

تأثیر بادهای فرساینده بر مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای دشت سمنان

معصومه صادقی^۱، مصطفی کریمی احمدآباد^{۲*}، محمدرضا اختصاصی^۳ و محمدرضا رجبی^۴
^۱ کارشناس ارشد، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، ^۲ استادیار، دانشکده جغرافیای، دانشگاه تهران، ^۳ دانشیار، دانشکده منابع طبیعی،
دانشگاه یزد و ^۴ مربی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۷

چکیده

حمل ماسه به وسیله بادهای فرساینده، یکی از مهم‌ترین فرآیندهای باد در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در این مطالعه به منظور تعیین رژیم باد، شاخص‌های مختلف این پدیده طبیعی اعم از شاخص یکسانی جهت باد (UD)، شاخص پتانسیل حمل ماسه (DP)، شاخص برآیند جهت بادهای فرساینده (RDD)، شاخص برآیند پتانسیل حمل (RDP) با شاخص مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، در دشت سمنان مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. از داده‌های بادسنجی ایستگاه‌های همدید گرمسار، سمنان، دامغان و بیارجمند و نرم‌افزار Sand Rose Graph.2 به منظور تحلیل داده‌های باد و محاسبه مقادیر پتانسیل حمل ماسه و رسم گل ماسه استفاده شده است. نتایج نشان داد که پتانسیل حمل ماسه بادی در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی بر اساس سرعت آستانه شش متر بر ثانیه نسبتاً زیاد و بیش از ۳۰۰۰ واحد برداری (VU) در طول سال می‌باشد که بیان‌گر زیاد بودن پتانسیل بادهای در ایجاد فرسایش بادی و حمل ماسه در منطقه است. شاخص UD سالانه باد در ایستگاه دامغان بیشتر از ۰/۹ و در سایر ایستگاه‌ها بین ۰/۸-۰/۳ متغیر می‌باشد. شاخص RDD نیز بیان‌گر تغییرات جهت باد از ۱۳۰ الی ۱۸۰ درجه است. دو شاخص مذکور نشان‌دهنده شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای بارخانی، برخانویید و یا تپه‌های طولی سیلک‌مانند در دشت سمنان-گرمسار است که در امتداد بادهای شمال-شمال غرب به سمت جنوب-جنوب شرق شکل می‌گیرند. این وضعیت با توجه به موقعیت ارتفاعات البرز در شمال منطقه و موقعیت جنوبی دشت‌های گرمسار، دامغان و سمنان نشانگر شرایط مناسب برای ایجاد بادهای کوه-دشت بوده و با دالان‌های توپوگرافی موجود انطباق مناسبی را نشان می‌دهد. شاخص حرکت تپه‌های ماسه‌ای بیان‌گر متحرک بودن آن‌ها می‌باشد و پوشش فعلی نتیجه عملیات بیابان‌زدایی است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زدایی، توان حمل ماسه، رژیم باد، شاخص حرکت، گل ماسه

مقدمه

جهان که عمدتاً در مناطق خشک قرار گرفته‌اند، به-وسیله تپه‌های ماسه‌ای پوشیده شده‌اند (Shrestha, ۲۰۰۸). در ایران حدود ۲۴/۶ میلیون هکتار ماسه‌زار وجود دارد که ۱۳ میلیون هکتار آن در منطقه برداشت، هفت میلیون هکتار آن در منطقه حمل و ۴/۶ میلیون هکتار آن را منطقه رسوب‌گذاری تشکیل

یکی از مهم‌ترین فرآیندهای رایج باد در مناطق خشک و نیمه‌خشک حمل ماسه به وسیله بادهای فرساینده می‌باشد. در حال حاضر حمل ماسه یک مشکل گسترده در جهان است. برآوردهای جهانی نشان می‌دهد که ۵/۴۹ میلیون کیلومتر مربع از سطح

تپه‌های سواحل هلند، هنگامی که پوشش آن‌ها تخریب شود، دوباره فعال خواهند شد. در ایران Ashtari Mehrjerdi (۲۰۰۱) در منشأیابی ماسه‌های روان منطقه اردستان از نمودار گل‌ماسه استفاده نمود. مقایسه نتایج تحلیل بادهای منطقه با نتایج بررسی مورفولوژی تپه‌ها هماهنگی کامل داشت و تشخیص نوع تپه‌ها از این طریق تایید شد. جهت‌یابی تپه‌ها با برآیند جهت حمل گل‌ماسه ایستگاه‌ها هماهنگی داشت. همچنین، Ahmadi و Mesbahzade (۲۰۰۹) برای جاسک با استفاده از روش Fryberger با ترسیم نمودار گل‌ماسه میزان پتانسیل حمل را در این منطقه حدود ۴۶۰ واحد برداری محاسبه نمودند. همچنین، شاخص Tsoar را محاسبه کردند، نتایج نشان داد که این شاخص برای جاسک قابل کاربرد نیست.

در این تحقیق، هدف بررسی تاثیر بادهای فرساینده بر مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای دشت سمنان می‌باشد که در این راستا با کاربرد روش Fryberger و Dean (۱۹۷۹) و ترسیم نمودار گل‌ماسه رژیم باد منطقه تعیین شد و شاخص‌های مختلف این پدیده طبیعی اعم از شاخص یکسانی جهت باد (UDI)، شاخص پتانسیل حمل ماسه^۱ (DP)، شاخص جهت بادهای فرساینده^۲ (RDD) با شاخص مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

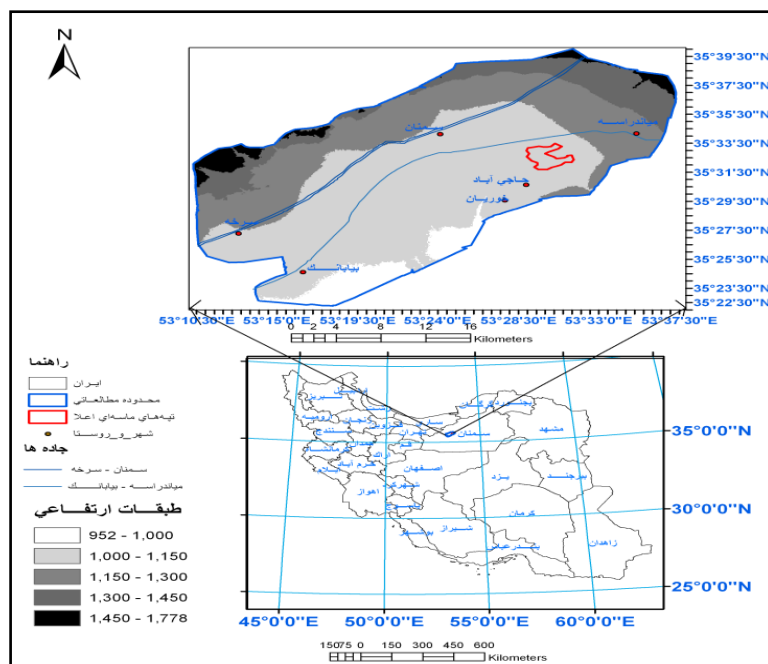
ابتدا با توجه به هدف مورد مطالعه، دشت سمنان که دارای بحران فرسایش بادی است، انتخاب شد. این منطقه با مساحتی برابر با ۸۳۸/۶۴ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی از ۵۳° ۱۰' تا ۵۳° ۳۸' طول شرقی و ۲۲° ۳۵' تا ۴۰° ۳۵' عرض شمالی قرار دارد. برای مشخص کردن منطقه در وضعیت دشتی داده‌های رقمی ارتفاع ۸۵ متر تهیه و موقعیت منطقه، تپه‌های ماسه‌ای، همچنین، جاده‌ها و روستاها بر روی نقشه طبقات ارتفاعی مشخص شد (شکل ۱). در ادامه، به‌منظور شناخت کلی از منطقه مورد مطالعه،

می‌دهد (Ahmadi و Mesbahzade، ۲۰۰۹). مطالعات ژئومورفولوژی رخساره‌های فرسایش بادی و کنترل ماسه‌های روان نیاز به یک دانش متناسب با سامانه حمل ماسه دارد (Dong و همکاران، ۲۰۰۳). یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی تعیین‌کننده شکل‌گیری و فعالیت تپه‌های ماسه‌ای قدرت باد است که با مکعب سرعت باد تغییر می‌کند (Tsoar و همکاران، ۲۰۰۹). تاثیر قدرت باد در حرکت تپه‌های ماسه‌ای معمولاً در دوره‌هایی از توان حمل ماسه مشخص می‌شود و معادله آن یک تابع بر اساس مکعب سرعت باد است (Fryberger و Dean، ۱۹۷۹). بر این اساس، آن‌ها مدلی ارائه دادند که به‌طور گسترده‌ای برای محاسبه پتانسیل حمل ماسه و شکل تپه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است و با استفاده از نمودار گل‌ماسه پنج نوع رژیم بادی، کم پهنای یک جهتی، یک جهتی پهن، دو جهتی با زاویه حاده، دو جهتی منفرجه و مرکب را شناسایی کردند، انواع تپه‌ها در ارتباط با رژیم باد مخصوص به‌وجود می‌آید. در تحقیقی Awadhi و همکاران (۲۰۰۵) پتانسیل حمل ماسه را در بیابان‌های کویت با روش Fryberger محاسبه نمودند که متوسط پتانسیل حمل ماسه ۳۵۴ واحد برداری و به مقدار زیادی از محیطی به محیط دیگر تغییر می‌کند. Tsoar و همکاران (۲۰۰۹) در ایالت سیرا (شمال شرق برزیل) از روش Fryberger استفاده نمودند و گل‌ماسه‌های سه منطقه شرق فورتالیزا را ترسیم کردند. نتایج نشان‌دهنده توان حمل ماسه خیلی بالا در طول فصل خشک با شاخص یک جهتی خیلی زیاد (۰/۹۵-۰/۹۹) بود. نوع رژیم باد مناسب برای شکل‌گیری تپه‌های پارابولیک و بارخانی است. در تحقیقی دیگر با استفاده از مدل Fryberger، Tsoar و Karnieli (۱۹۹۶) مقادیر پتانسیل حمل ماسه (DPT)، شاخص یک جهتی (UDI) و بارندگی را برای تعدادی از ارگ‌های جهان محاسبه نمودند، نتایج نشان داد که بارندگی در مقابل DPT، عامل تعیین‌کننده‌ای جهت تحرک و پایداری تپه‌های ماسه‌ای نیست. در بیابان نگو، جایی که میانگین بارندگی سالانه ۹۰ میلی‌متر است، تپه‌ها کاملاً پایدار هستند. تپه‌های ماسه‌ای سینا و سواحل گازا به‌دلیل فشارهای انسانی کاملاً فعال هستند، تپه‌هایی که به‌طور مصنوعی تثبیت شده‌اند، همانند

¹ Drift Potential

² Resultant Drift Directions

بازدیدهای میدانی به‌ویژه از مناطق تپه ماسه‌ای تثبیت شده، انجام گرفت (شکل ۲ و ۳).



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش



شکل ۳- عکس منطقه تاغ‌کاری، شق و تغییرات سطح آب (افزایش و کاهش سطح آب)



شکل ۲- عکس ربدو یا نبکا قدیمی که برای برداشت رسوب زیرزمینی فعال شده است

آن‌ها روی منطقه مورد مطالعه بوده است. لازم به ذکر است، به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره آماری ایستگاه سمنان و وجود آن در محدوده مورد مطالعه از دوره مشترک آماری استفاده نشد. ابتدا داده‌های باد با استفاده از نرم‌افزار WDconvert به داده‌های متنی

در این تحقیق، داده‌های سه ساعته سرعت و جهت باد ایستگاه‌های همدید سمنان، گرمسار، بیارجمند و دامغان مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). ایستگاه واقع در محدوده مورد مطالعه سمنان است و استفاده از سایر ایستگاه‌ها برای تعیین تأثیر رژیم باد

تبدیل و سپس با نرم افزار گل ماسه (Sandrose) Graph2 نمودارهای گل ماسه در مقیاس های فصلی و سالانه و بر اساس سرعت آستانه شش متر بر ثانیه (رابطه ۲ معادله اصلاح شده تعیین سرعت آستانه

تبدیل و سپس با نرم افزار گل ماسه (Sandrose) Graph2 نمودارهای گل ماسه در مقیاس های فصلی و سالانه و بر اساس سرعت آستانه شش متر بر ثانیه (رابطه ۲ معادله اصلاح شده تعیین سرعت آستانه

جدول ۱- موقعیت ایستگاه ها و طول دوره آماری

نام ایستگاه	سمنان	گرمسار	بیارجمند	دامغان
طول جغرافیایی	۵۳° ۲۵'	۵۲° ۲۱'	۵۵° ۴۸'	۵۴° ۱۹'
عرض جغرافیایی	۳۵° ۳۵'	۳۵° ۱۴'	۳۶° ۵'	۳۶° ۸'
ارتفاع ب (متر)	۱۱۲۷	۸۹۹/۹	۱۰۹۹/۳	۱۱۵۵/۴
طول دوره آماری	۱۹۶۵-۲۰۰۶	۱۹۸۶-۲۰۰۶	۱۹۹۲-۲۰۰۶	۲۰۰۲-۲۰۰۶
فاصله ایستگاه تا مرز (کیلومتر)	داخل مرز	۹۴/۷	۲۰۱/۶۳	۸۲/۲۹

است که بیشتر تپه های ماسه ای بیابان از آن تشکیل شده است. در چنین سطحی، فاکتور زبری سطح (Z') چنانچه توسط Bely از نتایج حاصل از آزمایشات تونل باد تعیین کرده است، یعنی $۰/۳۰۴۸$ سانتی متر، سرعت آستانه باد در ارتفاع Z' (Vt) ۲۷۴ سانتی متر در ثانیه و Vt برابر ۱۶ سانتی متر بر ثانیه می باشد. اگر Vt در ارتفاع ۱۰ متر که ارتفاع استاندارد ثبت داده های باد در ایستگاه های سینوپتیک می باشد، در نظر گرفته شود، رابطه مورد استفاده به صورت رابطه (۳) اصلاح می شود که رابطه اصلاح شده سرعت آستانه Bagnold (۱۹۴۱) است.

$$V(10m) = 5.75V \times t \log Z'/Z' + Vt \quad (3)$$

پس از حل این رابطه مقدار $۱۱/۶$ نات (Knots) به دست می آید. این مقدار نشان می دهد که برای شرایط توصیف شده، سرعت فرسایش باد در ارتفاع ۱۰ متر باید بین مقادیر $۱۶-۱۱$ نات باشد (Bagnold, ۱۹۴۱). بر این اساس، در این مطالعه سرعت آستانه شش متر بر ثانیه برابر ۱۲ نات سرعت آستانه ماسه در ارتفاع ۱۰ متر در نظر گرفته شد. بعد از ترسیم نمودارهای گل ماسه طبقه جهت احتمالی، کیفیت شاخص چند جهتی بادها و سهم مقدار نسبی طبق جدول ۲ و بر اساس میزان شاخص تغییر پذیری جهتی توصیف شد. محیط انرژی باد و نوع تپه ها نیز بر اساس مقدار پتانسیل حمل ماسه جدول ۳ توصیف می شوند. در ادامه، جهت بررسی دینامیک تپه های ماسه ای از شاخص Tsoar استفاده شد. طبق نظر Tsoar تنها عامل محدود کننده پوشش گیاهی روی تپه های

$$QaxV^2(V - V_t)t \quad (1)$$

که در آن، Q متناسب است با حمل ماسه در واحد برداری (VU)، V متوسط سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری برای دوره زمانی t_i که باد دارای سرعت آستانه و بالاتر است و V_t سرعت آستانه می باشد. ترکیب $V^2(V - V_t)$ مربوط به عامل وزنی است که به بادهای قوی وزن بالایی و به بادهای ضعیف وزن کمتری داده می شود. پتانسیل حمل به صورت عددی و در واحد برداری بیان می شود. چندین پارامتر از گل ماسه شامل DP، RDP^۱ (برآیند پتانسیل حمل که جمع برداری همه بادهای حرکت دهنده ماسه بوده که همیشه کمتر یا مساوی پتانسیل حمل است)، RDD و UD^۲ (شاخص یک جهتی که نسبت مقدار نهایی حمل ماسه به کل توان حمل ماسه است (رابطه ۲) و تغییرات آن از صفر تا یک می باشد (Fryberge و Dean, ۱۹۷۹)).

$$UD = \frac{RDP}{DPT} \quad (2)$$

در مورد سرعت آستانه، اگر شرایط استاندارد مبنا قرار گیرد، یعنی سطح مورد نظر شامل ذرات ماسه کوارتز با متوسط قطر $۰/۳-۰/۲۵$ میلی متر، بدون ناهمواری بزرگ تر از ریپل، خشک و بدون پوشش گیاهی انتخاب شود، این سطح شبیه سطحی است که در بیشتر مطالعات مربوط به تونل باد در نظر گرفته می شود. قطر $۰/۳-۰/۲۵$ میلی متر، متوسط قطری

¹ Resultant Drift Potentials

² Direction Unidirectional

و بدون پوشش هستند، تحت شرایط بادی زمانی که $M < 1$ است، متحرک می‌باشند و زمانی که $M > 1$ است، پوشش‌دار می‌باشند (Tsoar, 2004). برای محاسبه این شاخص، DP و RDP در مقیاس سالانه در ایستگاه سمنان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ماسه‌ای، باد است و شاخص M یا شاخص Tsoar (رابطه ۴) ربطی به بزرگی و جهت باد ندارد، بلکه به پتانسیل حمل باد مربوط می‌شود.

$$M = \frac{DP}{1000} - 750 \times \frac{RDP}{DP} \quad (4)$$

طبق این شاخص، تپه‌های ماسه‌ای در مناطقی که متوسط سالانه بارندگی بزرگتر یا مساوی ۵۰ میلی‌متر

جدول ۲- شاخص چند جهتی باد

شاخص تغییرپذیری جهتی	سهم مقدار نسبی	شاخص چند جهتی بادها	طبقه جهت احتمالی
<۳	کم	زیاد	مرکب/دو جهتی منفرجه
۰/۳-۰/۸	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/دو جهتی حاده
>۸	زیاد	کم	پهن/یک جهتی کم پهن

جدول ۳- طبقه‌بندی محیط‌های انرژی باد

پتانسیل حمل به واحد برداری	مثال نوع تپه	محیط انرژی باد
<۲۰۰	تپه ستاره‌ای، پهنه ماسه‌ای نامیب، جنوب آفریقا	انرژی کم
۲۰۰-۴۰۰	تپه‌های خطی، سیمپسون، استرالیا	انرژی متوسط
>۴۰۰	برآمدگی‌های برخانبندی، والویز بای، جنوب آفریقا	انرژی بالا

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌های بادسنجی، ترسیم گل ماسه‌های ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول ۴ خلاصه شده است. شکل‌های ۴ و ۵ نیز گل ماسه‌های رسم شده بر سطح دشت سمنان-گرمسار را نشان می‌دهند. در این قسمت، ابتدا وضعیت دشت سمنان-گرمسار در ارتباط با شاخص‌های گل ماسه‌های ایستگاه‌ها در دوره‌های زمانی سالانه و فصلی بررسی و تفسیر شد. سپس با استفاده از پتانسیل حمل سالانه و شاخص یک جهتی در ایستگاه سمنان شاخص حرکت تپه‌های ماسه‌ای یا شاخص Tsoar در ارتباط با مورفولوژی و حرکت تپه‌های ماسه‌ای موجود در این دشت محاسبه و تحلیل شد.

نتایج حاصل از ترسیم گل ماسه‌ها: بر اساس جدول ۴، میزان پتانسیل حمل ماسه، در دوره زمانی سالانه در ایستگاه‌های مختلف شامل سمنان با ۳۹ درصد بادهای فرساینده برابر ۳۲۸۶/۷، گرمسار با ۵۳ درصد بادهای فرساینده برابر ۵۱۷۷/۱، بیارجمند با ۵۸ درصد بادهای فرساینده برابر ۶۰۷۳/۷ و دامغان با ۵۸ درصد بادهای فرساینده برابر ۳۶۳۳۸/۶ واحد برداری

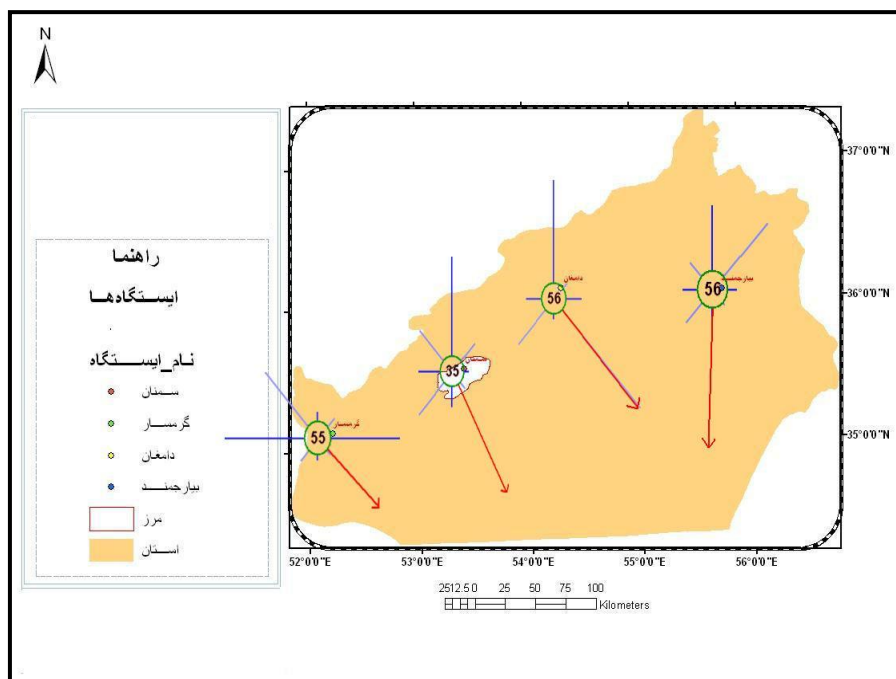
می‌باشد که بر این اساس، انرژی محیط همه ایستگاه‌ها بالا است. چنین محیطی مناسب برای شکل‌گیری تپه‌های بارخانی و بارخانوئیدی است. مقدار شاخص یک جهتی در مقیاس سالانه در ایستگاه‌های دامغان، سمنان، گرمسار و بیارجمند به ترتیب ۰/۹۲۷، ۰/۴۲۹، ۰/۲۷۵ و ۰/۶۶ حاصل شد. این شاخص در ایستگاه دامغان بیانگر بیشتر بودن بادهای یک جهتی و در ایستگاه گرمسار نشان‌دهنده بادهای قدرتمند و چند جهتی می‌باشد.

در مقیاس فصلی مقدار پتانسیل حمل ماسه، در ایستگاه سمنان و گرمسار فصل بهار به ترتیب با ۶۶ درصد بادهای فرساینده برابر ۲۰۲۴/۵ واحد برداری، بالاترین مقدار پتانسیل حمل ماسه را دارد. در ایستگاه بیارجمند فصل تابستان با ۷۲ درصد بادهای فرساینده بالاترین مقدار پتانسیل حمل ماسه برابر ۲۵۶۲/۵ واحد برداری است. در ایستگاه دامغان فصل زمستان با ۶۹/۵ درصد بادهای فرساینده، پتانسیل حمل ماسه برابر ۲۰۷۱۸/۷ واحد برداری می‌باشد و بالاترین مقدار پتانسیل حمل ماسه را دارد. به طور کلی به جز ایستگاه

دامغان در سایر ایستگاه‌ها بیشترین پتانسیل حمل ماسه در فصول بهار و تابستان اتفاق می‌افتد.

جدول ۴- نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های گل ماسه سالانه و فصلی ایستگاه‌های همدید استان سمنان

نام ایستگاه	دوره زمانی	درصد فراوانی بادهای فرساینده	پتانسیل حمل ماسه به واحد برداری	محیط انرژوی باد	مقدار شاخص یک جهتی	شاخص یک جهتی باد	سهم مقدار نسبی	طبقه جهت احتمالی
سمنان	سالانه	۳۹/۱۱	۳۲۸۶/۷	بالا	۰/۴۲۹	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	بهار	۶۶/۴۶	۱۴۱۷/۸	بالا	۰/۳۹۲	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	تابستان	۴۴/۵۴	۱۰۰۳/۷	بالا	۰/۷۳	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	پائیز	۲۷/۰۹	۳۴۷/۱	متوسط	۰/۵۸۷	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	زمستان	۳۱/۵۲	۵۱۸/۵	بالا	۰/۴۶۴	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
گرمسار	سالانه	۵۳/۲۱	۵۱۷۷/۱	بالا	۰/۲۷۵	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	بهار	۵۸	۲۰۲۴/۵	بالا	۰/۴۳	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	تابستان	۵۳/۵	۱۲۱۹/۸	بالا	۰/۷۵۴	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	پائیز	۴۳/۳۲	۶۱۷/۶	بالا	۰/۶۷۸	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	زمستان	۵۳/۲۶	۱۳۱۵	بالا	۰/۶۵۶	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
بیارجمند	سالانه	۵۸/۶۸	۶۰۷۳/۷	بالا	۰/۶۶	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	بهار	۶۲/۴۴	۲۲۰۹	بالا	۰/۶۵۴	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	تابستان	۷۲/۱۸	۲۵۶۳/۵	بالا	۰/۸۷۶	کم	زیاد	پهن/ یک جهتی کم پهن
	پائیز	۴۰/۶۷	۴۶۳/۶	بالا	۰/۴۸۹	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
	زمستان	۴۴/۷۵	۸۳۷/۵	بالا	۰/۳۰۹	متوسط	متوسط	دو جهتی منفرجه/ دو جهتی حاده
دامغان	سالانه	۵۸/۵۸	۳۶۳۳/۶	بالا	۰/۹۲۷	کم	زیاد	پهن/ یک جهتی کم پهن
	بهار	۵۹/۴۵	۴۳۷۸/۱	بالا	۰/۹۲۹	کم	زیاد	پهن/ یک جهتی کم پهن
	تابستان	۴۴/۶۵	۶۲۰۳/۶	بالا	۰/۹۷	کم	زیاد	پهن/ یک جهتی کم پهن
	پائیز	۵۳/۳۸	۵۰۳۸	بالا	۰/۹۱۲	کم	زیاد	پهن/ یک جهتی کم پهن
	زمستان	۶۹/۵	۲۰۷۱۸/۷	بالا	۰/۹۱۸	کم	زیاد	پهن/ یک جهتی کم پهن

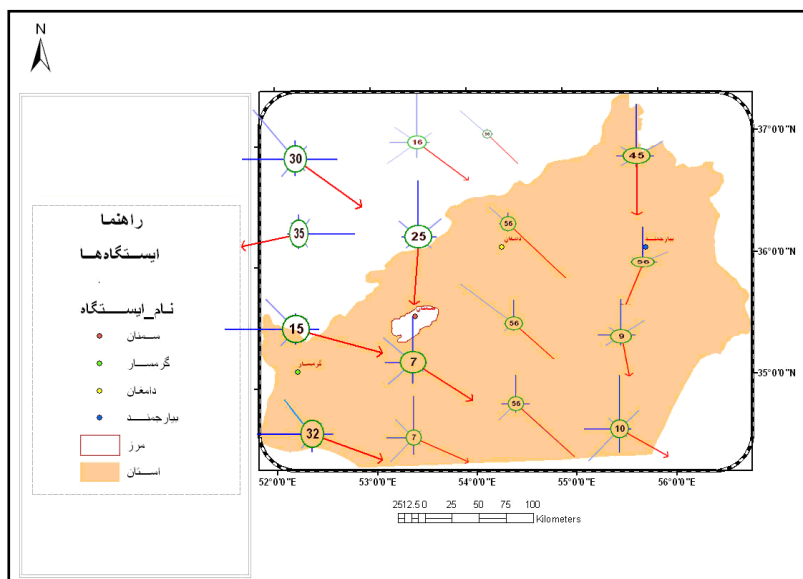


شکل ۴- نقشه گل‌ماسه‌های سالانه ایستگاه‌های همید استان سمنان

گل‌ماسه ایستگاه سمنان مشاهده می‌شود که در این ایستگاه نیز تغییرات جهت بادهای فرساینده زیاد بوده، لیکن جهت شمالی بیشترین پتانسیل حمل ماسه را دارد و بادهای فرساینده در این جهت تقریباً از غالبیت مطلق برخوردارند. جهت برآیند پتانسیل حمل ماسه به سمت جنوب‌شرقی بوده، یعنی باد ماسه‌های محموله از این منطقه را در قطاع جنوب‌شرقی این ایستگاه بر جای می‌گذارد. در ایستگاه‌های دامغان و بیارجمند برآیند جهت حمل ماسه منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، این نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر گذرگاه توپوگرافی حمل ماسه گرمسار-سمنان هم‌چنین، جهت حمل جنوب‌غربی و غربی دامغان-سمنان می‌باشد. طبق گل‌ماسه‌های ایستگاه‌ها تغییرات جهت بادهای فرساینده در همه ایستگاه‌ها زیاد است. نتایج حاصل از این نقشه (شکل ۴) حاکی از این است که پتانسیل حمل ماسه در ایستگاه سمنان کمتر از سایر ایستگاه‌ها بوده و اگر منطقه تحت تأثیر بادهای فرساینده سایر ایستگاه‌ها قرار گیرد، باعث افزایش پتانسیل حمل ماسه خواهد شد. بر اساس گل‌ماسه‌های سالانه ایستگاه‌ها برآیند جهت حمل ماسه در ایستگاه گرمسار در زاویه ۱۳۱ درجه، سمنان ۱۵۰ درجه، دامغان ۱۳۶ درجه و بیارجمند ۱۸۲ درجه می‌باشد.

مقدار شاخص یک جهتی در ایستگاه دامغان در همه فصول بالای ۰/۹ است، در نتیجه بادهای فرساینده این ایستگاه عمدتاً یک جهتی هستند. در ایستگاه بیارجمند فصل تابستان شاخص یک جهتی کم و سهم مقدار نسبی زیاد است که بادهای یک جهتی بیشتر می‌باشد، در بقیه فصول بادهای قدرتمند و چند جهتی هستند. در ایستگاه سمنان و گرمسار فصل بهار کم‌ترین مقدار شاخص یک جهتی و تابستان بالاترین مقدار شاخص یک جهتی را دارد که نشان‌دهنده بیشتر بودن بادهای قدرتمند و چند جهتی در فصل بهار است. سهم مقدار نسبی در همه دوره‌های زمانی برای ایستگاه سمنان و گرمسار متوسط است.

نقشه گل‌ماسه‌های سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان (شکل ۴) نشان می‌دهد که در نمودار گل‌ماسه ایستگاه سینوپتیک گرمسار بیشترین پتانسیل حمل ماسه در جهت غرب می‌باشد و این در حالی است که بادهای شرقی و شمال‌غربی از نظر قدرت فرساینده‌گی در مراتب بعدی قرار می‌گیرند، لذا قدرت فرساینده‌گی بادهای شمال‌غربی باعث می‌شود که جهت برآیند پتانسیل حمل ماسه به سمت جنوب‌شرقی باشد. به عبارتی منطقه ترسیب نسبت به ماسه‌های برداشت شده از این محل به سمت جنوب‌شرقی این ایستگاه قرار می‌گیرد. در نمودار



شکل ۵- نقشه گل‌ماسه‌های فصلی ایستگاه‌های همدید استان سمنان

تپه‌های ماسه‌ای موجود در این دشت در قسمت جنوب‌شرق ایستگاه سمنان قرار دارد و بیشترین پتانسیل حمل ماسه این ایستگاه در جهت جنوب‌شرقی می‌باشد.

شاخص دینامیک تپه‌های ماسه‌ای (شاخص

Tsoar): میزان شاخص حرکت تپه‌های ماسه‌ای دشت سمنان در ایستگاه سمنان طبق شاخص‌های حاصل از ترسیم گل‌ماسه با سرعت آستانه شش متر بر ثانیه برابر $4/84$ می‌باشد. با توجه به این که متوسط سالانه بارندگی در ایستگاه سمنان برابر $137/5$ میلی‌متر است، بایستی این تپه‌ها بدون پوشش و تحت شرایط بادی این منطقه متحرک باشند و در صورت پوشش‌دار بودن دو حالت قابل بررسی می‌باشد. تپه‌ها به‌طور مصنوعی و به‌عنوان بخشی از مدیریت بیابان‌زدایی تثبیت شده‌اند و یا در زمان گذشته که شرایط اقلیمی متفاوت و شاخص حرکت تپه‌ها کوچک‌تر از یک بوده است، پوشش‌دار شده‌اند. طبق بازدیدهای صحرایی (شکل ۳) تپه‌های ماسه‌ای در حال حاضر به‌وسیله گونه‌های گیاهی تاغ که از طریق نهال‌کاری استقرار پیدا کرده‌اند، تثبیت شده‌اند.

شاخص‌های حاصل از گل‌ماسه در دوره‌های مختلف زمانی نشان می‌دهد که میزان پتانسیل حمل ماسه در مقیاس زمانی سالانه در تمام ایستگاه‌ها بیش از 3000 واحد برداری می‌باشد که در ایستگاه سمنان

گل‌ماسه‌های فصلی هر ایستگاه از بالا به پایین، به‌ترتیب بهار، تابستان، پاییز و زمستان است. برآیند پتانسیل حمل گل‌ماسه‌های فصلی ایستگاه سمنان در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان جهت جنوب‌شرقی را داشته و تنها در فصل تابستان به سمت جنوب متمایل می‌شود، تغییرات جهت بادهای فرساینده در همه فصول در این ایستگاه زیاد است. گل‌ماسه‌های فصلی ایستگاه گرمسار برآیند جهت حمل ماسه به‌جز فصل تابستان که به سمت جنوب‌غرب می‌باشد، در سایر فصول به سمت جنوب‌شرق بوده و منطقه مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این ایستگاه تغییرات بادهای فرساینده فصل تابستان کم‌تر از سایر فصول بوده و بادهای فرساینده غربی و شمال‌غربی که در سایر فصول بادهای فرساینده غالب اول و سوم هستند، به مقدار بسیار زیادی کاهش یافته‌اند. برآیند جهت حمل گل‌ماسه‌های فصلی ایستگاه دامغان منطقه را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد، اما جهت حمل جنوب‌غربی و غربی در فصل زمستان و جهت جنوب‌غربی در فصل پاییز، منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. گل‌ماسه‌های ایستگاه بیارجمند در فصل تابستان در زاویه 190 درجه بوده و به میزان کمی منطقه مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (شکل ۵). گل‌ماسه‌های فصلی نیز نشان می‌دهند که این دشت عمدتاً تحت تاثیر گذرگاه توپوگرافی گرمسار-سمنان می‌باشد.

پرفشار و سرد سلسله جبال البرز در شمال منطقه و موقعیت جنوبی دشت‌های گرمسار، دامغان و سمنان و گذرگاه توپوگرافی منطقه نیز انطباق نزدیکی را نشان می‌دهد. همچنین، تغییرات برآیند جهت حمل در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که بادهای فرساینده این ایستگاه‌ها از غرب تا شمال است. با توجه به این که دشت سمنان عمدتاً تحت تأثیر گذرگاه حمل ماسه گرمسار-سمنان قرار دارد (شکل-های ۴ و ۵) دارای محیط انرژی بالا، شاخص یک جهتی و سهم مقدار نسبی متوسط، طبقه جهت احتمالی دو جهتی منفرجه یا دو جهتی حاده می‌باشد. از نظر فصلی در این دو ایستگاه بهار بالاترین و پاییز کمترین پتانسیل حمل ماسه را دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

محیط انرژی بالا و مناسب برای شکل‌گیری تپه-های ماسه‌ای بارخانی و بارخانوبیدی ناشی از فراوانی بادهای فرساینده و پتانسیل بالای آن می‌باشد. بیشترین فراوانی بادهای فرساینده، پتانسیل حمل ماسه و کمترین شاخص یک جهتی یعنی بادهای قدرتمند و چند جهتی و با متوسط سهم مقدار نسبی در فصل بهار اتفاق می‌افتد. بر طبق نقشه گل‌ماسه‌های سالانه منطقه ترسیب ماسه ایستگاه‌های سمنان، گرمسار و دامغان در قطاع جنوب شرقی واقع شده است و دامنه تغییرات برآیند سه ایستگاه مذکور ۱۵۰-۱۳۱ درجه است. در مقیاس فصلی و بر طبق برآیند جهت حمل (قطاع ترسیب) ایستگاه گرمسار و سمنان به جز فصل تابستان جنوب شرقی بوده و منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شاخص Tsoar در ایستگاه سمنان حاکی از تأثیر مثبت مدیریت در کنترل حرکت تپه-های ماسه‌ای در این منطقه است.

پتانسیل حمل ماسه در فصل بهار در ایستگاه‌های سمنان و گرمسار بالاتر می‌باشد، بنابراین، تناوب کشت مناسب در فصل بهار می‌تواند موثر باشد. اصلی‌ترین جهت حمل در ایستگاه سمنان جنوب شرقی می‌باشد. بازدهها از منطقه نشان می‌دهد که در این مسیر اراضی کشاورزی و در امتداد آن‌ها تپه‌های ماسه‌ای واقع شده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اراضی کشاورزی این دشت منشاء اصلی

کم‌ترین مقدار و برابر با ۳۲۸۶/۷ واحد برداری و در ایستگاه دامغان بالاترین مقدار برابر با ۳۶۳۳۸/۶ واحد برداری است (جدول ۴). بنابراین، توان حمل ماسه به میزان زیادی از محیطی به محیط دیگر متفاوت است. این چنین تغییرات در مقدار توان حمل ماسه را می‌توان به فراوانی بادهای فرساینده، خصوصیات توپوگرافی و قدرت فرساینده‌گی بادهای، همچنین، تغییرات فصلی ویژگی‌های باد در ایستگاه‌ها نسبت داد. Awadhi و همکاران (۲۰۰۵) در بیابان‌های کویت روش Fryberger را با داده‌های هشت ایستگاه هواشناسی و سرعت آستانه ۱۲ نات مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان توان حمل ماسه از محیطی به محیط دیگر متفاوت است و بیشترین توان حمل در جنوب غرب که به تدریج تا شمال شرق و مناطق ساحلی کاهش دارد، ملاحظه می‌شود. آن‌ها این تفاوت را به تغییرات ملایم شیب از ۲۸۰ متر بالای سطح دریا تا بالاترین نقطه در قطاع جنوب غربی به طرف ساحل خلیج عربی، وجود بادهای قوی در قطاع شمال غربی در تابستان و در جنوب شرقی در زمستان و تغییرات فصلی ویژگی‌های باد را عامل این تفاوت دانستند. شاخص UD در ایستگاه دامغان بیشتر از ۰/۹ و در سایر ایستگاه‌ها بین ۰/۸-۰/۳ متغیر می‌باشد. شاخص RDD نیز بیانگر دامنه تغییرات جهت حمل از ۱۸۰-۱۳۰ درجه است (جدول ۴). دو شاخص مذکور نشان‌دهنده شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای بارخانی، برخانبود و یا تپه‌های طولی سیلک مانند در دشت سمنان-گرمسار است که در امتداد بادهای شمال-شمال غرب به سمت جنوب-جنوب شرق شکل می‌گیرند. این نتایج برای تشخیص نوع تپه با نتایج محققین دیگر با این روش مطابقت دارد. از جمله Ashtari Mehrjerdi (۲۰۰۱) در مطالعه خود نتایج تحلیل بادهای منطقه اردستان را با نتایج بررسی مورفولوژی تپه‌ها مقایسه نمود و نشان داد که این نتایج هماهنگی کامل دارند و تشخیص نوع تپه‌ها از این طریق تایید شد. همچنین، Tsoar و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از شاخص‌های حاصل از ترسیم نمودار گل‌ماسه در شمال شرق برزیل نشان دادند که نوع رژیم باد مناسب برای شکل‌گیری تپه‌های پارابولیک و بارخانی است. این وضعیت با موقعیت

و تپه‌های سواحل هلند، با در نظر گرفتن سرعت آستانه شش متر بر ثانیه به دست آوردند، مطابقت دارد. در مطالعه ایشان نیز تپه‌هایی که به‌طور مصنوعی تثبیت شده‌اند، همانند تپه‌های سواحل هلند، هنگامی که پوشش آن‌ها تخریب شود، دوباره فعال خواهند شد. این در حالی است که Mesbahzadeh و Ahmadi (۲۰۰۹) کاربرد شاخص Tsoar را برای جاسک با سرعت آستانه شش متر بر ثانیه مناسب نمی‌دانند.

روش Dean و Fryberger در محاسبه توان حمل ماسه از توانایی بالایی برخوردار بوده، لیکن سرعت آستانه به‌وسیله عوامل متعددی کنترل می‌شود. تعیین میزان دقیق آن حساسیت بالایی دارد، بر این اساس به‌نظر می‌رسد، کاربرد ابزارهای توانمند (مانند تونل باد) در تعیین سرعت آستانه و در واحدهای کاری برای محاسبه دقیق توان حمل ماسه ضرورت دارد. این منطقه تحت تاثیر بیابان‌زایی ناشی از گذرگاه توپوگرافی بادهای فرساینده گرمسار-سمنان قرار گرفته است. بنابراین، ضرورت اجرای فعالیت‌های بیابان‌زدایی در این گذرگاه با حفظ سنگ فرش بیابانی در برابر ایجاد پوشش گیاهی (به‌عنوان عاملی در کنترل سرعت آستانه) اولویت دارد. همچنین، مقایسه نتایج حاصل از این روش با دیگر مدل‌ها (Zingg, ۱۹۵۳؛ Kawamura, ۱۹۵۱؛ Hsu, ۱۹۷۱ و Bagnold, ۱۹۴۱) و روش‌هایی مانند کاربرد تله‌های رسوب‌گیر در شناسایی و اصلاح مزایا، معایب و کاربرد آن در مطالعات آتی اهمیت دارد. فعالیت بادهای فرساینده در فصول گرم بهار و تابستان شدیدتر است، بنابراین، مدیریت باید بر طبق کنترل عوامل موثر حمل قرار گیرد.

برای شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای دشت سمنان می‌باشد که با نتایج کار Ashtari Mehrjerdi (۲۰۰۱) مطابقت دارد. ایشان در منشاء‌یابی ماسه‌های روان و جهت‌یابی با نمودار گل‌ماسه نشان داد که جهت‌یابی تپه‌ها با برآیند جهت حمل گل‌ماسه ایستگاه‌ها هماهنگی دارد. میزان پتانسل بالای حمل ماسه و محیط انرژی بالای باد (جدول ۴) نشان می‌دهد که اکوسیستم این منطقه به‌وسیله قدرت باد کنترل می‌شود. میزان شاخص Tsoar نشان‌دهنده حرکت تپه‌ها در این منطقه است و پوشش گیاهی تاغ حاصل نهال‌کاری است که بیانگر اعمال مدیریت می‌باشد، مشاهدات (شکل ۲) ثابت می‌کند که هر جا گیاه تثبیت‌کننده بنا به دلایلی از بین رفته و خشک شده است، آثار بادبردگی در آن مشاهده می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که نهشته‌های ماسه‌های منطقه به‌طور طبیعی پتانسیل تحرک بالایی دارند و در صورت از بین رفتن تاغ‌ها و توقف مدیریت تپه‌های این منطقه با توجه به قدرت فرساینده‌گی بالای بادهای می‌تواند منبعی برای توفان‌های ماسه باشند. بنابراین، با توجه به موفقیت تاغ‌کاری در این منطقه حفظ این پوشش پیشنهاد می‌شود. همچنین، نتایج حاصل از شاخص Tsoar طبق شاخص‌های گل‌ماسه با سرعت آستانه شش متر بر ثانیه نشان می‌دهد که این شاخص برای اقلیم و وضعیت رژیم بادی دشت سمنان از کارایی لازم برخوردار بوده و قادر است خطی را که تپه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش را از هم جدا می‌کند، تفکیک کند که با نتایجی که Tsoar و همکاران (۲۰۰۹) در شمال شرق برزیل و Tsoar و Karnieli (۱۹۹۶) در بیابان نگو و سینا و سواحل گازا

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, H. and T. Mesbahzadh. 2009. Study potential transportation of sand dune by use Tsoar Index. Journal of Universal Day Contrast by Combatting Desertification.
- Ashtari mehrjerdi, A. 2001. Discover of offspring moving sand region of Ardestan. A Thesis Persented for The Degree Of Master Natural Resources Engineering- Combating Desertification. industrial University of esfahan. College Natural Resources.
- J.M. Al-Awadhi, A. Al-Helal and A. Al-Enezi. 2005. Sand drift potential in the desert of Kuwait. Journal of Arid Environments, 63(2): 425-438.
- Bagnold, R.A. 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Chapman and Hall, 255 pages.
- Dong, Z., X. Liu, H. Wang and X. Wang. 2003. Aeolian sand transport: a wind tunnel model. Sedimentary Geology, 161(1-2): 71-83.
- Fryberger, S.G. and G. Dean. 1979. Dune forms and wind regime. In: McKee, a study of global sand seas. United States Geological Survey Professional Paper, Washington D.C., 1052:137-169.

7. Hsu, S.A. 1971. Wind shear stress criteria in Aeolian sand transport. *Journal of Geophysical Research*, 76: 8684–8686.
8. Kawamura, R. 1951. Study of sand movement by wind. University of California Hydraulics Engineering Laboratory Report HEL, 2–8, Berkeley.
9. Shrestha, D.P. 2008. Guidelines for monitoring and assessment of wind erosion at site level: prepared for the ACSAD, Damascus, Syria. Enschede, ITC, 2008.
10. Tsoar, H. and A. Karnieli. 1996. What determines the spectral reflectance of the Negev-Sinai sand dunes? *International Journal of Remote Sensing*, 17: 513–525.
11. Tsoar, H. 2004. Sand dunes mobility and stability in relation to climate. Department of Geography and Environmental Development, Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva 84105.
12. Tsoar, H., N. Levin, N. Porat, L.P. Maia, H.J. Herrmann, S.H. Tatumi and Claudino-Salest. 2009. The effect of climate change on the mobility and stability of coastal sand dunes in Ceará state (NE Brazil). *Quaternary Research*, 71(2009): 217–226.
13. Zingg, A.W. 1953. Wind tunnel studies of the movement of sedimentary material. *Proceedings of the 5th Hydraulic Conference Bulletin*, Inst. of Hydraulics, Iowa City, 111 –135.

Impact of erosive winds on morphology of sand dunes in Semnan Plain

Masoumeh Sadeghi¹, Mostafa Karimi Ahmadabad^{*2}, Mohammadreza Ekhtesasi³ and Mohammadreza Rajabi⁴

¹ MSc, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Iran, ² Assistant Professor, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran, ³ Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran and

⁴ Scientific Board, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran

Received: 07 May 2014

Accepted: 02 November 2014

Abstract

Sand transport by erodible winds is one of the most important wind processes in arid and semi-arid regions. In this study, in order to determine the wind regime, different indices of same wind aspect index (UD), sand transport potential index (DP), erodible winds direction resultant index (RDD), transport potential resultant index (RDP) were studied and compared with sand dunes morphology index in Semnan Plain. Garmsar, Semnan, Damghan and Biarjomand synoptic stations anemometer data and sand rose graph software were used to analyze wind data, sand transportation potential and sand rose drawing. Results showed that wind sand transportation potential is relatively high at all studied stations and more than 3000 vector unit (VU) throughout the year, according to six m/s threshold velocity which presents highly potential of wind erosion and sand transportation in the region. Annual (UD index is more than 0.9 in Damghan station and varies between 0.3 to 0.8 in other stations. RDD index is also reflecting wind direction changes from 130 to 180 degree. These two indices are representing barchan sand dunes, barchanoid and or silk shape longitudinal dunes in Semnan_Garmsar plain that are formed along north-northwest to south-southeast winds. This condition show the close adaptation with Alborz mountains cold and high pressure condition at the north part of the region and southern situation of Gramsar, Damghan and Semnan plain and also with topography pathway of the region. Sand dunes moving index shows that they are moving and their current vegetal coverage is the result of de-desertification activities.

Key words: De-desertification, Erodible winds, Sand transportation potential, Sandrose, Transportation index, Wind regime

* Corresponding author: mostafakarimi.a@ut.ac.ir