

مدل سازی کمی ارتفاع و فاصله بین تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از مطالعات ژئومرفومتریک در بیابان‌های داخلی ایران

علی‌اکبر نظری‌سامانی^{۱*}، لیلا بیابانی^۲، حمیدرضا عباسی^۳ و حسن خسروی^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: aknazari@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱

چکیده

باد به‌عنوان عامل اصلی در تخریب و فرسایش مناطق خشک و نیمه‌خشک است که برای جلوگیری از اثرهای تخریبی آن باید شناخت کافی از ویژگی بادهای منطقه حاصل گردد. هدف اصلی این تحقیق، وضعیت فرساینده‌گی باد و میزان حمل ماسه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. برای بررسی داده‌های بادسنجی ۸ ایستگاه سینوپتیک حاشیه دریاچه ارومیه با دوره آماری موجود تجزیه و تحلیل شد. گلبادهای سالانه منطقه نشان داد با وجود تغییرات زمانی و مکانی بسیار زیاد باد در حاشیه این دریاچه، عمده بادهای غالب از سمت شرق و بعد از غرب می‌وزد. گل‌توفان‌های سالانه نشان داد که بادهای فرساینده عمدتاً دارای جهت‌هاجهت‌ها جنوب و جنوب‌غربی است که این بادهای در فصول تابستان و بهار به صورت یک‌طرفه و در فصول پاییز و زمستان به صورت چند جهته می‌وزند. به‌منظور محاسبه توان حمل ماسه با استفاده از رابطه فرای‌برگر و دین، منطقه مورد مطالعه از نظر قدرت فرسایش باد در کلاس کم تا متوسط قرار گرفت و جهت نهایی حمل ماسه عمدتاً به سمت شمال شرقی بود که براساس رابطه لتو-لتو دبی (شار) حمل ماسه بین ۰/۰۵ تا ۲/۷۳ تن بر متر در سال محاسبه شد. همچنین با استفاده از رابطه تسوار، شاخص تحرک تپه‌های ماسه‌ای برای تمام ایستگاه‌ها کمتر از ۱ شد که نشان‌دهنده غیرفعال بودن شکلهای تراکمی ماسه است. ولی چون پوشش گیاهی بسیار کمی بر روی آنها مستقر شده است می‌توان نقش عامل انسانی (به‌ویژه چرای دام و لگدکوبی احشام) و شوری بیش از حد تپه‌ها را در آن مهم دانست.

واژه‌های کلیدی: توان حمل رسوب، وضعیت فرساینده‌گی باد، تحلیل داده‌های بادسنجی، دریاچه ارومیه، رژیم بادی.

مقدمه

باد پدیده‌ای دینامیک و پویا و فرایندی وابسته به زمان و مکان است. از نظر زمانی سرعت، جهت باد و سایر پدیده‌های جوی و از نظر مکانی توپوگرافی، خصوصیات ذاتی خاک، مدیریت اراضی و پوشش گیاهی موجب می‌گردد که وضعیت باد در طول زمان تغییر کند (Rahdari, 2014). همچنین فرسایش بادی از مهمترین فرایندهای ژئومورفولوژی مناطق خشک است و از عوامل اصلی ایجاد فرسایش و تخریب در این مناطق محسوب می‌شود. این فرایند به عوامل مختلفی مانند شرایط جوی (باد، بارش و دما)، ویژگی‌های خاک (بافت، ترکیب و تراکم)، ویژگی‌های سطح زمین (توپوگرافی، رطوبت، زبری آئرو دینامیک و پوشش گیاهی) و کاربری زمین (کشاورزی، چرا و معدن) بستگی دارد که در طول رخداد فرسایش بادی این فاکتورها با یکدیگر به‌عنوان فرایندهای فرسایش عمل می‌نمایند (Yaping, 2009). در نتیجه بر اساس دینامیک باد، حمل ذرات خاک یا رسوب و همچنین بر اساس شدت فرسایش یا رسوب‌گذاری، منجر به ایجاد و تکامل شکل‌های مختلف ناهمواری‌های بیابانی (به‌ویژه ماسه‌زارها و شکل‌های مختلف تپه‌های ماسه‌ای) می‌گردد (Mashhadi et al., 2011).

مطالعه فرسایش بادی به‌ویژه در دوره کواترنر نشان می‌دهد که رسوبات بادی با وسعت و قدرت بیشتری نهشته شده‌اند که این مسئله مشخص می‌نماید که فرسایش بادی مربوط به زمان‌های اخیر نمی‌باشد (Tahmasebi, 2013). از این رو لازم است برای تفسیر اطلاعات بادسنجی ارتباط مستقیم با رخدادهای بادی و همچنین توالی‌های رسوبات در دوره‌های قدیمی حاصل گردد (Paul et al., 2011).

بادهای موجود در منطقه بر روی شکل تپه‌ها و مورفودینامیک آنها اثرهای زیادی دارند (Al-Awadhi, 2005)، به طوری که با تحلیل داده‌های بادسنجی یک ایستگاه می‌توان نوع تپه‌های ماسه‌ای قابل تشکیل را پیش‌بینی نمود (Wasson, 1983).

از جمله روش‌های تشخیص جهت و سرعت باد در ایجاد حرکت رسوبات و تپه‌های ماسه‌ای می‌توان به بررسی رژیم‌بادی و دانش منطقه‌ای در ارتباط با فرایندهای بادی منطقه اشاره کرد (Fryberger, 1979) تا از اثرهای تخریبی آن شناخت کافی حاصل گردد (Refahi, 1999). بنابراین لازم است طی دوره آماری موجود، منطقه مطالعاتی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. از مهمترین عواملی که باید مورد توجه قرار گیرد سرعت، جهت غالب و فراوانی باد می‌باشد که از طریق ترسیم گلباد، گل‌توفان و گلماسه منطقه حاصل می‌شود (Ahmadi, 1999).

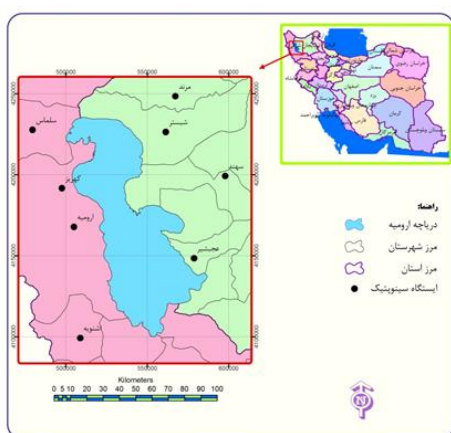
در ارتباط با بررسی رژیم بادی مطالعات زیادی در سایر نقاط ایران انجام شده است. به‌عنوان نمونه Tavakolifard (۲۰۱۲) در ارگ کاشان مشخص نمود که بادهای غالب و فرساینده کاشان شمال شرقی و تپه‌های ماسه‌ای فعال در جهت این باد توسعه یافته‌اند. همچنین Fatahi (۲۰۱۴) در ریگ جن سمت و سوی شکل‌گیری تپه‌ها را منطبق بر بادهای غالب و فرساینده مشخص نمود، به طوری که در بخش شمالی در جهت شمال غربی و در بخش جنوبی در جهت شمال غربی و غربی توسعه یافته‌اند. Mesbahzadeh (۲۰۱۲) بر اساس قدرت فرسایش بادی، منطقه جاسک کرمان را در کلاس شدید و کاشان و سبزواری را در کلاس کم معرفی نمود. Perimi (۲۰۱۵) نیز در کویر حاجی‌علی‌قلی دامغان عمده تپه‌های بارخانی را در جهت باد فرساینده شمال غربی معرفی نمود و Hanifepur (۲۰۱۵) نیز سرعت آستانه فرسایش را ۶/۵ متر بر ثانیه با جهت شمال غربی مشخص نمود. اما گاهی تپه‌های ماسه‌ای بارخانی در جهت‌ها جهت‌ها مختلف و در مقیاس کوچک تشکیل شده که نشان‌دهنده تغییرات محلی در وضعیت بادهای منطقه و وزش باد در جهت‌ها جهت‌ها مختلف در دوره‌های زمانی مشخص است. همچنین تشکیل تپه‌های ماسه‌ای در یک منطقه تابعی از دسترس بودن رسوبات بادی، تبخیر و بارش موجود و در نهایت شدت و تنوع بادهای موجود در یک منطقه می‌باشد (Lancaster, 1995).

در رابطه با مخاطرات احتمالی بررسی و کندوکاو شود. ایجاد تپه‌های ماسه‌ای فعال و گسترش آنها در حاشیه غربی این دریاچه می‌تواند موجب خسارت‌هایی در آینده شود. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی خطر حمل ماسه‌های بادی و ارتباط آن با توان حمل ماسه توسط بادهای فرساینده در ایستگاه‌های حاشیه دریاچه ارومیه است تا بتوان با ارتباط بین الگوی مکانی و وضعیت تحرک‌پذیری شرایط تشکیل و گسترش تپه‌های ماسه‌ای را مشخص نمود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حاشیه دریاچه ارومیه در بین استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی (شکل ۱) قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

از نظر جغرافیایی، دریاچه ارومیه در حد گسترش نهایی خود حدود ۱۴۰ کیلومتر طول، ۵۵ کیلومتر عرض و با حداکثر ۱۸ متر عمق، در شمال غرب ایران و در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۴۵ تا ۴۶ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ تا ۳۸/۵ درجه شمالی واقع شده است.

پسروی سطح دریاچه ارومیه، ناشی از کاهش شدید بارندگی در بیش از یک دهه گذشته، افزایش نسبی دما، تبخیر از سطح دریاچه، احداث و بهره‌برداری از سازه‌های آبی، کاهش ورود آب به دریاچه از طریق رودخانه‌ها و در نهایت برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی منجر به بروز پیامدهای منفی و نگران‌کننده‌ای در منطقه شده است. از جمله مهمترین این پیامدها که در نتیجه ادامه روند کاهش سطح تراز آب دریاچه ایجاد شده، علاوه بر باقی ماندن اراضی شورزار، کاهش پوشش گیاهی، افزایش سرعت بادهای محلی در منطقه، موجب پیدایش ارگ و رخساره‌های ژئومورفولوژی تراکم ماسه با مساحت حدود ۱۰ کیلومترمربع در بخش غربی دریاچه ارومیه شده است. کانون عمده تپه‌های ماسه‌ای منطقه از رسوبات ریزدانه نمکی و غیرنمکی تشکیل شده که حساسیت زیادی به بادبردگی دارند و به دلیل متحرک بودن آنها روند بیابان‌زایی را به صورت گسترده در منطقه تسریع نموده است؛ به طوری که روستاهای اطراف و زمین‌های کشاورزی را به شدت تهدید می‌نماید. علاوه بر این در فصولی از سال گردوغبارهایی از آنها بلند شده و صدها کیلومتر را پیموده و تمام استان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Aghakhani, 2015). البته لازم است یادآوری شود که بر اساس توپوگرافی، دریاچه ارومیه در خط‌القدر چاله آذربایجان با کشیدگی شمالی- جنوب قرار دارد و به راحتی تحت تأثیر ارتفاعات پیرامون، بادها به سمت دریاچه همگرا بوده و وابسته به جهت باد غالب منطقه، به سمت شمال یا جنوب همگرا و متمرکز می‌شوند. با توجه به اینکه راستای کشیدگی ارتفاعات و ناهمواری منطقه کنترل‌کننده اصلی جهت‌گیری بادها هستند (Zarei, 2012)، از این رو خشک یا پرآب بودن دریاچه تأثیر زیادی در جهت‌گیری و تشدید بادهای محلی ندارد و جهت‌های تحت تأثیر بادهای حاشیه دریاچه همانند وضع موجود خواهد بود.

با توجه به مطالب بالا تغییرات نزولی سطح آب این دریاچه موجب ایجاد شرایط نامساعد شده است، بنابراین لازم است به منظور مدیریت بهتر و مقابله با اثرهای ناخواسته

گرم در لیتر است که نسبت به شرایط زمانی و مکانی مختلف متغیر است (Fathi et al., 2014). با توجه به هدف تحقیق، آمار داده‌های باد ۸ ایستگاه سینوپتیکی اطراف دریاچه (جدول ۱) مورد بررسی قرار گرفته است.

مساحت دریاچه ارومیه در طول سال‌های گذشته بین ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومترمربع در نوسان بوده است که میانگین مساحت آن حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع برآورد می‌شود. میانگین شوری آب دریاچه ارومیه بین ۲۲۰ تا ۳۰۰

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیکی اطراف دریاچه ارومیه

دوره آماری تا		دوره آماری از		عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	نام ایستگاه	نام استان
ماه	سال	ماه	سال					
۲۰۱۳	۱۲	۱۹۵۱	۱	۳۷°۵۳'۳۱"	۴۵°۰۸'۱۹"	۱۳۲۸	ارومیه	
۲۰۱۳	۱۲	۲۰۰۱	۱۱	۳۸°۱۲'۵۶"	۴۴°۷۶'۵۴"	۱۳۳۹	سلماس	آذربایجان
۲۰۱۳	۱۲	۲۰۰۶	۲	۳۷°۵۱'۵۹"	۴۴°۵۷'۰۰"	۱۳۳۶	کهریز	غربی
۲۰۱۳	۱۲	۲۰۰۶	۱	۳۷°۰۵'۲۸"	۴۵°۱۳'۱۴"	۱۴۱۵	اشنویه	
۲۰۱۳	۱۲	۱۹۸۵	۱	۳۷°۹۳'۰۰"	۴۶°۱۰'۵۹"	۱۶۴۱	سهند	
۲۰۱۳	۱۲	۲۰۰۰	۱	۳۸°۲۴'۵۹"	۴۵°۴۶'۰۰"	۱۵۵۰	مرند	آذربایجان
۲۰۱۳	۱۲	۲۰۱۲	۳	۳۸°۱۱'۰۰"	۴۵°۴۱'۰۰"	۱۳۱۱	شیستر	شرقی
۲۰۱۳	۱۲	۲۰۱۲	۱	۳۷°۳۰'۰۰"	۴۵°۵۱'۰۰"	۱۳۵۰	عجب شیر	

همچنین بر اساس رابطه Feryberger (رابطه ۲) که توان فرسایشی باد را با در نظر گرفتن شرایط ثابت خاک مورد استفاده قرار داده است، به صورت ذیل می‌باشد.

$$DP = V^2(V - Vt).t \quad (\text{رابطه ۲})$$

DP: توان حمل ماسه، Vt: سرعت آستانه فرسایش در ارتفاع ۱۰ متر (بر حسب نات)، V: سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری بر حسب نات، t: فراوانی بادهای بیشتر از سرعت آستانه (بر حسب درصد). با استفاده از رابطه فوق داده‌های باد ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در ۸ جهت و ۹ کلاس طبقه‌بندی شده و ضرایب آن در اکسل محاسبه گردیده است.

ج- ترسیم و تحلیل گل‌ماسه‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه برای محاسبه مقدار دبی و حمل ماسه که در مطالعات رژیم بادی در کشور از نرم‌افزار گل‌ماسه‌نما استفاده شده است و مبنای طبقه‌بندی رژیم بادی و توان فرسایش‌زایی بر اساس

روش‌شناسی

الف- ترسیم و تحلیل گلباد ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار WR- Plot View و تحلیل و طبقه‌بندی داده‌ها و برآورد شاخص بادناکی در اکسل (بر اساس رابطه متوسط سرعت باد * درصد فراوانی باد در فصول مختلف سال).

ب- ترسیم و تحلیل گل‌توفان، برآورد سرعت آستانه بر اساس رابطه بگنولد (رابطه ۱) و شاخص بادناکی در فصول مختلف سال در اکسل.

$$Ut = A \frac{\sqrt{ps-pa}}{pa} gD \quad (\text{رابطه ۱})$$

Ut = سرعت آستانه فرسایش متر بر ثانیه، A: ضریب ثابت حدود ۰/۱ برای ذرات بزرگ‌تر از ۰/۱mm، Pa: چگالی هوا (۱/۲ Kg/m³)، Ps: چگالی ذره معمولاً کوارتز (2650kg/m³)، g: شتاب ثقل (۹/۸ m/s²)، D: میانگین قطر ذره (۰/۲۵۰ mm)

$$M = \frac{DP}{100 - \left(\frac{RDP}{DP}\right)} \quad \text{(رابطه ۵) } M = \text{واحد بی بعد}$$

بر اساس رابطه بالا اگر $M > 1$ و منطقه دارای بارندگی کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد تپه‌ها بدون پوشش گیاهی و متحرک می‌باشد و هنگامی که $M < 1$ باشد نشان‌دهنده این است که تپه‌های ماسه‌ای دارای پوشش گیاهی و کم‌تحرک است، اما اگر در منطقه‌ای $M < 1$ و تپه‌ها بدون پوشش گیاهی باشد احتمالاً تحت تأثیر فشار انسان قرار دارد. بر اساس شاخص تسوار (۲۰۰۵) یا میزان تحرک تپه‌های ماسه‌ای، میزان انرژی باد و نوع رژیم بادی را مهمترین عامل در فعالیت و یا پایداری تپه‌های ماسه‌ای معرفی می‌نماید.

نتایج

۱- گل‌بادهای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

بر اساس داده‌های سمت و سرعت باد (بیشتر از ۱ نات) در ۶ کلاس و ۸ جهت گلبادهای سالانه و فصلی هریک از ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه، تهیه و نتایج آن در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

نتایج حاصل از گلبادهای سالانه و شاخص بادناکی نشان داد که ایستگاه‌های واقع در حاشیه غربی دریاچه ارومیه به‌ویژه ایستگاه اشنویه دارای بیشترین شاخص بادناکی در فصل بهار با جهت جنوب‌غربی و ایستگاه سلماس با جهت شمالی در فصل تابستان است. ایستگاه‌های واقع در حاشیه شرقی دریاچه همانند ایستگاه شبستر و سهند با بیشترین شاخص بادناکی به‌ویژه در فصل تابستان با جهت جنوب‌غربی و در تمام فصول با جهت‌های مختلف را دارند. همچنین بر اساس میانگین فصلی تمام ایستگاه‌های منطقه بیشترین شاخص بادناکی را در فصل تابستان (۲۴۲/۴۹) و بهار (۲۱۱/۱۱) به خود اختصاص داده است.

مطالعات Dean و Feryberger (۱۹۷۹) انجام شده است. بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای مقایسه توان حمل ماسه و میزان فرسایش‌پذیری منطقه به صورت دستی با استفاده از روش Feryberger در ۸ جهت و ۹ طبقه انجام شد و در نهایت برای رسم نمودارها از قسمت محاسبات و وارد نمودن داده‌ها به صورت دستی در نرم‌افزار گلماسه‌نما استفاده شد. همچنین برای برآورد دبی ماسه از رابطه Leto- (رابطه ۳) استفاده شده و نتایج آنها مورد مقایسه قرار گرفته است.

$$V_q = \sum_{i=1}^n v_i^2 (v_i - v^*)^i \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$Q_s = c \left(\frac{d}{0.25}\right)^{.5} \left(\frac{p}{9.8}\right) \left(\frac{vq}{N}\right) \quad \text{(رابطه ۴)}$$

Q_s = دبی جریان ماسه بر حسب کیلوگرم بر متر بر ثانیه، d = قطر متوسط ذرات ماسه بر حسب میلی‌متر در حالت استاندارد $P: 0.25/25$: چگالی هوا که برابر 1.225 ، N : تعداد کل دیده‌بانی‌های سرعت و جهت باد، C : مقدار ثابت تجربی بر اساس اندازه ذرات 250 میکرون برابر $6/5$ ، V_i : سرعت برشی بادهای بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی، V^*i : سرعت آستانه برشی فرسایش بادی در ایستگاه مورد نظر.

د- تحلیل نهایی داده‌ها با استفاده از شاخص تغییرپذیری جهت‌ها جهت‌ها باد (UDI: Uni direction index) که نسبت برآیند حمل ماسه به توان حمل ماسه است که از طریق RDP/DPT حاصل می‌گردد. البته هرچه این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، بادهای یک‌جهته بیشتر می‌وزد و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، بادها چند جهته هستند.

ه- تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی توان نهایی حمل ماسه و بررسی مقادیر آن نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از روش IDW ترسیم شده است.

و - شاخص حرکت تپه‌های ماسه‌ای (M) بر اساس رابطه Tsosar است که به صورت رابطه ذیل می‌باشد.

۲- گل توفان‌های ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس داده‌های سمت و سرعت باد (سرعت آستانه فرسایش، ۱۲ نات) در ۹ کلاس و ۸ جهت گل توفان‌های ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه تهیه و نتایج آن در جدول شماره ۳ ارائه شده است. نتایج حاصل از گل توفان‌های سالانه نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های حاشیه غربی دریاچه ارومیه بیشترین شاخص بادناکی ۲۵/۹۹ در ایستگاه اشنویه در فصل زمستان و در

فصل بهار ۲۵/۴۹ با جهت جنوب غربی است. بیشترین شاخص بادناکی را ایستگاه‌های حاشیه شرقی دریاچه ارومیه (ایستگاه سهند ۵۰/۷۴ و شبستر ۶/۰۷) در فصل تابستان با جهت جنوب غربی دارد. همچنین بر اساس میانگین فصلی تمام ایستگاه‌های منطقه، بیشترین شاخص بادناکی بادهای فرساینده در فصل بهار ۸/۵۴ و تابستان ۸/۰۱ را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲- شاخص بادناکی و جهت باد غالب در فصول مختلف سال در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	سالانه		بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
	شاخص	جهت باد	شاخص	جهت باد	شاخص	جهت باد	شاخص	جهت باد	شاخص	جهت باد
ارومیه	۸۷/۲	غربی	۱۱۳/۰۵	غربی	۹۲/۱۰	شمال شرقی	۵۷/۰۴	غربی	۵۶/۴۷	غربی
کهریز	۱۵۳/۷	غربی	۲۳۱/۱۹	غربی	۱۴۵/۱۸	شرقی	۱۰۳/۸۵	غربی	۱۳۸/۴۰	غربی
سلماس	۱۷۸/۵	شمالی	۲۴۲/۰۶	شمالی	۲۳۰/۸۲	شمالی	۱۲۵/۴۷	شمالی	۱۳۱/۵۰	شمالی
اشنویه	۲۰۴/۷	جنوب غربی	۲۸۳/۹۸	جنوب غربی	۱۹۹/۲۷	جنوبی	۱۴۶/۷۷	جنوب غربی	۱۹۶/۹۷	جنوب غربی
سهند	۳۱۱/۷	شرقی	۱۹۶/۹۷	جنوب غربی	۴۷۰/۴۵	شرقی	۲۰۷/۸۱	شرقی	۲۲/۷۴	جنوبی
مرند	۱۳۰/۴	شرقی	۱۶۲/۲۳	شرقی	۲۱۵/۳۸	شمال شرقی	۸۳/۰۵	شرقی	۷۹/۴۳	شرقی
شبستر	۲۹۰/۸	جنوبی	۳۵۶/۶۵	جنوب غربی	۳۶۴/۰۶	شرقی	۲۰۶/۵۸	جنوبی	۲۲۰/۱۶	جنوب غربی
عجب شیر	۲۱۱/۶	جنوبی	۲۳۹/۱۷	غربی	۲۲۲/۷۳	غربی	۱۸۶/۶۷	شرقی	۱۹۱/۶۶	جنوبی
میانگین	۱۹۶/۰۷		۲۰۱/۱۱		۲۴۲/۴۹		۱۳۹/۶۵		۱۲۹/۶۶	

جدول ۳- شاخص بادناکی بر اساس سرعت آستانه فرسایش در فصول مختلف سال در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	سالانه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
	شاخص جهت باد	شاخص جهت باد	شاخص جهت باد	شاخص جهت باد	شاخص جهت باد
	بادناکی فرساینده	بادناکی فرساینده	بادناکی فرساینده	بادناکی فرساینده	بادناکی فرساینده
ارومیه	۰/۳۵	۰/۷۳	۰/۰۵	۰/۲۶	۰/۳۹
کهریز	۱/۹۷	۴/۳۵	۰/۴۹	۰/۷۶	۲/۹۲
سلماس	۱/۷۶	۳/۴۰	۲/۶۶	۰/۴۷	۱/۱۶
اشنویه	۱۵/۷۵	۲۵/۴۹	۲/۷۵	۱۲/۵۱	۲۵/۹۹
سهند	۲۳/۲۹	۲۶/۶۵	۵۰/۷۴	۰/۶۱	۱۵/۲۷
مرند	۱/۴۹	۲/۵۷	۰/۷۳	۰/۸۱	۱/۵۷
شبستر	۴/۲۵	۵/۱۰	شرق و شمال شرقی	۱/۴۲	۵/۲۵
عجب شیر	۰/۴۷	۰	۰/۵۷	۰/۵۸	۰
میانگین	۶/۱۷	۸/۵۴	۸/۰۱	۲/۲۳	۶/۵۹

به طرف غرب می‌وزند. در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه نیز بادهایی از ارتفاعات سهند در فصل تابستان می‌وزد که به باد مراغه، هشتروند، باد ده روزه ملکان معروف است.

۳- گلماسه‌های ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه با ترسیم گلماسه‌های سالانه و فصلی ایستگاه‌ها نتایج حاصل از آن در جدول شماره ۴ بر اساس داده‌های حاصل از جدول‌های محاسباتی دستی (رابطه Feryberger) و نرم‌افزار گل‌ماسه‌نما رابطه Leto-Leto ارائه شده است.

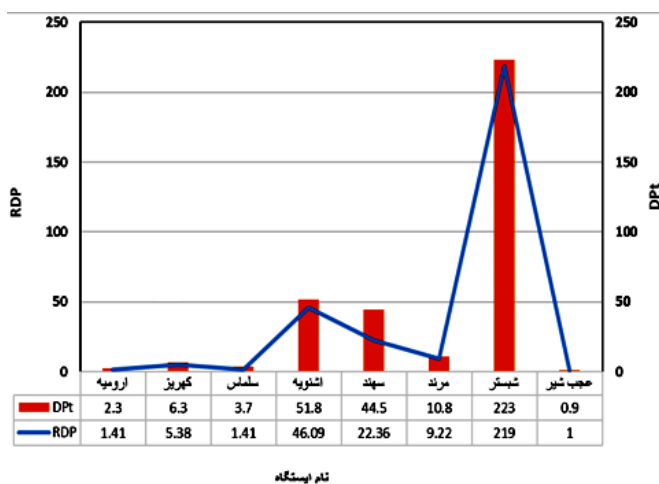
از مهمترین بادهای غالب منطقه، به‌ویژه در حاشیه غربی دریاچه ارومیه بادهای غربی است. این بادهای معمولاً در فصول بارندگی (فصل زمستان) برتری دارند و در فصل بهار شدت و مدت وزش آنها بیشتر و شدیدتر می‌شود. از این رو عمدتاً بادهای فرسایش‌زا را در این بخش بادهای غربی شامل می‌شود. عوامل دیگری مانند ارتفاع، وجود کوه‌های مرتفع و طویل با جهت شمال و جنوب و جنوب شرقی نیز موجب پیدایش بادهای محلی شده است. همچنین در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه، عمدتاً بادهای محلی تأثیرگذار می‌باشد که با جهت شرقی با عبور از دریاچه خزر، در مسیر ارسباران، مرند و سهند

جدول ۴- نتایج ترسیم گلماسه‌های ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

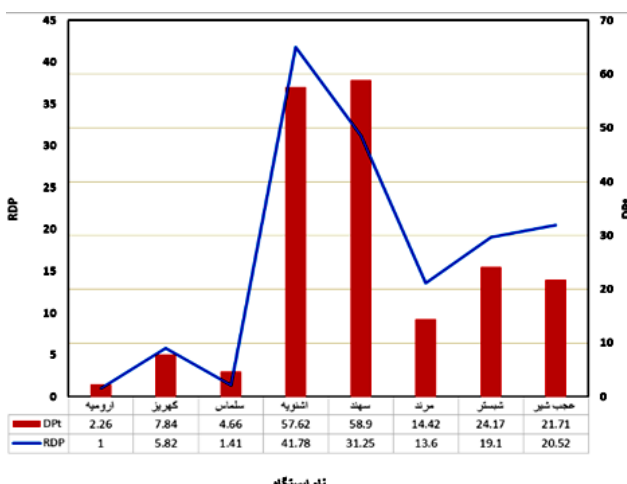
بر اساس نرم‌افزار گلماسه‌نما							Excel بر اساس جدولهای محاسباتی در					نام ایستگاه
TSF	Qs	UDI	RDD	RDP	Dpt	جهت حمل	UDI	RDD	RDP	Dpt	جهت حمل	
۲۴۷/۰۹	۰/۰۸	۰/۶۱	۴۵	۱/۴۱	۲/۳	شمال شرقی	۰/۴۴	۰	۱	۲/۲۶	شمال شرقی	ارومیه
۸۴۶/۷۵	۰/۲۹	۰/۸۵	۶۸	۵/۳۸	۶/۳	شمال شرقی	۰/۷۴۴	۵۹	۵/۸۲	۷/۸۴	شمال شرقی	کهریز
۵۰۲/۹۷	۰/۱۷	۰/۳۸	۱۳۵	۱/۴۱	۳/۷	جنوب شرقی	۰/۳	۱۳۵	۱/۴۱	۴/۶۶	جنوب شرقی	سلماس
۶۵۵۸/۸۲	۲/۲۵	۰/۸۹	۴۹	۴۶/۰۹	۵۱/۸	شمال شرقی	۰/۷۲	۲۱	۴۱/۷۸	۵۷/۶۲	شمال شرقی	اشنویه
۵۸۰۲/۰۶	۱/۹۹	۰/۵۲	۳۵۰	۲۲/۳۶	۴۴/۵	شمال غربی	۰/۵۳	۷	۳۱/۲۵	۵۸/۹	شمال و شمال شرقی	سهند
۱۳۳۵/۲۲	۰/۴۶	۰/۸۵	۱۳	۹/۲۲	۱۰/۸	شمال شرقی	۰/۹۴	۳۶	۱۳/۶	۱۴/۴۲	شمال شرقی	مرند
۷۹۶۸/۸۲	۲/۷۳	۰/۹۸	۱۷۹	۲۱۹	۲۲۳	جنوب و جنوب	۰/۷۹	۱۷۴	۱۹/۱	۲۴/۱۷	جنوب شرقی	شیبستر
۱۴۹/۲۵	۰/۰۵	۱/۱۱	۱۸۰	۱	۰/۹	جنوب	۰/۹۴	۴۷	۲۰/۵۲	۲۱/۷۴	جنوب	عجب شیر شیشیر

۲۰۰ است که این نشان‌دهنده قدرت فرسایشی کم است. در صورتی که در ایستگاه شبستر مقدار توان حمل ماسه ۲۲۳ برآورد گردیده که نشان می‌دهد این ایستگاه دارای قدرت متوسط فرسایش بادی است که علت آن وجود بادهای محلی شدید به صورت لحظه‌ای در این ایستگاه به ثبت رسیده است. شکل شماره ۲ مقایسه رابطه بین جهت‌ها مختلف حمل ماسه و محاسبه برآیند آنها در ایستگاه‌های مورد مطالعه را بر اساس روش محاسباتی و نرم‌افزار نشان داده است.

با توجه به جدول بالا بر اساس جدولهای محاسباتی که تقسیم‌بندی به صورت جزئی‌تر و دقیق‌تر انجام شده است، مشخص گردید که به ترتیب ایستگاه سهند و اشنویه دارای بیشترین توان حمل ماسه است. همچنین در ایستگاه سهند جهت حمل ماسه شمال و شمال‌غربی است که دقیقاً با بادهای فرساینده فصل بهار مطابقت دارد و بر اساس نرم‌افزار جهت حمل ماسه را فقط شمال‌غربی نشان می‌دهد. همچنین بر اساس نرم‌افزار گلماسه‌نما مقدار توان حمل ماسه در تمام ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه به جز شبستر کمتر از



بر اساس روش نرم‌افزار گلماسه‌نما



بر اساس روش محاسباتی

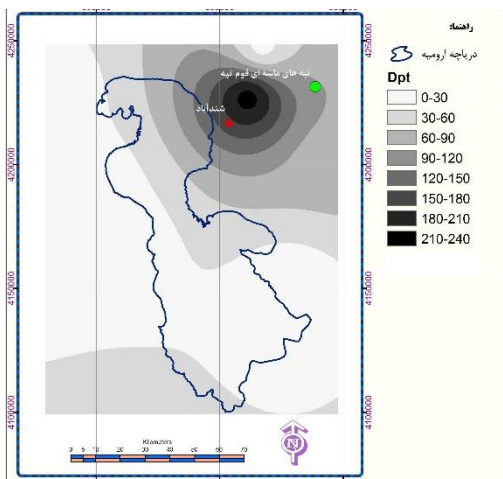
شکل ۲- رابطه بین جهت‌ها مختلف حمل ماسه و محاسبه برآیند آنها در ایستگاه‌های مورد مطالعه

تپه‌های ماسه‌ای در هریک از ایستگاه‌ها در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

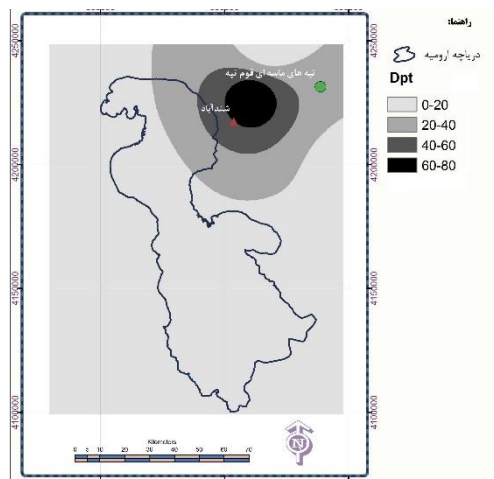
همچنین بر اساس شاخص تغییرپذیری باد بر اساس رابطه فرای‌برگر طبقه‌بندی جهت‌های باد و نوع

جدول ۵- تغییرپذیری جهت باد (UDI) بر اساس طبقه‌بندی Feryberger

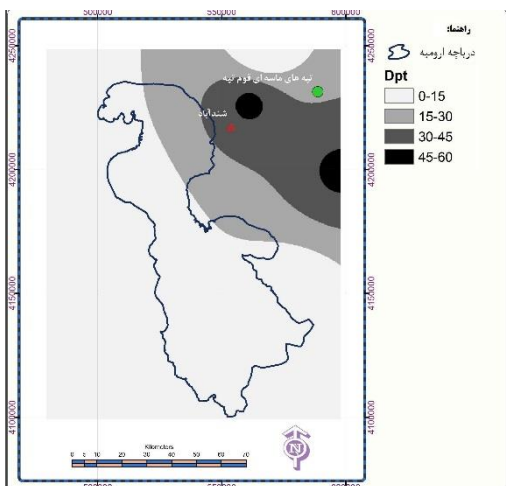
تغییرپذیری جهت باد بر اساس نرم‌افزار Sandrose			تغییرپذیری جهت باد بر اساس جدولهای محاسباتی				نام ایستگاه
طبقه‌بندی جهت‌های باد	تغییرپذیری جهت‌ها باد	UDI	نوع تپه‌های ماسه‌ای	طبقه‌بندی جهت‌ها	تغییرپذیری جهت‌ها باد	UDI	
بادهای دوجته با زاویه منفرجه منفرجه	متوسط	۰/۶	بارخانوبید	بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۴	ارومیه
بادهای یک‌جته	کم	۰/۹	بارخانوبید	بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۷	کهریز
بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۴	تپه‌های طولی	بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۳	سلماس
بادهای یک‌جته	کم	۰/۹	بارخانوبید	بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۷	اشنویه
بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۵	بارخانوبید	بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۵	سهند
بادهای یک‌جته	کم	۰/۹	بارخان	بادهای یک‌جته	کم	۰/۹	مرند
بادهای یک‌جته	کم	۱	بارخانوبید	بادهای دوجته با زاویه منفرجه	متوسط	۰/۸	شبستر
بادهای یک‌جته	کم	۱	بارخان	بادهای یک‌جته	کم	۰/۹	عجب شیر



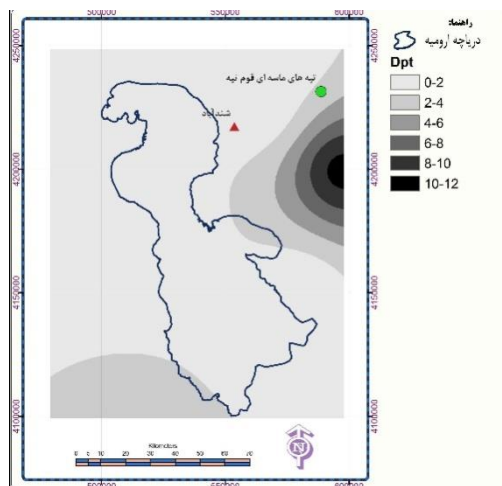
فصل بهار



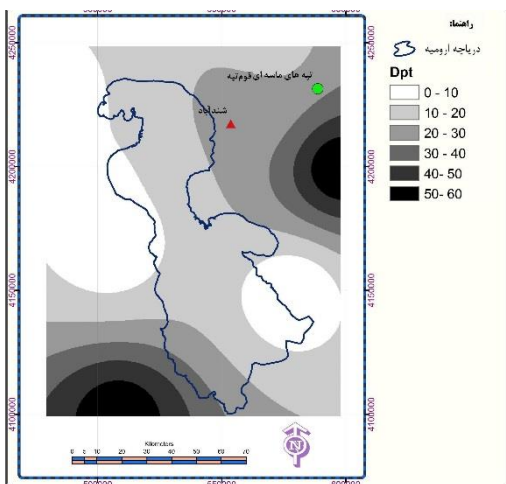
فصل بهار



فصل تابستان

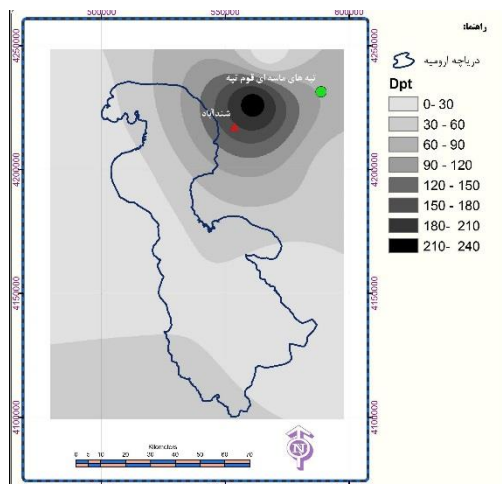


فصل تابستان



سالانه

بر اساس روش دستی



سالانه

بر اساس نرم افزار

شکل ۳- پهنه بندی توان حمل نهایی ماسه

که بیشترین حمل ماسه به دلیل وجود بادهای محلی و مناطق مستعد فرسایش بادی به ویژه تپه‌های ماسه‌ای قوم‌تپه و شندآباد می‌باشد که منابع ماسه را فراهم نموده است؛ البته بعکس در حاشیه غربی دریاچه توان حمل ماسه خیلی کم است و عمدتاً بادهای محلی نقش دارند. شکل ۴ برآورد مقدار کل حمل ماسه در جهت‌ها مختلف را ارائه کرده است. بر اساس شکل بالا بیشترین حمل ماسه در منطقه شندآباد و قوم‌تپه بین ۴۰۰۰-۶۰۰۰ کیلوگرم بر متر در سال برآورد گردید که نشان‌دهنده منطقه برداشت در منطقه است. البته لازم به ذکر است که این مقدار زیاد دبی ماسه فقط بر پایه داده‌های بادسنجی است و بر روی سطح فاقد پوشش گیاهی یا به عبارت دیگر در داخل ارگ صادق است. در حاشیه غربی دریاچه میزان حمل ماسه بین ۰-۱۰۰۰ برآورد شده که نشان‌دهنده ترسیب رسوب و پیدایش تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد.

۴- شاخص تحرک پذیری تپه‌های ماسه‌ای

بر اساس رابطه Tsoar میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در جدول شماره ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- شاخص تحرک پذیری ماسه بر اساس رابطه Tsoar

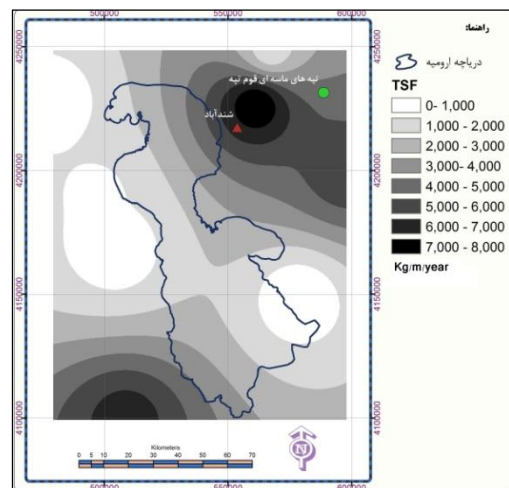
(بدون بعد)

نام ایستگاه	بر اساس روش	بر اساس روش نرم‌افزار
ارومیه	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۴
کهریز	۰/۰۱۷۷	۰/۰۱۷
سلماس	۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۵
اشنویه	۰/۰۱۲	۰/۱۵
سهند	۰/۰۹۷	۰/۰۷
مرند	۰/۰۴۹	۰/۰۳
شیبستر	۰/۰۵	۰/۸۴
عجب شیر	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵

با توجه به جدول بالا بیشترین میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در ایستگاه اشنویه و بعد سهند می‌باشد (شکل ۵) که

با توجه به جدول بالا مشخص گردید که شاخص تغییر پذیری جهت‌ها باد عمدتاً متوسط و کم است. همچنین با ملاحظه جدول نمایان گردید که این شاخص در ۳ ایستگاه کهریز، اشنویه و شیبستر در روش دستی، دارای تغییر پذیری متوسط و بادهای دوجبهته با زاویه منفرجه و در روش نرم‌افزار دارای تغییر پذیری کم و باد یک‌جبهته می‌باشند. این موضوع نشان داد که داده‌های حاصل از روش دستی به طور دقیق‌تر، برای تعیین نوع تپه‌های ماسه‌ای در منطقه را که عمدتاً تپه‌های طولی (خطی) می‌باشند نشان داده است. در حالی که در روش نرم‌افزار، سه ایستگاه بالا دارای باد یک‌جبهته و شکل تپه‌های ماسه‌ای بارخانی را نشان می‌دهد که با منطقه تطابق ندارد.

با استفاده از نتایج حاصل از ترسیم گلماسه‌های ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، در شکل ۳ پهنه‌بندی توان حمل نهایی ماسه در فصول فرسایش‌زای منطقه یعنی بهار و تابستان و همچنین سالانه با مقایسه روش محاسباتی و نرم‌افزار نمایش داده شده است.



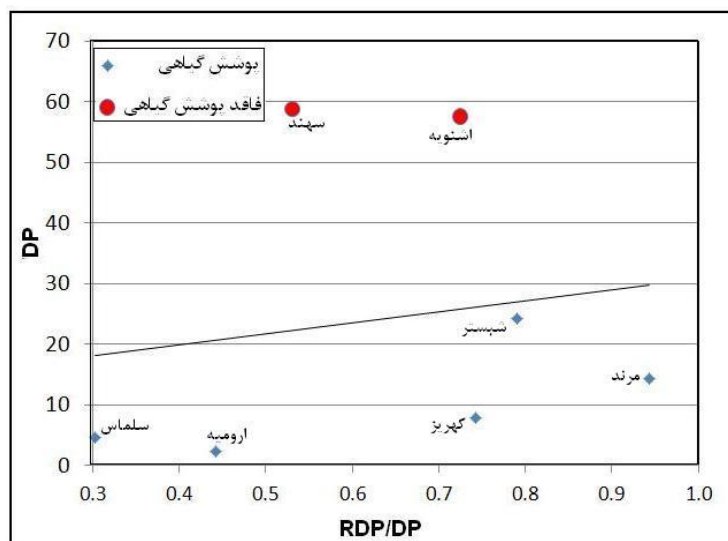
شکل ۴- برآورد مقدار کل حمل ماسه (Tsoar)

در جهت‌ها مختلف

با توجه به نقشه‌های توان حمل ماسه در فصول فرسایش‌زای منطقه یعنی بهار و تابستان، مشخص شده است

ارومیه مشخص گردید که نشان‌دهنده غیرفعال بودن تپه‌های ماسه‌ای و دارای پوشش گیاهی می‌باشد (شکل‌های ۶ و ۷).

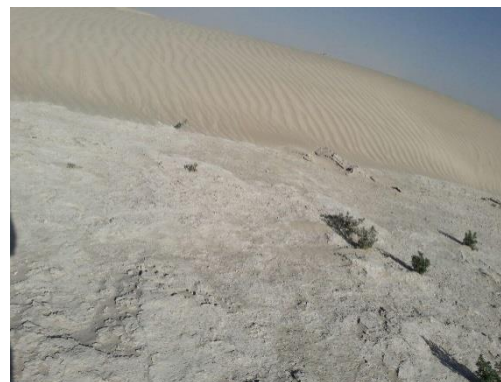
نشان‌دهنده فعال بودن تپه‌های ماسه‌ای و بدون پوشش گیاهی است و کمترین میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در ایستگاه



شکل ۵- شاخص تحرک پذیری ماسه بر اساس رابطه Tsoar



شکل ۷- تپه‌های غیرفعال با پوشش گیاهی



شکل ۶- تپه‌های جدید بدون پوشش گیاهی

بیشتر باشد موجب کاهش دبی جریان ماسه و توان حمل آن و بعکس گردیده است. جدول شماره ۷ دبی حمل ماسه و میزان بارندگی سالانه هریک از ایستگاه‌ها را ارائه کرده است.

بررسی مقادیر بارش ایستگاه‌ها و دبی حمل ماسه (QS) بر اساس میزان همبستگی بین مقادیر بارش ایستگاه‌ها و دبی جریان ماسه مشخص گردیده که بین این ۲ پارامتر همبستگی معکوسی وجود دارد، یعنی جایی که بارندگی

جدول ۷- دبی حمل ماسه و میزان بارندگی سالانه هریک از ایستگاه‌ها

بارندگی	Qs	نام ایستگاه
۳۳۷/۲	۰/۰۸	ارومیه
۳۱۶/۲	۰/۲۹	کهریز
۲۵۳/۲	۰/۱۷	سلماس
۴۳۴/۷	۲/۲۵	اشنویه
۲۲۲/۳	۱/۹۹	سهند
۳۶۹/۵	۰/۴۶	مرند
۲۱۱/۳	۲/۷۳	شبستر
۲۶۳/۶	۰/۰۵	عجب شیر

با توجه به جدول بالا همبستگی داده‌ها بین دو پارامتر در سطح ۹۰٪ در ایستگاه‌های مورد مطالعه معنی‌دار می‌باشد. فقط ایستگاه اشنویه در معنی‌دار بودن روابط، نتیجه منفی دارد. بدین صورت که علاوه بر بارندگی سالانه زیاد دارای میزان بالای دبی ماسه نیز است که دلیل عمده این مسئله، وجود بادهای محلی و شدید در منطقه است که موجب افزایش توان حمل ماسه می‌گردد.

بحث

حوضه دریاچه ارومیه همواره تحت تأثیر بادهای سرد شمالی، سیبری و بادهای غربی قرار دارد. بادهای غربی با جهت غربی - شرقی اصلی‌ترین باد فرساینده در مقیاس منطقه‌ای است که در فصل زمستان برتری دارند و در فصل بهار، شدت و مدت وزش آنها بیشتر و شدیدتر است. به‌علاوه موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی و وجود دریاچه ارومیه باعث ایجاد اختلاف دما و فشار شده و بادهای محلی را در جهت‌ها گوناگون ایجاد کرده است، به‌طوری‌که شدت و مدت وزش این بادهای در فصل بهار بیشتر از سایر فصول است. از مهمترین بادهای محلی در حاشیه غربی دریاچه ارومیه می‌توان به باد سلماس با جهت شمالی - جنوبی و باد

سپید و سیاه که در جهت عکس باد شمالی می‌وزد، اشاره نمود. همچنین باد زیریان با جهت جنوب‌غربی و جنوبی اغلب در فصول گرم سال موجب ریزش باران و در زمستان سبب ریزش برف می‌شود و علاوه بر این باد سفید نیز در اواخر تابستان از جهت جنوب و جنوب‌غربی از غرب استان می‌وزد که در تبخیر و خشکانیدن زمین مؤثر بوده و به‌دنبال آن حرکت ابرهای باران‌زا شروع شده و منجر به ریزش باران می‌شود. در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه نیز باد شرقی و سرد و مرطوب مه‌یالی یا بادمه وجود دارد که با عبور از دریای خزر در مسیر ارسباران، مرند و سهند به طرف غرب می‌وزد. این باد در امتداد دامنه‌های جنوبی سهند به طرف مراغه پیش می‌رود و در حاشیه دریاچه ارومیه تغییر مسیر می‌دهد. به‌علاوه بادهای محلی دیگری نیز در نواحی مختلف حاشیه شرقی با توجه به شرایط طبیعی محل وجود دارد که مشخصات و ویژگی‌های متفاوتی دارند، از مهمترین بادهای منطقه می‌توان به باد مراغه، باد هشترود و باد ده روزه ملکان اشاره کرد که در فصل تابستان عمدتاً از ارتفاعات سهند در جهت‌های مختلف می‌وزد. همچنین دریاچه ارومیه نیز با ایجاد نسیم‌های مختلف به هنگام روز و شب به‌ویژه در فصول معتدل و گرم سال به جابجایی توده‌های سطحی کمک

شود (زمینی تقریباً مسطح و حساس با طولی در حدود ۱۰ کیلومتری در معرض باد).

علاوه بر این کاهش انرژی باد در قسمت غربی دریاچه خود عامل مؤثر در ایجاد محیط مناسب برای به جای گذاشتن رسوبات بادی و تشکل ارگ است. مضاف بر این عبور جریان باد از روی دریاچه و دریافت رطوبت موجب کاهش انرژی (ناشی از کاهش چگالی باد) می‌شود و با کاهش ظرفیت حمل از یکسو و نزدیکی به موانع و ناهمواری‌ها از سوی دیگر موجب تمرکز ماسه و به دام افتادن آنها و در نهایت تشکل ارگ شده است. بررسی‌های Goudie (۲۰۱۳) مبین آن است که شرایط بستر زمین برای ایجاد یک ارگ بسیار مهم است و تپه‌های ماسه‌ای بیشتر تمایل دارند که بر روی مناطق پوشیده از ماسه تشکل و توسعه یابند. در واقع ذرات جهش‌یافته ماسه بیشتر ترجیح می‌دهند بر روی بستر ماسه‌ای انباشته شوند. این مورد نتیجه دو عامل است: ۱) استهلاک نیروی بادهای قوی در خلال جابجایی شدید ماسه در طول سطح ماسه‌دار و ۲) در مقایسه با سطح صاف و محکم سطوح ماسه‌دار همانند فرایند پاشمان موجب گیرش ماسه و کاهش میزان حمل ذرات می‌شود. بنابراین بر پایه موارد مذکور بستر خشک شده و بیرون افتادن ساحل ماسه‌ای غربی دریاچه مناسبترین محل برای توسعه و ایجاد ارگ به‌شمار می‌رود.

همچنین وضعیت مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای و بارخانی بودن شکلهای ماسه‌ای و کشیدگی بازوها نشان‌دهنده این است که بادهای مؤثر دارای راستای شمال‌شرق به جنوب‌غرب و یا بعکس هستند. تپه‌های بارخانی در جایی که منبع ماسه محدود و بادهای تک‌جهته هستند، ایجاد می‌شوند ولی تپه‌های عرضی در جایی که منبع تأمین ماسه فراوان‌تر است، دیده می‌شود. براساس تغییرپذیری جهت باد شکل تپه‌های ماسه‌ای ایجاد شده در منطقه عمدتاً تپه‌های بارخانی و بارخانوبیدی می‌باشد. با توجه به شاخص زاویه برآیند (جدول ۳) در ایستگاه کهریز (۵۹ درجه به روش دستی) و شاخص یک جهته باد در نزدیکترین ایستگاه به

می‌کند. در فصل پائیز راستای این جابجایی شرقی- غربی است و در فصل زمستان وزش باد از سمت غرب کاملاً محسوس است.

اما امروزه به دلیل کاهش بارندگی، تغییرات کاربری اراضی، افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و به تبع آن خشک شدن دریاچه و تغییر در خطوط ساحلی آن که موجب تغییر در وضعیت آلودی منطقه، افزایش دامنه تغییرات دمایی و افزایش اختلاف فشار در مقیاس محلی شده که در نتیجه تشدید سرعت بادهای محلی را به همراه داشته که برخی مواقع با بادهای ناشی از ورود در سیستم‌های جوی همراستا شده و وقایع بادی بسیار شدیدی (WIND GUSTY) افزایش داشته است. آنچه مسلم است به‌منظور درک تغییرات کمی این روند تغییرات در وضعیت باد نیاز به داده‌های طولانی‌تری است و در شرایط کنونی با قاطعیت نمی‌توان اعلام کرد که خشکی دریاچه به چه صورت و چه مقدار بر روی وضعیت باد نقش داشته است.

بر اساس میزان توان حمل ماسه که از طریق رسم گلماسه‌ها حاصل گردید، مشخص شد که حاشیه شرقی دریاچه دارای بیشترین توان حمل ماسه است. به گونه‌ای که دبی ماسه در ایستگاه‌های شبستر و سهند به ترتیب حدود ۳-۲ تن به دست آمد. در این بخش از دریاچه علاوه بر بادهای محلی شدید، مناطقی مانند قوم‌تپه و شندآباد شبستر بستر مناسبی برای تأمین ماسه فراهم نموده و همچنین کاهش پوشش گیاهی نیز باعث ایجاد فرسایش بادی و برداشت ماسه از این مناطق شده است و متعاقب آن توفان‌های گردوغبار را هم به همراه داشته است. Hyde و Wasson (۱۹۸۳) دو عامل اصلی و کنترل‌کننده را بر روی تپه‌های مختلف تپه‌های ماسه‌ای در دسترس بودن ماسه و تنوع جهت باد بیان کردند. دو عامل بالا در این منطقه بسیار مؤثرند، به طوری که با پایین رفتن سطح آب دریاچه اراضی با رسوبات منفصل و شور در حاشیه غربی واقع بر دلتای باراندوزچای و زولای چای برجای مانده است. بنابراین وزش باد موجب شده تا حمل رسوبات بادی به راحتی انجام

است، به طوری که تاکنون گزارشی از مسدودی یا گرفتار شدن ابنیه در این منطقه نشده است. بنابراین تپه‌های تشکیل شده از درجه فعالیت کمی برخوردارند و از این دیدگاه با شاخص کمتر از یک همخوانی دارد. اما آنچه مسلم است توسعه این ارگ و گسترده شدن آن می‌تواند در آینده موجب ایجاد خسارت به اراضی اطراف شود. بر اساس شکل ۵ رابطه بین شاخص یک جهت و مقدار حمل ماسه مشخص گردید که ایستگاههای سهند و اشنویه مبین قوی‌تر بودن تبادردگی در این مناطق است. ولی به دلیل وجود پوشش گیاهی مناسب و رطوبت بیشتر زمین در این مناطق عملاً از وضعیت تشکیل تپه‌های ماسه‌ای در این مناطق شواهدی موجود نیست.

در این تحقیق مشخص گردید که روش دستی مبتنی بر طبقه‌های سرعت باد که توسط Feryberger (۱۹۷۹) ابداع شد و روش نرم‌افزار گلماسه‌نما برای تعیین توان حمل ماسه تفاوت وجود دارد. البته برای ایستگاه کهرزی که مورد توجه بیشتر است مقادیر شاخص‌ها به هم نزدیکند و توان حمل در طبقه کم قرار می‌گیرد (کمتر از ۱۰ واحد بردار)، ولی در ایستگاهی همانند شبستر بسیار متفاوتند (جدول ۳). همچنین شاخص بادناکی فصل بهار و تابستان را به ترتیب مؤثرترین فصل با سرعت و تداوم بیشتر می‌داند و الگوی وزش در ایستگاه کهرزی را دوجته با زاویه منفرجه که عمدتاً منجر به تشکیل بارخانویید می‌شود و در عمل نیز تپه‌ها از نوع بارخانی و بارخانویید هستند. با توجه به رسوبات سطحی تپه‌های ماسه‌ای و تجزیه و تحلیل آنها مشخص گردید که قطر متوسط ذرات ۱۸۴ میکرون و بیشترین فراوانی را در طبقات ۱۲۵-۲۵۰ میکرون با جورشدگی نسبتاً خوب تا خوب و کج‌شدگی به سمت ذرات ریز دارند. این مسئله نماینده ذرات ماسه ریز و متوسط است که خود حکایت از محیط با انرژی کم دارد. بنابراین برای تعیین منبع اصلی تولید ماسه و روند حرکت و گسترش تپه‌ها نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتری است. چون که تعیین جهت و سرعت گسترش در تپه‌های بارخانوییدی با بادهای منفرجه در عمل با سختی همراه

تپه‌های (کهرزی) که در حدود ۰/۷ است ایجاد شکلهای بارخانی در راستای NE-SW قابل انتظار است. یافته‌های Goudie (۲۰۱۳) مبین این است که تغییرپذیری جهت باد در حدود ۰/۵-۰/۶۸ در کلاس کم تا متوسط باعث تشکیل تپه‌های هلالی می‌شود که با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد. ولی مقدار توان حمل ماسه در این ایستگاه کم است (۷/۵ واحد بردار) که با وجود کاهش آن و تشکیل تپه‌های بارخانی، وجود منابع ماسه و رسوبات آبرفتی زیاد واقع در قسمت دلتای غربی (خارج شده از آب طی ۱۰ سال اخیر) ناشی از خشک شدن دریاچه و همچنین کاهش سطح ایستابی منطقه را تأیید می‌نماید. این امر موجب ایجاد مهمترین منبع تولید ماسه در منطقه شده است. همچنین بر پایه طبقه‌بندی بیلان رسوب، تپه‌های مذکور نشان‌دهنده بیلان مثبت است (Manguet, 1984) که این یافته‌ها حکایت از وجود شکلهای تراکمی ماسه دارد.

شاخص تحرک پذیری ماسه کمتر از ۱ به دست آمد که نشان‌دهنده غیرفعال بودن تپه‌های ماسه‌ایست. در واقع شاخص مذکور هر گاه بیشتر از یک شود یعنی سطح تپه با پوشش گیاهی تثبیت شده است. اما تپه‌های ماسه‌ای موجود و جدید در این منطقه بدون پوشش گیاهی می‌باشند؛ به طوری که متحرک و فعال و روستاها و زمین‌های کشاورزی اطراف را به شدت تهدید می‌کنند. آنچه مسلم است اینکه نتایج رابطه مذکور در این منطقه با شواهد میدانی همخوانی ندارد که دلیل آن می‌تواند در درجه اول به ماهیت رابطه بستگی داشته باشد. رابطه ۴ در شرایط اقلیمی فراخشک ابداع شده است و در درجه دوم در زمانی که سطح تپه بدون پوشش باشد و شاخص کمتر از یک باشد عامل انسانی مؤثر قلمداد شده است. به طوری که موجب عدم استقرار پوشش یا نابودی آن شده است (همانند چرای مفرط و لگدکوبی احشام). ولی در این منطقه به دلیل شوری بسیار زیاد ماسه می‌توان عدم استقرار پوشش گیاهی را به آن نسبت داد. علاوه بر این با وجود تشکیل تپه‌های ماسه‌ای در این منطقه تغییرات مکانی و مهاجرت آنها طی چند سال اخیر کم بوده

- sis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
- Fatahi, S., 2014. Investigation of aggragation and morphometry of Jen Erg sand dunes using analysis wind data and morphology of sand dunes. M.Sc. Thesis, University of Tehran, 166p.
- Fathi, M., Madadi, A. and Sarmasti, N., 2014. The Evaluation of uromieh Lake of level fluctuations and increased saline flats in the north west of Iran. Research of Physical Geography, 2:2271-285.
- Fryberger, S. G. and Dean, G., 1979. Dune Forms and wind regime: Professional paper: United States Geological Survey, Professional Paper 1052, 137-169.
- Goudie, A., 2013. Arid and semi-arid geomorphology. Cambridge University Press, 454p.
- Hanifehpur, M., Mashhadi, N., Mohammadkhani, Sh., Aslani, F., 2015. The determining the direction of erosive winds using drawing wind rose and storm rose case study Damghan. 2th National conference desert with management approach in the region arid and desert. University of Semnan.
- Lancaster, N., 1995. Geomorphology of desert sand dune. 199: 49- 71. In: Aeolian environment. 31-58. In: Sediments and landforms. Goudie, A. S., Livingstone, L. and Stockes, S. (Eds), Willey, John and sons.
- Mainguet, M., 1984. A classification of dunes based on aeolian dynamics and the sand budget. In deserts and Arid Lands, (Eds.) F. El-Baz. The Hague: Martinus Nijhoff, 15p.
- Mashhadi, N. and Ahmadi, H., 2011. Sand sources determination based on granulometry of surface soils or sediment (sediment generation potential). Iranian journal of Range and Desert Research, 17(4):499-517.
- Mesbahzadeh, T. and Ahmadi, H., 2012. Investigation of sand drift potential by wind (Case study: Kashan plain). Journal of Range and Watershed Management, 65(3): 411-422.
- Noori, Gh. and Anvari, M., 2012. The necessity of estimation of the potential sand transfer and determining of estimation of erosive wind in order to control of factors inhibitor development of Sistan. Regional Conference of Economic Jahad of Approachs and Strategise, 8p.
- Paul, W. J. and Kathleen, N., 2011. Wind regimes and aeolian transport in the Great Basin. U.S.A, Journal of Geomorphology, :129:1-13.
- Perimi, M., Moosavi, R. and Mahboobi, A., 2015. Sedimentology and morphometric sand dunes (type Barkhan and nebka) in the edge of Haj Ali Gholi desert in the south Damghan. Journal of Quaternary Iran, 3:255-264.
- است و باید مدت زمانی در حد یک دوره دهساله از عکس هوایی استفاده شود؛ یا از طریق مدل‌های عددی و ریاضی شرایط بادی شبیه‌سازی و عمل پیش‌بینی انجام شود. اگرچه کاهش نزولات جوی در منطقه یکی از عوامل تخریب و تشدیدکننده برای ایجاد این ارگ شده است، ولی بی‌شک نقش عامل انسانی سرعت روند تخریب زمین را تسریع کرده است، به طوری که کنترل و برگشت‌پذیری آن را با مشکلاتی مواجه نموده است. این مسئله موجب شده که امروزه شرایط دریاچه ارومیه دچار تغییر شود و سطح کویری که تنها در حاشیه شرقی آن (کویر کبودان) موجود بوده است هم‌اکنون در بیشتر نقاط حاشیه‌ای مشاهده شود. مضاف بر این، بدلیل شوری بالای منطقه مهمترین اقدامات انجام شده برای جلوگیری از پیشروی تپه‌های ماسه‌ای، نهال‌کاری با استفاده از گونه‌های شورپسند قره‌داغ و گز است که قادر به تحمل چنین شرایطی هستند. همچنین قرق برای جلوگیری از چرای دام نیز انجام شده است که تا حدودی بتوان پیشروی ماسه‌ها را به سمت مناطق مسکونی و ابنیه و ساختمان‌ها به تعویق انداخت. آنچه مسلم است در کوتاه‌مدت نیاز است تا بیشتر از بادشکن‌های غیر زنده برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای استفاده شود.

منابع مورد استفاده

- Aghakhani, H., 2015. Sand dunes of serious threat for Uromieh Lake. Mehr newspaper. 4 Khordad. No.2759441.
- Ahmadi, H., 1999. Applied geomorphology, Desert-Wind erosion. Theran University Press, Iran, 540p.
- Ahmadi, H. and Mesbahzadeh, T., 2010. Comparison of sand drifts potential stimating, using momentum method and Fryberger Velocity Classes Method (Case Study: Jask and Kerman) Journal of Water and Soil, 25(1): 11-18.
- Al-Awadhi J. M., Al-helal, A. and Al-Enezi, A., 2005. Sand drift potential in the desert of Kuwait. Journal of Arid Environment, 425- 438.
- Ekhtesasi, M. R., 2004. Morphometric and morphodynamic study of aelion formations in Yazd-Ardakan plain and determination of its indices to application in desertification assessment models. Ph.D. The-

- Tavakolifard, A., 2012. Investigation of sand dunes morphology and Its relation to wind regime (Case study:Kashan Erg). M.Sc. Thesis, University of Kashan Press, 106p.
- Tsoar, H., 2005. Sand dune mobility and stability in relation to climate. *Physical A*, 357: 50-55.
- Wasson, R. J. and Hyde, R., 1983. Factors determining desert dune type. *Nature*, 304: 337 – 339.
- Yapping, S., 2009. *Physics and Modeling of Wind Erosion*, The University of Cologne, Germany.
- Zarei,Ch, Z., 2012. The mechanism modeling winds of the Uromia Lake basin. M.Sc. Thesis, University of Tehran.
- Rahdari, M., 2014. Classification of sand dunes base on geomorphometric characteristics. M.Sc. Thesis, University of Tehran, 143p.
- Rasouli, A. A., Abbasi, S. H. and Jahanbakhsh, S., 2008. Monitoring of lake water level fluctuations Snjdhay processing multi-satellite and multi-time, *humanities instructor Quarterly*". No. 2. pp. 53.
- Refahi, H, Gh., 1999. *Wind erosion and conservation*. University of Tehran Press, 320p.
- Tahmasebi, A., 2013. The estimation quantitive of wind erosion to geomorphology method using process of analytic hierarchy.(Case study: Khezh abad – Yazd). Ph.D. Thesis, University of Tehran Press, 253p.

Archive of SID

Effects of wind erosivity and sand drift on the littoral area of Urmia Lake and sand mobility

A. Nazari Samani^{1*}, L. Biabani², H. R. Abbasi³ and H. Khosravi⁴

1*-Corresponding author, Associate Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: aknazari@ut.ac.ir

2-Ph.D. Student in Desert management and Control, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Research Instructor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Associate Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran

Received:7/23/2017

Accepted:3/13/2018

Abstract

Wind, as a major driving factor on soil erosion in arid and semi-arid areas, needs to be investigated precisely to prevent its undesirable effects. The main purpose of this research was to determine the spatial variability of wind erosivity and sand drift around Urmia Lake. For this aim, the anemometry data of eight synoptic stations adjusted to the Lake were analyzed for the whole period time. Annual wind-roses showed that despite the very high spatial and temporal changes of wind variables (speed and direction), major prevailing winds were blown from the East and West, respectively. Also, annual storm-roses depicted that the erosive winds blew mainly from South and Southwest direction. These winds had a unidirectional regime in summer and spring, while in fall and winter, a multi directional regime was observed. The results of calculated sand drift power by Fryberger and Dean Formula indicated a low to moderate class of wind erosion potential and the final direction of sediment transport was mainly to northeast. According to the Letu-Letu equation, sand transport flux is varied between 0.05 to 0.76 Ton/m/year. Although the windiness of study area is moderate, the Tsoar sand mobility index is less than one, indicating inactive sand dunes. However, due to the low vegetation established on the sand dunes surface, it can be drawn that the role of human factors (especially cattle grazing and trampling) as well as the salinity caused by the drying of the Lake are responsible for this situation.

Keywords: Sand drift potential, wind erosivity, anemometer data analysis, Urmia Lake, wind regime.