پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۱، تابستان ۱۳۹۰
(پژوهش و سازندگی)

بررسی توزیع زمانی و مکانی طوفان ها و بادهای شدید در ایران

• منوچهر فرج زاده
دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)
• مهین رازی
دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: تیر ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: آذر ماه ۱۳۸۹
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۷۲۳۱۲۴
Email: farajzam@modares.ac.ir

چکیده

بر اساس مطالعات سازمان هواشناسی جهانی، بادهای با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (۳۰نات) به عنوان طوفان شناخته می شوند. لذا بر اساس این آستانه، فراوانی و توزیع زمانی و مکانی طوفان های ایران در مقاله حاضر تحلیل و پهنه بندی شده است. برای انجام این کار پس از جمع آوری داده های سمت و سرعت باد ایستگاه های سینوپتیک کشور، یک دوره ی آماری مشترک۴۰ ساله ۳۳ ایستگاه استخراج گردید و فراوانی طوفان ها به صورت ساعتی، ماهانه و فصلی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهات وزش طوفان ها برای ایستگاه های مورد مطالعه محاسبه شد. سپس اطلاعات حاصله برای تهیه نقشه پراکندگی مکانی و زمانی طوفان ها استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که ماه مارس بیشترین میانگین روزهای طوفانی را با ۱۲ روز در سال داشته است. در ایستگاه زابل که شرایط متفاوتی با سایر نقاط کشور نشان می دهد، ماه جولای بالاترین میانگین روزهای با طوفان را با ۲۶ روز همراه داشته است. ساعت ۱۲ بیشترین فراوانی وقوع طوفان ها را در کشور با ۶۰۹ طوفان دارا بوده است. در ایستگاه زابل ساعت ۶ با ۸۴۱ طوفان بیشترین فراوانی را داشته است. همچنین پهنه بندی طوفان ها نشان می دهد که توزیع طوفان ها در کشور روند ثابتی ندارد، بطور کلی ایستگاه زابل با تفاوت زیاد بیشترین فراوانی وقوع طوفان ها را داشته است. ایستگاه های زاهدان، کرمان، تبریز، اصفهان، همدان و بندرانزلی شامل ایستگاه های با فراوانی وقوع بالا همچنین ایستگاه های خرم آباد، مشهد، اراک، ارومیه، گرگان، شاهرود، شیراز، تربت حیدریه و سمنان شامل ایستگاههای با کمترین فراوانی وقوع بوده اند. دیگر ایستگاه ها از نظر وقوع طوفان ها مقدار متوسطی را داشته اند. همچنین بررسی میانگین سرعت باد در ایستگاه های مورد مطالعه نشان می دهد که در اغلب ایستگاه ها بین میانگین سرعت باد و فراوانی وقوع طوفان ها رابطه معناداری وجود ندارد به این صورت که ایستگاه هایی که فراوانی بالایی را از نظر وقوع طوفان ها دارند لزوماً میانگین سرعت بالایی ندارند.

کلمات کلیدی: طوفان، تحلیل زمانی، تحلیل مکانی، پهنه بندی، ایران

www.SID.ir

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 91 pp: 22-32

The study of temporal and spatial distribution of storms and severe winds in Iran

By: M. Farajzadeh, Tarbiat Modarres University (Corresponding Author; Tel: +989121723124) Razi, M. Tarbiat Modarres University.

According to world meteorological organization study, winds with more than 15m/s (30knot) are identified as storm. Therefore based on this threshold in this study, the temporal and spatial distribution of storms in Iran has been analyzed and zoning. In order to achieve the purpose of this study, after gathering the data of wind direction and speed in stations of the country, a common 40-year period among 33 stations was extracted, then regime of wind speed, storms frequency and direction were calculated with help of SPSS and EXCEL software. Then, the data was entered in Arc GIS software then, temporal and spatial distribution map of storms in Iran was obtained and analyzed. The results of this study show that, March had the most average stormy days with 12 days, in Zabol station, August had the most average stormy days with 26 days. The most frequency of storms occurrence was at 12 with 609 frequency. In zabol station most frequency storm was at 06 with 841 frequency. Also, storm zoning shows that storms distribution in the country did not have fixed trend. In sum, Zabol station significantly had most frequency of storm occurrence. Zahedan, Kerman, Tabriz, Esfahan, Hamedan and Bandar anzali stations had high frequency occurrence. whereas, Khoram abad, Mashhad, Arak, Oromieh, Gorgan, Shahrud, Shiraz, Torbate heidarieh and Semnsn stations had the lowest frequency occurrence. The rest had the average storms occurrence. Also mean wind speed show that, in the more stations did not have significant relation between mean wind speed and frequency of storms occurrence.

Keywords: Storm, Temporal analysis, Spatial analysis, Zoning, Iran

مقدمه

بادهای شدید و طوفان ها از جمله پدیده های پر انرژی جو هستند، که معمولاً هر ساله در زمان و مکان خاصی تکرار می شوند و دوره بازگشت و شدت آنها قابل محاسبه است و فرایندهای همراه آن اغلب خطر آفرین و گاهی به شدت مخرب می باشند. با توجه به انرژی باد در پدیده طوفان صدمات زیادی به ساختمان ها و محصولات کشاورزی وارد می آید. باد یکی از متغیرهای مهم برای شناخت پدیده های جوی است. باد یک تعدیل کننده مهم در طبیعت است زیرا اختلافات مربوط به دما، رطوبت و فشار که در جهات افقی جو وجود دارد، از بین رفته و هوا به حالت تعادل در می آید (۵).

بر اساس استانداردهای جهانی و دستورالعمل های کدها و روش های دیدبانی، طوفان به بادهای با سرعت بیش از ۳۰ نات (۱۵ متر بر ثانیه) و دید افقی کمتر از ۱ کیلومتر اطلاق می گردد(WMO,۱۹۹۶). ولی از دیدگاه عامه، طوفان به حالت های آشفته جو و اثر گذار بر روی درختان، اشیاء، بوته ها، ابنیه و کلیه و سائل و ابزار آلات صنعتی و غیر صنعتی و درجه و میزان آسیب پذیری آنها، در کل به تغییرات مخرب و ناخوشایند هوا گفته می شود.

مطابق با آمار سازمان های بین المللی صلیب سرخ و هلال احمر از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ هر ساله بیش از ۵۶ میلیارد دلار خسارت از طریق طوفان به بخش های مختلف جهان وارد شده است، همچنین بر اساس همین آمار طی سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۶ بطور متوسط همه ساله بیش از ۴۰ هزار نفر جان خود را در اثر این پدیده از دست داده اند (۹).

مطالعات مختلفی در خصوص طوفان ها صورت گرفته است. Basar و Haker (۸) با استفاده از GIS مسیر وزش طوفان های اوکلاهما را مورد مطالعه و بررسی قرار داده اند. ایشان به این نتیجه رسیدند که مسیر وزش حداکثر طوفان ها در شرق اوکلاهما بوده، که با یک شیب به طرف غرب کاهش پیدا کرده است. همچنین مسیر وزش این طوفان ها از ژانویه تا آوریل از جنوب غرب به شمال شرق، در طی ماه می از شرق به غرب، از ژوئن تا سپتامبر از شمال غرب به جنوب شرق، و در پایان سال از جنوب غرب به شمال شرق بوده است.Tyrrell (۱۱) اقلیم شناسی تورنادوها در ایرلند را مورد مطالعه و بررسی قرار داده است. او بیان کرده که به طور متوسط ۱۰ تورنادو در سال در ایرلند به وقوع پیوسته، بیشتر تورنادوها در طی ماه های تابستان بویژه اگوست بوده است. نامبرده همچنین با توجه به توزیع جغرافیایی تورنادو، شرایط منطقه و سطح زمین را در گسترش محیط های اتمسفری مساعد جهت وقوع تورنادو در ایرلند را دخیل می داند. Sacre و همکاران (۱۰) با استفاده از روش های آماری، حداکثر سرعت های باد در فرانسه را مورد مطالعه قرار داده اند. ایشان به این نتیجه رسیدند که بالاترین میزان حداکثر سرعت باد در فرانسه در طول نواحی ساحلی و در قسمت های شمالی بوده است. Etkin و همکاران(۷) با بررسی فعالیت تورنادو در کانادا در طی مراحل مختلف فعالیت نوسانات جنوبی به این نتیجه رسیده اند که وقوع تورنادو همزمان با وقوع نوسانات جنوبی می باشد. ایشان همچنین بیان می دارند که وقوع لانینو سرد مانع فعالیت تورنادوها و وقوع النینو باعث افزایش فعالیت تورنادو شده است. مرجانی(۶) با استفاده از نقشه های سینوپتیکی، بادهای شدید بیش از

Archive of SID

www.SID.ir

۱۵ متر بر ثانیه (طوفان) را در خراسان مورد مطالعه و بررسی قرار داده است، او عوامل موثر بر وقوع طوفان در استان خراسان را وجود کم فشار در قسمت های مرکزی و جنوبی ایران، وجود پر فشار جنب حاره ای در تابستان و وجود جت جنب حاره ای بر روی مناطق شمالی ایران و جابجائی آن تا قسمت های مرکزی ایران می داند. حسینی (۲) با استفاده از نقشه های سینوپتیکی و شاخص های ناپایداری، بادهای بیش از ۲۰ نات تهران را مطالعه کرده است، وی نتیجه گرفته است که وزش بادهای شدید ناشی از وجود دو مرکز کم فشار بسته شده ۱۰۰۴ هکتوپاسکال در منطقه مورد مطالعه، حاکمیت هوای سرد قبل از عبور جبهه سرد از ایستگاه، همجوار بودن با منطقه کویر و وجود ناپایداری بوده است. امیدوار (۱) با استفاده از شاخص ناپایداری و نقشه های سینوپتیک رژیم بادهای شدید و طوفانی یزد را مورد مطالعه و بررسی قرار داده، او نتیجه گرفته که بیش از ۷۷ درصد بادهای شدید منطقه از سمت ۲۵۰ تا ۳۳۰ درجه وزیده و همچنین بیش از ۵۰ درصد از بادهای شدید و طوفان های منطقه در ماه های اردیبهشت و فروردین رخ داده است. عبور یک سامانه کم فشار با جبهه سرد و خشک از سمت غرب - شمال غرب همراه با وجود ناوه در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و ناپایداری های محلی، مهمترین علل بروز این بادهای شدید بوده است. مطالعات مذکور نشان می دهد علی رغم انجام مطالعات مختلف در سطح جهانی و داخلی مطالعات جامعی در مورد شناخت رژیم بادهای شدید در کشور صورت نگرفته است. با توجه به این موضوع هدف مقاله حاضر بررسی فراوانی طوفان ها و بادهای شدید در کشور و تعیین مکان و زمان حداکثر وقوع این طوفان ها در کشور می باشد.

مواد و روش ها

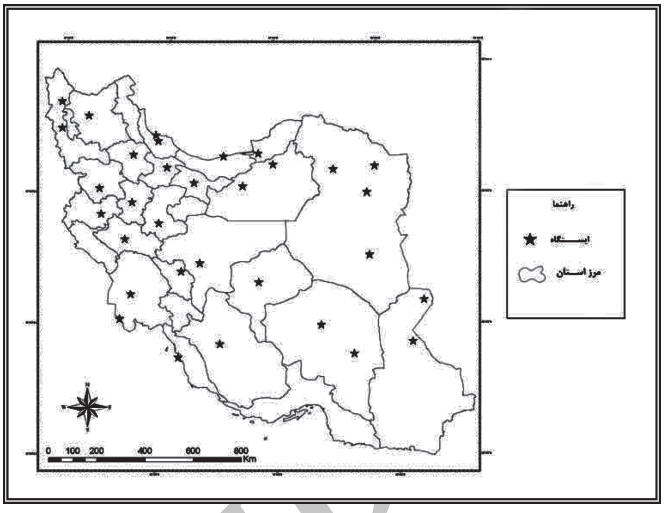
مواد

انجام این تحقیق با استفاده از داده های باد ۳۳ ایستگاه سینوپتیکی سراسر کشور در طی دوره آماری ۴۰ ساله از سال ۲۰۰۵ - ۱۹۶۶ بوده است. مشخصات و توزیع جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود در بین ایستگاه های مورد مطالعه ایستگاه بندرانزلی با ۲۶/۲- متر، کمترین ارتفاع از سطح دریا و ایستگاه شهرکرد با ۲۰۴۸/۹ متر ارتفاع بیشترین ارتفاع از سطح دریا را دارا می باشند.

جدول۱- مشخصات ایستگاه های سینوپتیک مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۶)

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی	
			دقیقه	درجه	دقیقه	درجه				دقیقه	درجه	دقیقه	درجه
۱	آبادان	۶۶	۱۵	۴۸	۲۲	۳۰	۱۸	خوی	۱۱/۳	۵۸	۴۴	۳۳	۳۸
۲	اهواز	۲۲/۵	۴۰	۴۸	۳۰	۳۱	۱۹	مشهد	۹۹۹/۲	۳۸	۵۹	۱۶	۳۶
۳	اراک	۱۷/۸	۴۶	۴۹	۶	۳۴	۲۰	رشت	۳۶/۷	۳۹	۴۹	۱۲	۳۷
۴	ارومیه	۱۳۱۵/۹	۵	۴۵	۳۲	۳۷	۲۱	سبزوار	۹۷۷/۶	۴۳	۵۷	۱۲	۳۶
۵	اصفهان	۱۵۵۰/۴	۴۰	۵۱	۳۷	۳۲	۲۲	سنندج	۱۳۷۳/۶	۰	۴۷	۲۰	۳۵
۶	بوشهر	۱۹۶	۵۰	۵۰	۵۹	۲۸	۲۳	سمنان	۱۱۳/۸	۳۳	۵۳	۳۵	۳۵
۷	بم	۱۰۶۶/۹	۲۱	۵۸	۶	۲۹	۲۴	شهرکرد	۲۰۴۸/۹	۵۱	۵۰	۱۷	۳۲
۸	بندرانزلی	-۲۶/۲	۲۸	۴۹	۲۸	۳۷	۲۵	شاهرود	۱۳۴۵/۳	۵۷	۵۴	۲۵	۳۶
۹	بندرعباس	۹/۸	۲۲	۵۶	۱۳	۲۷	۲۶	شیراز	۱۴۸/۱	۳۶	۵۲	۳۲	۲۹
۱۰	بیرجند	۱۴۹۱	۱۲	۵۹	۵۲	۳۲	۲۷	تبریز	۱۳۶۱	۱۷	۴۶	۵	۳۸
۱۱	بابلسر	-۲۱	۳۹	۵۲	۴۳	۳۶	۲۸	تهران	۱۱۹/۸	۱۹	۵۱	۴۱	۳۵
۱۲	قزوین	۱۳۷۹/۲	۲	۵۰	۱۵	۳۶	۲۹	تربت حیدریه	۱۴۵/۸	۱۳	۵۹	۱۶	۳۵
۱۳	گرگان	۱۳/۳	۱۶	۵۴	۵۱	۳۶	۳۰	یزد	۱۲۳۷/۲	۱۷	۵۴	۵۴	۳۱
۱۴	همدان	۱۶۷۹/۷	۴۳	۴۸	۱۲	۳۵	۳۱	زابل	۴۸۹/۲	۲۹	۶۱	۲	۳۱
۱۵	کرمان	۱۷۵۲/۸	۵۸	۵۶	۱۵	۳۰	۳۲	زاهدان	۱۳۷	۵۲	۶۰	۲۸	۲۹
۱۶	کرمانشاه	۱۳۱۸/۶	۹	۴۷	۲۱	۳۴	۳۳	زنجان	۱۶۶۳	۲۹	۴۸	۴۱	۳۶
۱۷	خرم آباد	۱۱۴۷/۸	۱۷	۴۸	۲۶	۳۳	**	**	**	**	**	**	**

www.SID.ir



شکل۱- نقشه پراکندگی ایستگاههای مورد مطالعه

روش ها

تعیین سال های آماری مشترک

برای انجام این کاربارگراف سالهای آماری موجود در ایستگاه های مورد بررسی در یک نمودار ترسیم شد تا بوسیله آن سال های مشترک انتخاب شده و به عنوان دوره مطالعاتی مبنا استفاده شود (۳). با توجه به کلیه موارد فوق، پس از انتخاب ایستگاه های مناسب، دوره آماری ۴۰ ساله از سال ۲۰۰۵-۱۹۶۶ جهت انجام این تحقیق انتخاب گردید.

آزمون همگنی داده ها

در این تحقیق از روش آزمون توالی برای بررسی همگنی داده های باد استفاده گردید. آزمون ران تست جزو روش های غیرگرافیک محسوب می شود که توزیع داده ها را نسبت به میانگین، میانه و مد مورد بررسی قرار می دهد. در این مطالعه آزمون داده های ایستگاه های مختلف از میانه متغیرها استفاده شده است. طبق این آزمون همگنی داده های آماری ثابت گشته است.

روش طبقه بندی ایستگاه های مورد مطالعه

یکی از اهداف اصلی در مطالعات اقلیمی انجام طبقه بندی اقلیمی است، با این نوع طبقه بندی سعی می شود مناطقی که از نظر دما، بارش، فشار، رطوبت، جریان باد و سایر پارامترهای اقلیمی مشابهت دارند، در یک گروه قرار گرفته و از نظر تیپ اقلیمی نام گذاری شوند. ممکن است این تیپ ها از نظر مکانی به صورت پیوسته در کنار یکدیگر قرار گیرند و در عین حال امکان دارد مناطق مشابه از نظر اقلیمی به صورت پراکنده توزیع شده باشند(۳).جهت مشخص کردن ایستگاههایی که از نظر فراوانی روزهای طوفانی در طی دوره آماری مورد مطالعه یک روند مشابهی را دارا می باشند، از نرم افزار SPSS استفاده شد. در این جا از روش تحلیل خوشه ای[1] و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی[2] و ترسیم نمودار شاخه درختی ایستگاه هایی که وضعیت مشابهی از نظر فراوانی ماهانه تعداد روزهای همراه با طوفان در یک طبقه قرار گرفتند و در نهایت به ۶ طبقه از نظر فراوانی ماهانه روزهای همراه با طوفان طبقه بندی شدند.

روش های بازسازی داده های مفقوده

برای بازسازی نواقص آماری از روش همبستگی بین ایستگاه ها استفاده شد. برای این منظور، جهت بدست ضرایب در معادله رگرسیونی $y=ax+b$ بین دو ایستگاه با همبستگی بالا که یکی از آنها دارای آمار ناقص بود، رگرسیون گرفته شد و مقادیر a و b تعیین گردید و سپس در هر سال به کمک داده های ایستگاه دارای آمار کامل (x)، داده های ایستگاه ناقص(y) تعیین گردید.

نتایج

بررسی رژیم ساعتی سرعت باد

جهت بررسی رژیم ساعتی باد در کشور، از مجموع هر ساعت (به وقت گرینویچ) در طی دوره آماری ۴۰ ساله میانگین گرفته و طبق جدول ۲ میانگین سرعت باد در ۸ ساعت در ایستگاه های مورد مطالعه ارائه شده است. به طور کلی از بررسی میانگین سرعت باد در ساعات مختلف می توان این چنین نتیجه گرفت که ساعت ۰۳ (۶:۳۰ به وقت محلی) کمترین میانگین سرعت را در بین تمامی ساعات داشته است. در این ساعت به علت کاهش دمای هوا عمل انتقال عمودی کاهش یافته در نتیجه سرعت باد به کمترین مقدار تقلیل می یابد. از این به بعد با طلوع خورشید و افزایش دما به تدریج سرعت باد افزایش یافته تا اینکه در ساعت ۱۲ (۱۵:۳۰ به وقت محلی) به بالاترین مقدار افزایش می یابد، از این زمان به بعد نیز سرعت باد یک روند کاهشی پیدا می کند. همچنین باید یادآور شد که در تمامی ایستگاه ها در ساعت ۱۲ بالاترین میانگین سرعت باد دیده نمی شود، از جمله در ایستگاه های زابل و سبزوار که این مقدار در ساعت ۰۶ (۹:۳۰ به وقت محلی) اتفاق افتاده است.

بررسی رژیم ماهانه سرعت باد

جهت بررسی میانگین سرعت ماهانه باد طی دوره آماری مورد نظر از کل سرعت های باد طی ۴۰ سال در ماه های مختلف به صورت جداگانه میانگین گرفته شد، که بر طبق آن جدول ۳ ارائه شده است. بطور کلی از بررسی میانگین ماهانه سرعت باد در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری ۴۰ ساله می توان چنین نتیجه گرفت که مناطق شرقی، جنوب شرقی، جنوب و همچنین ایستگاه آبادان در جنوب غرب بالاترین میانگین سرعت باد را داشته اند. همچنین از نظر میانگین سرعت ماهانه، ماه های ژوئن، جولای، می و آگوست میانگین سرعت های بالاتری را دارا بوده اند.

بررسی رژیم سالانه سرعت باد

جهت بررسی رژیم سالانه باد از داده های روزانه موجود در هر ایستگاه در طول دوره آماری مورد بررسی میانگین گرفته و بر اساس این داده ها جدول ۴ ارائه گردیده است. همانگونه که مشاهده می شود حداکثر میانگین سرعت ۴۰ ساله باد با ۱۰/۸ نات متعلق به ایستگاه

Archive of SID

www.SID.ir

زابل بوده است و همچنین حداقل میانگین سرعت باد با ۱/۸ نات متعلق به ایستگاه های گرگان و خوی می باشد. همان گونه که در شکل۲ آمده است، مناطق شـرقی، جنوبی، همچنین بخش های از مناطق مرکزی، جنوب غربی و ایسـتگاه های سـبزوار، تهران، همدان و تبریز میانگین سرعت سالانه بالاتری را نسبت به دیگر ایستگاه ها دارا می باشند.

نکته قابل ملاحظه در شـکل مذکور این اسـت که این شکل تنها یک ایده کلی از پراکندگی مکانی سرعت باد در مقیاس مورد مطالعه را بیان می کند و به طور مشـخص تاثیر پارامترهایی همچون توپوگرافی را نشـان نمـی دهد. از ایـن رو انتظار از این نقشـه در حد مقیاس آن می باشـد. بدیهی است برای بررسـی تاثیر ناهمواری ها به عنوان یک مطالعه مستقل با تعداد بیشتر ایستگاه های سینوپتیک ضرورت دارد.

بررسی رژیم ماهانه طوفان ها

جهت انجام این کار ابتدا طوفان ها یعنی بادهای بیشـتر از ۳۰ نات را از کل داده های موجود اسـتخراج کرده و سـپس طبق آنچه در جدول ۵ آمده اسـت، فراوانی این طوفان ها در ماه های مختلف بدسـت آمد. در مجمـوع ماه مارس با میانگین ۱۱/۲ روز طوفانی بیشـترین روزهای طوفانـی را در طی دوره ۴۰ سـاله در کشـور به خـود اختصاص داده است، همچنین ماه آوریل با میانگین۱۰ روز طوفانی در طی دوره مورد مطالعه بعد از ماه مارس بیشترین فراوانی روزهای همراه با طوفان را به خود اختصاص داده اسـت. کمترین میانگین روزهای طوفانی به ترتیب با میانگین ۱/۱ و ۱/۳ روز طوفانی مربوط به ماه های سپتامبر و آگوست بوده اسـت. همچنین در ایستگاه زابل که به دلیل بالا بودن آمار ماهانه طوفان ها در این ایسـتگاه به صورت جداگانه مورد بررسـی قرار گرفته اسـت (شکل۳)، ماه جولای با میانگین ۱۷/۵ روز همراه با طوفان و ماه ژانویه با ۰/۷ روز همراه با طوفان به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین ماهانه طوفان ها را دارا بوده اند.

بررسی رژیم ساعتی طوفان ها

فراوانی سـاعتی طوفان ها در ایسـتگاه های مورد مطالعه همان طوری که در شـکل ۴ و جدول ۶ آمده اسـت به روشنی نشـان می دهد که ساعت ۱۲ (۳:۳۰ به وقت محلی) با تعداد فراوانی ۵۹۷ مورد، از تعداد طوفان های بیشـتری نسـبت به بقیه سـاعات برخوردار می باشد، در اینجـا سـاعت ۰۳ (۶:۳۰ به وقـت محلی) با ۷۶ طوفـان در طی دوره آمـاری مورد مطالعه کمتریـن تعداد را به خود اختصاص داده اسـت. بـه طور کلـی همانگونه که در جدول ۶ مشـاهده می شـود در کلیه ایسـتگاه ها در زمـان طلوع خورشـید طوفان ها از کمتریـن فراوانی برخـوردار می باشـند به تدریج از ایـن زمان به بعد تعـداد طوفان ها افزایـش یافتـه تا اینکـه در سـاعت ۱۲ بـه بالاترین مقـدار افزایش مـی یابند، از این زمان بـه بعد دوباره یک کاهـش تدریجی در مقدار طوفان ها ملاحظه می شـود. در بین ایسـتگاه های مـورد مطالعه در ایسـتگاه بندرانزلی بر خلاف دیگر ایسـتگاه ها بیشترین طوفان ها در ساعات قبل و بعد از طلوع خورشید بوقوع پیوسته است. در این ایستگاه بیشـترین طوفان ها در سـاعات ۱۸ (۲۱:۳۰ به وقـت محلی) به ثبت رسیده است. به دلیل بالا بودن آمار ساعاتی طوفان ها در ایستگاه زابل این ایسـتگاه به صورت جداگانه مورد بررسـی قرار گرفته است. در این ایسـتگاه بیشترین تعداد طوفان ها در طی دوره مورد مطالعه در ساعت ۰۶ (۹:۳۰ به وقت محلی) با ۸۴۱ مورد و کمترین تعداد با ۱۶۷ مورد در ساعت ۱۵ (۱۸:۳۰ به وقت محلی) به ثبت رسیده است(شکل۵).

بررسی رژیم سالانه طوفان ها

بررسی سالانه طوفان ها در ایستگاه های مورد مطالعه(جدول۷)، نشان می دهد که سال ۱۹۶۷ در مجموع با ۸۵ روز طوفانی بیشترین فراوانی سـالانه روزهای طوفانی را به خود اختصاص داده است. همچنین سال ۱۹۷۶ با ۱۳ روز طوفانی کمترین روزهای طوفانی را در طی دوره مورد مطالعه در کشور به خود اختصاص داده است. در ایستگاه زابل بیشترین روزهـای طوفانی با ۱۸۸ طوفان مربوط به سـال ۱۹۸۴ و کمترین آنها با ۱ روز مربوط به سـال ۱۹۸۰ می باشـد. همچنین میانگین سـالانه طوفان ها در ایستگاه های مورد مطالعه نشان می دهد که ایستگاه زابل با میانگین ۷/۳۴ روز طوفانی و ایسـتگاه های خرم آباد،اراک و مشـهد بـا میانگین ۲/۰ روز طوفانی در سـال به ترتیب بیشـترین و کمترین میانگین سالانه طوفان ها را به خود اختصاص داده اند.

طبقه بندی طوفان ها براساس فراوانی ماهانه طوفان ها

همان گونه که در شـکل۶ مشاهده می شود ایستگاه های مورد مطالعه بر اسـاس فراوانـی ماهانه طوفان هـا در ۶ کلاس به شـرح زیر طبقه بندی شده اند. کلاس اول شامل ایستگاه های است که مجموع فراوانی طوفـان ها در آنها کمتر از ۷۱ طوفـان در طی دوره مورد مطالعه بوده اسـت. این ایستگاه ها شامل ایستگاه های شـیراز، اراک، گرگان، خرم آباد، شـاهرود، ارومیه، سمنان، شـهرکرد، بم، تربت حیدریه، بیرجند، زنجان، بوشهر، قزوین، بابلسر، بندرعباس، رشت، سبزوار، آبادان، تهران، یزد، کرمانشـاه، خوی، اهواز و سـنندج می باشـند، فراوانی ماهانه این ایسـتگاه ها اغلب در طـی ماه های مارس و آوریل بوده اسـت. از نظر پراکندگی همانگونه که مشـاهده می شـود این ایستگاه ها در مناطق مختلف کشـور پراکنده شده اند و یک روند ثابتی را از نظر پراکندگی نشـان نمی دهند. در کلاس دوم، ۲ ایسـتگاه همدان بـا فراوانی ۱۳۰ طوفـان و تبریـز بـا فراوانی ۱۱۱ طوفـان در طی دوره مـورد مطالعه قـرار گرفته اند، فراوانی ماهانه این ۲ ایسـتگاه در طی ماه مارس بوده اسـت. در کلاس سـوم ایسـتگاه بندر انزلی به تنهایی با ۱۲۳ طوفان در طی دوره مورد مطالعه قرار گرفته اسـت. بیشـترین فراوانی ماهانه طوفـان ها در این ایسـتگاه در ماه اکتبر بوده اسـت. در کلاس چهارم ایستگاه اصفهان با مقدار فراوانی ۱۴۰ طوفان قرار گرفته است. حداکثر فراوانی به وقوع پیوسـته در این ایسـتگاه در ماه آوریل بوده اسـت. در کلاس پنجم ایسـتگاه های کرمان و زاهدان به ترتیب با فراوانی ۳۶۷ و ۲۸۹ قرار گرفته اند. بیشترین فراوانی ماهانه این ایستگاه ها در طی ماه مارس بوده اسـت و در نهایت در کلاس ششـم ایستگاه زابل با فراوانی ۳۰۶۱ طوفان قرار گرفته است.

بحث و نتیجه گیری

نتایـج این تحقیق نشـان می دهد که بیشـترین فراوانـی طوفان ها و

Archive of SID

جدول۲- میانگین سرعت باد به تفکیک ساعت در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۶۶)

ساعات ایستگاه	۰	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۲۱
آبادان	۳/۵	۲/۳	۶/۴	۸/۹	۹/۲	۶/۲	۴/۵	۴/۳
اراک	۱/۲	۱/۲	۱/۵	۴/۳	۶/۵	۵	۲/۳	۱/۴
ارومیه	۱/۵	۱/۷	۲/۷	۲/۸	۶/۱	۲/۶	۲/۱	۱/۲
اصفهان	۱۸	۱/۲	۲/۲	۴/۴	۶/۲	۵/۱	۴/۳	۳/۱
انزلی	۳	۳/۴	۵	۵/۸	۴/۸	۳	۲/۸	۲/۲
اهواز	۲۸	۲/۵	۳/۹	۵/۹	۷/۲	۶/۲	۴/۹	۴/۴
بابلسر	۱۶	۱/۷	۳/۲	۵/۶	۵/۵	۲/۸	۱/۷	۱/۶
بم	۶/۷	۶	۳/۸	۵/۹	۶	۳/۶	۳/۵	۵/۲
بندرعباس	۲/۴	۲/۷	۴	۸/۹	۱	۶/۵	۳/۸	۲/۷
بوشهر	۲/۷	۲۶	۵/۴	۹/۱	۱۰/۸	۷/۵	۴/۶	۳/۸
بیرجند	۳	۲/۷	۴/۵	۶/۸	۸	۶	۳/۷	۳/۶
تبریز	۵/۲	۴/۴	۵/۹	۶/۹	۸/۴	۷/۴	۴/۹	۴/۸
تربت	۲/۴	۱/۹	۳/۶	۴/۵	۵/۲	۵	۴	۳
تهران	۳/۴	۲/۹	۵	۷/۶	۷/۸	۵/۸	۴/۳	۳/۹
چابهار	۴۸	۵/۲	۷/۶	۸/۹	۹/۱	۷/۲	۵/۸	۵/۲
خرم آباد	۲۲	۱/۴	۱/۹	۶	۶/۲	۴/۱	۳/۹	۳/۴
خوی	۶	۰/۴۷	۱/۲	۳	۴/۲	۳	۵/۶	۰/۹۵
رشت	۱/۲	۱/۲	۱/۸	۳/۲	۴/۲	۲/۸	۱/۴	۱/۱
زابل	۱۱/۴	۱۱	۱۴/۴	۱۲/۶	۱۱/۴	۸/۸	۹/۸	۱/۶
زاهدان	۲/۶	۲/۳	۵/۵	۱۰	۱۱/۸	۸/۷	۴/۸	۲/۶
زنجان	۳/۸	۲/۶	۵/۲	۵/۷	۶/۶	۵/۳	۳/۸	۳/۱
سبزوار	۴/۶	۵/۲	۶/۷	۴/۶	۵/۱	۵	۵/۶	۵
سمنان	۲/۴	۲/۲	۱/۴	۴	۳/۶	۳	۲/۹	۲/۵
سنندج	۱/۷	۱/۳	۲/۲	۴/۹	۷	۵/۶	۳/۸	۲/۲
شاهرود	۱۶	۲/۴	۳/۴	۵/۱	۵/۶	۴/۵	۲/۳	۱/۷
شهرکرد	۷	۰/۵	۱/۱	۳/۱	۵/۲	۳/۶	۱/۹	۱/۲
شیراز	۳	۲/۳	۱/۸	۵/۱	۷/۴	۶/۴	۴/۷	۳/۲
قزوین	۱/۲	۱/۴	۳/۱	۵/۹	۶/۲	۴/۷	۲/۴	۱/۶
کرمان	۳/۴	۱/۸	۳/۲	۷/۲	۹/۴	۸/۷	۵/۵	۳/۴
کرمانشاه	۲/۲	۱/۷	۳/۵	۶/۱	۸	۷	۴/۵	۲/۸
گرگان	۱/۲	۱	۱/۹	۲/۹	۲/۹	۲/۲	۱/۴	۱/۳
مشهد	۱/۸	۱/۹	۳/۳	۵/۲	۶/۷	۶/۲	۳/۲	۲/۲
همدان	۲/۶	۲/۸	۴	۶/۶	۸/۲	۶/۱	۴/۶	۳/۴
یزد	۳/۷	۳/۸	۵	۵/۲	۵/۶	۵/۴	۵/۲	۴/۸

بادهای شدید در کشور در مناطق شرق و جنوب شرق کشور می باشد. بعد از این مناطق ایستگاه اصفهان در مرکز کشور، ایستگاه همدان در غرب کشور، ایستگاه تبریز در شمال غرب و ایستگاه بندرانزلی در شمال کشور فراوانی بالایی را از نظر وقوع بادهای شدید و طوفان ها نشان می دهند.

ماه مارس با میانگین ۱۱روز طوفانی و ماه سپتامبر با میانگین ۱/۲روز طوفانی به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین روزهای همراه با طوفان را در طی دوره مورد مطالعه در کشور به خود اختصاص داده اند. در ایستگاه زابل این مقدار به ترتیب مربوط به ماه های جولای و ژانویه بوده است. بیشترین فراوانی ساعتی طوفان ها در طی ساعت ۱۲ (۱۵:۳۰ به وقت محلی) بوده است. همچنین کمترین فراوانی طوفان ها در ساعت ۰۳ (۶:۳۰ به وقت محلی) اتفاق افتاده است. در ایستگاه زابل بیشترین طوفان ها در ساعت ۰۶(۹:۳۰ به وقت محلی) رخ داده است.

بررسی سالانه طوفان هادر طی سال های مورد مطالعه نشان می دهد که سال ۱۹۶۷ با ۸۵ و سال ۱۹۷۶ با ۱۳ روز طوفانی به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی روزهای همراه باطوفان را به خود اختصاص داده اند. همچنین میانگین سالانه طوفان ها در ایستگاه های مورد مطالعه نشان می دهد که ایستگاه زابل با میانگین ۷/۳۴ روز طوفانی و ایستگاه های خرم آباد،اراک و مشهد با میانگین ۲/۰ روز طوفانی در سال به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین سالانه طوفان ها را به خود اختصاص داده اند.

بررسی میانگین سرعت باد در ایستگاه های مورد مطالعه نشان می دهد که بین تعداد طوفان ها و میانگین سرعت باد در ایستگاه های

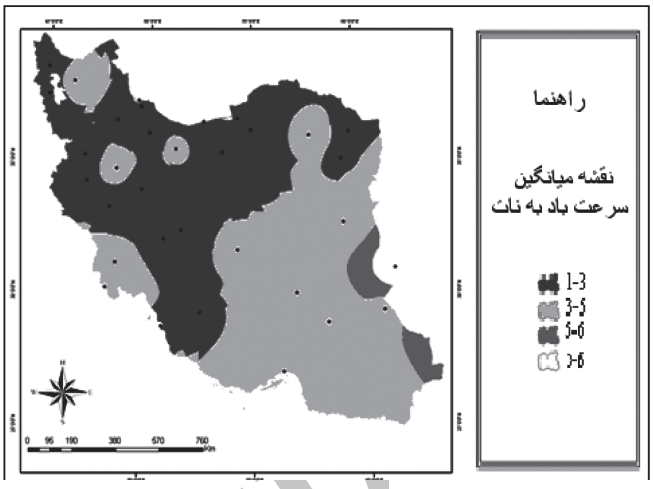
www.SID.ir

جدول ۳- میانگین سرعت باد به تفکیک ماه در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵۰۱۹۶۶)

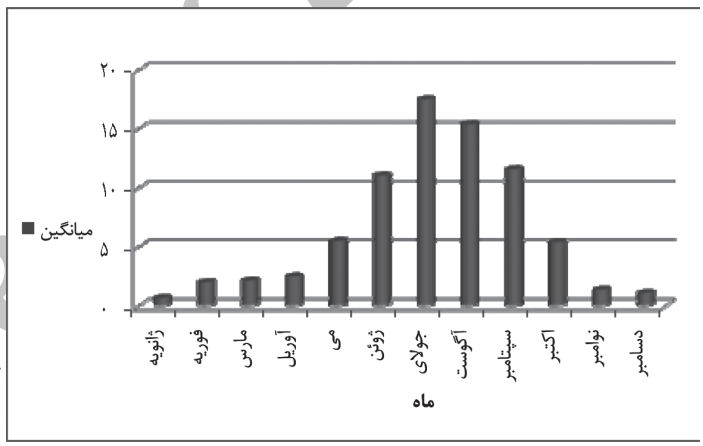
ساعات ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
آبادان	۴/۵	۵/۷	۶	۶/۴	۶/۸	۸/۹	۸	۷/۵	۵/۷	۴/۲	۴/۳	۴/۳
اراک	۱/۷	۲/۶	۳/۹	۴/۲	۱/۲	۳/۲	۳/۱	۳	۰/۸۷	۱	۱/۹	۱/۹
ارومیه	۱/۹	۲/۵	۳/۳	۲/۴	۳/۷	۳/۷	۳/۵	۳/۳	۳/۲	۲/۶	۲/۷	۱/۹
اصفهان	۱/۸	۳/۹	۵/۲	۵/۴	۴/۸	۴/۴	۴	۳/۷	۳/۹	۲/۲	۲	۲
انزلی	۴/۲	۴	۳/۶	۳/۲	۲/۳	۳/۶	۳/۴	۳/۵	۳/۸	۳/۹	۴/۲	۴/۳
اهواز	۴	۴/۱	۴/۸	۵/۲	۵/۶	۷	۶/۵	۵/۷	۴/۴	۳/۳	۳/۵	۳/۳
بابلسر	۲/۲	۲/۸	۳/۴	۳/۴	۳/۲	۳/۲	۳	۲/۹	۲/۶	۲/۳	۲/۲	۲/۲
بم	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۵/۴	۵/۶	۵/۷	۵/۹	۶	۵/۶	۵	۴/۲	۳/۵
بندرعباس	۴	۴/۶	۵/۱	۵/۵	۵/۶	۵/۷	۶/۶	۶/۷	۵/۷	۴/۸	۴/۳	۳/۹
بوشهر	۶	۶/۴	۷	۶/۸	۷/۳	۷/۸	۶/۲	۵/۴	۴/۷	۴/۶	۵/۲	۶
بیرجند	۳/۵	۴/۴	۴/۸	۵/۲	۵/۶	۶/۶	۷/۸	۶/۸	۴/۸	۳/۷	۳/۲	۳/۳
تبریز	۳/۸	۴/۷	۶/۴	۶/۵	۶/۲	۷/۴	۹	۸/۲	۶	۴/۶	۳/۷	۳/۶
تربت	۱/۶	۲/۴	۳/۴	۴	۴/۵	۵/۴	۶/۹	۵/۸	۳/۶	۲/۷	۱/۹	۱/۴
تهران	۳/۴	۵	۶	۶/۹	۷	۶/۶	۵/۵	۴/۸	۴/۶	۴/۴	۳/۶	۳/۲
خرم آباد	۲/۴	۳	۳/۹	۲/۳	۳/۵	۳/۲	۳/۲	۳/۱	۳	۲/۸	۲/۲	۲/۱
خوی	/۶	۲	۲/۴	۲/۷	۲/۲	۲/۲	۱/۹	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۲
رشت	۲/۷	۲/۸	۲/۲	۲/۳	۲	۱/۹	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۸	۲/۲	۲/۶
زابل	۴/۹	۶/۴	۷	۷/۹	۱۱/۶	۱۵/۹	۱۹/۷	۱۹/۳	۱۵/۳	۱۱/۸	۵/۸	۴/۴
زاهدان	۶/۶	۷/۷	۸	۷	۶/۷	۶/۶	۶/۷	۵/۷	۴/۸	۴/۱	۴	۵/۸
زنجان	۳/۹	۴/۳	۴/۶	۴/۷	۴/۱	۴/۲	۴/۹	۴/۴	۳/۶	۳/۴	۳/۴	۴/۲
سبزوار	۳/۱	۴/۲	۵	۵/۵	۶/۳	۷/۳	۷/۷	۶/۸	۵/۹	۴/۵	۳/۶	۲/۹
سمنان	۱/۲	۱/۹	۲/۶	۳/۲	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳	۲/۹	۲/۵	۱/۷	۱/۲
سنندج	۲/۷	۳/۴	۴/۲	۴/۴	۴	۳/۸	۴	۳/۶	۳/۲	۳/۱	۲/۶	۲/۶
شاهرود	۱/۹	۲/۵	۳/۳	۳/۶	۳/۸	۵/۱	۵/۸	۴/۹	۳/۳	۲/۲	۲	۱/۷
شهرکرد	۱/۳	۲	۳	۳	۲/۵	۱/۸	۱/۹	۱/۷	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۵
شیراز	۳/۴	۴/۵	۵/۴	۵/۴	۵/۸	۵/۳	۴/۹	۴/۵	۴	۳/۶	۳	۳
قزوین	۲/۲	۳/۲	۴	۴	۳/۶	۴/۴	۴	۳/۸	۳/۶	۲/۸	۲/۵	۲/۲
کرمان	۳/۹	۵/۸	۶/۹	۶/۴	۶/۲	۵/۲	۶/۵	۵/۸	۴/۵	۳/۴	۲/۸	۳/۲
کرمانشاه	۳/۹	۲/۸	۵/۷	۴/۴	۵	۷/۴	۴/۸	۴/۶	۲/۴	۳/۹	۲/۲	۳/۶
گرگان	۱/۵	۱/۷	۲	۲/۲	۲/۳	۲/۶	۲/۳	۲	۱/۸	۱/۴	۱/۳	۱/۴
مشهد	۲/۴	۳/۴	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۵/۲	۵/۴	۴/۸	۳/۹	۳/۲	۲/۴	۲/۴
همدان	۵	۵/۸	۶/۵	۶/۶	۶/۲	۶/۴	۶/۹	۶/۳	۵/۴	۵/۲	۵	۴/۸
یزد	۴	۴/۸	۵/۴	۵/۹	۵/۶	۵/۶	۶	۵/۲	۴/۴	۳/۹	۳/۴	۳/۸

جدول ۴- میانگین سالانه سرعت باد (نات) در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۶)

ساعات ایستگاه	میانگین سرعت	ایستگاه	میانگین سرعت
آبادان	۶	یزد	۴/۸
اهواز	۴/۷	زنجان	۴
انزلی	۳/۷	شیراز	۴/۴
بم	۴/۹	اصفهان	۳/۶
بندرعباس	۵/۲	تبریز	۵/۸
بیرجند	۴/۹	رشت	۲
قزوین	۳/۳	خوی	۱/۸
گرگان	۱/۸	شهرکرد	۱/۹
بابلسر	۲/۸	سنندج	۲/۴
اراک	۲/۴	تربت حیدریه	۳/۶
کرمانشاه	۴/۲	شاهرود	۳/۳
ارومیه	۲/۹	خرم آباد	۲/۹
همدان	۵/۸	سبزوار	۵/۲
مشهد	۲/۸	سمنان	۲/۵
تهران	۵	زابل	۱۰/۸
بوشهر	۶	کرمان	۵
زاهدان	۶	**	**



شکل۲- نقشه پراکندگی میانگین سالانه سرعت باد (نات) در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۶)



شکل۳- نمودار میانگین ماهانه روزهای همراه با طوفان در ایستگاه زابل طی دوره آماری(۲۰۰۵- ۱۹۶۶)

مـورد مطالعه ارتبـاط چندانی وجود ندارد، به ایـن معنی که در اغلب ایستگاه های مورد مطالعه سرعت باد میانگین بالایی را نشان می دهد، ولی از نظر وقوع طوفان ها این ایستگاهها فراوانی وقوع بالایی ندارند. همچنین پهنه بندی طوفان ها در کشور همانگونه که در شکل ۷ آمده اسـت، نشـان می دهد که توزیع طوفان ها در کشـور از نظر مکانی و زمانی روند مشخصی را نشان نمی دهند.به طور کلی بررسی های انجام شـده در زمینه طوفان ها و بادهای شدید در کشور بیشتر سینوپتیکی بـوده و کمتر این موضوع به صـورت آماری مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. همچنین گستره مورد مطالعه این تحقیقات به صورت محدود و منطقه ای بوده، لذا این بررسی می توان به عنوان یک بررسی جامع در زمینه طوفان ها و بادهای شـدید در ایران محسـوب کردزیرا بر اساس بررسـی انجام شده، نتایج به دسـت آمده از این تحقیق در تحقیقات قبلی دیده نمی شود.

پاورقی ها

1- Cluster analysis
2- Hierachic
3- Dendrogram

منابع مورد استفاده

۱- امیدوار، ک. (۱۳۸۵) بررسـی و تحلیل سینوپتیکی طوفان های ماسه در دشت یزد – اردکان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره۸۱: ص۵۸-۴۴

۲- حسینی، س. ب. (۱۳۷۹) مطالعه سینوپتیکی طوفان های شدید در تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه تربیت مدرس.

۳- فرج زاده، م، (۱۳۸۶) تکنیک های اقلیم شناسی، انتشارات سمت،۲۸۷صفحه.

۴- علیزاده، ا، (۱۳۸۲) اصول هیدرولوژی کاربردی چاپ شانزدهم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۸۱۵ صفحه.

۵- علیزاده، ا. و همکاران، (۱۳۸۱) هوا و اقلیم شناسـی، انتشـارات آسـتان قدس رضوی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۷۹ صفحه.

۶- مرجانی، ص. (۱۳۷۲) بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه در خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی تهران.

7- Etkin, David. Brun, Soren e. Shabbar, Ami and Joe, Paul. (2001) Tornado climatology of Canada revisisted tornado acrivity during different phases. *International journal of climatology*. PP: 915 -938

8-Hokers E, James. Basara, Jeffrey B. (2007) A 10-year spatial climatology of squall line storms across Oklahoma. *International journal of climatology*.PP: 765-775

9-Roger, Pielejr. and Pleike, Roger Sr. (1999) *Storm. VolumeII*. P563

10-Sacre, Moisselin. Sabre, Flori. Dubuisson.B, (2007) A new statistical approach to extreme wind speeds in france. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamic*.PP:1415 -1423

11- Tyrrell, John. (2003) *A tornado climatology for Ireland.* Atmospheric Research. PP: 671-684

Archive of SID

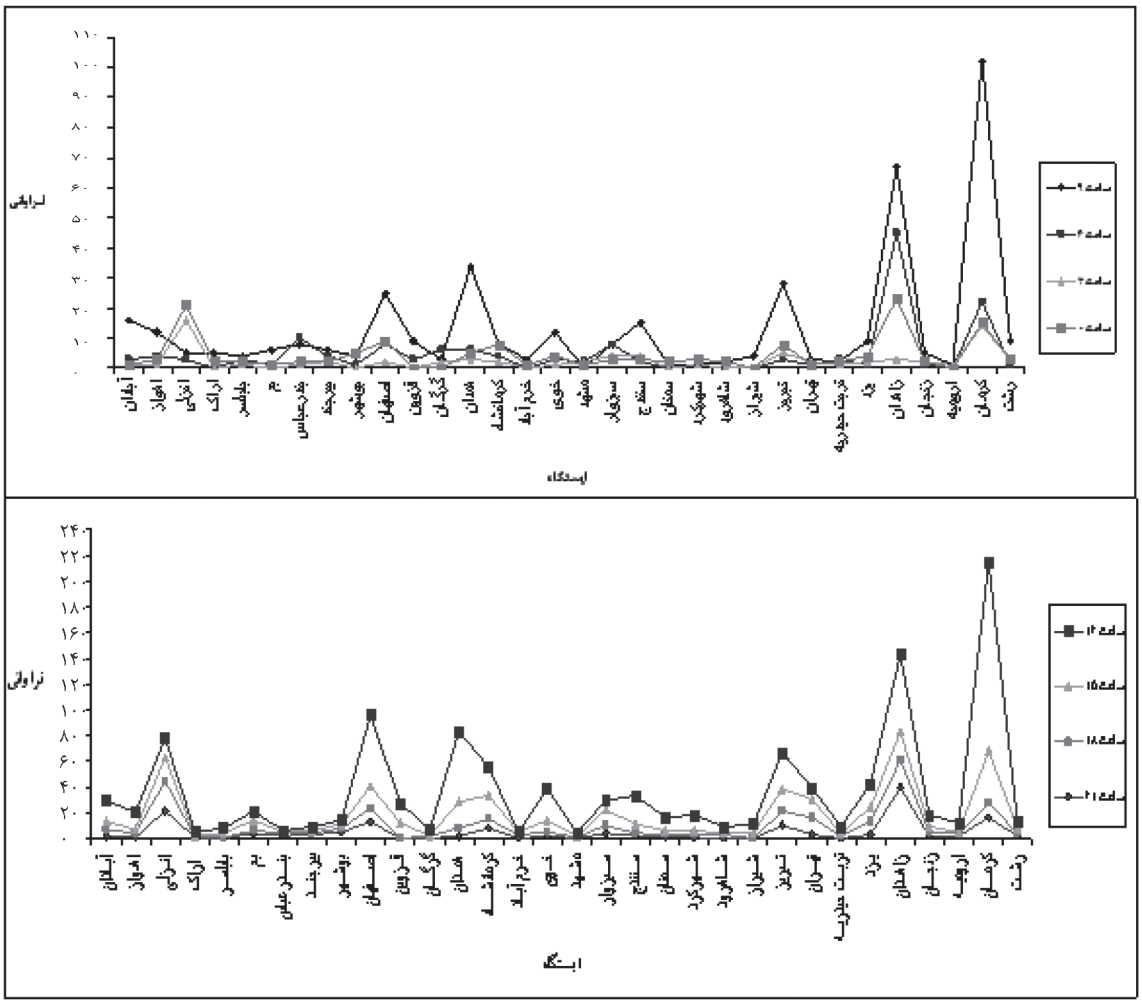
www.SID.ir

جدول۵- مجموع فراوانی ماهانه روزها ی همراه با طوفان در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۶)

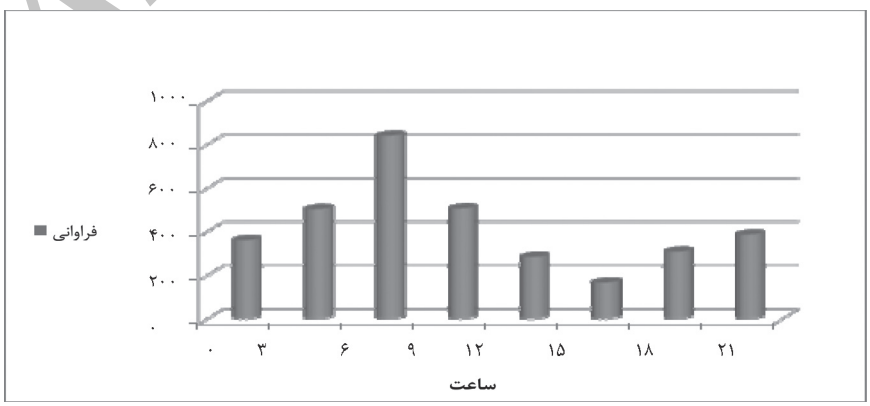
ماههای سال / ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	مجموع هر ایستگاه
آبادان	۱	۵	۳	۳	۱۴	۱۰	۴	۷	۱	۰	۰	۲	۴۹
اراک	۰	۳	۳	۴	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱۳
ارومیه	۴	۱	۴	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۰	۱۴
اصفهان	۱۱	۲۶	۳۲	۳۵	۲۱	۴	۰	۰	۲	۰	۳	۶	۱۴۰
اهواز	۳	۸	۱۵	۶	۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۴۰
بایلسر	۳	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۸	۳	۱۸
بم	۴	۳	۱۰	۲	۳	۰	۲	۱	۱	۰	۰	۳	۲۹
بندرانزلی	۱۸	۱۶	۵	۲	۲	۴	۳	۱	۱۲	۲۹	۲۲	۹	۱۲۳
بندرعباس	۶	۶	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۴	۷	۲۶
بوشهر	۱	۳	۳	۱۱	۲	۴	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۲۴
بیرجند	۲	۶	۳	۳	۰	۰	۷	۳	۰	۰	۰	۰	۲۳
تبریز	۱۲	۷	۱۸	۱۶	۱۰	۶	۱۱	۶	۳	۱۶	۵	۱	۱۱۱
تربت	۰	۱	۲	۱	۲	۰	۹	۱	۱	۰	۰	۰	۱۷
تهران	۱	۳	۲	۱۳	۱۸	۳	۱	۱	۰	۲	۳	۰	۴۷
خرم آباد	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۹
خوی	۵	۴	۱۲	۱۳	۸	۶	۳	۰	۰	۳	۳	۱	۵۸
رشت	۶	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۶	۳	۵	۱	۶	۳۹
یزد	۶	۱۳	۹	۱۲	۱۰	۳	۰	۰	۲	۲	۰	۳	۶۰
زاهدان	۴۷	۶۹	۷۳	۴۸	۷	۴	۵	۱	۰	۱	۱	۳۳	۳۸۹
زنجان	۳	۱	۷	۱۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۲۷
سبزوار	۱	۶	۴	۹	۱۴	۱۲	۲	۱	۲	۱	۴	۶	۵۳
سمنان	۰	۰	۳	۲	۷	۳	۰	۲	۱	۱	۰	۰	۱۹
سنندج	۱	۳	۸	۱۹	۵	۴	۱	۰	۱	۷	۴	۳	۵۶
شاهرود	۰	۰	۳	۱	۱	۳	۲	۱	۱	۱	۱	۰	۱۳
شهرکرد	۳	۵	۷	۲	۳	۰	۱	۰	۰	۰	۳	۳	۲۴
شیراز	۰	۱	۵	۵	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱۴
قزوین	۱	۵	۴	۱۰	۶	۱	۵	۳	۱	۲	۰	۱	۳۹
کرمانشاه	۷	۱۰	۱۳	۱۴	۹	۳	۱	۲	۰	۵	۳	۴	۷۰
کرمان	۴۴	۸۵	۸۴	۶۳	۳۶	۳	۹	۱	۱	۰	۸	۳۳	۳۶۷
گرگان	۱	۱	۳	۶	۱	۲	۲	۰	۰	۰	۲	۰	۱۸
مشهد	۱	۴	۰	۱		۰	۰	۰	۰	۱	۲	۰	۹
همدان	۱۶	۱۰	۲۰	۱۸	۱۰	۱۰	۹	۷	۴	۱۰	۸	۸	۱۳۰
میانگین	۶.۵	۹.۶	۱۱.۲	۱۰.۳	۶.۲	۲.۸	۲.۴	۱.۳	۱.۱	۲.۹	۲.۵	۲.۹	—
زابل	۳۸	۸۱	۸۷	۱۰۱	۲۲۱	۴۴۳	۷۰۱	۶۱۷	۴۶۴	۲۱۷	۵۶	۴۵	۳۰۶۱

جدول۶- تعداد ساعتی طوفان های باد در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۶۶)

ساعات / ایستگاه	۰	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۲۱
آبادان	۱	۱	۳	۱۶	۱۶	۶	۵	۳
اراک	۳	۰	۰	۵	۳	۱	۰	۱
ارومیه	۰	۱	۰	۱	۷	۱	۳	۳
اصفهان	۹	۳	۸	۳۵	۵۵	۱۸	۱۰	۱۳
انزلی	۳۱	۱۶	۳	۵	۱۵	۱۸	۳۴	۳۱
اهواز	۳	۱	۴	۱۲	۱۳	۳	۳	۱
بایلسر	۳	۱	۳	۴	۴	۳	۱	۰
بم	۱	۰	۱	۶	۷	۸	۳	۴
بندرعباس	۳	۱	۱۰	۸	۱	۱	۲	۳
بوشهر	۵	۰	۱	۴	۳	۳	۳	۵
بیرجند	۳	۳	۴	۶	۳	۳	۱	۳
تبریز	۸	۵	۳	۲۸	۲۹	۱۷	۱۱	۱۰
تربت	۳	۱	۳	۳	۵	۲	۲	۰
تهران	۱	۳	۱	۳	۱۰	۱۴	۱۳	۳
خرم آباد	۱	۰	۰	۳	۰	۳	۳	۰
خوی	۴	۱	۳	۱۲	۲۴	۹	۳	۳
رشت	۳	۳	۱	۹	۵	۴	۲	۳
زابل	۳۶۱	۵۰۴	۸۴۱	۵۰۷	۲۸۴	۱۶۷	۳۰۸	۳۸۷
زاهدان	۲۳	۳	۴۵	۶۷	۶۰	۲۳	۲۱	۴۰
زنجان	۲	۲	۱	۵	۹	۴	۳	۲
سبزوار	۳	۴	۸	۸	۷	۱۲	۶	۴
سمنان	۳	۰	۱	۱	۱۰	۳	۲	۱
سنندج	۳	۴	۲	۱۵	۳۲	۷	۲	۲
شاهرود	۳	۰	۰	۲	۵	۱	۳	۰
شهرکرد	۳	۱	۱	۱	۱۲	۳	۲	۱
شیراز	۰	۰	۰	۴	۶	۵	۰	۰
قزوین	۰	۰	۳	۹	۱۵	۱۲	۰	۰
کرمان	۱۵	۱۴	۲۲	۱۰۳	۱۴۷	۴۱	۱۱	۱۶
کرمانشاه	۸	۳	۴	۸	۲۳	۱۸	۷	۸
گرگان	۰	۳	۶	۳	۵	۰	۳	۰
مشهد	۱	۳	۲	۰	۳	۱	۱	۰
همدان	۵	۳	۶	۳۴	۵۵	۳۰	۶	۳
یزد	۴	۲	۱	۹	۱۹	۱۱	۱۰	۳



شکل۴- نمودار تعداد ساعتی طوفان ها در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۶۶)

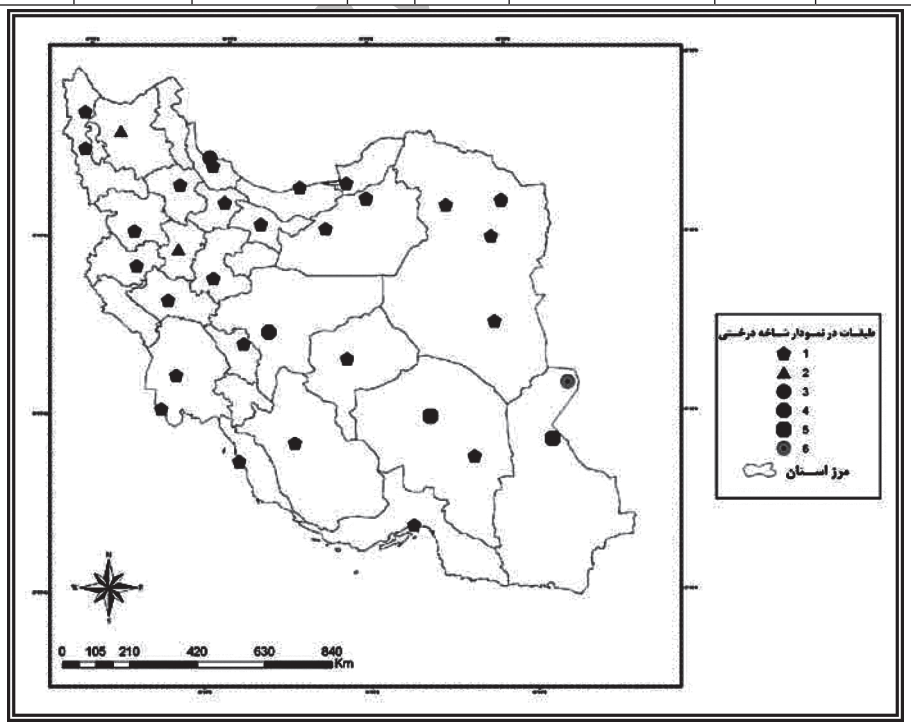


شکل۴- نمودار تعداد ساعتی طوفان ها در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۶۶)

www.SID.ir

جدول ۷- مجموع فراوانی و میانگین سالانه روزهای همراه با طوفان در ایستگاه های مورد مطالعه طی دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۶)

سال	مجموع روزهای طوفانی	سال	مجموع روزهای طوفانی	ایستگاه زابل		ایستگاه	میانگین	نام ایستگاه	میانگین
۱۹۶۶	۵۷	۱۹۸۶	۴۲	۱	۵۲	آبادان	۱	اصفهان	۲,۶
۱۹۶۷	۸۵	۱۹۸۷	۵۸	۰	۶۵	اهواز	۰,۶	تبریز	۲
۱۹۶۸	۶۹	۱۹۸۸	۵۸	۰	۳۷	انزلی	۲,۳	رشت	۰,۶
۱۹۶۹	۵۱	۱۹۸۹	۵۹	۰	۲۰	بم	۰,۶	خوی	۱,۲
۱۹۷۰	۳۲	۱۹۹۰	۳۹	۱	۴۶	بندرعباس	۰,۵	شهرکرد	۰,۵
۱۹۷۱	۶۶	۱۹۹۱	۲۸	۷	۴۴	بیرجند	۰,۴	سنندج	۱,۲
۱۹۷۲	۲۸	۱۹۹۲	۵۱	۰	۵۰	قزوین	۰,۹	تربت حیدریه	۰,۳
۱۹۷۳	۴۰	۱۹۹۳	۳۵	۰	۱۷	گرگان	۰,۴	شاهرود	۰,۳
۱۹۷۴	۲۹	۱۹۹۴	۲۵	۱۱	۲۸	بابلسر	۰,۴	خرم آباد	۰,۲
۱۹۷۵	۴۶	۱۹۹۵	۲۰	۰	۱۵	اراک	۰,۲	سبزوار	۰,۸
۱۹۷۶	۴۲	۱۹۹۶	۲۱	۷	۱۹	کرمانشاه	۱,۶	سمنان	۰,۵
۱۹۷۷	۲۶	۱۹۹۷	۳۳	۰	۳۱	ارومیه	۰,۳	زابل	۳۴,۷
۱۹۷۸	۲۲	۱۹۹۸	۲۷	۲۸	۴۴	همدان	۲,۵	کرمان	۶,۵
۱۹۷۹	۱۳	۱۹۹۹	۲۴	۱۴	۷۰	مشهد	۰,۲	**	**
۱۹۸۰	۲۴	۲۰۰۰	۲۱	۱	۱۰۴	تهران	۱	**	**
۱۹۸۱	۲۰	۲۰۰۱	۲۵	۰	۱۰۹	بوشهر	۰,۵	**	**
۱۹۸۲	۳۸	۲۰۰۲	۳۶	۰	۹۱	زاهدان	۵	**	**
۱۹۸۳	۱۹	۲۰۰۳	۵۱	۲۰	۱۱۰	یزد	۱	**	**
۱۹۸۴	۳۱	۲۰۰۴	۴۳	۱۸۸	۱۰۳	زنجان	۰,۵	**	**
۱۹۸۵	۴۳	۲۰۰۵	۳۳	۵۶	۶۴	شیراز	۰,۳	**	**



شکل ۶- نقشه طبقه بندی طوفان ها در ایستگاه های مورد مطالعه بر اساس فراوانی ماهانه طوفان ها

www.SID.ir