

رابطه‌ی فرود دریای سرخ با بارش‌های سنگین ایران

سهراب قاندى* - استادیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید رجایی شیراز

سعید موحّدی - استادیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه اصفهان

سید ابوالفضل مسعودیان - استاد آب‌وهواشناسی، دانشگاه اصفهان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۲/۰۸

چکیده

در فصول سرد و گذار، فرودی سطحی روی دریای سرخ شکل می‌گیرد که می‌تواند بر آب‌وهوای مناطق مجاور خود تأثیر گذارد. در نزدیک‌ترین فاصله، دریای سرخ حدود ۱۵۰۰ کیلومتر با ایران فاصله دارد که این فاصله در مقیاس همدید چندان زیاد نیست. با توجه به جهت جریان‌های جوی بزرگ‌مقیاس، این فرود می‌تواند بر آب‌وهوای ایران تأثیر گذارد. در این پژوهش تأثیر فرود دریای سرخ بر بارش‌های سنگین روزانه‌ی ایران بررسی شده است. با بررسی نقشه‌های تراز سطحی مشخص شد که از سی مورد بارش‌های سنگین ایران، به ترتیب رتبه (بر اساس میانگین بارش)، هفده مورد در ارتباط با فرود دریای سرخ است. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز میانی جو نیز نشان از وجود فرودی میانی، هم‌زمان با فرود سطحی دریای سرخ در زمان بارش‌ها دارد. سه مورد از این بارش‌ها تحلیل شدند. نقشه‌های همگرایی شار رطوبتی در زمان سه بارش سنگین، حاکی از انتقال رطوبت از دریای عرب به سمت دریای سرخ است. سپس این رطوبت در اثر حرکات صعودی متأثر از فرود میانی روی دریای سرخ، صعود کرده و به سمت مناطق شرقی این دریا و از جمله ایران جریان می‌یابد و به بارش‌های سنگین منجر می‌شود. بارش‌های ناشی از فرود دریای سرخ بیشتر مناطق جنوبی و جنوب‌غربی کشور را تحت تأثیر قرار داده است.

کلیدواژه‌ها: فرود دریای سرخ، بارش سنگین، همگرایی شار رطوبت، ایران.

مقدمه

آب‌وهوای هر مکان، اثریافته از مجموعه عوامل محلی و عوامل بیرونی است. عوامل محلی کمابیش ثابت بوده و در کوتاه‌مدت تغییری نمی‌کنند، ولی عوامل بیرونی تغییرپذیری شدیدتری نشان می‌دهند. از جمله عوامل

بیرونی مؤثر بر آب‌وهوای ایران، فرود دریای سرخ است. این فرود به شکل هشت (۸) روی دریای سرخ ایجاد می‌شود و فرودی سطحی بوده که در ترازهای بالاتر دیده نمی‌شود. پژوهشگران زیادی به تأثیر این فرود روی آب‌وهوا پرداخته‌اند. شاید بتوان گفت نخستین فردی که در این زمینه پژوهشی انجام داد، آشبیل^۱ بود. آشبیل (۱۹۳۸) طوفان‌های تندری منطقه‌ی شرق مدیترانه را بررسی کرد و این پدیده را متأثر از سامانه‌ای دانست که به اصطلاح آن را کم‌فشار دریای سرخ می‌نامید. سولیمان^۲ (۱۹۵۳) بیان کرد که کم‌فشار دریای سرخ، به دلیل صعود سریع جریان جنوب‌شرقی روی هوای سردتر شمالی که از مدیترانه منشأ می‌گیرد، سبب طوفان‌های تندری می‌شود. آشبیل، ۱۹۳۸؛ ایتزیکسون^۳، ۱۹۹۵؛ کریچاک^۴ و همکاران، ۱۹۹۷a و ۱۹۹۷b و دایان^۵ و همکاران (۲۰۰۱) در مقاله‌های خود آورده‌اند که سامانه‌ی فرود دریای سرخ با یک جریان شرقی - که به‌طور معمول با شرایط هوای بدون بارش همراه است - مشخص می‌شود؛ هرچند، گاهی می‌تواند به سیلاب‌های شدیدی منجر شود که منابع رطوبتی آن از جنوب به این منطقه می‌رسد. دایان و شارون^۶ (۱۹۸۰) بیان داشته‌اند که گاهی (در موارد بسیار نادر) فرود دریای سرخ با یک فرود بسیار کشیده‌ی بالایی از شمال روی شرق مدیترانه همراه است. این فرود بالایی سبب حرکات صعودی، شرایط ناپایداری و کمک به گسترش طوفان‌های همرفتی می‌شود و گاهی با رگبارهای سنگین و طوفان‌های رعد و برقی و بیشتر در بخش‌های شرقی و جنوبی مدیترانه‌ی شرقی همراه است. این نوع از فرود دریای سرخ، به‌عنوان فرود فعال شناخته می‌شود (زیو^۷، ۱۹۹۴؛ سارونی^۸ و همکاران، ۱۹۹۸؛ گلدریچ^۹، ۲۰۰۳؛ تسویلی^{۱۰} و زنگویل^{۱۱}، ۲۰۰۵). فرود فعال دریای سرخ گاهی اوقات با سیلاب‌های عمده در بیابان نِگِو^{۱۲} همراه است (کاهانا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۲؛ زیو و همکاران، ۲۰۰۴). کریچاک و آلپرت^{۱۴} (۱۹۹۸) با بررسی طوفان ۱۴-۱۰ آبان ۱۳۷۳ (۵-۱ نوامبر ۱۹۹۴)، دلیل آن را با تشکیل و تقویت رودباد جنب حاره روی منطقه‌ی دریای سرخ و فرایندهای همرفتی مرطوب روی مناطق حاره‌ای آفریقا و دریای عرب مرتبط دانسته‌اند. دایان و همکاران (۲۰۰۱) با مطالعه‌ی یک طوفان شدید پاییزی ۲۵ تا ۲۷ مهرماه ۱۳۷۹ (۱۹-۱۷ اکتبر ۲۰۰۰) که خاورمیانه را تحت تأثیر قرار داده

1. Ashbel
2. Soliman
3. Itzikson
4. Krichak
5. Dayan
6. Sharon
7. Ziv
8. Saaroni
9. Goldreich
10. Tsvieli
11. Zangvil
12. Negev desert
13. Kahana
14. Alpert

است، آن را مرتبط با فرود دریای سرخ دانسته‌اند. در بررسی دیگری زیو و همکارانش (۲۰۰۴) با بررسی یک طوفان بسیار شدید در بیابان نِگِو طی ۲۹ آذر تا ۲ دی ماه ۱۳۷۲ (۲۳-۲۰ دسامبر ۱۹۹۳) در زمان انقلاب زمستانی، آن را به یک فرود در ترازهای پایین که از نواحی حاره‌ای گسترش یافته، منسوب دانسته‌اند که با یک چرخند متحرک شرقی در ترازهای بالا همراه بوده است. تسویلی و زنگویل (۲۰۰۷) با تحلیل اقلیم همدید از وضعیت بارش‌های شرق مدیترانه ناشی از فرود دریای سرخ و غیر آن، دریافتند که بارش‌های فرود دریای سرخ با یک فرود کشیده‌ی شمالی فشار تراز دریا روی شرق مدیترانه (فرود دریای سرخ) و یک ناهنجاری فشار منفی تراز دریا (حدود ۳۰ درجه‌ی شمالی - ۴۰ درجه‌ی شرقی) همراه است. در حالی که سامانه‌ی بارشی سطحی غیرفرود دریای سرخ با یک چرخند بسته روی خط ساحلی سوریه و قسمت‌های شرقی‌تر، روی شمال سوریه و با یک مرکز ناهنجاری منفی فشار تراز دریا روی شمال شرقی سوریه (حدود ۳۷/۵° شمالی - ۴۰° شرقی) همراه است. تقی‌زاده (۱۳۶۶) در بررسی سیلاب مهیب سال ۱۳۶۵ در مناطق مرکزی و جنوبی کشور، ضمن بیان شاخه‌ای از سامانه‌ی مدیترانه‌ای که از عراق وارد ایران در خوزستان شد، مهم‌ترین عامل وقوع سیلاب پاییز ۱۳۶۵ را ورود کم‌فشاری با نام کم‌فشار حرارتی سودان بیان کرد. سبزی‌پرور (۱۳۷۰) در بررسی سامانه‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، عمیق شدن کم‌فشار ایسلند روی اروپا و جدا شدن سلول کم‌فشاری از ایسلند و عمیق شدن زبانه‌ی آن از طریق شمال غرب و شمال اروپا تا دریای سیاه و مدیترانه‌ی شرقی و ایجاد فرودی عمیق بین پرفشار مستقر روی روسیه و پرفشار آژور را عاملی مهم برای دینامیکی شدن کم‌فشار سودان و در نتیجه، بارش‌های شدید در جنوب غرب ایران می‌داند که این در مورد ترکیب سامانه‌ی سودانی و چرخنده‌های شرق مدیترانه بهترین حالت برای ایجاد بارش‌های شدید در جنوب غرب ایران دانسته شده است. لشکری (۱۳۸۱) در بررسی سامانه‌های کم‌فشار سودانی ورودی به ایران با مطالعه‌ی ۲۰۰ سامانه‌ی سودانی، دریافت که این الگوی همدید از ۵ مسیر عمده (دو مسیر اول به صورت ادغام شده با چرخنده‌های مدیترانه‌ای و سه مسیر مستقل شمال عربستان و خوزستان، شمال عربستان و بوشهر و مرکز عربستان و هرمزگان) وارد ایران شده و ایجاد بارش می‌کنند. مفیدی و زرین (۱۳۸۱) با بررسی همدید تأثیر سامانه‌ی کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران، دریافتند که در رابطه با تشکیل و گسترش سامانه‌ی کم‌فشار سودانی، اگرچه مقادیر پایین شاخص چرخه و استقرار پشته‌ای در تراز میانی وردسپهر روی مدیترانه‌ی غربی و فرود عمیقی بر منتهی‌الیه شرق مدیترانه لازم است، اما نقش اصلی را کشیده شدن تاوه‌ی قطبی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، به‌عنوان منبع اصلی تاوایی برای پیدایش الگوی گردش ناهنجار و تقویت سلول هدلی و رودباد جنب حاره‌ی T روی مدیترانه و شمال آفریقا دارد. مرادی (۱۳۸۳) در پیش‌بینی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت سامانه‌های همدید در شمال شرقی ایران، نتیجه گرفت که چهار الگو در ایجاد بارش‌های سیل‌زا در منطقه مؤثرند که یکی از آنها کم‌فشارهای سودانی و دریای سرخ است که از جنوب غرب وارد ایران می‌شوند.

مفیدی (۱۳۸۳) در مقاله‌ای با عنوان اقلیم‌شناسی همدید بارش‌های سیل‌زا با منشأ دریای سرخ در خاورمیانه به این نتیجه رسید که شدیدترین بارش در منطقه‌ی دریای سرخ هنگامی روی می‌دهد که فرود امواج غربی در ترازهای میانی جو به سمت شرق مدیترانه حرکت کرده و به منطقه‌ی دریای سرخ نفوذ کنند. مفیدی و زرین (۱۳۸۴-الف) در بررسی همدید تأثیر کم‌فشارهای سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران، دریافتند که کم‌فشارهای منطقه‌ی دریای سرخ، کم‌فشارهای کم‌عمقی هستند که تنها با یاری الگوی گردش در تراز بالایی و میانی جو، امکان گسترش و جابه‌جایی آنها به سمت ایران وجود دارد. همچنین مفیدی و زرین (۱۳۸۴-ب) با تحلیل همدید ماهیت سامانه‌های کم‌فشار سودانی در مورد طوفان آذرماه ۱۳۸۰ (دسامبر ۲۰۰۱)، به این نتیجه رسیدند که استقرار و تقویت پرفشاری در تراز میانی روی دریای عرب با ایجاد زنجیره‌ای از پسخورهای مثبت، موجب تشدید سلول هدلی و تقویت رودباد جنب حاره‌ی روی دریای سرخ شده و از سوی دیگر امکان انتقال مستقیم رطوبت از دریای عرب به درون سامانه‌های کم‌فشار را، در زمان گسترش کم‌فشارهای منطقه دریای سرخ به ایران فراهم می‌کند. آنان منبع رطوبت سامانه‌های سودانی را مناطق حاره‌ای شرق آفریقا و قطاع جنوب‌غربی دریای عرب دانسته‌اند که در هنگام عبور از روی دریای سرخ و خلیج فارس تقویت می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش داده‌های بارش ایران از پایگاه داده اسفرازی^۱ برداشت شده است. در این پایگاه به کمک داده‌های بارش روزانه‌ی ۱۴۳۷ ایستگاه همدید اقلیمی و باران‌سنجی کشور، طی بازه‌ی زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ (۱۵۹۹۱ روز) داده‌های شبکه‌ای بارش تولید شده است. تفکیک مکانی این داده‌ها ۱۵×۱۵ کیلومتر (۷۱۸۷ یاخته) و به‌روش کریجینگ^۲ میان‌یابی شده است. سیستم تصویر داده‌های بارش کشور در پایگاه داده اسفرازی لامبرت مخروطی هم‌شکل به مشخصات زیر است:

متریکی طولی: ۵/۰۰۰/۰۰۰ متر؛	متریکی عرضی: ۳۰/۰۰۰/۰۰۰ متر؛
مبدأ عرضی: ۲۴ درجه؛	مبدأ طولی: ۵۴ درجه؛
مدار استاندارد ۱: ۳۰ درجه؛	مدار استاندارد ۲: ۳۶ درجه.

با مرتب کردن داده‌ها از نظر میانگین بارش، ۳۰ بارش سنگین روزانه انتخاب شد (جدول شماره ۱). ۳۰ مورد اول این بارش‌ها به آن دلیل انتخاب شدند که میانگین آنها در تمام پهنه‌ای که بارش رخ داده، حدود ۸ میلی‌متر یا بیشتر بوده است. البته مبنا برای اینکه بارشی سنگین شمرده شود، در منابع مختلف متفاوت است؛ ولی در این نوشته، بارش حدود ۸ میلی‌متر و بیشتر مبنای بارش سنگین است. داده‌های ارتفاع

۱. این پایگاه داده را دکتر مسعودیان در دانشگاه اصفهان ایجاد کرده است.

ژئوپتانسیل ساعت ۱۲ گرینویچ^۱ (تراز سطحی و میانی جو) در زمان رخداد بارش‌های سنگین، از مرکز ملی مطالعات جوّی اقیانوسی آمریکا^۲ دریافت شد. تفکیک مکانی این داده‌ها، به‌صورت شبکه‌بندی منظم با اندازه‌ی $2/5 \times 2/5$ درجه‌ی قوسی است. چارچوب پوش ۱۰ تا ۴۵ درجه‌ی شمالی و ۱۵ تا ۶۵ درجه‌ی شرقی انتخاب شد که تمام دریای سرخ و نواحی مجاور را تا ایران دربرمی‌گیرد. بنابراین آرایه‌ای^۳ به ابعاد 21×15 ایجاد شد که در مجموع شامل ۳۱۵ یاخته بود. ابتدا به‌صورت درونسو^۴ این نقشه‌ها بررسی شدند. به این ترتیب که از چند روز پیش از بارش‌ها تا روز رخداد بارش، نقشه‌های تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال هر ۳۰ مورد بارش تهیّه و به‌صورت دستی به بررسی آنها پرداخته شد. در این بررسی مشخص شد که در ۱۷ مورد از این بارش‌های سنگین روزانه، فرود سطحی دریای سرخ وجود دارد و در نتیجه این بارش‌ها با فرود دریای سرخ مرتبط هستند. ملاک تمایز بارش‌های ناشی از فرود دریای سرخ از بارش‌های مدیترانه‌ای، سامانه‌هایی بودند که چند روز پیش از بارش تا روز رخداد بارش بر این مناطق شکل گرفته بودند. همان‌گونه که در ادامه در شکل‌های ۳، ۶ و ۹ دیده می‌شود، بارش‌هایی به‌عنوان بارش‌های مرتبط با فرود دریای سرخ انتخاب شدند که در زمان رخداد آنها فرود دریای سرخ دیده شده و اثری از سامانه‌های بارش‌زای دریای مدیترانه دیده نمی‌شود. در زمان رخداد بارش‌های سنگین، همزمان با فرود سطحی دریای سرخ، در تراز میانی جو نیز فرودی مشاهده می‌شود. از بین این ۱۷ بارش سنگین روزانه، سه مورد نخست که مرتبط با فرود دریای سرخ بودند، یعنی در تاریخ‌های: ۱۳۷۱/۱۱/۱۴، ۱۳۸۲/۹/۱۵ و ۱۳۸۳/۱۰/۶ انتخاب شدند. داده‌های مربوط به این بارش‌ها استخراج و در محیط نرم‌افزار سرفر^۵، نقشه‌های هم‌بارش آنها ترسیم شدند. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل^۶ مرتبط با این سه بارش سنگین روزانه، در تراز سطحی و میانی تحلیل شدند. برای بررسی نحوه‌ی انتقال رطوبت، از تابع همگرایی شار رطوبت^۷ استفاده شد. نقشه‌های همگرایی شار رطوبت که انتقال رطوبت را برحسب گرم بر کیلوگرم در روز نشان می‌دهد، به‌روش زیر محاسبه شده است:

$$HA = -\vec{v} \cdot \nabla q \quad \text{وزش (فرارفت) رطوبت} \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

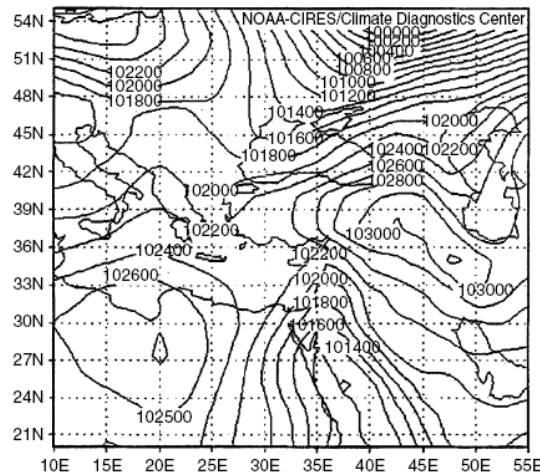
$$\hat{J}\hat{i} + \frac{\varphi q}{\varphi y} \nabla q = \frac{\varphi q}{\varphi x} \quad \text{شیو رطوبت} \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

$$MC = -q \left(\frac{\varphi u}{\varphi x} + \frac{\varphi v}{\varphi y} \right) \quad \text{تابع همگرایی رطوبت} \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

1. UTC
2. NCEP/NCAR (www.cdc.noaa.gov)
3. Matrix
4. Subjective method
5. Surfer
6. Geopotential height
7. Moisture flux convergence

رابطه‌ی (۴) تابع همگرایی شار رطوبت $\bar{v} MFC = -\bar{v} \cdot \nabla q - q \cdot \nabla \cdot \times 3600 \times 24 \times 1000$

که در اینجا q رطوبت ویژه، بر حسب گرم بر کیلوگرم در روز؛ u باد مداری، بر حسب متر بر ثانیه؛ v باد نصف‌النهاری؛ \bar{v} بردار باد افقی؛ MFC تابع همگرایی شار رطوبت و MC تابع همگرایی رطوبت است. با استفاده از رابطه‌ی بالا، همگرایی شار رطوبتی برای سه مورد بارش سنگین روزانه‌ی ذکر شده در ساعت ۱۲ گرینویچ، از سه روز پیش از بارش سنگین محاسبه شد تا جهت و میزان انتقال رطوبت مشخص شود. برای این کار از داده‌های باد مداری، باد نصف‌النهاری و ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال استفاده شد. شکل شماره ۱ نمونه‌ای بارز را از فرود دریای سرخ نشان می‌دهد که از سوی آلپرت و همکاران (۲۰۰۴) شناسایی شده است. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود، کم‌فشاری سطحی از جنوب تا شمال دریای سرخ به شکل ۸ گسترده شده و حتی شرق مدیترانه را نیز دربر گرفته است. این کم‌فشار سطحی، همان فرود دریای سرخ است.



شکل ۱. نمونه‌ی بارز رخداد فرود دریای سرخ در تاریخ ۱۳۷۰/۱۰/۲۰

(آلپرت و همکاران، ۲۰۰۴)

یافته‌های تحقیق

جدول شماره ۱ داده‌های مربوط به رخداد بارش‌های روزانه‌ی سنگین برگزیده ایران را نشان می‌دهد که در دوره‌ی زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ انتخاب شده‌اند. برای تهیه‌ی این جدول، بارش‌های دوره‌ی مطالعه براساس میانگین بارش کل کشور مرتب‌شده و ۳۰ مورد اول انتخاب شده‌اند و بارش‌هایی برگزیده شدند که میانگین آن در کل کشور حدود ۸ میلی‌متر و بیشتر بوده‌اند. ستون آخر جدول شماره ۱ بارش‌هایی را نشان می‌دهد که مرتبط با فرود دریای سرخ بوده‌اند. همان‌گونه که دیده می‌شود، از سی بارش انتخابی، ۱۷ مورد و از جمله ۳ مورد نخست در ارتباط با فرود دریای سرخ هستند. روش تمیز بارش‌های مرتبط با فرود دریای سرخ

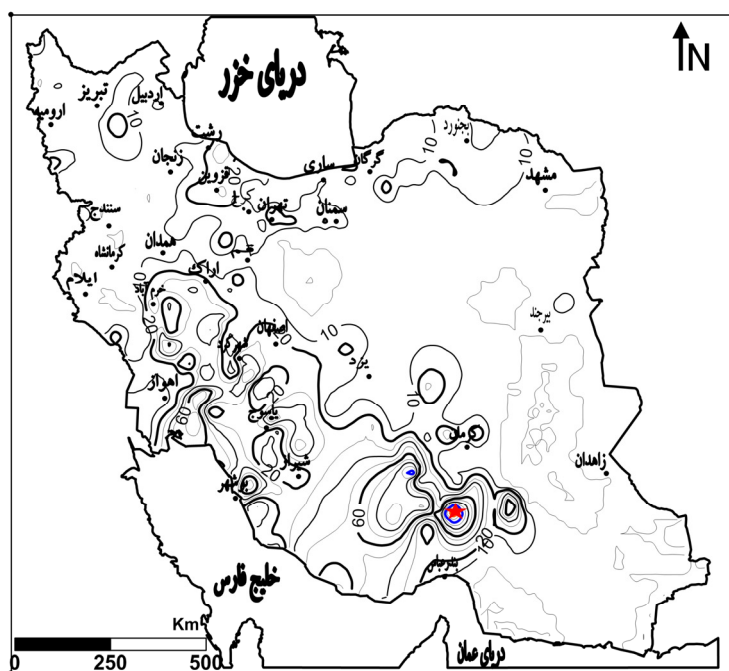
و غیر آن، بررسی درونسوی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز سطحی چند روز پیش از بارش تا روز رخداد بارش بوده است. در ادامه سه بارش سنگین نخست بررسی می‌شود.

جدول ۱. برگزیده‌ی رخداد بارش‌های سنگین روزانه ایران

مربوط با فرود دریای سرخ	رتبه‌ی بارش	بارش بیشینه (mm)	پهنه‌ی بارش (درصد)	میانگین بارش (mm)	روز	ماه	سال میلادی	روز	ماه	سال خورشیدی
x	۱	۱۳۶/۷	۸۰/۹	۱۳/۲	۲	۲	۱۹۹۳	۱۴	۱۱	۱۳۷۱
x	۲	۹۳/۱	۹۳/۶	۱۲/۹	۲۶	۱۲	۲۰۰۴	۶	۱۰	۱۳۸۳
x	۳	۹۷/۰	۷۳/۸	۱۰/۹	۶	۱۲	۲۰۰۳	۱۵	۹	۱۳۸۲
	۴	۱۱۲/۸	۷۲/۲	۱۰/۴	۲۶	۳	۲۰۰۳	۶	۱	۱۳۸۲
	۵	۸۶/۸	۹۳/۶	۱۰/۲	۱۳	۳	۱۹۹۶	۲۳	۱۲	۱۳۷۴
x	۶	۱۲۰/۸	۸۰/۹	۹/۸	۴	۲	۱۹۹۳	۱۵	۱۱	۱۳۷۱
x	۷	۱۳۱/۰	۷۱/۶	۹/۵	۱	۱۲	۱۹۸۶	۱۰	۹	۱۳۶۵
	۸	۱۹۶/۳	۸۲/۷	۹/۴	۲۴	۱	۱۹۷۹	۴	۱۱	۱۳۷۵
x	۹	۱۰۱/۱	۸۷/۱	۹/۲	۱۱	۱	۲۰۰۲	۲۱	۱۰	۱۳۸۰
x	۱۰	۱۱۶/۳	۷۳/۵	۹/۱	۳۰	۱۱	۱۹۸۶	۹	۹	۱۳۶۵
x	۱۱	۱۵۳/۲	۷۵/۱	۹/۱	۲	۱۲	۱۹۸۶	۱۱	۹	۱۳۶۵
x	۱۲	۷۵/۷	۷۹/۵	۹/۰	۲	۳	۱۹۹۹	۱۱	۱۲	۱۳۷۷
x	۱۳	۹۶/۳	۷۶/۷	۸/۹	۵	۲	۱۹۹۳	۱۶	۱۱	۱۳۷۱
x	۱۴	۷۷/۷	۸۱/۷	۸/۹	۱۱	۲	۱۹۸۰	۲۲	۱۱	۱۳۵۸
x	۱۵	۱۲۷/۵	۷۶/۹	۸/۷	۵	۱	۱۹۹۸	۱۵	۱۰	۱۳۷۶
x	۱۶	۸۰/۱	۷۴/۴	۸/۵	۲	۲	۱۹۹۳	۱۳	۱۱	۱۳۷۱
	۱۷	۷۴/۳	۸۵/۶	۸/۵	۲۳	۱	۱۹۷۹	۳	۱۱	۱۳۵۷
	۱۸	۵۸/۰	۸۰/۹	۸/۴	۱۲	۲	۱۹۹۸	۲۳	۱۱	۱۳۷۶
x	۱۹	۱۲۶/۱	۸۸/۲	۸/۴	۶	۳	۱۹۹۱	۱۵	۱۲	۱۳۶۹
	۲۰	۸۶/۱	۸۳/۸	۸/۴	۲۱	۴	۱۹۶۲	۱	۲	۱۳۴۱
	۲۱	۹۱/۹	۷۳/۳	۸/۴	۲۳	۱	۱۹۶۹	۳	۱۱	۱۳۴۷
	۲۲	۱۲۱/۹	۷۹/۶	۸/۳	۵	۲	۱۹۹۹	۱۶	۱۱	۱۳۷۷
	۲۳	۹۷/۶	۶۱/۷	۸/۲	۱۳	۱	۲۰۰۴	۲۳	۱۰	۱۳۸۲
x	۲۴	۱۰۳/۹	۷۳/۷	۸/۱	۱۰	۲	۱۹۸۰	۲۱	۱۱	۱۳۵۸
x	۲۵	۸۳/۸	۷۹/۲	۸/۱	۱۰	۱	۱۹۷۹	۲۰	۱۰	۱۳۵۷
	۲۶	۵۲/۰	۸۵/۸	۷/۹	۱۱	۱	۱۹۶۵	۲۱	۱۰	۱۳۴۳
	۲۷	۶۴/۵	۸۶/۰	۷/۹	۱۷	۳	۱۹۷۲	۲۷	۱۲	۱۳۵۰
x	۲۸	۱۰۰/۷	۷۴/۴	۷/۸	۲۲	۱۲	۱۹۹۲	۱	۱۰	۱۳۷۱
	۲۹	۷۸/۵	۶۹/۹	۷/۸	۲۷	۱۲	۲۰۰۴	۷	۱۰	۱۳۸۳
	۳۰	۵۷/۸	۹۰/۸	۷/۸	۲۴	۱	۱۹۷۴	۴	۱۱	۱۳۵۲

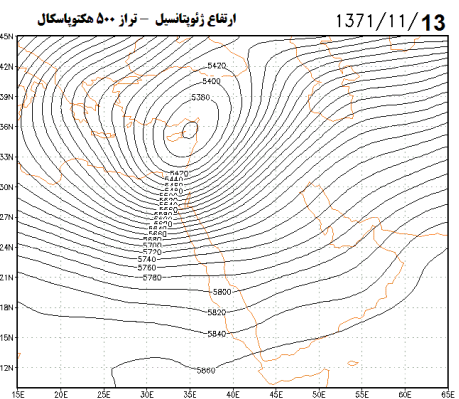
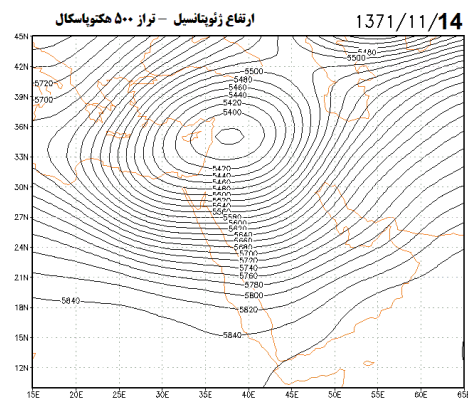
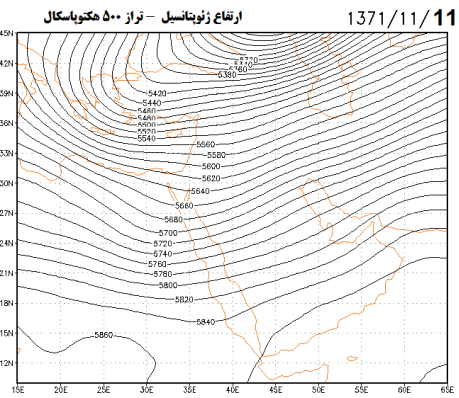
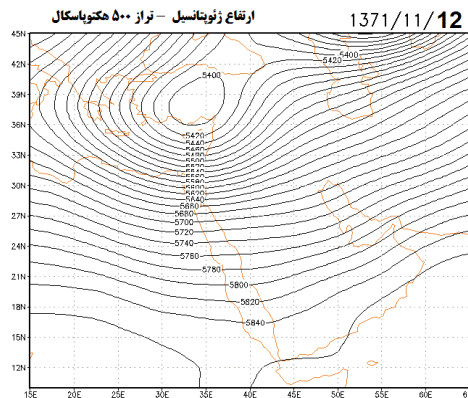
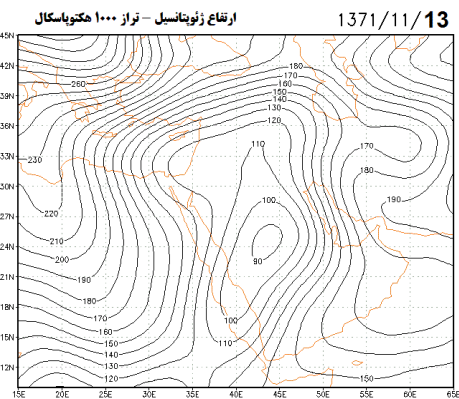
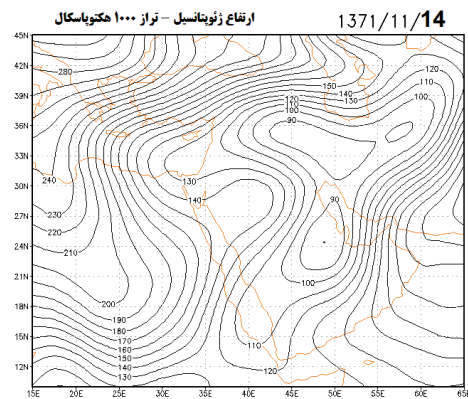
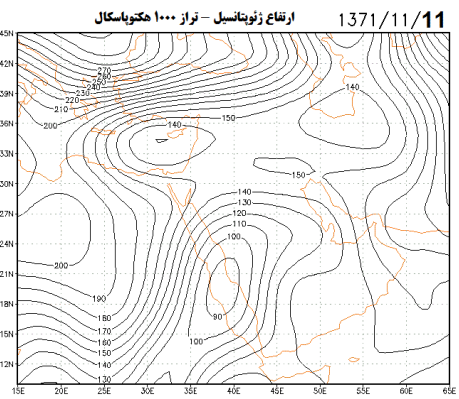
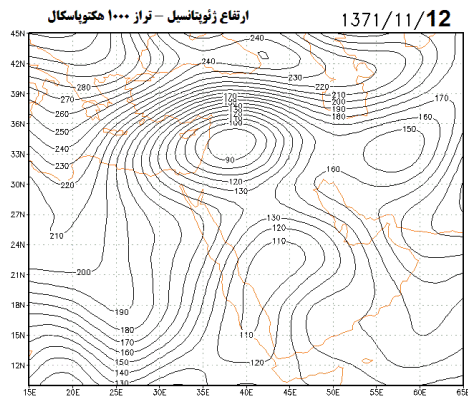
تحلیل بارش سنگین ۱۳۷۱/۱۱/۱۴ (۱۹۹۳/۲/۳)

سنگین‌ترین بارش روزانه‌ی ایران از نظر میانگین، بارش مربوط به ۱۳۷۱/۱۱/۱۴ است. بیشینه‌ی بارش حدود ۱۳۷ میلی‌متر، میانگین بارش در تمام مناطق رخداد بارش ۱۳/۲ میلی‌متر و حدود ۸۱ درصد از کل کشور را دربرگرفته است. نقشه‌ی هم‌بارش مربوط به این روز، دو کانون بیشینه‌ی بارش را یکی در جنوب (شمال بندرعباس) و دیگری در جنوب‌غرب و تا حدودی در غرب نشان می‌دهد (شکل شماره ۲).



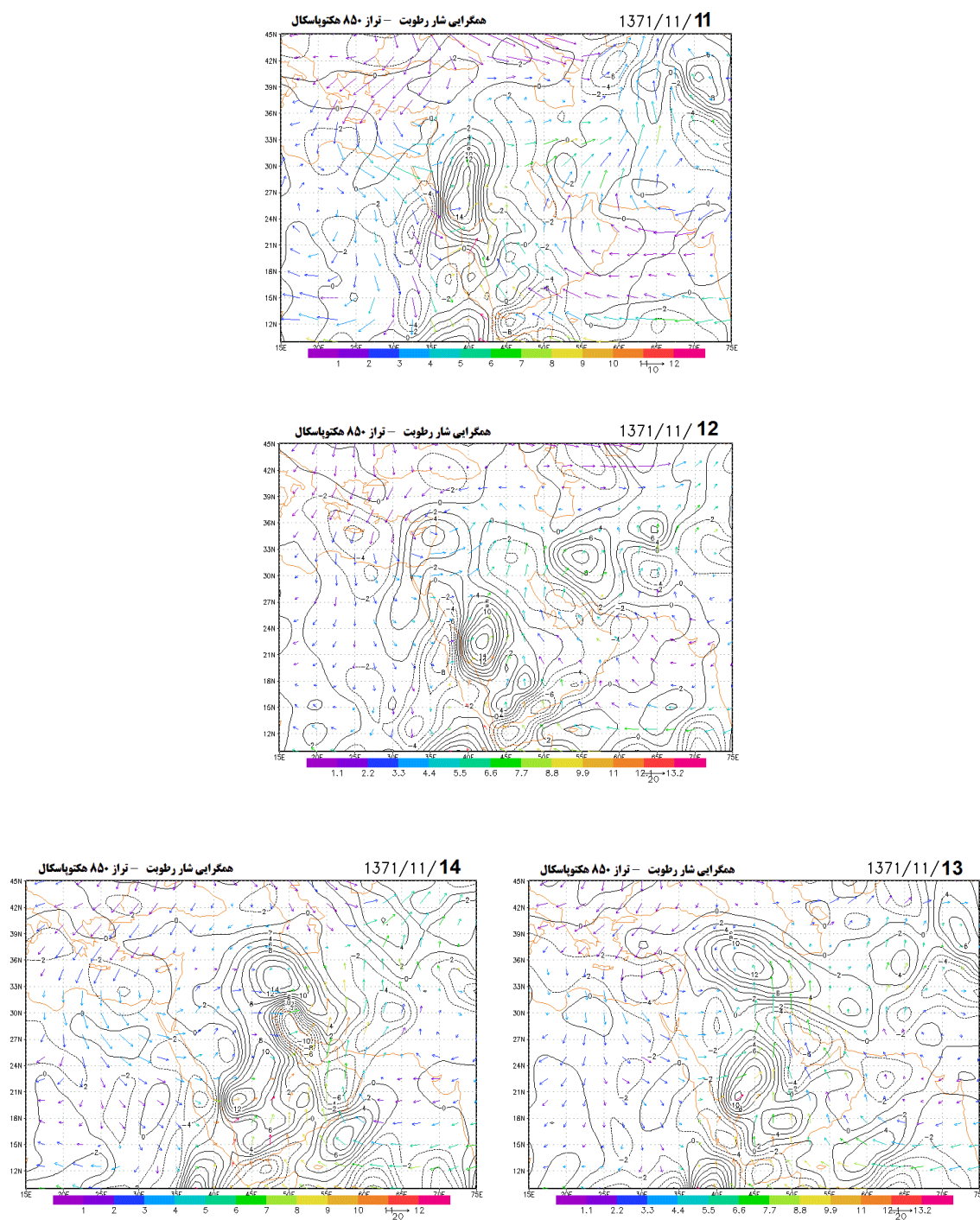
شکل ۲. نقشه‌ی هم‌بارش روز ۱۳۷۱/۱۱/۱۴

نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل چهار روزه‌ی (۱۱ تا ۱۳۷۱/۱۱/۱۴) تراز سطحی و میانی جو در ساعت ۱۲ گرینویچ، برای این بارش بررسی شد. در روز نخست، فرود سطحی طولی بر فراز دریای سرخ دیده می‌شود که مرکز آن روی دریای سرخ است. در روز دوم، فرود به سمت شرق دریای سرخ کشیده شده و دارای دو هسته‌ی کم‌فشار است که هسته بالایی کم‌فشارتر (۱۰۰۹ هکتوپاسکال) است. روز سوم این دو هسته ادغام شده و به سمت شرق جابه‌جا شده‌اند. در روز وقوع بارش، فرود سطحی دارای دو هسته است که یکی روی خلیج فارس و دیگری روی مناطق غربی کشور است. فرود میانی نیز در روز نخست با ناهنجاری کوچکی بر فراز نیل مشخص می‌شود. این فرود کاملاً آشکار بوده و ابتدا روی دریای سرخ مستقر شده و در روز پایانی که هم‌زمان با رخداد بارش سنگین است، در شرق دریای سرخ مشاهده می‌شود (شکل شماره ۳).



شکل ۳. ارتفاع ژئوپتانسیل تراز سطحی و میانی جو - بارش سنگین ۱۳۷۱/۱۱/۱۴

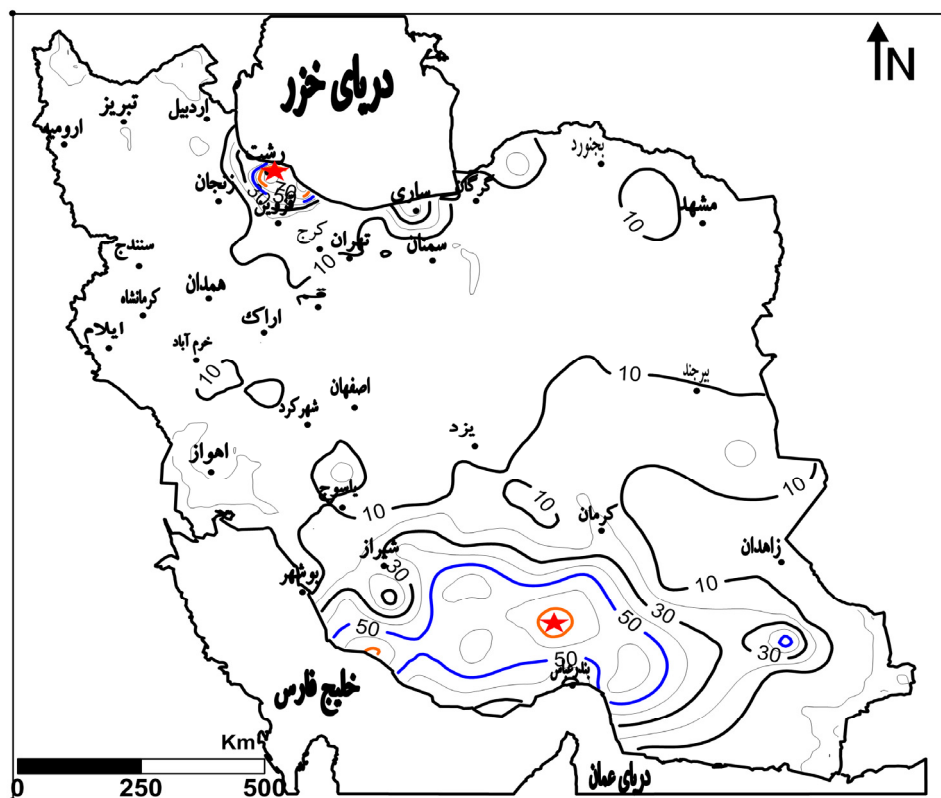
برای ترسیم نقشه‌های همگرایی شار رطوبت برای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال انتخاب شد، چراکه در این ارتفاع جریان‌های رطوبتی ایران بهتر دیده می‌شود. نقشه‌های همگرایی شار رطوبت (۱۱ تا ۱۳۷۱/۱۱/۱۴) بیانگر انتقال رطوبت از دریای عرب بر فراز دریای سرخ است. این نکته در مورد دریای مدیترانه نیز صادق است که جهت رطوبت در آن نیز به سمت دریای سرخ است (شکل شماره ۴).



شکل ۴. همگرایی شار رطوبت بارش روز ۱۳۷۱/۱۱/۱۴ (بر حسب گرم بر کیلوگرم در روز)

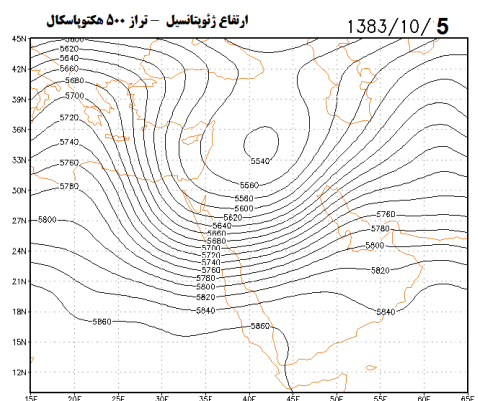
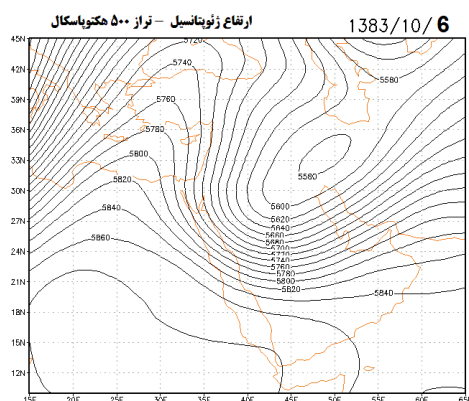
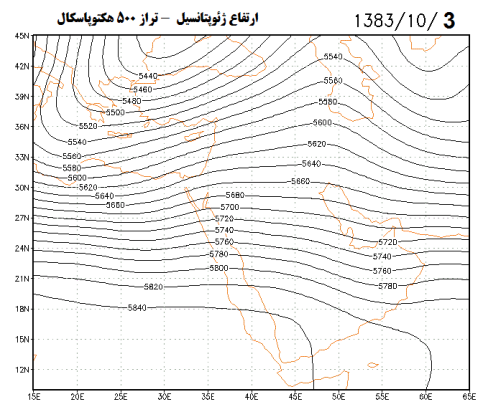
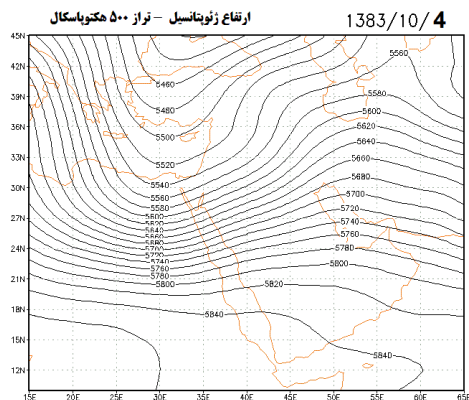
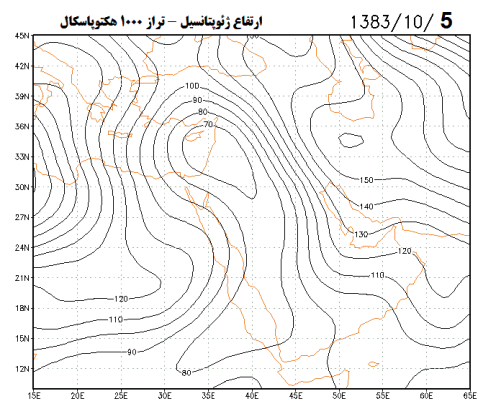
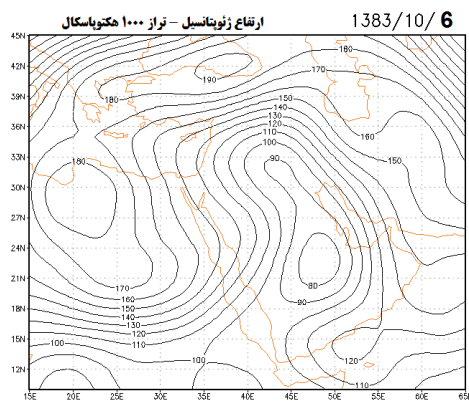
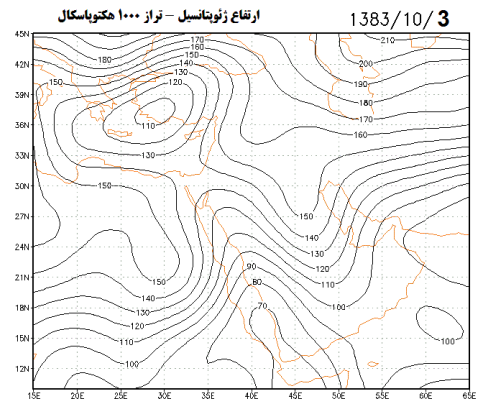
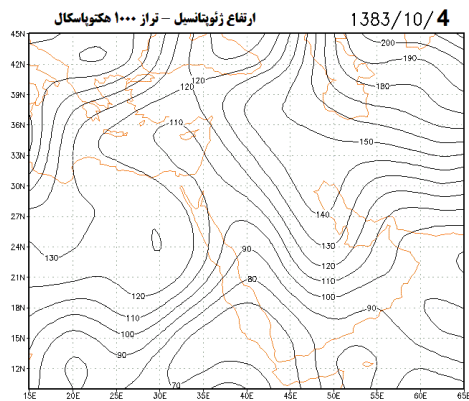
تحلیل بارش سنگین ۱۳۸۳/۱۰/۶ (۲۰۰۴/۱۲/۲۶)

بارش روز ششم دیماه ۱۳۸۳ با میانگین حدود ۱۳ میلی‌متر در مرتبه‌ی دوم است. حدود ۹۳ درصد کشور از این بارش بهره‌مند شده‌اند و بیشینه‌ی بارش آن حدود ۹۴ میلی‌متر (شمال بندرعباس) بوده است. کانون اولیّه‌ی بارش، در جنوب کشور بوده که به‌ویژه در شمال بندرعباس به اوج خود رسیده است. کانون متمرکز و کوچک دیگری در شمال کشور روی رشت شکل گرفته است (شکل شماره‌ی ۵).



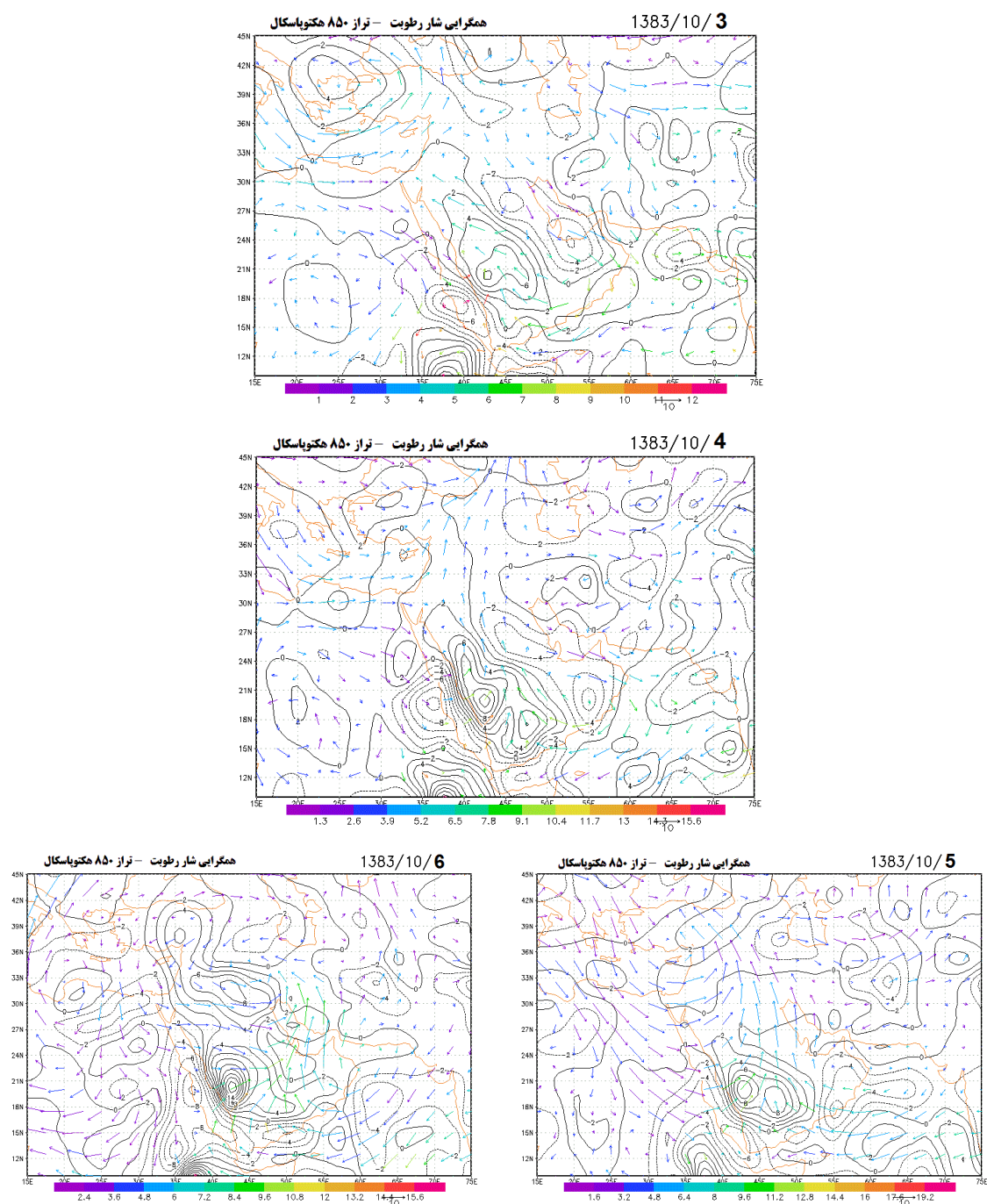
شکل ۵. نقشه‌ی هم‌بارش روز ۱۳۸۳/۱۰/۶

نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل ۳ تا ۶ دی ماه ۱۳۸۳ برای این بارش ترسیم شد. در روز نخست گسترده‌ی کامل فرود آشکار است که حتی شرق مدیترانه را دربرمی‌گیرد. محور فرود متمایل به شرق دریای سرخ است. در روز سوم، هسته‌ی فرود در شرق دریای مدیترانه قرار گرفته و در روز پایانی در جنوب‌غرب خلیج فارس دیده می‌شود. فرود میانی نیز در نخستین روز در غرب دریای سرخ قرار گرفته و از دریای سیاه تا شمال دریای سرخ مشاهده می‌شود. در روز بعد این فرود عمیق‌تر شده و در شرق دریای سرخ قرار گرفته است. در روز پایانی، فرود میانی به‌طور کامل عمیق‌شده و در غرب ایران دیده می‌شود (شکل شماره‌ی ۶).



شکل ۶. ارتفاع ژئوتانسیل تراز سطحی و میانی بارش سنگین ۱۳۸۳/۱۰/۶

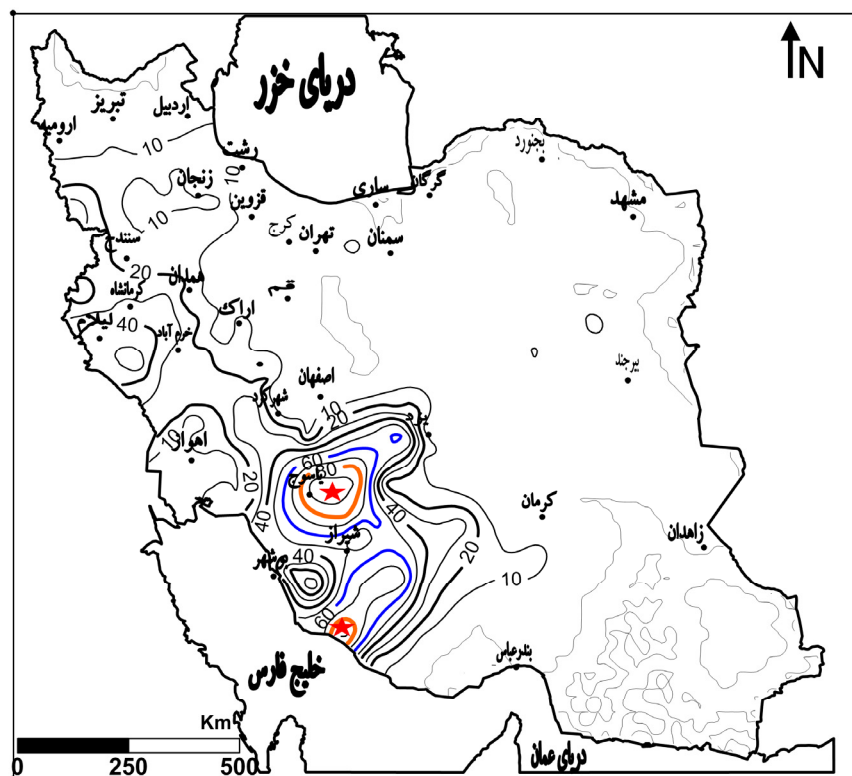
نقشه‌های همگرایی حرارتی همانند بارش سنگین قبل، انتقال رطوبت را از دریای عرب و دریای مدیترانه به خلیج فارس نشان می‌دهد. در واقع فرودهای سطحی و میانی دریای سرخ به‌منزله‌ی محرک سامانه‌ی بارشی عمل کرده و رطوبت را به‌سمت ایران فرستاده که پس از حرکت بر فراز خلیج فارس دوباره رطوبت جذب کرده و منجر به بارش‌های سنگین بر فراز ایران می‌شود (شکل شماره ۷).



شکل ۷. همگرایی رطوبتی بارش سنگین ۱۳۸۳/۱۰/۶ (برحسب گرم بر کیلوگرم در روز)

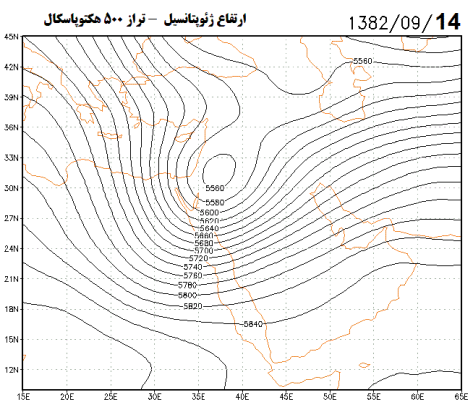
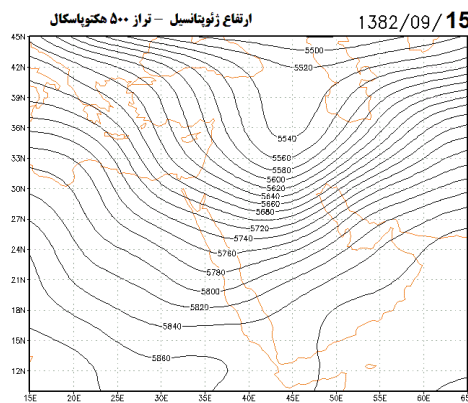
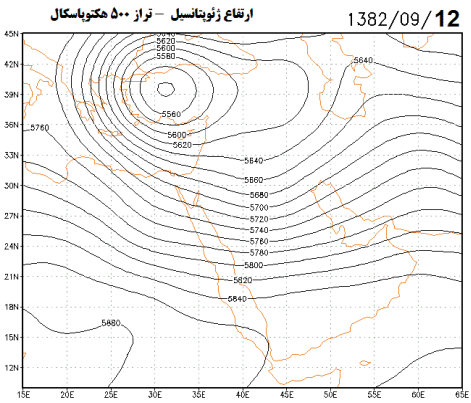
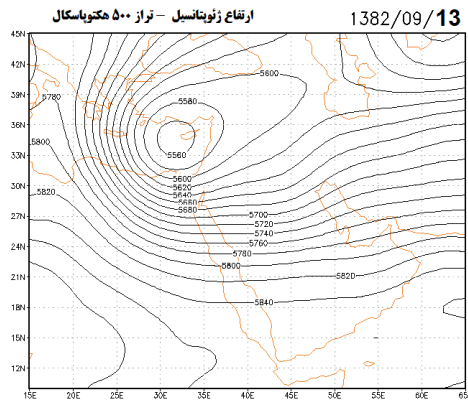
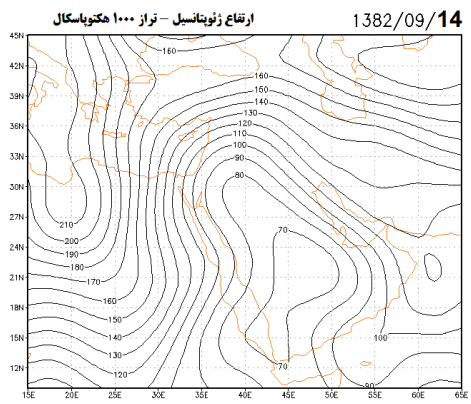
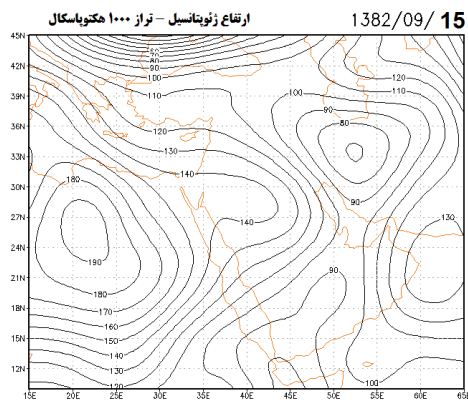
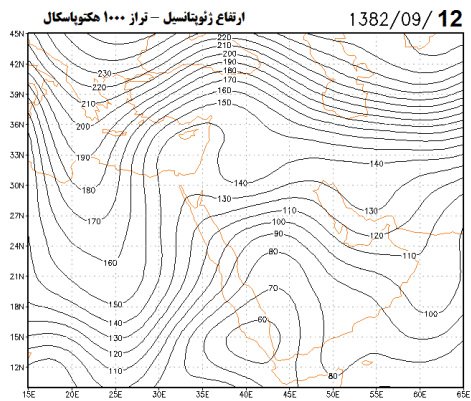
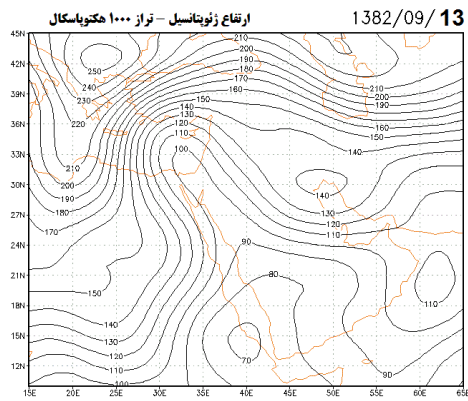
بارش سنگین ۱۳۸۲/۹/۱۵ (۲۰۰۴/۱۲/۶)

این بارش با میانگین حدود ۱۲ میلی‌متر در رتبه‌ی سوم است. بارش آن در جنوب‌غرب و به‌ویژه در اطراف یاسوج متمرکز شده است. البته کانون دیگری نیز در جنوب بوشهر دیده می‌شود. این بارش قسمت‌هایی از غرب را نیز دربرگرفته است. بیشینه‌ی بارش آن کمابیش ۹۷ میلی‌متر بوده و ۷۴ درصد از کشور را دربرگرفته است (شکل شماره ۸).



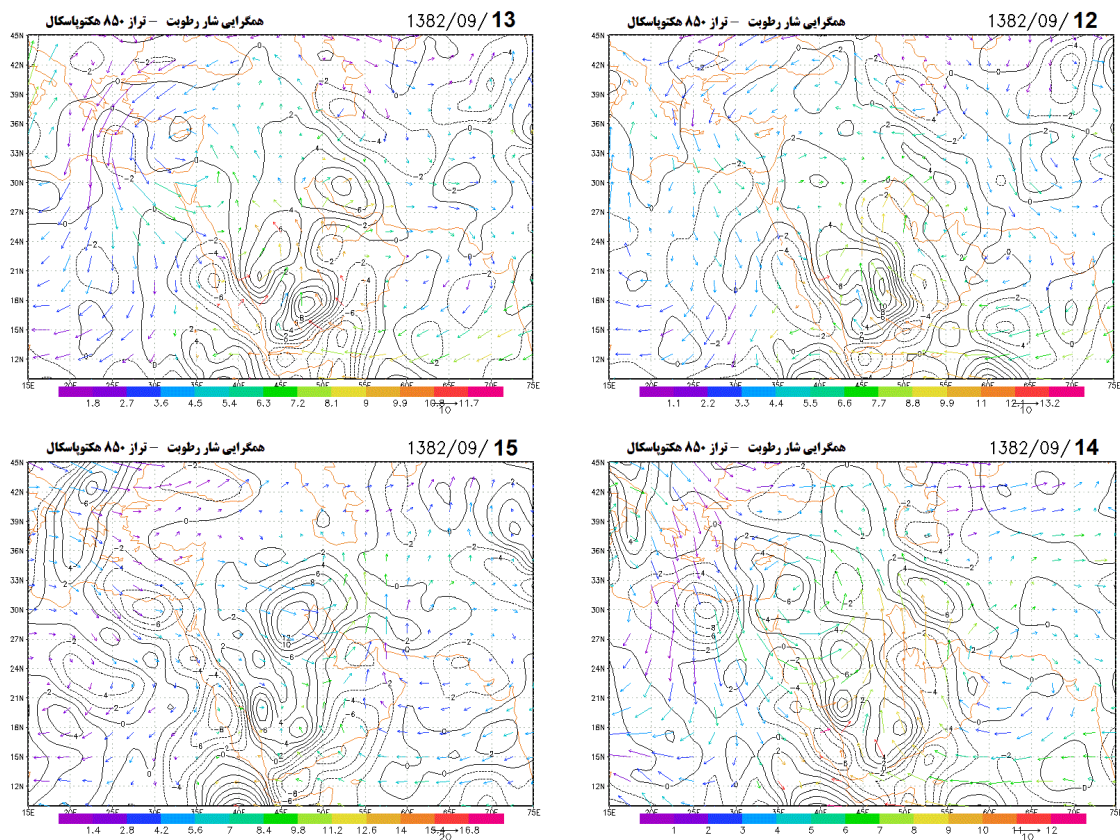
شکل ۸. نقشه‌ی همبارش ۱۳۸۲/۹/۱۵

بررسی نقشه‌های سطحی ارتفاع ژئوپتانسیل، بارش مذکور نشان می‌دهد که فرود دریای سرخ از روز اول در شرق دریای سرخ بوده و تا مرکز مدیترانه نیز گسترده شده است. در روزهای بعد، فرود به تدریج به سمت مناطق شرقی جابه‌جا شده و در روز پایانی هسته‌ای از آن روی مناطق مرکزی تشکیل شده است. در همین روز کانون پُرفشاری روی مصر استقرار یافته است. در تراز میانی نیز کانونی کم‌ارتفاع بر فراز مدیترانه قرار گرفته است. جهت حرکت این فرود به سمت عرض‌های جنوبی‌تر است که ضمن آن به سمت شرق نیز جابه‌جا می‌شود. به‌گونه‌ای که در روز پایانی محور این فرود با جهتی شمال‌شرقی - جنوب‌غربی از شمال‌غرب ایران تا غرب دریای سرخ امتداد دارد (شکل شماره ۹).



شکل ۹. ارتفاع ژئوتانسیل تراز سطحی و میانی جو بارش سنگین ۱۳۸۲/۹/۱۵

همگرایی رطوبتی در زمان رخداد این بارش نیز وضعیتی مشابه دو بارش قبل را نشان می‌دهد. به این معنا که رطوبت در وهله‌ی نخست از دریای عرب به سمت دریای سرخ منتقل می‌شود و سپس این رطوبت با گذر از دریای سرخ و خلیج فارس افزایش می‌یابد، البته به گونه‌ی ضعیف‌تری انتقال رطوبت از دریای مدیترانه به سمت دریای سرخ دیده می‌شود (شکل شماره ۱۰).



شکل ۱۰: همگرایی رطوبتی بارش سنگین روز ۱۳۸۲/۹/۱۵ (برحسب گرم بر کیلوگرم در روز)

بحث و نتیجه‌گیری

برای درک میزان تأثیر فرود دریای سرخ بر بارش‌های سنگین ایران، سی مورد از سنگین‌ترین بارش‌های ایران براساس میانگین بارش روزانه مرتب و بررسی شد. بررسی درونسوی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتاسیل تراز سطحی، حاکی از وجود فرودی سطحی بر فراز دریای سرخ در هفده مورد از بارش‌های بررسی شده بود. این نکته می‌تواند بیانگر این باشد که فرود دریای سرخ در صورت مهیا بودن دیگر شرایط، به بارش‌های سنگین روی مناطق مجاور و ایران منجر می‌شود. از هفده مورد از این بارش‌ها که مرتبط با فرود دریای سرخ است، سه مورد که در مرتبه‌ی نخست بارش ایران قرار داشتند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آنجاکه فرود دریای سرخ فرودی سطحی است، نقشه‌های ارتفاع ژئوپتاسیل آنها برای آگاهی از الگوی حاکم بر منطقه ترسیم شد. این نقشه‌ها نشان داد که در روز نخست هر سه مورد، فرودی سطحی بر فراز دریای سرخ شکل گرفته که تا

شرق دریای مدیترانه گسترده شده است. این فرود در روزهای بعد به سمت شرق حرکت کرده و این مناطق را تحت تأثیر خود قرار داده است. بررسی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان از فرودی در این تراز دارد. در واقع همان‌گونه که برخی پژوهشگران شرق مدیترانه (زیو، ۱۹۹۴؛ کریچاک و همکاران، ۱۹۹۸؛ سارونی و همکاران، ۱۹۹۸؛ کاهانا و همکاران، ۲۰۰۲؛ گلدریچ، ۲۰۰۳؛ تسویلی و زنگویل، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷) نیز بیان داشته‌اند، فرود دریای سرخ هنگامی به بارش منجر می‌شود که با فرودی در تراز میانی جو همراه باشد. پژوهشگران این فرود دریای سرخ را که منجر به بارش می‌شود، فرود فعال دریای سرخ نامیده‌اند. برای آگاهی از منابع رطوبتی فرود دریای سرخ و جهت جریان شار رطوبت از نقشه‌های همگرایی رطوبتی استفاده شد. این نقشه‌ها بیانگر جریان رطوبت از دریای عرب و تا حدودی از دریای مدیترانه به سمت دریای سرخ است. در واقع رطوبت از دریای عرب به سمت شرق حرکت کرده و با عبور از خلیج عدن، وارد دریای سرخ می‌شود. این جریان رطوبتی از خلیج فارس نیز عبور می‌کند و تا حدی از رطوبت آن استفاده می‌کند. رطوبتی که از دریای مدیترانه منشأ می‌گیرد بسیار ناچیز است و در واقع این جریان رطوبتی به دلیل گذر از مناطق خشک صحرای بزرگ آفریقا، تا حد زیادی رطوبت خود را از دست می‌دهد، به گونه‌ای که میزان رطوبت آن تنها بین یک تا چهار گرم بر کیلوگرم در روز بوده است. انتقال رطوبت از این مناطق روی دریای سرخ و سامانه‌ی حرارتی - دینامیکی بر فراز دریای سرخ، موجب صعود رطوبت شده و بارش‌های شدیدی را در مناطق مجاور دریای سرخ، شرق مدیترانه و ایران ایجاد می‌کند. بررسی نقشه‌های هم‌بارش در این سه مورد، بیانگر تمرکز بارش‌های ناشی از فرود دریای سرخ روی جنوب و جنوب‌غرب کشور است و می‌توان گفت که فرود دریای سرخ در صورت فعال بودن و وجود فرودی در تراز میانی جو، موجب بارش‌های سنگین در جنوب و جنوب‌غرب ایران می‌شود. هرچند دیگر مناطق ایران نیز از این بارش بی‌بهره نیستند؛ ولی همان‌گونه که مشاهده شد، بیشترین تمرکز بارش در مناطق یاد شده است.

منابع

- تقی‌زاده ح. ۱۳۶۶، بررسی سیل پاییز ۱۳۶۵ از نظر هواشناسی، رشد آموزش زمین‌شناسی، شماره‌ی ۶، صص. ۵۶-۵۱.
- سبزی‌پرور ع. ۱۳۷۰، بررسی همدیدی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه‌ی ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- لشکری ح. ۱۳۸۱، مسیریابی سامانه‌های کم‌فشار سودانی ورودی به ایران، مدرّس علوم انسانی، شماره‌ی ۲۵، صص. ۱۵۶-۱۳۳.
- مرادی ح. ر. ۱۳۸۳، پیش‌بینی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت سامانه‌های همدید در شمال‌شرقی ایران، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۷۵، صص. ۷۰-۵۴.

- مفیدی ع. ۱۳۸۳، اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ منطقه دریای سرخ در خاورمیانه، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۹، صص. ۷۳-۹۱.
- مفیدی ع. و زرین آ. ۱۳۸۴- الف، بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، صص. ۷۱-۹۳.
- مفیدی ع. و زرین آ. ۱۳۸۴- ب، تحلیل هم‌دید ماهیت سامانه‌های کم‌فشار سودانی (مطالعه‌ی موردی طوفان دسامبر ۲۰۰۱)، فصلنامه‌ی جغرافیایی سرزمین، شماره ۶، صص. ۲۴-۴۸.
- Ashbel D., 1938, **Great Floods in Sinai Peninsula, Palestine, Syria and the Syrian desert, and the Influence of the Red Sea on Their Formation**, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, No. 64, PP. 635-639.
- Dayan U. and Sharon D., 1980, **Meteorological Parameters for Discrimination between Widespread and Spotty Storms in the Negev, Israel**, J. Earth Sci., No. 29, PP. 253-256.
- Dayan U., Ziv B., Margalit A., Morin E. and Sharon D., 2001, **A Severe Autumn Storm Over the Middle-East: Synoptic and Mesoscale Convection Analysis**, Theoretical and Applied Climatology, No. 69, PP. 103-122.
- Goldreich Y., 2003, **The Climate of Israel: Observation, Research and Applications**, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Itzikson D., 1995, **Physical Mechanisms of Tropical-Mid-Latitude Interactions**, MSc. Thesis, Department of Geophysics and Planetary Sciences, Tel Aviv University.
- Kahana R., Ziv B., Enzel Y. and Dayan U., 2002, **Synoptic Climatology of Major Floods in the Negev Desert, Israel**, Int. J. Climatol., No. 22, PP. 867-882.
- Krichak S. O., Alpert P. and Krishnamurti T. N., 1997a, **Interaction of Topography and Tropospheric Flow – A Possible Generator for the Red Sea Trough?** Meteorology and Atmospheric Physics, No. 63, PP. 149-158.
- Krichak S., Alpert P. and Krishnamurti N., 1997b, **Red Sea Trough/Cyclone Development Numerical Investigation**, Meteorology and Atmospheric Physics, No. 63, PP. 159-169.
- Krichak S. O. and Alpert P., 1998, **Role of Large Scale Moist Dynamics in November 1-5, 1994, Hazardous Mediterranean Weather**, J. Geophysics, Res., Vol. 103, PP. 19453-19468.
- Saaroni H., Ziv B., Bitan A., and Alpert P., 1998, **Easterly Wind Storms Over Israel**, Theor. Appl. Climatol., No. 59, PP. 61-77.
- Soliman 1953, **Rainfall over Egypt**, Q.J.R. Met. Soc., Vol. 79, PP. 389-397.
- Tsvieli Y. and Zangvil A., 2005, **Synoptic Climatological Analysis of “Wet” and “Dry” Red Sea Troughs over Israel**, International Journal Climatology, Vol. 25, PP. 1997-2015.
- Tsvieli Y. and Zangvil A., 2007, **Synoptic Climatological Analysis of Red Sea Trough and non-Red Sea Trough Rain Situations over Israel**, Adv. Geosci., Vol. 12, PP. 137-143.
- Ziv B., 1994, **The Weather in Israel, in: Introduction to Meteorology**, Edited by: Ziv B. and Yair Y., The Open University Press, TelAviv, Israel, Vol. 5, PP. 8-59.
- Ziv B., Saaroni H., Baharad A., Yekutieli D. and Alpert P., 2004, **Indications for Aggravation in Summer Heat Conditions over the Mediterranean Basin**, Geophys. Res. Lett., Vol.32.