نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۲، تابستان ۱۳۹٤، صفحات ۳۰۱-۲۷۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۰۲/۱۰

بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های منتخب ایران

رسول میرعباسی نجف آبادی[۱]
یعقوب دین‌پژوه[۲]

چکیده

هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات سرعت باد سطحی در ایران در دو مقیاس ماهانه و سالانه با روش ناپارامتری من کندال با چهار ویرایش متفاوت شامل الف) روش من کندال مرسوم (MK1)، ب) من کندال پس از حذف اثر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول معنی‌دار (MK2)، ج) من کندال پس از حذف اثر کامل ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار (MK3) و د) من کندال با لحاظ کردن ضریب هارست (MK4) می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل میانگین سرعت باد در دو مقیاس ماهانه و سالانه در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶ می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات ۲۲ ایستگاه در سطح کشور ایران استفاده شد. برای تخمین شیب خط روند تغییرات سرعت باد، از روش ناپارامتری تخمین‌گر سن استفاده شد. نتایج نشان داد که گر چه ترکیبی از روندهای مثبت و منفی در ایستگاه‌های کشور برای میانگین سرعت باد در هر دو مقیاس سالانه و ماهانه تجربه شده است، ولی تعداد ایستگاه‌های با روند منفی در مقایسه با تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت بیش‌تر است. در مقیاس سالانه شدیدترین شیب خط روند منفی متعلق به ایستگاه فسا معادل ۰/۰۷۴- متر بر ثانیه در سال و شدیدترین شیب خط روند مثبت متعلق به ایستگاه زابل معادل ۰/۱۴۱ متر بر ثانیه در سال بود. در مقیاس ماهانه شدیدترین شیب خط روند منفی متعلق به ایستگاه فسا معادل ۰/۱- متر بر ثانیه در سال و شدیدترین شیب خط روند صعودی معادل ۰/۱۸ متر بر ثانیه در سال برای ایستگاه زابل مشاهده شده است. نتایج نشان داد که میانه شیب‌های خط روند اکثر ایستگاه‌های ایران در تمام ماه‌های سال (بجز فوریه و نوامبر) منفی است. بنابراین، در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که در اکثر ایستگاه‌های ایران روند سرعت باد در تمام ماه‌های سال (بجز ماه‌های فوریه و نوامبر) نزولی است.

واژگان کلیدی: سرعت باد؛ ضریب هارست؛ ضریب خودهمبستگی؛ روند؛ ایران

۱ـ استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه شهر کرد. Email:mirabbasi_r@yahoo.com

۲ـ دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز

مقدمه

بررسی روند تغییرات سرعت باد در هر منطقه از نظر تأمین انرژی از طریق باد، مدیریت فرسایش بادی خاک، آلودگی هوا، انتقال هاگ‌ها، بذور و گرده درختان، نیاز آبی گیاهان، تبخیر از سطوح آزاد آب و تبخیر از سطح خاک از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. بررسی روند تغییرات سرعت باد در اثر تغییر اقلیم بخاطر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، موضوع مورد تحقیق اکثر محققان در نقاط مختلف جهان با روش های مختلف ناپارامتری و پارامتری می‌باشد.

کلینک (۲۰۰۲) روند تغییرات سرعت باد در ۷ ایستگاه واقع در ایالت مینسوتا در ایالات متحده را در دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۵ مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که میانگین سالانه سرعت باد در پنج ایستگاه از هفت ایستگاه مورد بررسی روند کاهشی دارد. با این حال روند متغیر مذکور در یک ایستگاه افزایشی بوده و در یک ایستگاه دیگر معنی‌دار نبود. هم‌چنین، صرفنظر از روند میانگین سرعت باد، چندک‌های ۵۰، ۷۵ و ۹۰ام مربوط به سرعت باد سالانه، روند افزایشی داشتند. پیرازولی و توماسین (۲۰۰۳) روند تغییرات مربوط به سمت و سرعت باد را در ۱۷ ایستگاه ساحلی ایتالیا با روش رگرسیون خطی برای میانگین و ماکزیمم سرعت باد سالانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند سرعت باد از سال ۱۹۵۱ تا اواسط دهه ۷۰ میلادی کاهشی و پس از آن افزایشی بوده است. تالر (۲۰۰۴) روند تغییرات سرعت باد در ۴ ایستگاه واقع در سواحل غربی کانادا را در مقیاس فصلی و سالانه با روش رگرسیون خطی مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که میانگین سرعت باد در مقیاس سالانه و نیز میانگین نظیر فصل زمستان دارای روندی کاهشی بوده است. کال (۲۰۰۵) روند تغییرات سرعت باد را در سه ایستگاه واقع در استونی در خلال سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۶۶ مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که روند تغییرات میانگین سالانه سرعت باد کاهشی است. هم‌چنین سرعت باد در فصل تابستان کاهش و در فصل زمستان افزایش یافته است. مک وی وار و همکاران (۲۰۰۸) روند تغییرات سرعت باد در سطح زمین (ارتفاع ۲ متری) را در ۱۶۳ ایستگاه هواشناسی در استرالیا و در دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۷۵ با روش رگرسیون خطی مطالعه کردند. آن‌ها نشان دادند که سرعت باد ۸۸٪ ایستگاه‌های واقع در عرض‌های

جغرافیایی میانی استرالیا، دارای روند نزولی است. با این حال، نامبردگان برای بخش‌های مرکزی کشور استرالیا، جنوب شرق کوئینزلند و جنوب ویکتوریا و تاسمانیا که در کل ۱۲ درصد از مساحت این کشور را شامل می‌شود، روند افزایشی سرعت باد را مشاهده نمودند.

وان و همکاران (۲۰۱۰) روند سرعت بادهای نزدیک سطح زمین ۱۱۷ ایستگاه در کانادا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند سرعت باد در قسمت‌های غربی کانادا و بیش‌تر قسمت‌های جنوبی آن (به استثنای ناحیه‌ای موسوم به ماری تایمز[۳]) در همه فصول کاهشی است. ولی در قسمت‌های مرکزی و شمالی در همه فصول و در نواحی دریایی (ماری تایمز) در فصول بهار و پائیز روند افزایشی می‌باشد. در ایران نیز تحقیقات اندکی در زمینه بررسی روند تغییرات سرعت باد انجام شده است. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) روند تغییرات بلندمدت سرعت باد را در ارتفاع ده متری از سطح زمین در ۸ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کشور در طول دوره ۲۰۰۰- ۱۹۵۱ با آزمون انحرافات تجمعی، آزمون کرامر، تحلیل رگرسیون و آزمون من کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میانگین سرعت باد در تهران و اصفهان دارای روند کاهشی معنی‌دار است. با این حال، این روند در ارومیه افزایشی و معنی‌دار بوده و در انزلی فاقد روند معنی‌دار است. خردادی و همکاران (۱۳۸۶) روند تغییرات چهار پارامتر هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی، بارندگی و سرعت باد را در سه ایستگاه تبریز، شیراز و مشهد با سه روش من کندال، انحراف تجمعی و تحلیل رگرسیون در خلال سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سرعت باد در ایستگاه هواشناسی شیراز دارای روند کاهشی معنی‌دار بوده ولی در دو ایستگاه دیگر روند معنی‌دار تجربه نشده است. قهرمان و قره‌خانی (۱۳۸۹) روند تغییرات زمانی سرعت باد را در۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ با دو روش ناپارامتری من کندال و ضریب اسپیرمن و دو روش پارامتری رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون، در مقیاس‌های سالانه و فصلی، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در بیش از نیمی از ایستگاه‌های مورد بررسی سرعت باد دارای روند معنی‌دار است. شدت روند افزایشی سرعت باد در فصل زمستان بیش‌تر از سایر فصول و در فصل تابستان کم‌تر از بقیه

1- Maritimes

فصول سال تجربه شده است. هم‌چنین بیش‌ترین تعداد ایستگاه‌های با روند کاهشی در فصل پاییز و کم‌ترین تعداد در فصل تابستان مشاهده شده است. به‌نظر می‌رسد در تحقیقات گذشته اثر ضریب خودهمبستگی معنی‌دار و نیز اثر ضریب هارست[۴] در آزمون ناپارامتری من کندال در نظر گرفته نشده است. درحالی که وجود خودهمبستگی مثبت (منفی) باعث تخمین بیش‌تر (کم‌تر) از مقدار واقعی روند در داده‌ها می‌شود (حامد و رائو، ۱۹۹۸؛ یو و وانگ، ۲۰۰۲ و کومار و همکاران، ۲۰۰۹).

هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات سرعت باد در ماه‌های مختلف سال در کل کشور ایران با چهار روش ناپارامتری شامل الف) من کندال مرسوم (MK1)، ب) من کندال پس از حذف اثر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (MK2)، ج) من کندال پس از حذف اثر کامل ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار (MK3) و د) من کندال با لحاظ کردن ضریب هارست (MK4) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه کل پهنه کشور جمهوری اسلامی ایران است. توصیف منطقه، نحوه انتخاب ایستگاه‌ها و روش‌های مورد استفاده در بخش‌های ۲-۱ تا ۲-۳ ارائه شده است.

در این مطالعه به‌منظور بررسی روند تغییرات سرعت باد از داده‌های میانگین سرعت باد اندازه‌گیری شده در ارتفاع ۱۰ متری ۲۲ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در سراسر ایران در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶ استفاده شده است. مقیاس داده‌ها ماهانه بوده و معیار انتخاب ایستگاه‌ها پراکنش مکانی مناسب در روی نقشه سطح کشور، نداشتن داده‌های گمشده بیش از ۲ درصد کل داده‌ها بوده است. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منتخب به‌همراه شیب خط رگرسیون ساده مربوط به سری زمانی سرعت باد سالانه آن‌ها را نشان می‌دهد. به‌طوری که از این جدول می‌توان دریافت با روش رگرسیون ساده ۱۳ ایستگاه دارای روند منفی و ۹ ایستگاه دارای روند مثبت هستند.

4- Hurst Coefficient

در این مطالعه روند تغییرات سرعت باد در دو مقیاس ماهانه و سالانه در ایستگاه‌های منتخب (جدول ۱) با آزمون ناپارامتری من کندال با چهار ویرایش متفاوت شامل من کندال مرسوم (MK1)، من کندال پس از حذف اثر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (MK2)، من کندال پس از حذف اثر کامل ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار (MK3) و من کندال با لحاظ کردن ضریب هارست (MK4) مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون MK1 (من کندال مرسوم)

برای انجام آزمون MK1 ابتدا آماره S به‌شرح زیر به‌دست می‌آید:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}\left(x_j - x_i\right) \qquad (۱)$$

که در آن x_j مقدار داده j ام، n طول سری داده‌ها و $\operatorname{sgn}(\theta)$ تابع علامت است که به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\operatorname{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & if \quad \theta > 0 \\ 0 & if \quad \theta = 0 \\ -1 & if \quad \theta < 0 \end{cases} \qquad (۲)$$

به ازای $n \geq 8$ آماره S دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن به‌شرح زیر است:

$$E(S) = 0 \qquad (۳)$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n} t_i (t_i - 1)(2t_i + 5)}{18} \qquad (۴)$$

که در آن t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام می‌باشند. آماره آزمون MK یا Z به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (۵)$$

در مطالعه حاضر فرض صفر (عدم وجود روند) به‌شرط $-Z_{1-\alpha/2} \le Z \le Z_{1-\alpha/2}$ پذیرفته می‌شود در غیر این صورت این فرض رد و فرض مخالف (وجود روند در سطح معنی‌داری α) پذیرفته می‌شد.

آزمون MK2

این روش توسط کومار و همکاران (۲۰۰۹) شرح داده شده است. در این آزمون ابتدا ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (r_1) محاسبه و در صورت معنی‌دار بودن، اثر آن از سری داده‌ها حذف می‌گردد. برای این کار مراحل زیر انجام می‌شود:

۱- ضریب خودهمبستگی مرتبه اول، r_1، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k}\sum_{i=1}^{n-k}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(x_{i+k} - \bar{x}\right)}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2} \quad (۶)$$

۲- اگر $\frac{-1-1.645\sqrt{n-2}}{n-2} \le r_1 \le \frac{-1+1.645\sqrt{n-2}}{n-2}$ باشد، آن‌گاه داده‌ها در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد مستقل فرض شده و آزمون MK با روش مرسوم یا MK1 انجام می شود؛ در غیر این صورت اثر خودهمبستگی داده‌ها به‌شرح زیر حذف می‌گردد.

۳- شیب خط روند یا β برای سری داده‌ها محاسبه می‌شود (شرح محاسبه β در بخش ۲-۳ آمده است) سپس سری جدیدی به شرح زیر به‌دست می‌آید:

$$x'_i = x_i - (\beta \times i) \quad (۷)$$

۴- ضریب r_1 داده‌های سری جدید مجدداً محاسبه می‌شود.

۵- مولفه خودهمبستگی مرتبه اول AR(1)، از سری جدید به‌صورت زیر حذف و سری باقیمانده‌ها (y'_i) بشرح زیر به‌دست می‌آید:

$$y'_i = x'_i - r_1 \times x'_{i-1} \qquad (۸)$$

۶- مقدار روند ($\beta \times i$) به سری باقیمانده‌ها افزوده شده و سری نهایی (y_i) به‌شرح زیر به‌دست می‌آید:

$$y_i = y'_i + (\beta \times i) \qquad (۹)$$

آزمون MK به سری داده‌های جدید (y_i) اعمال شده و معنی‌داری روند آن مورد آزمون قرار می‌گیرد. این روش توسط محققان مختلف در جهان برای آزمون معنی‌داری روند در سری داده‌های مختلف هواشناسی و هیدرولوژیکی به‌کار برده شده است (مانند عبدالعزیز و برن، ۲۰۰۶؛ بیرسان و همکاران، ۲۰۰۵ و نووتنی و استفان، ۲۰۰۷).

آزمون MK3

این روش اولین بار توسط حامد و رائو (۱۹۹۸) ارائه و توسط کومار و همکاران (۲۰۰۹) شرح داده شد. در این آزمون اثرات همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار از سری زمانی حذف می‌گردد. در مطالعه حاضر، ابتدا واریانس اصلاح شده، $V(S)^*$، به‌شرح زیر محاسبه شد:

$$V(S)^* = V(S)\frac{n}{n^*} \qquad (۱۰)$$

که در آن مقدار کسر $\frac{n}{n^*}$ از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)}\sum_{i=1}^{n-1}(n-i)(n-i-1)(n-i-2)r_i \qquad (۱۱)$$

که در آن r_i ضرایب خودهمبستگی با تأخیر i از رابطه (۶) و $V(S)$ از رابطه (۴) محاسبه می‌شوند. برای محاسبه Z من کندال، در رابطه (۵) عامل $V(S)$ با $V(S)^*$ جایگزین می‌گردد. حامد و رائو (۱۹۹۸) نشان دادند که این روش بسیار دقیق‌تر از آزمون من کندال مرسوم است.

آزمون MK4

این روش نیز توسط کومار و همکاران (۲۰۰۹) شرح داده شده است. در این روش اثر دوام (ماندگاری[5]) بلندمدت روی روند با لحاظ کردن ضریب هارست در نظر گرفته می‌شود و شامل مراحل زیر می‌باشد (حامد، ۲۰۰۸):

۱- محاسبه ضریب هارست (H)

الف) در محاسبه ضریب هارست، H، ابتدا سری‌های زمانی داده‌های جدید x_i' با استفاده از رابطه (۷) به‌دست می‌آید.

ب) متغیر استاندارد نرمال برای هر مشاهده با استفاده از رتبه (R) سری داده‌های مربوط به x_i' با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Z_i = \phi^{-1}\left(\frac{R_i}{n+1}\right) \qquad (۱۲)$$

که در آن R_i رتبه سری داده‌های جدید، n تعداد داده‌های سری زمانی مورد نظر و $\phi^{-1}(.)$ وارون تابع توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و انحراف معیار یک می‌باشد.

ج) ماتریس همبستگی برای یک ضریب هارست معین، H، به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_n(H) = [\rho_{|j-i|}], \quad for \quad i = 1:n, \quad j = 1:n \qquad (۱۳)$$

که در آن:

5- Persistence

$$\rho_l = \frac{1}{2}\left(|l+1|^{2H} - 2|l|^{2H} + |l-1|^{2H}\right) for \quad l>1 \qquad (۱۴)$$

که در آن ρ_l تابع خودهمبستگی با تأخیر l برای H معین بوده و مستقل از مقیاس سری زمانی می‌باشد (کوتسویانیس، ۲۰۰۳).

د) مقدار H با بیشینه کردن تابع لگاریتم درستنمایی H که به‌شرح زیر تعریف می‌شود، به‌دست می‌آید (حامد، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹).

$$\log L(H) = -\frac{1}{2}\log|C_n(H)| - \frac{Z^T[C_n(H)]^{-1}Z}{2\gamma_0} \qquad (۱۵)$$

که در آن $|C_n(H)|$ و $[C_n(H)]^{-1}$ به‌ترتیب دترمینان و وارون ماتریس همبستگی $[C_n(H)]$، Z^T ترانهاده بردار مربوط به سری Z_i است که از رابطه (۱۲) به‌دست می‌آید و γ_0 واریانس سری Z_i می‌باشند. معادله (۱۵) را می‌توان به‌طور عددی برای مقادیر مختلف H حل نموده و مقداری از H که تابع $\log L(H)$ را بیشینه می‌کند، به‌دست آورد. در این مطالعه، مقدار $\log L(H)$ برای مقادیر H از ۰/۵۰ تا ۰/۹۸ با گام افزایشی ۰/۰۱ محاسبه شد و H نظیر بیش‌ترین مقدار $\log L(H)$ به‌دست آمد.

۲- سطح معنی‌داری H با استفاده از میانگین (μ_H) و انحراف معیار (σ_H) تعیین شد (تا معلوم شود که آیا مقدار H بدست آمده در مرحله اول به‌طور معنی‌داری با مقدار ۰/۵ تفاوت دارد یا خیر)، زمانی که $H = 0.5$ (توزیع نرمال) باشد میانگین و انحراف معیار ضریب هارست از روابط زیر به‌دست می‌آیند (کومار و همکاران، ۲۰۰۹):

$$\mu_H = 0.5 - 2.87n^{-0.9067} \qquad (۱۶)$$

$$\sigma_H = 0.77654n^{-0.5} - 0.0062 \qquad (۱۷)$$

در این مطالعه سطح معنی‌داری ۱۰ درصد برای تعیین H معنی‌دار استفاده گردید. برای این کار آماره z_{cal} به‌شرح زیر محاسبه شد:

$$z_{cal} = \frac{H - \mu_H}{\sigma_H} \qquad (۱۸)$$

چنانچه $z_{cal} > ۱/۶۵$ شود، H در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد، معنی‌دار فرض می‌شود، در غیر این صورت H غیرمعنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.

۳- محاسبه واریانس: اگر H معنی‌دار باشد، واریانس S برای H معین از رابطه زیر محاسبه می‌شود (حامد، ۲۰۰۸):

$$V(S)^{H'} = \sum_{i<j}\sum_{k<l}\frac{2}{\pi}\sin^{-1}\left(\frac{\rho|j-l| - \rho|i-l| - \rho|j-k| + \rho|i-k|}{\sqrt{(2-2\rho|i-j|)(2-2\rho|k-l|)}}\right) \qquad (۱۹)$$

که در آن مقدار ρ_l از معادله (۱۴) به ازای یک ضریب H معین محاسبه می‌گردد. چون H از سری داده‌های معین برآورد می‌شود، مقدار بخ‌دست آمده برای $V(S)^{H'}$ یک برآورد اریب‌دار می‌باشد. برای به‌دست آوردن یک برآورد نااریب از کمیت $V(S)^{H'}$، مقدار به‌دست آمده از رابطه (۱۹) در یک ضریب تصحیح B به‌شرح زیر ضرب می‌شود (حامد، ۲۰۰۸):

$$V(S)^{H} = V(S)^{H'} \times B \qquad (۲۰)$$

که در آن B تابعی از مقادیر H و n است که به‌صورت زیر تعریف شده است (حامد، ۲۰۰۸ و کومار و همکاران، ۲۰۰۹):

$$B = a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + a_3 H^3 + a_4 H^4 \qquad (۲۱)$$

که در آن

$$a_0 = \frac{1.0024n - 2.5681}{n + 18.6693} \qquad (۲۲)$$

$$a_1 = \frac{-2.2510n + 157.2075}{n + 9.2245} \qquad (۲۳)$$

$$a_2 = \frac{15.340n - 188.6140}{n + 5.8917} \quad (۲۴)$$

$$a_3 = \frac{-31.4258n + 549.8599}{n - 1.1040} \quad (۲۵)$$

$$a_4 = \frac{20.7988n - 419.0402}{n - 1.9248} \quad (۲۶)$$

معنی‌داری آماره Z آزمون من کندال با استفاده از $V(S)^H$ به‌جای $V(S)$ در معادله (۴) مورد آزمون قرار می‌گیرد.

شیب خط روند با روش تخمین‌گر Sen

در آزمون MK شیب خط روند، β، با روش تخمین‌گر Sen از رابطه ناپارامتری زیر به‌دست مآید:

$$\beta = Median\left(\frac{x_j - x_l}{j - l}\right) \quad \forall l < j \quad (۲۷)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و x_l مقدار مشاهده lام می‌باشد. مقادیر مثبت (منفی) β نشان‌دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری داده‌هاست (سن، ۱۹۶۸). در این مطالعه برای تمام روش‌های مورد مطالعه برنامه‌ای در زبان Matlab نوشته و اجرا گردید.

یافته‌ها و بحث

جدول ۲ مقادیر آماره Z من کندال مرسوم را (قبل از حذف اثر خودهمبستگی از سری داده‌های مربوط به سرعت باد در ایران) نشان می‌دهد. به‌طوری که از این جدول می‌توان استنباط کرد در مقیاس ماهانه تعداد شش ایستگاه از کل ۲۲ ایستگاه مورد بررسی، در تمام ماه‌های سال، روند منفی را در خصوص میانگین سرعت باد تجربه کرده‌اند. این شش ایستگاه شامل ایستگاه‌های اصفهان، بیرجند، شیراز، فسا، قزوین و کرمان می‌باشند. از طرفی تعداد ۶ ایستگاه دیگر، در تمام ماه‌های سال، روند مثبت را برای متغیر مورد بحث تجربه نموده‌اند. این ایستگاه‌های شامل ایستگاه‌های انزلی، چابهار، زابل، زنجان، گرگان و مشهد

می‌باشند. بقیه ایستگاه‌ها در برخی از ماه‌های سال روند مثبت و در برخی دیگر روند منفی را تجربه کرده‌اند.

در مقیاس سالانه از کل ۲۲ ایستگاه مورد بررسی تعداد ۱۳ ایستگاه روند منفی و تعداد ۹ ایستگاه روند مثبت را نشان دادند که از این میان روند منفی هفت ایستگاه آبادان، اصفهان، بیرجند، شیراز، فسا، قزوین و کرمان در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج این روش با نتایج روش پارامتر رگرسیون ساده همخوانی دارد (جدول ۱). شدیدترین روند مثبت متعلق به ایستگاه زابل با آماره $Z = ۵/۲۷$ و شدیدترین روند منفی متعلق به ایستگاه اصفهان با آماره $Z = -۵/۳۷$ بود (جدول ۲). این دو ایستگاه در تمام ماه‌های سال نیز به ترتیب روند مثبت و منفی را تجربه کرده‌اند.

قهرمان و قره‌خانی (۱۳۸۹) نیز برای ایستگاه‌های اصفهان، شیراز و قزوین روند منفی معنی‌دار گزارش کردند که با نتیجه مطالعه حاضر همخوانی دارد. در حالی که نتایج مطالعه نامبردگان، روند معنی‌دار در سرعت باد در ایستگاه‌های آبادان، بیرجند و کرمان را نشان نداده است. این ناهمخوانی احتمالاً به‌دلیل متفاوت بودن دوره آماری مورد بررسی در دو مطالعه می‌باشد. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) نیز برای ایستگاه اصفهان روند کاهشی معنی‌دار را گزارش کرده‌اند که با نتیجه مطالعه حاضر همخوانی دارد.

در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که هر ایستگاهی که روند داده‌های میانگین سرعت باد آن‌ها در مقیاس سالانه در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار بوده است، در مقیاس ماهانه نیز روند داده‌های نظیر جهتی مشابه با سری‌های نظیر سالانه داشته است. به‌عنوان مثال ایستگاه اصفهان در مقیاس سالانه دارای روند منفی با آماره $Z = -۵/۳۷$ بوده است در مقیاس ماهانه نیز همه سری‌های این ایستگاه روند منفی داشته‌اند (جدول ۲). در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که تعداد بیش‌تری از ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند منفی برای سرعت باد (هم در مقیاس ماهانه و هم در مقیاس سالانه) بوده‌اند.

جدول ۲ نتایج آماره Z به‌دست آمده با روش MK2 را نشان می‌دهد. به‌طوری که از این جدول می توان استنباط کرد، نتایج کمی با روش MK1 مرسوم متفاوت است. به عنوان

مثال در مقیاس سالانـه ایـستگاه آبادان در روش MK1 دارای آماره Z مـعادل ۱/۷۴- می‌باشد که در روش MK2 مقدار ۲/۵۷- برای آماره مذکور به‌دست آمده است. به‌عبارت دیگر، حذف r_1 معنی دار موجب کاهش مقدار Z های منفی در مقیاس سالانه شده است. این نتیجه در مورد روند سرعت باد در مقیاس سالانه ایستگاه‌هایی که دارای روند منفی معنی‌دار بودند (مانند آبادان، بیرجند، فسا، قزوین و کرمان) صادق است. با این حال، مقادیر آماره Z بعد از حذف r_1 معنی‌دار در مورد ایستگاه‌هایی که روند سرعت باد آن‌ها مثبت و معنی‌دار بود، در پاره‌ای از ایستگاه‌ها (مانند انزلی، زنجان و مشهد) موجب افزایش مقدار آماره Z و در پاره‌ای دیگر (مانند چابهار و زابل) موجب کاهش مقدار آماره Z شده است.

در مقیاس ماهانه، اعمال روش MK2 به‌جای MK1 باعث شده است که تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت معنی‌دار در تمام ماه‌های سال (بجز آوریل) نسبت به روش MK1 بیش‌تر شود. به‌عنوان مثال، در ماه ژانویه تعداد ۵ ایستگاه با روش MK1 دارای روند معنی‌دار بودند، در حالی که در روش MK2 تعداد شش ایستگاه روند مثبت معنی‌دار داشتند. با این حال، تعداد ایستگاه‌های با روند منفی در ماه‌های مختلف سال، با اعمال روش MK2 در پاره‌ای از ماه‌ها (مانند مارس، آوریل و دسامبر) بیش‌تر و در پاره‌ای از ماه‌ها (مانند می، ژوئن و نوامبر) کم‌تر بوده است. با این حال، تعداد ایستگاه‌های با روند منفی در ماه‌های ژانویه، فوریه، ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر تغییر نکرده و هر دو روش نتایج مشابهی به‌دست داده‌اند. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که با حذف اثر r_1 معنی‌دار (روش MK2) نیز همانند روش MK1 در اکثر ماه‌ها تـعداد ایستگاه‌های دارای روند تغییرات سرعت باد منفی و معنی‌دار بیش‌تر از تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت و معنی‌دار بوده است. این نتیجه برای مقیاس سالانه نیز صادق است.

جدول ۴ نتایج آماره Z من کندال با روش MK3 را نشان می‌دهد. به‌طوری که از این جدول می‌توان استنباط کرد، در مقیاس سالانه اعمال روش MK3 به جای روش MK2 (حذف اثر همه r_i ها به‌جای r_1) باعث شده است که تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت (یا منفی) معنی‌دار به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. مثلاً در مقیاس سالانه با روش MK2 تعداد ایستگاه‌های با روند منفی معنی‌دار، ۸ ایستگاه بود که در این روش به یک ایستگاه

کاهش پیدا کرد. هم‌چنین با روش MK2 تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت معنی‌دار ۶ ایستگاه بود که در روش MK3 به یک ایستگاه تقلیل یافت. در مقیاس ماهانه نیز تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت (یا منفی) معنی‌دار در روش MK3 به‌طور چشمگیری نسبت به روش MK2 کاهش یافته است. به‌عنوان مثال، در روش MK2 در ماه ژانویه تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت (منفی) معادل ۷ (۶) بوده که با اعمال روش MK3 به رقم ۳ (۲) کاهش پیدا کرده است. افزون بر این، در مقیاس سالانه اعمال روش MK3 باعث شده است که ایستگاه‌های آبادان، اصفهان، بیرجند، تهران، شیراز، فسا، قزوین و کرمان، که در همه آن‌ها مقدار آماره Z منفی و معنی‌دار بود، قدرمطلق مقدار Z کاهش یابد. به‌طوری که اکثر ایستگاه‌هایی که روند منفی آن‌ها معنی‌دار بود، در روش MK3 فاقد روند معنی‌دار شدند. برعکس، ایستگاه‌های انزلی، چابهار، زابل، زنجان، گرگان و مشهد که در روش MK2 آماره Z آن‌ها مثبت و معنی‌دار بود، با اجرای MK3 مقدار آماره Z آن‌ها کاهش یافته و در نتیجه غیرمعنی‌دار شده‌اند. به‌طوری که قبلاً اشاره شد، در مقیاس ماهانه اجرای آزمون MK3 در مقایسه با MK2 موجب شده است که تعداد ایستگاه‌هایی که روند سرعت باد آن‌ها معنی‌دار بود (چه مثبت و چه منفی) از نظر قدر مطلق کاهش یابد (نگاه کنید به جداول ۳ و ۴).

جدول ۵ نتایج آماره Z من کندال با روش MK4 را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از جدول ۵ برمی‌آید، در مقیاس سالانه اعمال روش MK4 در مقایسه با روش MK1 (جدول ۲) باعث شده است که قدر مطلق آماره Z من کندال ایستگاه‌ها کاهش یابد. برای مثال، مقدار آماره Z در روش MK1 برای ایستگاه اصفهان رقم ۵/۳۷- و در روش MK4 رقم ۳/۰۲- به‌دست آمد. هم‌چنین مقدار آماره مذکور در دو روش MK1 و MK4 برای ایستگاه آبادان به ترتیب ۱/۷۴- و ۱/۰۸- به‌دست آمد. نتایج مشابهی در خصوص کاهش قدرمطلق آماره Z برای ایستگاه‌های بیرجند، شیراز، فسا، قزوین، کرمان حاصل شد. افزون بر این، نتایج مشابهی در خصوص کاهش آماره Z من کندال برای ایستگاه‌هایی که Z آن‌ها مثبت و معنی‌دار بود، به‌دست آمد و مقادیر آماره Z پس از اعمال روش MK4 در مقایسه با MK1 کاهش پیدا کرد (نگاه کنید به جداول ۲ و ۵).

در مقیاس ماهانه به‌طوری که از جداول ۲ و ۵ می‌توان استنباط نمود، تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت معنی‌دار با اعمال روش MK4 در مقایسه با روش MK1 کاهش یافته است. این نتیجه برای ایستگاه‌های با روند منفی معنی‌دار نیز صادق می‌باشد. اعمال روش MK4 در مقایسه با روش MK3 برای سری داده‌های سرعت باد، هم در مقیاس ماهانه و هم در مقیاس سالانه، باعث شده که تعداد ایستگاه‌های با روند معنی‌دار (اعم از مثبت و منفی) بیش‌تر شود.

نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه، نیمی از ایستگاه‌ها دارای شیب خط روند مثبت و نیم دیگر دارای شیب منفی است. بیش‌ترین شیب رو به بالا برای خط روند (در مقیاس سالانه) متعلق به ایستگاه زابل معادل ۰/۱۴۱ متر بر ثانیه در سال بود. پس از زابل ایستگاه‌های زنجان، چابهار، مشهد و انزلی به ترتیب دارای بیش‌ترین شیب خط روند مثبت بودند. هم‌چنین در بین ایستگاه‌هایی که شیب خط روند آن‌ها منفی بود، ایستگاه فسا با شیب خط روند معادل ۰/۰۷۴- متر در بر ثانیه در سال دارای شدیدترین شیب منفی در مقیاس سالانه بوده است. پس از فسا ایستگاه‌های بیرجند، کرمان، اصفهان، شیراز و آبادان به‌ترتیب شدیدترین شیب خط روند منفی را به‌خود اختصاص داده‌اند. در مقیاس ماهانه شدیدترین شیب خط روند صعودی در زابل و در ماه‌های ژوئیه و اوت معادل ۰/۱۸ متر بر ثانیه در سال و شدیدترین شیب خط روند نزولی در ایستگاه فسا و در ماه اکتبر معادل ۰/۱- متر بر ثانیه در سال به‌دست آمد.

اغلب مطالعات انجام شده دیگر نیز حکایت از کاهش سرعت باد در اکثر نقاط مختلف جهان دارد، ولی در برخی موارد نیز افزایش سرعت باد گزارش شده است.

مک ویوار و همکاران (۲۰۰۸) برای کل کشور استرالیا شیب منفی ۰/۰۰۹- متر بر ثانیه در سال را گزارش کرده است. کلینک (۲۰۰۲) نیز گزارش نمود که در غالب ایستگاه‌های ایالت مینسوتا در ایالات متحده روند سرعت باد در مقیاس سالانه کاهش یافته است. فو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که میانگین سرعت باد در یکی از ایستگاه‌های چین از ۴/۷ متر بر ثانیه در ۱۹۹۸ به ۸/۷ متر بر ثانیه در ۱۹۹۹ افزایش یافته است. هم‌چنین شدیدترین

روند کاهشی در چین مربوط به ماه آوریل با شیب خط روند ۰/۰۱۵۸- متر بر ثانیه در سال بوده است. واتارد و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که سرعت باد سطحی در کشورهای چین، هلند، چک، ایالات متحده و استرالیا در طول چند دهه گذشته روند کاهشی داشته است. ایشان نشان دادند که سرعت باد سطحی تقریباً در عرض‌های میانه نیمکره شمالی تمام قاره‌ها بین ۵ تا ۱۵ درصد کاهش یافته است. نامبردگان علت کاهش سرعت باد را به افزایش زبری سطحی ناشی از افزایش بارش و رشد بوته‌ها و گیاهان نسبت داده‌اند. این پدیده در برخی از مناطق ایران که بارندگی روند مثبت داشته نیز مشاهده گردید و در دیگر نواحی که بارندگی روند منفی داشته، عکس این قضیه صادق می‌باشد. زیرا کاهش میزان بارندگی به‌دلیل خشکسالی ها موجب خشک شدن بوته‌ها و علف‌ها و کاهش زبری سطحی شده که به‌نظر می‌رسد این امر یکی از علل عمده افزایش سرعت باد سطحی در بخش هایی از ایران می باشد. برای نمونه، مصطفائی پور (۲۰۱۰) شیب سرعت باد در استان یزد را معادل ۰/۰۳۵+ متر بر ثانیه در سال گزارش کرده است. روند افزایشی سرعت باد با شیب ۰/۰۰۳+ متر بر ثانیه در سال برای کانادا و نواحی نزدیک قطب شمال نیز توسط وان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

بررسی روند تغییرات سرعت باد در ۲۲ ایستگاه منتخب در ایران با چهار روش ناپارامتری شامل MK1، MK2، MK3 و MK4 نشان داد که گرچه سرعت باد در برخی از ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی و در برخی دیگر دارای روند کاهشی است، ولیکن اکثر ایستگاه‌ها روند منفی معنی‌دار داشته‌اند. بیش‌ترین شیب خط روند صعودی تغییرات سرعت باد در مقیاس سالانه با استفاده از روش ناپارامتری سن معادل ۰/۱۴۱ متر بر ثانیه در سال در ایستگاه زابل به‌دست آمد. در مقیاس ماهانه، بیش‌ترین شیب خط روند صعودی معادل ۰/۱۸ متر بر ثانیه در سال و در همان ایستگاه برای ماه‌های ژوئیه و اوت حاصل شد. با این حال، شدیدترین شیب خط روند نزولی معادل ۰/۱- متر بر ثانیه در سال در ایستگاه فسا و در ماه اکتبر مشاهده شده است.

مقایسه نتایج چهار روش اعمال شده برای تشخیص روند تغییرات سرعت باد (روش‌های MK1 تاMK4) نشان داد که با اعمال روش MK2 مقدار آماره Z من کندال در مورد ایستگاه‌هایی که روند آن‌ها منفی بود تا حدودی کاهش پیدا کرده است. با این حال، آماره مذکور در مورد ایستگاه‌هایی که مقدار آماره Z آن‌ها مثبت بود، در برخی از ایستگاه‌ها موجب افزایش Z و برخی دیگر موجب کاهش آماره Z شده است. اعمال روش MK2 به‌جای MK1 موجب افزایش تعداد ایستگاه‌هایی شد که روند تغییرات سرعت باد آن‌ها مثبت بود. با این حال، با اعمال روش MK2 به جای MK1 تعداد ایستگاه‌هایی که روند تغییرات سرعت باد آن‌ها منفی بود در برخی از ماه‌ها افزایش و در برخی دیگر کاهش پیدا کرد. اعمال روش MK3 به‌جای MK2 در مقیاس سالانه باعث شد که آماره Z ایستگاه‌هایی که روند منفی معنی‌دار یا مثبت معنی‌دار داشته‌اند، غیرمعنی‌دار گردد. افزون بر این، اعمال روش MK3 به جای MK2 در مقیاس ماهانه باعث شد که تعداد ایستگاه‌هایی که سرعت باد آن‌ها دارای روند معنی‌دار (اعم از مثبت یا منفی) بود، کاهش پیدا کند. اعمال روش MK4 به‌جای روش MK1 سبب شد که قدرمطلق آماره Z ایستگاه‌ها تا حدود زیادی کاهش یابد. ضمناً با اعمال روش MK4 به جای MK1 نتایج مشابهی در خصوص کاهش مقدار آماره Z من کندال به‌دست آمد. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که سرعت باد، هم در مقیاس سالانه و هم در مقیاس ماهانه، در اکثر ایستگاه‌ها دارای روند منفی معنی‌دار بوده ولی در برخی از ایستگاه‌ها نیز روند مثبت معنی‌دار وجود دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ـ خردادی، م.ج.، اسلامیان، س .س. و عابدی کوپایی، ج. (۱۳۸۶)، «بررسی روند پارامترهای هواشناسی در چند منطقه از ایران»، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، ۲۴ بهمن ۱۳۸۶.

ـ رحیم زاده، ف.، محمدیان، ن. و اکبری نژاد، س. ج. (۱۳۸۵)، «بررسی تغییرات سرعت باد در ارتفاع ده متری از سطح زمین»، ***مجله نیوار***، شماره ۶۲-۶۳. ص ۷-۲۱.

ـ قهرمان، ن. و قره خانی، ا. (۱۳۸۹)، «بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره اقلیمی ایران»، ***مجله آبیاری و زهکشی ایران***، ۱ (۴): ۳۱-۴۳.

- Abdul-Aziz, O.I. and Burn, D.H. (2006), "Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River basin", ***Journal of Hydrology***, 319(1-4): 282-294.

- Birsan, M.V., Molnar, P., Burlando, P., and Pfaundler, M. (2005), "Streamflow trends in Switzerland", ***Journal of Hydrology***, 314 (1-4): 312–329.

- Fu, G., Yu J., Zhang, Y., Hu, S., Ouyang, R., and Liu W. (2010), "Temporal variation of wind speed in China for 1961-2007", ***Theor. Appl. Climatol.***, DOI 10.1007/s00704-010-0348-x.

- Hamed, K.H. (2008), "Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis", ***Journal of Hydrology***, 349: 350-363.

- Hamed, K.H. (2009), "Exact distribution of the Mann-Kendall trend test statistic for persistent data", ***Journal of Hydrology***, 365: 86-94.

- Hamed, K.H., and Rao, A.R. (1998), "A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data", ***Journal of Hydrology***, 204: 182-196.

- Jhajharia, D., Shrivastava, S.K., Sarkar, D., Sarkar, S. (2009), "Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India", Agric. For. ***Meteoro,*** 149: 763-779.

- Kendall, M.G. (1975), "**Rank Correlation Measures**", Charles Griffin", London.

- Klink, K. (2002), "Trends and interannual variability of wind speed distributions in Minnesota", ***Journal of Climate***, 15: 3311-3317.

- Kosutsoyiannis, D., (2003), "Climate change, the Hurst phenomenon, and hydrological statistics", ***Hydrological Sciences Journal***, 48(1): 3-24.

- Kull, A. (2005), "Relationship between inter-annual variation of wind direction and wind speed", Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 97: 62–70.

- Kumar, S., Merwade, V., Kam, J., and Thurner, K., (2009), "Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains", ***Journal of Hydrology***, 374(1-2): 171-183.

- Mann, H.B. (1945), "Non-parametric tests against trend",. ***Econometrica***, 13, MathSci Net, pp. 245-259.

- Mc Vivar, T., Van Niel, T.G., Li, L.T., Roderick, M.L., Rayner, D.P., Ricciardulli, L. and Donohue, R.J (2008), "Wind speed climatology and trends for Australia, 1975-2006: Capturing the stilling phenomenon and comparison with near surface reanalysis output". ***Geophysical Research Letters***, 35, L20403, doi: 1029/2008GL035627.

- Mostafaeipour, A., (2010), "Feasibility study of harnessing wind energy for turbin installation in province of Yazd in Iran", ***Renewable & Sustainable Energy Reviews***, 14(1): 93-111.

- Novotny, E.V., Stefan, H.G. (2007), "Stream flow in Minnesota: indicator of climate change", ***Journal of Hydrology***, 334 (3-4): 319-333.

- Pirazzoli, P.A. and Tomasin, A. (2003), "Recent near-surface wind changes in the central Mediterranean and Adriatic areas", ***Int. J. Climatol***., 23: 963-973.

- Sen, P.K. (1968), "Estimates of the regression coefficients based on Kendall's Tau", ***Journal of the American Statistical Association***, 63: 1379-1389.

- Tuller, S.E. (2004), "Measured wind speed trends on the west coast of Canada", ***Int. J. Climatol***. 24: 1359-1374. DOI: 10.1002/joc.1073.

- Vautard, R., Cattiaux, J., Yiou, P., Thepaut, J-N., Ciais, P. (2010). "Northern hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness", ***Nature Geoscience Letters***, DOI: 10.1038/NGE0979.

- Wan, H., Wang, X.L., Swail, V.R. (2010), "Homogenization and trend analysis of Canadian near-surface wind speeds", ***Journal of Climate***, 23: 1209-1225. DOI: 10.1175/2009JCLI3200.1.

- Yue, S., and Wang, C.Y. (2002), "Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test", ***Water Res. Res***., 38 (6): 4-1_4-7.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در ایران در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶

ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی		طول جغرافیایی		ارتفاع (متر)	شیب خط رگرسیون*	میانگین‌سالانه سرعت‌باد (Knots)
		دقیقه	درجه	دقیقه	درجه			
۱	آبادان	۲۲	۳۰	۱۵	۴۸	۶/۶	-۰/۰۲۴	۶/۳۲
۲	اصفهان	۳۷	۳۲	۴۰	۵۱	۱۵۵۰/۴	-۰/۰۵۱	۳/۵۹
۳	انزلی	۲۸	۳۷	۲۸	۴۹	-۲۶/۲	۰/۰۱۷	۳/۸۳
۴	اهواز	۲۰	۳۱	۴۰	۴۸	۲۲/۵	-۰/۰۱۹	۴/۹۴
۵	بیرجند	۵۲	۳۲	۱۲	۵۹	۱۴۹۱	-۰/۰۵۲	۵/۲۴
۶	تبریز	۰۵	۳۸	۱۷	۴۶	۱۳۶۱	-۰/۰۰۴	۵/۸۹
۷	تربت‌حیدریه	۱۶	۳۵	۱۳	۵۹	۱۴۵۰/۸	۰/۰۱۲	۳/۷۱
۸	تهران	۴۱	۳۵	۱۹	۵۱	۱۱۹۰/۸	-۰/۰۱۴	۵/۱۳
۹	چابهار	۱۷	۲۵	۳۷	۶۰	۸	۰/۰۶۵	۵/۹۷
۱۰	زابل	۰۲	۳۱	۲۹	۶۱	۴۸۹/۲	۰/۱۴۱	۱۰/۵۵
۱۱	زاهدان	۲۸	۲۹	۵۳	۶۰	۱۳۷۰	-۰/۰۰۶	۶/۱۷
۱۲	زنجان	۴۱	۳۶	۲۹	۴۸	۱۶۶۳	۰/۰۸۴	۴/۰۵
۱۳	سبزوار	۱۲	۳۶	۴۳	۵۷	۹۷۷/۶	-۰/۰۴۲	۵/۴۱
۱۴	سمنان	۳۵	۳۵	۳۳	۵۳	۱۱۳۰/۸	۰/۰۳۱	۲/۶۵
۱۵	سنندج	۲۰	۳۵	۰۰	۴۷	۱۳۷۳/۴	۰/۰۰۲	۳/۸۶
۱۶	شیراز	۳۲	۲۹	۳۶	۵۲	۱۴۸۴	-۰/۰۲۷	۴/۴۳
۱۷	فسا	۵۸	۲۸	۴۱	۵۳	۱۲۸۸/۳	-۰/۰۶۷	۳/۱۶
۱۸	قزوین	۱۵	۳۶	۰۳	۵۰	۱۲۷۹/۲	-۰/۰۵۷	۳/۷۳
۱۹	کرمان	۱۵	۳۰	۵۸	۵۶	۱۷۵۳/۸	-۰/۰۷۴	۵/۸۲
۲۰	گرگان	۵۱	۳۶	۱۶	۵۴	۱۳/۳	۰/۰۳۳	۱/۹۳
۲۱	مشهد	۱۶	۳۶	۳۸	۵۹	۹۹۹/۲	۰/۰۴۹	۳/۸۶
۲۲	همدان (نوژه)	۱۲	۳۵	۴۳	۴۸	۱۶۷۹/۷	-۰/۰۱۵	۵/۸۵

* شیب خط رگرسیون برحسب متر بر ثانیه در سال بوده و متعلق به سری سرعت باد در مقیاس سالانه است.

جدول (۲) مقادیر آماره Z آزمون مان کندال (MK1) برای میانگین سرعت باد ماهانه و سالانه در ۲۲ ایستگاه منتخب در ایران (دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶)

		مقیاس زمانی												
		ماهانه												سالانه
ردیف	ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سال
۱	آبادان	-۳/۲۵**	-۱/۸۹	-۲/۱۵*	-۱/۲۱	-۰/۹۴	-۰/۹۰	-۰/۲۴	-۰/۳۴	۰/۷۶	-۰/۷۷	-۰/۲۸	-۲/۵۳**	-۱/۷۴
۲	اصفهان	-۲/۸۴**	-۰/۷۸	-۳/۹۵**	-۳/۰۶**	-۳/۶۸**	-۴/۶۷**	-۴/۶۰**	-۴/۹۴**	-۳/۵۳**	-۳/۲۸**	-۲/۲۷**	-۳/۳۱**	-۵/۳۷**
۳	انزلی	۰/۶۵	۱/۵۸	۲/۲۷**	۲/۰۲*	۰/۹۶	۰/۶۴	۱/۱۰	۱/۴۶	۱/۱۴	۱/۰۶	۱/۵۴	۰/۶۶	۲/۱۹*
۴	اهواز	-۰/۶۰	۰/۶۱	-۱/۶۹	-۱/۵۲	-۱/۸۰	-۰/۴۲	۰/۹۹	۰/۵۴	-۰/۹۹	-۱/۱۰	۰/۲۰	-۰/۵۸	-۰/۱۹
۵	بیرجند	-۲/۶۴**	-۱/۸۸	-۲/۶۴**	-۲/۶۹**	-۲/۳۷**	-۲/۳۶**	-۱/۴۹	-۲/۹۶**	-۳/۱۸**	-۳/۸۳**	-۱/۹۹*	-۱/۷۲	-۲/۸۰**
۶	تبریز	-۰/۴۹	۱/۳۳	۱/۲۸	۰/۱۲	۰/۷۴	-۰/۲۶	-۱/۷۸	-۲/۵۳**	-۰/۹۰	۰/۸۱	۱/۸۹	۰/۶۸	-۰/۳۶
۷	تربت‌حیدریه	-۱/۰۶	۰/۸۴	-۱/۲۵	-۰/۰۳	۱/۳۳	۱/۰۹	۱/۹۶*	۰/۷۷	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۷۶	-۰/۷۹	۰/۳۶
۸	تهران	۰/۴۱	۰/۷۲	-۱/۲۰	-۰/۴۲	-۰/۸۵	-۱/۸۱	۰/۰۰	-۰/۷۷	-۲/۶۴**	-۲/۲۱*	-۱/۶۴	-۲/۰۹*	-۱/۲۱
۹	چابهار	۳/۱۱**	۲/۶۵**	۱/۲۱	۱/۴۰	۰/۶۷	۱/۰۴	۲/۶۰**	۳/۴۳**	۲/۴۹**	۱/۹۴	۲/۷۳**	۲/۶۱**	۲/۶۹**
۱۰	زابل	۴/۳۵**	۵/۰۷**	۳/۹۰**	۴/۴۲**	۴/۰۳**	۲/۵۵**	۴/۲۲**	۴/۲۹**	۳/۸۳**	۳/۹۴**	۳/۴۶**	۴/۳۵**	۵/۲۷**
۱۱	زاهدان	۰/۲۳	۰/۶۸	-۰/۹۲	-۲/۱۲*	-۰/۱۲	-۰/۰۷	-۰/۰۲	-۰/۴۸	-۰/۵۸	-۰/۱۸	۱/۵۳	-۰/۳۵	-۰/۶۳
۱۲	زنجان	۳/۴۹**	۳/۷۲**	۲/۹۳**	۲/۷۳**	۳/۳۸**	۳/۵۲**	۴/۲۰**	۳/۹۴**	۴/۵۱**	۴/۱۱**	۴/۴۱**	۳/۶۷**	۴/۰۴**
۱۳	سبزوار	-۱/۴۴	-۰/۱۹	-۰/۶۵	-۰/۱۲	۰/۵۸	۰/۲۶	-۰/۸۲	-۱/۱۶	۰/۲۹	-۰/۰۷	-۱/۴۷	-۱/۰۹	۰/۰۷
۱۴	سمنان	۰/۶۸	-۰/۳۶	-۰/۲۵	-۰/۳۵	-۰/۱۴	۰/۶۷	۱/۵۴	۰/۵۹	۰/۰۰	-۰/۷۱	۰/۱۲	۰/۷۵	-۰/۲۲
۱۵	سنندج	-۰/۱۹	۲/۰۳*	۰/۹۰	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۹۴	۱/۱۶	-۰/۳۳	-۰/۹۶	-۰/۷۰	۰/۸۶	۰/۷۳	۰/۰۰
۱۶	شیراز	-۲/۶۴**	-۲/۲۹**	-۲/۷۱**	-۱/۳۸	-۱/۲۶	-۱/۸۹	-۱/۳۸	-۲/۲۲*	-۲/۳۵**	-۲/۷۲**	-۲/۴۶**	-۳/۲۱**	-۲/۶۵**
۱۷	فسا	-۳/۵۰**	-۲/۸۳**	-۳/۰۳**	-۳/۵۸**	-۲/۸۷**	-۲/۸۶**	-۲/۵۲**	-۲/۷۹**	-۳/۸۴**	-۴/۳۰**	-۴/۳۹**	-۴/۱۳**	-۳/۸۳**
۱۸	قزوین	-۳/۲۷**	-۱/۵۶	-۳/۴۴**	-۴/۲۳**	-۴/۱۷**	-۴/۳۰**	-۵/۰۴**	-۳/۴۱**	-۳/۳۶**	-۳/۲۴**	-۱/۹۳	-۱/۲۱	-۴/۴۷**
۱۹	کرمان	-۱/۸۸	-۱/۳۳	-۱/۹۱	-۳/۹۹**	-۲/۴۶**	-۳/۲۶**	-۲/۸۹**	-۳/۶۳**	-۳/۱۶**	-۲/۲۱*	-۱/۱۲	-۲/۴۲**	-۲/۷۹**
۲۰	گرگان	۲/۰۹*	۱/۳۴	۰/۹۱	۰/۸۴	۱/۱۳	۰/۸۹	۰/۲۹	-۰/۳۴	۰/۶۱	۱/۷۹	۱/۴۸	۱/۵۲	۰/۶۹
۲۱	مشهد	۲/۲۲*	۲/۱۶*	۱/۷۰	۲/۰۸*	۱/۸۶	۲/۴۳**	۲/۸۹**	۲/۱۸*	۲/۲۸**	۱/۹۵	۲/۴۶**	۲/۶۷**	۲/۶۴**
۲۲	همدان(نوژه)	-۰/۰۳	۰/۷۹	-۰/۸۰	-۱/۸۰	-۱/۱۳	-۰/۱۹	-۰/۲۱	-۰/۷۵	-۰/۳۶	-۰/۲۱	-۰/۷۵	-۱/۱۵	-۰/۸۴
تعداد ایستگاه با روند مثبت†		۵	۵	۴	۴	۳	۳	۵	۴	۴	۵	۵	۴	۵
تعداد ایستگاه با روند منفی		۷	۴	۸	۷	۶	۷	۵	۷	۷	۷	۶	۷	۷
تعداد ایستگاه بدون روند		۱۰	۱۳	۱۰	۱۱	۱۳	۱۲	۱۲	۱۱	۱۱	۱۰	۱۱	۱۱	۱۰

توجه: در این جدول روند معنی‌دار به‌صورت ارقام پررنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به‌ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند. † در شمارش تعداد ایستگاه‌ها سطح معنی‌داری ۱۰ درصد یا کمتر در نظر گرفته شده است.

جدول (۳) مقادیر آماره Z آزمون مان کندال (MK2) برای میانگین سرعت باد ماهانه و سالانه در ۲۲ ایستگاه منتخب در ایران (دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶)

		مقیاس زمانی												
		ماهانه												سالانه
ردیف	ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سال
۱	آبادان	-۳/۷۳**	-۲/۳۰**	-۱/۹۴**	-۱/۳۱	-۰/۹۴	-۰/۹۰	-۰/۲۴	-۰/۳۴	۰/۷۶	-۰/۷۷	-۰/۶۲	-۲/۷۱**	-۲/۵۷**
۲	اصفهان	-۲/۸۱**	-۰/۷۸	-۴/۰۲**	-۳/۱۳**	-۳/۷۶**	-۴/۱۸**	-۳/۷۲**	-۴/۱۸**	-۲/۷۸**	-۲/۴۶**	-۲/۲۷**	-۳/۲۵**	-۵/۶۳**
۳	انزلی	۰/۶۵	۱/۴۱	۱/۷۶	۱/۶۲	۰/۸۰	۱/۳۲	۱/۱۱	۱/۳۴	۱/۴۳	۱/۴۶	۱/۵۴	۰/۴۸	**۲/۵۷**
۴	اهواز	-۰/۲۴	۰/۶۱	-۱/۷۱	-۱/۹۵	-۱/۸۰	-۰/۴۲	۰/۹۹	۰/۹۷	-۰/۶۲	-۰/۶۲	۰/۶۹	-۱/۱۱	-۱/۱۷
۵	بیرجند	-۲/۱۸*	-۱/۹۷*	-۲/۷۴**	-۳/۰۹**	-۲/۲۷**	-۱/۵۷	-۱/۶۷	-۳/۶۰**	-۳/۲۰**	-۳/۵۸**	-۲/۲۰*	-۲/۳۴**	-۴/۳۵**
۶	تبریز	-۰/۱۳	۱/۸۵	۱/۳۶	-۰/۰۳	۲/۰۲*	۰/۷۲	-۱/۵۵	-۱/۸۸	۰/۲۴	۱/۷۶	۱/۹۹*	۱/۲۰	۰/۲۲
۷	تربت حیدریه	-۰/۷۸	۱/۴۸	-۱/۸۸	-۰/۷۷	۱/۶۹	۱/۰۶	۲/۴۱**	۰/۸۳	۰/۵۹	۱/۰۶	۱/۲۹	-۰/۵۷	-۰/۵۰
۸	تهران	۰/۴۱	۰/۷۲	-۱/۲۰	-۰/۴۲	-۰/۸۵	-۱/۸۱	۰/۲۶	-۰/۰۶	-۱/۷۸	-۱/۹۷*	-۱/۶۰	-۲/۶۹**	-۱/۹۵
۹	چابهار	۲/۹۰**	۱/۹۵	۱/۲۱	۱/۳۲	۰/۲۹	۱/۱۱	۲/۹۵**	۳/۵۱**	۲/۴۸**	۲/۸۳**	۳/۰۴**	۲/۲۰*	**۲/۵۳**
۱۰	زابل	۴/۰۰**	۵/۰۷**	۳/۶۱**	۴/۴۹**	۳/۷۴**	۲/۵۵**	۳/۴۸**	۳/۷۲**	۳/۳۹**	۳/۳۷**	۴/۰۴**	۳/۷۶**	۵/۰۲**
۱۱	زاهدان	۰/۲۳	۰/۶۸	-۰/۶۹	-۲/۱۲*	-۰/۱۲	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۴۱	۰/۲۴	۰/۸۵	۱/۳۹	-۰/۸۳	-۰/۹۰
۱۲	زنجان	۴/۶۰**	۴/۲۸**	۳/۳۲**	۳/۰۹**	۴/۳۵**	۴/۲۳**	۵/۰۷**	۵/۴۶**	۵/۵۶**	۴/۹۵**	۴/۹۹**	۳/۹۳**	۴/۵۶**
۱۳	سبزوار	-۰/۱۷	۱/۳۲	-۰/۵۹	۰/۴۳	۱/۰۱	۱/۴۳	-۰/۲۹	-۰/۶۲	۱/۵۵	۱/۰۸	۰/۰۳	۰/۳۱	۰/۴۷
۱۴	سمنان	۱/۸۵	۱/۳۲	۱/۶۲	۱/۰۸	۱/۸۲	۲/۲۰*	۳/۰۶**	۲/۶۴**	۱/۳۴	۰/۱۷	۱/۵۸	۲/۲۵**	۱/۲۶
۱۵	سنندج	۰/۱۷	۲/۰۳*	۱/۰۱	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۹۴	۱/۷۸	-۰/۰۶	-۰/۱۵	-۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۸۷	-۰/۱۶
۱۶	شیراز	-۲/۰۹*	-۲/۵۵**	-۲/۸۱**	-۱/۲۰	-۰/۹۴	-۱/۴۸	-۱/۴۱	-۱/۹۹*	-۲/۰۴*	-۲/۵۳**	-۲/۳۴**	-۳/۶۹**	-۳/۷۴**
۱۷	فسا	-۴/۱۱**	-۲/۸۳**	-۲/۹۲**	-۳/۳۴**	-۳/۵۱**	-۲/۸۳**	-۱/۶۴	-۲/۶۴**	-۳/۳۴**	-۴/۹۳**	-۵/۰۹**	-۵/۰۰**	-۵/۰۹**
۱۸	قزوین	-۳/۲۷**	-۱/۵۶	-۲/۸۵**	-۴/۵۶**	-۴/۰۷**	-۴/۴۴**	-۵/۰۲**	-۳/۷۴**	-۳/۳۹**	-۳/۲۳**	-۱/۸۸	-۲/۰۶*	-۵/۴۴**
۱۹	کرمان	-۱/۸۱	-۱/۳۳	-۱/۸۱	-۳/۰۹**	-۱/۴۸	-۲/۵۳**	-۲/۲۰*	-۲/۶۹**	-۳/۱۸**	-۱/۶۴	-۰/۳۶	-۲/۷۸**	-۴/۴۹**
۲۰	گرگان	۴/۵۶**	۳/۵۵**	۳/۰۴**	۲/۹۰**	۲/۹۵**	۳/۱۳**	۱/۸۱	۱/۲۷	۲/۳۷**	۳/۹۵**	۳/۸۶**	۳/۲۳**	۳/۲۳**
۲۱	مشهد	۲/۹۹**	۳/۲۰**	۳/۱۱**	۲/۸۱**	۲/۷۸**	۳/۷۶**	۳/۵۱**	۳/۸۳**	۳/۷۲**	۳/۴۱**	۴/۳۵**	۳/۰۲**	۳/۶۲**
۲۲	همدان (نوژه)	-۰/۱۵	۰/۷۹	-۱/۴۳	-۱/۸۰	-۱/۱۳	۰/۳۸	۰/۵۵	-۰/۳۵	۰/۰۸	۰/۰۳	-۰/۷۵	-۱/۴۸	-۱/۳۴
تعداد ایستگاه با روند مثبت†		۶	۷	۵	۴	۷	۵	۸	۵	۵	۶	۶	۶	۶
تعداد ایستگاه با روند منفی		۷	۴	۹	۸	۵	۴	۵	۷	۷	۷	۵	۸	۸
تعداد ایستگاه بدون روند		۹	۱۱	۸	۱۰	۱۰	۱۳	۹	۱۰	۱۰	۹	۱۱	۸	۸

توجه: در این جدول روند معنی‌دار به‌صورت ارقام پررنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به‌ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند.† در شمارش تعداد ایستگاه‌ها سطح معنی‌داری ۱۰ درصد یا کمتر در نظر گرفته شده است.

جدول (۴) مقادیر آماره Z آزمون مان کندال (MK3) برای میانگین سرعت باد ماهانه و سالانه در ۲۲ ایستگاه منتخب در ایران (دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶)

		مقیاس زمانی												
		ماهانه												سالانه
ردیف	ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سال
۱	آبادان	-۱/۶۲	-۱/۵۷	-۱/۲۵	-۰/۹۷	-۰/۷۴	-۰/۹۰	-۰/۲۴	-۰/۳۴	۰/۷۶	-۰/۷۷	-۰/۲۰	-۱/۶۹	-۱/۰۸
۲	اصفهان	-۲/۰۲*	-۰/۷۸	-۲/۴۴**	-۲/۴۷**	-۲/۲۹**	-۱/۸۰	-۲/۱۳*	-۲/۰۹*	-۱/۹۷*	-۲/۲۶**	-۲/۲۷**	-۲/۲۶**	-۲/۱۵*
۳	انزلی	۰/۶۵	۱/۲۸	۱/۲۳	۱/۰۸	۰/۴۸	۰/۳۵	۰/۶۴	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۶۶	۱/۵۴	۰/۴۲	۱/۰۹
۴	اهواز	-۰/۳۱	۰/۶۱	-۰/۹۱	-۰/۸۴	-۱/۸۰	-۰/۴۲	۰/۹۹	۰/۴۴	-۰/۵۴	-۰/۸۳	۰/۱۵	-۰/۳۲	-۰/۰۹
۵	بیرجند	-۱/۴۴	-۱/۰۸	-۱/۳۷	-۱/۴۳	-۱/۱۵	-۱/۲۰	-۰/۷۵	-۱/۳۷	-۱/۵۲	-۱/۷۴	-۱/۱۶	-۰/۹۸	-۱/۲۹
۶	تبریز	-۰/۲۳	۱/۰۰	۰/۷۰	۰/۰۹	۰/۳۴	-۰/۱۵	-۱/۴۳	-۱/۳۰	-۰/۶۹	۰/۴۳	۱/۵۱	۰/۳۵	-۰/۱۶
۷	تربت‌حیدریه	-۰/۶۲	۰/۴۳	-۰/۸۳	-۰/۰۲	۰/۸۱	۰/۵۶	۱/۰۹	۰/۵۰	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴۰	-۰/۴۶	۰/۱۸
۸	تهران	۰/۴۱	۰/۷۲	-۱/۲۰	-۰/۴۲	-۰/۸۵	-۱/۸۱	۰/۰۰	-۰/۵۱	-۲/۰۹*	-۱/۷۲	-۱/۳۴	-۱/۳۷	-۰/۶۸
۹	چابهار	۱/۷۵	۱/۹۵	۱/۲۱	۱/۰۹	۰/۴۹	۰/۷۹	۱/۵۷	۱/۸۶	۱/۵۶	۱/۲۱	۱/۶۶	۱/۵۵	۱/۵۴
۱۰	زابل	۲/۶۹**	۵/۰۷**	۲/۴۰**	۲/۴۲**	۲/۲۲*	۲/۵۵**	۳/۲۷**	۲/۷۴**	۲/۴۶**	۲/۰۸*	۱/۸۹	۲/۶۰**	۲/۸۸
۱۱	زاهدان	۰/۲۳	۰/۶۸	-۰/۷۶	-۲/۱۲*	-۰/۱۲	-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۳۸	-۰/۳۳	-۰/۱۲	۱/۰۲	-۰/۲۹	-۰/۳۸
۱۲	زنجان	۱/۵۳	۱/۸۲	۱/۴۸	۱/۴۰	۱/۵۸	۱/۷۱	۱/۹۸×	۱/۸۲	۱/۸۰	۱/۶۸	۱/۸۹	۱/۴۸	۱/۶۲
۱۳	سبزوار	-۰/۶۳	-۰/۰۸	-۰/۲۸	-۰/۰۵	۰/۲۹	۰/۱۳	-۰/۳۸	-۰/۵۵	۰/۱۴	-۰/۰۳	-۰/۷۱	-۰/۵۲	۰/۰۳
۱۴	سمنان	۰/۴۱	-۰/۲۱	-۰/۱۵	-۰/۲۵	-۰/۰۹	۰/۴۶	۱/۱۷	۰/۳۶	۰/۰۰	-۰/۴۳	۰/۰۷	۰/۴۲	-۰/۱۳
۱۵	سنندج	-۰/۱۵	۲/۰۳*	۰/۷۰	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۵۶	۰/۷۰	-۰/۱۹	-۰/۵۸	-۰/۵۷	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۰۰
۱۶	شیراز	-۱/۹۸*	-۱/۵۳	-۲/۲۱*	-۱/۱۲	-۰/۸۱	-۱/۳۰	-۰/۹۰	-۱/۳۹	-۱/۴۷	-۱/۷۲	-۱/۸۹	-۲/۳۸**	-۱/۵۴
۱۷	فسا	-۱/۴۱	-۱/۳۲	-۱/۶۵	-۱/۸۳	-۱/۳۹	-۱/۳۷	-۱/۳۴	-۱/۴۴	-۱/۶۹	-۱/۷۴	-۱/۶۵	-۱/۶۲	-۱/۶۱
۱۸	قزوین	-۳/۳۷**	-۱/۵۶	-۱/۸۸	-۱/۵۶	-۱/۴۸	-۱/۵۴	-۱/۷۷	-۱/۳۵	-۱/۳۳	-۱/۴۱	-۱/۱۰	-۰/۷۷	-۱/۵۷
۱۹	کرمان	-۱/۱۳	-۱/۳۳	-۱/۱۲	-۱/۷۶	-۱/۸۰	-۱/۶۰	-۱/۶۳	-۱/۸۰	-۱/۳۴	-۱/۲۳	-۰/۶۴	-۱/۳۶	-۱/۱۴
۲۰	گرگان	۰/۹۸	۰/۶۷	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۱۵	-۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۸۱	۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۳۲
۲۱	مشهد	۱/۰۰	۱/۰۸	۰/۸۰	۰/۹۱	۰/۸۴	۱/۰۴	۱/۲۸	۱/۰۱	۰/۹۶	۰/۸۵	۱/۰۴	۱/۱۰	۱/۰۶
۲۲	همدان(نوژه)	-۰/۰۳	۰/۷۹	-۰/۶۵	-۱/۸۰	-۱/۱۳	-۰/۱۴	-۰/۱۲	-۰/۴۵	-۰/۲۳	-۰/۱۵	-۰/۷۵	-۰/۹۳	-۰/۴۹
تعداد ایستگاه با روند مثبت†		۲	۴	۱	۱	۱	۲	۲	۳	۲	۱	۳	۱	۱
تعداد ایستگاه با روند منفی		۳	۰	۴	۵	۳	۲	۲	۲	۳	۵	۳	۳	۱
تعداد ایستگاه بدون روند		۱۷	۱۸	۱۷	۱۶	۱۸	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۱۶	۱۶	۱۸	۲۰

توجه: در این جدول روند معنی‌دار به‌صورت ارقام پررنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به‌ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند. † در شمارش تعداد ایستگاه‌ها سطح معنی‌داری ۱۰ درصد یا کمتر در نظر گرفته شده است.

جدول (۵) مقادیر آماره Z آزمون مان کندال (MK4) برای میانگین سرعت باد ماهانه و سالانه در ۲۲ ایستگاه منتخب در ایران (دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶)

		مقیاس زمانی												
		ماهانه											سالانه	
ردیف	ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سال
۱	آبادان	-۳/۲۵**	-۱/۸۹	-۱/۶۸	-۱/۲۱	-۰/۶۹	-۰/۹۰	-۰/۲۴	-۰/۳۴	۰/۷۶	-۰/۷۷	-۰/۲۲	-۲/۵۳**	-۱/۰۸
۲	اصفهان	-۲/۸۴*	-۰/۷۸	-۳/۹۵**	-۳/۰۶**	-۳/۶۸**	-۳/۲۴**	-۴/۶۰**	-۴/۹۴**	-۳/۵۳**	-۳/۲۸**	-۲/۲۷**	-۳/۳۱**	-۳/۰۲**
۳	انزلی	۰/۶۵	۱/۲۳	۱/۰۸	۱/۰۰	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۵۰	۰/۶۹	۰/۵۹	۰/۵۵	۱/۵۴	۰/۴۶	۰/۸۱
۴	اهواز	-۰/۳۲	۰/۶۱	-۱/۰۰	-۱/۱۹	-۱/۸۰	-۰/۴۲	۰/۹۹	۰/۵۴	-۰/۵۱	-۰/۸۱	۰/۱۶	-۰/۲۶	-۰/۰۸
۵	بیرجند	-۱/۴۲	-۰/۸۳	-۱/۰۸	-۱/۱۴	-۱/۰۴	-۱/۲۲	-۰/۶۳	-۱/۳۵	-۱/۵۱	-۱/۶۸	-۱/۰۳	-۰/۷۳	-۱/۰۳
۶	تبریز	-۰/۲۱	۰/۹۸	۰/۶۹	۰/۰۷	۰/۳۲	-۰/۱۵	-۱/۷۸	-۱/۷۶	-۰/۵۹	۰/۵۰	۱/۸۹	۰/۲۸	-۰/۱۵
۷	تربت‌حیدریه	-۰/۵۰	۰/۴۳	-۰/۷۱	-۰/۰۲	۰/۷۵	۰/۶۱	۰/۹۳	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۲۹	-۰/۳۹	۰/۱۲
۸	تهران	۰/۴۱	۰/۷۲	-۱/۲۰	-۰/۴۲	-۰/۸۵	-۱/۸۱	۰/۰۰	-۰/۷۷	-۲/۰۶*	-۲/۲۱*	-۱/۶۴	-۲/۰۹×	-۰/۷۹
۹	چابهار	۳/۱۱**	۲/۶۵**	۱/۲۱	۱/۴۰	۰/۴۶	۰/۸۱	۲/۰۴*	۲/۶۹**	۱/۸۳	۱/۰۰	۱/۷۰	۱/۴۷	۱/۱۹
۱۰	زابل	۴/۳۵**	۲/۷۴**	۳/۹۰**	۴/۴۲**	۴/۰۳**	۱/۶۸	۴/۲۲**	۲/۶۷**	۲/۵۲**	۳/۹۴**	۳/۴۶**	۴/۳۵**	۲/۹۸**
۱۱	زاهدان	۰/۲۳	۰/۶۸	-۰/۹۲	-۱/۶۶	-۰/۱۲	-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۲۳	-۰/۳۱	-۰/۱۲	۱/۱۲	-۰/۳۵	-۰/۳۴
۱۲	زنجان	۱/۳۸	۲/۳۲**	۲/۰۳*	۱/۷۹	۱/۹۱	۲/۰۹*	۲/۶۱**	۱/۸۸	۲/۳۳**	۲/۳۲**	۲/۲۸**	۱/۹۰	۱/۷۲
۱۳	سبزوار	-۰/۵۷	-۰/۰۷	-۰/۲۴	-۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۱۳	-۰/۳۰	-۰/۴۳	۰/۱۲	-۰/۰۳	-۰/۶۲	-۰/۴۳	۰/۰۲
۱۴	سمنان	۰/۴۰	-۰/۲۰	-۰/۱۲	-۰/۲۰	-۰/۰۸	۰/۳۸	۱/۵۴	۰/۳۴	۰/۰۰	-۰/۴۷	۰/۰۸	۰/۳۶	-۰/۱۱
۱۵	سنندج	-۰/۱۹	۲/۰۳*	۰/۵۶	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۶۲	۰/۷۲	-۰/۱۹	-۰/۶۳	-۰/۴۶	۰/۸۶	۰/۴۲	۰/۰۰
۱۶	شیراز	-۲/۶۴**	-۱/۶۸	-۲/۷۱**	-۱/۰۸	-۰/۷۸	-۱/۴۸	-۰/۸۲	-۱/۶۳	-۱/۴۶	-۱/۵۴	-۲/۴۶**	-۳/۲۱**	-۱/۳۱
۱۷	فسا	-۱/۶۰	-۱/۷۶	-۳/۰۳**	-۳/۵۸**	-۱/۶۲	-۱/۴۸	-۱/۶۵	-۱/۵۰	-۲/۵۲**	-۲/۴۲**	-۱/۹۳	-۱/۴۷	-۱/۷۵
۱۸	قزوین	-۲/۱۴*	-۱/۵۶	-۳/۴۴**	-۲/۰۹*	-۱/۹۰	-۲/۲۲×	-۲/۳۰××	-۱/۵۰	-۱/۹۰	-۱/۷۴	-۱/۴۲	-۰/۸۰	-۱/۷۱
۱۹	کرمان	-۱/۲۳	-۰/۹۲	-۱/۴۱	-۲/۷۷**	-۱/۷۱	-۱/۷۵	-۲/۲۷**	-۲/۵۲**	-۱/۳۴	-۱/۲۵	-۰/۵۱	-۱/۴۴	-۰/۹۱
۲۰	گرگان	۰/۸۰	۰/۴۹	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴۸	۰/۳۹	۰/۱۲	-۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۶۶	۰/۵۸	۰/۶۹	۰/۲۲
۲۱	مشهد	۱/۱۵	۱/۳۴	۰/۷۰	۱/۱۲	۰/۹۶	۱/۲۰	۱/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۹	۱/۱۷	۱/۳۲	۱/۰۰
۲۲	همدان(نوژه)	-۰/۰۳	۰/۷۹	-۰/۶۳	-۱/۸۰	-۱/۱۳	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۳۷	-۰/۲۱	-۰/۲۱	-۰/۷۵	-۱/۱۵	-۰/۴۳
تعداد ایستگاه با روند مثبت†		۲	۴	۲	۲	۲	۲	۴	۳	۳	۲	۴	۲	۲
تعداد ایستگاه با روند منفی		۴	۳	۵	۶	۵	۴	۴	۳	۴	۵	۳	۴	۳
تعداد ایستگاه بدون روند		۱۶	۱۵	۱۵	۱۴	۱۵	۱۶	۱۴	۱۶	۱۵	۱۵	۱۵	۱۶	۱۷

توجه: در این جدول روند معنی‌دار به‌صورت ارقام پررنگ در سطح معنی‌داری ۱۰، ۵ و ۱ درصد به‌ترتیب بدون ستاره، با یک ستاره و دو ستاره مشخص شده‌اند. † در شمارش تعداد ایستگاه‌ها سطح معنی‌داری ۱۰ درصد یا کمتر در نظر گرفته شده است.