تحلیل زمانی – مکانی سالانه توفان‌های تندری استان تهران

محمود احمدی*
استادیار دانشکده علوم زمین– دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
یوسف قویدل رحیمی
استادیاردانشکده جغرافیا دانشگاه تربیت مدرس،تهران، ایران
محدثه جانثاری
کارشناسی ارشد جغرافیا طبیعی گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹٤/۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹٤/۵/۲٦

چکیده
توفان‌های تندری از مهمترین بلایای طبیعی‌اند که همه ساله علاوه بر نابودی بخشی از محصول‌های کشاورزی سبب تلفات انسانی زیادی در سراسر دنیا می‌شوند. هدف از این پژوهش شناسایی ویژگی‌های آماری مربوط به توزیع مکانی و زمانی پدیده اقلیمی توفان‌های تندری می‌باشد. با استفاده از داده‌های مربوط به فراوانی وقوع توفان‌های تندری در استان تهران (با تأکید بر هفت ایستگاه سینوپتیک در مناطقی با توپوگرافی و طول و عرض جغرافیایی متفاوت) ویژگی‌های زمانی و مکانی توفان‌های تندری مورد مطالعه و تحلیل قرار داده شده است. در این پژوهش بر حسب مورد از روش‌های همبستگی و تحلیل رگرسیون، تجزیه مؤلفه روند سری‌های زمانی (تحلیل روند خطی و پلی نومیال)، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی وارد، توزیع احتمال وقوع و دوره بازگشت با توزیع احتمال ۹۵ درصد، آزمون ناپارامتری من کندال[1] و روش IDW[2] در دوره زمانی ۱۲ ساله(۱۹۹٦ – ۲۰۰۷) برای طبقه بندی سالانه وقوع توفان‌های تندری استفاده شده است. نتایج نشان داد بیشترین فراوانی وقوع توفان تندری متعلّق به سال ۲۰۰٤ و کمترین فراوانی وقوع در سال ۲۰۰۰ بوده است؛ همچنین ایستگاه مهرآباد بیشترین و ایستگاه چیتگر کمترین نوسان‌ها را در طول دوره آماری دارا بوده‌اند. بر اساس دندروگرام سالانه حاصل از روش سلسله مراتبی تحلیل خوشه‌ای وارد به سه خوشه دسته بندی شدند. مدل‌های نوسانی زمانی و روند خطی و پلی نومیال توفان‌های تندری سالانه درهمه ایستگاه‌ها بجز چیتگر و ژئوفیزیک وقوع توفان‌های تندی دارای روندی افزایشی است. نقشه‌های توزیع مکانی و مطالعات الگوهای مکانی که با استفاده از روش IDW ترسیم شده‌اند نیز نشان داد آبعلی و فیروزکوه(POLL)[3] دارای بیشترین و ژئوفیزیک دارای کمترین فراوانی وقوع توفان تندری در بین ایستگاه‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه بودند.

واژگان کلیدی: **توفان تندری، فراوانی وقوع، روند خطی و پلی نومیال، تحلیل خوشه‌ای، استان تهران.**

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۴۸۷۴۹۷
Email: ma_ahmadi@sbu.ac.ir

1. MANKENDL
2. Inverse Distance Weighting (IDW)
3. پلیس راه

مقدمه

توفان‌های تندری از مهمترین، فراوان‌ترین و شدیدترین مخاطره‌های جوّی هستند که هر ساله علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصول‌های کشاورزی و تأسیسات عمرانی، موجب تلفات انسانی سیل، صاعقه زدگی و غیره در بسیاری از نقاط مختلف دنیا می‌شوند. (۲۰۰۶،[۴]) در این زمینه تنها بین سال‌های ۱۹۵۳ تا ۱۹۵۷ در آمریکا خسارت‌های مالی ناشی از توفان تندری بالغ بر ۳/۶ میلیارد دلار برآورد شده است. پدیده‌ی توفان تندری بعد از هاریکن‌ها[۵] در رده‌ی دوم بلایای طبیعی از نظر میزان آسیب‌های وارده به اقتصاد آمریکا قرار گرفته است(شینیون[۶]، ۲۰۰۳).

بادهای شدید تحت عنوان توفان نامگذاری شده‌اند که به شکل‌های متفاوتی و با سرعت زیاد برای مدّت کوتاهی می‌وزند و معمولاً با هوای ناپایدار همراه هستند. اگر هوای ناپایدار رطوبت داشته باشد توفان رعد و برق (تندری) و اگر خشک باشد توفان گرد و خاک ایجاد می‌شود(علیجانی، ۱۳۷۹). عنصر اصلی و کلیدی این توفان‌ها چرخه آب و الکتریسیته جوّ به حساب می‌آید. بر اساس تعریف توفان‌های تندری (مثل دیو بادها) ماشین ترمودینامیکی است که در آن انرژی پتانسیل از گرمای نهان حاصل از تراکم در شرایط رطوبتی یا ناپایداری حاصل به جابجایی قائم هوا تبدیل می‌شود. (جعفرپور، ۱۳۸۱) ویژگی‌های بارز یک توفان تندری مثل باد شدید، تگرگ، رعد و برق و بارش‌های سنگین و سیل آسا نتیجه تشکیل یک سلول همرفتی بزرگ در اتمسفر است تندرها معمولا"یا بر اثر گرم شدن زیاد سطح زمین در داخل توده‌های هوایی و یا در جبهه‌های هوا به ویژه در جبهه سرد بوجود می‌آیند. بنابراین، تندر یا ناشی از توده هوا است و یا منشأ جبهه‌ای دارد(۲۰۰۶،[۷]).

شناسایی شرایط سینوپتیک به وجود آورنده این رگبارها می‌تواند در پیش بینی زمان، وقوع و تدبیر آمادگی لازم کمک کند که بخش وسیعی از پژوهش‌های آب و هواشناسی دنیا را به خود اختصاص داده‌اند.

از برجسته ترین مطالعات انجام گرفته در این خصوص می‌توان از پژوهش ارزشمند وایت من[۸] (۲۰۰۳) یاد کرد که در آن با روش‌هایی نوین و خصوصا" با تحلیل و رویکردهایی سینوپتیکی، پدیده‌های اقلیمی کوهستانی به ویژه توفان-های رعد و برقی، تگرگ، روزهای توأم با برف و بارش سنگین و دیگر پدیده‌های نواحی مرتفع به طرزجالبی مطرح شده است. استرلینگ[۹] (۲۰۰۳) در پژوهشی دیگر از توفان‌های تندری به عنوان معضل مهم آمریکا در قرن بیستم یاد کرده و پیامدهای محیطی و اقتصادی ناشی از توفان‌های تندری و پدیده‌های مربوط به آن را (همچون سیل، تگرگ، باد شدید) بر اقتصاد قشر کشاورز جامعه‌ی آمریکا بسیار خانمان سوز دانسته است. چادوری[۱۰] (۲۰۰۸) در بررسی حرکت‌های پایین سو در توفان‌های تندری به این نتیجه می‌رسد که توفان‌های تندری شدید قبل از شروع فصل موسمی (آوریل تا

4. Waguespack
5. Downburst
6. Changnon
7. Pissimanis
8. Whitman
9. Esterling
10. Chidori

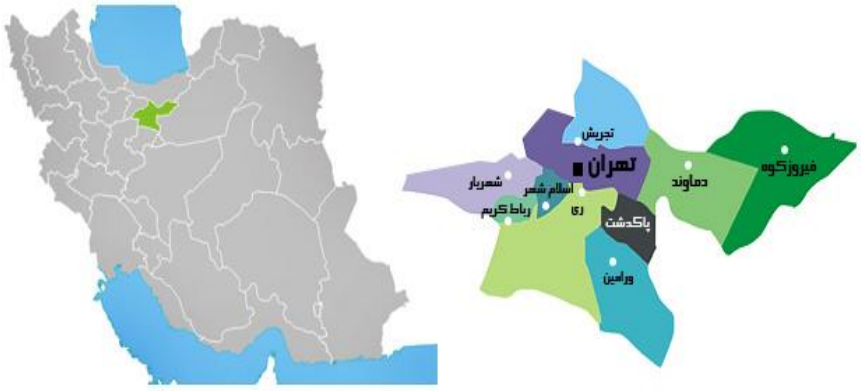
می) به وقوع می‌پیوندد و مشخص کرد که تراز۷۰۰ هکتوپاسکال سطح بحرانی برای شروع تقسیم قطره‌های ریز داخل ابر و شروع حرکت‌های پایین سو در این ناحیه است. همچنین مشخص شد که توفان‌های تندری شدید در این ناحیه به همراه تگرگ به وقوع می‌پیوندد. تافرنر[11] و همکاران (۲۰۰۸)، رشد وگسترش تندری شدید در حوضه آبریز بالای دانوب را مورد بررسی قرار دادند. سانچز[12] و دیگران (۲۰۰۸)، در پژوهشی با داده‌های۷۱۳ روزه حاصل از رادیو سوند به بررسی توفان‌های تندری پیشا همرفتی در جنوب‌غربی آرژانتین پرداخته است.

در ایران عمده اطلاعات در مورد توفان‌های تندری در کتاب آب و هوای ایران "علیجانی" مندرج است. این کار وی به عنوان اولین مطالعه‌ی انجام گرفته در ایران بسیار با ارزش و قابل استناد است. علیجانی (۱۳۷۶)، معتقد است که حداکثر طوفان‌های تندری در شمال‌غرب ایران رخ می‌دهد. خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، با استفاده از داده‌های مربوط به فراوانی وقوع توفان تندری در تبریز به عنوان نمونه‌ای از اقلیم شمال‌غرب ایران، ویژگی‌های زمانی و آماری توفان‌های تندری را با استفاده از روند خطی و پلی نومیال درجه شش، مورد مطالعه قرار دادند. به تازگی مطالعاتی انجام گرفته که در آن ویژگی‌های زمانی – مکانی توزیع توفان‌های تندری در ایران را با اندکی تفاوت نسبت به مطالعه علیجانی مورد تأیید قرار داده است که بیشترین توزیع سالانه توفان‌های تندری را در منطقه شمال‌غرب ایران نشان می‌دهد و بر فراوانی وقوع آن از غرب و شمال‌غرب ایران به طرف مرکز بیشینه مستقر بر روی دریای سیاه افزوده می‌شود (خورشید دوست، ۱۳۸۵).

منطقه مورد مطالعه

استان تهران به طور تقریبی بین نصف النهارات ۵۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۰۸ دقیقه ی طول شرقی و مدارهای ۳۵ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه‌ی عرض شمالی با وسعتی حدود ۱۸ هزار و ۹۰۹ کیلومتر مربع در شمال ایران در غرب منطقه دشت کویر و جنوب دامنه رشته کوه البرز، از آذربایجان تا خراسان با جهت غربی– شرقی، قرار دارد. این استان از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، از جنوب‌غربی به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود می‌شود.

11. Taverner
12. Sanchez



شکل ۱: نقشه تقسیمات سیاسی استان تهران و موقعیّت استان تهران در ایران

استان تهران از جمله مناطقی است که به دلیل وقوع توفان‌های تندری شدید به همراه بارش سنگین، آسیب‌های فراوانی در آن به وجود می‌آورد. این خطر در استان تهران به ویژه در نیمه گرم سال سابقه وقوع دارد. با عنایت بر این موضوع که این استان به دلیل قطب بزرگ سکونتگاهی، صنعتی و کشاورزی از درجه اهمیّت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین شناسایی این پدیده اهمیّت قابل توجهی می‌یابد. به بیانی دیگر شناخت مکانیسم تشکیل و توسعه این توفان‌ها می‌تواند کمک فراوانی را در جهت کاهش آسیب‌ها و افزایش سطح بهره وری محصول‌های کشاورزی و ... را در آن فراهم کند. در این پژوهش به تحلیل زمانی مکانی این موضوع بر اساس آمار مأخوذه استان تهران از سازمان هواشناسی می‌پردازد. در جدول ۱، ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد:

جدول ۱: مشخصات طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌های مورد مطالعه

	X	Y	Z
آبعلی	۵۱.۵۳	۳۵.۴۵	۲۴۶۵.۲
چیتگر	۵۱.۱۰	۳۵.۴۴	۱۳۰۵.۲
ژئوفیزیک	۵۱.۲۳	۳۵.۴۴	۱۴۱۸.۶
شمال تهران	۵۱.۳۷	۳۵.۴۷	۱۵۴۸.۲
فیروزکوه	۵۲.۵۰	۳۵.۵۵	۱۹۷۵.۶
فیروزکوه(پ ر)	۵۲.۲۴	۳۵.۴۳	۲۹۸۵.۷
مهرآباد	۵۱.۱۹	۳۵.۴۱	۱۱۹۰.۸

داده‌ها و روش‌ها

روش پژوهش در این مطالعه به شرح ذیل انجام شد:

۱. آمار سینوپتیک ایستگاه‌های آبعلی، چیتگر، شمال تهران، فیروزکوه، فیروزکوه (پلیس راه)، ژئوفیزیک و مهرآباد از بدو تأسیس تا سال ۲۰۰۷ میلادی اخذ گردید؛

۲. پس از باز سازی و اطمینان از صحت داده‌ها، اقدام به تجزیه و تحلیل ویژگی‌های آماری داده‌ها و نیز تعیین نوع توزیع سالانه روزهای توأم با توفان تندری شد؛

۳. علاوه بر آمار تحلیلی، از روش تجزیه مؤلفه روند سری‌های زمانی (که برحسب مورد شامل استفاده از روند خطی و پلی نومیال می‌شود)، برای تبیین نوسان‌های زمانی عناصر و پدیده‌های مورد مطالعه استفاده گردیده؛

۴. برای تفهیم بهتر نوسانات زمانی عناصر و پدیده‌های مورد مطالعه از مدل‌های گرافیک روند استفاده شده؛

۵. طبقه بندی سالانه روزهای توأم با توفان‌های تندری نیز با استفاده از روش آماری چند متغیره تحلیل خوشه‌ای انجام گرفت؛

۶. همچنین از روش‌های آزمون ناپارامتری من کندال و تحلیل وقوع و دوره بازگشت با توزیع احتمال ۹۵ درصد استفاده گردید؛

۷. از روش IDW نیز بهره مند و با استفاده از نرم افزار GIS[۱۳] به تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی سالانه پرداخته شد.

بحث و نتایج

با توّجه به تحلیل آماری و داده‌های جدول ۲، شاخص‌های گرایش به مرکز و پراکندگی داده‌های مربوط به فراوانی روزهای توأم با توفان تندری در مقیاس زمانی سالیانه محاسبه و نتایج نشان داد ایستگاه مهرآباد بیشترین و ایستگاه چیتگر کمترین وقوع توفان‌های تندری و نوسان‌ها را در طول دوره آماری دارا بوده است.

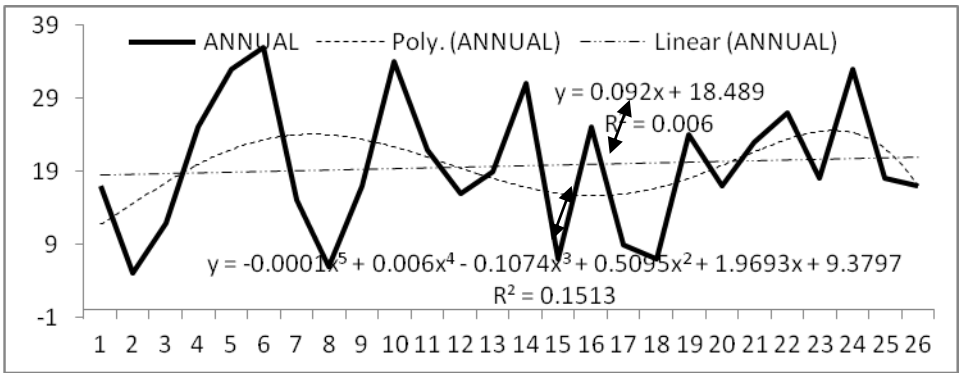
[13]. Geography Information System

جدول ۲: پارامترهای آماری داده‌های مربوط به فراوانی وقوع توفان‌های تندری سالانه

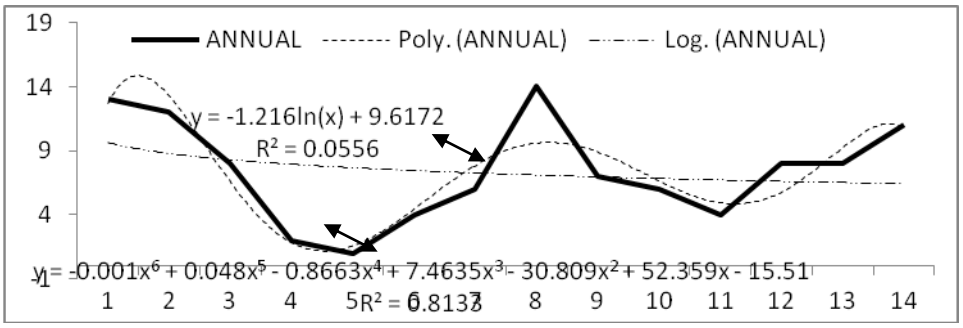
شاخص / ایستگاه	میانگین	بیشترین	کمترین	دامنه	مجموع	میانه	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات
آبعلی	۱۹.۷۳	۳۶	۵	۳۱	۵۱۳	۱۸	۴۶.۰۹	۰.۱۳	۹.۰۹
چیتگر	۷.۴۳	۱۴	۱	۱۳	۱۰۴	۷	۵۳.۷۷	۰.۱۲	۳.۹۹
ژئوفیزیک	۸.۲۴	۲۲	۱	۲۱	۱۴۰	۹	۶۷.۱۳	۰.۸۳	۵.۵۳
شمال تهران	۲۰.۰۹	۳۸	۷	۳۱	۴۴۲	۱۹.۵	۳۸.۷۷	۰.۵۲	۷.۷۹
فیروز کوه	۱۴	۳۲	۳	۲۹	۱۹۶	۱۲	۵۶.۹۴	۱.۱۴	۷.۹۷
فیروز کوه (پلیس راه)	۱۹.۸۳	۳۲	۷	۲۵	۲۳۸	۱۹.۵	۳۵.۹	−۰.۱۳	۷.۱۲
مهر آباد	۱۶.۹۸	۳۵	۱	۳۴	۱۰۰۲	۱۷	۴۶.۳۳	۰.۳۴	۷.۸۷

مدل‌های نوسانی زمانی و روند خطی و پلی نومیال توفان‌های تندری سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره آماری در شکل‌های ۱ الی ۷ نشان داده شده است. با توّجه به این شکل‌ها معلوم می‌شود که وقوع توفان‌های تندری در ایستگاه‌های آبعلی، فیروزکوه، فیروزکوه (POLL)، شمال تهران و مهرآباد روندی افزایشی دارد ولی این روند در ایستگاه‌های چیتگر و ژئوفیزیک کاهشی است.

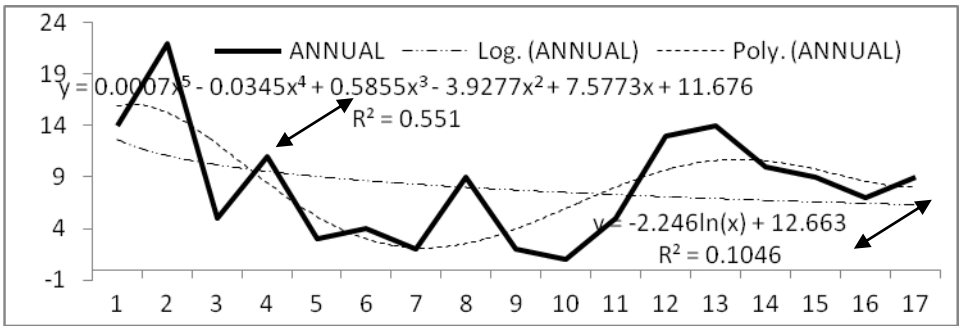
برای تحلیل نوسان‌های زمانی وقوع توفان‌های تندری استان تهران از روندهای بلند مدّت خطی و پلی نومیال مقطع سالانه استفاده شد و همان‌گونه که در شکل‌های ترسیم شده مشاهده می‌شود. خط رگرسیون، نقاط اوج و حضیض تغییرات زمانی وقوع توفان‌های تندری ایستگاه‌ها را در بازه‌های زمانی سالانه نشان می‌دهد. روند خطی مقطع سالانه در ایستگاه‌های آبعلی، فیروزکوه، فیروزکوه (POLL)، شمال تهران و مهرآباد با شیب زیادی در حال صعود است که این امر مبین افزایش وقوع توفان‌های تندری در طول دوره آماری در ایستگاه‌ها می‌باشد. البته ایستگاه‌های چیتگر و ژئوفیزیک عکس شرایط پیش گفته را دارد.



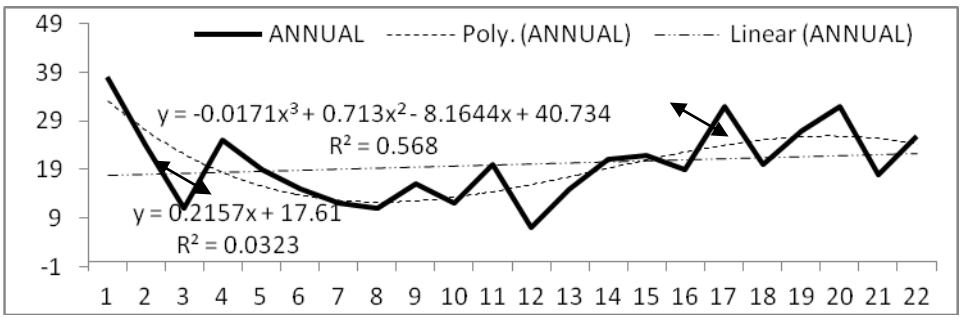
شکل ۱: مدل نوسانی و روند خطی طوفان‌های تندری سالانه ایستگاه آبعلی



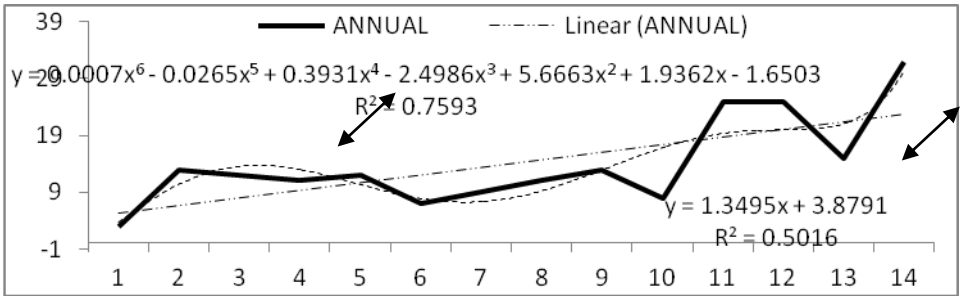
شکل ۲: مدل نوسانی و روند خطی طوفان‌های تندری سالانه ایستگاه چیتگر



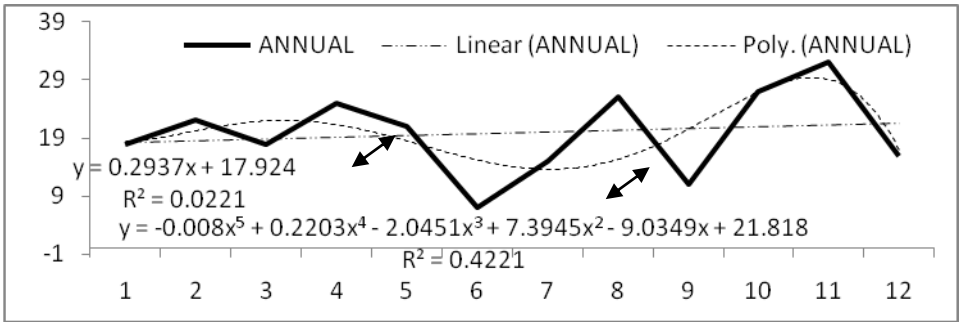
شکل ۳: مدل نوسانی و روند خطی طوفان‌های تندری سالانه ایستگاه ژئوفیزیک



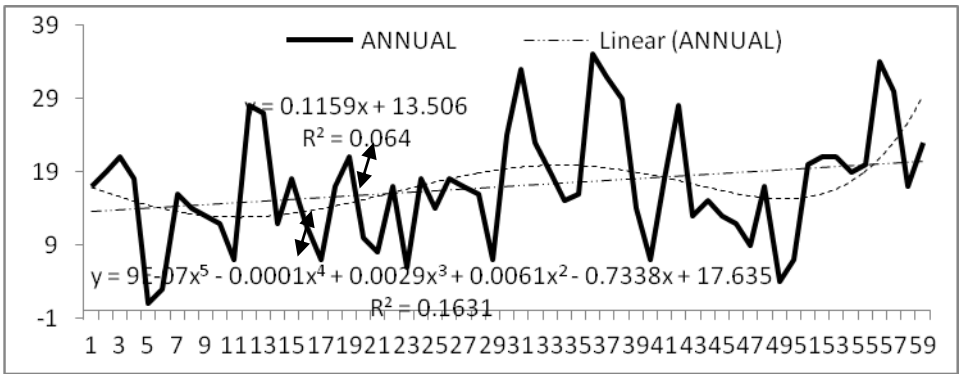
شکل ٤: مدل نوسانی و روند خطی طوفان‌های تندری سالانه ایستگاه شمال تهران



شکل ۵: مدل نوسانی و روند خطی طوفان‌های تندری سالانه ایستگاه فیروزکوه



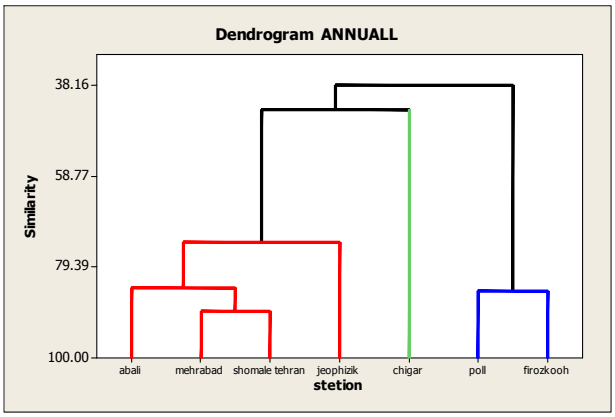
شکل ٦: مدل نوسانی و روند خطی طوفان‌های تندری سالانه ایستگاه فیروزکوه (POLL)



شکل ۷: مدل نوسانی و روند خطی طوفان‌های تندری سالانه ایستگاه مهرآباد

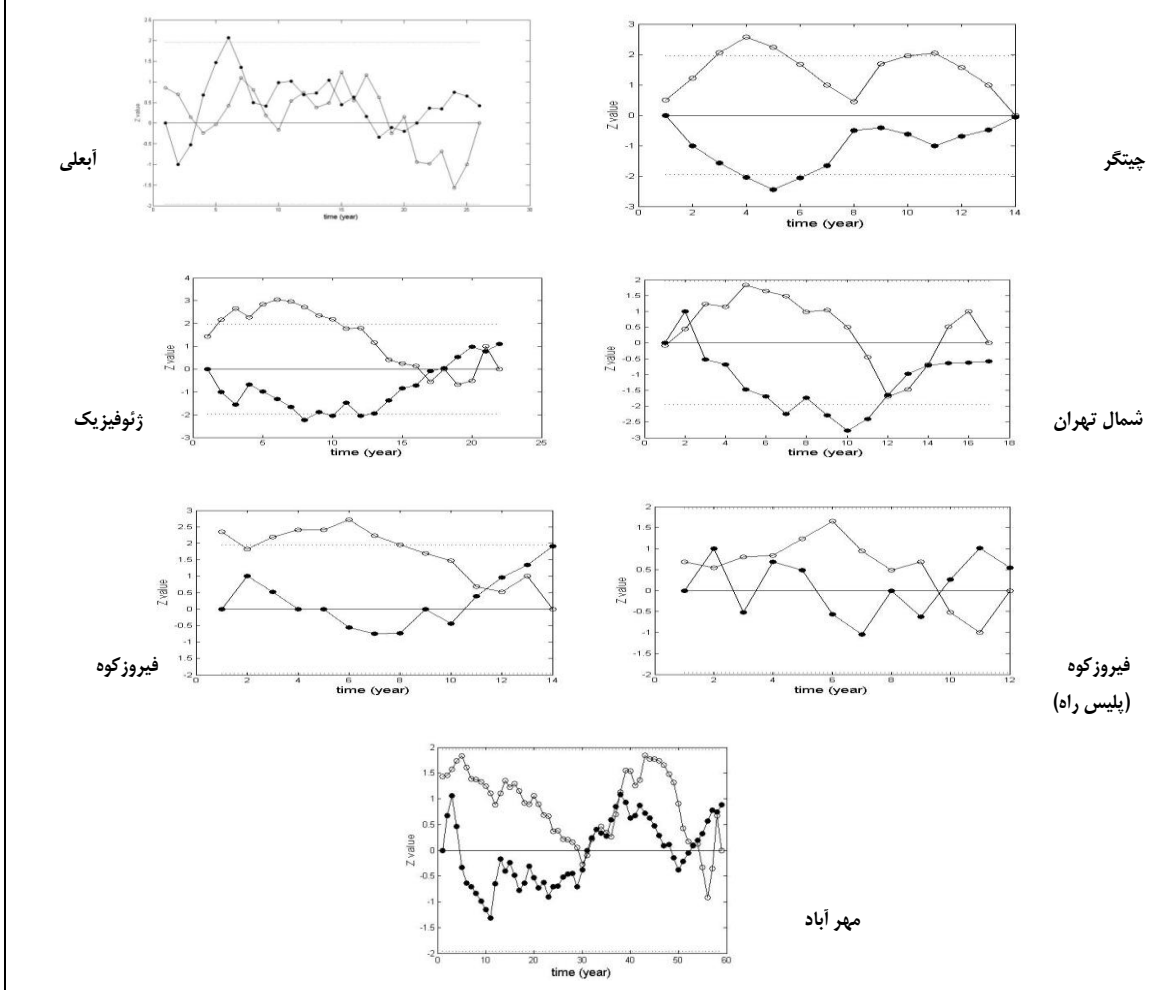
برای طبقه بندی فراوانی سالانه وقوع توفان‌های تندری، اقدام به تحلیل خوشه‌ای توفان‌های تندری با استفاده از نرم افزار مینی تب[۱۴] گردید. به این منظور از روش سلسله مراتبی تحلیل خوشه‌ای وارد استفاده شد. درخت خوشه بندی (دندروگرام) حاصل از روش مذکور در شکل نشان داده شده است که براساس آن، ایستگاه‌های آبعلی، ژ ئوفیزیک، شمال تهران و مهرآباد در یک خوشه، ایستگاه چیتگر به تنهایی در خوشه‌ای دیگر و ایستگاه‌های فیروزکوه(POLL) در خوشه‌ای جداگانه جای گرفته‌اند.

14. MINITAB 16



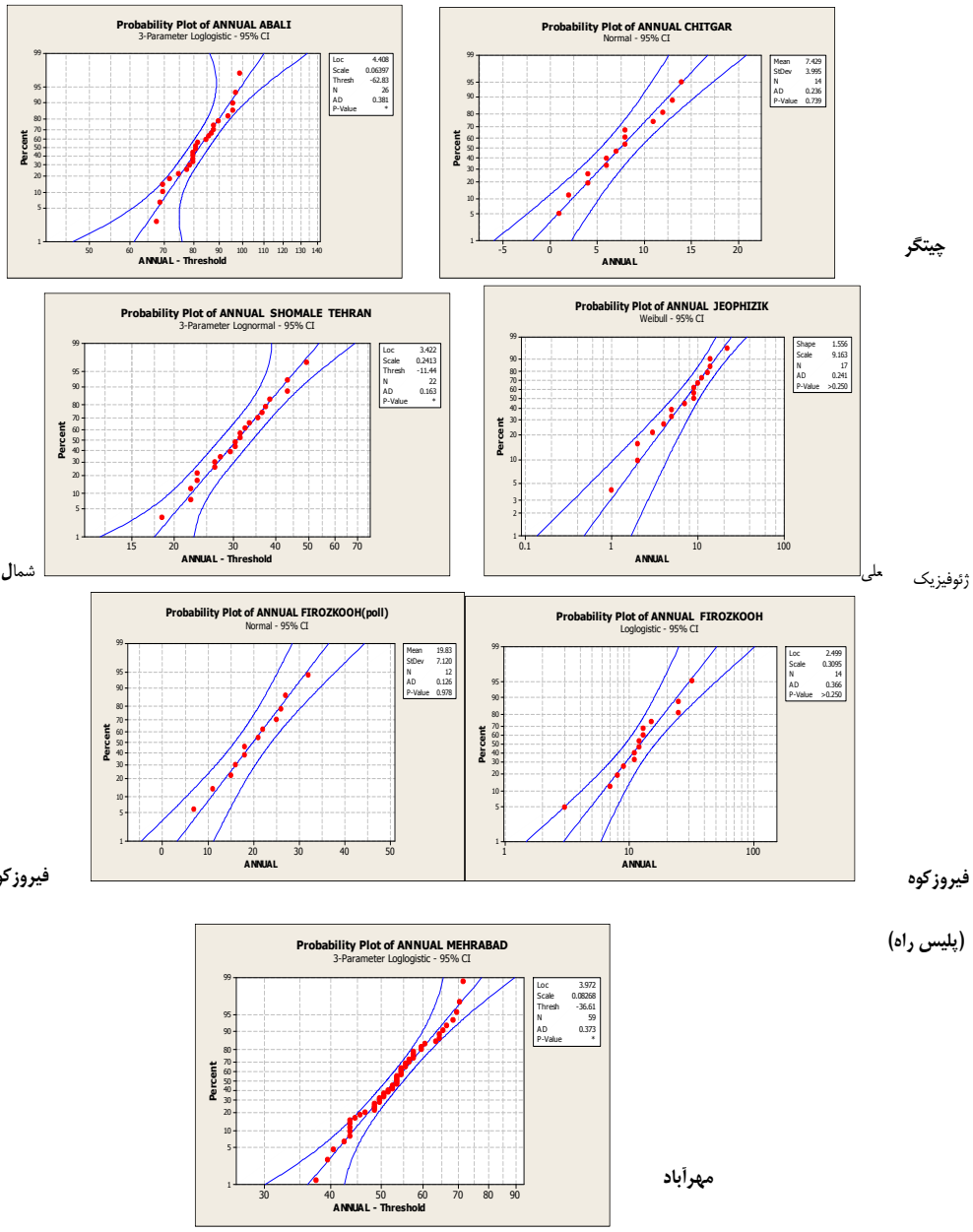
شکل ۸: دندروگرام فراوانی وقوع توفان‌های تندری سالیانه ایستگاه های مورد مطالعه استان تهران

نتایج ناشی از کاربرد روش ناپارامتری من کندال که با استفاده از نرم افزار مطلب[۱۵] ترسیم شد، نشان می‌دهد که روند مجموع سالانه تمامی ایستگاه‌ها بهرجز چیتگر معنی دار و مثبت و افزایشی بوده است، که در شکل ۹ آورده شده است.



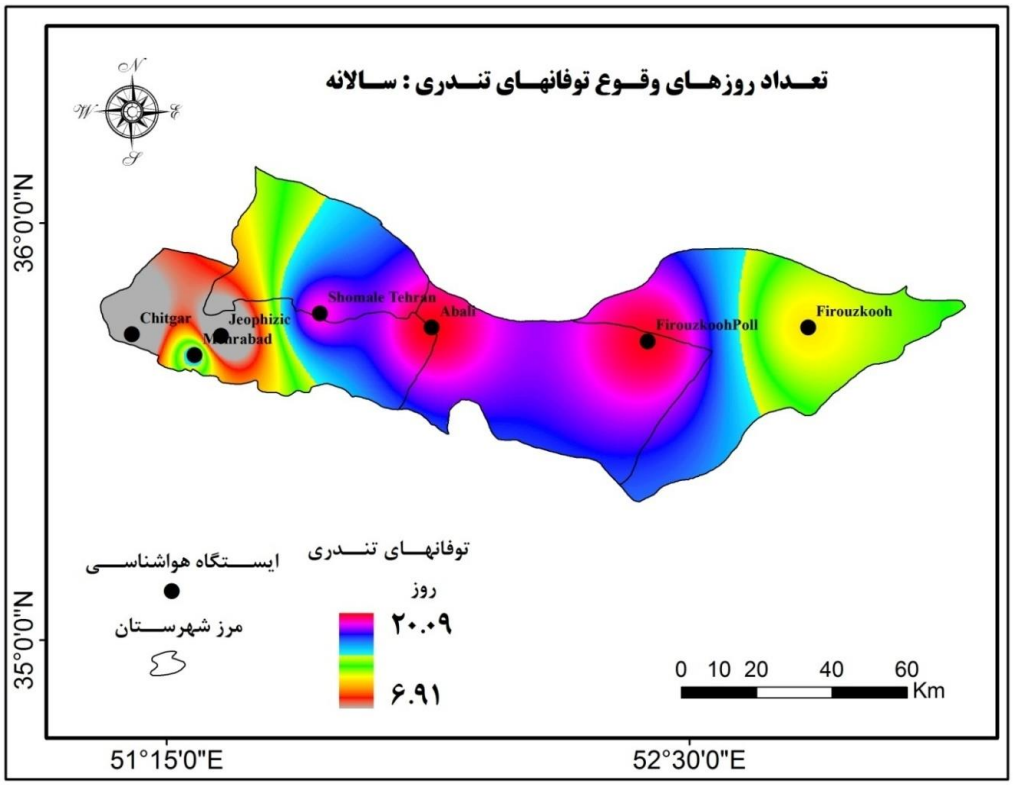
شکل ۹: آزمون ناپارامتری من کندال وقوع توفان‌های تندری سالیانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان تهران

بررسی‌های آماری مورد استفاده از نرم افزار SPSS نشان داد که ایستگاه‌های آبعلی و مهرآباد از قانون توزیع احتمال لگاریتم لجستیک سه پارامتری، ایستگاه‌های فیروزکوه (POLL) و چیتگر از تابع نرمال، ایستگاه ژئوفیزیک از قانون ویبول، ایستگاه فیروزکوه از تابع لگاریتم لجستیک و ایستگاه شمال تهران از قانون لگاریتم نرمال سه پارامتری در سطح اطمینان ۹۵ درصدی پیروی می‌کنند، که در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنیم.



شکل ۱۰: توزیع احتمال وقوع توفان‌های تندری استان تهران در ایستگاه‌های مطالعه با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

نقشه‌های توزیع مکانی و مطالعات الگوهای مکانی که با استفاده از روش IDW در دوره زمانی ۱۲ ساله (۱۹۹۶ – ۲۰۰۷) با استفاده از نرم افزار GISترسیم شده‌اند حاکی این مطلب است که آبعلی و بعداز آن فیروزکوه (POLL) دارای بیشترین و ژئوفیزیک دارای کمترین فراوانی وقوع توفان تندری در بین ایستگاه‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه بودند؛ به طور کلی ایستگاه‌های مرتفع دارای بیشترین فراوانی وقوع توفان تندری در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده‌اند.



نقشه ۲: پراکنش مکانی تعداد روزهای وقوع توفان‌های تندری در سال‌های ۱۹۹۶– ۲۰۰۷

نتیجه گیری

وقوع توفان‌های تندری در همه ایستگاه‌های استان تهران مشهود است. آمار ایستگاه‌های مورد مطالعه استان تهران بیانگر وقوع هم‌زمان توفان‌های تندری با بادهای شدید، تگرگ، صاعقه، بارش سنگین و سیل است.

به علّت کثرت وقوع توفان‌های تندری، بارش تگرگ و دیگر پدیده‌های ناشی از تندرها، این سوانح اقلیمی برای کشاورزان امری عادی شده است. اما بحران محیطی و آسیب‌های سنگین به محصول‌های 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 تعداد افراد و حیوان‌های که بر اثر صاعقه و سیلاب دچار سانحه می‌شوند به شدّت افزایش می‌یابد. آثار محیطی توفان‌های تندری را می‌توان در آتش سوزی درختان بر اثر صاعقه، افزایش ذرّات معلّق در

هوا بر اثر وزش باد، جاری شدن سیل و تأثیرهای مخرب محیطی آن (مثل فرسایش خاک و اضمحلال و کاهش جانداران محیط‌های خاکی و آبی بر اثر سیلاب) و مسائلی از این دست، مشاهده کرد.

وقوع توفان تندری در استان تهران، امری حتمی است. در اغلب موارد، پدیده‌ی مذکور خطر آفرینی زیادی ندارد، امّا وقوع توفان‌های تندری شدید و مخرب نیز نامحتمل نیست. در واقع می‌توان پدیده‌ی مذکور را از ویژگی‌های اقلیم استان تهران برشمرد که بعضاً با شدّت عمل کرده، موجبات ورود آسیب‌های سنگین و ناپایداری محیط را فراهم می‌آورد.

خطوط روند صعودی وقوع توفان‌های تندری استان تهران بیانگر این مطلب است که باید موضوع توفان‌های تندری را از بعد برنامه‌ریزی و مدیریت بحران در بلایای طبیعی در خور توّجه ویژه قلمداد کرد. نتایج این مطالعه بر لزوم نگرش منطقی و علمی به بلیه‌ی طبیعی توفان تندری تأکید دارد. با توّجه به این‌که وقوع توفان تندری در استان تهران امری معمول و نه تصادفی محسوب می‌شود. می‌توان بیمه (به ویژه برای محصول‌های کشاورزی و احشام) را مهمترین راهکار در کاهش آسیب‌های مالی برشمرد. مصائب انسانی توفان‌های تندری، شامل صاعقه زدگی، پرت شدن از ارتفاع بر اثر باد شدید، تگرگ و غرق شدن در سیلاب رودها در هنگام وقوع توفان‌های تندری است. می‌توان با آموزش و اطلاع رسانی دقیق و تشویق مردم به توّجه کردن به توصیه‌های مأخوذ از پیش بینی‌های سازمان هواشناسی از شدّت تلفات تا حدود زیادی کم شود. در سال‌های اخیر، توسعه علم و دانش بشر این امکان را به وجود آورده که به تواند 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 توفان‌های تندری را در مناطق بی خطر یا کم خطر خالی کند. اخذ و بکارگیری چنین روش‌هایی می‌تواند تا حدّ زیادی از خطر توفان‌های تندری و دامنه‌ی خسارت آفرینی آنها بکاهد و محیط را به سوی ثبات و پایداری سوق دهد. از جمله پیشنهادهای دیگر می‌توان بیان کرد در ماه‌های بهار به ویژه در ماه می، در صورت مشاهده‌ی ابرهای کومولونیمبوس به نقاط مرتفع (پشت بام) نروند، از استقرار در حاشیه‌ی رودها به پرهیزند و به محض تشخیص احتمال بارش تگرگ یا مشاهده‌ی رعد و برق و یا احتمال وقوع آن خود را به یک سر پناه مطمئن غیر فلزی برسانند. (داخل اتومبیل، کیوسک و امثال آن اماکن امنی نیستند). از ایستادن در نزدیکی اجسام رسانا به ویژه فلزها و استقرار در مناطق مرتفع به پرهیزند، از استحمام جداً خودداری کنند و اگر در مناطق رو باز و فاقد سر پناه مطمئن هستند با استقرار در مناطق پست تر و چاله‌های خشک و غیر مرطوب و جمع کردن بدن خود را از خطرهای صاعقه در امان نگه دارند.

منابع

۱– اخوان، رضا. و دیگران، (۱۳۹۰): کاربرد دو روش کرینجینگ و IDW در پهنه بندی تراکم و تاج پوشش جنگل‌های شاخه زاد بلوط(مطالعه موردی، منطقه‌ی کاکارضای خرم آباد لرستان). مجله جنگل ایران (انجمن جنگل بانی ایران). سال سوم شماره ۴. صص ۳۱۶–۳۰۵ .

۲- تاج بخش، سحر و دیگران، (۱۳۸۸): روشی برای پیش بینی رخداد توفان‌های تندری با طرح دو بررسی موردی. مجله فیزیک زمین و فضا. دوره ۳۵ شماره ۴. صص ۱۶۶-۱۴۷.
۳- تاریخچه تهران. (۱۳۸۷): مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی. ویرایش دوم.
۴- جلالی، اروج و دیگران، توفان‌های تندری و بارش ناشی از آن در محدوده شهر اهر، نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، صص ۳۳-۱۸.
۵- جعفرپور، ابراهیم. (۱۳۸۱): اقلیم شناسی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. چاپ سوم.
۶- جغرافیای استان تهران، (۱۳۸۸): دفتر برنامه ریزی و تألیف کتب درسی. چاپ دهم.
۷- حاج بابایی، نوید و دیگران، بهمن (۱۳۸۴): توفان‌های تندری در ایران و بررسی سینوپتیک آن در شرق اصفهان، مجموعه مقالات اولین همایش ملی فرسایش بادی (در یزد). صص ۳۱۳-۳۰۵.
۸- حجازی زاده، زهرا و دیگران. (۱۳۸۸): بررسی تغییرات دما و بارش تهران طی نیم قرن اخیر، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای. پیش شماره پاییز و زمستان ۸۸. صص ۵۶-۴۳.
۹- خورشید دوست، محمد علی و دیگران. (۱۳۸۵): کاربست نرم افزار Digital Atmosphere 2000 در تحلیل فضایی پدیده‌های اقلیمی ایران؛ فصل‌نامهٔ جغرافیایی سرزمین.
۱۰- خوشحال دستجردی، جواد و دیگران. (۱۳۸۶): شناسایی ویژگی‌های سوانح محیطی منطقه شمال‌غرب ایران (نمونه مطالعاتی: خطر توفان‌های تندری در تبریز). فصل‌نامه مدرس علوم انسانی ویژه نامه جغرافیا. صص ۱۱۵-۱۰۱.
۱۱- صفری، هرمز. مقایسه دو روش درون‌یابی IDW و KRIGING جهت تهیه نقشه پهنه بندی املاک (عرصه) ناحیه ۵ شهرداری منطقه یک. مجله شهر نکار. شماره ۴۰. صص ۳۹-۳۳.
۱۲- صلاحی، برومند. (۱۳۸۹): بررسی ویژگی‌های آماری و همدیدی توفان‌های تندری استان اردبیل. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲. صص ۱۴۲-۱۲۹.
۱۳- عبدالحسینی، علی. (۱۳۹۰): مطالعه جریان‌های جستناک ناشی از توفان همرفتی در منطقه سمنان. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد. استاد راهنما: دکتر عباسعلی علی اکبری بیدختی. دانشگاه تهران مؤسسه ژئوفیزیک (گروه فیزیک فضا).
۱۴- عسگری، احمد و دیگران. (۱۳۸۹): مطالعه آماری، همدیدی توفان‌های تندری در استان خوزستان. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم (۲۹ آذر، ۱ دی ۱۳۸۹، تهران، ایران). صص ۱۱۹-۱۱۱.
۱۵- علیجانی، بهلول. کاویانی، محمد رضا. (۱۳۸۳): مبانی آب و هوا شناسی ایران. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). چاپ دهم.
۱۶- قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰): کاربرد شاخص‌های ناپایداری جوّی و برای آشکار سازی و تحلیل دینامیک توفان تندری روز ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز. فصل‌نامه علمی پژوهشی فضای جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر. سال یازدهم شماره ۳۴. صص ۲۰۸-۱۸۲.
۱۷- لشکری، حسن و دیگران. تجزیه و تحلیل آماری توفان‌های تندری و گرد و خاک وزیده شده در طی دوره آماری ۲۰۰۴-۱۹۹۰ در استان همدان. فصل‌نامه سپهر. دوره ۱۹ شماره ۵۷. صص ۶۶-۶۰.

17- Easterling, D, R., (2003): Trend in U.S. Climate During The Twentieth Century, Consequences, Vol. 2, Pp. 3-12.
18- Pissimanis, K, Notaridou A., Spyrou C; (2006): On The Main Characteristics of Synoptic 2-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.
19- Waguespack, M; (2006): Reconciling Garbage Cans and Rational Actors: Explaining Organizational Decisions About Environmental Hazard Management; Social Science Research, Vol. 35.
20- Whitman, C.D., (2003): Mountain Meteorology, Oxford University Press, Vol. 37, No. 2, pp. 89-96.

21- Chignon, S. A., (2003): Measures of Economic Impact s of Weather Extremes, Bull, Amir, Meteor, Soc, Vol. 84, No. 12, pp. 1231-1235.