# شناسایی ویژگیهای سوانح محیطی منطقه شمال غرب ایران
# ( نمونه مطالعاتی: خطر توفانهای تندری در تبریز )

**جواد خوشحال دستجردی[1]*، یوسف قویدل رحیمی[2]**

۱- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت:۸٤/۹/۲۹ پذیرش:۸٦/۷/۲۲

## چکیده

در این پژوهش با استفاده از داده‌های مربوط به فراوانی وقوع توفانهای تندری در تبریز به عنوان نمونه‌ای از اقلیم شمال غرب ایران، خصوصیات زمانی و آماری توفانهای تندری مورد مطالعه قرار داده شده است. در این مطالعه بر حسب مورد از روشهای تعیین همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، تحلیل روند خطی و پلی‌نومیال درجهٔ ٦ و نیز روش تحلیل خوشه‌ای ادغام بر حسب متوسط درون گروهی با معیار فاصلهٔ بلوکی برای طبقه‌بندی ماهانهٔ وقوع توفانهای تندری استفاده شده است. این مطالعه نشان داد که در مقیاس زمانی ماهانه، ماه مه و در بازهٔ فصلی، بهار دارای بیشترین فراوانی وقوع توفانهای تندری هستند. آمار هواشناسی نشان می‌دهد که به هنگام وقوع توفانهای تندری، پدیده‌های اقلیمی فرعی خطرناکی مانند تگرگ، رگبارهای سنگین و سیل‌آسا، بادهای شدید و صاعقه، پدیدهٔ غالب اقلیمی تبریز هستند. سوانح اقلیمی یادشده به عنوان بخشی از ماهیت اقلیم تبریز و کل منطقهٔ شمال غرب ایران، هر ساله خسارات فراوان اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی را متوجه مردم به‌ویژه کشاورزان و دامداران می‌کنند. توزیع احتمال وقوع توفانهای تندری تبریز، مبین اجتناب‌ناپذیر بودن وقوع آنها به‌ویژه در دوره‌های برگشت کوتاه‌مدت است و از این رو، توفانهای تندری و پدیده‌های فرعی ناشی از آن در تبریز یک خطر مخرب دائم محسوب می‌گردد.

**کلید واژه‌ها**: بلایای طبیعی اقلیمی، توفانهای تندری، تحلیل خوشه‌ای، تگرگ، صاعقه، تبریز.

---

* نویسنده مسوؤل مقاله: E-mail: J.Khoshhal@geog.ui.ac.ir

[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

## ۱- مقدمه

طیف وسیعی از بلایای طبیعی که محیط زیست را مورد تهاجم خود قرار داده، به سوی ناپایداری سوق می‌دهند، به بلایای ناشی از پدیده‌های افراطی جوی اختصاص دارد. هر ساله در گوشه و کنار جهان، اخباری راجع به صدمات پدیده‌های افراطی جوی دریافت می‌گردد. توفانهای تندری از مهمترین، فراوانترین و شدیدترین بلایای اقلیمی هستند که هر ساله، علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی و تأسیسات عمرانی، موجب تلفات انسانی (تلفات جانی توفان، سیل، صاعقه‌زدگی و غیره) بسیاری در نقاط مختلف دنیا می‌شوند [۱]. در این زمینه تنها بین سالهای ۱۹۵۳ تا ۱۹۵۷ در آمریکا خسارتهای مالی ناشی از توفان تندری بالغ بر ۳/٦ میلیارد دلار برآورد شده است. در منبع مذکور، پدیدهٔ توفان تندری بعد از دیوبادها در ردهٔ دوم بلایای طبیعی از نظر میزان خسارات وارد به اقتصاد آمریکا قرارگرفته است[۲].

بر اساس تعریف، توفان تندری (مثل دیوبادها) ماشین ترمودینامیکی است که در آن، انرژی پتانسیل از گرمای نهان حاصل از تراکم در شرایط رطوبتی یا ناپایداری حاصل به جابه‌جایی قائم هوا تبدیل می‌گردد. خصوصیات بارز یک توفان تندری، مثل باد شدید، تگرگ، رعد و برق و بارشهای سنگین و سیل‌آسا، نتیجه تشکیل یک سلول همرفتی بزرگ در اتمسفر است. نتیجهٔ قابل رؤیت این سلول، انبوهی از ابرهای کومولونیمبوس است که در ابتدا از یک ابر کومولوس شروع شده، به‌سرعت صعود کرده، تبدیل به ابر کومولونیمبوس می‌گردد[۳]. قسمت فوقانی این ابر تا بخش تحتانی آن ممکن است کیلومترها فاصله داشته باشد. تندرها معمولاً یا بر اثر گرم‌شدن زیاد سطح زمین در داخل توده‌های هوایی و یا در جبهه‌های هوا، به‌ویژه در جبههٔ سرد، به وجود می‌آیند. بنابراین، تندر یا ناشی از توده هوا است و یا منشأ جبهه‌ای دارد [٤].

توفان تندری و پدیده‌های ناشی از آن، مانند تگرگ، بارش سنگین و سیل‌آسا، صاعقه و باد شدید از مهمترین سوانح اقلیم‌شناختی هستند که بخش وسیعی از تحقیقات آب و هواشناسی دنیا را به خود اختصاص داده‌اند. از برجسته‌ترین مطالعات انجام‌گرفته در این خصوص می‌توان از تحقیق ارزشمند «وایت‌من » یاد کرد که در آن با روشهایی نوین خصوصاً تحلیلهای سینوپتیکی، پدیده‌های اقلیمی کوهستانی به‌ویژه توفانهای رعد و برقی،



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

تگرگ، روزهای توأم با برف و بارش سنگین و دیگر پدیده‌های نواحی مرتفع به طرز جالبی بیان گردیده‌است[٥]. مطالعه‌ای در آمریکا نشان می‌دهد که صاعقه‌های ناشی از توفانهای تندری، مهمترین عامل طبیعی آتش‌سوزیهای جنگلها و مراتع آمریکا هستند. در کار یاد شده با توجه به خصوصیات توزیع زمانی و مکانی آذرخشها، ایالات آمریکا از نظر خطر آتش‌سوزی جنگلها و مراتع به روش سوئیسی (منطقه‌بندی بر اساس سه رنگ قرمز، زرد، سیاه) پهنه‌بندی شده‌اند[٦] .

«استرلینگ» در تحقیق خود بر اساس منشأ، مورفولوژی، و میزان بارشی که هر سامانهٔ تندری می‌تواند تولید کند، اقدام به پهنه‌بندی مناطق مختلف آمریکا کرده، ٥ منطقهٔ مجزا را از حیث خصوصیاتی که برای توفانهای رعد و برقی برشمرده بود، تشخیص داد و نقشهٔ آن را ترسیم کرد[۷]. نامبرده در تحقیقی دیگر از توفانهای تندری به عنوان معضل مهم آمریکا در قرن بیستم یاد کرده، پیامدهای محیطی و اقتصادی ناشی از توفانهای تندری و پدیده‌های مربوط به آن (سیل، تگرگ، باد شدید) را بر اقتصاد قشر کشاورز آمریکا، بسیار خانمان‌سوز دانسته است[۸]. محققان با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست، محدودهٔ متأثر از توفانهای تندری را تعیین و با استفاده از تصاویر باندهای مختلف سنجنده‌های ماهوارهٔ لندست، صدمات ناشی از توفانها را نقشه‌کشی کرده‌اند[۹]. «شانون» توزیع زمانی- مکانی بارشهای رعد و برقی نواحی مرزی آمریکا و مسائل ناشی از آنها به‌ویژه سیل و فرسایش خاک را مورد مطالعه قرار داده، خاطر نشان می‌کند که این امر به شکل دائم ناپایدارکنندهٔ محیط و مخرب در نواحی مرزی عمل می‌کند و تمایل سرمایه‌گذاران کشاورزی به فعالیت در مناطق مذکور را به‌شدت کاهش می‌دهد[۱۰].

عمده اطلاعات در مورد توفانهای تندری ایران در کتاب *آب و هوای ایران*[۱۱] مندرج است. این کار علیجانی به عنوان اولین مطالعهٔ انجام گرفته در ایران بسیار با ارزش و قابل استناد است. غیبی و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش شبکه‌های عصبی، اقدام به تعیین ویژگیها و طبقه‌بندی توفانهای تندری مناطق جنوب و جنوب غرب ایران کرده و محدودهٔ مورد مطالعه را از حیث خطر نسبی توفان تندری و پدیده‌های ناشی از آن با تأکید بر خطرهایی که کشاورزی و دامپروری را تهدید می‌کند، به سه



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

منطقه پهنه‌بندی کرده‌اند[۱۲]. مطالعه‌ای که به‌تازگی انجام گرفته خصوصیات زمانی-مکانی توزیع توفانهای تندری در ایران را با اندکی تفاوت نسبت به مطالعهٔ علیجانی مورد تأیید قرار داده است. مطالعه مذکور بیشترین توزیع سالانهٔ توفانهای تندری را در منطقهٔ شمال غرب ایران نشان می‌دهد که بر فراوانی وقوع آنها از غرب و شمال غرب ایران به طرف مرکز بیشینهٔ مستقر بر روی دریای سیاه افزوده می‌شود[۱۳].

تبریز از مراکز پرخطر از نظر توفانهای تندری در منطقهٔ شمال غرب ایران است و هر ساله صدمات زیادی از توفانهای تندری و پدیده‌های برخاسته از آن را متحمل می‌شود. این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل زمانی توفانهای تندری و ویژگیهای آماری آن در ایستگاه سینوپتیک تبریز به عنوان ایستگاه شاخص شمال غرب ایران انجام گرفته است .

## ۲- مواد و روشها

پس از بازسازی داده‌های مفقود و ثبت نشده، داده‌ها از نظر کیفی کنترل گردید و پس از اطمینان از صحت داده‌های مورد استفاده، به تجزیه و تحلیل ویژگیهای آماری داده‌های مربوط به فراوانی توفانهای تندری و بارش و نیز تعیین نوع توزیع آماری داده‌های مربوط به فراوانی ماهانه و فصلی روزهای توأم با توفان تندری اقدام گردید. در این پژوهش، علاوه بر آمار تحلیلی، از روش تجزیهٔ مؤلفهٔ روند سریهای زمانی (که بر حسب مورد، شامل استفاده از روند خطی یا پلی‌نومیال درجه ٦ می‌شود) برای تبیین نوسانات زمانی عناصر و پدیده‌های مورد مطالعه استفاده گردیده است. برای تفهیم بهتر نوسانات عناصر و پدیده‌های مورد مطالعه نیز از مدلهای گرافیک جریان استفاده شده است. طبقه‌بندی ماهانهٔ روزهای توأم با توفانهای تندری نیز با استفاده از روش آماری چند متغیرهٔ تحلیل خوشه‌ای انجام گرفته است.

داده‌های ایستگاه سینوپتیک تبریز که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته، عبارت است از: داده‌های ۵۰ سال ( سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ م) بارش و فراوانی ماهانه، فصلی و سالانهٔ توفانهای تندری که از اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی اخذ گردیده است.



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

## ۳- نتایج

### ۳-۱- تجزیه و تحلیل ماهانه

شاخصهای گرایش به مرکز و پراکندگی داده‌های مربوط به فراوانی روزهای تـوأم بـا توفـان تندری در مقیاس زمانی ماهانه محاسبه و در جدول ۱ درج گردیده است.

**جدول۱** پارامترهای آماری داده‌های مربوط به فراوانی وقوع ماهانهٔ توفانهای تندری تبریز ( ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ م.)

| عامل | میانگین | میانه | انحراف معیار | ضریب تغییر | حداقل | حداکثر | دامنه | چولگی | جمع کل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ژانویه** | ۰/۱ | ۰ | ۰/۳٦ | ۳٦٤ | ۰ | ۲ | ۲ | ٤ | ۵ |
| **فوریه** | ۰/۰۲ | ۰ | ۰/۱٤ | ۷۰۷ | ۰ | ۱ | ۱ | ۷ | ۱ |
| **مارس** | ۰/٤٦ | ۰ | ۰/۷ | ۱۵۳ | ۰ | ۳ | ۳ | ۱/٦ | ۲۳ |
| **آوریل** | ۳/۳ | ۳ | ۲/۱ | ٦٤ | ۰ | ۸ | ۸ | ۰/۵ | ۱٦۵ |
| **مه** | ۸/۵ | ۸ | ۳/۹ | ٤٦ | ۰ | ۱۵ | ۱۵ | -۰/٤ | ٤۲٤ |
| **ژوئن** | ٦/۳ | ٦ | ٤/۲ | ٦۷ | ۰ | ۱۸ | ۱۸ | ۰/۷ | ۳۱٦ |
| **ژوئیه** | ۲/٤ | ۲ | ۲/٤ | ۹۹ | ۰ | ۸ | ۸ | ۰/۸ | ۱۲۱ |
| **اوت** | ۱/٦ | ۰ | ۲/۲ | ۱۳٦ | ۰ | ۸ | ۸ | ۱/٤ | ۸۱ |
| **سپتامبر** | ۱/۷ | ۱ | ۲/۳ | ۱۳٤ | ۰ | ۱۲ | ۱۲ | ۲/۳ | ۸۸ |
| **اکتبر** | ۲ | ۱ | ۱/۸ | ۹۲ | ۰ | ٦ | ٦ | ۰/۵ | ۹٦ |
| **نوامبر** | ۰/٤۲ | ۰ | ۰/۷ | ۱٦۷ | ۰ | ۲ | ۲ | ۱/٤ | ۲۱ |
| **دسامبر** | ۰/۰٦ | ۰ | ۰/۲٤ | ٤۰۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۳/۸ | ۳ |

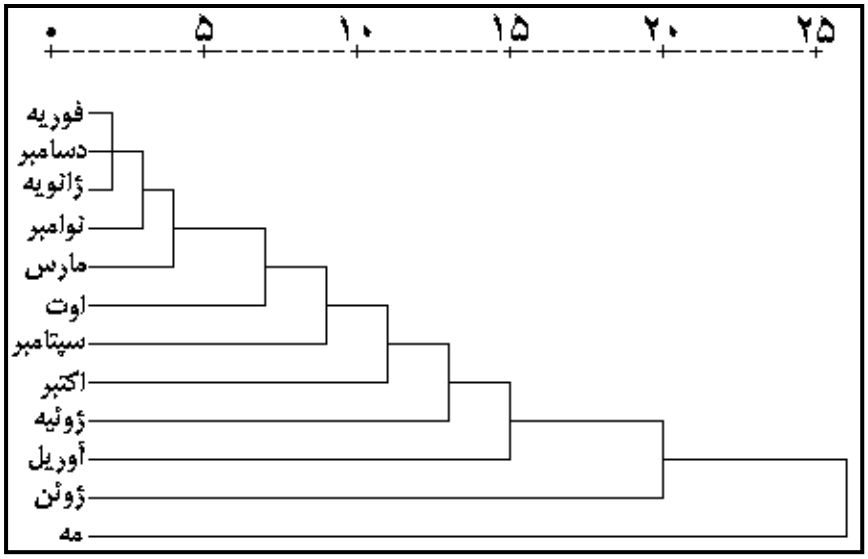
با توجه به جدول ۱ ماههای می، ژوئن، آوریل و ژوئیه دارای بیشترین و ماهـهـای فوریـه، دسامبر و مارس دارای کمترین فراوانی وقوع توفانهای تندری در بین ماههـای مختلـف سـال هستند. از مهمترین نکات جدول ۱ می‌توان به وقوع توفانهای تندری در تمام ماههـای سـال و ضریب تغییرات بسیار بالای فراوانی توفانهای تندری ایستگاه تبریز اشاره کرد.

برای طبقه‌بندی فراوانی ماهانهٔ وقوع توفانهای تندری، اقدام به تحلیل خوشـه‌ای توفانهـای تندری گردید. بدین منظور از روش سلسله‌مراتبی تحلیل خوشه‌ای ادغام بـر اسـاس میـانگین



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

درون‌گروه و معیار فاصلهٔ بلوکی استفاده شده است. درخت خوشه‌بندی (دندروگرام) حاصل از روش مذکور در شکل ۱ نشان داده شده است.




**شکل۱** دندروگرام حاصل از روش ادغام بر حسب میانگین درون گروهی و معیار فاصلهٔ بلوکی برای طبقه‌بندی ماهانه بر اساس فراوانی وقوع توفانهای تندری در ایستگاه سینوپتیک تبریز

در یک طبقه‌بندی شش‌خوشه‌ای بر اساس خوشه‌بندی مذکور که از تجانس بالایی نیز برخوردار است، می‌توان عضویت هر یک از ماهها را در خوشه‌های زیر تشخیص داد:

۱) فوریه، دسامبر و ژانویه، ۲) نوامبر و مارس، ۳) اوت، سپتامبر و اکتبر، ٤) آوریل و ژوئیه، ٥) ژوئن، ٦) مه. در یک تقسیم‌بندی دیگر که با شکل درخت خوشه‌بندی بیشتر مطابقت دارد، می‌توان غیر از ماههای فوریه ، دسامبر و ژانویه که در یک رده قرار می‌گیرند، بقیهٔ ماههای سال را از بالای درخت به پایین به یک خوشه تقسیم کرد که از قسمت بالا به پایین درخت خوشه‌بندی (دندروگرام)، بر فراوانی وقوع ماهانهٔ توفانهای تندری در هر یک از ماهها افزوده می‌شود.



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

برای بیان بهتر نوسانات زمانی فراوانی وقوع توفانهای تندری، مدلهای نوسانی و جریان خطی ماههایی که دارای حداکثر فراوانی وقوع توفانهای تندری هستند، ترسیم شده‌است. این ماهها شامل ماههای بهاری مه، ژوئن و آوریل هستند که به‌ترتیب دارای بیشترین فراوانی وقوع توفان تندری در تبریز هستند (شکل ۲).

مهمترین نتایج حاصل از ترسیم مدلهای نوسانی وقوع توفانهای ماهانهٔ تندری درشکل ۲ را می‌توان به ترتیب ذیل برشمرد:

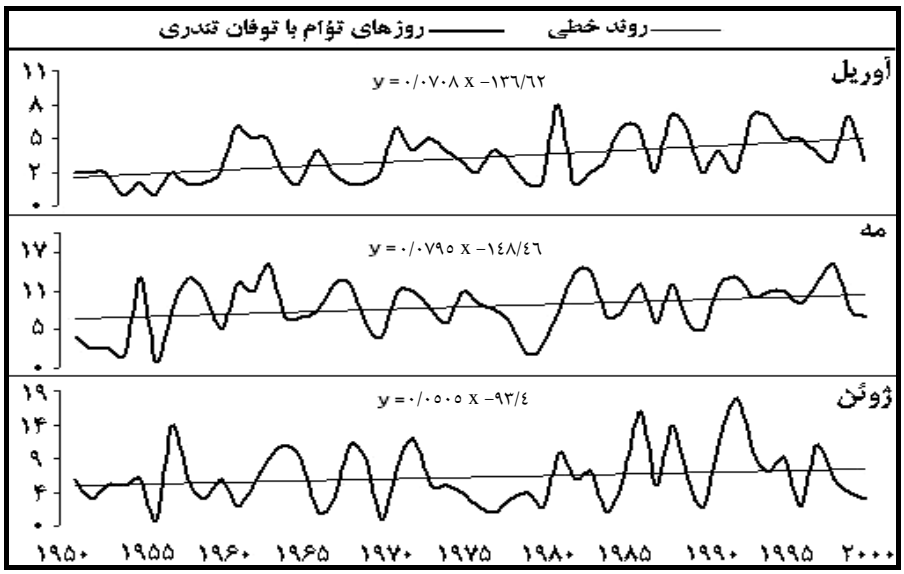
۱. شیب خط جریان ماههای آوریل، مه و ژوئن دارای وضعیتی صعودی است که این امر، جریان افزایشی در فراوانی وقوع توفانهای تندری را در سه ماههٔ مذکور نشان می‌دهد. میزان شیب خط روند ماه آوریل بیشتر از ماه مه و مقدار شیب خط روند ماه ژوئن از ماههای آوریل و مه کمتر است. این بدان معنا است که روند افزایش فراوانی وقوع توفان تندری درماه آوریل (فروردین) بیش از ماههای مه و ژوئن است.

۲. با توجه به شکل منحنی نوسانی و ضرایب همبستگی که برای سه ماه مذکور مورد محاسبه قرار گرفته، همبستگی خوبی بین دو ماه آوریل و مه (۰/٤) و ماه مه با ماه ژوئن (۰/٥) مشاهده می‌شود.

۳. با توجه به خط سیر زمانی وقوع توفانهای تندری، شدیدترین نوسانات فراوانی وقوع روزهای توأم با توفانهای تندری در ماه ژوئن مشاهده می‌شود.



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]




**شکل۲** مدل نوسانی و روند خطی تغییرات بلند مدت فراوانی وقوع روزهای توأم با توفانهای تندری در فعّالترین ماهها از نظر فراوانی وقوع در ایستگاه سینوپتیک تبریز (۲۰۰۰-۱۹۵۱ )

## ۳-۲- تجزیه و تحلیل فصلی و سالانه

در جدول ۲ شاخصهای آماری وقوع توفانهای تندری در بازه‌های فصلی و سالانه ارائه شده است.

**جدول ۲** پارامترهای آماری وقوع فصلی و سالانهٔ روزهای توأم با توفانهای تندری در ایستگاه تبریز (۲۰۰۰-۱۹۵۱)

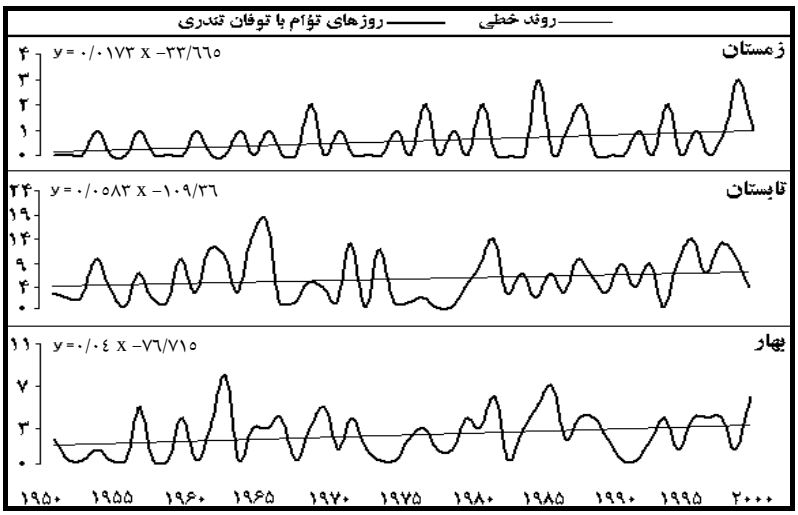
| عامل | میانگین | جمع کل | میانه | انحراف معیار | ضریب تغییر | حداقل | حداکثر | دامنه | چولگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| زمستان | ۰/۶ | ۲۹ | ۰ | ۰/۸۳ | ۱۴۴ | ۰ | ۳ | ۳ | ۱/۴ |
| بهار | ۱۸/۴ | ۹۰۷ | ۱۸ | ۷/۹ | ۴۳/۴ | ۰ | ۳۴ | ۳۴ | -۰/۰۳ |
| تابستان | ۶ | ۲۹۰ | ۴ | ۴/۸ | ۸۲/۵ | ۰ | ۱۸ | ۱۸ | ۰/۶۳ |
| پاییز | ۲/۴ | ۱۲۰ | ۲ | ۲/۱ | ۸۸/۷ | ۰ | ۸ | ۸ | ۰/۵۵ |
| سالانه | ۲۷ | ۱۳۴۶ | ۲۶ | ۱۱/۳ | ۴۲/۱۴ | ۰ | ۴۹ | ۴۹ | ۰/۰۱ |

جدول فوق معلوم می‌کند که :۱) بهار و تابستان دارای بیشترین فراوانی وقوع توفانهای تندری هستند، ۲) وضعیت وقوع توفانهای تندری بهاره از نظر ویژگیهای آماری بسیار شبیه



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

وضعیت سالانه است که این به معنای اهمیت زیاد فصل بهار به لحاظ وقوع توفانهای تندری است، ۳) مقادیر ضریب تغییرات وقوع توفانهای تندری بیانگر ثبات بیشتر و نوسانات کمتر وقوع توفانهای تندری بهاره نسبت به دیگر فصول سال است. روند خطی تغییرات زمانی فراوانی وقوع توفانهای تندری برای فصول زمستان، تابستان و پاییز در شکل ۳ ترسیم شده است. به دلیل تفاوت بارز و اهمیت بیشتر فصل بهار از نظر وقوع توفانهای تندری، نوسانات زمانی آن جدا از دیگر فصول مورد بررسی قرار گرفته است.




**شکل ۳** مدل نوسانی و جریان خطی تغییرات بلندمدت فراوانی وقوع روزهای توأم با توفانهای تندری فصول زمستان، تابستان و پاییز در ایستگاه تبریز در دورهٔ ۵۰ ساله

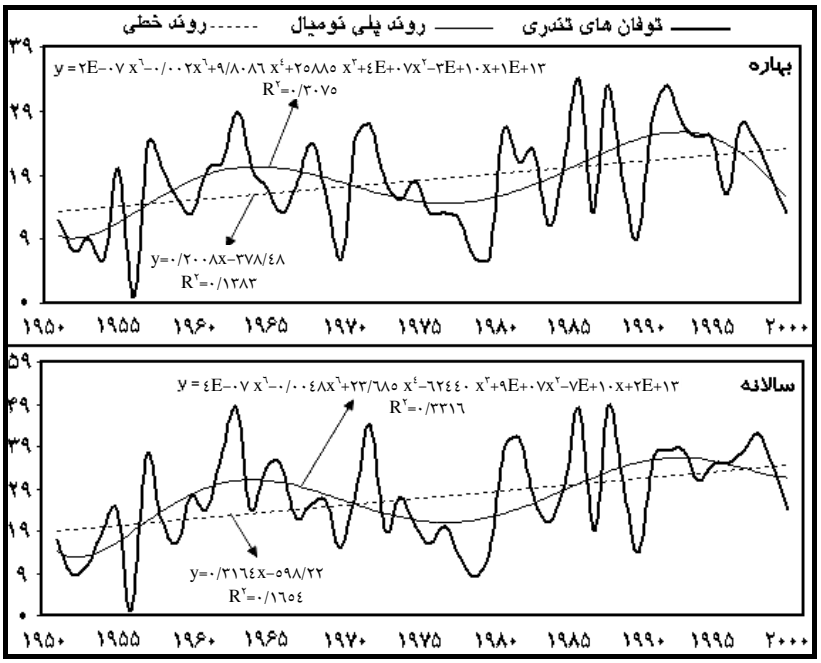
با توجه به شکل ۳ می‌توان خط صعودی روند فصول سه‌گانهٔ یادشده را که در زمستان شدیدتر و در پاییز ضعیفتر است، همچنین تغییرات شدید نوسانات زمانی وقوع توفانهای تندری تبریز در زمستان را به عنوان مهمترین نکات شکل۳ یاد کرد. بررسی ضرایب همبستگی مورد محاسبه بین فراوانی وقوع توفانهای تندری در فصول چهارگانه، مبین همبستگی قوی وقوع توفانهای تندری بهاری، تابستانه و پاییزی (همبستگی خوب) با مقطع سالانه است. از نظر فراوانی فصلی نیز همبستگی ضعیفی بین بهار و



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

تابستان و تابستان با پاییز مشاهده می‌شود. توفانهای تندری زمستانی، همبستگی معناداری با دیگر فصول و فراوانی وقوع سالانه نشان نمی‌دهند.

برای تحلیل نوسانات زمانی وقوع توفانهای تندری تبریز در فصل بهار و مقطع سالانه روندهای بلندمدت خطّی و پلی‌نومیال درجه ٦ نسبت به هم ترسیم گردید و همان‌گونه که در شکل ٤ نیز ملاحظه می‌شود، ترکیب این دو نوع خط رگرسیون، نقاط اوج و حضیض تغییرات زمانی وقوع توفانهای تندری ایستگاه تبریز را در بازه‌های زمانی بهاره و سالانه به طرز جالب و کاملاً واضحی به معرض نمایش گذاشته است. همخوانی بسیار کامل جریان خطی و پلی‌نومیال بهاری و سالانهٔ وقوع توفانهای تندری که ضریب همبستگی قوی (۰/۹) با ضریب تعیین معادل ۸۱ درصد را نشان می‌دهد، حکایت از سهم زیاد فصل بهار از میزان توفانهای تندری سالانه دارد.




**شکل۴** مدل نوسانات زمانی وقوع توفانهای تندری بهاری و سالانه و روند خطی و پلی‌نومیال درجه ٦ ایستگاه تبریز (به همزمانی تغییرات و محل تلاقی خطوط روند پلی‌نومیال و روند خطی توجه شود)



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

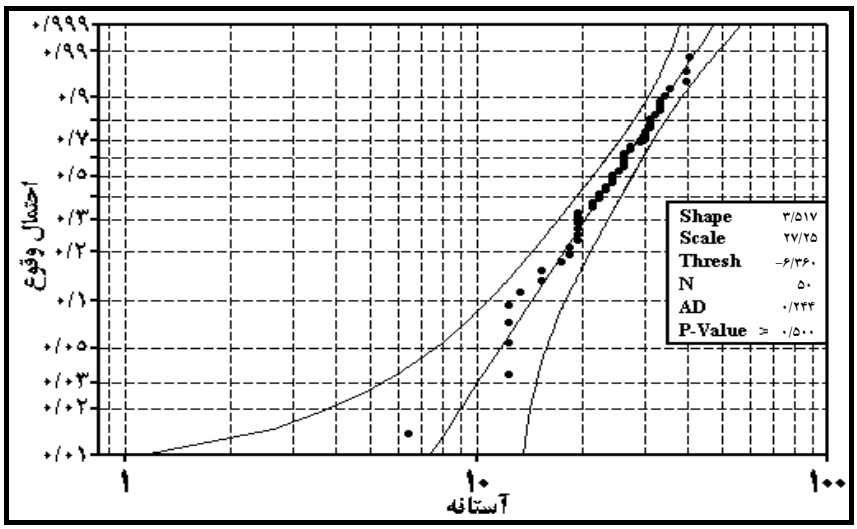
در شکل ٤ روند خطی هر دو مقطع سالانه و بهاری با شیب و زاویهٔ نسبتاً قابل‌توجه در حال صعود است که این امر مبین افزایش وقوع توفانهای تندری در طول دورهٔ آماری ااست. با مقایسهٔ روند خطی و پلی‌نومیال و محلهای تلاقی آنها، نوسانات جزئی‌تر وقوع توفانهای تندری بهاره و سالانهٔ تبریز در طول دورهٔ آماری معلوم می‌گردد. هر یک از نقاط تلاقی مذکور، نقطهٔ عطفی در جریان تغییرات زمانی توفانهای تندری محسوب می‌شود که فاصلهٔ بین دو نقطه عطف متوالی، یک اوج (سال ۱۹٥٦ تا ۱۹۷۱) یا یک حضیض (سال۱۹٥۱ تا ۱۹٥٥) در جریان زمانی وقوع توفانهای تندری بهاری و سالانه به وجود می‌آورد.

## ۴- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش، مبین امکان وقوع توفانهای تندری در همهٔ ماهها و فصول مختلف در تبریز است که در مقطع ماهانه در ماه می و در مقطع فصلی در بهار و تابستان، احتمال وقوع آنها بیشتر است. آزمون تعیین نوع توزیع احتمال وقوع توفانهای تندری که محاسبهٔ آن برای پیش‌بینی و محاسبهٔ دورهٔ بازگشت (وقوع مجدد) ضروری است، بیانگر تطبیق آن با توزیع «ویبول» سه پارامتری است که این توزیع برای کلیه مقاطع ماهانه، فصلی و سالانه (و اکثر سریهای اقلیمی ناپیوسته) معتبر است. در شکل ۷ توزیع احتمال وقوع توفان تندری تبریز با فاصله اطمینان ۹٥ درصد برای فصل بهار که فعالترین فصل وقوع توفانهای تندری است، ترسیم شده است.



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]




**شکل ۵** توزیع احتمال وقوع توفانهای تندری تبریز با استفاده از توزیع «ویبول» سه پارامتری با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

توزیع احتمال وقوع توفانهای تندری تبریز، مبین حتمی‌بودن وقوع توفانهای تندری در کلیهٔ ماهها است که این امر در فصول بهار و تابستان بسیار مهم است. آمار ایستگاه تبریز، بیانگر وقوع همزمان توفانهای تندری با تگرگ، صاعقه و بارش سنگین است. همبستگی بین فراوانی وقوع توفانهای تندری و حداکثر بارش ۲٤ ساعتهٔ تبریز نیز معنادار است. همبستگی مذکور در بهار و تابستان معادل ۰/٦ و بیانگر رعد و برقی بودن و شدت بارشهای مذکور در تبریز است. با توجه به مطالب فوق، وقوع توفانهای تندری در بهار و تابستان بسیار خسارت‌بار است. گواه این ادعا، ورود خسارتهای سنگین به مردم تبریز و اطراف آن است که هر ساله بر اثر تگرگ، بادهای شدید، بارشهای سنگین و سیل حادث می‌شود. به علت کثرت وقوع توفانهای تندری، بارش تگرگ و دیگر پدیده‌های ناشی از تندرها، این سوانح اقلیمی برای کشاورزان امری عادی شده است و هر ساله بخشی از محصولات کشاورزی بر اثر پدیده‌های مذکور از بین می‌رود. اما بحران محیطی و خسارت سنگین به محصولات کشاورزی در سالهایی است که وقوع توفانهای تندری شدیدتر و فراوانتر شده، موجب ریزش تگرگهای بزرگ و زیاد، بارش سنگین و رگباری و وزش باد شدید می‌شود. در این موارد،



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

تعداد افراد و حیواناتی که بر اثر صاعقه و سیلاب دچار سانحه می‌شوند به‌شدت افزایش می‌یابد. آثار محیطی توفانهای تندری را می‌توان در آتش‌سوزی درختان بر اثر صاعقه، افزایش ذرات معلق در هوا بر اثر وزش باد، جاری شدن سیل و تأثیرات مخرب محیطی آن (مثل فرسایش خاک و اضمحلال و کاهش جانداران محیطهای خاکی و آبی بر اثر سیلاب) و مسائلی از این دست، مورد ارزیابی قرار داد.

وقوع توفانهای تندری در تبریز، امری حتمی است. در اغلب موارد، پدیدهٔ مذکور خطرآفرینی زیادی ندارد، اما وقوع توفانهای تندری شدید و مخرب نیز نامحتمل نیست. در واقع می‌توان پدیدهٔ مذکور را از ویژگیهای طبیعی اقلیم تبریز برشمرد که بعضاً با شدت عمل کرده، موجبات ورود خسارات سنگین و ناپایداری محیط را فراهم می‌آورد. در سالهای اخیر، توسعهٔ علم و دانش بشر این امکان را به وجود آورده که بتواند در برخی موارد با فرستادن هواپیما یا شلیک راکت به داخل سیستمهای حامل توفانهای تندری و تزریق مواد شیمیایی خاص، آنها را عقیم کند یا محتویات ابرها یا توده هواهای توأم با توفان تندری را در مناطق بی‌خطر یا کم‌خطر خالی کند. اخذ و به کارگیری چنین روشهایی می‌تواند تا حد زیادی از خطر توفانهای تندری و دامنهٔ خسارت‌آفرینی آنها بکاهد و محیط را به سوی ثبات و پایداری سوق دهد.

خطوط روند صعودی وقوع توفانهای تندری تبریز به‌ویژه با توجه به خوشه‌بندی ماهانه که فراوانترین تعداد وقوع توفانهای مذکور را در ماههای بهار و تابستان نشان می‌دهد و نیز با عنایت به اینکه این امر در اکثر نقاط منطقه شمال غرب ایران صادق است (به سمت ماکو و بازرگان روند افزایشی نیز دارد) باید موضوع توفانهای تندری را از بُعد برنامه‌ریزی و مدیریت بحران در بلایای طبیعی درخور توجه ویژه قلمداد کرد. نتایج این مطالعه بر لزوم نگرش منطقی و علمی به بلیهٔ طبیعی توفان تندری تأکید دارد. با توجه به اینکه وقوع توفان تندری در تبریز و کل شمال غرب ایران امری معمول و نه تصادفی محسوب می‌گردد، می‌توان بیمه (به‌ویژه برای محصولات کشاورزی و احشام) را مهمترین راهکار در کاهش خسارات مالی برشمرد. مصائب انسانی توفانهای تندری، شامل صاعقه‌زدگی، پرت‌شدن از ارتفاع بر اثر باد شدید، تگرگ و غرق شدن در سیلاب رودها در هنگام وقوع توفانهای تندری است. می‌توان با آموزش و اطلاع‌رسانی دقیق و تشویق مردم به توجه‌کردن به توصیه‌های مأخوذ از پیش‌بینیهای سازمان هواشناسی از شدت تلفات تا حدود زیادی کاست. توصیهٔ ما



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

به مردم این است که در ماههای بهار به‌ویـژه در مـاه مـه (اردیبهـشت) در صـورت مـشاهدهٔ ابرهای کومولونیمبوس بـه نقـاط مرتفـع (پـشت بـام) نرونـد، از اسـتقرار در حاشـیهٔ رودهـا بپرهیزند و به محض تشخیص احتمال بارش تگرگ یا مشاهدهٔ بارش آن، خود را به سرپناهی مطمئن برسانند. برای مصون ماندن از صدمات صاعقه که هر ساله تعدادی را بـه کـام مـرگ می‌کشاند، توصیه می‌شود به محض مشاهدهٔ رعد و برق و یا احتمال وقوع آن خود را به یـک سرپناه مطمئن غیر فلزی برسانند (داخل اتومبیل، کیوسک و امثال آن اماکن امنی نیـستند)، از ایستادن در نزدیکی اجسام رسانا به‌ویـژه فلـزات و اسـتقرار در منـاطق مرتفـع بپرهیزنـد، از استحمام جداً خوداری کنند و اگر در مناطق روباز و فاقد سرپناه مطمئن هستند با استقرار در مناطق پست‌تر و چاله‌هـای خـشک و غیرمرطـوب و جمـع کـردن بـدن، خـود را از خطرهـای صاعقه در امان نگه‌دارند.

## ۵- منابع


[1] Waguespack, M; Reconciling garbage cans and rational actors: explaining organizational decisions about environmental hazard management; Social Science Research, vol. 35, 2006.

[2] Changnon, S, A; Measures of economic impacts of weather extremes; Bull. Amer. Meteor. Soc, 84(12, 2003.

[۳] جعفرپور، الف.؛ ***اقلیم شناسی***؛ چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۸۱.

[4] Pissimanis, K, Notaridou A., Spyrou C; On the main characteristics of synoptic weather conditions associated with thunderstorm activity during the months of July and August in the city of Thessaloniki (Northern Greece); Theoretical and Applied Climatology, vol. 83, 2006.

[5] Whitman, C. D.; Mountain Meteorology; Oxford University Press, 2003.

[6] Geshunove, A, Westerling L, Brown T.; Climate and wildfire in the Western United States; Bull. Amer. Meteor. Soc, 84(5): 595-604, 2003.

[7] Easterling, D. R; Regionalization of thunderstorm rainfall in the contiguous U.S Int. J. Climatol. Vol.9, 1989.




[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]

[8] Easterling, R.; Trends in U.S. climate during the twentieth century; Consequences, vol.2, 2003.

[9] Bentley, M., Mote T.; Using Land Sat to identify thunderstorm damage in agricultural region s; Bull. Amer. Meteor. Soc, 83(3), 2002.

[10] Changnon, S, A.; Thunderstorm rainfall in the conterminous United States; Bull. Amer. Meteor. Soc., 82(9), 2001.

[۱۱] علیجانی، ب.؛ ***آب و هوای ایران***؛ چاپ سوم، انتشارات دانشگاه دانشگاه پیام نور تهران، ۱۳۷۸.

[12] Gheiby, A., Sen N., Puranik D., Karekar R.; Thunderstorm identification from AMSU-B data using an artificial neural network ; Meteorological Applications, vol.10, 2003.

[۱۳] خورشیددوست م.ع.، ی، قویدل رحیمی؛ ***کاربست نرم افزار Digital Atmosphere 2000 در تحلیل فضایی پدیده‌های اقلیمی ایران***؛ فصلنامهٔ جغرافیایی سرزمین، ۱۳۸۵.

[14] Williams, E. R.; Lightning and climate: A review; Atmospheric Research, vol. 76, 2005.



[ Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-31 ]