

# تحلیل سینوپتیک و ترمودینامیک بارش سنگین و سیلابی روزهای ۵ تا ۸ آبان ۱۳۹۴ در استان کرمانشاه

کمال امیدوار<sup>۱</sup>

نساء سپندار<sup>۲</sup>

شهاب شفیعی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۵/۱۸

\*\*\*\*\*

## چکیده

در این پژوهش یکی از سنگین‌ترین و فراگیرترین بارش‌های استان کرمانشاه (روزهای ۲۷ تا ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵) با هدف شناخت سازوکارهای مؤثر بر رخداد این گونه رویدادهای فرین بررسی شد. جهت بررسی شرایط همدید و ترمودینامیک این پدیده داده‌های روزانه بارش روزهای ۲۵ تا ۳۱ اکتبر ۲۰۱۵ استخراج و به منظور شناخت چگونگی ورود سیستم‌های سینوپتیک به منطقه از متغیرهای جو بالا استفاده شد. داده‌های مربوط به فشار تراز ایستگاه، ارتفاع ژئوپتانسیل، مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد و نم ویژه در ترازهای مختلف جو از پایگاه داده مربوط به داده‌های جو بالا، از مرکز پیش‌یابی اقلیم وابسته به اداره جو و اقیانوس ایالات متحده (NCEP/NCAR) برداشت و سپس به منظور تحلیل سینوپتیکی بارش مذکور، نقشه‌های روزانه سطح زمین و سطوح ۵۰۰، ۸۵۰ و ۲۵۰ هکتوپاسکال در نرم افزار GrADS ترسیم شد. برای محاسبه شاخص‌های ناپایداری (KI, SI, SW, LI) نیز از داده‌های جو بالای ایستگاه کرمانشاه بهره‌برداری شد. تحلیل نقشه‌های تراز دریا بیانگر این است که گرادیان شدید فشار بین کم فشار سودان و پرفشار اروپایی عامل اصلی رخداد بارش فرین در منطقه می‌باشد ضمن اینکه ریزش هوای سرد عرض‌های بالا توسط ناوه تاوه قطبی، تغذیه رطوبت از جنوب در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و بیشینه سرعت باد بر فراز منطقه در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال، امکان بروز ناپایداری‌های جوی و شروع بارندگی در غرب کشور را فراهم آورده‌اند. نتایج نشان داد، طبق شاخص ناپایداری LI در روز ۲۸ اکتبر (روز اوج بارش‌ها) رعد و برق پراکنده و بر اساس شاخص SI در روز همان روز رگبار پراکنده با احتمال خیلی ضعیف وجود دارد. طبق شاخص KI در روز اوج بارش‌ها، این احتمال به ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سینوپتیک، بارش سنگین، الگوی گردشی، استان کرمانشاه.

\*\*\*\*\*

۱- استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه یزد komidvar@yazd.ac.ir

۲- دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه یزد (نویسنده مسئول) nesasepanta@yahoo.com

۳- دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه یزد shafieshaha@gmail.com

## مقدمه

همزمانی تغییرات محیط سطحی با جو بالا علاقه فراوان دارند (مسعودیان، ۱۳۹۳: ۳). در مطالعات سینوپتیک از دیدگاه قیاسی استفاده می‌شود و ویژگی‌های کلی محیط زیست بطور هم زمان مطالعه می‌شوند. بطوری که هدف اصلی آن استناد و استدلال تغییرات شرایط محیطی سطح زمین از روی تغییرات الگوهای فشار است (بری و پری، ۱۹۷۳: ۱۵۸). در زمینه تأثیر گردش‌های جوی بر وقوع بارش‌های سیلابی در مناطق مختلف جهان مطالعات زیادی انجام شده است (روبرت، ۱۹۹۸: ۹۲). رابطه شرایط جوی بالا را با رخداد بارش‌های سنگین تابستان در یوتا بررسی نموده است و نقش عوامل سینوپتیکی را چه مستقیم و چه غیر مستقیم مهم دانسته و به این نتیجه رسیده که انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس در ایجاد این بارش‌های سنگین اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد (کمید و اسکن، ۲۰۰۱: ۷۶). ارتباط و همچنین اثر الگوهای بزرگ مقیاس بر فرکانس الگوهای سینوپتیکی ناحیه ویکتوریا را مورد مطالعه قرار دادند (ماتلیک و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۹۵). الگوهای گردشی بارش سنگین ایالت استونی را در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ بررسی کردند، بررسی ایشان نشان داد که اغلب بارش‌های سنگینی که روی داده است بر اثر عبور کم فشارها و سامانه‌های جبهه‌های ایجاد شده و بارش‌های همرفتی نقش چندانی ایفا نکرده‌اند (لی و همکاران، ۲۰۰۱: ۳۱۳). یک رویداد بارش سنگین ۱۸ روزه در کره جنوبی را به منظور درک و فهم ویژگی‌های همدید مقیاس و سازوکارهای پیدایش این رویداد طولانی مدت، بررسی کردند، نتیجه تحقیق آن‌ها نشان داد که کم فشارهای قاره‌ای قطبی شمال کره جنوبی، و پرفشار قوی غرب اقیانوس آرام که گسترش غرب - سوی پیدا کرده و در جنوب ژاپن مستقر شده، یک جبهه موسمی طولی ایجاد کرده است در نتیجه شرایط دگر فشار ۱۸ روزه‌ای پدید آمده است، به اعتقاد آن‌ها ناپایداری دگر فشار و رطوبت

در بین بلایای طبیعی سیلاب بیشترین تلفات انسانی را در برمی‌گیرد. آسیب‌های اقتصادی سیلاب در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران بیشتر بوده و رخداد آن خصوصاً در ماه‌های سرد سال در غرب کشور بسیار زیاد است. با بررسی نقشه‌های سینوپتیکی سطح زمین و ترازهای میانی و فوقانی جو، بسیاری از پدیده‌های سطح زمین چون سیل، بر مبنای آرایش مکانی منحنی‌های هم فشار یا هم‌ارتفاع و موقعیت الگوهای مستقر بر روی این نقشه‌ها، الگوی شرایط جوی روزانه مناطق را می‌توان کنترل کرده و در نهایت منشأ بسیاری از این پدیده‌ها را مشخص نمود (سجادی، ۱۳۸۷: ۹۳). بارش عمده‌ترین پدیده جوی حاصل از اندر کنش‌های پیچیده دستگاه اقلیم است و به دلیل پیوند با اجزاء مختلف دستگاه اقلیم، رفتاری پیچیده دارد. رخداد بارش نیازمند تأمین شرایط متعددی است. مهیائی رطوبت، مهیائی ناپایداری عمیق و سرمایه‌ش، شرایط لازم برای رخداد بارش به شمار می‌آیند. برای رخداد بارش‌های ابر سنگین مجموعه این شرایط باید در قوی‌ترین حالت خود ظهور کنند (مسعودیان، ۲۰۱۷: ۲). منطقه غرب ایران به دلیل دارا بودن کوهستان‌ها، ناحیه مناسبی برای تشدید و گسترش بارندگی و گاهی جاری شدن سیل می‌باشد زیرا نقش کوهستان‌ها در گیرش رطوبت هوا، نقش مهمی را در افزایش ریزش‌های جوی ایفا می‌کنند. در حال حاضر، واکاوی بارش به مهم‌ترین مبحث تحقیقاتی و گاهی چالش برانگیز در محافل علمی جهان تبدیل شده است و اندیشمندان زیادی در حوزه‌های مرتبط با آب و هواشناسی در این زمینه کوشش نموده‌اند؛ مانند پژوهش‌هایی که به طور گسترده در زمینه واکاوی ورودش‌های زمانی - مکانی بارش و روند آن در مناطق مختلف جهان و ایران انجام شده است و در همه آن‌ها، بر اهمیت تغییر اقلیم جهانی؛ به ویژه در مورد عنصر آشوبمند بارش تأکید شده است. نکته حائز اهمیت این است که اغلب محققان حوزه آب و هواشناسی به واکاوی ارتباط بارش با الگوهای همدید مقیاس جوی برای شناسایی

1- Barry R,G and A.H perry

2- Robert, harnack

3- D.kidden and A. skeim

4- Olga, matlik

5- Lee, dong

۱۳۸۲:۲۰۲) پنج سیل بزرگ را در حوضه‌های استان کهگیلویه و بویراحمد در دوره زمانی ۱۳۷۸-۱۳۶۸ مطالعه کرد، وی معتقد است که بارش‌های سیل‌زا در نتیجه نفوذ، تقویت و تشدید مرکز کم فشار سودان و همگرایی دریای سرخ و نیز یک منطقه همگرایی دیگر بر روی قسمت استوایی افریقا و خلیج گینه اتفاق می‌افتد. (میدوار، ۱۳۸۶: ۸۱) شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه یزد را مطالعه کرده و نتیجه می‌گیرد که استقرار کم فشار سودانی روی شبه جزیره عربستان، سیستم‌های ترکیبی سودانی و مدیترانه‌ای و سیستم‌های مدیترانه‌ای منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

(عزیزی و صمدی، ۱۳۸۶: ۷۲) در تحلیل سینوپتیک سیل ۲۸ مهر سال ۱۳۸۲ در گیلان و مازندران نتیجه گرفتند که وجود ناوه عمیق در شمال شرق اروپا و امتداد محور آن از عرض‌های شمالی بر روی دریای دریای خزر، موجب فرا رفت هوای سرد قطبی خزر گردیده است. حضور آنتی سیکلون مهاجر و سیکلون جبهه‌ای در شرق ناوه و در نتیجه هم جهت شدن حرکت آنتی سیکلونی آن با حرکت سیکلونی جلو ناوه نیز باعث تقویت آن‌ها گردیده است و از سوی دیگر حرکت نصف‌النهاری قابل ملاحظه جریانات سطوح میانی جو تقویت تاوایی را در این شرایط مهیا می‌کند.

(عزیزی، ۱۳۹۰: ۱۱۸) در پژوهشی تحت عنوان تحلیل اثر سامانه بلوکنینگ در ایجاد بارش‌های شدید شمال غرب ایران بیان می‌کند که استقرار سامانه بلوکنینگ در غرب منطقه مورد مطالعه و جابجایی ناوه وابسته بدان به عرض‌های جنوبی‌تر با فعالیت مناسب ناوه کم ارتفاع جنوب سامانه در منطقه شمال غرب ایران همراه شده و در نتیجه وقوع بارش شدید در منطقه مورد مطالعه را باعث گردیده است.

(جهانبخش، ۱۳۹۱: ۱۱۳) در بررسی رابطه الگوهای گردش جو بالا با بارش‌های سیل آسای آذربایجان شرقی بیان می‌کند که الگوی پرفشار غرب دریای سیاه- شمال مدیترانه و الگوی پرفشار دریای سیاه بیشترین ارتباط را با بارش‌های ابر سنگین منطقه داشته‌اند. در تحلیل همید الگوی ضخامت

انباشته، نقش عمده‌ای در پیدایش ناپایداری جو داشته و سبب بارش سیل آسای ۱۸ روزه شده است. (مسترانجلو و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۳۴) بارش‌های سنگین در جنوب شرق ایتالیا را نشان دادند که جت سطح پایین منتج شده از الگوی بزرگ مقیاس، محیط ناپایدار همرفتی را ابقاء می‌کند و در تمامی وقایع بارش سنگین، موجب فرارفت توده هوای مرطوب در سطوح خیلی پایین شده است. (هیدالگو، ۲۰۱۲: ۱۹) نیز در رابطه با بارش‌های حدی و الگوهای گردش در شبه جزیره ایبری مطالعاتی انجام داده است.

در ارتباط با تحلیل سینوپتیکی بارش‌های سنگین در ایران نیز مطالعاتی به انجام رسیده است. (شگری، ۱۳۷۵: ۱۵۰) الگوهای سینوپتیک بارش‌های سیل خیز جنوب غرب ایران را بررسی نموده است و نتیجه می‌گیرد که وقوع بارش‌های سنگین در جنوب غرب ایران نتیجه تشدید فعالیت مرکز کم فشار سودانی و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آن به یک سیستم دینامیکی - ترمودینامیکی است.

(جهانبخش و ذوالفقاری، ۱۳۸۰: ۵۰) داده‌های ۲۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی را در یک دوره ۲۰ ساله بررسی کرده و نتیجه می‌گیرند که همزمان با ناپایداری بر روی دو تراز سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال در غرب آذربایجان یک موج بارش جنوب غربی با یک ناوه نسبتاً عمیق در شرق دریای مدیترانه تا عراق تشکیل می‌شود که با جابجایی مرکز کم ارتفاع به طرف شرق و نزدیک شدن آن به خلیج فارس، مرکز کم فشار نیز در شمال یا غرب آن مستقر می‌شود و ضمن تغذیه از رطوبت خلیج فارس و گسترش بر روی جنوب غرب و غرب، بارش‌های نسبتاً شدیدی را ایجاد می‌کند.

(شجعی باشکند، ۱۳۷۹: ۹۳) به بررسی و ارائه مدل‌های همید بارش‌های سنگین شمال غرب ایران پرداخت. بررسی وی نشان داد که اگر سامانه کم فشار مدیترانه با سامانه و اچرخند اروپا از روی قفقاز و شمال غرب ایران نفوذ کند، شدیدترین حالت جبهه زایی و همگرایی بوجود می‌آید و بارش سامانه چشمگیرتر خواهد بود. (انصاری،

1- Masterangelo, D

2- Hidalgo, G

مرکزیت شهر کرمانشاه، در میانه ضلع غربی کشور، بین مدار جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است و از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان‌های ایلام و لرستان و از شرق به استان همدان و از غرب با ۳۳۰ کیلومتر مرز مشترک با عراق همسایه است.

ارتفاع متوسط آن از سطح دریاهای آزاد در حدود ۱۲۰۰ متر است (سالنامه آماری استان کرمانشاه، ۱۳۹۰). نگاره (۱) موقعیت استان کرمانشاه را در کشور ایران به نمایش می‌گذارد. در این پژوهش از رویکرد محیطی به گردشی استفاده شده است. برای انجام این گونه مطالعات دو پایگاه داده مورد نیاز است. در این مقاله نیز که با هدف تحلیل شرایط همدید بارش سنگین استان کرمانشاه (در تاریخ ۲۷ تا ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵) انجام شده است دو پایگاه داده مورد استفاده قرار گرفته است.

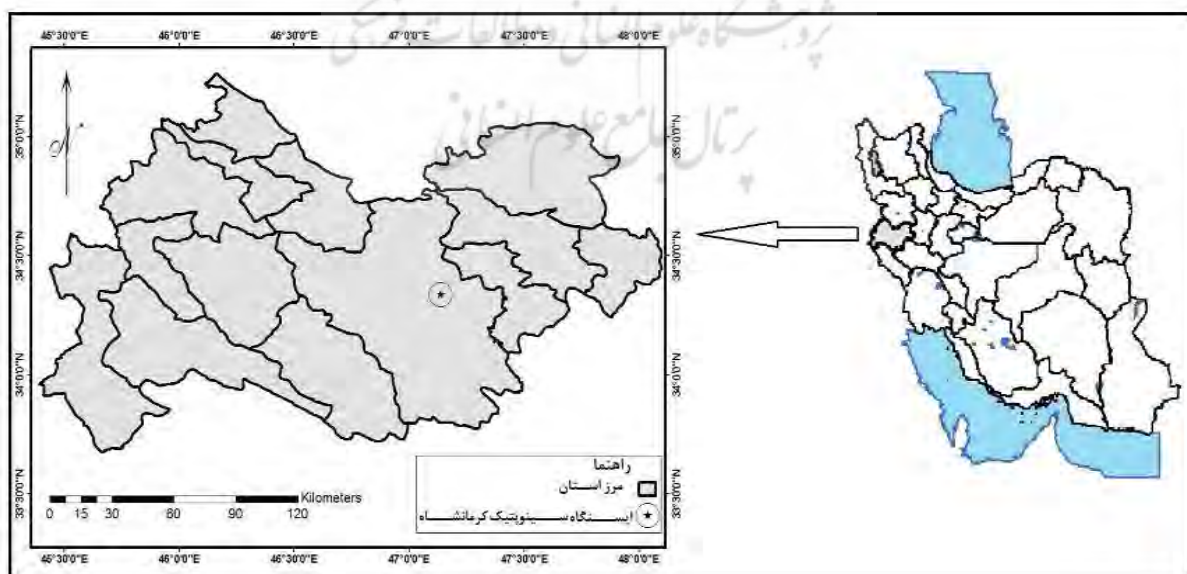
ابتدا با مراجعه مستقیم به فایل‌های رقوم ارسالی از سوی ایستگاه‌ها به سازمان هواشناسی کشور، داده‌های روزانه بارش روزهای ۲۵ تا ۳۱ اکتبر ۲۰۱۵ استخراج و به منظور تحلیل سینوپتیکی و ترمودینامیکی بارش مذکور و

بارش‌های سنگین چهار الگوی اصلی ضخامت در فراهم نمودن شرایط مناسب بارش‌های سنگین و فراگیر ناحیه زاگرس جنوبی مؤثرند که در همه آن‌ها فرود منتهی‌الیه شرق دریای مدیترانه با کمی تغییر موقعیت دیده شده است و بر روی جنوب غرب ایران منطقه کژفشاری شدیدی را ایجاد نموده که در رخدادهای این‌گونه بارش‌ها نقش مهمی را بازی کرده است (مسعودیان، ۲۰۱۳:۲۰).

در مطالعات همدید دو نوع رویکرد داریم: گردشی به محیطی و محیطی به گردشی. در مطالعه بارش از طبقه‌بندی و رویکرد محیطی به گردشی استفاده می‌گردد. دلیل آن این است که تغییرات زمانی و مکانی بارش شدید بوده و روش محیطی به گردشی به محقق این امکان را می‌دهد تا روی بارش‌ها و در نتیجه الگوهای همدید متمرکز شود که قصد مطالعه آن‌ها را دارد (عیور، ۱۳۹۱: ۱۲). در این پژوهش بارش سنگین و فراگیر استان کرمانشاه در تاریخ ۲۷ تا ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵ جهت بررسی انتخاب شده و سعی شده است که شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی وقوع این بارش سیل‌آسا مورد تحلیل قرار گیرد.

#### داده‌ها و روش تحقیق

استان کرمانشاه با وسعت ۲۴۶۳۶ کیلومترمربع، به



نگاره ۱: موقعیت استان کرمانشاه در نقشه ایران

جدول ۱: مجموع بارش ثبت شده روزانه از ۲۶ تا ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵ در استان کرمانشاه

مجموع	۳۰	۲۹	۲۸	۲۷	۲۶	روز ایستگاه
۱۶۷/۳	۲۷	۳۸/۲	۶۵/۵	۳۶/۶	۰	اسلام آباد
۱۶۴/۲	۱۵	۳۲/۵	۷۳/۷	۳۶	۷	ثلاث
۱۷۳/۷	۱۰/۷	۴۰/۵	۸۲	۳۸/۵	۲	جوانرود
۲۰۸	۱۶/۵	۴۹/۵	۹۶/۵	۴۵	۰/۵	روانسر
۱۳۵/۹	۱۴/۷	۴۰/۶	۴۶	۳۴/۵	۰/۱	سراوود
۱۳۳/۲	۳۵/۴	۲۱/۷	۳۹/۶	۳۰/۵	۵	سرپل ذهاب
۱۲۹/۷	۱۱/۵	۴۴/۷	۵۷/۷	۱۵/۸	۰	سنقر
۱۱۶/۲	۷/۲	۴۰	۴۶/۸	۲۲/۲	۰	سومار
۸۷/۳	۱۱/۵	۱۴	۴۰	۱۸/۴	۱۴	قصر شیرین
۱۴۶/۳	۲۹	۳۳/۵	۶۳/۳	۲۰/۵	۳۳	کرمانشاه
۱۳۶/۸	۱۵/۸	۵۰/۵	۵۴/۵	۱۵/۸	۵۰	کنگاور
۹۷/۸	۰	-	۵۷/۸	۳۹/۷	-	گیلان غرب
۱۴۶/۷	۱۷/۱	۴۸	۵۰	۳۱/۶	۴۸	هرسین
۲۱۴	۲۴	۲۷/۲	۸۵/۴	۶۶/۲	۱۲	پاوه

### نتایج و بحث

جدول (۱) مقدار بارش‌های روزانه ثبت شده در سطح ایستگاه‌های استان کرمانشاه را در تاریخ ۲۷ تا ۳۱ اکتبر به نمایش می‌گذارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان مجموع بارش طی ۴ روز بارشی، به ترتیب مربوط به ایستگاه پاوه و روانسر با ۲۱۴ و ۲۰۸ میلیمتر می‌باشد. روز ۲۸ اکتبر در همه ایستگاه‌های سطح استان روز اوج بارش بوده است به طوری که در این روز مجموع بارش ایستگاه‌های ذکر شده در سطح استان کرمانشاه به ۸۵۶ میلی متر رسید که در نوع خود در چندین سال اخیر بی سابقه و قابل توجه بوده است.

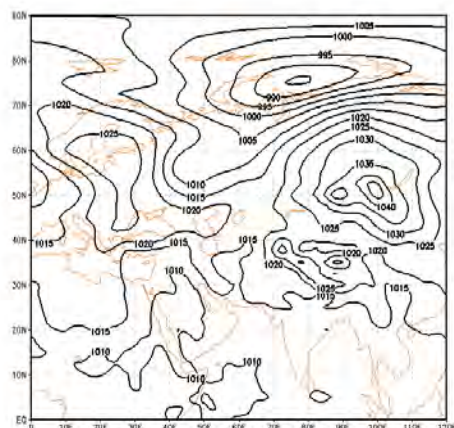
### ۱- تحلیل سینوپتیک نقشه‌های سطح زمین از تاریخ ۲۵ تا ۳۱ اکتبر ۲۰۱۵

در نقشه روز ۲۵ اکتبر (۲ روز قبل از اوج بارش‌ها) مرکز پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال روی اروپا بسته شده است، همچنین یک سامانه پرفشار، با فشار

چگونگی ورود سیستم‌های سینوپتیک به منطقه از متغیرهای جو بالا در همان تاریخ استفاده شد. داده‌های مربوط به فشار تراز ایستگاه، ارتفاع ژئوپتانسیل، مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد و نم ویژه در ترازهای مختلف جو از پایگاه داده مربوط به داده‌های جو بالا، از مرکز پیشیابی اقلیم وابسته به اداره جو و اقیانوس ایالات متحده (NCEP/NCAR) و با تفکیک مکانی ۲/۵ در ۲/۵ درجه قوسی برداشت و سپس به منظور تحلیل سینوپتیک بارش مذکور، نقشه‌های روزانه سطح زمین و سطوح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در نرم افزار GrADS ترسیم شد.

ترسیم این نقشه‌ها از ۴۸ ساعت قبل از وقوع بارش تا روز قطع کامل بارش انجام شده است. همچنین برای تحلیل ترمودینامیک از داده‌های جو بالای کرمانشاه و برای به دست آوردن میزان ناپایداری در روزهای مورد مطالعه از شاخص‌های ناپایداری KI, LI, SW و SI استفاده شده است.





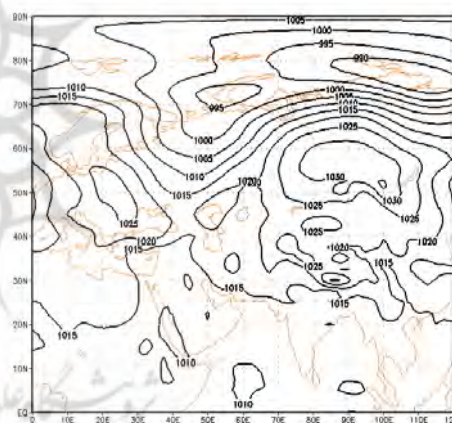
نگاره ۳: میانگین فشار تراز دریا ۲۸ اکتبر ۲۰۱۵

بنابراین علت حرکت سامانه‌های پرفشار را می‌توان به پیدایش این سامانه کم فشار از شمال نقشه نسبت داد که با حرکات رو به جنوب خود بر شمال پرفشارهای غربی و شرقی تأثیر گذاشته و از شدت آن‌ها کاسته و یا باعث ادغام و جدائی آن‌ها می‌گردد و به این طریق بر شدت میدان کم فشار افزوده و همین امر باعث می‌شود تا توانمندی آن برای ناپایداری افزایش یابد.

در این روز حاکمیت کم فشار جنوبی (سودانی) را در منطقه می‌توان مشاهده کرد (نگاره ۲). در روز ۲۸ (روز اوج بارش‌ها) سامانه جنوبی به صورت یک میدان کم فشار ظاهر شده و بیشترین قدرت خود را در دریای سرخ و منطقه سودان داراست و زبانه کم فشار تا مرکز ایران کشیده شده است و بر روی منطقه وسیعی از شرق و جنوب پرفشار اروپائی تا غرب و مرکز ایران امتداد می‌یابد و همچنان شرایط ناپایداری حاکمیت دارد.

در این مناطق بر اثر شدت کاهش فشار، جریانات صعودی افزایش یافته است. همچنین گرادیان شدید فشاری که بین زبانه کم فشار گسترش یافته از سودان و پر فشار اروپایی وجود دارد به نظر می‌رسد یکی از عوامل رخداد بارش سیل‌آسا در طول دوره‌ی مورد مطالعه در استان کرمانشاه باشد.

مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکال در عرض ۵۰ درجه و طول ۹۰ درجه بسته شده است. در بالا و پایین پرفشار آسیایی و اروپایی دو سامانه کم فشار وجود دارد که کم فشار شمالی و جنوبی نامیده می‌شود. در نقشه روز ۲۶ اکتبر، سامانه کم فشار سودان از جنوب غرب نقشه به سمت شرق حرکت کرده و تا شرق مدیترانه گسترش یافته است. پر فشار اروپایی نیز ضمن تقویت به سمت شرق جابجا شده و دامنه این پرفشار با امتداد شمالی - جنوبی تا شمال غرب ایران و شمال آفریقا کشیده شده است که این جریانات هوای سرد را به منطقه وارد می‌کنند. در این روز روی دریای خزر و دریای سرخ هم مرکز کم فشاری بسته شده و کم فشار شمالی عمیق‌تر شده است.

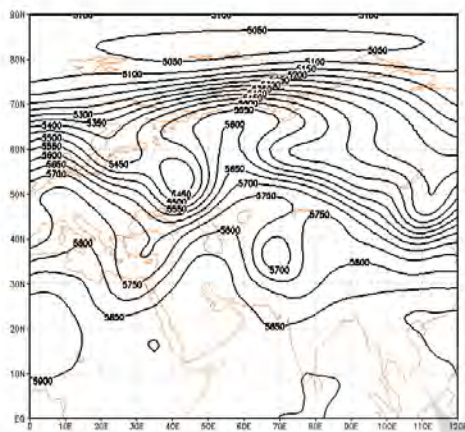


نگاره ۲: میانگین فشار تراز دریا ۲۷ اکتبر ۲۰۱۵

در روز ۲۷ ام (روز شروع بارش‌ها) پرفشار اروپائی ضمن تقویت به سمت شرق حرکت کرده است و ناوه شمالی ضمن عمیق‌تر شدن، جهتی شمالی - جنوبی به خود گرفته است و زبانه‌ای را در بین پرفشار آسیایی در شرق و پرفشار اروپایی در غرب گسیل می‌کند که تا شمال شرق دریای سیاه امتداد یافته است. این تغییرات باعث تنگ‌تر شدن و کاهش فشار بین دو پرفشار اروپائی و آسیایی می‌شود. هنگامی که افت فشار در این مناطق به وجود می‌آید اگر هوای ورودی رطوبت کافی داشته باشد ریزش باران یا برف آغاز می‌شود.

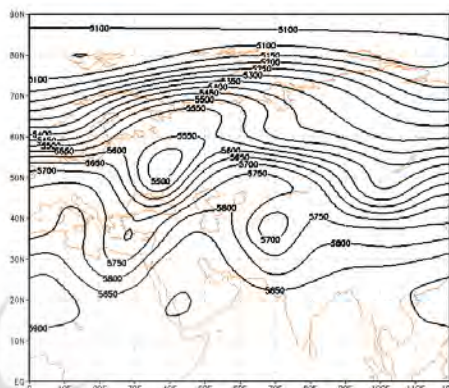


رطوبت از جنوب، امکان بروز ناپایداری‌های جوی و شروع بارندگی در غرب کشور را به وجود آورده‌اند. در این روز تمام ایستگاه‌های استان بارش را گزارش داده‌اند (نگاره ۹).

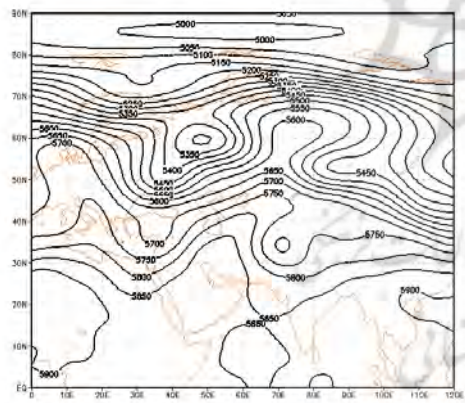


نگاره ۸: ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۶ اکتبر ۲۰۱۵

دریای سرخ در یک راستا قرار گرفته‌اند. در روز ۲۶ اکتبر (۱ روز قبل از اوج بارش‌ها) بخش جنوبی تاوه قطبی عقب افتاده و به صورت یک سامانه کم ارتفاع ظاهر می‌گردد. ناوه سامانه مذکور تا فاصله زیادی در جنوب مدیترانه بر روی آفریقا کشیده می‌شود.



نگاره ۷: ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۵ اکتبر ۲۰۱۵



نگاره ۹: ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۷ اکتبر ۲۰۱۵

در این روز بر اثر شکل‌گیری سامانه بلاکینگ، جریان بادهای غربی نصف‌النهاری شده و با ایجاد اختلال در جریان عادی بادهای غربی، به فاصله گرفتن دو پر بند ۵۸۵۰ و ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر انجامید.

نگاره (۸) یک سامانه بندالی زوجی روی روسیه را نشان می‌دهد. جریان‌های غربی با نزدیک شدن و برخورد به این پشته از مسیر اصلی خود منحرف شده و دو شاخه شده‌اند، شاخه‌ای از آن در سمت چپ به طرف عرض‌های بالا حرکت کرده و پشته را دور زده و شاخه دیگر به سمت عرض‌های پایین انحراف پیدا کرده است و یک ناوه را تشکیل داده است. در این روز یک کم ارتفاع با فشار مرکزی ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شرق ایران بسته شده است و هیچ کدام از ایستگاه‌های استان کرمانشاه گزارش بارش نداشته‌اند. در روز ۲۷ ام (شروع بارش‌ها) انتهای ناوه دریای سیاه با ناوه مدیترانه تقریباً در یک راستا قرار گرفته‌اند و به سمت شرق جابجا شده‌اند. در این روز ریزش هوای سرد عرض‌های بالا توسط ناوه تاوه قطبی و تقویت سیستم کم ارتفاع، و تغذیه

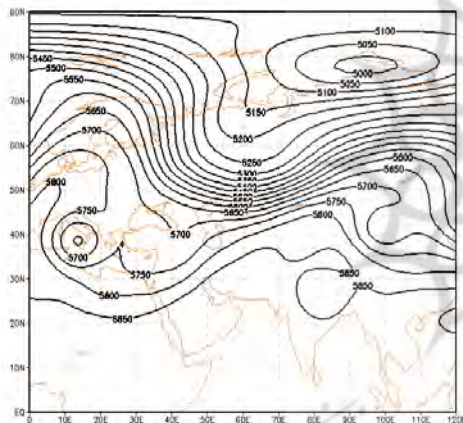
در روز ۲۸ اکتبر (روز اوج بارش‌ها) ناوه مذکور بر روی مدیترانه شرقی طوری قرار گرفته است که محور آن در انتهای ناوه مدیترانه بر روی دریای سرخ می‌گذرد، روی بخش شرقی محور این ناوه (فرود دریای سرخ) آشفستگی هوا از غرب دریای سرخ تا شمال دریای خزر وجود دارد و همین امر باعث می‌شود تا کم فشارهای سطح زمین تا



**فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)**  
**تحلیل سینوپتیک و ترمودینامیک بارش سنگین و ... / ۲۴۵**

در نقشه روز ۳۰ اکتبر (روز پایان بارش‌ها) از عمق ناوه دریای سرخ کاسته شده و پربندها در غرب ایران اندکی صاف شده‌اند. کم ارتفاع واقع در شمال شرق نقشه نیز زبان‌های را تا شمال دریای خزر گسیل می‌دهد در این روز از میزان بارش‌ها کاسته شده است (نگاره ۱۲).

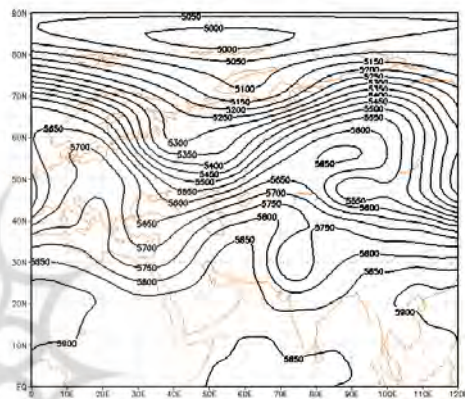
در روز ۳۱ اکتبر (روز قطع کامل بارش‌ها) ناوه شمال شرقی عمیق تر شده و تا نواحی جنوبی دریای خزر گسترش پیدا کرده است. در قسمت شرق ناوه، ریزش هوای سرد را روی مناطق شمال کشور داریم. پربندها روی کشورمان حالت مداری به خود گرفته‌اند و جو پایداری در منطقه حاکم است. در این روز بارشی گزارش نشده است.



نگاره ۱۲: ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵

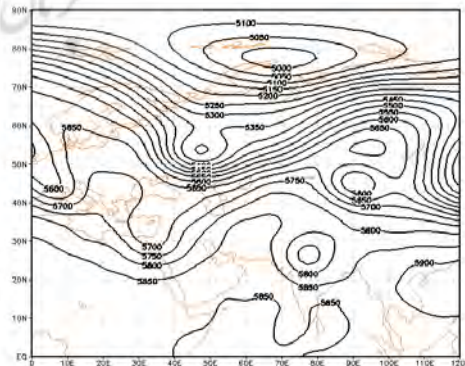
**۳- تحلیل نقشه‌های رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال**  
 نگاره‌های ۱۳ تا ۱۶ نقشه‌های مربوط به رودبادها در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهند. در زمان شروع رویداد بارش‌های سنگین، رودباد جنب حاره‌ای بر روی شمال آفریقا و رودباد جبهه قطبی روی مناطق واقع در شمال دریای خزر و دریای سیاه قرار دارد. با نزدیک شدن این دو رودباد به یکدیگر و تغییر مکان رودباد جبهه قطبی به عرض‌های پایین‌تر و حرکت رودباد جنب حاره‌ای به سمت شمال شرق مقدار بارش افزایش چشمگیری پیدا می‌کند. همانطوری که

عرض‌های بالا کشیده شوند. چنانچه این ناوه ضمن حرکت خود به شرق تقویت شده، در مسیر خود که از جنوب غرب به شمال شرق است در صورت وجود رطوبت کافی، با عبور از روی ارتفاعات، رعد و برق، باران و برف خواهد داشت. این روز، روز اوج بارش‌های سنگین در استان کرمانشاه می‌باشد. همه ایستگاه‌های سطح استان گزارش بارندگی را در حجم بیشتری نسبت به روز قبل داشته‌اند (نگاره ۱۰).



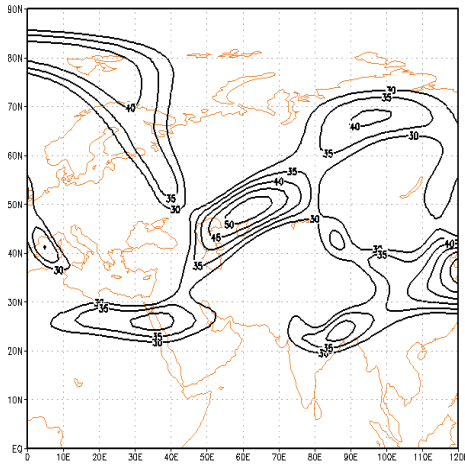
نگاره ۱۰: ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۸ اکتبر ۲۰۱۵

در روز ۲۹ اکتبر (نگاره ۱۱) ناوه دریای سرخ و شرق مدیترانه عمیق‌تر شده و موج روز قبل به سمت شرق جابه‌جا شده است و غرب ایران کاملاً در جلو ناوه قرار گرفته است. در این روز نیز همه ایستگاه‌ها بارش داشته‌اند.



نگاره ۱۱: ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۹ اکتبر ۲۰۱۵

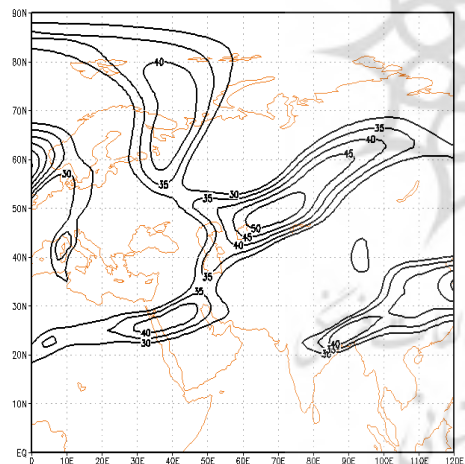
در نگاره (۱۳) قابل مشاهده است در روز شروع بارش‌ها هسته‌های بارش تقریباً از هم جدا و پراکنده هستند، اما در روز اوج بارش در روز ۲۸ ام (نگاره ۱۴) متمرکز تر می‌شوند. در این روز هسته رودباد جنب حاره‌ای با حرکت به سمت شرق بر روی ناوه بادهای غربی در دریای سرخ قرار گرفته است. در روز ۲۹ ام دو هسته رودباد در غرب ایران به هم می‌پیوندند و همچنان در امتداد شمال شرقی - جنوب غربی بیشترین عرض جغرافیایی را به خود اختصاص داده‌اند. انحنا سیکلونی مسیره‌های رودباد باعث تقویت کم فشار سطح زمین و تداوم ناپایداری‌ها و بارش در منطقه بوده است (نگاره‌های ۱۵ و ۱۶).



GMS: OLA/IGS

2015-11-13-08:37

نگاره ۱۵: نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال ۲۹ اکتبر ۲۰۱۵



GMS: OLA/IGS

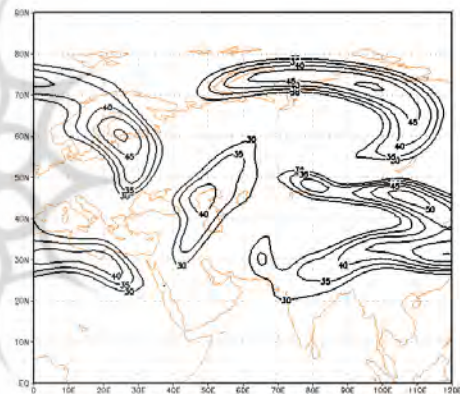
2015-11-13-08:38

نگاره ۱۶: نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵

#### ۴- بررسی نقشه‌های نیمرخ ناپایداری تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روزهای ۲۷ تا ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵

نگاره‌های (۱۷ تا ۲۰) نقشه اُمگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را از روز شروع تا انتهای بارش‌های سنگین (۲۷ تا ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵) نشان می‌دهند.

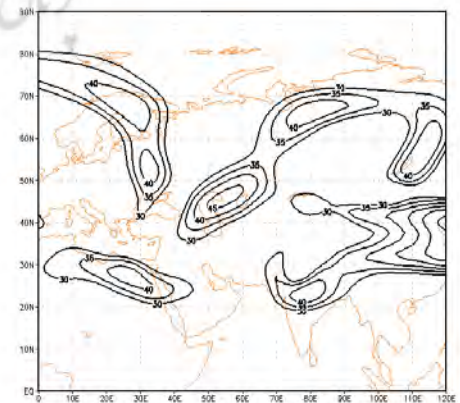
در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال همین روز (۱۷ اکتبر)، ناپایداری در بخش‌های غربی فرود ایجاد شده و نقشه اُمگا



GMS: OLA/IGS

2015-11-13-08:16

نگاره ۱۳: نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال ۲۷ اکتبر ۲۰۱۵



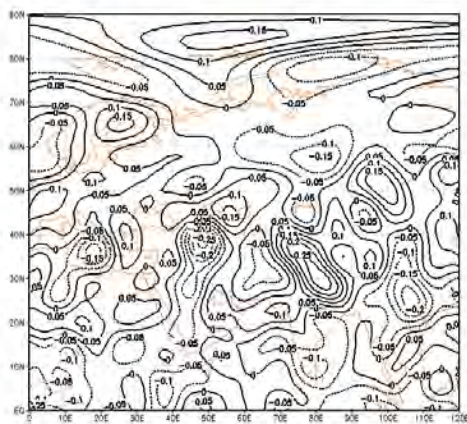
GMS: OLA/IGS

2015-11-13-08:34

نگاره ۱۴: نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال ۲۸ اکتبر ۲۰۱۵



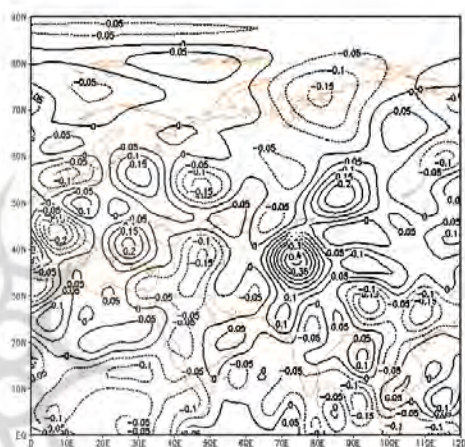
از فرود ایجاد شده تبعیت می‌کند. در نقشه امگای مربوط به روزهای اوج بارش (۲۸ و ۲۹ اکتبر) حرکات صعودی (شاخص منفی) بر روی خلیج فارس و غرب کشور مشاهده می‌شود که دلیل بر ناپایداری در بخش‌های غربی کشور است. در روز آخر بارش‌ها (۳۰ اکتبر) به تبعیت از حرکت فرود به سمت شرق، هسته‌های نزول هوا نیز به سمت شرق جابه‌جا شده‌اند.



GMS: CCLM/GES

2015-11-12-0756

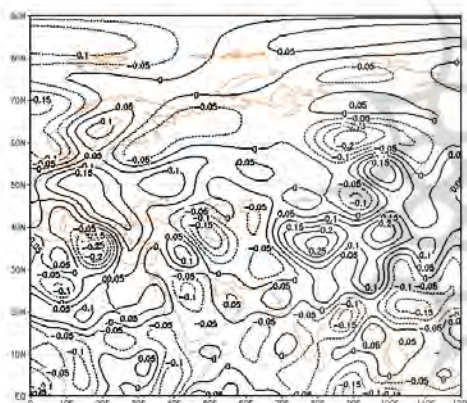
نگاره ۱۹: نقشه امگای ۲۹ اکتبر ۲۰۱۵ تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



GMS: CCLM/GES

2015-11-12-0748

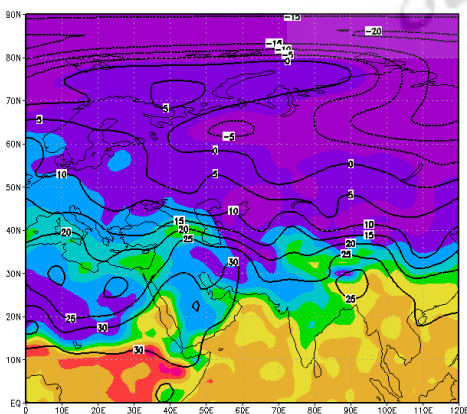
نگاره ۱۷: نقشه امگای ۲۷ اکتبر ۲۰۱۵ تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



GMS: CCLM/GES

2015-11-12-0754

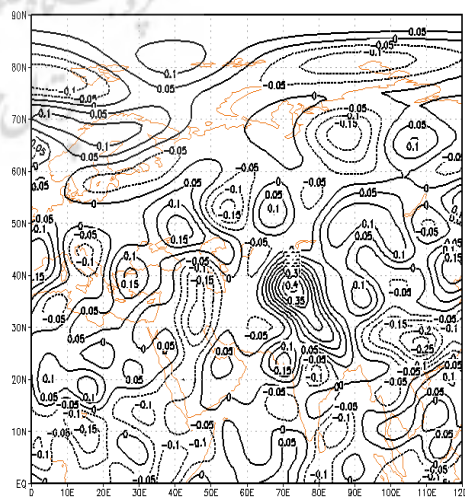
نگاره ۲۰: نقشه امگای ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵ تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



GMS: CCLM/GES

2015-11-12-1341

نگاره ۲۱: نقشه دما و رطوبت ۲۶ اکتبر ۲۰۱۵



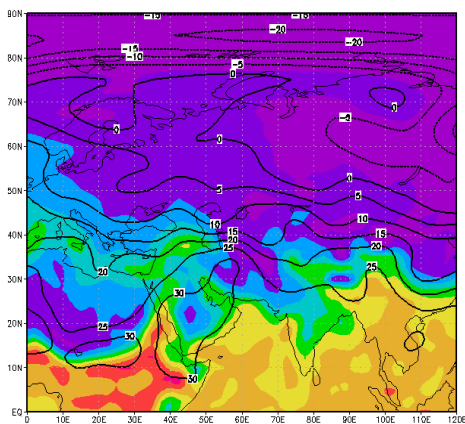
GMS: CCLM/GES

2015-11-12-0747

نگاره ۱۸: نقشه امگای ۲۸ اکتبر ۲۰۱۵ تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

### ۵- بررسی نقشه‌های دمایی و وزش رطوبت سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال روزهای ۲۵ تا ۳۱ اکتبر ۲۰۱۵

در نقشه‌های مربوط به دما و رطوبت سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال همانطور که مشاهده می‌شود در روز ۲۶ اکتبر در شرق دریای سرخ بطور نسبی به میزان رطوبت هوا افزوده شده و از میزان دما کاسته می‌شود و این موضوع بحث‌های مطرح شده در بخش‌های مختلف تحلیل نقشه این روزها را تأیید می‌کند. میزان رطوبت یک روز قبل از بارش‌ها (۲۶ اکتبر) به ۱۲ گرم در کیلو گرم می‌رسد اما این میزان رطوبت در حدی نیست که بتواند ایجاد بارش نماید.

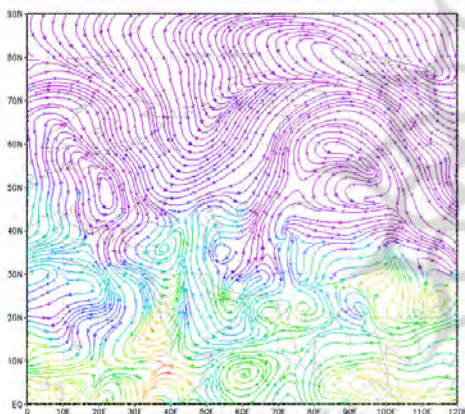


GMS: COLA/IGES

2015-11-12-18:49

نگاره ۲۳: نقشه دما و رطوبت ۲۷ اکتبر ۲۰۱۵

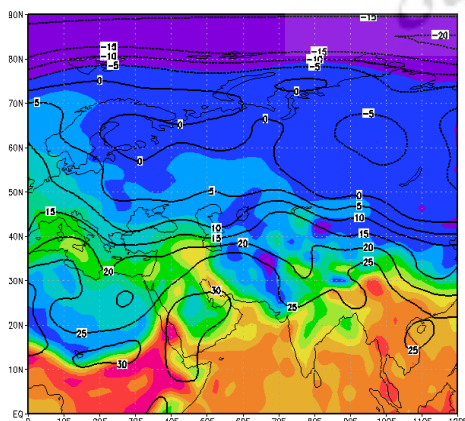
در روز شروع بارش‌ها (۲۷ اکتبر) خلیج فارس، مدیترانه و دریای عرب، منابع تغذیه رطوبت منطقه می‌باشند که در روزهای بعد یعنی روز اوج بارش‌ها (۲۸ اکتبر) تغذیه رطوبت این مناطق تقویت شده است. بررسی نقشه‌های دمایی در روزهای قبل از بارش‌ها، کاهش دما را نشان می‌دهد. دما در این مناطق قبل از روزهای بارشی ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس است که این میزان در روزهای اوج و پایانی بارش به ۲۰ تا ۲۵ درجه می‌رسد و همزمان با آن نیز از غرب و جنوب غرب و جنوب شرق رطوبت به سوی منطقه مورد مطالعه (غرب ایران) تزریق می‌گردد که در روز اوج بارش‌ها این میزان رطوبت به ۱۶ گرم در کیلوگرم می‌رسد. از این رو با توجه به کاهش دما در این مناطق و افزایش رطوبت، کم فشار شکل گرفته می‌تواند شرایط مساعدی برای بارش در منطقه بوجود آورد.



GMS: COLA/IGES

2015-11-14-10:49

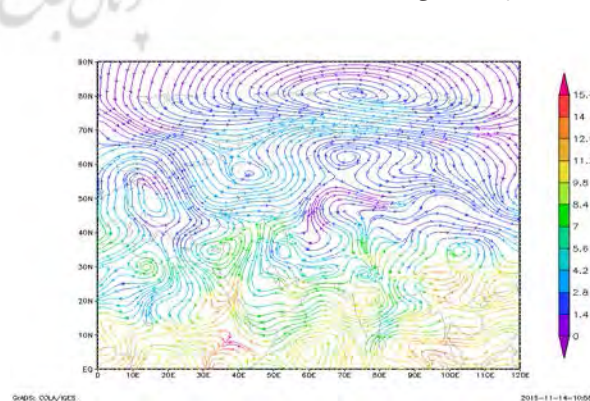
نگاره ۲۴: نقشه وزش رطوبتی ۲۷ اکتبر ۲۰۱۵



GMS: COLA/IGES

2015-11-12-13:45

نگاره ۲۵: نقشه دما و رطوبت ۲۸ اکتبر ۲۰۱۵

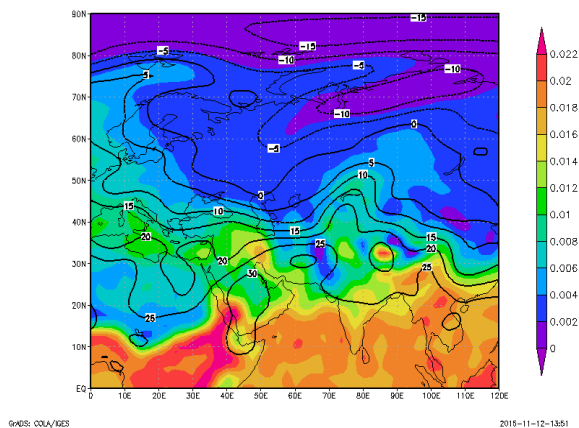


GMS: COLA/IGES

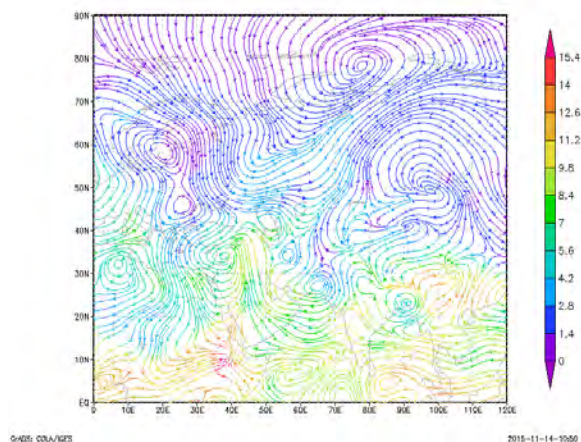
2015-11-14-10:56

نگاره ۲۲: نقشه وزش رطوبتی ۲۶ اکتبر ۲۰۱۵

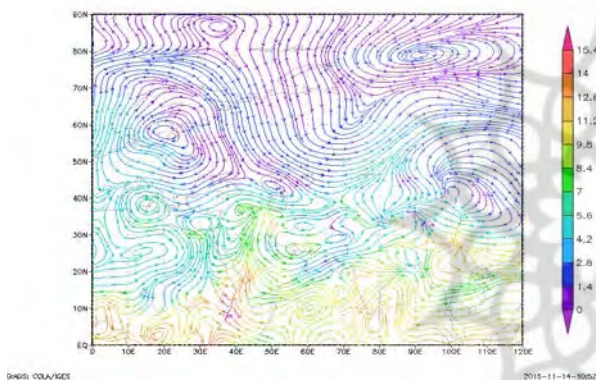




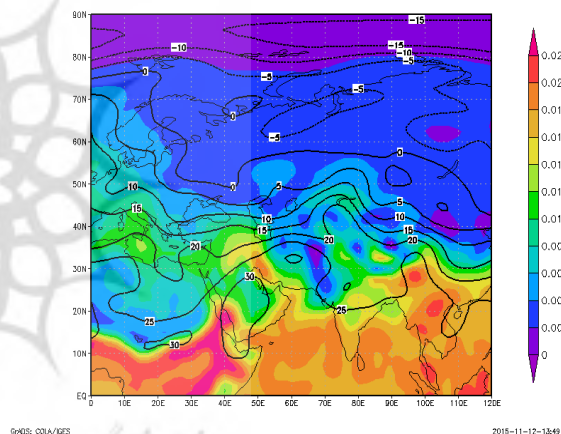
نگاره ۲۹: نقشه دما و رطوبت ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵



نگاره ۲۶: نقشه وزش رطوبتی ۲۸ اکتبر ۲۰۱۵

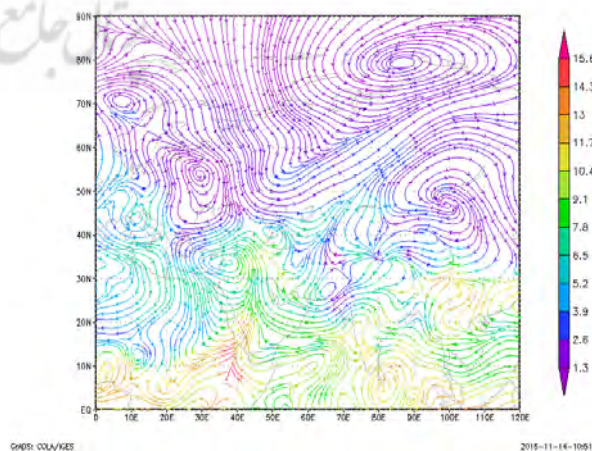


نگاره ۳۰: نقشه وزش رطوبتی ۳۰ اکتبر ۲۰۱۵



نگاره ۲۷: نقشه دما و رطوبت ۲۹ اکتبر ۲۰۱۵

در نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مربوط به روز ۲۶ اکتبر ۲۰۱۵ (روز قبل از آغاز بارش) مشاهده می‌شود که واچرخندی بر روی خلیج عدن تشکیل شده است این واچرخند با حرکت آنتی سیکلونی خود رطوبت دریای عمان، دریای سرخ و خلیج فارس را به مناطق جنوب غرب و غرب ایران تزریق کرده و باعث ایجاد ناپایداری در این مناطق شده است. در روزهای بعد یعنی ۲۷ و ۲۸ اکتبر (روز اوج بارش‌ها) به موازات حرکت چرخندها و واچرخندها به طرف شرق، زبان‌های مرطوب نیز به سمت شرق جابه‌جا شده اند و چرخند مثبتی که روز قبل به ایران نرسیده بود در این روز کاملاً بر روی غرب کشور مستقر شده و با حرکت سیکلونی خود همچنان در حال تزریق رطوبت خلیج فارس به قسمت‌های داخلی ایران بوده و



نگاره ۲۸: نقشه وزش رطوبتی ۲۹ اکتبر ۲۰۱۵

جدول ۲: شاخص‌های ناپایداری جوی محلی ایستگاه کرمانشاه (۲۰۱۵)

ماه	روز	ساعت	SI	LI	SW	KI	PWC (mm)
اکتبر	۲۷	۱۲	۲/۴۳	۱/۹۱	۱۶۶/۲	۳۰/۵۰	۲۴/۳۱
اکتبر	۲۸	۱۲	۱/۱۵	۰/۹۶	۱۵۲/۶	۳۴/۱۰	۲۰/۷
اکتبر	۲۹	۱۲	۱/۵۲	۱/۲۵	۱۶۵/۲	۳۲	۱۹/۱۸
اکتبر	۳۰	۱۲	۲/۹۶	۲/۹۳	۱۴۲/۲	۲۹/۱۰	۱۸/۲۶
اکتبر	۳۱	۱۲	۱/۲۳	۰/۸۳	۹۷/۴۱	۲۵/۹۰	۱۱/۷۸

مأخذ: University of Wyoming

دمای محیط و بسته هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است. ب: نمایه شولتر (SI): این نمایه گویای تفاوت میان دمای محیط و بسته هوا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال است. ج: نمایه کی (KI): برای محاسبه نمایه کی از ۳ تراز ۵۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده می‌شود. د: شاخص تهدید کننده هوای بد (SW): برای ارزیابی و تحلیل خطرات بالقوه ناپایداری‌های جوی و احتمال وقوع طوفان‌های مختلف به کار می‌رود (طووسی، ۱۳۹۵: ۱۱۸).

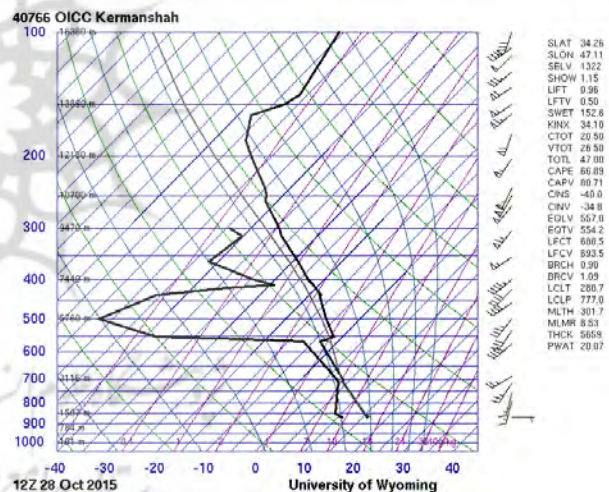
طبق شاخص ناپایداری LI بجز روزهای ۲۷ و ۲۹ و ۳۰ اکتبر در بقیه روزها رعدوبرق پراکنده مشاهده شده است، طبق شاخص ناپایداری SI در روزهای ۲۷ و ۲۹ و ۳۰ اکتبر بدون فعالیت همرفتی بوده است و در بقیه روزها احتمال رگبار پراکنده با احتمال خیلی ضعیف وجود دارد. طبق شاخص ناپایداری SW منطقه مورد مطالعه در روزهای ۲۷ ساعت ۱۲ و روزهای ۲۸ و ۲۹ ساعت ۱۲ شاهد توفان با شدت ضعیف است.

طبق شاخص ناپایداری KI استان کرمانشاه بجز در روز ۲۹ اکتبر ساعت ۱۲ احتمال وقوع توفان تندی ۴۰ تا ۶۰ درصد است که در روز ۲۸ اکتبر (روز اوج بارش‌ها) این احتمال به ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌رسد.

### نتیجه‌گیری

در تحلیل نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین در روز بارش‌های سیل آسا، سامانه جنوبی به صورت یک کم فشار ظاهر شده و بیشترین قدرت خود را در دریای سرخ و منطقه سودان داراست و زبانه کم فشار تا مرکز ایران

ناپایداری شدیدی را در منطقه مورد مطالعه به وجود آورده است. این جریانات در روزهای بارشی بعدی (۲۹ و ۳۰ اکتبر) همچنان ادامه می‌یابند با این تفاوت که در روز پایانی بارش به علت وجود آنتی سیکلون تشکیل شده بر روی دریای خزر، مرکز و اچرخند با حرکت ساعتگرد خود هوای سرد سیبری را به داخل ایران انتقال داده است.



نگاره ۳۱: نمودار اسکیتوتی مربوط به روز اوج بارش سنگین در ایستگاه کرمانشاه (۲۹ اکتبر ۲۰۱۵)

### ۶- شاخص‌های ناپایداری

در این مطالعه برای تحلیل دینامیک فعالیت‌های همرفتی از چند شاخص ترمودینامیک متداول به شرح زیر استفاده شده است:

نمایه‌های پوشی (ناپایداری) هوا

الف: نمایه بالاروی (LI): این نمایه گویای تفاوت میان

احتمال خیلی ضعیف وجود دارد.

شاخص SW منطقه مورد مطالعه در روز ۲۸ شاهد توفان با شدت ضعیف است. طبق شاخص KI استان کرمانشاه در روز ۲۸ اکتبر (روز اوج بارش‌ها) این احتمال به ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌رسد.

### منابع و مأخذ

۱- اشجعی باشکند، محمد (۱۳۷۹)، بررسی و ارائه مدل‌های سینوپتیکی بارش‌های سنگین در شمال غرب ایران، استاد راهنما: محمد خیراندیش. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، سال ۱۳۷۹.

۲- امیدوار، کمال، (۱۳۸۶)، تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، صص ۹۸-۸۱.

۳- انصاری، سپهدار، (۱۳۸۲)، بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل زادر حوضه‌های آبریز کهگیلویه و بویراحمد، استاد راهنما: بهلول علیچانی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، گروه جغرافیا، گرایش اقلیم و برنامه ریزی محیطی.

۴- جهانبخش اصل و ذوالفقاری؛ سعید و حسن، (۱۳۸۰)، بررسی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های روزانه در غرب ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۳ و ۶۴، صص ۲۵۸-۲۳۴.

۵- جهانبخش اصل، جعفری شندی و پورگری؛ سعید، فاطمه و فرشته، (۱۳۹۱)، بررسی رابطه الگوهای گردش جو بالا با بارش‌های ابرسنگین در آذربایجان شرقی، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۶، شماره ۴۲، صص ۱۱۳-۱۱۴.

۶- سالنامه آماری استان کرمانشاه، فصل ۱، سرزمین و آب و هوا، ۱۳۹۰.

۷- سجادی، سیده آمنه، (۱۳۸۷)، تحلیل ترمودینامیکی و سینوپتیکی سیستم‌های سیلاب ساز استان کرمانشاه، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱۹، صص ۹۳.

۸- طاوسی، تقی، ۱۳۹۵، تحلیل الگوی همدید و نمایه‌های قائم هوا در بارش‌های شدید دوره‌های انتقالی، مطالعه موردی (بارش‌های شدید مهر ۱۳۹۰ جنوب شرق ایران)،

کشیده شده است و بر روی منطقه وسیعی از شرق و جنوب پرفشار اروپائی تا غرب و مرکز ایران امتداد می‌یابد و شرایط ناپایداری حاکمیت دارد. در این مناطق بر اثر شدت کاهش فشار، جریانات صعودی افزایش یافته است. همچنین گرادیان شدید فشاری که بین زبانه کم فشار گسترش یافته از سودان و پرفشار اروپایی وجود دارد، به نظر می‌رسد یکی از عوامل رخداد بارش سیل آسا در طول دوره مورد مطالعه در استان کرمانشاه باشد. تحت این شیو شدید فشار و تغذیه رطوبت از خلیج فارس و دریای عمان تمامی ایستگاه‌های استان کرمانشاه گزارش بارندگی داشته‌اند.

تقویت سیستم کم ارتفاع سطح زمین و ریزش هوای سرد عرض‌های بالا توسط ناوه تاوه قطبی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال امکان بروز ناپایداری‌های جوی و شروع بارندگی در غرب کشور را به وجود آورده‌اند. ناوه مذکور بر روی مدیترانه شرقی طوری قرار گرفته است که محور آن در انتهای ناوه مدیترانه بر روی دریای سرخ می‌گذرد، روی بخش شرقی محور این ناوه (فرود دریای سرخ) آشفته‌گی هوا از غرب دریای سرخ تا شمال دریای خزر وجود دارد و همین امر باعث می‌شود تا کم فشارهای سطح زمین تا عرض‌های بالا کشیده شوند.

چنانچه این ناوه ضمن حرکت خود به شرق تقویت شده، در مسیر خود که از جنوب غرب به شمال شرق است در صورت وجود رطوبت کافی، با عبور از روی ارتفاعات، رعد و برق، باران و برف خواهد داشت. در زمان شروع رویداد بارش‌های سنگین، رودباد جنب حاره‌ای بر روی شمال آفریقا و رودباد جبهه قطبی روی مناطق واقع در شمال دریای خزر و دریای سیاه قرار دارد.

با نزدیک شدن این دو رودباد به یکدیگر و تغییر مکان رودباد جبهه قطبی به عرض‌های پایین‌تر و حرکت رودباد جنب حاره‌ای به سمت شمال شرق مقدار بارش افزایش چشمگیری پیدا می‌کند. در بررسی شاخص‌های ناپایداری طبق شاخص ناپایداری LI رعدوبرق پراکنده مشاهده شده است، شاخص SI در روز ۲۸ اکتبر احتمال رگبار پراکنده با



M.M., (2011) Mechanisms for convection development in a long-lasting heavy precipitation event over southeastern Italy, Atmospheric Research, 100,586-602.  
20- Olga Matlik and Piia Post (2008): Synoptic Weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961-2005, Estonia Journal of Engineering, 195-208.  
21-www.cdc.noaa.gov.

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۱۲۱، ص ۱۱۸.  
۹- عزیزی و صمدی؛ قاسم و زهرا، (۱۳۸۶)، تحلیل الگوی سینوپتیکی سیل ۲۸ مهرماه ۱۳۸۲ استان‌های گیلان و مازندران، پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۶۰، صص ۶۱-۷۴.  
۱۰- عزیزی، سلطانی، حنفی و رنجبر؛ قاسم، محسن، علی و عباس، (۱۳۹۰)، تحلیل اثر سامانه بلوکنگ در ایجاد بارش‌های شدید در شمال غرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره ۴، شماره پیاپی ۱۰۳، ص ۱۱۸.  
۱۱- غیور، حلبیان، صابری و حسینعلی پورجزی؛ حسنعلی، امیرحسین، بیژن و فرشته، (۱۳۹۱)، بررسی رابطه بارش‌های سنگین با الگوهای گردشی جو بالا، مجله مخاطرات محیطی، سال اول، شماره دوم، ص ۱۲.

۱۲- لشکری، حسن، (۱۳۷۵)، الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، پایان نامه دکتری. استاد راهنما: دکتر هوشنگ قائمی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا.

۱۳- مسعودیان، سیدابوالفضل، (۱۳۸۷)، شناسایی شرایط همدید همراه با بارش‌های ابرسنگین ایران، سومین کنفرانس مدیریت منابع ایران، ۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۷۸ دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.

۱۴- مسعودیان و کارساز، سید ابوالفضل و سکینه، (۱۳۹۳)، تحلیل همدید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۷، ص ۱۵.

15- Barry, R. G and A. H. Perry, (1973), Synoptic Climatology: Methods and Applications; London: Methuen and Co. Ltd. 158p

16- Erdon D., Kidden, and A. Skiem (2008), On the relationship between large-scale climate models and regional synoptic pattern that drive Victorian rainfall, Hydrol. earth syst

17- Hidalgo, G. J. C., Lui's, M., Ravento's, J., Sa' nchez, J. R., (2003). Daily Rainfall Trend in the Valencia Region of Spain, Theor. Appl. Climatol. 75, 117-130

18- Lee, Dong-Kyou., Jeong-Gyun PARK, and Joo-Wan KIM., (2008), "Heavy Rainfall Events Lasting 18 Days from July 31 to August 17, 1998, over Korea", Journal of the Meteorological Society of Japan, VOL, 86, No. 2, pp. 313-333.

19- Mastrangelo, D., Horvath, K., Riccio, A., Miglietta,