

بررسی توان حمل ماسه و نمک در اطراف دریاچه ارومیه

محمد مرادی^{*}، پرویز رضازاده^۲

۱. دانشیار، پژوهشگاه هواشناسی

۲. مشاور رئیس سازمان هواشناسی کشور در امور پیش‌بینی

چکیده

در این مطالعه داده‌های سه ساعته سمت و سرعت باد ایستگاه‌های منتخب هواشناسی اطراف دریاچه ارومیه از بدو تاسیس تا سال ۲۰۱۴ برای برآورد توان حمل ماسه و نمک تحلیل شد. برای اینکار، ابتدا با استفاده از نرم افزارهای مناسب مانند AnClim، Excel و Wrplot داده‌های سمت و سرعت باد از دیدگاه آماری بررسی شد و با کسب اطمینان از صحت داده‌های باد، گلباد ماهیانه، فصلی و سالانه این ایستگاه‌ها رسم شدند. پس از تعیین سرعت آستانه باد مولد توفان گرد و خاک: بادهای با سرعت کمتر از آن حذف شد و گل توفان ماهانه، فصلی و سالانه تحلیل شدند. در ادامه با استفاده از رابطه فرایبرگر (Friberger) و لیتنو (Lettau) در محیط برنامه نویسی مطلب، برنامه‌ای برای رسم گلماسه نوشته شد و گلماسه ایستگاه‌های تحت بررسی در ماه‌های مختلف سال رسم و بررسی شد. نتایج نشان داد که در ایستگاه تبریز توان حمل ماسه از ماه مارس تا اوت شدید، در فوریه، سپتامبر، اکتبر و نوامبر میانگین و در ماه‌های ژانویه و دسامبر ضعیف است. در ایستگاه ارومیه توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های مارس و آوریل متوسط و در سایر ماه‌ها ضعیف برآورد شده است. در ایستگاه مراغه توان حمل ماسه در ماه‌های ژوئیه، اوت خیلی شدید، در مارس، جون و سپتامبر شدید، در دسامبر ضعیف و در سایر ماه‌ها متوسط می‌باشد. در ایستگاه بناب توان حمل ماسه و نمک از فوریه تا اوت متوسط و در سایر ماه‌ها ضعیف برآورد شده است. در ایستگاه مهاباد توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل خیلی شدید، در اکتبر، نوامبر و دسامبر شدید، در جون و سپتامبر متوسط و در سایر ماه‌ها ضعیف است. در ایستگاه پیرانشهر توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل خیلی شدید، در سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر شدید، در جون متوسط و در سایر ماه‌ها ضعیف است. در ایستگاه سلماس نیز توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های مارس و آوریل خیلی شدید، در ماه‌های می، ژون و ژولای شدید و در سایر ماه‌ها متوسط می‌باشد.

کلید واژه‌ها: گلباد، گلتوفان، گلماسه، توان حمل ماسه و نمک، دریاچه ارومیه

مقدمه

استفاده کرده‌اند. در ادامه به چند نمونه از این پژوهش‌ها با اختصار اشاره می‌شود.

اختصاصی و همکاران (۲۰۰۶) در مقاله " کاربرد گلباد، گلتوفان و گلماسه در تحلیل فرسایش بادی و تعیین جهت حرکت ماسه های روان" در یک دوره آماری ۲۰ ساله از ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۹، توان حمل ماسه در حوضه دشت یزد- اردکان را مطالعه کردند. آنها نشان دادند که در منطقه مطالعاتی بادهای توفانزا که سه درصد بادهای دیدبانی را تشکیل می‌دهند، بیشتر از شمال غرب می‌وزند و بادهای قطاع‌های دیگر از فراوانی کمتری برخوردارند. نتایج کار این پژوهشگران نشان داد که در حوضه دشت یزد- اردکان، بادهای شمال غربی و جنوب غربی به ترتیب بیشترین توان حمل ماسه را دارند.

احمدی و مصباح زاده (۲۰۱۱) در مقاله " مقایسه مقادیر توان حمل ماسه برآورد شده به دو روش سرعت‌های لحظه‌ای و روش کلاس‌های سرعت فرایبرگر"، توان حمل ماسه در منطقه جاسک و کرمان در یک دوره آماری ۲۰ ساله از ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵ را به دو روش فوق محاسبه و نتایج را مقایسه کرده‌اند. نتایج کار این پژوهشگران نشان می‌دهد که در ایستگاه جاسک اختلاف کم ولی در ایستگاه کرمان زیاد است و مقادیر بدست آمده از روش لحظه‌ای بسیار بیشتر از روش کلاس‌های سرعت فرایبرگر است.

اختصاصی و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله " بررسی رابطه تندبادهای سواحل جنوبی ایران با مرفولوژی تپه‌های ماسه- ای"، داده‌های پنج ایستگاه هواشناسی منطقه جنوب ایران در یک دوره آماری ۲۵ ساله از ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶ را تحلیل و به کمک نرم افزار Sand rose graph، راستای انتقال ماسه را در این مناطق مشخص کرده‌اند.

توکلی فرد و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از نرم‌افزار گلماسه‌نما و بکارگیری روش فرایبرگر، توان حمل ماسه را در اطراف کاشان بررسی کرده‌اند. آنها با بررسی میدان باد در ایستگاه‌های کاشان، میمه، نایین، قم و اردستان، نشان دادند که توان حمل ماسه ایستگاه‌های قم و میمه برای کاشان ناچیز ولی مناطق نایین و اردستان می‌توانند کمی خطرناک باشند زیرا توان حمل ماسه به سوی کاشان را دارند.

تحلیل میدان باد ایستگاه‌های هواشناسی برای تعیین بادهای مولد گردوخاک و نقش آن در فرسایش خاک همواره مورد توجه پژوهشگران منابع طبیعی، کشاورزی و هواشناسی قرار داشت. این پژوهشگران برای تحلیل میدان باد از گلباد^۱، گلتوفان^۲ و گلماسه^۳ استفاده می‌کنند (احمدی و همکاران، ۲۰۰۱) که از ساده‌ترین و کاراترین روش‌های تحلیل باد برای آشکارسازی نقش باد در تولید توفان گردوخاک است (احمدی و همکاران، ۲۰۰۲).

گلباد نموداری برای نمایش و تحلیل میدان باد در یک دوره آماری مشخص است که فراوانی سمت و سرعت باد در جهات مختلف را در یک ایستگاه هواشناسی نشان می‌دهد. از آنجائی که بادهای آرام و سرعت‌های کمتر از سرعت آستانه نیز در این نمودار نشان داده می‌شود، برای بررسی عامل توفان گردوخاک از گلتوفان استفاده می‌شود (اختصاصی و همکاران، ۲۰۰۶).

گلتوفان، گلبادی است که در آن بادهای آرام و نیز بادهای با سرعت کمتر از سرعت آستانه از داده‌های باد ایستگاه مطالعاتی حذف شده است. باد آستانه کمترین سرعت بادی است که توان فرسایش خاک و یا توان جابجائی خاک در منطقه را داشته باشد.

گلماسه یکی از شیوه‌های تحلیل آماری باد در ارتباط با سرعت‌های آستانه فرسایش باد است که اول بار توسط فرایبرگر و دین در سال ۱۹۷۹ پیشنهاد شد و سپس دیگر پژوهشگران از آن استفاده کردند. این کمیت برداری نشانگر بخشی از انرژی باد است که سبب فرسایش باد و جابجائی ماسه می‌شود.

در ایران پژوهشگران زیادی برای نشان دادن توان حمل ماسه توسط باد در مناطق مختلف کشور از روش فرایبرگر استفاده کرده‌اند که اختصاصی و احمدی از پیش گامان آنها هستند. این پژوهشگران از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۲ در مناطق مختلف کشور برای تحلیل توان حمل ماسه، از گلماسه

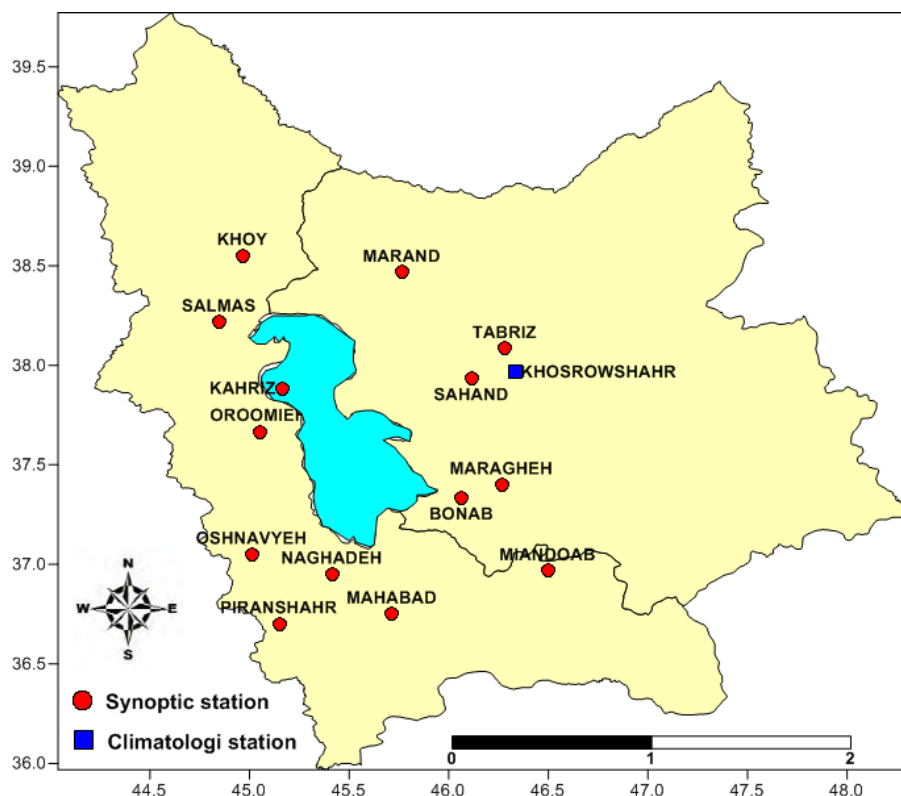
- 1 Wind Rose
- 2 Storm Rose
- 3 Sand Rose

مواد و روش‌ها

شمال‌غرب ایران محدوده ۳۳/۵۵ تا ۳۹/۳۹.۷۷ درجه عرض شمالی و ۴۴/۰ تا ۴۹/۵ درجه طول شرقی را به خود اختصاص داده است. در این مطالعه ایستگاه‌های ارومیه، مهاباد، سلماس و پیرانشهر در استان آذربایجان غربی و ایستگاه‌های بناب، مراغه و تبریز در آذربایجان شرقی در اطراف دریاچه ارومیه با دوره آماری مناسب به عنوان ایستگاه‌های معرف منطقه انتخاب شده‌اند. شکل (۱) موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های همدیدی واقع در این دو استان را نشان می‌دهد. دوره آماری انتخابی نیز از بدو تاسیس ایستگاه تا سال ۲۰۱۴ است که داده‌های سه ساعته (۸ نوبت دیدبانی در روز) میدان باد این ایستگاه‌ها در این دوره از سازمان هواشناسی گرفته شده است. برای تحلیل آماری ابتدا برخی کمیتهای مانند میانگین، انحراف معیار، چولگی و ... محاسبه شدند. در صورتی که چولگی داده‌ها از $+0/4$ بیشتر و از $-0/4$ کمتر باشد، آنگاه تمامی داده‌ها در حالت اول با $\bar{x} + 3.0 \times STD$ و در حالت دوم با $\bar{x} - 3.0 \times STD$ مقایسه می‌شوند. اگر داده‌ای خارج از محدوده فوق باشد، به عنوان داده مشکوک برای بررسی مجدد معرفی می‌شود تا درستی و نادرستی آن با قضاوت کارشناسی بررسی شود. در ادامه داده‌ها از نظر نرمال بودن، تصادفی بودن، همگن بودن و داشتن روند بوسیله نرم افزارهای آماری مناسب آزمایش شده است. پس از بررسی آماری داده‌های سمت و سرعت باد ایستگاه‌های معرف، گلباد این ایستگاه‌ها بررسی شد تا درصد فراوانی بادهای آرام مشخص شود. در ادامه با حذف بادهای آرام و انتخاب باد آستانه، گلتوفان ایستگاه‌ها تحلیل گردید. در انتها با استفاده از روش فرایبرگر گلماسه ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه‌های معرف رسم و بررسی شد.

مصباح زاده و احمدی (۲۰۱۰) با بکارگیری روش فرایبرگر، داده‌های باد ایستگاه هواشناسی سبزوار در یک دوره ده ساله از ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ را بررسی کردند و نشان دادند که بیشترین مقدار حمل رسوب در این ایستگاه به وسیله بادهای با سرعت ۱۱ تا ۲۸ نات صورت می‌گیرد.

هدف از این پژوهش، بررسی توان سالانه حمل ماسه و نمک در اطراف دریاچه ارومیه برای آشکارسازی نقش خشک شدن دریاچه ارومیه بر محیط زیست شهرهای اطراف آن می‌باشد. برای اینکار، داده‌های پیوسته سه ساعته باد ایستگاه‌های ارومیه، مهاباد، سلماس و پیرانشهر در آذربایجان غربی و ایستگاه‌های بناب، مراغه و تبریز در آذربایجان شرقی در دوره آماری منتهی به سال ۲۰۱۴، ابتدا از نظر آماری تحلیل شدند و سپس با نرم افزارهای مناسب، نمودار گلباد، گلتوفان و گلماسه رسم شد. در پایان توان حمل ماسه و نمک در این ایستگاه‌ها بررسی گردید. این پژوهش با نگاهی کوتاه به پیشینه تحقیق، مبانی نظری و شیوه تحقیق، از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است. در بخش تحلیل آماری، داده‌های سه ساعته باد ایستگاه‌های اطراف دریاچه ارومیه از دیدگاه آماری بررسی می‌شوند. در بخش تحلیل گلباد و گلتوفان، با استفاده از نرم افزار *Wrplot*، گلباد و گلتوفان ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه‌های تحت بررسی رسم و تحلیل می‌شوند. در بخش تحلیل گلماسه، با بکارگیری زبان برنامه نویسی مطلب، نرم افزاری برای رسم گلماسه توسط نویسندگان مقاله طراحی می‌شود که در آن کاستی‌های نرم افزارهای قبلی برطرف شد و سپس با تحلیل گلماسه ایستگاه‌ها همدیدی، توان حمل ماسه و نمک در اطراف دریاچه ارومیه تحلیل می‌شود. سرانجام در انتها، جمع‌بندی و نتایج پژوهش ارائه می‌شود.



شکل ۱ - موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های هوا شناسی اطراف دریاچه ارومیه

سرعت آستانه به متر بر ثانیه یا نات است که در این پژوهش شش متر بر ثانیه یا دوازده نات (Frayberger, 1979) منظور شده است. شیوه دسته بندی سمت و سمت باد در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

در روش فرایبرگر باد در جهت‌های مختلف با سرعت بیش از آستانه فرسایش در رخساره یا اراضی مورد نظر، به واحدهای بردار یکسان تحت عنوان توان حمل ماسه^۱ تبدیل می‌شوند. با رسم این بردار در جهت‌های شانزده گانه، گلماسه شکل می‌گیرد. برای محاسبه و رسم گلماسه، بنابه پیشنهاد فرایبرگر، کمترین حد سرعت آستانه فرسایش در ارتفاع ده متری اراضی اطراف ایستگاه، سرعت پایه آستانه فرسایش منظور میشود. در این حالت مقادیر به دست آمده دارای بالاترین توان حمل ماسه برآورد شده خواهد بود. بردار توان حمل ماسه با نماد \vec{DP} مشخص شده است که اندازه آن در هر کلاس سمت و سرعت به صورت زیر بدست می‌آید:

$$DP = V^2(V - V_t) \frac{t}{100} \quad (1)$$

t ضریب فراوانی سمت باد در هر کلاس به رصد، میانگین سرعت باد در هر دسته به متر بر ثانیه یا نات و V_t

1. Drift Potential

جدول ۱- شاخص i و کلاس‌های سرعت باد برای رسم گلماسه

دسته بندی سرعت باد(نات)	۱۲-۱۶	۱۶-۲۰	۲۰-۲۴	۲۴-۲۸	۲۸-۳۲	۳۲-۳۶	۳۶-۴۰	۴۰-۴۴
آشاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
سرعت میانگین دسته(نات)	۱۴	۱۸	۲۲	۲۶	۳۰	۳۴	۳۸	۴۲

جدول ۲- شاخص j و جهت‌های ۱۶ گانه برای رسم گلماسه

سمت باد درجه	جهت	ژشاخص	سمت باد درجه	جهت	ژشاخص
۱۶۸/۷۵-۱۹۱/۲۵	S	۹	۳۴۸/۷۵-۱۱/۲۵	N	۱
۱۹۱/۲۵-۲۱۳/۷۵	SSW	۱۰	۱۱/۲۵-۳۳/۷۵	NNE	۲
۲۱۳/۷۵-۲۳۶/۲۵	SW	۱۱	۳۳/۷۵-۵۶/۲۵	NE	۳
۲۳۶/۲۵-۲۵۸/۷۵	WSW	۱۲	۵۶/۲۵-۷۸/۷۵	ENE	۴
۲۵۸/۷۵-۲۸۱/۲۵	W	۱۳	۷۸/۷۵-۱۰۱/۲۵	E	۵
۲۸۱/۲۵-۳۰۳/۷۵	WNW	۱۴	۱۰۱/۲۵-۱۲۳/۷۵	ESE	۶
۳۰۳/۷۵-۳۲۶/۲۵	NW	۱۵	۱۲۳/۷۵-۱۴۶/۲۵	SE	۷
۳۲۶/۲۵-۳۴۸/۷۵	NNW	۱۶	۱۴۶/۲۵-۱۶۸/۷۵	SSE	۸

نشان داده می‌شود. RDD سمت خالص حمل ماسه و RDP شاخص توان حمل ماسه است.

۳- شاخص یکنواختی سمت باد UDI از رابطه $UDI = RDP / DP_t$ بدست می‌آید. اگر این کمیت بیش از ۰/۸ باشد، تغییر پذیری سمت باد کم است. در صورتی که شاخص بین ۰/۸ تا ۰/۳ باشد، باد غالب دو جهتی و در صورتی که کمتر از ۰/۳ باشد، تغییر پذیری سمت باد زیاد است. هرچه مقدار این شاخص به یک نزدیکتر باشد، بادهای همسو در منطقه زیادتر بوده و میتوان نتیجه گرفت تپه‌های ماسه‌ای شکل گرفته از نوع برخان هستند (شکل ۲) و برعکس هرچه این نسبت به سمت صفر نزدیک شود، بادهای قدرتمند چند جهتی بر منطقه حاکم خواهند شد که نتیجه آن تپه‌های ستاره‌ای (شکل ۳) است.

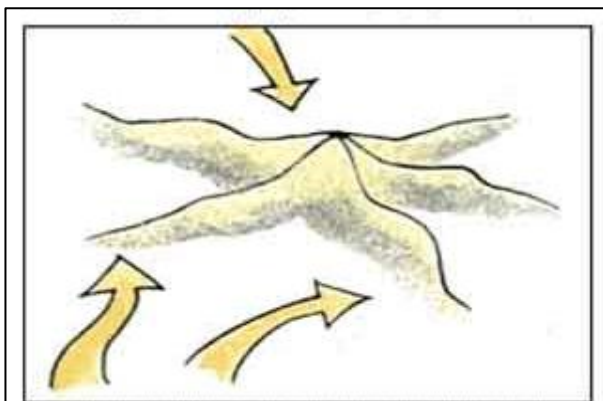
فرابرگر و دین (Dean) چندین شاخص به شرح زیر از ترسیم گلماسه ها استخراج کردند که میتواند برای تعیین میزان گردوخاک یا توفان شن و خاک در منطقه و همچنین تعیین جهت حرکت شن و ماسه مفید باشد. این شاخص ها به شرح زیر تعریف می‌شود (احمدی و مصباح زاده، ۲۰۱۱):

۱- کمیت اسکالر DP_t که مجموع اندازه بردار \vec{DP} در تمام جهت‌هاست. این کمیت برای ۱۶ جهت باد و ۸ کلاس

سرعت به صورت $DP_t = \sum_{j=1}^{16} (\sum_{i=1}^8 DP_i)_j$ نوشته

می‌شود. شاخص بیش از ۴۰۰ واحد نشانگر فرسایش زیاد و کمتر از ۲۰۰ واحد نشانه فرسایش کم است. برای مقادیر بین این دو کمیت، فرسایش باد میانگین است.

۲- از جمع برداری \vec{DP} در جهات مختلف بردار برابندی بدست می‌آید که سمت آن با RDD و بزرگی آن با RDP



شکل ۳- نمونه‌ای از تپه‌های ستاره‌ای.



شکل ۲- نمونه‌ای از تپه‌های ماسه‌ای برخان.

نتایج و بحث

در این بند نتایج حاصل از بررسی‌های آماری، گلباد، گلتوفان و گلماسه برای ایستگاه‌های منتخب ارائه می‌شود. شایان توجه است که تحلیل آماری برای همه ایستگاه‌های معرف انجام شد ولی برای کاهش حجم مطالب، فقط به تحلیل آماری مربوط به داده‌های باد ایستگاه‌های تبریز و ارومیه اشاره می‌شود.

تحلیل آماری

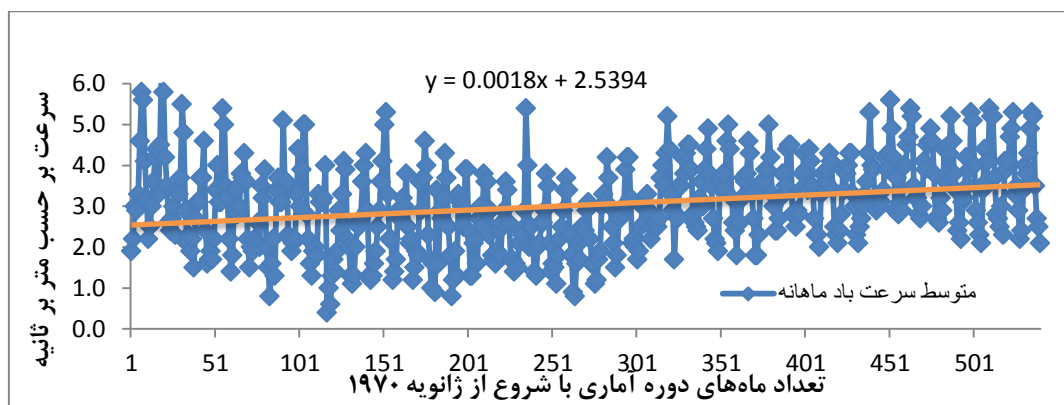
ایستگاه همدیدی تبریز بیست و چهار ساعته است و از ۱۹۵۶ بطور پیوسته کمیتهای هواشناسی را ثبت کرده است. با بررسی اولیه داده‌های باد دیده شد که در سال ۱۹۶۹ در ماه‌های آوریل، می، جون، جولای و اوت داده‌های باد ثبت نشده است و ناپیوستگی در داده‌ها وجود دارد. برای برطرف کردن این ناپیوستگی دوره ۲۰۱۴-۱۹۷۰ به عنوان دوره آماری مرجع انتخاب شد. داده‌های سرعت باد در ایستگاه تبریز با شروع از ژانویه ۱۹۷۰ بررسی گردید. میانگین ماهانه سرعت باد این ایستگاه بین ۰/۴ تا ۶/۸ متر بر ثانیه تغییر کرده است. میانگین این کمیت ۳ و انحراف معیار آن ۱/۱ متر بر ثانیه محاسبه شده است. همچنین پنجاه درصد داده‌ها کمتر از ۳ متر بر ثانیه و نود و پنج درصد داده‌ها کمتر از ۵ متر بر ثانیه می باشد. چون چولگی کمتر از ۰/۴ است، پرت نبودن داده در دوره آماری تایید می‌شود. با استفاده از روش انحرافات تجمعی^۱، وجود ناهمگنی در سطح اعتماد ۹۵

درصد آزمون شد. نتایج نشان داد که در این سطح داده‌های میانگین ماهانه سرعت باد ایستگاه تبریز در مارس ۱۹۹۶ دارای ناهمگنی است که می تواند به جابجائی ایستگاه یا تغییر ابزارهای اندازه گیری سرعت باد باشد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از ضریب کلموگروف-اسمیرنوف^۲ استفاده شد. مقادیر محاسباتی و مقادیر بحرانی برای داده‌های میانگین باد ماهانه ایستگاه تبریز در سطح اعتماد ۹۵ درصد محاسبه شد. چون مقدار محاسباتی از مقادیر بحرانی کوچکتر است، فرض نرمال بودن داده‌های میانگین ماهانه دوره آماری تایید شد.

شکل ۴ نوسان سرعت باد ماهانه (خط آبی) ایستگاه تبریز همرا با خط روند (خط قرمز) را نشان می‌دهد. این شکل نشانگر روند صعودی ضعیف میانگین سرعت باد ماهانه در این دوره آماری است. از معادله خط روند دیده می‌شود که در هر صد سال میانگین ماهانه سرعت باد ۰/۱۸ متر بر ثانیه افزایش داشته است. برای آزمون روند در سطح اعتماد ۹۵ درصد از آزمون من-کندال استفاده شد. محاسبات نشان می‌دهد که در این سطح اعتماد، فرض صفر یا نبود روند در داده‌ها رد و فرض جانشین یا وجود روند تایید می‌شود. محاسبات وجود شیب مثبت ۰/۰۱۴ که بیانگر روند صعودی ضعیف است را نشان می‌دهد.

2. Kolmogorov-Smirnov

1. Cumulative Deviation

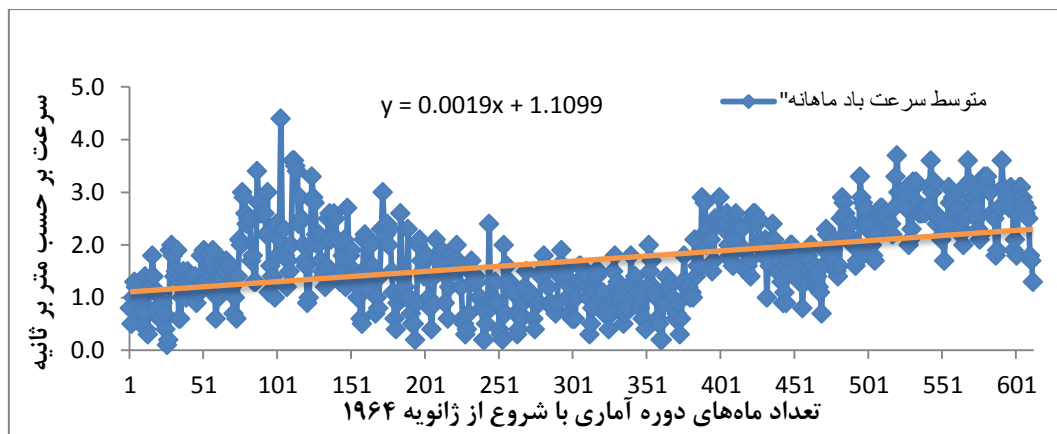


شکل ۴- تغییر ماهانه میانگین سرعت باد به متر بر ثانیه در تبریز (۲۰۱۴-۱۹۷۰). خط آبی منحنی تغییرات و خط قرمز روند را نشان می‌دهد.

داده‌های میانگین باد ماهانه ایستگاه ارومیه در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد. در سطح اعتماد ۹۵ درصد فرض نرمال بودن داده‌ها تایید نشد ولی در سطح اعتماد ۹۹ درصد مقدار محاسباتی از مقادیر بحرانی کوچکتر بود و فرض صفر مبنی بر نرمال بودن داده‌های میانگین ماهانه دوره آماری تایید شد.

شکل ۵ تغییرات سرعت باد ماهانه (خط آبی) ایستگاه ارومیه همرا با خط روند (خط قرمز) را نشان می‌دهد. این شکل بیانگر روند صعودی ضعیف میانگین سرعت باد ماهانه در این دوره آماری است. از معادله خط روند دیده می‌شود که در هر صد سال میانگین ماهانه سرعت باد ۰/۱۹ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. برای آزمون روند در سطح اعتماد ۹۵ درصد از آزمون من-کندال استفاده شد. محاسبات نشان می‌دهد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد، فرض وجود روند تایید می‌شود. محاسبات وجود شیب مثبت را تایید کرد. برای کاهش حجم مطالب، مباحث آماری مربوط به ایستگاه‌های مراغه، بناب، مهاباد، سلماس و پیرانشهر ارائه نمی‌شود.

ایستگاه هواشناسی ارومیه بیست و چهار ساعته است و از ۱۹۵۱ بطور پیوسته کمیت‌های هواشناسی را ثبت کرده است. با بررسی اولیه داده‌های باد دیده شد که فعالیت این ایستگاه در چند ماهه اول سال ۱۹۶۳ وقفه داشته است. از این رو داده‌های باد این ایستگاه از سال ۱۹۶۴ تا ۲۰۱۴ با شروع از ژانویه ۱۹۶۴ بررسی گردید. میانگین ماهانه سرعت باد این ایستگاه بین ۱/۱ تا ۴/۴ متر بر ثانیه تغییر داشته است. میانگین این کمیت ۱/۷ و انحراف معیار آن ۰/۸ متر بر ثانیه محاسبه شده است. همچنین پنجاه درصد داده‌ها کمتر از ۱/۶ متر بر ثانیه و نود و پنج درصد داده‌ها کمتر از سه متر بر ثانیه می‌باشد. چون در این ایستگاه چولگی کمتر از ۰/۴ است، از این رو داده پرت در دوره آماری مشاهده نشد. با استفاده از روش انحرافات تجمعی، وجود ناهمگنی در سطح اعتماد ۹۵ درصد آزمون شد. نتایج نشان داد که در این سطح داده‌های میانگین ماهانه سرعت باد ایستگاه ارومیه در می ۱۹۹۶ دارای ناهمگنی است که می‌تواند به علت جابجایی ایستگاه یا تغییر ابزارهای اندازه‌گیری سرعت باد باشد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از ضریب کلموگروف-اسمیرونف استفاده شد. مقادیر محاسباتی و بحرانی برای



شکل ۵- تغییرات ماهانه میانگین سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه در ایستگاه ارومیه (۱۹۶۴-۲۰۱۴). خط آبی منحنی تغییرات و خط قرمز روند را نشان می دهد.

تحلیل گلباد و گلتوفان

با رسم ماهانه، فصلی و سالانه گلباد ایستگاه‌های معرف، مشاهده شد که در برخی ایستگاه‌ها بادهای آرام درصد زیادی از دیدبانی را به خود اختصاص می‌دهند. پس از حذف بادهای آرام از داده‌ها، مشاهده شد که فراوانی بادهای کمتر از باد آستانه نیز در برخی ایستگاه‌ها قابل توجه است. جدول ۳ درصد بادهای آرام و فراوانی بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه در ایستگاه‌های معرف را نشان می‌دهد. از این جدول دیده می‌شود که در ایستگاه تبریز درصد فراوانی بادهای آرام در ماه نوامبر با ۳۹ درصد، بیشینه و در جولای با ۱۱ درصد کمینه است. در این ایستگاه فراوانی بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه نیز در دسامبر با ۹۱ درصد بیشترین و در جولای با ۶۰ درصد کمترین فراوانی را داشته‌اند. در ایستگاه ارومیه درصد فراوانی بادهای آرام در ژانویه با ۵۷ درصد، بیشینه و در جون با ۳۷ درصد کمینه می‌باشد. در این ایستگاه فراوانی بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه نیز در ژانویه با ۹۵ درصد بیشترین و در آوریل با ۸۴ درصد کمترین فراوانی را داشته‌اند. این بررسی نشان می‌دهد که در ایستگاه ارومیه فراوانی بادهای بیش از ۶ متر بر ثانیه خیلی کم است.

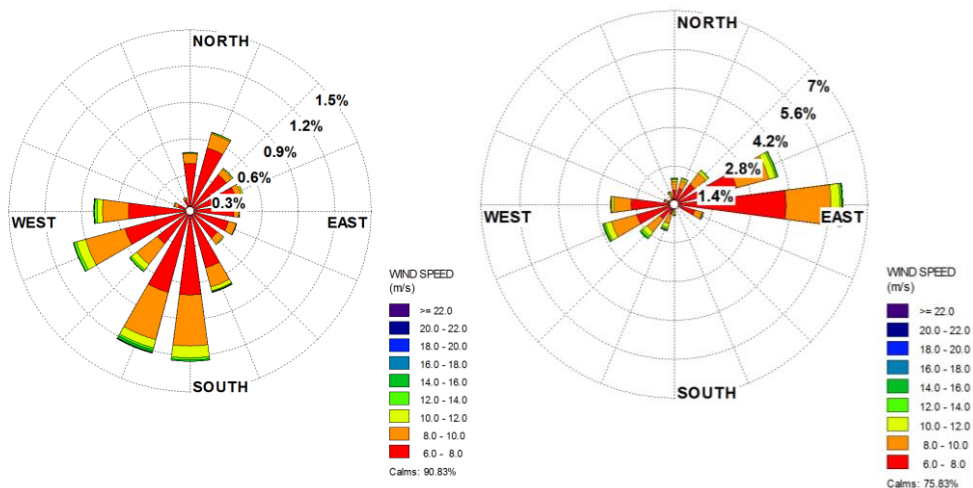
درصد کمترین فراوانی را داشته‌اند. در ایستگاه بناب درصد فراوانی بادهای آرام در دسامبر با ۶۵ درصد، بیشینه و در جولای با ۳۲ درصد کمینه می‌باشد. در این ایستگاه فراوانی بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه نیز در ژانویه و دسامبر با ۸۸ درصد بیشترین و در اوت با ۷۸ درصد کمترین فراوانی را داشته‌اند. در ایستگاه مهاباد درصد فراوانی بادهای آرام در ماه نوامبر با ۶۶ درصد بیشینه و در آوریل با ۴۹ درصد کمینه می‌باشد. در این ایستگاه فراوانی بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه نیز در جولای با ۸۳ درصد بیشترین و در مارس با ۵۸ درصد کمترین فراوانی را داشته‌اند. در ایستگاه پیرانشهر درصد فراوانی بادهای آرام در جولای با ۶۱ درصد، بیشینه و در آوریل با ۴۳ درصد کمینه می‌باشد. در این ایستگاه فراوانی بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه نیز در جولای با ۸۳ درصد بیشترین و ژانویه و مارس با ۶۱ درصد کمترین فراوانی را داشته‌اند. در ایستگاه سلماس درصد فراوانی بادهای آرام در دسامبر با ۴۳ درصد، بیشینه و در ژانویه با ۱۱ درصد کمینه است. فراوانی بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه نیز در نوامبر با ۸۹ درصد بیشترین و در آوریل با ۶۷ درصد کمترین است. در جدول ۴ فراوانی بادهای آرام و کمتر از ۶ متر بر ثانیه بر حسب درصد آورده شده است. شکل ۶ گلباد سالانه ایستگاه‌های تبریز(راست) و ارومیه(چپ) را بدون بادهای آرام نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در تبریز فراوانی باد شرقی و در ارومیه فراوانی باد جنوبی بیش از سایر جهت‌ها است. شکل ۷ گلباد سالانه

می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که در بناب فراوانی باد غربی و در مراغه فراوانی باد غربی بیش از سایر جهت‌ها است. در جدول ۴ جهت‌های باد غالب ماهیانه، فصلی و سالانه در ایستگاه‌های هواشناسی انتخابی نشان داده شده است.

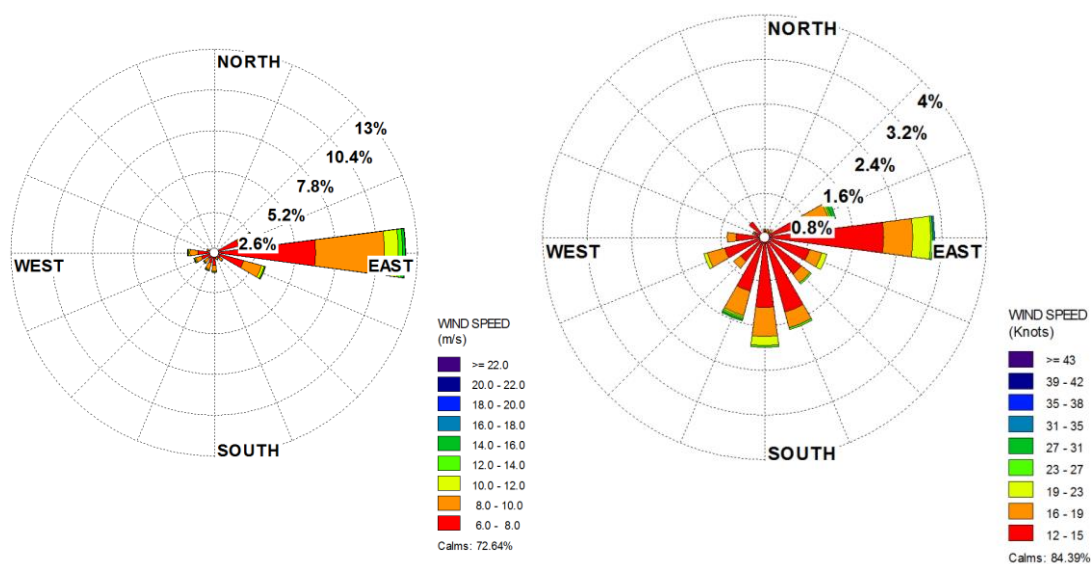
ایستگاه‌های مهاباد(راست) و پیرانشهر(چپ) را بدون بادهای آرام نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که در مهاباد فراوانی باد جنوب-جنوب‌غربی و در پیرانشهر فراوانی باد غربی-جنوب‌غربی بیش از سایر جهت‌هاست. شکل ۸ گلباد سالانه ایستگاه‌های بناب(بالا راست)، مراغه(بالا چپ) و سلماس(پایین) را بدون بادهای آرام نشان

جدول ۳- فراوانی بادهای آرام و بادهای کمتر از ۶ متر بر ثانیه بر حسب درصد در ایستگاه‌های معرف.

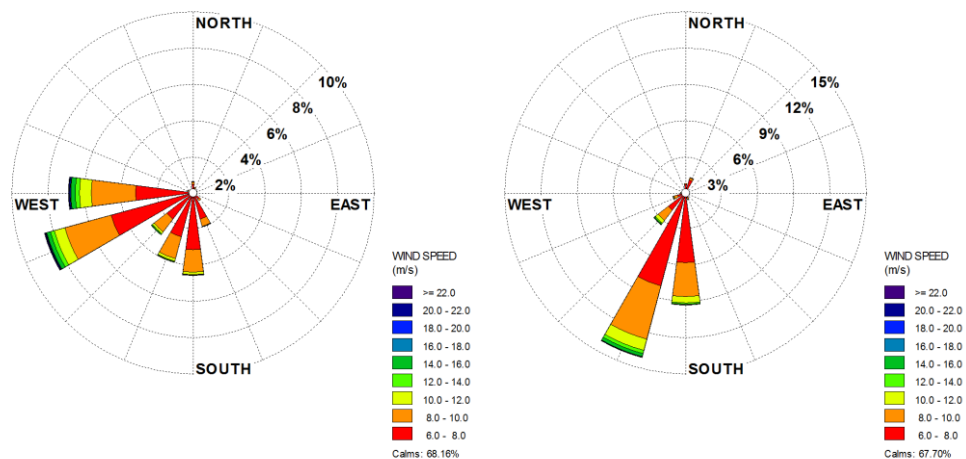
ایستگاه	تبریز	ارومیه	مراغه	بناب	مهاباد	پیرانشهر	سلماس
ماه	آرام	آرام	آرام	آرام	آرام	آرام	آرام
ژانویه	۳۵	۵۷	۹۵	۸۶	۵۶	۸۱	۸۵
فوریه	۳۰	۵۰	۹۲	۸۱	۴۷	۸۱	۸۱
مارس	۲۷	۷۶	۴۵	۸۵	۴۲	۶۱	۶۸
آوریل	۲۴	۷۳	۳۷	۸۴	۳۹	۶۲	۶۷
مه	۲۴	۷۴	۴۰	۸۷	۳۶	۶۷	۷۲
جون	۱۸	۶۹	۳۷	۹۱	۳۰	۷۵	۷۰
جولای	۱۱	۶۰	۳۸	۹۳	۲۰	۵۵	۷۳
اوت	۱۳	۶۴	۳۹	۹۴	۲۶	۵۷	۷۸
سپتامبر	۲۵	۷۶	۴۲	۹۲	۳۶	۷۴	۸۱
اکتبر	۳۵	۸۲	۴۹	۹۳	۴۰	۵۹	۸۵
نوامبر	۳۹	۸۸	۵۵	۹۳	۵۰	۶۱	۸۹
دسامبر	۳۷	۹۱	۵۵	۹۶	۵۵	۶۱	۸۸
بهار	۲۳	۷۲	۳۹	۸۶	۳۷	۶۶	۶۹
تابستان	۱۵	۶۵	۳۹	۹۳	۲۶	۷۸	۷۶
پاییز	۳۶	۸۵	۵۲	۹۳	۴۶	۵۹	۸۵
زمستان	۳۲	۸۵	۵۲	۹۲	۵۰	۵۶	۸۰
سالانه	۲۶	۷۶	۴۵	۹۱	۴۰	۵۵	۷۷



شکل ۶- گلباد سالانه ایستگاه تبریز ۲۰۱۴-۱۹۷۰ (راست) و ارومیه ۲۰۱۴-۱۹۶۴ (چپ).



شکل ۷- گلباد سالانه ایستگاه بنااب ۲۰۱۴-۲۰۰۰ (بالا راست)، مراغه ۲۰۱۴-۱۹۸۴ (بالا چپ) و سلماس ۲۰۱۴-۲۰۰۴ (پایین).



شکل ۸- گلباد سالانه ایستگاه مهاباد ۲۰۱۴-۱۹۸۵ (راست) و پیرانشهر ۲۰۱۴-۱۹۶۴ (چپ)

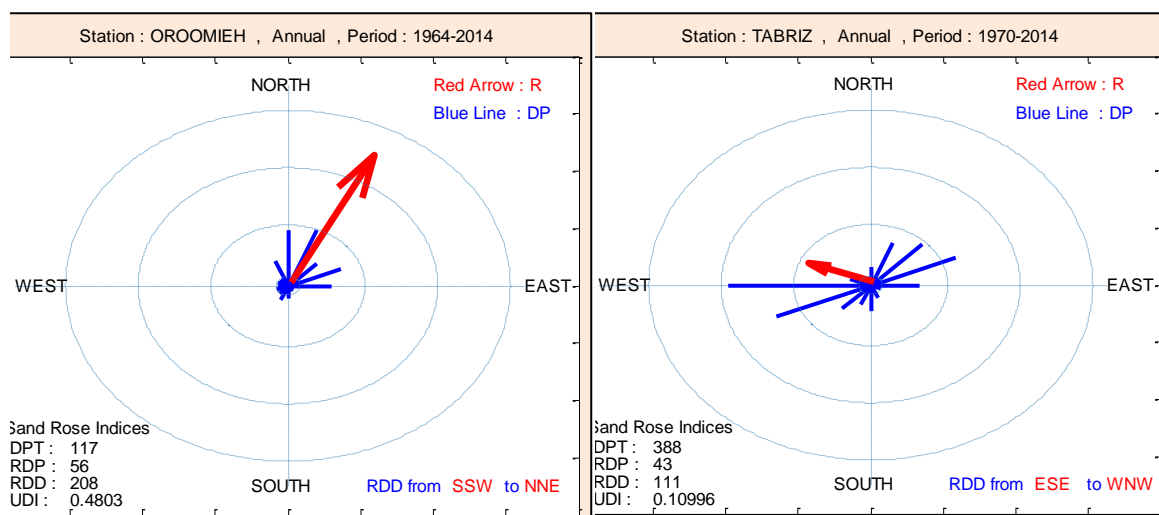
جدول ۴ - جهت و فراوانی (درصد) باد غالب ماهانه، فصلی و سالانه در ایستگاه‌های منتخب.

ایستگاه	تبریز	ارومیه		مراغه		بناب		مهاباد		پیرانشهر		سلماس	
		جهت	فراوانی	جهت	فراوانی	جهت	فراوانی	جهت	فراوانی	جهت	فراوانی	جهت	فراوانی
ژانویه	E	۱۸	S	۱.۳	E	۴.۰	E	۲.۷	E	۱۷.۱	SSW	۶.۹	N
فوریه	E	۲.۵	S	۱.۹	E	۶.۲	E	۴.۲	E	۱۷.۷	S	۶.۰	N
مارس	WSW	۳.۹	SSW	۲.۴	E	۶.۷	E	۳.۱	S	۱۸.۵	WSW	۶.۰	N
آوریل	WSW	۶.۵	S	۲.۶	E	۶.۰	E	۳.۳	SSW	۱۸.۴	WSW	۷.۷	E
مه	WSW	۵.۰	WSW	۲.۰	E	۷.۴	E	۳.۷	E	۱۶.۰	SSW	۷.۷	E
جون	E	۸.۲	WSW	۱.۰	E	۱۴.۹	E	۷.۴	E	۱۰.۳	WSW	۸.۶	N
جولای	E	۱۴.۳	NNE	۱.۰	E	۲۶.۳	E	۹.۴	E	۴.۳	SSW	۱۰.۲	N
اوت	E	۱۴.۱	NNE	۱.۱	E	۲۴.۰	E	۱۰.۳	E	۶.۵	SSW	۷.۱	N
سپتامبر	E	۸.۱	WSW	۱.۰	E	۱۴.۳	E	۶.۱	E	۱۲.۴	SSW	۶.۳	E
اکتبر	E	۴.۳	SSW	۱.۲	E	۹.۶	E	۵.۲	E	۱۴.۹	SSW	۴.۵	N
نوامبر	E	۲.۸	S	۱.۴	E	۷.۴	E	۵.۲	E	۱۷.۳	SSW	۳.۵	N
دسامبر	E	۱.۵	S	۱.۰	E	۵.۶	E	۳.۵	E	۱۶.۷	SSW	۵.۵	N
بهار	WSW	۵.۱	SSW	۲.۰	E	۸.۳	E	۳.۹	E	۱۶.۰	SSW	۶.۵	E
تابستان	E	۱۲.۸	NNE	۱.۱	E	۲۲.۸	E	۹.۱	E	۶.۷	SSW	۸.۱	N
پاییز	E	۳.۲	SSW	۱.۰	E	۸.۴	E	۴.۹	E	۱۶.۲	SSW	۴.۶	N
زمستان	E	۲.۵	S	۱.۰	E	۵.۶	E	۳.۱	E	۱۷.۷	SSW	۵.۹	N
سالانه	E	۶.۱	S	۱.۰	E	۱۲.۲	E	۵.۵	E	۱۴.۱	SSW	۶.۳	N

تحلیل گلماسه

برای محاسبه شاخصه‌های گلماسه، با بکارگیری روابط تبدیل بردارها در دایره مثلثاتی و هواشناسی، نرم افزاری طراحی شد تا ویژگی‌ها نمایان شوند. در این نرم افزار از ضریب بزرگنمایی استفاده شد تا بردارهای گلماسه و بردار برآیند با بزرگی‌های متفاوت نمایش داده شوند. در این پژوهش توان حمل ماسه بر اساس مقادیر DPT دسته‌بندی می‌شود. توان حمل ماسه برای مقادیر کمتر از ۲۰۰ واحد با واژه ضعیف، بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ واحد، متوسط، از ۴۰۰ تا ۶۰۰ واحد، شدید و بیش از ۶۰۰ واحد، واژه خیلی شدید بکار برده می‌شود.

شکل ۹ گلماسه سالانه ایستگاه تبریز (راست) با ضریب بزرگنمایی ۰/۵ و ارومیه (چپ با ضریب بزرگنمایی ۱) را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در تبریز توان حمل سالانه ماسه ۳۸۸ واحد است که از شرق-جنوب شرق به غرب-شمال غرب منتقل می‌شود. در ارومیه ۱۱۷ واحد است که از جنوب-جنوب غرب به شمال-شمال شرق است. چون توان حمل ماسه و نمک در تبریز بین ۴۰۰ و ۲۰۰ واحد است، این رو توان حمل ماسه و نمک در جهت ارائه شده متوسط است در حالیکه در ارومیه این مقدار کمتر از ۲۰۰ واحد میباشد و بیانگر توان ضعیف حمل ماسه و نمک هاست. در تبریز مقدار UDI از ۰/۳ کمتر و در ارومیه بیشتر است، بنابراین تغییر پذیری سمت باد در تبریز کم و در ارومیه در چند جهت می‌باشد.

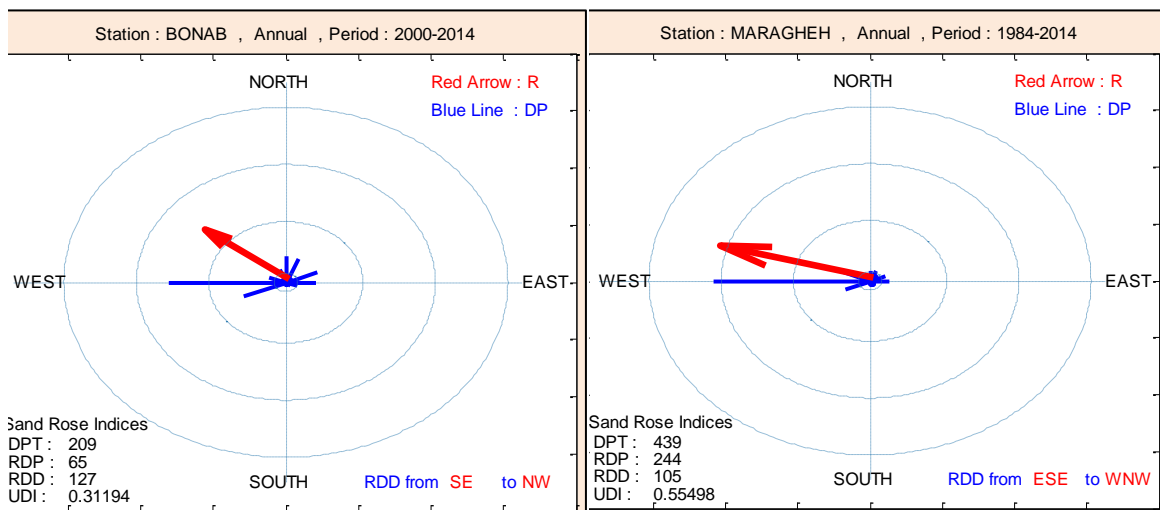


شکل ۹- گلماسه سالانه ایستگاه تبریز (راست) و ارومیه (چپ) به ترتیب با ضریب بزرگنمایی ۰/۵ و ۱. خطوط آبی جهت DP و فلش قرمز جهت حمل ماسه و نمک را نشان می‌دهد.

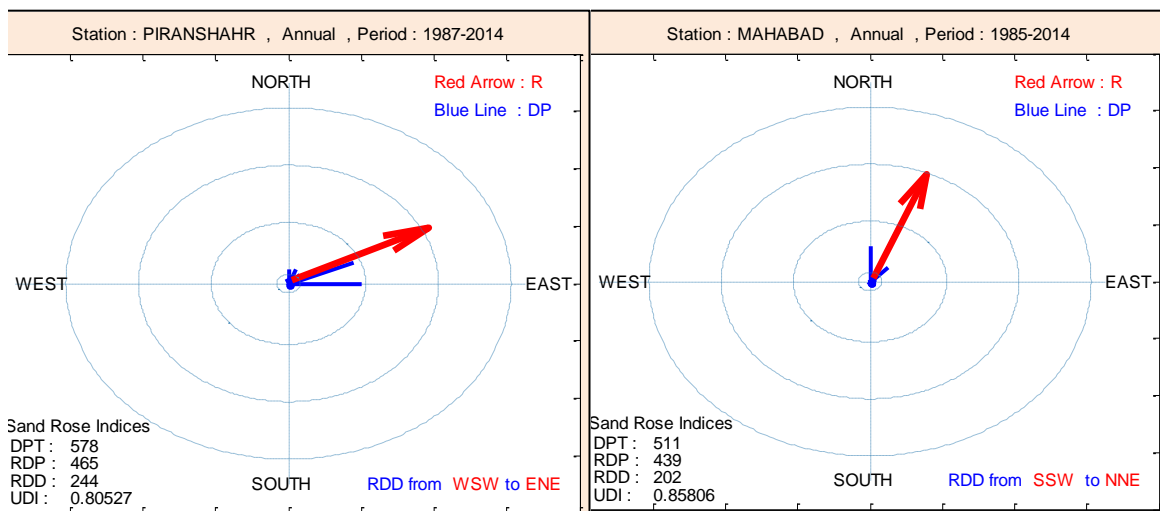
شکل ۱۰ گلماسه سالانه ایستگاه مراغه و بناب را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در بناب توان حمل سالانه ماسه ۲۰۹ واحد است که از جنوب شرق به شمال غرب منتقل می‌شود. در مراغه این مقدار ۴۳۹ واحد است که از شرق-جنوب شرق به سوی غرب-شمال غرب است. چون توان حمل ماسه و نمک در مراغه بیش از ۴۰۰ واحد است، از این رو در این ایستگاه توان حمل ماسه و نمک در جهت ارائه شده شدید است. همچنین دیده می‌شود که توان حمل ماسه و نمک در بناب میانگین می‌باشد. در هر دو ایستگاه نیز مقدار UDI از ۰/۳ بیشتر است و تغییر پذیری بادها در هر دو ایستگاه در چند جهت می‌باشد.

شکل ۱۱ گلماسه سالانه ایستگاه مهاباد و پیرانشهر را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در هر دو ایستگاه توان حمل ماسه و نمک از ۴۰۰ واحد بیشتر است. بنابراین در هر دو ایستگاه توان حمل ماسه و نمک شدید است. جهت حمل ماسه و نمک در ایستگاه پیرانشهر از غرب-جنوب غرب به شرق-شمال شرق و در مهاباد از جنوب-جنوب غرب به شمال-شمال شرق است. در مهاباد و پیرانشهر مقدار UDI بیش از

۰/۸ می‌باشد بنابراین تغییر پذیری بادها در این ایستگاه‌ها کم است.



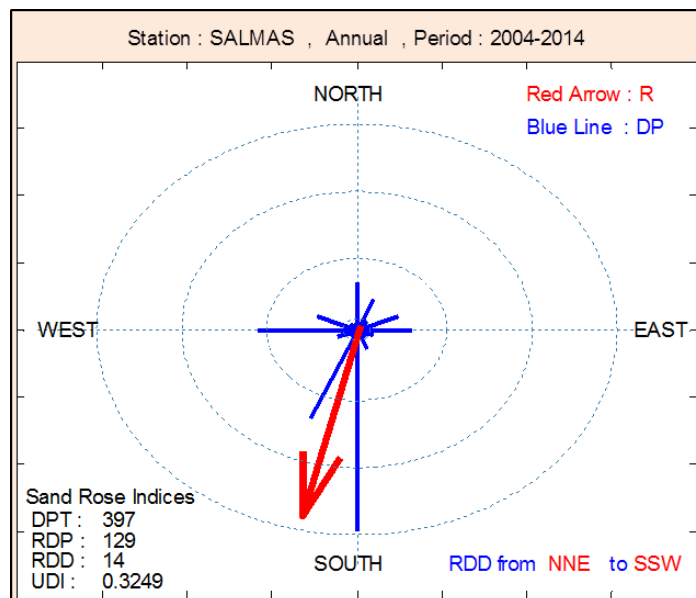
شکل ۱۰- گلماسه سالانه ایستگاه مراغه (راست) و بناب (چپ) به ترتیب با ضریب بزرگنمایی ۰/۲ و ۰/۵. خطوط آبی جهت DP و فلش قرمز جهت حمل ماسه و نمک را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- گلماسه سالانه ایستگاه مهاباد (راست) و پیرانشهر (چپ) به ترتیب با ضریب بزرگنمایی ۰/۱ و ۰/۱. خطوط آبی جهت DP و فلش قرمز جهت حمل ماسه و نمک را نشان می‌دهد.

میانگین قرار می‌گیرد. حمل ماسه و نمک از شمال-شمال شرق به جنوب-جنوب غرب است. مقدار UDI از ۰/۸ کمتر و تغییر پذیری بادها دوجته می‌باشد.

شکل ۱۲ گلماسه سالانه ایستگاه سلماس را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در این ایستگاه توان حمل ماسه و نمک از ۴۰۰ واحد کمتر است و توان حمل ماسه و نمک در دسته



شکل ۱۲- گلماسه سالانه ایستگاه سلماس (بزرگنمایی ۰/۵).

جنوب‌شرق به شمال‌غرب و در یک ماه از جنوب جنوب‌غرب به شمال‌شرق می‌باشد. در ایستگاه مراغه توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های مارس، جون، جولای، اوت و سپتامبر شدید، در دسامبر ضعیف و در سایر ماهها میانگین است. بعلاوه در این ایستگاه جهت حرکت احتمالی ماسه در چهار ماه از شرق-جنوب‌شرق به غرب-شمال‌غرب، در دو ماه از جنوب‌شرق به شمال‌غرب، در یک ماه از جنوب-جنوب‌غرب به شمال-شمال‌شرق، در یک ماه از جنوب به شمال و در چهار ماه از شرق به غرب برآورد شده است.

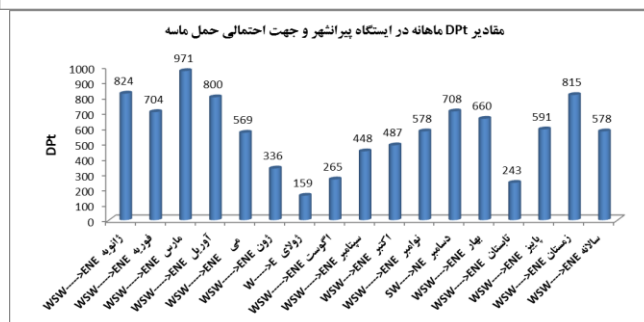
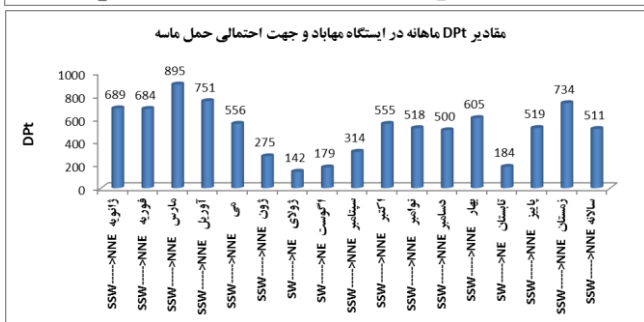
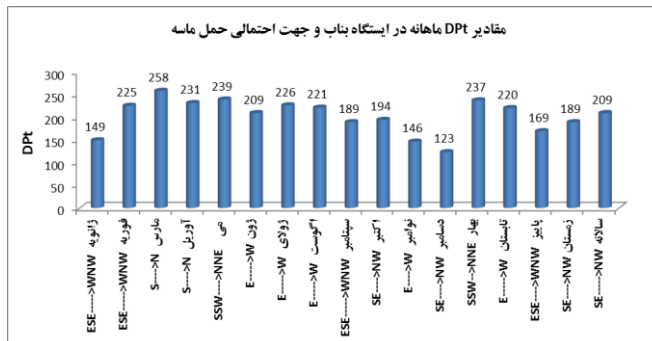
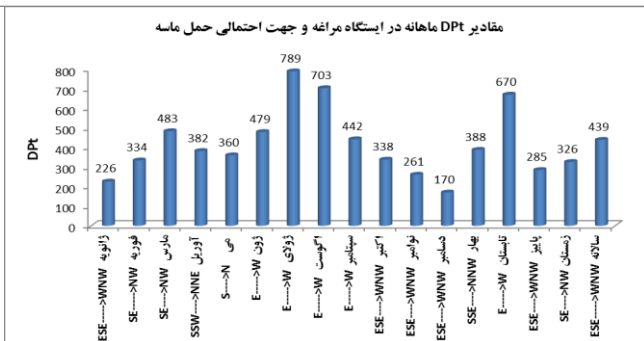
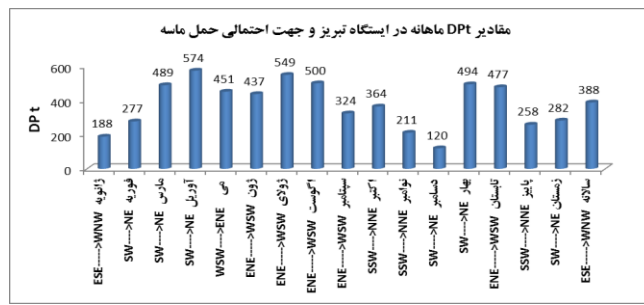
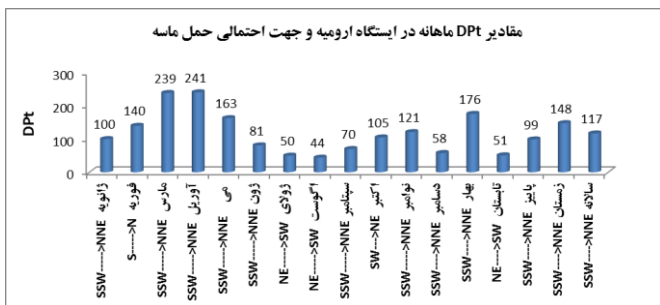
در ایستگاه مهاباد توان حمل ماسه و نمک از ژانویه تا مه و سپس از اکتبر تا دسامبر شدید، در جون و سپتامبر میانگین و در سایر ماهها ضعیف است. بعلاوه در ده ماه توان حمل ماسه و نمک از جنوب-جنوب‌غرب به شمال-شمال‌شرق و در دو ماه نیز از جنوب‌غرب به شمال‌شرق می‌باشد. در ایستگاه پیرانشهر توان حمل ماسه و نمک از ژانویه تا مه و سپس از سپتامبر تا دسامبر شدید، در جولای ضعیف و در سایر ماهها متوسط است. در این ایستگاه در ده ماه از سال جهت حرکت احتمالی ماسه از غرب-جنوب‌غرب به شرق-شمال‌شرق و در یک ماه از غرب به شرق و در یک ماه نیز از جنوب‌غرب به شمال‌شرق می‌باشد. در ایستگاه سلماس توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های مارس و آوریل خیلی شدید، در ماه‌های جون، جولای و مه شدید، در ماه‌های

با رسم گلماسه ماهانه برای ایستگاه‌های مطالعاتی، توان حمل ماسه و نمک و سمت حرکت احتمالی آن مشخص شد. شکل ۱۳ این شرایط را برای ایستگاه‌های تحت بررسی نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در تبریز توان حمل ماسه و نمک از ماه مارس تا اوت شدید، در فوریه، سپتامبر، اکتبر و نوامبر میانگین و در ژانویه و دسامبر ضعیف است. بعلاوه در پنج ماه جهت احتمالی از شرق-جنوب‌شرق به غرب-شمال‌غرب، در چهار ماه از جنوب‌غرب به شمال‌شرق، در دو ماه از جنوب-جنوب‌غرب به شمال-شمال‌شرق و در یک ماه از غرب-جنوب‌غرب به شرق-شمال‌شرق می‌باشد. در ایستگاه ارومیه توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های مارس و آوریل میانگین و در سایر ماهها ضعیف برآورد شده است. در این ایستگاه در هشت ماه، جهت حرکت احتمالی ماسه از جنوب-جنوب‌غرب به شمال-شمال‌شرق، در دو ماه از شمال‌شرق به جنوب‌غرب، در یک ماه از جنوب‌غرب به شمال‌شرق و در یک ماه نیز از جنوب به شمال برآورد شده است.

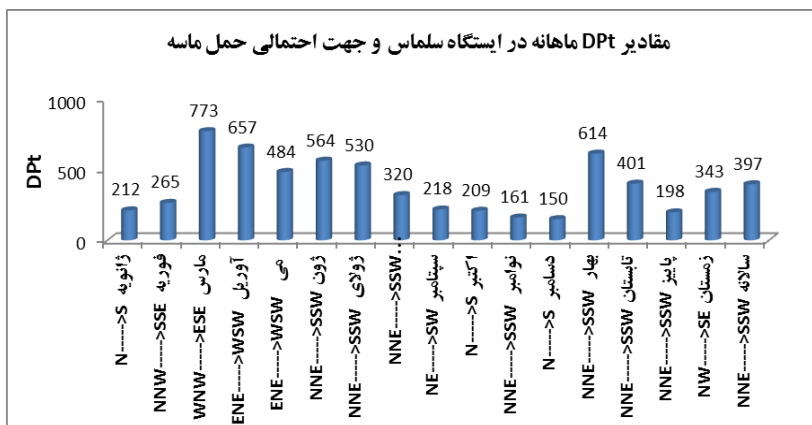
در ایستگاه بناب توان حمل ماسه و نمک از ماه فوریه تا اوت میانگین و در سایر ماهها ضعیف برآورد شده است. همچنین در سه ماه جهت احتمالی حرکت ماسه از شرق-جنوب‌شرق به غرب-شمال‌غرب، در دو ماه از جنوب به شمال، در چهار ماه از شرق به غرب، در دو ماه از

شدید، در مراغه، سلماس و تبریز میانگین و ارومیه و بناب ضعیف می باشد. شایان ذکر است که برآورد سالانه توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های مراغه، مهاباد و پیرانشهر شدید، در ایستگاه‌های تبریز، سلماس و بناب میانگین و در ایستگاه ارومیه ضعیف محاسبه شده است. نتایج حاصل از بررسی گلماسه ماهانه، فصلی و سالانه در جدول ۶ نشان داده شده است. دیده می‌شود که جهت احتمالی حرکت ماسه بر حسب درجه در دایره هواشناسی است و دسته بندی شدت بوسیله رنگهای انتخابی نشان داده شده است به گونه ای که رنگ بنفش برای خیلی شدید، قرمز برای شدید، زرد برای میانگین و بی رنگ برای ضعیف استفاده شده است.

نوامبر و دسامبر ضعیف و در سایر ماه ها متعادل است. در این ایستگاه در چهار ماه توان حمل ماسه و نمک از شمال-شمال شرق به جنوب=جنوب شرق و در سه ماه نیز از شمال به جنوب می باشد. در بهار توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های پیرانشهر، مهاباد و سلماس خیلی شدید، تبریز شدید، مراغه و بناب میانگین و در ارومیه ضعیف است. در تابستان توان حمل ماسه و نمک در سلماس و مراغه خیلی شدید، تبریز، شدید، بناب و پیرانشهر میانگین و ارومیه و مهاباد ضعیف می‌باشد. در پاییز توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های مهاباد و پیرانشهر شدید، مراغه، بناب و تبریز میانگین و ارومیه و سلماس ضعیف است. در زمستان توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های مهاباد و پیرانشهر خیلی



شکل ۱۳- مقادیر DPT ماهانه، فصلی و سالانه و راستای احتمالی حرکت ماسه ایستگاه‌های اطراف دریاچه ارومیه.



ادامه شکل ۱۳.

جدول ۶- مقادیر DPT و راستای احتمالی حرکت ماسه، RDD (درجه) ایستگاه‌های انتخابی.

ایستگاه	تبریز		ارومیه		مراغه		بناب		مهاباد		پیرانشهر		سلماس	
	DPT	RDD	DPT	RDD	DPT	RDD	DPT	RDD	DPT	RDD	DPT	RDD	DPT	RDD
ژانویه	۵۹	۱۸۸	۲۰۴	۱۰۰	۱۱۵	۲۲۶	۱۱۹	۱۴۹	۱۹۸	۶۸۹	۲۳۴	۸۲۴	۶	۲۱۲
فوریه	۸۹	۲۷۷	۱۹۳	۱۴۰	۱۴۴	۳۳۴	۱۱۶	۲۲۵	۱۹۶	۶۸۴	۲۳۶	۷۰۴	۳۳۵	۲۶۳
مارس	۱۵۲	۴۸۹	۲۱۲	۲۳۹	۱۴۹	۴۸۳	۱۸۸	۲۵۸	۲۰۱	۸۹۵	۲۴۱	۹۷۱	۲۸۴	۷۷۳
آوریل	۱۷۶	۵۷۴	۲۱۱	۲۴۱	۱۹۲	۳۸۲	۱۸۴	۲۳۱	۲۰۴	۷۵۱	۲۴۳	۸۰۰	۷۴	۶۵۷
می	۱۴۴	۴۵۱	۲۰۹	۱۶۳	۱۸۱	۳۶۰	۱۹۴	۲۳۹	۲۰۵	۵۵۶	۲۴۶	۵۶۹	۷۲	۴۸۴
ژون	۱۴۶	۴۳۷	۲۰۷	۸۱	۹۹	۴۷۹	۱۰۱	۲۰۹	۲۱۱	۲۷۵	۲۴۹	۳۳۶	۱۴	۵۶۴
ژولای	۶۹	۵۴۹	۵۰	۵۰	۹۴	۷۸۹	۸۸	۲۲۶	۲۳۰	۱۴۲	۲۶۵	۱۵۹	۱۶	۵۳۰
اگوست	۷۵	۵۰۰	۴۱	۴۴	۹۷	۷۰۳	۸۷	۲۲۱	۲۱۶	۱۷۹	۲۵۴	۲۶۵	۱۸	۳۲۰
سپتامبر	۷۸	۳۲۴	۱۹۸	۷۰	۹۷	۴۴۲	۱۱۱	۱۸۹	۲۰۶	۳۱۴	۲۵۳	۴۴۸	۴۱	۲۱۸
اکتبر	۲۱۱	۳۶۴	۲۲۳	۱۰۵	۱۰۶	۳۳۸	۱۳۵	۱۹۴	۲۰۴	۵۵۵	۲۴۱	۴۸۷	۶	۲۰۹
نوامبر	۱۹۲	۲۱۱	۲۰۰	۱۲۱	۱۱۸	۲۶۱	۸۹	۱۴۶	۲۰۰	۵۱۸	۲۴۱	۵۷۸	۳۳	۱۶۱
دسامبر	۲۲۳	۱۲۰	۲۰۵	۵۸	۱۱۰	۱۷۰	۱۲۹	۱۲۳	۱۹۵	۵۰۰	۲۳۱	۷۰۸	۳۵۳	۱۵۰
بهار	۲۳۸	۴۹۴	۲۱۰	۱۷۶	۱۵۵	۳۸۸	۱۸۹	۲۳۷	۲۰۴	۶۰۵	۲۴۴	۶۶۰	۲۱	۶۱۴
تابستان	۷۲	۴۷۷	۵۱	۵۱	۹۵	۶۷۰	۸۹	۲۲۰	۲۱۵	۱۸۴	۲۵۴	۲۴۳	۱۸	۴۰۱
پاییز	۲۰۸	۲۵۸	۲۱۰	۹۹	۱۰۸	۲۸۵	۱۲۱	۱۶۹	۲۰۱	۵۱۹	۲۴۰	۵۹۱	۲۲	۱۹۸
زمستان	۲۲۳	۲۸۲	۳۰۴	۱۴۸	۱۳۳	۳۲۶	۱۳۹	۱۸۹	۱۹۸	۷۳۴	۲۳۷	۸۱۵	۳۲۳	۳۴۳
سالانه	۱۰۰	۳۸۸	۲۰۶	۱۱۷	۱۰۵	۴۳۹	۱۲۸	۲۰۹	۲۰۲	۵۱۱	۲۴۲	۵۷۸	۱۴	۳۹۷

رنگ زرد بیانگر توان فرسایش متوسط (۲۰۰-۴۰۰)، رنگ قرمز معرف توان فرسایش شدید (۴۰۰-۶۰۰) و رنگ بنفش نشان‌دهنده توان فرسایش خیلی شدید (بیشتر از ۶۰۰) است.

نتیجه‌گیری

بر اساس تحلیل‌های ارائه شده در بندهای پیش، ضمن آنکه شکل‌ها و جدول‌های ارائه شده در بند ۳ به عنوان نتایج این تحقیق می‌باشد، نتایج موردی نیز در این پژوهش به شرح زیر است:

در ایستگاه تبریز توان حمل ماسه و نمک از ماه مارس تا اگوست شدید، در فوریه، سپتامبر، اکتبر و نوامبر میانگین و در ماه‌های ژانویه و دسامبر ضعیف می‌باشد. در ایستگاه ارومیه توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های مارس و آوریل میانگین و در سایر ماه‌ها ضعیف برآورد شده است.

در ایستگاه مراغه توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های جولای، اوت خیلی شدید، در مارس، جون و سپتامبر شدید، در دسامبر ضعیف و در سایر ماه‌ها میانگین است. در ایستگاه بناب توان حمل ماسه و نمک از ماه فوریه تا اوت میانگین و در سایر ماه‌ها ضعیف برآورد شده است. در ایستگاه مهاباد توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل خیلی شدید، در اکتبر، نوامبر و دسامبر شدید، در جون و سپتامبر میانگین و در سایر ماه‌ها ضعیف می‌باشد. در ایستگاه پیرانشهر توان حمل ماسه و نمک در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل خیلی شدید، در سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر شدید، در جون میانگین و در سایر ماه‌ها ضعیف است. در ایستگاه سلماس در ماه‌های مارس، آوریل توان حمل ماسه و نمک خیلی شدید، در می، جون و جولای شدید و در سایر ماه‌ها متعادل است.

در بهار توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های پیرانشهر، مهاباد و سلماس خیلی شدید، تبریز شدید، مراغه و بناب میانگین و ارومیه ضعیف است. در تابستان توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های سلماس و مراغه خیلی شدید، تبریز شدید، بناب و پیرانشهر میانگین و ارومیه و مهاباد ضعیف می‌باشد. در پاییز توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های مهاباد و پیرانشهر شدید، مراغه، بناب و تبریز میانگین و ارومیه و سلماس ضعیف است. در زمستان توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های مهاباد و پیرانشهر خیلی شدید، در مراغه، سلماس و تبریز میانگین و ارومیه و بناب ضعیف می‌باشد. شایان ذکر است که برآورد سالانه توان حمل ماسه و

نمک در ایستگاه‌های مراغه، مهاباد و پیرانشهر شدید، در تبریز، سلماس و بناب میانگین و در ارومیه ضعیف محاسبه شده است.

برآورد سالانه توان حمل ماسه و نمک در ایستگاه‌های مراغه، مهاباد و پیرانشهر شدید، در تبریز، سلماس و بناب میانگین و در ارومیه ضعیف محاسبه شده است.

شایان ذکر است که این بررسی بدون در نظر گرفتن شرایط سطح زیرین، پوشش گیاهی و نوع خاک منطقه انجام شده است. بدیهی است که در بخش‌هایی از پاییز، بهار و زمستان که نم خاک در منطقه مطالعاتی زیاد یا پوشیده از آب، زمین یخزده و یا پوشیده از برف شده باشد و یا در هنگام خشکسالی که که نم خاک کمتر است: شرایط حمل ماسه و نمک در منطقه تغییر خواهد کرد. خاطر نشان می‌شود که نتایج فقط برای ایستگاه‌هایی آورده شده اند که کوه‌های بین ایستگاه و محدوده دریاچه ارومیه مانعی در مقابل وزش باد جهت انتقال ماسه یا نمک ایجاد نکرده و نیز ایستگاه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار داشته باشد. مثال آشکار این موضوع ایستگاه‌های مرند و خوی هستند که در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیستند.

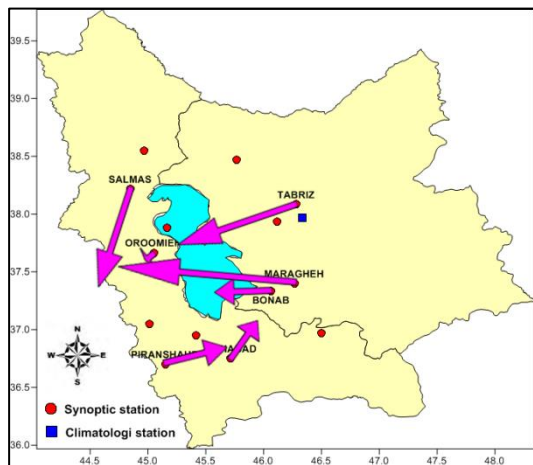
توان حمل ماسه و نمک در فصل و سال به اختصار در ایستگاه‌های بررسی به فرم گرافیکی برای نمایش بهتر در شکل‌های ۱۴ تا ۱۸ نشان داده شده است. در همه ایستگاه‌ها مقادیر DPT در ضریب ۰/۲ ضرب شد تا بردارها در شکل دیده شوند.

جمع بندی

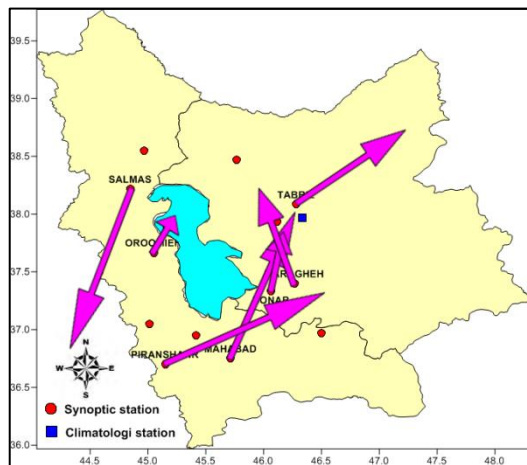
نتایج کلی مطالعه، پتانسیل جابجایی ماسه و نمک را در دو استان آذربایجان غربی و شرقی آشکار کرده است. با توجه به موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مختلف نسبت به بستر نمک و ماسه دریاچه ارومیه و با عنایت به انتقال خالص سالانه نمک و ماسه، می‌توان نتیجه گرفت که شهرهای مهاباد، مراغه، بناب و تبریز بیشتر در مخاطره انتقال نمک و ماسه و پیامدهای آنها بویژه آلودگی هوا و خاک هستند. در این راستا مخاطره مربوط به آلودگی هوای تبریز با جمعیت میلیونی آن از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود.

آلودگی هوای ناشی از انتقال این آلاینده‌ها از بستر دریاچه ارومیه کاهش می‌یابد.

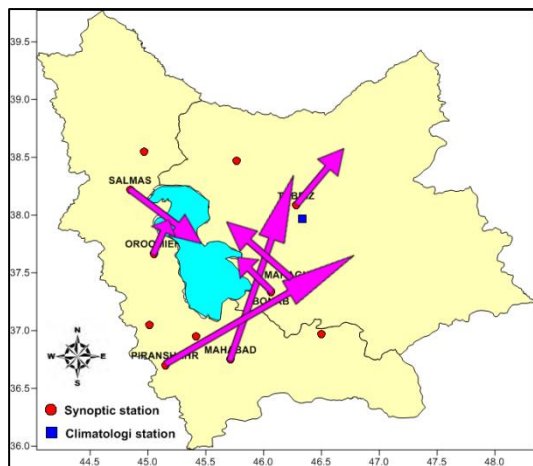
در سایر شهرهای اطراف دریاچه ارومیه، به سبب وجود موانع کوهستانی و نبود چشمه‌های نمک و ماسه، احتمال



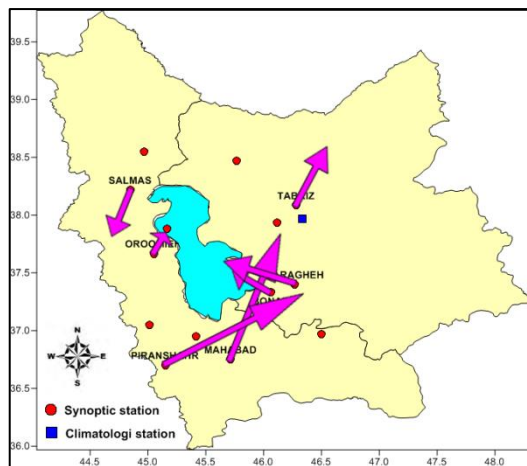
شکل ۱۵- توان حمل ماسه و نمک در فصل تابستان.



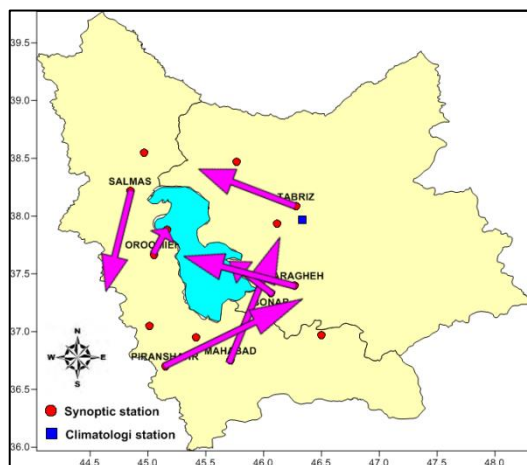
شکل ۱۴- توان حمل ماسه و نمک در فصل بهار.



شکل ۱۷- توان حمل ماسه و نمک در فصل زمستان.



شکل ۱۶- توان حمل ماسه و نمک در فصل پاییز.



شکل ۱۸ : توان سالانه حمل ماسه و نمک در منطقه مطالعاتی.

Reference:

1. Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Feiznia, S. and Ghaneibafghi, M.J., (2002). Control Methods of Wind Erosion for Railroads protection (Case study: Bafgh Region). Iranian Journal, Natural Resource Journal, 55(3):327-342.
2. Ahmadi, H., S. Feiznia, M.R. Ekhtesasi and Ghaneibafghi, M.J., (2001). Source Identification of South Bafgh Sand Dunes. DESERT, 6(2): 33-49.
3. Ahmadi, H., Mesbahzadeh, T., (2011). Comparison of Sand Drifts Potential Stimating, Using Momentum Method and Fryberger Velocity Classes Method. Journal of Water and Soil. 25(1), 11-18.
4. Ekhtesasi, M.R., Dadfar, S., Tajamolian, M., Shahbandari, R., Kamrani, F., (2010). The Relationship between Sand Transport Homogeneity Index (UDI) by the Sand Dunes, the Second National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, February 16, 2011, Yazd.
5. Ekhtesasi, M.R., Ahmadi, H., Khalili, A., Saremi, N.M.A. and Rajabi, M.R. (2006). The application of wind, storm and sand roses in wind erosion and determining the sand drift direction (Case study in Yazd- Ardakan plain basin). Iranian Journal of Natural Resources, 59(3), 533-541.
6. Fryberger, S.G., (1979). Dune forms and wind regimes, In E.D. makee (ed), A study of global sand sea, 137-140, United states geological survey, professional paper 1052.
7. Fryberger, S.G., and Dean, G., (1979). Dune forms and wind regimes. In: A Study of Global Sand Seas. E.D. Mckee (Ed). Geological Survey Professional Paper 1052, 137-169.
8. Mesbahzade, T., Ahmadi, H., (2010). The Role of the Wind in the Direction of Flow and Sediment Transport in a Sand Dune, Case Study: Sabzevar. Geographical Research, Vol. 25(99), 101-114.
9. Mesbahzadeh, T., and Aamadi, H., (2014). Sand Movement Patterns in Southern Iran. DESERT, 19(1), 11-15.
10. Tvakkolifard, A., Ghasemieh, H., Nazari Samani, A.A., Mashhadi, N., (2013). Determining the Risk of Sand Transportation to Residential Areas around Kashan Erg using Anemometry Data Analysis. DESERT. 18(2), 163-172.