



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



ردیابی منشأ اقیانوسی محتوای آب بارشی بندر دیر (اسفندماه ۱۳۹۵)

عاطفه پور کریمیان، مریم سیوف جهرمی*، حسین ملکوتی

گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

* نویسنده مسؤل، پست الکترونیک: soyufjahromi@hormozgan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۹

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2019.182862.2282

چکیده

بینش جدید در زمینه مطالعات همزمان اقیانوسی-جوی-خشکی، محققان را به سوی ردیابی پدیده‌های جذاب جوی و اقیانوسی سوق داده است. در این پژوهش، با بررسی نقشه‌های همدیدی (سینوپتیکی) و شاخص‌های بارشی ایران، نوع و شدت رویداد بارشی ۲۹ اسفند ۱۳۹۵ در شهر بندر دیر در ایستگاه همدیدی آن (با مختصات $27^{\circ}51'34''N$ - $51^{\circ}57'52''E$ و کد بین‌المللی ۴۰۸۷۲) تعیین شده است. سپس به منظور شناسایی چشمه‌های اقیانوسی محتوای آب این سامانه بارشی، از زمان رخداد بیشینه بارش، بسته‌های هوا به صورت عقب‌گرد به مدت ۹ روز از ایستگاه مورد مطالعه با استفاده از مدل تحت وب، مسیریابی هیبریدی تک بسته‌ای لاگرانژی HYSPLIT، ردیابی شده‌اند و الگوی میانگین مسیر انتقال رطوبت در ترازهای بارشی ۸۰۰ تا ۵۵۰ هکتوپاسکال ترسیم شدند. داده‌های میدانی آب‌وهوایی (شامل سرعت و جهت باد، رطوبت نسبی و بارش) از آرشیو داده‌های آنالیز شده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی/ مرکز ملی تحقیقات جوی (NCEP/NCAR) با گام زمانی ۶ ساعته و تفکیک مکانی $2/5^{\circ} \times 2/5^{\circ}$ طول و عرض جغرافیایی به مدل وارد شده است. در بررسی نقشه‌های هواشناسی و داده‌ها، دیده شد که رویداد بارشی ۲۹ اسفند، طبق شاخص حدی R10mm، جزء روزهای با بارش سنگین قرار گرفته است. همچنین نتایج مدل‌سازی به خوبی نشان داد که منشأ اصلی محتوای رطوبت این سامانه بارشی اسفندماه ۱۳۹۵ شمال اقیانوس هند (دریای عربی) و شرق اقیانوس اطلس بوده است. به علاوه نتایج نشان داد که در طول وقوع این رویداد بارشی یک سیکلون برون حاره‌ای در منطقه در حال فعالیت بوده است.

واژگان کلیدی: ردیابی، منشأ رطوبت، سامانه‌ی بارشی، بندر دیر، سیکلون برون حاره‌ای.

۱. مقدمه

درسال‌های اخیر شناسایی منشأ بارش پیرامون قاره‌ها توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده است که در مطالعات مربوط به پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوا و بررسی تغییر اقلیم کاربرد دارد. در دوره‌های زمانی مختلف و در مناطق مختلف، مطالعات زیادی به منظور شناسایی منشأ بارش انجام شده‌است که از آن جمله می‌توان به مواردی مانند: Gimeno et al., 2012; Gangoiti et al., 2011; Keys, 2012; Drumond et al., 2010; Tuinenburg 2012; Wang et al., 2010 اشاره کرد. در برخی از این مطالعات که به دریای مدیترانه مربوط می‌شود، تأثیر مستقیم سیکلون‌ها بر وقوع بارش‌های سنگین، سیلاب‌ها و نیز بادهای قوی به اثبات رسیده است (Campins, 2006, Bech et al., 2011; Terranova and Gariano, 2014) که غالباً بیان نموده‌اند که سیکلون‌های مدیترانه‌ای، می‌توانند اقلیم مرکز و شرق اروپا (از قبیل مجارستان، رومانی، اوکراین، روسیه و ...)، آسیا (از قبیل سوریه، عراق، ایران، افغانستان و ...) و هند شمالی را تحت تأثیر قرار دهند (Lionello et al., 2006).

در زمینه شناسایی چشمه‌های رطوبت اقیانوسی و منشأ بارش‌های قاره‌ای، مطالعات قابل توجهی در مراکز علمی جهان بر اساس مدل‌های جوی جهانی صورت گرفته است. بطور مثال Berimelow و Reuter (2005) با استفاده از مدل هیبریدی مسیریابی تک بسته‌ای لاگرانژی که HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrate Trajectory) نامیده می‌شود (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017)، دریافتند که رطوبت در تراز پایین، منجر به تقویت سه رویداد بارش حدی پیرامون نواحی جنوبی حوزه رودخانه‌ی مکزی (Mackenzie River) می‌گردد که می‌تواند تا خلیج مکزیکی ردیابی شود. Gimeno et al. (2010) به منظور تعیین مناطق عمده‌ی اقیانوسی منشأ رطوبت و نواحی قاره‌ای که به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر هر منشأ رطوبت قرار می‌گیرد، از یک مدل لاگرانژی سه بعدی استفاده

کرده‌اند. نتایج حاصل از تحقیقات آن‌ها یک توزیع نامتوازن از رطوبت اقیانوسی بر روی قاره‌ها را نشان می‌دهد؛ به طوری که اقیانوس جنب‌حاره‌ای اطلس شمالی نسبت به منابع بزرگ رطوبتی اقیانوس آرام شمالی و اقیانوس هند جنوبی، تأثیر بیشتری بر قاره‌ها دارد. Wang et al. (2010) با استفاده از مدل HYSPLIT (Stein et al., 2017; Rolph et al., 2015) و آنالیز الگوی فشار سینوپتیکی، مسیرهای جوی انتقال ذرات معلق با قطر ۱۰ میکرومتر را برای شهر Beijing واقع در شمال چین شناسایی کرده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از گروهی از مدل‌ها و یک مدل لاگرانژی پیچیده، به بررسی تأثیر افزایش منابع رطوبت اقیانوسی بر بارش‌های قاره‌ای پرداخته شده‌است و مناطق قاره‌ای که تحت تأثیر این تغییرات بارش قرار خواهند گرفت را شناسایی شده‌است. نتایج این پژوهش نشان داد که در زمستان نیکره‌ی شمالی، بخش‌های وسیعی از اروپا، آسیا، خاورمیانه، آمریکای جنوبی و جنوب آفریقا تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Gimeno et al., 2013). همچنین، Van der Ent و Savenije (2013) با استفاده از روش مبنی بر تحلیل عقب‌گرد جوی، بارش قاره‌ای ناشی از چشمه‌های اقیانوسی را شناسایی کرده‌اند. آن‌ها مناطق منشأ شناسایی شده را به ۱۵ ناحیه دسته‌بندی کرده و چگونگی تغییرات زمانی و مکانی این چشمه‌های اقیانوسی را پیرامون سال نشان داده‌اند. در یک بررسی دیگر Li et al. (2016) با استفاده از مدل HYSPLIT (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017)، مسیرهای انتقال رطوبت برای بارش‌ها در دو نیمه‌ی تابستانی و زمستانی سال از 2012/04/01 تا 2013/03/31 پیرامون جنوب شرق چین دسته‌بندی شده و با تعیین میانگین مسیر هر گروه، سهم رطوبت آورده شده از هر کدام از این مسیرها بیان شده‌است. طبق این مطالعه، نتایج به دست آمده از مدل HYSPLIT (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017)، در مقایسه با اندازه‌گیری شار بخار آب از

مساله مورد بحث در این پژوهش به طغیان ناگهانی آب دریا در سواحل جنوبی استان بوشهر در تاریخ ۲۹ اسفندماه سال ۱۳۹۵ برمی‌گردد که باعث بروز خسارت‌های مالی و جانی در بندر دیر شد (<http://www.mizanonline.com/fa/news/291589>). متاسفانه تاکنون علت دقیق علمی برای وقوع این حادثه، از طریق سازمان‌های مسئول ارائه نشده‌است. لذا لازم دیده شد که فرآیندها و مکانیسم‌های آب و هوایی حاکم بر منطقه در زمان مذکور مورد بازبینی مجدد قرار گیرد تا دلایل وقوع این رخداد شناسایی شود. بنابراین، در این مطالعه سعی شد که با استفاده از یک مدل معتبر که در اینجا مدل تحت وب HYSPLIT؛ (Stein et al., 2015)؛ است، ضمن تعیین مسیر اصلی انتقال رطوبت از مبدأ اقیانوسی، عمده محتوای رطوبت اقیانوسی این سامانه بارشی در بندر دیر مشخص گردد. ردیابی منشأ رطوبت که چرخه‌ی هیدرولیکی ایران را در طول فصل زمستان تحت‌الشعاع قرار داده است و منجر به بارش شدید در جنوب‌غرب کشور شده‌است، می‌تواند نقش بسزایی در شناسایی ویژگی و ماهیت اینگونه سامانه‌ها ایفا کند.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، بندر دیر واقع در جنوب استان بوشهر، ایران، است (شکل ۱). در ۲۹ اسفندماه ۱۳۹۵، وقوع طوفان و بارش سنگین در این شهر، براساس اطلاعات اداره کل مهندسی سواحل و بنادر کل کشور (<http://waveforecast.pmo.ir>) موجب طغیان آب دریا و خسارات فراوانی شد. همان طور که شکل ۱ به خوبی نشان می‌دهد این منطقه در کنار حوضه‌ی آبی متفاوتی قرار دارد اما برداشت رطوبت مربوط به بارش ۲۹ اسفند ۱۳۹۵، می‌تواند به هریک از چشمه‌های اقیانوسی خلیج فارس، دریای عمان، دریای عرب، خلیج عدن، دریای سرخ و حتی اقیانوس هند

لحاظ کمی دقیق‌تر است. لذا بیشترین مقدار رطوبت در تابستان از اقیانوس هند منشأ گرفته است، درحالی‌که در نیمه‌ی زمستانی سال بیشترین رطوبت از سمت غرب اقیانوس آرام شمالی آمده است (Li et al., 2016). این پژوهش‌ها به خوبی نشان می‌دهد که ردیابی چشمه‌های اقیانوسی در دنیا جزء علوم به روز است؛ اما با نگاه به مطالعات اقلیم‌شناسی به‌ویژه گردش‌های جوی موجود در منطقه‌ی خاورمیانه، می‌توان گفت که مساله انتقال رطوبت بر روی منطقه خاورمیانه بخصوص ایران مبهم است (Farajzadeh Asl et al., 2009). طبق گفته Alijani (2006) بیش از ۷۳ درصد از عوامل ایجاد کننده بارش‌های ایران به ویژه در شمال غرب، غرب و جنوب غرب ایران، سیستم‌های سینوپتیک (سیکلون‌ها و موج‌های کوتاه) هستند که به همراه موج‌های غربی از مدیترانه وارد کشور می‌شوند. Bayat et al. (2017) با استفاده از داده‌های مرکز اروپایی پیش‌بینی میان مدت جوی (ECMWF) به مدت سه دهه (۳۰ سال)، مطالعه‌ی زمان تشکیل سیکلون‌های باران‌زای فصل زمستان ایران نشان داد که اکثر سیکلون‌های باران‌زا در بعد از ظهرها و اوایل شب (ساعت ۱۲ و ۱۸ گرینویچ) تشکیل می‌شوند. این سیکلون‌ها تقریباً از تمام پهنه‌ی غربی ایران وارد کشور شده‌اند درحالی‌که در منطقه‌ی جنوب‌غرب، سیکلون‌ها با جهت شمال‌شرقی و در منطقه‌ی غرب و شمال‌غرب بیشتر با جهت شرقی وارد کشور شده‌اند. طبق تعریف شاخص‌های حدی بارش بازنویسی شده در جدول ۱، سه شاخص اصلی برای دسته‌بندی روزهای با بارش سنگین (Heavy precipitation days) شاخص R10mm، بارش خیلی سنگین (Very heavy precipitation days) شاخص R20mm و بارش فوق سنگین (Very very heavy precipitation days) شاخص R25mm در ایران وجود دارد که به ترتیب به تعداد روزهای با بارش بیشتر یا مساوی ۱۰ mm، ۲۰ mm و ۲۵ mm اطلاق می‌شود (Rahimzadeh et al., 2009).

برگردد که این پژوهش به دنبال یافتن چشمه اقیانوسی مربوطه است. جهت دستیابی به این مهم، ابتدا نقشه پهنه‌بندی مقدار انحراف مجموع بارش دریافتی کشور نسبت به بلندمدت در بازه‌ی زمانی وقوع این بارش‌ها از سازمان هواشناسی کل کشور تهیه شد تا نوع و شدت رویداد بارشی با توجه به شاخص‌ها تخمین زده شود. داده‌های همدیدی باد و بارش از ایستگاه همدیدی بندر دیر (N ۲۷°۵۱'۳۴" و E ۵۱°۵۷'۵۲") با کد بین‌المللی ۴۰۸۷۲، در بازه‌ی زمانی بارش‌های شدید به مدت چهار روز (از ۱۳۹۵/۱۲/۲۶ تا

۱۳۹۵/۱۲/۲۹) از سایت سازمان استخراج- (http://reports.irimo.ir/jasperserver) گردید. با ترسیم اطلاعات بارش در محیط نرم‌افزار Microsoft Office Excel نسخه ۲۰۱۳، و نرم‌افزار رایگان - Freeware WRPLOT View (Environmental Software, 2018) نسخه 8.0.2 (که از این به بعد WRPLOT خوانده می‌شود)، اوج بارش‌ها در بازه مذکور (از ۱۳۹۵/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۵/۱۲/۲۹) مورد محاسبه قرار گرفت.

جدول ۱: شاخص‌های منتخب برای تحلیل بارش‌های حدی در ایران (Rahimzadeh et al., 2009)

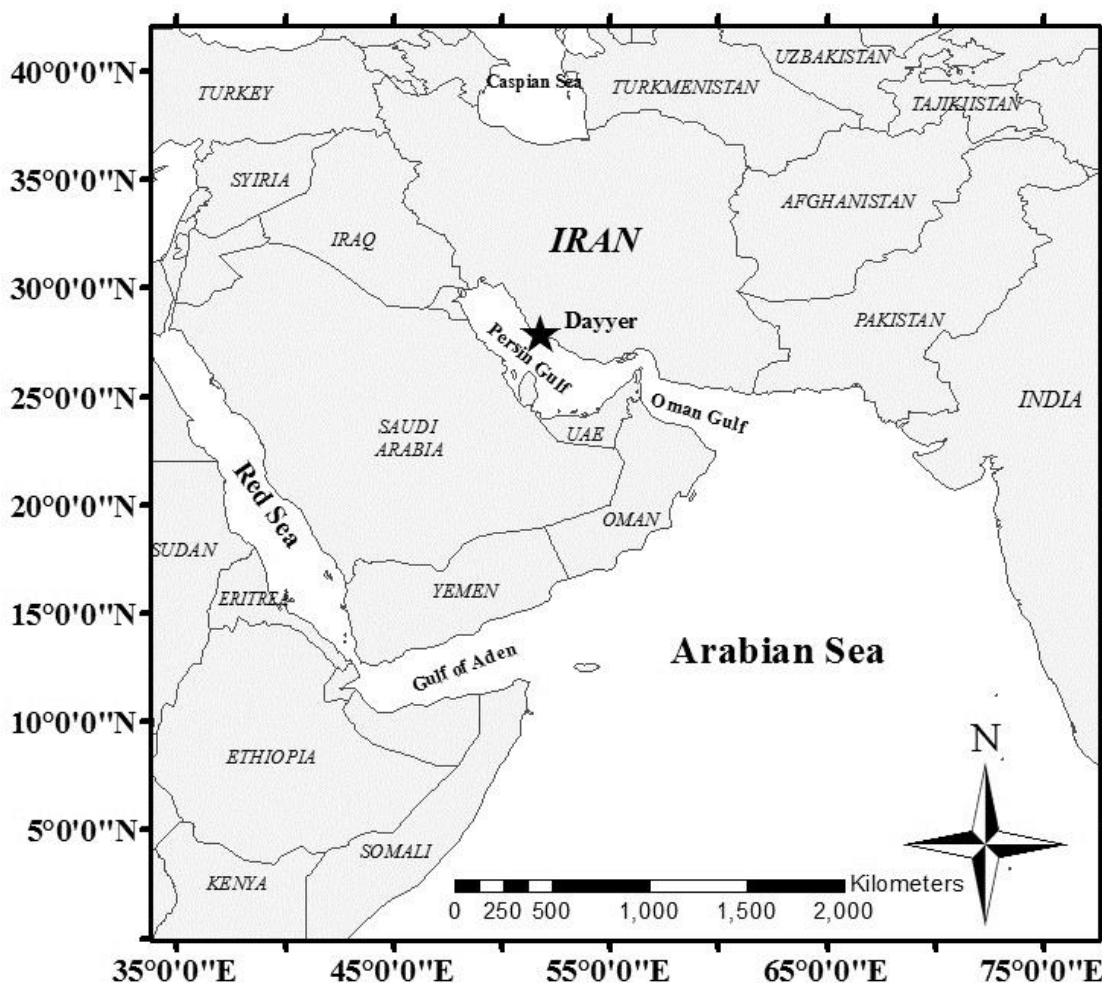
شاخص	واحد	انگلیسی	فارسی	تعریف
CDD	روز	Consecutive Dry Days	بیشترین تعداد روزهای متوالی با بارش کمتر از ۱ میلی‌متر	
CWD	روز	Consecutive Wet Days	بیشترین تعداد روزهای متوالی با بارش بیشتر یا مساوی ۱ میلی‌متر	
PRCPT OT	میلی‌متر	Wet days precipitation	بارش سالانه‌ی کل در روزهای تر با بارش بیشتر یا مساوی ۱ میلی‌متر	
R10mm	روز	Heavy precipitation days	تعداد روزهای با بارش بیشتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر	
R20mm	روز	Very heavy precipitation days	تعداد روزهای با بارش بیشتر یا مساوی ۲۰ میلی‌متر	
R25mm	روز	Very heavy precipitation days	تعداد روزهای با بارش بیشتر یا مساوی ۲۵ میلی‌متر	
Rx1DAY	میلی‌متر	Max 1-day precipitation	بیشترین مقدار ماهانه‌ی بارش در یک روز	
Rx5DAY	میلی‌متر	Max 5-day precipitation	بیشترین مقدار ماهانه‌ی بارش طی ۵ روز متوالی	
SDII	میلی‌متر بر روز	Simple Daily Intensity Index	مقدار بارش کل سالانه در روزهای تر تقسیم بر تعداد روزهای با بارش بیشتر یا مساوی ۱ میلی‌متر	
R95p	%	Very wet days	درصد بارش کل سالانه بیش از ۱۹۶۱-۱۹۹۰؛ ۹۵ درصد	
R99p	%	Extremely wet days	درصد بارش کل سالانه بیش از ۱۹۶۱-۱۹۹۰؛ ۹۹ درصد	

قالب‌های مختلفی از داده‌های هواشناسی تولید می‌کند [https://www.weblakes.com/products/wrplot/ind\(ex\).html](https://www.weblakes.com/products/wrplot/ind(ex).html). سپس، به منظور شناسایی چشمه‌ی اقیانوسی محتوای آب این سامانه بارشی، با استفاده از مدل تحت وب HYSPLIT (<https://ready.arl.noaa.gov/hypub->) که سازمان جوی و

جهت ورود اطلاعات به نرم‌افزار WRPLOT (Lakes) (Environmental Software, 2018) از فایل اکسل داده‌ها، و موقعیت جغرافیایی و کد بین‌المللی ایستگاه استفاده شد. لازم به ذکر است که این نرم‌افزار، یک برنامه تحت ویندوز است که توسط شبکه جهانی احیاکنندگان محیط‌زست دریاچه‌ها (Lakes Environment's Global Reseller Network) ارائه شده و گلبادهای آماری را در

انتخاب بازه زمانی ۹ روزه، جهت شبیه‌سازی، مدت زمان استقرار نه روزه رطوبت در جو (Eagleson, 1970) است. HYSPLIT (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017) مدلی است که توسط سازمان ملی اقیانوسی-جوی NOAA، به منظور ردیابی ذرات یا توده‌های هوا به روش پس‌رو در هر ارتفاع و نقطه‌ای از کره‌ی زمین طراحی شده‌است و متغیرهای آب‌وهوایی ویژه‌ای را در طول مسیرهای توده هوا (Trajectory) از طریق حل معادلات لاگرانژی محاسبه می‌کند.

اقیانوسی NOAA ارائه می‌کند (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017) بسته‌های هوا از ایستگاه هواشناسی همدیدی شهرستان بندر دیر ($27^{\circ}51'34''N$ و $51^{\circ}57'52''E$)، به صورت عقب‌گرد در ترازهای مختلف جوی (تراز بین ۸۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال معادل با ارتفاعی بین ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ متری سطح زمین) در اطراف منطقه‌ی مورد مطالعه با قدرت تفکیک مکانی $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ، به مدت ۹ روز ردیابی (عقب‌گرد) شدند. علت



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (بندر دیر، علامت ستاره) نسبت به منطقه خاورمیانه. این شکل در محیط GIS (ESRI, 2011) توسط نویسندگان ترسیم شده‌است.

از داده‌های جهانی آنالیز شده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (National Centers for Environmental Prediction) / مرکز ملی تحقیقات جوی (National Center for Atmospheric Research) (با علامت اختصار NCEP/NCAR) با گام زمانی ۶ ساعته و با قدرت تفکیک مکانی $2/5^\circ \times 2/5^\circ$ طول و عرض جغرافیایی استفاده شد که طبق مطالعه‌ی Wang et al. (2010) این نوع داده‌ها، معمولی‌ترین نوع داده‌های آب‌وهوایی مورد استفاده در مطالعات است.

در ابتدا به منظور دستیابی به تصویر کلی و واضح‌تری از الگوهای مسیر در اطراف شهر دیر، با استفاده از ماژول ماتریکسی مدل HYSPLIT (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017)، مسیر میانگین بسته‌های هوا در ارتفاعی برابر با ۱۵۰۰ متر (معادل با ۸۵۰ هکتوپاسکال) به مدت ۹ روز ردیابی شدند، تا بیشترین میزان رطوبت انتقال یافته در این ارتفاع، به خوبی مشخص شود. اگرچه با استفاده از مدل HYSPLIT، می‌توان تا دو هفته ردیابی عقب‌گرد انجام داد، اما انتخاب ۹ روز مسیریابی عقب‌گرد در این مطالعه، به دلیل استقرار رطوبت در جو قطعیت بهتری دارد (Egleson, 1970). همچنین، از آنجایی که گردش در تراز ۱۵۰۰ متری می‌تواند گردش ترازهای پایین‌تر جوی را به خوبی نشان دهد (Li et al., 2016)، لذا در این پژوهش این تراز جهت ردیابی انتخاب شد. مسیر حاصل از تراکتوری‌ها، میانگین کل همه تراکتوری‌هایی است که در تاریخ مورد نظر (۲۹ اسفند ۱۳۹۵) به منطقه مورد مطالعه (بندر دیر) رسیده‌اند. ترسیم نتایج براساس میانگین کل تراکتوری‌ها مرسوم است. همان‌طور که در مقاله Li et al. (2016) میانگین کل تراکتوری‌ها رسم گردیده بود. سپس بمنظور دستیابی به جزئیات بیشتری از مسیر ردیابی و اطمینان از تحلیل نتایج به دست آمده در مورد مسیر منشاء رطوبتی، نتایج مدل در ۷۲ ساعت اولیه فراهم گردید تا از ناپایداری‌های احتمالی موجود در حرکت عقب‌گرد ۹

آنالیز رطوبت ویژه در طول یک تراکتوری به روش پس‌رو منجر به کشف منشأ رطوبت و میزان نقش مؤثر ذرات هوا در انتقال بخار آب می‌شود (Li et al., 2016). روش محاسبات این مدل، ترکیبی بین رویکرد لاگرانژی با چارچوب مرجع متحرک جهت محاسبه‌ی حرکات همرفتی و انتشار بسته‌های هوا، و رویکرد اویلری با چارچوب مرجع ثابت به منظور محاسبه‌ی غلظت ذرات هواست (Stein et al., 2015). تعیین منشأ به روش ردیابی مسیر عقب‌گرد، یکی از جذاب‌ترین و برجسته‌ترین حالت‌هایی است که در بسیاری از مطالعات به کمک مدل HYSPLIT (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017) مورد استفاده قرار گرفته است (Fleming et al., 2012). استفاده از نقشه‌های حاصل از مدل HYSPLIT نسبت به نقشه‌های رطوبتی مزیت دارد؛ زیرا نقشه‌های رطوبتی از اندازه‌گیری به دست می‌آیند و لذا این نقشه‌ها دارای محدودیت داده در سطح اقیانوس هستند. از طرفی، طبق مطالعه Li et al. (2016) نتایج حاصل از مدل HYSPLIT، در مقایسه با اندازه‌گیری شار بخار آب و نقشه‌های وزش رطوبتی دقیق‌تر است. از این رو، در پژوهش حاضر جهت مطالعه بندر دیر، با استناد به مطالعه مذکور به جهت برتری نسبی مدل HYSPLIT، نسبت به نقشه‌های رطوبتی در اقیانوس، مدل HYSPLIT، در بررسی منشأ رطوبت اقیانوس، اهمیت و اعتبار بیشتری دارد. مدل HYSPLIT، با حل معادلات، می‌تواند مسیر برداشت رطوبت را تا حوضه اقیانوسی دنبال کند که نقشه‌های رطوبتی، چنین امکاناتی بر روی اقیانوس ندارند.

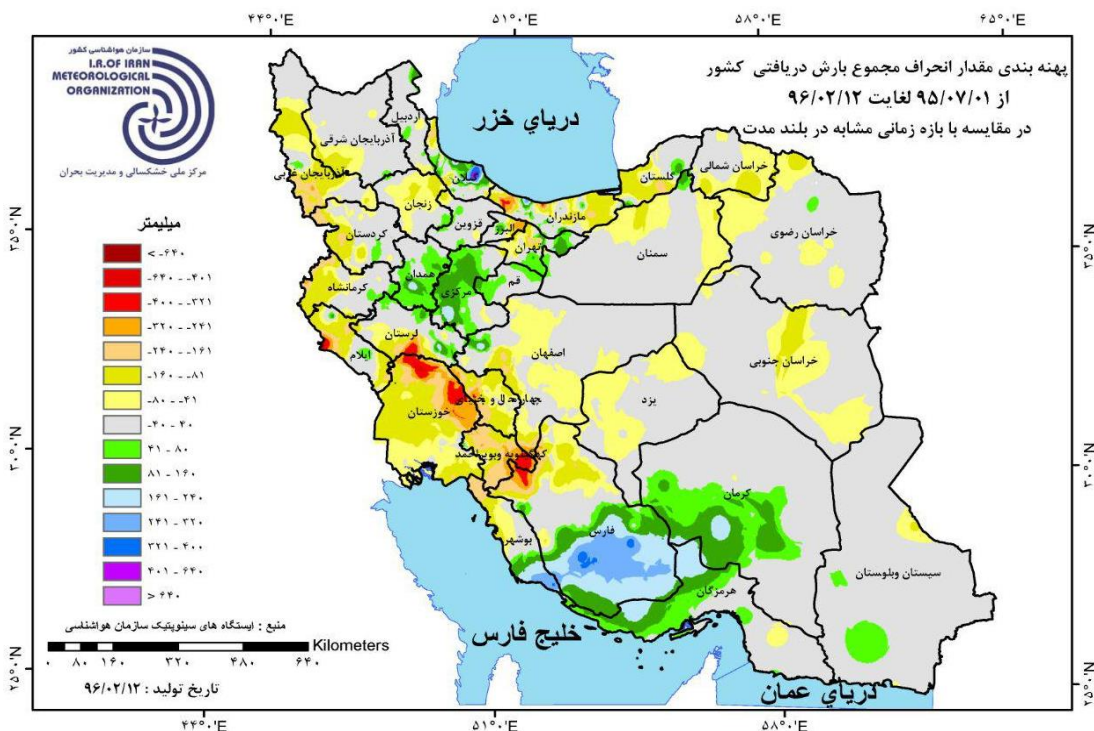
از جمله روش‌هایی که می‌توان جهت تزریق داده‌های میدانی آب‌وهوایی به مدل HYSPLIT (Stein et al., 2017; Rolph et al., 2015) استفاده نمود، ورود داده‌ها به این مدل از طریق آرشیو داده‌های روزانه آب‌وهوایی یا خروجی‌های سایر مدل‌های پیش‌بینی آب‌وهوا است که در این پژوهش از آرشیو اسفندماه ۱۳۹۵ (March 2017)

خوبی دیده می‌شود، تغییرات بارش در مناطقی که در طیف رنگی بنفش تا سبز قرار دارند، مثبت است؛ که به معنی دریافت بارش بیش از حد معمول در بازه‌ی زمانی بلندمدت مشابه است. با توجه به این شکل، نواحی جنوبی استان بوشهر (طیف رنگی آبی و سبز) در حدود ۲۴۱ تا ۴۰۰ میلی‌متر، بیش از بلندمدت خود بارش دریافت کرده‌اند. شکل ۳ و ۴، اطلاعات به دست آمده از داده‌های همدیدی ایستگاه دیر (بارش، سرعت و جهت باد) را در بازه رویداد بارشی بیست و ششم الی بیست و نهم اسفندماه ۱۳۹۵ نشان می‌دهد.

روزه تا جای ممکن اجتناب شود و بیان نتایج با قطعیت بهتری همراه باشد. همچنین، محل استقرار رطوبت حاصل از نتایج مدل‌سازی، در هر ۲۴ ساعت، بر روی نقشه مسیر مشخص گردید تا جهت مقایسه بهتر نتایج استفاده شود. در انتها، با توجه به خروجی‌های حاصل از مدل، منشأ اقیانوسی این رویداد بارشی تخمین زده شد.

۳. نتایج

شکل ۲، پهنه‌بندی مقدار انحراف مجموع بارش دریافتی کشور، نسبت به بلندمدت را در بازه‌ی زمانی وقوع این بارش‌ها نشان می‌دهد (www.irimo.ir). همانطور که به



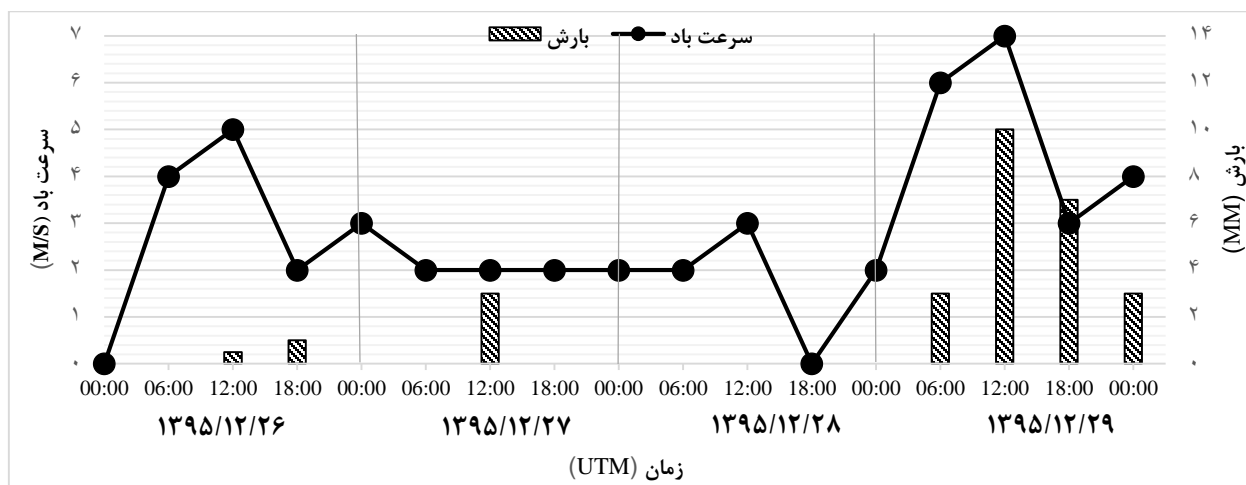
شکل ۲: پهنه‌بندی مقدار انحراف مجموع بارش دریافتی کشور برای مدت زمان ۹۵/۷/۱ تا ۹۶/۲/۱۲ در مقایسه با بازه زمانی مشابه در بلندمدت

۲۹ اسفند بارش‌ها آغاز شده و مقدار آن به تدریج افزایش یافته است (شکل ۳). طبق این داده‌ها، بیشینه بارش در این رویداد بارشی در روز ۲۹ اسفند (ساعت ۱۲:۰۰) به ثبت رسیده است (۱۰ میلی‌متر) که مطابق با نتیجه Bayat et al. (2017) می‌باشد. سپس از شدت بارش‌ها کاسته شده و در اواخر روز چهارم (۲۹ اسفند) به حدود

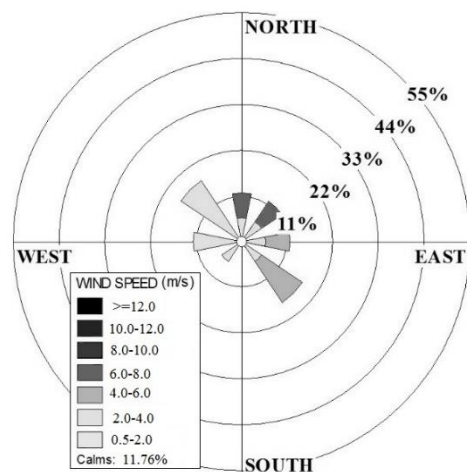
طبق شکل ۳، بارش‌ها در بندر دیر از اواسط روز ۲۶ اسفند آغاز شده و در روز ۲۹ اسفند به اوج خود رسیده است. اگرچه در روزهای اول و سوم بارندگی (۲۶ و ۲۸ اسفند)، بارش قابل ملاحظه نیست و حتی در روز سوم (۲۸ اسفند) مقدار بارش به صفر رسیده و دوباره از ساعت ۰۶:۰۰ (Universal Transverse Mercator: UTM) روز

شکل ۴، نمودار گلباد رسم شده توسط نرم‌افزار Lakes Environmental Software, WRPLOT (2018) را در این بازه زمانی چهار روزه (۲۶ الی ۲۹ اسفند ۱۳۹۵) نشان می‌دهد.

۳ میلی‌متر رسیده است. بیشینه‌ی سرعت باد نیز در این بازه‌ی زمانی چهار روزه برابر با ۷ متر بر ثانیه است که در ساعت ۱۲:۰۰ روز بیست و نهم مشاهده گردیده است (شکل ۳).



شکل ۳: مقدار بارش بر حسب میلی‌متر (محور سمت راست) و سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه (محور سمت چپ) در رویداد بارشی ۲۶ الی ۲۹ اسفندماه ۱۳۹۵، ایستگاه همدیدی بندر دیر



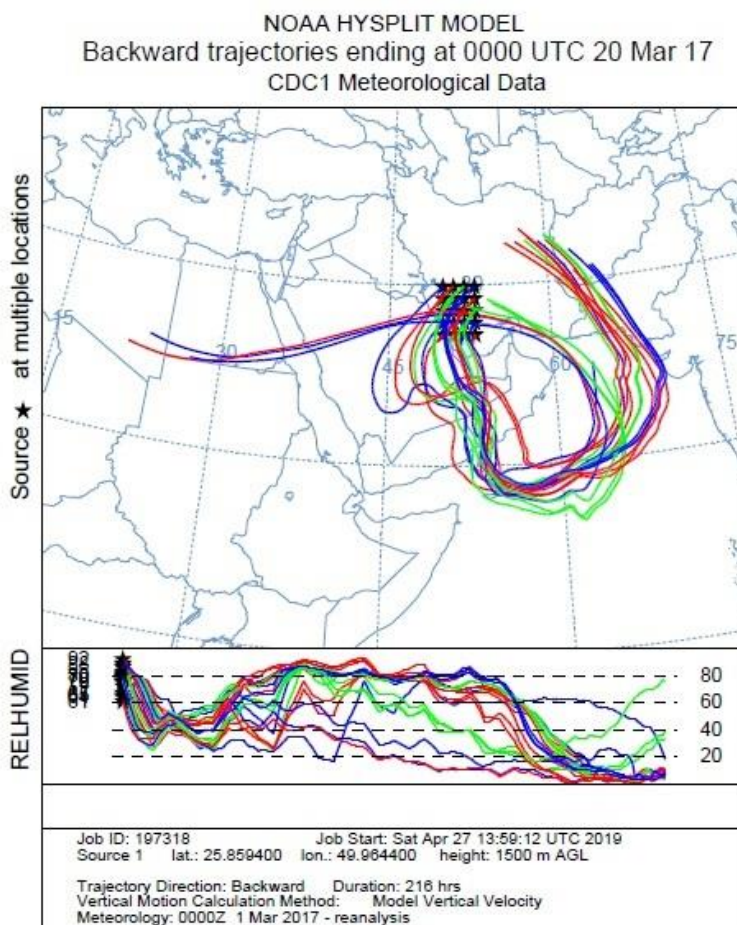
شکل ۴: جهت باد در رویداد بارشی ۲۶ الی ۲۹ اسفندماه ۱۳۹۵، ایستگاه همدیدی بندر دیر

به طوری که در حدود ۶ درصد باد غالب با سرعت ۲ تا ۴ متر بر ثانیه و حدود ۱۵ درصد باد غالب با سرعت ۴ تا ۶ متر بر ثانیه از طرف جنوب شرق وزیده است (در مجموع ۲۱ درصد از کل بادها). باد نایب ایستگاه، باد شمال غربی

همانطور که اطلاعات جهت باد نشان می‌دهد، تنها حدود ۱۲ درصد از بادها در ایستگاه مورد مطالعه آرام بوده و تقریباً ۸۸ درصد بادها سرعت و جهت دارند. باد غالب ایستگاه، در این بازه زمانی، جنوب شرقی است،

نهم اسفند (19 March 2017) ساعت ۱۲:۰۰ (UTM) وزیده‌اند. این دو باد هرکدام در مجموع حدود ۱۲ درصد از کل بادهای منطقه را شامل می‌شوند. شکل ۵، خروجی عقب‌گرد ۹ روزه (۲۱۶- ساعت) حاصل از ردیابی توسط ماژول ماتریکسی (Matrix Module) مدل HISPLIT را نشان می‌دهد.

است و حدود ۲۰ درصد از کل بادهای را تشکیل می‌دهد. از جهت شمال غرب نیز بادهای با سرعت ۲ تا ۴ متر بر ثانیه وزیده‌اند. از سایر بادهای موجود در منطقه، دو باد شمالی و شمال شرقی، حائز اهمیت هستند زیرا دارای سرعت‌های بالایی در حدود ۶ تا ۸ متر بر ثانیه بوده و در زمان وقوع بیشترین بارندگی (۱۰ میلی‌متر) روز بیست و



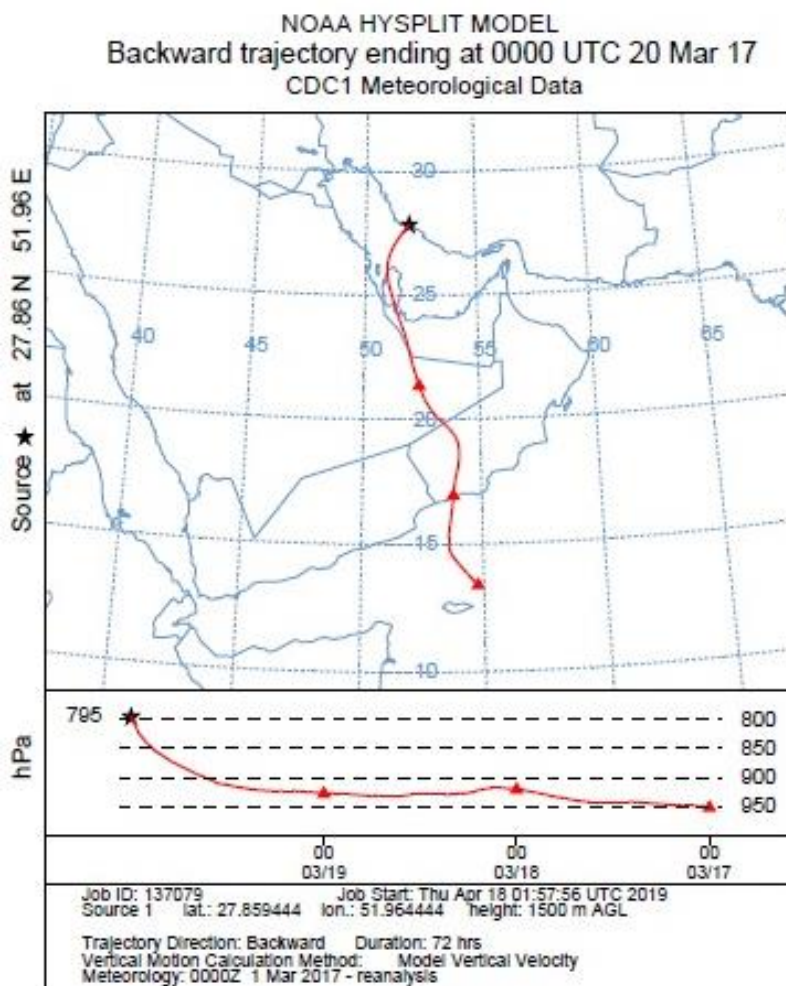
شکل ۵: خروجی ماژول ماتریکسی مدل HISPLIT: ردیابی مسیرهای حرکت بسته‌های هوا از ۲۴ نقطه با رطوبت‌های نسبی مختلف در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح زمین پیرامون محل وقوع رخداد (علامت ستاره روی شکل) برای مدت ۹ روز عقب‌گرد (۲۱۶- ساعت) از نیمه شب ۱۳۹۵/۱۲/۲۹. (بالا) مسیر افقی بسته‌های هوا به موازات سطح زمین که حاوی رطوبت است؛ (پایین) تغییرات عمودی رطوبت نسبی پیرامون محل وقوع رخداد بارش (علامت ستاره روی شکل) تا محل منشأ

شبه‌سازی شده‌است. در شکل ۵ به وضوح می‌توان تغییرات رطوبت نسبی را در طول مسیرهای ردیابی شده مشاهده کرد، به طوری که رطوبت نسبی از مقادیر کمتر

در این شکل، مسیرهای انتقال رطوبت از ۲۴ نقطه پیرامون محل مورد مطالعه درون یک شبکه با تفکیک مکانی $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ و در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح زمین (تقریباً برابر با ۸۵۰ هکتوپاسکال) از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۲۹

اقیانوس هند گردش نموده‌اند و در نهایت به منطقه مورد مطالعه (بندر دیر) رسیده‌اند. شکل‌های ۶ الی ۸، میانگین مسیر بسته‌های هوا را از نیمه شب (ساعت ۲۴) بیست و نهم اسفندماه تا آغاز روز بیست و هفتم اسفندماه ۱۳۹۵ (ساعت صفر بامداد)، در ترازهای مختلف جو نشان می‌دهد که بیانگر درجه اطمینان ۹۰ درصد از حرکت عقب‌گرد سه روزه (۷۲- ساعت) با شروع از ۲۹ اسفندماه است.

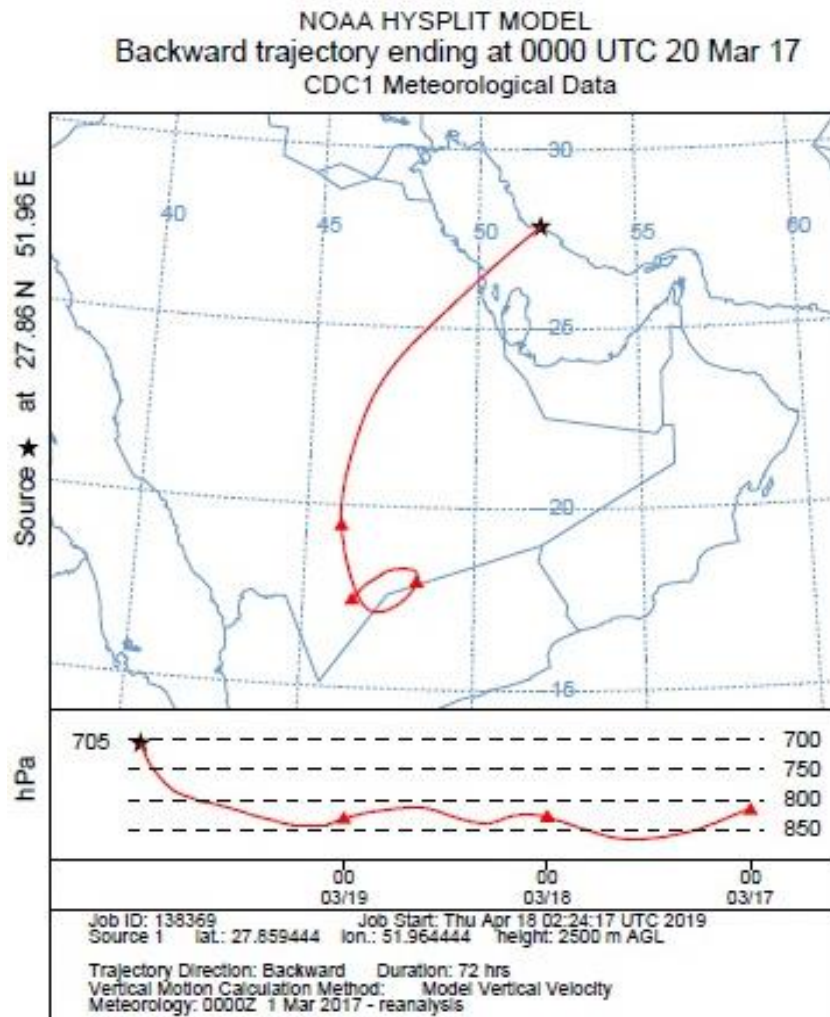
از ۲۰ درصد در محل منشأ رطوبت تا مقادیر بیش از ۸۰ درصد در محل وقوع رخداد بارش متغیر است. شکل ۵، به خوبی یک چرخش سیکلونی را نشان می‌دهد که از مناطق برون‌حاره‌ای سرچشمه گرفته است. به طوری که انتهای تراجکتوری‌هایی که به سواحل جنوبی ایران رسیده‌اند، به نواحی شمالی و سمت شرق اقیانوس اطلس ختم می‌شود. همان‌طور که در شکل ۵ آشکار است، بسته‌های هوا به سمت دریای عربی و مرزهای غربی



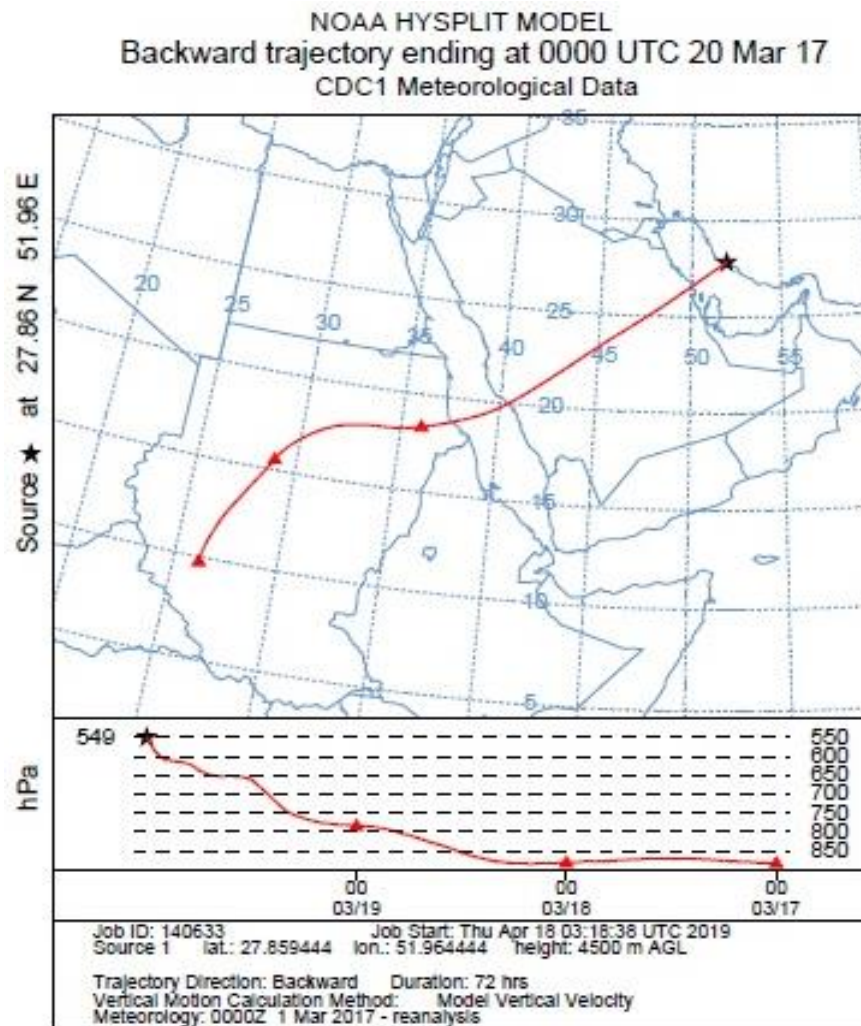
شکل ۶: خروجی مدل HISPLIT: ردیابی مسیر عقب‌گرد حرکت بسته‌ی هوا، تراز ۱۵۰۰ متری سطح زمین (۸۰۰ هکتوپاسکال)، از محل ایستگاه (علامت ستاره) در بازه زمانی ۷۲ ساعته از نیمه شب ۱۳۹۵/۱۲/۲۹. نقاط گره مثلثی در طول مسیر نشان دهنده‌ی میانگین موقعیت بسته هوا در هر ۲۴ ساعت است. بالا) مسیر افقی بسته هوا به موازات سطح زمین؛ پایین) مسیر عمودی بسته هوا بین ترازهای مختلف جوی (۸۰۰ الی ۹۵۰ هکتوپاسکال)

همانطور که در بخش بالایی شکل ۶ دیده می‌شود، با ردیابی افقی بسته هوا به موازات سطح زمین، در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح زمین (تقریباً برابر با تراز ۸۰۰ هکتوپاسکال) طی ۷۲ ساعت از محل موردنظر (علامت ستاره)، این مسیر در انتها به نواحی غربی اقیانوس هند (مسیر قرمز رنگ) رسیده است. نقاط گره مثلثی در طول مسیر نشان دهنده‌ی موقعیت بسته هوا در هر ۲۴ ساعت است. همچنین، در پایین شکل ۶، نحوه حرکت عمودی بسته هوا بین ترازهای مختلف جو (۸۰۰ الی ۹۵۰

هکتوپاسکال) را نشان می‌دهد. به طور مشابه، نقاط گره نشان داده شده توسط علامت مثلث، نشان دهنده‌ی موقعیت بسته هوا در هر ۲۴ ساعت قبل از رویداد بارشی است. این درحالی است که بسته‌های هوا در ارتفاع ۲۵۰۰ متر (شکل ۷) و ۴۵۰۰ متر (شکل ۸) از سطح زمین (به ترتیب سطوح فشاری ۷۰۰ و ۵۵۰ هکتوپاسکال)، به ترتیب از نواحی جنوب عربستان سعودی و سودان نشأت گرفته اند



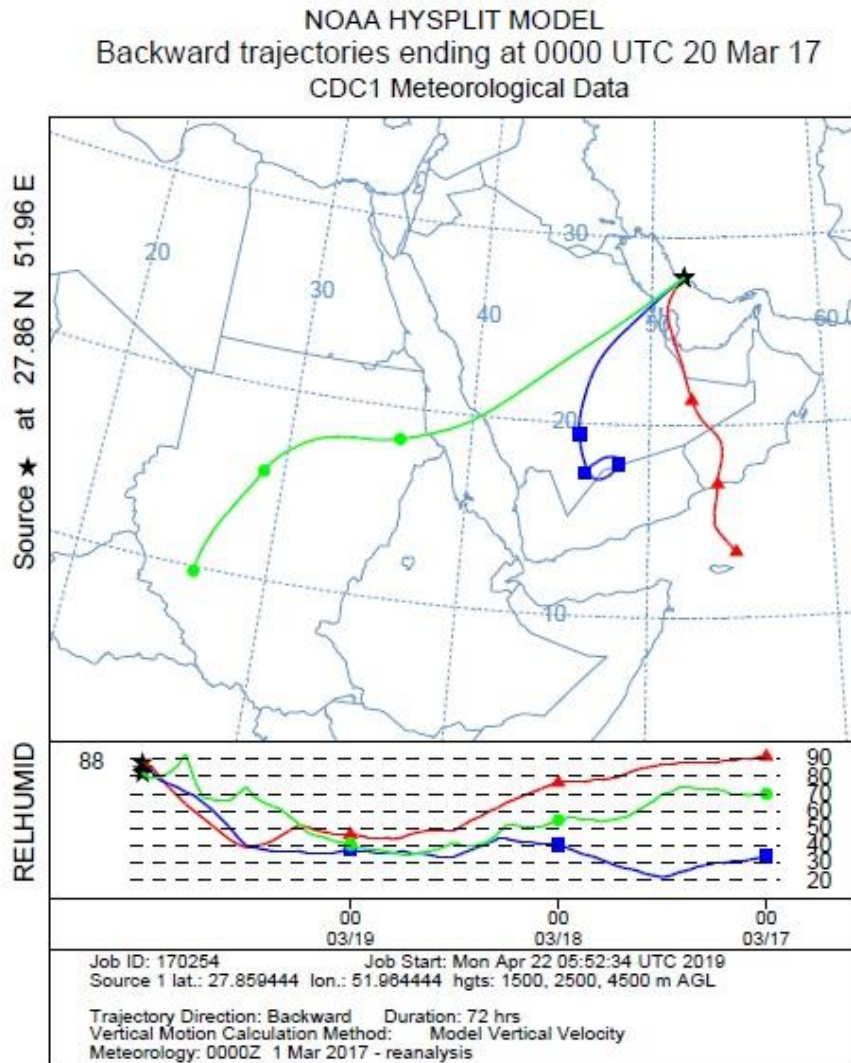
شکل ۷: خروجی مدل HISPLIT: ردیابی مسیر عقب‌گرد حرکت بسته‌ی هوا، تراز ۲۵۰۰ متری سطح زمین (۷۰۰ هکتوپاسکال)، از محل ایستگاه (علامت ستاره) در بازه زمانی ۷۲ ساعته از نیمه شب ۱۳۹۵/۱۲/۲۹. نقاط گره مثلثی در طول مسیر نشان دهنده‌ی میانگین موقعیت بسته هوا در هر ۲۴ ساعت است. (بالا) مسیر افقی بسته هوا به موازات سطح زمین؛ (پایین) مسیر عمودی بسته هوا بین ترازهای مختلف جوی (۷۰۰ الی ۸۵۰ هکتوپاسکال).



شکل ۸: خروجی مدل HISPLIT: ردیابی مسیر عقب‌گرد حرکت بسته‌ی هوا، تراز ۴۵۰۰ متری سطح زمین (۵۵۰ هکتوپاسکال)، از محل ایستگاه (علامت ستاره) در بازه زمانی ۷۲ ساعته از نیمه شب ۱۳۹۵/۱۲/۲۹. نقاط گره مثلثی در طول مسیر نشان دهنده‌ی میانگین موقعیت ۲۴ ساعته از بسته هوا است. (بالا) مسیر افقی بسته هوا به موازات سطح زمین؛ (پایین) مسیر عمودی بسته هوا بین ترازهای مختلف جوی (۵۵۰ الی ۸۰۰ هکتوپاسکال)

آنجا بالاست. تحت شرایط آب‌وهوایی ایده‌آل، بارش نیز ممکن است اتفاق بیفتد (Ataei and Fanaei, 2014). باتوجه به شکل ۹، رطوبت نسبی در طول مسیر بسته‌های هوا در ترازهای مختلف جو از مقادیر کمتر از ۲۰ درصد در محل منشأ تا بیش از ۸۷ درصد در محل وقوع رویداد بارش متغیر بوده است.

به علاوه، تغییرات رطوبت نسبی طی این سه الگوی مسیر نیز توسط مدل HISPLIT، استخراج شده است (شکل ۹). نقشه‌های رطوبت نسبی در ترازهای بالایی جو، توزیع مکانی محتوای رطوبت در جو را ارائه می‌کنند. از آنجاکه رطوبت یک پیش‌نیاز برای تشکیل ابر است، یافتن ابرها در مکان‌هایی محتمل‌تر است که مقدار رطوبت نسبی در



شکل ۹: خروجی مدل HISPLIT: تغییرات رطوبت نسبی در طول ردیابی مسیر عقب‌گرد میانگین از حرکت بسته‌ی هوا، در ترازهای ۱۵۰۰، ۲۵۰۰ و ۴۵۰۰ متری سطح زمین (به ترتیب ۸۰۰، ۷۰۰ و ۵۵۰ هکتوپاسکال)، از محل ایستگاه (علامت ستاره) در بازه زمانی ۷۲ ساعته از نیمه شب ۱۳۹۵/۱۲/۲۹. (بالا) مسیرهای افقی انتقال رطوبت به موازات سطح زمین؛ پایین) مسیر عمودی بسته‌های هوا با مقادیر رطوبت نسبی مختلف (صفر تا ۱۰۰ درصد)

مقایسه‌ی نمودار بارش (شکل ۳) ثبت شده در ایستگاه بندر دیر با جدول شاخص‌های حدی بارش در ایران (جدول ۱) در طول روزهای بارانی (از ۱۳۹۵/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۵/۱۲/۲۹)، با توجه به شاخص حدی R10mm می‌توان روز بیست و نهم با بیشینه بارش ۱۰ میلی‌متر

بحث

بر اساس نقشه‌های تهیه شده از سازمان هواشناسی کشور (شکل ۲)، بیشترین میزان بارش دریافتی کشور در بازه‌ی زمانی از ۹۵/۷/۱ تا ۹۶/۲/۱۲ عمدتاً مربوط به جنوب استان فارس و سواحل جنوبی استان بوشهر است. با

از سمت غرب وارد کشور نموده و سپس با گردش به سمت نواحی شمالی اقیانوس هند، میزان زیادی رطوبت از روی این نواحی برداشت کرده است و در نهایت با عبور از روی شبه جزیره عربستان، به سواحل جنوبی ایران رسیده است و در این نواحی ایجاد بارندگی کرده است. از آنجا که بارش‌های سنگین و بادهای قوی که از مهمترین مخاطرات محیطی به حساب می‌آیند کاملاً با سیکلون‌ها مرتبط هستند (Campins et al., 2006) و باتوجه به اینکه اکثر سیکلون‌های باران‌زای زمستانه در ایران در ساعت ۱۲:۰۰ (UTM) اتفاق می‌افتند (Bayat et al., 2017)، می‌توان نتیجه گرفت که در ساعت ۱۲:۰۰ تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۲۹ یک سیکلون باران‌زا در بندر دیر فعال بوده است؛ به طوری که با ایجاد طوفان و بادهای قوی شمال شرقی در منطقه موجب به راه افتادن سیل و طغیان آب دریا شده و همراه با بسته‌های هوایی که رطوبت را از روی نواحی شمالی اقیانوس هند به این منطقه آورده‌اند، بصورت بارش‌های سنگین فرود آمده است. این طوفان برون‌حاره‌ای در واقع نقشی حیاتی در ادغام رطوبت بسته‌های هوا و کشیدن آن‌ها به سمت بالا و به طرف تراز متراکم (تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال) ایفا کرده است (Li et al., 2016). به طوری که تمامی مسیرهای انتقال رطوبت هنگام نزدیک شدن به منطقه‌ی مورد مطالعه به صورت سیکلونی چرخش پیدا کرده‌اند و در نهایت منجر به رخداد بارش سنگین در این منطقه همراه با طغیان آب دریا شده‌است.

۵. سپاس‌گزاری

این تحقیق با استفاده از مدل HISPLIT، فراهم شده‌است و بدین وسیله نویسندگان، از آزمایشگاه منابع جوی NOAA تشکر می‌کنند. همچنین همکاری چند تن از کارشناسان محترم در علوم نرم‌افزاری و جوی (آقایان مجتبی حمزه نژاد، حسین جوانمردی و سیدهدادی حسینی) مشوق و یاریگر نویسندگان در این پژوهش بوده است.

در ساعت ۱۲:۰۰ (UTM) را به عنوان یکی از روزهای بارش سنگین در نظر گرفت.

همچنین، با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ در ساعت ۱۲:۰۰ (UTM) روز بیست و نهم بادهای قوی شمالی و شمال شرقی با سرعتی بین ۶ تا ۸ متر بر ثانیه به سمت ایستگاه بندر دیر وزیده است که خود می‌تواند عاملی بر شدت گرفتن بارش بوده باشد. با توجه به خروجی‌های اولیه‌ی به دست آمده از مدل HYSPLIT (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017) (شکل ۴)، رطوبت نسبی در طول مسیر بسته‌های هوا در ترازهای مختلف جو از مقادیر کمتر از ۲۰ درصد در محل منشأ تا بیش از ۸۷ درصد در محل وقوع رویداد بارشی متغیر بوده است که این نشان می‌دهد که احتمال وقوع بارش در محل مورد مطالعه زیاد است. براساس این تصاویر خروجی، رطوبت بسته‌های هوایی که به نقطه مورد نظر (بندر دیر) آمده‌اند، می‌تواند از سه ناحیه منشأ گرفته باشد، که عبارت‌اند از: حوزه اقیانوس هند، نواحی مرکزی آفریقا و نواحی شمال اقیانوس اطلس. الگوهای مسیر به دست آمده از خروجی‌های نهایی مدل HYSPLIT (Stein et al., 2017; Rolph et al., 2015)، جزئیات دقیق‌تری از میانگین مسیر بسته‌های هوا پیرامون محل وقوع بارش حدی از ۹ روز قبل از وقوع بارش را نشان داد. بر این اساس، یک چرخه سیکلونی پیرامون منطقه‌ی مورد مطالعه مشاهده شد (شکل ۵). با توجه به اینکه سیکلون‌های باران‌زای زمستانه در ایران در منطقه‌ی جنوب غرب بیشتر با جهت شمال شرقی وارد کشور می‌شوند (Bayat et al., 2017) و با نظر به اینکه حوضه دریای مدیترانه یکی از مناطق مهم سیکلون‌زایی دنیاست (Romem et al., 2007) و نیز بر اساس نتایج به دست آمده از مدل (شکل ۵)، می‌توان گفت که به احتمال قوی در طول بازه‌ی زمانی ۹ روزه یک سیکلون پیرامون نواحی شرقی اقیانوس اطلس شمالی شکل گرفته و پس از عبور از مناطق شمالی آفریقا بسته‌های هوای حاوی رطوبت را

References:

- Alijani, B. 2006. Synoptical climatology, 2nd Edition, Tehran, Semat Publisher.
- Ataei, H. and Fanaei, R. 2014. Identifying Trend Patterns of Mean Relative Humidity in Isfahan Province during the last half of the century by using Men-Kendall's Test. Journal of Applied Researches in Geographical Sciences. 14(34): 111-132.
- Bagley, J. E., Desai, A. R., Dirmeyer, P. A. and Foley, J. A. 2012. Effects of land cover change on moisture availability and potential crop yield in the world's breadbaskets, Environ. Res. Lett., 7(1): 014009.
- Bayat, A., Saligheh, M. and Akbari, M. 2017. Climatology of Mediterranean winter season rain producing cyclones in Iran. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards. 4 (2): 1-18.
- Bech, J., Pineda, N., Rigo, T., Aran, M., Amaro, J., Gayà, M., Arús, J., Montanyà, J. and van der Velde, O. 2011. A Mediterranean nocturnal heavy rainfall and tornadic event. Part I: Overview, damage survey and radar analysis. Atmospheric research, 100(4): 621-637.
- Brimelow, J. C., and Reuter, G.W. 2005. Transport of atmospheric moisture during three extreme rainfall events over the Mackenzie River basin. Journal of Hydrometeorology 6(4): 423-440.
- Campins, J., Jansü, A., and Genovés, A. 2006. Heavy rain and strong wind events and cyclones in the Balearics. Advances in Geosciences, 7: 73-77.
- Drumond, A., Nieto, R., Trigo, R., Ambrizzi, T., Souza, E. and Gimeno, L. 2010. A Lagrangian identification of the main sources of moisture affecting northeastern Brazil during its pre-rainy and rainy seasons, PLoS ONE, 5(6): e11205.
- Eagleson, P. S. 1970. Dynamic Hydrology. McGraw-Hill, Inc, 462pp.
- ESRI, 2011. ArcGIS Desktop, 64-bit, Version 10.3, Released 2011, Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Farajzadeh Asl, M., Karimi Ahmadabad, M., Ghaemi, H. and Mobasheri, M R. 2009. Mechanism of Water Vapor Transport in Winter Rainfall over the West of Iran (A Case Study: 1-7 January 1996). Tarbiyat Modarres University Press (The Scientific Research Journals of Spatial Planning). 13 (1):193-217.
- Fleming Zoë, L., Paul, S. Monks, and Alistair, J. 2012. Manning "Untangling the influence of air-mass history in interpreting observed atmospheric composition." Atmospheric Research 104: 1-39.
- Gangoiti, G., Saez de Camara, E., Alonso, L., Navazo, M., Gomez, M. C., Iza, J., Garcia, J. A., Iardia, J. L. and Millan, M. M. 2011b. Origin of the water vapor responsible for the European extreme rainfalls of August 2002: 1. High-resolution simulations and tracking of air masses, J. Geophys. Res., 116, D21102.
- Gangoiti, G., Gomez-Domenech, I., Saez de Camara, E., Alonso, L., Navazo, M., Iza, J.,

- Garcia, J. A., Ilardia, J. L., and Millan, M. M. 2011a. Origin of the water vapor responsible for the European extreme rainfalls of August 2002: 2. A new methodology to evaluate evaporative moisture sources, applied to the August 11–13 central European rainfall episode, *J. Geophys. Res.*, 116, D21103.
- Gimeno, L., Drumond, A., Nieto, R., Trigo, R. M., and Stohl, A. 2010. On the origin of continental precipitation. *Geophysical Research Letters*, 37(13).
- Gimeno, L., Nieto, R., Drumond, A., Castillo, R., and Trigo, R. 2013. Influence of the intensification of the major oceanic moisture sources on continental precipitation. *Geophysical Research Letters*, 40(7): 1443-1450.
- Gimeno, L., Stohl, A., Trigo, R. M., Dominguez, F., Yoshimura, K., Yu L., Drumond, A., Duran-Quesada, A. M. and Nieto, R. 2012. Oceanic and terrestrial sources of continental precipitation, *Rev. Geophys.*, 50, RG4003.
- <http://reports.irimo.ir/jasperserver>
- <http://waveforecast.pmo.ir>
- <http://www.mizanonline.com/fa/news/291589>
- <https://ready.arl.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive>
- <https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>
- Keys, P. W., van der Ent, R. J., Gordon, L. J., Hoff, H., Nikoli, R. and Savenije, H. H. G. 2012. Analyzing precipitation sheds to understand the vulnerability of rainfall dependent regions, *Biogeosciences*, 9(2), 733–746, doi:10.5194/bg-9-733-2012.
- Lakes Environmental Software, 2018. WRPLOT View-Wind rose plots for meteorological data (Freeware), 64-bit, Version 10.3, Released 2018, CA: Waterloo, Ontario. <http://www.WebLakes.com/>
- Li, X., Zhou, W., and Chen, Y. D. 2016. Detecting the origins of moisture over southeast China: Seasonal variation and heavy rainfall. *Advances in Atmospheric Sciences*, 33(3): 319-329.
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., and Boscolo, R. 2006. Mediterranean climate variability. (eds) The Netherlands. Vol. 4. Elsevier. 421p.
- Rahimzadeh, F., Asgari, A., and Fattahi, E. 2009. Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 29(3): 329-343.
- Rolph, G., Stein, A., and Stunder, B. 2017. Real-time Environmental Applications and Display sYstem: READY. *Environmental Modelling & Software*, 95, 210-228, (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815217302360>)
- Romem, M., Ziv, B. and Saaroni, H. 2007. Scenarios in the development of Mediterranean cyclones. *Advances in Geosciences*. 12: 59-65.
- Stein, A. F., Draxler, R. R, Rolph, G. D., Stunder, B. J. B., Cohen, M. D. and Ngan, F. 2015. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and

- dispersion modeling system, Bull. Amer. Meteor. Soc., 96, 2059-2077.
- Terranova, O. G. and Gariano, S. L. 2014. Rainstorms able to induce flash floods in a Mediterranean-climate region (Calabria, southern Italy). Natural Hazards and Earth System Sciences 14(9): 2423-2434.
- Tuinenburg, O. A., Hutjes, R. W. A. and Kabat, P. 2012. The fate of evaporated water from the Ganges basin, J. Geophys. Res., 117(D1), D01107.
- Van der Ent, R. J., and Savenije, H. H. 2013. Oceanic sources of continental precipitation and the correlation with sea surface temperature. Water Resources Research 49(7): 3993-4004.
- Wang, F., Chen, D. S., Cheng, S. Y., Li J. B., Li, M. J. and Ren, Z. H. 2010. Identification of regional atmospheric PM10 transport pathways using HYSPLIT, MM5-CMAQ and synoptic pressure pattern analysis. Environmental Modelling & Software, 25(8): 927-934.
- www.irimo.ir



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



Tracking of the Oceanic Water Content Resources of the Precipitation In Dayyer Port, March 2017

Atefe Pourkarimian, Maryam Soyuf Jahromi *, Hossein Malakooti

Department of Nonliving sciences of Atmosphere and Ocean, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan.

*Corresponding Author E-mail: soyufjahromi@hormozgan.ac.ir

Received: 29 April 2019

Accepted: 5 October 2019

DOI: 10.22113/JMST.2019.182862.2282

Abstract

The new insights into ocean-atmosphere-land synoptic studies, have led scientists to trace attractive atmospheric and oceanic phenomena. In this study, by using synoptic maps and some precipitation indices for Iran, we estimated the type and intensity of the extreme precipitation event in Dayyer Port synoptical station (27°51'34"N-51°57'52", ID: 40872) for 19 March 2017. In order to identify oceanic sources of the water content for this precipitation event, air parcels were traced as lagrangian single particle trajectory by a hybrid model of HYSPLIT which is run backward interactively on the web site, during 9-days by the start of maximum rainfall, located at Dayyer port station. Accordingly, we plotted pattern of the average moisture transfer paths on 800-550 hPa atmospheric levels. The field climate data (including wind speed and direction, relative humidity and precipitation) with 6-hour time steps and spatial resolution of 2.5°×2.5°(longitude and latitude), entered into the model from the reanalysis global data archive of the National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). Consequently, by assessment of the meteorological maps and data and by using a precipitation index of R10mm, we found that this precipitation event (19th March 2017) defined as a heavy precipitation day. Finally, the simulation outputs clearly showed that the water contents of this rainfall system (19th March 2017) originates from two source locations of the north area of Indian Ocean (Arabian Sea), and also the east part of Atlantic Ocean. In addition, the results illustrated that during the occurrence of this precipitation event, an extra-tropical cyclone was active on the studied area.

Keywords: Trajectory, Water Content Origin, The precipitation system, Dayyer Port, Extra-Tropical Cyclone.

List of Table and Figures

Figure 1: The position of the studied area (Dayyer Port, star point) relative to Middle East. This figure prepared in GIS (ESRI, 2011) environments by the authors.

Figure 2: The zoning the amount of total deviation of the country's precipitation during 22 September 2016 to 2 May 2017 in compare with the same period during long term.

Figure 3: The precipitation in millimeters (right axis) and wind speed in meters per seconds (left axis) at the precipitation event during 16 to 19 March 2017, synoptic station of Dayyer Port.

Figure 4: The wind direction at the precipitation event during 16 to 19 March 2017, synoptical station of Dayyer Port.

Figure 5: The output of Matrix Module of HISPLIT model: tracking the air parcels' path with different relative humidities at 1500-meter level on the precipitation event location (star sign) for 9 days backward motion (-216 hours) from the midnight of 19 March 2017. Up) The horizontal path of the air parcel parallel to the surface earth containing moistures. Down) Vertical variations of relative humidity at the location of the precipitation event (star signs on the figure) to the relative humidity source.

Figure 6: HISPLIT model output: backward tracking of the average air parcels' path at 1500-meter level (800 hectopascal) on the precipitation event location (star sign) for 72 hours from the midnight of 2017/03/19. Triangular points along the trajectory represent the position of the air parcel every 24 hours. Up). The horizontal path of the air parcel parallel to the surface earth. Down). The vertical path of the air parcel between different atmosphere levels (800-950 hectopascal) to the surface earth.

Figure 7: HISPLIT model output: backward tracking of the average air parcels' path at 2500-meter level (700 hectopascal) on the precipitation event location (star sign) for 72 hours from the midnight of 2017/03/19. Triangular points along the trajectory represent the position of the air parcel every 24 hours. Up). The horizontal path of the air parcel parallel to the surface earth. Down). The vertical path of the air parcel between different atmosphere levels (700-850 hPa) to the surface earth.

Figure 8: HISPLIT model output: backward tracking of the average air parcels' path at 4500-meter level (550 hPa) on the precipitation event location (star sign) for 72 hours from the midnight of 2017/03/19. Triangular points along trajectory represent the position of the air parcel every 24 hours. Up). The horizontal trajectory parallel to the surface earth. Down). The vertical path of the air parcel between different atmosphere levels (550-800 hp) to the surface earth.

Figure 9: HISPLIT model output: Relative humidity along the average air parcels backward tracing at the three levels of 1500-, 2500-, and 4500-meters (800, 700, and 550 hPa, respectively) on precipitation event location (star sign) for 72 hours from the midnight of 2017/03/19. Up) the horizontal tracing of the air parcel parallel to the surface earth. Down) The vertical tracing of the air parcels with different atmospheric humidity quantities (zero to 100 percentages).

Table 1: The Selected indices for analysis of extreme precipitations in Iran (Rahimzadeh et al., 2009).