نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۱، تابستان ۱۴۰۰

# واکاوی ارتباط بین بارش‌های سنگین جنوب و جنوب غرب ایران با رودخانه های جوی (ARs)

**دریافت مقاله**: ۹۸/۴/۲۵ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۹/۶

**صفحات**: ۳۱۴-۲۹۵

**نساء سپندار**: دانشجوی دکترای اقلیم شناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.
**Email**: nesasepanta@yahoo.com
**کمال امیدوار**: استاد اقلیم شناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران. [۱]
**Email**: komidvar@yazd.ac.ir

**چکیده**

**در این پژوهش سعی بر آن است تا منابع رطوبت و مسیر حرکت آن برای بارش‌های سنگین جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از الگوریتم جدیدی مبتنی بر رودخانه‌ی جوی شناسایی شود. به همین منظور از بارندگی روزانه‌ی ۱۷ ایستگاه سینوپتیک در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ در جنوب و جنوب غرب ایران که بازه‌ی زمانی مشترک دارند و منطقه را به طور کامل پوشش می‌دهند استفاده شده است. همچنین از مجموعه داده‌های مراکز ملی پیش بینی محیطی/ مرکز ملی تحقیقات جوی (NCEP/NCAR) مرکز پیش بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF) و داده‌های باز تحلیل شده (ERA-interim) با قدرت تفکیک مکانی ۰,۷۵ در۰,۷۵ طول و عرض جغرافیایی با تفکیک زمانی ۶ ساعته استفاده شده است. متغیرهای استفاده شده شامل بخار آب یکپارچه (IWV[۲])، رطوبت ویژه (q) و مولفه‌های مداری و نصف النهاری باد (U,V) هستند. در این پژوهش برای شناسایی و مسیریابی رودخانه‌های جوی از الگوریتمی مبتنی بر محاسبه‌ی انتگرال قائم انتقال افقی بخار آب (IVT[۳]) استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که منبع اصلی رطوبت بارندگی در جنوب و جنوب غربی ایران، جنوب دریای سرخ و خلیج عدن است. البته خروجی نقشه ها نشان می‌دهد که دریای عرب نیز در تامین رطوبت این بارش‌ها بی تاثیر نبوده است. شبه جزیره عربستان نیز با توجه به میزان بالای انتقال رطوبت، به عنوان مسیر انتقالی، حجم بسیار زیادی از رطوبت را به سمت منطقه گسیل می‌کند. در انتها، مسیر رطوبت به منطقه ترسیم و شناسایی شد و نتیجتا با در نظر گرفتن ۳ شرط اصلی برای رودخانه جوی، میتوان گفت مسیر به دست آمده، همان مسیر رودخانه جوی می‌باشد.**

**کلید واژگان**: بارش‌های سنگین، جنوب و جنوب غرب ایران، رودخانه های جوی( ARs[۴])

**۱. نویسنده مسئول**: یزد، دانشگاه یزد، گروه جغرافیا. تلفن: ۰۹۱۸۹۹۷۲۵۷۳

2 Integrated water vapor
3 Integrated water vapor transport
4 Atmospheric Rivers

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

**مقدمه**

پیش بینی دقیق بارش‌های سنگین برای حفاظت از جان و مال انسان بسیار مهم بوده و یکی از مهمترین مسائل آب و هوایی در سراسر جهان به شمار می‌رود. بسته به منطقه‌ی جغرافیایی، انواع مختلف سیستم‌های آب و هوایی مسئول مهمترین وقایع بارندگی هستند. پیش بینی مکان، زمان و مدت ریزش بارش‌های سنگین برای اعلام هشدارهای هواشناسی بسیار مهم است (ویک[5] و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۳۳۷). بارش‌های سنگین پتانسیل این را دارند که در بیشتر نقاط جهان به‌عنوان یک مخاطره تلقی شوند، همچنان‌که شاهد وقوع سیلاب و کشته شدن بسیاری از مردم جهان توسط سیلاب‌ها هستیم(سبحانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۱۰). مسئله بارش از دیرباز یکی از مهمترین موضوعات در ایران بوده است الگوهای زمانی و مکانی بارش، انتقال رطوبت، نواحی چشمه و چاهک آن نقش بسیار مهمی در آب وهوا و چرخه آب در این فلات دارند. به علت قرارگیری ایران در منطقه‌ی جنب حاره، اقلیم آن از سامانه‌های عرض‌های میانه در فصل سرد سال و سامانه‌های حاره‌ای در فصل گرم سال متأثر می‌شود (فرج زاده، ۱۳۸۶: ۱۹۵). بارندگی‌های شدید اغلب در مناطق کوچک رخ می دهند، اما ممکن است این حوادث در سیستم های بزرگ مقیاس لانه کرده باشند و همچنین انرژی و رطوبت آنها از مناطق دوردست حاصل شده باشد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۰: ۴۷). شناسایی حمل و نقل رطوبت جوی مرتبط با بارش های سنگین دو رویکرد اصلی را دنبال می کند: ۱) ردیابی حرکت تعداد زیادی از بسته‌های هوای مرطوب توسط مدل‌های مختلف مسیر لاگرانژی مانند حمل و نقل رطوبت مناطق حاره‌ای، مدل FLEXPART وHybrid Single Particle Lagrangian ۲) شناسایی رودخانه‌های جوی (ARs). بیشتر انتقال بخار آب جو (۹۰ درصد) به صورت نصف النهاری در عرض‌های میانی توسط راهروهای باریکی اتفاق می-افتد که رودخانه‌های جوی نام دارند (ژو[6]، ۱۹۹۸: ۷۲۵). رودخانه های جوی دالان‌های باریک <(۱۰۰۰ کیلومتر عرض) ، طویل > (۲۰۰۰ کیلومتر) با محتوای بالای بخار آب> (۲۰ میلی متر) است که نقش مهمی در چرخه جهانی آب و اقلیم و هیدرولوژی منطقه‌ای دارند (نمیان[7] و همکاران ، ۲۰۰۸: ۲۲). بخار آب یکی از مهمترین متغیرهای جو زمین است که توزیع و حمل و نقل آن نقش مهمی در اقلیم و هوا دارد. بخار آب در رودخانه های جوی توسط منابع رطوبت مناطق حاره‌ای و برون حاره‌ای تأمین می‌شود و به طور مکرر زمانی که با موانع توپوگرافی یا سایر مرزهای پایین تروپوسفر مواجه شوند منجر به بارش شدید می‌شوند (رالف[8] و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۹۶۹). به طور کلی رودخانه‌های جوی‌ای که دارای محتوای بخار آب بیشتری هستند بارندگی سنگین‌تری نسبت به رودخانه‌های دارای بخار آب کمتر، ایجاد می‌کنند. علاوه بر ایجاد سیلاب، AR ها می‌توانند بارش‌های خوبی را به وجود آورند که باعث تجدید منابع آب شوند و در برخی موارد به پایان دادن به خشکسالی‌های طولانی مدت کمک می‌کنند (نایاک[9] و همکاران، ۲۰۱۶: ۲۵۷ ). شناسایی منابع رطوبت و ویژگی‌های AR نیز برای درک مکانیسم تشکیل AR و نقش آن در چرخه جهانی هیدرولوژیکی ضروری است

5 Wick
6 Zhu
7 Nemian
8 Ralph
9 Nayak

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

(کامایی[10] و همکاران، ۲۰۱۷: ۵۶۰۵). به دلیل اهمیت آنها برای سیلاب‌ها و منابع آبی، طی یک دهه گذشته مورد مطالعه گسترده قرار گرفته است. ژانکر[11] و همکاران (۲۰۰۸)، با مطالعه‌ی بر روی رابطه‌ی بین بارش‌های ارتفاعات شمال کالیفرنیا و رودخانه‌های جوی با استفاده از داده‌های بردار باد و رطوبت ویژه و بررسی الگوهای سینوپتیکی سطوح مختلف جو به این نتیجه دست یافتند که کاهش بخار آب بیشتر از نقش توپوگرافی و موانع کوهستانی در فروپاشی رودخانه‌های جوی موثر است. رودخانه‌های جوی به خاطر وجود بخار آب بالا می‌توانند بارش‌های فوق العاده ایجاد کنند که این بارش‌ها اگر در معرض موانع توپوگرافیک قرار گیرند تشدید شده و به بارش‌های سیلابی تبدیل می‌شوند. ویال[12] و همکاران (۲۰۱۰)، با مطالعه‌ی بارش‌های سنگین زمستانی (آوریل تا سپتامبر) مناطق جنب حاره‌ای در بازه ی زمانی ۱۹۷۶-۱۹۷۰ با استفاده از الگوهای سینوپتیکی بیان کرده‌اند که ۷۵ درصد از بارش‌های زمستانی این مناطق شامل ۴ یا ۵ رویداد بارش سنگین در مقیاس سینوپتیک می‌باشند که حمل و نقل بخار آب زیادی را می‌طلبد و این مقادیر بخار آب که در ساختاری تحت عنوان رودخانه‌های جوی متمرکز می‌باشند بر بارش‌های سیلابی فصل زمستان در مناطق جنب‌حاره‌ای اثر می‌گذارند. لاورس[13] و همکاران (۲۰۱۲)، سیلاب‌های زمستانی انگلستان را مورد مطالعه قرار دادند ایشان با استفاده از داده های انتگرال قائم شار بخار آب (IVT) و ردیابی رودخانه‌های جوی به این نتیجه رسیدند که عامل ۴۰ تا ۸۰ درصد بارش‌های سیلابی فصل زمستان در این کشور به رودخانه‌های جوی مربوط می‌شود. در این پژوهش از مدل رگرسیونی پواسون برای توصیف رابطه بین تعداد رودخانه های جوی در زمستان بهره بردند و نهایتا بیان می‌کنند که تغییر در میزان فراوانی و شدت رودخانه‌های جوی منجر به تغییر در فراوانی بارش‌های حدی و سیلابی در منطقه می‌شود. تحقیقات رالف و همکاران، (۲۰۱۳) نشان می‌دهد ماندگاری اثرات رودخانه‌های جوی به طور میانگین ۲۰ ساعت می‌باشد اما ماندگارترین اثرات در ۱۰٪ موارد به طور میانگین۴۰ ساعت می‌باشد. بنابراین پیش بینی بارش شدید سیل در هر منطقه به شناخت و پیش بینی دقیق شدت و مدت رودخانه‌های جوی بستگی دارد. روتز[14] و همکاران (۲۰۱۴)، به مطالعه‌ی ویژگی‌های رودخانه‌های جوی و تاثیر آن بر بارش‌های شدید در غرب ایالات متحده‌ی آمریکا در ماه‌های سرد سال (نوامبر تا آوریل) طی دوره‌ی ۲۰۱۱-۱۹۸۸ پرداختند. ایشان از دو روش اصلی انتقال افقی بخار آب (IVT) و انتگرال بخارآب (IWV) برای تشخیص رودخانه‌های جوی استفاده کردند. بدین ترتیب که اگر در محدوده‌ی شبکه‌ی مورد نظر $IVT \geq 200$ $Kg\ m^{-1}s^{-1}$ و $IWV \geq 20mm$ باشد مسیر رطوبتی، همان مسیر رودخانه‌ی جوی می‌باشد. در نهایت پس از شناسایی رودخانه‌های جوی، آنها را از نظر فرکانس و تداوم مورد مطالعه قرار داده و ارتباط آنها را با بارش‌های منطقه‌ی مورد مطالعه تایید می‌کنند. پین[15] و همکاران (۲۰۱۴)، بارش‌های سیلابی تحت تاثیر رودخانه‌های جوی را در سرتاسر اقیانوس آرام طی دوره‌ی ۳۰ ساله مطالعه کردند. ایشان با از استفاده از داده‌های بخار آب(IWV) و مولفه‌های مداری و نصف النهاری باد و تشخیص رودخانه‌های جوی به بررسی ویژگی‌های آن

10 Kamae
11 Junker
12 Vial
13 Lavars
14 Rutz
15 Payne

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

پرداختند و بیان می‌کنند که فراگیرترین و شدیدترین سیلاب‌های منطقه‌ی مورد مطالعه در زمان اوج فعالیت رودخانه‌های جوی (نوامبر) در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه حادث شده‌اند. وارنر[16] و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از مدل‌های اقلیم شناسی CMIP5 به مطالعه‌ی تغییرات رودخانه‌های جوی در ارتباط با بارش فصل زمستان در آمریکای شمالی در دوره‌ی ۱۹۹۹-۱۹۷۰ پرداختند. خروجی مدل‌های ایشان نشان داد که در آینده میزان IVT وIWV افزایش پیدا خواهد کرد و نتیجتا شاهد افزایش بارش‌های زمستانی در ارتباط با رودخانه‌های جوی در منطقه‌ی مورد مطالعه خواهیم بود. نایاک و همکاران (۲۰۱۶)، سیلاب‌های شدید آمریکای مرکزی را در ارتباط با رودخانه های جوی طی یک دوره‌ی ۱۲ ساله (۲۰۱۴-۲۰۰۲) با استفاده از شاخص شار قائم بخار آب IVT مورد مطالعه قرار داده اند. ایشان با بیان اینکه رودخانه‌های جوی نقش مهمی در هیدرولوژی ایالات متحده بازی می‌کنند به این نتیجه رسیدند که بین میزان بخار آب موجود در رودخانه‌های جوی و شدت بارش آمریکای مرکزی، رابطه ی مستقیمی وجود دارد و میزان دوام و پایداری سیلاب را وابسته به شدت و پایداری رودخانه جوی می‌دانند.گائو[17] و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از مدل‌های اقلیمی به مطالعه تاثیر رودخانه های جوی بر روی بارش‌های حدی اروپا پرداختند و بیان می‌کنند درحالیکه فرایندهای ترمودینامیک نقش غالب را در آینده‌ی رودخانه‌های جوی بازی می‌کنند اما تغییر در عملکرد رودبادهای مناطق برون حاره نیز به تغییر عملکرد رودخانه‌های جوی منجر می‌شود. خروجی مدل‌های آنها نشان می‌دهد که در سال‌های آینده به دلیل افزایش فراوانی و فرکانس رودخانه‌های جوی، میزان بارش‌های سنگین و میانگین بارش فصلی افزایش پیدا خواهد کرد و این افزایش در میزان بارش‌های حدی به میزان انتقال بخار آب موجود در رودخانه‌های جوی مربوط می‌شود. کامایی و همکاران (۲۰۱۷)، با مطالعه‌ی تاثیر رودخانه‌های جوی بر تغییرات اقلیمی شمال غربی اقیانوس آرام در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۰- ۱۹۵۸ با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو و انجام شبیه‌سازی به بررسی فراوانی وقوع رودخانه‌های جوی و بارش‌های سیلابی متاثر از آن‌ها در آینده می‌پردازند. خروجی مدل‌های ایشان نشان داد که سیلاب‌های گسترده در منطقه‌ی مورد مطالعه قویا با رخداد رودخانه‌های جوی در ارتباط هستند و آینده‌ی خطرناکی را بدلیل افزایش فراوانی رودخانه‌های جوی و رخدادهای حدی برای اقلیم در نظر می‌گیرند. ایشان دلیل افزایش فراوانی و شدت رودخانه‌های جوی را گرمایش جهانی و به تبع آن افزایش محتوای بخار آب جو می‌دانند. کریمی(۱۳۹۰) با هدف شناسایی منابع تامین کننده رطوبت بارش‌های ایران بیان می‌کند که پرفشار شرق شبه جزیره عربستان(غرب دریای عرب) و پرفشار شمال آفریقا تزریق‌کننده‌های اصلی رطوبت به داخل ایران هستند. شادمانی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی منابع رطوبت و مسیر حرکت آن برای دو رویداد سیل شدید در جنوب و جنوب غرب ایران به این نتیجه رسیدند که برای سیل غرب ایران، دریای عرب و دریای سرخ تقریباً سهم یکسانی در تأمین منبع رطوبت بارش رخداده دارند ولی مسیر حرکت بیانگر این است که منبع اصلی و مسیر حرکت رطوبت از سوی دریای سرخ است. برای سیل جنوب ایران، منبع اصلی تأمین رطوبت در روزهای قبل از بارش، نواحی جنوبی دریای سرخ است ولی در روزهایی که با بارش همراه بوده است، خلیج فارس نقش اساسی در تأمین رطوبت آن دارد و دریای سرخ و دریای عرب در زمان

16 Warner
17 Gao

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

بارش نقش مهمی در تأمین رطوبت ندارند. سلیمی و همکاران (۱۳۹۸) با مطالعه‌ی تاثیر رودخانه‌های اتمسفری بر آب و هوای ایران به این نتیجه رسیدند که از نظر رطوبت، رودخانه جوی جنوبی و جنوب غربی بیشترین مقدار رطوبت را دارند و از نظر بارش، رودخانه های اتمسفری جنوبی دارای بیشترین مقدار بارش بوده و حتی منجر به سیلاب و آب گرفتگی شهرهای جنوبی ایران شده است. حدود ۳۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان در معرض خطر جاری شدن سیل هستند که یکی از مهمترین این مناطق مناطق جنوبی ایران است (پالتان[18]، ۲۰۱۷: ۱۰). بارش‌های سنگین و سیلابی در منطقه‌ی جنوب و جنوب غرب کشور پدیده‌ی نامانوسی نبوده و هر ساله شاهد تلفات آن می‌باشیم. بررسی‌های موجود براساس آمارهای هیدرولوژیک و رخدادهای سیل نشان می-دهد که مناطق جنوب و جنوب‌غرب ایران از سیل خیزترین نقاط کشور می‌باشند(گزارش وزارت نیرو، ۱۳۸۵: ۲). دست‌یابی به نتایج قابل قبول در زمینه‌ی ارتباط بین الگوهای حاکم بر رودخانه‌های جوی با بارش‌های سنگین فراگیر در جنوب و جنوب غرب کشورمان نه تنها ساز و کار پیدایش این گونه بارش‌ها را آشکار می‌کند بلکه راه را برای پیش بینی رخداد آنها در آینده فراهم می‌سازد. به طور کلی درک رفتار رودخانه های جوی می‌تواند مجموعه ای جدید از چالش‌های بزرگ برای چرخه‌ی آب و علم پیش بینی سیل به روی ما بگشاید. بنابراین با توجه به آن چه گفته شد فهم ویژگی و رفتار این پدیده می‌تواند کلیدی برای تعیین چگونگی تغییرات الگوهای آب و هوا، تحت تاثیر بارش‌های شدید و سیل‌آسا باشد.

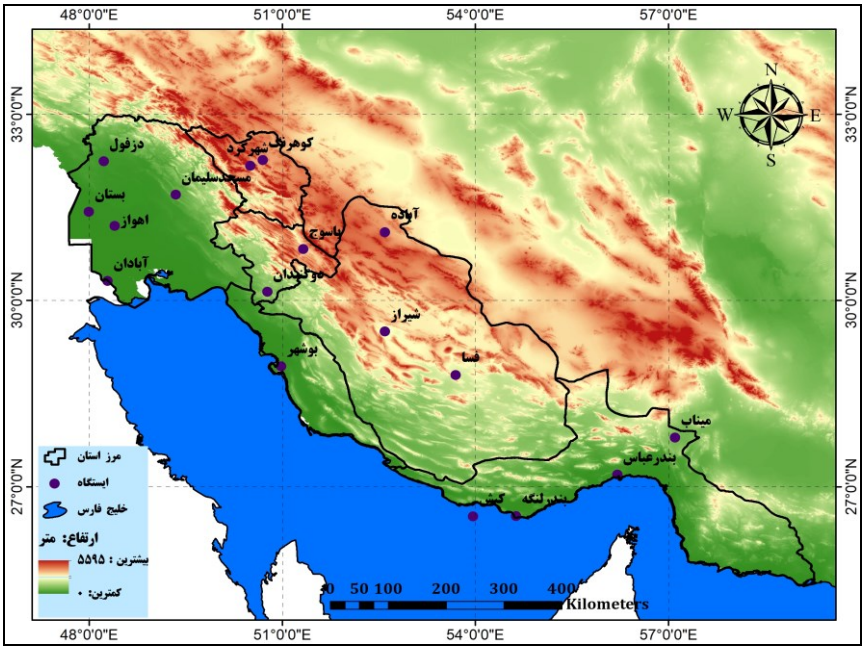
## روش تحقیق

### منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه از بارندگی روزانه‌ی ۱۷ ایستگاه سینوپتیک در جنوب و جنوب غرب ایران که بازه‌ی زمانی مشترک دارند و منطقه مورد مطالعه را به طور کامل پوشش می‌دهند، استفاده شد. داده های آماری ایستگاه های منتخب از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ می‌باشد. در شکل(۱) توزیع ایستگاه های منتخب در جنوب و جنوب غربی ایران نشان داده شده است. منطقه مورد مطالعه جنوب و جنوب غربی ایران با مساحت ۳۱۱۷۸۳ کیلومتر مربع است که شامل استان های بوشهر، هرمزگان، فارس، چهارمحال بختیاری و خوزستان است.

[18] Paltan

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]




**شکل(۱). پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه**

جدول(۱) تعداد ایستگاههای مورد مطالعه و موقعیت جغرافیایی آنها را نمایش می‌دهد.

**جدول(۱). موقعیت جغرافیایی ایستگاههای مورد مطالعه**

| ایستگاه | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ایستگاه | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی |
|---|---|---|---|---|---|
| شیراز | ۲۹,۵° | ۵۲,۶° | یاسوج | ۳۰,۴۱° | ۵۱,۳۳° |
| آباده | ۳۱,۱° | ۵۲,۶° | دوگنبدان | ۳۰,۲° | ۵۰,۴۹° |
| فسا | ۲۸,۸° | ۵۳,۷° | بندرعباس | ۲۷,۱۳° | ۵۶,۲۲° |
| بوشهر | ۲۸,۹° | ۵۰,۴۹° | میناب | ۲۷,۶° | ۵۷,۵° |
| آبادان | ۳۰,۲۲° | ۴۸,۱۵° | بندرلنگه | ۲۶,۳۲° | ۵۴,۵° |
| اهواز | ۳۱,۲° | ۴۸,۴° | کیش | ۲۶,۳۰° | ۵۳,۵۹° |
| بستان | ۳۱,۴۳° | ۴۸° | شهرکرد | ۳۲,۱۷° | ۵۰,۵۱° |
| دزفول | ۳۲,۲۴° | ۴۸,۲۳° | کوهرنگ | ۳۲,۲۶° | ۵۰,۷° |
| مسجد سلیمان | ۳۱,۵۶° | ۴۹,۱۷° | - | - | - |

**داده و روش کار**

رویکرد اصلی در این تحقیق رویکرد محیطی به گردشی است، دلیل اصلی انتخاب این رویکرد این است که تغییرات مکانی و زمانی بارش بسیار بیشتر از سایر متغیرهای اقلیمی است و رویکرد محیطی اغلب در تبیین ریزش‌های جوی کامیاب نمی‌شود (مسعودیان، ۱۳۹۳). لازمه‌ی انجام صحیح و عملی هر پژوهشی ایجاد پایگاه داده‌ای مناسب می‌باشد. در این مطالعه نیز نیاز به ۲ پایگاه داده ضرورت می‌یابد. از آن‌جا که هدف اصلی این

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

تحقیق تحلیل سیلاب‌های مرتبط با رودخانه‌های جوی است، ابتدا اطلاعات و آمار محیط سطحی مرتبط با موضوع تحقیق در بازه‌ی زمانی مورد نظر از سازمان هواشناسی کشور اخذ شده است. برای این کار از داده های بارش روزانه در ۱۷ ایستگاه منتخب در جنوب و جنوب غربی ایران طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۶ استفاده شد. در این مطالعه از دو مجموعه داده استفاده شده است: مراکز ملی پیش بینی محیطی/ مرکز ملی تحقیقات جوی (NCEP/NCAR) مرکز پیش بینی‌های میان مدت اروپا (ECMWF) و داده‌های باز تحلیل (ERA-interim) با قدرت تفکیک مکانی ۰/۷۵ در۰/۷۵ طول و عرض جغرافیایی با تفکیک زمانی ۶ ساعته استفاده شده است. متغیرهای استفاده شده شامل بخارآب یکپارچه(IWV)، رطوبت ویژه(q)، مولفه‌های مداری و نصف النهاری باد (U,V) از تراز ۱۰۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال می‌باشند. برای تعیین روزهای همراه با بارش سنگین و جدا کردن آنها، از شاخص پایه‌ی صدک استفاده می‌کنیم. شاخص پایه صدک، رایج‌ترین روش محاسبه و تعیین بارش‌های شدید و حدی محسوب می‌شود و عمدتاً برای تعیین تعداد روزهای دارای بارش شدید، خیلی شدید و حدی، آستانه صدک خاص کاربرد دارد. بر اساس توافق بین المللی از تعداد کل روزهای بارشی، روزهای بالاتر یا برابر با صدک ۹۹ ام یا ۹۵ ام به ترتیب برای بارش های شدید و حدی در نظر گرفته می‌شوند (حلبیان، ۱۳۹۳). در این پژوهش از شاخص صدک ۹۵ استفاده می‌شود که در نهایت با در نظر گرفتن وقوع رخداد در ۵۰ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه، رخدادهای بارش سنگین جدا می‌شوند. پس از جداسازی بارش‌های سنگین اولین قدم، شناسایی رودخانه‌های جوی در هنگام وقوع بارش‌های سنگین می‌باشد. دو متغیر متداول جوی که برای شناسایی رودخانه های جوی استفاده می‌شوند: انتقال بخار آب یکپارچه (IVT) و بخار آب یکپارچه (IWV) هستند. بسیاری از مطالعات قبلی، IWV را برای شناسایی AR به کار برده‌اند. استفاده از IVT یک روش مؤثر برای بررسی تغییر زمانی رطوبت برای مکان‌های خاص در سراسر کره زمین است و به همین دلیل در شناسایی AR بسیار مورد استفاده قرار می گیرد (راموس، ۲۰۱۷). بنابراین در این مقاله از مقادیر حاصل از محاسبه‌ی IVT برای شناسایی رودخانه‌های جوی بهره برده‌ایم. با استفاده از رابطه(۱) انتگرال قائم حرکت افقی بخار آب (IVT) بر حسب کیلوگرم بر متر بر ثانیه ($kg\ m^{-1}s^{-1}$) از سطح ۱۰۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال در چارچوب اویلری محاسبه شد (لاورس، ۲۰۱۳). متغیرهای مورد استفاده در مراحل زمانی ۶ ساعته و در سطوح ۱۰۰۰ ، ۹۲۵ ، ۸۵۰ ، ۷۰۰ ، ۶۰۰ ، ۵۰۰ ، ۴۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال می باشند. رابطه(۱)،

رابطه(۱):
$$IVT = \sqrt{\left(\frac{1}{g}\int_{1000}^{300} qu.\,dp\right)^2 + \left(\frac{1}{g}\int_{1000}^{300} qv.\,dp\right)^2}$$

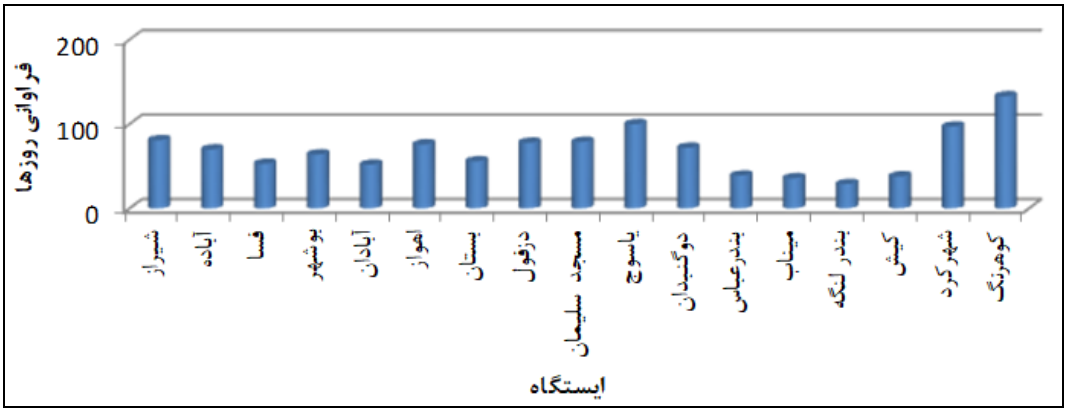
q، u و v به ترتیب رطوبت ویژه (g.kg) ، مولفه های مداری و نصف النهاری سرعت باد (m/s) ، g شتاب ناشی از گرانش (۹،۸۱). و dp اختلاف فشار بین دو سطح مجاور است. اولین مرحله‌ی تشخیص AR محاسبه‌ی آستانه‌ی IVT در هر سلول از شبکه است. مطالعات نشان داده‌است که آستانه‌ی مشخصی برای IVT وجود ندارد و بسته به مناطق مختلف، این آستانه نیز متفاوت است. برای این کار ابتدا میزان IVT در ساعت ۱۲۰۰ زولو هر روز در ماه‌های مارس و نوامبر(رخدادهای بارش سنگین) روی خط مورب بین ۳۲ درجه شمالی و ۴۸ درجه شرقی، ۵۸ درجه شرقی و ۲۵ درجه شمالی از سال ۲۰۱۵-۱۹۸۶ محاسبه شد. سپس مقادیر IVT در

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

شبکه محاسبه و ثبت شده و صدک ۸۵ به عنوان مقدار آستانه برای شناسایی رودخانه‌ی جوی در آن منطقه استفاده شد. پس از مشخص شدن مقدار آستانه، در مراحل زمانی ۶ ساعته در روزهای منتخب بارش سنگین مسیر رطوبت را مشخص می‌کنیم به گونه ای که به نقاط مجاور در جهت جنوب، جنوب غربی، غرب و شمال غربی در نقاط شبکه حرکت کرده و مقادیر IVT استخراج می‌شود. اگر مقدار بدست آمده در سلول مجاور از مقدار آستانه بیشتر باشد، نقطه مجاور در شبکه تعیین می‌شود و بالاترین مقدار IVT بین چهار نقطه مجاور به‌عنوان نقطه‌ی انتخاب شده‌ی بعدی مشخص می شود. این مرحله تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که ناپیوستگی در نقاط به وجود بیاید به عبارت دیگر اگر سلول مجاور بیشتر از مقدار آستانه نباشد آن نقطه، نقطه‌ی پایانی می‌باشد. در این مقاله از محورهای AR به عنوان مجموعه نقاط با حداکثر مقادیر IVT یاد می‌کنیم. در نهایت مسیر رطوبتی که از سمت مناطق حاره به سمت عرض‌های بالا (در راستای نصف‌النهاری) با نقاط پیوسته با طول >۲۰۰۰ کیلومتر با $IWV \geq 20mm$ باشد را به عنوان مسیر رودخانه‌ی جوی و یا محور AR می شناسیم(گرشونف[19] و همکاران (۲۰۱۷)، لورا[20] و همکاران (۲۰۱۷)، روتز و همکاران (۲۰۱۴).

## نتایج

شکل(۲) تعداد روزهایی را با بارش بالاتر از صدک ۹۵ در سالهای ۱۹۸۶-۲۰۱۵ نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ایستگاه کوهرنگ با تعداد ۱۳۰ روز و ایستگاه بندر لنگه با ۲۵ روز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین روزهای با بارش سنگین می‌باشند.




**شکل(۲). روزهای با بارش بالاتر از صدک ۹۵ به تفکیک ایستگاه‌ها در بازه‌ی ۲۰۱۵-۱۹۸۶**

پس از شناسایی رویدادهای بارش سنگین در منطقه‌ی مورد مطالعه، دو رویداد به عنوان نمونه در جنوب و جنوب غربی ایران شناسایی شد. این دو رخداد، از سایر رخدادها شدیدتر و گسترده‌تر می‌باشند (۲۹ مارس ۱۹۹۷، ۲۵ نوامبر ۲۰۱۴). اولین رویداد بارش سنگین در ۲۹ مارس ۱۹۹۷ است. در جدول(۲) میزان بارندگی روزانه در ایستگاه‌های منتخب از ۲۸ تا ۳۰ مارس ۱۹۹۷ نشان داده شده است. براساس این جدول میزان بارش

19 Gershunov
20 Lora

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

باران از ۲۸ مارس آغاز شده و در ۲۹ مارس به اوج خود رسیده است. در این روز ۶۵۰ میلی متر بارندگی از ایستگاه‌های منتخب در یک روز گزارش شد. کلیه‌ی ایستگاه‌های منتخب، بارش را در ۲۹ مارس ۱۹۹۷ گزارش داده‌اند.

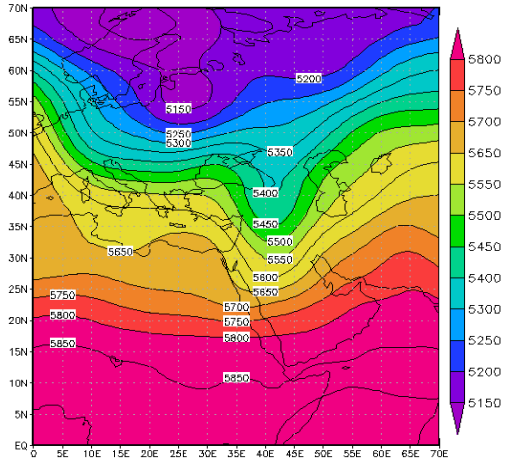
**جدول(۲). بارندگی روزانه‌ی ایستگاههای مورد مطالعه در روزهای ۲۸ تا ۳۰ مارس ۱۹۹۷**

| ایستگاه | ۱۹۹۷/۳/۲۸ | ۱۹۹۷/۳/۲۹(اوج) | ۱۹۹۷/۳/۳۰ |
|---|---|---|---|
| آبادان | ۱ | ۱۰ | ۰ |
| اهواز | ۱,۷ | ۵۳ | ۰ |
| بستان | ۴,۳ | ۴۴ | ۰ |
| بوشهر | ۰ | ۴۲ | ۰ |
| دزفول | ۱۰ | ۹۹ | ۰ |
| دوگنبدان | ۴ | ۶۴ | ۰ |
| کوهرنگ | ۶۱ | ۶۴ | ۲ |
| مسجد سلیمان | ۸ | ۵۰ | ۰ |
| شهرکرد | ۱۱ | ۲۴ | ۴ |
| یاسوج | ۱۵ | ۵۳ | ۰ |
| کیش | ۰ | ۴۳ | ۰ |
| میناب | ۰ | ۱۱ | ۰ |
| بندرعباس | ۰ | ۲۵ | ۴ |
| آباده | ۰ | ۶,۷ | ۰ |
| فسا | ۰ | ۱۰ | ۰ |
| شیراز | ۰ | ۱۳ | ۰ |
| بندر لنگه | ۰ | ۲۴ | ۲۲ |
| مجموع بارش | ۱۱۶ | ۶۵۰ | ۳۰ |

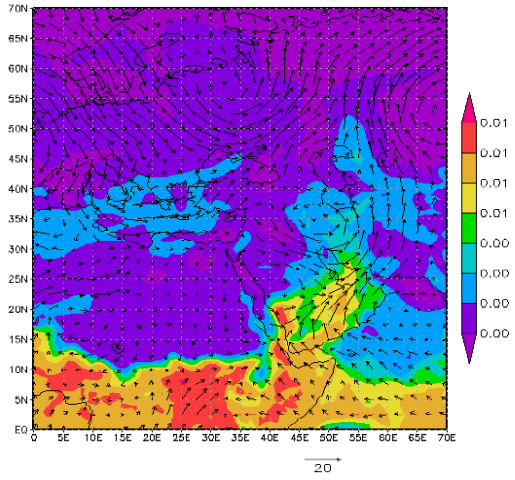
شکل(۳) نقشه ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز اوج بارش در ۲۹ مارس ۱۹۹۷ نمایش می‌دهد. در این روز ناوه تاوه قطبی صورت یک سامانه‌ی کم ارتفاع ظاهر شده، هنگامی که این ناوه از روی دریای سرخ بگذرد معمولاً از غرب بر روی کشور ما در قسمت جلو آن ناپایداری ایجاد می‌کند. میزان ناپایداری‌ها به عمق این ناوه بستگی دارد، هرچه ناوه عمیق‌تر گردد شدت ناپایداری‌ها بیشتر خواهد بود، اگر میزان رطوبت هوائی که همراه این ناوه است زیاد باشد موجب ریزش باران شدید خواهد شد (سپندار، ۱۳۸۹). بر روی بخش شرقی محور این ناوه، آشفتگی هوا از شرق دریای سرخ تا شمال دریای خزر وجود دارد و همین امر باعث می‌شود تا کم فشارهای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی تا ارتفاعات زیاد به بالا کشیده شوند و رطوبت بالایی که در این روز در نقشه مشاهده می‌شود باعث ایجاد بارندگی شدید شده است. همه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه در این روز (۲۹ مارس) بارش را گزارش کرده اند. همان‌گونه که در شکل(۴) نشان داده شده است در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، جریان‌های جنوب غربی رطوبت دریای عرب، خلیج عدن و بخشی از رطوبت شرق آفریقا را با هم ادغام کرده و از دریای سرخ با محور جنوب غربی-شمال شرقی به منطقه‌ی مورد مطالعه گسیل می‌کنند. بزرگی بردارها که اجزای عمودی و افقی باد هستند نشانگر انتقال بیشتر و شدیدتر رطوبت می‌باشند. در شکل(۵)، در شرق و

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

غرب نقشه، یک سامانه پرفشار در آسیا و اروپا توسعه یافته است. همچنین در این مناطق (جنوب غربی نقشه)، در شمال شرقی آفریقا، غرب و جنوب دریای سرخ منطقه ای با فشار کم معروف به فشار کم سودان وجود دارد که زبانه های آن در جنوب غربی- شمال شرقی به سمت منطقه مورد مطالعه (جنوب و جنوب غربی ایران) جریان دارد. با حرکت پرفشار اروپای شرقی، سیستم کم فشار سودان به سمت شمال شرقی حرکت می کند. این سیستم (کم فشار سودان) یکی از عناصر تشکیل دهنده‌ی گردش عمومی جو در شمال آفریقا است که بیشتر سال در غرب اتیوپی و سودان شکل گرفته است(لشکری، ۱۳۹۰) . قدرت سیستم کم فشار سودان زمینه‌ی ناپایداری و بارش را فراهم می کند که نیمه‌ی غربی ایران تحت تاثیر این سیستم قرار دارد. نواحی IWV با مناطق انتقال رطوبت زیاد از مناطق استوایی به سمت عرض‌های بالا مطابقت دارد، در این روز میزان IWV در جنوب و جنوب غربی ایران به بیش از ۲۰ میلی متر رسیده است. شکل(۶) هسته‌ی رودباد جنب-حاره‌ای با سرعت ۶۰ متر برثانیه در غرب منطقه واقع شده است که در جهت غربی- شرقی از دریای سرخ به سمت منطقه مورد مطالعه در حال حرکت می‌باشد. با تغییر مکان رودباد جبهه‌ی قطبی به عرض های پایین و جابجایی رودباد جنب حاره‌ای به سمت شرق، میزان بارش به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد.

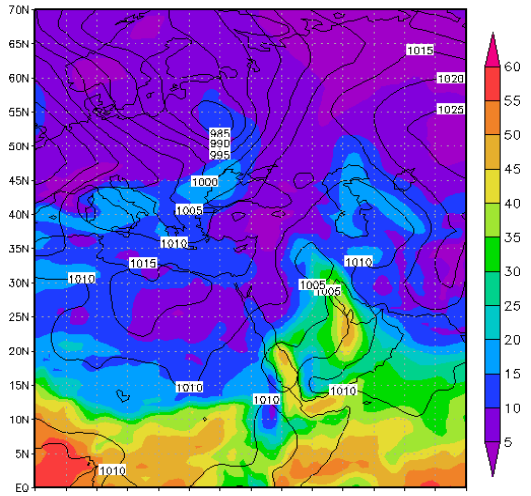



شکل(۳). ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۹ مارس۱۹۹۷

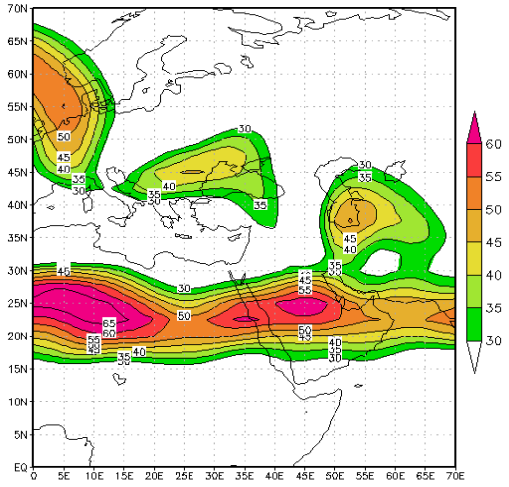



شکل(۴). وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۹ مارس۱۹۹۷

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]



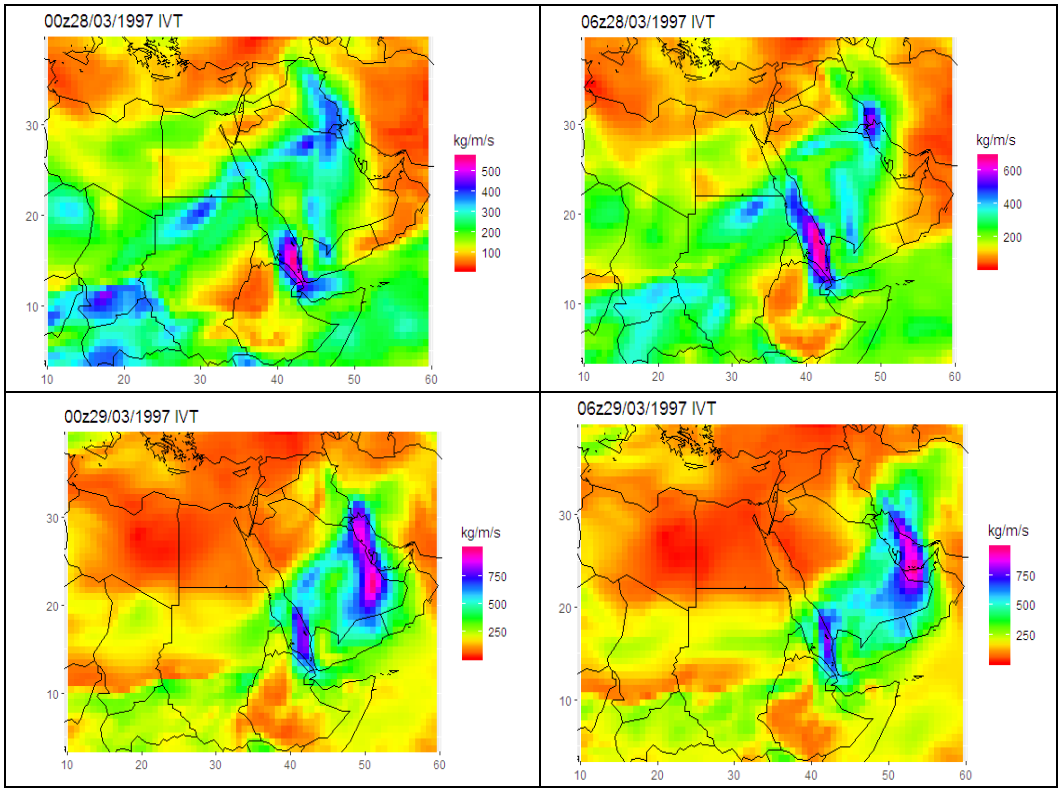
شکل(۵). الگوهای ایزوباری و بخارآب (IWV) ۲۹ مارس۱۹۹۷



شکل(۶). رودباد تراز 250 هکتوپاسکال ۲۹ مارس۱۹۹۷

شکل(۷) میزان نوسان IVT را در ساعات ۰۰ و ۰۶ زولو در روزهای ۲۸ و ۲۹ مارس نشان می‌دهد. همانطور که در تصویر مشخص است، IVT در منطقه‌ی مورد مطالعه از ۲۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر متر بر ثانیه از روز قبل تا روز اوج بارش در نوسان است. بالاترین میزان IVT در روز قبل از اوج بارش در خلیج عدن و جنوب دریای سرخ (۶۰۰ کیلوگرم بر متر بر ثانیه) اندازه گیری شد. با این حال، با نزدیک شدن به روزهای اوج بارش در منطقه، شاهد افزایش IVT در جنوب و جنوب غرب ایران هستیم. این افزایش در جهت جنوب غربی- شمال شرقی است. در روز اوج بارش، IVT در جنوب غرب ایران به بیش از ۸۰۰ کیلوگرم بر متر بر ثانیه می‌رسد که در برخی از قسمتهای داخلی قاره‌ها که از افزایش رطوبت کاسته می‌شود، ضعیف می‌شود. همچنان که ما شاهد کاهش میزان آن بر روی شبه جزیره‌ی عربستان هستیم. می‌توان بیان کرد بیشترین انتقال رطوبت از خلیج عدن و دریای سرخ به ناحیه مرکزی شبه جزیره عربستان و از آنجا به شمال شرق شبه جزیره منتقل و در نهایت به سمت جنوب غرب و غرب ایران روانه شده است. نکته‌ی قابل توجه این است که با نزدیک شدن به ساعات اوج بارش میزان فرستندگی رطوبت یا میزان IVT بر روی دریای سرخ به علت کاهش محتوای رطوبت جو کاهش یافته و خلیج فارس به صورت قابل توجهی در تامین رطوبت بارش‌ها موثر بوده است. در روز اوج بارندگی، بیشترین میزان IVT در خلیج فارس محاسبه شد (IVT>800kg/m/s).

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

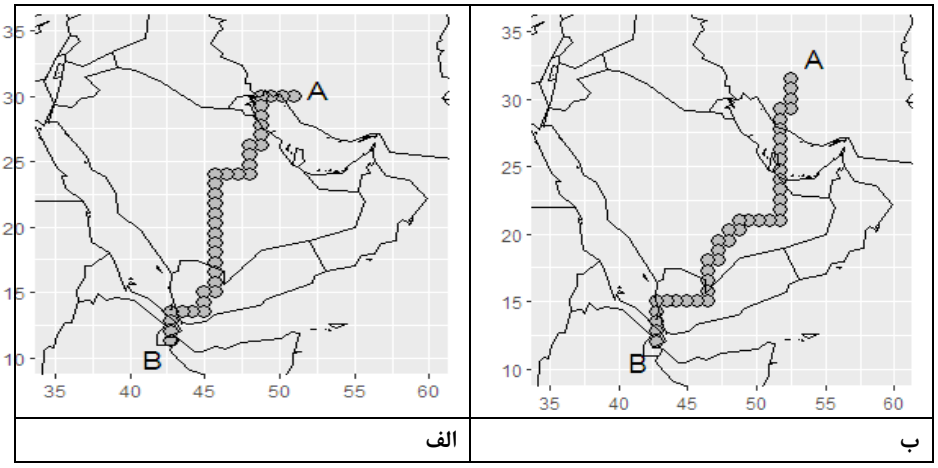



**شکل(۷). انتگرال قائم حرکت افقی بخار آب جو (IVT)**

همانگونه که بیان شد، برای مسیریابی رطوبت در منطقه مورد نظر لازم است تا IVT در کل شبکه محاسبه شود. بسیاری ازمحققان ازالگوریتم مبتنی بر آستانه‌ی IVT برای شناسایی AR استفاده می‌کنند. طبق محاسبات انجام شده، آستانه‌ی این مقدار در محدوده‌ی مشخص‌شده در طی ۳۰ سال ( ۲۰۱۵- ۱۹۸۶) برای ماه مارس ۳۲۰ کیلوگرم بر متر بر ثانیه است. بعد از تعیین آستانه‌ی IVT، مقدار IVT برای ۲۸ و ۲۹ مارس محاسبه شد. در این مطالعه از طول محور برای شناسایی AR استفاده می‌شود. با استفاده از این رویکرد، مسیر رطوبتی که دارای طول بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر باشد به عنوان محور AR شناسایی می‌شود. شکل ۸(الف) و (ب) نقاط بالاتر از مقدار آستانه در ساعت ۰۶ در روز قبل از اوج بارندگی (۲۸مارس) و روز اوج بارندگی (۲۹مارس) را نشان می‌دهد. برای محاسبه‌ی طول مسیر رطوبت، فاصله بین مراکز هر دو سلول شبکه همسایه محاسبه می‌شود و جمع فاصله ها به عنوان طول مسیر تعریف می‌شود. در شکل ۸(الف) مسیر، با تلاقی ۳۷ نقطه پیوسته بدست آمده است. بنابراین طول محور، قبل از اوج بارندگی ۳۰۰۰ کیلومتر است. پس با توجه به شرط طول > ۲۰۰۰ کیلومتر و$IWV \geq 20mm$ میتوانیم ادعا کنیم که این مسیر، همان مسیر رودخانه‌ی جوی می‌باشد. طبق این مسیر، منبع اصلی رطوبت در منطقه‌ی مورد مطالعه (جنوب و جنوب غربی ایران) خلیج عدن و جنوب دریای سرخ می‌باشد. همچنین این مسیر رطوبتی در طول ۲۴ ساعت یعنی تا ساعت ۰۶ زولو ۲۹

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

مارس، همچنان برقرار بوده و انتقال رطوبت تا روز اوج بارندگی از منبع ذکر شده به سوی منطقه‌ی مورد مطالعه در جریان است.




ب الف

**شکل(۸). مسیر حرکت رطوبت (نقاط بیشتر از آستانه‌ی IVT)**

رویداد دوم بارندگی شدید در ۲۵ نوامبر ۲۰۱۴ است. در جدول زیر میزان بارندگی روزانه در ایستگاه های منتخب از ۲۴ تا ۲۶ نوامبر ۲۰۱۴ نشان داده شده است. بر اساس این جدول، بارش باران از ۲۴ نوامبر آغاز شده و در ۲۵ نوامبر به اوج خود رسیده است. در این روز ۴۸۸ میلی متر بارش از ایستگاه‌های منتخب گزارش شده است. بیشتر ایستگاه‌های منتخب در این روز (۲۵ نوامبر ۲۰۱۴) گزارش بارش را داشته‌اند. همانطور که در جدول(۳) مشاهده می‌کنیم بیشترین میزان بارش مربوط به ایستگاه یاسوج (۱۰۳ میلی متر) است.

**جدول(۳). بارندگی روزانه‌ی ایستگاههای مورد مطالعه در روزهای ۲۴ تا ۲۶ نوامبر ۲۰۱۴**

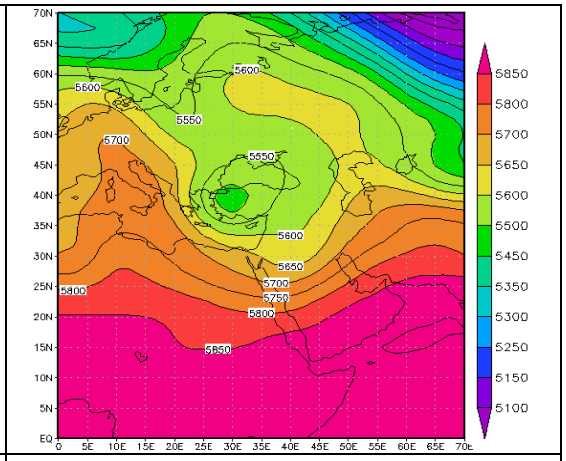
| ایستگاه | ۲۰۱۴/۱۱/۲۴ | ۲۰۱۴/۱۱/۲۵(اوج) | ۲۰۱۴/۱۱/۲۶ |
|---|---|---|---|
| آبادان | ۳ | ۰,۴ | ۰ |
| اهواز | ۳ | ۲۳ | ۰ |
| بستان | ۱۸ | ۳۸ | ۰ |
| بوشهر | ۶ | ۲۷,۱ | ۰,۴ |
| دزفول | ۲ | ۲۰ | ۰ |
| دوگنبدان | ۱ | ۸۴ | ۱ |
| کوهرنگ | ۰,۷ | ۵۰ | ۳ |
| مسجد سلیمان | ۹ | ۳۶ | ۰ |
| شهرکرد | ۰ | ۵۷ | ۰ |
| یاسوج | ۰ | ۱۰۳ | ۸ |
| کیش | ۰ | ۰,۲ | ۵ |
| میناب | ۰ | ۰ | ۰ |
| بندر عباس | ۰,۱ | ۰ | ۰ |

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

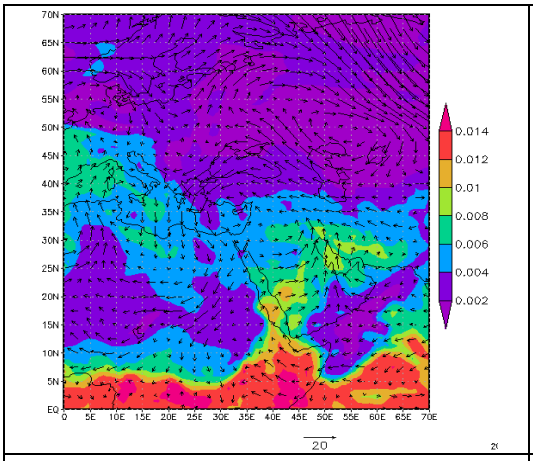
| | | | |
|---|---|---|---|
| آباده | ۰ | ۱۹ | ۶ |
| فسا | ۰,۴ | ۱۹,۲ | ۲۷ |
| شیراز | ۱ | ۳۱ | ۱۶ |
| بندر لنگه | ۰ | ۰ | ۲ |
| مجموع بارش | ۴۱ | ۴۸۷,۷ | ۶۸,۴ |

شکل(۹) آرایش الگوهای پربندی در روز اوج بارندگی درساعت ۰۶ زولو را نشان می‌دهد. بر روی بخش شرقی ناوه تاوه‌ی قطبی آشفتگی هوا از شرق دریای سرخ تا دریای خزر وجود دارد، این حالت سبب ایجاد مناطق همگرایی پایینی و واگرایی بالایی می‌شود. در این روز غرب ایران کاملا در جلو ناوه قرارگرفته است. هراندازه این ناوه عمیقتر باشد، سامانه کم‌فشار تراز دریا عمیق‌تر بوده و از نظر دینامیک دارای فعالیت بیشتری خواهد بود (پرک، ۱۳۹۴). عمیق شدن ناوه در شرق مدیترانه به دلیل گستردگی بیشتر عقب ناوه تا منطقه دریای سرخ در تقویت کم فشار سودانی و حرکت آن به سمت شمال شرق موثر است. در این روز همه‌ی ایستگاه‌ها گزارش بارش داشته‌اند. شکل(۱۰) وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد، جهت جریانات به گونه‌ای است که انتقال رطوبت را از دریاهای گرم جنوبی و جنوب شرقی بر روی جنوب ایران فراهم می‌سازد با توجه به نقشه، بیشترین میزان رطوبت با جهت جنوب غربی- شمال شرقی از سمت جنوب دریای سرخ به جنوب و جنوب غرب ایران وارد می‌شود. در شکل(۱۱) شاهد تسلط سیستم پرفشار بر روی اروپا هستیم، به گونه‌ای که زبانه‌های آن به سمت جنوب ( شمال آفریقا) کشیده شده است. کم فشار سودان در پشت خود هوای سرد را از زبانه پرفشار مستقر در اروپا دریافت می کند. با توجه به شرایط فوق یعنی ریزش هوای سرد در پشت و انتقال هوای مرطوب دریای عرب، خلیج عدن و دریای سرخ به شرق، این کم فشار تقویت میشود. گرادیان شدید فشاری که بین زبانه‌ی کم فشار گسترش یافته از سودان و پر فشار اروپایی وجود دارد به نظر می‌رسد یکی از عوامل رخداد بارش سنگین در منطقه ی مورد مطالعه باشد پرفشار سیبری به عرض های پایین و بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه گسترش یافته است. نفوذ زبانه پرفشار سیبری به دریای عمان و دریای عرب موجب ایجاد و تقویت گردش واچرخندی روی منطقه مذکور می‌گردد. در این روزدر ناحیه جنوب‌غرب، شاهد افزایش میزان بخارآب (IWV) به بالاتر از ۳۰ میلی‌متر می‌باشیم که این امر با مقدار بارش در منطقه مطابقت دارد. شکل(۱۲) هسته رودباد جنب‌حاره‌ای با سرعت ۵۰ متر بر ثانیه در عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی در راستای طولی بر روی منطقه ی مورد مطالعه واقع است که نتیجه‌ی آن ایجاد واگرایی در سطوح بالا و ناپایداری‌های سطح زمین است و در نهایت منجر به تقویت سیکلون و بارش شدید شده است.

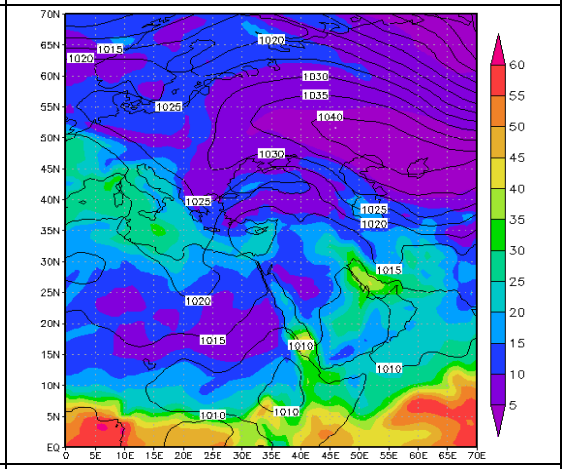
[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]



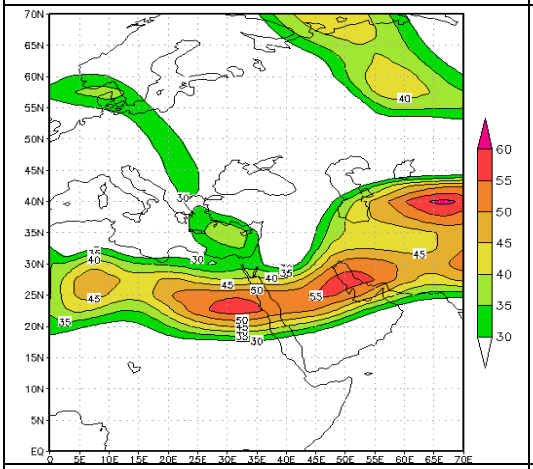
شکل(۹). ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال۲۵نوامبر۲۰۱۵



شکل(۱۰). وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال۲۵نوامبر۲۰۱۵



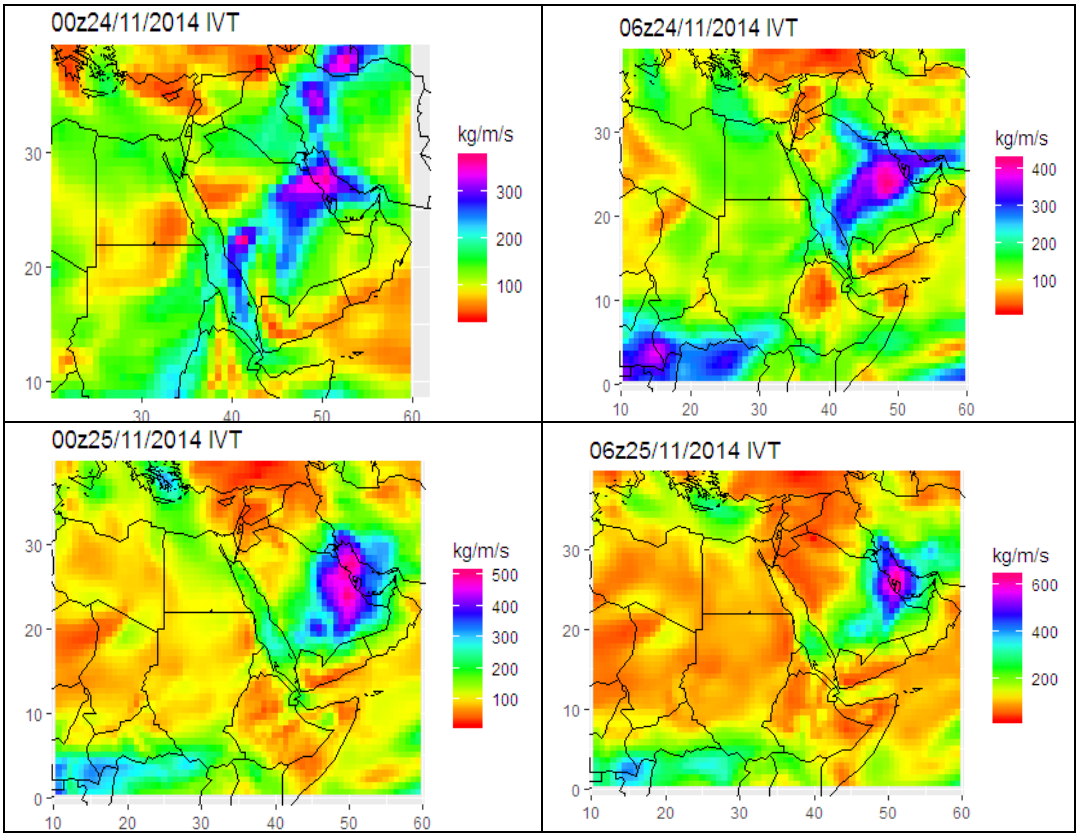
شکل(۱۱). الگوهای ایزوباری و بخار آب (IWV) ۲۵نوامبر۲۰۱۵



شکل(۱۲).رودباد تراز 250 هکتوپاسکال۲۵ نوامبر۲۰۱۵

شکل(۱۳) مقادیر IVT را برای روزهای۲۴ و ۲۵ نوامبر (روز قبل و روز اوج بارش) نشان می‌دهد. در ساعات اولیه‌ی شروع بارش، بالاترین میزان IVT درخلیج فارس و شرق دریای سرخ محاسبه شده است که به بیش از ۳۰۰ کیلوگرم بر متر بر ثانیه می‌رسد. نقشه ساعات اوج بارندگی، نشان می دهد که میزان IVT در مناطقی از دریای سرخ با جهت جنوب غربی - شمال شرقی افزایش می یابد. در روز اوج بارندگی، بالاترین میزان IVT همچنان در خلیج فارس (بالاتر از ۶۰۰ کیلوگرم بر متر بر ثانیه) محاسبه شده است. مشاهده می‌شود که شار رطوبت به صورت ناحیه‌ای با جهت جنوب غربی- شمال شرقی روی شبه جزیره عربستان قرار دارد. مناطق همگرایی شار به طرف شرق و شمال شرق جابه‌جا شده‌اند.

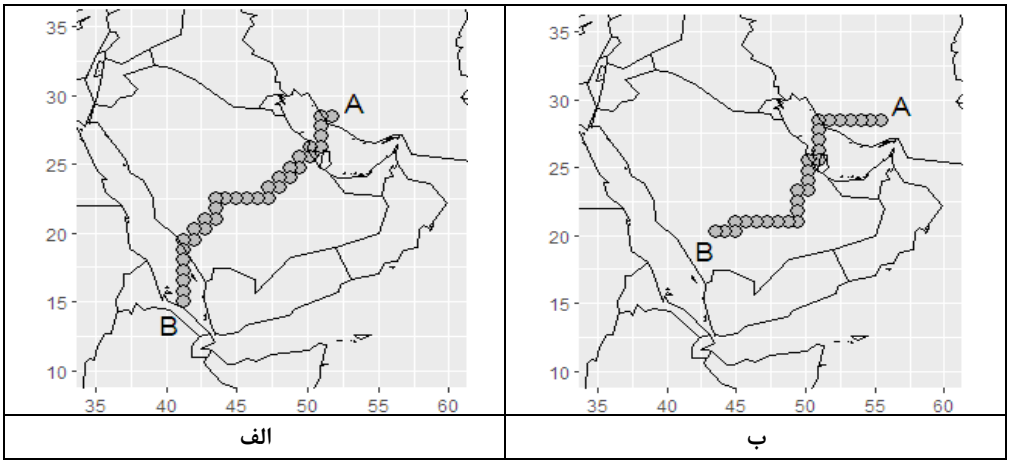
[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]




**شکل(۱۳). انتگرال قائم حرکت افقی بخار آب جو (IVT)**

مانند اولین رویداد، ابتدا باید مسیر رطوبت و محور را برای شناسایی AR محاسبه کنیم. در ساعت ۰۰زولو ۲۴ نوامبر(روز قبل از اوج بارندگی) ، مجموع نقاطی که دارای مقادیر بالاتر از آستانه‌ی IVT می‌باشند ۳۱ نقطه است. بنابراین طول این محور ۲۵۵۰ کیلومترمحاسبه شد. طبق تصویر، می‌توان گفت منبع اصلی رطوبت ناشی از بارندگی در منطقه دریای سرخ است. در شکل(۱۴ ب) مسیر کوتاهتر می‌شود طول این محور برای ۲۴ ساعت بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر است. در اینپ ژوهش۳ شرط ارتباط بارندگی‌های شدید با رودخانه های جوی وجود دارد: ۱) طول> ۲۰۰۰ کیلومتر. ۲) iwv≥20mm) و ۳) انتقال رطوبت از استوا و عرض های جغرافیایی پایین به سمت عرض های بالا. با توجه به این فرضیه که ARs رطوبت را از عرض های پایین به عرض‌های جغرافیایی بالا منتقل می کند (ژو و همکاران، ۱۹۸۸: ۷۲۵) و با توجه به اینکه همه شرایط موجود است، می توان ادعا کرد که مسیر بارش‌های سنگین در منطقه در زمان‌های مشخص شده، مسیر رودخانه جوی است.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]




**شکل (۱۴). مسیر حرکت رطوبت (نقاط بیشتر از آستانه‌ی IVT)**

## نتیجه گیری

درک رابطه‌ی بین بارندگی های شدید در جنوب و جنوب غرب ایران با رودخانه‌های جوی (ARs) برای پیش بینی صحیح بارندگی و مدیریت منابع آب ضروری است. در این مقاله از الگوریتم جدیدی برای شناسایی منابع رطوبت و رودخانه‌های جوی و ارتباط آن با بارندگی شدید در جنوب و جنوب غربی ایران استفاده شده است. به همین منظور دو مورد بارندگی شدید در جنوب و جنوب غربی ایران و ارتباط آن با رودخانه جوی استفاده شده است. در بین ایستگاهها، ایستگاه کوهرنگ دارای بیشترین و ایستگاه بندر لنگه دارای کمترین روزهای همراه با بارش سنگین در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه (۲۰۱۵-۱۹۸۶) بودند. نتایج نشان داد که منبع اصلی رطوبت بارش سنگین در جنوب و جنوب غربی ایران، جنوب دریای سرخ و خلیج عدن است. البته خروجی نقشه ها نشان می‌دهد که دریای عرب نیز در تامین رطوبت این بارش‌هابی تاثیر نبوده است. شبه جزیره‌ی عربستان با توجه به میزان بسیار بالای انتقال رطوبت حجم بسیار زیادی از رطوبت را به نواحی شمال و شرق خود منتقل می‌کند. نتایج این مطالعه با نتایج تحقیقات شادمانی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد، ایشان بیان می‌کنند که مبدا و منشاء اصلی مسیر انتقال رطوبت برای سیل غرب ایران دریای سرخ بوده است به گونه ای که جریان رطوبتی از مرکز دریای سرخ پس از طی یک مسیر طولانی به غرب ایران رسیده است. تحلیل نقشه‌های همدید نشان داد در روزهای مورد مطالعه بر روی بخش شرقی محور ناوه‌ی دریای سرخ، آشفتگی هوا از شرق دریای سرخ تا شمال دریای خزر وجود دارد و همین امر باعث می‌شود تا کم فشارهای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تا ارتفاعات زیاد به بالا کشیده شوند و با وجود رطوبت بالا در این روزها، باعث ایجاد بارندگی شدید شده است. با توجه به آنچه شرح داده شد، بیشترین میزان رطوبت از خلیج عدن، دریای سرخ و تا حدودی دریای عرب به ناحیه‌ی مرکزی شبه جزیره عربستان منتقل و از آنجا به شمال شرق شبه جزیره و در نهایت به سمت جنوب غرب وجنوب ایران وارد شده است. در این مقاله ۳ شرط برای ارتباط بارش های سنگین با رودخانه‌های جوی وجود دارد: ۱) طول> ۲۰۰۰ کیلومتر برای محور حاصل از محاسبه‌ی آستانه های IVT، ۲) IWV ≥20mm) و ۳) انتقال رطوبت از استوا و عرض های جغرافیایی پایین به سمت عرض های بالا. با در نظر گرفتن تمام شرایط موجود،

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

می توان ادعا کرد که مسیر بارش‌های سنگین در منطقه ی مورد مطالعه در زمان‌های مشخص‌شده، همان مسیر رودخانه‌جوی بوده است و میان بارش های سنگین در جنوب و جنوب غرب ایران با رودخانه‌های جوی ارتباط وجود دارد.

## منابع


پرک، فاطمه، احمد، روشنی، بهلول، علیجانی (۱۳۹۴)، **واکاوی همدیدی سامانه کمفشار سودانی در رخداد ترسالی‌ها و خشکسالی‌های نیمه جنوبی ایران**، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۴(۳)، ۷۵-۹۰.

حلبیان، امیرحسین، فرشته، حسینعلی پورجزی (۱۳۹۳)، **تحلیل فراوانی رودبادهای مرتبط با بارش‌های حدی و فراگیر در کرانه‌های غربی خزر**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۹(۱): ۲۰۵ -۲۲۰.

سبحانی، بهروز، مهدی، عالی جهان و بتول زینالی، (۱۳۹۵)، **واکاوی همدیدی، ماهواره‌ای موج بارشی سنگین استان چهارمحال بختیاری**، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۵(۴)، ۱۰۹-۱۳۴.

شادمانی، لیلا، محمدعلی، نصر اصفهانی، و احمدرضا، قاسمی، (۱۳۹۷)، **تشخیص منابع تأمین رطوبت و مسیر دقیق حرکت توده های هوای مرطوب مؤثر بر بارش های سیل آسا در غرب و جنوب ایران (مطالعه موردی :سیل ۷ و ۲۰ آبان۱۳۹۷)** ، مجله‌ی ژئوفیزیک ایران، ۱۲(۲): ۵۰ -۶۳ .

فرج زاده اصل، منوچهر، مصطفی، کریمی احمدآباد، هوشنگ ، قائمی و محمدرضا مباشری، (۱۳۸۸)، **چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه‌ی غرب ایران (مطالعه‌ی موردی: بارش ۷-۳ ژانویه ۱۹۹۶)**، فصلنامه‌ی مدرس علوم انسانی، **۱۳(۱)**: ۱۹۵ – ۲۱۴.

کریمی، مصطفی و منوچهر فرج زاده، (۱۳۹۰)، **شار رطوبت و الگوهای فضایی- زمانی منابع تامین رطوبت بارش‌های ایران**، نشریه‌ی تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹(۲۲): ۱۰۹-۱۲۷ .

لشکری، حسن، هوشنگ، قائمی و فاطمه، پرک (۱۳۹۰)، **تحلیل رژیم بارندگی جنوب و جنوب غرب کشور**، مجله سپهر، ۲۲(۸۵-۱): ۵۷-۶۳.

محمدی، بختیار و ابوالفضل مسعودیان، (۱۳۸۹)، **تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران، مطالعه‌ی موردی: آبان ۱۳۷۳**، جغرافیا و توسعه، ۸(۱۹): ۴۷ -۷۰ .

مسعودیان، سید ابوالفضل و فاطمه جعفری شندی، (۱۳۹۳)، **بررسی رابطه‌ی سامانه‌های همدید موثر بر بارش-های سنگین پهنه‌ی کم بارش شمالی ایران**، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۸(۵۰): ۳۰۵-۳۳۱.

نشریه‌ی وزارت نیرو، **شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران** (۱۳۸۵) ، ۲۹۶-الف: ۲.

Gao, Y., Lu, J., & Leung, L. R. (2016). **Uncertainties in projecting future changes in atmospheric rivers and their impacts on heavy precipitation over Europe. Journal of Climate**, 29(18), 6711-6726.

Gershunov, A., Shulgina, T., Ralph, F. M., Lavers, D. A., and Rutz, J. J.:(2017), **Assessing the climate-scale variability of atmospheric rivers affecting western North America, Geophys**. Res. Lett., 44, 7900– 7908, https://doi.org/10.1002/2017gl074175, 2017.


[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

Junker, N. W., Grumm, R. H., Hart, R., Bosart, L. F., Bell, K. M., & Pereira, F. J. (2008). **Use of normalized anomaly fields to anticipate extreme rainfall in the mountains of northern California**. Weather and Forecasting, 23(3), 336-356.

Kamae, Y., Mei, W., Xie, S. P., Naoi, M., & Ueda, H. (2017). **Atmospheric rivers over the Northwestern Pacific: Climatology and interannual variability**. Journal of Climate, 30(15), 5605-5619.

Lavers, D. A., Villarini, G., Allan, R. P., Wood, E. F., & Wade, A. J. (2012). **The detection of atmospheric rivers in atmospheric reanalyses and their links to British winter floods and the large-scale climatic circulation**. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 117(D20).

Lavers, D. A., & Villarini, G. (2013). **Atmospheric rivers and flooding over the central United States**. Journal of Climate, 26(20), 7829-7836.

Lora, J. M., Mitchell, J. L., Risi, C., and Tripati, A. E.: **North Pacific atmospheric rivers and their influence on western North America at the Last Glacial Maximum, Geophys. Res**. Lett., 44, 1051– 1059, https://doi.org/10.1002/2016gl071541, 2017.

Nayak, M. A., Villarini, G., & Bradley, A. A. (2016). **Atmospheric rivers and rainfall during NASA's Iowa Flood Studies (IFloodS) campaign**. Journal of Hydrometeorology, 17(1), 257-271.

Neiman, P. J., Ralph, F. M., Wick, G. A., Lundquist, J. D., & Dettinger, M. D. (2008). **Meteorological characteristics and overland precipitation impacts of atmospheric rivers affecting the West Coast of North America based on eight years of SSM/I satellite observations**. Journal of Hydrometeorology, 9(1), 22-47.

Paltan, H., Waliser, D., Lim, W. H., Guan, B., Yamazaki, D., Pant, R., & Dadson, S. (2017). **Global floods and water availability driven by atmospheric rivers**. Geophysical Research Letters, 44(20), 10-387.

Payne, A. E., & Magnusdottir, G. (2014). **Dynamics of landfalling atmospheric rivers over the North Pacific in 30 years of MERRA reanalysis**. Journal of Climate, 27(18), 7133-7150.

Ralph, F. M., Coleman, T., Neiman, P. J., Zamora, R. J., & Dettinger, M. D. (2013). **Observed impacts of duration and seasonality of atmospheric-river landfalls on soil moisture and runoff in coastal northern California.** Journal of Hydrometeorology, 14(2), 443-459.

Ralph, F. M., Dettinger, M., Lavers, D., Gorodetskaya, I. V., Martin, A., Viale, M., & Wernli, H. (2017). **Atmospheric rivers emerge as a global science and applications focus**. Bulletin of the American Meteorological Society, 98(9), 1969-1973.

Ramos, A. M., Nieto, R., Tomé, R., Gimeno, L., Trigo, R. M., Liberato, M. L., & Lavers, D. A. (2016). **Atmospheric rivers moisture sources from a Lagrangian perspective. Earth System Dynamics**, 7(2), 371-384.

Rutz, J. J., Steenburgh, W. J., & Ralph, F. M. (2014). **Climatological characteristics of atmospheric rivers and their inland penetration over the western United States**. Monthly Weather Review, 142(2), 905-921.

Viale, M., & Nuñez, M. N. (2011). **Climatology of winter orographic precipitation over thesubtropical central Andes and associated synoptic and regional characteristics**. Journal of Hydrometeorology, 12(4), 481-507.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]

Warner, M. D., Mass, C. F., & Salathé Jr, E. P. (2015). **Changes in winter atmospheric rivers along the North American west coast in CMIP5 climate models**. Journal of Hydrometeorology, 16(1), 118-128.

Wick, G. A., Neiman, P. J., Ralph, F. M., & Hamill, T. M. (2013). Evaluation of forecasts of the water vapor signature of atmospheric rivers in operational numerical weather prediction models. Weather and Forecasting, 28(6), 1337-1352.

Zhu, Y., & Newell, R. E. (1998). **A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers**. Monthly weather review, 126(3), 725-735.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.16.4 ]

[ DOI: 10.52547/jgs.21.61.295 ]