محیطی*، **۴**: ۷۴-۵۹.

لشکری، حسن؛ علی اکبر متکان، مجید آزادی و زینب محمدی. ۱۳۹۶. تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب حاره‌ای عربستان و رودباد جنب حاره‌ای در خشکسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران. *پژوهش‌های دانش زمین*، **۳۰**: ۱۶۳-۱۴۱.

محمدی، حسین؛ ابراهیم فتاحی، علی اکبر شمسی پور و مهری اکبری. (۱۳۹۱). تحلیل دینامیکی سامانه‌های سودانی و رخداد بارش‌های سنگین در جنوب‌غرب ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۲۴**: ۲۴-۷۰.

مفیدی، عباس؛ آذر زرین. ۱۳۸۴. بررسی سینوپتیکی تاثیر سامانه‌های کم فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل زا در ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۷۷**: ۱۳۶-۱۱۳.

مفیدی، عباس؛ آذر زرین. ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیکی ماهیت سامانه‌های کم فشار سودانی (مطالعه موردی: توفان دسامبر ۲۰۰۱). *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، **۶**: ۴۸-۲۴.

موقری، علیرضا؛ محمود خسروی. ۱۳۹۳. بررسی رابطه سامانه کم‌فشار سودانی و بارش دهم اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ در استان کرمانشاه. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، **۴**: ۸۰-۶.

Alpert, P. ۲۰۰٤. A New Seasons Definition Based on Classified Daily Synoptic Systems: An Example for the Eastern Mediterranean. *International Journal of Climatology*, ۲٤: ۱۰۳-۱۰۲۱.

Elfandy, M.G. ۱۹۵۲. Forecasting Thunderstorms in the Red Sea. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **۳۳**: ۳۳۲-۳۳۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

Elfandy, M.G. ۱۹۵۰a. Effects to Topography and other Factors on the Movement of Lows in the Middle East and Sudan. *Bulletin of the American Meteorological Society*, ۳۱: ۳۷۵-۳۸۱.

Farajzadeh, M.; M. Karimi Ahmadabad, H. Ghaemi, and M.R. Mobasheri. ۲۰۰۷. Studying the Moisture Flux over West of Iran: A Case Study of January ۱ to ۷, ۱۹۹٦ Rain Storm. *Journal of Applied Sciences*, ۷: ۳۰۲۳-۳۰۳۰.

Krichak, S.O.; P. Alpert. ۱۹۹۸. Role of large Scale Moist Dynamics in November ۱-٥,۱۹۹٤, Hazardous Mediterranean Weather. *Journal of Geophysical Research*,۱۰۳: ۱۹٤٥۳-۱۹٤٦۸.

Krichak, S.O.; P. Alpert, and T.N. Krishnamurti. ۱۹۹۷a. Interaction of Topography and Tropospheri Flow–Apossible Generator for the Red Sea Trough. *Meteorology and Atmospheric Physics*, ٦۳: ۱٤۹-۱٥۸.

Krichak, S.O.; P. Alpert, and T.N. Krishnamurti. ۱۹۹۷b. Red Sea Trough/Cyclone Development-Numerical Investigation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, ٦۳: ۱٥۹-۱٦۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.55]