

تحلیل ترمودینامیکی و سینوپتیکی بارشهای سیلاب ساز استان کرمانشاه

دکتر سیده آمنه سجادی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت،

sa.sajjadi@iaurasht.ac.ir

چکیده:

سیلاب یکی از مخرب ترین بلاهای طبیعی است که شدت آن در نواحی غربی ایران خصوصاً در ماههای سرد سال زیاد می‌باشد. بارشهای مناطق غربی در زمانی که توده‌های هوای حاکم حاره‌ای دریایی هستند طولانی تر است. با توجه به مطالعات انجام گرفته، سازوکار این بارشها با ناپایداری های همرفتی همراه می باشد. بدین منظور یک دوره بارش طولانی منجر به سیل در دوره سرد سال در غرب کشور (استان کرمانشاه) در سالهای (۱۹۹۴) میلادی انتخاب شد. جهت تحلیل سینوپتیکی، از نقشه‌های فشار سطح دریا، ترازهای 500 hpa و 300 hpa و به منظور محاسبه و بررسی شاخص‌های ترمودینامیکی، ناپایداری جو مانند شاخصهای صعود (SI, KI)، CAPE و آب بارش شو از نمودارهای هواشناختی Skew-T در ساعت (UTC) ۱۲۰۰ (۲۱ مورد سیل استفاده گردید و این نتیجه بدست آمد که سیستمهای غربی در این دوره‌ها با یک سامانه کم فشار مدیترانه‌ای در روی سطح زمین و ناوه سطوح فوقانی همراه است که الگوی مناسبی برای بارش بوده و رطوبت لازم برای بارش را تأمین می کند. این در حالی است که در تراز 300 hpa بیشینه سرعت باد بر فراز منطقه به چشم می خورد و با توجه به محاسبه و تعیین دامنه تغییرات شاخص‌های ناپایداری در این دوره‌ها (آستانه آب بارش شو برای وقوع سیل 35 mm و متوسط آن 56 mm ، آستانه CAPE برای وقوع سیل 1000 j/kg و متوسط آن 1500 j/kg ، آستانه KI جهت وقوع سیل 24°C و متوسط آن 28°C ، آستانه وقوع سیل Si 1°C و متوسط آن 5°C ، می توان در تکمیل بررسی بارشهای منجر به سیل نه تنها در کرمانشاه بلکه در سایر نقاط بهره جست.

واژه های کلیدی: نمایه های ناپایداری و ترمودینامیکی، آب بارش شو، آب و هواشناسی سینوپتیک، سیلاب

مقدمه

در بین بلاهای طبیعی سیلاب حداکثر تلفات انسانی را در برمیگیرد. ضررهای اقتصادی سیلاب در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران بیشتر است و تواتر 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 هم ارتفاع 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، رضایی (۱۳۸۲، ص ۳۰). با بررسی مقدار رطوبت جو می‌توان در ارتباط با پتانسیل بارش اظهار

نظر کرد، محتوی رطوبت یک سامانه جوی به سرشت توده هوا (ناحیه منبع، میزان دما، رطوبت و مسیر حرکت) وابسته است. توده‌های هوا ضمن جابجایی دچار تغییرات قائم و افقی گردیده که توسط اطلاعات جو بالا و بررسی شاخص‌های ناپایداری قابل شناسایی است. در ارتباط با تحلیل همدیدی منطقه بررسیهای ذیل انجام شده است: ذوالفقاری (۱۳۷۹، ص ۵۰) داده‌های ۲۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی را در یک دوره ۲۰ ساله بر روی دو تراز سطح زمین و 500 hpa بررسی و نتیجه می‌گیرد که همزمان با ناپایداری در روی 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. در رابطه با نمایه‌های ناپایداری هوا و آب بارش شو می‌توان به پژوهشهای ذیل اشاره کرد: سجادی (۱۳۸۴، ص ۶۰) به کمک نقشه‌های Skew-T و کمیت نسبت اختلاط (r) مقدار آب بارش شو ابر در غرب کشور را در یک دوره ۱۵ ساله به دست آوردند و از آن به عنوان یکی از فاکتورهای کمکی جهت بارورسازی ابرهای منطقه و تعیین آستانه بارورسازی ابر استفاده کرده و به تحلیل ترمودینامیکی سیلهای منطقه پرداخت. سیزواسکات^۱ (۱۹۹۳، ص ۹۹۸)، آب بارش شو و پتانسیل شناوری در ۵۰۰ میلی بار را به عنوان فاکتورهای مناسب در تصمیم به بارورسازی ابرها انتخاب کردند. کاستا و همکاران^۲ (۲۰۰۱، ص ۸۰) شاخص‌های ناپایداری را برای تورنادوها، توفان‌های تگرگ‌زا و بارانهای شدید در شمال ایتالیا محاسبه کردند. مانکم^۳ (۲۰۰۲، ص ۱۳۵) رابطه بین CAPE و بارش در مرکز غرب آفریقا را در تابستان ۱۹۸۵ بررسی کرد و به این نتیجه رسید که مقدار CAPE و بارش در اطراف منطقه همگرایی (ITCZ) از همبستگی بالایی برخوردار است و مخصوصاً در شمال استوا تحت تأثیر ویژگیهای جغرافیایی منطقه است. سجادی (۱۳۸۵، ص ۹۶) در یک دوره ۴ ساله به تحلیل ترمودینامیکی سیلهای تبریز پرداخته و نتایج به دست آمده را با خروجی اطلاعات سنجنده مدیس مقایسه کرد.

کری^۲ (۱۹۹۴، ص ۵۰۰) به این نتیجه رسید که در مورد خصوصیات بارش‌های همرفتی، ویژگیهای جغرافیایی منطقه باعث بوجود آمدن ساختار دینامیکی قائم با مقادیر CAPE بالا می‌شود. مانزاتو^۳ و مورگان (۲۰۰۴، ص ۴۵۰) طی یک دوره هفت ساله توفانهای تندری منطقه ای در ونیز ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند و هدف، یافتن بهترین شاخص‌ها برای پیش‌بینی وقوع و شدت توفانهای تندری بود که در آن شاخص‌هایی مانند سرعت بالا رو و آب بارش شو و CAPE برای پیش‌بینی توفان تندری و LFC (تراز همرفت میعان آزاد)^۴ و KI در پیش‌بینی شدت توفان تندری مناسب دیده شد.

1- Czys and Scott

2- Costa et al

3- Monkam

1- Inter Tropical Convergence Zone

2- kerry

3- Manzato and Morgan

4- Level of free convection

روش بررسی

در نیمه سرد سال برخی چرخندهای مدیترانه‌ای از فراز آسیا تا هندوستان عبور کرده و در اواسط زمستان وقتی واپرخندهای قاره‌ای به خوبی توسعه می‌یابد، چرخندها مسیر جنوبی‌تری را انتخاب می‌کنند در حالی که، در هنگام پاییز و بهار مسیر شمالی‌تر تا شمال غرب هیمالیا را در بر می‌گیرند. آبهای اقیانوس هند، خلیج فارس، دریای عمان، دریای سرخ و دریای خزر منابع رطوبت‌توده هواهای گرم مربوط به سامانه‌های چرخندی را تشکیل می‌دهند. بدلیل تأثیر غالب واپرخند آسیایی، این چرخندها به ندرت رخ می‌دهند ولی تعداد آنها جهت فراهم کردن بارش زمستانه در آسیای جنوب غربی و شمال هند کافیست. پایداری توده هوا بستگی به توزیع رطوبت و دما در لایه زیرین و ردسپهر دارد. با داده های جو بالا می‌توان شاخص‌های ناپایداری را بدست آورد و بیشتر آنها رابطه بین دماهای بالا و پایین در وردسپهر می باشند. یک جریان صعودی ناپایدار با تشکیل ابر ناپایدار تر می‌شود زیرا به همراه آن گرمای نهان آزاد می‌شود و امکان آزادسازی ناپایداری گرمایی در جو زمانی است که دمای حداکثر از دمای بحرانی بیشتر باشد. نمایه های ناپایداری مورد استفاده در این مقاله عبارتند از :

۱- آب بارش شو^۱ (PW)

مانزاتو (۲۰۰۳، ص ۴۵۰)، برای محاسبه pw بعنوان یک شاخص برای پیش بینی فعالیت همرفتی از رابطه بین \bar{T} مقدار متوسط نسبت آمیختگی بین سطوح فشاری پایه و قله ابر استفاده کرد.

۲- شاخص شوآلتر^۲ (SI)

شوآلتر (۱۹۵۳، ص ۲۵۰) اساس مفهوم ناپایداری پتانسیلی شاخص شوآلتر را پایه گذاری کرد. اساس این شاخص بر رابطه بین دمای خشک و دمای نقطه شبنم سطح ۸۵۰ mb و دمای خشک سطح ۵۰۰ mb گذارده شده است. رابطه بین شاخص شوآلتر و شدت ناپایداری جو در (جدول ۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- رابطه بین شاخص شوآلتر و ناپایداری جو

| شاخص شوآلتر (C°) | ناپایداری |
|------------------|-------------------------------|
| بزرگتر از ۳ | جو پایدار |
| بین ۱ تا ۳ | احتمال رگبار و رعدو برق منفرد |
| بین ۲- تا ۱ | احتمال رعدو برق |
| بین ۶- تا ۲- | احتمال رعد و برق شدید |
| کوچکتر از ۶- | احتمال تورنادو |

ماخذ: شوآلتر (۱۹۵۳)

۳- شاخص k^۳

شاخص k شاخصی است که با استفاده از آن می‌توان توان طوفان تندری را بر اساس آهنگ کاهش قائم دما و میزان وسعت قائم رطوبت در سطوح پایین جو سنجید. (بولشتاین ۱۹۹۹، ص ۵۶۰).

1 - Precipitable water
2 - Showalter Index
3 - k Index

جدول ۲ - رابطه بین احتمال ناپایداری جو و مقدار شاخص K

| شاخص $K (C^{\circ})$ | احتمال ناپایداری جو |
|----------------------|---------------------|
| کمتر از ۱۵ | صفر درصد |
| ۱۵ - ۲۰ | کمتر از ۲۰ درصد |
| ۲۱ - ۲۵ | ۲۰ - ۴۰ درصد |
| ۲۶ - ۳۰ | ۴۰ - ۶۰ درصد |
| ۳۱ - ۳۵ | ۶۰ - ۸۰ درصد |
| ۳۶ - ۴۰ | ۸۰ - ۹۰ درصد |
| بیشتر از ۴۰ | نزدیک ۱۰۰ درصد |

ماخذ: بولشتاین (۱۹۹۹)

۴- انرژی پتانسیل در دسترس همرفتی^۱ (CAPE)

شاخص CAPE از بهترین شاخص هایی است که برای نشان دادن ناپایداری جو به کار می رود و بر اساس دمای محیط و دمای بسته ی هوا محاسبه می شود. مقادیر بحرانی این شاخص با ناپایداری جو در جدول (۳) آورده شده است .

جدول ۳ - رابطه بین وضعیت جو و CAPE

| مقدار CAPE (J/kg) | وضعیت جو |
|-------------------|-------------------|
| صفر | پایدار |
| ۰ - ۱۰۰۰ | کمی ناپایدار |
| ۱۰۰۰ - ۲۵۰۰ | نسبتاً ناپایدار |
| ۲۵۰۰ - ۳۵۰۰ | بسیار ناپایدار |
| ۳۵۰۰ - ۴۰۰۰ | بی نهایت ناپایدار |

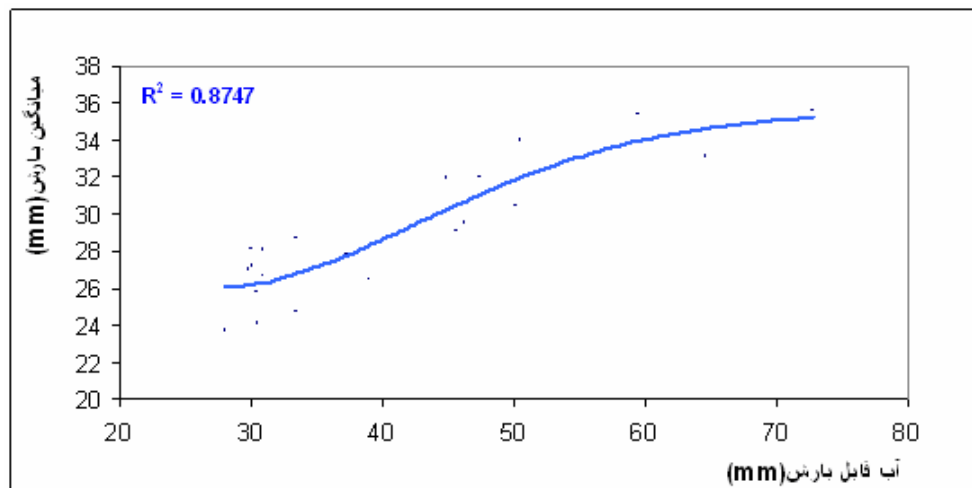
ماخذ: سجادی (۱۳۸۴)

شاخصهای ناپایداری در روزهای وقوع سیل

در این مقاله پس از بررسی تاریخ سیلهای شمال غرب و غرب ($E 44^{\circ} / 30' - 48^{\circ} / 50'$ الی $N 39^{\circ} / 47' - 33^{\circ} / 35'$) و دوره های بارش فراگیر ایستگاههای استان کرمانشاه انتخاب و بارشهای نیمه سرد سال در یک دوره ۱۹ ساله (۲۰۰۳-۱۹۸۵) بررسی شدند. تعداد روزهای سیل مورد بررسی ۲۱ مورد در استان کرمانشاه میباشد. برای محاسبه اندیسهای ناپایداری از اطلاعات جو بالای ایستگاه کرمانشاه در (UTC ۱۲۰۰) و رسم نمودارهای SKEW-T استفاده شد و سپس میانگین بارش به عنوان متغیر وابسته و هر یک از شاخصهای ناپایداری بعنوان متغیر مستقل محاسبه و نمودار بهترین برازش هر یک ترسیم گردید. جهت مطالعه همدیدی از نقشه های سینوپتیکی روز قبل و بعد از بارش و نقشه های فشار سطح دریا، ترازهای ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال ساعت (UTC ۱۲۰۰) در تاریخهای (۲۰ تا ۲۶ نوامبر ۱۹۹۴ میلادی) و تحلیل همدیدی آن پرداخته شده است.

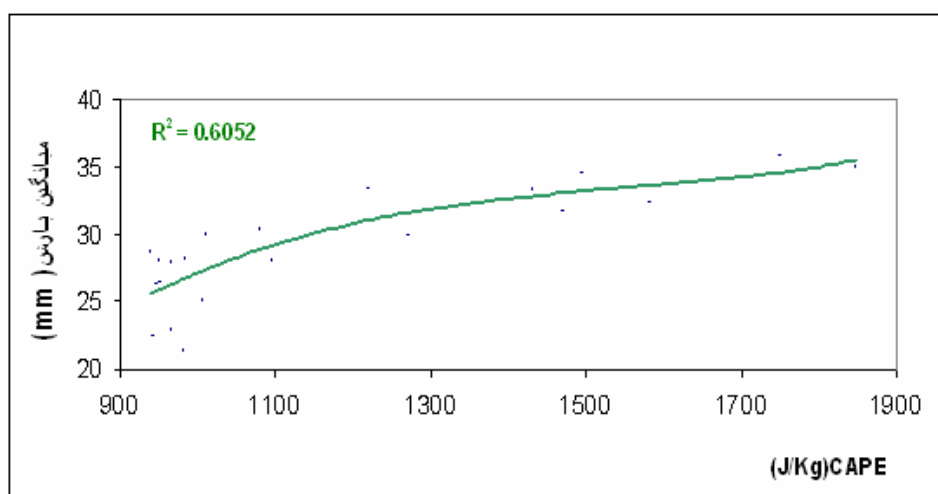
نتایج بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی ترمودینامیکی ۲۱ مورد سیل در یک دوره ۱۹ ساله (۲۰۰۳ - ۱۹۸۵) استان کرمانشاه (ایستگاههای سرپل ذهاب، روانسر، اسلام آباد غرب و کرمانشاه) به صورت ذیل می باشد:



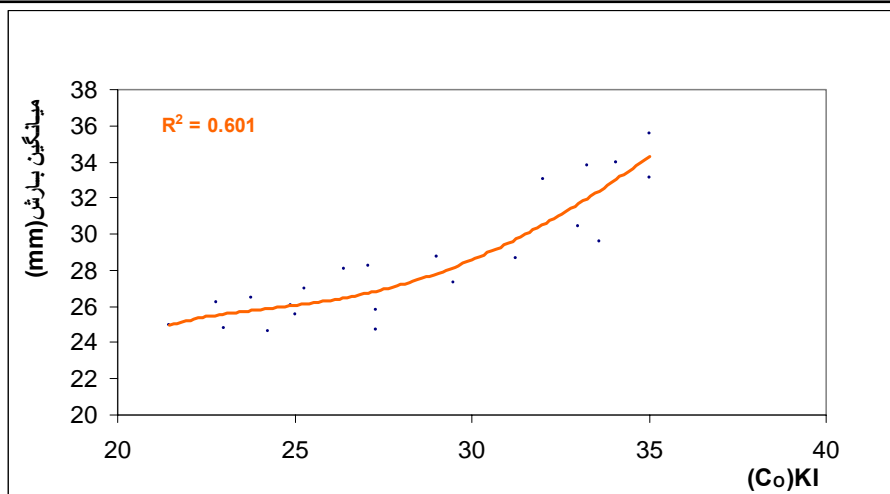
شکل ۱ - برازش PW بر میانگین بارشهای منجر به سیل در استان کرمانشاه

با افزایش عمر و ضخامت ابر و افزایش میزان (PW) آب بارش شو ابر، میزان بارش ایستگاهها نیز، افزایش می یابد. منحنی برازش (شکل ۱) نشان می دهد هنگامی که PW بیش از ۳۵ mm است، میانگین بارش ثابت بوده و تقریباً در حدود ۲۵ mm است. وقتی رشد قائم ابر زیاد باشد مقدار PW نیز افزایش می یابد. آستانه PW برای وقوع سیل ۳۵ mm و متوسط آن ۵۶ mm بدست آمده است.



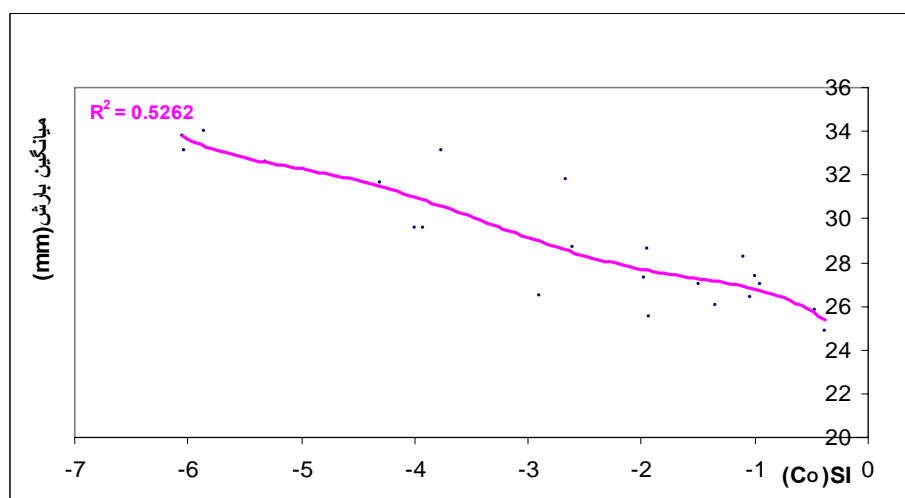
شکل ۲- برازش CAPE بر میانگین بارشهای منجر به سیل در کرمانشاه

هرچه عمر و ضخامت ابر افزایش یابد، سرعت بالارو با افزایش ناپایداری حاصل از آزاد شدن گرمای نهان میعان قطرها بیشتر خواهد شد. بنابراین PW، انتقال گرما و (CAPE) انرژی پتانسیل در دسترس همرفتی نیز افزایش می یابد. آستانه CAPE برای وقوع سیل ۱۰۰۰ j/kg و متوسط آن ۱۵۰۰ j/kg بدست آمده است.



شکل ۳- برازش شاخص KI بر میانگین بارشهای منجر به سیلدر کرمانشاه

هر چه افت دما در حرکت بالارو و رطوبت اولیه بزرگتر باشد و کمبود اشباع هوا کوچکتر باشد ناپایداری افزایش می یابد. همانطور که انتظار می رود هر چه KI بزرگتر باشد یعنی رطوبت و افت دما بیشتر باشد، میزان بارش در ایستگاه های زمینی نیز افزایش می یابد. آستانه وقوع سیل 24°C و متوسط آن 28°C بدست آمد.

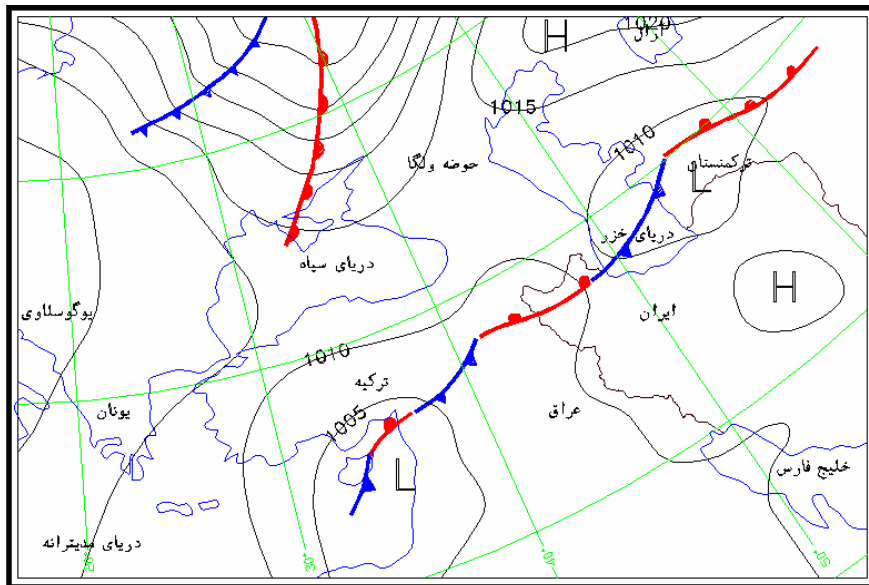


شکل ۴- برازش SI بر میانگین بارشهای منجر به سیلدر کرمانشاه

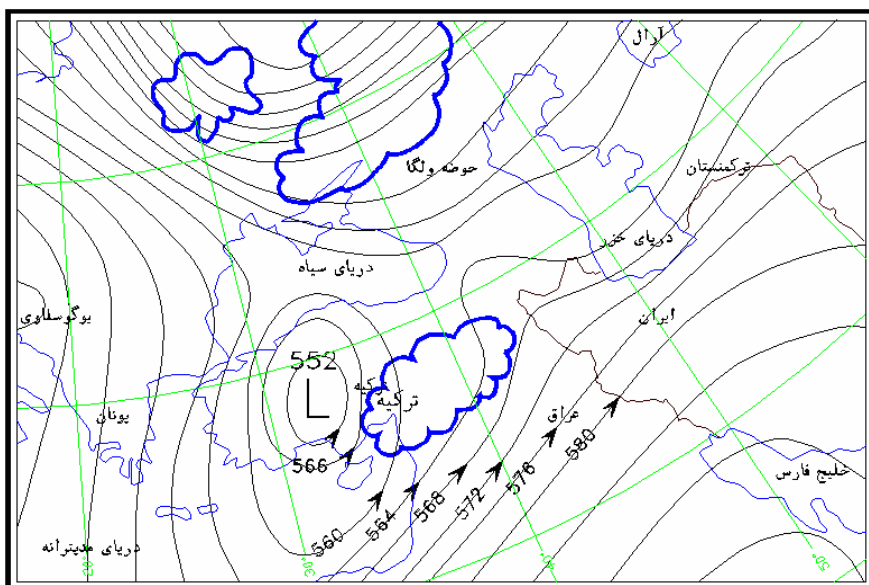
هر چه (SI) شاخص شولتر منفی تر باشد ناپایداری بیشتر است زیرا نشان دهنده بیشتر بودن دمای بسته هوا از محیط اطرافش در سطح ۵۰۰ mb است. آستانه وقوع سیل SI 1°C (-) و متوسط آن 5°C - بدست آمد. سیلهای منطقه مورد بررسی صرفا وابسته به شاخصهای ناپایداری و پتانسیل ابر در بارش نمی باشد بلکه کل شرایط موجود آب و هوا شناسی، الگوهای بارش منطقه و زمین شناختی منطقه در این امر دخیل هستند چه بسا با وجود شرایط بارش کم ولی مقدار شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی، خاک منطقه و میزان نفوذ پذیری خاک در منطقه سیل آمده است و بررسی شاخصهای ناپایداری بعنوان یکی از فاکتورهای مهم و جهت پیش آگاهی از ایجاد سیل در منطقه ارزشمند است.

تحلیل همدیدی دوره بارش بیستم تابست و ششم نوامبر ۱۹۹۴ کرمانشاه ساعت (۱۲۰۰ UTC)

در این دوره میزان حداکثر بارش در ایستگاه کرمانشاه در روز بیست و سوم برابر ۵۱ mm گزارش شده که البته شروع آن به ۰/۸ mm و مربوط به روز بیستم می‌باشد. همچنانکه در روی نقشه‌های سطح زمینه نشان داده است در روز بیستم و یکم نوامبر سیستم کم فشار دینامیکی در شرق ترکیه با مرکز ۱۰۰۵ hpa بسته شده (شکل ۵) و کشورمان از سمت غرب تحت تأثیر یک سیستم جبهه‌ای قرار گرفته است. در تراز ۵۰۰ hpa شیب منحنی‌های فشار روی نوار شمال غرب و جنوب غرب افزایش یافته و از روی مدیترانه به سمت شرق جابجا شده است (شکل ۶).

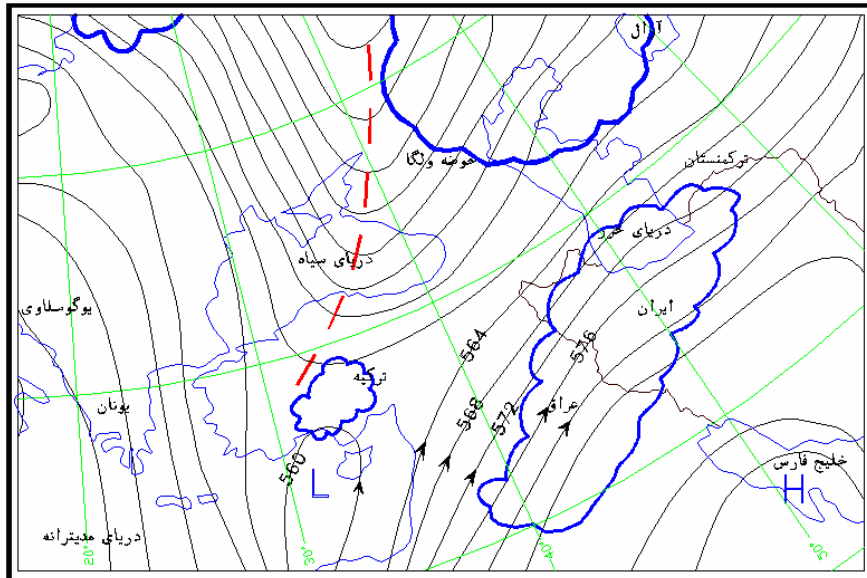


شکل ۵- سطح زمین- (۲۱/۱۱/۱۹۹۴) - ۱۲۰۰ UTC

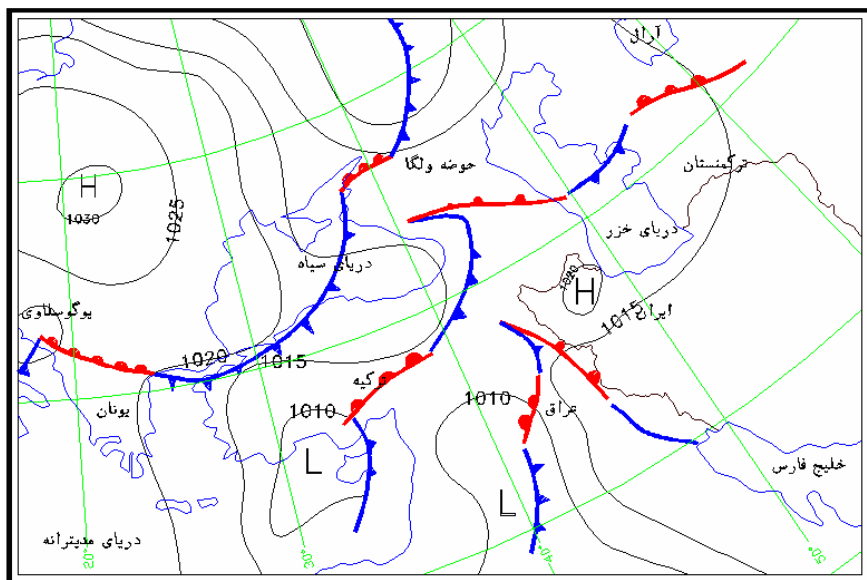


شکل ۶- تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال- (۲۱/۱۱/۱۹۹۴) - ۱۲۰۰ UTC

از روز بیست و یکم به بیست و دوم مقدار RS رو به افزایش است و روند افزایش θ_w نمایانگر ناپایداری از سطح زمین تا تراز ۵۰۰ hpa ۵۰۰ hpa می باشد و در روی سطح زمین زبانه کم فشار ۱۰۱۰ hpa روی عراق و شمال عربستان واقع شده و نوار غربی کشور تحت تأثیر سیستم جبهه ای قرار دارد (اشکال ۷ و ۸).

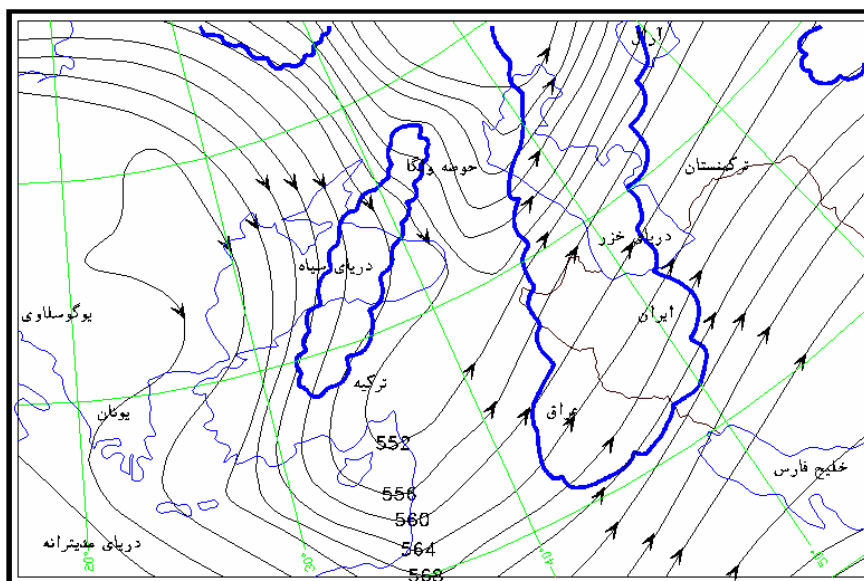


شکل ۷- سطح زمین- (۲۲/۱۱/۱۹۹۴) - ۱۲۰۰ UTC

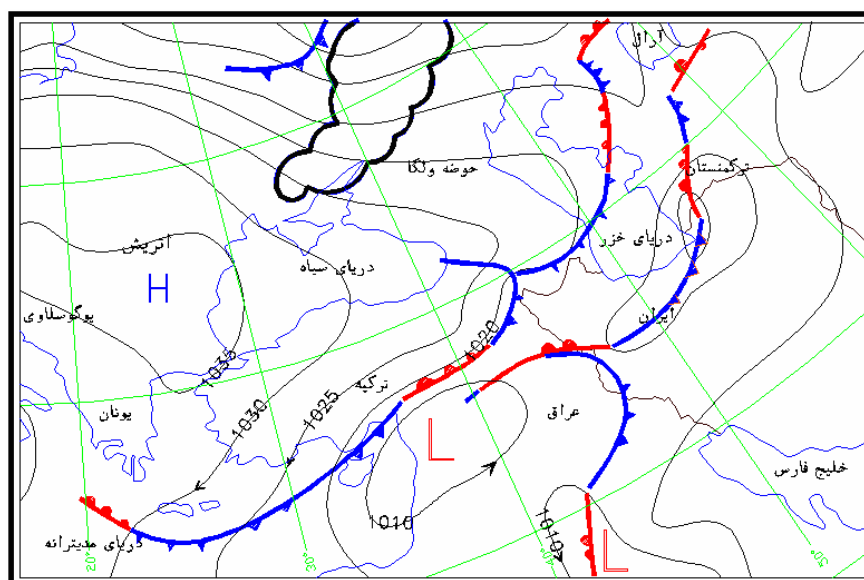


شکل ۸- تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال- (۱۹۹۴/۱۱/۲۲) - ۱۲۰۰ UTC

در روز بیست و سوم کل نیمه غربی کشور از شمال غرب تا جنوب غرب تحت تأثیر سیستم جبهه ای هستند. مقدار بارش به حداکثر مقدار خود رسیده و شاخص های ناپایداری معرف حداکثر فعالیت می باشند. اختلاف $T_{max}-T_c$ به $5^{\circ}C$ می رسد که نمایانگر ناپایداری حرارتی بسیار زیادی می باشد (اشکال ۹ و ۱۰).

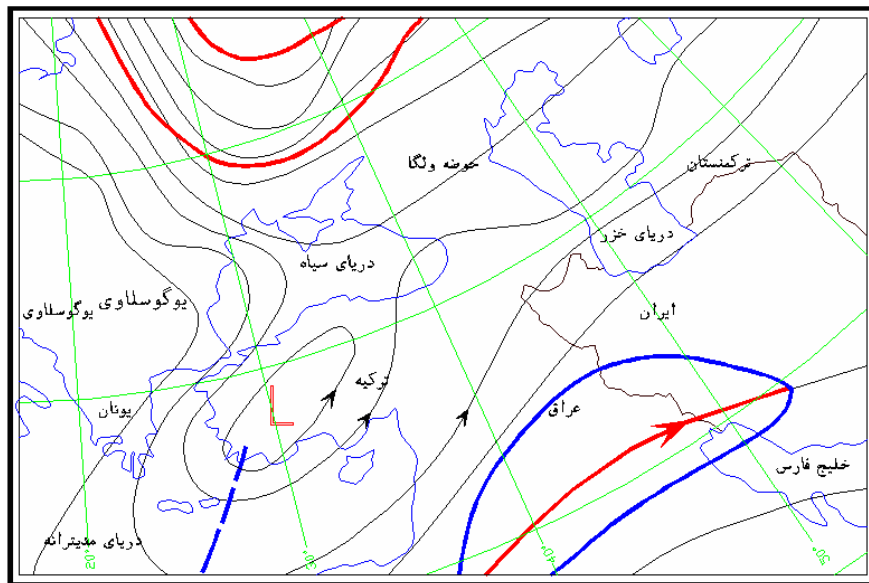


شکل ۹- سطح زمین - (۱۹۹۴/۱۱/۲۳) - ۱۲۰۰ UTC

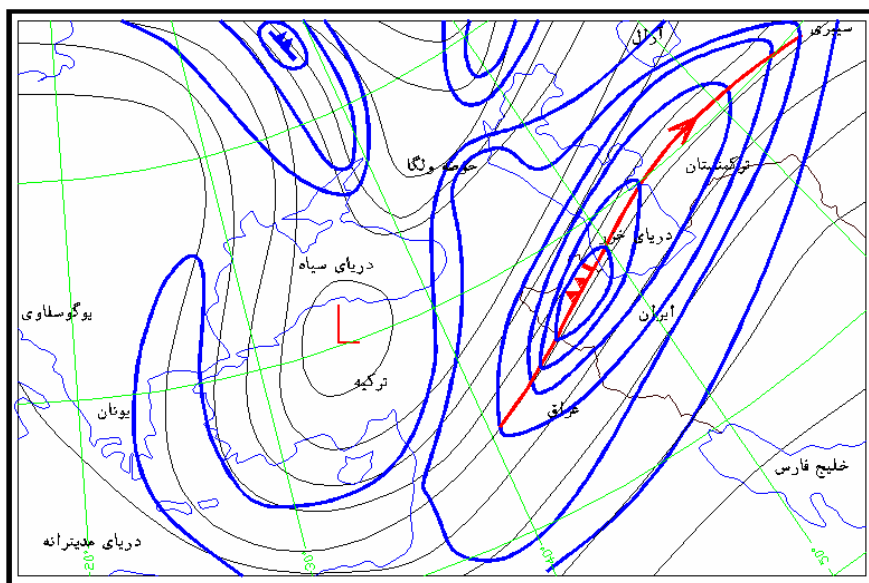


شکل ۱۰- تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال - (۱۹۹۴/۱۱/۲۳) - ۱۲۰۰ UTC

براساس نقشه‌های تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در طی این روزها همزمان با افزایش ناپایداری، نوار شمال غرب - جنوب غربی تحت تأثیر حداکثر سرعت باد می‌باشد بطوریکه در روز بیست و سوم سرعت باد به ۱۰۰ نات می‌رسد (اشکال ۱۱ و ۱۲). جدول ۴ نمایانگر تغییر فراسنجهای مورد بررسی در این دوره می‌باشد.



شکل ۱۱- تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال - (۱۹۹۴/۱۱/۲۱) - ۱۲۰۰ UTC



شکل ۱۲- تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال - (۱۹۹۴/۱۱/۲۳) - ۱۲۰۰ UTC

جدول ۴- میزان تغییرات فراسنجهای مورد بررسی ازیستم تابیست و ششم نوامبر ۱۹۹۴

| P (mm) | P _w (mm) | Cape ($\frac{j}{kg}$) | rs ($\frac{gr}{kg}$) | $\theta_w(C^\circ)$ | T _{max} - T _c (C°) | SI (C°) | KI (C°) |
|------------|---------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|--|--------------|--------------|
| ۵۱ الی ۰/۵ | ۵ الی ۶۲ | ۵۱ الی ۶۲/۱۸۰۰ | ۸ الی ۵/۱۳ | ۱۲ الی ۹/۱۷ | ۱ الی ۵ | ۷/۷ الی -۷/۲ | ۱۹ الی ۱۷/۲۹ |

همان طوری که در جدول و اشکال مربوط به بیستم تابیست و ششم نوامبر ۱۹۹۴ مشخص است همزمان با یک جریان صعودی ناپایدار و آزاد شدن گرمای نهان و افزایش میزان CAPE، صورت پذیرفت که در آن اختلاف دمای حداکثر با دمای بحرانی بیشتر می‌شود و تا زمانیکه توده هوای حاره‌ای دریائی سطح زمین تا سطوح میانی جو را

اشغال کند مقدار I_s نیز افزایش یافته و روند افزایش ناپایداری را با افزایش مقدار θ_w می‌بینیم. با استقرار کامل سیستم جبهه‌ای در روی غرب کشور و افزایش ناپایداری بتدریج شاهد افزایش فعالیت هسته جت استریم و سرعت باد در سطوح hpa ۳۰۰ هستیم که به مقدار ۱۰۰ نات و بیشتر می‌رسد و اندیسه‌های KI و SI به خوبی نمایانگر افزایش این میزان ناپایداریها هستند.

دردوره های مورد بررسی تغییرات اندیسه‌ها با الگوی کلی به دست آمده از سیلهای استان منطبق است.

نتیجه‌گیری

۱- با بررسی شاخصهای ناپایداری و pw توسط نمودارهای ترمودینامیکی در زمان حدوث سیل در کرمانشاه جهت تعیین آستانه شروع سیل نتایج ذیل به دست آمد: pw (۳۵ mm)، Si (C° -۰/۱)، شاخص KI (C° ۲۴) و $CAPE$ (J/kg ۱۰۰۰). با توجه به اطلاعات روزانه ایستگاههای جو بالا و رسم نمودارهای $SKEW_T$ و محاسبه اندیسه‌ها و فراسنجهای فوق توسط این نقشه‌ها و در دست داشتن محدوده تغییرات بدست آمده که بعنوان نمونه در این تحقیق انجام شده و انجام موارد مشابه در دراز مدت، می‌توان به یک الگوی مناسب در منطقه دست یافت و از آن در بررسی بارشهای مناطق غربی کشور بهره جست.

۲- بادهای غربی همراه با یک چرخند مدیترانه‌ای (در روی سطح زمین) و ناوه عمیق سطوح فوقانی (توده هوای روی مدیترانه با حرکت خود رطوبت را نیز به همراه دارد) الگوی مناسبی برای بارش هستند.

۳- همانطور که در نقشه‌ها مشخص است با داشتن چرخند مدیترانه‌ای و ناوه سطوح فوقانی و رطوبت کافی و منطقه حداکثر سرعت باد در تراز hpa ۳۰۰ تقریباً با یک الگوی یکسان شاهد بارندگی در این مناطق بودیم (که در اینجا بعنوان نمونه نقشه‌های مربوط به ازیستم تالیست و ششم نوامبر ۱۹۹۴ آورده شده است).

۴- بتدریج با نفوذ توده هوای حاره‌ای دریایی میزان ناپایداری هوا در منطقه غرب بیشتر شده و در طول فعالیت چرخند زمان بیشتری بر روی کرمانشاه بوده‌است و با افزایش این مدت مقدار بارش نیز زیاد شده است.

۵- در این دوره‌ها همزمان با افزایش ناپایداری گرمائی میزان ($T_{max}-T_c$) افزایش یافته که این افزایش با شاخص‌های دیگر نیز تأیید شده است.

۶- همزمان با افزایش ناپایداری منطقه دارای حداکثر سرعت باد در تراز hpa ۳۰۰ بوده است که نمایانگر یک الگوی یکسان جهت بارندگی‌های این چند دوره می‌باشد.

منابع و مآخذ:

۱. رضایی، پرویز (۱۳۸۲): بررسی اثر الگوهای سینوپتیکی سیلابهای جنوب دریای خزر (مطالعه موردی سفارود و تالار)، رساله دکتری، دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
۲. ذوالفقاری، حسن (۱۳۷۹): تحلیل الگوهای زمانی و مکانی بارشهای روزانه در غرب ایران با استفاده از روشهای آماری و سینوپتیک، رساله دکتری، دانشگاه تهران.
۳. سجادی، سیده آمنه (۱۳۸۴): بررسی آب قابل بارش و کاربرد آن در بارور سازی ابردر غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۴. سجادی ، سیده آمنه (۱۳۸۵) : بررسی آب قابل بارش و تعیین آستانه بارورسازی ابر توسط نمودارهای ترمودینامیکی و سنجنده مدیس در غرب ایران، فصلنامه جغرافیایی سرزمین ، سال سوم، شماره ۱۰۹-۱۲:۹۶.
5. Bluestein, H. B., (1999): A history of sever-storm-intercept field programs. *Weather Forecast.* 14, 558 – 577.
6. Costa, S., Mezzasalam, P., Levizzani. V., Alberoni. P. P., Nanni, S., (2001): Deep convection over Northern Italy: synoptic and thermodynamic analysis, *Atmospheric Research.* 56, 73 – 88.
7. Czys, R., Scott, R. W., (1993): A simple objective method used to forecast convective activity during the 1989 PACE cloud seeding. *J. App. Meteor,* 32, 996 – 1005.
8. Kerry, A. E., (1994): *Atmospheric convection.* Oxford University Press, New York, 580 pp.
9. Manzato, A., Morgan Jr, G., (2003): Evaluating the sounding instability with the Lifted Parcel Theory, *Atmospheric Research,* 67-68, 455 – 473.
10. Manzato, A., (2004): A climatology of instability indices derived from
11. Friuli Venezia Giulia soundings, using three different methods. *Atmospheric Research,* 68, 417 – 454.
12. Monkam, D., (2002): Convective available potential energy (CAPE) in North Africa and tropical Atlantic and study of its connection with rainfall in Central and West Africa during summer 1985. *Atmospheric Research,* 62, 125 – 147.
13. Showalter, A. K., (1953): A stability index for thunderstorm forecasting. *Bull. AMS* 34, 250 – 252.

