مسیریابی سامانه‌های کم فشار سودانی ورودی به ایران

حسن لشکری
استادیار گروه جغرافیای دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

بررسی انجام شده روی ۲۰۰ سامانه سودانی در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۶۹-۱۹۸۹) نشان داد که سامانه‌های سودانی با توجه به الگوهای سینوپتیکی از پنج مسیر عمده وارد ایران شده و باعث ایجاد بارندگی می‌شوند. دو مسیر اول به صورت ادغام شده با چرخندهای مدیترانه‌ای و سه مسیر دیگر به صورت مستقل وارد کشور می‌شوند. در مسیر اول سامانه‌های سودانی با چرخندهای مدیترانه‌ای بر روی قبرس و شرق مدیترانه ادغام شده و از سمت غرب حرکت می‌کنند. در مسیر دوم سامانه‌های سودانی و مدیترانه‌ای بر روی عراق با هم ادغام شده و از سمت غرب و جنوب غرب ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در سه مسیر باقیمانده که سامانه‌های سودانی به صورت مستقل عمل می‌کنند، در مسیر الف سامانه‌های سودانی از سمت شمال عربستان، کویت و خوزستان وارد ایران می‌شوند. در مسیر ب سامانه‌ها از طریق شمال عربستان و استان بوشهر ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در مسیر ج سامانه‌های سودانی از طریق مرکز عربستان و استان هرمزگان وارد کشور می‌شوند.

کلید واژه‌ها: سامانه‌های سودانی، چرخند، واچرخند، ناوه.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- مقدمه

سامانه‌های کم فشار سودان از سامانه‌های تازه شناخته شده است که بیش از سه چهارم وسعت کشور مستقیماً از بارشهای این سامانه متأثر می‌شوند، و خشکسالی و ترسالیهای کشور ارتباط مستقیمی با میزان فعالیت این سامانه درطول دورهٔ سرد سال دارد. این سامانه منشأ حاره‌ای داشته و زمانی که منطقه همگرایی حاره‌ای بین طولهای ۲۰ تا ۳۵ درجه به سمت عرضهای بالاتر کشیدگی پیدا می‌کند، سلولی از این کم فشار جدا شده و به طرف عرضهای بالاتر حرکت می‌کند. تحت این شرایط سینوپتیکی، سلول کم فشاری بر روی شمال اتیوپی و جنوب سودان تشکیل می‌شود که به سامانه کم فشار سودان معروف است

PF

[۱]. این کم فشار چون منشأ حرارتی دارد، فعالیت چندانی نداشته و ممکن است برای چندین روز بدون حرکت قابل ملاحظه‌ای بر روی سودان استقرار داشته باشد. در شرایط سینوپتیکی خاص این کم فشار از حالت حرارتی خارج شده و خصوصیت دینامیکی و ترمو پیدا می‌کند. بعد از این مرحله و با توجه به الگوی سینوپتیکی حاکم، این سامانه به طرف شمال یا شمال شرق حرکت کرده و از مسیرهای مختلفی وارد ایران شده و بارشهای فراگیری را بر روی ایران ایجاد می‌کند. بارشهای این سامانه با توجه به خصوصیت ترمودینامیکی آن بر روی جنوب و جنوب غرب ایران عمدتاً به صورت رگبارهای شدید و در سایر نقاط کشور به صورت بارشهای مداوم و ملایم صورت می‌گیرد [۲].

در مطالعه‌ای که در مورد مسیر حرکت سامانه‌های کم فشار ایران در ماههای دی تا فروردین در سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷٤ انجام شده است نشان می‌دهد که از مجموع ۱۰۸ درصد سامانه ورودی به ایران در طی دوره مورد مطالعه، بین ۲۹ تا ٤٥/٥ درصد از سامانه‌ها منشأشان دریای سرخ بوده است. نویسنده، سامانه سودانی را به عنوان سامانه‌های دریای سرخ نام برده است [۳]. در مطالعه‌ای دیگر شرایط لازم برای تقویت سامانه سودانی را دینامیکی شدن چرخند سودان و ادغام آن با سامانه مدیترانه‌ای و ایجاد سامانه چرخندی، خارج شدن محور جت جنب حاره‌ای از حالت مداری و انتقال محور آن به عرضهای بیش از ۳۰ درجه و عبور آن از روی استان خوزستان و پایین آمدن محور جت قطبی و نزدیک شدن محور این جتها به یکدیگر و عمیق شدن ناوه سطوح بالای مربوط به کم فشار اطلس شمالی تا عرض ۲۵ درجه و پایین‌تر و بلوکه شدن سامانه کم فشار شرق مدیترانه بر روی اروپا به مدت ٤ روز دانسته شده است [٤].

شرایط لازم برای تکوین و تقویت و توسعه کم فشار سودان الف: وجود یک سامانه پرفشار بر روی نیمه شرقی و جنوب شرق شبه جزیره عربستان و ب: نفوذ زبانهٔ پرفشار سیبری بر روی ایران و ادغام آن با زبانه پرفشار دینامیکی عربستان برای تشدید جریانهای جنوب و جنوب غرب به منظور انتقال هوای گرم و مرطوب اقیانوس هند و دریای عمان بر روی ایران ج: وجود یک واچرخند بر روی جبل‌الطارق و اسپانیا در ترازهای ۸۵۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال از ٤۸ ساعت قبل، برای ریزش هوای سرد به پشت ناوه شمال افریقا د: وجود یک ناوه عمیق بر روی شمال افریقا به طوری که در ترازهای ۵۰۰ تا ۷۰۰ و عرض ۱۵ تا ۱۸ درجه گسترش پیدا کرده تا بتواند با ریزش هوای سرد عرضهای بالاتر بر روی شمال افریقا

PF

ضمن تقویت ناوه گرادیان حرارتی را بر روی شمال افریقا افزایش داده و باعث دینامیکی شدن سامانه گردد [۲]. در مطالعهٔ انجام شده بر روی بارشهای روزانه غرب ایران نتیجه می‌شود که یک موج جنوب غربی با یک فرود نسبتاً عمیق در فاصله شرق دریای مدیترانه تا سوریه و عراق تشکیل می‌شود. در این حالت معمولاً کم فشاری بر ساحل دریای سرخ تا جنوب شرق دریای مدیترانه ظاهر می‌شود. با جابه‌جایی مرکز کم ارتفاع و محور موج کوتاه به طرف شرق و نزدیک شدن آن به خلیج فارس، مرکز کم فشار در شمال یا غرب آن مستقر می‌شود و ضمن تغذیه از رطوبت خلیج فارس و گسترش بر روی جنوب غرب و غرب بارشهای نسبتاً شدیدی را ایجاد می‌کند [۵]. مطالعاتی که پترسن[1] (۱۹۵٦) [٦] و آلپرت[2] و همکاران (۱۹۹۰) [۷] انجام داده‌اند نشان می‌دهد، مدیترانه، بخصوص در فصل زمستان یکی از مناطق مهم سیکلون‌زایی است. این مطالعات همین طور نشان داده وردشهای فصلی و شبانه‌روزی شدیدی هم در تواتر سیکلونها و هم در موقعیت جغرافیایی آنها وجود دارد که با تأثیرات حرارتی قوی دریا در ارتباط است. این مسأله بخصوص در شرق مدیترانه بسیار قابل توجه است. مطالعاتی که بیلینگ[3] و همکاران (۱۹۸۳) [۸]، ارنست[4] و ماتسون[5] (۱۹۸۳)، مایگون[6] (۱۹۸٤) و الپرت انجام داده‌اند نشان داده که ساختار سیکلونهای نوع کم فشار قطبی در تصاویر ماهواره‌ای گاه دارای چشم هاریکن از نوع توفانهای حاره‌ای است. کم فشارهای مدیترانه‌ای از این نوع مانند کم فشارهای منظم قطبی عرضهای شمالی نشان دهندهٔ نقش قابل ملاحظه شار گرمای محسوس و نهان از روی دریای گرم به درون هوای نسبتاً سرد بالایی است.

الپرت و شای[7] (۱۹۹۱) [۹] با استفاده از داده‌های مرکز پیش‌بینی اداره هواشناسی اروپا مطالعاتی را در نوامبر ۱۹۸۲ تا دسامبر ۱۹۸۸ در ساعتهای صفر و ۱۲ به وقت گرینویچ و با توان تفکیک ۲/۵ در ۲/۵ درجه در هفت سطح اصلی ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال بر روی منطقه صفر تا ٦۰ درجه شمالی و صفر تا ٦۰ درجه شرقی انجام داده‌اند. بررسیهای انجام شده یک سرمایش حاره‌ای را به دلیل صعود هوا در عرضهای ۰ تا

1. Petterson
2. Alpert
3. Billing
4. Ernst
5. Matson
6. Mayengon
7. Shay

۱۰ درجه شمالی و نیز یک گرمایش هوا را در شاخه رو به پایین سلول هدلی بین عرضهای ۱۰ تا ۳۰ درجهٔ شمالی به علت فرونشینی هوا نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای که الپرت و همکاران در سال ۱۹۹۰ بر روی کم فشار ترکیبی قبرس انجام دادند مشخص شد که منطقه قبرس از نظر اینکه سیکلونها تمایل داشتند مدت طولانی در آن توقف کنند، به عنوان منطقه سیکلون‌زایی شناخته شده است.

هدف از این مطالعه تعیین مسیر ورود سامانه‌های سودانی به ایران و شناخت شرایط سینوپتیکی تعیین کننده حرکت سامانه‌ها در هر یک از مسیرهاست تا بتوان ضمن بالا بردن دقت پیش‌بینیها، با توجه به خصوصیت رگباری بودن این سامانه‌ها از خسارتهای سیل احتمالی کاست.

۲- روش مطالعه

برای مطالعهٔ مسیرهای ورود سامانه‌های سودانی به ایران ابتدا ۱۸۲ ایستگاه از ایستگاههای هواشناسی کشور به عنوان نمونه انتخاب شدند. جدول ۱ مشخصات ایستگاههای انتخابی را نشان می‌دهد. در انتخاب ایستگاههای نمونه برای تعیین دقیق مسیرهای ورود سامانه‌ها به کشور، بیشتر ایستگاهها از غرب و جنوب کشور انتخاب شده‌اند. سپس بارش روزانه این ایستگاهها در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۶۹-۱۹۸۹) استخراج شد (انتخاب دورهٔ آماری فوق به دلیل دسترسی به اطلسهای روسیه بوده است). در نهایت، ۲۰۰ نمونه مطالعاتی از میان سامانه‌های سودانی در طول دوره آماری فوق انتخاب شده‌اند. در انتخاب این سامانه‌ها دو معیار کلی در نظر گرفته شده است. اول اینکه سامانه‌ها منشأ سودانی داشته باشند. در نتیجه ضمن مطالعه سامانه‌های باران‌زایی که منشأ سودانی نداشته یا کم فشار سودان فعال نبوده است، از انتخابها حذف شدند. در نهایت، ۲۰۰ سامانه گزینش شدند. دوم اینکه سامانه‌هایی انتخاب شدند که فراگیر بوده و حداقل در ۷۵ درصد ایستگاههای انتخابی در طول دورهٔ فعالیت سامانه، بارش داشته‌اند [۱۰ و ۱۱]. آنگاه نقشه سطح زمین این سامانه‌ها از ٤٨ تا ۷۲ ساعت قبل شروع ازبارش تا پایان آن استخراج و مسیر کم فشارهای بسته سودانی تعقیب شدند. برای تعقیب سامانه‌ها و تعیین مسیر حرکت هر یک از آنها مرکز کم فشار بسته شده بر روی نقشه سطح زمین هر سامانه در هر روز با نقطه مشخص شده و این نقاط قبل از شروع بارش تا پایان آن به هم وصل شدند.

جدول ۱ مشخصات ایستگاههای انتخابی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳- یافته‌های تحقیق

این مطالعه نشان داد که سامانه‌های سودانی با توجه به الگوی سینوپتیکی حاکم و آرایش سامانه‌های فشاری از ۵ مسیر اصلی وارد ایران می‌شوند. در دو مسیر اول در حالت ادغام شده با سامانه‌های مدیترانه‌ای و در سه مسیر دیگر به صورت مستقل وارد ایران می‌شوند. مسیرهای پنجگانه مشخص شده در این مطالعه به شرح زیر است:

۳-۱- الف) سامانه‌های ادغامی

سامانه‌های ادغامی بر اساس محل ادغام، دو مسیر اصلی را طی می‌کنند. مسیر حرکت هر گروه از سامانه‌های فوق به صورت زیر است:

۳-۱-۱- سامانه‌های ادغامی بر روی شرق مدیترانه

شکل ۱ مسیر حرکت سامانه‌های ادغامی بر روی شرق مدیترانه را نشان می‌دهد. در این حالت سامانه‌های سودانی ابتدا بر روی شمال سودان و جنوب مصر شکل گرفته و سپس در امتداد جنوبی ـ شمالی به سمت شمال حرکت می‌کنند. این سامانه‌ها در ۲٤ ساعت بعد بر روی شمال مصر قرار می‌گیرند و بتدریج در طی روزهای بعد به سمت شمال حرکت کرده و در محدودهٔ طولهای ۲۹ تا ۳۵ درجهٔ شرقی (در حوالی جنوب قبرس) باسیکلونی که در امتداد دریای مدیترانه به سمت شرق حرکت کرده است ادغام شده و بعد از آن در امتداد غربی ـ شرقی به سمت شرق حرکت می‌کنند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود این سامانه‌ها عمدتاً در محدودهٔ عرضهای ۳۲ تا ۳٤ درجه به سمت شرق حرکت کرده و از سمت غرب وارد ایران می‌شوند. در موارد خیلی نادر این سامانه‌ها به سمت جنوب غرب یا شمال غرب حرکت کرده‌اند. بعد از ورود به ایران این سامانه‌ها مسیرهای متفاوتی را طی می‌کنند. اکثر سامانه‌ها بعد از ورود به ایران مسیر جنوب غربی شمال شرقی داشته‌اند. برخی از سامانه‌ها در مرکز ایران ناپدید و قابل تعقیب نبوده‌اند. تعدادی از سامانه‌ها نیز در امتداد شمال شرقی ادامه مسیر داده و بعد از رسیدن به شمال خراسان در همان مسیر به حرکت خود ادامه داده‌اند.

در این الگو شرایط جریانات بر روی شمال فلات ایران، اقیانوس هند و شرق و جنوب شرق عربستان در سه تا چهار روز قبل از بارش بر روی ایران، گردش واچرخندی دارد. در این حالت هوای گرم و مرطوب از روی اقیانوس هند، دریای عمان با شارش واگرا و

واچرخندی به درون کم فشار واقع در نیمه غربی عربستان و دریای سرخ، شرق مصر و

شکل ۱ مسیر حرکت سامانه‌های ادغامی برروی شرق مدیترانه

شرق مدیترانه وارد می‌شود [۸]. خط هم فشار ۱۰۱۵ هکتو پاسکال در چنین الگویی عموماً به جریانات شرقی از روی اقیانوس هند به سوی شاخ افریقا و از باب المندب به سوی شمال در امتداد دریای سرخ تا منتهی‌الیه شرق دریای مدیترانه و سپس از روی ترکیه با گردش شمال غربی تا جنوب ایتالیا و از آنجا با گردش شمالی از روی دریای مدیترانه عبور کرده و به سوی شمال افریقا هدایت می‌شود.

در ترازهای بالاتر در مراحل اولیه تشکیل کم فشار سودانی ـ مدیترانه‌ای ناوه‌ای بر روی اروپای جنوبی تا روی دریای مدیترانه دیده می‌شود. در مناطق اروپای مرکزی و غربی یک

گردش واچرخندی وجود دارد که شارش شمالی ـ شمال غربی در جلو آن موجب انتقال هوای سرد به درون ناوه مذکور می‌شود. با عبور این هوای سرد از روی ارتفاعات آلپ اناتولی چرخندزایی شدیدی ایجاد می‌شود. به طوری که در اوایل بارش، سلول بسته چرخندی در شرق مدیترانه ایجاد می‌شود.

۳-۱-۲- سامانه‌های ادغامی بر روی عراق

شکل ۲ مسیر حرکت سامانه‌های ادغامی بر روی عراق را نشان می‌دهد. در این حالت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

PF

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۲ مسیر حرکت سامانه‌های ادغامی بر روی عراق

سامانه‌های سودانی بعد از تشکیل بر روی مرکز یا شمال سـودان در جهـت جنـوب غربـی ـ

شمال شرقی از روی دریای سرخ و شمال غرب شبه‌جزیره عربستان (محدودهٔ طولهای ۳۷ تا ٤٥ درجه) به طرف عراق ادامهٔ مسیر می‌دهند. در این الگو روز دوم و سوم بعد از شکل‌گیری سامانه‌های سودانی عمدتاً بر روی شرق دریای سرخ و مدینه قرار می‌گیرند. سپس در همان امتداد جنوب غربی ـ شمال شرقی ادامه مسیر داده و از روز سوم به بعد بر روی جنوب یا مرکز عراق قرار دارند. در مقابل، سیکلونهای مدیترانه‌ای در این الگو قبل از ادغام در محدودهٔ عرضهای ۳۵ تا ۳۸ درجه (از روی ترکیه) به سمت شرق ادامه مسیر داده و بعد از طول ٤٠ درجه به طرف عرضهای پایین‌تر کشیده می‌شوند و بعد از ورود بر روی مرکز عراق با هم ادغام شده و از این مرحله به بعد در امتداد عرضهای ۳۰ تا ۳٤ درجه به سمت شرق ادامه مسیر می‌دهند.

بنابراین ملاحظه می‌شود که سامانه‌های ادغامی برروی عراق در مقایسه با سامانه‌های ادغامی بر روی شرق مدیترانه از عرضهای پایین‌تری حرکت کرده و تقریباً از جنوب غرب ایران (استانهای ایلام و خوزستان) وارد کشور شده و سپس به سمت شرق ادامهٔ مسیر می‌دهند. این سامانه‌ها را بعد از وارد شدن به ایران بسختی می‌توان تعقیب کرد، بعضاً به سمت شمال شرق کشیده شده و از سمت شمال شرق از ایران خارج شده و در مواردی نیز به سمت شرق ادامه مسیر داده و از سمت شرق از کشور خارج شده‌اند. ولی تعداد زیادی از سامانه‌ها بعد از ورود به ایران بر روی ارتفاعات زاگرس ناپدید شده و از روی نقشه‌ها نمی‌توان آنها را تعقیب کرد [۱۲].

شکل ۳ نمونه‌ای از نقشهٔ سطح زمین الگوی ادغامی بر روی عراق را نشان می‌دهد [۱۳]. همان طور که ملاحظه می‌شود در این الگو با گسترش زبانهٔ غربی واچرخند سیبری و ادغام آن با زبانهٔ شرقی واچرخند ازور، تمام محدوده بین عرضهای ۳٤ تا ٥٠ و ٥٥ درجهٔ شمالی بین اقیانوس اطلس تا شرق آسیا با واچرخندهای فوق و زبانه‌های آن اشغال می‌شود. جریانات سرد عرضهای شمالی تحت تأثیر زبانهٔ غربی واچرخند سیبری با عبور از روی کوههای آناتولی از طریق نیمهٔ غربی سوریه و شرقی مدیترانه به درون سامانه وارد می‌شود. این حرکت شمال به جنوب سبب تقویت گردش چرخندی بر روی سوریه و شمال عراق می‌شود که عموماً سبب تقویت ناوه در راستای نصف‌النهار می‌گردد. بدین ترتیب مؤلفه حرکت مداری آن کوچک بوده و باعث توقف نسبی این سامانه می‌شود که با وجود گردش واچرخندی در بخشهای شرقی عربستان و فلات ایران سامانه سودانی به سوی شمال ـ

شکل ۳ نمونه‌ای از نقشهٔ سطوح زمین الگوی ادغامی بر روی عراق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شمال شرق هدایت می‌شود. تحت این شرایط چرخند مدیترانه با توجه به زمینه کم فشار در بخشهای شرقی آن و نبود پرفشار در نواحی شرقی عربستان به سوی شرق حرکت می‌کند. در نتیجه این دو سامانه بعد از ترکیب شدن، تقویت شده و با چند خط هم فشار بسته می‌شود. این فرایند در نهایت به صورت یک مرکز بسته یا گاهی به صورت دو مرکز ظاهرشده که با حرکت نسبتاً آرام به سوی شرق حرکت کرده و مناطق غربی و جنوب غربی را به طور همزمان مورد تهاجم قرار می‌دهد. در این الگو ساختار قائم سامانه شاخص گسترشان تا تراز ۱۰۰ هکتو پاسکال است، به طوری که در دومین روز فعالیت سامانه شاهد بسته شدن یک خط هم‌تراز در این تراز هستیم که نشان دهندهٔ تزریق تاوایی از بالاترین لایه‌های جو به درون سامانه است. ویژگی جالب سامانه در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال در روز قبل از شروع فعالیت بارشی بر روی ایران، ایجاد و گسترش یک پشته از شمال ایتالیا به سوی شمال دریای سیاه و ادامهٔ آن تا شمال دریای خزر است، که در روز فعالیت سامانه بر روی ایران، این پشته به صورت یک مرکز واچرخندی در شمال دریای خزر بسته شده و نتیجه این رخداد حاکم شدن بندایی در منطقه بوده که موجب حرکت به سمت شرق چرخندها از نواحی جنوبی‌تر شده است. بر روی تراز ۳۰۰ هکتو پاسکال محور رود باد در روز شروع بارش بر روی ایران به پایین‌تر از عرض ۲۰ درجه جابه‌جا گردیده و در اثر تقویت پشته واقع درشمال دریای سیاه مرکز چرخند روی دریای سیاه به عرضهای پایین‌تر رانده شده و این مرکز بر روی سوریه، اردن، شرق دریای مدیترانه بسته شده است. این چرخند با وجود دو پشته قوی در غرب و مشرق آن به شکل امگا ظاهر شده است که موجب هدایت امواج جبهه‌ای در جنوب عرض ۲۵ درجهٔ شمالی گردیده است.

۳-۲- سامانه‌های سودانی

سامانه‌های سودانی نیز با توجه به مسیر حرکت سامانه‌ها و شرایط سینوپتیکی حاکم به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۳-۲-۱- سامانه‌های سودانی مسیر الف

شکل ٤ مسیر حرکت سامانه‌های سودانی مسیر الف را نشان می‌دهد. در این الگو سامانه‌ها عموماً بر روی سودان یا شمال اتیوپی تشکیل شده یا حداقل چند روز قبل از شروع بارش در این محدوده قرار داشته‌اند. سامانه‌هایی که از این مسیر وارد ایران شده‌اند بعد از شروع به حرکت به طرف عرضهای

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

PF

بالاتر از محدوده عرضهای ۱۵ تا ۲۷ درجه وارد دریای سرخ شده و در امتداد جنوب غربی ـ شمال شرقی به سمت عرضهای بالا ادامه مسیر داده‌اند. بعد از خروج از دریا سامانه‌ها عموماً در محدودهٔ عرضهای ۲۰ تا ۲۵ درجه از ساحل شرقی دریای سرخ وارد عربستان شده، بعد از دو یا سه روز به منطقهٔ بین مکه و مدینه وارد شده‌اند. سپس این سامانه‌ها در امتداد جنوب غربی ـ شمال شرقی ادامه مسیر داده، وارد کویت شده و از جنوب غرب محدودهٔ عرضهای ۲۹ تا ۳۲ و طولهای ٤٨ تا ٥٠ درجه وارد ایران شده‌اند. این سامانه‌ها نیز همانند سامانه‌های قبلی، بعد از ورود به ایران مسیرهای متفاوتی را طی کرده‌اند. نکتهٔ قابل توجه در چگونگی ادامهٔ مسیر این سامانه‌ها بعد از ورود به ایران است. اکثر سامانه‌ها بعد از ورود به ایران تغییر جهت داده در امتداد شمال غربی ـ جنوب شرقی یا غربی ـ شرقی به سمت شرق کشور ادامه مسیر داده‌اند. عمده این سامانه‌ها تا مرکز ایران قابل تعقیب بوده ولی بعد از ورود به محدودهٔ طولهای ٥٠ تا ٥٨ درجه و عرضهای ۲۸ تا ۳۲ بتدریج ناپدید شده و فقط تعداد کمی از این سامانه‌ها تا شرق طول ٦٠ درجه ادامهٔ مسیر داده یا به شمال شرق ایران رسیده‌اند. برخی سامانه‌ها نیز در محدودهٔ استان خوزستان ناپدید شده و قابل تعقیب نبوده‌اند. شکل ٥ نمونه‌ای از نقشهٔ سطح زمین الگوی مسیر الف سامانه‌های سودانی را نشان می‌دهد [۸]. در این الگو دو تا سه روز قبل از شروع بارش یک واچرخند قوی در سطح زمین بر روی مرکز اروپا واقع شده و زبانهٔ آن نیمه شرقی مدیترانه تا نزدیک قبرس و شمال مصر را فرا گرفته است.

بدین ترتیب ریزش هوای سرد از عرضهای شمالی به سوی شرقی‌ترین بخش مدیترانه تا شمال مصر حاکم است. در همین حال یک واچرخند قوی از سواحل شرقی عربستان تا خلیج فارس و بخشهای مرکزی عربستان را پوشش داده است، به طوری که جریانات گرم و مرطوب از طریق خلیج عدن به موازات دریای سرخ به نواحی غربی و شمالی عربستان هدایت می‌شود. این سامانه‌های واچرخندی بر روی ایران، عربستان و دریای مدیترانه، سبب می‌شود که مرکز چرخندی در بخش غربی عربستان و شمال سودان ایجاد شود. در روزهای اولیه تحول سامانه سودانی دیده می‌شود که چرخند مزبور شمال ـ شمال شرقی حرکت می‌کند، ولی بتدریج با نفوذ واچرخند مستقر بر روی مدیترانه بسوی جنوب و جنوب شرق متمایل می‌شود و همچنین با انتقال واچرخند واقع بر روی عربستان به سوی شرق و چرخش محور آن به طرف شمال شرق، مسیر حرکت چرخند قدری به سوی شرق منحرف شده و به سوی شمال شرق متمایل می‌شود [۱۲].

در ترازهای بالاتر این الگو یک مرکز واچرخند گسترده بر روی صحرای افریقا بسته می‌شود. زبانه این واچرخند به صورت نصف‌النهاری در امتداد نصف‌النهارهای ۱۵ تا ۲۵ درجه شرقی به سوی شمال گسترده شده و از روی یونان به سوی اروپا گسترش می‌یابد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۴ مسیر حرکت سامانه‌های سودانی - مسیر الف

PF

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۵ نمونه‌ای از نقشه سطوح زمین الگوی مسیر الف

واچرخند دیگری در جنوب عربستان بسته می‌شود که گستره کوچکتری را نسبت به

واچرخند شمال افریقا پوشش داده است. محور بزرگ آن غرب ـ جنوب غربی و شرق ـ شمال شرقی است. چرخندی با یک یا دو مرکز بسته در اطراف دریای سیاه بسته می‌شود که خط ناوه آن به صورت نصف‌النهاری در امتداد بندر عقبه و دریای سرخ تا عرض ١٦ تا ١٧ درجهٔ شمالی گسترش می‌یابد. شاخهٔ شرقی ناوه عموماً تا روی عراق را فرا می‌گیرد و در نتیجه سبب شارش جنوب غربی بر روی غرب عربستان و عراق می‌شود. این امر با توجه به شارشهای مساعد درسطح زمین و ترازهای ٧٠٠ و ٨٥٠ هکتو پاسکال بر روی این مناطق و وجود واچرخند در شرق عربستان، زمینه را برای فرارفت هوای گرم و مرطوب دریای عمان و اقیانوس هند به سوی عرضهای شمالی‌تر فراهم می‌سازد. شارش پشت ناوه واقع بر روی دریای سرخ، شمال غربی بوده و تندی آن نسبتاً قابل ملاحظه است و خطوط هم ضخامت را قطع می‌نماید. این امر نشانگر ریزش هوای نسبی سرد بدرون ناوه است.

٣-٢-٢- سامانه‌های سودانی مسیر ب

شکل ٦ مسیر حرکت سامانه‌های سودانی مسیر ب را نشان می‌دهد. این سامانه‌ها در ٤٨ ساعت قبل از شروع بارش عمدتاً بر روی دریای سرخ تا ساحل شرقی آن قرار داشته‌اند. به این ترتیب سامانه‌های مسیر ب عموماً تا ٤٨ ساعت قبل از بارش از روی سودان عبور کرده و بر روی دریای سرخ یا اطراف آن قرار می‌گیرند. در ادامه مسیر سامانه‌ها نظم بهتری پیدا کرده و مسیر جنوب غربی ـ شمال شرقی پیدا می‌کنند. درساحل شرقی دریای سرخ این سامانه‌ها بین عرضهای ٢٠ تا ٢٤ درجهٔ شمالی قرار گرفته‌اند. بعد از این منطقه، سامانه‌های مذکور ضمن حرکت به سمت شرق قدری نیز به سمت عرضهای بالاتر جابه‌جا شده، به طوری که در ساحل غربی خلیج فارس بین عرضهای ٢٥ تا ٢٨ درجه شمالی قرار گرفته‌اند. در ادامه مسیر سامانه‌ها وارد خلیج فارس شده و بعد از طی مسیر آبهای خلیج فارس از طریق استان بوشهر و جنوب شرقی استان خوزستان وارد ایران شده و تقریباً همان مسیر را تا کوههای زاگرس جنوبی ادامه داده‌اند.

همانطوری که بر روی شکل نیز پیداست بعد از این منطقه تعداد کمی از سامانه‌ها خارج شده و قابل تعقیب بوده‌اند. بعد از این منطقه تعدادی از سامانه‌ها در امتداد عرض ٢٧ تا ٢٨ درجه به سمت شرق ادامه مسیر داده و وارد استان سیستان و بلوچستان شده‌اند. چند مورد از سامانه‌ها نیز در همان امتداد قبلی به سمت شمال شرق حرکت کرده و از طریق استان یزد

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۶ مسیر حرکت سامانه‌های سودانی ـ مسیر ب

و جنوب خراسان از ایران خارج شده‌اند.

شکلهای ۷ و ۸ نمونه‌هایی از نقشه سطح زمین الگوی کم فشارهای مسیر ب را نشان می‌دهد [۹]. همان طور که ملاحظه می‌شود در این الگو واچرخند سیبری تقریباً بخش اعظم آسیا، نیمه شرقی و جنوبی اروپا را پوشانده است. زبانه‌ای از این واچرخند تقریباً بخش اعظم فلات ایران را در بر گرفته و سلول پرفشاری با منحنی ۱۰۲۰ هکتو پاسکال بر روی استانهای

PF

هرمزگان و شرق بوشهر بسته شده است. در مقابل خط هم فشار ۱۰۱۵ هکتو پاسکال با راستای نصف‌النهاری از روی دریای عمان، کشور عمان و خلیج فارس گذشته و با عبور از روی بوشهر در امتداد زاگرس به شمال عراق رسیده است. باد شمالی با سرعت ۱۵ نات در ایستگاه اسوان در جنوب مصر نشانگر تغذیه هوای سرد دربخش غربی کم فشار سودان و باد شرقی با سرعت ۱۰ نات نشانگر تغذیه هوای گرم و مرطوب از روی دریای عمان و شمال اقیانوس هند به بخش شرقی کم فشار سودان است. بتدریج با عقب نشینی زبانه شرقی و رها شدن جنوب و جنوب غرب ایران از تسلط این پرفشار و گسترش زبانه غربی آن به روی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۷ نمونه‌ای از نقشه سطوح زمین الگوی مسیر ب.

PF

شکل ۸ نمونه‌ای دیگر از نقشه سطوح زمین الگوی مسیر ب.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شرق مدیترانه تا شمال مصر و غرب عراق، سبب رانده شدن کم فشار سودان به سمت شرق شده است. در نتیجه کم فشار سودان از منطقه بوشهر وارد ایران شده است. مشخصه اصلی این الگو در ترازهای بالاتر که آن را از سایر الگوها متمایز می‌سازد این است که مرکز واچرخند روی شبه جزیره عربستان، قبل از بارش سامانه تشکیل نشده ولی واچرخند شمال افریقا با راستای غربی ـ شرقی به سمت شرق و جنوب منتقل شده و بر روی جنوب سودان و شمال اتیوپی قرار می‌گیرد. این واچرخند بتدریج به سمت شرق جابه‌جا شده و در روز شروع بارش بر روی شاخ افریقا و خلیج عدن قرار دارد. پس از آن بتدریج جنوب شبه جزیره عربستان، خلیج عدن و شاخ افریقا را در بر گرفته و با راستای کاملاً جنوب غربی ـ شمال شرقی تا دریای عمان می‌رسد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

PF

شکل ۹ مسیر حرکت سامانه‌های سودانی مسیر ج

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳-۲-۳- سامانه‌های سودانی مسیر ج

شکل ۹ مسیر حرکت سامانه‌های سودانی مسیر ج را نشان می‌دهد. این سامانه‌ها نیز همانند سامانه‌های قبل، از ٤٨ ساعت قبل از شروع بارش تا پایان آن دقیقاً تعقیب شده‌اند. همان طور که ملاحظه می‌شود این سامانه‌ها در مقایسه با سامانه‌های مسیر ب در موقعیت جنوبی‌تر تشکیل شده و در شرایط مناسب سینوپتیکی به سمت ایران گسترش پیدا کرده‌اند. ٤٨ ساعت قبل از شروع بارش، این سامانه‌ها عموماً بر روی جنوب سودان و شمال اتیوپی قرار دارند. اکثر سامانه‌ها در ادامه مسیر به سمت شمال شرق حرکت کرده و از محدوده عرضهای ۱۵ تا ۲۰ درجه شمالی وارد دریای سرخ می‌شوند [١٤] .

تعداد اندکی از سامانه‌ها نیز در مسیر حرکت اولیه، ابتدا به سمت شرق حرکت کرده و وارد خلیج عدن می‌شوند. سامانه‌های این مسیر بعد از خلیج عدن به سمت شمال تغییر مسیر داده و از ضلع شرقی شبه جزیره عربستان به سمت شمال ادامه مسیر داده و از طریق تنگه هرمز وارد آبهای خلیج فارس می‌شوند. ولی اکثر سامانه‌ها ابتدا در جنوب سودان و شمال اتیوپی شکل گرفته و سپس در امتداد جنوب غرب ـ شمال شرقی به طرف عرضهای بالاتر و در محدوده بین عرضهای ۱۵ تا ۲۰ درجه شمالی وارد دریای سرخ می‌گردند. تقریباً از روز دوم تا سوم از روی دریای سرخ عبور کرده و در همان امتداد وارد ساحل شرقی دریای سرخ شده و بعد از این منطقه مسیر حرکت سامانه‌ها قدری تغییر پیدا می‌کند، یعنی تا رسیدن به خلیج فارس مسیر تقریباً غرب ـ جنوب غرب به شرق ـ شمال شرقی تغییر می‌یابد. از روز سوم تا چهارم (با توجه به تداوم سامانه) در محدوده بین عرضهای ۲۱ تا ۲٦ درجه شمالی وارد خلیج فارس شده و از این محدوده به بعد سامانه به سمت شمال ـ شمال شرقی تغییر جهت داده و وارد استان هرمزگان می‌شود. بعد از آن در همان امتداد جنوب ـ جنوب غرب و شمال ـ شمال شرقی وارد استانهای کرمان، یزد و جنوب خراسان می‌شود.

در موارد معدودی نیز سامانه‌ها بعد از ورود به استان هرمزگان به سمت شرق تغییر جهت داده و وارد استان سیستان و بلوچستان و سپس کشور پاکستان می‌شوند. شکل ۱۰ نمونه‌ای از نقشه سطح زمین الگوی سامانه‌های سودانی مسیر ج را نشان می‌دهد [۱۳]. همان‌طور که ملاحظه می‌شود الگوی سینوپتیکی این گروه از سامانه‌ها شباهت زیادی با الگوی سینوپتیکی سامانه‌های مسیر ب دارد. در این الگو واچرخند سیبری تقریباً تمام قاره آسیا را در عرضهای جغرافیایی بالاتر از ۳۰ درجه فرا گرفته است. زبانه غربی این واچرخند،

نیمه شرقی اروپا و بخش شرقی مدیترانه را فرا گرفته است. با نفوذ هوای سرد عرضهای

شکل ۱۰ نمونه‌ای از نقشه سطوح زمین الگوی مسیر ج

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

PF

بالاتر با زبانه جنوبی واچرخند سیبری و انتقال هوای گرم و مرطوب دریای عمان و اقیانوس هند به شمال عربستان و جنوب ایران به وسیله سلول واچرخند عربستان گرادیان حرارتی را در جنوب ایران بشدت افزایش داده و سبب شده است خط جبهه‌ای بر روی خلیج فارس و شمال عربستان شکل بگیرد. تفاوت این الگو با الگوی قبلی در نفوذ زبانه واچرخند سیبری بعد از شروع بارش بر روی مدیترانه و شمال افریقا است، به طوری که تا ساحل شرقی دریای سرخ تحت تسلط این زبانه است. در نتیجه سامانه سودانی کاملاً به سمت شرق رانده شده و از سمت جنوب وارد ایران می‌شود. در ترازهای بالاتر قبل از شروع بارش، واچرخند شمالی افریقا در موقعیت عادی خود قرار دارد. واچرخند شبه جزیره عربستان نیز قبل از شروع بارش، بر روی شاخ افریقا، خلیج عدن و یمن قرار دارد. در مقابل چرخند روی مدیترانه جابه‌جایی قابل ملاحظه‌ای به عرضهای پایین دارد به طوری‌که قبل از بارش، سامانه بر روی سینا و شمال مصر قرار دارد.

بعد از شروع بارش، واچرخند شمال افریقا به سمت شرق و شمال شرق جابه‌جا شده و بر روی مصر و شمال سودان قرار گرفته و واچرخند عربستان نیز بتدریج به شمال شرق جابه‌جا شده تا در روز دوم و سوم بارش، بر روی دریای عمان، شرق عربستان و بلوچستان قرار می‌گیرد. مرکز واچرخند عربستان عموماً راستای شمال شرقی ـ جنوب غربی داشته و موقعیت مناسبی برای تشدید جریانهای شرق ـ جنوب شرقی و جنوب غربی دارد. بعد از شروع بارش مرکز چرخندی به جنوب عراق و شمال عربستان منتقل شده و خط ناوه آن با راستای نصف‌النهاری بر روی دریای سرخ و ساحل شرقی آن قرار می‌گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

۴- نتیجه‌گیری

بررسی مسیر حرکت و الگوی سینوپتیکی سامانه‌های مورد مطالعه نشان داد که سامانه‌های سودانی از ۵ مسیر اصلی وارد ایران شده و سبب ایجاد بارندگی می‌گردند. باتوجه به الگوی سینوپتیکی حاکم، در دو حالت سامانه‌های سودانی بعد از فعال شدن به سمت شمال حرکت می‌کنند. برخی سامانه‌ها مسیر جنوب به شمال را ادامه داده، بعد از ورود به مدیترانه شرقی با سامانه‌های مدیترانه‌ای در محدوده اطراف قبرس ادغام شده، سپس به طرف شرق ادامه مسیر داده و از سمت غرب وارد ایران می‌شوند. این در حالتی است که بر روی اقیانوس هند، شرق و جنوب شرق عربستان و فلات ایران گردش واچرخندی حاکم است. برخی از

PF

سامانه‌ها نیز از محدوده عرض ۲۰ درجه شمالی (شمال سودان) به سمت شمال شرق تغییر مسیر داده، بعد از ورود به شمال غرب عربستان تا مرکز عراق ادامه مسیر داده، بر روی عراق با سامانه‌های انتقالی از روی مدیترانه ادغام شده و از سمت غرب وارد ایران می‌شوند. این در حالتی است که با گسترش زبانه واچرخند سیبری و ادغام آن با زبانه شرقی واچرخند ازور، جریانات سرد عرضهای شمالی تحت تأثیر زبانه غربی واچرخند سیبری با عبور از روی کوههای اناتولی از طریق نیمه غربی سوریه و شرق مدیترانه به درون سامانه وارد شده و سبب تقویت گردش چرخندی بر روی سوریه و عراق می‌شوند.

سه گروه از سامانه‌های سودانی نیز به طور مستقل وارد ایران می‌شوند. مسیر الف سامانه‌هایی را شامل می‌شود که از سمت جنوب غرب وارد ایران می‌شوند. این سامانه‌ها بعد از شروع به حرکت از روی سودان در محدوده عرضهای ۱۵ تا ۲۷ درجه وارد دریای سرخ شده، سپس در امتداد جنوب غربی ـ شمال شرقی ادامه مسیر داده و از روی خوزستان وارد ایران می‌شوند. در این الگو سه تا چهار روز قبل از بارش، واچرخند قوی بر روی مرکز اروپا تشکیل می‌شود که زبانه آن نیمه شرقی مدیترانه تا نزدیک قبرس و شمال مصر را فرا می‌گیرد.

در مسیر ب سامانه‌های سودانی بعد از خروج از دریای سرخ ابتدا تا مرکز عربستان مسیر غربی ـ شرقی را طی کرده و سپس قدری به سمت شمال شرق منحرف می‌شوند. در این الگو واچرخند سیبری بخش اعظم آسیا و نیمه شرقی و جنوبی اروپا و زبانه جنوبی آن بخش اعظم فلات ایران را در بر گرفته و با نفوذ زبانه غربی بر روی شرق مدیترانه تا شمال مصر و غرب عراق سبب رانده شدن کم فشار سودان به سمت شرق شده است.

در مسیر ج سامانه‌های سودانی بعد از جدا شدن از برآمدگی منطقه همگرایی حاره‌ای از سمت جنوب سودان و شمال اتیوپی وارد دریای سرخ شده، سپس به سمت شمال شرق ادامه مسیر داده و از طریق تنگه هرمز وارد ایران می‌شوند. الگوی سینوپتیکی این سامانه‌ها شباهت زیادی به الگوی سینوپتیکی سامانه‌های مسیر ب دارد. تفاوت آن با الگوی قبلی نفوذ بیشتر زبانه غربی واچرخند سیبری برروی مصر و شمال سودان است که تا ساحل دریای سرخ نیز تحت تأثیر این زبانه قرار می‌گیرد.

۵ - منابع

[۱] لشکری، حسن، مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم فشار سودان و نقش آن بر روی بارشهای جنوب و جنوب غرب ایران، زیر چاپ ـ تهران، پژوهشهای جغرافیایی، ۱۳۸۱.

[۲] لشکری، حسن، «الگوی سینوپتیکی بارشهای شدید جنوب و جنوب غرب ایران»، *رساله دکترای، دانشگاه تربیت مدرس*، ۱۳۷۵.

[۳] فرجی، اسماعیل، «بررسی مسیر سیستمهای فشار کم باران‌زا بر روی ایران و ارائه الگوهایی از موقعیت آنها»، *پایان نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران*، ۱۳٦۰.

[٤] سبزی‌پرور، علی‌اکبر، «بررسی سینوپتیکی سیستمهای سیل‌زا در جنوب غرب ایران»، *پایان نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران*، ۱۳۷۰.

[٥] ذوالفقاری، حسن، «تحلیل الگوهای زمانی و مکانی بارشهای روزانه در غرب ایران با استفاده از روشهای آماری و سینوپتیک»، *رساله دوره دکترای، دانشگاه تبریز*، ۱۳۷۹.

[6] Petterssen, S., "Weather Analysis and Forecasting", (Russian Translation), Leningrad, 1956, pp. 253-255.

[7] Alpert, P., and Reisin, T., "An Early Winter Polar Airmass Penetration to Eastern Mediterranean", *Mon. Weather Rev.*, 114, 1990, pp. 1411-1718.

[8] Billing, H., Haupt, I., and Tonn, W., "Evolution of a Hurricane – like Cyclone in the Mediterranean sea", *Beitr. Phys. Atmos.*, 56, 1983, pp. 508-510.

[9] Shay, L. Y., and P. Alpert, "A Diagnostic Study of Winter Diabatic Heating in the Mediterranean in Relation to Cyclones", *Q. J. R. Meteorol. Soc*, 117, 1991, pp. 715-747.

[۱۰] وزارت نیرو، *سالنامه‌های آماری ایستگاههای باران سنجی سالهای* ۱۳٤۸-۱۳٦۸.

[۱۱] سازمان هواشناسی، *سالنامه‌های هواشناسی سالهای* ۱۹٦۹-۱۹۸۹.

[۱۲] لشکری، حسن، قائمی، هوشنگ، «مطالعه نقش کم فشار سودان بر روی بارشهای ایران»، تهران، *سازمان هواشناسی کشور، گزارش*، ۱۳۸۰ .

[۱۳] *اطلسهای سینوپتیکی روسیه* سالهای ۱۹٦۹-۱۹۸۹ .

[۱٤] لشکری، حسن، «مکانیسم تکوین منطقه همگرایی دریای سرخ»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، دوره پانزدهم، ش. ۵۸ و ۵۹ ، ۱۳۷۹ .

PF