تحلیل ترمودینامیکی وسینوپتیکی بارشهای سیلاب ساز استان کرمانشاه

دکتر سیده آمنه سجادی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاداسلامی واحد رشت،

sa.sajjadi@iaurasht.ac.ir

چکیده:

سیلاب یکی از مخرب ترین بلایای 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 طولانی‌تر 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 (۱۹۹٤) میلادی انتخاب شد .جهت تحلیل سینوپتیکی، از نقشه‌های فشارسطح دریا،ترازهای hpa ۵۰۰ و hpa ۳۰۰ وبه منظور محاسبه وبررسی شاخص‌های ترمودینامیکی، ناپایداری جو مانندشاخصهای صعود(SI,KI)، CAPE و آب بارش شو از نمودارهای هواشناختی Skew-T در ساعت (۱۲۰۰UTC) ۲۱ مورد سیل استفاده گردید و این نتیجه بدست آمدکه سیستمهای غربی در این دوره‌ها با یک سامانه کم‌فشار 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 hpa ۳۰۰ بیشینه سرعت باد بر فراز منطقه به چشم می خوردو با توجه به محاسبه و تعیین دامنه تغییرات شاخص‌های ناپایداری در این دوره‌ها (آستانه آب بارش شو برای وقوع سیل mm ۳۵ و متوسط آن mm ٥٦، آستانه CAPE برای وقوع سیل j/kg ۱۰۰۰ و متوسط آن j/kg ۱۵۰۰، آستانه KI جهت وقوع سیل ۲٤C° و متوسط آن ۲۸C° ، آستانه وقوع سیل Si C° (۱–)و متوسط آن C° (۵–)، می‌توان درتکمیل 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 وهواشناسی سینوپتیک ، سیلاب

مقدمه

دربین بلایای طبیعی سیلاب حداکثرتلفات انسانی را دربرمیگیرد.ضررهای اقتصادی سیلاب در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران بیشتر است و تواتر آن خصوصاً در ماههای سرد سال درغرب 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 منشأبسیاری 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 وافقی 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 ۲۲ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی را دریک دوره ۲۰ ساله بر روی دو ترازسطح زمین و hpa ۵۰۰ بررسی ونتیجه می گیرد 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 کم‌ارتفاع به طرف شرق و نزدیک شدن آن به خلیج فارس، مرکز کم‌فشار نیز در شمال یا غرب آن مستقر می‌شود و ضمن تغذیه از رطوبت خلیج‌فارس و گسترش بر روی جنوب غرب و غرب بارشهای نسبتاً شدیدی را ایجاد می‌کند.در رابطه با نمایه های ناپایداری هوا و آب بارش شو می‌توان به پژوهشهای ذیل اشاره کرد: سجادی (۱۳۸٤، ص ٦۰) به کمک نقشه های 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 ازآن 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[1] (۱۹۹۳،ص ۹۹۸)، آب بارش شو و پتانسیل شناوری در ۵۰۰ میلی باررا به عنوان فاکتورهای مناسب در تصمیم به بارورسازی ابرها انتخاب کردند.کاستا و همکاران[2] (۲۰۰۱،ص ۸۰) شاخص های ناپایداری را برای تورنادوها، توفان های تگرگ زا و بارانهای شدید در شمال ایتالیا محاسبه کردند. مانکم[3] (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)[1] از همبستگی بالایی برخوردار است و مخصوصاً در شمال استوا تحت تأثیر ویژگیهای جغرافیایی منطقه است. سجادی (۱۳۸۵، ص ۹٦) در یک دوره ٤ساله به تحلیل ترمودینامیکی سیلهای تبریز پرداخته و نتایج به دست آمده را با خروجی اطلاعات سنجنده مدیس مقایسه کرد.

کری[2] (۱۹۹٤،ص ۵۰۰) به این نتیجه رسید که در مورد خصوصیات بارش های همرفتی، ویژگیهای جغرافیایی منطقه باعث بوجود آمدن ساختار دینامیکی قائم با مقادیر CAPE بالا می شود. مانزاتو[3] ومورگان (۲۰۰٤،ص ٤۵۰) طی یک دوره هفت ساله توفانهای تندری منطقه ای در ونیز ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند و هدف ،یافتن بهترین شاخص ها برای پیش بینی وقوع و شدت توفانهای تندری بود که در آن شاخص هایی مانند سرعت بالا رو و آب بارش شو و CAPE برای پیش بینی توفان تندری و LFC (تراز همرفت میعان آزاد)[4] و KI در پیش بینی 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 واچرخندهای 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 واچرخند 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 وردسپهر 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 [1] (PW)

مانزاتو (۲۰۰۳،ص ٤٥٠)، برای محاسبه pw بعنوان یک شاخص برای پیش بینی فعالیت همرفتی از رابطه بین $\bar{r}$ مقدار متوسط نسبت آمیختگی بین سطوح فشاری پایه و قله ابر استفاده کرد.

۲- شاخص شوآلتر [2] (SI)

شوآلتر (۱۹۵۳،ص ۲۵۰) اساس مفهوم ناپایداری پتانسیلی شاخص شوآلتر راپایه 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 شولتر و شدت ناپایداری جو در (جدول۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- رابطه بین شاخص شوالتر وناپایداری جو

ناپایداری	شاخص شولتر(C°)
جو پایدار	بزرگتر از ۳
احتمال رگبار و رعدو برق منفرد	بین ۱ تا ۳
احتمال رعدو برق	بین ۲- تا ۱
احتمال رعد و برق شدید	بین ٦- تا ۲-
احتمال تورنادو	کوچکتر از ٦-

ماخذ: شوآلتر (۱۹۵۳)

۳- شاخص K [3]

شاخص k شاخصی است که با استفاده از آن می توان توان طوفان تندری را بر اساس آهنگ کاهش قائم دما و میزان وسعت قائم رطوبت در سطوح پایین جو سنجید. (بولشتاین ۱۹۹۹،ص ٥٦٠).

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

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

احتمال ناپایداری جو	شاخص(C°) K
صفر درصد	کمتراز ۱۵
کمتر از ۲۰ درصد	۲۰ - ۱۵
٤۰ ۲۰-درصد	۲۵ – ۲۱
٦۰ - ٤۰ درصد	۳۰– ۲٦
۸۰ ٦۰-درصد	۳۵– ۳۱
۹۰– ۸۰ درصد	٤۰ – ۳٦
نزدیک ۱۰۰درصد	بیشتراز ٤۰

ماخذ: بولشتاین (۱۹۹۹)

٤- انرژی پتانسیل در دسترس همرفتی[1] (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)آورد شده است .

جدول۳ - رابطه بین وضعیت جو و CAPE

وضعیت جو	مقدار CAPE (J/kg)
پایدار	صفر
کمی ناپایدار	۱۰۰۰– ۰
نسبتاً ناپایدار	۲۵۰۰– ۱۰۰۰
بسیار ناپایدار	۳۵۰۰ – ۲۵۰۰
بی نهایت ناپایدار	٤۰۰۰ - ۳۵۰۰

ماخذ: سجادی (۱۳۸٤)

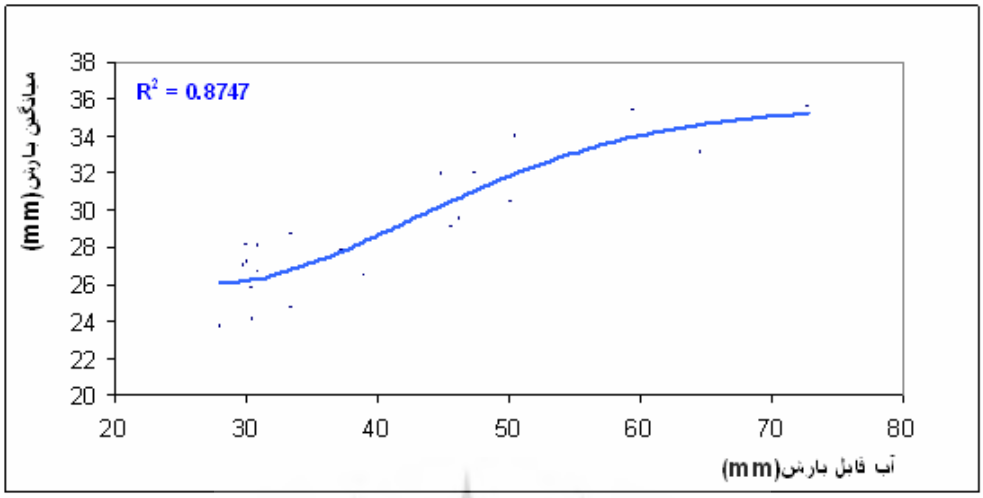
شاخصهای ناپایداری در روزهای وقوع سیل

در این مقاله پس از بررسی تاریخ سیلهای شمال غرب و غـرب ('۵۰ °٤۸–'۳۰ °٤٤E الـی'۳۵ °۳۳–' ٤۷ °۳۹ N) و دوره‌های بارش فراگیر ایستگاههای استان کرمانشاه انتخاب و بارشهای نیمه سرد سال دریک دوره۱۹ سـاله(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 رسـم‌نمودارهـای SKEW-T اسـتفاده شـد وسپس میانگین بارش به عنوان متغیر وابسته وهر یک از شاخصهای ناپایداری بعنوان متغیر مستقل محاسبه و نمـودار بهترین برازش هر یک ترسیم گردید.جهت مطالعه همدیدی از نقـشه‌هـای سـینوپتیکی روز قبـل و بعـد از بـارش و نقشه‌هـای فـشارسطح دریا،ترازهـای۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسـکال سـاعت (UTC ۱۲۰۰) در تـاریخ‌هـای (۲۰ تـا ۲٦ نوامبر۱۹۹٤ میلادی) و تحلیل همدیدی آن پرداخته شده است.

1 -Convective Available Potential Energy

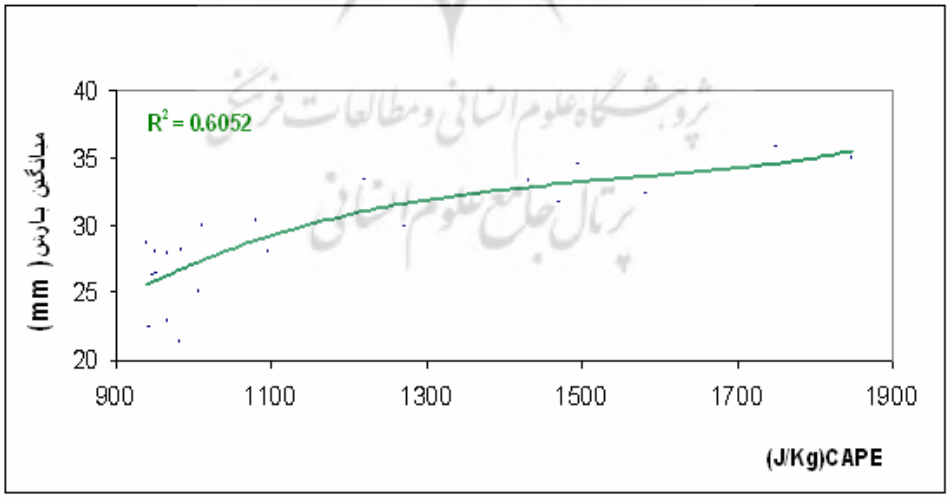
نتایج بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی ترمودینامیکی ۲۱ موردسیل دریک دوره۱۹ ساله(۲۰۰۳ – ۱۹۸۵) استان کرمانشاه (ایستگاههای سرپل ذهاب، روانسر، اسلام آباد غرب و کرمانشاه) به صورت ذیل می باشد:



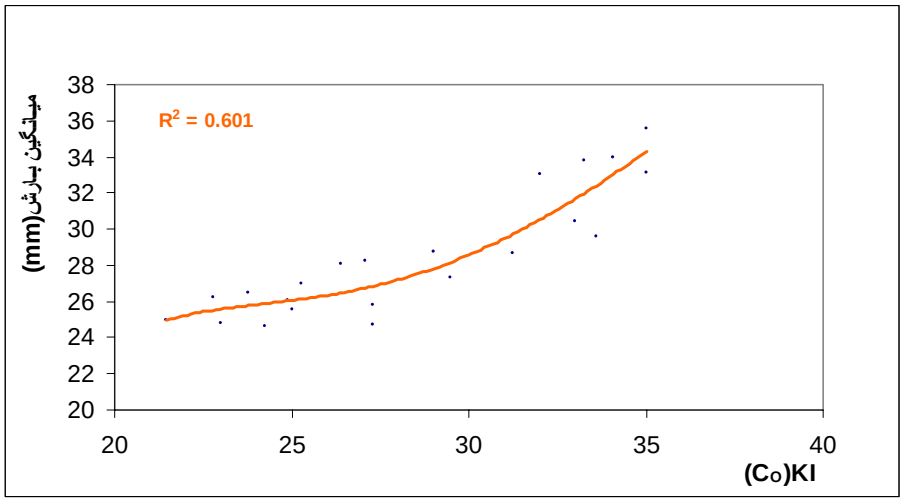
شکل ۱ – برازش PW بر میانگین بارشهای منجر به سیل دراستان کرمانشاه

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 mm ۳۵ است، میانگین بارش ثابت بوده و تقریباً در حدود mm ۲۵ است. وقتی رشد قائم ابر زیاد باشد مقدار PW نیز افزایش می یابد .آستانه PW برای وقوع سیل mm ۳۵ و متوسط آن mm ٥٦ بدست آمده است.



شکل ۲– برازش CAPE بر میانگین بارشهای منجر به سیل درکرمانشاه

هرچه عمرو ضخامت ابر افزایش یابد ، سرعت بالارو با افزایش ناپایداری حاصل از آزاد شدن گرمای نهان میعان قطرکها بیشتر خواهد شد. بنابراین PW ، انتقال گرما و(CAPE)انرژی پتانسیل دردسترس همرفتی نیز افزایش می یابد. آستانه CAPEبرای وقوع سیل j/kg ۱۰۰۰ و متوسط آن j/kg ۱۵۰۰ بدست آمد.



شکل۳- برازش شاخص KI بر میانگین بارشهای منجر به سیلدرکرمانشاه

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 هرچه KI بزرگتر باشد یعنی رطوبت و افت دما بیشتر باشد، میزان بارش در ایستگاه های زمینی نیز افزایش می یابد. آستانه شاخص KI جهت وقوع سیل ۲٤C°و متوسط آن ۲۸C° بدست آمد.

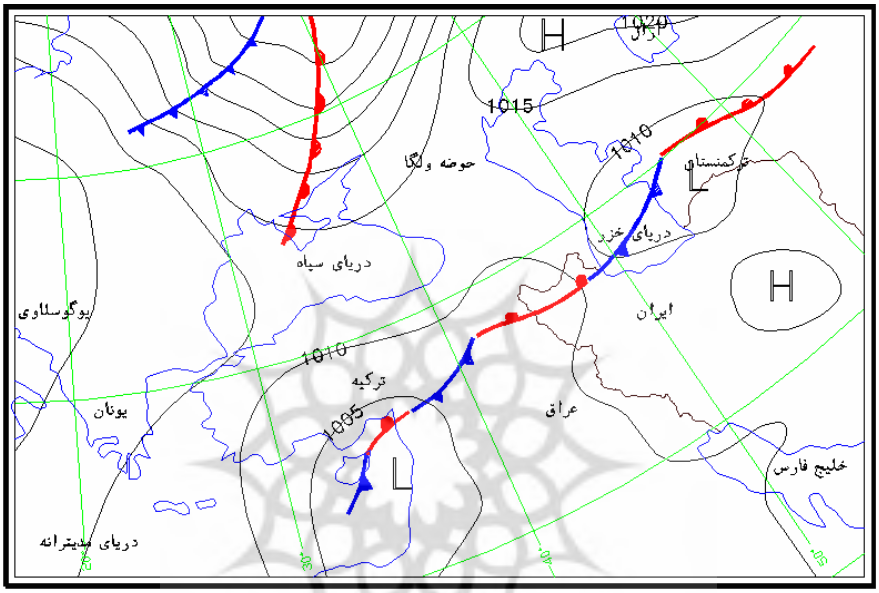
شکل ٤- برازش SI بر میانگین بارشهای منجر به سیلدرکرمانشاه

هرچه(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 C° SI (۱-)و متوسط آن ۵C°- بدست آمد.

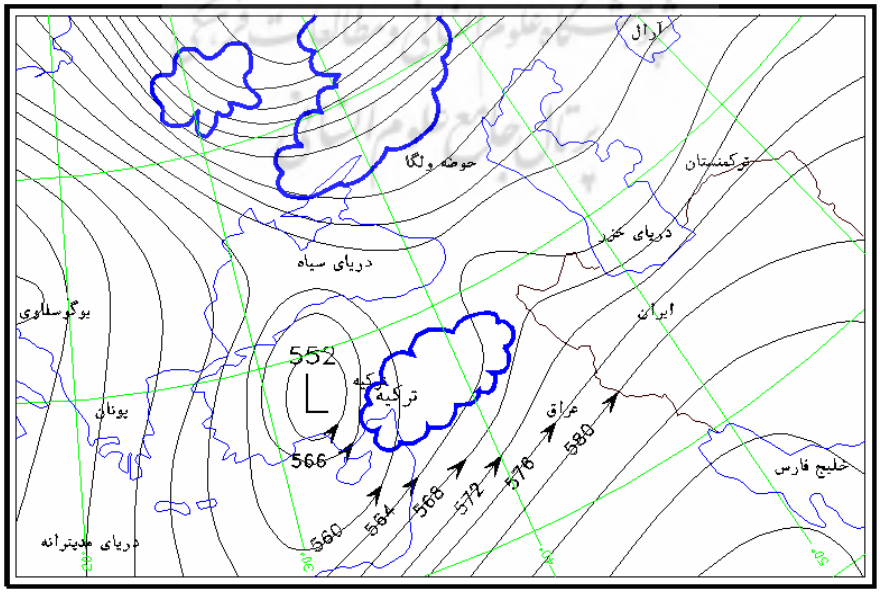
سیلهای منطقه مورد بررسی صرفا وابسته به شاخصهای ناپایداری و پتانسیل ابر در بارش نمی باشد بلکه کل شرایط موجود آب و هوا شناسی، الگوهای بارش منطقه و زمین شناختی منطقه در این امر دخیل هستندچه بسا با وجود شرایط بارش کم ولی مقدار شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی ، خاک منطقه و میزان نفوذ پذیری خاک در منطقه سیل آمده است 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 تابیست و ششم نوامبر ۱۹۹٤ 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 روزبیستم می‌باشد. همچنانکه در روی نقشه‌های سطح زمینه نشان داده است در روز بیستم و یکم نوامبر سیستم کم‌فشار 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 منحنی های فشارروی نوار شمال غرب و جنوب‌غرب افزایش یافته و از روی مدیترانه به سمت شرق جابجا شده است (شکل ٦).

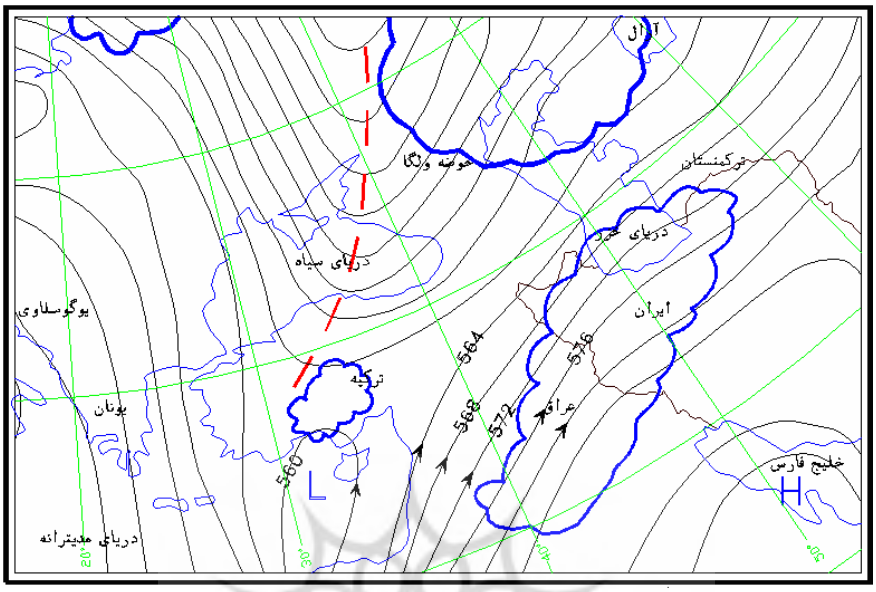


شکل ۵- سطح زمین- (۲۱/۱۱/۱۹۹٤)- ۱۲۰۰ UTC

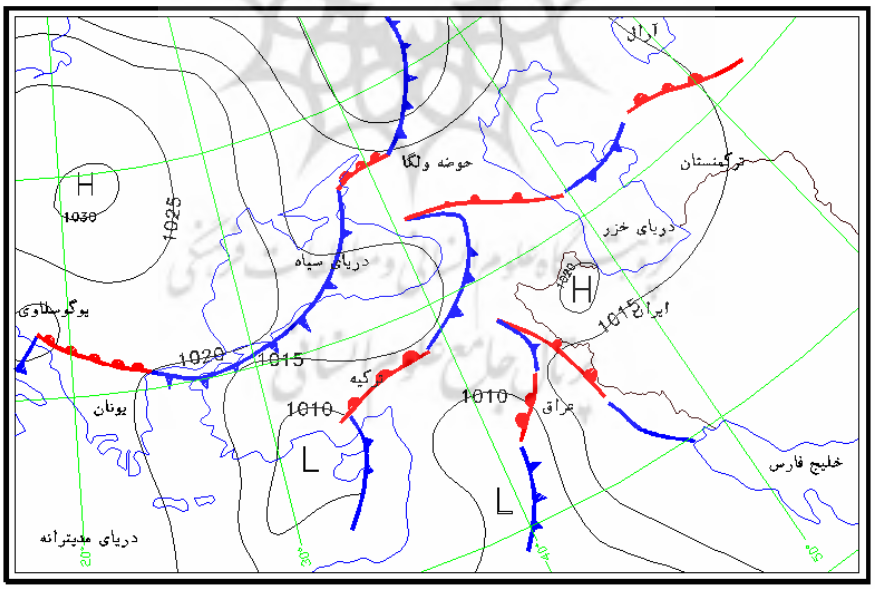


شکل ٦- تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال- (۲۱/۱۱/۱۹۹٤)- ۱۲۰۰ UTC

از روز بیست و یکم به بیست و دوم مقدار rs رو به افزایش است و روند افزایش θw نمایانگر ناپایداری از سطح زمین تا تراز hpa ۵۰۰ hpa می‌باشد و در روی سطح زمین زبانه کم‌فشارhpa ۱۰۱۰ روی عراق و شمال عربستان واقع شده و نوار غربی کشور تحت تأثیر سیستم جبهه‌ای قرار دارد (اشکال ۷و۸) .

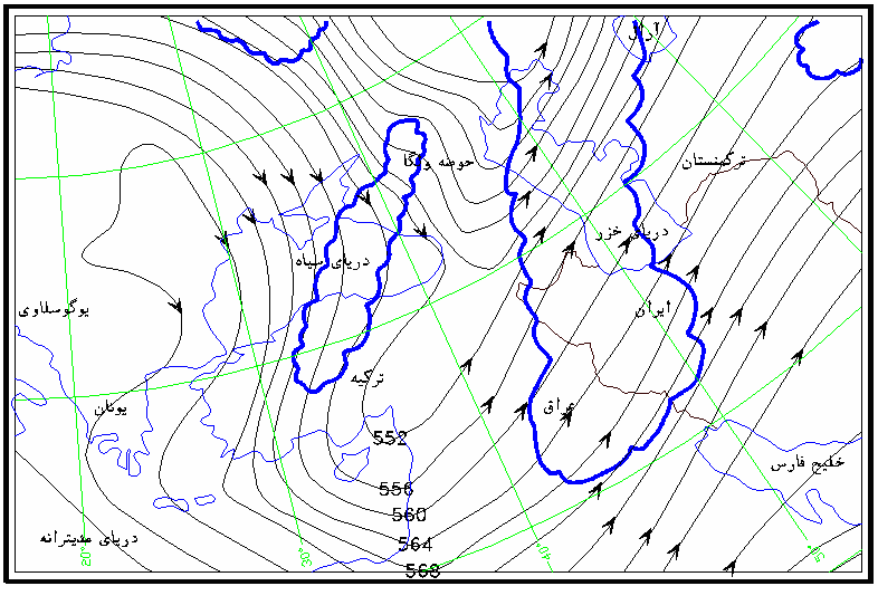


شکل ۷- سطح زمین- (۲۲/۱۱/۱۹۹٤)- ۱۲۰۰ UTC

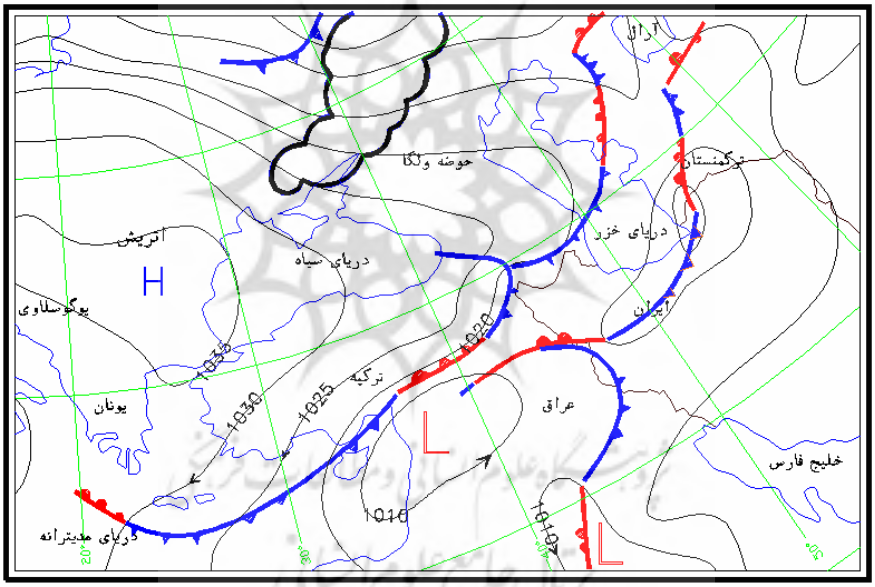


شکل ۸- تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال- (۱۹۹٤/۱۱/۲۲)- ۱۲۰۰ UTC

در روز بیست و سوم کل نیمه غربی کشور از شمال غرب تا جنوب‌غرب تحت تأثیر سیستم جبهه‌ای هستند. مقدار بارش به حداکثر مقدار خود رسیده و شاخص‌های ناپایداری معرف حداکثر فعالیت می‌باشند. اختلاف Tmax-Tc به ۵ C° می‌رسد که نمایانگر ناپایداری حرارتی بسیار زیادی می‌باشد(اشکال۱۰و۹).

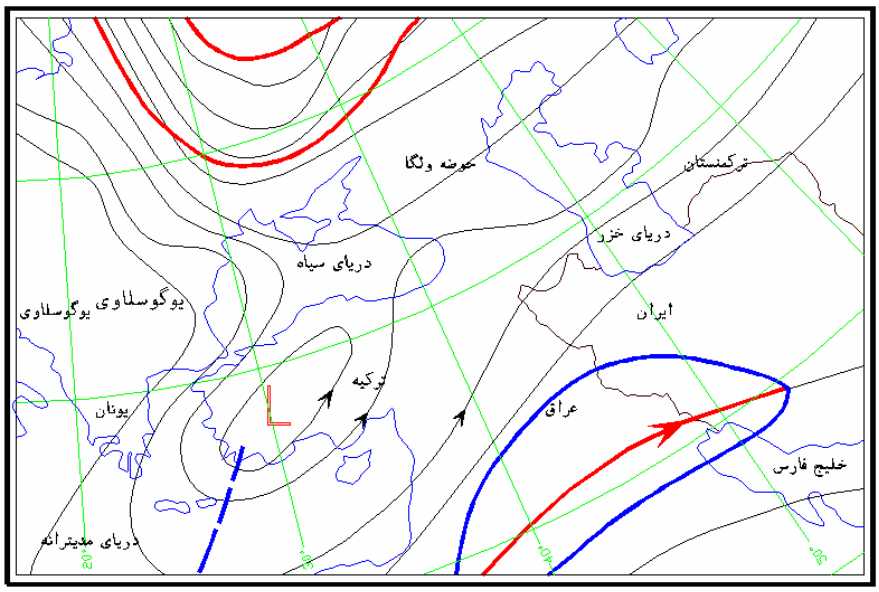


شکل ۹- سطح زمین- (۱۹۹٤/۱۱/۲۳)- ۱۲۰۰ UTC

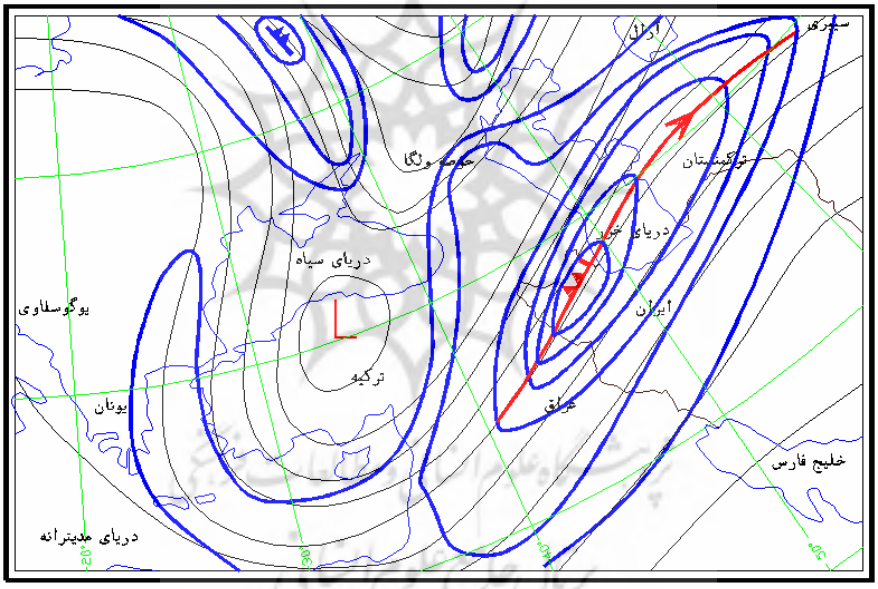


شکل ۱۰- تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال- (۱۹۹٤/۱۱/۲۳)- ۱۲۰۰ UTC

براساس نقشه‌های تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در طی این روزها همزمان با افـزایش ناپایـداری، نـوار شـمال غـرب – جنوب غربی تحت تأثیر حداکثر سرعت باد می‌باشد بطوریکه در روز بیست و سوم سرعت باد به ۱۰۰ نات می‌رسـد (اشکال ۱۱و۱۲) . جدول ٤ نمایانگر تغییر فراسنجهای مورد بررسی در این دوره می‌باشد.



شکل ۱۱- تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال- (۱۹۹٤/۱۱/۲۱)- ۱۲۰۰ UTC



شکل ۱۲- تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال- (۱۹۹٤/۱۱/۲۳)- ۱۲۰۰ UTC

جدول ٤- میزان تغییرات فراسنجهای مورد بررسی ازبیستم تابیست و ششم نوامبر ۱۹۹٤

P (mm)	P_W (mm)	Cape (j/kg)	rs (gr/kg)	θw(C°)	$T_{max} - T_C$ (C°)	SI (C°)	KI (C°)
۰/۵ الی ۵۱	۵ الی ٦۲	٦۲/۱۸۰۰ الی ۵۱	۵/۱۳ الی ۸	۹/۱۷ الی ۱۲	۵الی ۱	۷/۷ الی -۷/۲	۱۹ الی۷/۲۹

همان طوری که در جدول و اشکال مربوط به بیستم تابیست و ششم نوامبر ۱۹۹٤ 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 r_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 اندیسهای KI و SI به خوبی نمایانگر افزایش این میزان ناپایداریها هستند.

دردوره های مورد بررسی تغییرات اندیسها 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 تعین آستانه شروع سیل نتایج ذیل به دست آمد : pw، (۳۵ mm)، Si، (C° ۰/۱-)، شاخصKI، (C°۲٤) و CAPE،(j/kg ۱۰۰۰). با توجه به اطلاعات روزانه ایستگاههای جو بالا و رسم نمودارهای SKEW_T و محاسبه اندیسها وفراسنجهای فوق توسط این نقشه‌ها و در دست داشتن محدوده تغییرات بدست آمده که بعنوان نمونه در این تحقیق انجام شده وانجام موارد مشابه در دراز مدت ، می‌توان به یک الگوی مناسب درمنطقه 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 نقشه های مربوط به ازبیستم تابیست و ششم نوامبر ۱۹۹٤آورده شده است).

٤- بتدریج با نفوذ توده هوای حاره‌ای دریایی میزان ناپایداری هوا درمنطقه 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 همزمانبا افزایش‌ناپایداری گرمائی میزان (T_{max}-Tc) افزایش یافته که این افزایش با شاخص‌های دیگر نیز تأئید شده است.

٦- 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 شفارود و تالار)، رساله دکتری ، دانشگاه آزاداسلامی واحدعلوم 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 (۱۳۸٤) : بررسی آب قابل بارش و کاربرد آن در بارور سازی ابردر غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه آزاداسلامی واحدعلوم و تحقیقات تهران.

٤. سجادی ، سیده آمنه (۱۳۸۵) : بررسی آب قابل بارش و تعیین آستانه بارورسازی ابرتوسط نمودارهای ترمودینامیکی و سنجنده مدیس در غرب ایران،فصلنامه جغرافیایی سرزمین ،سال سوم، شماره۱۰۹-۹٦:۱۲ .

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 Giula 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی