شار رطوبت و الگوهای فضایی- زمانی منابع تامین رطوبت بارش‌های ایران

دریافت مقاله:۹۰/۷/۱۴ پذیرش نهایی: ۹۰/۹/۲۲
صفحات: ۱۲۷-۱۰۹

مصطفی کریمی: استادیار اقلیم شناسی دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران[۱]
Email: mostafakarimi.a@ut.ac.ir
منوچهر فرج زاده: دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس
Email:farajzam@modares.ac.ir

چکیده

بررسی سازوکار انتقال و شناسایی منابع تامین رطوبت بارش‌های یک منطقه و شناخت مولفه های چرخه آب بر روی آن از موضوعات مورد توجه در علوم جوی می باشد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی منابع تامین کننده رطوبت بارش‌های ایران، از داده‌های دوباره واکاوی شده ERA-۴۰ مرکز پیش‌بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF) با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه قوسی و زمانی ۶ ساعت و متغیرهای جوی نم ویژه، مولفه-های مداری و نصف النهاری باد را جهت محاسبه شار رطوبت استفاده کرده است. نتایج پژوهش مشخص کرد که دریاهای عرب و مدیترانه به علت انتقال حجم زیاد رطوبت بر روی ایران، مهم‌ترین منبع رطوبتی بارش‌های ایران بوده‌اند و دریاهای سرخ، خزر، عمان و خلیج فارس با اختلافی فاحش در رده های بعدی قرار دارند. همچنین ۹۷ درصد از کل رطوبت منتقل شده مربوط به ترازهای زیر ۵۰۰ هکتوپاسکال است. الگوی کلی انتقال رطوبت وابستگی شدیدی به الگوی جریان و گردش جو منطقه در ایام مختلف سال داشته و تاثیر زیادی از مناطق پرفشار مستقر در ترازهای پایین وردسپهر می پذیرند. بر این اساس می توان پرفشار شرق شبه جزیره عربستان (غرب دریای عرب) و پرفشار شمال آفریقا را تزریق کننده های اصلی رطوبت به داخل ایران دانست.

کلید واژگان: خاورمیانه، ایران، بارش، منابع رطوبتی، انتقال رطوبت

---

۱. نویسنده مسئول: تهران، خیابان وصال شیرازی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران. ۶۱۱۱۳۵۳۷-۰۲۱

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

مقدمه

فرایندها و عوامل دخیل در پدیده بارش از دیر باز مورد توجه محققین بوده و از جنبه‌های مختلف مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. یکی از جنبه‌ها این بوده که بارش‌های رخداده در یک منطقه رطوبت مورد نیاز خود را از کجا و یا چطوری تامین می‌کنند. با توجه به قرارگیری ایران در محل گذار شرایط اقلمی حاره ای و عرض‌های میانه و تغییرپذیری زمانی و فضایی شدید بارش، موضوعات مرتبط با بارش و منابع آب از دیرباز یکی از مهمترین مسائل مورد توجه در این سرزمین بوده و می‌باشد. از آن جا که ایران در یک ناحیه خشک و نیمه خشک واقع گردیده است، فاقد منابع آبی بزرگ داخلی و مجاور برای تامین رطوبت بارش‌های خود بوده و در نتیجه بیشتر منابع رطوبتی بارش‌های آن باید از سطوح آبی اطراف تامین گردد.

میانگین مداری شار رطوبت نیمکره شمالی ارائه شده بوسیله استار و همکارانش[۱] اولین قدم در مطالعه انتقال رطوبت با نگاه جامع می باشد (به نقل از، سلرز[۲] ,۱۹۶۹). با توجه به اینکه بارش اتفاق افتاده ارتباط مستقم به رطوبت موجود در جو یا سامانه بارش‌زا دارد، بررسی میزان رطوبت جو به شکل آب قابل بارش و همچنین انتقال بخارآب به یکی از موضوعات مورد توجه در مطالعات جوی تبدیل گردیده. در بررسی‌های مربوط به شار رطوبت و سطوح تامین کننده رطوبت بارش‌ها مناطق خشک و نیمه خشک و در مواردی مونسن، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. به طور مثال زانگ[۳] (۲۰۰۱) تعاملات و سازوکار انتقال رطوبت در دو مونسن هند و شرق آسیا را بررسی نمود.

انتقال بخارآب در جو وابستگی مستقیم به شرایط گردش جو داشته و با تغییرات گردش جو در طی سال، میزان و مسیر انتقال رطوبت نیز تغییر می یابد. یکی از مولفه‌های گردش جوی موثر در انتقال رطوبت مراکز پرفشار هستند و نکته بسیار مهم محل قرارگیری آنها بر روی سطح آب می باشد (ژائو و همکاران[۴] ۲۰۰۳). در بررسی انتقال رطوبت و شار بخار آب بر روی جنوب آفریقا با توجه به جریان‌های باد، مشاهده شده که قسمت جنوب‌غرب اقیانوس هند مهمترین منبع رطوبتی بارش‌های نواحی مرکزی جنوب آفریقا بوده است (لیندسا و دابرتون[۵]،

۱ - Starr., et al.
۲ - Sellers
۳ - Zhang
٤ - Xu et al.,
٥ - Lindesa and Dabreton

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

۱۹۹۳). ویاله و نونز[۱] (۲۰۱۱) شار شدید بخارآب از اقیانوس آرام به سمت بادگیر کوههای آند را دلیل بارش های سیل آسای این منطقه دانسته اند.

یکی دیگر از مولفه‌های موثر گردش جو در انتقال رطوبت جریان جت است. در خاورمیانه که دارای بارش اندک می باشد جت جنب حاره هوای گرم و مرطوب را از نواحی جنوبی (حاره‌ای آفریقای شرقی و خلیج عدن) در ترازهای میانی و فوقانی وردسپهر بر روی خاورمیانه به خصوص مصر و اردن منتقل می کنند (دایان و آبرامسکی[۲]، ۱۹۸۳). این جریان جت به همراه ناوه دریای سرخ به صورت توامان در انتقال بخار آب از دریای عرب به خاورمیانه و شرق مدیترانه مشارکت دارند (کریچاک و آلپرت[۳]، ۱۹۹۸).

علیجانی با مطالعه سینوپتیکی بارش‌های بیش از ۱۰ میلیمتر به این نتیجه رسیده که دریای مدیترانه برای اکثر نواحی ایران منبع اصلی رطوبت می‌باشد. (علیجانی، ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵). نتیجه مشابهی هم بوسیله براتی و حیدری (۱۳۸۲) برای بارش‌های سنگین غرب ایران به دست آمده. اما منابع رطوبت بارش‌های مناطق کوهستانی زاگرس و البرز به ترتیب خلیج‌فارس و دریای خزر ذکر شده است (اوانز و همکاران[۴] ۲۰۰۳; اسمیت و همکاران[۵] ۲۰۰۳).

رورده (۱۳۸۵) با استفاده از نقشه‌های نم ویژه، چگونگی و مقدار گسترش آن که محدود به سواحل جنوبی دریای خزر بوده، درصد میزان تامین رطوبت توسط سطوح آبی اطراف ایران برای بارش‌های ناحیه مذکور را ارائه کرده است. برای همین منطقه جانباز قبادی و همکاران (۱۳۹۰) سه الگوی گردش جوی با اختلاف در منابع رطوبتی برای کرانه جنوبی خزر ارائه داده اند. مسعودیان و همکاران (۱۳۸۵) با خوشه بندی داده‌های فشار بخار آب، پهنه‌بندی رطوبتی ارائه داده اند که بیشتر از دریاهای مجاور ایران تاثیر پذیرفته است.

در سالیان اخیر توجه به سامانه‌های سودانی و نقش آن در بارش ایران افزایش یافته و در بعضی از آنها به شکل سر بسته به منابع رطوبتی این نوع سامانه نیز اشاره رفته است. در این پژوهش‌ها نقش پرفشار مستقر در شرق شبه جزیره عربستان و دریای عرب محسوس‌تر از دیگر مولفه‌های گردش جو منطقه بیان شده است (ایزدنگهدار،۱۳۷۰؛ لشکری، ۱۳۷۵، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲؛ خلج، ۱۳۸۱؛ مفیدی، ۱۳۸۳؛ مفیدی و زرین، ۱۳۸۴).

---

۱ - Viale & Nunez
۲ -Dayan and Abramski
۳ - Krichak and Alpert
٤ - Evans, et. Al.,
٥ - Smith, et. Al.,

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

با توجه به اهمیت زیاد مباحث بارش و آب در ایران، و این که عوامل مرتبط با بارش در ایران هنوز کاملا شناخته نشده نیاز به بررسی و شناسایی منابع تامین رطوبت بارش‌های ایران برای استفاده در برنامه ریزی و مدیریت بهینه منابع آب و پیش بینی‌های هواشناسی و اقلیمی لازم به نظر می‌رسد و ضرورت انجام کارهای تحقیقی در این زمینه مشهود می‌باشد. هدف پژوهش حاضر مطالعه و بررسی بخشی از چرخه آب بر روی منطقه خاورمیانه و به طور دقیق‌تر ایران جهت آشنایی سازوکار انتقال رطوبت و شناسایی منابع رطوبت بوده است.

داده ها و روش

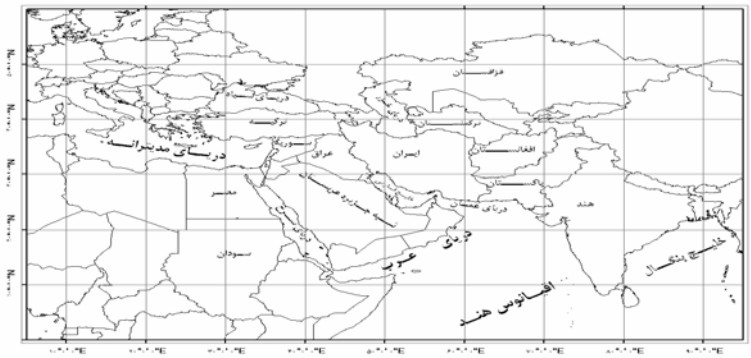
با توجه به هدف، زمان و مکان مطالعه، از داده های مختلفی در بررسی‌های مربوط به رطوبت استفاده گردیده است. یاتاگی و همکارانش برای تشریح انتقال رطوبت و محاسبه شار آن از داده‌های دوباره واکاوی شده ECMWF[۱] بهره برده‌اند (یاتاگای و یاسوماری[۲]، ۱۹۹۸: بوث و همکاران[۳]، ۲۰۱۱). اما هایگینز و همکاران[۴]، ۱۹۹۷، فاوکت و همکاران[۵]، ۲۰۰۲ داده‌های دوباره واکاوی شده NCEP-NCAR[۶] را برای بررسی و مطالعه انتقال رطوبت مورد استفاده قرار داده‌اند. با توجه به اینکه مدل های مختلف در تولید داده ها و همچنین برآورد بارش نتایج گاه متفاوتی ارائه می دهند بررسی نتایج به دست آمده از داده های مختلف یکی از موضوعات تحقیقی می باشد (هانان و رافائل[۷]، ۲۰۰۸).

در پژوهش حاضر به دلیل وجود یک تراز اضافه (۷۷۵ هکتوپاسکال) نسبت به دیگر داده‌ها از داده‌های دوباره واکاوی شده ERA-۴۰[۸] تولید شده به وسیله مرکز پیش‌بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF) با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی و قدرت تفکیک زمانی ۶ ساعت (ساعت‌های ۰۰، ۰۶، ۱۲ و ۱۸ استاندارد جهانی)، در ۹ سطح (۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۷۵، ۷۰۰، ۶۰۰، ۵۰۰، ۴۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال) مورد استفاده قرار گرفته است.

---

۱ - European Center for Medium Range Weather Forecasts
۲ - Yatagai and Yasumari
۳ - Bothe, et al.,
۴ - Higgins, et, al.,
۵ -Fawcett, et al.,
۶ - National Centers for Environmental Prediction- National Center for Atmospheric Research
۷ - Hanan & Rafael
۸ - ECMWF Reanalysis ٤٠-Year

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]



شکل (۱) محدوده مطالعاتی جهت شناسایی منابع تامین کننده رطوبت بارش های ایران.

متغیرهای جوی مورد استفاده شامل: مقادیر نم ویژه (q[۱]kg/kg)، سرعت باد مداری (u[۲] m/s) و سرعت باد نصف النهاری (v[۳] m/s) در محدوده ۰ تا ۱۰۰ درجه طول شرقی و ۰ الی ۶۰ درجه عرض شمالی بوده است (شکل ۱).

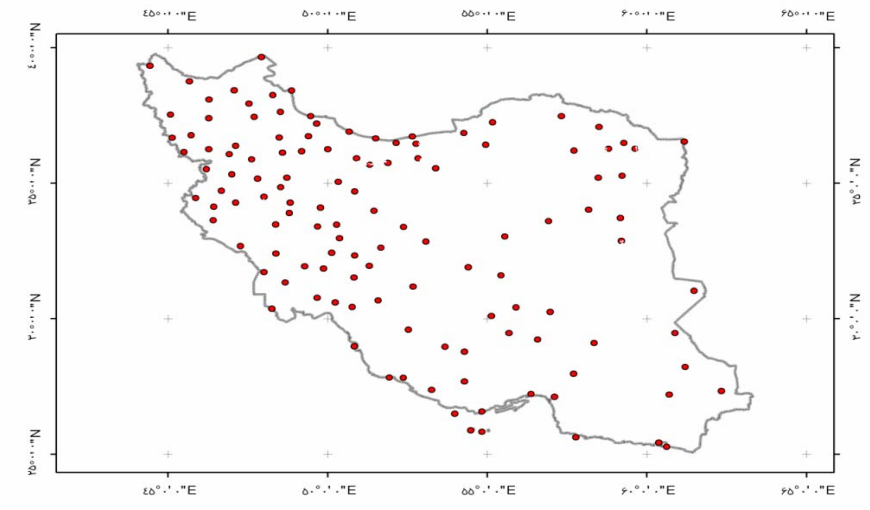
علاوه بر داده‌های فوق به منظور استخراج دوره‌های بارشی از داده‌های بارش روزانه ایستگاه-های سینوپتیک سازمان هواشناسی که با توجه به توزیع فضایی ایستگاه‌ها (شکل ۲)، ۱۱۴ ایستگاه طی دوره آماری ۲۰۰۱ – ۱۹۹۶ (۶ سال) مورد استفاده قرار گرفته است.

رهیافتی که برای رسیدن به هدف مورد نظر انتخاب گردیده شامل انجام محاسبات عددی بر پایه روابط هیدرودینامیک شناخته شده جو یا به طور دقیق‌تر، شارش بوده که در این پژوهش شار رطوبت مد نظر قرار گرفته است. گرچه محاسبه شار رطوبت به منظور مطالعه نحوه انتقال رطوبت در سطح بین‌المللی مورد توجه بوده ولی آن مطالعات نیز، تنها بر روی شرایط متوسط ماهانه و دوره‌های بلند مدت‌تر استفاده شده و کار شناخته شده‌ای بر روی سامانه‌های بارنزا به صورت مجزا و با محدود کردن بررسی به دوره‌های وقوع بارش انجام نپذیرفته است.

روش‌به کار گرفته شده در این پژوهش برای مطالعه چگونگی انتقال رطوبت و سهم هر یک از سطوح آبی اطراف ایران در بارش های آن استفاده نشده است.

۱ - Specific Humidity
۲ - V Wind Component (Meridional Wind)
۳ - V Wind Component (Meridional Wind)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]



شکل (۲) پراکنش فضایی ایستگاه‌های سینوپتیک انتخابی شده جهت استخراج دوره های بارش.

برای نیل به هدف تحقیق یعنی بررسی انتقال رطوبت، محاسبات واگرایی شار رطوبت انجام گرفته است. واگرایی کمیتی است که میزان زمان تخلیه شار را بر واحد حجم بیان می‌کند یا به عبارتی واگرایی میزان زمان تجمع بر واحد حجم می باشد.

در یک حجم محدود از جو (با یک مرز جانبی و عمودی) انتقال بخار آب در درون و از بیرون آن وجود دارد. واگرایی شار رطوبت به صورت ذیل است:

$$D = \nabla_3 \cdot (qv)_3 \qquad ۱$$

که q نم ویژه، v بردار باد و $(qv)_3$ شار یا انتقال رطوبت در سه جهت (x, y, z) می‌باشد. اگر انتقال بر روی یک ستون کاملا عمودی محاسبه شده باشد، این انتقال فقط مولفه افقی دارد.

تحلیل شار قائم بخار آب برای فهم چگونگی تبخیر، تشکیل و توسعه پدیده‌های همرفتی، تبدیلات توده هوا و درک مفهوم انرژی گردش عمومی جو و زمین حائز اهمیت است. مقادیر شار قائم بخار آب نمی‌تواند به صورت مستقیم اندازه‌گیری شود. انتقال قائم در سطح زمین، جایی که این انتقال همیشه همراه با تبخیر است خیلی با اهمیت می‌باشد. همچنین به صورت محلی نیز در فعالیت‌های همرفتی به ویژه در نواحی حاره‌ای در سامانه‌های همرفتی کومه‌ای بسیار مورد توجه است.

رابطه ۱ را می توان به شکل کاربردی زیر استفاده نمود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

$$Q_{vi} = 1/g \,.\int_{p1}^{p2} Vq.dp \qquad ۲$$

که Vq واگرایی افقی شار رطوبت، dp سطوح فشاری مورد نظر و Q_{vi}، مجموع قائم شار بخار آب (رطوبت) به ($kg\ m^{-۲}\ s^{-۱}$) می‌باشد. با توجه به این‌که جهت جریانات یا به طور کلی چگونگی گردش هوا در ترازهای مختلف ممکن است با یکدیگر متفاوت باشد و همچنین میزان بخار آب موجود در جو در ترازهای پایینی بسیار بیشتر از ترازهای میانی و بالایی وردسپهر است، مناسب‌تر است که محاسبات واگرایی شار در ترازهای مجزا به علاوه لایه وردسپهر انجام گیرد. به همین منظور، بر اساس الگوی گردش یا جریانات جوی مجموع قائم واگرایی افقی شار رطوبت برای ترازهای پایینی (۷۷۵-۱۰۰۰)، میانی (۵۰۰-۷۷۵)، فوقانی (۳۰۰-۵۰۰) و کل لایه وردسپهر (۳۰۰-۱۰۰۰) هکتوپاسکال محاسبه گردیده است.

مقادیر مجموع قائم واگرایی شار افقی رطوبت به دست آمده از رابطه ۲ برای یک زمان خاص و یا به طور دقیق‌تر شرایط لحظه‌ای می‌باشد. با در نظر گرفتن این‌که بارش‌ها در یک بازه یک الی چند روز رخ داده و به اصطلاح دوره‌های بارش داشته‌ایم، نیاز است که محاسبات مذکور برای یک دوره زمانی انجام گیرد. به همین علت با توجه به این امر که انتقال رطوبت به درون سامانه بارش‌زا و یا ورود آن به جو، قبل از شروع بارش بر روی ایران بوده می بایست چند روز به قبل از شروع بارش بازگشته و انتقال رطوبت را از آن زمان بررسی نمود. البته با توجه به نوع سامانه بارش‌زا، مسیر حرکت آن و زمان سال و همچنین دیگر شرایط حاکم بر گردش جو منطقه، تعیین این زمان کمی مشکل است. اما با بررسی چند سامانه به صورت نمونه، بهترین دوره برای قبل از بارش، دو روز تشخیص داده شده که برای تمام سامانه‌ها و دوره‌های بارش یکسان فرض شده است. به هر حال، با توجه به موارد مطرح شده، محاسبات در سه دوره زمانی دو روز قبل از شروع بارش، روزهای بارش و مجموع این دو دوره برای هر سامانه یا دوره بارش با استفاده از رابطه ۳ انجام گرفته است.

$$Q_{vi} = \int_{t1}^{t2} \left(1/g \cdot \int_{p1}^{p2} Vq.dp \right) \cdot dt \qquad ۳$$

حال با استفاده از رابطه ۳، می‌توان مجموع زمانی، مجموع قائم واگرایی افقی شار رطوبت را به دست آورد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

مقادیر به دست آمده از رابطه ۳ مقدار رطوبت منتقل شده از سطوح آبی اطراف ایران در سامانه های بارشی می باشد که این عمل برای تمام دورهای بارشی بازه مطالعاتی انجام و به منظور ارائه الگوهای زمانی و مکانی انتقال رطوبت و همچنین نقش هر یک از دریاهای منطقه در تامین رطوبت بارش های ایران مقادیر بین سالانه و سالانه دسته بندی و نتایج به صورت درصد مشارکت و همچنین میزان شار رطوبت در لایه های وردسپهر ارائه گردیده است.

نتایج

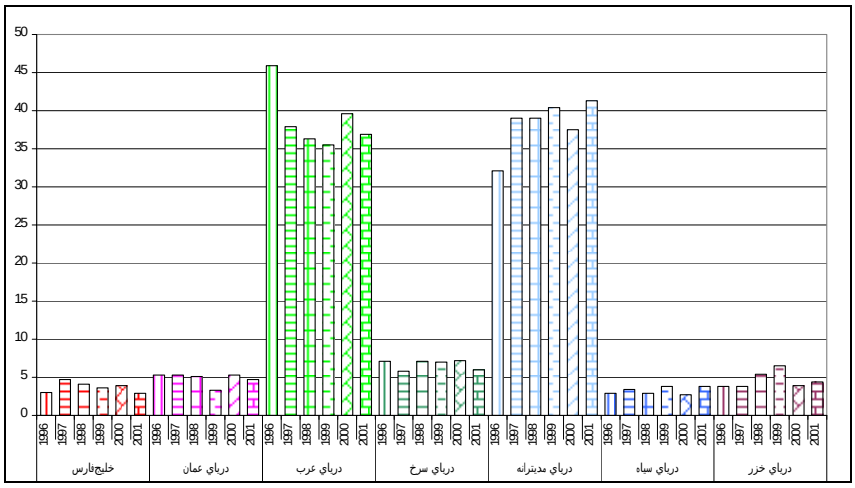
نتایج بررسی شار رطوبت سامانه‌های بارش‌های ایران در دو بخش زمانی، وردش‌های بین سالیانه و الگوهای سالانه و یک بخش الگوی لایه‌های مختلف وردسپهر ارائه گردیده است.

- وردش‌های بین سالیانه مشارکت سطوح آبی در تامین رطوبت بارش‌های ایران

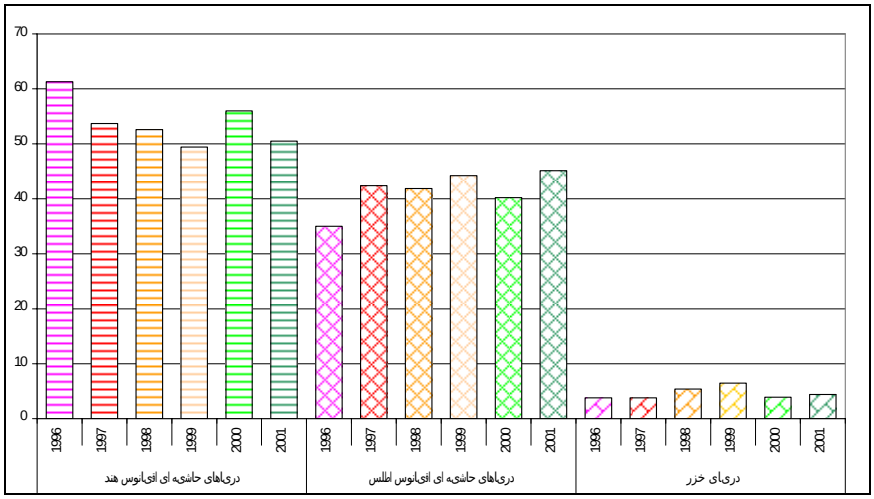
در میزان مشارکت سالانه سطوح آبی در تامین رطوبت بارش‌های ایران و یا به کلامی دیگر در میزان واگرایی شار رطوبت به سمت ایران، وردش‌هایی مشاهده شده است. این وردش‌های در کلیه ترازهای وردسپهر و با شدت و ضعف‌های متفاوت در تمام سطوح آبی دیده شده که در دریاهای عرب و مدیترانه به شکل بارزتری قابل ردیابی است. در سال‌هایی که دریای عرب از میزان مشارکت بالایی برخوردار بوده، دریای مدیترانه با کاهش مشارکت مواجه بوده و بالعکس (شکل ۳).

همچنان که در شکل مشاهده می شود دریای عرب در سال ۱۹۹۶ بیشترین مشارکت را در تامین رطوبت بارش‌های ایران داشته و از آن سال به بعد با کاهش سهم مشارکت مواجه بوده و تنها در سال ۲۰۰۰ افزایشی محدود در میزان مشارکت دریای عرب نسبت به سال قبل مشاهده می گردد. در مقابل، دریای مدیترانه با روندی معکوس در سال ۱۹۹۶ کمترین و از آن سال به بعد، سهم آن در تامین رطوبت بارش های ایران افزایش یافته است. این روند در دریاهای دیگر نیز مشاهده شده که وردش‌های دریاهای خزر و سیاه با وردش‌های دریای مدیترانه و وردش‌های دریای عمان و با شدت کمتر، دریای سرخ و خلیج فارس با وردش‌های دریای عرب هم خوانی دارد. به همین منظور سطوح آبی در سه دسته دریاهای حاشیه ای اقیانوس هند (دریاهای عرب، عمان، سرخ و خلیج فارس)، دریاهای حاشیه ای اقیانوس اطلس (دریاهای مدیترانه و سیاه) و دریای خزر برای ارائه جامع‌تر مبحث بالا تقسیم بندی شده‌اند (شکل ۴).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]



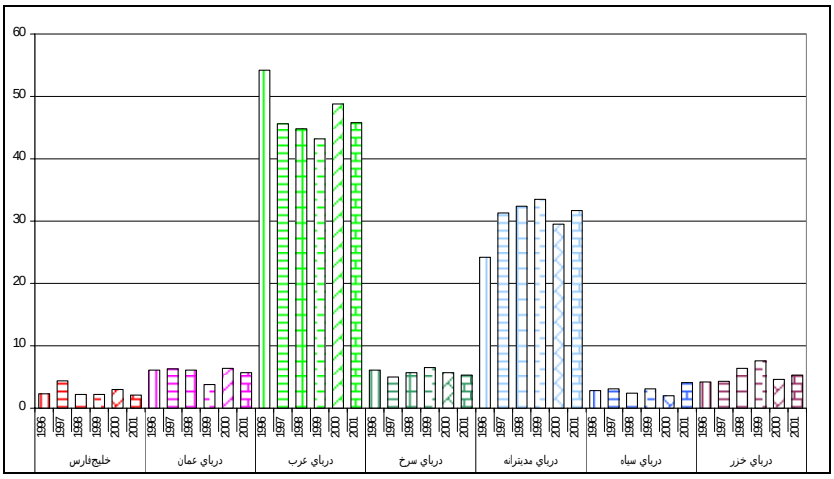
شکل (۳) وردش بین سالیانه درصد مشارکت سطوح آبی (لایه وردسپهر) در تامین رطوبت بارش‌های ایران.



شکل (۴) وردش بین سالیانه درصد مشارکت سطوح آبی دسته بندی شده (لایه وردسپهر) در تامین رطوبت بارش‌های ایران

در شکل ۴ که بر اساس مقادیر درصد مشارکت لایه وردسپهر ترسیم شده است، همان روندی مشاهده شده در شکل ۳، در این شکل نیز به وضوح مشاهده می شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]



شکل (۵) وردش بین سالیانه درصد مشارکت سطوح آبی (ترازهای زیرین وردسپهر) در تامین رطوبت بارش‌های ایران.

شکل ۵ تغییرات را بر پایه مقادیر ترازهای زیرین وردسپهر که در تامین رطوبت بارش‌ها بسیار مهم‌تر هستند، نشان می دهد. وردش‌های مشاهده شده در این شکل بسیار شبیه شکل ۳ است، با این تفاوت که اختلاف بین درصد مشارکت دریاهای عرب و مدیترانه افزایش یافته که میزان این اختلاف در بعضی از سال‌ها (۱۹۹۶) به ۱۰۰ درصد نیز رسیده است. جدا از این تفاوت، مشاهده می شود که بین وردش‌های ترازهای پایین وردسپهر در دریاهای سرخ و خلیج فارس با دریاهای عرب و عمان هماهنگی وجود ندارد. این امر می‌تواند ناشی از درصد مشارکت بالای دریاهای سرخ و خلیج فارس در ترازهای میانی و بالایی وردسپهر نسبت به دریاهای عرب و عمان باشد.

الگوی سالانه شار رطوبت در سطح ایران

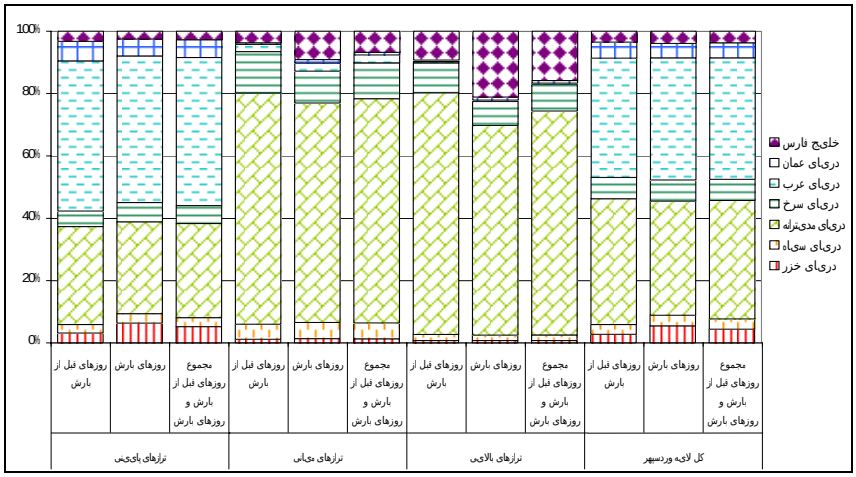
همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود دریاهای عرب و مدیترانه در لایه وردسپهر در روزهای قبل از بارش و همچنین در روزهای بارش مهم‌ترین منبع تامین رطوبت بارش‌های ایران بوده‌اند. دریای عرب در ترازهای پایینی برتری مشخصی نسبت به دریای مدیترانه در تامین رطوبت داشته ولی می‌توان گفت که دریای مدیترانه نقش اصلی در تامین رطوبت ترازهای میانی و بالایی وردسپهر ایفا نموده است (جدول ۲ و شکل ۶). در روزهای قبل از بارش، در مجموع دریای مدیترانه کمی فعال‌تر از دریای عرب بوده در حالی که در روزهای بارش دریای عرب برتری کمی نسبت به دریای مدیترانه داشته است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

جدول (۱) درصد مشارکت سالانه سطوح آبی در تامین رطوبت بارش‌های ایران، (۱) دو روز قبل از بارش، (۲) روزهای بارش، (۳) مجموع روزهای قبل از بارش و بارش.

سطوح آبی	ترازهای پایینی			ترازهای میانی			ترازهای بالایی			لایه وردسپهر		
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
خلیج‌فارس	۳,۲	۲,۵	۲,۷	۳,۷	۹,۱	۶,۸	۹,۲	۲۱,۱	۱۵,۸	۳,۵	۳,۹	۳,۷
دریای عمان	۶,۳	۵,۴	۵,۷	۰,۵	۱,۱	۰,۸	۰,۵	۱,۰	۰,۸	۵,۱	۴,۶	۴,۸
دریای عرب	۴۸,۱	۴۷,۱	۴۷,۵	۲,۳	۲,۶	۲,۵	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۳۸,۲	۳۹,۲	۳۹,۰
دریای سرخ	۵,۰	۶,۲	۵,۷	۱۳,۳	۱۰,۲	۱۱,۵	۹,۶	۷,۷	۸,۶	۶,۸	۶,۸	۶,۸
دریای مدیترانه	۳۱,۴	۲۹,۵	۳۰,۲	۷۴,۲	۷۰,۵	۷۲,۰	۷۷,۵	۶۷,۳	۷۱,۸	۴۰,۳	۳۶,۶	۳۸,۰
دریای سیاه	۲,۷	۳,۰	۲,۹	۴,۸	۵,۲	۵,۱	۱,۹	۱,۷	۱,۸	۳,۱	۳,۴	۳,۳
دریای خزر	۳,۲	۶,۴	۵,۲	۱,۲	۱,۴	۱,۳	۰,۸	۰,۸	۰,۸	۲,۸	۵,۵	۴,۴

در مجموع روزهای قبل از بارش و بارش، درصد مشارکت این دو دریا تقریباً مساوی بوده و دریای عرب تنها ۱ درصد بیش از دریای مدیترانه در تامین رطوبت نقش داشته است. بعد از دریای عرب و مدیترانه که ۷۷ درصد رطوبت بارش‌های ایران را در کل دوره مطالعاتی تامین کرده‌اند، دریای سرخ با فاصله بسیار زیاد و با ۶/۸ درصد دریاهای عمان و خزر با کمتر از ۵ درصد در رده‌های بعدی دیده می‌شوند. در بین سطوح آبی مورد مطالعه دریای سیاه و خلیج‌فارس کم‌ترین نقش را در تامین رطوبت بارش‌های ایران ایفا نموده‌اند.



شکل (۶) درصد مشارکت سطوح آبی در ترازهای مختلف وردسپهر به تفکیک روزهای قبل از بارش، روزهای بارش و مجموع این دو در روزهای بارشی مورد بررسی قرار گرفته در دوره مطالعاتی.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

الگوی انتقال رطوبت در ترازهای محتلف وردسپهر

در بالا به این نکته اشاره کردیم که در ترازهای وردسپهر، سطوح آبی به صورت متفاوت واگرایی شار یا انتقال رطوبت به ایران داشته‌اند. در این بین، دریاهای عرب و مدیترانه که مهمترین سطوح آبی تاثیرگذار در بارش‌های ایران بوده‌اند، در این ترازها متفاوت عمل کرده‌اند. برای درک بهتر این موضوع شکل۷ با توجه به مقادیر واگرایی شار در ترازهای پایینی، میانی و بالایی وردسپهر به تفکیک روزهای قبل از بارش، روزهای بارش و مجموع این دو دوره ترسیم شده است.

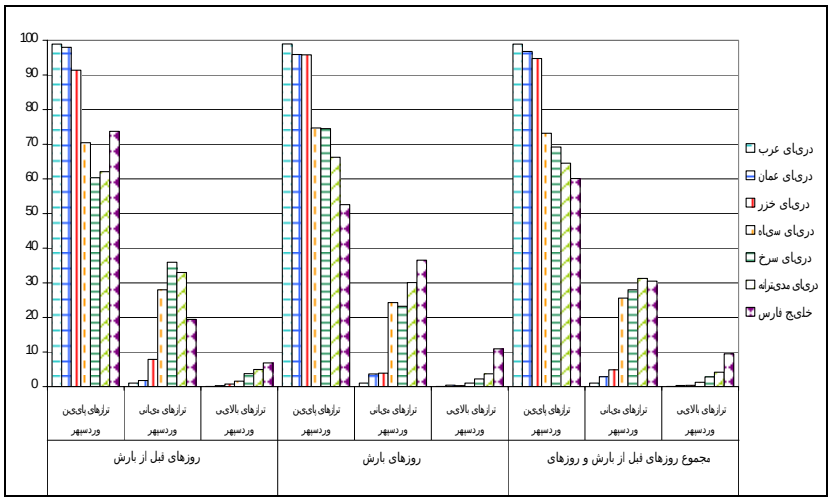
همان‌گونه که مشاهده می‌شود کلیه سطوح آبی درصد بالایی از رطوبت خود را در ترازهای زیرین منتقل نموده‌اند که در بین آنها دریاهای عرب، عمان و خزر بیش از ۹۵ درصد رطوبت خود را در این ترازها به ایران انتقال داده‌اند. این مقدار برای دریای عرب حدود ۹۹ درصد بوده است. اما دیگر سطوح آبی شامل دریاهای سیاه، مدیترانه، سرخ و خلیج‌فارس همانند سه دریای فوق در ترازهای پایین فعالیت نداشته‌اند و بین ۶۰ تا ۷۰ درصد رطوبت منتقل شده آنها در ترازهای پایینی وردسپهر بوده و مابقی در ترازهای میانی و بالایی انتقال یافته است. خلیج‌فارس و دریای مدیترانه دریاهای هستند که بیشترین رطوبت را در ترازهای میانی و بالایی انتقال داده‌اند، که خلیج‌فارس در ترازهای بالایی نقش بارزتری داشته است.

این امر می‌تواند ناشی از چگونگی استقرار الگوهای فشاری و نحوه جریان هوا در ترازهای مختلف در ارتباط با موقعیت این دریاها نسبت به ایران باشد که دریاهای سرخ، خلیج‌فارس و مدیترانه زمینه مساعدی جهت انتقال رطوبت در این ترازها داشته‌اند.

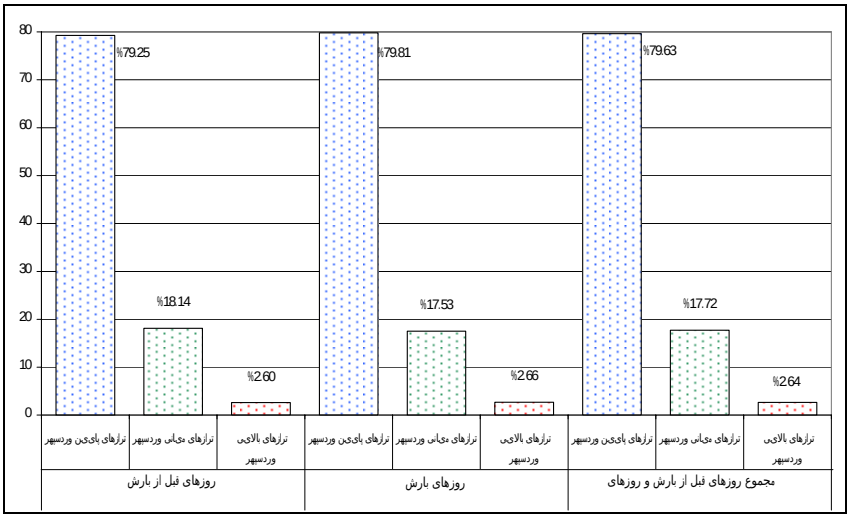
از لحاظ زمانی تغییرات چندانی در میزان واگرایی شار رطوبت دریاهای عرب، عمان و سیاه بین روزهای قبل از بارش و روزهای بارش دیده نمی‌شود، اما دریاهای مدیترانه و خلیج‌فارس در این دو دوره متفاوت عمل کرده‌اند. خلیج‌فارس در روزهای قبل از بارش در ترازهای پایینی فعالیت بیشتری نسبت به روزهای بارش داشته ولی دریای مدیترانه و دریای سرخ در روزهای بارش در ترازهای زیرین رطوبت بیشتری نسبت به دو روز قبل از بارش انتقال دادند. شباهت بسیار زیاد الگوی حاکم در مجموع این دو دوره حکایت از برتری انتقال رطوبت در روزهای بارش به ایران نسبت به دو روز قبل از بارش بوده است.

در شکل ۸ الگوی کلی انتقال رطوبت در ترازهای مختلف وردسپهر قابل مشاهده است. در این شکل ترازهای زیرین وردسپهر نزدیک به ۸۰ درصد رطوبت منتقل شده در روزهای قبل از بارش را به خود اختصاص داده‌اند که حاکی از برتری بی چون و چرای انتقال رطوبت در ترازهای پایینی در طی دوره مطالعاتی است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]



شکل (۷) درصد رطوبت انتقال یافته از سطوح آبی در ترازهای مختلف وردسپهر به تفکیک روزهای قبل از بارش، روزهای بارش و مجموع این دو دوره برای مجموع ۱۶۹۰ دوره بارشی مورد بررسی قرار گرفته در دوره مطالعاتی



شکل (۸) درصد رطوبت انتقال یافته به تفکیک ترازهای مختلف وردسپهر در روزهای قبل از بارش، روزهای بارش و مجموع این دو دوره برای مجموع ۱۶۹۰ دوره بارشی مورد بررسی قرار گرفته در دوره مطالعاتی

۱۸ درصد از رطوبت انتقال یافته مربوط به ترازهای میانی و نزدیک به ۳ درصد از رطوبت آن در ترازهای بالایی بوده است. بنابراین اکثر رطوبت بارش یافته در ترازهای زیرین وردسپهر به

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

نواحی مختلف ایران شارش یافته‌اند و به عبارت صحیح‌تر حدود ۹۷ درصد رطوبت در ترازهای زیر ۵۰۰ هکتوپاسکال انتقال داده شده‌اند و می‌توان گفت از ترازهای بالای ۵۰۰ هکتوپاسکال نقشی در تامین رطوبت بارش‌های ایران نداشته‌اند.

بحث و نتیجه گیری

بارش‌های رخ داده بر روی ایران از سامانه‌های باران‌زای متفاوتی است که درصد بسیار بالایی از آنها سامانه‌های مهاجری هستند که ایران محل گذر آنهاست و یا از همرفت و همچنین اندرکنش‌های به وقوع پیوسته در جو این نواحی حاصل گردیده‌اند. با این‌که به اهمیت و تفاوت‌های انتقال رطوبت در هر قسم وقوع بارش واقف هستیم، اما در این پژوهش جدا از نوع سازوکار موثر بر وقوع بارش، تمام موارد به عنوان یک رخداد بارشی مجزا بررسی گردیده و مجموع توان انتقال رطوبت از هر سطح آبی در دوره مطالعاتی ارائه شده است.

نتایج پژوهش نشان داد که دریاهای عرب و مدیترانه به علت انتقال حجم زیادی از رطوبت بر روی ایران، مهم‌ترین منبع رطوبتی بارش‌های ایران در دوره مطالعاتی بوده‌اند. نقش برتر دریاهای عرب و مدیترانه در تامین رطوبت می‌تواند ناشی از عواملی همچون وسعت و عمق زیاد در مقابل دیگر سطوح آبی باشد. علاوه بر این، نقش پررنگ‌تر دریای عرب نسبت به دریای مدیترانه به این علت است که دریای عرب با واقع شدن در عرض‌های پایین‌تر از ذخیره انرژی بالاتری برخوردار بوده و در فصل سرد سال، اختلاف دمایی بالاتری با هوای بالای سطح خود که در این موقع از سال اکثراً از عرض‌های بالاتر جریان می‌یابد، دارد.

مرکز فشار زیاد موسوم به شرق عربستان در ترازهای زیرین ورد سپهر به طور متناوب بر روی قسمت شرقی شبه جزیره عربستان و غربی دریای عرب مستقر است. این پرفشار در حاشیه شرقی خود، جریانات شمال‌شرقی بر روی دریاهای عمان و عرب ایجاد نموده و هوای خشک و سردتر عرضهای بالاتر را بر روی دریاهای مذکور منتقل می‌کند. این جریانات در حاشیه جنوبی شبه جزیره عربستان به سمت داخل شبه جزیره تغییر مسیر داده و قسمتی از آن در خلیج عدن و تنگه باب المندب به سمت دریای سرخ جریان می‌یابد و در بسیاری از موارد، با جریان شمالی حاصل از پرفشار شمال آفریقا بر روی دریای سرخ همگرا شده و در جلوی ناوه مستقر بر شرق مدیترانه که تا مرکز دریای سرخ گسترش یافته، به سمت ایران حرکت می‌کند. جریان مذکور حاوی رطوبت دریاهای عمان، عرب و سرخ می‌باشد. در چنین حالتی ریزش بارش در نواحی غربی کشور شروع شده و با حرکت شرقی سوی ناوه و پرفشار شرق عربستان بارش به سمت دیگر نواحی ایران گسترش می‌یابد اما در این زمان جریانات

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

حاشیه جنوبی و غربی پرفشار مذکور که از دریای عرب رطوبت کسب کرده به سمت شمال (ایران) جریان می‌یابد که بارش‌های نواحی جنوب، مرکز، شرق، شمال شرق و جنوب‌شرق را باعث می‌گردد. موضوع مذکور در تحقیقات مرتبط با اقلیم و هواشناسی ایران به اشکال گوناگون اشاره شده است (ایزد نگهدار، ۱۳۷۰؛ لشکری، ۱۳۷۵، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴؛ خلج، ۱۳۸۱؛ مفیدی، ۱۳۸۳؛ مفیدی و زرین، ۱۳۸۴؛ مرادی، ۱۳۸۵، Farjzadeh et.al., ۲۰۰۷).

می توان گفت که وجود دو پرفشار یکی در شمال آفریقا و دیگری در شرق شبه جزیره عربستان در ترازهای پایینی و همچنین پشته در ترازهای میانی و بالایی نقش اساسی در الگوی جریانات بر روی خاورمیانه و ایران دارند. اما در اکثر دوره‌های بارشی پرفشار شرق شبه جزیره عربستان فعال‌تر بوده و اثر مشخص‌تری نسبت به پرفشار شمال آفریقا دارد. بنابراین مشاهده می‌گردد که پر فشار شرق شبه جزیره عربستان یا غرب دریای عرب در انتقال رطوبت دریاهای عمان و عرب، قسمت جنوبی دریای سرخ و پرفشار شمال آفریقا در انتقال رطوبت مدیترانه مرکزی و شرقی و در نهایت شمال دریای سرخ بر روی خاورمیانه به ویژه ایران نقش اصلی را بر عهده دارند.

بنابراین الگوی کلی انتقال رطوبت وابستگی شدیدی به الگوی جریان و گردش جو در منطقه داشته و تاثیر زیادی از مناطق فشار زیاد به ویژه فشار زیاد ترازهای پایین مستقر بر شرق شبه جزیره عربستان و غرب دریای عرب می‌پذیرد (Farjzadeh et.al., ۲۰۰۷). به طور کلی می‌توان گفت که سه پرفشار شرق عربستان، شمال آفریقا (بارش‌های تمام نواحی ایران) و زبانه فشار زیاد در شرق دریای سیاه (بارش ناحیه خزری) بیشترین تاثیر را در انتقال رطوبت به نواحی مختلف ایران برعهده دارند.

اگر این موضوع را بپذیریم که منبع اصلی رطوبت برای بارش، رطوبت منتقل شده در ترازهای پایین وردسپهر است، و با توجه به این که در این پژوهش مشخص شد که درصد بسیار بالایی از رطوبت (بیش از ۷۹ درصد) در همان ترازهای زیرین (۷۷۵-۱۰۰۰ هکتوپاسکال) منتقل شده است. دریای عرب به جهت این که نزدیک به ۹۹ درصد رطوبت خود را در این ترازها به ایران انتقال می دهد، ۱۷ درصد بیشتر از دریای مدیترانه در تامین رطوبت بارش‌های ایران نقش داشته و به همین صورت، در ایام سال به ویژه فصول پاییز، زمستان و بهار در صدر منابع رطوبتی اکثر نواحی ایران قرار گرفته است.

با توجه به نتایج به دست آمده برای ترازهای پایین وردسپهر، دریاهای سیاه و خلیج‌فارس با کمتر از ۳ درصد مشارکت، پایین‌ترین نقش را در تامین رطوبت بارش‌های ایران داشته‌اند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

نتایج این تحقیق ضمن تایید بسیاری از نظرات محققین قبلی در خصوص سامانه‌های بارش-زا بر روی ایران و اثر دو پرفشار شمال آفریقا و شرق عربستان، نقش جریانات به ویژه جریان‌های ایجاد شده به وسیله پرفشار غرب دریای عرب یا شرق شبه جزیره عربستان را در انتقال رطوبت از طریق شبه جزیره عربستان، بر روی خاورمیانه مشخص‌تر کرده است. گرچه شبه جزیره عربستان ناحیه ای بسیار خشک، فاقد رطوبت و جریان آبی در سطح خود می‌باشد، ولی با توجه به میزان بسیار بالای انتقال رطوبت در جو بر فراز شبه جزیره مذکور به خصوص در ترازهای زیرین، همانند روخانه ای بزرگ و عریض حجم بسیار زیادی از رطوبت به نواحی شمال و شرق خود منتقل می کند.

دوباره بر این نکته تاکید می شود که موقعیت و ویژگی‌های جغرافیایی ایران و کنش این عوامل با گردش جو در منطقه باعث گردیده در ایام مختلف سال سطوح آبی مقادیر مختلفی از بخارآب را به سمت ایران انتقال دهند، اما با توجه به این که بارش‌های اکثر نواحی ایران در ماهای سرد سال ریزش می کند و در این زمان از سال دریای عرب رطوبت بیشتری به ویژه در ترازهای زیرین ورد سپهر به ایران منتقل نموده است، دریای مذکور اثر بیشتری در بارش‌های ایران داشته است.

منابع و ماخذ

۱. ایزد نگهدار، زهرا (۱۳۷۰) ***بررسی سینوپتیکی بعضی از سیستم‌های مدیترانه‌ای مخصوص و اثرات آن بر روی ایران***، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

۲. براتی، غلام رضا، حیدری، ایرج (۱۳۸۲) ***رده‌بندی منابع رطوبتی بارش‌های غرب ایران***، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان- ۲۹ مهر الی اول آبان ۱۳۸۲، ۱۵.

۳. جانباز قبادی، غلامرضا.، مفیدی، عباس، زرین، آذر (۱۳۹۰) **شناسایی الگوهای همدید بارش های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر**، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۴۲، صص ۲۳-۴۰

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

۴. خوشحال دستجردی، جواد (۱۳۷۶) ***تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیک کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از صد میلیمتر در ساحل جنوبی دریای خزر***، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

۵. رورده، همت ا... (۱۳۸۵) ***تعیین منابع رطوبتی بارندگی‌های سواحل جنوبی دریای خزر***، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت معلم.

۶. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴) ***منابع رطوبت بارندگی ایران***، مجموعه مقالات هفتمین کنگره جغرافی دانان ایران، دانشگاه تهران، جلد دوم، ۲۶۱-۲۷۶.

۷. علیجانی، بهلول (۱۳۷۵) ***آب و هوای ایران***، تهران، دانشگاه پیام نور.

۸. لشکری، حسن (۱۳۷۵) ***الگوهای سینوپتیکی بارش‌های شدید در جنوب‌غرب ایران***، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

۹. لشکری، حسن (۱۳۸۲) ***مکانیسم تکوین، تقویت وتوسعه مرکز کم فشار سودان و نقش آن بر روی بارش‌های جنوب و جنوب‌غرب ایران***، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، ۱۸-۱.

۱۰. لشکری، حسن (۱۳۸۴) ***تحلیل سینوپتیکی دو نمونه از الگوی بارش‌های زمستانه جنوب‌شرق ایران***، مجله مدرس، دوره ۹، شماره ۱، پیاپی ۸۳، ۱۹۷-۱۶۹.

۱۱. لشکری، حسن (۱۳۸۱) ***مسیر یابی سامانه‌های کم فشار سودانی ورودی به ایران***، مجله مدرس، دوره ۶، شماره ۲، پیاپی ۲۵، ۱۳۳-۱۵۶.

۱۲. مرادی، محمد (۱۳۸۵) ***بررسی نقش کم‌فشار گرمایی سودان-اتیوپی و ارتفاعات زاگرس در سامانه‌های موثر بر آب و هوای ایران***، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۱۳. مسعودیان، سید ابوالفضل، قائدی، سهراب، محمدی، بختیار (۱۳۸۵) ***نواحی رطوبتی ایران***، علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، شماره ۱۲.

۱۴. مفیدی، عباس (۱۳۸۳) ***اقلیم شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشای منطقه دریای سرخ در خاورمیانه***، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، ۷۱-۹۳.

۱۵. مفیدی، عباس، زرین، آذر (۱۳۸۴) ***بررسی سینوپتیکی تاثیر سامانه‌های کم فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران***، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۷، ۱۱۳-۱۳۶.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

Bothe , Oliver., Fraedrich, Klaus., Zhu, Xiuhua., (۲۰۱۱) ***precipitation climate of central Asia and the large scale atmospheric circulation***, Teorical Applied Climatology, Published online october ۲۰۱۱, Doi: ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۷۰۴-۰۱۱-۰۵۳۷-۲.

Dayan U, Abramski R, (۱۹۸۳) ***Heavy rain in the Middle East related to unusual jet stream properties***, Bull Amer Meteor Soc, Vol. ۶۴, pp: ۱۱۳۸-۱۱۴۰.

Evans J, Smith R, and Oglesby R, (۲۰۰۳) ***Precipitation processes in the Middle East,*** Proceedings International Congress on Modeling and Simulation, MODSIM۰۳, D. Post (ed.) Jupiter's Hotel and Casino, Townsville, Australia, July ۱۴-۱۷.

Farajzadeh. Manochehr, Karimi Ahmad Abad. Mostafa, Ghaemi. Hooshange, Mobasheri. Mohamad Reza, (۲۰۰۷) ***Studying the Moisture Flux Over West of Iran: A Case Study of January ۱ to ۷, ۱۹۹۶ Rain Storm***, Journal of Applied Sciences, ۷ (۲۰), pp: ۳۰۲۳-۳۰۳۰.

Fawcett, P.J., Stalker, J., and Gutzler, D.S., (۲۰۰۲) ***Multistage moisture transport into the interior of northern Mexico during the North American summer monsoon***, Geophysical Research Letters, v. ۲۹ (۲۲) doi:۱۰,۱۰۲۹/۲۰۰۲GL۰۱۵۶۹۳.

Hanan N. Karam, Rafael L. Bras., (۲۰۰۸) **Estimates of Net Atmospheric Moisture Flux Convergence over the Amazon Basin**, Journal of Hydrometeorology **۹** : ۵, ۱۰۳۵-۱۰۴۷ Online publication date: ۱-Oct-۲۰۰۸.

Higgins, R. W., Yao, Y., Yarosh, E. S., Janowiak, J. E, Mo, K. C, (۱۹۹۷) ***Influence of the Great Plains Low-Level Jet on Summertime Precipitation and Moisture Transport over the Central United States***, Journal of Climate, Volume: ۱۰, Issue: ۳, pp: ۴۸۱-۵۰۷.

Krichak SO, Alpert P, (۱۹۹۸) ***Role of large scale moist dynamics in November ۱-۵, ۱۹۹۴, hazardous Mediterranean weather***. J Geophysics Res, ۱۰۳: D۱۶, pp: ۱۹۴۵۳–۱۹۴۶۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]

Lindesay J. A, Dabreton P C, (۱۹۹۳), ***Water vapor transport over southern Africa during wet and dry early and late summer months***. In. j. climatology, Vol. ۱۳, pp: ۱۵۱-۱۷۰.

Sellers W. D, (۱۹۶۹) ***Physical Climatology***, the University of Chicago.

Smith, Ronald B., Evans, Jason., Oglesby, Robert, (۲۰۰۳) ***Mountain Precipitation and Hydrology in the Middle Eas***t, International Conference Alpine Meteorology, Brig, Switzerland, May ۱۹-۲۳.

Viale, Maximiliano; Nunez, Mario N., (۲۰۱۱), **Climatology of Winter Orographic Precipitation over the Subtropical Central Andes and Associated Synoptic and Regional Characteristics,** Journal of Hydrometeorology, Vol. ۱۲ Issue ۴, pp: ۴۸۱

Xu, X. D., Miao Q, Wang J, Zhang, X, (۲۰۰۳) ***The water vapor transport model at the regional boundary during the meiyu period***. Advances in Atmospheric Science, VOL. ۲۰, No. ۳, pp: ۳۳۳-۳۴۲.

Yatagai Akiyo, Yasumari T, (۱۹۹۸) ***Variation of summer water vapor transport related to precipitation over and around the arid region in the interior of the Eurasian continent***. Journal of the meteorological society of Japan, VOL. ۷۶, NO. ۵, pp: ۷۹۹-۸۱۵.

Zhang Renhe, (۲۰۰۱) ***Relations of water vapor transport from Indian monsoon with that over East Asia and the summer rainfall in china***. Advances in Atmospheric Science, VOL. ۱۸, No. ۵, pp: ۱۰۰۵-۱۰۱۷.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-26]