



سید حسین میرموسوی<sup>۱</sup>  
یونس اکبرزاده<sup>۲</sup>

## مطالعه شاخص های ناپایداری در تشکیل تگرگ در ایستگاه هواشناسی تبریز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۶/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۹/۱۰

### چکیده:

یکی از مخاطرات اقلیمی مهم در محیط طبیعی و انسانی، پدیده تگرگ است. میزان خسارت تگرگ بسته به اندازه تگرگ و شدت رگبار آن، متفاوت است. شناخت روش های مقابله با این پدیده، مستلزم بررسی ماهیت وقوع و توزیع زمانی و مکانی آن در مناطق مهم می باشد. برای این منظور در این مطالعه از داده های ۱۴ مورد بارش تگرگ مربوط به ایستگاه هواشناسی

E-mail: [www.yas@hotmail.com](mailto:www.yas@hotmail.com)

۱- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه زنجان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم در برنامه ریزی محیطی)، دانشگاه زنجان.

تبریز در طی دوره آماری بین سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۸۷ استفاده شده است. روش‌های مورد استفاده در این مطالعه شاخص‌های ناپایداری در تشکیل تگرگ نظیر شاخص‌های LCL، CCL و K می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در ایستگاه تبریز هر اندازه سطح یخبندان کمتر از ۳۰۰۰ متر باشد، احتمال وقوع تگرگ کمتر و هر چقدر فاصله سطح یخبندان تا قله ابر زیاد باشد، احتمال وقوع تگرگ بیشتر خواهد شد.

**کلید واژه‌ها:** تگرگ، تبریز، شاخص K، شاخص‌های ناپایداری.

#### مقدمه

پدیده بارش تگرگ یکی از مخاطرات جوی مخرب ولی نادر است که هنگام وقوع خسارات زیادی به محصولات کشاورزی، صنعتی و نیز زندگی انسانی و حیات جانوری وارد می‌شود. بنابراین پیش‌بینی و پیش‌آگاهی از وقوع این پدیده مخرب جهت کاهش خسارات وارده بر محصولات کشاورزی و سایر فعالیت‌های اقتصادی ضروری به نظر می‌رسد. در این زمینه پژوهش‌های مختلفی در جهان و ایران صورت گرفته که بیشتر این مطالعات به صورت تحلیل‌های آماری و سینوپتیکی می‌باشد. از تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

استنلی<sup>۱</sup> و چنگنون<sup>۲</sup> (۱۹۶۲)، مطالعه‌ای تحت عنوان فراوانی‌های منطقه‌ای روزهای همراه با تگرگ و توفان رعد و برق در ایلی نوین آمریکا انجام داده‌اند. این تحقیق بر روی سال‌های آماری ۱۹۵۱-۱۹۶۰ صورت پذیرفته و به این نتیجه رسیده که در طول ماه‌های مارس و اکتبر که به عنوان فصل توفان‌های رعد و برق حساب می‌شود، به طور متوسط نصف روزهای مورد نظر را توفان‌های رعد و برق در بر می‌گیرد و یک سوم آن شامل توفان‌های تگرگ می‌شود. ساکاموتو<sup>۳</sup> (۱۹۷۳) در تحقیق خود به برآزش احتمالی توزیع پواسون و دو جمله‌ای

- 1- Stanley
- 2- Changnon
- 3- Sakamoto

منفی در رابطه با توفان های تندری و پدیده تگرگ در نوادا پرداخته که برای برخی از مناطق نوادا (مناطق شمالی و غربی نوادا)، توزیع پواسون را برازش مناسبی برای داده های سالانه تگرگ تشخیص داده است. ریتالاک<sup>۱</sup> (۱۹۷۸) در تحقیق خود به چگونگی تشکیل تگرگ و عوامل موثر بر آن پرداخته و مناطق خاصی را برای بارش تگرگ بیشتر مناسب دانسته و معتقد است که یک مکانیزم مانع وجود دارد که در نواحی گرم تر و مناطق دیگر در طول ماه های گرم تابستان مانع بارش تگرگ می شود.

اتکین<sup>۲</sup> و بران<sup>۳</sup> (۲۰۰۱) مطالعه ای پیرامون کلیماتولوژی بارش تگرگ در کانادا طی دوره (۱۹۷۷-۱۹۹۳) انجام دادند و در این تحقیق به این نتیجه رسیدند که بالاترین فراوانی وقوع تگرگ در داخل شهرهای بریتیش کلمبیا و آلبرتا اتفاق می افتد و همچنین توپوگرافی نقش موثری در توزیع مکانی بارش تگرگ ایفا می کند. در زمینه تحقیقات انجام یافته در کشورمان، هاشمی (۱۳۵۱) به بررسی صدمات بارش تگرگ بر محصولات کشاورزی پرداخته و به این نتیجه رسیده که می توان با استفاده از فن آوری های جدید و تدابیر هواشناسی کشاورزی و اتخاذ روش های مختلف تگرگ زدایی، به امر کاهش خسارات ناشی از این پدیده اقدام نمود. سیف (۱۳۷۵) به بررسی پدیده تگرگ با روش های آماری و سینوپتیکی پرداخته و نشان داده است که بیشترین فراوانی تگرگ در شمال غربی، غرب، شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی دریای خزر محتمل می باشد و کم فشاری های غربی را که با فرارفت هوای گرم و مرطوب همراه می شود، عامل اصلی ناپایداری های شدید در شمال ایران می داند. صنایعی و همکاران (۱۳۸۲) به بررسی مدل آماری پدیده تگرگ در کشور پرداخته و دو توزیع پواسون و دو جمله ای منفی را مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسیده اند که توزیع دو جمله ای منفی مدل مناسب تری برای برازش توزیع آماری تگرگ می باشد. جهانگیری و همکاران (۱۳۸۴) وضعیت بارش تگرگ از نظر زمانی و مکانی و خسارت های ناشی از آن را در ایران مورد

1- Retallack

2- Etkin

3- Brun

بررسی قرار داده و نواحی شمال غربی و شمال شرقی کشور را به عنوان بیشترین فراوانی ریزش تگرگ در کشور شناسایی کرده و راهکارهایی برای مقابله با این پدیده و کاهش اثرات زیانبار آن معرفی کرده اند. حاج بابایی و همکاران (۱۳۸۴) به تحلیل سینوپتیکی و دینامیکی یک مورد تگرگ در مورخه ۲۶ اکتبر ۱۹۹۰ پرداخته و ضمن اینکه شمال غرب و غرب کشور را به عنوان منطقه‌ای با بیشترین فراوانی ریزش تگرگ معرفی نموده اند، علت اصلی این پدیده را وجود رطوبت کافی و صعود توده‌های هوا دانسته اند. نجفی نیک (۱۳۸۴) به بررسی پراکندگی مکانی و زمانی وقوع پدیده تگرگ و خسارت‌های ناشی از آن بر کشاورزی استان خراسان پرداخته و با استفاده از روش‌های آماری نشان داده که تگرگ با عامل سنگ شناسی حوضه دارای همبستگی بیشتری می‌باشد. آنها برای شناسایی مهم‌ترین عامل موثر در رسوبدهی سالانه از روش رگرسیون قدم به قدم<sup>۱</sup> و پس رونده<sup>۲</sup> استفاده کرده اند. قربانی (۱۳۸۵) در تحقیقی درباره تحلیل و بررسی پدیده تگرگ و طبقه بندی ابر با استفاده از اطلاعات رادیوسوند RS و GIS در حوضه زاینده رود، به مطالعه پدیده تگرگ در سال‌های آماری ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۴ میلادی پرداخته و به وسیله بررسی‌های آماری و ترسیم نمودارهای<sup>۳</sup> Skew-t، محاسبه شاخص‌های ناپایداری  $KI^4$ ، Si و تحلیل نقشه‌های سینوپتیکی، پدیده تگرگ را بررسی نموده است.

تبریز یکی از مناطق مهم کشور در بخش‌های کشاورزی و صنعتی می‌باشد که بیشتر مواقع پدیده تگرگ خسارات قابل توجهی بر این بخش‌ها وارد می‌کند. با توجه به اینکه تحقیقات کافی در مورد پدیده تگرگ در این منطقه صورت نگرفته، انجام مطالعه‌ای دقیق در این زمینه

#### 1- Stepwise

#### 2- Backward

۱۳- نقشه‌هایی که جهت بررسی شاخص‌های ناپایداری جو با استفاده از دمای خشک و صعود آدیاباتیکی و ... ترسیم شده اند.

۱۴- شاخص صعود (SI) و شاخص احتمال وقوع (K) می‌باشد.

ضروری به نظر می رسد تا بدین طریق زمینه اطلاعاتی مناسبی برای برآورد احتمال وقوع این پدیده در تبریز فراهم آید.

### مواد و روش ها

داده های مورد استفاده در این مطالعه اطلاعات مربوط به ۱۴ مورد بارش تگرگ در ایستگاه هواشناسی تبریز طی دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۰۵) می باشد. همچنین داده های جو بالا در روزهای فوق از فرم های مربوط و در ساعت 00 (G.M.T) انتخاب شده و در سطح استاندارد، سطوح برجسته PTH (فشار، دما، رطوبت) استخراج شده است.

### شاخص های ناپایداری در تشکیل تگرگ

عوامل ناپایداری بالقوه برای توفان های تندری را می توان از طریق شاخص های ناپایداری به دست آورد که در این قسمت تعدادی از این شاخص ها مورد بررسی قرار گرفته است.

### سطح تراکم هوای صعود کننده (LCL)<sup>۱</sup>

سطحی است که به وسیله انتقال عمودی بسته هوای مرطوب و غیر اشباع در یک سطح فشاری معین به دست آمده و در این سطح، تراکم صورت می گیرد و پایه ابر در این نقطه تشکیل می شود. برای به دست آوردن LCL از روی SkewT ابتدا از نقطه دمای خشک در سطح زمین خطی به موازات بی در روی خشک رسم کرده و سپس از نقطه دمای شبنم در سطح زمین موازی خط نسبت آمیزه حرکت کرده تا خط قبلی را قطع کند. نقطه به دست آمده LCL می باشد.

1- Lifting condensation level

### سطح تراکم همرفتی (CCL)<sup>۱</sup>

از دمای نقطه شبنم خطی به موازات نسبت آمیزه رسم کرده تا منحنی دمای محیط را قطع کند. سطحی که نقطه به دست آمده را در بر دارد CCL بوده و سطحی است که در آن پایه ابر همرفتی تشکیل می‌شود. CCL همیشه بالاتر از LCL و یا حداکثر منطبق بر آن است.

### شاخص صعود (SI)<sup>۲</sup>

از متداول‌ترین شاخص‌های ناپایداری می‌باشد که نشانگر تفاوت بین دمای مشاهده شده در ۵۰۰hp و دمایی است که یک بسته هوا در ۵۰۰ hp خواهد داشت، به شرطی که از لایه مرزی به این سطح صعود کند. این فرایند صعود، هر گونه تراکم و آزاد شدن گرمای نهان را در بر دارد، بنابراین تفاوت دما در ۵۰۰ hp تاثیر رطوبت را نیز بیان می‌کند. اگر دمای مشاهده شده ۵۰۰p سردتر از دمای بسته هوای صعود کننده به آن سطح باشد، آنگاه شاخص صعود منفی بوده (ناپایداری) و احتمال توفان تندری وجود دارد. ارتباط بین شاخص صعود و شدت توفان تندری در جدول (۱) آمده است:

جدول (۱): شاخص صعود (Si)

شاخص صعود	شانس وقوع توفان تندری شدید
تا -۲	ضعیف
-۳ تا -۵	متوسط
$\geq -6$	قوی

باید به خاطر داشت که توفان تندری توده هوا (غیر شدید) می‌تواند با شاخص صعود اندکی مثبت نیز اتفاق افتد.

$$SI = T500 - T^{\circ}$$

(۱)

- 1- Convective condensation level
2. Soaring index

برای به دست آوردن  $T$  از نقطه دمای خشک در  $hp$  ۸۵۰ موازی بی در روی خشک حرکت کرده و سپس از دمای نقطه شبنم در سطح  $hp$  ۸۵۰ موازی نسبت آمیزه حرکت کرده تا خط قبلی را در نقطه ای قطع کند. از نقطه مزبور، موازی بی درروی اشباع بالا رفته تا به سطح  $hp$  ۵۰۰ برسیم. دمای نقطه به دست آمده  $T$  خواهد بود.

### شاخص احتمال وقوع $K$ (روش Whiting)

مانند شاخص صعود، شاخص  $K$  نیز از اطلاعات اسکیتی به دست آمده و به صورت زیر تعریف می شود:

$$K=(T850-T500)+D850-(T700-D700) \quad (2)$$

$T$  دمای هوا و  $D$  دمای نقطه شبنم بر حسب درجه سانتی گراد (سطوح فشاری ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰  $hp$ ) است. این شاخص تفسیر فیزیکی ساده ای دارد. جمله اول آهنگ کاهش دما بین سطوح  $hp$  ۸۵۰ و  $hp$  ۵۰۰ است که اگر یک مقدار مثبت و بزرگ باشد، نشانه ای از ناپایداری است. جمله دوم رطوبت در  $hp$  ۸۵۰ را بیان کرده که اگر این جمله زیاد باشد، تاثیر آن در ناپایداری زیاد است. جمله سوم (با علامت منفی) خشکی هوا را در  $hp$  ۷۰۰ اندازه گرفته که اگر مقدار درون پرانتز زیاد باشد، هوا در آن سطح خشک بوده و تاثیر این جمله در ناپایداری منفی است. بنابراین اگر جو رطوبت زیاد داشته و آهنگ کاهش دما بزرگ باشد، شاخص  $K$  نیز بزرگ بوده و احتمال وقوع توفان تندی توده هوا زیاد است. در جدول (۲) ارتباط بین  $K$  و احتمال وقوع توفان تندی توده هوا نشان داده شده است.

جدول (۲): شاخص احتمال وقوع (K)

شاخص K	احتمال وقوع توفان تندری به درصد
< ۱۵	نزدیک ۰
۱۵ تا ۲۰	۲۰
۲۱ تا ۲۵	۲۰ تا ۴۰
۲۶ تا ۳۰	۴۰ تا ۶۰
۳۱ تا ۳۵	۶۰ تا ۸۰
۳۶ تا ۴۰	۸۰ تا ۹۰
< ۴۰	نزدیک ۱۰۰

شاخص صعود و شاخص K در روز، یک یا دو بار محاسبه می شود. بهتر است نقشه های ناپایداری که هر دو شاخص را نشان می دهند، تهیه شده و سپس بنا بر نیازهای متفاوت، آستانه ای را برای هر کدام در نظر گرفته و مناطق وقوع توفان را روی نقشه مشخص کرد (به عنوان مثال شاخص صعود کمتر از صفر یا شاخص K بیشتر از ۲۸. مناطق فعالیت توفان تندری جایی قرار دارند که مقادیر بحرانی هر دو شاخص با هم وجود داشته باشند. در بعضی مواقع صعود اولیه همان گرمایش در بعد از ظهر بوده و در بعضی حالات نیز به دلیل الگوهای بزرگ مقیاس جوی است که سازمان یافتن توفان های تندری در یک خط یا یک منطقه را به دنبال دارند. برای پیش بینی توفان تندری نقشه K را رسم کرده و خطوط هم مقدار را با فواصل ۵ تایی می کشیم. مقدار کل (H850+H700) را روی همان نقشه نوشته و خطوط هم مقدار آن را با رنگ دیگر رسم می کنیم. این خطوط مقدار همگرایی یا واگرایی جریان هوا را در لایه ۳ کیلومتری نشان می دهند. اگر در منطقه همگرایی، سرعت باد در سطوح hp ۸۵۰ و hp ۷۰۰ از ۱۰ m/s بیشتر نباشد، آنگاه احتمال توفان تندری در جدول K، یک مرحله افزایش می یابد و اگر سرعت باد در این سطوح بیشتر از ۱۰ m/s باشد، این احتمال دو مرحله افزایش می یابد. حال اگر در منطقه واگرایی سرعت باد در سطوح فوق از ۱۰ m/s بیشتر



نباشد، احتمال توفان تندری یک مرحله کاهش یافته و اگر سرعت باد از  $10 \text{ m/s}$  بیشتر باشد، این احتمال ۲ مرحله کاهش می یابد.

اگر خطوط همگرایی، با واگرایی در سطوح  $300$  و  $200 \text{ hp}$  باشند، آنگاه پیش بینی احتمال توفان تندری یک مرحله دیگر افزایش می یابد. اگر پیش بینی تنها برای یک ایستگاه باشد، بهتر است که مقدار  $K$  را روی فرمول محاسبه کرد و اگر مقدار  $K$  را برای چندین ایستگاه از روی نقشه های کنتوری ساعت  $03$ ،  $00$  تعیین نمائیم، باید بعد از محاسبه  $K$ ، این منطقه (مجموعه چند ایستگاه) را با سرعتی برابر  $0/8$  سرعت جریان در نقشه  $700 \text{ hp}$  و برای  $12$  ساعت آینده، در جهت جریان هوا قرار دهیم (Abramov, 1972).

#### بررسی شاخص های ناپایداری تشکیل تگرگ در ایستگاه هواشناسی تبریز

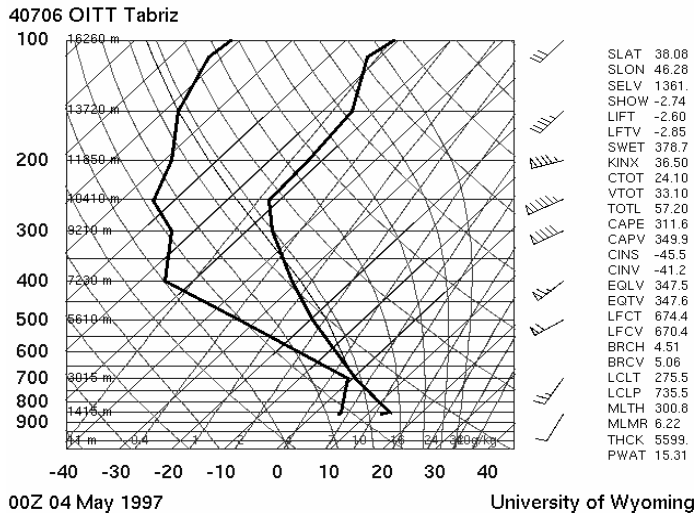
به منظور بررسی شاخص های ناپایداری در ایستگاه مورد مطالعه، ۱۴ مورد بارش تگرگ مربوط به این ایستگاه طی دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۰۵) انتخاب شده است. داده های جو بالا در روزهای فوق از فرم های مربوط و در ساعت  $00$  (G.M.T) به دست آمده و در سطح استاندارد، سطوح برجسته PTH (فشار، دما، رطوبت) استخراج شده و یک نقشه اسکیتی برای نمونه آورده شده است (شکل ۱). در مرحله بعدی نقاط LCL، CCL، سطح یخبندان، فشار و ارتفاع این نقاط تعیین شده است. برای به دست آوردن شاخص های ناپایداری به کمک نقشه و داده های جو بالا، مقادیر لازم استخراج و این شاخص ها در هر مورد مشخص شده اند (جدول ۳). توضیحات هر مورد جمع بندی و توصیف کلی از تمامی موارد ارائه گردیده است.

جدول (۳): شاخص‌های ناپایداری تشکیل تگرگ در ایستگاه تبریز طی دوره آماری (۱۹۹۷-۲۰۰۵)

سال	ماه	روز	سطح یخبندان (Hpa)	سطح تراکم هوای صعود کننده (L.C.L) (Hpa)	سطح تراکم همرفتی (C.C.L) (Hpa)	شاخص صعود (Si)	شاخص (K)
۱۹۹۷	ژانویه	۱۶	۸۲۶	۸۲۵	۸۰۰	۵/۵	۲۳/۳
۱۹۹۷	مارس	۶	۸۳۱	۸۲۵	۸۰۰	۴	۲۵/۳
۱۹۹۷	می	۴	۷۸۷	۶۹۵	۶۷۰	-۲/۷۴	۳۶/۵
۱۹۹۷	جولای	۱	۶۰۰	۷۲۱	۶۶۰	-۱/۲	۳۰/۹
۱۹۹۸	فوریه	۸	۷۷۰	۸۰۵	۷۵۰	۳	۲۷/۶
۲۰۰۱	دسامبر	۱۶	۷۶۶	۸۰۰	۷۶۰	۴/۷	۲۴/۸
۲۰۰۲	فوریه	۱۶	۷۹۰	۷۶۳	۷۱۳	۶	۱۹/۴
۲۰۰۲	آوریل	۴	۸۰۹	۸۲۵	۷۵۰	۷	۲۰/۶
۲۰۰۳	فوریه	۱۱	۸۳۵	۷۷۵	۷۴۰	۲/۵	۲۲/۳
۲۰۰۳	آوریل	۲۲	۷۲۸	۷۰۵	۶۶۵	۵/۵	۱۸/۷
۲۰۰۳	می	۲۹	۶۵۰	۷۱۰	۶۳۵	۳/۸	۲۶
۲۰۰۴	ژانویه	۲۷	۸۴۰	۸۱۰	۷۹۰	۳	۲۲/۹
۲۰۰۴	آوریل	۳	۷۲۰	۷۲۰	۶۷۰	۴	۱۸/۸
۲۰۰۵	می	۱۹	۶۴۳	۷۵۰	۶۵۰	۴	۲۴/۳
حداقل	-	-	۶۰۰	۶۹۵	۶۳۵	-۲/۷۴	۱۸/۷
حداکثر	-	-	۸۴۰	۸۲۵	۸۰۰	۷	۳۶/۵
میانگین	-	-	۷۵۷	۷۶۶	۷۱۸	۳/۵	۲۴/۴

با توجه به جدول (۳)، مشاهده می‌شود که سطح تراکم هوای صعود کننده (LCL) بین ۸۲۵ تا ۶۹۵ میلی باری یعنی بین ارتفاع ۱۶۳۵ تا ۳۰۸۰ متری نوسان دارد. سطح تراکم همرفتی (CCI) بین ۸۰۰ تا ۶۳۵ میلی باری یعنی بین ارتفاع ۱۹۰۱ تا ۳۹۱۷ متری می‌باشد. در ایستگاه تبریز با گرم شدن هوا سطح CCI بالا می‌آید و در ماه می سطح CCI به ۶۳۵ میلی باری (ارتفاع ۳۹۱۷ متری) می‌رسد. سطح یخبندان بین ۸۴۰ تا ۶۰۰ میلی باری یعنی بین ارتفاع ۱۵۲۷ تا ۴۴۳۴ متری در نوسان می‌باشد که در ماه‌های گرم سال این سطح افزایش می‌یابد، به طوری که در ماه جولای به ۶۰۰ میلی باری (ارتفاع ۴۴۳۴ متری) می‌رسد. بررسی جدول ۳

نشان می دهد که شاخص صعود (Si) بین  $-2/74$  تا  $7$  بوده و شاخص K بین  $18/7$  تا  $36/5$  می باشد.



شکل (۱): نقشه اسکیتوتی روز ۴ می ۱۹۹۷ مربوط به ایستگاه تبریز

با توجه به جدول فوق می توان دریافت که در اکثر موارد Si بین ۳ تا ۵ قرار داشته و K بین ۱۹ تا ۲۸، بنابراین برای Si منفی حتی با مقادیر کوچک K (حدود ۲۰) و برای Kهای بیشتر از ۳۰ حتی با مقادیر Si نسبتا بزرگ (بیشتر از ۴) احتمال وقوع توفان تندری شدید و منجر به بارش تگرگ وجود دارد.

## یافته‌ها و نتایج

با توجه به بررسی‌های انجام شده در این مطالعه می‌توان چنین نتیجه گرفت که در ایستگاه تبریز هر اندازه سطح یخبندان کمتر از ۳۰۰۰ متر باشد، احتمال وقوع تگرگ کمتر می‌شود. همچنین هر چه فاصله سطح یخبندان تا بالاترین سطح ابر زیاد باشد، احتمال وقوع تگرگ بیشتر خواهد بود. با بررسی شاخص‌های ناپایداری و ساعات وقوع این پدیده، مشاهده می‌شود که این شاخص‌ها بسته به شدت ناپایداری، حداکثر ۱۲ الی ۱۸ ساعت بعد از وقوع می‌توانند نشان دهند. اگر ناپایداری شدید نباشد، یعنی در واقع  $K$  حدود ۲۰ و مقدار  $Si$  نیز بزرگ باشد (بیشتر از ۳)، آنگاه نقشه‌های اسکیتی ساعت ۰۰ بارشی را که ممکن است بعد از ساعت ۱۸ اتفاق افتد، نشان دهند. در صورتی که اگر ناپایداری شدید باشد، مقادیر  $K$  بیش از ۳۰ و مقادیر  $Si$  زیر ۳ باشد، احتمال وقوع بارش ۱۸ الی ۲۰ ساعت بعد نیز وجود دارد. اگر مقدار  $K$  بین ۲۰ تا ۲۵ بوده و مقدار  $Si$  بیش از ۳ باشد، ناپایداری موقتی بوده به احتمال زیاد تا ساعت ۱۲ بارش واقع شده و بعد از آن مقادیر  $K$  و  $Si$  به سرعت تغییر می‌کنند (پایداری). اگر مقدار  $K$  بین ۲۰ تا ۲۵ بوده ولی مقدار  $Si$  کمتر از ۳ باشد، ناپایداری عمیق‌تر بوده و زمان احتمال بارش را باید بیشتر در نظر گرفت. در حقیقت بایستی شاخص‌های ناپایداری  $K$  و  $Si$  را همزمان به کار برد، به طوری که هر اندازه مقدار  $Si$  کمتر باشد، کوچک بودن  $K$  (حدود ۲۰ تا ۲۵) را جبران کرده و برعکس هرچقدر مقدار  $Si$  بیشتر باشد، زیاد بودن  $K$  (بیشتر از ۲۵) آن را جبران می‌نماید و در هر دو حالت می‌توان ناپایداری را شدید در نظر گرفت.

## منابع

- ۱- حاج بابایی، ن. آ. نصیری، م. معزی (۱۳۸۴)، «بررسی همبندی بارش تگرگ»، مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راه کارهای مقابله با آنها، دانشگاه تبریز.
- ۲- جهانگیری، ز. م. پدرام و م. سیف (۱۳۸۴)، «بررسی توزیع مکانی و زمانی بارش تگرگ و خسارت های ناشی از آن در ایران»، مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راه کارهای مقابله با آنها، دانشگاه تبریز.
- ۳- سیف، م. (۱۳۷۵)، «بررسی توزیع بارش تگرگ در ایران»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۴- قربانی، ا. (۱۳۸۵)، «مطالعه پدیده تگرگ در حوضه زاینده رود»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران.
- ۵- صناعی، ب. خ. باستانی و ف. رفیع بخش (۱۳۸۲)، «بررسی مدل آماری پدیده تگرگ در کشور»، نشریه نیوار، شماره ۴۸ و ۴۹.
- ۶- هاشمی، ف. (۱۳۵۱)، «صدمه تگرگ در کشاورزی و مبارزه با آن»، نشریه نیوار.
- ۷- نجفی نیک، ز. (۱۳۸۴)، «بررسی پراکندگی مکانی و زمانی وقوع پدیده تگرگ و خسارت های آن در کشاورزی»، مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راه کارهای مقابله با آنها، دانشگاه تبریز.
8. Abramov, A. (1972), "**Practical work in synoptic meteorology**", House leningrad Pub.
9. Etkin and S. E. Brun (2001), "**Canada's hail climatology: 1977-1993**".
10. Stanley A. and Changnon, J.R. (1962), "**Areal frequencies of hail and storm days in Illinois**".
11. Sakamoto, C.M. (1973), "**Application of the Poisson and negative binomial models to thunderstorm and hail days probabilities in Nevada**", Mon. Wea. Rev.101.

12. Retallack, B.J. (1978), “*Aeronautical Meteorology*”, WMO. 364, 2(2): Geneva.