

تحلیل روند تغییرات بیشینه سرعت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان با آزمون‌های من-کندال و شیب تخمین سن

اسمعیل پودینه^۱، برومند صلاحی^{۲*}، محمود خسروی^۳، محسن حمیدیان پور^۴

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۴- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۹/۱۷

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۲/۲۹

چکیده

هدف از انجام این تحقیق بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک زابل با استفاده از روش‌های ناپارامتری است. دو آزمون من-کندال و شیب تخمین سن جهت تحلیل روند داده‌های سرعت متوسط ماهانه باد و باد بیشینه و فراوانی باد بیشینه در مقیاس ماهانه ایستگاه زابل با دوره مطالعاتی ۱۹۶۳-۲۰۱۴ استفاده گردید. نتایج حاصل از به‌کارگیری دو روش در کلیه ماه‌ها در سطح اطمینان ۹۹٪ با یکدیگر مطابقت داشتند اما در سطح اطمینان ۹۵٪، آماره آزمون من-کندال روند خاصی را نشان نمی‌داد در حالی که روش شیب تخمین سن چنین روندی را تأیید می‌کرد. در بررسی نتایج فراوانی باد بیشینه روش شیب تخمین سن در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ هیچ‌گونه روندی را نشان نداد ولی نتایج آماره من-کندال برای ماه اوت در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود روند را در این ماه تأیید نمود. بررسی نتایج تغییرات کمیت سرعت متوسط و بیشینه باد در ایستگاه سینوپتیک زابل نشان داد که سرعت متوسط و بیشینه این ایستگاه طی دوره مطالعاتی مذکور ۱۹۶۳-۲۰۱۴ در دوره گرم سال که مصادف با دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است دارای روند مثبت و افزایشی بوده است که این روند افزایشی در سرعت بیشینه بادهای محسوس‌تر از متوسط سرعت بادهای است. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان‌دهنده وجود روند افزایشی معنی‌دار توسط هر دو آزمون به‌کار گرفته شده در کمیت سرعت متوسط و بیشینه باد است.

واژه‌های کلیدی: باد ۱۲۰ روزه سیستان، تحلیل روند، روش شیب تخمین سن، روش من-کندال.

مقدمه

تغییر اقلیم به عنوان چالش بزرگ جهانی ذهن بسیاری از اندیشمندان را متوجه خود ساخته و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است (قهрман و قره‌خانی، ۱۳۸۹). از آنجا که تغییرات ناچیز در اقلیم می‌تواند سایر اجزا را به درجات مختلف تحت تأثیر خود قرار دهد به عنوان یک جزء مهم و فراگیر در اکوسیستم محسوب می‌گردد. نوسانات و تغییراتی که طی دوره‌های کوتاه مدت و بلندمدت در اقلیم یک منطقه اتفاق می‌افتند منشأ تغییرات بسیار زیادی در محیط خواهند شد (فرج زاده، ۱۳۸۶). یکی از پدیده‌های حدی که بر اثر تغییر اقلیم رخ می‌دهد، بادهای شدید و توفان‌های شدید است. وقوع این پدیده به علت مشکلات و مسائلی که به دنبال دارد مورد توجه محققان بسیاری بوده و جنبه‌های مختلف این پدیده در مطالعات بی‌شماری مورد بررسی قرار گرفته است. افزایش تغییرات آب و هوایی باعث شده است که مطالعات زیادی بر روی روندهای متغیرها و شاخص‌های هواشناسی انجام شود. وجود یا عدم وجود روند در سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژیکی با استفاده از آزمون‌های آماری یکی از روش‌های رایج برای بررسی و تحلیل این سری‌ها است (سرانو و همکاران، ۱۹۹۹). تاکنون روش‌های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه گردیده‌اند که این روش‌ها در دو دسته کلی روش‌های پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم‌بندی می‌باشند. روش‌های ناپارامتری به دلیل عدم توجه به توزیع فراوانی داده‌ها به خصوص پارامتر باد که توزیع نرمال ندارد از کاربرد نسبتاً چشمگیرتری و وسیع‌تری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند (زو و همکاران، ۲۰۰۳). دو آزمون من-کندال و شیب تخمین سن جزو متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی

هیدرومتئورولوژیکی به شمار می‌روند. مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این دو روش حاکی از اهمیت کاربرد فراوان آن‌ها در تحلیل روند سری‌های زمانی می‌باشد. متغیر سرعت باد به ندرت در بین متغیرهای هواشناسی به منظور کشف تغییرات آب و هوایی مورد مطالعه قرار گرفته است (الکساندرسون و همکاران، ۲۰۰۰). تغییر در توزیع سرعت باد در قرن بیستم در بسیاری از کشورها مشاهده شده است و اگر این تغییرات پایدار باشند باعث مشکلات فراوان می‌شوند. تیلر (۲۰۰۴) روند سرعت باد در چهار ایستگاه غرب کانادا را مورد مطالعه قرار داده، نتایج حاکی از کاهش میانگین سالانه و فصل زمستان سرعت باد بوده است. یاو و همکاران (۲۰۱۲) اثر تغییر اقلیم بر منبع قدرت باد انتاریو را مدل‌سازی کردند. نتایج نشان از افزایش ۵ درصدی سرعت باد در جنوب انتاریو در دوره‌های ۲۰۷۱-۲۱۰۰ را داشت. نولان و لینچ (۲۰۱۱) اثر تغییر اقلیم را بر روی انرژی باد در ایرلند با استفاده از مدل اقلیمی منطقه‌ای (RCA3) شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی شده نشان داد که در ماه‌های زمستان‌های آینده افزایش کلی قابل توجهی در انرژی باد اتفاق خواهد افتاد و در ماه‌های تابستان بالعکس خواهد بود. رحیم و همکاران (۲۰۱۲) اثرات گرم شدن جهانی را بر سرعت باد در ژاپن مرکزی را بررسی کردند. در این تحقیق توزیع متوسط سرعت سالانه باد را در مدت سال‌های ۲۰۹۹-۱۹۶۱ در ارتفاع ۱۰۰-۳۰ متری بالای سطح زمین در ژاپن مرکزی را بر اساس چند پایگاه داده مطالعه کردند. نتایج نشان داد که سرعت متوسط باد در سال ۲۰۹۹ بیش از ۴۸ صدم متر بر ثانیه بیشتر از ۲۰۰۱ در ۳۰ متری بالای سطح زمین خواهد بود. هم‌چنین در مناطق کوهستانی و ساحلی در ۳۰ متری بالای سطح زمین از ۸ متر بر ثانیه به ۱۰ متر بر ثانیه در سال ۲۰۹۹ می‌رسد و

روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک و رگرسیون چند متغیره نشان داد که دید افقی و ایام هوای آرام و شرایط گرد و غباری در سیستان با نوسان‌های دوره‌ای آبدهی رودخانه هیرمند و پایداری دریاچه‌ها روابط معنی‌داری دارد. قهرمان و قره‌خانی (۱۳۸۹) در بررسی تغییرات زمانی سرعت باد در گستره ایران به این نتیجه رسیدند که در سری زمانی سالانه ۵۰ درصد ایستگاه‌ها براساس روش من-کندال و ۶۰ درصد براساس روش اسپیرمن و ۷۰ درصد ایستگاه‌ها براساس روش پیرسون دارای روند بوده‌اند و مشخص گردید که روند افزایش سرعت باد در فصل زمستان بیشتر از سایر فصول بوده و در فصل تابستان کمتر از سایر فصول بوده است. سلیقه و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثر تغییرات سطح دریاچه هامون بر اقلیم محلی سیستان نشان دادند که بر اثر خشک شدن سطح دریاچه هامون، تابش خورشیدی تبدیلی به گرمای محسوس شده، دما و شیب تغییرات فشار افزایش یافته و بر سرعت بادهای ۱۲۰ روزه افزوده می‌شود. در این میان، بخش‌های شرقی ایران با توجه به دسترسی به منابع گردوغبار و وجود جریانات مداوم و شدید در ترازهای زیرین جو بالاترین فراوانی وقوع توفان‌های گردوغبار در طول سال را تجربه می‌کند (مفیدی و کمالی، ۱۳۹۱). خسروی (۱۳۸۹) منطقه سیستان را یکی از کانون‌های اصلی توفان‌ها می‌داند. سلیقه و همکاران (۱۳۸۹) بر این باور بودند که بر اثر تقابل فشار و حرارت بین دو سیستم جوی حاره‌ای و جنب حاره‌ای بادهای شدیدی در منطقه شکل می‌گیرد که به بادهای ۱۲۰ روزه معروف هستند و معتقدند چنانچه در منطقه مورد مطالعه زبانه تراف بادهای غربی و زبانه تراف موسمی گسترده شود بادهای ۱۲۰ روزه شدیدتر می‌شوند. در این تحقیق، جهت بررسی روند سری داده‌های کمیت سرعت باد در مقیاس‌های ماهانه و فصلی از دو آزمون ناپارامتری

به این نتیجه رسیدند که اگر گرمایش جهانی به همین منوال پیش برود با توجه به سناریوی AIB، IPCC سرعت بادهای سطحی در ژاپن مرکزی افزایش می‌یابد. ویکتور بیرسان و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک، داده‌های ۱۰۴ ایستگاه در رومانی را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج حاکی از کاهش روند سرعت متوسط سالانه و فصلی باد در این ناحیه بود. براتی و همکاران (۲۰۱۳) سرعت باد را در دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۴ در هشت ایستگاه جنوب ایران مدل‌سازی کردند. اردیم و همکاران (۲۰۱۴) از مدل ترکیبی آریمما برای پیش‌بینی سرعت باد با در نظر گرفتن جهت آن استفاده نمود و عملکرد آن را قابل قبول ارزیابی کردند. دومیتریسکو و همکاران (۲۰۱۴) در تحلیل روند فصلی چند شاخص اقلیمی در رومانی نشان دادند که میزان سرعت باد در تمام فصول در این مناطق روند کاهشی داشته است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تغییر اقلیم در دشت مشهد به مطالعه تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین و تغییرات درجه حرارت در طول دوره‌های آماری درازمدت پرداختند. نتایج نشان داد که روند تغییرات در اغلب ماه‌ها مثبت و افزایشی بوده و می‌توان از این تغییرات به‌عنوان نمایه‌ای از تغییر اقلیم نام برد. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۴) و خردادی و همکاران (۱۳۸۶) روند تغییرات سالانه برخی پارامترهای هواشناسی از جمله سرعت باد در تعدادی از ایستگاه‌های سینوپتیک ایران را بررسی کردند. طبری (۱۳۸۷) در بررسی روند تغییرات سالانه پارامترهای هواشناسی در دو اقلیم سرد و گرم ایران نشان دادند که در سری‌های زمانی سرعت باد در اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند کاهشی معنی‌داری بودند. خسروی (۱۳۸۷) در بررسی تأثیرات محیطی اندرکنش نوسان‌های رودخانه هیرمند با بادهای ۱۲۰ روزه با استفاده از

و نشان دادند که گرچه ترکیبی از روندهای مثبت و منفی در ایستگاه‌های کشور برای میانگین سرعت باد تجربه شده است ولی تعداد ایستگاه‌های با روند منفی بیشتر از ایستگاه‌های با روند مثبت است. آن‌ها همچنین نشان دادند که در مقیاس ماهانه، شدیدترین شیب خط روند منفی متعلق به فسا و شدیدترین شیب خط روند مثبت متعلق به زابل می‌باشد. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان همواره اثر شگرفی بر ویژگی‌ها و اختصاصات طبیعی و انسانی مناطق تحت سیطره خود دارد و تحلیل روند تغییرات سرعت این بادهای ضروری است. در پژوهش حاضر با توجه به اهمیت پدیده تغییر اقلیم و ارتباط آن با تغییرات محلی به بررسی متغیر سرعت باد پرداخته می‌شود، به منظور تحلیل روند متوسط سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک زابل از دو آزمون ناپارامتری من-کندال و سن استفاده گردیده و سپس نتایج این دو روش با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک زابل تهیه گردید. میانگین سرعت باد، سرعت باد بیشینه و فراوانی باد بیشینه در بازه زمانی ۱۹۶۳-۲۰۱۴ برای ایستگاه مذکور انتخاب گردید. سپس سری داده‌های ماه‌های می تا سپتامبر که دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است انتخاب شدند. برای بررسی روند تغییرات سرعت باد از دو روش ناپارامتری من-کندال و شیب تخمین سن در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ استفاده گردید و نتایج حاصله از این دو روش با یکدیگر مقایسه گردیدند. جدول ۱ مشخصات ایستگاه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

من-کندال و سن استفاده گردیده و سپس نتایج این دو روش با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران پرداختند و بیان داشتند که روندها در مناطق مختلف تابع نظم خاصی نیستند به طوری که ایستگاه‌های تبریز و ارومیه و خوی دارای روند کاهشی و اردبیل و زنجان روند افزایشی را نشان دادند. علیجانی و رئیس پور (۱۳۹۰) به منظور تحلیل آماری و همدیدی طوفان‌های گردوغباری منطقه سیستان طی دوره (۲۰۰۸-۱۹۷۹) پژوهشی را انجام دادند. نتایج نشان داد که شیو فشاری و دمای شدید بین مرکز کم‌فشار موسمی هند و پرفشار دریای خزر منجر به ایجاد بادهای شدید می‌گردد. دوستان (۱۳۹۲) و حسین‌زاده (۱۳۷۶) کانون‌های فشار مؤثر بر وقوع بادهای ۱۲۰ روزه سیستان را شناسایی نمودند. نقش فرابار دریای خزر از اهمیت زیاده‌تری برخوردار است (حسین‌زاده، ۱۳۷۶). بختیاری و همکاران (۱۳۹۲) به پیش‌بینی کوتاه مدت سرعت باد پرداختند. احمدی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش من-کندال، روند تغییرات سرعت باد و تبخیر در بندرعباس را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصله حاکی از وجود روند معنی‌دار کاهشی سرعت باد و روند افزایشی میانگین تبخیر در ماه‌های بهار و تابستان بود. قاسمی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل هالت-وینترز شبیه‌سازی تغییرات سرعت باد در ایران را انجام دادند. نتایج حاصله حاکی از افزایش سرعت باد در نیمه شرقی و دامنه‌های جنوبی البرز که از نظر اقلیمی خشک هستند تا سال ۲۰۲۰ داشت در حالی که در مدت مشابه، مناطق نیمه غربی، جنوب غرب و مناطق مرکزی کشور روند کاهشی را تجربه کردند. میرعباسی نجف آبادی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های منتخب ایران پرداختند

جدول ۱: مشخصات ایستگاه مورد بررسی

نام ایستگاه	طول درجه دقیقه	عرض درجه دقیقه	ارتفاع (متر)
زابل	۶۱ ۲۹	۳۱ ۲	۴۸۹/۲

رابطه (۴)

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}; n \leq 10 \quad \text{اگر}$$

که در آن، n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌های است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

ج: استخراج آماره Z به کمک رابطه ۵:

رابطه (۵)

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{var(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{var(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد (محمدی، ۱۳۹۰):

رابطه (۶)

$$|z| \leq Z_{a/2}$$

که در آن a سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_a آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری a می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون از $a/2$ استفاده شده است. در بررسی حاضر آزمون برای سطوح اعتماد ۰.۹۵٪ و ۰.۹۹٪ به کار گرفته شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورتی

آزمون من-کندال به‌طور گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود و یکی از روش‌های مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. این آزمون برای آندسته از سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند کاربرد زیادی دارد. تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها در فرض صفر این آزمون مطرح می‌شود و وجود روند در سری داده‌ها در فرض مقابل طرح می‌شود. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر می‌باشد:

الف: محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر s براساس رابطه ۱:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

که در آن n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت نیز بر اساس رابطه ۲ قابل محاسبه است (حجام و همکاران، ۱۳۸۷):

رابطه (۲)

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

ب: محاسبه واریانس توسط رابطه ۳ یا ۴:

رابطه (۳)

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m (t_i-1)(2t_i+5)}{18}; n > 10 \quad \text{اگر}$$

که در آن، X_t و X_s به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های t و s ، t یک واحد زمانی بعد از s می‌باشد.

ب: محاسبه پارامتر C_a در سطوح اعتماد مورد آزمون به کمک رابطه ۸:

رابطه ۸)

$$C_a = z_{1-\alpha} - a / 2 \sqrt{\text{var}(s)}$$

که در آن Z آماره توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود بگیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب برابر $z=1.96$ و $z=2.58$ در نظر گرفته می‌شود.

ج: محاسبه حدود اعتماد بالا و پایین (M_1 و M_2)

به کمک رابطه ۹ به دست می‌آید که در آن N' تعداد شیب‌های محاسبه شده در بند الف می‌باشد. (رابطه ۹)

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N' + C_a}{2} \\ M_2 = \frac{N' - C_a}{2} \end{cases}$$

د: در مرحله نهایی این روش، حدود اعتماد محاسبه شده آزمون می‌گردد و با استفاده از رابطه ۷، M_1 امین و (M_2+1) امین شیب‌ها از بین شیب‌های محاسبه شده استخراج می‌گردند. قرارگیری عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده منجر به تایید فرض صفر می‌شود (خسروی، ۱۳۹۰). در این تحقیق از آمار ۳۵ ساله ایستگاه سینوپتیک زابل در طی دوره آماری ۱۹۶۳ تا ۲۰۱۴ استفاده گردید. به منظور اطمینان از نرمال بودن سری داده‌های موجود از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده گردید. ابتدا سری داده‌های ماه‌های می تا سپتامبر را که دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است را انتخاب کرده و سپس برای بررسی روند تغییرات از

که منفی باشد روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. آزمون من-کندال دنباله‌ای (نموداری) یکی از آزمون‌های تعیین نقاط جهش (تغییر) است. در حقیقت این روش مقادیر آماره را در کلیه زمان‌های سری با روش رتبه دادن من-کندال محاسبه می‌کند و همین به صورت عکس انجام می‌شود؛ یعنی فرض می‌کنیم که انتهای سری در ابتدای آن باشد و دنباله را براساس چنین سری بیان می‌کنیم.

اگر روند در سطح معنی‌داری انتخاب شده قابل قبول باشد، با استفاده از آزمون نموداری من-کندال، نقطه تغییر قابل رویت است. چنانچه دنباله u براساس i (زمان) به شکل گراف رسم شود، در حالت معنی‌داری روند، دو گراف در نقطه شروع پدیده در خارج از محدوده $1/96$ همدیگر را قطع کرده و در خلاف جهت یکدیگر حرکت خواهند کرد و اگر در داخل محدوده بحرانی $1/96$ همدیگر را قطع کنند دال بر وقوع جهش در سری داده‌هاست (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۰). در حالتی که $-1.96 < u < +1.96$ باشد نمی‌توان روند خاصی را برای سری متصور شد و سری تصادفی است. در حالتی که $u > +1.96$ روند مثبت و $u < -1.96$ حکایت از روند منفی در سری داده‌ها وجود دارد (جهان‌بخش و همکاران، ۱۳۹۰). شیب تخمین سن روشی ناپارامتری جهت تحلیل سری‌های زمانی است. این روش از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره می‌گیرد. محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت در خصوص معنی‌داری این شیب در سطوح اعتماد مختلف اساس این روش می‌باشد. مراحل کلی این آزمون به شرح زیر می‌باشد:

الف: محاسبه شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای با استفاده از رابطه ۷:

رابطه ۷)

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s}$$

آزمون شیب تخمین سن محاسبه گردیدند و سپس معنی داری این آماره‌ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت که نتایج در جدول ۲ درج گردیده است.

دو روش ناپارامتری من-کندال و شیب تخمین سن در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ استفاده گردید.

نتایج

در این پژوهش برای کلیه سری‌های زمانی مورد مطالعه ابتدا آماره‌های دو آزمون من-کندال و

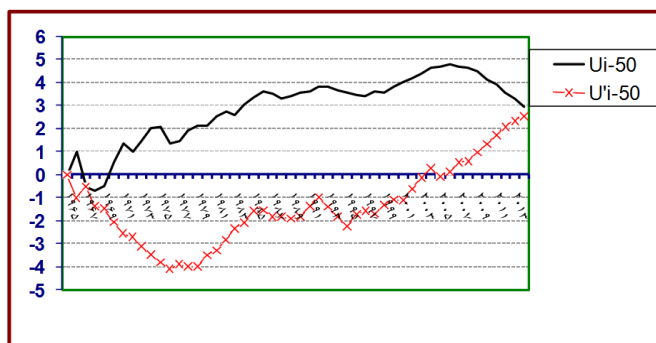
جدول ۲: آماره من-کندال و شیب خط سن در مورد روند تغییرات سرعت متوسط بادهای ۱۲۰ روزه زابل دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۱۴

ماه	Man-kendal			Sens estimator	
	test z	sig	Q _{med}	Q _{min & max 99%}	Q _{min & max 95%}
می	۳/۴۹	**	۰/۰۵۶	۰/۰۱۵-۰/۰۹۱	۰/۰۲۳-۰/۰۸۴
ژوئن	۲/۹۹	**	۰/۰۵۲	۰/۰۰۹-۰/۱۰۰	۰/۰۲۲-۰/۰۸۶
جولای	۳/۹۶	**	۰/۰۷۱	۰/۰۲۸-۰/۱۱۱	۰/۰۴۰-۰/۱۰۰
اوت	۳/۲۵	**	۰/۰۵۴	۰/۰۱۳-۰/۰۹۱	۰/۰۲۵-۰/۰۸۲
سپتامبر	۲/۹۱	**	۰/۰۴۴	۰/۰۰۵-۰/۰۸۳	۰/۰۱۳-۰/۰۷۲
میانگین	۳/۸۵	**	۰/۰۶۰	۰/۰۲۳-۰/۰۹۴	۰/۰۳۳-۰/۰۸۶

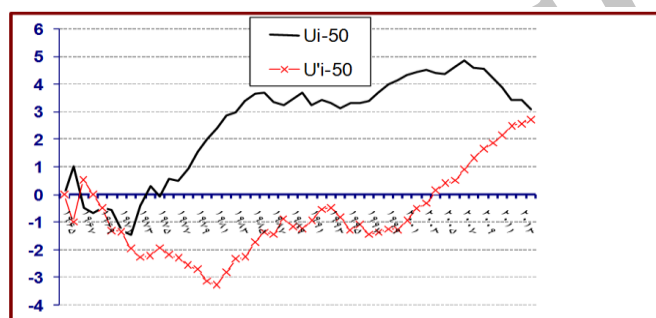
مقیاس ماهانه بیشترین و کمترین روند تغییرات به ترتیب مربوط به ژوئیه و سپتامبر می‌باشد که مصادف هستند با نقطه اوج و حوضی وزش بادهای ۱۲۰ روزه. هم‌چنین در کلیه ماه‌های مذکور روند تغییرات بادهای ۱۲۰ در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی دار است. بررسی آزمون نموداری من-کندال بر روی داده‌های متوسط سرعت باد ایستگاه سینوپتیک زابل برای ماه‌های می، ژوئن، جولای، اوت و سپتامبر نیز نشان می‌دهد که در همه ماه‌های مورد مطالعه روند افزایش معنی داری در سری زمانی سرعت باد وجود دارد و خطوط u و u'' در سال‌های ۱۹۶۸ و ۱۹۶۹ و ۱۹۷۰ در محدوده بحرانی ۱/۹۶ همدیگر را قطع کرده‌اند، بنابراین یک تغییر ناگهانی در این سال‌ها در ماه‌های جولای و اوت رخ داده است و بعد از آن یک روند افزایشی با شیب ملایم در میانگین سرعت بادهای ۱۲۰ روزه

نتایج حاصل از آماره آزمون سن نشان می‌دهد که میزان سرعت باد در ماه‌های می، ژوئن، جولای، اوت و سپتامبر که دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است دارای تغییرات مختصر از نوع افزایشی می‌باشد که به ترتیب به میزان ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۴، ۰/۰۵ متر بر ثانیه می‌باشد (جدول ۲)، ضمن اینکه بیشینه این افزایش مربوط به جولای و کمینه افزایش سرعت مربوط به سپتامبر می‌باشد. از طرف دیگر چون عدد صفر بین دو شیب استخراج شده قرار نمی‌گیرد فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی داری در سطوح اعتماد مورد آزمون می‌باشد. هم‌چنین نتایج حاصل از آماره من-کندال نشان می‌دهد که در ماه‌های می تا سپتامبر که دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است روند معنی داری از نوع مثبت و افزایشی در میزان سرعت بادهای ۱۲۰ روزه مشاهده می‌شود. در

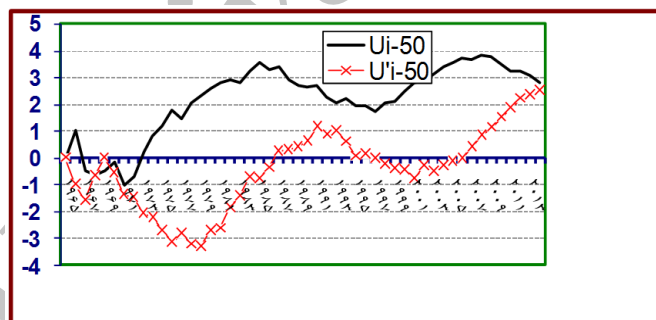
رخ داده است. نکته قابل توجه این است که این جهش برای ماه می در سال ۱۹۶۷ و برای ماه ژوئن ۱۹۶۸ و برای ماه‌های جولای و اوت ۱۹۶۹ و سپتامبر ۱۹۷۱ اتفاق افتاده است (شکل‌های ۱ تا ۵).



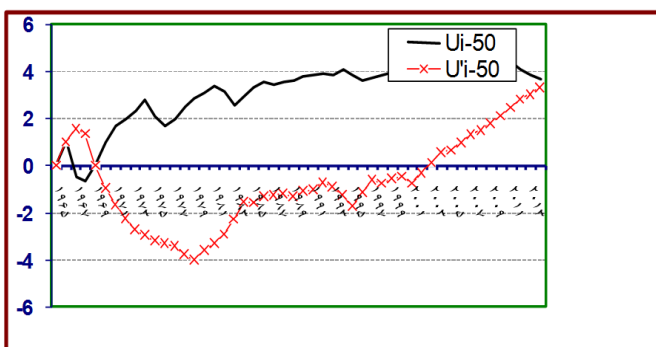
شکل ۱: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای سرعت متوسط باد ۱۲۰ روزه ماه می



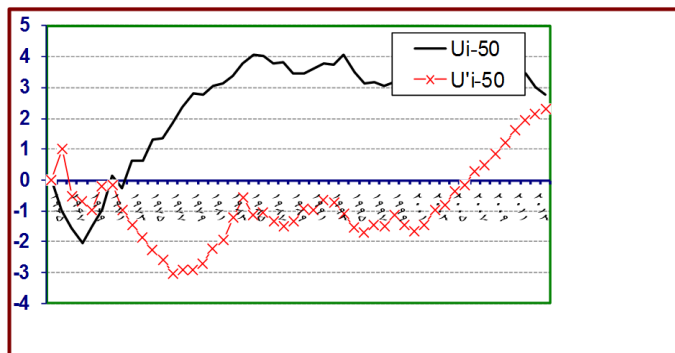
شکل ۲: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای سرعت متوسط باد ۱۲۰ روزه ماه ژوئن



شکل ۳: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای سرعت متوسط باد ۱۲۰ روزه ماه جولای



شکل ۴: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای سرعت متوسط بادهای ۱۲۰ روزه ماه اوت



شکل ۵: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای سرعت متوسط باد ۱۲۰ روزه ماه سپتامبر

۰/۱۷، ۰/۰، ۰/۱۴، ۰/۱۷، ۰/۱۸ متر بر ثانیه می‌باشد (جدول ۳)، ضمن اینکه بیشینه این افزایش مربوط به می و کمینه افزایش سرعت مربوط به جولای می‌باشد.

نتایج حاصل از آماره آزمون سن بر روی بیشینه سرعت باد نشان می‌دهد که میزان سرعت باد در ماه‌های می، ژوئن، جولای، اوت و سپتامبر که دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است دارای روند مثبت و افزایشی می‌باشد که به ترتیب به میزان

جدول ۳: آماره من-کندال و شیب خط سن در مورد روند تغییرات بیشینه سرعت بادهای ۱۲۰ روزه زابل دوره آماری ۱۹۶۳-۲۰۱۴

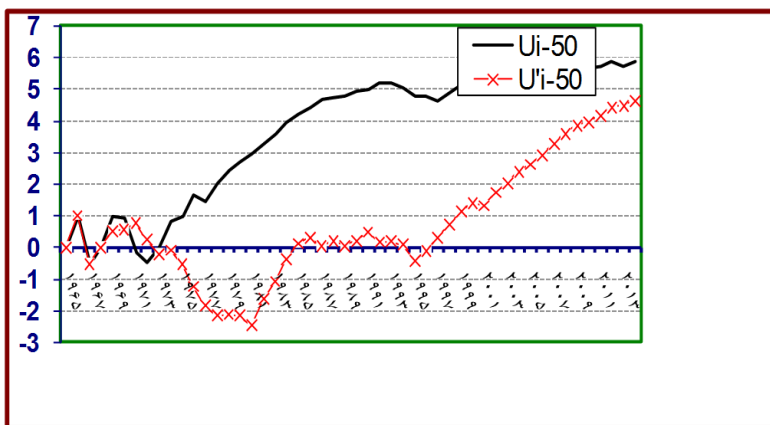
ماه	Man-kendal			Sens estimator	
	test z	sig	Q _{med}	Q _{min & max 99%}	Q _{min & max 95%}
می	۵/۵۹	**	۰/۲۱۴	۰/۱۳۲-۰/۲۹۳	۰/۱۵۰-۰/۲۷۶
ژوئن	۴/۸۸	**	۰/۱۷۱	۰/۱۰۰-۰/۲۷۳	۰/۱۱۵-۰/۲۵۰
جولای	۴/۱۴	**	۰/۱۴۹	۰/۰۶۷-۰/۲۵۰	۰/۰۸۸-۰/۲۲۹
اوت	۴/۵۲	**	۰/۱۷۴	۰/۰۸۳-۰/۲۵۰	۰/۱۰۰-۰/۲۳۵
سپتامبر	۴/۴۱	**	۰/۱۸۲	۰/۰۸۷-۰/۲۶۴	۰/۱۱۲-۰/۲۵۰
میانگین	۴/۸۹	**	۰/۱۸۱	۰/۱۰۲-۰/۲۸۴	۰/۱۲۳-۰/۲۲۴

روزه مشاهده می‌شود. هم‌چنین در بین ماه‌های مذکور روند تغییرات بادهای ۱۲۰ روزه در همه ماه‌ها در سطح اعتماد ۰/۹۹ معنی‌دار است وجود روند در سطح اطمینان ۰/۹۵ را رد می‌نماید این در حالی است که آزمون شیب تخمین سن چنین روندی را تأیید می‌نماید. بررسی آزمون نموداری من-کندال نیز بر روی داده‌های بیشینه سرعت باد ایستگاه سینوپتیک زابل برای ماه‌های می، ژوئن،

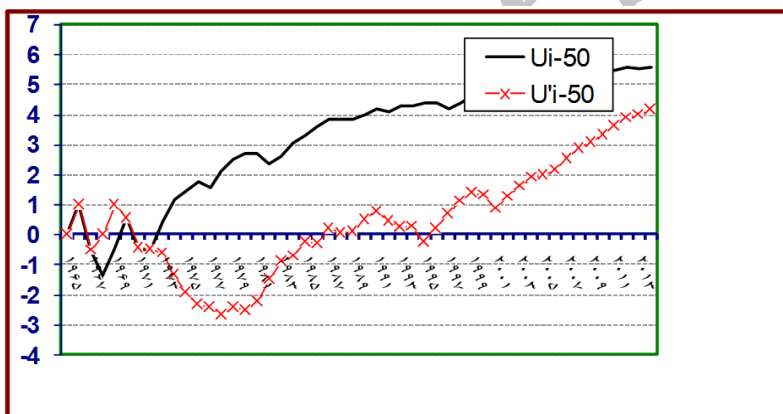
از طرف دیگر چون عدد صفر بین دو شیب استخراج شده قرار نمی‌گیرد فرض صفر رد شده و می‌توان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی‌داری در سطوح اعتماد مورد آزمون می‌باشد. هم‌چنین نتایج حاصل از آماره من-کندال نشان می‌دهد که در ماه‌های می تا سپتامبر که دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است روند معنی‌داری از نوع مثبت و افزایشی در میزان سرعت بادهای ۱۲۰

همدیگر را قطع کرده‌اند، بنابراین یک تغییر ناگهانی در این سال‌ها رخ داده است و بعد از آن یک روند افزایشی با شیب ملایم در بیشینه سرعت بادهای ۱۲۰ روزه رخ داده است (شکل‌های ۶ تا ۱۰).

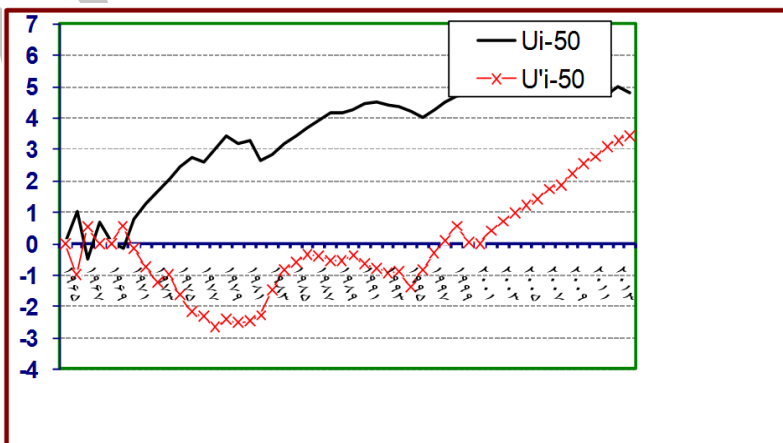
جولای، اوت و سپتامبر نشان می‌دهد که در همه ماه‌های مورد مطالعه روند افزایشی معنی‌داری در سری زمانی سرعت بیشینه باد وجود دارد و خطوط u و u' در سال‌های ۱۹۷۲ در محدوده بحرانی ۱/۹۶



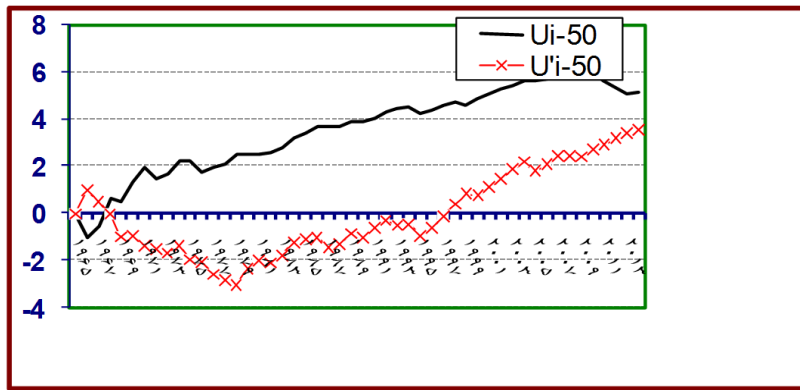
شکل ۶: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای بیشینه سرعت باد ۱۲۰ روزه ماه می



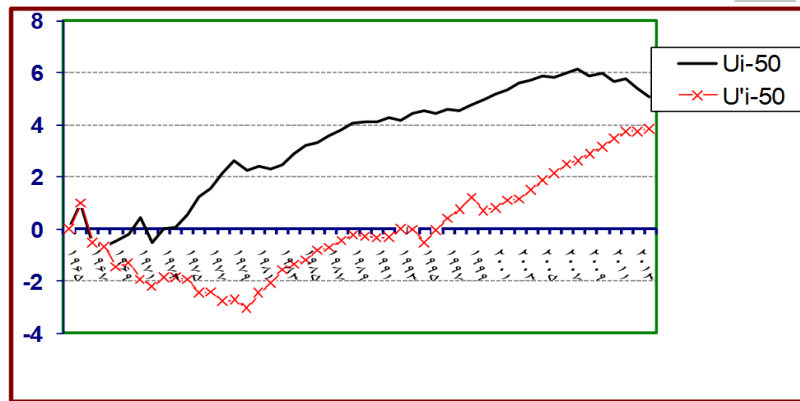
شکل ۷: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای بیشینه سرعت باد ۱۲۰ روزه ماه ژوئن



شکل ۸: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای بیشینه سرعت باد ۱۲۰ روزه ماه جولای



شکل ۹: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای بیشینه سرعت باد ۱۲۰ روزه ماه اوت



شکل ۱۰: نتایج آزمون نموداری من-کندال برای بیشینه سرعت باد ۱۲۰ روزه ماه سپتامبر

جدول ۴: آماره من-کندال و شیب خط سن در مورد فراوانی روزهای دارای سرعت باد بیشینه

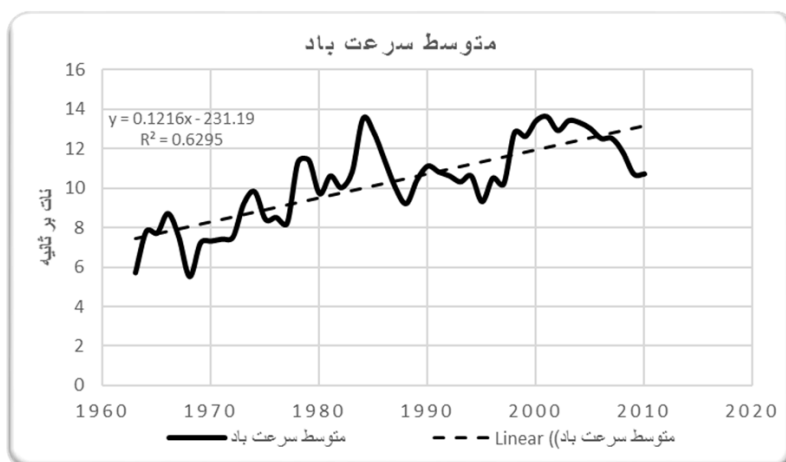
ماه	Man-kendal		Sens estimator		
	test z	sig	Q _{med}	Q _{min & max 99%}	Q _{min & max 95%}
می	۱/۲۳	-	۰/۱۰	-۰/۱۲۹ & ۰/۳۳۳	-۰/۰۶۹ & ۰/۲۶۳
ژوئن	۰/۹۲	-	۰/۰۷	-۰/۱۵۴ & ۰/۳۳۳	-۰/۱۰۰ & ۰/۲۷۴
جولای	-۰/۰۲	-	۰	-۰/۲۰۰ & ۰/۲۰۰	-۰/۱۵۶ & ۰/۱۵۴
اوت	۱/۷۶	*	۰/۱۴۳	-۰/۰۶۴ & ۰/۳۷۰	۰ & ۰/۳۰۲
سپتامبر	۰/۳۱	-	۰	-۰/۲۰۰ & ۰/۲۲۲	-۰/۱۴۳ & ۰/۱۶۷
میانگین	۱/۷۱	*	۰/۰۶	-۰/۰۳۱ & ۰/۱۴۱	-۰/۰۰۷ & ۰/۱۱۷

عدد صفر بین دو شیب استخراج شده قرار می‌گیرد فرض صفر پذیرفته شده و فرض مقابل رد می‌گردد؛ بنابراین می‌توان پذیرفت که سری زمانی موردنظر دارای روند معنی‌داری در سطوح اعتماد مورد آزمون نمی‌باشد. هم‌چنین براساس آماره آزمون من-کندال در بین سری ماهانه تنها روند معنی‌دار تأیید

همان‌طور که از جدول ۴ بر می‌آید براساس آماره آزمون شیب تخمین سن فراوانی روزهایی که سرعت باد بیشینه است در ماه‌های می، ژوئن و اوت دارای روند افزایشی و مختصری بوده است و در ماه‌های جولای و سپتامبر هیچ‌گونه روندی در آنها مشاهده نگردید. از طرف دیگر چون در همه ماه‌ها

سالانه متوسط سرعت باد را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور متوسط سرعت باد در طی دوره‌ی مطالعاتی روندی افزایشی را طی کرده است. به طوری که از ۷/۵ نات بر ثانیه در ابتدای دوره مطالعاتی به ۱۳/۵ نات بر ثانیه در اواخر دوره مطالعاتی رسیده است.

شده در سطح معنی‌داری ۹۵٪ ماه اوت می‌باشد و در سایر ماه‌ها هیچ‌گونه روند معنی‌داری مشاهده نگردید. در ضمن آزمون سن چنین روندی برای ماه اوت را رد نمود. به نظر می‌رسد فراوانی روزهایی که سرعت آن‌ها بیشینه است بدون تغییر روند طبیعی را دنبال می‌کنند ولی در میزان سرعت بادها یک روند افزایشی مشاهده می‌گردد. شکل ۱۱ تغییرات



شکل ۱۱: متوسط سرعت باد در طی دوره‌ی مطالعاتی

در ایستگاه سینوپتیک زابل نشان داد که سرعت متوسط و بیشینه این ایستگاه طی دوره مطالعاتی ۱۹۶۳-۲۰۱۴ در دوره گرم سال که مصادف است با دوره استیلای بادهای ۱۲۰ روزه است دارای روند مثبت و افزایشی بوده است که این روند افزایشی در سرعت بیشینه بادها محسوس‌تر از متوسط سرعت بادها است. در بین سری‌های ماهانه متوسط سرعت باد بیشترین روند معنی‌دار ماهانه تأیید شده توسط هر دو آزمون در سری داده‌های ماه جولای می‌باشد و کمترین روند معنی‌دار ماهانه تأیید شده توسط هر دو آزمون در سری داده‌های ماه سپتامبر می‌باشد. در بین سری‌های ماهانه بیشینه سرعت باد بیشترین روند معنی‌دار ماهانه تأیید شده توسط هر دو آزمون در سری داده‌های ماه می می‌باشد و کمترین روند معنی‌دار ماهانه تأیید شده توسط هر

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که اقلیم متأثر از پارامترهای متنوع و متعددی است می‌توان چنین نتیجه گرفت که تغییرات اقلیمی نمی‌تواند فقط نتیجه چند پارامتر خاص باشد. نتایج حاصل از به‌کارگیری دو روش در کلیه ماه‌ها در سطح اطمینان ۹۹٪ با یکدیگر مطابقت داشتند اما در سطح اطمینان ۹۵٪ آماره آزمون من-کندال روند خاصی را نشان نمی‌داد در حالی که روش شیب تخمین سن چنین روندی را تأیید می‌کرد. در بررسی نتایج فراوانی باد بیشینه روش s شیب تخمین سن در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ هیچ‌گونه روندی را نشان نداد ولی نتایج آماره من-کندال برای ماه اوت در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود روند را در این ماه تأیید نمود. بررسی نتایج تغییرات کمیت سرعت متوسط و بیشینه باد

روند افزایش محسوس سرعت بادهای ۱۲۰ روزه و خشکی هیدرولوژیکی منطقه که به دلایل اقلیمی یا انسانی در منطقه اتفاق افتاده است یک رابطه معنی داری برقرار باشد. به طوری که در سال‌هایی که منطقه دچار خشکسالی هیدرولوژیکی است طی دوره تابستان به خصوص دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه این رابطه قوی‌تر شده لذا خشکسالی‌های هیدرولوژیکی که ناشی از تغییر اقلیم است یکی از مهم‌ترین عوامل زمینه‌ساز و تسریع کننده افزایش سرعت بادهای ۱۲۰ روزه و تأثیرات محیطی آن بر منطقه است. کاهش رطوبت در منطقه با افزایش خشکی فیزیکی محیط و فقر پوشش گیاهی همراه بوده است. این امر باعث کاهش اثر اصطکاک باد و در نتیجه کاهش معنی‌دار ایام آرامش و شدت طوفان‌های گرد و غباری گردیده است. همچنین کاهش رطوبت در منطقه سبب شده که گرمای خورشید تبدیل به گرمای محسوس شده و دمای منطقه افزایش یافته و این سبب تشدید شیب تغییرات فشار در منطقه گردیده و نهایتاً سبب افزایش سرعت بادهای ۱۲۰ روزه شده است.

پیش‌بینی کوتاه مدت سرعت باد، تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۴، شماره ۱، ص ۱۱-۲۰.

جهانبخش، س.، تدینی، م. و نوری اوغورآبادی، ح.، ۱۳۹۰. تحلیل روند تغییرات بارش‌های سالانه حوضه سفیدرود با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۷، ص ۲۲۹-۲۴۱.

حجام، س.، خوشخو، ی. و شمس‌الدین‌وندی، ر.، ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوضه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، ص ۱۵۷-۱۶۸.

دو آزمون در سری داده‌های ماه جولای می‌باشد. میانگین این افزایش سرعت به‌طور متوسط در هر سال ۰/۰۶ متر بر ثانیه برای متوسط سرعت و ۰/۱۸ متر بر ثانیه برای بیشینه سرعت باد بوده است. در نگاه اول به نظر می‌رسد این افزایش مقدار ناچیزی است اما با محاسبه این سرعت در دراز مدت این افزایش سرعت تهدیدی برای منطقه سیستان از لحاظ فرسایش شدید خاک، طوفان‌های گردوغبار، افزایش تبخیر و تعرق، از بین رفتن پوشش گیاهی و سایر خطرات زیست‌محیطی می‌باشد. با توجه به تحقیقات خردادی و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی روند تغییرات سرعت باد در سه ایستگاه مشهد، تبریز و شیراز و رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی روند تغییرات سرعت باد در چند ایستگاه سینوپتیک ایران و همچنین قهرمان و قره‌خانی (۱۳۸۹) در بررسی روند تغییرات سرعت باد در گستره ایران که نشان دادند افزایش سرعت باد در سال‌های اخیر بر اثر گرمایش جهانی اتفاق افتاده این پژوهش نیز در منطقه سیستان در محدوده وزش بادهای ۱۲۰ روزه این افزایش سرعت باد را در سال‌های اخیر تأیید می‌کند. به نظر می‌رسد بین

منابع

ابراهیمی، ح.، علیزاده، ا. و جوانمرد، س.، ۱۳۸۴. بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به‌عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۹، ص ۵-۱۸.

احمدی، ف. و بالش‌زر، ن.، ۱۳۹۲. روند تغییرات سرعت باد و تبخیر در بندرعباس، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غباری، یزد، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران. -بختیاری، ب.، قهرمان، ن. و رحیمی، ا.، ۱۳۹۲. استفاده از رویکرد شبکه عصبی مصنوعی جهت

- حسینزاده، س.، ۱۳۸۷. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۶، ص ۱۰۲-۱۲۷.
- خردادی، م.، اسلامیان، س. و عابدی کوپالی، ج.، ۱۳۸۶. بررسی روند پارامترهای هواشناسی در چند منطقه ایران، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، تهران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- خسروی، م.، ۱۳۸۷. تأثیرات محیطی اندرکنش نوسان‌های رودخانه هیرمند با بادهای ۱۲۰ روزه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۹، ص ۱۹-۴۸.
- خسروی، م.، ۱۳۸۹. بررسی توزیع عمودی گردوغبار ناشی از توفان در خاورمیانه با استفاده از مدل NAAPS مورد: سیستان ایران، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان-دوستان، ر.، ۱۳۹۲. شناسایی کانون‌های فشار مؤثر بر وقوع بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و بلوچستان، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان.
- رحیم زاده، ف.، فتاحی، ا. و حسینی دستک، س.، ۱۳۸۴. بررسی تغییرپذیری اقلیمی ایران با بهره‌گیری از مدل‌های آماری، دو فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۲، ص ۶۱-۷۳.
- رضایی بنفشه، م.، جوان، خ. و زینالی، ب.، ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱۳، ص ۲۷-۳۶.
- سبزی‌پرور، ع. و شادمانی، م.، ۱۳۹۰. تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، نشریه آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۴، ص ۸۲۳-۸۳۴.
- سلیقه، م.، خسروی، م. و پودینه، ا.، ۱۳۹۰. اثر تغییرات سطح دریاچه هامون بر اقلیم محلی سیستان، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.
- طبری، ح.، ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات سالانه پارامترهای هواشناسی در دو اقلیم سرد و گرم ایران، پژوهش کشاورزی، جلد هشتم، شماره ۱ (ب)، ص ۱۶۱-۱۷۳.
- علیجانی، ب. و رئیس‌پور، ک.، ۱۳۹۰. تحلیل آماری، همدیدی توفان‌های گرد و خاک در جنوب شرق ایران (مطالعه موردی: سیستان)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال دوم، شماره ۵، ص ۱۰۷-۱۳۲.
- فرج زاده، م.، ۱۳۹۰. تکنیک‌های اقلیم‌شناسی، تهران، انتشارات سمت، ۲۸۸ ص.
- قاسمی، ا. و سیدی، ف.، ۱۳۹۴. شبیه‌سازی تغییرات و پیش‌بینی سرعت باد در ایران، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۴، شماره ۹۴، ص ۹۵-۱۰۵.
- قهرمان، ن. و قره‌خانی، ا.، ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره اقلیمی ایران، مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، ص ۳۱-۴۳.
- محمدی، ب.، ۱۳۹۰. تحلیل روند بارش ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۳، شماره ۳، ص ۹۵-۱۰۶.
- مفیدی، ع. و کمالی، س.، ۱۳۹۱. بررسی و تحلیل ساختار توفان‌های گردوغباری در دشت سیستان با استفاده از مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ای RegCM4. مطالعه موردی ۳۰ جولای ۲۰۰۱، اولین همایش ملی بیابان، کرج. -میرعباسی نجف آبادی، ر. و دین‌پژوه، ی.، ۱۳۹۴. بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های منتخب ایران،

نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۹، شماره ۵۲،
ص ۲۰۷-۳۰۱.

- Alexandersson, H., Tuomenvirta, H., schmith, T. and Iden, k., 2000. "Trends of storms in NW Europe derived from an updated pressure data set", climate research, v. 14, p. 71-73.
- Barati, H., Hossein, H. and Zadehali, R., 2013. "Wind speed forecasting in south coasts of Iran: an application of artificial neural networks (ANNS) for electricity generation using renewable energy", Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, v. 2(6), p. 30-37.
- Birsan, M.V., Marin, L., Manea, A. and Dumitrescu, A., 2013. "Seasonal changes in wind speed in Romania", Romanian Reports in Physics, v. 65(4), p. 1479-1484.
- Dumitrescu, A., Bojariu, R., Birsan, M-V., Marin, L. and Manea, A., 2014. "Recent climatic change in Romania from observational data (1961-2013). Theoretical and Applied Climatology, v. 122(1), p. 111-119. DOI: 10.1007/s00704-014-1290-0.
- Erdem, E., Shi, J. and Yidong, P., 2014. "Short-Term Forecasting of Wind Speed and Power-A, Clustering Approach", Industrial and Systems Engineering Research Conference, pp. 1-11.
- Nolan, P., Lynch, P., McGrath, R., Semmler, T. and Wang, S., 2011. "Simulating climate change and its effects on the wind energy resource of Ireland", Wind Energy, v. 15(4), p. 593-608.
- Rahim, M., Yoshino, J., Doi, Y. and Yasuda, T., 2012. "Effects of global warming on the average wind speed field in central Japan", Journal of sustainable energy-Environment, v. 3(4), p. 165-171.
- Serrano, A., Mateos, V.L. and Garica, J.A., 1999. "Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for period (1921-1995)", Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, v. 24, p. 85-90.
- Tuller, S.E., 2004. "Measured wind speed trends on the west coast of Canada", International journal of climatology, v. 24, p. 1359-1374. DOI: 10.1002/joc.1073
- Yao, Y., Huang, G.H. and Lin, Q., 2012. "Climate change impacts on Ontario wind power resource", Environmental systems reserch. DOI:10.1186/2193-2697-1-2.
- Xu, Z.X., Takeuchi, K. and Ishidira, H., 2003. "Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation", Journal of hydrology, v. 279, p. 144-150.