

## تحلیل الگوی دینامیکی و هم‌دیدي بارش‌های سنگین در جنوب‌غرب خزر و غرب ایران

### (مطالعه‌ی موردی: بارش مورخه ۱۳۸۳/۸/۱۴)

داریوش یاراحمدی\* - استادیار دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان

زهره مریانجی - دانشجوی دوره‌ی دکترای اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۵/۱۸

#### چکیده

برای شناخت بهتر از بارش‌های سنگین یک منطقه، لازم است تا مطالعات کافی از شرایط دینامیکی و هم‌دیدي رخداد بارش در آن منطقه صورت بگیرد. بدین منظور، پژوهش حاضر، به تحلیل دینامیکی و هم‌دیدي بارش سنگین در تاریخ ۱۳۸۳/۸/۱۴ که در غرب ایران و جنوب‌غرب دریای خزر رخ داده می‌پردازد. برای انجام این پژوهش، پارامترهای دما، ارتفاع ژئوپتانسیل، رطوبت، باد و فشار سطح دریا در سال ۲۰۰۴ برای تمام سطوح استاندارد تهیه شد؛ سپس شبکه‌ای که بتواند تحلیل قابل قبولی از رخداد‌های هواشناسی ارائه بدهد و تا حد ممکن سامانه‌های هم‌دیدي در آن نمایان باشد، طراحی شد. در مرحله‌ی بعد پارامترهای جوّی بر روی این شبکه، با استفاده از نرم‌افزار گردس کشیده شد. برای بررسی و تحلیل بهتر به مدت یک هفته، نقشه‌های روزهای وقوع، قبل و بعد از بارش ترسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که در روز چهاردهم آبان ۱۳۸۳ در جنوب‌غرب خزر سامانه کم‌فشاری در سطح زمین گسترش یافته است. همچنین در این روز، شکل‌گیری ناوه در ترازهای میانی جو و فرارفت هوای سرد نیز مشاهده شده است. محور ناوه‌ی مذکور با محور جت‌باد شمال خزر همراهی دارد. وضعیت مؤلفه نصف‌النهاری باد باعث افزایش شیو افقی فشار شده است که خود موجب افزایش همرفت و ایجاد تاوایی مثبت شده است. این شرایط با تشدید سرعت قائم، مؤلفه‌ی زمین‌گرد باد را تقویت کرده است و موجب تشدید ناپایداری کژفشاری و افزایش جریان‌های صعودی گردیده است. وضعیت همگرایی و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این روز، نشان‌دهنده‌ی شرایط مساعد جریان‌های صعودی در جنوب‌غرب خزر و نوار مرزی غرب کشور است. سامانه‌ی ناپایدار در روز پانزدهم آبان به تدریج در جنوب‌غرب خزر و غرب به‌دلیل از بین رفتن ناوه‌ی مذکور و فرارفت هوای سرد و همچنین غلبه‌ی شرایط واگرایی در سطوح بالای جو و پُرفشاری در سطح زمین، تضعیف و ناپدید می‌شود که این به معنی توقف بارش در این منطقه است.

کلیدواژه‌ها: هم‌دیدي، دینامیک، همگرایی، بارش، ایران.

## مقدمه

تحلیل شرایط همدیدی و دینامیکی الگوهای گردش جوئی، در شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع بارش‌های سنگین، بسیار حائز اهمیت است؛ به‌ویژه آن‌که، این نوع بارش با تبدیل به روان‌آب، می‌تواند سبب سیلاب و عواقب مصیبت‌باری شود. بنابراین، لازم است با شناخت سازوکار تکوین، تقویت و قانون‌مندی حاکم بر حرکت و گسترش سامانه‌های اقلیمی بارش‌زا از آثار مثبت آن سود جست و از نتایج زیان‌بار آن دوری کرد و یا آن را به حداقل رساند. برای استفاده‌ی بهتر از بارش یک منطقه، ابتدا لازم است تا شناخت کافی از شرایط همدیدی و دینامیک رخداد بارش در آن ناحیه صورت گیرد. در ارتباط با تأثیر گردش جوئی بر وقوع بارش و الگوهای آن مطالعات گوناگونی در سطح دنیا انجام شده که در زیر به ذکر چند مورد از آن پرداخته شده است. مطالعه‌ی همدیدی بارش‌های بهاره در اریتره، توسط هبتمایکل و پدلی<sup>۱</sup> (۱۹۷۴)، ارتباط بارش با گردش جوئی در طول دوره‌های خشکسالی و ترسالی در غرب آفریقا توسط نیکلسون<sup>۲</sup> (۱۹۸۱) و تحلیل همدیدی بارش‌های ماهانه و فصلی در سری‌لانکا در رابطه با گردش جوئی که سوپیا<sup>۳</sup> (۱۹۸۷) انجام داده، نمونه‌های از این مطالعات هستند. دایان و همکارانش<sup>۴</sup> (۲۰۰۱) شرایط همدیدی سامانه‌های ایجادکننده یک رگبار شدید پاییزی را تشریح کردند. کوتیل و همکارانش<sup>۵</sup> (۲۰۰۱) تیپ‌های هوای تولیدکننده دوره‌های خشک و مرطوب ترکیه را بررسی کرده و لیتمن<sup>۶</sup> (۲۰۰۱) تیپ‌های هوای شرق مدیترانه را با استفاده از شناسایی محل جغرافیایی سامانه‌ی مهمی چون پرفشار آزرز شناسایی کرده است.

در ایران نیز مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: سبزی‌پرور (۱۳۷۰)، به بررسی همدیدی سامانه‌های سیل‌زا در جنوب‌غرب ایران پرداخته است. وی عامل اصلی بارش‌های سنگین و سیل‌زا در جنوب‌غرب ایران را حضور ناوه‌ی عمیق در تراز بالا (به‌طوری که محور ناوه به سمت جنوب تا جنوب دریای سرخ کشیده شود) می‌داند. نجار سلیقه (۱۳۸۰)، سامانه‌های همدیدی بارش‌های تابستانه جنوب‌شرق کشور در دوره‌ی ۱۳۴۸ تا ۱۳۷۲ را بررسی و نتیجه‌گیری کردند که دو الگوی فشاری متفاوت فعل و انفعال‌های دینامیکی بین سامانه‌های فشار عرض‌های پایین و بالا که باعث ایجاد جبهه و صعود هوا می‌شود و گرمایش زمینی که باعث تشکیل کم‌فشار حرارتی و صعود می‌شود، منشأ صعود و ایجاد بارش‌های این منطقه هستند. مرادی (۱۳۸۰)، به بررسی همدیدی سیلاب ۲۱ آبان ۱۳۷۵ در نواحی مرکزی استان مازندران پرداخته، وی عامل اصلی وقوع بارش را حاکمیت پرفشار در سطح زمین و حضور ناوه در ترازهای بالایی می‌داند. محمدی (۱۳۸۱)، بارش‌های همدیدی ساحل جنوبی دریای خزر در شش ماه سرد سال را بررسی و نتیجه‌گیری کرد که رخداد بارش‌های سنگین در این منطقه، با حاکمیت پشته در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی دریای سیاه، شرق تا مرکز اروپا، شرق دریای مدیترانه و همچنین ناوه‌ی عمیق در شرق دریای سیاه همراه است. مفیدی و زرین (۱۳۸۳)، تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌زا در ایران را از

1. Habtemichael
2. Nickolson
3. Suppiah
4. Dayan
5. Kutiel
6. Littmann

نظر هم‌دیدگی بررسی و بیان کردند که نقش اصلی در بارش‌های سیل‌زا به کشیده‌شدن تاوهی قطبی، در تراز ۵۰ هکتوپاسکال برمی‌گردد که به‌عنوان منبع اصلی تاوایی برای پیدایش الگوی گردش ناهنجار و تقویت سلول هدلی یا جت جنب حاره بر روی مدیترانه و شمال آفریقا وارد عمل می‌شود. علیجانی (۱۳۸۰) به شناسایی تیپ‌های هوای باران‌آور تهران بر اساس محاسبه‌ی چرخندگی پرداخته است. در این پژوهش نتیجه‌گیری می‌شود برای تعیین تیپ‌های هوا در ایران، استفاده از محاسبه‌های چرخندگی بسیار دقیق‌تر و آسان‌تر از روش‌های دیگر است و همچنین در بین سطوح اتمسفری سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مهم‌تر از سطوح دیگر است. جهانبخش اصل و ذوالفقاری (۱۳۸۰) الگوی هم‌دیدگی بارش‌های روزانه‌ی غرب ایران را بررسی کردند. آنها براساس نتایج تحلیل عاملی، پنج ناحیه‌ی بارش روزانه، به‌نام‌های ناحیه‌ی مرکزی، ناحیه‌ی شمال‌غربی، ناحیه‌ی جنوب‌غربی، ناحیه‌ی خزری (شمال‌شرقی) و ناحیه‌ی شرقی را مشخص کردند. سپس الگوهای هم‌دید حاکم بر هر کدام از نواحی بارشی را بر اساس نقشه‌های سینوپتیک کوچک مقیاس اطلس‌های روسی، در دو سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که اختلاف معناداری در الگوی مراکز کم‌ارتفاع فرود موج کوتاه، محور فرود (سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) و مراکز کم‌فشار، شدت فعالیت، فراوانی وقوع و مسیر حرکت آنها (سطح زمین) در بین نواحی بارش وجود دارد. امیدوار (۱۳۸۶) به بررسی و تحلیل شرایط هم‌دیدگی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه‌ی شیرکوه پرداخته است و بیان کرد که بارش‌های این منطقه، ناشی از سه سامانه هم‌دیدگی هستند که عبارت‌اند از: ۱- استقرار کم‌فشار سودانی روی شبه‌جزیره‌ی عربستان؛ ۲- سامانه‌های ترکیبی سودانی و مدیترانه‌ای؛ ۳- سامانه‌های مدیترانه‌ای. عزیزی و صمدی (۱۳۸۶) الگوی هم‌دیدگی سیل ۲۸ مهر ماه ۱۳۸۲ گیلان و مازندران را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که فرارفت هوای سرد قطبی<sup>۱</sup> از عرض‌های شمالی بر روی دریای خزر، در اثر وجود ناوه عمیق در شمال شرق اروپا و امتداد محور آن بر روی دریای خزر ایجاد شده است. همچنین آنها حضور آنتی سیکلون مهاجر با کشیدگی شمال غرب - جنوب در غرب ناوه و سیکلون جبهه‌ای در شرق ناوه و هم‌جهت‌شدن حرکت آنتی سیکلونی آن با حرکت سیکلونی جلو ناوه را باعث تقویت این فرارفت می‌دانند. علاوه‌براین، آنها حرکت نصف‌النهاری قابل ملاحظه جریان‌های سطوح میانی جو که موجب تقویت تاوایی می‌شود را مؤثر می‌دانند.

پژوهش‌های حاضر به بررسی هم‌دیدگی و دینامیک بارش سنگین در تاریخ ۱۳۸۳/۸/۱۴ در غرب کشور و جنوب‌غرب دریای خزر می‌پردازد که نتایج آن به شناخت بیشتر سامانه‌های باران‌زا در این منطقه کمک می‌کند. هدف از این پژوهش، نمایش روش کار در مطالعات دینامیک و سینوپتیک بارش‌های سنگین در ایران است و انتخاب این تاریخ به این دلیل است که در این تاریخ، یکی از سنگین‌ترین بارش‌ها در ایستگاه‌های غرب خزر و برخی ایستگاه‌های غرب ایران گزارش شده است و منشأ بارش در این تاریخ در غرب خزر و غرب ایران تقریباً یکی است.

## مواد و روش‌ها

سامانه‌های هم‌دید معمولاً پدیده‌های بزرگ مقیاسی هستند که اندازه آنها از ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلومتر است. در این مقیاس،

هواشناسی دینامیکی به تفسیر ساختار حرکت‌های جوئی برحسب قوانین فیزیکی حاکم می‌پردازد. سامانه‌های سینوپتیک برای مناطق برون‌حاره، به‌صورت زمین‌گردوار مطالعه می‌شوند، اما برای سرعت‌های افقی تا حدودی به‌صورت زمین‌گرد در نظر گرفته می‌شود (هولتون ۲۰۰۴ و مارتین ۲۰۰۶). در جو واقعی با توجه به سرعت‌های قائم، باد واقعی مؤلفه‌ی زمین‌گرد دارد. مؤلفه‌ی زمین‌گرد باد تفاوت بین باد واقعی و باد زمین‌گرد است که به‌صورت رابطه (۱) بیان می‌شود:

$$\vec{V}_{ag} = \vec{V} - \vec{V}_g \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن،  $\vec{V}_{ag}$  باد زمین‌گرد،  $\vec{V}$  باد واقعی و  $\vec{V}_g$  باد زمین‌گرد افقی است. در این حالت معادله‌ی تکانه با اعمال تحلیل‌های مقیاسی بر حسب باد زمین‌گرد به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = -f\hat{k} \times \vec{V}_{ag} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن  $t$  زمان،  $f$  نیروی کوریولیس،  $\hat{k}$  کمیت بردار در امتداد محور قائم است. ناپایداری‌های به‌وجودآمده در این مناطق و چرخندزایی به‌طور عمده، کثرفشاری<sup>۱</sup> هستند که انرژی اغتشاش آنها از انرژی پتانسیل در دسترس<sup>۲</sup> ناشی از شیو دمایی در جو گرفته می‌شود (هولتون ۲۰۰۴). همچنین، ارتباط شیو افقی محلی دما و چینش قائم باد، بر اساس ترازمندی باد گرمایی به‌صورت زیر داده می‌شود (مارتین ۲۰۰۶):

$$\frac{\partial \vec{V}_g}{\partial p} = -\frac{R}{fP} k \times \nabla T \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این معادله،  $\vec{V}_g$  باد زمین‌گرد،  $P$  فشار،  $R$  ثابت جهانی گاز،<sup>۳</sup>  $f$  نیروی کوریولیس،  $k$  کمیت بردار در امتداد محور قائم و  $T$  دما است.

در این نوع ناپایداری ناهه‌ها و جریان‌های جتی (جت‌باد)<sup>۴</sup> ترازهای بالای ورد سپهر در به‌وجودآمدن ناپایداری نقش اساسی دارند. این موارد به تشکیل و تقویت چرخند یا وچرخند کمک کرده و به صعود یا نزول هوا که در اثر ناپایداری ایجاد می‌شود کمک می‌کند. در حضور ناهه و چرخند فرارفت تاوایی مثبت و همگرایی انتظار می‌رود. مثلاً، در جلو محور ناهه فرارفت تاوایی مثبت و در پشت آن منفی است (هولتون ۲۰۰۴ و مارتین ۲۰۰۶).

$$\frac{\partial \zeta_g}{\partial t} = -\vec{V}_g \cdot \nabla \zeta_g + f_0 \frac{\partial \omega}{\partial p} \quad \text{رابطه (۴)}$$

این رابطه، نشان‌دهنده‌ی تاوایی زمین‌گرد است که در آن  $\zeta_g$  تاوایی نسبی زمین‌گرد،  $\omega$  سرعت قائم،  $\vec{V}_g$  سرعت باد زمین‌گرد و  $-\vec{V}_g \cdot \nabla \zeta_g$  فرارفت تاوایی نسبی است. این رابطه، بر این اساس نوشته‌شده که باد زمین‌گرد، ناواگرا است و سرعت قائم نیز دخالت دارد و به‌همین دلیل معادله‌ی تاوایی زمین‌گرد نامیده می‌شود.

1. Baroclinic

2. Available Potential Energy (APE)

3. Gas constant ( $R=8.316963 \text{ j mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

۴. واژه ترکیبی جت‌باد که به‌تازگی دکتر فرامرز خوش‌اخلاق و دکتر علی‌اکبر شمسی‌پور به‌جای جت‌استریم پیشنهاد کرده‌اند.

$$\nabla \cdot \vec{V}_h = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad \text{رابطه (۵)}$$

واگرایی افقی از رابطه (۵) محاسبه می‌شود که در آن مؤلفه‌ی  $u$  و  $v$  به ترتیب مؤلفه‌های سرعت در امتداد محورهای  $x$  و  $y$  صفحه‌ی بُردار هستند. در صورت مثبت‌بودن حاصل معادله واگرایی و در صورت منفی‌بودن همگرایی است و چون این رابطه طبق رابطه (۶) به سرعت قائم مربوط می‌شود در صورت منفی‌بودن جریان‌ها روبه بالاست و در صورت مثبت‌بودن جریان‌ها روبه پایین است.

$$\nabla \cdot \vec{V}_h + \frac{\partial w}{\partial p} = 0 \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن  $\vec{V}_h$  سرعت افقی،  $w$  مؤلفه سرعت قائم،  $p$  فشار است.

این مطالعه به وضعیت هم‌دیدگی و دینامیکی بارش سنگین در تاریخ ۱۳۸۳/۸/۱۴ (چهارم نوامبر ۲۰۰۴ میلادی) پرداخته است. در این روز در تعدادی از ایستگاه‌های کشور بارندگی‌ای بسیار سنگینی رخ داده است که بیشترین مقادیر آن مربوط به ایستگاه آستارا با ۱۴۷ میلی‌متر، ایستگاه‌های بندرانزلی ۱۱۵ میلی‌متر و مهران با ۵۲ میلی‌متر و... بوده است. براساس داده‌های بارش برای این روز، بیشترین بارش در قسمت جنوب‌غرب دریای خزر و بعد از آن در غرب ایران اتفاق افتاده است، جدول شماره (۱).

برای انجام تحلیل هم‌دیدگی و دینامیکی، ابتدا اطلاعات مربوط به مؤلفه‌های دما، ارتفاع ژئوپتانسیل، رطوبت، باد و فشار سطح دریا در سال ۲۰۰۴ برای تمام سطوح استاندارد از سایت نوا<sup>۱</sup> گرفته شد. سپس شبکه‌ای که بتواند تحلیل قابل قبولی از رخدادهای هواشناسی ارائه بدهد و تا حد ممکن سامانه‌های هم‌دیدگی در آن نمایان باشند تعیین و طراحی شد. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار گِردس<sup>۲</sup> پارامترهای جوّی بر روی این شبکه برای لایه‌های استاندارد جو کشیده شد. برای تحلیل درست از شرایط جوّی در دوره این سامانه بارشی، به مدت یک هفته نقشه‌های روزهای وقوع، قبل و بعد از بارندگی کشیده شد.

جدول ۱. وضعیت بارش در برخی از ایستگاه‌های سینوپتیک کشور در روز ۸۳/۸/۱۴

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع به متر	بارش به میلی‌متر
آستارا	۳۸° ۲۵'	۴۸° ۵۲'	-۱۸	۱۴۷
بندر انزلی	۳۷° ۲۸'	۴۹° ۲۸'	-۲۶/۲	۱۱۹/۵
مهران	۳۳° ۴۰'	۴۶° ۱۰'	۱۶۰	۵۲
رامسر	۳۶° ۵۴'	۵۰° ۴۰'	-۲۰	۴۵
بابلسر	۳۶° ۴۳'	۵۲° ۳۹'	-۲۱	۳۰
رشت	۳۷° ۱۲'	۴۹° ۳۹'	۳۶/۷	۲۰
ایلام	۳۳° ۳۸'	۴۶° ۲۶'	۱۳۶۰	۱۶
خرم‌آباد	۳۳° ۲۹'	۴۸° ۲۲'	۱۱۲۵	۱۲

1. www.cdc.noaa.gov

۲. نرم‌افزار (Grid Analysis and Display System) GrADS یک نرم‌افزار رایج در کشیدن نقشه‌های هواشناسی است که از داده‌های با فرمت باینری استفاده می‌کند. این نرم‌افزار به صورت رایگان در سایت رسمی آن با آدرس زیر قابل بارگیری است:

<http://www.iges.org/grads/downloads.html>

## یافته‌های تحقیق

### تحلیل هم‌دید و دینامیکی

برای بررسی رخداد بارش سنگین، داده‌های بارش و نقشه‌ی ترازهای سطح زمین، ۵۰۰، ۷۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال برای پارامترهای مختلف در سه روز قبل و بعد رخداد، تحلیل شد که در این پژوهش، به ذکر مهم‌ترین موارد به دست آمده اکتفا می‌شود. به دلیل محدودیت تعداد صفحه‌های مقاله از ارائه‌ی توضیح و نقشه‌های سایر روزها خودداری می‌شود.

### الف- در تاریخ ۸۳/۸/۱۳

بر اساس نقشه‌ی فشار سطح زمین، در روز ۸۳/۸/۱۳ بر روی اروپا و شمال دریای مدیترانه سامانه‌ی پُرفشاری با مرکز بیش از ۱۰۳۰ هکتوپاسکال وجود دارد. این مرکز پُرفشار تقریباً تمام مرکز و شرق اروپا را دربرگرفته و زبانه‌ی ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی آن تا شمال غربی ایران گسترده شده است. در نقشه‌های ترازهای بالای جو، وجود مرکز پُرافتخار روی شمال مدیترانه و اروپا با مرکز پُرفشار سطح زمین همراهی دارد؛ همچنین بر روی بخش‌هایی از مرکز و جنوب ایران نیز سلول پُرفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی مستقر است (شکل شماره ۱).

در این روز، سامانه‌ی کم‌فشاری نیز با مرکز ۱۰۱۰ هکتوپاسکال بر روی دریای مدیترانه (جنوب ایتالیا و شمال آفریقا) مستقر است. همچنین بر روی منطقه‌ی شمال شرق آفریقا و دریای احمر نیز چنین سامانه‌ی کم‌فشاری با گستردگی بیشتر استقرار دارد. این مرکز کم‌فشار در منطقه‌ی شمال احمر و شرق مدیترانه، می‌تواند به بسط و توسعه ناپایداری‌ها در منطقه‌ی مذکور کمک نماید و ریزش‌های هوای سرد در غرب این سامانه، باعث حرکت شرق سوی سامانه خواهد شد (شکل شماره ۱).

در همین روز اگر نقشه‌ی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی را بررسی نماییم، شکل‌گیری ناوه‌ی عمیق و مشخصی نمایان است که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی نیز با روند شمال شرق - جنوب غرب دیده می‌شود. این ناوه از شمال غرب دریای خزر تا شرق دریای مدیترانه و شمال شرق دریای سرخ کشیده شده است (شکل شماره ۱).

بررسی وضعیت هم‌گرایی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۳۸۳/۸/۱۳ نشان می‌دهد که به‌استثنای بخش کوچکی از جنوب غربی دریای خزر و نوار مرزی غرب کشور که با هم‌گرایی ضعیفی همراه است در بقیه‌ی مناطق کشور، شرایط ترازهای بالای جو در حاکمیت واگرایی قرار دارد. همین حاکمیت شرایط واگرایی است که به استقرار پُرفشار در سطح زمین کمک کرده است (شکل شماره ۴).

بررسی رطوبت ویژه نیز مبین این است که بخش‌های جنوب غربی دریای خزر و غرب کشور با منحنی هم‌رطوبت ۴ گرم در کیلوگرم، نسبت به بقیه‌ی کشور با منحنی هم‌رطوبت ۲ گرم در کیلوگرم، شرایط رطوبتی بهتری برای شروع بارش دارند (شکل شماره ۱). با تحلیل وضعیت باد در نقشه‌ی تراز ۳۰۰ هکتوپاسکالی این روز، حضور محور جت‌باد روی شمال دریای خزر مشخص است، ولی دریای خزر در محدوده‌ی گسترده‌ی این جت‌بادها قرار ندارد. همچنین در منطقه‌ی

شرق دریای مدیترانه جت‌باد دچار شکستگی شده و جهت آنها از شمال غربی به جنوب شرقی تبدیل شده است (شکل شماره ۱).

تحلیل نقشه‌ی میزان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی روز ۱۳۸۳/۸/۱۳ نشان می‌دهد که تمامی کشور و حتی ساحل جنوبی و جنوب غربی دریای خزر تاوایی منفی دارد و فقط بخشی از مناطق غربی کشور تاوایی مثبت به نسبت ضعیفی دارد (شکل شماره ۵). با در نظر گرفتن وضعیت فشار، دما، رطوبت، همگرایی و تاوایی که از نقشه‌های ترازهای مختلف جو استخراج شدند می‌توان چنین نتیجه گرفت که شرایط بارشی در این روز در منطقه‌ی مورد مطالعه چندان مساعد نیست (شکل شماره ۵).

### ب- در تاریخ ۱۳۸۳/۸/۱۴

با بررسی نقشه‌های فشار سطح زمین در روز ۱۳۸۳/۸/۱۴، مشخص می‌شود که سلول پرفشار روی ایران با منحنی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال وسیع‌تر شده است و با جهت شمال غرب - جنوب شرق (روندی مشابه با رشته کوه زاگرس) بخش‌های بیشتری از کشور را دربر گرفته است، ولی با این وجود هنوز مناطق جنوب غرب دریای خزر، شمال غرب و همچنین غرب کشور خارج از این محدوده و شرایط پایدار همراه آن هستند. همچنین تحلیل نقشه‌های این روز نشان می‌دهند که با گذشت یک روز، مرکز پرفشار روی اروپا نیز با حرکت شرق سوی خود بر روی دریای سیاه و شمال خزر مستقر شده است. گسترش این پرفشار روی دریای خزر می‌تواند نیروی واداشته‌ای را به وجود آورد که با حرکت از سطح دریا باعث صعود رطوبت به سطوح بالا شود که این وضعیت بارش را به‌ویژه در غرب دریای خزر تشدید می‌کند (شکل شماره ۲).

مراکز کم‌فشار در شمال دریای سرخ و شرق آفریقا و روی دریای مدیترانه وجود دارند (شکل شماره ۲). در نقشه‌ی تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال این روز، مشخص می‌شود که ناوه‌ی روز قبل در شرق دریای سیاه و غرب خزر هنوز وجود داشته و عمق بیشتری پیدا کرده، به نحوی که تا روی دریای مدیترانه نیز گسترش یافته است (شکل شماره ۲).

با تحلیل وضعیت همگرایی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۳۸۳/۸/۱۴ که روز رخداد بارش سنگین مذکور است مشخص شد که نسبت به روز قبل که شرایط همگرایی ضعیفی در بیشتر مناطق کشور حضور داشت در این روز به جز شرق کشور بقیه‌ی مناطق همگرایی نسبتاً خوبی دارند و بیشترین مقدار همگرایی در جنوب غربی دریای خزر و نوار مرزی کشور وجود دارد (شکل شماره ۴).

بررسی رطوبت ویژه‌ی این روز هم نشان می‌دهد که بخش‌های بیشتری از کشور در محدوده‌ی منحنی هم‌رطوبت ۴ گرم در کیلوگرم قرار دارند که نشانه‌ی شرایط بهتر رطوبت در روز ۱۳۸۳/۸/۱۴ است. از نظر وضعیت دمایی نیز فرارفت هوای سرد روز قبل در جنوب غرب دریای خزر و شمال غرب ایران با شدت بیشتری وجود دارد (از مهران تا شمال غرب دریای خزر) (شکل شماره ۲).

وضعیت باد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال این روز هم مبین این است که محدوده‌ی جت‌بادها با جابه‌جایی به سوی عرض‌های جنوبی تا مرکز دریای خزر را دربر گرفته‌اند. در این روز شکستگی باد، اول، باعث انحراف باد از وضعیت

زمین گرد و تقویت مؤلفه آزمین گرد شده؛ دوم، به دلیل وضعیّت مؤلفه نصف‌النهاری باد سهم مؤلفه تاوایی افزایش یافته است. در همین ارتباط تغییرات افقی باد در راستای نصف‌النهاری باعث افزایش شیو افقی می‌شود. براساس مشاهده‌های مربوط به توازن باد گرمایی، در این منطقه می‌تواند چینش قائم باد شدید و ناپایداری کژفشاری ایجاد شود، وضعیّت باد وجود همگرایی در منطقه را تأیید می‌کند. این عامل مؤید وجود ناپایداری کژ فشاری در منطقه است (شکل شماره ۲).

با بررسی میزان تاوایی در نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳۸۳/۸/۱۴، ملاحظه می‌شود که در شرق مدیترانه و در منطقه‌ی ساحل جنوب دریای خزر و غرب ایران تاوایی مثبت به نسبت خوبی وجود دارد و این باعث جریان‌های صعودی هوا در این منطقه می‌شود. جریان‌های صعودی باعث تشدید ناپایداری، تشکیل ابر و بارش شده است (شکل شماره ۵). همراهی مشخصه‌های همدیدی بالا نشان می‌دهند که وضعیّت جوّی منطقه از جنبه‌های دینامیکی فعال و بسیار ناپایدار است و این ناپایداری از سطح زمین تا بالای جو کشیده شده است.

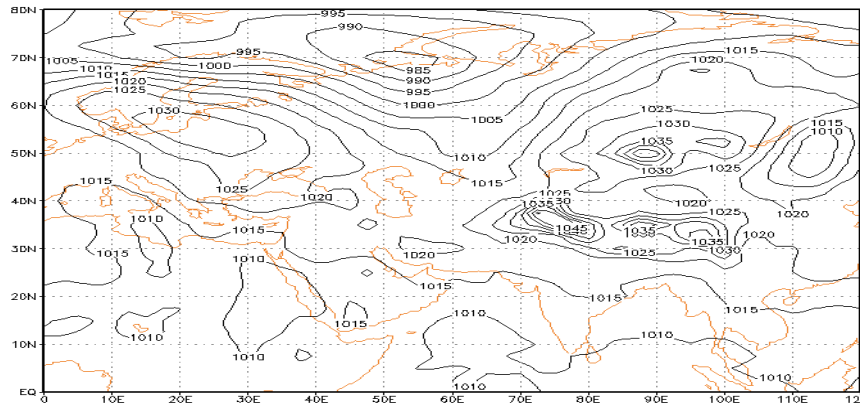
### ج- در تاریخ ۱۳۸۳/۸/۱۵

با تحلیل نقشه‌ی فشار سطح زمین در روز ۸۳/۸/۱۵، مشخص می‌شود که پُرفشار مستقر بر روی کشور که در طی دو روز قبل در حال توسعه بود، تا حدودی تمامی ساحل جنوبی و جنوب‌غربی دریای خزر، شمال‌غرب و غرب کشور را دربر گرفته و شرایط پایدار جوّی را ایجاد کرده است. پُرفشار روی اروپا نیز به سمت شرق حرکت کرده و در روی دریای سیاه و خزر مستقر و تقویت شده است. تقویت این پُرفشار روند پایدار شدن جو را افزایش می‌دهد. همچنین با بررسی نقشه‌های فشار سطح زمین در همین روز مشخص می‌شود که سامانه‌ی کم‌فشار روی دریای مدیترانه کاملاً از بین رفته است، بنابراین شرایط ناپایداری همراه آن نیز دیگر وجود ندارد (شکل شماره ۳).

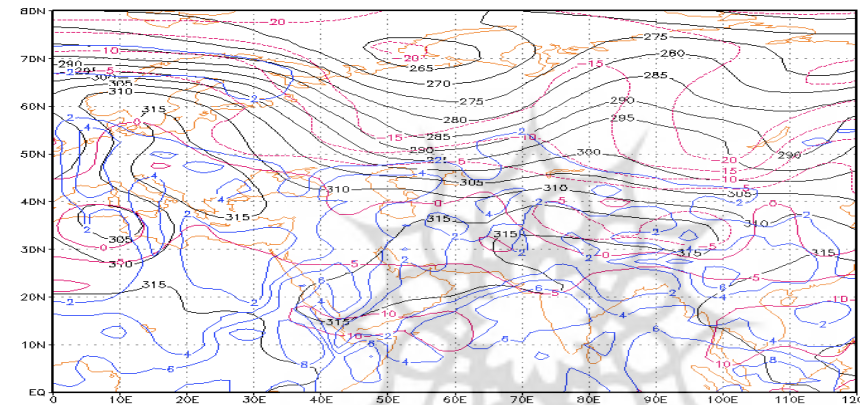
در نقشه‌ی تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال این روز، اثری از ناوه در غرب کشور و فرارفت هوای سرد نیست که این نشان‌دهنده‌ی از بین رفتن سامانه‌ی ناپایدار در منطقه و توقف بارش است (شکل شماره ۳).

با تحلیل وضعیّت همگرایی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۳۸۳/۸/۱۵ نیز مشخص می‌شود، نسبت به شرایط همگرایی خوب روز قبل، در این روز تمام مناطق همگرایی ضعیفی دارند و وضعیّت واگرایی در ترازهای بالای جوّی حاکم است. حاکمیّت شرایط واگرایی در این روز در ایجاد شرایط پُرفشار در سطح زمین که نسبت به دو روز قبل گستردگی زیادی پیدا کرده است نقش مؤثری دارد (شکل شماره ۴). وضعیّت رطوبتی کشور نسبت به روز قبل تفاوت چندانی ندارد و این مسئله نشان می‌دهد که توقف بارش در بیشتر ایستگاه‌های منطقه، به علت کمبود رطوبت نیست بلکه بیشتر به دلیل نبود مکانیسم صعود بوده است (شکل شماره ۳). همچنین بررسی وضعیّت باد این روز در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که محدوده‌ی گسترش جت‌بادها به طور کامل به عرض‌های بالا و شمال دریای خزر منتقل شده و شکستگی‌های باد نیز از بین رفته است. بررسی نقشه‌ی میزان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی روز ۱۳۸۳/۸/۱۵ نیز نشان می‌دهد که تمام کشور و حتی در غرب و شرق محدوده‌ی جغرافیای ایران تاوایی منفی است (شکل شماره ۵). تمام عوامل بالا بیانگر از بین رفتن سامانه‌ی ناپایدار در این روز هستند.



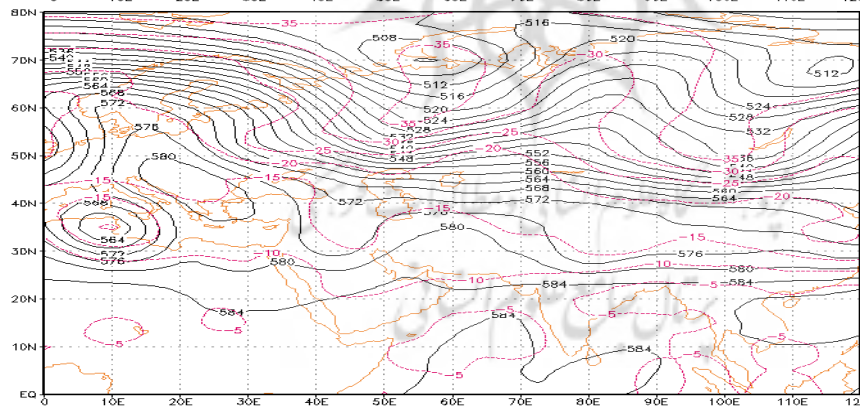


الف- فشار سطح دریا



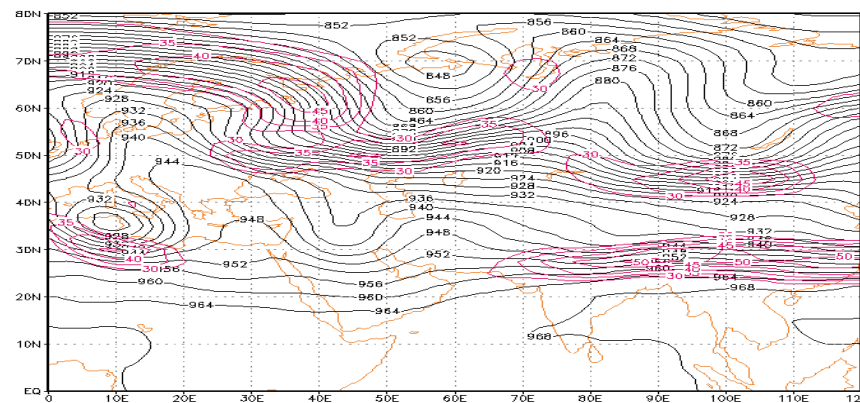
ب- ارتفاع ژئوپتانسیل،  
دما و رطوبت ویژه در  
تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

دما  
رطوبت ویژه  
ارتفاع ژئوپتانسیل



ج- ارتفاع ژئوپتانسیل و  
دما در تراز ۵۰۰ میلی‌بار

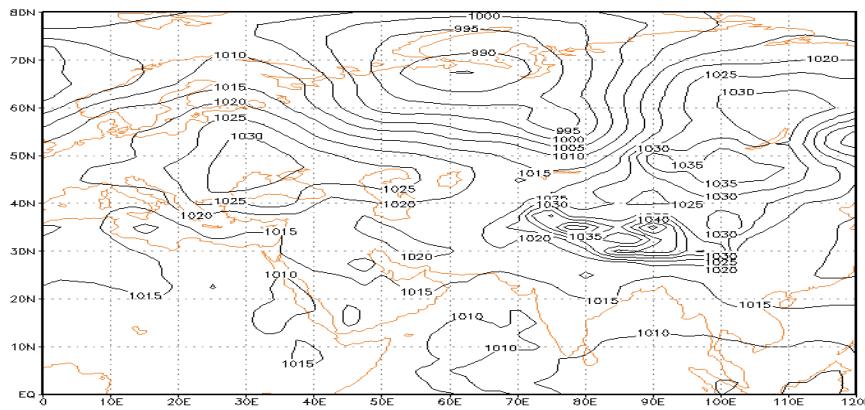
دما  
ارتفاع ژئوپتانسیل



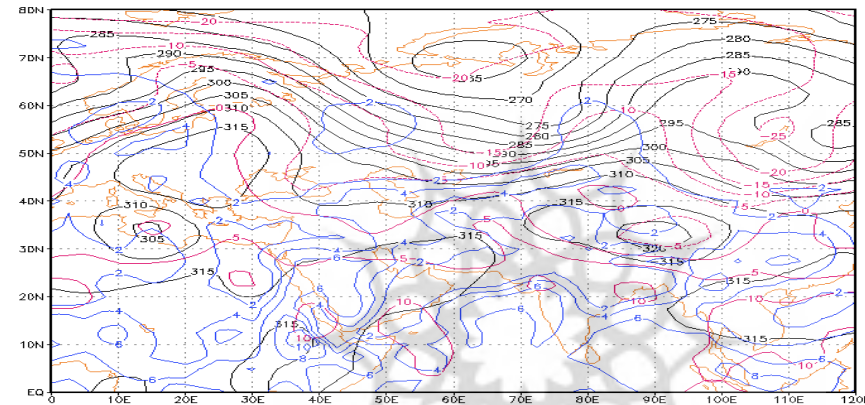
د- ارتفاع ژئوپتانسیل و باد  
در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

باد  
ارتفاع ژئوپتانسیل

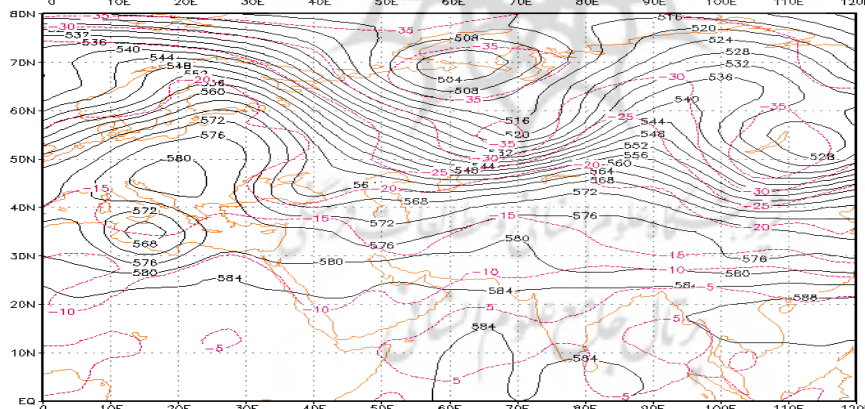
شکل ۱. نقشه‌های ترازهای مختلف جو در تاریخ ۸/۱۳/۸۳



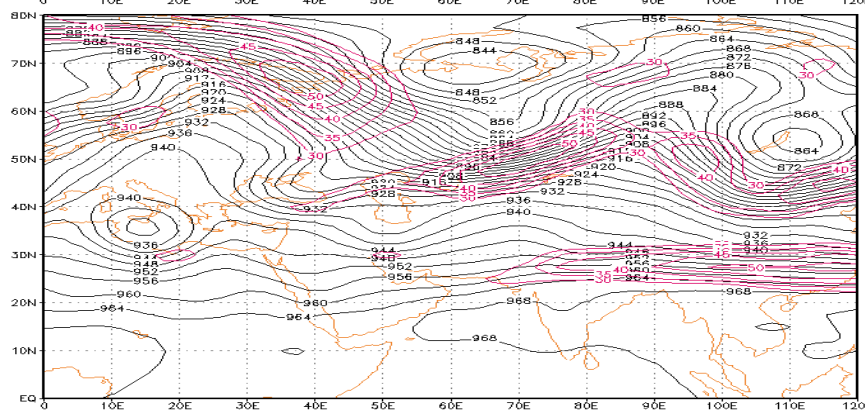
الف- فشار سطح دریا



ب- ارتفاع ژئوپتانسیل، دما و رطوبت ویژه در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال  
 — دما  
 — رطوبت ویژه  
 — ارتفاع ژئوپتانسیل

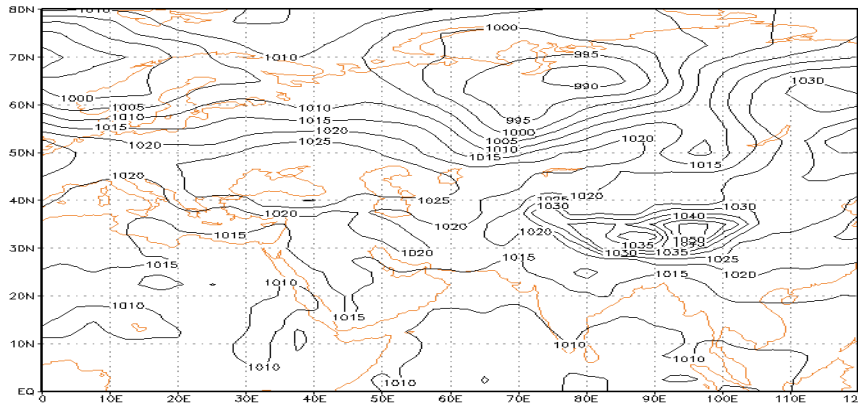


ج- ارتفاع ژئوپتانسیل و دما در تراز ۵۰۰ میلی‌بار  
 — دما  
 — ارتفاع ژئوپتانسیل

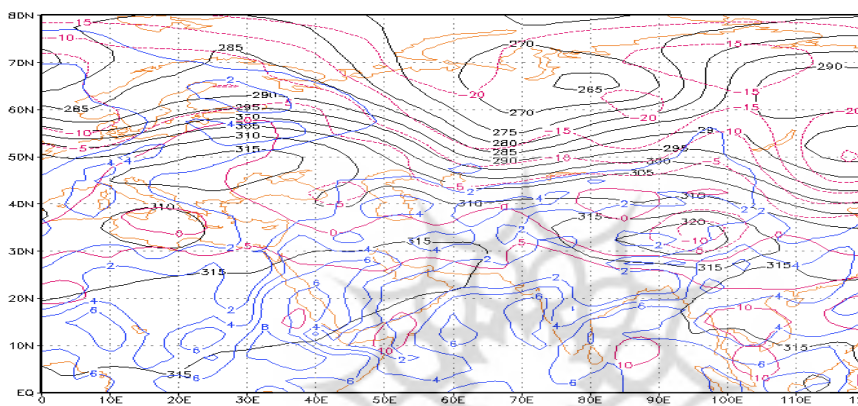


د- ارتفاع ژئوپتانسیل و باد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال  
 — باد  
 — ارتفاع ژئوپتانسیل

شکل ۲. نقشه‌های ترازهای مختلف جو در تاریخ ۸۳/۸/۱۴

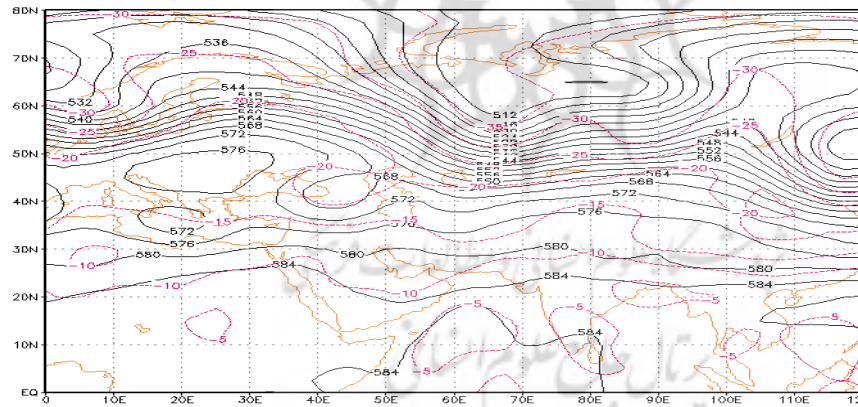


الف- فشار سطح دریا



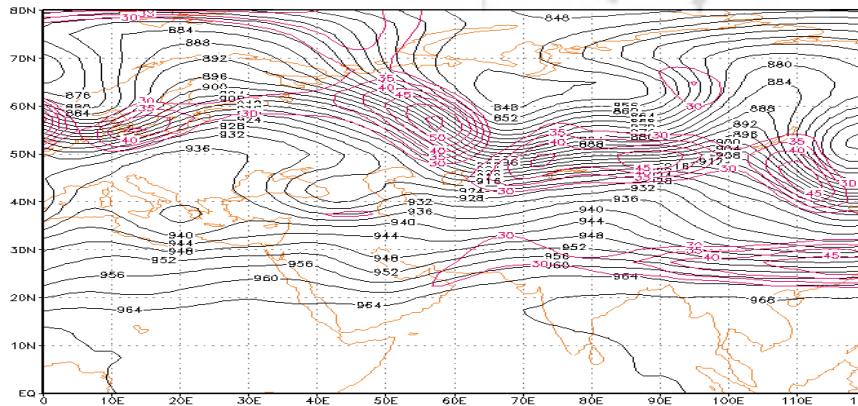
ب- ارتفاع ژئوپتانسیل،  
دما و رطوبت ویژه در تراز  
۷۰۰ هکتوپاسکال

— دما  
— رطوبت ویژه  
— ارتفاع ژئوپتانسیل



ج- ارتفاع ژئوپتانسیل و  
دما در تراز ۵۰۰ میلی‌بار

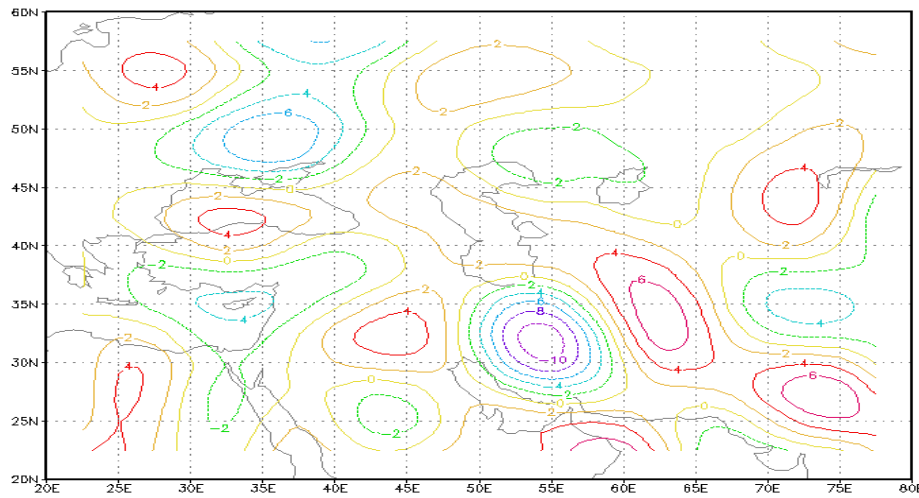
— دما  
— ارتفاع ژئوپتانسیل



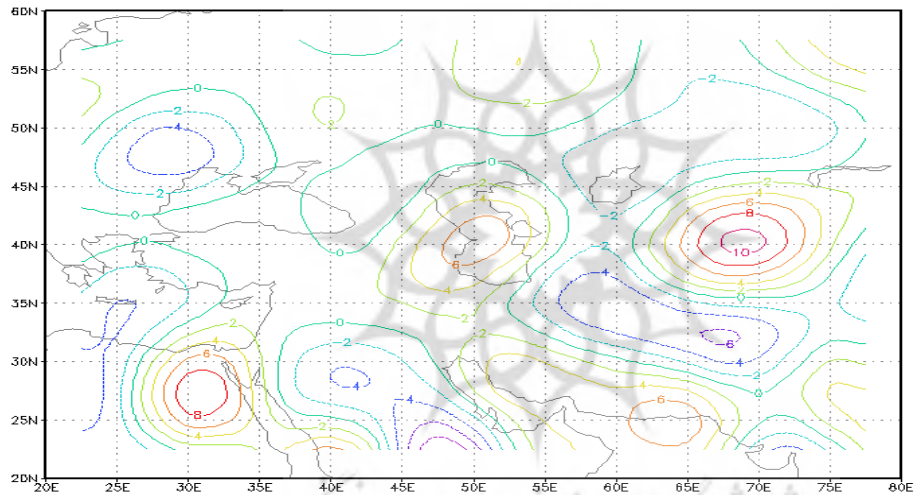
د- ارتفاع ژئوپتانسیل و  
باد در تراز ۳۰۰  
هکتوپاسکال

— باد  
— ارتفاع ژئوپتانسیل

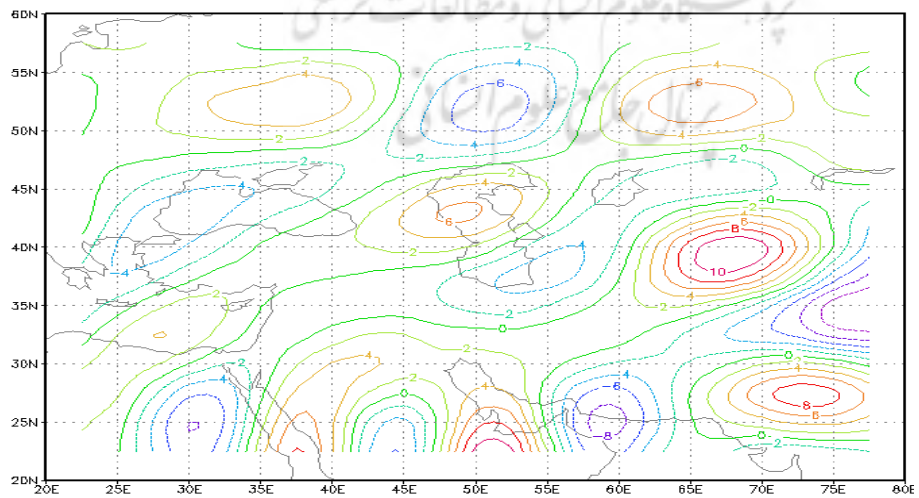
شکل ۳. نقشه‌های ترازهای مختلف جو در تاریخ ۸/۱۵/۸۳



در تاریخ ۸۳/۸/۱۳

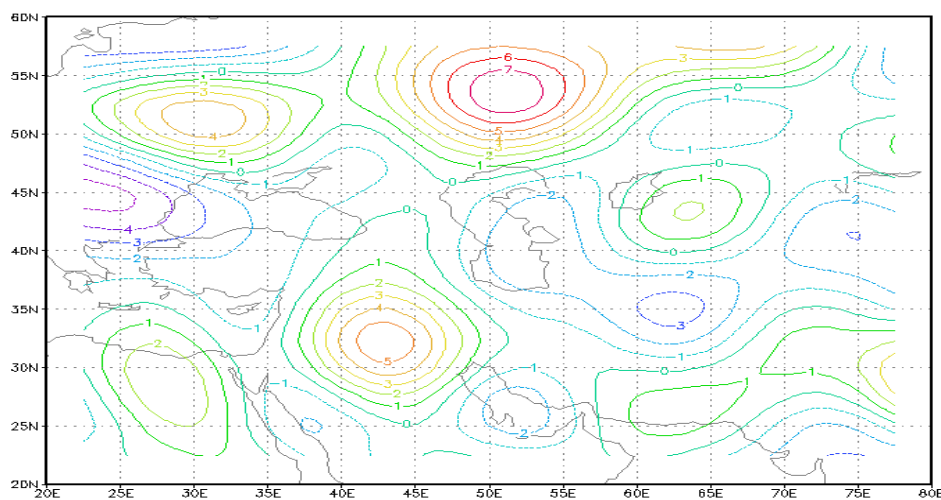


در تاریخ ۸۳/۸/۱۴

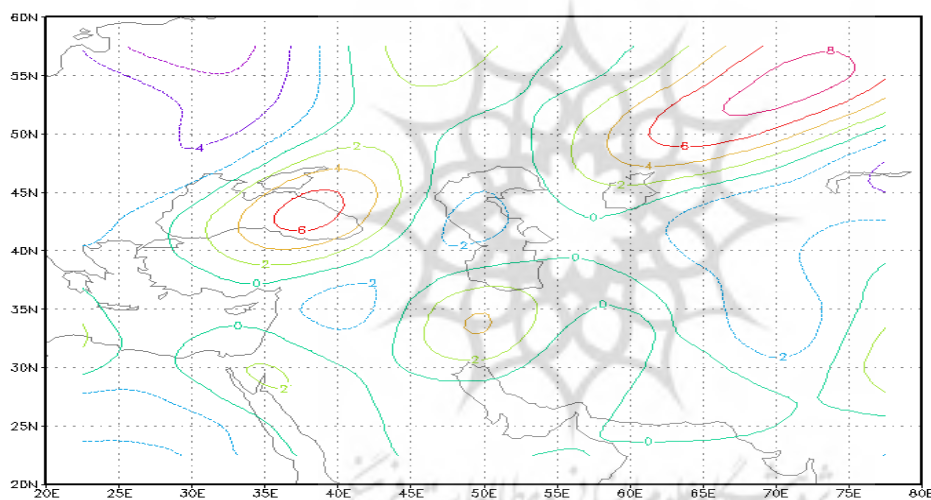


در تاریخ ۸۳/۸/۱۵

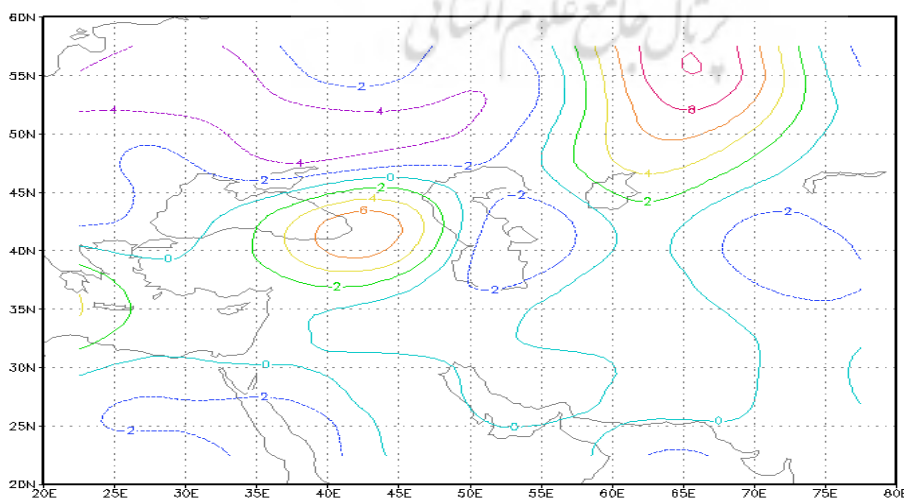
شکل ۴. نقشه‌ی میزان همگرایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال



در تاریخ ۸۳/۸/۱۳



در تاریخ ۸۳/۸/۱۴



در تاریخ ۸۳/۸/۱۵

شکل ۵. نقشه‌ی میزان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

## بحث و نتیجه‌گیری

بررسی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، بارش سنگین ساحل جنوب‌غربی خزر و نیمه‌ی غربی ایران در تاریخ ۸۳/۸/۱۴ (چهارم نوامبر ۲۰۰۴ میلادی) برخی ایستگاه کشور را مشخص کرد. بارش رخ داده در تعدادی از این ایستگاه‌ها از جمله در ایستگاه مهران با ۵۲ میلی‌متر (اولین بارش سنگین در طول دوره‌ی آماری از ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵) آستارا با ۱۴۷ میلی‌متر (پنجمین بارش سنگین در طول دوره‌ی آماری از ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵) و بندر انزلی با ۱۱۹/۵ (بیست‌وهفتمین بارش سنگین در طول دوره‌ی آماری از ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵) جزء سنگین‌ترین بارش‌ها در این ایستگاه‌ها بوده است. برای بررسی بارش سنگین رخ داده، داده‌های بارش و نقشه‌ی ترازهای سطح زمین ۷۰۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال را برای پارامترهای مختلف در روزهای قبل و بعد بارش مورد تحلیل قرار دادیم. نتایج نشان می‌دهند که در روز ۸۳/۸/۱۳ بر روی اروپا و شمال دریای مدیترانه سامانه‌ی پرفشاری با مرکز بیش از ۱۰۳۰ هکتوپاسکال حضور دارد که تقریباً تمامی مرکز و شرق اروپا در سیطره‌ی آن است و زبانه‌ی ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی آن تا شمال‌غربی ایران رسیده است. در سطوح بالا مرکز پرفشار سطح زمین با پُراتفاح روی شمال مدیترانه و اروپا همراهی دارد. در همین روز شکل‌گیری ناوهِ عمیق و مشخصی در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی با روند شمال شرق - جنوب غرب دیده می‌شود. در این روز بخش‌هایی از مرکز و جنوب ایران تحت تسلط سلول پرفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی هستند. وضعیت همگرایی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد که در بیشتر مناطق کشور و حتی در منطقه‌ی مورد مطالعه، شرایط واگرایی قرار دارد. وضعیت باد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکالی حضور محور جت باد بر روی مناطق شمال دریای خزر را نشان می‌دهد. در این روز تمام کشور و حتی ساحل جنوبی و جنوب‌غربی دریای خزر تلاوایی منفی دارند. با در نظر گرفتن شرایط مؤلفه‌های مختلف تشریح‌شده در بالا، از جمله وضعیت فشار، دما، رطوبت، همگرایی و تلاوایی مشخص شد که شرایط بارشی در این روز در منطقه مورد مطالعه، مهیا نیست. در روز ۱۳۸۳/۸/۱۴ سلول پرفشار روی ایران با منحنی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال وسیع‌تر می‌شود و بخش‌های بیشتری از کشور، به‌جز مناطق جنوب‌غرب دریای خزر، شمال غرب و غرب را دربرمی‌گیرد. در این روز با حرکت شرق سوی، مرکز پرفشار روی اروپا بر روی دریای سیاه و شمال خزر مستقر می‌شود. گسترش این پرفشار روی دریای خزر نیروی واداشته‌ای را ایجاد می‌کند که با حرکت از سطح دریا باعث صعود رطوبت به سطوح بالا می‌شود. در این روز ناوهِ روز قبل (مستقر در شرق دریای سیاه و غرب خزر) هنوز وجود داشته و عمق بیشتری نیز پیدا می‌کند و تا روی دریای مدیترانه گسترش می‌یابد. از نظر همگرایی در سطوح بالای جو، بیشترین مقدار همگرایی در جنوب‌غربی دریای خزر و نوار مرزی کشور وجود دارد. وضعیت رطوبتی این روز هم نشان می‌دهد که بخش‌های بیشتری از کشور در محدوده‌ی منحنی هم‌رطوبت ۴ گرم در کیلوگرم قرار دارند که نشانه‌ی شرایط بهتر رطوبت در روز ۱۳۸۳/۸/۱۴ است. وضعیت باد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال این روز هم مبین این است که محدوده‌ی جت‌بادها با جابه‌جایی به سوی عرض‌های جنوبی تا مرکز دریای خزر را دربرمی‌گیرند و شکستگی محور جت‌بادها باعث انحراف باد از وضعیت زمین‌گرد و تقویت مؤلفه آزمین‌گرد می‌شود. در این شرایط به‌دلیل وضعیت مؤلفه نصف‌النهاری باد، سهم مؤلفه تلاوایی افزایش یافته و تغییرات افقی باد در راستای نصف‌النهاری نیز باعث افزایش شیو افقی می‌شود. بر اساس شرایط توازن باد گرمایی، در منطقه‌ی مورد

بررسی چینش قائم باد شدید و ناپایداری کژفشاری ایجاد می‌شود که با همگرایی سطوح بالای منطقه همراه می‌شود. شرایط میزان تاوایی منطقه‌ی ساحل جنوب دریای خزر و غرب ایران نیز با تاوایی مثبت به‌نسبت خوبی به جریان‌های صعودی هوا در این منطقه و تشدید ناپایداری کمک می‌کند. همراهی مشخصه‌های دینامیکی و هم‌دیدگی بالا نشان می‌دهد که جو منطقه، از دینامیکی بسیار فعال و ناپایدار برخوردار است و این ناپایداری از سطح زمین تا ارتفاعات بالای جو گسترش دارد، به همین دلیل بارش بسیار سنگین این روز رخ می‌دهد. در روز ۸۳/۸/۱۵ پُرفشار مستقر بر روی کشور که طی دو روز قبل در حال توسعه بود، تقریباً تمام ساحل جنوبی و جنوب‌غربی دریای خزر، شمال‌غرب و غرب کشور را دربرمی‌گیرد و جو پایداری را ایجاد می‌کند، در عین حال پُرفشار روی اروپا نیز به سمت شرق حرکت کرده و با استقرار و تقویت بر روی دریای سیاه و خزر به روند پایدار شدن جو، سرعت می‌بخشد. در این روز اثری از ناوهای تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در غرب کشور و فرارفت هوای سرد نیست. همگرایی در این روز در تمام مناطق ضعیف و وضعیّت واگرایی در ترازهای بالای جو حاکم است. حاکمیّت شرایط واگرایی در این روز شرایط پُرفشاری را در سطح زمین ایجاد کرده که گستردگی زیادی دارد. همچنین بررسی وضعیّت باد این روز در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد که محدوده‌ی گسترش جت‌بادها به عرض‌های بالا و مناطق شمال دریای خزر منتقل شده است و شکستگی‌های باد نیز از بین رفته است. در این روز تمام کشور و حتی در غرب و شرق محدوده‌ی جغرافیای ایران تاوایی منفی حاکم است. تمام عوامل بالا بیان می‌کند که در این روز، شرایط دینامیک فعال روز قبل که در تمام سطوح جو حضور داشت از بین رفته و جو وضعیّت پایداری به‌خود گرفته است.

## منابع

- Alijani, B., 2001, **Determination of the Rain Producing Weather Types in Tehran Using Vorticity Computation Method**, Geography Research Quarterly, No. 64-63, pp.115-132.
- Arabi, Z., 2000, **The Analysis and Providing of Synoptic Patterns Causing Extreme and Pervasive Summer Precipitation in Iran**, Ph.D. Thesis, Tarbiat Modarres University.
- Azizi, Gh., Samadi, Z., 2007, **A Synoptic Pattern Analysis of 20<sup>Th</sup> October 2003 Flood in Mazandran and Gilan Province**, Geographical Research Quarterly, Summer 2007, 39(60), pp. 61-74.
- Dayan, U., Ziv, B., Margalit, A., Morin, E., and Sharan, D., 2001, **A Severe Autumn Storm Over the Middle East: Synoptic and Mesoscale, Convection Analysis**, Theoretical and Applied Climatology, 69, pp.103-122.
- Habtemichael, A., Pedgley, D. E., 1974, **Synoptic Case- Study of Spring Rains in Eritrea**, Arch Meteorol, Geophs, A., 3-4, pp. 285-296.
- Holton, J.R., 2004, **An Introduction to Dynamic Meteorology**, Elsevier Academic Press, New York, 4<sup>th</sup> Edition, PP. 553.
- Jahanbakhsh A.S., Zolfaghari, H., 2001, **The analysis of the Pattern of Daily Rainfall in West of Iran**, Geography Research Quarterly, No. 64-63, pp. 234-258

- Kutiel, H., Hirsch-Eshkol, T.R., and Turkes, M., 2001, **Sea Level Pressure Patterns Associated with Dry or Wet Monthly Rainfall Conditions in Turkey**, Theoretical and Applied Climatology, 69, pp. 39-67.
- Litmann, T., 2000, **An Empirical Classification of Weather Type in the Mediterranean Basin and their Interrelation with Rainfall**, Theoretical and Applied Climatology, 66, pp. 161-171.
- Martin, J.E., 2006, **Mid-Latitude Atmospheric Dynamic**, A First Course John Wiley & Sons, pp. 324.
- Mofidi, A., 2004, **The Synoptic Study of Impact of Sudanese Low Pressure Systems to Flood-causing Rainfall Occurring in Iran**, Geography Research Quarterly, No. 77, pp. 114-136
- Mohamadi, M., 2002, **The Synoptic Analysis of Rainfall in the Southern Shore of the Caspian Sea in the Cold Months**, Iranian Journal of Marine Science and Technology, No. 2, pp. 61-72.
- Moradi, H., 2001, **The Synoptic Analysis of November 11, 1996 Floods in the Central of Mazandran Province on**, Geography Education Development, No. 56, pp. 33-41.
- Najarsalighe, M., 2001, **The Synoptic Pattern of Summer Rainfall in Southeastern Iran**, Geography Research Quarterly, No. 62, pp. 114-125.
- Nicholsan, S. E., 1981, **Rainfall and Atmospheric Circulations during Drought Periods and Water Years in West Africa**, Mon, Wea, Rev, 109, pp. 2119-2208.
- Omidvar, K., 2007, **The Synoptic and Thermodynamic Analysis of the Rainfall Events in Shirkoh Region**, Research in Geography Quarterly, No. 59, pp. 81-89.
- Sabzee Parvar و A., 1991, **The Synoptic Analysis of The Systems Causing Flooding in the Southwest Iran**, MSc Thesis Geophysics Institute of Tehran University p. 150.
- Suppiah, R., 1987, **Atmospheric Circulation Variation and the Rainfall of Srilanca**. Ph.D. Thesis Institute of Geosience, University of Tsukuba, Japan, pp.151.