فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد 16 شمارهٔ 4، صفحهٔ 598-583، (1387)

نوسانهای وقوع باد و روزهای طوفانی طی نیم قرن گذشته در منطقه خزری

مصطفی جعفری

استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. پست الکترونیک: mostafajafari@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: 86/8/28 تاریخ پذیرش: 87/7/6

چکیده

در این تحقیق براساس بازدید از مناطق جنگلی و مطالعه نقشه پوشش گیاهی، سه منطقه که معرف اقلیمهای اصلی جنگلهای هیرکانی می‌باشند انتخاب شدند. این سه منطقه عبارتند از: اقلیم مرطوب در غرب (گیلان)، اقلیم معتدل در قسمت میانی (مازندران) و اقلیم خشکتر در شرق (گرگان). در تحلیل و بررسیها، داده‌های ثبت شده در چهار ایستگاه هواشناسی مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. تغییرات عوامل مختلف اقلیمی شامل حداکثر، حداقل و متوسط سالانه درجه حرارت، میزان روزانه و سالانه نزولات جوی، سرعت باد و روزهایی که در آن تندر و طوفان واقع شده و نیز ارتباط آماری آن با دما و نزولات آسمانی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در هر چهار ایستگاه روند روزهای با تندر و طوفان در طول حدود پنجاه سال گذشته، روندی افزایشی را نشان می‌دهد که از نظر آماری ارتباط مثبت با هم دارند. دو ایستگاه انزلی و بابلسر که تحت تأثیر اقلیم ساحلی دریای خزر می‌باشند در مقایسه با دو ایستگاه رشت و گرگان روزهای طوفانی بیشتری را نشان می‌دهند. در سالهای اولیه این تحقیق (حدود سالهای 1950 تا 1975) در ایستگاه رشت مشابه ایستگاه گرگان، وقوع روزهای طوفانی وجود ندارد، اما پس از آن روند افزایشی را با شیب تند نشان می‌دهند. این تغییرات تحت تأثیر تغییرات واقع شده در روند دمایی و نزولات جوی در این دو ایستگاه می‌باشد. متوسط ماهانه تعداد روزهای طوفانی همراه با تندر در مدت حدود پنجاه سال گذشته برای هر چهار ایستگاه در ماههای سرد، بسیار محدود و حدود صفر و برای هر چهار ایستگاه در مهرماه یک روند افزایشی را نشان می‌دهد. روزهای با وقوع تندر و طوفان در هر چهار ایستگاه ارتباط آماری مثبت را نشان می‌دهد و این همسوئی در ایستگاههای گرگان و رشت (0/905837)، انزلی و رشت (0/620107) و انزلی و گرگان (0/57917) به‌صورت معنی‌دارتری مشاهده می‌شود. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که روند وقوع تعداد روزهای با باد همراه با تندر در منطقه خزر تغییر کرده و در طول سالهای مورد مطالعه نرخ افزایشی داشته است. بر مبنای نتایج حاصل از این تحقیقات می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات در نرخ روند دما و میزان نزولات جوی در طول نیم قرن گذشته و به‌ویژه در مدت 25 سال گذشته، تأثیرات مهمی در سرعت و جهت بادها گذاشته است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، باد، تندر و طوفان، منطقه خزری.

مقدمه

نتایج حاصل از تحقیقات علمی نشان داده است که تغییر اقلیم باعث وقوع طوفانهای شدید به‌ویژه در مناطق گرمسیری شده و در نتیجه خسارتهایی را به جوامع انسانی و اکوسیستمهای مختلف از جمله اکوسیستمهای ساحلی وارد آورده است.

براساس خلاصه گزارشی که توسط گروه بررسی اثرها، تطابق و آسیب‌پذیری مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) برای سیاست‌گذاران تهیه شده، اعلام شده که از سال 1970 تاکنون بر تعداد و شدت تندبادها و بادهای موسمی در منطقه آتلانتیک شمالی و نیز سایر مناطق افزوده شده که این موضوع در ارتباط با افزایش درجه حرارت سطح آب دریاها بوده است. از این رو پیش‌بینی

Archive of SID

www.SID.ir

شده که در آینده نیز بر تعداد و شدت آن افزوده خواهد شد (Anon, 2007; Cruz *et al*., 2007).

مشاهدات و نتایج بیش از صد سال تحقیقات متعدد، نشان می‌دهد که اقلیم و پدیده‌های شدید آب و هوایی مثل طوفان بر گیاهان و حیوانات در سطوح محلی و منطقه‌ای اثر می‌گذارد (Parmesan, 2006). داده‌های موجود نشان می‌دهد که شدت و ظرفیت‌های تخریب کننده طوفانها در طول 30 سال گذشته دو برابر شده است و این در ارتباط با افزایش درجه حرارت سطح دریاها می‌باشد که در پی تغییر اقلیم واقع شده است (Emanuel, 2005). داده‌های بدست آمده در نیمکره جنوبی طی مدت کوتاه (14 سال)، مبین ارتباط معنی‌دار و گسترده‌ای بین باد، دما و نزولات جوی می‌باشد (Van den Broeke & Van Lipzig, 2004). براساس نتایج حاصل از یک تجزیه و تحلیل جهانی از طوفانها (hurricane) در حوزه‌های مختلف، ارتباط گرم شدن سرزمین و شدت طوفانها مورد تأکید قرار گرفته است (Webster *et al*., 2005).

استفاده از قدرت باد در مقیاس بزرگ می‌تواند اقلیم محلی و جهانی را با بهره‌گیری و استخراج انرژی جنبشی تغییر دهد و نیز باعث تغییر انتقال تلاطم جریان هوا در لایه‌های جو (اتمسفر) شود.

Keith *et al*. (2004) گزارش مطالعات خود را در مورد بکارگیری مدل شبیه‌سازی شده اقلیمی مبنی بر این که اثرهای قدرت باد ممکن است در سطح منطقه‌ای و جهانی اتفاق بیفتد، ارائه نمودند. ایشان با بکارگیری دو مدل عمومی، اثرهای جریان باد و چندین عامل دیگر و تأثیرات متقابل توربینهای بادی و لایه‌های مرزی جو را توضیح دادند. براساس یافته‌های آنها، بخش زیادی از قدرت باد می‌تواند تغییرات اقلیمی غیرقابل چشم‌پوشی را در مقیاس قاره‌ای سبب شود. اگرچه اثرها در مقیاس بزرگ مشاهده شده است، اما قدرت باد اثرهای قابل اغماضی نیز در تأثیر بر روی درجه حرارت سطحی جهانی دارد و این می‌تواند مزایای جهانی گسترده‌ای مرتبط با کاهش میزان دی‌اکسیدکربن و آلوده‌کننده‌های هوا داشته باشد. این نتایج می‌تواند زمینه مقایسه‌ای را بین اثرهای تغییر اقلیم (ناشی از قدرت باد) و کاهش تغییر اقلیم بدست آمده در جانشین نمودن باد به‌جای سوختهای فسیلی فراهم کند (Keith *et al*., 2004).

در اثر اختلاف فشار موجود در جو که به‌دلیل تفاوت در میزان انرژیهای دریافت شده از خورشید بوجود آمده، با حرکت توده هوا از طرف منطقه پرفشار به‌سمت منطقه کم‌فشار در سطح زمین، باد ایجاد می‌شود. این حرکت توده هوا در مناطق پرفشار به‌صورت طوفان و در مناطق کم‌فشار به‌صورت نسیم بروز می‌کند. الگوی اولیه ایجاد بادها نتیجه: الف) فشار مرتبط به درجه شیب و ب) چرخش زمین است. از آن جا که زمین سعی به حفظ تعادل انرژی دارد، بنابراین حرارت از مناطق گرمتر به مناطق سردتر انتقال می‌یابد. تراکم و چگالی هوا به درجه حرارت بستگی دارد و بدین معنی است که هوای گرم چگالی کمتری از هوای سرد دارد. در مقیاس بزرگ این موضوع منتهی به مناطق با فشار کم و زیاد جوی شده و در مقیاس کوچک بادهای محلی را ایجاد می‌کند. ساده‌ترین مثال، نسیم‌هایی است که در سواحل از سمت دریا (در روز) و یا از سمت خشکی (در شب) ایجاد می‌شوند (Astwood, 2003).

بیوفورت در سال 1805 (Admiral Sir Francis Beaufort) در انگلستان برای سفرهای دریایی، مقیاس اندازه‌گیری شدت باد را تعریف نمود که به‌نام ایشان به مقیاس اندازه‌گیری بیوفورت شناخته می‌شود. این شدت از صفر (خیلی آرام- calm) تا 12 (طوفان - hurricane) تغییر می‌نماید. در دفتر هواشناسی انگلستان وقتی شدت باد بیشتر از 8 پیش‌بینی شود برای سفرهای دریایی و اگر مقدار پیش‌بینی آن بیشتر از 5-7 باشد در مورد بادهای محلی اعلام خطر می‌نمایند (Anon., 1914).

میزان سرعت باد بر مبنای انواع فشار به‌صورت زیر است:

Archive of SID

www.SID.ir

فشار 0 تا 2: سرعت از 0 تا 3 متر بـر ثانیـه (از 0 تـا 11 کیلومتر بر ساعت و یا از 0 تا 7 مایل بر ساعت)

فشار 3 تا 4: سرعت از 3/3 تا 8 متر بـر ثانیـه (از 12 تا 29 کیلومتر بر ساعت و یا از 8 تا 18 مایل بر ساعت)

فشار 5 تا 6: سرعت از 8/3 تا 13/8 متر بر ثانیـه (از 30 تا 50 کیلومتر بر ساعت و یا از 19 تا 31 مایل بر ساعت)

فشار 7 تا 9: سرعت از 14 تا 24 متر بر ثانیـه (از 51 تـا 87 کیلومتر بر ساعت و یا از 32 تا 54 مایل بر ساعت)

فشار10 تا 12: سرعت از 24/4 تا 32/7 متر بر ثانیـه (از 88 تا 118 کیلومتر بر ساعت و یا از 55 تا 74 مایـل بر ساعت) (Anon., 1914).

وقوع طوفانها خسارتهای متعددی به بخشهای مختلف وارد می‌آورند. با بهره‌گیری از انرژی باد به‌عنوان انرژی جایگزین این امکان فراهم می‌آید تا انتشار گازها محدودتر شود. همچنین توسط باد آلودگیهای بوجود آمده در سطح زمین جابه‌جا شده و محیط مناسبتری برای زندگی فراهم می‌آید. باد می‌تواند در فصل گرم باعث کاهش درجه حرارت و در فصل سرد احتمالاً باعث افزایش اثر یخزدگی شود.

براساس اعلام کارشناسان مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی، پس از وقوع بادی با سرعت زیاد از غرب به شرق تهران که سرعت آن از 11 متر به 35 متر بر ثانیه رسید، در مدت 45 دقیقه درجه حرارت از 31 درجه به 23 درجه سانتی‌گراد و میزان دید افقی در فرودگاه مهرآباد از 10 کیلومتر به 800 متر کاهش یافت که باعث ایجاد خسارتهای فراوان شد (بی‌نام، 1386- الف).

در روز چهارشنبه 16 خرداد 1386 (6 ژوئن 2007) گونو (Gonu)، تند بادی که از روی دریای عمان در منطقه خلیج فارس با سرعت 250 کیلومتر بر ساعت عبور نمود، سرعت آن در نزدیکی زمینهای عمان به 200 کیلومتر و در قسمت جنوبی ایران به 130 کیلومتر بر ساعت کاهش یافت. براساس گزارش کارشناسی، مشابه چنین تند بادی در سی سال قبل اتفاق افتاده بود (بی‌نام، 1386- ب).

جنگلهای هیرکانی (خزری)

مناطق اکولوژیک جنگلی در ایران را می‌توان به این طبقات دسته‌بندی نمود: الف) شمال، جنگلهای خزری ب) غرب، جنگلهای زاگرس ج) شمال‌غرب، جنگلهای ارسباران د) جنوب، جنگلهای نیمه‌گرمسیری در منطقه خلیج‌فارس و ه) مرکزی، جنگلهای پراکنده (جعفری، 1385). جنگلهای خزری و یا جنگلهای هیرکانی، جنگلهای معتدلی هستند که در شمال ایران به‌صورت نوار باریکی بر روی شیب شمالی رشته کوههای البرز قرار گرفته‌اند و در بعضی مناطق تا بیش از 2000 میلی‌متر از نزولات جوی را دریافت می‌نمایند (Jafari, 1997).

مواد و روشها

براساس بازدید از مناطق جنگلی و مطالعه نقشه پوشش گیاهی، سه منطقه که معرف اقلیمهای اصلی جنگلهای هیرکانی باشند انتخاب شدند (شکل 1 و جدول 1). این سه منطقه عبارتند از: اقلیم مرطوب در غرب (گیلان)، اقلیم معتدل در قسمت میانی (مازندران) و اقلیم خشکتر در شرق (گرگان). در تحلیل و بررسیها، داده‌های ثبت شده در چهار ایستگاه هواشناسی مورد بهره‌برداری قرار گرفتند (جعفری، 1387 و سایت سازمان هواشناسی).

دو ایستگاه انزلی و بابلسر به‌رغم همجواری با اکوسیستمهای جنگلی در محلی قرار گرفته‌اند که تحت تأثیر اقلیم ساحلی نیز می‌باشند. دو ایستگاه رشت و گرگان در عمق بیشتری از جنگل قرار دارند که یکی در اقلیم مرطوب و دیگری در اقلیم خشکتر قرار گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل 1- جایگاه ایستگاهها و نقاط مورد مطالعه در جنگلهای هیرکانی

تغییرات عوامل مختلف اقلیمی شامل حداکثر، حداقل و متوسط سالانه درجه حرارت و نیز میزان روزانه و سالانه نزولات جوی مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج آن به‌صورت مجزا ارائه شد (جعفری، 1387). در این تحقیق سرعت باد و روزهایی که در آن تندر و طوفان (DWTS) واقع شده است و ارتباط آماری آن با دما و نزولات جوی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

مناطق مورد بررسی دارای اکوسیستم جنگلی و از نظر کلی دارای همگونی اقلیمی بوده و از نظر محلی دارای تفاوتهایی می‌باشند. نزولات جوی در مناطق جنگلی خزری از غرب (انزلی: حدود 2000 میلیمتر در سال) به شرق (گرگان: حدود 600 میلیمتر در سال) کاهش می‌یابد. مناطق جلگه‌ای خزر از نظر اقلیمی ممکن است به مناطقی با تابستانهای بارانی و زمستانهای معتدل آرام توصیف شود که یادآور تیپ اقلیم اقیانوسی است (Zohary, 1973). اطلاعات مربوط به مشخصات ایستگاهها در جدول 1 آمده است (جعفری، 1387).

جدول 1- مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه

نام ایستگاه	کد ایستگاه	عرض جغرافیایی (شمالی)	طول جغرافیایی (شرقی)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	سالهای ثبت داده‌ها	مدت (سال)
انزلی	40718	37 ˚ 28'	49 ˚ 28'	- 26/2	1951 تا 2005	54
رشت	40719	37 ˚ 15'	49 ˚ 36'	- 6/9	1956 تا 2005	49
بابلسر	40736	36 ˚ 43'	52 ˚ 39'	- 21/0	1951 تا 2005	54
گرگان	40738	36 ˚ 51'	54 ˚ 16'	13/3	1952 تا 2005	53

Archive of SID

www.SID.ir

تمامی داده‌ها با استفاده از روش مدل خطی (Linear Trend Model)، تجزیه واریانس و تحلیل رگرسیون و به‌کارگیری نرم‌افزارهای Minitab و Excel از نظر آماری تجزیه و تحلیل شدند که نتایج حاصل به تناسب و ضرورت در شکلها و جدولها ارائه شده است.

نتایج

تغییرات تعداد روزهای با تندر و طوفان

روند تعداد روزهای با تندر و طوفان در هر چهار ایستگاه در طول پنجاه سال گذشته، روندی افزایشی است (جدولهای 2، 3، 4 و 5) که از نظر آماری با یکدیگر ارتباط (correlation) مثبت دارند (جدول 6).

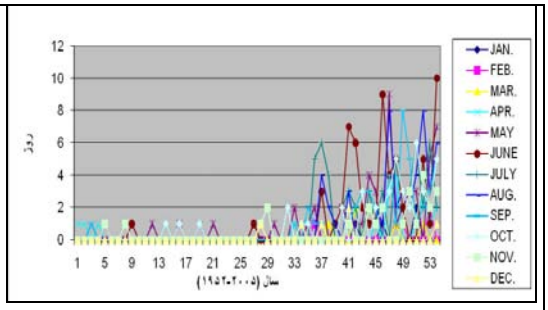
مقایسه فراوانی روزهای توام با تندر و طوفان در ایستگاههای رشت و انزلی نشان می‌دهد که تعداد روزهای طوفانی در انزلی بیشتر است و روند آن از سال 1951 تا 2005 براساس رابطه

$Y = 14/4338 + 0/137286 \times t$

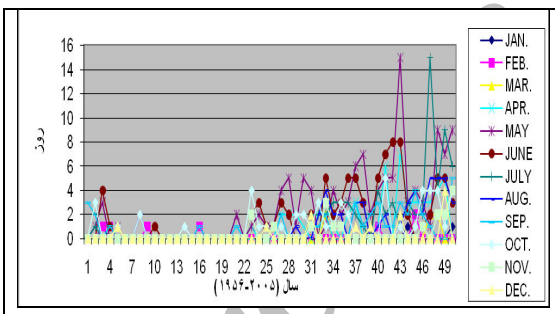
کمی افزایش را نشان می‌دهد (t؛ زمان). درحالی‌که در ایستگاه رشت تعداد روزهای با تندر و طوفان بسیار محدود بوده و حتی برای مدت 10 سال، تا سال 1975 حدود صفر بوده است که سپس طبق رابطه

$Y = -5/46286 + 0/629916 \times t$

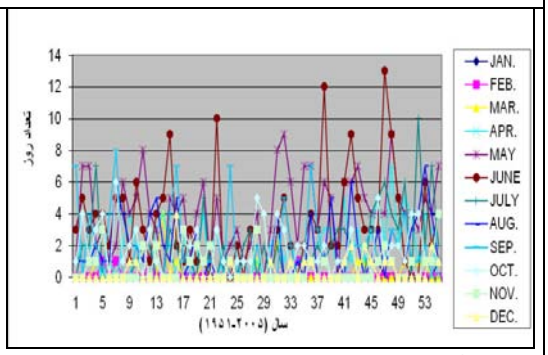
به‌شدت افزایش یافته است. ممکن است که تفاوت عمومی موجود بین این دو ایستگاه که فاصله زیادی هم از یکدیگر ندارند (حدود 36 کیلومتر مسیر زمینی و حدود 10 کیلومتر مسیر هوائی)، متأثر از رژیم حرارتی دریای خزر و مرداب انزلی باشد که بر روی ایستگاه انزلی اثر می‌گذارد. از طرف دیگر، تغییر روند دمایی بر روی تعداد روزهای با وقوع تندر و طوفان در ایستگاه رشت و با شدت کمتر بر ایستگاه انزلی اثر گذاشته است (شکلهای 3 و 4).



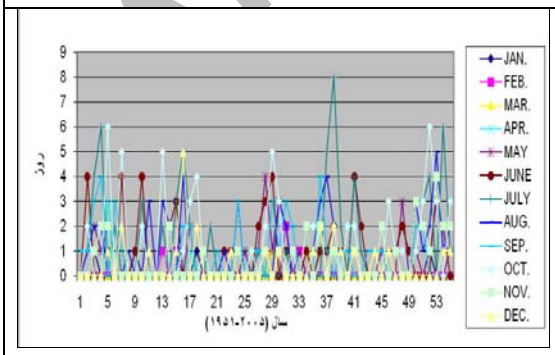
شکل 2- توزیع سالانه و ماهانه تعداد روزهای طوفانی در ایستگاه گرگان



شکل 3- توزیع سالانه و ماهانه تعداد روزهای طوفانی در ایستگاه رشت



شکل 4- توزیع سالانه و ماهانه تعداد روزهای طوفانی در ایستگاه انزلی



شکل 5- توزیع سالانه و ماهانه تعداد روزهای طوفانی در ایستگاه بابلسر

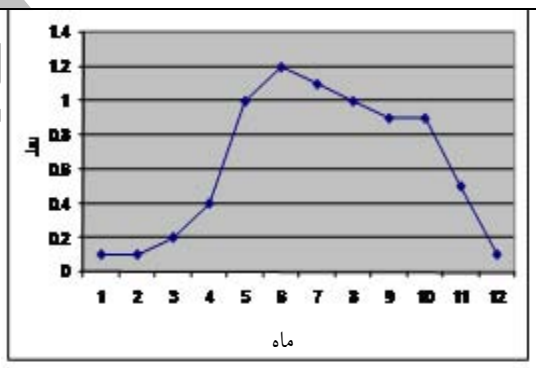
Archive of SID

www.SID.ir

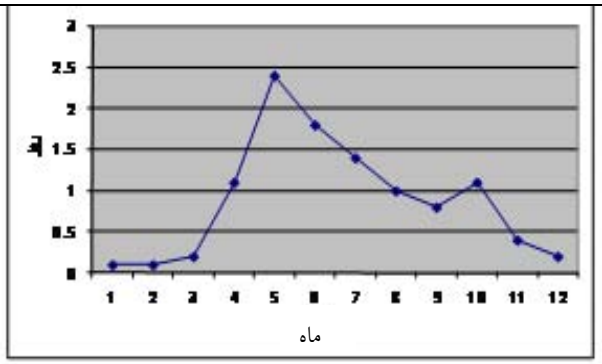
دو ایستگاه انزلی و بابلسر که تحت تأثیر اقلیم ساحلی دریای خزر می‌باشند (شکلهای 4 و 5) در مقایسه با دو ایستگاه رشت و گرگان روزهای طوفانی بیشتری را نشان می‌دهند (شکلهای 2 و 3).

در سالهای اولیه این تحقیق (حدود سالهای 1950 تا 1975) در ایستگاه رشت مشابه ایستگاه گرگان، وقوع روزهای طوفانی وجود ندارد، اما پس از آن روند افزایشی را با شیب تند نشان می‌دهد. این تغییرات تحت تأثیر تغییرات واقع شده در روند دمایی (شکلهای 14، 15، 16 و 17) و نزولات جوی (شکلهای 26، 27، 28 و 29) در این دو ایستگاه می‌باشد.

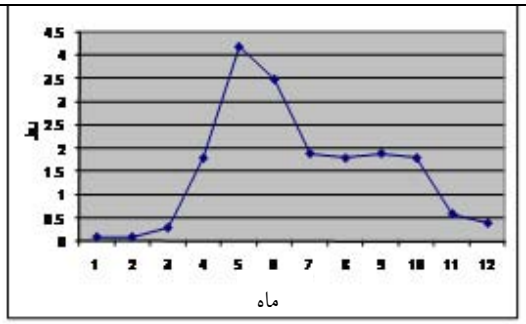
متوسط ماهانه تعداد روزهای طوفانی در مدت حدود پنجاه سال گذشته برای هر چهار ایستگاه در ماههای سرد (دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس)، بسیار محدود و حدود صفر (0) بوده است. در ایستگاههای انزلی و رشت پنجمین ماه سال میلادی (می) دارای بیشترین میزان روزهای طوفانی می‌باشد و میزان آن در ایستگاه انزلی (4/5 روز) حدود دو برابر ایستگاه رشت (2/5 روز) است (شکلهای 7 و 8). در ایستگاههای گرگان و بابلسر ششمین و هفتمین ماههای سال (ژوئن و جولای) دارای بیشترین میزان روزهای طوفانی می‌باشند (شکلهای 6 و 9) و در هر چهار ایستگاه دهمین ماه سال (اکتبر) یک پیک افزایشی را نشان می‌دهد (شکلهای 6 ، 7 ، 8 و 9).



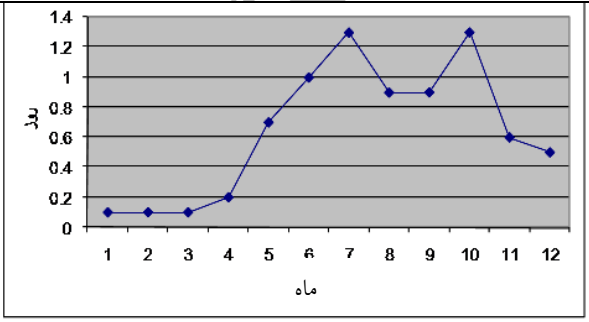
شکل 6- متوسط روزهای با تندر و طوفان برای تمام سالها (2005 -1952) در ایستگاه گرگان



شکل 7- متوسط روزهای با تندر و طوفان برای تمام سالها (2005 - 1956) در ایستگاه رشت



شکل 8- متوسط روزهای با تندر و طوفان برای تمام سالها (2005 -1951) در ایستگاه انزلی



شکل 9- متوسط روزهای با تندر و طوفان برای تمام سالها (2005 - 1951) در ایستگاه بابلسر

www.SID.ir

روند افزایشی روزهای طوفانی در ایستگاه انزلی در ارتباط آماری مثبت با روند تغییرات متوسط درجه حرارت روزانه به‌ویژه در 13 سال آخر می‌باشد و در ایستگاه بابلسر در ارتباط بسیار مثبت است، درحالی‌که در ایستگاه گرگان در بلندمدت، ارتباط آماری خاصی با روند تغییرات متوسط درجه حرارت روزانه که تقریباً به‌حالت خط افقی است، ندارد، اما در 25 سال گذشته و به‌ویژه در 13 سال آخر دارای ارتباط آماری خوبی است. همچنین روند افزایشی روزهای طوفانی با متوسط سالانه فشار بخار آب دارای ارتباط آماری مثبت می‌باشد.

روند افزایشی روزهای طوفانی در ایستگاه رشت در ارتباط آماری مثبت با روند تغییرات متوسط درجه حرارت روزانه بوده و همچنین با مجموع نزولات جوی سالانه دارای ارتباط آماری مثبت به‌ویژه در 11 سال آخر می‌باشد.

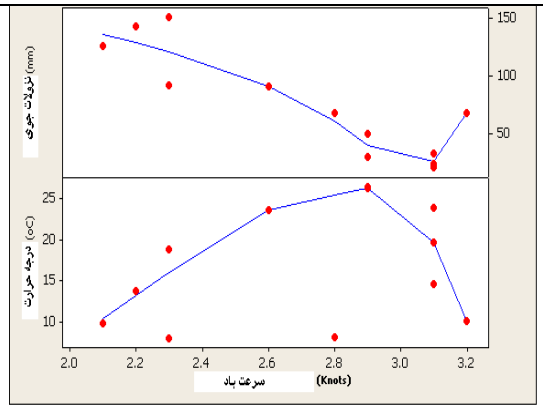
تغییرات در میزان سرعت باد

افزایش روند تعداد روزهای طوفانی همراه با تندر با متوسط سالانه سرعت باد در ایستگاه گرگان رابطه آماری مثبت داشته، درصورتی‌که در ایستگاه رشت رابطه آماری منفی را نشان می‌دهد. در ایستگاه رشت روند متوسط سالانه سرعت باد در طول حدود پنجاه سال گذشته شیب کاهش یابنده داشته، درصورتی‌که تعداد روزهای با وقوع تندر و طوفان روند افزایشی را نشان می‌دهد.

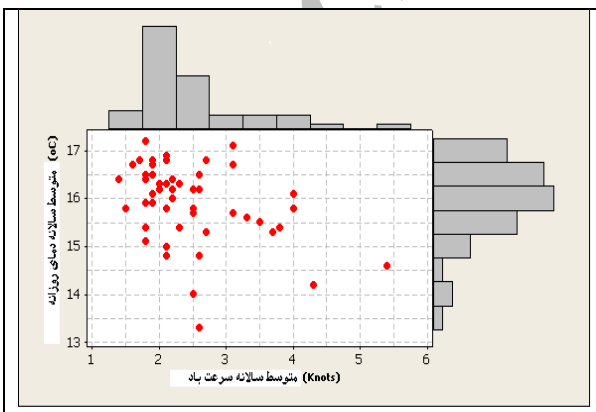
متوسط ماهانه روزهای طوفانی با متوسط ماهانه سرعت باد در ایستگاههای رشت، انزلی و بابلسر ارتباط آماری منفی دارد، درصورتی‌که در ایستگاه گرگان این ارتباط آماری مثبت می‌باشد (جدول 4). ارتباط آماری موجود متأثر از شرایط اقلیمی ایستگاهها و تغییرات دما و نزولات جوی می‌باشد (جدول 5).

به‌طورکلی منحنی‌های متوسط ماهانه سرعت باد در ماههای مختلف در ایستگاههای انزلی و رشت ارتباط آماری منفی با تعداد روزهای طوفانی داشته، درصورتی‌که این ارتباط در ایستگاههای بابلسر و گرگان ارتباط آماری مثبت را نشان می‌دهد.

سرعت باد ارتباط مستقیمی با میزان بارندگی و درجه حرارت دارد. پراکندگی نقاط در پلاتهای ارائه شده برای ایستگاههای انزلی و بابلسر که دارای اقلیم متأثر از دریا می‌باشند در مقابل تمرکز نقاط در ایستگاههای رشت و گرگان به روشنی قابل ملاحظه می‌باشد (شکلهای 11، 12، 13، 22، 23، 24 و 25). معمولاً به‌علت تأثیر معکوس اثرهای دما و میزان نزولات جوی، این اثرها بر روی سرعت باد نیز منعکس می‌شوند (شکل 10).



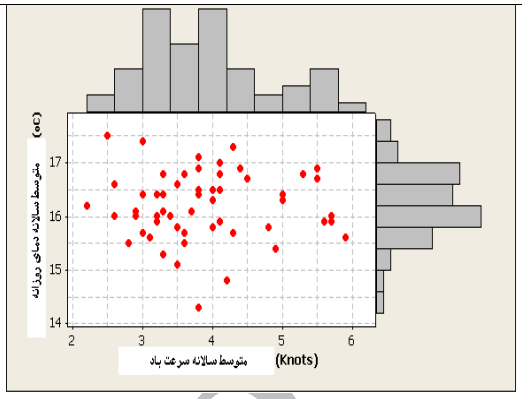
شکل 10- پلات ماتریکس متوسط ماهانه سرعت باد با مجموع ماهانه نزولات جوی و متوسط ماهانه دمای روزانه در ایستگاه بابلسر (1951-2005)



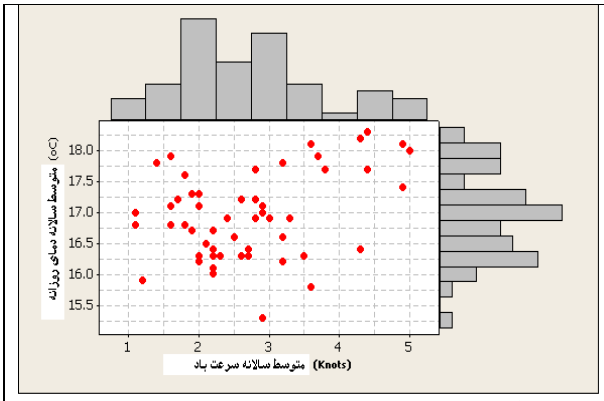
شکل 11- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و متوسط سالانه سرعت باد در ایستگاه رشت (1956-2005)

Archive of SID

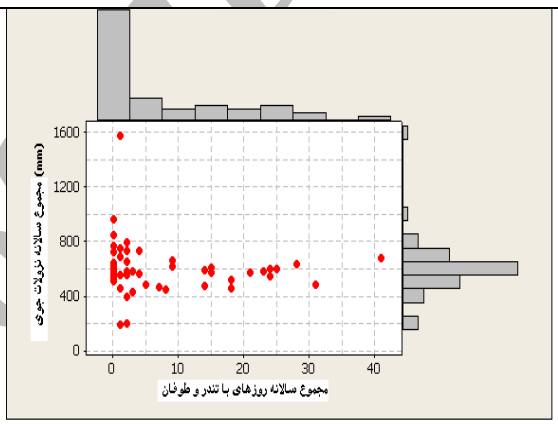
www.SID.ir



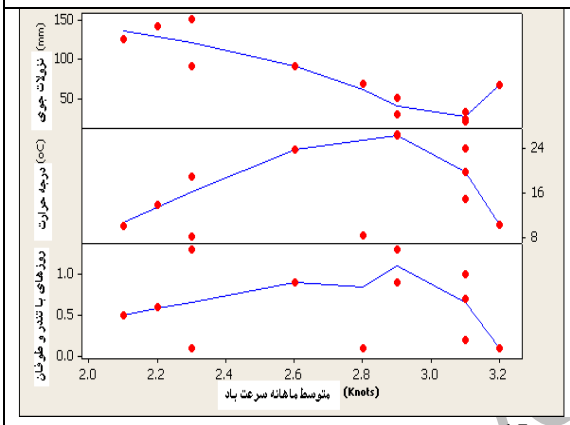
شکل 12- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و متوسط سرعت باد در ایستگاه انزلی (1951-2005)



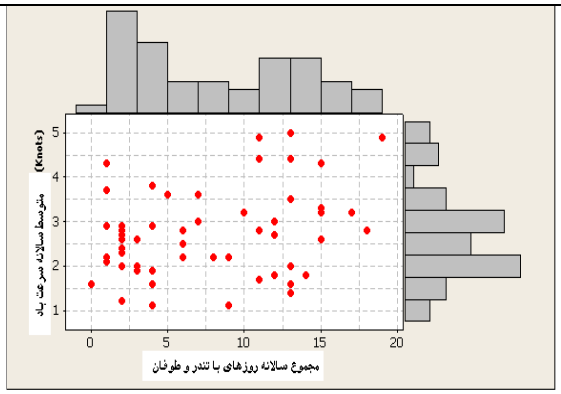
شکل 13- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و متوسط سالانه سرعت باد در ایستگاه بابلسر (1951-2005)



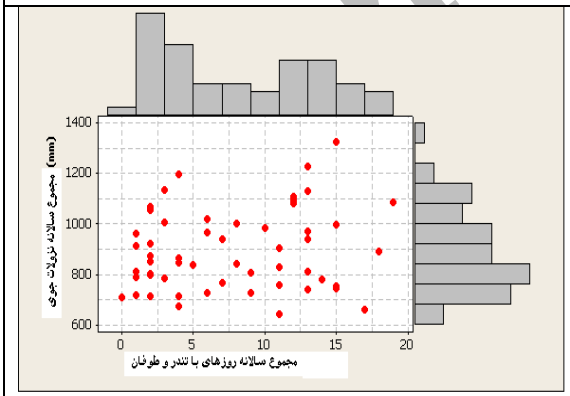
شکل 14- پلات مارجینال مجموع سالانه نزولات جوی و مجموع سالانه روزهای با تندر و طوفان در ایستگاه گرگان (1951-2005)



شکل 15- پلات ماتریکس سرعت ماهانه باد با مجموع ماهانه نزولات جوی، متوسط ماهانه دمای روزانه و متوسط ماهانه روزهای با تندر و طوفان در ایستگاه بابلسر (1951-2005)

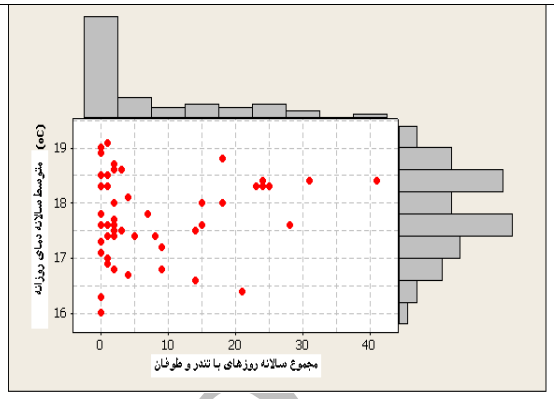


شکل 16- پلات مارجینال متوسط سالانه سرعت باد و مجموع سالانه روزهای با تندر و طوفان در ایستگاه انزلی (2005-1951)

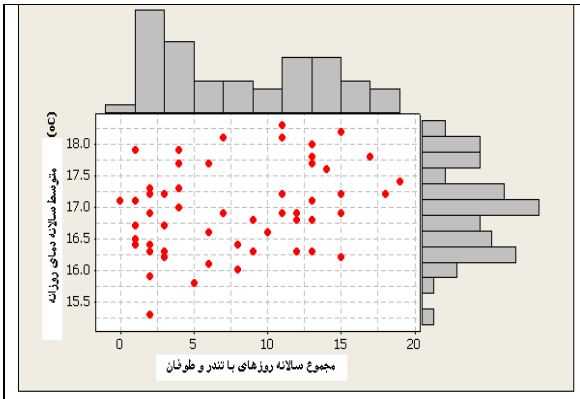


شکل 17- پلات مارجینال مجموع سالانه نزولات جوی و مجموع سالانه روزهای با تندر و طوفان در ایستگاه بابلسر (1951-2005)

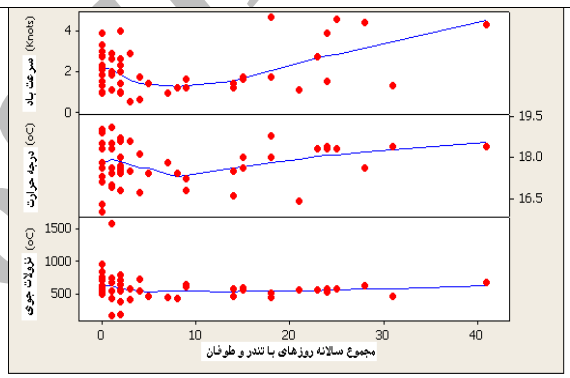
www.SID.ir



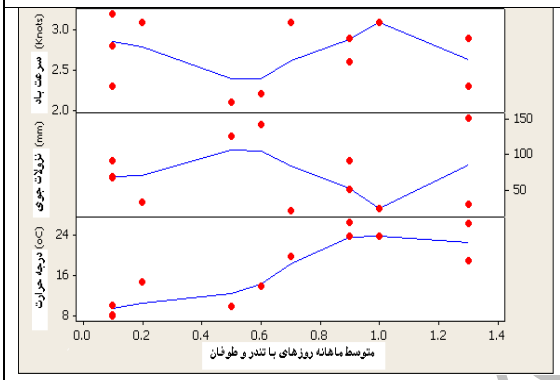
شکل 18- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و مجموع سالانه روزهای با تندر و طوفان در ایستگاه گرگان (2005-1952)



شکل 19- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و مجموع سالانه روزهای با تندر و طوفان در ایستگاه بابلسر (2005-1951)



شکل 20- پلات ماتریکس مجموع سالانه روزهای طوفانی با متوسط سالانه دمای روزانه، مجموع سالانه نزولات جوی و سرعت باد در ایستگاه گرگان (2005-1952)



شکل 21- پلات ماتریکس مجموع روزهای طوفانی با متوسط ماهانه دما، مجموع ماهانه نزولات جوی و سرعت باد در ایستگاه بابلسر (2005-1951)

تغییرات در متوسط سالانه فشار بخار

روند متوسط سالانه فشار بخار در ایستگاه انزلی با مجموع بارندگی سالانه ارتباط آماری منفی را نشان می‌دهد، درصورتی‌که با متوسط معدل درجه حرارت روزانه ارتباط آماری کم و بیش مثبتی را نشان می‌دهد. روند متوسط سالانه فشار بخار در ایستگاه گرگان با روند افزایشی تعداد روزهای طوفانی ارتباط آماری مثبتی را نشان می‌دهد (جدولهای 2 و 3).

ارتباط آماری نتایج و تحلیل داده‌ها

براساس تجزیه و تحلیل داده‌ها، نتایج حاصل به تناسب و ضرورت در شکلها و جدولها ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2- تحلیل داده‌ها و رابطه افزایش یا کاهش در روزهای طوفانی، فشار بخار آب و سرعت باد

(↑+: روند مثبت افزایش یابنده، ↓-: روند منفی کاهش یابنده، اعداد داخل پرانتز بیانگر سال است)

ایستگاه (سال)	روزهای طوفانی	فشار بخار آب	سرعت باد
رشت (49)	0/6 + 5 −	0/007 + 15	0/02 − 3
	+↑	+↑	-↓
انزلی (54)	0/1 + 14	0/01 + 15	0/0002 + 3
	+↑	+↑ (53)	+↑
بابلسر (54)	0/03 + 6	0/01 + 16	0/02 + 2
	+↑	+↑	+↑
گرگان (53)	0/5 − 6 +	0/04 + 13	0/0008 + 2
	+↑	+↑ (39)	-↓ (49)

جدول 3- ارتباط آماری تعداد روزهای با تندر و طوفان با متوسط سالانه دمای روزانه، فشار بخار آب و سرعت باد و نزولات آسمانی سالانه

	ایستگاه (سال)	متوسط سالانه دمای روزانه	فشار بخارآب	سرعت باد	نزولات جوی سالانه
تعداد سالانه روزهای طوفانی	رشت (49)	0/409804	0/258486	-0/34224	0/008194
	انزلی (54)	0/130276	0/753308	0/304804	-0/09456
	بابلسر (54)	0/198184	0/357087	0/5669	0/040868
	گرگان (53)	0/314969	0/289203	0/305902	0/158885

جدول 4- ارتباط آماری متوسط ماهانه روزهای با تندر و طوفان با متوسط ماهانه سرعت باد (تعداد داده:12)

متوسط ماهانه روزهای طوفانی، ایستگاه (سال)	متوسط ماهانه سرعت باد
رشت (49)	-0/68379
انزلی (54)	-0/65233
بابلسر (54)	-0/0598
گرگان (53)	0/69327

جدول 5- ارتباط آماری متوسط ماهانه سرعت باد در چهار ایستگاه (تعداد داده: 12)

ایستگاه	رشت	انزلی	بابلسر
انزلی	0/488207		
بابلسر	-0/22951	-0/85624	
گرگان	-0/56852	- 0/91895	0/864495

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 6- ارتباط آماری تعداد سالانه روزهای با تندر و طوفان در چهار ایستگاه (2005 - 1956)

ایستگاه	رشت	انزلی	بابلسر
انزلی	0 /620107		
بابلسر	0 /342375	0 /344734	
گرگان	0 /905837	0 /57917	0 /290453

در ایستگاه رشت تعداد سالانه روزهای با وقوع تندر و طوفان با سرعت باد ارتباط آماری منفی داشته، درصورتی‌که در ایستگاههای انزلی، بابلسر و گرگان ارتباط آماری مثبتی را نشان می‌دهد (جدول 3). سرعت باد در ایستگاههای رشت و انزلی تقریباً نزدیک به‌یکدیگر بوده و ارتباط آماری مثبتی داشته و همچنین سرعت باد در ایستگاههای بابلسر و گرگان نیز ارتباط آماری مثبتی را نشان می دهند (جدول 5).

دو ایستگاه رشت و انزلی با دو ایستگاه گرگان و بابلسر ارتباط آماری منفی نشان می‌دهند که این تفاوت برای دو ایستگاه انزلی و بابلسر که هر دو در شرایط ساحلی و نیز دو ایستگاه گرگان و رشت که در شرایط دورتری از دریا قرار گرفته‌اند، به‌صورت معنی‌دارتری می‌باشد (جدول 5).

روزهای با وقوع تندر و طوفان در هر چهار ایستگاه ارتباط آماری مثبتی را نشان می‌دهند و این همسویی در ایستگاههای گرگان - رشت (0/905837)، انزلی - رشت (0/620107) و انزلی - گرگان (0/5791) به‌صورت معنی‌دارتری مشاهده می‌شود (جدول 6).

در ایستگاه انزلی، دما با سرعت باد و میزان نزولات جوی ارتباط آماری منفی دارد (جدول 3).

در ایستگاه انزلی، تفاوت آماری سرعت باد بر مبنای متغیر ماه به‌صورت حداکثر و بر مبنای متغیر سال به‌صورت حداقل و بر مبنای متغیر تلفیق سال و ماه به‌صورت متوسط معنی‌دار می‌باشد، درحالی‌که تفاوت آماری نزولات جوی بر مبنای متغیر سال به‌صورت حداکثر و بر مبنای متغیر ماه به‌صورت حداقل و بر مبنای متغیر تلفیق سال و ماه به‌صورت متوسط معنی‌دار می‌باشد (جدولهای 3 و 4).

در ایستگاه انزلی، نزولات جوی با سرعت باد ارتباط آماری مثبتی را نشان می‌دهد و این همسویی بر مبنای متغیر ماه به‌صورت حداکثر و بر مبنای متغییر سال به‌صورت حداقل و بر مبنای متغییر تلفیق سال و ماه به‌صورت متوسط معنی‌دار می‌باشد (جدولهای 3 و 4).

بحث

براساس مطالعه‌ای که مسعودیان (1384) از تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر تغییرات اقلیمی انجام داد، از میان 27 متغیر اقلیمی که برای بررسی انتخاب شده بود، 6 متغیر به‌عنوان عوامل اصلی معرفی شدند. این عوامل عبارت بودند از: دما، رطوبت، میزان ابری بودن هوا، عامل نزولات جوی، باد و گرد و غبار. براساس مطالعه ایشان در سواحل دریای خزر، میزان نزولات جوی نقش معنی‌دارتری ایفا می‌نماید. نتایج بدست آمده از تحقیقات جعفری (1387) مؤید آن است که علاوه بر نزولات جوی، تغییرات دمایی نیز در این منطقه نقش مؤثری به‌عهده دارند. براساس تحقیقات مسعودیان (1384) در مناطق مرزی شرق کشور، باد و گرد و غبار به‌عنوان مهمترین پدیده‌های قابل رؤیت می‌باشند و نیز تندر و طوفان در دو گوشه جنوب‌شرقی و شمال‌غربی کشور بسیار فعال هستند. بر مبنای نتایج حاصل از این تحقیق، وضعیت باد و روزهای همراه با تندر در منطقه به‌ویژه در 25 سال اخیر دارای نقش فعالی شده است.

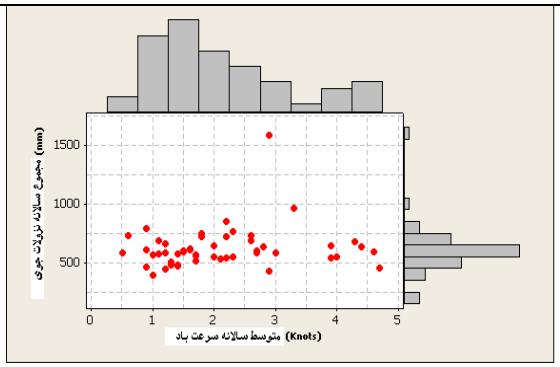
Archive of SID

www.SID.ir

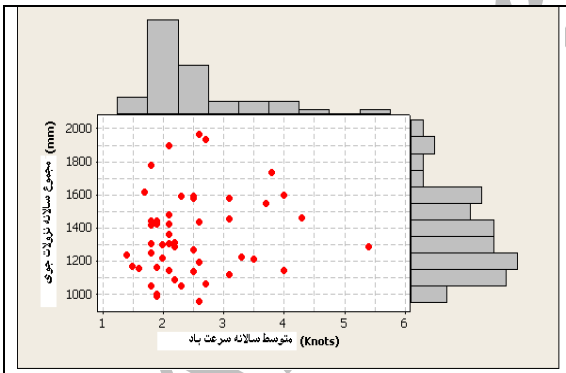
بعضی از بادها به‌صورت موسمی و شاخص در خارج از منطقه خزری شکل می‌گیرند و سپس از روی منطقه عبور می‌نمایند، درحالی‌که بعضی از بادها به‌دلیل تفاوت رژیم حرارتی بحری و بری و شرایط توپوگرافیک در منطقه ایجاد می‌شوند. وقوع باد با سرعت بیش از 17 متر در ثانیه (34 گره – knots – 61، کیلومتر بر ساعت) باعث ایجاد خسارت می‌شود.

Webster *et al.* (2005) از مؤسسه تکنولوژی جورجیا، داده‌های ثبت شده مربوط به شدت طوفانها و درجه حرارت سطح دریا را برای مدت 35 سال از شش منطقه طوفان‌خیز جهان گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. بررسی آنها نشان داده است که در مقیاس جهانی، تعداد مجموع طوفانها در سال تغییر نکرده است. ولی یک افزایش بزرگ جهانی در درصد کولاکهایی (storm) که به گروه‌های 4 و 5 رسیده‌اند وجود داشته است. در اوایل دهه 1970، میزان 20٪ از طوفانهای جهانی به گروه طبقه‌بندی شده 4 و 5 رسیده‌اند، اما در دهه 1990، حدود 35٪ از تمام کولاک‌های واقع شده در جهان به این سطوح رسیده‌اند. این افزایش در شدت کولاک با افزایش یکنواخت درجه حرارت سطح دریا همراهی می‌کند. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز بیانگر این است که با افزایش دما در ایستگاههای انزلی و بابلسر که تحت تأثیر اقلیم دریایی هستند، ضمن افزایش تعداد روزهای طوفانی همراه با تندر، سرعت باد نیز افزایش یافته است، درصورتی‌که در ایستگاه‌های رشت و گرگان، تعداد روزهای طوفانی همراه با تندر افزایش یافته، اما سرعت باد کاهش یافته است (جدول 2).

بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌ها در ایستگاه انزلی، نزولات جوی بیشتر با سرعت باد بیشتر به‌ویژه بر مبنای متغیر ماهانه، ارتباط آماری مثبتی را نشان می‌دهد، درصورتی‌که دمای بیشتر با سرعت باد کمتر به‌ویژه بر مبنای متغیر ماهانه، ارتباط آماری منفی را نشان می‌دهد.



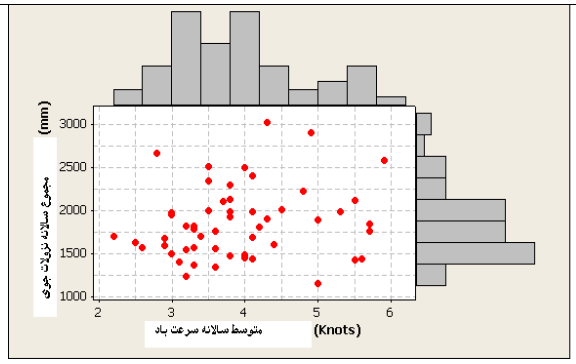
شکل 22- پلات مارجینال مجموع سالانه نزولات جوی و متوسط سالانه سرعت باد در ایستگاه گرگان (2005-1952)



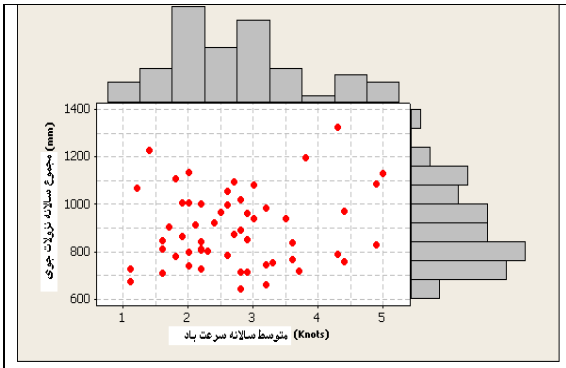
شکل 23- پلات مارجینال مجموع سالانه نزولات جوی و متوسط سالانه سرعت باد در ایستگاه رشت (2005-1956)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 24- پلات مارجینال مجموع سالانه نزولات جوی و متوسط سالانه سرعت باد در ایستگاه انزلی (2005-1951)

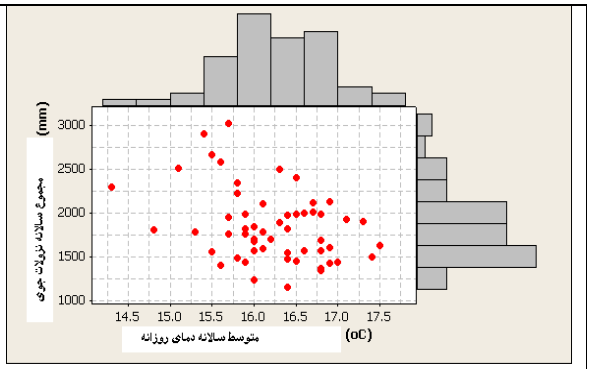


شکل 25- پلات مارجینال مجموع سالانه نزولات جوی و متوسط سالانه سرعت باد در ایستگاه بابلسر (2005-1951)

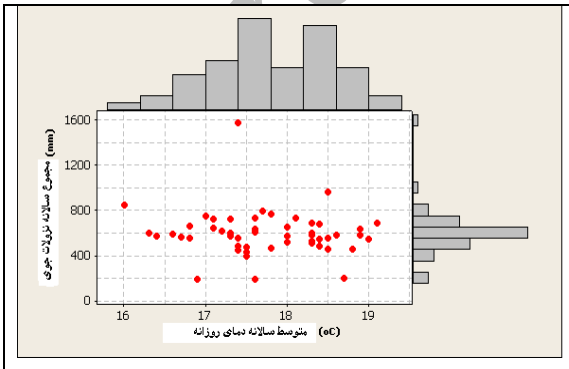
نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که روند وقوع باد در منطقه خزر تغییر کرده و در طول سالهای مورد مطالعه نرخ افزایشی داشته است.

در مدت 25 سال گذشته تعداد روزهای با تندر و طوفان در ایستگاههای گرگان و رشت به‌شدت افزایش یافته است (شکلهای 2 و 3). به‌نظر می‌رسد که تغییرات در نرخ روند دما و میزان نزولات جوی در طول نیم قرن گذشته و به‌ویژه در مدت 25 سال گذشته (جعفری، 1387)، تأثیرات مهمی در سرعت و جهت بادها گذاشته باشد. این موضوع در راستای نتایج حاصل از بررسی در نوسانهای اقیانوس اطلس شمالی است که ارتباط آماری معنی‌داری را با منطقه آلپ اروپا در طول دوره‌های زمستانی (دسامبر تا مارس) در سالهای 1956 تا 1980 نشان می‌دهد. این نوسانها عمدتاً ارتباط آماری مثبت با دما و ارتباط آماری منفی با میزان نزولات جوی نشان می‌دهند (Casty *et al.*, 2002).

از این رو ثابت شده که تلفیق باد سطوح بالا و نزولات جوی، ابزار مناسبی برای بدست آوردن متغیرهای وابسته به میزان برف و جریان رودخانه می‌باشد (Barlow & Tippett, 2006). ارتباط بین سرعت باد و نزولات جوی در همگرایی بین دو منطقه گرمسیری اقیانوسیه (The Pacific Intertropical Convergence Zone - ITCZ) مورد تجزیه قرار گرفته و همچنین تجزیه داده‌های سایر منابع نشان می‌دهد که ارتباط آماری بین سرعت باد و نزولات جوی بسیار قوی می‌باشد (Back & Bretherton, 2005).



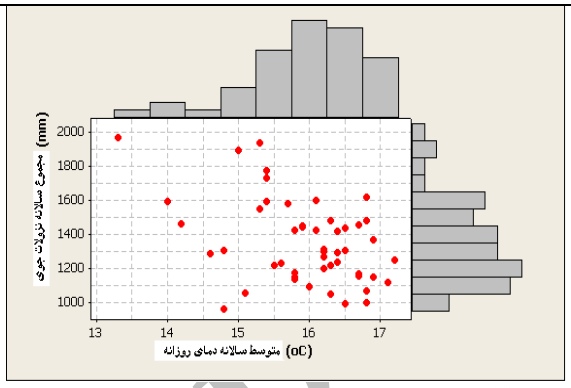
شکل 26- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و مجموع سالانه نزولات جوی در ایستگاه انزلی (2005-1951)



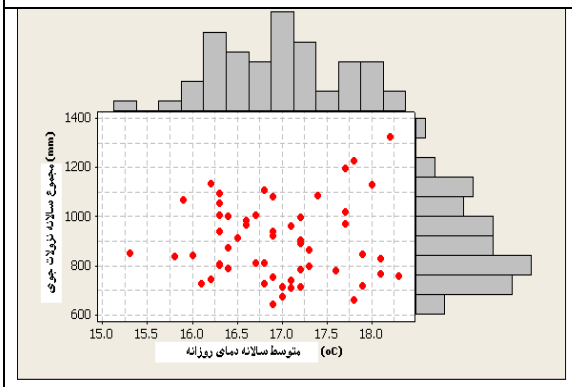
شکل 27- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و مجموع سالانه نزولات جوی در ایستگاه گرگان (2005-

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 28- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و مجموع سالانه نزولات جوی در ایستگاه رشت (2005-1956)



شکل 29- پلات مارجینال متوسط سالانه دمای روزانه و مجموع سالانه نزولات جوی در ایستگاه بابلسر (2005-1951)

براساس مشاهده‌ها، افزایش میزان نزولات جوی ناشی از افزایش سرعت باد به‌مراتب بیشتر از تغییرات میزان تبخیر می‌باشد. این موضوع بیانگر این نکته است که براساس همگرایی موجود، تبخیر باعث تشدید تبدیل رطوبت به بارندگی می‌شود (Back & Bretherton, 2005). با توجه به این که در سالهای اخیر در این منطقه میزان دما افزایش یافته است (جعفری، 1387)، ممکن است افزایش روزهای طوفانی همراه با تندر و تغییرات در سرعت باد، در پی افزایش میزان تبخیر باشد.

همچنین نتایج حاصل از این تحقیق در راستای نتایج تحقیق دیگری است که نشان می‌دهد روند افزایشی طوفانهای گروه 4 و 5 برای دوره زمانی 1970 تا 2004 به‌طور مستقیم با روند درجه حرارت سطح دریا ارتباط داشته است (Hoyos *et al*., 2006). در تحقیق دیگری اعلام شده است که در سال 2005 تعداد طوفانهای موسمی مناطق گرمسیری (tropical cyclone)، روزهای طوفانی و همچنین شدت طوفانها در محیط‌هایی با افزایش درجه حرارت سطح دریا، در طول 35 سال گذشته افزایش زیادی را در تعداد و بخشی از طوفانهایی (hurricane) که به گروه‌های 4 و 5 می‌رسند را سبب شده است (Webster *et al*., 2005).

منابع مورد استفاده

- بی‌نام، 1386- الف. خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران (ایرنا)، 1386/2/23.
- بی‌نام، 1386- ب. روزنامه همشهری، پنجشنبه 17 خرداد، سال پانزدهم، شماره 4286.
- جعفری م.، 1385. نگاهی گذرا بر مدیریت پایدار جنگل و مروری بر نظارت و ارزشیابی. نشر پونه، تهران، 170 صفحه.
- جعفری، م.، 1387. تحقیق و تحلیل عوامل تغییر اقلیم در طول پنجاه سال گذشته در جنگلهای منطقه خزری. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ، 16 (2): 326-314.
- سایت سازمان هواشناسی (www.irimet.net).
- مسعودیان، س. ا.، 1384. نواحی اقلیمی ایران. گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

www.vi.ac.ir/red/Rcgsss/climate/Magazine/ Articles/ Regions. doc

- Anonymous, 1914. The Beaufort Wind Scale. Monthly Weather Review, 42(4): 231-232.
- Anonymous, 2007. Climate change 2007, Impacts, Adaptation and Volnevability, Condition of WGI to the Fourth Assesment Report of the IPCC,

Archive of SID

www.SID.ir

- Emanuel, K., 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years, Nature, 436: 686–688.
- Hoyos, C.D., Agudelo, P.A., Webster, P.J. and Curry, J.A., 2006. Deconvolution of the Factors Contributing to the Increase in Global Hurricane Intensity, Science, 312: 94-97.
- Jafari M., 1997. The Present Status of Forestry Research in I.R. Iran, in Four Articles on Forests, Research Institute of Forests and Rangelands, Technical Publication No. 176-1997, 121p.
- Keith, D.W., DeCarolis, J.F., Denkenberger, D.C., Lenschow, D.H., Malyshev, S.L., Pacala, S. and Rasch, P.J., 2004. The influence of large-scale wind power on global climate, *PNAS* published online Nov 9, 2004; doi:10.1073/pnas.0406930101.
- Parmesan C., 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. www.annualreviews.org . Climate-Change Impacts: 637-668.
- Van den Broeke M. R. and Van Lipzig, N.P.M., 2004. Changes in Antarctic temperature, wind and precipitation in response to the Antarctic Oscillation. Annals of Glaciology, 39: 119- 126.
- Webster P.J., Holland, G.J., Curry, J.A. and Chang, H.H., 2005. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. Science, 309: 1844-1846.
- Zohary M., 1973. Geobotanical foundations of the Middle East. 2 vols. - Fischer Verlag, Stuttgart, Amsterdam. 739 p.

M.L.O.F. Canziani, J.P.Palutikof, P.J. Van dor linden and C.E. Han Son, eds. Cambridge University Press, Cambridge, U.F. 976 p.
- Astwood, P., 2003. Investigating the Climate System WINDS, Winds at Work. Educational Product, University of South Carolina, Columbia, SC. 22 p.
- Back, L. E. and Bretherton, C.S., 2005. The Relationship between Wind Speed and Precipitation in the Pacific ITCZ. Journal of climate, 18: 4317-4328.
- Barlow, M. and Tippett, M., 2006. Predictability of Central Asia River flows: the role of regional and large-scale climate variability. European Geosciences Union 2006. Geophysical Research Abstracts, Vol. 8.
- Casty C., Wanner, H. and Luterbacher, J., 2002. Temperature and precipitation variability in the European alps since 1500 and its connection to the north Atlantic oscillation. The SLP reconstruction data are available through the NOAA Paleoclimatology world data center (WDC): http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/. 9 p.
- Cruz, R.V., Harasawa, H., Lal, M., Wu, S., Anokhin, Y., Punsalmaa, B., Honda, Y., Jafari, M., Li, C. and Huu Ninh, N., 2007: Asia. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E., (eds.) Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK: 469-506.

Archive of SID

www.SID.ir

Thunder and storm fluctuations in the Caspian region over the last half century

M. Jafari

Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran, Iran. E-mail: mostafajafari@rifr-ac.ir

Abstract

Thunder and storm fluctuations as consequences of climate change were studied in the Caspian region over the last half century. In this study, whole forest areas in southern part of Caspian sea were monitored by study on vegetation map and field visit. Three points representing the major part of the Hyrcanian forests were selected from wet part in the west to drier part in the east. Four meteorological stations data used for investigation. Most of climatic factors including maximum, minimum and mean annual temperature; daily, monthly and annual precipitations were investigated. Numbers of days with thunder and storm as well as wind speed were used for conclusion. During last half century, as consequence of climate change by means of increasing temperature and changing precipitation trends, number of Days With Thunder and Storms (DWTS) increased in forest area in the Caspian region. In Rasht and Gorgan stations, the number of days with thunder and storm in last half century, especially in last 25 years showed a sharp increase. This is in the same line of increasing mean annual temperature about 1.28°C and minimum temperature about 2.45°C in Rasht station. In addition, it is against the decrease of precipitation for the period of last 53 years in Gorgan station which is about 55.6 mm. Anzali and Baboulsar stations which are under coastal climate condition have a fluctuating trend of DWTS but also showed a mild increase in the trend of DWTS during last fifty years. This is in favor of increasing the mean annual temperature in Baboulsar station in last 54 years, about 1.44°C and its minimum temperature about 1.80°C. Also again, it is against the decrease of annual precipitation in Anzali station during last 54 years of records, which is about 409.4 mm and amount of the decreas of precipitation for the period of last 53 years in Gorgan station is about 55.6 mm.

Key words: climate change, wind, thunder, storm, Caspian region.

Archive of SID

www.SID.ir