بررسی تغییرات سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین در تعدادی از شهرهای بزرگ کشور در دوره اقلیمی ۲۰۰۰-۱۹۵۱

فاطمه رحیم زاده [۱]، نوشین محمدیان [۲]، سیدجمال اکبری نژاد [۳]

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۵/۶/۱)

چکیده

عنصر باد یکی از متغیرهای پیچیده اقلیمی است که تغییرات آن در مقیاسهای کوتاه و بلندمدت بر خصوصیات اقلیمی جهانی، منطقه ای و محلی اثر می گذارد و از جمله عوامل موثر بر اقلیم و تغییرات آن بشمار می رود. افزایش ناگهانی سرعت باد سبب وقوع تندبادها و گردبادها و وقوع خسارت در منطقه مربوطه خواهد شد. این تندبادها چنانچه منجر به تغییر سرعت بیشینه مطلق باد شود تمام معادلات ساختمانی و اقتصادی منطقه را دستخوش تغییر خواهد کرد. این در حالیست که در دهه های اخیر روندها و تغییرپذیری سرعت باد در هر دو مقیاس بزرگ و کوچک مشاهده شده است. درباره چگونگی تغییرات سرعت باد در طول زمان نسبت به سایر عناصر اقلیمی اطلاعات کمتری موجود است. تغییر روشهای اندازه گیری، تغییر شرایط محیط اطراف آنها در طول دوره های ثبت داده های باد در اثر تغییر مکان ایستگاه های هواشناسی، رشد و گسترش شهری از نظر سطح و ارتفاع، همچنین تغییر پوشش گیاهی، سبب می شوند تا داده های مربوط به باد از همگنی لازم برخوردار نباشند. همین امر یکی از دلایلی است که راه را برای مطالعه تغییرپذیری عنصر برداری باد مشکل می سازد. لکن بررسی تغییرات سمت و سرعت باد امری ضروری به نظر می رسد که باید در کنار بررسی سایر عناصر به آن پرداخت و هدف از ارایه این مقاله نیز بررسی این تغییرات در تعدادی از ایستگاه های سینوپتیک کشور می باشد. در این تحقیق، تغییرات بلندمدت سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین در چند ایستگاه هواشناسی طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۵۱ میلادی با استفاده ازچند روش آماری ارایه شده است. جهت بررسی همگنی از آزمون انحرافات تجمعی، برای تعیین

۱ و ۲ - پژوهشکده هواشناسی
۳ - سازمان هواشناسی کشور

نقاط نابهنجاری سریها از آزمون کرامر و به منظور تعیین روند داده های سرعت باد از روش حداقل مربعات و آزمون من کندال استفاده شده است. تحلیل آماری میانگین سالانه سرعت های باد حاکی از وجود تغییر در این سریها می باشد. یکی از مهمترین نتایج بدست آمده حاکی از کاهش شدید میانگین سرعت باد در ایستگاه هایی نظیر تهران و اصفهان است که می تواند در کنار عواملی همچون افزایش جمعیت و توسعه شهری سبب افزایش پتانسیل آلودگی در این شهرها باشد.

کلمات کلیدی: تغییر پذیری اقلیمی، سرعت باد، نقاط نابهنجاری، همگنی و روند.

مقدمه

علاوه بر عناصری مانند دما و بارش که بیشتر تحقیقات را در سطح دنیا به خود اختصاص داده اند اخیرا عناصر دیگری ازجمله باد که از متغیرهای پیچیده اقلیمی بوده و بر خصوصیات اقلیمی اعم از مقیاس بزرگ یا محلی اثر می گذارد، مورد توجه محققین قرار گرفته است. بررسی تغییرات مقادیر سرعت باد از جنبه های مختلف اهمیت دارد، از جمله اینکه با کاهش سرعت باد، انرژی آن کاهش یافته و در نتیجه آلودگی نواحی شهری افزایش می یابد. این کاهش سبب کم شدن میزان انتقال گرما و رطوبت بین سطح زمین و جو و نهایتاً افزایش دما نیز می گردد[۱۱]. کاهش سرعت باد در شب ها و به خصوص در شب های زمستان باعث رشد و تداوم وارونگی تابشی سطح زمین و به عکس افزایش آن موجب تخریب و کاهش لایه وارونگی تابش سطحی می شود.

میدان باد در نزدیک سطح زمین در نتیجه تاثیر متقابل نیروهای پیچیده در مقیاس جهانی، منطقه ای و محلی تولید می شود. در طول سال سرعت باد از الگوهای اتمسفری بزرگ مقیاس متاثر شده و غالباً ناپایداری فصلی باعث وزش بادهای قویتر در زمستان و بهار و بادهای ضعیف تر در تابستان و پاییز می شود. عوامل بشری نظیر شهرسازی، تاسیسات شهری و عوامل طبیعی نظیر ناهمواریهای سطح زمین، نسیم دریا و دریاچه و دیگر عوامل محلی می توانند در تغییر ساعت به ساعت بادها موثر باشند. برای مثال گسترش شهرنشینی، ساختمانها و شکل گیری جزایر حرارتی علاوه بر اینکه بر کاهش سرعت باد مؤثر بوده، باعث بالا رفتن حداقل دمای زمستانی این شهرها نیز شده است. براساس بررسی های رابیسون و شین[1] در سال ۱۹۹۷ میلادی معلوم شد که تغییرات در مقیاس های روزانه و هفتگی سرعت باد متاثر ازفعالیت چرخندها و واچرخندها هستند و جزایر حرارتی نیز سرعت باد

1. Robenson & Shein

سطح زمین را متاثر می سازند . احداث ساختمانهای بلند و دیگر تاسیسات در مناطق شهری نسبت به مناطق روستایی ، سرعت باد در سطح پایین تروپوسفر را بیشتر کاهش می دهد . تغییرات محلی مانند موقعیت ساختمانها و پوشش گیاهی انبوه می تواند سرعت های باد را در نواحی نزدیک سطح زمین تغییر دهند[۱۶] .

به دلیل فقدان اطلاعات در مورد چگونگی تغییرات سرعت باد در طول زمان و عدم پیوستگی داده های بلندمدت ، همچنین نبود اطلاعات کافی از تاریخچه ایستگاه ها ، مشکلات مهمی در بررسی تغییرات سرعت باد و ارتباط بین بادهای سطح زمین با خصوصیات محلی و گردشهای بزرگ مقیاس وجود دارد . در مطالعاتی که اخیرا صورت پذیرفته ، روند و چگونگی تغییرات سرعت باد در هر دو مقیاس بزرگ (توفانها و گردبادها) و کوچک مورد بررسی قرار گرفته است . برای مثال بررسی تغییرات میانگین سرعت باد در هفت ایستگاه واقع در مینه-سوتا توسط رابیسون و شین در دوره ۲۲ تا ۳۵ سال نشان می دهد که سرعت باد دارای روند کاهشی بوده است . در برخی از ایستگاه ها نیز افزایش آن و در برخی دیگر وضعیت پایداری مشاهده شده است . در بررسی فوق مشخص شد که سرعت باد در آن منطقه به علت کم شدن فعالیت چرخندها و واچرخندها کاهش یافته است . تغییر در دنباله های پایین و بالای توزیع آماری سرعت باد در این ایستگاه ها اغلب به علت کاهش تعداد چرخندها و واچرخندها در بهار و زمستان بوده است[۱۰] . شایان ذکر است که برازش توزیع سرعت باد و تغییرات آن توسط توزیع ویبول امکان پذیر است [۱۴] . براساس تحلیلی از روند سرعت باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال در طول نیمه دوم قرن بیستم ، مشخص گردید که میانگین سالانه سرعت باد در بالتیک به طور قابل ملاحظه ای در دوره ۱۹۹۰-۱۹۵۳ میلادی افزایش یافته است که بیشتر این تغییرات در فصل زمستان متمرکز شده اند[۱۵] . حداکثر سرعت باد در طول این دوره در جنوب غربی بالتیک به بیش از ۵ نات نیز رسیده است . تغییرات سرعت باد در این منطقه به شدت به تغییرات چرخه سینوپتیک وابسته بوده و بیشتر افزایش ها به سرعت های باد در زمستان در غرب واچرخند ، غرب و شمال غربی چرخند مربوط بوده است .

سمت باد محلی نیز به عنوان شاخصی برای نوع چرخه و تغییرآن در مطالعات اقلیمی استفاده شده است . به عنوان مثال طبق تحقیقی در هلند دمای فصلی به شدت به سمت باد بستگی داشته و برای اغلب سمت های باد به استثنای مکانهای شمال شرقی ، میانگین دما درفصل زمستان افزایش یافته و برای هر یک روند معنی داری مشاهده شده است[۱۰] .

در طول دهه ۹۰ از بررسی داده های ماهواره ای و مدلهای رقومی ، آنالیزهای همدیدی و پیش بینی نتایج قابل ملاحظه ای از توصیف بادهای اقیانوسی در مقیاس جهانی به دست آمده است[۱۳] .

خوشبختانه اندازه گیری ماهواره ای در مدت زمان نسبتا کوتاهی سطح وسیعی را پوشش داد، به طوریکه به دنبال آن شناخت کامل حوزه های باد امکان پذیر شد[۹].

بررسی های پراکنده سرعت باد و مسایل مرتبط با آن در کشور در دهه های اخیر صورت پذیرفته است. مقادیر میانگین سرعت باد در دوره نرمال ۹۰-۱۹۶۱ میلادی برای ساعات استاندارد محاسبه و گلبادهای ماهانه باد در ساعات ۱۵ ، ۰۹ و ۰۳ گرینویچ رسم گردیده اند. مقادیر حداکثر سرعت باد در طرح اطلس اقلیمی به عنوان مطالعات پایه ای بررسی شده اند. رسم گلبادهای ساعتی ایستگاه تهران- مهرآباد در دوره ۹۰-۱۹۶۱ در گزارش گلبادهای ماهانه ایستگاه تهران-مهرآباد در ساعات سینوپتیک کشور ارایه شده است[۲]. در طرح اطلس انرژی باد[۱] با استفاده از داده های سرعت باد در ساعات سینوپتیک، انرژی باد در یک دوره ده ساله محاسبه شده است.

مدل بندیهای خاصی در زمینه بادهای محلی صورت گرفته که از آن جمله می توان مدل باروتروپیک برای جریانهای گردش ناشی از رانش باد در دریای عمان[۶] و شبیه سازی اثر باد بر روی کوهستان[۷] را نام برد. اخیرا اثرات توسعه شهری و تغییر کاربری بر روی بعضی پارامترهای جوی شهر تهران و شهرستانهای نزدیک آن نیز بررسی گردید[۴]. نتایج این بررسی نشان داد که در نیمه دوم قرن بیستم کاهش سرعت بادهای شبانه تهران با توسعه شهری و گسترش ساخت و ساز به وقوع پیوسته است. اینک هدف از ارایه این مقاله بررسی تغییرات سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین در چند ایستگاه سینوپتیک در مجاورت شهرهای بزرگ کشور با جمعیت بیش از پانصد هزار نفر می باشد که در طول ۳۰ سال (از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۷۵) جمعیت این شهرها تقریبا بالغ بر ۵ برابر شده است.

مواد و روشها

مقادیر پارامترهای برداری باد از جمله سمت و سرعت آن در سطح ده متری از سطح زمین از بدو تاسیس ایستگاه های هواشناسی در کشور اندازه گیری شده است. درحال حاضر تعداد ایستگاه هایی که سمت و سرعت باد، در آنها دیدبانی می شود کم نیست، لکن در بررسی تغییرات آنها در بلندمدت نظیر دیگر عناصر اقلیمی، وجود داده های مداوم و همگن آن ضروری است.

در مطالعات تغییرات سریهای اقلیمی شامل دما، بارش، رطوبت و همچنین باد بررسی همگنی داده ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است درصورتی که تغییر طبیعی و یا غیرطبیعی در منشا به وجود آمدن این داده ها ایجاد نشود، داده ها همگن خواهند بود. آزمونهای آماری خاصی در بررسی همگنی یا ناهمگنی داده ها به کار برده می شود. این آزمونها بویژه نوع مطلق آنها، تغییرات ناگهانی یا جهش

را در سری ها مشخص می کند[۵]. بررسی این تغییرات همراه با شناسه داده[1] عوامل ناهمگنی را نشان می دهند. تعیین عوامل ناهمگنی بشری در مورد سرعت باد نسبت به عناصر دما و بارش مشکل تر است و تشخیص تغییر و جهش در سریهای سرعت باد به دلایلی همچون تغییر مکان و یا تغییر محیط بسیار دشوار می باشد. پس از سالها کار تخصصی در دنیا هنوز محافل علمی به یک جمع بندی کلی در مورد همگنی تعدادی از عناصر از جمله عنصر باد نرسیده اند. این مشکل در مورد داده های روزانه آنها خیلی جدی تراست[۱۷]. در مورد این عناصر در مرحله اول برای به حداقل رساندن وجود ناهمگنی، از اطلاعات و داده های ایستگاه هایی استفاده می شود که شناسه داده ای آنها حاکی از عدم تغییر مکان و کفایت مناسب اطلاعات باشد.

در این تحقیق، بین ایستگاه های سینوپتیک با کیفیت نسبی داده ها با توجه به هدف بررسی سرعت باد در سطح ده متری در مجاورت شهرهای بزرگ سعی شده است تا ایستگاه هایی انتخاب شوند که دارای دوره آماری مناسب بوده و داده گمشده کمتری داشته باشند. به دلایل ذکر شده ایستگاه های سینوپتیک آبادان، اصفهان، ارومیه، انزلی، بوشهر، تبریز، تهران و مشهد که دارای ۵۰ سال آمار هستند و سایر پارامترهای هواشناسی آنها از عوامل ناهمگنی بشری کمتری برخوردار هستند و همچنین در مجاورت شهرهایی واقع شده اند که با پدیده توسعه شهری مواجه بوده اند، مورد بررسی قرار گرفته اند[۵]. آمار جمعیت این شهرها (جدول ۱) در دوره ۳۵ ساله(۷۵-۱۳۳۵ شمسی مطابق با ۹۶-۱۹۵۶ میلادی) افزایشی تقریبا بالغ بر ۵ برابر نسبت به سال ۱۳۳۵ را نشان می دهد که حاکی از رشد جمعیت و توسعه شهری در مناطق فوق می باشد[۱۸]. شایان ذکر است ایستگاه اصفهان تغییر مکانی از داخل شهر به فرودگاه نیز داشته است.

آزمونهای آماری مختلفی برای ارزیابی همگنی و روند داده های اقلیمی وجود دارد که در این مقاله، به منظور آگاهی از چگونگی تغییرات سریهای سرعت باد در طول دوره آماری طی دوره ۵۰

جدول۱- جمعیت شهرهایی که ایستگاههای منتخب در مجاورت آن واقع شده اند

سال / شهرها	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵
اصفهان	۲۵۴۷۰۸	۴۲۴۰۴۵	۶۶۱۵۱۰	۹۸۶۷۵۳	۱۲۶۶۰۷۲
ارومیه	۶۷۶۰۵	۱۱۰۷۴۹	۱۶۴۴۱۹	۳۰۰۷۴۶	۴۳۵۲۰۰
تبریز	۲۸۹۹۹۶	۴۰۳۴۱۳	۵۹۷۹۷۶	۹۷۱۴۸۲	۱۱۹۱۰۴۳
تهران	۱۵۱۲۰۸۲	۳۷۱۹۷۳۰	۴۵۳۰۲۲۳	۶۰۴۲۵۸۴	۶۷۵۸۸۴۵
مشهد	۳۴۱۹۸۹	۴۰۹۶۱۶	۶۶۷۷۷۰	۱۴۶۳۵۰۸	۱۸۸۷۴۰۵

1. Metadata

ساله، تعداد محدودی از آنها که در مورد سایر پارامترهای هواشناسی نتایج مناسبی را ارایه داده است، انتخاب و بکار گرفته شده اند. از جمله این آزمونها می توان به آزمونهای آماری انحرافات تجمعی و آبه که برای ارزیابی همگنی سریهای دمای حداقل و حداکثر این ایستگاهها بکار گرفته شده اند، اشاره نمود[۳]. در آزمون انحرافات تجمعی درصورتی که مقادیر Q محاسبه شده از مقادیر بحرانی Q کمتر باشد سری همگن و در غیر اینصورت سری ناهمگن خواهد بود[۸]. برای مثال مقدار بحرانی برای سطح اطمینان ۹۵٪ برای N=۵۰ مشاهده برابر ۱٫۲۷ می باشد. آزمونهای متعددی در بررسی معنی داری روند سریها بکار می رود، لیکن در این بررسی از روش ناپارامتریک من کندال و در تعیین روند خطی از روش حداقل مربعات استفاده شده است. به منظور مقایسه میانگین زیر دوره ها با یک دوره خاص از آزمون کرامر استفاده شده است[۱۲]. برای انجام این آزمون اگر $\overline{\overline{X}}$ و S میانگین و انحراف معیار سری و X_k میانگین در زیر دوره n باشد آنگاه آماره

$$r_k = \frac{\left(\overline{X}_k - \overline{\overline{X}}\right)}{S} \qquad (۱)$$

را می توان با

$$t_k = [\frac{n(N-2)}{N-n(1+r_k^2)}]^{\frac{1}{2}}.r_k \qquad (۲)$$

مقایسه نمود که در آن t_k دارای توزیع t- استودنت با N-2 درجه آزادی است و البته می تواند برای کلیه زیر دوره ها انجام شود. در کنار این بررسی ها به منظور درك واقعی از تغییرات داده های اقلیمی باد در این ایستگاه ها در دوره های زمانی مختلف از روش هموار سازی داده ها نیز استفاده شده است.

بحث و نتایج

نتایج آزمون انحرافات تجمعی بر روی سریهای سالانه سرعت باد[۱] حاکی از آن است که این سری ها همگن نیستند، زیرا دنباله انحرافات تجمعی آنها دارای نوسانات یکنواختی نیست (شکل ۱). به علاوه مقادیر Q محاسبه شده (جدول ۲) در کلیه ایستگاهها در مقایسه با مقدار بحرانی، بر ناهمگنی کلیه سریها دلالت می کند. براساس این دنباله ها مشخص می شود که سریها در سالهایی با مقادیر

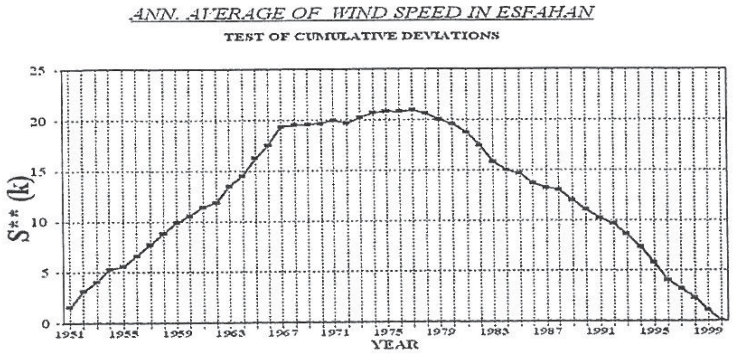
۱- گرچه آزمون های آماری برای کلیه سریهای باد در ایستگاههای منتخب انجام و نمودارهای آن ها نیز رسم شده اند لکن به علت محدودیت در ارایه مطالب فقط نمودارهای مربوط به سه ایستگاه اصفهان، تهران- مهرآباد و مشهد ارایه شده اند.

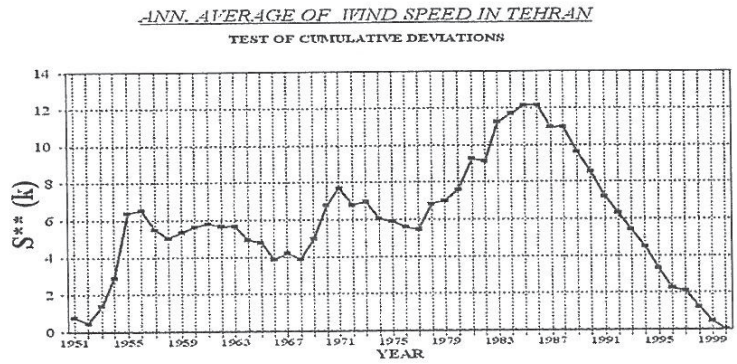
جدول۲- مشخصات جغرافیائی ایستگاههای منتخب همراه با نتایج کمی آزمونهای آماری همگنی، روند، بر روی سریهای سرعت باد و میانگین سرعت باد در پنج دهه اخیر در دوره ۲۰۰۰-۱۹۵۱

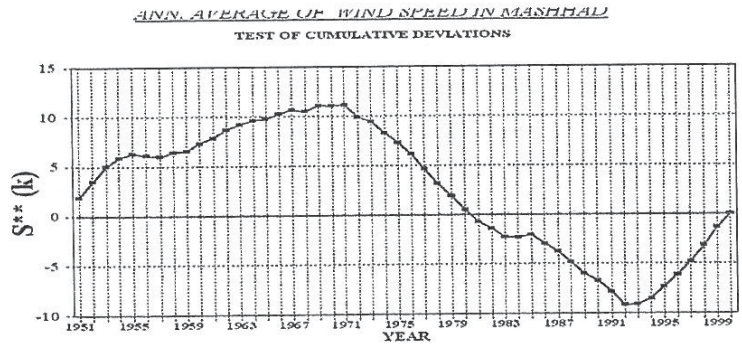
*: مقدار بحرانی آماره آبه برابر ۰/۸۶ است.

**: مقدار بحرانی آماره انحرافات تجمعی برای N=۵۰ برابر ۱/۲۷ است.

ردیف	ایستگاه	مشخصات جغرافیایی ایستگاه				آزمونهای روند			آزمونهای همگنی		میانگین سرعت باد در دهه ها (نات)					میانگین کل دوره (نات)	انحراف معیار
		شماره ایستگاه	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (N)	ارتفاع (متر)	من کندال	روش حداقل مربعات		آبه *	انحراف تجمعی **	۱۹۵۱-۶۰	۱۹۶۱-۷۰	۱۹۷۱-۸۰	۱۹۸۱-۹۰	۱۹۹۱-۲۰۰۰		
							شیب خط	ضریب همبستگی									
۱	آبادان	۴۰۸۳۱	۴۸°۱۵"	۳۰°۲۲"	۶/۶	-۳/۴	-۰/۰۲۵۲	۰/۳۸۷	۱/۹۶	۱۲/۳۶	۶/۷	۶/۶	۶/۹	۵/۹	۶	۶/۳۹	۰/۹۴
۲	اصفهان	۴۰۸۰۰	۵۱°۵۲"	۳۲°۴۰"	۱۶۰۰/۷	۰/۴	-۰/۰۶۱	۰/۸۷۷	۶/۶۶	۲۰/۹۹	۵/۲	۵/۱	۴/۱	۳/۳	۳	۴/۱۴	۱
۳	ارومیه	۴۰۷۱۲	۴۵°۵"	۳۷°۳۲"	۱۳۱۲/۵	۲/۲	۰/۰۳۲	۰/۴۳	۵/۶۹	۱۳/۳۴	۱/۴	۲/۵	۳/۶	۲/۲	۳	۲/۵۳	۱/۰۶
۴	انزلی	۴۰۷۱۸	۴۹°۲۸"	۳۷°۲۸"	-۲۶/۶	-۱/۷	-۰/۰۱۷	۰/۲۹	۴/۱۷	۱۰/۵۹	۴/۳	۳/۴	۴/۲	۳/۲	۳/۸	۳/۷۸	۰/۸۶
۵	بوشهر	۴۰۸۵۸	۵۰°۵۰"	۲۸°۵۹"	۱۹/۶	-۱/۲	-۰/۰۰۶	۰	۵/۲۰	۱۰/۸۴	۴/۸	۷/۱	۷	۶	۵/۴	۵/۹۸	۱/۲۳
۶	تبریز	۴۰۷۰۶	۴۶°۱۷"	۳۸ °۵"	۱۳۶۱	-۲/۱	-۰/۰۲۱	۰/۲۵	۴/۹۴	۱۲/۲۱	۵/۸	۷/۶	۶	۵	۵/۸	۶/۰۲	۱/۲۵
۷	تهران	۴۰۷۵۴	۵۱°۱۹"	۳۵°۴۱"	۱۱۹۱	-۳/۴	-۰/۰۲	۰/۴۱۳	۱/۷۲	۱۲/۱۷	۵/۶	۵/۳	۵/۳	۵/۳	۴/۶	۵/۲۰	۵/۲۰
۸	مشهد	۴۰۷۴۵	۵۹°۳۸"	۳۶°۱۶"	۹۹۰	-۱/۸	-۰/۰۱۴	۰/۱۸	۷/۱۵	۱۱/۱۲	۴/۷	۴/۵	۲/۸	۳/۲	۴/۸	۴/۰۲	۴/۰۲





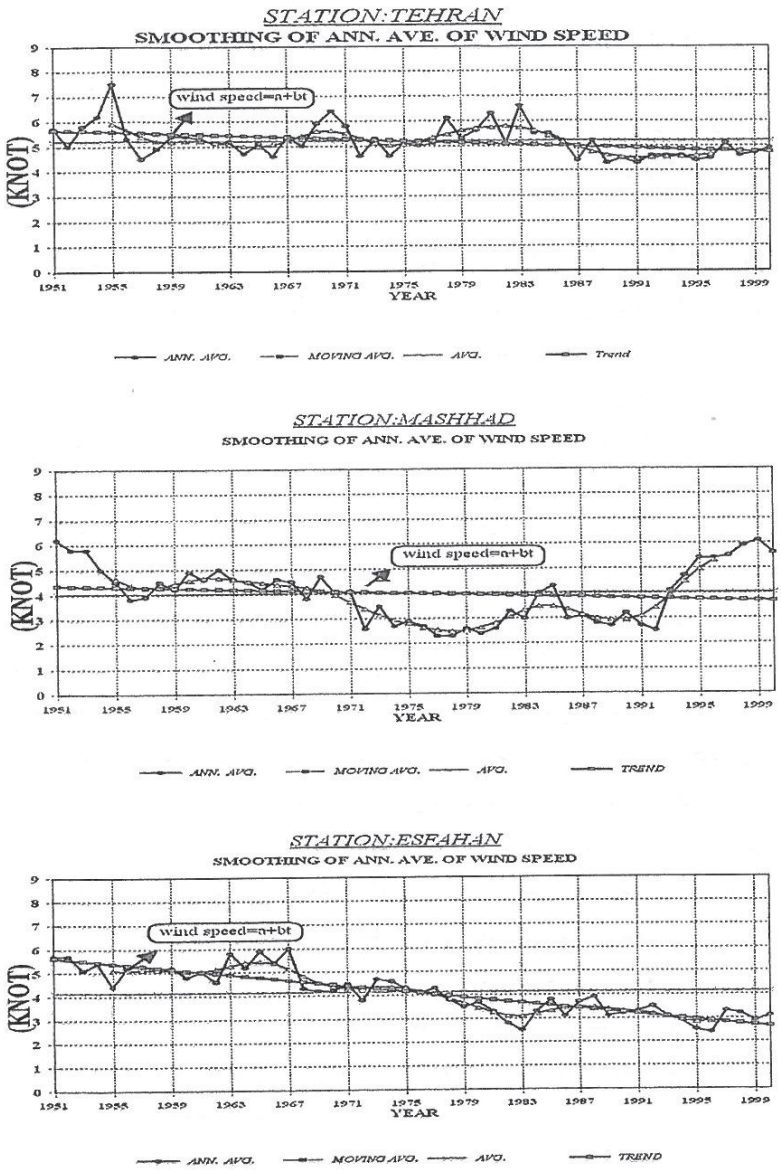


شکل۱- انحرافات تجمعی $^{**}(S)$ میانگین سریهای سالانه سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین در دوره (۲۰۰۰-۱۹۵۱) ایستگاههای اصفهان، تهران-مهرآباد و مشهد

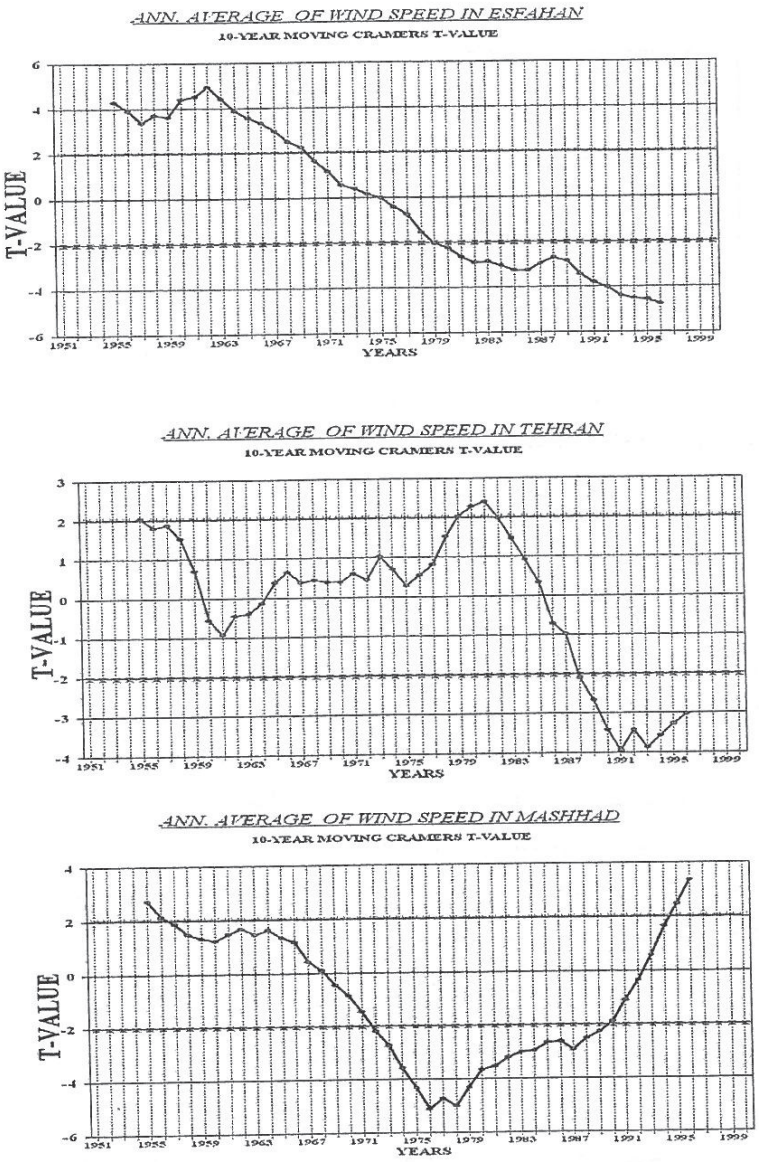
بیشینه مطلق از تغییرات احتمالی در آن سال برخوردار بوده اند. دنباله انحرافات تجمعی سریهای باد ایستگاهها اغلب دارای یک نقطه بیشینه مطلق یا بیش از آن است. برای مثال ایستگاه انزلی در سالهای ۵۸ ، ۶۸ و ۷۶ میلادی و ایستگاه تبریز در سالهای ۵۶ ، ۷۱ و ۹۵ میلادی دارای بیشینه مطلق می باشند. این مسئله در مورد سایر ایستگاه ها نیز صدق می کند. به عبارت دیگر سریهای سرعت باد در طول دوره مورد بررسی دچار تغییر شده اند. از طرف دیگر مقادیر بزرگ آماره آبه برای سریهای میانگین سالانه سرعت باد (جدول۱) در مقایسه با نقطه بحرانی برای تعداد ۵۰ مشاهده (یعنی۰/۸۶) مشخص می کند که سریهای فوق با دلالت بر این آزمون نیز ناهمگن می باشند. لازم به ذکر است، همانطور که قبلا نیز ذکر شد، اغلب این ایستگاه ها دارای کیفیت آماری مناسبی هستند و بعضی از ایستگاه ها مانند اصفهان در سال ۱۹۹۴ میلادی تغییر مکان از داخل به خارج و ایستگاهی نیز مانند مشهد جابجایی در محل ایستگاه را داشته اند. باد بر خلاف دما تغییرات خود را با این نوع جابجایی ها به خوبی نمایش نمی دهد و همانطور که ذکر شد تفکیک دلایل ناهمگنی های بشری و طبیعی در مورد باد بسیار مشکل است. اما نتایج این آزمونها حاکی از آن است که سریهای باد ناهمگن می باشند و این ناهمگنی گاه به دلیل حالت نوسانی سرعت باد در طول زمان مانند ارومیه و انزلی و گاه به دلیل وجود روند کاهشی مانند آبادان و اصفهان بوده است. جابجایی ها، باد آرام، تغییر واحد اندازه گیری باد از نات به متر مربع بر ثانیه و . . . نیز می توانند از دیگر دلایل این ناهمگنی ها به شمار روند. به طورکلی نتایج بدست آمده حاکی از ناایستایی سرعت باد در این ایستگاه ها می باشد. با توجه به مشخصات روابط خطی سریها (جدول ۲) مشاهده می شود که سریهای سرعت باد به جز ایستگاه ارومیه دارای روند کاهشی بوده اند. در این بین بیشترین و کمترین شیب به ترتیب، مربوط به اصفهان و بوشهر می باشد. روند کاهشی سرعت باد در ایستگاه های آبادان، اصفهان، تهران و روند افزایشی ایستگاه ارومیه، در سطح ۰/۰۵ معنی دار می باشد. هر چند روند خاصی در مورد ایستگاه بوشهر دیده نمی شود ولی این به معنی ایستایی سری سرعت باد در این ایستگاه نمی باشد، زیرا سری هموار شده آن حاکی از وجود نوسانات در این سری است، البته حالت نوسانی کم و بیش زیاد در مورد ایستگاه های دیگری نظیر ارومیه، تبریز، انزلی و با نسبت کمتری در مشهد به چشم می خورد. روند خطی سریهای سرعت باد به همراه سری هموار شده آنها در سه ایستگاه اصفهان، تهران-مهرآباد و مشهد در (شکل ۲) ارایه شده است.

برای تعیین دوره های نابهنجار در سریهای سالانه سرعت باد از آزمون کرامر استفاده شده است که در (شکل ۳) نیز نمودار این آزمون برای ایستگاههای مذکور ارایه شده است.

همانطوری که نتایج نشان می دهند هیچیک از سریهای فوق در داخل سطح معنی داری نبوده و



شکل۲- سری های هموار شده میانگین سالانه سرعت باد به همراه روند خطی آنها در ارتفاع ده متری از سطح زمین در دوره (۲۰۰۰-۱۹۵۱) ایستگاههای اصفهان، تهران-مهرآباد و مشهد



شکل۳- تغییرات آماره کرامر برای میانگین سالانه سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین در دوره (۲۰۰۰-۱۹۵۱) ایستگاههای اصفهان، تهران-مهرآباد و مشهد

جدول۳ - نتایج آزمون کرامر برای ایستگاههای منتخب

ایستگاه	آبادان	اصفهان	ارومیه	ارلی	بوشهر	تبریز	تهران	مشهد
سالهای پایینتر از حد پایینی	۸۵- ۸۱ و ۹۶	۹۶-۸۰	۵۹- ۵۵	۸۷- ۸۱	۵۹-۵۵	۹۲-۸۲	۹۶-۸۸	۸۹-۷۲
سالهای بالاتر از حد بالایی	۷۵- ۷۰	۶۹- ۵۵	۷۵- ۶۷	۷۴- ۷۱ و ۵۵	۷۵-۶۴	۶۹-۵۸	۸۰ و ۸۱	۵۶ و ۵۵ ۹۶ و ۹۵

سری سرعت باد دوره های نابهنجار را طی کرده است که این سری ها در بعضی سالها پایین تر از حد پایینی و در بعضی سالها بالاتر از حد بالایی بوده اند.

با نگاهی به جدول۲ نیز ملاحظه می شود که میانگین سرعت باد در اغلب ایستگاه ها در دهه های ۲۰۰۰-۱۹۵۱ روند کاهشی داشته است. مثلا چنانچه ایستگاه اصفهان را ملاحظه کنیم می بینیم که میانگین سرعت باد از ۵٫۲ نات در دهه ۶۰-۱۹۵۱ به مقدار ۳ نات در دهه ۲۰۰۰-۱۹۹۱ رسیده است. ولی این میانگین در ایستگاه ارومیه روند افزایشی داشته است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به نتایج آزمونهای آماری بر روی سریهای سرعت باد در ایستگاههای مورد مطالعه می توان ادعا کرد که باد در سطح زمین به طور کلی ایستا نبوده و از تغییرات زیادی برخوردار است. در این تحقیق مشخص شد که میانگین سرعت باد علاوه بر نوسانات شدید دارای روند کاهشی در اغلب شهرهای مورد مطالعه بوده است. جزایر حرارتی، گسترش شهرها و تغییرات ساختاری در محیط اطراف آنها، تغییرات الگوهای بارندگی و دیگر عناصر جوی از جمله عوامل موثر بر این تغییر بشمار می روند. به منظور شناخت و تفکیک کلیه علل، باید تغییرات سرعت باد را علاوه بر سطح زمین در لایه های فوقانی جو نیز با استفاده از داده های جو بالا بررسی کرد و علاوه بر میانگین سرعت باد، تندبادهای لحظه ای را نیز مد نظر قرار داد. آنگاه در نتیجه چنین بررسی هایی می توان به سوالات زیادی پاسخ داد. آیا این روند کاهشی شامل سطوح فوقانی نیز می شود؟ آیا تندبادهای لحظه ای موقت نیز در این روند تحت تاثیر قرار می گیرند؟ آیا این روند کاهشی با توجه به ساختار شهرها و ایجاد ابنیه بلند در داخل شهرها تحت تاثیر تغییرات مختلف قرار نمی گیرد؟ این مسائل ما را بر آن می دارد که علاوه بر اینکه نسبت به تهیه و ترسیم اطلسهای جدید در سطح کشور مبادرت ورزیم، تحقیقات بسیار وسیعی را در مورد باد به خصوص در حوزه شهرهای بزرگ و حتی در داخل شهرها انجام دهیم. به علاوه مصرف فزاینده سوختهای فسیلی و تراکم آلاینده های جوی در سطح

شهرها و آثار زیانبار آنها ما را بر آن می دارد تا با ایجاد ایستگاه ها و برج های بادسنجی و نصب بادسنج های اورترانومیک در داخل شهرها و تعیین مراکز پرتراکم آلودگی در بلندمدت نسبت به تغییر ساختار شهرهای بزرگ اقدام نماییم.

منابع

۱- خالقی زواره، حسن، ۱۳۷۶، اطلس انرژی باد در کشور، سازمان هواشناسی کشور.

۲- رحیم زاده، فاطمه، ۱۳۷۳، گلبادهای ماهانه ایستگاه تهران-مهرآباد در ساعات سینوپتیک کشور، طرح اطلس اقلیمی ایران.

۳- رحیم زاده، فاطمه و احمد، عسگری، ۱۳۸۳، نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳.

۴- رنجبر سعادت آبادی، عباس و مجید، آزادی، ۱۳۸۴، بررسی تغییرات میدان های دما و باد در کلان شهر تهران ناشی از توسعه شهری، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۶.

۵- گزارش نهایی پروژه آشکار سازی تغییر اقلیم در ایران، سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۱.

۶- ناهید، شهرزاد، حسن، خالقی زواره، علی اکبر، بیدختی، ۱۳۷۳، مدل باروتروپیک برای جریانهای ناشی از رانش باد در دریای عمان، نیوار شماره ۲۳.

۷- محمدی، فرح، حسن، خالقی زواره، ۱۳۸۲، شبیه سازی عددی اثر باد بر روی بارش کوهستان، نیوار شماره ۴۹و۴۸.

8. Buishand, J. A., 1982, Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records, J., Hydro 58, 11-27.

9. Davila, M. and D., Figueroa, 2001, Comperation of the Analyzed Surface Winds from ECMWF and NCEP with Observable Data, over the Southeastern Pacific (35-S-62- S, 70-W-90 W) Aust., Met., Mag., No. 50. pp. 279-293.

10. Klien, K., 2002, Trends and Interannual Variability of Wind Speed Distributions in Minnesota. J. of Climate: Vol. 15, No. 22, pp. 3311-3317.

11. Kossmann, M. and A., Sturman, 2003, The Surface Wind Field during Winter Smog Nights in Christchurch and Coastal. Canterbury New Zealand. J. of Climate: No.

24. pp 93-108.

12. Mitchell, J., M., Dzerdzeeuskii, B., Flohn, H. Hofmeyer. W. L. Lamp, H., H., Rao K., N., and Wallen, C., C., 1996, Climate Change. WMO Publ. No. 195(Tech. Note no. 79), Geneva.
13. Oldenborgh, G., J., V. and A., V., Ulden, 2003, On the Relationship between, Local Warming in the Netherlands Changes in Circulation in the 20th Century. J. of Climate. No, 23. pp, 1711-1724.
14. Pang, W., K., J., Forster, J., and D., Troutt, M., 2000, Estimating of Speed Distribution Using Markov Carlo Techniques. J. of app. Met., Vol. 40.
15. Pryor, S., C. and R., J., Bartholome, 2003, Long-Term Trends in Near-Surface Flow over the Baltic. J. of Climate: No. 23. pp, 271-289.
16. Robeson, S., M., and K., A., Shein, 1997, Spatial Coherence and Decay of Wind Speed and Power in the North-Central United States. Phys. George., 479-495.
17. WCDMP-53 Guidelines on Climate Meta Data and Homogenization (WMO-TD NO. 1186, 2003).
18. URL1: www.sci.org.ir