

## شناسایی مناطق کشاورزی آسیب‌پذیر در برابر پدیده تگرگ در استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص لکه‌های داغ (Gi\*)

سیدحسین میر موسوی<sup>۱</sup>، مسعود جلالی<sup>۲\*</sup>، یونس اکبرزاده<sup>۳</sup>

۱- سیدحسین میر موسوی، دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

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

۳- یونس اکبرزاده، دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

### چکیده

یکی از مخاطرات مهم جوی بارش تگرگ است که خسارات زیادی بر بخش‌های مختلف بویژه تولیدات کشاورزی وارد می‌کند. در این تحقیق با استفاده از داده‌های خسارات تگرگ بر محصولات زراعی و باغی مناطق آسیب‌پذیر در اثر پدیده تگرگ در سطح استان مورد شناسایی قرار گرفته است. بررسی تعداد روزهای همراه با تگرگ خسارت‌زا در دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۸۹ با استفاده از تحلیل آمار فضایی لکه‌های داغ از آماره گنیس-ارد جی‌ای انجام گرفته است. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی بارش تگرگ خسارت‌زا در ماه اردیبهشت و کمترین فراوانی بارش در مرداد ماه 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 می‌باشد، رخ داده است. در بررسی لکه‌های داغ براساس شاخص Gi\* مشخص گردید 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.

کلید واژه‌ها: تگرگ، آسیب‌پذیر، لکه‌های داغ، محصولات کشاورزی، آذربایجان شرقی.

## مقدمه

طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی که محیط زیست را مورد تهاجم خود قرار داده، به مخاطرات ناشی از پدیده‌های افراطی جوی اختصاص دارد. توفان‌های تندی از مهم‌ترین مخاطرات جوی هستند 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 به ویژه کشاورزان محسوب می‌گردد (Wieringa and Lomas, 2001). خسارت تگرگ به فراوانی و شدت بارش بستگی دارد (Changnon, 2009). 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 معنی دار است، استفاده می‌کنند. 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 که این شرایط به وسیله‌ی توپوگرافی محلی و اقلیم‌شناسی توده‌های هوا تحت تأثیر قرار می‌گیرند (علیزاده، ۱۳۸۶).

زیان‌های ناشی از تگرگ گاهی اوقات از زیان‌های ناشی از گردبادها و توفان‌ها نیز بیش‌تر بوده و اکثر این زیان‌ها در بخش کشاورزی و در اثر صدمه دیدن محصولات کشاورزی هنگام بارش تگرگ می‌باشد در اوایل بهار هنگام باز شدن شکوفه‌ها و تشکیل میوه‌های کوچک، خسارات کلی و غیر قابل جبران است. صدمه مستقیم، مهم‌ترین صدمه تگرگ است و بستگی به اندازه تگرگ نیز دارد (ضیائی 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 می‌باشد، ولی معلوم شده که تگرگ خسارت اصلی را وارد می‌سازد و باد باعث افزایش نیروی ضربه تگرگ شده و

در نتیجه خسارت را بیش‌تر می‌کند (اکبرزاده، ۱۳۸۷). خسارت تگرگ به فراوانی و شدت حالت توفانی بارش بستگی دارد (Changnon, 1999).

طی یک بررسی میزان خسارات وارده ناشی از پدیده‌ی تگرگ در ۱۳ و ۱۴ آوریل ۲۰۰۶ آمریکا ۱/۸۲۲ میلیارد دلار برآورد شده است (Changnon, 2009). در ۳۰ آوریل ۱۸۸۸ در هندوستان بر اثر توفان تگرگ ۲۳۰ نفر در مراد آباد (یکصد مایلی دهلی)، ۱۶ نفر در غازی آباد و روز بعد از آن ۱۲ نفر دیگر نزدیکی غازی آباد، به وسیله تگرگ‌هایی به اندازه توب کریکت کشته شدند (گزارش پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۵). هم چنین از خسارات ناشی از بارش تگرگ در کشور ایران، می‌توان به بارش تگرگی که در تاریخ ۳۱ فروردین ماه سال ۱۳۸۲ در استان اصفهان به مدت ۲۰ الی ۲۵ دقیقه اتفاق افتاده اشاره نمود. 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).

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، ۶۷ میلیارد مترمکعب آب قابل استحصال، اقلیم متنوع آب و هوایی همه این عوامل 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 مورد بهره‌برداری قرار داشته 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

به اوج خود رسیده که منجر به خسارت زیاد به محصولات شده است. چانگنون (۲۰۰۰)، نوسانات و روند زمانی بروز تگرگ را طی یک دوره طولانی مدت ۱۰۰ ساله (۱۹۹۵-۱۹۸۶) در ایالات متحده مورد بررسی قرار داده‌اند. چانگنون (۱۹۶۷)، تغییرات ناحیه‌ای - زمانی شدت تگرگ در الینویز را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده 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 متوسط مقیاس در مرکز ناحیه مورد مطالعه، نشان داده که میزان صدمات رسیده به محصولات با اندازه و تعداد تگرگ و مدت زمان توفان‌های تگرگ رابطه نسبتاً خوبی داشته، ولی با بادهای سطحی قوی، ارتباط نزدیک‌تری دارد. چاتوپادهای و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی وقوع توفان تگرگ و استراتژی برای به حداقل رساندن اثر آن بر محصولات زراعی در کشور هندوستان پرداخت و در این مقاله یک تحلیل دقیق از وقوع حادثه در چهار منطقه همگن هند در طی ۳۵ سال گذشته از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۵ صورت گرفته است.

میرموسوی و اکبرزاده (۱۳۸۸)، بر اساس شاخص‌های ناپایداری در تشکیل تگرگ در ایستگاه هواشناسی تبریز نظیر شاخص‌های LCL و CCL و K نشان داده‌اند 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. هاشمی (۱۳۵۱)، به بررسی صدمات بارش تگرگ بر محصولات کشاورزی پرداخته و به این نتیجه رسیده که می‌توان با استفاده از فن‌آوری‌های جدید و تدابیر هواشناسی کشاورزی و اتخاذ روش‌های مختلف تگرگ زدایی، به امر کاهش خسارات ناشی از این پدیده اقدام نمود. جهانگیری و همکاران (۱۳۸۴)، وضعیت بارش تگرگ از نظر زمانی و مکانی و خسارت‌های ناشی از آن در ایران را مورد بررسی قرار داده و نواحی شمال غربی و شمال شرقی کشور را به عنوان بیش‌ترین فراوانی ریزش تگرگ در کشور شناسایی و راه‌کارهایی برای مقابله با این پدیده و کاهش اثرات زیانبار آن معرفی نموده‌اند.

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.

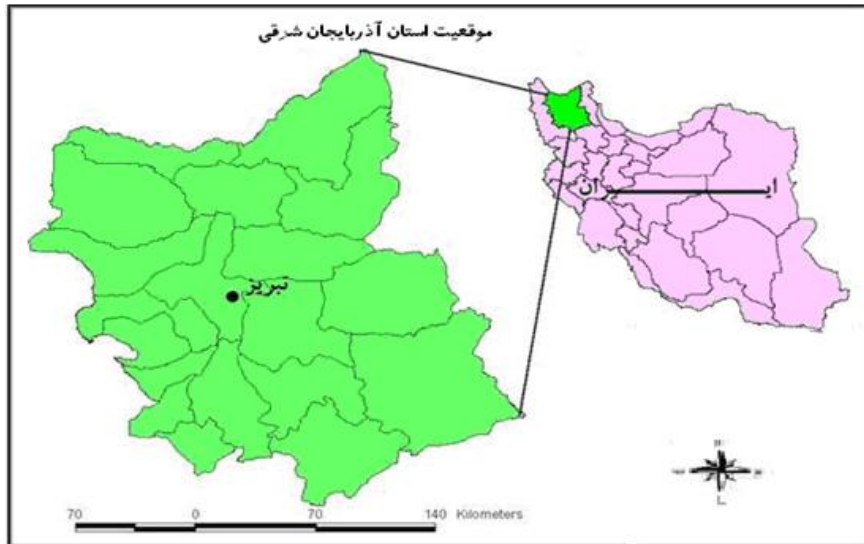
لذا بدین منظور برای به دست آوردن یک دید کلی از توزیع فضایی و زمانی خسارت بارش تگرگ بر محصولات کشاورزی در استان آذربایجان شرقی و بررسی تفاوت بخش‌های مختلف منطقه از نظر این نوع بارش بهتر دیده شد، که با دستیابی به پهنه بندی مناطق آسیب پذیر از نظر خسارت تگرگ، علت تفاوت احتمالی مناطق مختلف و شرایطی که تحت آن این بارش به وقوع پیوسته شناسایی و معرفی گردد. بدین ترتیب با توجه و تاکید بر استراتژی برنامه مدیریت ریسک مخاطرات طبیعی که به عنوان یک پتانسیل و نقش بسیار جدی در تشدید و افزایش خسارات ناشی از بلایای طبیعی مناطق مطرح می‌باشند، می‌توان اقدام به پیش‌بینی و مقابله با بارش تگرگ نمود و منجر به کنترل صدمات ناشی از این پدیده گشت.

در این زمینه فریزبای (۱۹۶۲)، به بررسی الگوهای آسیب ناشی از تگرگ در دشت‌های بزرگ ایالات متحده آمریکا طی دوره ۱۰ ساله (۱۹۶۰-۱۹۵۱) به وسیله نقشه‌های سینوپتیکی پرداخته است. نتیجه این تحقیق نشان داده است که سرعت حرکت سیستم‌های سینوپتیک تأثیر قابل توجهی بر میزان و درجه خسارات ناشی از تگرگ در زمین دارد. هم چنین فریزبای (۱۹۶۳)، در تحقیق دیگری نیز توفان‌های تگرگ دشت‌های عظیم ایالات متحده آمریکا را با استفاده از ثبت اطلاعات بیمه تگرگ بررسی کرده و مسیر تخریب تگرگ را به وسیله ادعاهای بیمه تگرگ ترسیم نموده است. چانگنون (۱۹۸۴)، به منظور برآورد میزان خسارات تگرگ با استفاده از داده‌های روزانه تگرگ طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۸۰-۱۹۶۱)، تغییرات زمانی و مکانی این پدیده را در دشت‌های عظیم شرق کوه‌های راکو آمریکا و کانادا و منطقه میدوست غرب بررسی نموده است. نتایج نشان داده که مناطق با احتمال بالای وقوع تگرگ، مرتبط با مناطق وقوع مکرر جبهه‌ها و یا ویژگی‌های عمده توپوگرافی بوده است. هم چنین فراوانی تگرگ به صورت سالانه و در ماه جولای (به صورت پراکنده اما پیوسته) از سال ۱۹۰۱ تا ۱۹۸۰ در داکاتا، نبراسکا و مینه‌سوتا افزایش یافته است و در سال‌های اخیر (۱۹۸۰-۱۹۶۱)

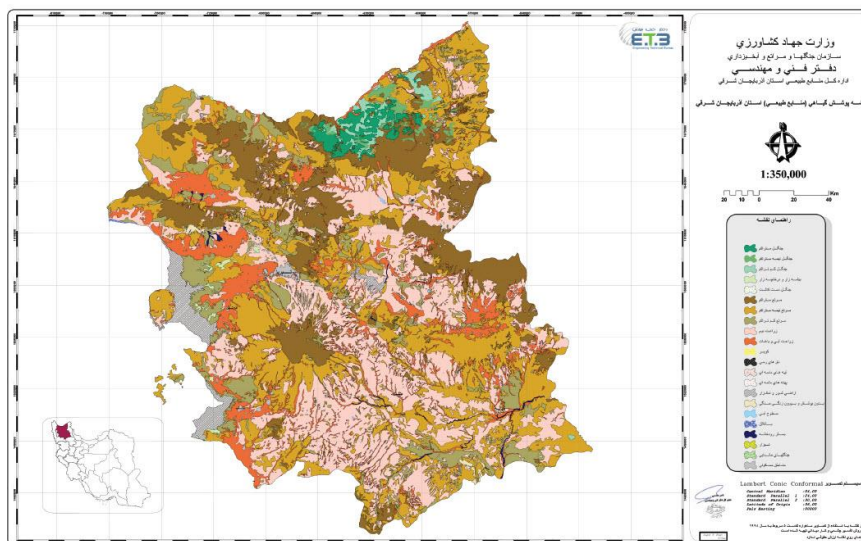
**منطقه مورد مطالعه**

شرقی با وسعت ۴۵۲۶۱/۴ کیلومتر مربع در گوشه شمال غربی فلات ایران قرار دارد که دارای اراضی کشاورزی حدود ۱۳۲۰ هزار هکتار است که ۷/۴۷ درصد اراضی کشاورزی کشور را شامل می‌شود.

آذربایجان شرقی در شمال غربی 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



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی آذربایجان شرقی (نگارنده)



شکل ۲- نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی استان آذربایجان شرقی (اداره کل منابع طبیعی آذربایجان شرقی)

**مواد و روش ها**

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 داده های ۱۳ ایستگاه متناظر موجود استفاده گردید (جدول ۱).

در این تحقیق برای بررسی و تحلیل خسارات بخش کشاورزی در اثر بارش تگرگ از آمار خسارات صندوق بیمه محصولات کشاورزی برای دوره آماری (۱۳۸۹-۱۳۹۸) استفاده گردید که بدلیل کاغذی بودن بیشتر آمار و اطلاعات خسارات موجود در

رخداده که در ایستگاه‌های سینوپتیک هر منطقه ای ثبت می‌شود، تنها تعداد معدودی از این رخداد را شامل می‌شود. بنابراین جهت ارزیابی خسارات ناشی از بارش تگرگ در منطقه مورد مطالعه از آمار خسارات صندوق بیمه محصولات کشاورزی و روزهایی که بارش تگرگ باعث خسارت شده‌اند، استخراج و مورد بررسی قرار گرفتند. سپس جهت شناسایی مناطق آسیب پذیر در برابر بارش تگرگ از آمار فضایی و شاخص لکه داغ و نرم افزار ARC GIS استفاده گردید.

جهت مقایسه زمان وقوع تگرگ های خسارت زا، داده های مربوط به این پدیده در یک دوره آماری ۱۰ ساله از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ استخراج شده که داده های مربوط به توفان تگرگ در گروه هوای حاضر کدهای شماره (۱۳، ۸۷-۹۰، ۹۳، ۹۴، ۹۶، ۹۹) انتخاب شده که انواع مختلف بارش تگرگ با شدتهای متفاوت را در بر دارد. اما با توجه به اینکه در بسیاری از مواقع که پدیده تگرگ رخ می‌دهد بعلت مساحت بسیار کم آن و محدودیت تعداد ایستگاه های سینوپتیک، رخداد این پدیده قابل رویت و ثبت شدن نیست به همین دلیل، تعداد تگرگهای

جدول ۱- مختصات جغرافیایی و ارتفاعی ایستگاه های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه-دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه-دقیقه)	ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر	دوره آماری
۱	تبریز	سینوپتیک	۱۷ ۴۶	۰۵ ۳۸	۱۳۶۴	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۲	اهر	سینوپتیک	۰۴ ۴۷	۲۶ ۳۸	۱۳۹۱	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۳	سراب	سینوپتیک	۲۳ ۴۷	۵۶ ۳۷	۱۶۸۲	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۴	جلفا	سینوپتیک	۳۶ ۴۵	۵۶ ۳۸	۷۳۶	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۵	میانه	سینوپتیک	۴۲ ۴۷	۲۷ ۳۷	۱۱۱۰	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۶	مراغه	سینوپتیک	۰۹ ۴۶	۲۰ ۳۷	۱۳۴۴	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۷	کلبر	سینوپتیک	۰۱ ۴۷	۵۲ ۳۸	۱۲۱۰	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۸	مرند	سینوپتیک	۴۶ ۴۵	۲۶ ۳۸	۱۵۵۰	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۹	بناب	سینوپتیک	۰۴ ۴۶	۲۰ ۳۷	۱۲۹۰	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۱۰	سهند	سینوپتیک	۰۷ ۴۶	۵۶ ۳۷	۱۶۴۱	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۱۱	بستان آباد	سینوپتیک	۵۱ ۴۶	۵۱ ۳۷	۱۷۵۰	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۱۲	ملکان	سینوپتیک	۰۵ ۴۶	۰۹ ۳۷	۱۳۰۸	۱۳۸۹-۱۳۹۸
۱۳	هریس	سینوپتیک	۰۶ ۴۷	۱۵ ۳۸	۱۹۵۰	۱۳۸۹-۱۳۹۸

و همسایه آن به طور نسبی با جمع کل مقادیر عوارض حاصل می‌گردد (Getis and Ord, 1992; Ord and Getis, 1995) و به صورت رابطه (۱) و جدول (۲) محاسبه می‌شود.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - X \sum_{j=1}^n w_{ij}}{2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})} \quad (1)$$

$$X = \sum_{j=1}^n x_j / n \quad (2)$$

$$S = \sum_{j=1}^n x_j^2 / n - (X)^2 \quad (3)$$

تحلیل لکه داغ از آماره گتیس - ارد جی ای (Getis - OrdGi) با استفاده از تحلیل همسایگی در داده ها جهت تعیین نواحی با مقادیر بالا که نقاطی با مقادیر بالا، احاطه شده باشند (لکه داغ) و یا نواحی با مقادیر پایین که نقاطی با مقادیر پایین احاطه شده باشند (لکه سرد) استفاده می‌کند. این تحلیل آماری - فضایی طبق اصول تست فرضیه استوار می‌باشد که می‌تواند سطح معناداری لکه داغ و سرد را به صورت آماری تعیین نماید. 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 دار می‌باشند که این مهم پس از مقایسه مجموع محلی مقادیر عارضه

$X_j$  = مقدار خصیصه برای عارضه  $j$ ،  $W_j^*$  = وزن فضایی  
بین عارضه  $j$ ،  $n$  = برابر با تعداد کل عارضه ها می باشد.

جدول ۲- طبقه بندی نمره استاندارد در تحلیل نوع پراکنش داده های مکان محور

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

باشد که فصل انتقالی گرم از فروردین تا خرداد و انتقالی سرد از مهر تا آذر است.

### بررسی توزیع فضایی و زمانی خسارات ناشی از بارش تگرگ در استان آذربایجان شرقی

قبل از مقایسه مناطق مختلف با یکدیگر توضیحاتی در مورد فصول تندری در ایران و منطقه مورد مطالعه لازم به نظر می رسد. طبق تحقیقات بعمل آمده، توفانهای تندری در ایران دو فصل مشخص را نشان می دهد، فصل انتقالی گرم و فصل 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 می باشد. در فصل انتقالی گرم به دلیل گرم شدن سریع سطح زمین و لایه های زیرین جو (افزایش طول روز و نزدیک شدن خورشید به خط قائم و بالا بودن رطوبت هوا ( بارشهای فصل قبل ) ناپایداری زیاد شده و جریانهای همرفتی شدت یافته است. تحت شرایط مناسب، ابرهای همرفتی رشد کرده و باعث ایجاد توفان تندری می شوند. در فصل انتقالی سرد، فرا رفت هوای کاملاً سرد از عرضهای بالاتر به روی مناطق گرم جنوبی تر باعث صعود لایه های زیرین و ناپایداری شده که در نتیجه آن توفان تندری در ماههای اکتبر و نوامبر افزایش می یابد. البته به دلیل کمتر بودن رطوبت هوای پائین نسبت به بهار شدت وقوع توفان تندری در فصل سرد به مراتب از فصل گرم کمتر است. در منطقه ما فصول انتقالی گرم و سرد تقریباً همان فصول بهار و پائیز می

### بحث و نتایج

#### بررسی توزیع فضایی و زمانی خسارات ناشی از بارش تگرگ در استان آذربایجان شرقی

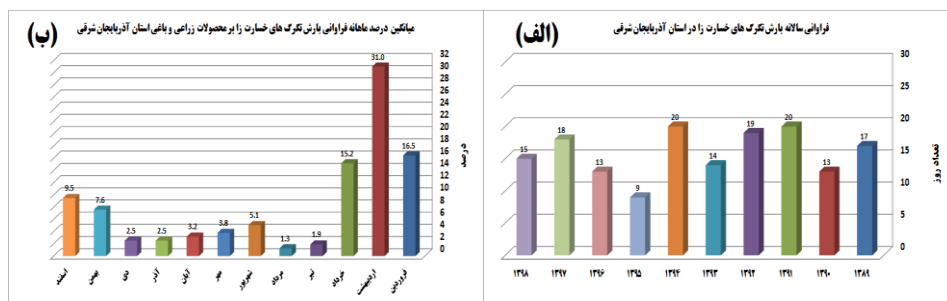
قبل از مقایسه مناطق مختلف با یکدیگر توضیحاتی در مورد فصول تندری در ایران و منطقه مورد مطالعه لازم به نظر می رسد. طبق تحقیقات بعمل آمده، توفانهای تندری در ایران دو فصل مشخص را نشان می دهد، فصل انتقالی گرم و فصل انتقالی سرد. فصل انتقالی گرم از ماه مارس تا ژوئن با حداکثری در ماه می و فصل انتقالی سرد از اکتبر تا دسامبر با حداکثری در ماه اکتبر می باشد. در فصل انتقالی گرم به دلیل گرم شدن سریع سطح زمین و لایه های زیرین جو (افزایش طول روز و نزدیک شدن خورشید به خط قائم و بالا بودن رطوبت هوا ( بارشهای فصل قبل ) ناپایداری زیاد شده و جریانهای همرفتی شدت یافته است. تحت شرایط مناسب، ابرهای همرفتی رشد کرده و باعث ایجاد توفان تندری می شوند. در فصل انتقالی سرد، فرا رفت هوای کاملاً سرد از عرضهای بالاتر به روی مناطق گرم جنوبی تر باعث صعود لایه های زیرین و ناپایداری شده که در نتیجه آن توفان تندری در ماههای اکتبر و نوامبر افزایش می یابد. البته به دلیل کمتر بودن رطوبت هوای پائین نسبت به بهار شدت وقوع توفان تندری در فصل سرد به مراتب از فصل گرم کمتر است. در منطقه ما فصول انتقالی گرم و سرد تقریباً همان فصول بهار و پائیز می

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 الی شهریور) که منطبق با فصل رشد گیاهی در این منطقه می‌باشد، رخ داده است 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 بطور میانگین بین ساعت ۰۹ تا ۱۵ (G.M.T) بیشتر از ساعتهای دیگر بوده و در این دوره ۱۰ ساله 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 مشاهده می‌شود که درصد بارش تگرگ‌های روزانه در استان آذربایجان شرقی بیشتر از بارش‌های شبانه می‌باشد بطوری که بارش‌های بین ساعت ۱۵-۰۶ گرینویچ ۸۶.۷ درصد بوده و تنها ۱۳.۳ درصد از بارش‌ها در طول شب رخ داده است.

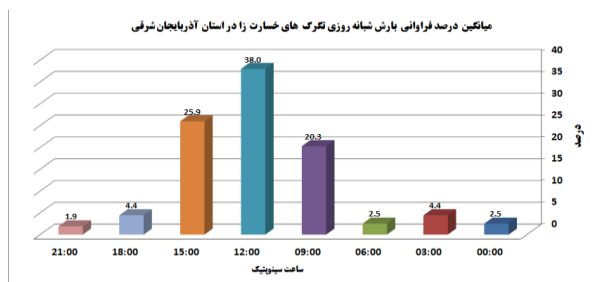
باشد که فصل انتقالی گرم از فروردین تا خرداد و انتقالی سرد از مهر تا آذر است.

### توزیع زمانی بارش تگرگ‌های خسارت‌زا

در این بخش برای سه مقیاس زمانی سالانه، ماهانه و ساعتی جداگانه بر اساس فراوانی بارش تگرگ‌های خسارت‌زا تنظیم گردید و سپس درصد فراوانی بارش‌های خسارت‌زا بصورت شکل ارائه گردید. با توجه به شکل (۳) مشاهده می‌شود که طی دوره آماری (۱۳۸۹-۱۳۹۸) میانگین سالانه وقوع بارش تگرگ خسارت‌زا در منطقه مورد مطالعه ۱۶ بار می‌باشد. بیشترین فراوانی بارش تگرگ خسارت‌زا در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۴ با ۲۰ بار رخ داد و کمترین فراوانی در سال ۱۳۹۵ با ۹ بار رخ داد این پدیده 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



شکل ۳- فراوانی سالانه (الف) و میانگین درصد ماهانه فراوانی (ب) بارش تگرگ‌های خسارت‌زا در استان آذربایجان شرقی طی دوره آماری (۱۳۸۹-۱۳۹۸)



شکل ۴- میانگین درصد فراوانی بارش شبانه‌روزی تگرگ‌های خسارت‌زا در استان آذربایجان شرقی طی دوره آماری (۱۳۸۹-۱۳۹۸)

با توجه به جدول (۳) مشاهده می شود که خسارات وارده این پدیده بر محصولات باغی در سطح استان آذربایجان شرقی بطور میانگین سالانه ۱۲۳.۵ هکتار می باشد 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 رتبه های بعدی قرار دارند. اما از نظر خسارات وارده بر محصولات زراعی مشخص گردید قره آغاج با میانگین سالانه ۱۱۴۳.۹ هکتار دارای بیشترین سطح خسارت و هشتروند با ۸۲۶.۶ هکتار و اهر با ۳۶۹.۱ هکتار در رتبه های بعدی قرار دارند.

از نظر سطح خسارات وارده بر مجموع محصولات زراعی و باغی طی دوره آماری مورد مطالعه مشخص گردید که در سطح استان بطور میانگین سالانه حدود ۲۶۲ هکتار از سطح زیر کشت استان در اثر این پدیده خسارت می بینند. بیشترین سطح خسارت مربوط به بخش قره آغاج با میانگین سالانه ۱۱۵۹.۷ هکتار می باشد که ۱۴.۷ درصد از کل خسارات ناشی از تگرگ در سطح منطقه مورد مطالعه را شامل می شود و هشتروند و اهر به ترتیب با ۱۰۵۷.۹ (۱۳.۴ درصد) و ۸۶۰.۳ (۱۰.۹ درصد) در رتبه های بعدی قرار دارند.

## توزیع فضایی خسارت ناشی از بارش تگرگ

توفانهای تگرگ به طور قابل توجهی مجموع سطح برگ، بازه محصول و مجموع فنولیک دانه محصول را کاهش می دهد (پتومنو و همکاران، ۲۰۱۹). پدیده تگرگ، مستعد رخداد در فصل رشد گیاهان است. تفاوت های زیادی در میزان خسارت به محصولات کشاورزی به دلیل تفاوتها در شدت ریزش تگرگ، نوع محصول و گیاه و مرحله رشد گیاه است (سانچز و همکاران، ۲۰۰۹). بهمین منظور با توجه به تنوع محصولات در سطح منطقه مورد مطالعه، شدت خسارت وارده بر انواع محصولات زراعی و باغی مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش برای طبقه بندی و ترسیم نقشه مناطق مستعد و آسیب پذیر بخش کشاورزی در برابر پدیده تگرگ، از آمار صندوق بیمه محصولات کشاورزی استفاده و مورد بررسی قرار گرفت و تعداد کل و میانگین سالیانه خسارات ناشی از بارش تگرگ در سطح استان آذربایجان شرقی بدست آمد که نتایج آن در جدول (۳) و شکل (۵) آورده شده است.

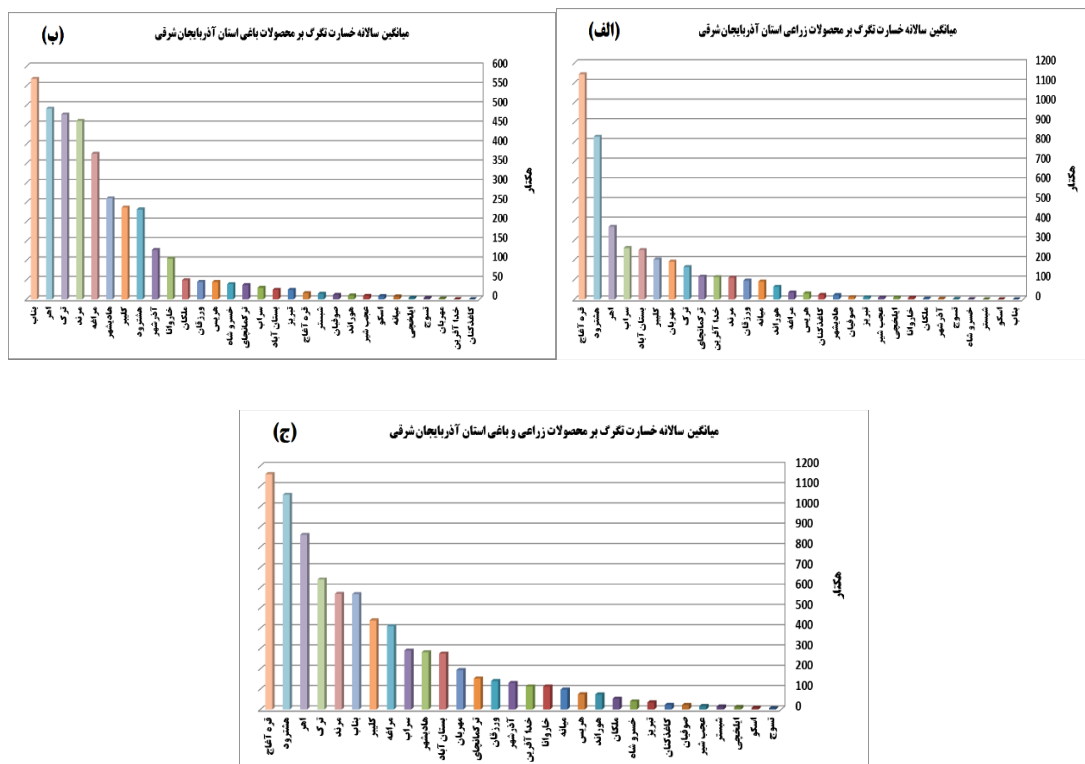
جدول ۳- تعداد کل و میانگین سالانه خسارت ناشی از تگرگ بر محصولات باغی و زراعی در استان آذربایجان شرقی طی دوره آماری (۱۳۹۸-۱۳۸۹)

(۱۳۸۹)

شهرستان / بخش	فراوانی ۱۰ ساله تگرگ	میانگین ۱۰ ساله فراوانی تگرگ	درصد فراوانی تگرگ	میانگین ۱۰ ساله خسارت بر محصولات زراعی	میانگین ۱۰ ساله خسارت بر محصولات باغی	میانگین ۱۰ ساله خسارت بر کل محصولات کشاورزی	درصد میانگین ۱۰ ساله خسارت بر کل محصولات کشاورزی
آذرشهر	۹	۰.۹	۱.۱	۳۸	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
بستان آباد	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
خدا آفرین	۱۸	۱.۸	۲.۳	۱۱۳.۰	۰.۰	۱۱۳.۰	۱.۴
خسرو شاه	۱۷	۱.۷	۲.۱	۰.۹	۳۹.۱	۴۰.۱	۰.۵



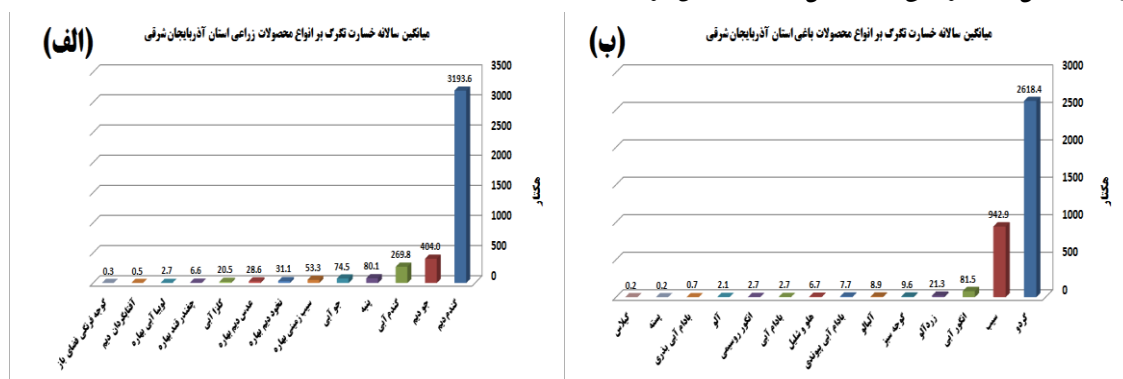
۳.۷	۲۹۰.۱	۲۹.۴	۲۶۰.۷	۵.۹	۴.۷	۴۷	سراب
۰.۲	۱۴.۳	۱۴.۲	۰.۱	۱.۱	۰.۹	۹	شبتستر
۰.۳	۲۲.۲	۱۱.۲	۱۱.۰	۱.۵	۱.۲	۱۲	صوفیان
۰.۲	۱۷.۵	۸.۹	۸.۶	۱.۵	۱.۲	۱۲	عجب شیر
۱۴.۷	۱۱۵۹.۷	۱۵.۷	۱۱۴۳.۹	۵.۹	۴.۷	۴۷	قره آغاج
۰.۳	۲۲.۶	۰.۰	۲۲.۶	۰.۴	۰.۳	۳	کاغذکنان
۵.۶	۴۳۹.۰	۲۳۶.۳	۲۰۲.۷	۵.۱	۴	۴۰	کلپیر
۵.۲	۴۱۰.۳	۳۷۵.۰	۳۵.۳	۵.۳	۴.۲	۴۲	مراغه
۷.۲	۵۶۹.۶	۴۵۹.۶	۱۱۰.۰	۸.۶	۶.۸	۶۸	مرند
۰.۷	۵۳.۰	۴۸.۹	۴.۱	۳.۳	۲.۶	۲۶	ملکان
۲.۵	۱۹۳.۸	۲.۱	۱۹۱.۸	۲.۹	۲.۳	۲۳	مهربان
۱.۲	۹۷.۸	۷.۳	۹۰.۵	۳.۳	۲.۶	۲۶	میانه
۱.۸	۱۴۰.۰	۴۴.۵	۹۵.۵	۲.۵	۲	۲۰	ورزقان
۳.۶	۲۸۲.۰	۲۶۰.۲	۲۱.۷	۲.۴	۱.۹	۱۹	هادیشهر
۰.۹	۷۴.۶	۴۴.۵	۳۰.۱	۲.۳	۱.۸	۱۸	هریس
۱۳.۴	۱۰۵۷.۹	۲۳۱.۳	۸۲۶.۶	۹.۱	۷.۲	۷۲	هشتروند
۰.۹	۷۳.۷	۹.۹	۶۳.۸	۳.۴	۲.۷	۲۷	هوراند
۱۰۰.۰	۷۸۷۱.۱	۳۷۰۵.۶	۴۱۶۵.۵	۱۰۰.۰	۷۹.۲	۷۹۲.۰	جمع
۳.۳	۲۶۲.۴	۱۲۳.۵	۱۳۸.۹	۳.۳	۲.۶	۲۶.۴	میانگین



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

که بیشترین محصولات باغی آسیب دیده 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 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 رتبه های دوم و سوم آسیب دیدگی قرار دارند. در مجموع این ۳ محصول (گردو، سیب و انگور آبی) ۹۸.۳ درصد از کل خسارت بر این بخش را به خود اختصاص داده است و تنها ۱.۷ درصد خسارت مربوط به محصولات باغی دیگر می باشد.

با توجه به تنوع محصولات کشت شده در سطح استان آذربایجان شرقی بررسی های بعمل آمده طبق شکل (۶) نشان داد که بیشترین محصولات زراعی آسیب دیده از پدیده تگرگ شامل گندم دیم با میانگین خسارت سالانه ۳۱۹۳.۶ هکتار که با ۷۶.۷ درصد از کل خسارت بر این بخش در رتبه اول 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 رتبه های دوم و سوم آسیب دیدگی قرار دارند. در مجموع این ۳ محصول (گندم دیم، جو دیم و گندم آبی) ۹۲.۸ درصد از کل خسارت بر این بخش را به خود اختصاص داده اند. همچنین با توجه به شکل (۳) و بررسی های بعمل آمده مشخص گردید



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)

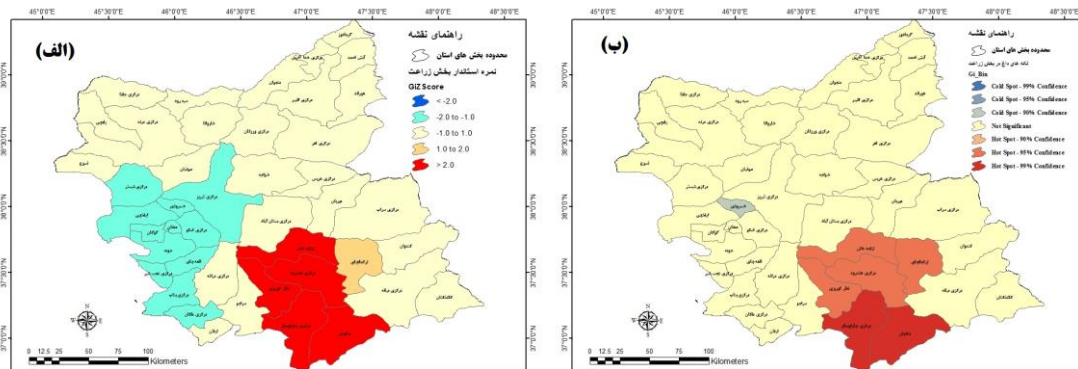
ارزش بالا (خود همبستگی فضایی مثبت) نمایانگر لکه های داغ و مقادیر با ارزش پایین (خود همبستگی فضایی منفی) نمایانگر لکه های سرد است. باتوجه به شکل (۷) و نتایج بدست آمده مشخص گردید که در بخش زراعت مقادیر باخود همبستگی فضایی مثبت در بخش هایی از جنوب استان متمرکز شده اند که ۶ بخش (تیکمه داش، مرکزی هشترود، نظرکهریزی، ترکمانچای، مرکزی چاراویماق و شادیان) از ۴ شهرستان (بستان آباد، هشترود، میانه و چاراویماق) را در بر می گیرد و در این میان آسیب پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش های مرکزی چاراویماق و شادیان می باشد که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی بالاترین خود همبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه ای قوی - داغ - داغ) می باشند. در طرف دیگر منطقه ای با آسیب پذیری کمتر فقط در بخش

### تحلیل لکه های داغ و مناطق آسیب پذیر

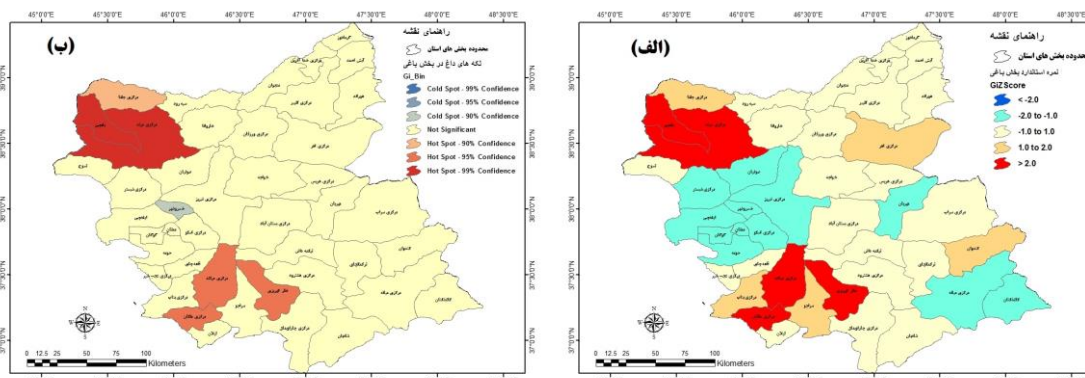
به منظور شناسایی مناطق آسیب پذیر در برابر پدیده تگرگ از تکنیکهای آمار فضایی و تحلیل خود همبستگی فضایی و جهت حصول از اطمینان از مناطق با ارزش بالا و پایین از شاخص  $G_i^*$  (گتیس - ارد جی ای) استفاده گردید که نتایج در شکل ۵ ارائه شده است. شاخص  $G_i^*$  برای هر عارضه موجود در داده ها محاسبه می شود، نوعی امتیاز  $Z$  است. هر چه امتیاز  $Z$  بزرگتر، مقادیر بالا به نسبت خوشه بندی و لکه داغ تشکیل می دهند و بالعکس. امتیاز  $Z$  محاسبه شده در این تحلیل نشان می دهد در کدام ناحیه داده ها مقادیر زیاد یا کم خوشه بندی شده اند (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۴). این ابزار در واقع، به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی اش قرار دارد، توجه می کند. براساس شکل های (۷ تا ۹)، مقادیر با

همانطوری که در شکل مشاهده می‌شود، مقادیر با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از جنوب استان (بخش‌های مرکزی هشتروند، نظرکهریزی، ترکمانچای، مرکزی چاراویماق و شادیان) از ۳ شهرستان (هشتروند، میانه و چاراویماق) متمرکز شده‌اند و در این میان آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی چاراویماق، شادیان و نظرکهریزی می‌باشد 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 ۴ 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 (بخش‌های دارای الگوی تصادفی و نامتوازن می‌باشند).

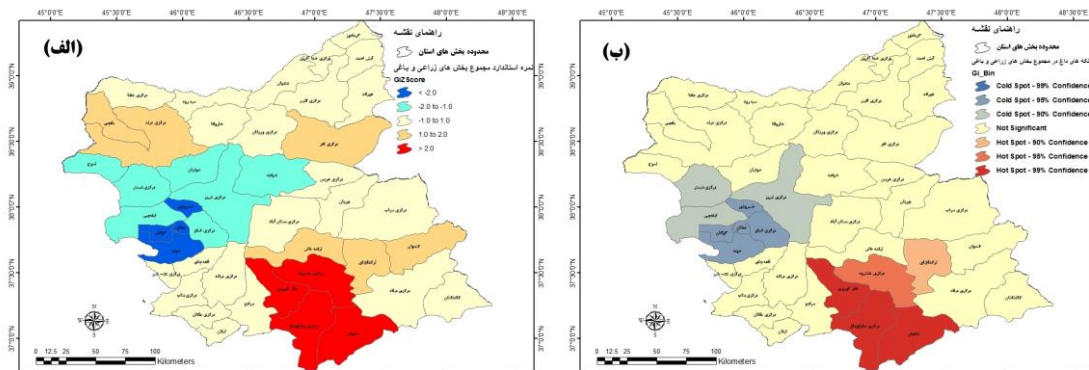
خسروشاه با خودهمبستگی فضایی منفی معنادار با ضریب اطمینان ۹۰ درصد (خوشه‌ای ضعیف - سرد-سرد) می‌باشد. بقیه بخش‌های استان (بخش‌های دارای الگوی تصادفی و نامتوازن می‌باشند. باتوجه به شکل (۸) و نتایج بدست آمده مشخص گردید که در بخش‌های باغی مقادیر با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از شمال غرب استان (بخش‌های مرکزی و یامچی مرند و مرکزی جلفا) و جنوب غربی (بخش‌های مرکزی مراغه، مرکزی ملکان و نظرکهریزی) متمرکز شده‌اند. در این میان آسیب‌پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی و یامچی مرند می‌باشد 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 فقط در بخش خسروشاه با خودهمبستگی فضایی منفی معنادار با ضریب اطمینان ۹۰ درصد (خوشه‌ای ضعیف - سرد-سرد) می‌باشند. بقیه بخش‌های استان (بخش‌های دارای الگوی تصادفی و نامتوازن می‌باشند. جهت بررسی آسیب‌پذیری کلی مناطق از مجموع خسارات بخش زراعت و باغی استفاده شد و نتایج بررسی در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل ۷- نتایج حاصل از پراکنش الگوی آسیب‌پذیری بخش زراعت استان آذربایجان شرقی در برابر پدیده نگرگ با استفاده از شاخص  $GI^*$ . (الف) نتایج تحلیل نمره استاندارد (ب) نتایج تحلیل لکه‌های داغ و سرد



شکل ۸- نتایج حاصل از پراکنش الگوی آسیب پذیری بخش باغی استان آذربایجان شرقی در برابر پدیده تگرگ با استفاده از شاخص  $Gi^*$ . (الف) نتایج تحلیل نمره استاندارد (ب) نتایج تحلیل لکه های داغ و سرد



شکل

۹- نتایج حاصل از پراکنش الگوی آسیب پذیری مجموع بخش های زراعی و باغی استان آذربایجان شرقی در برابر پدیده تگرگ با استفاده از شاخص  $Gi^*$ . (الف) نتایج تحلیل نمره استاندارد (ب) نتایج تحلیل لکه های داغ و سرد

### نتیجه گیری

ساله حداکثر بارش در ساعت ۱۲ اتفاق افتاده است با توجه به شکل مشاهده می شود که درصد بارش تگرگ های روزانه در استان آذربایجان شرقی بیشتر از بارش های شبانه می باشد. این نتایج با نتایج سیف (۱۳۷۵)، صناعی و همکاران (۱۳۸۲)، جهانگیری و همکاران (۱۳۸۴)، گزارش پژوهشکده-۷ هواشناسی (۱۳۸۵)، آسیایی و خزانه داری (۱۳۸۶)، قشلاقی (۱۳۸۶)، میرموسوی و اکبرزاده (۱۳۸۸)، میرموسوی و اکبرزاده (۱۳۸۹) در اینکه که بیشترین فراوانی بارش تگرگ در فصل بهار و بین ساعت ۰۹ تا ۱۵ (G.M.T) رخ داده است، مطابقت دارد.

در بررسی لکه های داغ براساس شاخص  $Gi^*$  و با توجه به شکل های ۵ تا ۶ مشخص گردید که در بخش زراعت مقادیر با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) در بخش هایی از جنوب استان متمرکز شده اند و در آسیب پذیرترین منطقه در

استفاده از تکنیکهای آمار فضایی ابزار سودمند برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی عناصر و پدیده ها می باشد. تحقیق حاضر با استفاده از شاخص  $Gi^*$  به شناسایی مناطق کشاورزی آسیب پذیر در برابر بارش تگرگ در استان آذربایجان شرقی پرداخته شد. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین فراوانی بارش تگرگ خسارت زا در ماه اردیبهشت و کمترین فراوانی بارش در مرداد ماه اتفاق افتاده است. همچنین نتایج نشان داد که حدود ۷۱ درصد از بارش های تگرگ خسارت زا در منطقه مورد مطالعه در فصول گرم سال که منطبق با فصل رشد گیاهی در این منطقه می باشد، رخ داده است. همچنین در دوره زمانی مورد بررسی بارش تگرگ های خسارت زا در استان آذربایجان شرقی بطور میانگین بین ساعت ۰۹ تا ۱۵ (G.M.T) بیشتر از ساعتهای دیگر بوده و در این دوره ۱۰

منطقه ای با آسیب پذیری کمتر در بخش‌هایی از غرب استان به ویژه بخش‌های مرکزی اسکو، خسروشهر، ممقان، گوگان و حومه آذرشهر منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خود همبستگی فضایی منفی معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه ای قوی - سرد - سرد) می‌باشند، متمرکز شده‌اند. همچنین با بررسی مناطق آسیب پذیر می‌توان به سطح زیر کشت بالا در این مناطق و همچنین تاثیر عوامل محلی همچون توپوگرافی و ارتفاع و عوامل بیرونی از جمله مسیر ورود سیستم‌های جوی تگرگ را از طرف غرب و جنوب غرب استان در وقوع و تشدید آن اشاره نمود. نتایج این مطالعه کارایی تکنیکهای آمار فضایی را در شناسایی مناطق آسیب پذیر و تفکیک مناسب بر اساس اصول آمار فضایی بخوبی نشان می‌دهد و می‌تواند به عنوان الگویی در سایر بخش‌های کشاورزی و اقتصادی کشور بکار گرفته شود. همچنین مطالعه این شاخص و تلفیق اطلاعات حاصل از آمار فضایی با اطلاعات اقلیمی، بررسی تاثیر طولانی مدت پدیده‌ها بر تغییرات الگوی لکه‌های داغ و توسعه سایر شاخص‌های فضایی در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد.

سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی چاراویماق و شادیان می‌باشد که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خود همبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه ای قوی - داغ - داغ) می‌باشند. در بخش باغی مقادیر با ارزش بالا (خود همبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از شمال غرب استان متمرکز شده‌اند و آسیب پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی و یامچی مرند می‌باشد که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خود همبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه ای قوی - داغ - داغ) می‌باشند. همچنین بررسی مجموع خسارات بخش زراعت و باغی نشان داد که مقادیر با ارزش بالا (خود همبستگی فضایی مثبت) در بخش‌هایی از جنوب استان متمرکز شده‌اند که آسیب پذیرترین منطقه در سطح منطقه مورد مطالعه بخش‌های مرکزی چاراویماق، شادیان و نظر کهریزی می‌باشد که منطبق بر مناطقی است که دارای الگوی پراکنش فضایی با بالاترین خود همبستگی فضایی مثبت معنادار و ضریب اطمینان ۹۹ درصد (خوشه ای قوی - داغ - داغ) می‌باشند. در طرف دیگر

### منابع

1. Akbarzadeh, Y., 2008. Temporal and Spatial Analysis of Hail in East Azerbaijan. M.Sc. Thesis, Zanjan University, Faculty of Literature and Humanities, Zanjan.
2. Alizadeh, A., 2007. Principles of Applied Hydrology. 21st Edition, Mashhad, Imam Reza University Press. 1-807.
3. Asia, M., and Treasury, L., 1386. Zoning of hail in Iran and providing appropriate methods for its adjustment, Journal of Geographical Sciences, No. 5 and 6: 170-194.
4. Changnon, S. A. 1967, Areal-Temporal Variations of Hail Intensity in Illinois: Journal of Applied Meteorology Vol. 6, pp. 536-541, Available online at [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(1967\)006<0536:ATVOHI>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1967)006<0536:ATVOHI>2.0.CO;2).
5. 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.
6. 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.
7. Changnon, S. A. 2009, Increasing major hail losses in the U.S.: Climatic Change 96, pp.161-166.
8. Changnon, S. A. Changnon, D. 2000, Long-Term Fluctuations in Hail Incidences in the United States: Journal of Climate Vol. 13, pp. 658-664
9. 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.
10. Frisby, E. M. 1963, Hailstorms of the Upper Great Plains of the United States: Journal of Applied Meteorology Vol. 2, pp. 759-766.

11. Ghavidel Rahimi, Y., 2007. Identification of Environmental Hazards Properties in North West Iran: A Case Study of Thunderstorm Hazards in Tabriz. MJSP. 2007; 11 :101-116.
12. Getis A, Ord JK.,1992. the analysis of spatial association by use of distance statistics. Geogr Anal 24(3):189-206.
13. Gheshlaghi, M., 2007. The effect of hail on agricultural areas of East and West Azerbaijan provinces. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Research Sciences Branch.
14. Hashemi, F., 1351. Hail damage in agriculture and combating it. Newar, 3 : 43 – 47.
15. Jadidi, T., Khashtkar Thani, S. and Naimi, B., 2011. Zoning the frequency of hail in West Azerbaijan province. National Conference on Climate Change and its impact on agriculture and environment, Urmia, 1-6.
16. Jahangiri, Z., Pedram, M., and Seif, M., 2005. Study of spatial and temporal distribution of hail and its damages in Iran. Proceedings of the International Conference on Earth Hazards, Natural Disasters and Strategies to Deal with it , University of Tabriz, Tabriz.
17. Javanmard, S., Fateh, SH. and Dalai, H., 2007. Hail risk management to reduce the risk potential in the country (Case study of potato and rice products). First International Congress on Risk Management, 1-20.
18. Mirmousavi, S., and Akbarzadeh, Y., 1388. Application of Poisson and negative binomial distributions in estimating the probabilities of hail days Case study: East Azarbaijan province. Geography and Environmental Planning (Journal of Humanities Research, University of Isfahan), 20 (4 (36 in a row)): 73-84.
19. Mirmousavi, S., and Akbarzadeh, Y., 1389. Temporal-spatial study of hail in the growing season of plants Case study: East Azarbaijan province. Geography and Planning, 15 (33), 175-190.
20. Ord, J.K. and Getis, A.,1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. Geogr Anal, 27(4): 287-306.
21. Petoumenou, D. G., Biniari, K., Xyrafis, E., Mavronasios, D., Daskalakis, I., & 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.
22. Report of Meteorological Research Institute, 2006. Reducing the risk of atmospheric and climatic disasters (drought and hail), Sixth report, Study of management methods in response to atmospheric and climatic crises and organization of warning systems for destructive atmospheric phenomena.
23. Sanaei, B., Bastani, K., and Rafibakhsh, F., 2003. A study of the statistical model of hail phenomenon in the country. Newar: 48-49.
24. Wieringa, J., and J. Lomas. 2001. Lecture notes for training agricultural meteorological personnel. WMO-No.551. ISBN 92-63-12551-1. 196 pp.
25. Ziaei, S.F., 2009. Hail and its effects, Rainfall Quarterly. Internal Journal of Khuzestan Meteorological Department, 1-25.