

## تحلیل فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت و منابع رطوبتی بارش سواحل جنوبی خزر

حمید نوری: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران \*  
حسنعلی غیور: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
سید ابوالفضل مسعودیان: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
مجید آزادی: دانشیار، پژوهشکده هواشناسی و علوم جوی، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۰، صص ۱-۱۴

### چکیده

این تحقیق به بررسی فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی همرفت و غیر همرفت سواحل جنوبی خزر در زمان رخداد بارش‌های سنگین و فوق سنگین می‌پردازد و ضمن مقایسه آن‌ها، سهم مشارکت منابع مختلف رطوبتی را در ایجاد این رویدادها در نواحی مختلف این منطقه نشان می‌دهد. به این منظور با استفاده از بارش روزانه و احتمال وقوع ۲۵ و ۵۰ درصد بارش، گروه‌های بارشی فوق سنگین و سنگین و با در نظر گرفتن شناسه همدید ابرها، گروه‌های بارشی همرفت و غیر همرفت تفکیک شدند. با استفاده از نقشه‌های تابع همگرایی شار رطوبت و وزش رطوبتی از دو روز قبل، منابع تامین کننده رطوبت در رویدادهای بارشی، از طریق پهنه‌های آبی پیرامون سواحل جنوبی خزر در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی شدند. بررسی نقشه‌های تابع شار رطوبت نشان می‌دهد که گروه بارشی فوق سنگین با منشا همرفت دارای مقادیر بیش تری نسبت به سایر گروه‌ها هستند. همچنین در همه گروه‌ها در ساعت ۰۶:۰۰ GMT بیشترین مقدار همگرایی شار رطوبت رخ می‌دهد. تفاوت مقادیر همگرایی شار رطوبت بین بارش‌های سنگین و فوق سنگین در گروه بارشی با منشا همرفت بسیار بیش تر از گروه بارشی با منشا غیر همرفت است. همچنین در ایجاد رویدادهای بارشی فوق سنگین نسبت به سنگین دریاها و منابع رطوبتی بیش تری دخالت دارند. در حالیکه دریای خزر اولین تامین کننده منابع رطوبتی بارش‌های سنگین و به ویژه فوق سنگین سواحل جنوبی است، دریای سیاه و مدیترانه به ترتیب در بارش‌های فوق سنگین مشارکت بیش تری نسبت به بارش‌های سنگین منطقه دارند.

واژه‌های کلیدی: تابع همگرایی شار رطوبت، منابع رطوبتی، بارش، سواحل جنوبی خزر

### ۱- مقدمه

رطوبت مورد نیاز بارش‌های این ناحیه از ایران زمین را تامین می‌کنند (غیور و همکاران، ۱۳۹۰). حجاری زاده و رورده (۱۳۸۲) با استفاده از نقشه‌های نم ویژه، مولفه‌های باد و الگوهای فشار تراز دریادر طی یک دوره آماری ۸ ساله نشان دادند که علاوه بر تاثیر

سامانه‌های پرفشار اروپایی و پرفشار سیبری مستقر در اطراف دریای سیاه به تنهایی، به صورت ادغامی یا همراه با سامانه‌های کم فشار، الگوهای اصلی سامانه‌های همدید سواحل جنوبی خزر هستند که

کند. بناکوس و شولز<sup>۱</sup> ضمن بررسی تاریخچه‌ای از مطالعاتی که بر روی همرفت رطوبت انجام شده، به معرفی روش‌های محاسبه همگرایی شار رطوبت پرداختند. این تابع در ابتدا (۱۹۶۰) برای پیش بینی مقدار بارش در مقیاس همدید مورد استفاده بود. سپس در دهه ۱۹۷۰ برای پیش بینی شرایط اولیه همرفت در عرض‌های میانه پیشنهاد شد. امروزه با گسترش و بهبود تکنیکی‌های تحلیل‌های مکانی و زمانی داده‌های سطحی، این تابع در پیش بینی مقادیر اولیه همرفت در کوتاه مدت (سه ساعته) و جایابی آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در خصوص توانایی‌ها و محدودیت‌های استفاده از تابع همگرایی شار رطوبت تحقیقاتی توسط دوسول<sup>۲</sup> (۱۹۸۲)، بوسول<sup>۳</sup> (۱۹۸۸) و والسترایخز<sup>۴</sup> (۱۹۸۹) انجام شد. در برخی مطالعات، نقش این تابع در تخمین بارش‌ها در مقیاس‌های بزرگ (فرانکهاوزر<sup>۵</sup>، ۱۹۶۵)، در برخی دیگر در پیش بینی محل همرفت‌های اولیه پیترسن<sup>۶</sup> و همکاران، (۲۰۰۰) و در تعدادی دیگر در پیش بینی سطح پوشیده شده آسمان از ابرهای همرفت در مناطق استوایی (کریشنامورتی<sup>۷</sup>، ۱۹۶۹) مورد بررسی قرار گرفت. معادله‌ی همگرایی شار رطوبت بر اساس اصل پیوستگی بخار آب در دستگاه مختصات همفشار به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{dq}{dt} = S \quad (1)$$

دریای خزر، دریای سیاه و مدیترانه بر بارش‌های سالانه سواحل شمالی ایران، دریای سرخ، دریای عمان و دریای عرب هم بر بارش‌های این منطقه به ویژه بارندگی‌های بیش از ۳۰ میلیمتر موثرند. مشارکت رطوبت دریاها، سرخ، عرب و عمان در ایجاد بارش در فصل پاییز، بیش از دریای سیاه و مدیترانه است. در تحقیق دیگری منابع رطوبتی بارش‌های غرب کشور با استفاده از مقادیر شار رطوبت مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها نشان دادند که دریای عرب و عمان در ترازهای پایینی و دریای سرخ در تراز میانی جو، بیش ترین نقش را در تامین رطوبت بارش در این منطقه دارند (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۸). خوشحال و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از نقشه‌های وزش رطوبتی تراز دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار تراز دریا نشان دادند که منابع رطوبتی بارش‌های فوق سنگین بوشهر، مناطق حاره ای شرق آفریقا، اقیانوس هند، دریای عرب و خلیج عدن، دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عمان هستند. در برخی مطالعات دیگر به نقش دریای مدیترانه در بارش‌های ایران زمین تاکید شده است (علیجانی، ۱۳۷۴).

در این مقاله از تابع همگرایی شار رطوبت استفاده شده است. این تابع، مقدار رطوبت موجود در هوا است که به سوی یک نقطه حرکت می‌کند و ترکیبی از عبارت وزش یا فرارفت رطوبت و عبارت همگرایی رطوبت است. برای محاسبه این تابع از رطوبت ویژه و مولفه‌های باد استفاده می‌شود که اهمیت زیادی در پیش بینی توفان‌های تندری و بارش‌های سنگین دارد. یک منطقه ناپایدار با مقادیر بالای همگرایی رطوبت، شرایط مناسبی برای رشد این نوع توفان‌ها فراهم می‌

<sup>1</sup> - Banacis and Schultz

<sup>2</sup> - Doswell

<sup>3</sup> - Bothwell

<sup>4</sup> - Waldstreicher

<sup>5</sup> - Frankhauser

<sup>6</sup> - Petersen

<sup>7</sup> - Krishnamurty

استوارند که آب حاصل از چگالش در همان دم به صورت بارش فرو می‌بارد. پس داریم:

$$S = E - P$$

با استفاده از معادله‌ی پیوستگی، می‌توان رابطه‌ی (۱) را به صورت معادله‌ی شار که تضمین‌کننده‌ی پایستگی کل جرم رطوبت است، بسط داده و بازنویسی کرد و رابطه ۲ و ۳ را به دست آورد:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + \omega \frac{\partial q}{\partial p} + q \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} \right) = E - P \quad (2)$$

$$\text{ذخیره} = \text{همگرایی افقی شار رطوبت} + \text{همگرایی عمودی شار رطوبت} + \text{تغییر در جای } q \quad (3)$$

مشارکت منابع مختلف رطوبتی را در ایجاد این رویدادها در نواحی مختلف این منطقه نشان می‌دهد.

## ۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش از پایگاه داده‌های بارش روزانه هفت ایستگاه همدید که بین سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۷ در سواحل جنوبی خزر دارای آمار بارش روزانه و همدید ابرها هستند (انزلی، رشت، آستارا، رامسر، سیاه پیشه، بابلسر و گنبد) استفاده شد. مبتنی بر داده‌های بارش روزانه، پایگاه داده رویدادهای بارشی خزری فراهم گردید. مبتنی بر تعریف، "رویداد بارشی" به یک یا چند روز متوالی گفته می‌شود که در هیچ یک از روزها مقدار بارش از ۱ میلی‌متر کمتر نبوده است. سپس شدت بارش رویدادها برحسب میلی‌متر در روز محاسبه و با استفاده از روش ویبول بر اساس سیر نزولی از بزرگترین به کوچکترین داده مرتب شدند و با لحاظ ۲۵ و ۵۰ درصد احتمال وقوع، در هرکدام از

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + \omega \frac{\partial}{\partial p},$$

که در آن  $\vec{V} = (u, v, \omega)$  و  $q$ ، رطوبت ویژه

است.  $S$ ، ذخیره بخار آب است که اختلاف بین برون‌داد و درون‌داد بخار آب در بسته هوا است.  $S$ ، معمولاً از  $E - C$  بدست می‌آید؛ که در آن  $E$ ، نسبت تبخیر درون بسته هوا و  $C$ ، نسبت چگالش (تراکم) در بسته هوا است. بسیاری از مطالعاتی که از رابطه‌ی (۱) استفاده کرده‌اند (برای مثال پالمن و هولوپاینن (Palmen and Holopainen)، ۱۹۶۲) بر این فرض

رابطه‌ی (۳) به روشنی ترازمندی رطوبت بسته هوا که شامل تغییر در جای  $q$ ، واگرایی افقی شار رطوبت و واگرایی عمودی شار رطوبت و تغییرات ذخیره است را بیان می‌کند. صورت برداری این معادله به شکل زیر است:

$$MFC = -\nabla \cdot (q \vec{V}_h) = -\vec{V}_h \cdot \nabla q - q \nabla \cdot \vec{V}_h, \quad (4)$$

$$MFC = \text{جمله وزش} - \text{جمله همگرایی}$$

در رابطه‌ی ۵ جمله‌ی وزش، وزش افقی رطوبت ویژه و جمله همگرایی، حاصل ضرب رطوبت ویژه در همگرایی را بیان می‌کند.

این تحقیق به بررسی فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی همرفت و غیر همرفت سواحل جنوبی خزر در زمان رخداد بارش‌های سنگین و فوق سنگین می‌پردازد و ضمن مقایسه آن‌ها، سهم

رویدادهای بارشی سنگین با منشا غیرهمرفت به دست آمد. در این مطالعه، فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت رویدادهای سنگین و فوق سنگین همرفت و غیر همرفت در شش تراز ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و در چهار زمان دیده‌بانی در ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ تحلیل شد. همچنین این رویدادهای بارشی با تفکیک نواحی غربی، میانی و شرقی منطقه، مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر نقشه فراوانی، مقادیر تابع همگرایی شار رطوبت نیز ترسیم و مطالعه شد. بررسی‌های اولیه این تابع در زمان رخداد بارش‌های سواحل جنوبی خزر نشان داد که وقتی مقدار این تابع از ۴ گرم در کیلوگرم در ثانیه کم تر باشد بارشی روی نمی دهد و فقط زمانی می توان انتظار بارش داشت که مقدار این تابع از این آستانه بیش تر باشد. به همین دلیل و نیز برای ارائه تصاویر مناسب تر از نقشه‌های فراوانی تابع همگرایی شار رطوبتی، مقادیر مساوی و بیش تر از ۴ گرم در کیلوگرم در ثانیه به کار گرفته شد ( $MFC \geq 4$ ). سپس با استفاده از نقشه‌های تابع شار رطوبت و وزش رطوبتی دو روز قبل، منابع تامین کننده رطوبت رویدادهای بارشی فوق سنگین و سنگین منطقه، از طریق هفت پهنه آبی پیرامون سواحل جنوبی خزر شامل دریاچه خزر، دریای سیاه، دریای مدیترانه، دریای سرخ، دریای عرب، دریای عمان و خلیج فارس و در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال به عنوان یک مسیر و ترازهای ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال به عنوان مسیر دوم بررسی شدند.

### ۳- بحث و نتایج

بررسی نقشه‌های فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی سنگین در ترازهای

این هفت ایستگاه، رویدادهای بارشی فوق سنگین و سنگین جدا شدند. در دو گروه بارشی فوق سنگین (۳۱۱ رویداد) و سنگین (۹۱۵ رویداد)، شناسه همدید ابرهای پایین در روزهای نماینده (اوج بارش در هر رویداد بارشی یعنی سنگین روز بارشی در هر رویداد) بررسی و تحلیل‌های آماری لازم صورت گرفت. سپس، ابرها بر اساس ساختار توسعه عمودی یا افقی خود به دوگروه ابرهای همرفت ۱ یا کومولفورم یا جوششی و غیر همرفت ۲ یا استراتیفورم یا پوششی تقسیم شدند. این تقسیم بندی با توجه به تفاوت‌های موجود از نظر خصوصیات بارش مانند شدت و مدت بارش و خصوصیات ابرها توسط مرکز پیش بینی جوی اروپا (ECMWF) توصیه شده و بر اساس شناسه‌های ثبت شده در ایستگاه‌های همدید قابل انجام است. شناسه‌های همدید ابرهای نوع ۲ (کومولوس همراه با رشد عمودی)، ۳ (کومولونیمبوس)، ۸ (کومولوس و استراتوکومولوس) و ۹ (کومولونیمبوس همراه با ابرهای سیروس در بالا) نشانگر ابرهای جوششی و شناسه‌های همدید ابرهای نوع ۴ (استراتوکومولوس که با تغییر شکل کومولوس‌ها شکل می گیرد)، ۵ (استراتوکومولوس که از تغییر شکل کومولوس‌ها به وجود نمی آید)، ۶ (استراتوس یا فراکتواستراتوس یا باهم) و ۷ (فراکتواستراتوس یا آلتوکومولوس) بیانگر ابرهای پوششی هستند. به این ترتیب چهار گروه بارشی شامل رویدادهای بارشی فوق سنگین با منشا همرفت، رویدادهای بارشی سنگین با منشا همرفت، رویدادهای بارشی فوق سنگین با منشا غیرهمرفت و

1-cumuliform  
2-stratiform

و روی فلات تبت (با فراوانی بیش از ۷۰ درصد). فراوانی همگرایی شار رطوبت در ساعات ۰۰:۰۰ و ۱۲:۰۰ در سواحل میانی و شرقی خزر کمتر از ۱۰ درصد و در سواحل غربی در حدود ۱۰ درصد و بیش از آن است. این فراوانی در ساعت ۱۸:۰۰ کاهش یافته و در حدود ۵ درصد می باشد. بررسی نقشه‌ی فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال نشان داد که در ساعت ۰۰:۰۰، این فراوانی در همه سواحل خزر نزدیک ۲۰ درصد است. در این ساعت هسته بیشنه همگرایی شار رطوبتی با فراوانی بیش از ۳۰ درصد در شرق ایران دیده می شود. در ساعت ۰۶:۰۰، نیمه شرقی سواحل خزر کمتر از ۲۰ درصد و سواحل غربی نزدیک به ۳۰ درصد فراوانی دارد. در این ساعت مرکز تا غرب و شمال غرب ایران با فراوانی بیش از ۷۰ درصد، یکی از هسته‌های مهم بیشینه همگرایی شار رطوبتی روی ایران است که سواحل جنوبی خزر را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. هسته دیگری با فراوانی بیش از ۵۰ درصد هم، شرق ایران را در بر گرفته و بر روی کوه‌های هندوکش کشیده شده است. در ساعت ۱۲:۰۰، نیمه شرقی سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی کمتر از ۱۰ درصد و نیمه غربی آن دارای فراوانی بیش از ۲۰ درصد است. در ساعت ۱۸:۰۰، سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی کمی بیش از ۱۰ درصد هستند. در این ساعت، هسته تجمع رطوبت در مرکز و غرب ایران بسیار ضعیف شده است. به طور کلی در دوره‌ی مورد مطالعه، در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال، فراوانی تابع همگرایی رطوبت بر روی ایران در بیشترین حالت (ساعت ۰۶:۰۰) بیش از ۷۰ درصد و در سواحل جنوبی خزر حدود ۳۰ درصد (۰۶:۰۰) بوده و این اهمیت زیاد

۵۰۰ و ۶۰۰ هکتوپاسکال در ساعات ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ نشان داد که به طور کلی این ترازها را نمی‌توان یک تراز مؤثر در تأمین رطوبت بارش‌های سنگین خزر دانست زیرا در هر چهار زمان، فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت بر روی سواحل خزر بسیار ناچیز و زیر ۵ درصد بوده است. ایران و همه محدوده مورد بررسی نیز تقریباً چنین وضعیتی را دارند. در بیشترین مقدار، در ساعت ۱۲:۰۰، هسته‌ای با مقدار بیش از ۱۰ درصد از شرق ایران تا غرب چین کشیده شده است. هسته‌هایی نیز روی خلیج فارس، چین و سودان وجود دارد. بررسی نقشه‌ی فراوانی همگرایی شار رطوبت در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در ساعات ۰۰:۰۰ و ۱۸:۰۰ این فراوانی در سواحل خزر کمتر از ۵ درصد و در ساعات ۰۶:۰۰ و ۱۲:۰۰ بین ۵ تا ۱۰ درصد بود. شمال شرق ایران تا دریاچه بالقاش (بیش از ۱۵ درصد)، خلیج فارس (بیش از ۲۰ درصد)، فلات تبت، دریای سرخ و سودان پنج هسته اصلی منطقه هستند که به ویژه در ساعت ۱۲:۰۰ مقادیرشان افزایش می یابد. به طور کلی از نظر فراوانی و تجمع رطوبت برای این رویدادهای بارشی، تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال دارای اهمیت زیادی نیست. بررسی نقشه‌ی فراوانی همگرایی شار رطوبت تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان داد که فقط در ساعت ۰۶:۰۰، مقادیر فراوانی این تابع در کل سواحل خزر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد می باشند. در رویدادهای مورد بررسی، دو هسته تجمع رطوبت، ایران را در بر گرفته است. اولی از مرکز ایران به سوی شمال غرب و روی کوه‌های زاگرس با فراوانی بیش از ۵۰ درصد و دیگری از شرق ایران به سوی شمال شرق و روی کوه‌های هندوکش (با فراوانی بیش از ۴۰ درصد) و بعد به سمت شرق،

این تراز در تأمین رطوبت مورد نیاز بارش‌های سنگین و فراگیر کشور و سواحل جنوبی خزر به ویژه نیمه غربی آن را نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌های فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در ساعت ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰ و ۱۲:۰۰ منطقه‌ی همگرایی شار رطوبت عمده‌ای بر روی ایران دیده نمی‌شود. در این زمان‌ها فراوانی همگرایی شار رطوبت در محدوده‌ی مورد مطالعه، هیچ‌گاه بالاتر از ۵ درصد نبوده است. ساعت ۱۸:۰۰، تفاوت بسیار زیادی با سه دیده‌بانی قبلی دارد. هسته‌های بیشینه فراوانی شار رطوبت در ایران روی شمال شرق کشور و در منطقه در فلات تبت، کوه‌های تین، کوه‌های هندوکش، جنوب عربستان و شرق تا غرب آفریقا مشاهده می‌شود. در این زمان فراوانی همگرایی شار رطوبت، روی ایران به بیش از ۶۰ درصد و روی سواحل جنوبی خزر نیز به بیش از ۴۰ درصد رسیده است. بررسی نقشه‌ی فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال در ساعات ۰۶:۰۰، ۰۰:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ نشان داد که به طور کلی تراز ۶۰۰ پاسکال را نمی‌توان یک تراز مؤثر در تأمین رطوبت بارش‌های فوق سنگین یک روزه خزر دانست زیرا در هر ۴ زمان، فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت بر روی سواحل خزر بسیار ناچیز و زیر ۵ درصد بوده است. ایران و همه محدوده مورد بررسی نیز تقریباً چنین وضعیتی را دارند. مهم ترین هسته بیشینه فراوانی همگرایی رطوبت در منطقه، روی فلات تبت است. بررسی نقشه‌ی فراوانی همگرایی شار رطوبت تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در ساعات ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰ و ۱۸:۰۰ این فراوانی در سواحل خزر، کمتر از ۵ درصد و در ساعات ۱۲:۰۰ بین ۵ تا ۱۰ درصد است. شمال شرق ایران تا دریاچه بالقاش (بیش از ۱۵ درصد)، خلیج فارس (بیش از ۲۰

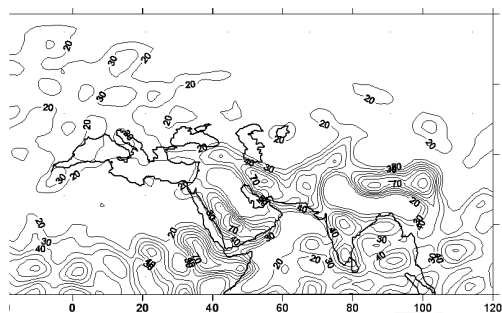
این تراز در تأمین رطوبت مورد نیاز بارش‌های سنگین و فراگیر کشور و سواحل جنوبی خزر به ویژه نیمه غربی آن را نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌های فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در ساعت ۰۰:۰۰ این فراوانی در سواحل جنوبی خزر بیش از ۲۰ درصد است. در این زمان سه هسته با فراوانی بیش از ۳۰ درصد در شمال غرب، بیش از ۴۰ درصد در شمال شرق و بیش از ۲۰ درصد در جنوب ایران دیده می‌شود. فلات تبت و شرق تا غرب آفریقا نیز از مهم ترین هسته‌های بیشینه همگرایی رطوبت در منطقه هستند. در ساعت ۰۶:۰۰، نیمه شرقی سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی بیش از ۲۰ درصد و نیمه غربی آن دارای فراوانی بیش از ۳۰ درصد هستند. غرب ایران و شرق ایران نیز به ترتیب دارای هسته‌های بیشینه همگرایی رطوبت بیش از ۷۰ و ۶۰ درصد هستند. فلات تبت، هندوستان، شرق دریای سرخ و شرق تا غرب آفریقا از مهم ترین هسته‌های تجمع رطوبت در منطقه در این ساعت هستند. در ساعت ۱۲:۰۰ نیمه شرقی سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی کمتر از ۲۰ درصد و سواحل غربی آن دارای فراوانی بیش از ۳۰ درصد است (شکل ۱). در ساعت ۱۸:۰۰ فراوانی بیش از ۲۰ درصد، سواحل جنوبی خزر را در بر گرفته است. هسته تجمع رطوبتی با فراوانی بیش از ۴۰ درصد، روی کوه‌های هندوکش قرار گرفته که کمربند فراوانی ۲۰ درصدی آن، شمال شرق ایران را در بردارد. به طور کلی در ایران زمین، تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان رویدادهای بارشی سنگین و فراگیر سواحل جنوبی خزر، در همه‌ی دیده‌بانی‌ها به ویژه ساعات ۰۶:۰۰ و ۱۲:۰۰، محل همگرایی شار رطوبت بوده است. بررسی نقشه‌های

درصد و سواحل غربی بیش از ۳۰ درصد فراوانی دارند. در این ساعت مرکز تا غرب و شمال غرب ایران با فراوانی بیش از ۸۰ درصد، یکی از هسته مهم بیشینه همگرایی شار رطوبتی روی ایران است که سواحل جنوبی خزر را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. هسته دیگری با فراوانی بیش از ۶۰ درصد هم، شرق ایران را در بر گرفته و بر روی کوه‌های هندوکش کشیده شده است. در ساعت ۱۲:۰۰، نیمه شرقی سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی بین ۱۰ تا ۲۰ درصد و نیمه غربی آن دارای فراوانی بیش از ۳۰ درصد است. در جنوب و روی کوه‌های زاگرس در غرب، هسته ای با فراوانی بیش از ۶۰ درصد مشاهده می شود. فلات تبت، شرق تا غرب آفریقا و شرق دریای سرخ نیز از مهم ترین هسته‌های تجمع رطوبت در منطقه هستند. در ساعت ۱۸:۰۰، سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی کمی بیش از ۱۰ درصد هستند. در این ساعت، فراوانی هسته تجمع رطوبت در مرکز و غرب ایران، به ۲۰ درصد و در شرق ایران به ۳۰ درصد می رسد.

به طور کلی در دوره‌ی مورد مطالعه، در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال، فراوانی تابع همگرایی رطوبت بر روی ایران در بیش ترین حالت (ساعت ۰۶:۰۰) بیش از ۸۰ درصد و در سواحل جنوبی خزر بیش از ۳۰ درصد بوده و این اهمیت زیاد این تراز در تأمین رطوبت مورد نیاز بارش‌های سنگین و فراگیر کشور و سواحل جنوبی خزر به ویژه نیمه غربی آن را نشان می‌دهد (شکل ۲). بررسی نقشه‌های فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در ساعت ۰۰:۰۰ این فراوانی در سواحل جنوبی خزر بیش از ۲۰ درصد است. در این زمان سه هسته با فراوانی بیش از ۴۰ درصد در شمال غرب، در شمال

درصد، فلات تبت، دریای سرخ و سودان پنج هسته اصلی منطقه هستند که به ویژه در ساعت ۱۲:۰۰ مقادیرشان افزایش می یابد. به طور کلی از نظر فراوانی همگرایی شار رطوبت برای این رویدادهای بارشی، تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، همانند دو تراز ۵۰۰ و ۶۰۰ هکتوپاسکال، دارای اهمیت زیادی نیست. بررسی نقشه‌ی فراوانی همگرایی شار رطوبت تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان داد که فقط در ساعت ۰۶:۰۰ مقادیر فراوانی در کل سواحل خزر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد می باشند. این فراوانی در سواحل جنوبی خزر در ساعت ۱۲:۰۰ کم تر از ۲۰ درصد، در ساعت ۰۰:۰۰ کم تر از ۱۰ درصد و در ساعت ۱۸:۰۰ کم تر از ۵ درصد است. در رویدادهای مورد بررسی، دو هسته تجمع رطوبت ایران را در بر گرفته است. اولی از مرکز ایران به سوی شمال غرب و روی کوه‌های زاگرس با فراوانی بیش از ۶۰ درصد و دیگری از شرق ایران به سوی شمال شرق و روی کوه‌های هندوکش (با فراوانی بیش از ۴۰ درصد) و بعد به سمت شرق و روی فلات تبت (با فراوانی بیش از ۷۰ درصد). ارتفاعات اتیوپی و شرق آفریقا، زاگرس و البرز، کوه‌های هندوکش و فلات تبت مهم ترین مناطق تجمع رطوبت در منطقه و در این تراز، به ویژه در ساعت ۰۶:۰۰ و بعد ۱۲:۰۰ هستند. بررسی نقشه‌ی فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال نشان داد که در ساعت ۰۰:۰۰ این فراوانی در سواحل غربی خزر کم تر از ۲۰ درصد و در سواحل شرقی بیش تر از ۲۰ درصد است. در این ساعت هسته بیشینه همگرایی شار رطوبتی با فراوانی بیش از ۳۰ درصد در شرق ایران دیده می شود. در ساعت ۰۶:۰۰، نیمه شرقی سواحل خزر بین ۲۰ و ۳۰

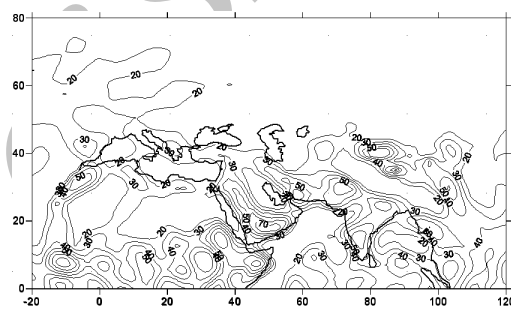
سواحل غربی آن دارای فراوانی بیش از ۳۰ درصد است. در این زمان، هسته تجمع رطوبت در جنوب ایران بیش از ۷۰ درصد است و هسته‌های دیگری نیز روی پاکستان، هندوستان، چین و فلات تبت، عربستان و شرق تا غرب آفریقا گسترده شده است. در ساعت ۱۸:۰۰، فراوانی بیش از ۳۰ درصد، سواحل جنوبی خزر را در بر گرفته است. به طور کلی در سواحل جنوبی خزر، تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در زمان رویدادهای بارشی فوق سنگین و فراگیر سواحل جنوبی خزر، در همه‌ی دیده‌بانی‌ها به ویژه در ساعات ۰۶:۰۰ و ۱۲:۰۰، محل همگرایی شار رطوبت بوده است.



شکل ۲) فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال در ساعت ۰۶:۰۰

ترین مقدار همگرایی شار رطوبت رخ می‌دهد. این مقادیر برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال برای ساعات مختلف دیده بانی در جدول (۱) ارائه شده است. از سوی دیگر موقعیت جغرافیایی هسته میانگین روزانه همگرایی شار رطوبت در هر ناحیه روی خود آن ناحیه واقع است (شکل‌های ۳ تا ۸).

شرق و در جنوب شرق ایران دیده می‌شود. خلیج فارس، فلات تبت و شرق تا غرب آفریقا نیز از مهم ترین هسته‌های بیشینه همگرایی رطوبت در منطقه هستند. در ساعت ۰۶:۰۰، نیمه شرقی سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی بیش از ۳۰ درصد و نیمه غربی آن دارای فراوانی بیش از ۴۰ درصد هستند. غرب و شرق ایران نیز به ترتیب دارای هسته‌های بیشینه همگرایی رطوبت بیش از ۸۰ و ۷۰ درصد هستند. فلات تبت، هندوستان، شرق دریای سرخ و شرق تا غرب آفریقا از مهم ترین هسته‌های تجمع رطوبت در منطقه در این ساعت هستند. در ساعت ۱۲:۰۰، نیمه شرقی سواحل جنوبی خزر دارای فراوانی کمتر از ۲۰ درصد و



شکل ۱) فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی سنگین در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲:۰۰

تحلیل تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین و سنگین در بخش‌های غربی، شرقی و کوهستانهای مرکزی منطقه نشان می‌دهد که بخش‌های غربی و کوهستان مرکزی دارای مقادیر بیش تری از همگرایی شار رطوبت نسبت به بخش شرقی هستند (در حدود ۲ برابر). همچنین در همه نواحی، در ساعت ۰۶ دیده بانی یعنی ۹:۳۰ به وقت محلی، بیش

جدول ۱) مقادیر میانگین همگرایی شار رطوبت در گروه‌ها و نواحی مختلف بارشی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



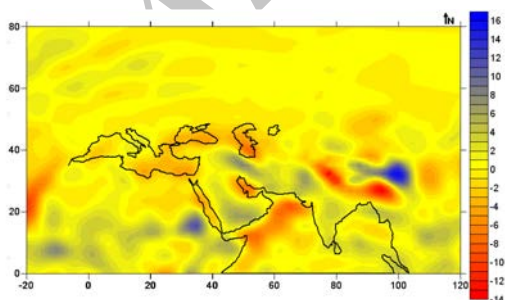
## برحسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه

|                                      |    |    |    |    |
|--------------------------------------|----|----|----|----|
| ساعت دیده بانی<br>گروه بارشی و ناحیه | ۰۰ | ۰۶ | ۱۲ | ۱۸ |
| ناحیه غربی، بارش فوق سنگین           | ۱۲ | ۱۶ | ۱۲ | ۱۰ |
| ناحیه غربی، بارش سنگین               | ۹  | ۱۲ | ۸  | ۵  |
| ناحیه کوهستان مرکزی، بارش فوق سنگین  | ۱۱ | ۱۴ | ۱۰ | ۸  |
| ناحیه کوهستان مرکزی، بارش سنگین      | ۶  | ۱۲ | ۸  | ۴  |
| ناحیه شرقی، بارش فوق سنگین           | ۶  | ۱۱ | ۸  | ۶  |
| ناحیه شرقی، بارش سنگین               | ۶  | ۸  | ۸  | ۴  |

رطوبت رخ می دهد. از سوی دیگر تفاوت مقادیر همگرایی شار رطوبت بین بارش های سنگین و فوق سنگین در گروه بارشی با منشا همرفت بسیار بیش تر از گروه بارشی با منشا غیر هم رفت است. این مقادیر در جدول ۲ ارایه شده است. همچنین وضعیت میانگین روزانه همگرایی شار رطوبت در گروه های مختلف بارشی در شکل های ۹ تا ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۲) مقادیر میانگین همگرایی شار رطوبت در گروه های مختلف بارشی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال برحسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه

|                                   |    |    |    |    |
|-----------------------------------|----|----|----|----|
| ساعت دیده بانی<br>گروه بارشی      | ۰۰ | ۰۶ | ۱۲ | ۱۸ |
| بارش فوق سنگین با منشا هم رفت     | ۱۲ | ۱۸ | ۱۵ | ۶  |
| بارش فوق سنگین با منشا غیر هم رفت | ۸  | ۱۲ | ۹  | ۶  |
| بارش سنگین با منشا هم رفت         | ۷  | ۱۲ | ۸  | ۴  |
| بارش سنگین با منشا غیر هم رفت     | ۵  | ۱۱ | ۶  | ۲  |

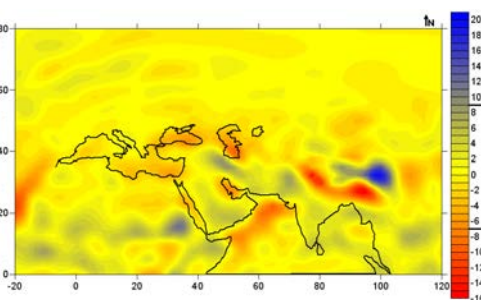


شکل ۴) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی سنگین در ناحیه غربی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

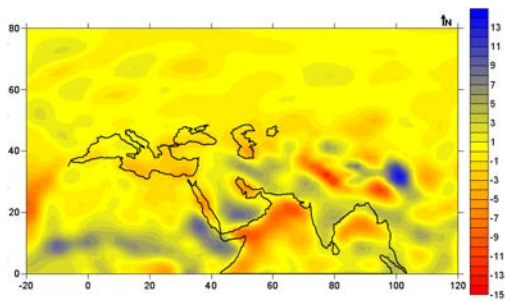
تحلیل فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین و سنگین با منشا همرفت و غیر همرفت در ترازها و ساعات مختلف دیده بانی نشان می دهد که گروه بارشی فوق سنگین با منشا همرفت دارای مقادیر بیش تری نسبت به سایر گروه ها هستند. همچنین در همه گروه ها در ساعت ۰۶ دیده بانی یعنی ۹:۳۰ به وقت محلی، بیش ترین مقدار همگرایی شار

مقادیر میانگین همگرایی شار رطوبت در گروه های مختلف بارشی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال برحسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه

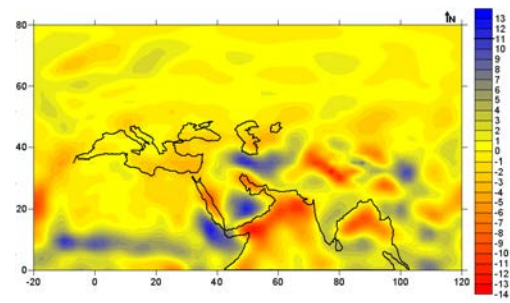
گرم بر کیلوگرم در ثانیه



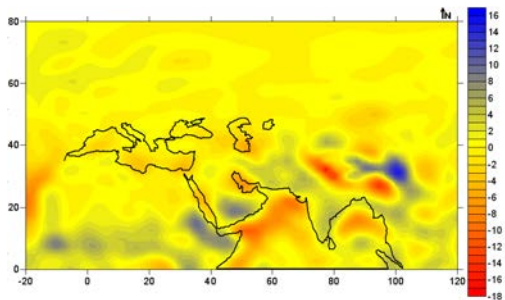
شکل ۳) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین در ناحیه غربی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



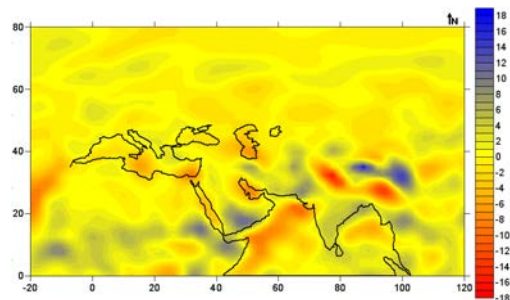
شکل ۶) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی سنگین در ناحیه کوهستان مرکزی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



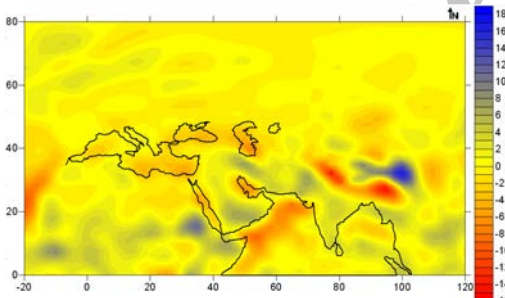
شکل ۵) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین در ناحیه کوهستان مرکزی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



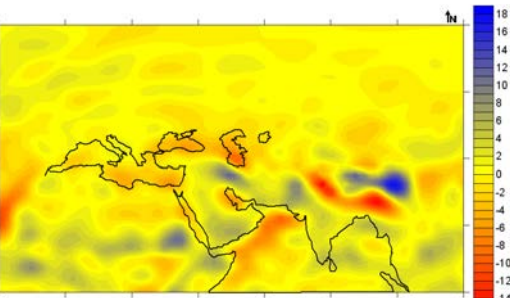
شکل ۸) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی سنگین در ناحیه شرقی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



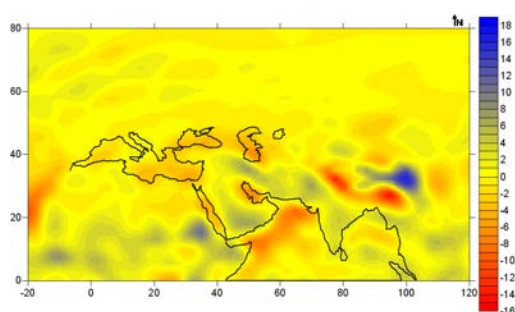
شکل ۷) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین در ناحیه شرقی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



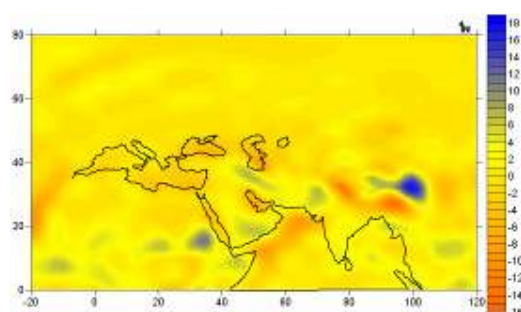
شکل ۱۰) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی سنگین با منشا همرفت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۹) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین با منشا همرفت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۱۲) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی سنگین با منشا غیر همرفت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۱۱) میانگین روزانه فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین با منشا غیر همرفت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

نوع بارش‌ها بودند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ترازهای ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال، در ۶۰/۳ درصد از بارش‌های فوق سنگین تنها یک پهنه آبی، در ۳۱/۷ درصد رویدادها، دو منبع، در ۶/۷ درصد از رویدادها سه منبع و در ۱/۳ درصد از رویدادها، چهار منبع، تامین کننده نیازهای رطوبتی این نوع بارش‌ها بودند. این درحالی است که در رویدادهای بارشی سنگین در همین ترازها، در ۵۵/۱ درصد از رویدادها تنها یک پهنه آبی تامین کننده منابع رطوبت بارش‌ها بوده است. در ۳۳/۸ درصد رویدادها، دو منبع، در ۹/۳ درصد از رویدادها سه منبع و در ۱/۸ درصد از رویدادها، چهار منبع تامین کننده نیازهای رطوبتی این نوع بارش‌ها بودند. به طور کلی در ایجاد رویدادهای بارشی فوق سنگین نسبت به سنگین منابع رطوبتی بیش تری دخالت و مشارکت دارند. جداول (۳) و (۴) فراوانی پهنه‌های آبی مختلف را در تامین منابع رطوبتی رویدادهای بارشی فوق سنگین و سنگین سواحل جنوبی خزر نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که دریای خزر اولین تامین کننده منابع رطوبتی بارش‌های سنگین و به ویژه بارش‌های فوق سنگین سواحل جنوبی خزر است. این پهنه آبی در تامین رطوبت

به طور کلی در نقشه‌های میانگین تابع همگرایی شار رطوبت، یک دو قطبی<sup>۱</sup> بین دریای خزر و سواحل جنوبی آن وجود دارد که نشان از اهمیت بالای دریای خزر در تامین رطوبت مورد نیاز بارش‌های سنگین و فوق سنگین منطقه دارد.

بررسی منابع رطوبتی رویدادهای بارشی سنگین و فوق سنگین سواحل جنوبی خزر نشان می‌دهد که در تراز ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال، در ۶۷/۶ درصد از بارش‌های فوق سنگین تنها یک پهنه آبی در ۲۱ درصد رویدادها، دو منبع، در ۵/۷ درصد از رویدادها سه منبع، در ۱/۵ درصد از رویدادها، چهار منبع، در ۲/۲ درصد از رویدادها، پنج منبع و در ۲ درصد از رویدادها شش منبع، تامین کننده نیازهای رطوبتی این نوع بارش‌ها بودند. این درحالی است که در رویدادهای بارشی سنگین در همین ترازها، در ۵۶/۱ درصد از رویدادها تنها یک پهنه آبی، در ۲۶/۵ درصد رویدادها، دو منبع، در ۸/۷ درصد از رویدادها سه منبع، در ۲/۶ درصد از رویدادها، چهار منبع، در ۲/۶ درصد از رویدادها، پنج منبع و در ۲/۵ درصد از رویدادها شش منبع تامین کننده نیازهای رطوبتی این

<sup>۱</sup> -Dipole

سنگین دارد. دریای عرب و خلیج فارس هم کم ترین نقش را در تامین رطوبت رویدادهای بارشی سنگین و فوق سنگین منطقه به ویژه در ترازهای میانی جو دارند. به نظر می رسد انتقال رطوبت از دریای عمان به منطقه به ویژه در ترازهای میانی و برای بارش‌های کوهستانی با وجود سهم اندک، بسیار مهم تر از خلیج فارس است.

مورد نیاز بارش‌های فوق سنگین به خصوص در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال نقش مهم تری را در مقایسه با بارش‌های سنگین ایفا می کند. بعد از این منبع رطوبتی، دریای سیاه و مدیترانه به ویژه در بارش‌های سنگین نسبت به بارش‌های فوق سنگین نقش موثرتری دارند. دریای مدیترانه در بارش‌های سنگین مشارکت بیش تری نسبت به بارش‌های فوق

جدول ۳) درصد فراوانی مشارکت پهنه‌های آبی مختلف در ایجاد رویدادهای بارشی فوق سنگین

| تراز<br>منابع رطوبتی | ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال | ترازهای ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| دریای خزر            | ۹۱.۱                           | ۶۲.۳                          |
| دریای سیاه           | ۳۰.۱                           | ۲۶.۸                          |
| دریای مدیترانه       | ۱۳                             | ۱۶.۲                          |
| خلیج فارس            | ۳.۵                            | ۲.۲                           |
| دریای عمان           | ۱۱.۴                           | ۱۱.۲                          |
| دریای سرخ            | ۶.۳                            | ۴.۱                           |
| دریای عرب            | ۰                              | ۱.۶                           |

جدول ۴) درصد فراوانی مشارکت پهنه‌های آبی مختلف در ایجاد رویدادهای بارشی سنگین

| تراز<br>منابع رطوبتی | ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال | ترازهای ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| دریای خزر            | ۶۴.۸                           | ۵۵.۱                          |
| دریای سیاه           | ۳۵.۹                           | ۲۶.۷                          |
| دریای مدیترانه       | ۴۱.۸                           | ۳۳.۱                          |
| خلیج فارس            | ۱.۶                            | ۳.۲                           |
| دریای عمان           | ۳.۴                            | ۱۰.۵                          |
| دریای سرخ            | ۱.۱                            | ۸.۵                           |
| دریای عرب            | ۰                              | ۴.۲                           |

جنوبی خزر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در ساعت ۱۸:۰۰ و در ترازهای ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال، ساعت ۱۲:۰۰ و سپس در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ساعت ۰۶:۰۰ و ۱۲:۰۰ است. تحلیل تابع همگرایی شار رطوبت در رویدادهای بارشی فوق سنگین و سنگین در بخش‌های غربی، شرقی و کوهستانهای مرکزی منطقه نشان می دهد که این مقادیر در

#### ۴- نتیجه گیری

مطالعه حاضر مهم ترین ایده بر گرفته از تحقیقات گذشته مانند نقش تابع همگرایی رطوبت در تعیین مناطق ایجاد شروع همرفت را تایید نموده و بر اهمیت این نوع بارش‌ها در شمال ایران تاکید می نماید. در مجموع بیش ترین فراوانی همگرایی شار رطوبت برای رویدادهای بارشی فوق سنگین در سواحل

خوشحال دستجردی جواد، خسروی محمود، نظری پور حمید، ۱۳۸۸، شناسایی منشا و مسیر رطوبت بارش‌های فوق سنگین استان بوشهر، مجله جغرافیا و توسعه، زمستان: ۷(پیاپی ۱۶): ۷-۲۸.

علیجانی بهلول، ۱۳۷۴، منابع رطوبتی بارش ایران، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت معلم، ۲۶۱-۲۷۵.

فرج زاده اصل، منوچهر، کریمی احمد آباد، مصطفی، قائمی، هوشنگ، مباحثی، محمود، ۱۳۸۸، چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه غرب ایران، مجله برنامه ریزی و آمایش فضا(مدری علوم انسانی)، بهار ۱۳، (پیاپی ۶۰): ۱۹۳-۲۱۷.

Bothwell, P. D., 1988: Forecasting convection with the AFOS Data Analysis Programs (ADAP-VERSION 2.0). NOAA Tech. Memo. NWS SR-122, 92 pp.

Doswell, C. A., III, 1977: Obtaining meteorologically significant surface divergence fields through the filtering property of objective analysis. Mon. Wea. Rev., 105, 885-892.

Fankhauser, J. C., 1965: A comparison of kinematically computed precipitation with observed convective rainfall. National Severe Storms Laboratory Rep. 25, 28 pp.

Krishnamurti, T. N., 1968: A calculation of percentage area covered by convective clouds from moisture convergence. J. Appl. Meteor., 7, 184-195.

Palmén, E., and E. O. Holopainen, 1962: Divergence, vertical velocity and conversion between potential and kinetic energy in an extratropical disturbance. Geophysica, 8, 89-113.

بخش‌های غربی و کوهستان مرکزی حدود ۲ برابر بخش شرقی هستند. بررسی نقشه‌های تابع شار رطوبت نشان می‌دهد که گروه بارشی فوق سنگین با منشا همرفت دارای مقادیر بیش تری نسبت به سایر گروه‌ها هستند. همچنین در همه گروه‌ها در ساعت ۰۶ دیده بانی یعنی ۹:۳۰ به وقت محلی، بیش ترین مقدار همگرایی شار رطوبت رخ می‌دهد. از سوی دیگر تفاوت مقادیر همگرایی شار رطوبت بین بارش‌های سنگین و فوق سنگین در گروه بارشی با منشا همرفت بسیار بیش تر از گروه بارشی با منشا غیر هم رفت است. به طور کلی در نقشه‌های میانگین تابع همگرایی شار رطوبت، یک دو قطبی بین دریای خزر و سواحل جنوبی آن وجود دارد که نشان از اهمیت بالای دریای خزر در تامین رطوبت مورد نیاز بارش‌های سنگین و فوق سنگین منطقه دارد. نتایج نشان می‌دهد که دریای خزر اولین تامین کننده منابع رطوبتی بارش‌های سنگین و فوق سنگین سواحل جنوبی خود است. این پهنه آبی در تامین رطوبت مورد نیاز بارش‌های فوق سنگین به ویژه در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال نقش مهم تری را در مقایسه با بارش‌های سنگین ایفا می‌کند. بعد از این منبع رطوبتی، دریای سیاه و مدیترانه به ویژه در بارش‌های سنگین نسبت به بارش‌های فوق سنگین نقش موثرتری دارند.

منابع

حجاری زاده زهرا، رورده همت اله، ۱۳۸۲، تعیین منابع رطوبتی بارندگی‌های سواحل جنوبی دریای خزر، مجله جغرافیا، پاییز و زمستان، ۱: ۹۱-۱۰۶.

- the 3 May 1999 Oklahoma City tornadoes. Preprints, 20<sup>th</sup> Conf. on Severe Local Storms, Orlando, FL, Amer. Meteor. Soc., 619–621.
- Waldstreicher, J. S., 1989: A guide to utilizing moisture flux convergence as a predictor of convection. Natl. Wea. Dig., 14 (4), 20–35.
- Peter C. Banacos, NOAA/NWS/NCEP/SPC, Norman, OK; and D. M. Schultz; Moisture flux convergence: its history and application in convective initiation forecasting; 22nd Conference on Severe Local Storms, Hyannis, MA 351-366
- Petersen, R. A., W. F. Feltz, J. Schaefer, and R. Schneider, 2000: An analysis of low-level moisture-flux convergence prior to

Archive of SID

## Analysis of Moisture Flux Convergence and moisture sources for precipitation in the southern coasts of Caspian Sea

H. Nouri, H. Ghayour, A. Masoodian, M. Azadi

Received: February 12, 2012/ Accepted: June 9, 2012, 1-4 P

### Extended Abstract

#### 1- Introduction

Moisture flux convergence (MFC) is some moisture in atmosphere that moves from side to another side. It combines from advection humidity and moisture convergence terms. The function is calculated on the basis special humidity and wind vectors and it is used to forecast the thunderstorms and heavy precipitations. It is a term in the conservation of water vapor equation and was first calculated in the 1950s and 1960s as a vertically integrated quantity to predict rainfall associated with synoptic-scale systems. MFC was eventually suggested for use in forecasting convective initiation in the midlatitudes in 1970, but practical MFC usage quickly evolved to include

only surface data, owing to the higher spatial and temporal resolution of surface observations. Since then, surface MFC has been widely applied as a short-term (0–3 h) prognostic quantity for forecasting convective initiation, with an emphasis on determining the favorable spatial locations for such development. This research investigates moisture flux convergence in convective, non-convective, super-heavy and heavy precipitation events in the southern coasts of Caspian Sea. It study role of each humidity resources to occur precipitation in different regions in the north of Iran.

**2- Methodology:** On the basis of daily precipitations in seven stations during 1961 to 2008, with regard to 25 and 50 percent probability, precipitation events are divided into heavy and super heavy precipitations. The events are also grouped into convective and non-convective precipitations based on the clouds synoptic codes. The moisture sources are distinguished using moisture flux convergence and humidity advection in different level pressures from 1000 to 500 hpa over

---

#### Author(s)

H. Nouri (✉)  
Assistant Professor, Department of Watershed Management,  
University of Malayer, Malayer, Iran.  
E-mail: hamidwatershed@yahoo.com

H. Ghayour  
Professor, Department of Geography and climatology, University  
of Isfahan, Isfahan, Iran

A. Masoodian  
Professor, Department of Geography and climatology, University  
of Isfahan, Isfahan, Iran.

M. Azadi  
Majid Azadi, Associated Professor, Atmospheric Science and  
Meteorological Research Center, Tehran, Iran

the past 2 days. Moisture sources are distinguished for precipitations in the north of Iran.

### 3– Discussion

Figure1 shows that there is the most frequency of moisture flux convergence in the west area in compare with the east and mountainous regions. There are the

maximum functions at 06:00 GMT for different precipitation regions. Figure 2 indicates that the functions are in the convective group more than non-convective group and super-heavy than heavy precipitation events. There are the maximum functions at 06:00 GMT for different precipitation groups.

**Fig.1. Moisture flux convergence mean in different precipitation regions in 1000hpa level(gr/kgs)**

| Observational times<br>Precipitation<br>regions | 00 | 06 | 12 | 18 |
|---|----|----|----|----|
| west region, super<br>heavy group               | 12 | 16 | 12 | 10 |
| West region, heavy<br>group                     | 9  | 12 | 8  | 5  |
| Mountainous<br>region, super heavy<br>group     | 11 | 14 | 10 | 8  |
| Mountainous<br>region, heavy group              | 6  | 12 | 8  | 4  |
| East region, super<br>heavy group               | 6  | 8  | 8  | 6  |
| East region, heavy<br>group                     | 6  | 8  | 8  | 4  |

**Fig.2. Moisture flux convergence mean in different precipitation groups in 1000hpa level(gr/kgs)**

| Observational times<br>Precipitation groups       | 00 | 06 | 12 | 18 |
|---|----|----|----|----|
| Convective and<br>super heavy<br>precipitation    | 12 | 18 | 15 | 6  |
| Nonconvective and<br>super heavy<br>precipitation | 8  | 12 | 9  | 6  |
| Convective and<br>heavy precipitation             | 7  | 12 | 8  | 4  |
| Nonconvective<br>superheavy<br>precipitation      | 5  | 11 | 6  | 2  |

### 4– Conclusion

The difference between heavy and super-heavy precipitation in terms of moisture flux convergence is more in convective than non-convective events. The frequency of moisture sources are more in super-heavy precipitation than heavy precipitation. However, the Caspian Sea is the first supplier moisture sources for the precipitation in the north of Iran, the Black Sea and Mediterranean Sea are the second supplier sources respectively in super-heavy and heavy precipitation.

**Key Words:** Moisture Flux Convergence, moisture sources, precipitation, southern coasts of Caspian Sea

### References

- Bothwell, P. D., 1988: Forecasting convection with the AFOS Data Analysis Programs (ADAP-VERSION 2.0). NOAA Tech. Memo. NWS SR-122, 92 pp.
- Doswell, C. A., III, 1977: Obtaining meteorologically significant surface divergence fields through the



- filtering property of objective analysis. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 885–892.
- Fankhauser, J. C., 1965: A comparison of kinematically computed precipitation with observed convective rainfall. *National Severe Storms Laboratory Rep.* 25, 28 pp.
- Krishnamurti, T. N., 1968: A calculation of percentage area covered by convective clouds from moisture convergence. *J. Appl. Meteor.*, 7, 184–195.
- Palmén, E., and E. O. Holopainen, 1962: Divergence, vertical velocity and conversion between potential and kinetic energy in an extratropical disturbance. *Geophysica*, 8, 89–113.
- Peter C. Banacos, NOAA/NWS/NCEP/SPC, Norman, OK; and D. M. Schultz; Moisture flux convergence: its history and application in convective initiation forecasting; 22nd Conference on Severe Local Storms, Hyannis, MA 351-366
- etersen, R. A., W. F. Feltz, J. Schaefer, and R. Schneider, 2000: An analysis of low-level moisture-flux convergence prior to the 3 May 1999 Oklahoma City tornadoes. Preprints, 20th Conf. on Severe Local Storms, Orlando, FL, Amer. Meteor. Soc., 619–621.
- Waldstreicher, J. S., 1989: A guide to utilizing moisture flux convergence as a predictor of convection. *Natl. Wea. Dig.*, 14 (4), 20–35.

Archive of SID