مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۱، جلد۴، بهار ۱۳۸۹، ص. ۴۳-۳۱

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 1, Vol. 4, Spring 2010, p. 31-43

بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره اقلیمی ایران

نوذر قهرمان[1*] و ابوذر قره خانی[2]

چکیده

متغیر سرعت باد به ندرت در بین متغیرهای هواشناسی به منظور کشف تغییرات آب و هوایی مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از این مطالعه، بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در شبکه ای متشکل از ۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵می باشد. این ایستگاهها معرف اقلیمهای مختلف ایران بر اساس طبقه بندی دومارتن گسترش یافته می‌باشند. سریهای زمانی موجود توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد آنالیز قرار گرفت و مشخص گردید که توزیع داده ها نرمال است. برای تحلیل روند تغییرات از دو روش غیرپارامتری، من-کندال و ضریب اسپیرمن و دو روش پارامتری تحلیل رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید. نتایج حاصله نشان داد که در سری زمانی سالانه ۵۰ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس روش من- کندال و ۶۰ درصد بر اساس روش اسپیرمن و ۷۰ درصد از ایستگاهها بر اساس روش پیرسون دارای روند بوده‌اند. همچنین مشخص گردید که روند افزایشی سرعت باد در فصل زمستان بیشتر از سایر فصول و در فصل تابستان کمتر از سایر فصول بوده است. بیشترین روند کاهشی در فصل پاییز و کمترین روند کاهشی در فصل تابستان مشاهده گردید. بیشترین روند تغییرات کاهشی سرعت باد در اقلیم نیمه خشک معتدل مشاهده گردید. در این اقلیم سرعت باد در هر دهه ۰/۰۴۵ متر بر ثانیه کاهش پیدا کرده است. همچنین اقلیم نیمه خشک سرد بیشترین روند افزایشی (۰/۱۴۵ متر بر ثانیه در دهه) را داشته است. روند افزایشی سرعت باد بیشتر از روند کاهشی سرعت باد بوده است که این امر می‌تواند در کنار تاثیر سایر عوامل هواشناسی، باعث تغییر تبخیرتعرق شود که در اقالیم خشک و نیمه خشک ایران حایز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: ایران، روند، سرعت باد، تحلیل رگرسیون، ضریب پیرسون، من-کندال، ضریب اسپیرمن

مقدمه

تغییر اقلیم به عنوان چالش بزرگ جهانی، ذهن بسیاری از محققان و دانشمندان، برنامه ریزان و سیاست مداران را متوجه خود ساخته است و تحقیقات بسیاری در این مورد صورت گرفته است شاید بتوان گفت که واقعیت تغییر اقلیم، علل و آثار ناشی از آن بر اکوسیستم ها و زندگی انسانی مهمترین مباحث این کند و کاوهای علمی بوده است. از آنجا که اقلیم به عنوان یک جز فراگیر و مهم اکوسیستم محسوب می‌گردد، تغییرات هر چند ناچیز آن می‌تواند سایر اجزا را به درجات مختلف تحت تاثیر خود قرار دهد. بررسی واقعیت تغییر اقلیم و علل و آثار ناشی از آن، در علوم طبیعی امری لازم و ضروری است که توجه و در نظر گرفتن تاثیر آن ها در مدلسازی ها، مدیریت سرزمین را مطابق با شرایط واقعی تر تضمین خواهد نمود.

اطلاع از اقلیم شناسی سرعت باد، اهمیتی بنیادی در مطالعات مربوط به انرژی باد، احداث ساختمانها، صدمه وارد به بناها و محاسبات نیاز آبی گیاهان دارد. استفاده فزاینده از انرژی و تخلیه منابع سوختهای فسیلی به همراه آلودگیهای زیست محیطی، موجب توسعه کاوش برای منابع پاک و غیر آلاینده انرژی شده است. باد یکی از این منابع پاک، تمام نشدنی و رایگان انرژی می‌باشد. روند پیش یابی شده متغیرهای هواشناسی نظیر سرعت باد، رطوبت نسبی، تابش، دمای هوا در طراحی، تحلیل عملکرد، و راهبری صنایع وابسته و نیروگاههای بادی مورد نیاز می‌باشد. برای استفاده مناسب و کارا از انرژی باد ضرورت دارد تا ویژگیهای آماری، تداوم، تغییرات شبانه روزی و مقدار پیش بینی شده سرعت باد معلوم باشد. سرعت باد یکی از مولفه‌های مهم در معادلات ترکیبی برآورد تبخیر تعرق می‌باشد. وجود هر گونه روند تغییرات در سرعت باد بر میزان نیاز آبی گیاهان نیز موثر خواهد بود. تحلیل حساسیت معادلات تبخیر تعرق در اقلیم‌های مختلف حاکی از درجات متفاوتی از حساسیت به سرعت باد بر حسب منطقه، اقلیم و فصل بوده است.

(Irmak et al.,2006 Goyal2004،Gong et al.,2006).

افزایش تغییرات آب و هوایی باعث شده است که مطالعات زیادی بر روی روندهای متغیرها و شاخص‌های هواشناسی انجام شود.

۱- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه تهران

(* - نویسنده مسئول: Email:nghahreman@ut.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

Archive of SID

www.SID.ir

Lawrimore and Peterson (2000) روند تغییرات فشار بخار آب را در آمریکا مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که افزایش معنی داری در فشار بخار اشباع در جنوب شرقی آمریکا وجود دارد همچنین Hoinka (1998) نتایج مشابه ای را اعلام داشته است. Brutsaert and Parlange(1998) بیان داشتند که روند تبخیر از تشت تحت تاثیر سرعت باد، اختلاف بین فشار بخار آب و فشار بخار اشباع و تابش خورشید می‌باشد. Brunetti et al. (2000) مطالعاتی بر روی کشف روند پارامترهای آب و هوایی از جمله دمای حداکثر، دمای حداقل و دمای متوسط انجام دادند و نتایج نشان داد که روند این متغیرها رو به افزایش است. چندین محقق روند فشار بخار آب و رطوبت نسبی در چند دهه گذشته را مورد مطالعه قرار داده اند. ازجمله، Tonkaz et.al (2007) فشار بخار آب و رطوبت نسبی را در اقلیم نیمه خشک ترکیه مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که فشار بخار آب در طول دوره مورد مطالعه دارای روند افزایشی بوده و روند تغییرات رطوبت نسبی رو به کاهش بوده است. محمدی و تقوی(۱۳۸۴) در بررسی روند شاخص‌های حدی بر اساس سری‌های زمانی روزانه دما و بارش در ایستگاه تهران در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ با استفاده از توزیع دنباله‌های حدی گرم و سرد نشان دادند که روند دمای حداقل و متوسط روزانه کاملا افزایشی است اما روند دمای حداکثر شیب کمتری دارد. Ghahraman(2006) روند تغییرات دمای متوسط در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک ایران را بررسی کرده و نشان داد که ۴۴ درصد از ایستگاه‌های مورد بررسی دارای روند مثبت، ۱۵ درصد روند منفی و ۴۱ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه، فاقد روند بودند. خلیلی و بذر افشان (۱۳۸۳) در بررسی روند تغییرات بارندگی در پنج ایستگاه در دوره ی یکصد و شانزده ساله بیان داشتند که در سری زمانی سالانه روند خاصی وجود ندارد. در بخش‌های وسیعی از زمین در اواخر قرن نوزدهم و دهه‌های نخستین قرن بیستم، دما روند افزایشی داشته است (کاویانی ۱۳۷۵). اعلام افزایش دما در آینده فقط به عنوان یک پیش آگاهی قابل توجه است ولی در موارد خاص می‌باید سایر متغیرهای اقلیمی نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند (شیر غلامی و قهرمان ۱۳۸۴).

متغیر سرعت باد به ندرت در بین متغیرهای هواشناسی به منظور کشف تغییرات آب و هوایی مورد مطالعه قرار گرفته است (Alexandersson et al. 2000)). و مطالعات هنوز در آغاز راه است. تغییر در توزیع سرعت باد در قرن بیستم در بسیاری از کشورها مشاهده شده است و اگر این تغییرات پایدار باشند باعث مشکلات فراوان اقتصادی می‌گردد Barthelime and Pryor (2001)، Huang et al. (2001)). Kull (2005) در بررسی تغییرات سرعت باد در دوره ی زمانی ۱۹۶۶-۲۰۰۴ در استونی بیان داشت که سرعت باد در فصل زمستان افزایش و در فصل تابستان کاهش یافته است. Pirazzoli and Tomasin (2003) روند سرعت باد در تعدادی از ایستگاههای ساحل غربی ایتالیا را بررسی کردند.

Barring et al. (2004) بیان داشتند که سرعت باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال در اواخر قرن بیستم افزایش معنی داری پیدا کرده است و این افزایش بصورت توزیع‌های فصلی می‌باشد. بیشترین افزایش سرعت باد در دریای بالتیک همراه با افزایش آنتی سیکلون ها و سیکلون‌های غربی می‌باشد که از شمال اقیانوس اطلس سرچشمه می‌گیرند. در بررسی روند طولانی مدت بادهای شدید در جنوب اسکاندیناوی روندی مشاهده نگردید. دربازه زمانی ۱۹۸۰-۱۹۹۰ در غرب کشور استونی روند افزایشی سرعت باد مشاهده گردید که می‌تواند ناشی از تغییرات تعداد سیکلون ها و چرخش‌های آنها در این منطقه باشد(Oraviku et al. 2003).

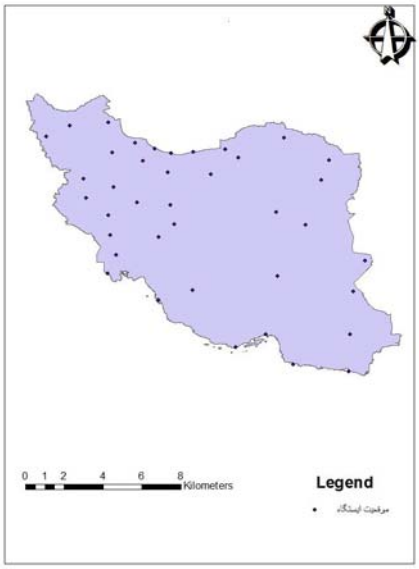
Tuller(2004) روند سرعت باد در ۴ ایستگاه غرب کانادا را مورد مطالعه قرار داد. نتایج حاکی از کاهش میانگین سالانه و فصل زمستان سرعت باد بوده است.

Jhajharia et al. (2009) در بررسی روند تبخیر از تشت و پارامترهای موثر بر تبخیر در شمال هند بیان داشتند که ساعات آفتابی و سرعت باد تقریبا در تمامی ایستگاههای مورد مطالعه دارای روند (افزایشی،کاهشی) بوده اند. در مطالعه ای جدید، نوعی روند کاهشی غالب در صدکهای ۵۰ و ۹۰ و میانگین سالانه سرعت باد در سطح امریکا گزارش شده است (Pryer et al.2009) .

خردادی و همکاران(۱۳۸۶) در بررسی روند تغییرات سالانه پارامترهای هواشناسی از جمله سرعت باد در سه ایستگاه(شیراز، تبریز، مشهد) پرداختند و بیان داشتند که در هر سه ایستگاه پارامترهای هواشناسی روند معنی داری داشته است و در شیراز روند سرعت باد کاهشی، در مشهد و تبریز سرعت باد روند خاصی نداشته است. رحیم زاده و همکاران(۱۳۸۵) در بررسی روند تغییرات سالانه سرعت باد در ارتفاع ده متری در چند ایستگاه سینوپتیک ایران وجود تغییر در این سری ها را تایید کردند. همچنین نشان دادند که میانگین سرعت باد در ایستگاه‌های تهران و اصفهان کاهشی، در ایستگاه ارومیه افزایشی و در ایستگاه انزلی بدون تغییر بوده است. بررسی منابع نشان می‌دهد که روند یابی تغییرات میانگین سرعت باد تنها در چند ایستگاه محدود در ایران انجام شده است. بعلاوه این کمیت تاثیرات مشهودی بر متغیرهایی نظیر تبخیر از تشت و تبخیر تعرق دارد(Jhajharia et al.2009) لذا نیاز به یک بررسی جامع در این خصوص که دربرگیرنده‌ی اقلیم‌های مختلف باشد، وجود دارد. در این مطالعه سعی شده است حتی الامکان ایستگاههایی انتخاب شوند که علاوه بر پراکنش جغرافیایی مناسب بیانگرکلی اقلیم ایران باشند. برای این منظور ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۱۹۷۵-۲۰۰۵ انتخاب و روند تغییرات میانگین سرعت باد در مقیاسهای ماهانه و سالانه مورد مطالعه قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل ۱)- موقعیت ٤٠ ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این تحقیق ابتدا شناسنامه اطلاعات آب و هوایی ۴۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. علل انتخاب این ایستگاه‌ها، طول دوره آماری مناسب و همچنین پراکنش مناسب مکانی آن ها در کشور بوده است. از بین آمار و اطلاعات هواشناسی ثبت شده در این ایستگاهها کمیت میانگین سرعت باد در ارتفاع ده متری در بازه زمانی ۳۰ ساله ۲۰۰۵-۱۹۷۵ انتخاب گردید. موقعیت ایستگاههای مطالعاتی در شکل ۱ آمده است.

روش تحقیق

در ابتدا، آمار مفقوده سال‌های فاقد داده به روش تفاضلها و نسبتها تخمین زده شدند که نام و درصد بازسازی ماههای فاقد آمار در ۱۵ایستگاهی که دارای نقص آمار بودند در جدول ۱ آمده است.

برای اطمینان از نرمال بودن سری داده‌های موجود از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده گردید. اقلیم ایستگاهها به روش دومارتن گسترش یافته(خلیلی۱۳۷۶) طبقه بندی گردید. سپس برای بررسی روند تغییرات از دو روش غیرپارامتری، من-کندال و ضریب اسپیرمن و دو روش پارامتری تحلیل رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید که این آزمون ها به شرح زیر می‌باشند:

۱.آزمون من-کندال: این آزمون ابتدا توسط Mann (1945) ارائه و سپس توسط Kendall(1975) بسط و توسعه یافت. این روش بطور متداول و گسترده ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می‌شود و یکی از روش‌های مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود(Lettenmaier and Wallis 1994). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای این روش است.

آماره‌ی این آزمون به شرح زیر است:

$$Z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S>0\\ 0 & if \quad S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S<0\end{cases} \qquad (۱)$$

که در آن S مربوط به علامت‌های تفاوت مقادیر با یکدیگر (رابطه‌ی ۲) و Var(s) پراش S (رابطه‌ی ۳) است:

$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n}\operatorname{sgn}\left(x_j-x_k\right) \qquad (۲)$$

$$\operatorname{var}(S)=\frac{n-(n-1)(2n+5)-\beta}{18} \qquad (۳)$$

که در آن‌ها n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k به ترتیب داده‌های jام و kام سری (مرتب شده به‌ترتیب وقوع)، sgn(.) تابع علامت (رابطه‌ی ۴) و β عاملی مربوط به تصحیح پراش در صورتی-

Archive of SID

www.SID.ir

که داده‌های تکراری در اطلاعات وجود داشته باشد (رابطه‌ی ۵) می‌باشد.

$$sgn(x)=\begin{cases}+1 & \text{if } (x_j - x_k)>0\\ 0 & \text{if } (x_j - x_k)=0\\ -1 & \text{if } (x_j - x_k)<0\end{cases} \quad (۴)$$

$$\beta=\sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t-5) \quad (۵)$$

که در آن t تعداد داده‌های مشاهده ای و m معرف تعداد سری‌هائی است که در آن‌ها حداقل یک داده‌ی تکراری وجود دارد. در یک آزمون دو دامنه ای برای روند سری داده ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \le Z_{\alpha/2} \quad (۶)$$

که α سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_α آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در مطالعه حاضر این آزمون برای سطح اعتماد ۹۵٪ استفاده شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود .

۲. ضریب همبستگی اسپیرمن: این ضریب در اوایل دهه ۱۹۰۰ توسط چارلز اسپیرمن ابداع گردید. ضریب همبستگی اسپیرمن که آن را با ρ نمایش می‌دهند همواره بین ۱+ و ۱− در نوسان است و از لحاظ سطح سنجش نیز ترتیبی و از نوع متقارن می‌باشد.

$$\rho=1-\frac{6(\Sigma d_i^2)}{n(n^2-1)} \quad (۷)$$

که در آن، ρ ضریب همبستگی اسپیرمن، n تعداد مشاهده ها و Σd_i^2 مجموع مجذور تفاوت دو رتبه می‌باشد.

برای آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن از معادله زیر آماره t محاسبه می‌شود که بعد از مقایسه آن با t جدول با درجه آزادی n-2 تصمیم گیری انجام می‌شود (بی همتا و زارع چاهوکی،۱۳۸۷).

$$t=\frac{\rho\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}} \quad (۸)$$

۳. تحلیل رگرسیون: این روش، یک آزمون پارامتری است که فرض نرمال بودن داده‌ها باید برای آن وجود داشته باشد. داده های هواشناسی در تحلیل رگرسیون بوسیله استفاده از روش میانگین متحرک، خطی می‌شوند. یک رابطه رگرسیون خطی ساده برای به دست آوردن روند دراز مدت داده‌ها به صورت انتخاب می شود:

$$Y = a + bX \quad (۹)$$

که در آن، Y متغیر جوی، X زمان و a و b ضرایب رگرسیونی هستند که با استفاده از روش کمترین مربعات محاسبه می‌شوند. با به دست آوردن مقدار T با درجه آزادی n-۲ با استفاده از رابطه زیر معنی داری شیب رگرسیون آزمون می‌شود:

$$T=\frac{b}{\sqrt{\frac{MSE}{S_{xx}}}} \quad (۱۰)$$

که در آن MSE میانگین مربعات خطا و S_{xx} به صورت زیر محاسبه می گردد :

$$S_{XX}=\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2 \quad (۱۱)$$

در آن X_i متغیر مورد نظر و $\bar{X}$ میانگین متغیر مورد نظر می‌باشد.

اگر $|T| < t_{\alpha/2,n-2}$ شود شیب رگرسیون بی معنی تلقی می‌شود (فرض H_0 : شیب b برابر صفر می‌باشد) و شیب b به طور معنی داری مخالف صفر، نشان دهنده وجود روند است.

۴. ضریب همبستگی پیرسون: از ضرایب مهم برای تعیین همبستگی بین دو متغیر با مقیاس‌های فاصله ای و نسبتی است که دارای توزیع نرمال نیز باشند. این ضریب با علامت r نمایش داده می‌شود و بین ۱+ و ۱− تغییر می‌کند و علامت آن بیانگر جهت این رابطه است. برای محاسبه ضریب همبستگی پیرسون از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$r=\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2}} \quad (۱۲)$$

که در آن ، Y متغیر جوی، $\bar{Y}$ میانگین متغیر جوی، X زمان، $\bar{X}$ میانگین زمان و n تعداد سری‌های زمانی می‌باشد.

نتایج

ویژگی‌های آماری اطلاعات ایستگاههای مورد مطالعه

بررسی‌های آماری نشان می‌دهد در شبکه ایستگاههای مطالعاتی، ایستگاه زابل با سرعت ۲۲/۲ متر بر ثانیه بیشترین و ایستگاه کاشان با سرعت ۲ متر بر ثانیه کمترین میانگین سرعت باد را در دوره آماری را داشته‌اند.

همچنین ایستگاه زابل با ۲۵/۴ متر بر ثانیه بیشترین و ایستگاه اصفهان با ۴/۴ متر بر ثانیه کمترین دامنه تغییرات سرعت باد را دارد. ایستگاه گرگان با ۶۰/۷ درصد بیشترین و ایستگاه تهران با ۱۱/۴ درصد کمترین ضریب تغییرات را داشتند. نتایج مربوط به سایر ایستگاه در جدول۲ آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول۱)- فهرست ایستگاههای دارای نقص آمار و درصد بازسازی ماههای فاقد آمار در بازه زمانی۲۰۰۵-۱۹۷۵

نام ایستگاه	تعداد ماه‌های فاقد آمار	درصد از کل	نام ایستگاه	تعداد ماه‌های فاقد آمار	درصد از کل	نام ایستگاه	تعداد ماه‌های فاقد آمار	در صد از کل
آبادان	۴	۱	چابهار	۴۳	۱۲	سنندج	۱	۰/۲
اردبیل	۱۸	۵	خرم آباد	۲	۰/۵	شیراز	۲	۰/۵
ایرانشهر	۱۴	۴	دزفول	۲۱	۶	کرمانشاه	۲	۰/۵
اهواز	۲	۰/۰۵	رامسر	۱۱	۳	کیش	۶	۲
بندر لنگه	۱	۰/۲	زنجان	۲	۰/۵	همدان	۴	۱

(جدول۲)- ویژگی‌های آماری سالانه سرعت باد در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵

ایستگاه	دامنه تغییرات (متر بر ثانیه)	میانگین (متر بر ثانیه)	ضریب تغییرات	ایستگاه	دامنه تغییرات (متر بر ثانیه)	میانگین (متر بر ثانیه)	ضریب تغییرات
اراک	۴/۹۶	۵/۹۴	٪۲۳/۸	رامسر	۷/۹۲	۵/۶۲	٪۴۳/۳
اردبیل	۶/۳۲	۶/۴۲	٪۲۵/۳	رشت	۵/۲	۵/۷۴	٪۲۶/۳
ارومیه	۶/۸۲	۵/۹۶	٪۳۲/۲	زابل	۲۵/۴	۲۲/۲	٪۲۰/۷
اصفهان	۴/۴	۴/۸۴	٪۱۶/۷	زاهدان	۷/۵۸	۱۲/۲	٪۱۳/۱
اهواز	۵/۱۲	۹/۱۴	٪۱۳/۳	زنجان	۱۱/۱	۸/۲	٪۳۹
ایرانشهر	۱۲/۶۴	۴/۰۸	٪۴۷/۸	سمنان	۱۰/۴	۴/۸۴	٪۵۲/۴
آبادان	۸/۲	۱۲/۶	٪۱۸/۵	سنندج	۶/۱	۶/۷۴	٪۲۳/۲
بابلسر	۷/۱	۵/۱۳	٪۳۵/۸	شاهرود	۱۲/۹	۶/۲۸	٪۴۳
بجنورد	۹/۴۲	۸/۸۶	٪۳۳/۶	شهرکرد	۶/۴۸	۴/۷	٪۳۳/۸
بندرعباس	۱۰/۲	۱۱/۳۲	٪۲۶/۳	شیراز	۶/۴	۸/۸۶	٪۱۸/۲
بندر لنگه	۱۱/۲۲	۱۳/۶۴	٪۱۹	طبس	۸/۵۶	۵/۷۴	٪۴۶/۶
بوشهر	۷/۵	۱۱/۵۶	٪۱۷/۶	قزوین	۶/۷۶	۶/۴	٪۳۰/۸
بیرجند	۱۲	۹/۶۴	٪۳۲/۲	کاشان	۲/۳۲	۲	٪۴۵
تبریز	۵/۸۸	۱۱/۱۲	٪۱۵/۸	کرمان	۶/۷۶	۱۰/۶	٪۱۳/۵
تربت حیدریه	۷/۱	۷/۶	٪۲۴/۲	کرمانشاه	۷/۳	۸/۸۲	٪۲۳/۱
تهران	۴/۶	۱۰/۰۶	٪۱۱/۴	کیش	۷/۵۸	۱۵/۸۸	٪۱۴
جاسک	۱۲/۶۲	۱۴/۰۶	٪۲۰/۴	گرگان	۸/۴	۳/۳۶	٪۶۰/۷
چابهار	۱۳/۸۴	۱۲/۸	٪۲۰/۹	مشهد	۷/۶۴	۷/۵۸	٪۳۴/۳
خرم آباد	۷/۷	۵/۶۴	٪۴۳	نوشهر	۷/۸	۶/۳۴	٪۳۸/۴
دزفول	۵/۲	۶/۵۴	٪۲۲/۹	همدان	۵/۹۲	۶/۲	٪۳۰

Archive of SID

تحلیل در مقیاس سالانه

برای بررسی روند تغییرات در این تحقیق ابتدا مقدار آماره‌های چهار روش من-کندال، ضریب همبستگی اسپیرمن، شیب رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون محاسبه گردید. سپس معنی داری این آماره ها در سطوح اطمینان ۹۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت. بر اساس آزمون من-کندال، در ۲۰ ایستگاه روند معنی دار مشاهده گردید. به عبارت دیگر، از تعداد کل ایستگاهها، ۲۷/۵ درصد دارای روند افزایشی و ۲۲/۵ درصد دارای روند کاهشی بودند. اعمال روش ناپارامتری اسپیرمن بر ایستگاههای منتخب نشان داد که در ۲۴ ایستگاه روند معنی داری وجود دارد که ۶۰ درصد از ایستگاهها را شامل می‌شوند ۳۵ درصد از ایستگاهها روند افزایشی و ۲۵ درصد روند کاهشی داشتند. ایستگاههای مورد مطالعه بر اساس روش پارامتری پیرسون نیز آنالیز گردید و مشخص گردید ۲۸ ایستگاه دارای روند می‌باشند که ۴۰ درصد آنها روند افزایشی و ۳۰ درصد روند کاهشی داشتند. آزمون تحلیل رگرسیون روند خاصی را نشان نداد. نتایج آزمون پیرسون همانند آزمون اسپیرمن و من-کندال نشان داد که روند

www.SID.ir

افزایشی ایستگاهها بیشتر از روند کاهشی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که روش ناپارامتری اسپیرمن و روش پارامتری پیرسون در یک بازه زمانی مشترک در مقابل روش‌های دیگر نسبت به روند حساسیت بیشتری دارند. بررسی تغییرات سرعت باد در دهه بر حسب متر بر ثانیه در مقیاس سالانه نشان داد که تغییرات سرعت در ۲۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه کاهشی است و ۷۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه دارای سرعت افزایشی می‌باشند. بیشترین تغییرات کاهشی سرعت در ایستگاه آبادان با ۰/۵۲ متر بر ثانیه در دهه مشاهده گردید و بیشترین تغییرات افزایشی در ایستگاه زابل با ۰/۸۱ متر بر ثانیه در دهه بدست آمد. نتایج حاصل از بررسی روند و تغییرات سرعت در دهه در مقیاس زمانی سالانه بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ در جدول ۳ آمده است.

ج)تحلیل در مقیاس فصلی

۱. فصل زمستان

نتایج بررسی به روش من-کندال نشان داد که در فصل زمستان ۲۴ ایستگاه (۶۰ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه)، در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند معنی دار داشته که ۳۲/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۲۷/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند کاهشی بودند. ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه به روش اسپیرمن مورد آنالیز قرار گرفت و مشخص گردید که روند در ۲۷ ایستگاه (۶۷/۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) معنی دار است که ۴۰ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۲۷/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند کاهشی بودند.

نتایج بررسی به روش پارامتری ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که ۲۸ ایستگاه (۷۰ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) دارای روند می‌باشند که ۴۰ درصد دارای روند افزایشی و ۳۰ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند.

(جدول۳) نتایج حاصل از بررسی روند در سری زمانی سالانه بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ٤۰ ایستگاه سینوپتیک مطالعاتی در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵

ایستگاه	روش				تغییرات	ایستگاه	روش				تغییرات
	من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن	سرعت باد **		من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن	سرعت باد **
اراک	B	B	C	B	۰/۰۱	رامسر	A	A	C	A	۰/۰۴
اردبیل	A	A	C	A	۰/۰۱	رشت	B	B	C	B	-۰/۱۲
ارومیه	C	C	C	C	۰/۰۳	زابل	A	A	C	A	۰/۸۱
اصفهان	B	B	C	B	-۰/۰۴	زاهدان	C	C	C	C	۰/۰۹
اهواز	A	A	C	A	۰/۱۲	زنجان	A	A	C	A	۰/۳۸
ایرانشهر	A	A	C	A	۰/۲۱	سمنان	C	C	C	C	۰/۱۸
آبادان	C	C	C	C	-۰/۵۲	سنندج	C	C	C	C	۰/۰۲
بابلسر	A	A	C	A	۰/۱۴	شاهرود	B	B	C	B	-۰/۳۱
بجنورد	C	A	C	A	۰/۴۴	شهرکرد	C	C	C	A	۰/۰۱
بندرعباس	C	B	C	B	۰/۰۱	شیراز	B	C	C	B	-۰/۱۹
بندر لنگه	B	B	C	B	-۰/۳۵	طبس	C	A	C	A	۰/۱۹
بوشهر	B	B	C	B	-۰/۱۹	قزوین	B	B	C	B	۰/۰۲
بیرجند	C	B	C	B	۰/۰۱	کاشان	C	C	C	C	۰/۰۱
تبریز	C	B	C	B	۰/۱۵	کرمان	C	C	C	C	۰/۰۶
تربت حیدریه	C	C	C	C	۰/۱۳	کرمانشاه	C	C	C	C	۰/۰۱
تهران	B	C	C	B	-۰/۱	کیش	C	C	C	C	۰/۰۲
جاسک	C	A	C	A	۰/۴۵	گرگان	A	A	C	A	۰/۰۷
چابهار	A	A	C	A	۰/۴۲	مشهد	A	A	C	A	۰/۲۹
خرم آباد	A	A	C	A	۰/۲۱	نوشهر	C	C	C	A	۰/۱۸
دزفول	C	C	C	C	-۰/۰۵	همدان	C	C	C	C	۰/۱۴

** تغییرات سرعت باد در دهه ($m.s^{-1}.dec^{-1}$) A: روند مثبت B: روند منفی C: بدون روند

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول٤)- نتایج حاصل از بررسی روند در سری زمانی زمستان بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ٤٠ ایستگاه سینوپتیک مطالعاتی در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵

ایستگاه	روش				تغییرات سرعت باد **	ایستگاه	روش				تغییرات سرعت باد **
	من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن			من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن	
اراک	C	C	C	C	۰/۰۱	رامسر	A	A	C	A	۰/۰۵
اردبیل	A	C	C	A	-۰/۰۱	رشت	B	B	C	B	-۰/۱۲
ارومیه	C	C	C	C	۰/۰۴	زابل	A	A	C	A	۰/۴۲
اصفهان	B	C	C	B	-۰/۰۹	زاهدان	C	C	C	C	۰/۱۱
اهواز	A	C	C	A	۰/۱	زنجان	A	A	C	A	۰/۳۷
ایرانشهر	A	C	C	A	۰/۳۵	سمنان	C	C	C	C	۰/۰۵
آبادان	B	C	C	B	-۰/۴۲	سنندج	C	C	C	C	۰/۰۳
بابلسر	A	C	C	A	۰/۱۵	شاهرود	B	B	C	B	-۰/۳۶
بجنورد	A	C	C	A	۰/۱	شهرکرد	C	C	C	C	۰/۰۵
بندرعباس	B	C	C	B	۰/۰۱	شیراز	B	B	C	B	-۰/۱۹
بندر لنگه	B	C	C	B	-۰/۳۵	طبس	C	C	C	C	۰/۱۴
بوشهر	B	C	C	B	-۰/۲۱	قزوین	B	B	C	B	۰/۰۳
بیرجند	C	C	C	B	۰/۰۱	کاشان	C	C	C	C	۰/۰۱
تبریز	C	C	C	A	۰/۱۳	کرمان	C	C	C	C	۰/۰۷
تربت حیدریه	C	C	C	A	۰/۱	کرمانشاه	C	C	C	C	۰/۰۱
تهران	C	C	C	C	-۰/۱	کیش	C	C	C	C	۰/۰۲
جاسک	C	C	C	A	۰/۴۹	گرگان	B	B	C	B	۰/۰۸
چابهار	A	C	C	A	۰/۴	مشهد	A	A	C	A	۰/۲۸
خرم آباد	A	C	C	A	۰/۲۴	نوشهر	A	A	C	A	۰/۲
دزفول	B	C	C	B	۰/۰۱	همدان	A	A	C	A	۰/۱۵

** تغییرات سرعت باد در دهه($m.s^{-1}.dec^{-1}$). A: روند مثبت B: روند منفی C: بدون روند

آنالیز ایستگاهها به سه روش فوق نشان داد که فصل زمستان بیشترین روند تغییرات را در سری زمانی فصلی داشته است. ایستگاهها به روش تحلیل رگرسیون آنالیز گردید و روند خاصی مشاهده نگردید. بررسی تغییرات سرعت در دهه نشان داد که ۲۲/۵ درصد از ایستگاهها دارای تغییرات کاهشی سرعت می‌باشند که ایستگاه آبادان با ۰/۴۲ متر بر ثانیه در دهه بیشترین تغییرات کاهشی را داشت و ۷۷/۵ درصد از ایستگاهها دارای تغییرات سرعت افزایشی می‌باشند و ایستگاه زابل با ۰/۴۲ متر بر ثانیه بیشترین تغییرات افزایشی را داشت. نتایج حاصل از بررسی روند و تغییرات سرعت در دهه در مقیاس زمانی زمستان بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ در جدول ۴ آمده است.

فصل بهار

نتایج حاصل از آنالیز ایستگاهها به روش من-کندال نشان داد که روند تغییرات در ۱۹ ایستگاه (۴۷/۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) معنی دار گردید که ۲۷/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۲۰ درصد دارای روند کاهشی بودند. نتایج حاصل از روش اسپیرمن و پیرسون نشان داد که در هر روش روند در ۲۲ ایستگاه(۵۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار شده و ۳۰ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۲۵ درصد از ایستگاهها دارای روند کاهشی می‌باشند. آزمون تحلیل رگرسیون روند خاصی را نشان نداد. بررسی تغییرات سرعت باد در دهه نشان داد که تغییرات سرعت در ۳۰ درصد از ایستگاهها کاهشی و ۷۰ درصد از ایستگاهها افزایشی بود و ایستگاه شاهرود با ۰/۴۹ متر بر ثانیه در دهه بیشترین تغییرات کاهشی، و ایستگاه زابل با ۰/۸۶ متر بر ثانیه در دهه بیشترین تغییرات افزایشی را داشت. نتایج حاصل از بررسی روند و تغییرات سرعت در دهه در مقیاس زمانی بهار بر اساس روشهای مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ در جدول ۵ آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

فصل تابستان

ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه در سری زمانی فصل تابستان به روش من-کندال مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص گردید روند تغییرات در ۱۶ ایستگاه (۴۰ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار گردید که ۲۰ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۲۰ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند نتایج حاصل از روش اسپیرمن نشان داد که روند در ۲۰ ایستگاه (۵۰ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) معنی دار بوده که ۲۷/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۲۲/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند کاهشی می‌باشند. نتایج حاصل از آنالیز روش پارامتری پیرسون نشان داد که روند تغییرات در ۲۱ ایستگاه (۵۲/۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) معنی دار بوده که ۳۰ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۲۲/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند کاهشی می‌باشند. آنالیز ایستگاهها به سه روش فوق نشان داد که فصل تابستان کمترین روند تغییرات را در سریهای زمانی فصلی داشته است نتایج آزمون تحلیل هیچ روند معنی داری را نشان ندادند. بررسی تغییرات سرعت باد در دهه بر حسب متر بر ثانیه در مقیاس زمانی تابستان نشان داد که تغییرات سرعت در ۱۷/۵ درصد از ایستگاهها کاهشی است و ۸۲/۵ درصد از ایستگاهها دارای افزایشی می‌باشند. بیشترین تغییرات کاهشی سرعت در ایستگاه آبادان با ۰/۹۹ متر بر ثانیه در دهه مشاهده گردید و بیشترین تغییرات افزایشی در ایستگاه زابل با ۱/۲۸ متر بر ثانیه در دهه مشاهده گردید. نتایج حاصل از بررسی روند و تغییرات سرعت در دهه در مقیاس زمانی تابستان بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ در جدول ۶ آمده است.

فصل پاییز

نتایج حاصل از تحلیل ایستگاهها به روش من-کندال نشان داد که روند تغییرات در ۲۳ ایستگاه (۵۷/۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) معنی دار بوده که ۲۷/۵درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۳۰ درصد دارای روند کاهشی بودند.

(جدول۵)- نتایج حاصل از بررسی روند در سری زمانی بهار بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ٤۰ ایستگاه سینوپتیک مطالعاتی در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵

ایستگاه	روش				تغییرات سرعت باد **	ایستگاه	روش				تغییرات سرعت باد **
	من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن			من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن	
اراک	C	C	C	C	۰/۰۱	رامسر	A	A	C	A	۰/۰۵
اردبیل	A	C	C	C	-۰/۲	رشت	B	B	C	B	-۰/۱
ارومیه	C	C	C	C	۰/۰۳	زابل	A	A	C	C	۰/۸۶
اصفهان	B	B	C	B	-۰/۱۷	زاهدان	C	C	C	C	۰/۰۹
اهواز	C	C	C	C	۰/۱۵	زنجان	A	A	C	A	۰/۳۸
ایرانشهر	A	A	C	A	۰/۴۷	سمنان	C	C	C	C	۰/۰۹
آبادان	C	C	C	C	-۰/۰۴	سنندج	C	C	C	C	۰/۰۴
بابلسر	A	A	C	A	۰/۱۷	شاهرود	B	B	C	B	-۰/۴۹
بجنورد	A	A	C	A	۰/۱	شهرکرد	C	C	C	C	۰/۰۵
بندرعباس	B	B	C	B	-۰/۰۱	شیراز	C	C	C	C	-۰/۲۳
بندر لنگه	B	B	C	B	-۰/۳۹	طبس	A	A	C	A	۰/۲۳
بوشهر	B	B	C	B	-۰/۱۶	قزوین	B	B	C	B	۰/۰۳
بیرجند	C	B	C	B	-۰/۰۱	کاشان	C	C	C	C	۰/۰۱
تبریز	C	A	C	A	-۰/۱۸	کرمان	C	C	C	C	۰/۰۸
تربت حیدریه	C	A	C	A	۰/۱۵	کرمانشاه	C	C	C	C	۰/۰۱
تهران	C	B	C	B	-۰/۱۴	کیش	C	C	C	C	۰/۰۲
جاسک	C	C	C	C	۰/۴۸	گرگان	A	A	C	A	۰/۱۱
چابهار	C	C	C	C	۰/۴	مشهد	A	A	C	A	۰/۳۷
خرم آباد	A	A	C	A	۰/۲۶	نوشهر	C	C	C	A	۰/۱۹
دزفول	B	B	C	B	۰/۰۱	همدان	C	C	C	C	۰/۱۹

** تغییرات سرعت باد در دهه ($m.s^{-1}.dec^{-1}$).A: روند مثبت B: روند منفی C: بدون روند

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول٦)- نتایج حاصل از بررسی روند در سری زمانی تابستان بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ٤٠ ایستگاه سینوپتیک مطالعاتی در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵

ایستگاه	روش				تغییرات سرعت باد **	ایستگاه	روش				تغییرات سرعت باد **
	من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن			من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن	
اراک	C	C	C	C	۰/۰۱	رامسر	C	A	C	A	۰/۰۴
اردبیل	C	C	C	C	۰/۰۳	رشت	B	B	C	B	-۰/۰۹
ارومیه	C	C	C	C	۰/۰۳	زابل	A	A	C	C	۱/۲۸
اصفهان	B	B	C	B	-۰/۱۵	زاهدان	C	C	C	C	۰/۰۱
اهواز	A	A	C	A	۰/۱۴	زنجان	A	A	C	A	۰/۳۶
ایرانشهر	A	A	C	A	۰/۴۶	سمنان	C	C	C	C	۰/۰۸
آبادان	B	C	C	C	-۰/۹۹	سنندج	C	C	C	C	۰/۰۲
بابلسر	A	A	C	A	۰/۱۵	شاهرود	B	B	C	B	-۰/۵۱
بجنورد	C	C	C	A	۰/۱	شهرکرد	C	C	C	A	۰/۰۲
بندرعباس	C	B	C	B	۰/۰۱	شیراز	C	C	C	C	-۰/۲
بندر لنگه	B	B	C	B	۰/۴	طبس	A	A	C	A	۰/۲۳
بوشهر	B	B	C	B	-۰/۱۷	قزوین	B	B	C	B	۰/۰۲
بیرجند	C	B	C	B	۰/۰۱	کاشان	C	C	C	C	۰/۰۱
تبریز	C	C	C	C	۰/۲۲	کرمان	C	C	C	C	۰/۰۷
تربت حیدریه	C	C	C	C	۰/۱۸	کرمانشاه	C	C	C	C	۰/۰۱
تهران	B	B	C	B	-۰/۱	کیش	C	C	C	C	۰/۰۲
جاسک	C	C	C	A	۰/۵۸	گرگان	C	C	C	A	۰/۱
چابهار	C	A	C	C	۰/۴۶	مشهد	A	A	C	A	۰/۳۷
خرم آباد	A	A	C	A	۰/۲۴	نوشهر	C	A	C	C	۰/۱۷
دزفول	C	C	C	C	۰/۰۱	همدان	C	C	C	C	۰/۱۳

** تغییرات سرعت باد در دهه($m.s^{-1}.dec^{-1}$) . A: روند مثبت B: روند منفی C: بدون روند

ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه به روش اسپیرمن مورد آنالیز قرار گرفت و مشخص گردید که روند در ۲۶ ایستگاه (۶۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) معنی دار است که ۳۵ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی و ۳۰ درصد از ایستگاهها دارای روند کاهشی می‌باشند. نتایج بررسی به روش پارامتری ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که ۲۶ ایستگاه(۶۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه) در سطح ۹۵درصد دارای روند می‌باشند که ۳۷/۵ درصد دارای روند افزایشی و ۲۷/۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند. ایستگاهها به روش تحلیل رگرسیون آنالیز گردید و روند خاصی مشاهده نگردید. بررسی تغییرات سرعت در دهه نشان داد که ۱۷/۵ درصد از ایستگاهها دارای تغییرات کاهشی سرعت می‌باشند که ایستگاه آبادان با ۰/۶۱ متر بر ثانیه در دهه بیشترین تغییرات کاهشی را داشت و ۸۲/۵ درصد از ایستگاهها دارای تغییرات سرعت افزایشی می‌باشند و ایستگاه زابل با ۰/۴۵ متر بر ثانیه بیشترین تغییرات افزایشی را داشت. نتایج حاصل از بررسی روند و تغییرات سرعت در دهه در مقیاس زمانی پاییز بر اساس روش‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ در جدول ۷ آمده است.

تحلیل روند تغییرات بر اساس اقلیم

نتایج حاصل از بررسی روند و درصد تغییرات سرعت باد در بازه زمانی مورد مطالعه بر اساس سری زمانی سالانه به تفکیک اقلیم و روشهای مورد مطالعه در جدول ۸ آمده است. بطور مثال بر اساس روش من-کندال، در اقلیم فراخشک گرم از مجموع ۱۲ ایستگاه مورد مطالعه ۳ ایستگاه دارای روند مثبت و ۲ ایستگاه دارای روند منفی و ۷ ایستگاه بدون روند بودند، بر اساس روش پارامتری ضریب پیرسون در این اقلیم ۵ ایستگاه دارای روند مثبت و ۳ ایستگاه دارای روند منفی می‌باشند. بیشترین روند تغییرات کاهشی سرعت باد در اقلیم نیمه خشک معتدل مشاهده گردید. بر این اساس در این اقلیم، سرعت باد در هر دهه ۰/۰۴۵ متر بر ثانیه کاهش پیدا کرده است. همچنین اقلیم نیمه خشک سرد بیشترین روند افزایشی را داشته است که در این اقلیم سرعت باد بر حسب دهه ۰/۱۴۵ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. اما

Archive of SID

www.SID.ir

در این مطالعه تنها دو ایستگاه در این اقلیم وجود داشت و نمی‌توان بطور کامل این مقدار را به کل اقلیم نیمه خشک سرد در ایران نسبت داد. در مجموع، به جز اقلیم نیمه خشک معتدل، در سایر اقلیم ها افزایش سرعت باد مشاهده شده است.

(جدول۷)- نتایج حاصل از بررسی روند در سری زمانی پاییز بر اساس روشهای مورد مطالعه در سطح احتمال ۹۵٪ در ٤۰ ایستگاه سینوپتیک مطالعاتی در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵

ایستگاه	روش				ایستگاه	تغییرات سرعت باد **	روش				تغییرات سرعت باد **
	من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن			من-کندال	ضریب پیرسون	تحلیل رگرسیون	ضریب اسپیرمن	
اراک	B	B	C	B	رامسر	۰/۰۲	A	A	C	A	۰/۰۴
اردبیل	A	A	C	A	رشت	۰/۰۲	B	B	C	B	-۰/۱۱
ارومیه	B	B	C	B	زابل	۰/۰۲	A	A	C	A	۰/۴۵
اصفهان	B	B	C	B	زاهدان	-۰/۰۷	C	C	C	C	۰/۰۱
اهواز	A	A	C	A	زنجان	۰/۰۸	A	A	C	A	۰/۳۱
ایرانشهر	A	A	C	A	سمنان	۰/۲۷	C	C	C	C	۰/۰۵
آبادان	B	C	C	C	سنندج	-۰/۶۱	C	C	C	C	۰/۰۱
بابلسر	A	A	C	A	شاهرود	۰/۱۵	B	B	C	B	-۰/۳
بجنورد	C	A	C	C	شهرکرد	۰/۱	C	A	C	A	۰/۰۲
بندرعباس	B	B	C	B	شیراز	۰/۰۱	C	C	C	C	-۰/۱۵
بندر لنگه	B	B	C	B	طبس	۰/۲۵	C	C	C	C	۰/۲۲
بوشهر	B	B	C	B	قزوین	-۰/۵	B	B	C	B	۰/۰۱
بیرجند	B	B	C	B	کاشان	۰/۰۱	C	C	C	C	۰/۰۱
تبریز	C	A	C	C	کرمان	۰/۱۱	C	C	C	C	۰/۰۵
تربت حیدریه	C	A	C	C	کرمانشاه	۰/۰۷	C	C	C	C	۰/۰۱
تهران	B	B	C	B	کیش	۰/۰۷	C	C	C	C	۰/۰۲
جاسک	C	B	C	C	گرگان	۰/۳۶	A	A	C	A	۰/۱
چابهار	A	A	C	A	مشهد	۰/۳۲	A	A	C	A	۰/۲۲
خرم آباد	A	A	C	A	نوشهر	۰/۲	C	C	C	A	۰/۱۶
دزفول	C	C	C	C	همدان	۰/۰۱	C	C	C	C	-۰/۱۲

** تغییرات سرعت باد در دهه ($m.s^{-1}.dec^{-1}$). A: روند مثبت B: روند منفی C: بدون روند

(جدول۸)- بررسی روند و درصد تغییرات سرعت باد در سری زمانی سالانه ایستگاهها بر اساس تفکیک اقلیمی در دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ برای ٤۰ ایستگاه سینوپتیک مطالعاتی

اقلیم	من-کندال			ضریب پیرسون			ضریب اسپیرمن			تغییرات سرعت باد در دهه(متر بر ثانیه)
	روند مثبت	روند منفی	عدم روند	روند مثبت	روند منفی	عدم روند	روند مثبت	روند منفی	عدم روند	
فراخشک سرد(۲)	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰/۰۷
فراخشک گرم(۱۲)	۳	۲	۷	۵	۳	۴	۵	۳	۴	۰/۰۸۵
بیابانی سرد(۱)	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰/۰۱
بیابانی گرم(۴)	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۰/۰۰۵
نیمه خشک فرا سرد(۱)	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰/۳۸
نیمه خشک سرد(۲)	۰	۰	۲	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰/۱۴۵
نیمه خشک گرم(۷)	۲	۱	۴	۲	۱	۴	۲	۲	۳	۰/۰۹۱
نیمه خشک معتدل(۵)	۱	۱	۳	۳	۱	۱	۳	۱	۱	-۰/۰۴۵
مدیترانه ای معتدل(۱)	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰/۰۷
مدیترانه ای سرد(۱)	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰/۰۲
خیلی مرطوب نوع الف گرم(۴)	۲	۱	۱	۳	۱	۰	۳	۱	۰	۰/۰۶

اعداد داخل پرانتز، تعداد ایستگاه در هر اقلیم می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری

در این مطالعه تحلیل روند متغیر سرعت باد با استفاده از روشهای ناپارامتری من- کندال و آزمون اسپیرمن و روش پارامتری تحلیل رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک بررسی شد. نتایج روندیابی با آزمون من-کندال نشان می‌دهد که در سری سالانه و پاییز ۲۷/۵ درصد، در سری بهار و تابستان ۲۰ درصد و در زمستان ۳۲/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند افزایشی بودند. همچنین در فصل زمستان ۳۰ درصد، در بهار و تابستان ۲۰ درصد، زمستان ۲۷/۵ درصد و سالانه ۲۲/۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه دارای روند کاهشی بودند. بر اساس روش ضریب همبستگی پیرسون در سری سالانه و زمستان ۴۰ درصد، در فصول بهار و تابستان ۳۰ درصد و در فصل پاییز ۳۷/۵ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه دارای روند افزایشی بودند همچنین در سری سالانه و زمستان ۳۰ درصد، بهار ۲۵ درصد، تابستان ۲۲/۵ درصد و پاییز ۲۷/۵ درصد از ایستگاهها دارای روند کاهشی بودند. در این مطالعه مشخص گردید در سری زمانی سالانه ۵۰ درصد از ایستگاههای مورد مطالعه بر اساس روش من- کندال و ۶۰ درصد بر اساس روش اسپیرمن و ۷۰ درصد از آنها بر اساس روش پیرسون دارای روند بوده اند. در مجموع روند افزایشی سرعت باد بیشتر از روند کاهشی سرعت باد می‌باشد. شایان ذکر است که ایستگاه آبادان بیشترین تغییرات کاهشی سرعت و ایستگاه زابل بیشترین تغییرات افزایشی سرعت باد در دهه را داشتند. در این مطالعه مشخص گردید که تغییرات سرعت باد در فصل زمستان بیشتر و فصل تابستان کمترین روند را داشته اند . بیشترین روند کاهشی در فصل پاییز و کمترین روند کاهشی در فصل تابستان مشاهده گردید.

نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های خردادی و همکاران (۱۳۸۶) و رحیم زاده و همکاران(۱۳۸۵) که تغییرات سرعت باد را در چند ایستگاه ایران مورد بررسی قرار دادند، مطابقت دارد.

در مجموع، بررسی توزیع مکانی روند در ایستگاهها نشان می‌دهد که علامت و اندازه روندها در گستره ایران از نظمی خاص برخوردار نیست و به طور تصادفی توزیع شده‌اند.

بررسی مقدار تغییرات سرعت باد در اکثر ایستگاهها در طی یک دهه نشان داد که این اعداد بعضا کوچکتر از قدرت تفکیک و خطای ادوات اندازه‌گیری سرعت باد (به ویژه ابزارها قدیمی) است. این تغییرات اندک محاسبه شده، می‌تواند ناشی از خطای اندازه گیری ، تغییر در تکنیک یا دقت ابزار اندازه‌گیری یا تغییر محل ایستگاه در طی دوره مطالعاتی نیز باشد. از این رو ضرورت دارد در صورت امکان شناسنامه ایستگاهها و و تاریخچه نصب و تعویض ابزارها (Metadata) دقیقا بازبینی شود تا چنانچه این تغییرات ناشی از خطای سیستماتیک، تعویض بادسنج‌ها یا سایر دلایل بالقوه (نظیر تغییر الگوی کاربری اراضی) باشد ،مشخص گردد.

از آنجا که هر گونه تغییر در سرعت باد در کنار تاثیر سایر متغیرهای هواشناسی، ممکن است باعث تغییر تبخیرتعرق شود و این امر با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک ایران حایز اهمیت است، لذا پیشنهاد می‌شود در پژوهشهای آتی حساسیت معادلات تبخیر تعرق به تغییرات سرعت باد در فصول و اقالیم مختلف بررسی شود.

مراجع

بی همتا، م.، م. زارع چاهوکی .(۱۳۸۷).اصول آمار در منابع طبیعی انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۰ صفحه

جاوری، م.(۱۳۸۲). تغییرات دما و بارش در ایران پایان نامه دکترای جغرافیا، دانشگاه تهران.

خردادی، م.، س. اسلامیان و ج. عابدی کوپایی.(۱۳۸۶). بررسی روند پارامترهای هواشناسی در چند منطقه از ایران، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب.

خلیلی،ع .(۱۳۷۶). طرح جامع آب کشور جلد چهارم. مطالعات هواشناسی وزارت نیرو.

خلیلی، ع.، ج. بذر افشان.(۱۳۸۳). تحلیل روند تغییرات بارندگیهای سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته. مجله بیابان، جلد ۹، شماره۱، صفحات۳۳-۲۵.

رحیم زاده، ف.، ن. محمدیان و ج. اکبری نژاد.(۱۳۸۵). بررسی تغییرات سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین در تعدادی از شهرهای بزرگ کشور در دوره اقلیمی ۲۰۰۰-۱۹۵۱، مجله نیوار، شماره۶۳-۶۲، صفحات۷-۲۱.

شیر غلامی، ه.، ب. قهرمان(۱۳۷۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم شماره ۱.

کاویانی، م. ر.(۱۳۷۵). تغییرات محیطی زمین از بدو سنجش‌های مستقیم هواشناسی. خلاصه مقالات اولین کنفرانس منطقه ای تغییر

اقلیم ، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ۱-۳ خرداد، صفحات ۳۹ و۴۰.

محمدی، ح.، م. تقوی.(۱۳۸۴). روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۳، صفحات ۱۷۲-۱۵۱.

Alexandersson, H., Tuomenvirta., H., Schmith,T. and Iden, K. (2000), Trends of storms in NW Europe derived from an updated pressure data set. Climate

Archive of SID

www.SID.ir

coefficients J. Irrig. and Drain. Engrg, 132: 564-578.
Jhajharia, D., Shrivastava, S. K., Sarka, D. R., Sarkar, S. (2009), Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions o f northeast India. Agric. For. Meteorol, 149: 763–770.
Kull, A. (2005), Relationship between inter-annual variation of wind direction and wind speed. Publications Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 97: 62–70.
Lawrimore, J. and Peterson, T. (2000), Pan evaporation trends in dry and humid regions of the United States. J. Hydrometeo, 14:18-31.
Lettenmaier, D. P., Wood, E. F. and Wallis, J. R. (1994), Hydroclimatological trends in the continental United States, 1948-88. J. Climate, 7:586-607.
Orviku, K., Jaagus, J., Kont, A., Ratas, U. and Rivis. R. (2003), Increasing activity of coastal processes associated with climate change in Estonia. J. Coastal Re, 19: 364–375.
Pirazzoli PA, Tomasin A. 2003. Recent near-surface wind changes in the central Mediterranean and Adriatic areas. Int. J. Climatol. 23: 963–973.
Pryer, S.C. (2009),Wind speed trends over the contiguous USA, J. Geophysical Res – Atmospheres (forthcoming) .
Tonkaz, T., Cetin, M., Tulucu, K. (2007), The impact of water resources development projects on water vapor pressure trends in a semi-arid region, Turkey. J. climatic change, 82: 195-209.
Tuller, S.E. (2004), Measured wind speed trends on the west coast of Canda. Int. J. Climatol. 24: 1359–1374. DOI: 10.1002/joc.1073
Res 14, 71–73.
Barring, L. and von Storch, H. (2004), Scandinavian storminess since about Geophys. Res. Lett.,31, L20202.
Barthelmie, R. J. and Pryor S. C. (2001), A review of the economics of offshore wind energy. Wind Engineering 25: 203-213.
Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (2000), Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996. Theor. Appl, Climatol., 66: 49-60.
Brutsaert , W., and Parlange, M. B. (1998), Hydrologic cycle explains the evaporation paradox, Nature, 396., 48-61.
Ghahraman, B. (2006), Time trend in the mean annual temperature of Iran .Turk. J. Agric. For., 30: 439-448.
Gong, L., Xu C., Chen, D., Halldin, S. and Chen, Y. D. (2006), Sensitivity of the Penman–Monteith reference evapotranspiration to key climatic variables in the Changjiang (Yangtze River) basin. J. Hydrology,Vol 329, Issues 3-4: 620-629.
Goyal, R. K. (2004), Sensitivity of evapotranspiration to global warming: a case study of arid zone of Rajasthan (India) Agric Water Manag, 69: 1-11.
Hoinka, K. P. (1998), Mean global surface pressure series evaluated from ECMWF reanalysis data. Q J R Meteorol Soc 124(551): 2291–2297.
Huang, Z., Rosowsky, D. V. and Sparks, P. R. (2001), Hurricane simulation techniques for the evaluation of wind-speeds and expected insurance losses. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 89: 605-617.
Irmak, S., Payero, J. O. Martin, D. L. and Howell, T.A.(2006), Sensitivity analyses and sensitivity

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۲۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۱۸

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 1, Vol. 4, Spring 2010, p. 31-43

مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۱، جلد۴، بهار ۱۳۸۹، ص. ۴۳-۳۱

Trend analysis of mean wind speed in different climatic regions of Iran

N. Ghahreman[1*] and A.Gharekhani[2]

Abstract

Relatively little work has been done examining historical data of wind speed searching for evidence of climate change as compared to other parameters. The purpose of this study was to assess changes in mean wind speed over the period 1975-2005.in a network consisting of 40 synoptic stations of Iran. These stations represent different climates of the country based on extended-De Martonne climatic classification. All seasonal and annual series have been checked for normality with the Kolmogorov-Smirnov test. Time trends of this variable were analyzed using parametric and non-parametric techniques (Pearson correlation coefficient, least square linear regression, Mann-Kendall and rho-Spearman correlation coefficient).The results showed that based on the Mann-Kendall, rho Spearman and Pearson methods, 50%, 60% and 70% of the annual series had significant trend respectively. Besides, the most significant increasing trend was observed in winter and the least increasing trend in summer. The semi arid-temperate climates have experienced the most significant decreasing trend of mean wind speed, i.e. 0.045 $m.s^{-1}.dec^{-1}$.In semi arid cold climates; most increasing trend of 0.145 $m.s^{-1}.dec^{-1}$ was observed. In general, the decreasing trend of series was more than increasing trend which in turn, might change the evapotranspiration in arid and semi arid climates of Iran

Keywords: Iran, Trend, Wind speed, Regression analysis, Rho spearman, Mann-Kendall

Archive of SID

1- Assis. Professor, Dept. of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Soil and Water Engineering. University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Corresponding author Email: nghahreman@ut.ac.ir)
2- M.Sc. student of Agrometeorology, Dept. of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Soil and Water Engineering. University of Tehran, Karaj, Iran

www.SID.ir