

## بررسی روند تغییرات سرعت ماهانه باد در حاشیه دریاچه ارومیه طی ۳۰ سال گذشته

۱- لیلا بیابانی، دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- علی اکبر نظری سامانی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

aknazari@ut.ac.ir

۳- حسن خسروی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- مجید کاظمزاده، دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۰

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰

### چکیده

بررسی روند تغییرات سرعت باد به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین شاخص‌های هواشناسی از اهمیت فراوانی برخوردار است. به‌صورتی که از نظر مقیاس‌های زمانی اعم از کوتاه‌مدت یا بلندمدت و مکانی بر ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه‌ای تأثیرگذار بوده است. در تحقیق حاضر، با استفاده از رویکرد آزمون‌های نا پارامتری من-کندال و پتیت جهت تحلیل روند سری‌های ماهانه و سالانه در ۴ ایستگاه سینوپتیک حاشیه دریاچه ارومیه (ایستگاه‌های تبریز، ارومیه با طول دوره آماری ۵۰ سال، مهاباد و سهند با طول دوره آماری ۲۸ سال) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون‌های فوق بر اساس داده‌های سالانه نشان داده است که سرعت متوسط باد در تمام ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند افزایشی است. همچنین، روند سرعت باد در ایستگاه‌های فوق در مقیاس ماهانه مثبت و افزایشی بوده است. بر اساس نتایج آزمون پتیت نیز روند تغییرات سالانه سرعت باد به‌صورت افزایشی بوده است. ولی سال آماری نقطه جهش تغییرات در میان ایستگاه‌های مذکور یکسان نیست. به‌طوری‌که این تغییرات در ایستگاه مهاباد در سال ۲۰۰۰ و در سایر ایستگاه‌ها سال ۱۹۹۵ رخ داده است. همچنین سرعت باد در ایستگاه مهاباد در فصل زمستان و در سایر ایستگاه‌ها در فصول بهار و تابستان افزایش داشته است.

**واژگان کلیدی:** روند تغییرات؛ سرعت متوسط باد؛ دریاچه ارومیه؛ آزمون‌های نا پارامتری؛ من-کندال؛ پتیت.

### مقدمه

با استفاده از آزمون‌های نا پارامتری تحقیقاتی انجام یافته است که به‌طور خلاصه می‌توان به مطالعات تیلر در سال ۲۰۰۴ اشاره کرد. در این تحقیق روند تغییرات سرعت باد در ۴ ایستگاه غرب کانادا را با آزمون‌های نا پارامتری مورد مطالعه قرارداد. نتایج مطالعات نشان داد که میانگین سرعت سالانه در تمام فصول دارای روند کاهشی و اوج سرعت باد در فصل زمستان بوده است [۲۱].

بررسی چند ایستگاه سینوپتیک ایران با دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰ مشخص نمود که میانگین سرعت باد در ایستگاه‌های تهران و اصفهان دارای روند کاهشی، ایستگاه ارومیه دارای روند افزایشی و در ایستگاه انزلی بدون تغییر بوده است [۱۴]. روند تغییرات زمانی سرعت باد را در ۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران در طی سال‌های آماری

در سال‌های اخیر، تعیین چگونگی تغییرات و جهت روند مؤلفه‌های آب و هوایی به‌ویژه عناصری مانند دما، بارش و باد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تغییر اقلیم در اغلب کشورها مورد توجه قرار گرفته است. تغییرات سرعت باد نیز از جنبه‌های مختلفی از قبیل کاهش سرعت آن که سبب کاهش انتقال گرما و رطوبت بین سطح زمین و جو و افزایش دما شده و افزایش ناگهانی آن نیز، سبب وقوع تندبادها، انتقال گردوغبار و نمک‌ها به مناطق اطراف و وقوع خسارات در منطقه می‌شود، مورد بررسی قرار گرفته است [۱۴]. همچنین بررسی روند تغییرات نیز به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل غیر ایستایی که تأثیر بر تغییر تدریجی در سری‌های زمانی دارد، از اهمیت فراوانی برخوردار است [۱۹]. در خصوص روند تغییرات سرعت باد

است. این پدیده از سال ۲۰۰۰ به بعد دوباره روند افزایشی داشته است. نتایج همبستگی بین داده‌های سالانه بارش و فراوانی رخداد گردوغبار حاکی از وجود رابطه معکوس بین این دو پارامتر بود. همچنین نتایج بررسی الگوهای وزش باد در منطقه نشان‌دهنده افزایش سرعت و فراوانی وزش باد در ماه‌های خشک سال، با جهت غالب شمالی بود. بر مبنای این نتایج بیشترین فراوانی سرعت باد در منطقه مورد مطالعه ۴/۵۴ متر بر ثانیه ارزیابی شده است [۹].

تحلیل روند تغییرات سرعت باد در شبکه‌ای متشکل از ۵ ایستگاه سینوپتیک استان فارس در بازه زمانی مشترک با روش آزمون غیر پارامتری، من-کندال و ضریب اسپیرمن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشخص نمودند که سری سالانه و فصلی همه ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند کاهشی سرعت باد است. همچنین مشخص نمودند در سری زمانی سالانه ۶۰ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس دو روش نا پارامتری من-کندال و اسپیرمن دارای روند بوده‌اند و در مجموع روند تغییرات سرعت باد کاهشی (روند منفی) است. ایستگاه‌های شیراز، زرقان و سد درود زن بیشترین تغییرات کاهشی سرعت باد را داشتند [۸].

در سال ۲۰۱۱ در بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران نشان داد که در طول دوره آماری از نظر سرعت باد منطقه همگن نیست. همچنین در نتایج حاصل از روش آماری مورد استفاده مشخص شد که در ایستگاه‌های ارومیه و خوی روند کاهشی، در اردبیل و زنجان روند افزایشی دیده می‌شود. در تبریز و سنندج به ترتیب در یک و دو سری زمانی روند کاهشی دیده می‌شود. ایستگاه سقز در مقیاس‌های فصلی و سالانه فاقد روند است. پس می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که روندهای حادث شده در منطقه تابع نظم خاصی نیست [۱۸].

در طول سال‌های گذشته، سطح دریاچه ارومیه به دلایل مختلف طبیعی و انسانی از قبیل خشک‌سالی، کاهش ورودی مستقیم آب‌های سطحی، افزایش میزان تبخیر و تعرق از سطح دریاچه، احداث سدهای متعدد، افزایش شدید سطح زیر کشت و در نتیجه افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های اطراف منجر به کاهش سطح آب دریاچه شده است [۲۰]. با خشک شدن بخش عمده‌ای

با آزمون‌های نا پارامتری من کندال و ضریب اسپیرمن در مقیاس‌های سالانه و فصلی مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که در بیش از نیمی از ایستگاه‌های مورد مطالعه سرعت باد دارای روند تغییرات معنی‌داری است و شدت روند افزایشی سرعت باد در فصل زمستان بیش‌ترین و در فصل تابستان کم‌ترین میزان است [۴]. در همین سال در استونی جهت بررسی تغییرات سرعت باد در دوره زمانی ۱۹۹۶-۲۰۰۴ مشخص شده است که سرعت باد در فصل زمستان افزایشی و در فصل تابستان کاهش داشته است [۱۰]. همچنین داده‌های هفت ایستگاه سینوپتیک شمال غرب ایران به این نتیجه رسیدند که ایستگاه ارومیه دارای روند افزایشی و ایستگاه تبریز در یک و دو سری زمانی روند کاهشی داشته است [۱۷].

با استفاده از روش تخمین گر نقطه تغییر (پتیت) مشخص نمود که باد سیستان از ۲ می تا ۴ اکتبر تداوم دارد و بر این اساس متوسط طول دوره وزش باد ۱۶۵ روز در سال است [۱۲]. با بررسی پارامترهای اقلیمی سالانه ایستگاه تبریز با دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۵ به این نتیجه رسیدند که بارش دارای روند کاهش معنی‌دار، دما دارای روند افزایشی معنی‌دار و سایر پارامترهای اقلیمی نظیر باد در مقیاس سالانه روند معنی‌داری نشان نداده است [۲].

در بررسی ۱۱ ایستگاه سینوپتیک استان اصفهان در دوره اقلیمی ۱۹۹۲-۲۰۰۵ به این نتیجه رسیدند که روند سرعت باد در طول ماه‌های سرد کمتر و با شروع فصل بهار افزایش یافته است [۱۵]. در بررسی روند سرعت بادهای نزدیک سطح زمین در ۱۱۷ ایستگاه کانادا به این نتیجه رسیدند که روند سرعت باد در قسمت‌های غربی و جنوبی در همه فصول کاهشی بوده است [۲۲].

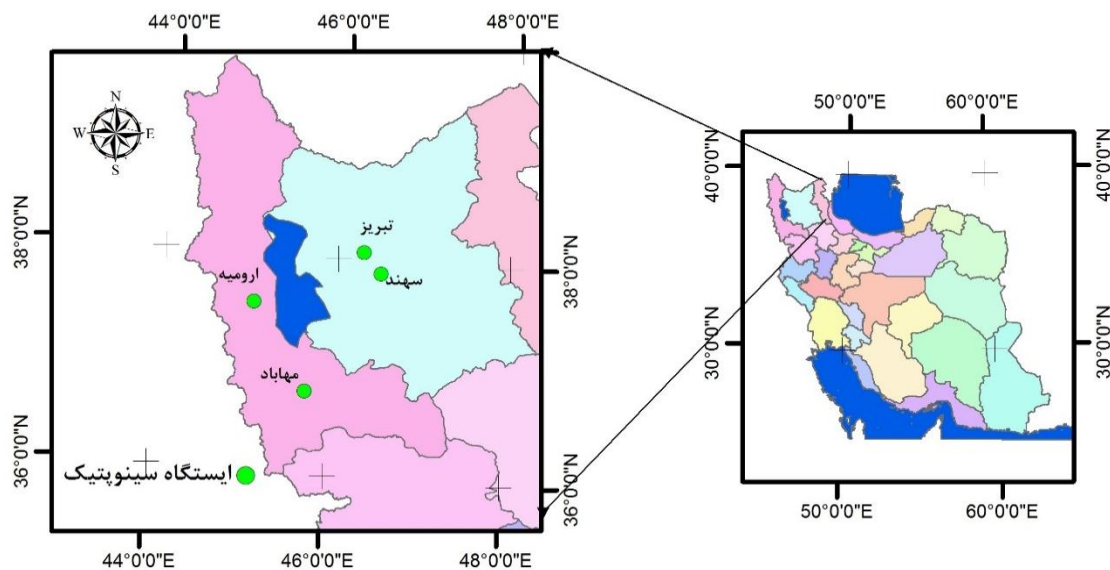
نتایج کلی تحلیل روند آزمون من-کندال در بررسی فراوانی ماهانه و سالانه گردوغبار از سال ۲۰۱۰-۱۹۸۵ میلادی در شهر بندرعباس نشان داد که وقوع روزهای همراه با گردوغبار، روند نسبتاً ثابتی داشته است. تحلیل داده‌های ماهانه سرعت باد نشان داد این ثبات در ماه‌های ژانویه تا سپتامبر بیشتر بوده و در دیگر ماه‌های سال، روندی نامنظم داشته است. همچنین بررسی نمودارها به صورت موردی نشان داد فراوانی وقوع گردوغبار در سال ۱۹۹۶ افزایش داشته و بعد از آن روند کاهشی نشان داده

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مورد مطالعه

ایستگاه‌های منتخب در شمال غرب ایران و در حاشیه دریاچه ارومیه و استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی قرار گرفته است (شکل ۱). از نظر موقعیت جغرافیایی، دریاچه تکتونیک ارومیه با میانگین شوری ۲۲۰ تا ۳۰۰ گرم در لیتر [۳] در  $4^{\circ} 37'$  تا  $17^{\circ} 38'$  عرض شمالی و  $45^{\circ}$  تا  $46^{\circ}$  طول شرقی واقع شده است. کشیدگی شمالی-جنوبی آن بین ۱۳۰ تا ۱۴۰ کیلومتر است و عرض آن بین ۱۶ تا ۶۰ کیلومتر متغیر است [۱۶]. عمق آن به طور غالب بین ۵ تا ۱۶ متر و مساحتی برابر با ۵ تا ۶ هزار کیلومتر مربع دارد که بیشینه آن در اردیبهشت و کمینه آن در ماه مهر ثبت شده است [۲۰]. موقعیت ایستگاه سینوپتیک منتخب حاشیه دریاچه ارومیه در جدول (۱) ارائه شده است.

از سطح دریاچه، علاوه بر ایجاد بستری از نمک با حجم تقریبی ۵ میلیارد تن موجب پدیدار شدن بیابان نمک شده است [۱۱] و همچنین موجب تغییراتی در اقلیم و توازن انرژی منطقه و در پی آن منجر به افزایش دما، تغییرات در نوع گونه‌های گیاهی و طول دوره رشد آنان، انعکاس بالای نور خورشید از بستر دریاچه و موجب حرکت افقی هوای گرم اطراف به سمت دریاچه ارومیه شده [۱۳] که نتیجه آن تغییر در روند سرعت و جهت بادهای محلی است. با توجه به مطالب فوق، هدف این مطالعه بررسی روند تغییرات سرعت باد در مقیاس ماهانه و سالانه حاشیه دریاچه ارومیه طی سال‌های ۱۹۸۵-۲۰۱۳ با استفاده از روش‌های آزمون نا پارامتری من-کندال و پتیت بوده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

نام ایستگاه	نام شهرستان	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	شروع دوره آماری	پایان دوره آماری	طول دوره آماری (سال)
ارومیه	آذربایجان غربی	$38^{\circ} 08' 19''$	$45^{\circ} 53' 31''$	۱۳۲۸	۱۹۵۱	۲۰۱۳	۶۳
ماه‌آباد	آذربایجان غربی	$38^{\circ} 42' 55''$	$45^{\circ} 45' 12''$	۱۳۵۲	۱۹۸۵	۲۰۱۳	۲۸
تبریز	آذربایجان شرقی	$38^{\circ} 14' 33''$	$46^{\circ} 07' 20''$	۱۳۶۱	۱۹۵۱	۲۰۱۳	۶۳
سهند	آذربایجان شرقی	$38^{\circ} 07' 00''$	$46^{\circ} 56' 00''$	۱۶۴۱	۱۹۸۵	۲۰۱۳	۲۸

اگر  $n$  بزرگ‌تر از ۱۰ باشد:

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{رابطه ۴}$$

$n$  تعداد مشاهدات سری‌ها،  $m$  تعداد گره‌هایی که داده مشابه دارند و  $i$  فراوانی داده‌هایی که ارزش یکسانی دارند. (ج) استخراج آماره  $Z$  بر اساس یکی از روابط ۵ یا ۶:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۵}$$

(د) در یک آزمون دو دامنه برای بررسی روند داده‌ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad \text{رابطه ۶}$$

$\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha}$  آمار توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار  $\alpha$  است که با توجه به دو دامنه بودن آزمون از  $\alpha/2$  استفاده شده است. در این آزمون سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که آماره  $Z$  مثبت باشد روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی خواهد بود [۶].

در نهایت در این آزمون پذیرش فرض صفر دلیل بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری‌های داده‌ها و فرض یک دال بر وجود روند در سری داده‌ها دارد [۷].

### شیب خط روند با روش تخمین گر سن<sup>۲</sup>

سن (۱۹۶۸) با توسعه و بسط یک سری مطالعات آماری که تایل<sup>۳</sup> (۱۹۵۰) به انجام رسانده بود یک روش نا پارامتری را جهت تحلیل سری زمانی ارائه نمود [۶]. این آزمون در مواردی که روند به صورت خطی فرض شود،

در بررسی روند تغییرات سرعت باد ایستگاه‌های مورد مطالعه، از روش‌های من-کندال و پتیت استفاده شده است که بدین شرح می‌باشند.

### آزمون من-کندال<sup>۱</sup>

این روش به طور گسترده در مباحث هیدرولوژیکی و هواشناسی کاربرد دارد و یکی از روش‌های مهم برای تحلیل روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. از مزایای این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. همچنین اثرپذیری کم این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌شود نیز از دیگر مزایای این روش است [۶].

الف) محاسبه اختلاف بین هر مشاهده با مشاهدات دیگر با اعمال تابع علامت Sign function و استخراج پارامتر  $S$  که به شرح زیر به دست می‌آید:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{l=k+1}^n \text{sgn}(x_i - x_k) \quad \text{رابطه ۱}$$

$n$  طول دوره آماری،  $x_k$ ،  $x_j$  به ترتیب داده‌های  $j$ ام و  $k$ ام سری می‌باشند و  $\text{sgn}(x)$  تابع علامت به شرح رابطه ۲ قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۲}$$

ب) به ازای  $n > 8$  آماره  $S$  دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن به شرح زیر است:  
اگر  $n$  کوچک‌تر از ۱۰ باشد:

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{رابطه ۳}$$

2- Sen s slope estimator

3- Tayel

۱- Mann-Kendall

که  $N'$  تعداد شیب‌های محاسبه شده در بند (الف) است.  
(د) مرحله نهایی این روش آزمون نمودن حدود اعتماد محاسبه شده است. این آزمون در نرم افزار Excel برنامه نویسی شده است.

### آزمون پتیت<sup>۱</sup>

این آزمون توسط پتیت (۱۹۷۹) جهت تعیین نقطه جهش (تغییر ناگهانی) در سری زمانی که آن را به دو قسمت تفکیک می کند و معنی دار بودن آن را بررسی می کند، ارائه شده است [۱].

$$k = \max |u_k| \quad N \geq K \geq 1 \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$U_k$  معادل آماره - من ویتنی است که برای آزمون دو نمونه  $(x_1, x_2, \dots, x_j)$  و  $(x_{j+1}, x_{j+2}, \dots, x_n)$  از یک جمعیت یکسان بکار می رود.  $U_k$  به طریق زیر محاسبه می شود:

$$U_k = 2 \sum_{i=1}^k M_i - k(N+1) \quad \text{رابطه ۱۱}$$

بعد از آن که مقادیر  $x_1, x_2, \dots, x_j$  به صورت یک سری صعودی مرتب شد  $M_i$  رتبه داده مشاهده نام است. نقطه تغییر در سری زمانی در نقطه ای روی می دهد که  $U_k$  به حداکثر مقدار خود می رسد [۲۳]. برای آزمون معنی داری نقطه تغییر مقدار محاسبه شده  $k$  با مقدار تئوری آن در سطح احتمال  $\alpha$  محاسبه می شود (رابطه ۱۲).

$$k_a = \sqrt{[-\ln \alpha (N^3 + N^2)] / 6} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

در این مطالعه جهت بررسی سری های زمانی از نرم افزار XLSTAT استفاده شده است.

### نتایج

- نتایج ویژگی های پارامتر باد در ایستگاه های مورد مطالعه ویژگی های پارامتر باد در ایستگاه های تبریز و ارومیه طی دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۳ و مه آباد و سهند در دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۱۳ در جدول ۲ ارائه شده است.

نشان دهنده کمی سازی تغییر برای هر واحد زمانی است [۷]. این روش همانند روش من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره می گیرد. اساس این روش برای محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی داری شیب به دست آمده در سطوح اعتماد مختلف است. مراحل کلی انجام این آزمون به شرح زیر است [۶]:

(الف) محاسبه شیب بین هر جفت از داده مشاهده ای با استفاده از رابطه ۷:

$$Q = \frac{x_t - x_s}{t - s} \quad \text{رابطه ۷}$$

که در آن  $x_t$  و  $x_s$  به ترتیب داده های مشاهده ای در زمان های  $t, s, t, s$ . یک واحد زمانی بعد از زمان  $s$  است. با اعمال رابطه (۹) برای هر جفت داده مشاهده ای، یک سری زمانی از شیب های محاسبه شده حاصل می آید که از محاسبه میانه این سری زمانی شیب خط روند ( $Q_{med}$ ) به دست می آید. مقدار مثبت شیب حاکی از صعودی بودن روند و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن روند است. (ب) محاسبه پارامتر  $Ca$  در سطوح اعتماد مورد آزمون به کمک رابطه ۸:

$$Ca = z_1 - \frac{a}{2} * \sqrt{var(s)} \quad \text{رابطه ۸}$$

که در آن  $Z$  آماره توزیع نرمال استاندارد است و یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می تواند مقادیر مختلفی به خود بگیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب  $Z=1.96$  و  $Z=2.58$  در نظر گرفته می شود.

(ج) برای محاسبه حدود اطمینان بالا و پایین ( $M1, M2$ ) از رابطه ۹ استفاده می گردد:

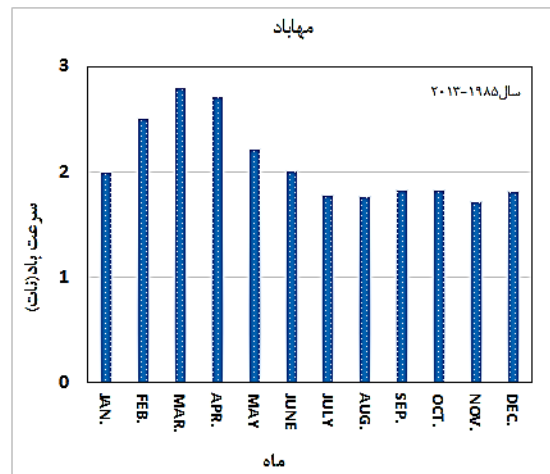
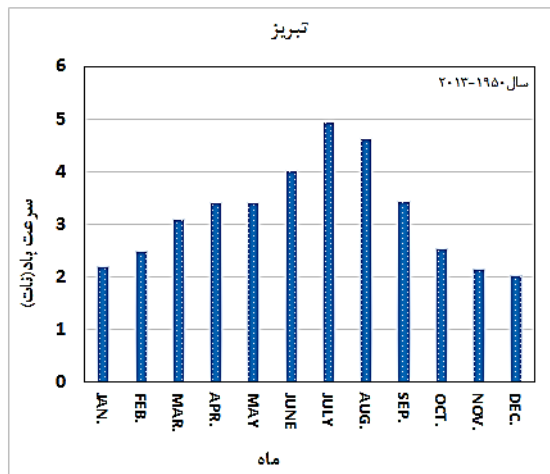
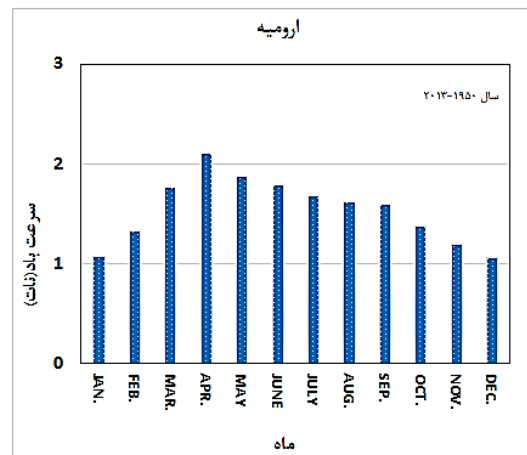
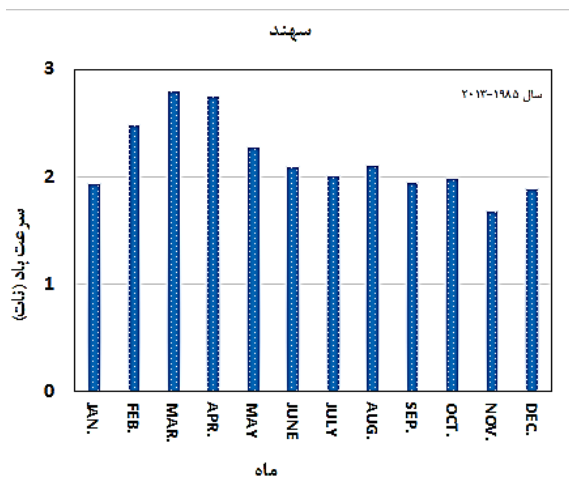
$$M1, M2 = \begin{cases} \frac{N' + C_a}{2} \\ \frac{N' - C_a}{2} \end{cases} \quad \text{رابطه ۹}$$

جدول ۲- ویژگی‌های سرعت باد سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره‌های آماری موجود (نات)

ایستگاه	حداقل سرعت	میانگین سرعت	حداکثر سرعت	دامنه تغییرات
تبریز	۴/۴	۶/۴	۸/۸	۴/۴
سهند	۶/۴	۷/۴	۱۱/۴	۵
ارومیه	۲	۳/۲	۵/۸	۳/۸
مهاباد	۲/۲	۴/۲	۷/۲	۵

شکل ۲ میانگین ماهانه سرعت متوسط باد ایستگاه‌های تبریز و ارومیه در طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۱۳ و مهاباد و سهند در دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۳ را ارائه داده است.

بر اساس جدول فوق، کمترین و بیشترین میانگین متوسط سرعت باد به ترتیب در ایستگاه سهند با سرعت ۱۱/۴ نات و ایستگاه ارومیه با ۵/۸ نات است. همچنین کمترین دامنه تغییرات سرعت باد در ایستگاه ارومیه با ۳/۸ و بیشترین آن ایستگاه سهند با ۵ نات است.



شکل ۲- میانگین ماهانه سرعت متوسط باد در ایستگاه‌های مورد مطالعه

دسامبر ۲/۰۵ نات و در ایستگاه مهاباد در ماه مارس ۵/۴ و نوامبر ۳/۳۳ نات است.

با توجه به شکل ۲ بیشترین و کمترین سرعت متوسط ماهانه باد در ایستگاه تبریز به ترتیب در ماه جولای ۹/۶ و دسامبر ۳/۹۵ نات، در ایستگاه سهند ماه مارس ۵/۴۴ و نوامبر ۳/۲۶ نات، در ایستگاه ارومیه آوریل ۴/۰۹ و

در ایستگاه‌های سهند و تبریز در جدول و شکل ۳ و در ایستگاه‌های ارومیه و مهاباد در جدول و شکل ۴ ارائه شده است.

### - نتایج تحلیل جهت و مقدار روند تغییرات سرعت متوسط باد

بر اساس نتایج داده‌های ماهانه و سالانه سرعت متوسط باد، روند تغییرات بر اساس آزمون نا پارامتری من-کندال

جدول ۳- روند تغییرات سرعت باد ماهانه و سالانه ایستگاه‌های تبریز و سهند با آزمون من-کندال

ماه	سهند (۱۹۸۵-۲۰۱۳)			تبریز (۱۹۵۱-۲۰۱۳)		
	روند	Q	سطح معنی‌دار	روند	Q	سطح معنی‌دار
ژانویه	افزایشی	۰/۲۰	*	افزایشی	۰/۰۲	*
فوریه	افزایشی	۰/۳۶	***	افزایشی	۰/۰۳	**
مارس	افزایشی	۰/۲۶	**	افزایشی	۰/۰۴	**
آوریل	افزایشی	۰/۲۲	**	افزایشی	۰/۰۲	--
می	افزایشی	۰/۲۷	**	افزایشی	۰/۰۲	*
ژوئن	افزایشی	۰/۳۷	**	بدون روند	۰	--
جولای	افزایشی	۰/۲۳	***	کاهشی	-۰/۰۲	--
آگوست	افزایشی	۰/۲۰	**	کاهشی	-۰/۰۱۴	--
سپتامبر	افزایشی	۰/۱۶	*	کاهشی	-۰/۰۱۶	--
اکتبر	افزایشی	۰/۱۷	**	افزایشی	۰/۰۲	*
نوامبر	افزایشی	۰/۱۴	*	افزایشی	۰/۰۲	*
دسامبر	افزایشی	۰/۲	*	افزایشی	۰/۰۲	*
سالانه	افزایشی	۰/۱۴	**	افزایشی	۰/۰۱۵	--

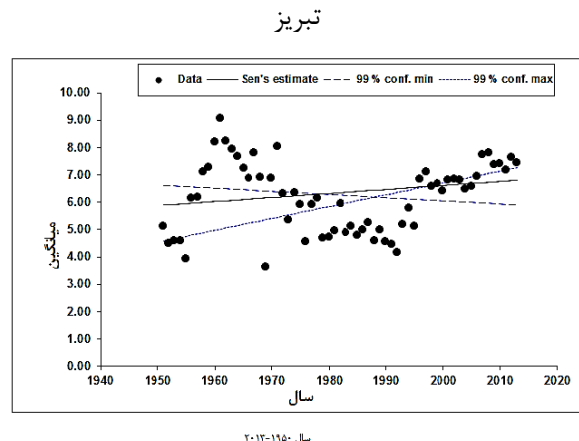
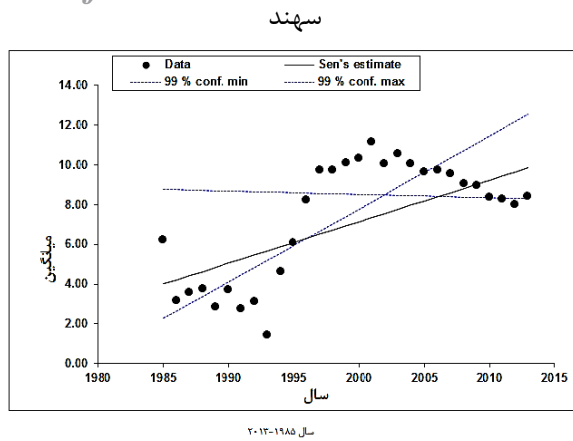
\*وجود روند در سطح ۰/۹۰، \*\*وجود روند در سطح ۰/۹۵، \*\*\*وجود روند در سطح ۰/۹۹ -- عدم وجود روند

تغییرات سرعت متوسط باد سالانه در این ایستگاه، افزایشی بوده است.

در ایستگاه سهند سرعت متوسط باد در تمام ماه‌ها دارای روند افزایشی است. این روند در ماه‌های جولای و فوریه در سطح ۰/۹۹ و در ماه‌های مارس، آوریل، می، آگوست و اکتبر در سطح ۰/۹۵ و در سایر ماه‌ها نیز در سطح ۰/۹۰ معنی‌دار است. شیب خط سن نشان داد که بیشترین مقدار افزایشی سرعت باد در ماه ژوئن ۰/۳۷ و کمترین مقدار افزایشی در ماه نوامبر ۰/۱۴ نات بوده است. بر اساس شکل ۳ روند تغییرات سرعت متوسط باد سالانه در ایستگاه فوق نیز به صورت، افزایشی بوده است.

بر اساس یافته‌های جدول ۳ مشخص گردید که سرعت متوسط باد در ایستگاه تبریز در تمام ماه‌ها به جز ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر، دارای روند افزایشی بوده و در ماه ژوئن نیز بدون روند مشخص گردیده است. همچنین روند سرعت باد در ماه‌های فوریه و مارس در سطح اطمینان ۰/۹۵ و ماه‌های ژانویه، می، اکتبر، نوامبر و دسامبر در سطح اطمینان ۰/۹۰ معنی‌دار است. همچنین در سایر ماه‌ها عدم وجود روند مشخص می‌گردد. شیب خط سن (Q) نیز نشان داد که بیشترین مقدار افزایشی سرعت باد در ماه مارس ۰/۰۴ و کمترین مقدار کاهش‌ی در ماه سپتامبر ۰/۰۱۶- نات بوده است. بر اساس شکل ۳ روند





شکل ۳- روند تغییرات سرعت متوسط باد سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه و نمودار آزمون سن

جدول ۴- روند تغییرات سرعت باد ماهانه و سالانه ایستگاه‌های ارومیه و مهاباد با آزمون من- کندال

ماه	مهاباد (۱۹۸۵-۲۰۱۳)			ارومیه (۱۹۵۱-۲۰۱۳)		
	روند	Q	سطح معنی‌دار	روند	Q	سطح معنی‌دار
ژانویه	افزایشی	۰/۱۳	**	افزایشی	۰/۴۰	***
فوریه	افزایشی	۰/۲۰	***	افزایشی	۰/۰۵	***
مارس	افزایشی	۰/۱۲	***	افزایشی	۰/۰۶۵	***
آوریل	افزایشی	۰/۰۶	*	افزایشی	۰/۰۵	***
می	افزایشی	۰/۰۸	**	افزایشی	۰/۰۶۱	***
ژوئن	افزایشی	۰/۰۷	**	افزایشی	۰/۰۶۴	***
جولای	افزایشی	۰/۰۶	**	افزایشی	۰/۰۶۰	***
آگوست	افزایشی	۰/۰۶	**	افزایشی	۰/۰۵	***
سپتامبر	افزایشی	۰/۰۵	*	افزایشی	۰/۰۵	***
اکتبر	کاهشی	-۰/۰۲	--	افزایشی	۰/۰۵	***
نوامبر	بدون روند	۰	--	افزایشی	۰/۰۴	***
دسامبر	افزایشی	۰/۰۷	***	افزایشی	۰/۰۴	***
سالانه	افزایشی	۰/۰۵	--	افزایشی	۰/۰۶	***

\* وجود روند در سطح ۹۰٪، \*\* وجود روند در سطح ۹۵٪، \*\*\* وجود روند در سطح ۹۹٪ -- عدم وجود روند

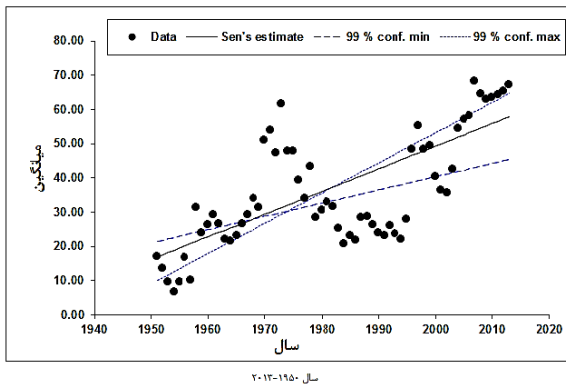
روند در ماه‌های آوریل و سپتامبر در سطح ۹۰٪، دسامبر، فوریه و مارس در سطح ۹۹٪. و در ماه‌های اکتبر و نوامبر در سطح ۹۵٪ معنی‌دار شده است. شیب خط سن نیز نشانگر این است که بیشترین مقدار افزایشی سرعت باد در فوریه ۰/۲۰ نات که به ازای هر ده سال ۰/۲ نات افزایش داشته و کمترین مقدار در ماه اکتبر -۰/۰۲ نات بوده است. بر اساس شکل ۴ روند تغییرات سرعت متوسط باد سالانه در ایستگاه مهاباد نیز به صورت، افزایشی بوده است.

بر اساس جدول ۴ سرعت متوسط باد در ایستگاه ارومیه در تمام ماه‌ها دارای روند افزایشی و در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار بوده است. شیب خط سن نشان داد که بیشترین مقدار افزایشی در ماه مارس ۰/۰۶۵ نات بوده است که به ازای هر ده سال ۰/۶۵ نات افزایش داشته و کمترین مقدار افزایشی نیز در ماه ژانویه بوده است. شکل ۴ روند افزایشی تغییرات سرعت متوسط باد سالانه در ایستگاه ارومیه را نشان می‌دهد.

در ایستگاه مهاباد نیز سرعت متوسط باد در تمام ماه‌ها به غیر از اکتبر و نوامبر دارای روند افزایشی بوده است. این

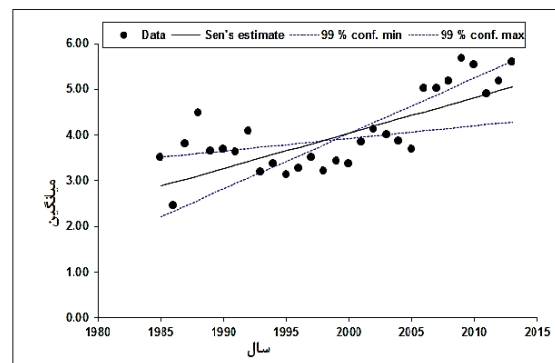


ایستگاه ارومیه



سال ۱۹۵۰-۲۰۱۳

ایستگاه مهاباد



سال ۱۹۸۵-۲۰۱۳

شکل ۴- روند تغییرات سرعت متوسط باد سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه و نمودار آزمون سن

سال سرعت متوسط باد، تغییر جهش ماه نوامبر را سال ۱۹۹۵، ماه اکتبر سال ۲۰۰۰، ماه می، جولای، آگوست و سپتامبر سال ۲۰۰۴، ماه نوامبر سال ۲۰۰۷ و سایر ماه‌ها عمدتاً در سال ۲۰۰۵ را حادث شده است. بر اساس شکل ۵ نقطه تغییر جهش سالانه ایستگاه‌های تبریز، سهند، ارومیه و مهاباد به ترتیب ۱۹۹۵، ۱۹۹۶، ۱۹۵۵ و ۲۰۰۰ حادث شده است. همچنین بعد از سال‌های فوق، روند سرعت باد به صورت افزایشی بوده است به صورتی که سرعت متوسط باد در ایستگاه تبریز در سال ۱۹۹۵ ۵/۸ نات و در سال ۲۰۱۰ به ۷/۰۲ نات و در ایستگاه ارومیه نیز در همین سال ۲/۳۶ نات بوده است که در سال ۲۰۰۰ به ۴/۵ نات افزایش داشته است. همچنین در ایستگاه سهند نیز از سال ۱۹۹۶ سرعت متوسط باد از ۴/۳ به ۱۱ نات در سال ۲۰۰۰ و در ایستگاه مهاباد نیز در سال ۲۰۰۰ از ۳/۴ به ۵ نات در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است.

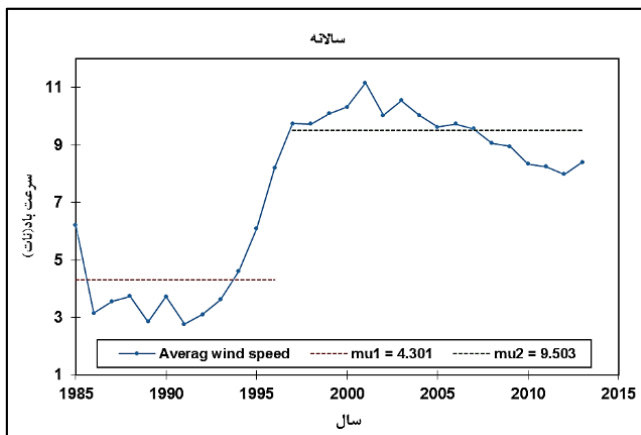
### نتایج داده‌های سرعت متوسط باد بر اساس روش پتیت

بر اساس داده‌های سرعت متوسط ماهانه و سالانه باد نقطه جهش یا سال تغییر در داده‌ها با استفاده از آزمون پتیت مشخص گردید که نتایج آن در جدول ۵ و شکل ۵ در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. نقطه جهش داده‌های سرعت متوسط باد در ایستگاه تبریز در مقیاس ماهانه بر اساس آمار موجود (۶۳ سال) بین سال‌های ۱۹۷۱-۱۹۷۴ به ترتیب در ماه سپتامبر، جولای و آگوست و سایر ماه‌ها در سال ۱۹۹۵ حادث شده است. ایستگاه سهند با آمار ۲۸ سال سرعت متوسط باد، سال ۱۹۹۴ در ماه‌های اکتبر و دسامبر و سایر ماه‌ها سال ۱۹۹۵ را نشان داده است. ایستگاه ارومیه بر اساس آمار ۶۳ سال سرعت متوسط باد، بین سال‌های ۱۹۶۷-۱۹۶۹ به ترتیب در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست، سال ۱۹۹۴ در ماه‌های نوامبر و دسامبر و سایر ماه‌ها تغییر جهش را سال ۱۹۹۵ نشان داده است. ایستگاه مهاباد بر اساس آمار ۲۸

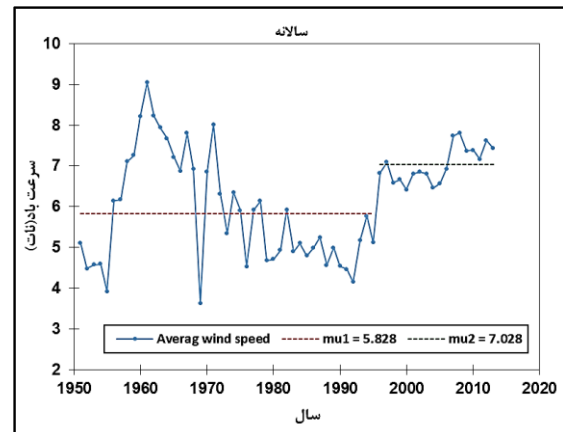
جدول ۵- نقطه تغییر جهش در سری داده‌های سرعت متوسط باد در مقیاس ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	ماه		
	تبریز	سهند	ارومیه
مهاباد			
۲۰۰۱	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۵
۲۰۰۰	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۵
۲۰۰۱	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۵
۲۰۰۱	۱۹۹۵	۱۹۹۵	۱۹۶۹
۲۰۰۵	۱۹۹۵	۱۹۹۵	۱۹۹۵
۲۰۰۴	۱۹۹۵	۱۹۹۵	۱۹۶۹
۲۰۰۵	۱۹۷۲	۱۹۹۶	۱۹۶۷
۲۰۰۵	۱۹۷۴	۱۹۹۶	۱۹۶۷
۲۰۰۵	۱۹۷۱	۱۹۹۶	۱۹۹۵
۲۰۰۰	۱۹۹۵	۱۹۹۴	۱۹۹۵
۱۹۹۵	۱۹۹۳	۱۹۹۶	۱۹۹۴
۲۰۰۷	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۴
۲۰۰۰	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۵

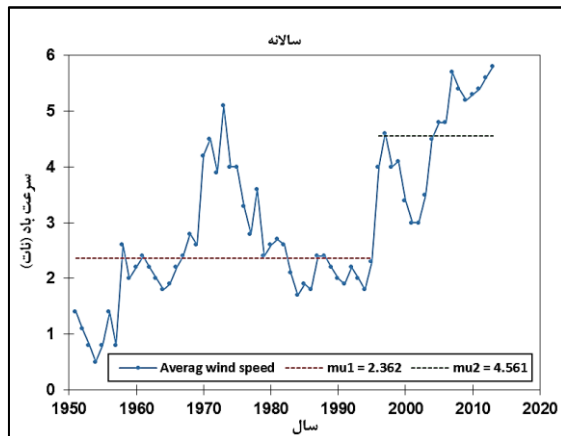
ایستگاه سهند



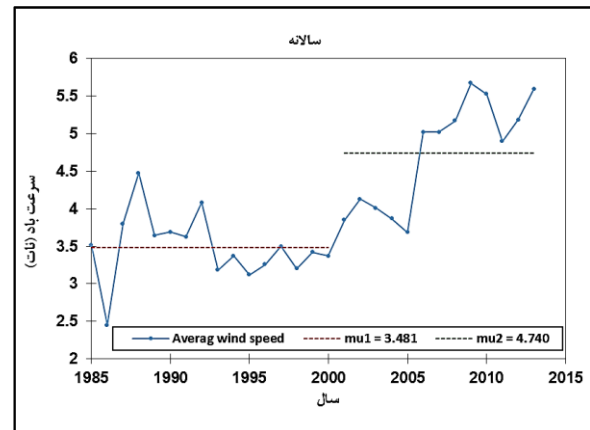
ایستگاه تبریز



ایستگاه ارومیه



ایستگاه مهاباد



شکل ۵- نقطه تغییر جهش در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه را با آزمون نا پارامتری پتیت

## بحث و نتیجه گیری

نوامبر حاصل شده است. بنابراین با توجه به نحوه پراکندگی ایستگاه‌های منتخب در منطقه می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که روند انرژی باد به صورت افزایشی بوده است. بر اساس داده‌های حداکثر سرعت باد ایستگاه‌ها مشخص گردید که ایستگاه‌های شرق دریاچه ارومیه مانند تبریز و سهند دارای بیشترین سرعت باد هستند که این بادهای توانایی حمل رسوبات ریزدانه را دارند. اما سرعت باد ایستگاه‌های غرب دریاچه ارومیه نظیر ایستگاه ارومیه و مهاباد کم است که قادر به حمل رسوبات نمی‌باشند. حضور تپه‌های ماسه‌ای در غرب دریاچه مشخص می‌نماید که افزایش دما و به تبع آن کاهش بارندگی‌ها سبب افزایش تبخیر از سطح آزاد دریاچه و آب زیرزمینی کم‌عمق شده که علاوه بر افزایش نیاز آبی گیاهان و از بین رفتن پوشش

در این تحقیق جهت بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های منتخب حاشیه دریاچه ارومیه از آزمون‌های نا پارامتری من-کندال، شیب‌خط سن و پتیت طی سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۱۳ استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که روند سرعت باد در مقیاس ماهانه و سالانه در طی سه دهه اخیر در منطقه افزایشی بوده است که این نتایج با نتایج [۲۰، ۲ و ۱۷] مطابقت دارد. با توجه به نتایج آزمون سن، بیش‌ترین شیب‌خط روند صعودی تغییرات سرعت باد در مقیاس سالانه معادل ۰/۲۰۳۷ نات در مقیاس سالانه و در مقیاس ماهانه ۰/۳۷ نات در جولای و ۰/۳۶ نات در مارس در ایستگاه سهند حادث شده است. همچنین شیب‌خط روند نزولی در مقیاس ماهانه در ماه جولای در ایستگاه تبریز و در ایستگاه مهاباد در ماه

همچنین با توجه به نحوه پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص شده است که هم‌زمانی تغییرات رخ داده در نقطه جهش افزایش سرعت باد در بین ایستگاه‌ها همسان نیست. دلیل عمده این است که بادهای محلی ایستگاه مهاباد در فصول سرد سال حاکمیت دارند و اثر خشک شدن دریاچه و افزایش سرعت بادهای محلی در این منطقه از سال ۲۰۰۵ مشخص شده است. لذا یک اختلاف ۵ ساله در رخداد روند ایستگاه‌ها مشخص گردیده است.

گیاهی، موجب افزایش سرعت بادهای محلی در طی دهه‌های اخیر به‌خصوص در فصول بهار و تابستان (فصول فرسایش زایی منطقه) شده است. با پس‌روی قابل ملاحظه سطح دریاچه ارومیه و باقی ماندن اراضی شورزار و نمکی و افزایش سرعت بادهای محلی رسوبات ریزدانه از سطح دریاچه حمل و در فاصله نزدیک به دریاچه انباشت گردیده و در نهایت منجر به پیدایش تپه‌های ماسه‌ای در غرب دریاچه شده است.

## References

- [1]. Ameriun, M., Salari jazi, M., Ahmadianfar, A. (2011). Analyzing the changes and trends in the number of time series of rainfall in the basin of Karoon and Dez. The 4<sup>th</sup> Conference, Iran Water Resources Management (in Farsi).
- [2]. Dinpagooh, Y., Niazi, F. (2015). The trend analysis of meteorological parameters in Tabriz. *Journal of Geography and Planning*, 97: 62-70, 145-169 (in Farsi).
- [3]. Fathi, A., Madadi, M., Sarmasti, N. (2014). The Evaluation of uromieh Lake of level fluctuations and increased saline flats in the north west of Iran. *Journal of Research of Physical Geography*, 2(2), 271-285 (in Farsi).
- [4]. Ghahreman, N., Gharekhani, A. (2010). Trend analysis of mean wind speed in different climatic regions of Iran. *Journal of Irrigation and Drainage*, 1(4), 31-43 (in Farsi).
- [5]. Gullet, D. W., Vincent, L., Malone, L. (1991). Homogeneity testing of monthly temperature series: Application of multi-phase regression models with mathematical changepoint. Canadian Climate Centre Rep. 91-10, Atmospheric Environment Service, Downsview, 47.
- [6]. Hejam, S., Shamsvandi, R. (2008). The analysis trend of seasonal and annual few selected stations in the central basin of Iran using non-parametric methods. *Journal of Ographical*, 64, 168-157 (in Farsi).
- [7]. Kazemzadeh, M., Malekian, A., Rassolzadeh, A. (2013). The analysis river flows using parametric and nonparametric statistical approaches in Ardebil. *Journal of Earth science research*, 15, 51-63 (in Farsi).
- [8]. Keshavarz, Z., and Afshin Sharifan, R. (2014). Investigating the process of changes in average wind speed at selected synoptic stations in Fars province. The 3<sup>th</sup> agricultural and sustainable development conference, opportunities and challenges ahead (in Farsi).
- [9]. Khajeh, M., Kheirandish, H., Pishdad, S. (2014). Investigating the process of dust phenomena and studying the winds affecting it (case study: Bandar Abbas city, Hormozgan province). *Journal of Environmental Erosion Research*, 48-37 (in Farsi).
- [10]. Kull, A. (2005). Relationship between inter-annual variation of wind direction and wind speed. *Publications Instituti Geographici Universitatis*, 97, 62-70.
- [11]. Jamshidi, M. (2008). The engineering feat environmental disaster. Khabar online. Monday 4 December (in Farsi).
- [12]. Mofidi, M., Hamidianpur, M., Alijani, B. (2013). Determination Since the beginning, end and duration of Sistan wind with using Change Point estimation methods. *Journal of Geography and environmental Hazards*, 8, 87-112 (in Farsi).
- [13]. Puyesh pajoh Parlagh, P. (2009). The Death of Uromieh Lake. Risk and survey of causes crisis Urmieh Lake, consequences and solution, 29 (in Farsi).
- [14]. Rahimzadeh, F., Mohammadian, N., Akbarinejad, J. (2006). The survey changes in wind speed at a height of ten meters above the ground in a number of country major cities. *Journal of Nivar*, 1995-2005, 7-62 (in Farsi).

- [15]. Rahimzadeh, F., Sedaghat kerdar, M., Kamali, Gh. (2009). Estimation of wind energy in the province synoptic stations. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 35, 155-172. (in Farsi).
- [16]. Rasouli, A.A., Abbasi, S.H., Jahanbakhsh, S. (2008). Monitoring of lake water level fluctuations using multi-satellite and multi-time. *Journal of Humanities instructor Quarterly*, 12(2), 1-19 (in Farsi).
- [17]. Rezaee banafsheh, M., Javan, Kh., Zeynalee, B. (2011). The survey changes trend wind speed in the North West of Iran. *Journal of Physical Geography Lar*, 13, 119-134 (in Farsi).
- [18]. Rezaei Banafsheh, M., Jahan, Kh. and Zeinali, B. (2011). Investigating the trend of wind speed changes in northwest of Iran. *Journal of Natural Geography*, 4(13), 27 - 36 (in Farsi).
- [19]. Serrano, A., Mateos, V. L., and Garcia, J.A. (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 24, (1-2), 85-90.
- [20]. Shamsipur, A., najibzadeh, F., Choghabli, Z. (2012). Numerical modeling and simulation winds on the basin of Urmia Lake. *Journal of Research in Physical Geography*, 1, 119-134.
- [21]. 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.
- [22]. 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.
- [23]. Zhang, L., W.R. Dawes, G.R. Walker. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Journal of Water Resources Research*, 37(3), 701-708.

## An investigation of the trends of monthly wind speed fluctuation on the edge of Lake Urmia over the last 30 years

1- L. Biabani, PhD Student of Management and desert control, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

2- A.A. Nazari Samani, Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran  
aknazari@ut.ac.ir

3-H. Khosravi, Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

4-M. Kazemzadeh, PhD Student of Watershed management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

Received: 2018 April 4

Accepted: 2019 March 3

### **Abstract**

Wind speed is one of the most complex meteorological parameters in a specific region. Furthermore, climate behavior in an area is influenced temporally in short and long terms. In the present study, Mann-Kendall and Pettit nonparametric tests were applied to analyze the trend of monthly and annually wind speed data series in four synoptic stations of Lake Urmia (Tabriz, Urmia stations with 50 years, Mahabad and Sahand with 28 years). The results of the aforementioned tests, based on annual and monthly scales, showed that the average wind speed at all stations has an increasing trend at 99% confidence level. However, the concerned years were not appeared to be quite identical in all stations. These changes occurred at Mahabad station in 2000 and at other stations in 1995. Also, the wind speed increased at Mahabad station in winter and at other stations in spring and summer.

**Keywords:** Changes Trend; Average wind speed; Urmia Lake; Non parametric Test; Mann-Kendal; Pettit.