

## **Spatial and temporal study of areas vulnerable to hail on agricultural products of East Azerbaijan province**

Seyed Hossein Mir Mousavi<sup>1</sup>, Masoud Jalali<sup>2</sup>, Younes Akbarzadeh<sup>3\*</sup>.

1- Associate Professor of Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2- Assistant Professor of Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3- PhD student in Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

**Received: 28 December 2021**

**Accepted: 27 April 2022**

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Hail is a natural disaster for all people, especially farmers. The Hail damage depends on the frequency and intensity of rainfall. Usually in the insurance industry to calculate the risk of hail damage in each area, the frequency of rainfall (in terms of days) and the average damage, which is statistically significant are used. Hail is one of the phenomena connected with thunderstorms that occur in unstable atmospheres with high humidity and in the presence of strong winds and with mechanisms that increase instability, and these conditions are affected by local topography and climatology of air masses. Therefore, according to the natural risk management strategy, which is a potential and very serious role in reducing the damage caused by natural disasters in the region, hail can be predicted and dealt with and led to control of the resulting damage. Therefore, in order to investigate the spatial and temporal distribution of hail damage on agricultural products of East Azerbaijan province, the zoning of vulnerable areas in terms of hail damage, the cause of possible differences in different areas and the conditions in which this rainfall is present, were examined.

#### **Methodology**

East Azerbaijan is located in northwestern Iran between 36°47' N and 39° 40' N latitudes and between 45° 3' E and 48° 50' E longitudes. East Azerbaijan with an area of 45261.4 square kilometers is located in the northwestern of the Iranian plateau. In this study, to investigate and analyze the losses of the agricultural sector due to hail, the data of the agricultural Insurance fund for the were used from 2010-2019. In many cases the hail phenomenon occurs in small area where there are limited number of synoptic stations so the occurrence of this phenomenon cannot be seen and recorded. Therefore, in order to assess the damage caused by hail in the study area, the day's whit hail damages were extracted and examined from the data of the Agricultural Products Insurance Fund. Then, spatial statistics, hot spot index and ARC GIS software were used to identify areas vulnerable to hail.

#### **Results and Discussion**

The results showed that the damage caused by this phenomenon on Agricultural crops in East Azerbaijan province is an average of 123.5 hectares per year, Bonab with annual average 568.1 hectares and Ahar with 491.2 hectares and Tark with 476.2 hectares are in the next ranks. But in terms of damage to crops, it was determined that Qara Aghaj with an annual average of 1143.9

---

\*. Corresponding Author (Email: [Y.akbarzadeh@gmail.com](mailto:Y.akbarzadeh@gmail.com))

hectares has the highest level of damage and Hashtrood with 826.6 hectares and Ahar with 369.1 hectares are in the next ranks.

In terms of the level of damage to the total crop and horticultural products during the study period, it was found that in the province, on average, about 262 hectares of the province's area under cultivation are damaged annually due to this phenomenon. The highest level of damage is related to Qara Aghaj region with an annual average of 1159.7 hectares, which includes 14.7% of the total hail damages in the study area, and Hashtrood and Ahar with 1057.9 (13.4%) and 860.3 hectares (10.9%, respectively). Are in the next ranks. The spatial statistics and spatial autocorrelation techniques were used identify areas vulnerable to hail, and the  $G_i^*$  index was used to ensure areas with high and low value clusters. The results showed that in agriculture, the values of positive spatial correlation are concentrated in parts of the south of the province, which is the most vulnerable area, the central parts of Charavimaq and Shadian, In the garden sector, the values of positive spatial correlation are concentrated the northwest and southwest of the province, and among most vulnerable area in the study are in the central and Yamchi Marand districts.

### **Conclusion**

The results of this study showed that the highest frequency of damaging hail occurred in May and the lowest frequency occurred in August. The results also showed that about 71% of the harmful hail in the study area occurred in the warm seasons, which coincides with the plant growing season in this area. In the period under review, the rainfall of harmful hail in East Azerbaijan province was on average between 09:00 and 15:00 (G.M.T) more than other hours, and in this 10-year period, the maximum rainfall occurred at 12:00.

In the study of hot spots based on  $G_i^*$  index, it was found that in agriculture, high values (positive spatial autocorrelation) are concentrated in parts of the south and northwest of the province, respectively. Examination of the total damage of agriculture and horticulture showed that high values (positive spatial correlation) are concentrated in parts of the south of the province, and the most vulnerable areas in the study are the central parts of Charavimaq, Shadian and Nazar Kahrizi. On the other hand, a region with less vulnerability in parts of the west of the province, especially the central parts of Osku, Khosrowshahr, Mamqan, Gogan and the suburbs of Azarshahr, corresponds to areas with a spatial distribution pattern with the highest significant negative spatial self-correlation and 99 Percentages (strong-cold-cold cluster) are concentrated. By examining vulnerable areas, we can point to the high area under cultivation in these areas, as well as the impact of local factors such as topography, altitude and external factors, such as the entry of hail storms from the west and southwest of the province in its occurrence and intensification. The results of this study show the efficiency of spatial statistics techniques in identifying vulnerable areas and proper segregation based on the principles of spatial statistics and can be used as a model in other agricultural and economic sectors of the country. It is also recommended to study this index and combine the information obtained from spatial statistics with climatic information, studying the long-term impact of phenomena on changes in the pattern of hot spots and developing other spatial indicators in future studies.

**Keywords:** Hail, Risk, Hot spots, Agricultural products, Eastern Azerbaijan.

## بررسی فضایی و زمانی مناطق آسیب‌پذیر در اثر بارش تگرگ بر محصولات کشاورزی استان آذربایجان شرقی

سیدحسین میرموسوی - دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

مسعود جلالی - استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

یونس اکبرزاده<sup>۱</sup> - دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۷

### چکیده

پدیده تگرگ یکی از مخاطرات مهم جوی است که هر ساله با صدمات به محصولات کشاورزی باعث ناپایداری فعالیت‌های کشت و کار می‌شود. در تحقیق حاضر برای بررسی تعداد روزهای همراه با تگرگ خسارت‌زا در دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۹۸ در سطح استان آذربایجان شرقی از آمار تگرگ ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های خسارت تگرگ بر محصولات زراعی و باغی صندوق بیمه محصولات کشاورزی استان استفاده شد و برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در اثر این پدیده از تحلیل آمار فضایی لکه داغ از آماره گنیس - ارد جی ای بهره گرفته شد. نتایج نشان داد بیشترین فراوانی بارش تگرگ خسارت‌زا در ماه اردیبهشت و کمترین فراوانی بارش در مردادماه اتفاق افتاده است. همچنین، حدود ۷۱ درصد از بارش‌های تگرگ خسارت‌زا در منطقه مورد مطالعه در فصول گرم سال که منطبق با فصل رشد گیاهی در این منطقه است رخ داده است. در بررسی لکه‌های داغ بر اساس شاخص  $G_i^*$  مشخص شد که در بخش زراعت آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌هایی از جنوب استان و در بخش باغی آسیب‌پذیرترین منطقه در شمال غرب استان متمرکز شده است. همچنین، بررسی مجموع خسارات بخش زراعت و باغی استان نشان داد که مناطق آسیب‌پذیر در بخش‌هایی از جنوب استان متمرکز شده است.

**واژگان کلیدی:** آذربایجان شرقی، آسیب‌پذیر، تگرگ، لکه داغ، محصولات کشاورزی.

## مقدمه

طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی که محیط زیست را مورد تهاجم خود قرار داده به مخاطرات ناشی از پدیده‌های افراسی جوی اختصاص دارد. طوفان‌های تندی از مهم‌ترین مخاطرات جوی‌اند که هر ساله، علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی و تأسیسات عمرانی، موجب تلفات انسانی بسیاری در نقاط مختلف دنیا می‌شوند (خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی، ۱۳۸۶). تگرگ فاجعه‌ای طبیعی برای همه مردم به‌ویژه کشاورزان محسوب می‌شود (وایرنگا و لوماس، ۲۰۰۱). خسارت تگرگ به فراوانی و شدت بارش بستگی دارد (چانگنون، ۲۰۰۹). معمولاً در صنعت بیمه برای محاسبه ریسک خسارت تگرگ در هر ناحیه از فراوانی بارش (برحسب روز) و میانگین خسارت وارده که از نظر آماری معنی‌دار است استفاده می‌شود. تگرگ یکی از پدیده‌های مرتبط با طوفان‌های تندی است که در اتمسفر ناپایدار با رطوبت فراوان و در حضور بادهای قوی و همراه با مکانیزم‌هایی که باعث افزایش ناپایداری می‌شوند رخ می‌دهد و این شرایط به‌وسیله توپوگرافی محلی و اقلیم‌شناسی توده‌های هوا تحت تأثیر قرار می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۸۶).

زیان‌های ناشی از تگرگ گاهی اوقات از زیان‌های ناشی از گردبادها و طوفان‌ها نیز بیشتر است؛ بیشتر این زیان‌ها در بخش کشاورزی در اثر صدمه دیدن محصولات کشاورزی هنگام بارش تگرگ است. در اوایل بهار هنگام باز شدن شکوفه‌ها و تشکیل میوه‌های کوچک این خسارات شدید و جبران‌ناپذیر است. صدمه مستقیم مهم‌ترین خسارت تگرگ است و به اندازه تگرگ بستگی دارد (ضیایی اصل، ۱۳۸۸).

علت اصلی ایجاد تگرگ صعود سریع هوای نمناک به لایه‌های بالاتر و سردتر جو و انجماد ذرات بخار آب است. قطر تگرگ‌ها در حدود ۵ تا ۵۰ میلی‌متر است و بیشتر از ابرهای کومولونیمبوس (غالباً همراه با رعد و برق) می‌بارد (علیزاده، ۱۳۸۶). اغلب مشکل است که گفته شود چه در صدی از کل خسارات به دلیل باد و چه در صدی مربوط به تگرگ است، ولی معلوم شده که تگرگ خسارت اصلی را وارد می‌کند و باد باعث افزایش نیروی ضربه تگرگ می‌شود و در نتیجه خسارت را بیشتر می‌کند (اکبرزاده، ۱۳۸۷). خسارت تگرگ به فراوانی و شدت حالت طوفانی بارش بستگی دارد (چانگنون، ۱۹۹۹). طی یک بررسی میزان خسارات وارده ناشی از پدیده تگرگ در ۱۳ و ۱۴ آوریل ۲۰۰۶ در امریکا ۱/۸۲۲ میلیارد دلار برآورد شده است (چانگنون، ۲۰۰۹). در ۳۰ آوریل ۱۸۸۸ در هندوستان بر اثر طوفان تگرگ ۲۳۰ نفر در مرادآباد (یکصد مایلی دهلی)، ۱۶ نفر در غازی‌آباد، و روز بعد از آن ۱۲ نفر دیگر در نزدیکی غازی‌آباد با تگرگ‌هایی به اندازه توپ کریکت کشته شدند (گزارش پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۵). همچنین، از خسارات ناشی از بارش تگرگ در کشور ایران می‌توان به بارش تگرگی اشاره کرد که در ۳۱ فروردین ۱۳۸۲ در استان اصفهان به مدت ۲۰ الی ۲۵ دقیقه اتفاق افتاد. در سال ۱۳۸۵ در شهرستان میانه در استان آذربایجان شرقی این نوع بارش حدود ۳۰ میلیارد ریال در بخش کشاورزی شهرستان خسارات وارد نمود (جوانمرد و همکاران، ۱۳۸۶).

در ایران یکی از نقاط مستعد بارش تگرگ استان آذربایجان شرقی است. استان آذربایجان شرقی به دلیل موقعیت توپوگرافیکی و جغرافیایی از توانمندی‌های قابل ملاحظه‌ای از نظر منابع و مزیت نسبی در تولید محصولات کشاورزی برخوردار است. وجود بیش از ۲/۱ میلیون هکتار اراضی مستعد کشاورزی، ۶/۴ میلیارد متر مکعب آب قابل استحصال، و اقلیم متنوع آب‌وهوایی، همه، دست به دست هم داده‌اند تا استان آذربایجان شرقی با مصرف حدود ۳ درصد آب مصرفی کشور بیش از ۳/۵ درصد تولیدات کشاورزی کشور را تولید کند. ۶۶ درصد اراضی کشاورزی استان به صورت دیم و ۳۴ درصد به صورت آبی بهره‌برداری شده است. از کل ۱۳۲۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی استان (زیر کشت و آیش)، ۱۲۴۳۵۸۶ هکتار معادل ۹۴ درصد به اراضی زراعی و ۷۶۱۲۷ هکتار یعنی حدود ۶ درصد به اراضی باغی اختصاص داشته است. به این ترتیب، استان آذربایجان شرقی به ترتیب ۷/۶۸ درصد اراضی زراعی کشور و ۵/۱۹ درصد اراضی باغی کشور را به خود اختصاص داده است که از لحاظ وسعت اراضی زراعی در کشور در مقام دوم و از لحاظ وسعت اراضی باغی در

رتبه چهارم کشور قرار دارد. بررسی ارزش افزوده بخش کشاورزی استان نشان می‌دهد که ارزش افزوده بخش کشاورزی استان حدود ۱۱/۳۵ درصد ارزش افزوده بخش‌های مختلف اقتصادی استان بوده و بعد از بخش‌های خدمات و صنعت و معدن در رتبه سوم قرار داشته است. با این حال، ارزش افزوده بخش کشاورزی استان ۴/۵۹ درصد ارزش افزوده بخش کشاورزی کشور بوده است (مطالعات برنامه آمایش استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۶).

برای به‌دست‌آوردن یک دید کلی از توزیع فضایی و زمانی خسارت ناشی از بارش تگرگ بر محصولات کشاورزی در استان آذربایجان شرقی و بررسی تفاوت بارش آن در بخش‌های مختلف منطقه، بهتر دیده شد که با دستیابی به پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر از نظر خسارت تگرگ، علت تفاوت احتمالی مناطق مختلف و شرایطی که تحت آن این بارش به‌وقوع پیوسته شناسایی و معرفی شود. بدین ترتیب، با توجه بر استراتژی برنامه مدیریت ریسک مخاطرات طبیعی، که به‌عنوان یک پتانسیل و نقش بسیار جدی در تشدید و افزایش خسارات ناشی از بلایای طبیعی مناطق مطرح‌اند، می‌توان به پیش‌بینی و مقابله با بارش تگرگ اقدام کرد و به کنترل صدمات ناشی از این پدیده پرداخت.

در زمینه بارش تگرگ تاکنون پژوهش‌های بسیاری با رویکردهای متفاوت انجام شده است. فریزبای (۱۹۶۲) به بررسی الگوهای آسیب ناشی از تگرگ در دشت‌های بزرگ ایالات متحده آمریکا طی دوره ده‌ساله (۱۹۵۱-۱۹۶۰) به‌وسیله نقشه‌های سینوپتیکی پرداخت. نتیجه این تحقیق نشان داد که سرعت حرکت سیستم‌های سینوپتیک تأثیر قابل توجهی در میزان و درجه خسارات ناشی از تگرگ در زمین دارد. همچنین، فریزبای (۱۹۶۳) در تحقیق دیگری نیز طوفان‌های تگرگ دشت‌های عظیم ایالات متحده آمریکا را با استفاده از ثبت اطلاعات بیمه تگرگ بررسی کرد و مسیر تخریب تگرگ را به‌وسیله ادعاهای بیمه تگرگ ترسیم نمود. چانگنون (۱۹۶۷) تغییرات ناحیه‌ای- زمانی شدت تگرگ در اینوینز را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که فراوانی تگرگ شدید در فصل برداشت محصول (ماه اکتبر) با گذشت زمان افزایش می‌یابد و در ماه سپتامبر به حداکثر شدت خود می‌رسد و با استفاده از مشاهدات یک شبکه متوسط‌مقیاس در مرکز ناحیه مورد مطالعه، نشان داد که میزان صدمات رسیده به محصولات با اندازه و تعداد تگرگ و مدت زمان طوفان‌های تگرگ رابطه نسبتاً خوبی داشته، ولی با بادهای سطحی قوی ارتباط نزدیک‌تری دارد. چانگنون (۱۹۸۴)، به‌منظور برآورد میزان خسارات تگرگ با استفاده از داده‌های روزانه تگرگ طی دوره آماری بیست‌ساله (۱۹۶۱-۱۹۸۰) تغییرات زمانی و مکانی این پدیده را در دشت‌های عظیم شرق کوه‌های راکی آمریکا و کانادا و منطقه میدوست غرب بررسی کرد. نتایج نشان داد که مناطقی با احتمال بالای وقوع تگرگ مرتبط با مناطق وقوع مکرر جبهه‌ها یا ویژگی‌های عمده توپوگرافی بوده است. همچنین، فراوانی تگرگ به‌صورت سالانه و در ماه جولای (به‌صورت پراکنده اما پیوسته) از سال ۱۹۰۱ تا ۱۹۸۰ در داکاتا، نبراسکا، و مینه‌سوتا افزایش یافته و در سال‌های اخیر (۱۹۶۱-۱۹۸۰) به اوج خود رسیده که به خسارت زیاد به محصولات منجر شده است. چانگنون (۲۰۰۰) نوسانات و روند زمانی بروز تگرگ را طی یک دوره طولانی‌مدت صدساله (۱۹۹۵-۱۹۸۶) در ایالات متحده بررسی کرد. فرال و همکاران (۲۰۰۲)، در بررسی خود در تشخیص تگرگ با استفاده از تفاوت باندهای C و S راداری، بیان می‌کنند که نسبت بازتاب دو طول موج برای همه مشاهدات راداری شبیه‌سازی‌شده تشخیص تگرگ را قادر می‌سازد. جیوتی و همکاران (۲۰۰۳) اقلیم‌شناسی تگرگ در دشت فریلی ونزیا جیولیا را مطالعه و بیان کردند حتی اگر تگرگ که پدیده‌ای محلی است، آب و هواشناسی تگرگ می‌تواند فقط به وسیله محسوب‌داشتن سازوکارهای متوسط‌مقیاس توسط فعل و انفعالات بین آشفته‌گی‌های همدیدی و اوروگرافیکی پیچیده در این دشت تفسیر شده باشد. لوسیا و همکاران (۲۰۱۵) بارش‌های روزانه تگرگ را طی دوره ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۰ در جنوب غربی فرانسه مطالعه کردند و نتیجه گرفتند روند افزایش قابل توجهی در تعداد و شدت بارش تگرگ وجود دارد. هان- گوال و همکاران (۲۰۱۶) کلیماتولوژی تگرگ را در کره جنوبی طی دوره ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۳ بررسی کردند. نتایج نشان داد رخداد‌های تگرگ روند کاهشی در هر سال دارد و اوج بارش تگرگ در ماه‌های آوریل و نوامبر است و حداقل رخداد آن در اگوست رخ

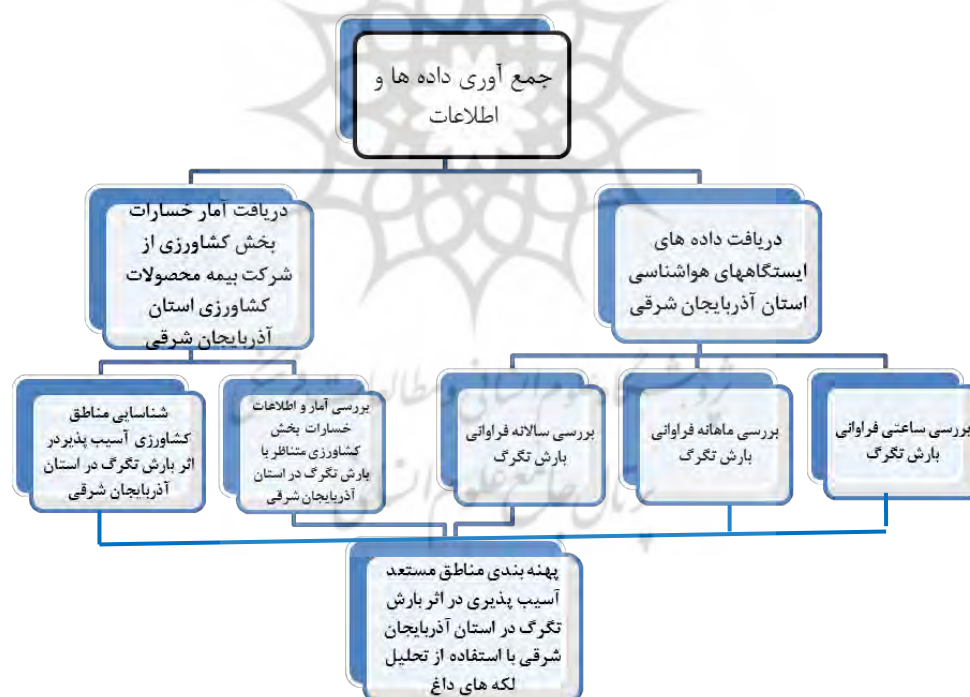
می‌دهد.

در ایران رویکرد مطالعه تگرگ به نسبت مطالعات خارج از کشور دارای تنوع کمتری است. جهانگیری و همکاران (۱۳۸۴) وضعیت بارش تگرگ از نظر زمانی و مکانی و خسارت‌های ناشی از آن را در ایران بررسی کردند و نواحی شمال غربی و شمال شرقی کشور را به‌عنوان بیشترین فراوانی ریزش تگرگ در کشور شناسایی و راهکارهایی برای مقابله با این پدیده و کاهش اثرات زیان‌بار آن معرفی کردند. میرموسوی و اکبرزاده (۱۳۸۸)، بر اساس شاخص‌های ناپایداری در تشکیل تگرگ در ایستگاه هواشناسی تبریز، نظیر شاخص‌های LCL و CCL و K، نشان دادند که در ایستگاه مورد مطالعه هر اندازه سطح یخبندان کمتر از ۳۰۰ متر باشد، احتمال وقوع تگرگ کمتر و هر چقدر فاصله سطح یخبندان تا قله ابر زیاد باشد، احتمال وقوع تگرگ بیشتر خواهد شد. لشکری و امینی (۱۳۸۹) تحلیل همید و پهنه‌بندی بارش تگرگ در خراسان بزرگ برای دوره آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد در حداکثر بودن فراوانی وقوع تگرگ در نواحی تحت بررسی، علاوه بر ارتفاع زیاد آن‌ها از سطح دریا، محل ورود سیستم‌های همراه با بارش تگرگ نیز نقش مؤثری داشته است. میرموسوی و همکاران (۱۳۹۲)، با تأکید بر جنبه‌های آماری، فراوانی بارش تگرگ در استان کرمانشاه را بررسی کردند. فرج‌فرج زاده اصل و مصطفی‌پور (۱۳۹۱)، با بررسی زمانی و مکانی بارش تگرگ در ایران، به بارش تگرگ، رخداد طوفان تگرگ، و طوفان تندری در ایران پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کانون‌های اصلی رخداد این سه پدیده در ایران بیشتر در نواحی غرب و شمال غرب است. بیشترین فراوانی رخداد تگرگ در کشور در ماه‌های مارس و آوریل، رخداد طوفان تگرگ در ماه‌های آوریل و می، و رخداد طوفان تندری در ماه می است. شاکری (۱۳۹۳) در شهرستان مشهد شاخص‌های ناپایداری را برای این پدیده استفاده کردند و شکل‌گیری تگرگ را ناشی از ریزش هوای سرد از ترازهای بالا و نفوذ هوای گرم از سطح زمین بیان کرد. درگاهیان و همکاران (۱۳۹۳) تحلیل آماری، ترمودینامیکی، و همیدی پدیده تگرگ را در استان لرستان بررسی کردند. این مطالعه تأثیر برخی شاخص‌های ترمودینامیکی را در ایجاد این پدیده بیان می‌کند و در رویکرد همیدی تگرگ را به دو رخداد گرم و سرد تفکیک و ویژگی‌های همید هریک از این دو دوره را بیان می‌کند. لشکری و همکاران (۱۳۹۴) بارش فراگیر تگرگ را در غرب کشور در استان‌های کرمانشاه و کردستان و همدان و لرستان را با رویکرد همیدی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که از لحاظ دوره شبانه‌روزی ساعات ۹ تا ۱۲ و ماه‌های آوریل و می و ایستگاه‌های مریوان و بانه و بیجار بیشترین فراوانی را داشته و از لحاظ الگوهای همیدی، سامانه کم‌فشار دریای سرخ و سودان باعث بارش تگرگ شده‌اند. بازگیر و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی همید مخاطره تگرگ در شهرستان بجنورد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تشکیل سامانه‌های کم‌فشار و پرفشار در شمال و جنوب منطقه و تقویت جریان‌های نصف‌النهاری روی منطقه، که سبب فرارفت رطوبت دریاهای عمان و خزر در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسگال می‌شود، در بیشتر الگوها سبب تقویت حرکات صعودی و تشکیل پدیده تگرگ شده است. سلیمی سبحان و همکاران (۱۳۹۸) به تحلیل همیدی و شناسایی شار رطوبت روزهای همراه با تگرگ در غرب ایران پرداختند. در این تحقیق با تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سه الگوی گردشی ضعیف، متوسط، و شدید در ارتباط با بارش تگرگ شناسایی شد. با توجه به اینکه پژوهش‌هایی که در داخل کشور انجام گرفته برخی از آن‌ها در زمینه چگونگی تشکیل، توزیع مکانی، و تحلیل همیدی بارش تگرگ بوده است و پژوهش‌های کمتری در خصوص خسارت ناشی از تگرگ در بخش کشاورزی صورت گرفته است، بررسی توزیع فضایی و زمانی خسارت ناشی از بارش تگرگ در بخش کشاورزی به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و مستعد رخداد آن در استان برای برنامه‌ریزی‌های لازم در کاهش خسارت ناشی از این پدیده ضرورت می‌یابد.

## روش پژوهش

در این تحقیق برای بررسی و تحلیل خسارات بخش کشاورزی ناشی از بارش تگرگ از آمار خسارات صندوق بیمه محصولات کشاورزی برای دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۹۸ استفاده شد که به دلیل کاغذی بودن بیشتر آمار و اطلاعات خسارات موجود در استان آذربایجان شرقی پس از وارد کردن این آمار در محیط اکسل مورد استفاده قرار گرفت و سپس برای بررسی زمان وقوع این پدیده از داده‌های سیزده ایستگاه متناظر موجود استفاده شد.

برای مقایسه زمان وقوع تگرگ‌های خسارت‌زا، داده‌های مربوط به این پدیده در یک دوره آماری ده‌ساله از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ استخراج شد که در گروه هوای حاضر کدهای ۱۳، ۸۷-۹۰، ۹۳، ۹۴، ۹۶، و ۹۹ مربوط به طوفان تگرگ انتخاب شدند که دربرگیرنده انواع مختلف بارش تگرگ با شدت‌های متفاوت‌اند. اما با توجه به اینکه در بیشتر مواقع تگرگ در مساحت بسیار کم و در محدود ایستگاه‌های سینوپتیکی رخ می‌دهد، رخداد این پدیده قابل رؤیت و ثبت شدن نیست. به همین دلیل، تعداد تگرگ‌های رخ داده که در ایستگاه‌های سینوپتیک هر منطقه‌ای ثبت می‌شود فقط تعداد معدودی از این رخداد را شامل می‌شود. بنابراین، برای ارزیابی خسارات ناشی از بارش تگرگ در منطقه مورد مطالعه از آمار خسارات صندوق بیمه محصولات کشاورزی استفاده شد و روزهایی که بارش تگرگ باعث خسارت شده‌اند استخراج و بررسی شدند. سپس، برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر بارش تگرگ از آمار فضایی و شاخص لکه داغ و نرم‌افزار ARC GIS استفاده شد که روند کلی تحلیل و بررسی پژوهش حاضر در شکل ۳ به صورت فلوجارت نشان داده شده است.



شکل شماره ۳. فلوجارت روش اجرای تحقیق

در تحلیل لکه داغ از آماره گتیس- ارد جی ای<sup>۱</sup> با استفاده از تحلیل همسایگی در داده‌ها برای تعیین نواحی‌ای با مقادیر بالا، که نقاطی با مقادیر بالا احاطه شده باشند (لکه داغ) یا نواحی‌ای با مقادیر پایین که نقاطی با مقادیر پایین احاطه شده باشند (لکه سرد) استفاده می‌شود. این تحلیل آماری- فضایی طبق اصول تست فرضیه استوار است که می‌تواند سطح

۱. Getis - OrdGi

معناداری لکه داغ و سرد را به صورت آماری تعیین کند. پس از محاسبه Z-Score و P-value برای هر نقطه، نقاط با Z بالا و P کمتر از ۰/۰۵ از لحاظ آماری معنی دارند که این مهم پس از مقایسه مجموع محلی مقادیر عارضه و همسایه آن به طور نسبی با جمع کل مقادیر عوارض حاصل می‌شود (گنیس و ارد، ۱۹۹۲؛ ارد و گنیس، ۱۹۹۵) و به صورت رابطه ۱ و جدول ۱ محاسبه می‌شود.

$$Gi^* = \sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - X^- \sum_{j=1}^n w_{i,j} S [n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2] n^{-1} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$X^- = \sum_{j=1}^n x_j n \quad \text{رابطه ۲}$$

$$S = \sum_{j=1}^n x_j^2 n - (X^-)^2 \quad \text{رابطه ۳}$$

$X_j$  مقدار خصیصه برای عارضه  $j$  است،  $w_{i,j}$  وزن فضایی بین عارضه  $j$  و  $i$  است، و  $n$  برابر با تعداد کل عارضه‌هاست.

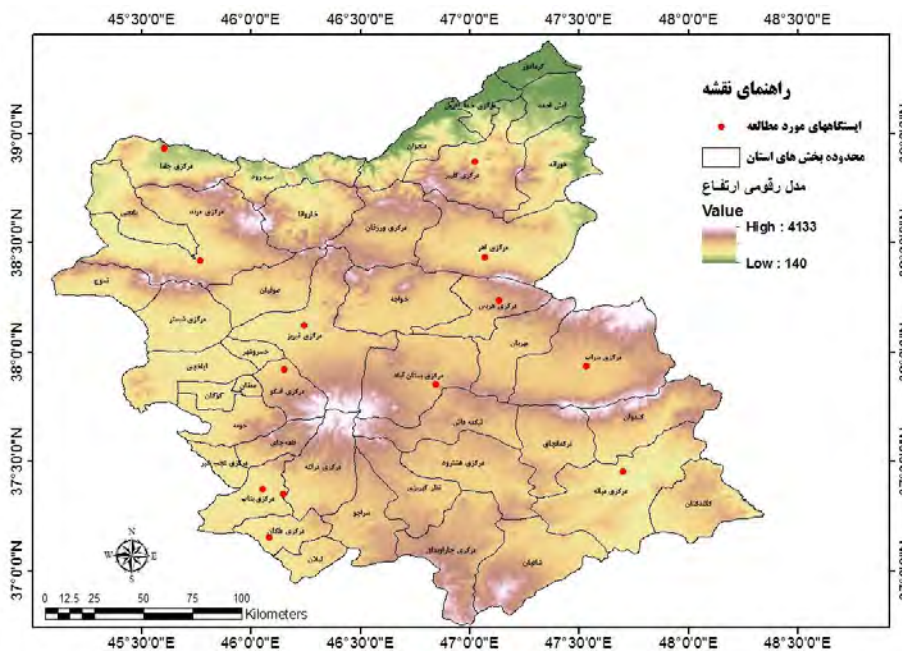
جدول شماره ۱. طبقه‌بندی نمره استاندارد در تحلیل نوع پراکنش داده‌های مکان محور

نوع الگوی پراکنش فضایی	(p-value) سطح معناداری	(Z-score) نمره استاندارد
خوشه‌ای قوی - سرد - سرد	۰/۰۱	کوچک‌تر از -۲/۵۸
خوشه‌ای متوسط - سرد - سرد	۰/۰۵	(-۱/۹۶) - (-۲/۵۸)
خوشه‌ای ضعیف - سرد - سرد	۰/۱۰	(-۱/۶۵) - (-۱/۹۶)
تصادفی - توزیع ناموزون	-	(۱/۶۵) - (-۱/۶۵)
خوشه‌ای ضعیف - داغ - داغ	۰/۱۰	(۱/۶۵) - (۱/۹۶)
خوشه‌ای متوسط - داغ - داغ	۰/۰۵	(۱/۹۶) - (۲/۵۸)
خوشه‌ای قوی - داغ - داغ	۰/۰۱	بزرگ‌تر از ۲/۵۸

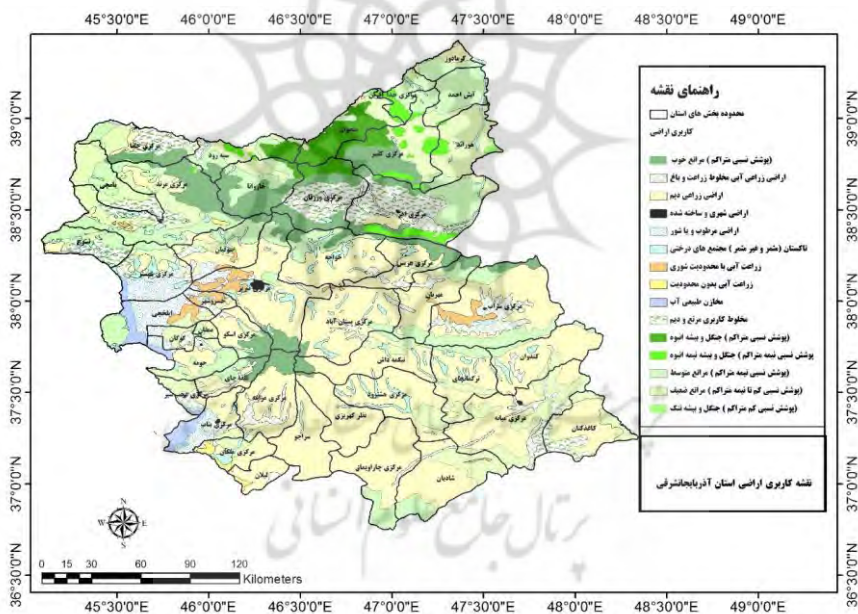
### محدوده مورد مطالعه

آذربایجان شرقی در شمال غرب ایران بین ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است. آذربایجان شرقی با وسعت ۴۵۲۶۱/۴ کیلومتر مربع در گوشه شمال غربی فلات ایران قرار دارد. موقعیت جغرافیایی و ایستگاه‌های مورد بررسی استان آذربایجان شرقی در شکل ۱ و نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.





شکل شماره ۱. موقعیت جغرافیایی و ایستگاه‌های مورد بررسی در استان آذربایجان شرقی



شکل شماره ۲. نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی در استان آذربایجان شرقی

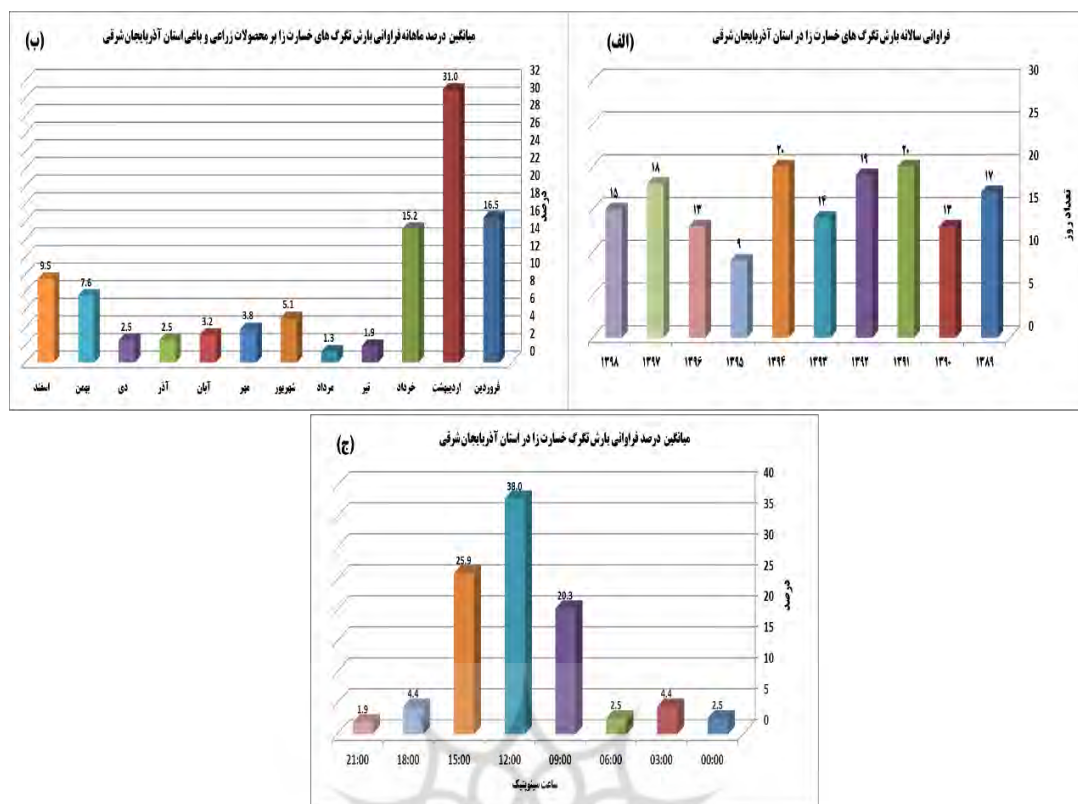
### بحث و یافته‌ها

پیش از مقایسه مناطق مختلف با یکدیگر، نخست توضیحات مختصری در زمینه فصول تندی در ایران و منطقه مورد مطالعه داده می‌شود. طبق تحقیقات به عمل آمده، طوفان‌های تندی در ایران دو فصل مشخص را نشان می‌دهد: انتقالی گرم و انتقالی سرد. فصل انتقالی گرم از ماه مارس تا ژوئن با حداکثری در ماه می و فصل انتقالی سرد از اکتبر تا دسامبر با حداکثری در ماه اکتبر است. در فصل انتقالی گرم به دلیل گرم شدن سریع سطح زمین و لایه‌های زیرین جو (افزایش طول روز و نزدیک شدن خورشید به خط قائم و بالا بودن رطوبت هوا) بارش‌های فصلی (قبل) ناپایداری زیاد شده و جریان‌های همرفتی شدت یافته است. تحت شرایط مناسب، ابرهای همرفتی رشد کرده و باعث ایجاد طوفان تندی

می‌شوند. در فصل انتقالی سرد، فرارفت هوای کاملاً سرد از عرض‌های بالاتر به روی مناطق گرم جنوبی‌تر باعث صعود لایه‌های زیرین و ناپایداری شده که در نتیجه آن طوفان تندی در ماه‌های اکتبر و نوامبر افزایش می‌یابد. البته به دلیل کم‌تر بودن رطوبت هوای پاییز نسبت به بهار شدت وقوع طوفان تندی در فصل سرد به مراتب از فصل گرم کمتر است. در منطقه پژوهش حاضر (آذربایجان شرقی)، فصول انتقالی گرم و سرد تقریباً همان فصول بهار و پاییز است که فصل انتقالی گرم از ماه‌های فروردین تا خرداد و انتقالی سرد از ماه‌های مهر تا آذر است.

### توزیع زمانی بارش تگرگ‌های خسارت‌زا

در این بخش برای سه مقیاس زمانی سالانه، ماهانه، و ساعتی جداولی بر اساس فراوانی بارش تگرگ‌های خسارت‌زا تنظیم و سپس درصد فراوانی بارش‌های خسارت‌زا به صورت شکل ارائه شد. با توجه به شکل ۴، مشاهده می‌شود که طی دوره آماری (۱۳۸۹-۱۳۹۸) میانگین سالانه وقوع بارش تگرگ خسارت‌زا در منطقه مورد مطالعه ۱۶ بار است. بیشترین فراوانی بارش تگرگ خسارت‌زا در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۴ با ۲۰ بار رخداد و کمترین فراوانی در سال ۱۳۹۵ با ۹ بار رخداد در منطقه مورد مطالعه اتفاق افتاده است. بیشترین فراوانی بارش تگرگ در ماه اردیبهشت (۴۹ بار) رخ داده است که ۳۱ درصد کل بارش تگرگ در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد و پس از آن ماه فروردین (۲۶ بار) با ۱۶/۵ درصد کل بارش و ماه خرداد (۲۴ بار) با ۱۵/۲ درصد کل بارش در رتبه‌های بعدی قرار دارند. کمترین فراوانی بارش تگرگ در ماه مرداد (۲ بار) با ۱/۳ درصد از کل بارش اتفاق افتاده است. همچنین، نتایج نشان داد که حدود ۷۱ درصد از بارش‌های تگرگ خسارت‌زا در منطقه مورد مطالعه در فصول گرم سال (فروردین تا شهریور)، که منطبق با فصل رشد گیاهی در این منطقه است، رخ داده و حدود ۲۹ درصد در فصول سرد سال (مهر الی اسفند) رخ داده است. طبق شکل ۴، در دوره زمانی مورد بررسی بارش تگرگ‌های خسارت‌زا در استان آذربایجان شرقی به‌طور میانگین بین ساعت ۰۹ تا ۱۵ (G.M.T) بیشتر از ساعت‌های دیگر بوده و در این دوره ده‌ساله حداکثر بارش در ساعت ۱۲ اتفاق افتاده است که ۳۸ درصد از بارش را به خود اختصاص داده و بعد از آن ساعت ۱۵ با ۲۵,۹ درصد و ساعت ۰۹ با ۲۰,۳ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند و کمترین درصد فراوانی در ساعت ۲۱ گرینویچ با ۱,۹ درصد رخ داده است. با توجه به شکل ۴، مشاهده می‌شود که درصد بارش تگرگ‌های روزانه در استان آذربایجان شرقی بیشتر از بارش‌های شبانه است؛ به طوری که بارش‌های بین ساعت ۰۶-۱۵ گرینویچ ۸۶,۷ درصد بوده و فقط ۱۳,۳ درصد از بارش‌ها در طول شب رخ داده است.



شکل ۴. فراوانی سالانه (الف)، میانگین درصد ماهانه فراوانی (ب)، و میانگین درصد فراوانی بارش شبانه‌روزی (ج) تگرگ‌های خسارت‌زا در استان آذربایجان شرقی طی دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۹۸

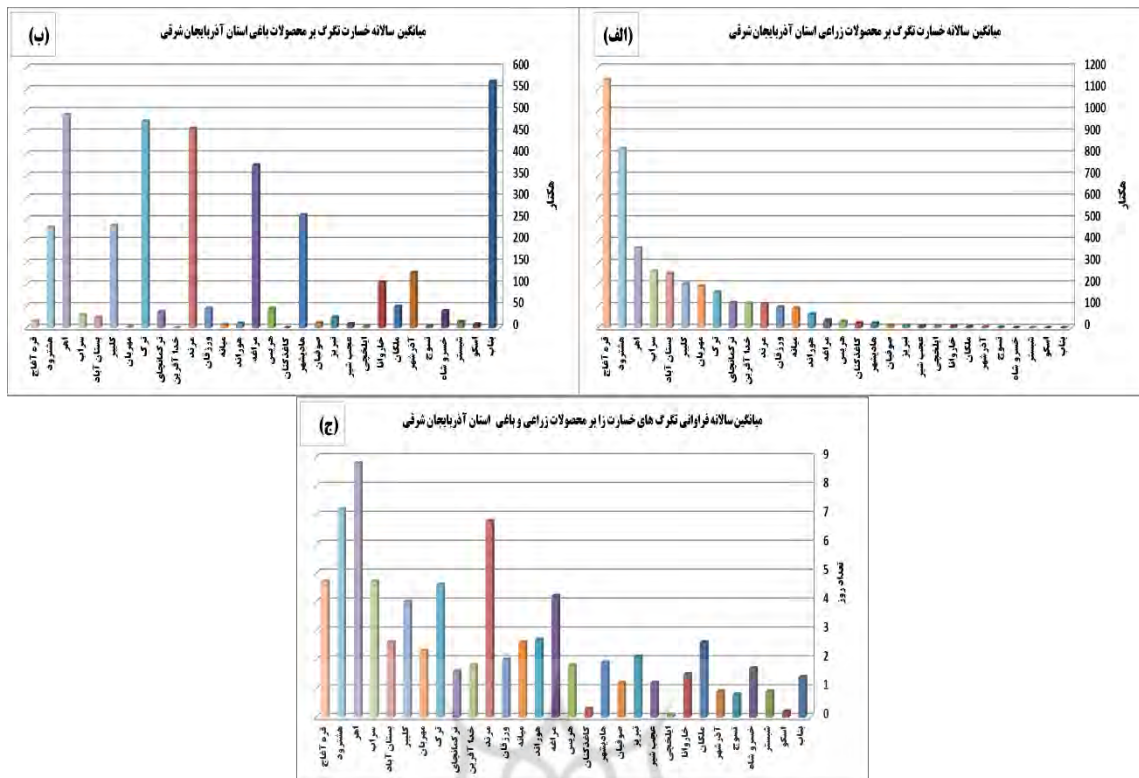
#### توزیع فضایی خسارت ناشی از بارش تگرگ

طوفان‌های تگرگ به‌طور قابل توجهی مجموع سطح برگ و بازده محصول را کاهش می‌دهد (پتومو و همکاران، ۲۰۱۹). پدیده تگرگ بیشترین رخداد را در فصل رشد گیاهان دارد. تفاوت‌های زیادی در میزان خسارت به محصولات کشاورزی به دلیل تفاوت در شدت ریزش تگرگ، نوع محصول، و گیاه و مرحله رشد گیاه است (سانچز و همکاران، ۱۹۹۶). به همین منظور، با توجه به تنوع محصولات در سطح منطقه مورد مطالعه، شدت خسارت وارده بر انواع محصولات زراعی و باغی بررسی شد. در این بخش برای طبقه‌بندی و ترسیم نقشه مناطق مستعد و آسیب‌پذیر بخش کشاورزی در برابر پدیده تگرگ از آمار صندوق بیمه محصولات کشاورزی استفاده شد و این آمار بررسی شد و تعداد کل و میانگین سالیانه خسارت ناشی از بارش تگرگ در سطح استان آذربایجان شرقی به‌دست آمد که نتایج آن در جدول ۲ و شکل ۵ آورده شده است. با توجه به جدول ۳، مشاهده می‌شود که خسارات وارده این پدیده بر محصولات باغی در سطح استان آذربایجان شرقی به‌طور میانگین سالانه ۱۲۳٫۵ هکتار است که بناب با میانگین سالانه ۵۶۸٫۱ هکتار دارای بیشترین سطح خسارت و اهر با ۴۹۱٫۲ هکتار و ترک با ۴۷۶٫۲ هکتار در رتبه‌های بعدی قرار دارند. اما از نظر خسارات وارده بر محصولات زراعی مشخص شد قره‌آغاج با میانگین سالانه ۱۱۴۳٫۹ هکتار دارای بیشترین سطح خسارت و هشتروند با ۸۲۶٫۶ هکتار و اهر با ۳۶۹٫۱ هکتار در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

از نظر سطح خسارات وارده بر مجموع محصولات زراعی و باغی طی دوره آماری مورد مطالعه، مشخص شد که در سطح استان به‌طور میانگین سالانه حدود ۲۶۲ هکتار خسارت می‌بینند. بیشترین سطح خسارت مربوط به بخش قره‌آغاج با میانگین سالانه ۱۱۵۹٫۷ هکتار است که ۱۴٫۷ درصد از کل خسارات ناشی از تگرگ در سطح منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود و هشتروند و اهر به ترتیب با ۱۰۵۷٫۹ (۱۳٫۴ درصد) و ۸۶۰٫۳ (۱۰٫۹ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

جدول شماره ۲. تعداد کل و میانگین سالانه خسارات ناشی از تگرگ بر محصولات زراعی و باغی در آذربایجان شرقی طی دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۹۸

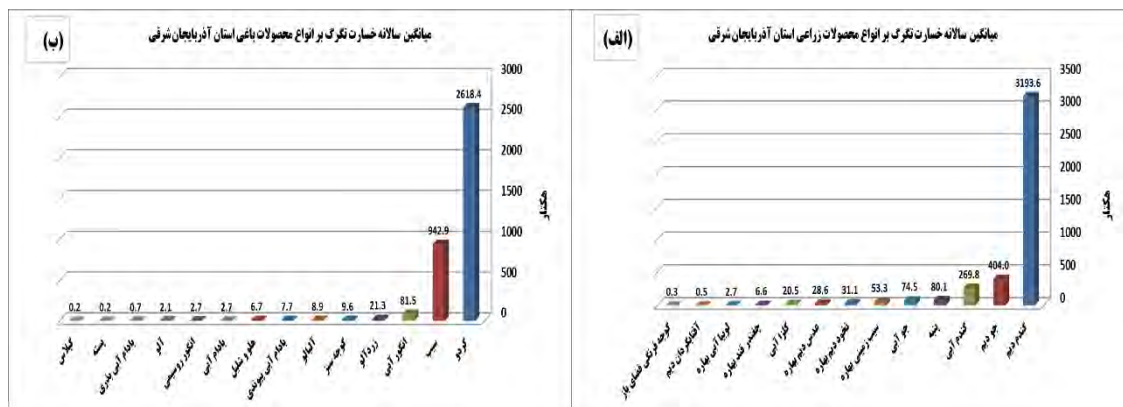
شهرستان / بخش	فراوانی دهساله تگرگ	میانگین دهساله فراوانی تگرگ	درصد فراوانی تگرگ	میانگین دهساله خسارت بر محصولات زراعی (هکتار)	میانگین دهساله خسارت بر محصولات باغی (هکتار)	میانگین دهساله خسارت بر کل محصولات کشاورزی (هکتار)	درصد میانگین دهساله خسارت بر کل محصولات کشاورزی
آذرشهر	۹	۰٫۹	۱٫۱	۳٫۸	۱۲۶٫۹	۱۳۰٫۷	۱٫۷
اسکو	۲	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۱	۸٫۲	۸٫۳	۰٫۱
اهر	۸۸	۸٫۸	۱۱٫۱	۳۶۹٫۱	۴۹۱٫۲	۸۶۰٫۳	۱۰٫۹
ایلخچی	۱	۰٫۱	۰٫۱	۸٫۴	۳٫۴	۱۱٫۸	۰٫۲
بستان‌آباد	۲۶	۲٫۶	۳٫۳	۲۵۰٫۸	۲۴٫۴	۲۷۵٫۱	۳٫۵
بناب	۱۴	۱٫۴	۱٫۸	۰٫۰	۵۶۸٫۱	۵۶۸٫۱	۷٫۲
تبریز	۲۱	۲٫۱	۲٫۷	۱۰٫۵	۲۴٫۲	۳۴٫۷	۰٫۴
ترک	۴۶	۴٫۶	۵٫۸	۱۶۴٫۱	۴۷۶٫۲	۶۴۰٫۴	۸٫۱
ترکمانچای	۱۶	۱٫۶	۲٫۰	۱۱۵٫۷	۳۶٫۷	۱۵۲٫۴	۱٫۹
تسوج	۸	۰٫۸	۱٫۰	۲٫۴	۳٫۲	۵٫۶	۰٫۱
خاروانا	۱۵	۱٫۵	۱٫۹	۷٫۸	۱۰۴٫۸	۱۱۲٫۷	۱٫۴
خدآفرین	۱۸	۱٫۸	۲٫۳	۱۱۳٫۰	۰٫۰	۱۱۳٫۰	۱٫۴
خسروشاه	۱۷	۱٫۷	۲٫۱	۰٫۹	۳۹٫۱	۴۰٫۱	۰٫۵
سراب	۴۷	۴٫۷	۵٫۹	۲۶۰٫۷	۲۹٫۴	۲۹۰٫۱	۳٫۷
شبستر	۹	۰٫۹	۱٫۱	۰٫۱	۱۴٫۲	۱۴٫۳	۰٫۲
صوفیان	۱۲	۱٫۲	۱٫۵	۱۱٫۰	۱۱٫۲	۲۲٫۲	۰٫۳
عجب‌شیر	۱۲	۱٫۲	۱٫۵	۸٫۶	۸٫۹	۱۷٫۵	۰٫۲
قره‌آغاج	۴۷	۴٫۷	۵٫۹	۱۱۴۳٫۹	۱۵٫۷	۱۱۵۹٫۷	۱۴٫۷
کاغذکشان	۳	۰٫۳	۰٫۴	۲۲٫۶	۰٫۰	۲۲٫۶	۰٫۳
کلیبر	۴۰	۴٫۰	۵٫۱	۲۰۲٫۷	۲۳۶٫۳	۴۳۹٫۰	۵٫۶
مراغه	۴۲	۴٫۲	۵٫۳	۳۵٫۳	۳۷۵٫۰	۴۱۰٫۳	۵٫۲
مرند	۶۸	۶٫۸	۸٫۶	۱۱۰٫۰	۴۵۹٫۶	۵۶۹٫۶	۷٫۲
ملکان	۲۶	۲٫۶	۳٫۳	۴٫۱	۴۸٫۹	۵۳٫۰	۰٫۷
مهربان	۲۳	۲٫۳	۲٫۹	۱۹۱٫۸	۲٫۱	۱۹۳٫۸	۲٫۵
میانه	۲۶	۲٫۶	۳٫۳	۹۰٫۵	۷٫۳	۹۷٫۸	۱٫۲
ورزقان	۲۰	۲٫۰	۲٫۵	۹۵٫۵	۴۴٫۵	۱۴۰٫۰	۱٫۸
هادیشهر	۱۹	۱٫۹	۲٫۴	۲۱٫۷	۲۶۰٫۲	۲۸۲٫۰	۳٫۶
هریس	۱۸	۱٫۸	۲٫۳	۳۰٫۱	۴۴٫۵	۷۴٫۶	۰٫۹
هشترود	۷۲	۷٫۲	۹٫۱	۸۲۶٫۶	۲۳۱٫۳	۱۰۵۷٫۹	۱۳٫۴
هوراند	۲۷	۲٫۷	۳٫۴	۶۳٫۸	۹٫۹	۷۳٫۷	۰٫۹
جمع	۷۹۲٫۰	۷۹٫۲	۱۰۰٫۰	۴۱۶۵٫۵	۳۷۰۵٫۶	۷۸۷۱٫۱	۱۰۰٫۰
میانگین	۲۶٫۴	۲٫۶	۳٫۳	۱۳۸٫۹	۱۳۳٫۵	۲۶۲٫۴	۳٫۳



شکل شماره ۵. میانگین سالانه خسارت ناشی از تگرگ بر محصولات زراعی (الف)، خسارت بر محصولات باغی (ب)، و خسارت بر مجموع محصولات زراعی و باغی (ج) در استان آذربایجان شرقی طی دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۹۸

با توجه به تنوع محصولات کشت‌شده در سطح استان آذربایجان شرقی، بررسی‌های به‌عمل‌آمده طبق شکل ۶ نشان داد که بیشترین محصولات زراعی آسیب‌دیده از پدیده تگرگ شامل گندم دیم با میانگین خسارت سالانه ۳۱۹۳٫۶ هکتار که ۷۶٫۷ درصد از کل خسارت بر این بخش در رتبه اول قرار دارد و محصول جو دیم با میانگین سالانه ۴۰۴ هکتار (۹٫۷ درصد) و گندم آبی با میانگین ۲۶۹٫۸ هکتار (۶٫۵ درصد) به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم آسیب‌دیدگی قرار دارند. در مجموع، این سه محصول (گندم دیم، جو دیم، و گندم آبی) ۹۲٫۸ درصد از کل خسارت بر این بخش را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده، مشخص شد بیشترین محصولات باغی آسیب‌دیده از پدیده تگرگ شامل گردو با میانگین خسارت سالانه ۲۶۱۸٫۴ هکتار که با ۷۰٫۷ درصد از کل خسارت بر این بخش در رتبه اول قرار دارد و محصول سیب با میانگین سالانه ۹۴۲٫۹ هکتار (۲۵٫۵ درصد) و انگور آبی با میانگین ۸۱٫۵ هکتار (۲٫۲ درصد) به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم آسیب‌دیدگی قرار دارند. در مجموع، این سه محصول (گردو، سیب، و انگور آبی) ۹۸٫۳ درصد از کل خسارت بر این بخش را به خود اختصاص داده‌اند و فقط ۱٫۷ درصد خسارت مربوط به محصولات باغی دیگر است.



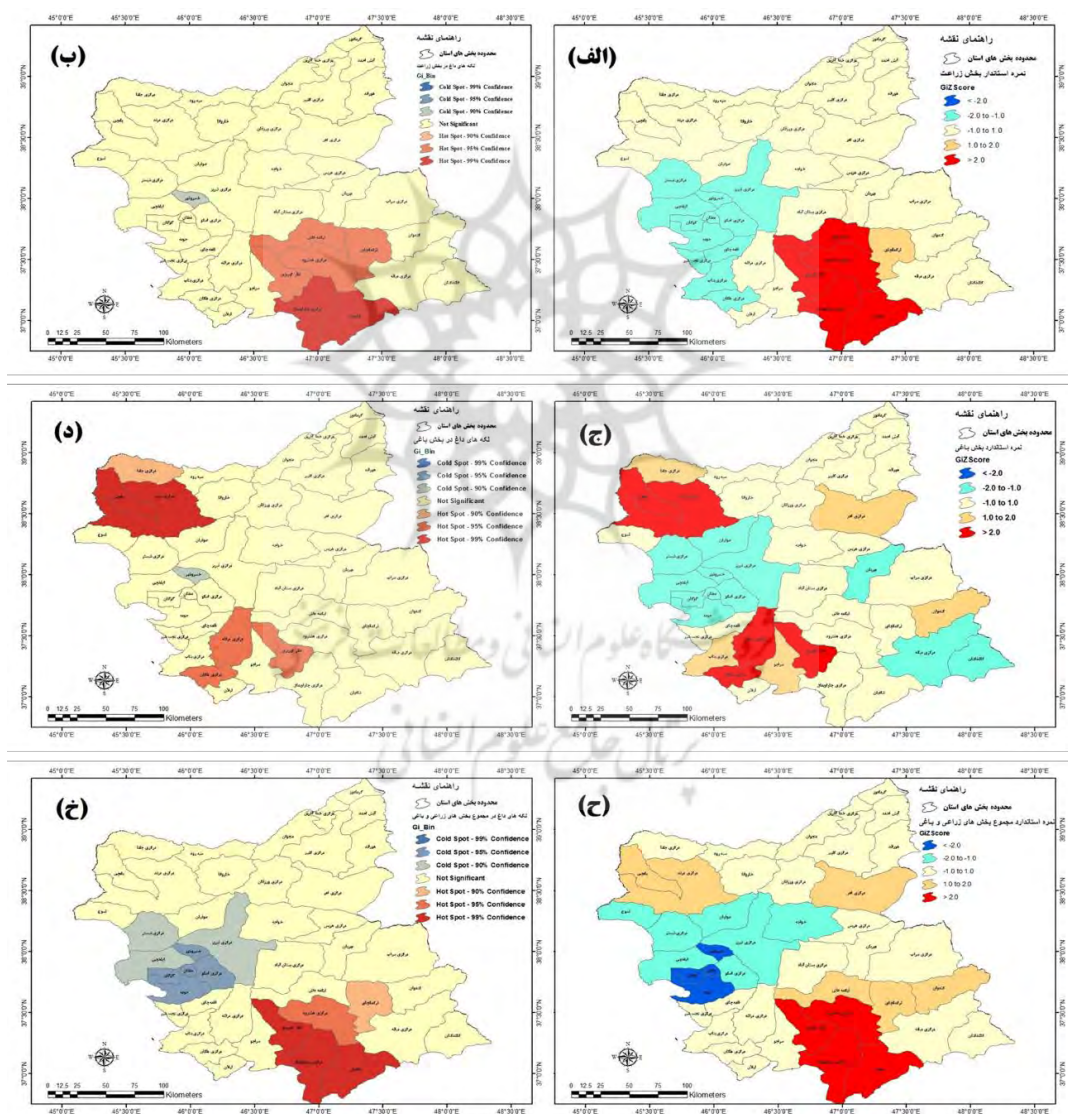


شکل ۶. میانگین سالانه خسارات ناشی از تگرگ بر انواع محصولات زراعی (الف) و محصولات باغی (ب) در استان آذربایجان شرقی طی دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۹۸

### تحلیل لکه‌های داغ و مناطق آسیب‌پذیر

به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر پدیده تگرگ از تکنیک‌های آمار فضایی و تحلیل خودهمبستگی فضایی و برای حصول از اطمینان از مناطق با ارزش بالا و پایین از شاخص  $G_i^*$  (گتیس- ارد جی ای) استفاده شد که نتایج در شکل ۵ ارائه شده است. شاخص  $G_i^*$  برای هر عارضه موجود در داده‌ها محاسبه می‌شود نوعی امتیاز  $Z$  است. در خروجی حاصل از مدل هرچه مقدار نمره  $Z$  بیشتر باشد مقادیر بالا تمایل به خوشه بندی متراکم تری خواهند داشت. امتیاز  $Z$  محاسبه شده در این تحلیل نشان می‌دهد که در کدام ناحیه داده‌های مقادیر زیاد یا کم خوشه بندی شده‌اند (علی‌جانی و همکاران، ۱۳۹۴). این ابزار در واقع به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارد توجه می‌کند. بر اساس شکل‌های ۷ تا ۹، مقادیر با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) نمایانگر لکه‌های داغ و مقادیر با ارزش پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) نمایانگر لکه‌های سرد است. با توجه به شکل ۷ و نتایج به دست آمده، مشخص شد که در بخش زراعت مقادیر با خودهمبستگی فضایی مثبت در بخش‌هایی از جنوب استان متمرکز شده‌اند که شش بخش (تیکمه‌داش، مرکزی هشترو، نظر کهریزی، ترکمانچای، مرکزی چاروایماق، و شادبان) از چهار شهرستان (بستان‌آباد، هشترو، میانه، و چاروایماق) را دربر می‌گیرد و در این میان آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی چاروایماق و شادبان است که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خودهمبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی- داغ- داغ) می‌باشند. در طرف دیگر منطقه‌ای با آسیب‌پذیری کمتر فقط در بخش خسروشاه با خودهمبستگی فضایی منفی معنادار با ضریب اطمینان ۹۰ درصد (خوشه‌ای ضعیف- سرد- سرد) است. بقیه بخش‌های استان (۳۷ بخش) دارای الگوی تصادفی و نامتوازن‌اند. با توجه به شکل ۷ و نتایج به دست آمده، مشخص شد که در بخش باغی مقادیری با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از شمال غرب استان (بخش‌های مرکزی و یامچی مرند و مرکزی جلفا) و جنوب غربی (بخش‌های مرکزی مراغه، مرکزی ملکان، و نظر کهریزی) متمرکز شده‌اند. در این میان، آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی و یامچی مرند است که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خودهمبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی- داغ- داغ) می‌باشند. در طرف دیگر منطقه‌ای با آسیب‌پذیری کمتر فقط در بخش خسروشاه با خودهمبستگی فضایی منفی معنادار با ضریب اطمینان ۹۰ درصد (خوشه‌ای ضعیف- سرد- سرد) است. بقیه بخش‌های استان (۳۷ بخش) دارای الگوی تصادفی و نامتوازن‌اند. برای بررسی آسیب‌پذیری کلی مناطق از مجموع خسارات بخش زراعت و باغی استفاده و نتایج بررسی در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، مقادیری با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از

جنوب استان (بخش‌های مرکزی هشتگرد، نظرکهریزی، ترکمانچای، مرکزی چارویماق، و شادیان) از سه شهرستان (هشتگرد، میانه، و چارویماق) متمرکز شده‌اند و در این میان آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی چارویماق، شادیان، و نظرکهریزی است که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی بالاترین خودهمبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی - داغ - داغ) می‌باشند. در طرف دیگر منطقه‌ای با آسیب‌پذیری کمتر در بخش‌هایی از غرب استان (بخش‌های مرکزی اسکو، خسروشهر، ممقان، ایلخچی، مرکزی تبریز، گوگان، مرکزی شبستر، و حومه آذرشهر) از چهار شهرستان (تبریز، آذرشهر، اسکو، و شبستر) متمرکز شده‌اند و در این میان بخش‌های مرکزی اسکو، خسروشهر، ممقان، گوگان، و حومه آذرشهر منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی بالاترین خودهمبستگی فضایی منفی معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی - سرد - سرد) می‌باشند. بقیه بخش‌های استان (۳۱ بخش) دارای الگوی تصادفی و نامتوازن‌اند.



شکل ۷. نتایج حاصل از پراکنش الگوی آسیب‌پذیری بخش زراعی و باغی استان آذربایجان شرقی در برابر پدیده تگرگ با استفاده از شاخص  $G_i^*$ ، الف) نتایج تحلیل نمره استاندارد بخش زراعی؛ ب) نتایج تحلیل لکه‌های داغ و سرد بخش زراعی؛ ج) نتایج تحلیل نمره استاندارد بخش باغی؛ د) نتایج تحلیل لکه‌های داغ و سرد بخش باغی؛ ح) نتایج تحلیل نمره استاندارد مجموع بخش زراعی و باغی؛ خ) نتایج تحلیل لکه‌های داغ و سرد مجموع بخش زراعی و باغی

## نتیجه‌گیری

بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین فراوانی بارش تگرگ خسارت‌زا در ماه اردیبهشت و کمترین فراوانی بارش در مردادماه اتفاق افتاده است. همچنین، نتایج نشان داد که حدود ۷۱ درصد از بارش‌های تگرگ خسارت‌زا در منطقه مورد مطالعه در فصول گرم سال، که منطبق با فصل رشد گیاهی در این منطقه است، رخ داده است. همچنین، در دوره زمانی مورد بررسی بارش تگرگ‌های خسارت‌زا در استان آذربایجان شرقی به‌طور میانگین بین ساعت ۰۹ تا ۱۵ (G.M.T) بیشتر از ساعت‌های دیگر بوده و در این دوره ده‌ساله حداکثر بارش در ساعت ۱۲ اتفاق افتاده است. همچنین، بررسی‌ها نشان داد که درصد بارش تگرگ‌های روزانه در استان آذربایجان شرقی بیشتر از بارش‌های شبانه است. این نتایج با نتایج سیف (۱۳۷۵)، صناعی و همکاران (۱۳۸۲)، جهانگیری و همکاران (۱۳۸۴)، گزارش پژوهشکده هواشناسی (۱۳۸۵)، آسیایی و خزانه‌داری (۱۳۸۶)، قشلاقی (۱۳۸۶)، میرموسوی و اکبرزاده (۱۳۸۸)، میرموسوی و اکبرزاده (۱۳۸۹) و در اینکه بیشترین فراوانی بارش تگرگ در فصل بهار و بین ساعت ۰۹ تا ۱۵ (G.M.T) رخ داده است مطابقت دارد.

در بررسی لکه‌های داغ بر اساس شاخص  $Gi^*$  و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که در بخش زراعت مقادیری با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از جنوب استان متمرکز شده‌اند و در آسیب‌پذیرترین منطقه در محدوده مورد مطالعه بخش‌های مرکزی چاراویماق و شادیان است که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خودهمبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی - داغ - داغ) می‌باشند. در بخش باغی مقادیری با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از شمال غرب استان متمرکز شده‌اند و آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی و یامچی مرند است که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خودهمبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی - داغ - داغ) می‌باشند. همچنین، بررسی مجموع خسارات بخش زراعت و باغی نشان داد که مقادیری با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از جنوب استان متمرکز شده‌اند که آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی چاراویماق، شادیان، و نظرکهریزی است که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خودهمبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی - داغ - داغ) می‌باشند. در طرف دیگر منطقه‌ای با آسیب‌پذیری کمتر در بخش‌هایی از غرب استان به‌ویژه بخش‌های مرکزی اسکو، خسروشهر، ممقان، گوگان، و حومه آذرشهر متمرکز شده‌اند که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خودهمبستگی فضایی منفی معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه‌ای قوی - سرد - سرد) می‌باشند. همچنین، با بررسی مناطق آسیب‌پذیر می‌توان به سطح زیر کشت بالا در این مناطق و همچنین تأثیر عوامل محلی همچون توپوگرافی و ارتفاع و عوامل بیرونی از جمله مسیر ورود سیستم‌های جوی تگرگ‌زا از طرف غرب و جنوب غرب استان در وقوع و تشدید آن اشاره کرد. نتایج این مطالعه کارایی تکنیک‌های آمار فضایی در شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و تفکیک مناسب بر اساس اصول آمار فضایی را به‌خوبی نشان می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان الگویی در سایر مخاطرات بخش‌های کشاورزی به‌کار گرفته شود. همچنین، مطالعه این شاخص و تلفیق اطلاعات حاصل از آمار فضایی با اطلاعات اقلیمی، بررسی تأثیر طولانی‌مدت پدیده‌ها در تغییرات الگوی لکه‌های داغ، و توسعه سایر شاخص‌های فضایی در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

## تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.



## منابع

- (۱) آسیایی، م. و خزانه‌داری، ل. (۱۳۸۶). پهنه‌بندی بارش تگرگ در ایران و ارائه روش‌های مناسب جهت تعدیل آن، مجله علمی جغرافیایی، ۵ و ۶: ۱۷۰-۱۹۴.
- (۲) اکبرزاده، ی. (۱۳۸۷). تحلیل زمانی و مکانی بارش تگرگ در آذربایجان شرقی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه زنجان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، زنجان.
- (۳) بازگیر، س.؛ ایلدرومی، ع.؛ صابر، ق.؛ ارشادی، ا. و نوری، ح. (۱۳۹۷). واکاوای همدید مخاطره تگرگ در شهر ستان بجنورد، مدیریت مخاطرات محیطی، ۵(۴): ۳۳۹-۳۵۸.
- (۴) جوانمرد، س.؛ فاتح، ش. و دالایی، ح. (۱۳۸۶). مدیریت ریسک تگرگ جهت کاهش پتانسیل خطر پذیری در کاشور (مطالعه موردی محصولات سیب‌زمینی و برنج)، نخستین کنگره بین‌المللی مدیریت ریسک، صص ۱-۲۰.
- (۵) جهانگیری، ز.؛ پدرام، م. و سیف، م. (۱۳۸۴). بررسی توزیع مکانی و زمانی بارش تگرگ و خسارت‌های ناشی از آن در ایران، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن‌ها، دانشگاه تبریز، تبریز.
- (۶) خوشحال دستجردی، ج. و قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۶). شناسایی ویژگی‌های سوانح محیطی منطقه شمال غرب ایران / نمونه مطالعاتی: خطر طوفان‌های تندری در تبریز، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، صص ۱۰۱-۱۱۵.
- (۷) درگاهیان، ف. علیجانی، ب. رضایی، غ. و رحمان پور، پ. (۱۳۹۴). تحلیل آماری، ترمودینامیکی و همدیدی پدیده تگرگ در استان لرستان، فصلنامه برنامه ریزی منطقه‌ای، شماره ۱۸، صص ۱۳۰-۱۱۷.
- (۸) سلیمی سبحان، م.؛ حجازی‌زاده، ز.؛ صیادی، ف. و قادری، ف. (۱۳۹۸). تحلیل همدیدی و شناسایی شار رطوبت روزهای همراه با تگرگ در غرب ایران (مطالعه موردی: حوضه آبریز زاب، آذربایجان غربی)، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، ۵۱(۴): ۷۱۵-۷۳۱.
- (۹) سیف، م. (۱۳۷۵). بررسی توزیع بارش تگرگ در ایران و مطالعه موردی آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.
- (۱۰) شاکری، ف. (۱۳۹۳). تحلیل شاخص‌های ناپایداری هنگام وقوع پدیده تگرگ در شهرستان مشهد، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران.
- (۱۱) صناعی، ب.؛ باستانی، خ. و رفیع‌بخش، ف. (۱۳۸۲). بررسی مدل آماری پدیده تگرگ در کشور، نیوار، ۴۸-۴۹.
- (۱۲) ضیایی اصل، س. (۱۳۸۸). تگرگ و اثرات آن، فصل‌نامه تخصصی بارش، نشریه داخلی اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۱-۲۵.
- (۱۳) علیجانی، ب. (۱۳۹۴). تحلیل فضایی، مخاطرات محیطی، ۲(۳): ۱-۱۴.
- (۱۴) علیزاده، ا. (۱۳۸۶). اصول هیدرولوژی کاربردی، ج ۲۱، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- (۱۵) فرج‌زاده اصل، م. و مصطفی‌پور، ط. (۱۳۹۱). تحلیل زمانی و مکانی بارش تگرگ در ایران، جغرافیا و توسعه، ۱۰(پیاپی ۲۸): ۵۵-۶۶.
- (۱۶) قشلاقی، م. (۱۳۸۶). بررسی تأثیر تگرگ بر روی مناطق کشاورزی استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات.
- (۱۷) گزارش پژوهشکده هواشناسی (۱۳۸۵). کاهش ریسک بلایای جوی و اقلیمی (خشک‌سالی و تگرگ)، گزارش ششم، مطالعه روش‌های مدیریتی در مقابله با بحران‌های جوی و اقلیمی و سازمان‌دهی سیستم‌های هشدار پدیده‌های مخرب جوی.
- (۱۸) لشکری، ح. و امینی، م. (۱۳۸۹). تحلیل سینوپتیکی و پهنه‌بندی بارش تگرگ در خراسان بزرگ برای دوره آماری (۱۹۹۶-۲۰۰۵)، جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۵(۳۱): ۵۱-۱۰۸.
- (۱۹) لشکری، ح.؛ پژوه، ف. و بیتار، م. (۱۳۹۴). تحلیل همدید بارش تگرگ فراگیر در غرب ایران، فضای جغرافیایی، ۱۵(۵۰): ۸۳-۱۰۵.
- (۲۰) مطالعات برنامه آمایش استان آذربایجان شرقی (۱۳۹۶). معاونت برنامه‌ریزی، دفتر برنامه‌ریزی و بودجه، گروه آمایش و برنامه‌ریزی، تبریز: استانداری آذربایجان شرقی، ساختار کشاورزی، جلد ۹، صص ۱۹-۲۲.
- (۲۱) میرموسوی، ح. و اکبرزاده، ی. (۱۳۸۸). کاربست توزیع‌های پواسن و دوجمله‌ای منفی در برآورد احتمالات رخداد روزهای تگرگ / مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۴: ۷۳-۸۴.

- ۲۲) میرموسوی، ح. و اکبرزاده، ی. (۱۳۸۹). مطالعه زمانی - مکانی بارش تگرگ در فصل رشد گیاهان / مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، ۳۳: ۱۷۵-۱۹۰.
- ۲۳) میرموسوی، س.؛ جلالی، م. و کیانی، ح. (۱۳۹۲). تحلیل زمانی - مکانی احتمال وقوع بارش تگرگ در استان کرمانشاه. فضای جغرافیایی، ۱۳(۴۳): ۸۳-۹۸.
- 24) Changnon, S. A. (1967). Areal-Temporal Variations of Hail Intensity in Illinois: *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 6, pp. 536-541.
- 25) Changnon, S. A. (1984). Temporal and Spatial Variations in Hail in the Upper Great Plains and Midwest: *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 23, pp. 1531-1541.
- 26) Changnon, S. A. (1999). Factors affecting temporal fluctuations in damaging storm activity in the United States based on insurance loss data: *Journal Meteorol*, Appl. 6, pp. 1-10.
- 27) Changnon, S. A. (2009). Increasing major hail losses in the U.S.: *Climatic Change*, 96, pp. 161-166.
- 28) Changnon, S. A. and Changnon, D. (2000). Long-Term Fluctuations in Hail Incidences in the United States: *Journal of Climate*, Vol. 13, pp. 658-664.
- 29) Feral, L.; Sauvageot, H. and Soula, S. (2002). Hail detection using S- and C-band radar reflectivity difference. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20: 233-248.
- 30) Frisby, E. M. (1962). Relationship of Ground Hail Damage Patterns to Features of the Synoptic Map in the Upper Great Plains of the United States: *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 1, pp. 348-352.
- 31) Frisby, E. M. (1963). Hailstorms of the Upper Great Plains of the United States: *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 2, pp. 759-766.
- 32) Getis, A. and Ord, J.K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24(3): 189-206.
- 33) Giajotti, D.; Sergio, N. and Fulvio, S. (2003). The climatology of hail in the plain of Friuli Venetia Giulia. *Atmospheric Research*, 67-68: 247-259.
- 34) Han-Gyul, J.; Hyunho, L.; Jambajamts, L. and Jong-Jin, B. (2016). A Hail Climatology in South Korea, *Atmospheric research*, 38-54.
- 35) Lucia, H.; Laura, L.; Merino, A.; Berthet, C.; García-Ortega, E.; Sánchez, J. and Dessens, L. (2015). Hailfall in southwest France: Relationship with precipitation, trends and wavelet analysis, *Atmospheric Research*, 156: 174-188.
- 36) Ord, J.K and Getis, A. (1995). Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Analysis*, 27(4): 286-306.
- 37) Petoumenou, D. G.; Biniari, K.; Xyrafis, E.; Mavronasios, D.; Daskalakis, I. and Palliotti, A. (2019). Effects of Natural Hail on the Growth, Physiological Characteristics, Yield, and Quality of *Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless under Mediterranean Growing Conditions. *Agronomy*, 9(4): 197- 221.
- 38) Sánchez, J. L.; Fraile, R.; De La Madrid, J. L.; De La Fuente, M. T.; Rodríguez, P. and Castro, A. (1996). Crop damage: The hail size factor. *Journal of Applied Meteorology*, 35(9): 1535-1541.
- 39) Wieringa, J. and Lomas, J. (2001). Lecture notes for training agricultural meteorological personnel. WMO-No.551. ISBN 92-63-12551-1. 196 pp.