

مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی نهم، پاییز و زمستان ۱۳۸۶

دکتر مجید زاهدی (نویسنده اصلی)

دکتر اصغر چوپدار (نویسنده اصلی)

## مقایسه‌ی شاخص‌های ناپایداری جوی حوضه‌ی آبریز آجی‌چای با استانداردهای ناپایداری جوی و تعیین الگو برای این حوضه

### چکیده:

تحقیق حاضر، الگوی ریاضی حوضه‌ی آبریز آجی‌چای را، که دربخش شرقی حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه بین طول‌های ۴۷°۵۲' و ۴۵°۳۲' شرقی و عرض‌های ۳۰° ۳۸' و ۳۶° ۳۷' شمالی در شمال غرب کشور جمهوری اسلامی ایران قرار گرفته است، ارائه می‌نماید.

در این پژوهش از آمار ایستگاه جو بالای تبریز که تنها ایستگاه از نوع خود در منطقه (شمال غرب کشور) می‌باشد، استفاده شده است. داده‌های تحقیق را هفت شاخص ناپایداری جوی ( $LI^1$ ،  $SW^2$ ،  $T.T^3$ ،  $C.T^4$ ،  $V.T^5$ ،  $K^6$ ،  $SI^7$ ) در ایستگاه مذکور مربوط به ۷۱ مورد وقوع سیل از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۳ در حوضه‌ی آبریز آجی‌چای تشکیل داده‌اند. مقایسه‌ی این شاخص‌ها با استانداردهای ناپایداری جوی مغایرت‌هایی را در برخی موارد بین ارقام مشاهداتی و ارقام پیشگویی شده نشان داده است و نهایتاً شاخص‌های ناپایداری حوضه‌ی آبریز آجی‌چای به شرح زیر تعیین شده‌اند:

$$\begin{aligned} SI &= < 7.12 & V.T &= 24.7 & T.T &= 41.8 \\ K &= 14.3 & C.T &= 11.5 & SW &= 11.65 \\ LI &= < 6.79 \end{aligned}$$

**کلید واژه‌ها:** حوضه‌ی آبریز آجی‌چای، شاخص‌های ناپایداری جوی، استانداردهای ناپایداری جوی، الگوی ریاضی

1. showalter Index
2. George Index
3. Vertical Totals Index
4. Cross Totals Index
5. Total totals Index
6. Sweat Index
7. Lifted Index

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۰/۲۶ تاریخ تصویب: ۸۷/۳/۱

**۱. درآمد:**

بارش مهمترین پدیده یا ویژگی محیط زیست است و تاکنون مطالعات فراوانی درباره‌ی عوامل ایجاد آن انجام شده است. بارش زمانی در جایی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود فراهم شود، هر دوی این شرایط به وسیله‌ی الگوهای گردش اتمسفر فراهم می‌شوند. مطالعات اولیه درباره‌ی ارتباط بین بارش و عوامل تولید آن، عمدتاً رابطه‌ی بین توزیع مکانی و شدت بارش را با سیستم‌های سینوپتیک بررسی کرده‌اند. رگبارهای شدید از پدیده‌های خطرناک و خسارت بار محیط هستند که در بیشتر مکان‌ها، به‌ویژه در مناطق کم‌باران اتفاق می‌افتند و خسارات زیادی را سبب می‌شوند، شناسایی شرایط سینوپتیک ایجاد کننده این رگبارها، می‌تواند در پیش‌بینی زمان وقوع و ایجاد آمادگی لازم کمک کند. (علیچانی، ۱۳۸۱: ۲۰۲، ۲۰۳ و ۲۰۸)

در حوضه‌ی آبریز آجی‌چای، با توجه به شرایط جغرافیایی آن، علاوه بر سیستم‌های سینوپتیک (جبهه‌های سرد سیستم‌های کم فشار) ناپایداری‌های محلی نیز موجب رگبار می‌شوند (در این ناپایداری‌ها هم صعود هوای مرطوب عامل ایجاد بارش است) و گاهی به علت وجود هر دو پدیده (سیستم سینوپتیک و ناپایداری محلی) رگبارهای شدید باران و تگرگ رخ می‌دهند. بنابراین، شناسایی شرایط ناپایداری نیز برای پیش‌بینی زمان وقوع رگبارها و اخطار به موقع جهت آمادگی، ضرورت دارد.

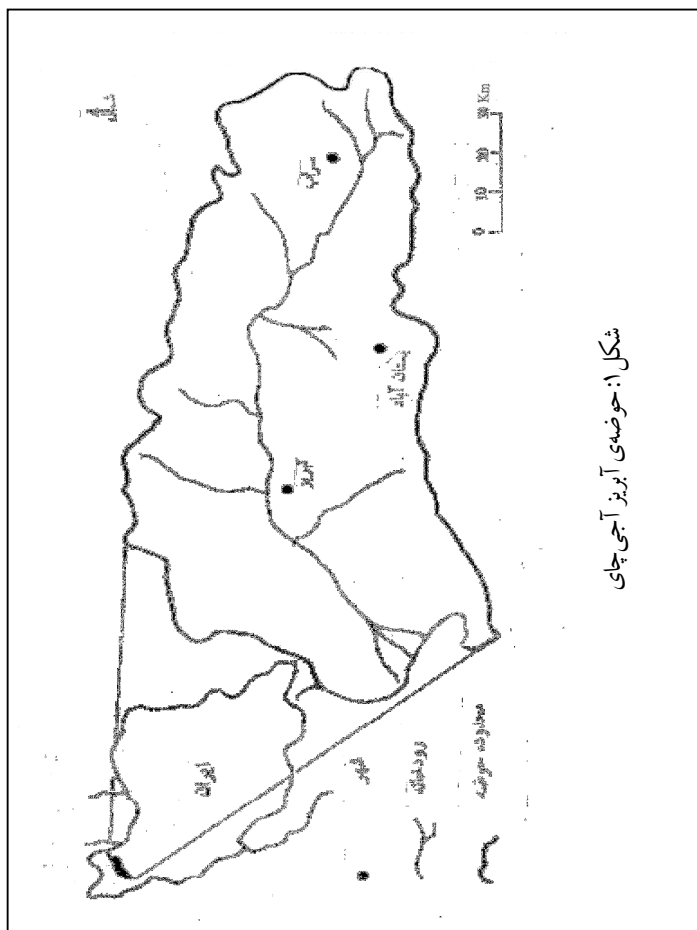
**۲. موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آبریز آجی‌چای**

حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه، یکی از شش حوضه‌ی آبریز اصلی کشور با وسعتی معادل ۵۱۳۳۱/۶ کیلومتر مربع در شمال غرب ایران بین طول‌های ۴۷°۵۲' و ۴۴°۱۳' و عرض‌های ۳۸°۳۰' و ۳۵°۳۹' گسترده شده و به وسیله‌ی سلسله جبال البرز، زاگرس و چندین رشته کوه داخل فلات ایران محدود گردیده است.

محدوده‌ی حوضه، تحت تأثیر جبهه‌های آب و هوایی مدیترانه‌ای و غرب آسیای میانه قرار دارد و در نتیجه دارای دو نوع اقلیم می‌باشد. مناطق کم ارتفاع آن دارای اقلیم سرد و خشک، مناطق مرتفع آن از نوع اقلیم سرد و نیمه خشک و بعضی از نقاط نیز دارای میکروکلیمای خاص هستند.

حوضه‌ی دریاچه ارومیه از شمال به حوضه‌ی آبریز ارس و از شرق و جنوب به حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن و از غرب به کشورهای ترکیه و عراق محدود می‌شود.

حوضه‌ی آبریز آجی‌چای (شکل ۱) یکی از بزرگترین زیرحوضه‌های هفت‌گانه‌ی حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه بعد از زیر حوضه‌ی سیمینه‌رود و زرینه‌رود با وسعتی معادل ۱۱۲۷۸۸ کیلومتر مربع است و از رودخانه‌های اصلی آن به سنخ‌چای، تاجیار، نهند و اوجان‌چای می‌توان اشاره کرد. بیشترین دامنه‌ی تغییرات ارتفاعی این حوضه معادل ۲۶۰۴ متر است (تماب، ۱۳۷۷: ۴ و ۵).



### ۳. تعریف شاخص‌های ناپایداری جوی

این شاخص‌ها از نمودارهای SkewT-logP، که در ایستگاههای جو بالای هواشناسی تهیه می‌شوند، استخراج می‌شوند و عبارت‌اند از:

#### ۳-۱. ضریب شوتر (SI)

در نمودار مذکور از LCL سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال خطی به موازات خطوط افتاهنگ بی‌دررو اشباع رسم می‌شود تا خط فشار ۵۰۰ هکتوپاسکال را در نقطه‌ی B قطع کند.

SI برابر خواهد بود با:

$$SI = t_{500} - t_B$$

$t_{500}$ : دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (دمای محل تلاقی خط فشار ۵۰۰ هکتوپاسکال و خط دما) بر حسب درجه‌ی سانتی‌گراد

$t_B$ : دمای نقطه B بر حسب درجه‌ی سانتی‌گراد

#### ۳-۲. فشار سطح تراکم جابجایی آزاد (LCL)<sup>۱</sup>

در نمودار مذکور از محل تلاقی خط فشار ۸۵۰ هکتوپاسکال با منحنی‌های دما و دمای نقطه‌ی شبنم به ترتیب خطوطی به موازات خطوط افتاهنگ بی‌دررو خشک و نسبت اختلاط رسم می‌شود، یکدیگر را در نقطه‌ای قطع می‌کنند، مقدار فشار این نقطه بر حسب هکتوپاسکال فشار سطح تراکم جابجایی آزاد می‌باشد.

$d(LCL)$  عبارت است از مقدار LCL دیروز منهای LCL امروز

لازم به ذکر است که:

الف) داده‌های به دست آمده از ایستگاههای جو بالا، در نمودار مزبور پیاده و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده می‌گیرند.

ب) دمای نقطه‌ی شبنم، عبارت است از دمایی که یک توده هوا به علت سرد شدن در فشار ثابت بدون حذف یا افزایش رطوبت، کسب می‌کند تا به حد اشباع برسد. به عبارت دیگر دمایی است که در آن کمیت

1. Pressure (hpa) at the lifted condensation level

بخار آب موجود در جو به مقدار حد نهایی ظرفیت خود می‌رسد. باید یادآور شد که از دور راه می‌توان یک توده هوا را به حد اشباع رساند:

۱- ب) کاهش دما و در نتیجه کاهش ظرفیت بخار آب اشباع در توده هوا؛

۲- ب) افزایش مقدار بخار آب. (هوشنگ قائمی، ۱۳۷۵: ۲۹۹ و ۳۰۰)

پ) افتاهنگ بی‌دررو خشک یا لپس ریت<sup>۱</sup> خشک، عبارت است از کاهش دمای هوا نسبت به ارتفاع در صورتی که هوا هیچ‌گونه حرکت عمودی به بالا یا پایین نداشته باشد. در واقع افتاهنگ گرادیان واقعی دما نسبت به ارتفاع در وضعیتی است که هوا بدون حرکات عمودی باشد.

میزان افتاهنگ برای هوای خشک ثابت است. اگر درجه‌ی حرارت اولیه‌ی هوا و همچنین فاصله‌ای که صعود کرده یا پایین آمده نیز معلوم باشد، دمای هوا در هر ارتفاع به وسیله‌ی افتاهنگ بی‌دررو محاسبه می‌شود.

میزان افتاهنگ بی‌دررو در هوای خشک ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر کیلومتر ارتفاع است.

اگر توده هوای خشک یک کیلومتر به صورت عمودی صعود کند و یا تحت زاویه‌ای روی شیب زمین یا شیب جبهه بالا رود، ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خنک خواهد شد. البته اگر توده هوا تحت زاویه‌ای به صورت مایل صعود نماید، سرعت سرد شدن آن کمتر از صعود عمودی خواهد بود. (علیزاده و دیگران، ۱۳۷۹: ۷۲ و ۷۸)

ت) نسبت اختلاط عبارت است از جرم بخار آب موجود در واحد جرم هوای خشک، که بر حسب گرم بر گرم یا بر کیلوگرم بیان می‌شود. (هوشنگ قائمی، ۱۳۷۵: ۲۹۸)

ث) افتاهنگ بی‌دررو اشباع، عبارت است از کاهش دمای هوای اشباع با ارتفاع، اگر بسته اشباع هوا صعود نماید، دمای آن با افزایش ارتفاع کاهش پیدا می‌کند، این کاهش دما با ارتفاع را لپس ریت اشباع می‌گویند که با لپس ریت خشک متفاوت است. در بسته‌ی هوای اشباع در حال صعود عمل تراکم (میعان) رخ می‌دهد و در نتیجه گرمای نهان آزاد می‌شود و همین گرمای آزاد شده موجب می‌شود تا سرمایش ارتفاعی کاهش یابد و به همین دلیل افت دما با ارتفاع در تحوّل افتاهنگ بی‌دررو اشباع کمتر از افت دما با ارتفاع در تحوّل افتاهنگ بی‌دررو خشک می‌باشد. اگر عمل صعود ادامه پیدا بکند هوا به تدریج رطوبت خود را از دست می‌دهد تا خشک شود، در این حالت لپس ریت اشباع با لپس ریت خشک برابر می‌شود.

1. Lapse Rate

### ۳-۳. ضریب K

در نمودار مذکور، مقدار K بر حسب درجه‌ی سانتی گراد از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$K = (t + t_0)_{830} - (t - t_0)_{700} - t_{300}$$

$t_{830}$ : دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه‌ی سانتی گراد (دمای محل تلاقی خط فشار ۸۵۰ هکتوپاسکال و منحنی دما)

$t_{700}$ : دمای سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه‌ی سانتی گراد (دمای محل تلاقی خط فشار ۷۰۰ هکتوپاسکال و منحنی دما)

$t_{300}$ : دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه‌ی سانتی گراد (دمای محل تلاقی خط فشار ۵۰۰ هکتوپاسکال و منحنی دما)

$t_{830}$ : دمای نقطه شبنم سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه‌ی سانتی گراد (دمای نقطه شبنم محل تلاقی خط فشار ۸۵۰ هکتوپاسکال و منحنی دمای نقطه شبنم)

$t_{700}$ : دمای نقطه شبنم سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه‌ی سانتی گراد (دمای نقطه شبنم محل تلاقی خط فشار ۷۰۰ هکتوپاسکال و منحنی دمای نقطه شبنم)

$t_{300}$ : دمای نقطه شبنم سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب درجه‌ی سانتی گراد (دمای نقطه شبنم محل تلاقی خط فشار ۵۰۰ هکتوپاسکال و منحنی دمای نقطه شبنم)

### ۳-۴. ضرایب V.T، C.T و T.T

در نمودار مذکور، مقدار ضرایب بالا بر حسب درجه‌ی سانتی گراد از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$C.T = t_{830} - t_{300}$$

$$V.T = t_{830} - t_{300}$$

$$T.T = (t + t_0)_{830} - 2t_{300}$$

### ۳-۵. ضریب LI<sup>۱</sup>:

در نمودار مذکور از L.C.L (محل تلاقی خطوط افتاهنگ بی دررو خشک و نسبت اختلاط) ارتفاع ۵۰۰ متری

سطح زمین خطی به موازات افتاهنگ بی درو اشباع رسم می‌شود تا خط فشار ۵۰۰ هکتوپاسکال را در D قطع

کند، مقدار ضریب برابر خواهد بود با:

$$LI = t_{300} - t_D$$

$t_D$ : دمای نقطه‌ی D بر حسب درجه‌ی سانتی گراد

1. Lifted Index

۳-۶. ضریب  $SW$  :

در نمودار مذکور دمای نقطه‌ی شبنم سطح  $850$  هکتوپاسکال، ضریب  $T.T$  و سرعت و جهت باد در سطوح  $850$  و  $500$  هکتوپاسکال را در رابطه‌ی زیر قرار داده، مقدار ضریب را محاسبه می‌کنند.

$$SW = 12 (TD850) + 20(T.T - 49) + 2(SKT850) + SKT500 + 125[\sin(DIR500-DIR850)+0.2]$$

$TD850$  دمای نقطه‌ی شبنم بر حسب سانتی‌گراد در سطح  $850$  هکتوپاسکال

$SKT850$  سرعت باد بر حسب نات در سطح  $850$  هکتوپاسکال

$SKT500$  سرعت باد بر حسب نات در سطح  $500$  هکتوپاسکال

$DIR850$  جهت باد در سطح  $850$  هکتوپاسکال

$DIR500$  جهت باد در سطح  $500$  هکتوپاسکال

لازم به ذکر است که:

الف) اگر  $T.T < 49$  باشد، مقدار  $20(T.T-49)$ ، صفر فرض می‌شود.

ب) اگر یکی از شرایط زیر محقق شود مقدار

$$125[\sin(DIR500-DIR850)+0.2]$$

صفر فرض می‌شود:

- جهت باد در سطح  $850$  هکتوپاسکال بین  $130$  تا  $250$  درجه نباشد.

- جهت باد در سطح  $500$  هکتوپاسکال بین  $210$  تا  $310$  درجه نباشد.

- مقدار  $(DIR500-DIR850)$  بزرگتر از صفر نباشد.

- سرعت‌های باد در سطوح  $850$  و  $500$  هکتوپاسکال هیچ‌کدام بزرگتر یا مساوی  $15$  نات نباشند.

#### ۴. استانداردهای ناپایداری جوی

شاخص‌های ناپایداری جوی، که توسط دانشگاهها و مراکز هواشناسی آمریکا و با توجه به شرایط آب و هوایی آن کشور تعیین شده‌اند و در حال حاضر در بیشتر نقاط جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. از وب سایت‌های زیر استخراج و در جدول شماره ۱ درج شده است:

<http://www.twister.sbs.ohio-state.edu/severe>  
<http://www.srh.noaa.gov/fc/html/gloss2.shtml>  
<http://www.weather.cod.edu/sirvatka/si.html>  
<http://www.theweatherprediction.com>

#### ۵. مروری بر پژوهش‌های انجام‌یافته

۱-۵. شاخص‌های پایداری استاتیک اتمسفر در پیش‌بینی وضعیت هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حالت کلی درجه‌ی ناپایداری اتمسفر را تعیین می‌کنند. شاخص  $TT$ ، یکی از شاخص‌های پایداری جوی است که در سال‌های اخیر مورد استفاده پیش‌بین‌های سرویس‌های هواشناسی در سراسر جهان قرار گرفته و در آمریکا از این شاخص برای پیش‌بینی رعد و برق‌های شدید بهره‌برداری می‌شود.

$$TT = T_{830} + T_{830} - 2T_{300}$$

$T_{300}$  و  $T_{830}$  دمای خشک در سطح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال

$T_{830}$  دمای نقطه شبنم در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال

در کشور نیوزلند ناپایداری‌های حرارتی بین سطوح ۵۰۰ و ۷۰۰ میلی‌بار دارای نقش اساسی در تحولات جوی هستند، این ناپایداری‌ها با شاخص  $TQ$ ، که شبیه شاخص  $TT$  می‌باشد، محاسبه می‌شوند. این شاخص از اواسط سال ۱۹۹۸ در این کشور مورد استفاده قرار گرفته و مقایسه‌ی ۹۰ مورد ناپایداری مشاهده شده با مقادیر محاسبه شده‌ی این شاخص، هم‌بستگی با سطح اطمینان ۲٪ را بین آنها نشان داده است.

$$TQ = T_{830} + T_{830} - 1/7 T_{700}$$

$T_{700}$  دمای هوادر سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال



$TQ = 12$  حد آستانه یا نقطه‌ی شروع شرایط ناپایداری را نشان می‌دهد و هر چه به مقدار آن افزوده شود، شدت ناپایداری افزایش می‌یابد. (Henry, 2000: 246-254)

۲-۵. پیش‌بینی دقیق طوفان‌های همراه با رعد و برق در طول فصل قبل از مونسون (آوریل تا ژوئن) در هندوستان در ارتباط با فعالیت‌های عمرانی، کشاورزی و هوانوردی دارای اهمیت فراوان می‌باشد. دو روش عملی با استفاده از داده‌های ماههای می و ژوئن سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۸۹ برای این امر اتخاذ و تست لازم با استفاده از داده‌های ماههای می و ژوئن سال‌های ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ روی آنها انجام شده است. این روش‌ها عبارت‌اند از:

۱. روش اول یک روش گرافیکی است که در آن پس از مقایسه ۱۵ شاخص پایداری هوا  $SI^1$ ،  $RI^2$ ،  $TMJ^3$ ،  $CIIR^4$ ،  $K^5$ ،  $VII^6$ ،  $CTI^7$ ،  $TIH^8$ ،  $KMOD^9$ ،  $VTIM^10$ ،  $CTIM^11$ ،  $TIIM^12$ ،  $LI^13$ ،  $PII^14$  و  $Sweat^15$  در دسته‌های دو تایی نتیجه‌گیری شده است که جفت‌های  $showalter$  Index و  $Total$  totals Index -  $Jefferson's$  Modified Index می‌توانند موارد وقوع و عدم وقوع رعد و برق را در خوشه‌های جداگانه از هم دیگر تفکیک نمایند و نهایتاً در این روش احتمال وقوع یا عدم وقوع رعد و برق محاسبه می‌شود.

۲. در روش دوم در رگرسیون چندگانه (Multiple Regression) با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای (Stepwise Regression) از بین ۲۷۴ پتانسیل پیش‌گویی (Potential predictor)، ۹ پتانسیل مهم (تفاوت دما و نقطه شبنم در سطح ۹۰۰ هکتوپاسکال، باد نصف‌النهاری در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال، جهت باد در سطح ۸۵۰

1. showalter Index
2. Rackliff's Index
3. Jefferson's Modified Index  $(TMJ = 1.6 t_{850} - 0.5 (t - t_0) - 8.0 t_{850})$
4. Convective Index of Reap
5. George Index
6. Verheal total Index
7. Cross total Index
8. Total totals Index
9. Modified George Index
10. Modified Vertical total Index
11. Modified Cross total Index
12. Modified total totals Index
13. Lifted Index
14. Potential instability Index
15. Severe Weather threat Index

هکتوپاسکال، سرعت باد در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، سرعت باد در سطح ۹۰۰ هکتوپاسکال، تغییر ۲۴ ساعته در دمای نقطه شبنم در سطح زمین، نسبت اختلاط در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، جهت باد در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال و دمای نقطه شبنم در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال) انتخاب و فرمول رگرسیون چندگانه‌ی پیش‌بینی‌کننده‌ی احتمال وقوع رعد و برق به شرح زیر استخراج گردیده است.

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Y پیش‌گویی وقوع یا عدم وقوع رعد و برق بعد از ترکیب خطی پتانسیل‌های پیش‌گویی ( $X_1, \dots, X_2, \dots, X_n$ ) می‌باشد که مقدار آن اگر صفر باشد، احتمال عدم وقوع و اگر ۱ باشد احتمال وقوع رعد و برق وجود خواهد داشت.  $b_0$  ثابت رگرسیون و  $b_1, b_2, \dots, b_n$  ضرایب رگرسیون هستند. (Ravi et al., 1999: 29-38)

۳-۵. شاخص‌های ناپایداری جوی برای بیان پتانسیل جابه‌جایی اتمسفر به کار می‌روند، و با استفاده از مقدار دما، رطوبت و باد از لایه‌های تروپوسفر پایین و تروپوسفر میانی محاسبه می‌شوند، این شاخص‌ها عبارت‌اند از:  $SI, LI, TT, CAPE \dots$ <sup>۱</sup>

در سال‌های اخیر استفاده از شاخص CAPE (انرژی پتانسیل جابجایی قابل دسترس) برای ارزیابی پتانسیل جابجایی اتمسفر رایج شده است، CAPE شاخص پیوستگی عمودی اتمسفر است و میزان انرژی متراکم شناور در سطح تراکم آزاد (FCL) از سطح تراکم آزاد (LFC) سطحی که در آن دمای بسته هوا از دمای محیط تجاوز می‌کند و نسبت به محیط حالت ناپایدار پیدا می‌کند) تا سطح تعادل (EL) سطحی که در آن دمای محیط از دمای بسته‌ی هوا تجاوز می‌کند و بسته‌ی هوا نسبت به محیط حالت پایدار پیدا می‌کند) را بیان می‌کند.

$$CAPE = g \int_{Z_{LFC}}^{Z_{EL}} \left( \frac{T_{Vp} - T_{Ve}}{T_{Ve}} \right) dz$$

$T_{Vp}$  دمای واقعی بسته‌ی هوا

$T_{Ve}$  دمای واقعی محیط

$Z_{EL}$  ارتفاع سطح تعادل

$Z_{LFC}$  ارتفاع سطح جابجایی آزاد

1. Convective Available Potential Energy (Jkg)

## g شتاب ثقل

مقایسه‌ی بین CAPE و شاخص‌های استاندارد ناپایداری اتمسفر، مثلاً LI هم‌بستگی متوسطی را بین آنها نشان داده است. علت این است که LI پتانسیل صعود بسته‌ی هوا و CAPE هم پتانسیل صعود بسته‌ی هوا و هم میزان پیوستگی اتمسفر را نشان می‌دهند.

نرمالیزه کردن CAPE در قسمتی از اتمسفر که پیوستگی در آن وجود دارد، منجر به ایجاد شاخصی به نام NCAPE<sup>1</sup> می‌شود، این شاخص مستقل از ضخامت اتمسفر بوده و معیار مناسبی برای سنجش میزان صعود متوسط یک بسته هوا می‌باشد.

به کمک NCAPE، محیط‌های با CAPE مشابه و پتانسیل صعود میزان پیوستگی متفاوت از همدیگر تشخیص داده می‌شوند. (Blanchard, 1998 : 877-870)

۵-۴. شرایط اتمسفر در روزهای همراه با رعد و برق در شمال کوه‌های آلپ در سوئیس طی پنج سال (۸۹-۱۹۸۵) مورد بررسی قرار گرفته و فاکتورهای ترمودینامیکی و سینماتیکی محاسبه شده در سونداژهای جوی انجام شده با رادیوسوندها در ایستگاه Payeme در ساعت ۰۰:۰۰ و ۱۲:۰۰ گرینیچ، برای مشخص شدن شروع جابه‌جایی هوا مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

برای دانستن این که آیا روز همراه با رعد و برق در پیش رو خواهد بود یا نه، بهترین نتایج برای ساعت صفر گرینیچ با استفاده از شاخص SI و برای ساعت ۱۲ گرینیچ با استفاده از شاخص Sweat به دست آمده است و در مجموع برای دانستن این که آیا یک روز همراه با رعد و برق منفرد یا رعد و برق فراگیر در پیش رو خواهد بود یا نه، موفقترین پارامتر CAPE اصلاح شده می‌باشد.

در نهایت بهترین پارامترهای ترمودینامیکی و سینماتیکی برای به دست آمدن شاخص‌های جدید رعد و برق مشابه روشی که در آمریکا برای محاسبه شاخص Sweat به کار گرفته شده است با هم ترکیب شده‌اند و

1. Normalized Convective Available Potential Energy ( $\text{Jkg}^{-1} \text{mb}^3$ )

NCAPE در محیط‌هایی که سطح جابجایی آزاد آنها در ارتفاع پایین قرار دارد و مقدار CAPE در آنها کوچک است، شاخص خوب و مفیدی محسوب می‌شود، ترکیب CAPE و NCAPE می‌تواند برای ارزیابی پتانسیل جابه‌جایی اتمسفر مورد استفاده قرار گیرد.

شاخص‌های جدیدی برای شمال سوئیس به نام SWISS Indices ابداع گردیده‌اند. شاخص‌های قدیمی و شاخص‌های جدید با داده‌های سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ تست شده‌اند، بهترین نتایج را شاخص‌های جدید داده‌اند. این شاخص‌ها عبارت‌اند از:

$$SWISS_{00} = SI + \frac{4}{10} WSh_{36} + \frac{1}{10} (T - T_d)_{60}$$

$SI$  showalter Index  
 $WSh_{36}$  شیب باد بین ارتفاع ۳ و ۶ کیلومتری  
 $(T - T_d)_{60}$  تفاوت دمای خشک و دمای نقطه شبنم در سطح ۶۰۰ هکتوپاسکال

[C°]

$[ms^{-1}(3km)^{-1}]$

اگر  $SWISS_{00} < 5.1$  باشد روز همراه با رعد و برق در پیش خواهد بود

$$SWISS_{12} = SLI - \frac{3}{10} WSH_{03} + \frac{3}{10} (T - T_d)_{60}$$

$SLI$  surface Lifted Index  
 $WSH_{03}$  شیب باد بین سطح زمین و ارتفاع سه کیلومتری  
 $(T - T_d)_{60}$  تفاوت دمای خشک و دمای نقطه شبنم در سطح ۶۵۰ هکتوپاسکال

[C°]

$[ms^{-1}(3km)^{-1}]$

[C°]

اگر  $SWISS_{12} < 0.6$  باشد روز همراه با رعد و برق در پیش خواهد بود. (Huntrieser et al. 1997 : 108-125)

۵۵. خصوصیات محیطی غرب دریای مدیترانه در ایستگاه مالورکای اسپانیا که در ۳۱۳ مورد کاوش عمودی جو به دست آمده و در پنج گروه (تگرگ، بارش سنگین، طوفان‌های خشک، طوفان‌های همراه با بارش شدید و تورنادوها) دسته‌بندی شده بودند، توسط شاخص‌های کلاسیک پایداری هوا مانند CAPE (انرژی پتانسیل جابجایی) مورد بررسی قرار گرفتند. در این بررسی شاخص‌های قدیمی نتوانستند خصوصیات جابه‌جایی هوا در گروه‌های مزبور را توصیف نمایند، لذا به کمک ۳۴ متغیر (خصوصیات دما و رطوبت هوا،

ناپایداری، آب قابل بارش و ...) بعد از آنالیز خوشه‌ای، چهار ساختار عمودی مشخص و سپس در یک روش ساده داده‌های ایستگاه جو بالا در این چهار ساختار طبقه‌بندی شدند. نتیجه‌ی بدست آمده این است که بین داده‌های جدید جو بالا و داده‌های تعیین شده توسط هر یک از خوشه‌ها بهترین هم‌بستگی وجود دارد. (294- Tuduri, 1997: 306)

## ۶- داده‌ها و روش تحقیق

### ۶-۱- داده‌ها

داده‌های ایستگاه جو بالای تبریز مربوط به ۷۱ روز وقوع سیل در حوضه‌ی آبریز آجی‌چای، شامل شاخص‌های  $LI, T.T, C.T, V.T, K, SI$  و  $SW$  از وب سایت‌های زیر استخراج و در جدول شماره ۲ درج شده است:

<http://www.vortex.plymouth.edu/vacalplt-u.html>  
<http://www.weather.uwyo.edu/upper air/sounding.html>

### ۶-۲- روش تحقیق

در تحقیق حاضر شاخص‌های جوی تک تک روزهای وقوع سیل در حوضه‌ی آبریز آجی‌چای با استانداردهای ناپایداری جوی دانشگاهها و مراکز هواشناسی آمریکا (جدول ۱) مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. در این مقایسه بزرگترین رقم شاخص‌های  $SI$  و  $LI$  و کوچکترین رقم شاخص‌های  $V.T, C.T$  و  $T.T, K$  و  $SW$  از ارقام داخل جدول مذکور مورد توجه قرار گرفته است، با دو مثال این موضوع توضیح داده می‌شود:

۱. در مورد  $SW$  چهار دانشگاه و مرکز هواشناسی ذکر شده به ترتیب  $SW > 272$ ،  $SW > 250$ ،  $SW > 150$  و  $SW > 300$  را شرط ناپایداری قید کرده‌اند و باید  $SW > 150$  مبنای مقایسه قرار داده شود چرا که مقادیر ۲۵۰، ۲۷۲ و ۳۰۰ بزرگتر از ۱۵۰ هستند و  $SW > 150$  در همه آنها صدق می‌کند حال اگر چنانچه مقدار  $SW$  در روز وقوع سیل کمتر از ۱۵۰ بوده باشد در خارج از استانداردهای مذکور قرار گرفته است.
۲. در مورد  $SI$  چهار دانشگاه و مرکز هواشناسی ذکر شده به ترتیب  $SI < 4$ ،  $SI < 3$ ،  $SI < 0$  و  $SI < 3$  را شرط ناپایداری قید کرده‌اند و باید  $SI < 4$  مبنای مقایسه قرار داده شود، چرا که مقادیر ۳ و صفر کوچکتر از ۴

هستند و  $SI < 4$  در همه‌ی آنها صدق می‌کند. حال اگر چنانچه مقدار  $SI$  در روز وقوع سیل بیشتر از ۴ بوده باشد در خارج از استانداردهای مذکور قرار گرفته است.

## ۷. نتایج

در بررسی جدول شماره ۲ نتایج زیر به دست آمده است:

- ۷-۱. در ردیف‌های ۲۱، ۴۲، ۴۶، ۴۷، ۵۱ و ۵۹ مقادیر  $S$  بزرگتر از ۴ هستند و بزرگترین آنها  $S=7.12$  در ردیف ۴۶ مربوط به وقوع سیل در مناطق تبریز، هریس، سراب و بستان‌آباد در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۸ مصادف با 2003.04.28 میلادی می‌باشد (شکل ۲).
- ۷-۲. در ردیف ۲۱ مربوط به وقوع سیل در منطقه هریس در تاریخ ۱۳۷۸/۲/۳۰ مصادف با 1999.05.20 میلادی مقدار  $K=14.3$  کمتر از ۱۵ است (شکل ۳).
- ۷-۳. در ردیف‌های ۴۲ و ۴۶ مربوط به وقوع سیل در منطقه اسکو و مناطق تبریز، هریس، سراب و بستان‌آباد در تاریخ‌های ۱۳۸۲/۱/۲۰ و ۱۳۸۲/۲/۸ مصادف با 2003.04.09 و 2003.04.28 میلادی مقدار  $V.T=24.7$  کمتر از ۲۵ است (شکل‌های ۴ و ۲).
- ۷-۴. در ردیف‌های ۴، ۶، ۲۱، ۲۲، ۲۹، ۳۴، ۳۵، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۸، ۵۰، ۵۱، ۵۲ و ۶۶ مقادیر  $C.T$  کوچکتر از ۱۷ هستند و کمترین آنها  $C.T=11.5$  (ردیف ۴۱) مربوط به وقوع سیل در منطقه‌ی تبریز در تاریخ ۱۳۸۲/۱/۱۷ مصادف با 2003.04.06 میلادی می‌باشد (شکل ۵).
- ۷-۵. در ردیف‌های ۲۱، ۲۹ و ۴۲ مقادیر  $T.T$  کوچکتر از ۴۳ هستند و کمترین آنها  $T.T=41.8$  (ردیف ۲۱) مربوط به وقوع سیل در منطقه هریس در تاریخ ۱۳۷۸/۲/۳۰ مصادف با 1999.05.20 میلادی می‌باشد (شکل ۳).
- ۷-۶. در ردیف‌های ۴، ۵، ۶، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۷، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸ و ۷۱ مقادیر  $LI$  بزرگتر از صفر هستند و بزرگترین آنها  $LI=6.79$  (ردیف ۴۶) مربوط به وقوع سیل در مناطق تبریز، هریس، سراب و بستان‌آباد در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۸ مصادف با 2003.04.28 میلادی می‌باشد (شکل ۲).

۷-۷. در ردیف‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۱، ۱۸، ۲۷، ۲۹، ۳۰، ۳۴، ۳۵، ۴۰، ۴۱، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۶۹ و ۷۱ مقادیر SW کوچکتر از ۱۵۰ هستند و کمترین آنها  $SW=11.65$  (ردیف ۴۷) مربوط به وقوع سیل در منطقه‌ی سراب در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۱۰ مصادف با 2003.04.30 میلادی می‌باشد (شکل ۶).

### ۸. بحث و نتیجه‌گیری

شاخص‌های ناپایداری جوی در حوضه‌های آبریز قابل استخراج هستند و به علت این که هر حوضه‌ی آبریزی اقلیم، شرایط جغرافیایی، توپوگرافی، مورفولوژی، پوشش گیاهی، منابع تولید رطوبت و ... خاص خود را داراست، مقدار این شاخص‌ها از حوضه‌ای به حوضه‌ی دیگر و کشوری به کشور دیگر تغییر می‌کند. شاخص‌های ناپایداری مورد استفاده دانشگاهها و مراکز هواشناسی آمریکا در واقع با توجه به شرایط آب و هوایی، جغرافیایی و ... آمریکا تعیین شده‌اند و نمی‌توانند به طور مطلق در سایر کشورها ملاک عمل قرار بگیرند.

برای تعیین شاخص‌های ناپایداری حوضه‌ی آبریز آجی‌چای، لازم بود داده‌های جو بالای روزهای وقوع سیل در این حوضه استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده شوند. لذا از داده‌های ایستگاه جو بالای تبریز در ۷۱ روز وقوع سیل، به دلیل این که این ایستگاه تنها ایستگاه جو بالا در حوضه آبریز آجی‌چای و حتی شمال غرب کشور می‌باشد، استفاده شد. شاخص‌های ناپایداری جوی این حوضه به شرح زیر تعیین شد:

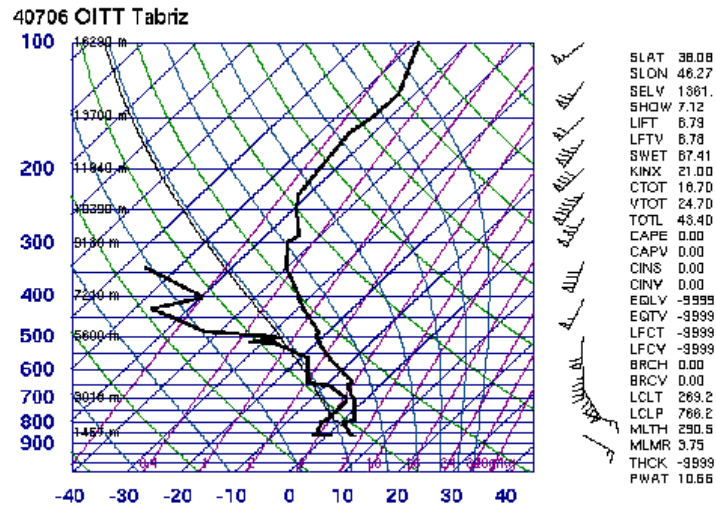
$$\begin{array}{lll} SI = < 7.12 & C.T > = 11.5 & SW > = 11.65 \\ K > = 14.3 & T.T > = 41.8 & \\ V.T > = 24.7 & LI = < 6.79 & \end{array}$$

در روابط بالا، حالت تساوی نشانگر حداقل ناپایداری محلی است که احتمال وقوع رگبار و سیل در آن شرایط وجود دارد و افزایش K، SW، V.T، C.T، T.T به ترتیب از ۱۴/۳، ۱۱/۶۵، ۲۴/۷، ۱۱/۵ و ۴۱/۸ به اعداد بزرگتر و کاهش SI و LI از ۷/۱۲ و ۶/۷۹ به اعداد کوچکتر نشانگر افزایش شدت ناپایداری محلی و افزایش احتمال وقوع رگبار و سیل می‌باشد.

## منابع و مآخذ:

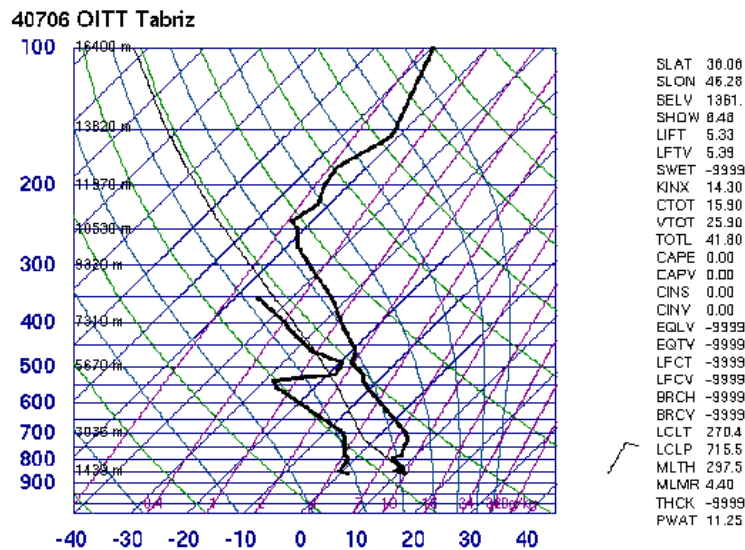
۱. علیجانی، بهلول؛ (۱۳۸۱). *اقلیم‌شناسی سینوپتیک*. دفتر نشر فرهنگ اسلامی، تهران
۲. علیزاده، امین و همکاران؛ (۱۳۷۹). *هوا و اقلیم‌شناسی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۸۲، مشهد.
۳. وزارت نیرو، تماب؛ (۱۳۷۷). *گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوضه آبریز دریاچه‌ی ارومیه - جلد دوم (بررسی‌ها و مشخصات عمومی)*.
۴. قائمی، هوشنگ؛ (۱۳۷۵). *هواشناسی عمومی*. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها، تهران.
5. Norm L. Henry. (2000) ; A Static Stability Index for Low-Topped Convection. *Weather and Forecasting*; Vol. 15, No. 2, pp. 246-254.
6. N Ravi, U C Mohanty, O P Madan and R K Paliwal. (1999); *Forecasting of thunderstorms in the pre-monsoon season at Delhi. Meteorological Applications (1999)*, 6: 29-38 cambridge University press.
7. David O. Blanchard.(1998); *Assessing the Vertical Distribution of Convective Available Potential Energy*. *Weather and Forecasting*; Vol. 13, No. 3, pp. 870-877.
8. Elisa Tuduri and Clemente Ramis. (1997); *The Environments of Significant Convective Events in the Western Mediterranean*. *Weather and Forecasting*; Vol. 12, No. 2, pp. 294-306.
9. H. Huntrieser, H. H. Schiesser, W. Schmid, and A. Waldvogel.(1997); *Comparison of Traditional and Newly Developed Thunderstorm Indices for Switzerland*. *Weather and Forecasting*; Vol. 12, No. 1, pp. 108-125.





00Z 28 Apr 2003

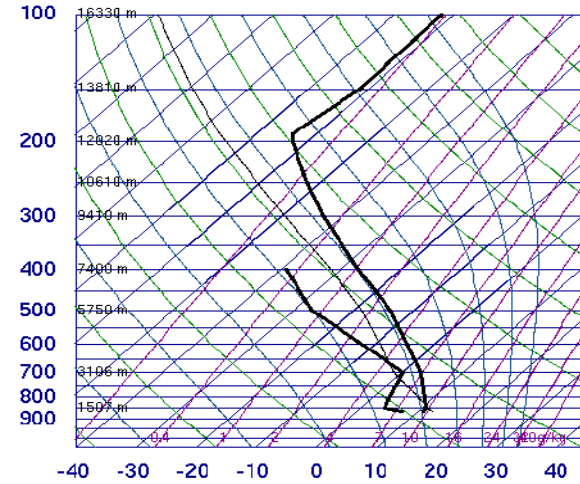
شکل ۲. نمودار SkewT-logP مربوط به روز وقوع سیل (۱۳۸۲/۲/۸)



00Z 20 May 1999

شکل ۳. نمودار SkewT-logP مربوط به روز وقوع سیل (۱۳۷۸/۲/۳۰)

40706 OITT Tabriz

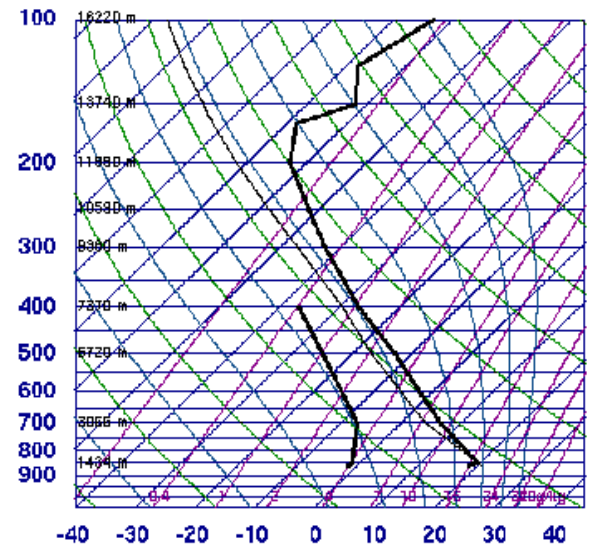


SLAT 38.08  
SLON 46.27  
SELV 1361.  
SHOW 5.30  
LIFT 4.73  
LFTV 4.60  
SWET -9999  
KINX 25.70  
CTOT 17.70  
VTOT 24.70  
TOTL 42.40  
CAPE 0.00  
CAPV 0.00  
CINS 0.00  
CINV 0.00  
EQLV -9999  
EGTV -9999  
LFCT -9999  
LFCV -9999  
BRCH -9999  
BRCV -9999  
LCLT 275.8  
LCLP 764.1  
MLTH 297.9  
MLMR 6.14  
THCK -9999  
PWAT 16.99

00Z 09 Apr 2003

شکل ۴. نمودار SkewT-logP مربوط به روز وقوع سیل (۱۳۸۲/۱/۲۰)

40706 OITT Tabriz

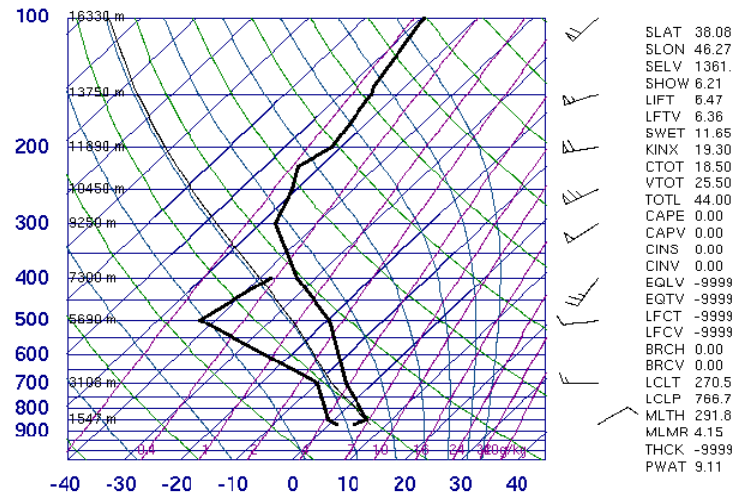


SLAT 38.08  
SLON 46.27  
SELV 1361.  
SHOW 3.61  
LIFT 3.69  
LFTV 3.73  
SWET 56.19  
KINX 17.10  
CTOT 11.50  
VTOT 32.50  
TOTL 44.00  
CAPE 0.00  
CAPV 0.00  
CINS 0.00  
CINV 0.00  
EQLV -9999  
EGTV -9999  
LFCT -9999  
LFCV -9999  
BRCH 0.00  
BRCV 0.00  
LCLT 267.0  
LCLP 614.3  
MLTH 306.9  
MLMR 3.96  
THCK -9999  
PWAT 10.79

00Z 06 Apr 2003

شکل ۵. نمودار SkewT-logP مربوط به روز وقوع سیل (۱۳۸۲/۱/۱۷)

40706 OITT Tabriz



00Z 30 Apr 2003

شکل ۶- نمودار Skew-T-logP مربوط به روز وقوع سیل (۱۳۸۲/۲/۱۰)

Ohio State University Atmospheric sciences program <a href="http://www.twister.sbs.ohio-state.edu/severe">http://www.twister.sbs.ohio-state.edu/severe</a>	S<4
	C.T>17
	V.T>25
	T.T>43
	K>15
	LI<0
College of Dupage Next Generation Weather Lab <a href="http://www.srh.noaa.gov/ffc/html/gloss2.shtml">http://www.srh.noaa.gov/ffc/html/gloss2.shtml</a>	SW>272
	S<3
	K>20
	T.T>60
	LI<0
The Weather Prediction.Com The grand site of Weather analysis and Forecasting education <a href="http://www.weather.cod.edu/sirvatka/si.html">http://www.weather.cod.edu/sirvatka/si.html</a>	SW>250
	S<0
	K>15
	T.T>44
NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) National Weather Service forecast office <a href="http://www.theweatherprediction.com">http://www.theweatherprediction.com</a>	LI<0
	SW>150
	S<3
	T.T>44
	K>15
	LI<0
	SW>300

جدول شماره ۱: استانداردهای ناپایداری جوی

جدول شماره ۲: داده‌های ناپایداری‌های محلی

ردیف	تاریخ	شاخص‌های جوی						
		SI	K	V.T	CT	TT	LI	SW
۱	۱۳۷۵/۴/۱۶	-۰/۱۹	۳۴/۱	۲۸/۵	۱۹/۵	۴۸	-۰/۲۸	۱۶۴/۲
۲	۱۳۷۵/۴/۱۸	-۰/۷۹	۳۰/۱	۲۸/۷	۲۰/۷	۴۹/۴	۰/۰۹	۱۶۹/۷۹
۳	۱۳۷۵/۴/۲۰	-۰/۳۱	۲۴/۷	۳۲/۵	۱۷/۵	۵۰	-۰/۱۱	۱۴۹/۴۱
۴	۱۳۷۶/۲/۵	۲/۷۹	۱۸/۱	۳۱/۵	۱۴/۵	۴۶	۳/۱۸	۵۲/۲۲
۵	۱۳۷۶/۳/۱۷	۱/۸۹	۲۲/۸	۲۶/۳	۲۱/۴	۴۷/۷	۱/۸۱	۱۱۲/۹۷
۶	۱۳۷۶/۳/۱۹	۲/۱۲	۱۹/۹	۳۳/۱	۱۴/۱	۴۷/۲	۱/۹۸	۵۲/۳۳
۷	۱۳۷۶/۴/۱۰	-۱/۱۶	۳۰/۹	۳۰/۳	۲۰/۳	۵۰/۶	-۱/۳۴	۲۰۵/۴۷
۸	۱۳۷۶/۴/۱۲	-۰/۶۲	۲۹/۹	۳۰/۹	۱۸/۹	۴۹/۸	-۰/۴۲	۱۴۹/۲۵
۹	۱۳۷۶/۴/۱۵	۰/۷	۳۲/۴	۲۶/۹	۱۹/۹	۴۶/۸	۰/۷	۱۶۶/۶۲
۱۰	۱۳۷۷/۲/۲۱	-۱/۳۲	۲۸/۵	۳۲/۷	۱۹/۷	۵۲/۴	-۱/۳۷	-
۱۱	۱۳۷۷/۳/۱	۲/۳۲	۲۹	۲۷/۵	۲۱/۵	۴۹	۲/۰۹	۱۰۱/۰۲
۱۲	۱۳۷۷/۳/۸	-۰/۶۹	۲۹/۷	۳۱/۵	۱۹/۵	۵۱	-۰/۸۰	۱۵۷/۵۵
۱۳	۱۳۷۷/۳/۹	۲/۲۵	۳۰/۶	۲۶/۳	۲۰/۳	۴۶/۶	۲/۱۳	۱۱۸/۰۵
۱۴	۱۳۷۷/۳/۱۰	۰/۲۷	-	۲۶/۱	۲۱/۹	۴۸	-۰/۵۸	۱۸۰/۲۲
۱۵	۱۳۷۷/۵/۹	-۲/۵	۳۵/۱	-	-	-	-	-
۱۶	۱۳۷۷/۵/۱۰	۰/۲۴	۳۰/۵	۲۸/۹	۱۸/۹	۴۷/۸	۰/۱۹	۳۲۴/۲۸
۱۷	۱۳۷۷/۵/۱۱	۱/۴۴	۲۵/۵	۲۸/۳	۱۷/۳	۴۵/۶	۱/۴۹	۱۶۰/۹
۱۸	۱۳۷۸/۱/۱۳	۱/۰۳	۲۳/۳	۲۷/۳	۲۳/۹	۵۱/۲	۲/۲۱	۱۴۲/۵۶
۱۹	۱۳۷۸/۲/۱۳	-۰/۲۶	۳۵	۲۸/۹	۲۲/۹	۵۱/۸	-۰/۳۰	-
۲۰	۱۳۷۸/۲/۲۰	۰/۶	۲۸/۸	۲۹/۱	۲۲/۱	۵۱/۲	۰/۲۳	-
۲۱	۱۳۷۸/۲/۳۰	۶/۴۸	۱۴/۳	۲۵/۹	۱۵/۹	۴۱/۸	۵/۳۳	-
۲۲	۱۳۷۸/۴/۲۵	۳/۹۵	۲۸/۴	۳۰/۱	۱۳/۱	۴۳/۲	۳/۶۹	-
۲۳	۱۳۷۸/۵/۱۶	-۱/۱	۳۰/۶	-	-	-	-	-
۲۴	۱۳۷۸/۵/۱۷	-۲/۲	-	-	-	-	-	-
۲۵	۱۳۷۸/۵/۲۶	-۰/۷۵	۲۸/۳	۳۱/۹	۱۷/۹	۴۹/۸	-۰/۷۱	۱۸۹/۰۲
۲۶	۱۳۷۸/۵/۲۷	-۲/۲۶	۳۳/۷	۳۳/۱	۱۹/۱	۵۲/۲	-۲/۰۶	۲۴۵/۵۹
۲۷	۱۳۷۸/۷/۲۰	۱/۳۱	۳۱	۲۸/۷	۱۹/۷	۴۸/۴	۱/۴۵	۱۲۵/۹۳
۲۸	۱۳۷۹/۴/۲۲	-۱/۰۱	۳۰/۳	۳۱/۹	۱۷/۹	۴۹/۸	-۰/۹۲	۱۸۹/۳۶
۲۹	۱۳۸۰/۳/۱۹	۳/۹۹	۱۷/۹	۲۷/۳	۱۵/۳	۴۲/۶	۴/۰۷	۱۱۹/۶۵
۳۰	۱۳۸۰/۸/۱۶	۱/۵۲	۲۹	۲۷/۵	۲۲/۵	۵۰	۱/۳۹	۱۱۴/۵۶
۳۱	۱۳۸۱/۲/۲۵	۲/۳۳	۲۴/۵	۲۸/۷	۱۹/۷	۴۸/۴	۲/۴	-
۳۲	۱۳۸۱/۲/۳۰	-۰/۲	۲۹/۵	۲۹/۳	۲۱/۳	۵۰/۶	-۰/۵۸	-
۳۳	۱۳۸۱/۲/۳۱	۲/۸۸	۲۹/۷	۲۶/۹	۱۹/۹	۴۶/۸	۲/۶۲	-
۳۴	۱۳۸۱/۴/۱۳	۱/۱۴	۲۲/۵	۳۱/۳	۱۶/۳	۴۷/۶	۱/۱	۱۲۹/۱۸

دنباله‌ جدول شماره ۲: داده‌های ناپایداری‌های محلی

ردیف	تاریخ	شاخص‌های جوی						
		SI	K	V.T	C.T	T.T	LI	SW
۳۵	۱۳۸۱/۴/۱۸	۱/۲۸	۲۷/۹	۳۰/۷	۱۶/۷	۴۷/۴	۱/۲۵	۱۱۳/۲۵
۳۶	۱۳۸۱/۴/۲۰	-۰/۷	۲۹/۵	۲۳/۱	۱۷/۱	۵۰/۲	-۰/۶۵	۱۵۳/۹۴
۳۷	۱۳۸۱/۴/۲۸	-۱/۴۴	۲۹/۵	۲۳/۱	۱۸/۱	۵۱/۲	-۱/۴۹	۱۸۲/۰۵
۳۸	۱۳۸۱/۵/۲	-۲/۰۹	۲۲/۳	۳۵/۹	۱۷/۹	۵۳/۸	-۱/۶	۲۲۲/۸۴
۳۹	۱۳۸۱/۵/۳	۰/۳۸	۳۲/۵	۳۲/۹	۱۵/۹	۴۸/۸	۰/۳۱	-
۴۰	۱۳۸۱/۵/۵	۲/۳۷	۲۶/۵	۲۸/۵	۱۶/۵	۴۵	۲/۵۴	۱۰۷/۳۱
۴۱	۱۳۸۲/۱/۱۷	۳/۸۱	۱۷/۱	۳۲/۵	۱۱/۵	۴۴	۳/۸۹	۵۶/۱۹
۴۲	۱۳۸۲/۱/۲۰	۵/۳	۲۵/۷	۲۴/۷	۱۷/۷	۴۲/۴	۴/۷۳	-
۴۳	۱۳۸۲/۱/۲۱	۳/۲۶	۲۲/۷	۲۸/۷	۱۷/۷	۴۶/۴	۳/۵۸	۹۰/۷
۴۴	۱۳۸۲/۱/۲۵	۲/۰۷	۲۳/۳	۳۰/۵	۱۹/۵	۵۰	۲/۱۸	۴۹/۰۲
۴۵	۱۳۸۲/۱/۳۱	۱/۴۳	۲۵/۳	۳۲/۳	۱۸/۳	۵۰/۶	۱/۳۵	۷۸/۷۷
۴۶	۱۳۸۲/۲/۸	۷/۱۲	۲۱	۲۴/۷	۱۸/۷	۴۳/۴	۶/۷۹	۸۷/۴۱
۴۷	۱۳۸۲/۲/۱۰	۶/۲۱	۱۹/۳	۲۵/۵	۱۸/۵	۴۴	۶/۴۷	۱۱/۶
۴۸	۱۳۸۲/۲/۲۵	۱/۳۹	۲۲/۱	۳۲/۵	۱۶/۵	۴۹	۱/۵۸	-
۴۹	۱۳۸۲/۲/۲۷	-۰/۰۳	۲۶/۷	۳۰/۷	۲۰/۷	۵۱/۴	۰/۰۸	-
۵۰	۱۳۸۲/۳/۲	۳/۰۹	۲۱/۱	۲۹/۹	۱۵/۹	۴۵/۸	۳/۰۳	-
۵۱	۱۳۸۲/۳/۵	۴/۵۲	۲۰/۵	۲۹/۳	۱۴/۳	۴۳/۶	۳/۸۵	۵۴/۸۵
۵۲	۱۳۸۲/۳/۶	۲/۳۲	۲۲/۱	۳۱/۱	۱۶/۱	۴۷/۲	۲/۲۵	۵۸/۹۶
۵۳	۱۳۸۲/۳/۷	۲/۸۳	۲۲/۹	۲۷/۹	۱۸/۹	۴۶/۸	۲/۷	۷۹/۲۵
۵۴	۱۳۸۲/۳/۱۰	۲/۳۷	۲۶/۱	۲۷/۹	۱۷/۹	۴۵/۸	۲/۸۹	-
۵۵	۱۳۸۲/۳/۲۵	-۱/۳	۳۱/۱	۳۰/۹	۲۰/۹	۵۱/۸	-۱/۲۳	۱۶۰/۲۳
۵۶	۱۳۸۲/۵/۳۰	۱/۸۸	۲۴/۱	۲۸/۳	۱۷/۳	۴۵/۶	۱/۸۸	۱۵۶/۹۳
۵۷	۱۳۸۳/۲/۴	۱/۸۸	۲۸/۳	۳۰/۱	۱۸/۱	۴۸/۲	۱/۶۹	۱۰۶/۳۹
۵۸	۱۳۸۳/۲/۱۱	۱/۵	۲۸/۳	۲۹/۱	۱۹/۱	۴۸/۲	۱/۶۶	۱۰۷/۰۸
۵۹	۱۳۸۳/۲/۱۲	۴/۶۱	۲۶	۲۴/۹	۱۸/۹	۴۳/۸	۴/۶۷	۱۱۴/۵
۶۰	۱۳۸۳/۲/۱۶	۱/۳۳	۲۸/۶	۳۰/۱	۲۰/۱	۵۰/۲	۱/۲۲	۹۵/۹۹
۶۱	۱۳۸۳/۲/۲۵	۱/۲۸	۲۸/۴	۲۷/۹	۲۲/۹	۵۰/۸	۱/۸۴	۹۷/۳۵
۶۲	۱۳۸۳/۲/۲۷	۱/۸	۳۰/۶	۲۷/۳	۲۲/۳	۴۹/۶	۱/۸۳	۷۶/۴۵
۶۳	۱۳۸۳/۳/۱	۳/۵۳	۲۵/۸	۲۷/۷	۱۹/۷	۴۷/۴	۲/۹۴	۴۷/۴۲
۶۴	۱۳۸۳/۳/۸	-۱/۲۴	۲۷/۷	۳۰/۹	۲۱/۹	۵۲/۸	-۰/۹۵	۲۲۳/۶۵
۶۵	۱۳۸۳/۳/۹	۱	۳۳/۴	۲۷/۷	۲۰/۷	۴۸/۴	۰/۷۹	۱۱۵/۵۴
۶۶	۱۳۸۳/۳/۲۷	۲/۱	۲۶/۳	۳۰/۵	۱۶/۵	۴۷	۱/۹۳	۷۴/۸۴
۶۷	۱۳۸۳/۳/۲۸	۰/۸۵	۲۶/۷	۳۰/۳	۱۸/۳	۴۸/۶	۰/۳۱	۱۱۳/۷۱
۶۸	۱۳۸۳/۳/۲۹	۰/۸۱	۲۸/۵	۳۰/۹	۱۷/۹	۴۸/۸	۰/۵۶	۹۰/۵۱
۶۹	۱۳۸۳/۴/۱	۰/۱	۳۰/۹	۳۰/۳	۱۸/۳	۴۸/۶	-۰/۳۵	۱۴۲/۰۵
۷۰	۱۳۸۳/۴/۲۰	-۰/۳۲	۲۹/۵	۲۸/۳	۲۰/۳	۴۸/۶	-۰/۵۵	۱۷۰/۹۶
۷۱	۱۳۸۳/۵/۳	۰/۸۹	۲۷/۵	۲۹/۱	۱۸/۱	۴۷/۲	۰/۶۶	۱۳۱/۸۸

**مشخصات نویسندگان:**

دکتر مجید زاهدی استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

پست الکترونیکی: [Mzahedi@tabrizu.ac.ir](mailto:Mzahedi@tabrizu.ac.ir)

زمینه‌های مورد تحقیق: پیش‌بینی هوا، کارتوگرافی، طرح‌های هادی روستایی، هیدرولوژی، کلیماتولوژی

دکتر اصغر چوبدار استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز

پست الکترونیکی: [achoobdar@sut.ac.ir](mailto:achoobdar@sut.ac.ir)

زمینه‌های مورد تحقیق: پیش‌بینی بارش‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پیش‌بینی سیل در حوضه آبریز آجی‌چای