Archive of SID

جغرافیا و توسعه - شماره ۱۲ - پاییز و زمستان ۱۳۸۷
صص : ۶۰ - ۴۳
وصول مقاله : ۱۳۸۶/۱۰/۲۲
تأیید نهایی : ۱۳۸۷/۴/۱۱

تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشکسالی‌های اخیر

دکتر حسین نگارش[1]
دانشیار جغرافیا طبیعی و ژئومورفولوژی
دانشگاه سیستان و بلوچستان

لیلا لطیفی
کارشناس ارشد ژئومورفولوژی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

چکیده

دشت سیستان که در شرق ایران قرار دارد، از اقلیمی خشک و نامساعد برخوردار است و طوفان‌های شن و ماسه و حرکت تپه‌های ماسه‌ای از عوامل تهدیدکننده‌ی آن محسوب می‌شوند. وقوع خشکسالی در منطقه‌ی سیستان و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن دریاچه هامون و همچنین وجود بادهای ۱۲۰ روزه، شرایط مناسبی جهت فرسایش بادی و وقوع طوفان‌های گرد و خاک فراهم آورده‌اند. این عوامل سبب شده‌اند تا حرکت شن‌های روان در منطقه با سرعت زیادی انجام گیرد و تپه‌های ماسه‌ای فراوانی بر جای گذاشته شود.

در محاسبات میدانی، ابتدا منطقه کفتارگی به عنوان نمونه‌ای از کل منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب و سپس ۶ تپه برخان به عنوان شاخص در نظر گرفته شد و میزان حرکت این تپه‌ها در طی ۳ ماه محاسبه و در جدولی تنظیم گردید. نتایج حاصل از مطالعات میدانی نشان داد که باد غالب با سرعت زیاد در منطقه سبب حرکت شدید تپه‌های ماسه‌ای شده و با حرکت سریع خود بر روی اراضی کشاورزی، آبادی‌ها، جاده‌ها، کانال‌های آبیاری، تأسیسات... باعث بروز خسارات فراوانی به این مراکز می‌شوند. بعد از بررسی میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای به پیش‌بینی حرکت آنها در چند سال آینده پرداخته شد، به‌طوریکه تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و محاسبات میدانی مشخص نمود، مخازن آبی چاه‌نیمه که تنها منبع آب شرب مردم سیستان می‌باشد، در چند سال آینده مورد تهدید جدی ماسه‌های روان قرار خواهدگرفت و اگر از هجوم ماسه‌ها به این مخازن جلوگیری نشود، حیات این منبع آب مهم و بسیار حساس منطقه به خطر خواهد افتاد. در این مقاله سعی بر این خواهد بود که با توجه به خشکسالی‌های اخیر، ابتدا نقش انکارناپذیر بادهای ۱۲۰ روزه سیستان در ایجاد طوفان‌های شن و ماسه مورد بررسی قرار گیرد و سپس از طریق محاسبات آماری نسبت به تعیین مدل ریاضی بین پارامترهای ژئومورفیک اقدام گردد و در نهایت بااستفاده از تصاویرماهواره‌ای،نقشه‌های توپوگرافی و محاسبات میدانی به پیش‌بینی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای و خسارات وارده در منطقه پرداخته شود.

کلیدواژه‌ها: پیشروی تپه‌های ماسه‌ای، خشکسالی، دشت سیستان، باد ۱۲۰ روزه سیستان، برخان، بیابان، پارامترهای ژئومورفیک، مدل ریاضی.

1-h_negaresh@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در حال حاضر حدود ۳۶درصد سطح خشکی‌های کره زمین را مناطق خشک و نیمه‌خشک در بر گرفته که ۱۹ درصد این سطوح کاملاً خشک و فاقد حیات گیاهی است. از این مقدار یک چهارم تا یک سوم با ماسه‌های روان پوشانده شده و تخمین زده می‌شود که هر ساله بر اثر فرسایش خاک ۵۰۰ میلیون تن غبار تولید و در هوا پراکنده شود *(معتمد،۱۳۷۹: ۴۱۹)*. بیش از ۳۵ درصد اراضی دنیا دارای اقلیم خشک است که در این اراضی حدود ۱۷ درصد جمعیت دنیا ساکن هستند *(مروتی‌شریف‌آباد،۱۳۸۰: ۲)*. از این رو می‌توان گفت که فرسایش بادی مسأله‌ی اساسی تمامی قاره‌ها است و در مقیاس جهانی شاید اهمیت و خطر فرسایش بادی کمتر از فرسایش آبی نباشد. ۶۵ درصد از فلات ایران در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته که از نظر طول و عرض جغرافیایی با کمربند بیابانی جهان انطباق دارد.

در این اراضی به دلیل شرایط خاص محیطی زمینه برای وقوع فرسایش بادی بسیار مساعد می‌باشد. شرایط خشک و فراخشک حاکم بر بخش وسیعی از ایران با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلیمتر در سال، موجب شده است که حدود ۸۰ میلیون هکتار از مساحت ایران را مناطق کویری، تپه‌های ماسه‌ای و مناطقی با پوشش گیاهی ناچیز بپوشاند. از این مساحت حدود ۱۲ میلیون هکتار (۱۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع) را ریگ‌های روان اشغال کرده است که حدود ۶ میلیون هکتار (۶۰۰۰۰ کیلومتر مربع) آن، تپه‌های شنی فعال است، که بخشی از آنها کانون‌های بحران و تهدیدکننده‌ی حریم شهرها و روستاها و مراکز اقتصادی، نظامی، خطوط مواصلاتی می‌باشد *(رفاهی،۱۳۸۳: ۸)*. با توجه به آمار اعلام شده از سوی سازمان جهانی خواربار و کشاورزی، روند بیابان‌زایی در جهان در حال حاضر به طور متوسط ۳۶ متر مربع در ثانیه است و این در حالی است که این روند در استان سیستان و بلوچستان به بیش از ۵۰ مترمربع در ثانیه می‌رسد. بدیهی است در صورت ادامه‌ی روند تا ۲۰ سال آینده توسعه‌ی بیابان‌ها و شن‌زارها به ۲/۵ برابر سطح کنونی می‌رسد.

استان سیستان و بلوچستان دارای بیش از ۵ میلیون هکتار بیابان است که ۱۶ درصد آن یعنی حدود ۸۰۰ هزار هکتار جزو شن‌زارهای فعال محسوب می‌شود *(لطیفی، ۱۳۸۵: ۷۴)*. شنزارهای فعال و نیمه‌فعال منطقه با وزش باد جابجا شده و با هجوم خود به اراضی کشاورزی، انهار، راههای‌ارتباطی، شهرها و روستاها، تأسیسات‌اقتصادی و حیاتی منطقه مشکلات عدیده‌ای را برای زیست مردم فراهم می‌کند و به فعالیت‌های زیربنایی منطقه لطمات جبران‌ناپذیری می‌زند. طی دو قرن اخیر و به‌خصوص در چند دهه‌ی اخیر اثرات مخرب و زیان‌بخشی به

www.SID.ir

Archive of SID

محیط‌زیست انسانی وارد آمده است و در اثر استفاده نادرست از منابع طبیعی، بیابان‌ها به سرعت گسترش‌یافته‌اند *(احمدیان،۱۳۷۸: ۱۴۵)*. ادامه‌ی خشکسالی و همچنین حرکت‌شنها و ماسه‌های روان در منطقه وارد مرحله‌ی حادتری گردیده و در حال تبدیل‌شدن به یک فاجعه‌ی انسانی است. اقلیم استان سیستان و بلوچستان خشک و کم‌باران است و طبق بررسی‌ها هر ۳۰ سال یکبار با دوره‌های ۴ ساله خشکسالی مواجه می‌شود. ولی خشکسالی اخیر (۸۶- ۱۳۷۶) در ۱۰۰ سال گذشته بی‌سابقه بوده است.

خشکسالی یکی از جنبه‌های ذاتی تغییرپذیری شرایط اقلیمی است. گرچه برخی آن را واقعه‌ای نادر و تصادفی می‌انگارند، اما خشکسالی ویژگی موقت تمام مناطق اقلیمی است، هر چند که مشخصات آن از یک منطقه به منطقه‌ای دیگر تفاوت می‌کند. در محیط خشک استان سیستان و بلوچستان، وقوع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و حتی قحطسالی پدیده‌ای ناشناخته نیست و در طول تاریخ بارها زمینه‌ی نابودی آبادی‌ها و مهاجرت گسترده‌ی مردم را فراهم نموده است *(خسروی، ۱۳۸۳: ۱۶۸)*. زابل بالاترین تبخیر ایران را دارد و میزان آن به حدود ۵۰۰۰ میلیمتر یعنی تقریباً ۱۰۰ برابر بارندگی می‌رسد. این میزان تبخیر گرچه در بدو امر بعید به نظر می‌رسد ولی کاملاً طبیعی است، زیرا که یکی از عوامل تبخیر که ممکن است اثر مداوم داشته باشد، باد است و می‌دانیم که باد شمال و شمال غربی ۱۲۰ روزه سیستان در ماههای گرم سال یعنی از خرداد تا آخر شهریورماه فعالیت مداوم دارد و جالب این است که از ۵ متر تبخیر سالانه که در زابل گزارش شده در حدود ۳ متر آن مربوط به همین چهار ماه از سال است *(خسروی، ۱۳۶۸: ۱۷۰)*. از برآورد صورت گرفته از شدت پتانسیل باد در ۶۰ ایستگاه هواشناسی کشور، ایستگاه زابل بیشترین مقدار فراوانی و سرعت را به خود اختصاص داده است. این منطقه همچنین با میانگین تعداد ۸۰/۷ روز در سال طی یک دوره‌ی پنج ساله (۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵) رتبه‌ی دوم وقوع طوفان‌های ماسه‌ای در قاره‌آسیا را داراست *(اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳: ۱۱)*.

پیشینه تحقیق

تاکنون مطالعات متعددی در نواحی مختلف دنیا پیرامون طوفان‌های شن و ماسه و پیشروی تپه‌های ماسه‌ای و اثرات سوء زیست‌محیطی انجام شده است. سابقه‌ی این مطالعات در کشور چندان زیاد نیست و بیشتر بر مسایل فرسایش بادی تأکید داشته است ولی در دنیا به ویژه در کشورهای چین، استرالیا، عربستان، آمریکا... مطالعاتی صورت گرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از بلایای طبیعی که هر ساله باعث خسارات زیادی به ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می‌شود، طوفان‌های ماسه‌ای است *(امیدوار، ۱۳۸۵: ۴۴)*. باد حدود ۲۸٪ از خشکی‌های جهان را فرسایش می‌دهد *(Nicholas,2006:180)* و طوفان‌های ماسه‌ای و گرد و خاک نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورهای آسیایی، آفریقایی و آمریکایی نیز موجب بروز خسارت‌های مالی و جانی فراوانی می‌شوند*(Lin,2002)*، که از آن جمله می‌توان به طوفان سیاه شمال چین که در سال ۱۹۹۳ باعث کشته شدن ۸۵ نفر و تخریب حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی گردید *(Youlin,2002)* و همچنین جابجایی سالانه حداقل ۱۶۱ میلیون تن خاک در کانادا به ارزش ۲۴۹ میلیون دلار آمریکا *(Squires,2oo2)*، اشاره نمود.

عباس ایفن‌ال‌هارتی *(Al-Harthi,2002)* برآورد خطر زمینی تپه‌های ماسه‌ای بین جده واللیته غرب عربستان صعودی را مورد مطالعه قرار داد. نامبرده جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای وارتباط آنها با باد غالب را در منطقه بررسی کرد و سپس یک رابطه‌ی تجربی بین پارامترهای ارتفاع تپه، عرض تپه، طول بادرفت، طول سطح شیب و سرعت حرکت تپه‌های ماسه‌ای برقرار نمودند و خطراتی که این تپه‌های ماسه‌ای به جاده‌ها،ساختمان‌ها، ساختار روستاها در عرصه‌ی مطالعاتی وارد می‌نمود را مورد بررسی قرارداد و در نهایت با نمونه‌برداری از رسوبات، سنگ‌های آذرین و دگرگونی غرب عربستان سعودی را منشاء تپه‌های ماسه‌ای این منطقه معرفی نمود.

Washington و همکاران *(2000)*، منطقه‌ی سیستان را یکی از مراکز طوفان‌زایی معرفی می‌کند که در آن بطور متوسط سالانه بیش از ۷۰ روز طوفان‌های گرد و غبار وجود دارد و این در حالی است که بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که میانگین روزهای همراه با طوفان گرد و خاک در زابل ۱۷۳/۲روز، در زاهدان ۶۶/۷ روز، در نهبندان ۲۶ روز و در بیرجند۱۰روز *(خسروی، ۱۳۸۴: ۲۵)* و در حوالی رودخانه زرد کشور چین ۲۱/۶ روز *(Jiongxin,2006: 9)* می‌باشد که حکایت از خشکی خاک منطقه و شدت وزش باد در زابل است.

مواد و روش‌ها

ابتدا به مطالعات کتابخانه‌ای مربوط به موضوع تحقیق پرداخته شد و همزمان با آن گردآوری نقشه‌های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی منطقه صورت گرفت. پس از آن تصاویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۲ ، ۲۰۰۰ ،۱۹۹۸ و تصویر ماهواره‌ای IRS با دقت ۵/۸ متر مربوط به سال ۱۳۸۵ از سازمان سنجش از دور ایران تهیه شد. جهت مشخص شدن میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای، داده‌های آماری سرعت باد از ایستگاههای هواشناسی زابل و زهک دریافت گردید و سپس به آنالیز داده‌های آماری اقدام

www.SID.ir

Archive of SID

گردید. در عملیات صحرایی برای تعیین میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه، ۶ تپه برخان انتخاب و سپس اطراف این تپه‌ها پیکه‌کوبی شد و ابعاد این تپه‌ها با استفاده از دوربین نقشه‌برداری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به مدت ۳ ماه و بعد از هر طوفان شن و ماسه میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای برخانی اندازه‌گیری شد و داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری پارامترهای ژئومورفیک شامل H یا ارتفاع تپه (Dune Height)،WL یا طول بادخیز (Windward Length)، SL یا طول سطح شیب (Slip-Face Length) ،W یا عرض تپه (Dune Width) و (DM) یا حرکت تپه‌ها (Dune Movement) در جدول مربوطه قرار گرفت و پس از آن به پیش‌بینی روند حرکت تپه‌های ماسه‌ای در چند سال آینده پرداخته شد. بنابراین بطور خلاصه می‌توان گفت که روش تحقیق این مقاله روش استقراء یعنی رسیدن از مطالعات جزیی و آنالیزهای میدانی به سوی نتیجه‌گیری و قوانین کلی است.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه درجنوب شرقی ایران و در شمال شرق دشت بزرگ سیستان و در جنوب غربی مرز مشترک ایران و افغانستان قرار دارد و از لحاظ موقع ریاضی بین طول‌های جغرافیایی '۱۵ °۶۱ تا '۵۱ °۶۱ درجه شرقی و عرض‌های '۴۸ °۳۰ تا '۲۶ °۳۱ درجه شمالی واقع شده است.

یافته‌ها و نتایج

عوامل مؤثر درمیزان انتقال ماسه‌های بادی در منطقه

مهمترین عواملی که در میزان انتقال ماسه‌های بادی نقش عمده‌ای دارند، عبارتند از: باد، خصوصیات ذرات، رطوبت، پوشش گیاهی، ناهمواری‌های سطح زمین و وجود املاح در خاک *(حیدری‌نسب،۱۳۸۶: ۷۴)*.

باد

بدون شک عوامل متعددی باعث حرکت ماسه‌های روان در منطقه سیستان شده که یکی از مهمترین آنها سرعت باد در فصول خشک سال است. باد۱۲۰روزه‌ی سیستان یکی از سهمناک‌ترین بادهای ایران است که سرعت آن را بین۱۱۰ تا ۱۷۰ کیلومتر در ساعت با درجه حرارتی معادل ۵۷ درجه‌سانتیگراد تخمین زده‌اند *(خسروی، ۱۳۶۸: ۱۷۰)*. شدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان به‌حدی است که با ایجاد غلظت گرد و غبار در آسمان و هجوم ماسه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

روان در سطح زمین هرگونه فعالیتی را از انسان سلب می‌کند و اختلالاتی را در وضع عمومی به وجود می‌آورد *(سلیقه، ۱۳۸۲، : ۱۱۰)*. این بادها ذرات ریز خاک را با خود حمل نموده و چاله‌هایی به عمق ۲ تا ۳ متر و عرض ۶ تا ۹ متر ایجاد می‌کنند *(نورزهی، ۱۳۷۲: ۱۳)*.

باد در این منطقه بیابانی نقش عمده‌ای در انتقال ذرات ماسه دارد و سالانه صدها میلیون تن ذرات ریز ماسه را به صورت گرد و غبار منتقل می‌کند. باد ۱۲۰ روزه به عنوان باد غالب در منطقه، عامل مهمی در حرکت ماسه‌های بادی به شمار می‌رود و شدیدترین بادی که از بدو تأسیس ایستگاه هواشناسی زابل تاکنون مشاهده شده در تاریخ ۱۵ تیر ماه ۱۳۵۸ با سرعت ۱۴۸ کیلومتر بوده که سرعت بسیار بالایی نه تنها در منطقه، بلکه در کل کشور محسوب می‌شود *(سرگزی،۱۳۸۴: ۲۹)*.

نقش خصوصیات ذرات درانتقال ماسه‌های بادی

ریز بافت بودن ذرات به علت آبرفتی بودن خاک دشت سیستان سبب شده تا این ذرات با یک وزش باد ملایم حرکت نمایند. با توجه به این که رسوبات منطقه ریزدانه بوده و از حدود ۶۰٪ رس، ۳۰٪ سیلت و ۱۰٪ ماسه تشکیل شده، لذا بستر بسیار مناسبی برای طوفان‌های گرد و خاک و ماسه فراهم شده است.

نقش رطوبت در انتقال ماسه‌های بادی

وقتی خلل و فرج بین ذرات شن و ماسه با آب اشباع شده باشد تنها ذرات سست که بطور جدا از توده در سطح قرار دارند در معرض باد قرار می‌گیرند و تنها بخش کوچکی از نیروی جدا کننده و بالابرنده باد وارد عمل می‌شود، ولی وقتی که رسوبات خشک باشند، دانه‌های بیشتری به فرسایش حساس می‌گردند و با باد جابجا می‌شوند، در نتیجه، کمبود رطوبت و بارندگی و عدم چسبندگی در بین ذرات خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه سبب شده تا باد با سرعت بیشتری ماسه‌ها را حرکت دهد.

نقش گیاهان در انتقال ماسه‌های بادی

ارتباط بین بقای گیاهان و حرکت ماسه‌ها، پیچیده و دینامیک است، زیرا گیاهانی که لازم است حرکت ماسه را کنترل کنند بایستی خود باقی بمانند. دو عامل اساسی و محدودکننده‌ی اکولوژیکی بر روی رشد گیاهان در ماسه‌های بیابانی وجود دارد که شامل رطوبت خاک و دوام و پایداری محیط رشد ریشه است. گیاهان منطقه‌ی سیستان عمدتاً شورپسند هستند و در برابر وزش باد مقاوم می‌باشند، پس عامل مهمی در مقابل هجوم ماسه‌های روان به حساب می‌آیند، ولی تخریب پوشش نباتی منطقه توسط انسان‌ها، از نقش حفاظتی آنها کاسته است.

www.SID.ir

Archive of SID

نقش ناهمواری‌های سطح زمین در انتقال ماسه‌های روان

در مواردی که سنگ‌ریزه‌های درشت موجود در سطح زمین به اندازه کافی در نزدیکی یکدیگر قرار گرفته باشند، مانع حرکت ذرات کوچکتر واقع در حد فاصل خود شده یا میزان حرکت آنها را کاهش می‌دهند. در منطقه‌ی مورد مطالعه ریز بافت بودن خاک و عدم وجود سنگریزه و همچنین مسطح بودن دشت، سبب برداشت آسان ذرات به وسیله‌ی باد شده است.

نقش املاح در انتقال ماسه‌های بادی

وجود نمک با غلظت‌های بسیار کم در ماسه، سرعت آستانه سیال را در ماسه خشک به مقدار قابل توجهی بالا می‌برد، زیرا در نقاط تماس ذرات به صورت سیمانی عمل می‌کنند *(رفاهی،۱۳۸۳: ۲۴۶)*. عدم نفوذ آب به عمق‌های پایین‌تر در منطقه سیستان و تبخیر سریع آب سبب شده تا املاح بر سطح خاک جمع شده و با هر وزش باد به حرکت در آیند.

بررسی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای منطقه

بررسی‌های انجام شده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی نشان داد که تپه‌های ماسه‌ای منطقه از جمله مجموعه تپه‌های ماسه‌ای جدید و فعال ایران هستند که شکل‌گیری آنها مربوط به فعالیت‌های گسترده کشاورزی و دخالت‌های بی‌رویه‌ی انسان و دستکاری در محیط طبیعی منطقه می‌باشد. تپه‌های ماسه‌ای منطقه عمدتاً کوتاه بوده (کمتر از ۸ متر) ولی از فعالیت و جابجایی بسیار بالایی برخوردار هستند.

شکل ۱: پر شدن حیاط یک مدرسه بر اثر انباشت رسوبات بادی

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲: مدفون شدن مناطق مسکونی در زیر رسوبات بادی

عمده‌ترین مورفولوژی تشخیص داده شده در شمال و شرق سیستان، برخان و برخان‌های عرضی یا به هم پیوسته می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت که این امر نشان‌دهنده‌ی این است که وجود برخان و سایر اشکال تپه‌های ماسه‌ای حاکی از وجود یک باد غالب و فرساینده در منطقه است. این برخان‌ها در حال حاضر فعال هستند و کلیه‌ی شرایط تشکیل آنها در منطقه وجود دارد که حاکی از تحرک آنها و وجود فرسایش بادی با شدت زیاد در منطقه است. تپه‌های ماسه‌ای منطقه به شکل برخان ناقص، برخان کامل و همچنین تپه‌های عرضی قابل مشاهده‌اند. مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای کوچک و بزرگ منطقه نشان از جهت باد غالب و فرساینده شمال و شمال غربی در منطقه دارد، چرا که شیب ملایم تپه‌های ماسه‌ای منطقه که عمدتاً برخان هستند، به‌طرف شمال و شمال‌غربی می‌باشد و بازوهای آنها به سمت جنوب شرق کشیده شده است. همچنین بررسی نبکاهای منطقه در کف دریاچه‌ی هامون سیستان تا منتهی‌الیه جنوب شرقی در تمامی سطح عرصه مطالعاتی نشان از باد غالب و فرساینده شمال تا شمال غرب است، چرا که گسترش ماسه در پشت بوته‌ها، درختان، درختچه‌ها، دیوارها و ساختمان‌ها و کلیه‌ی موانع زنده و غیرزنده نشان از باد غالب شمال و شمال غربی در منطقه‌ی مورد بررسی است.

اندازه‌گیری میزان جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در منطقه

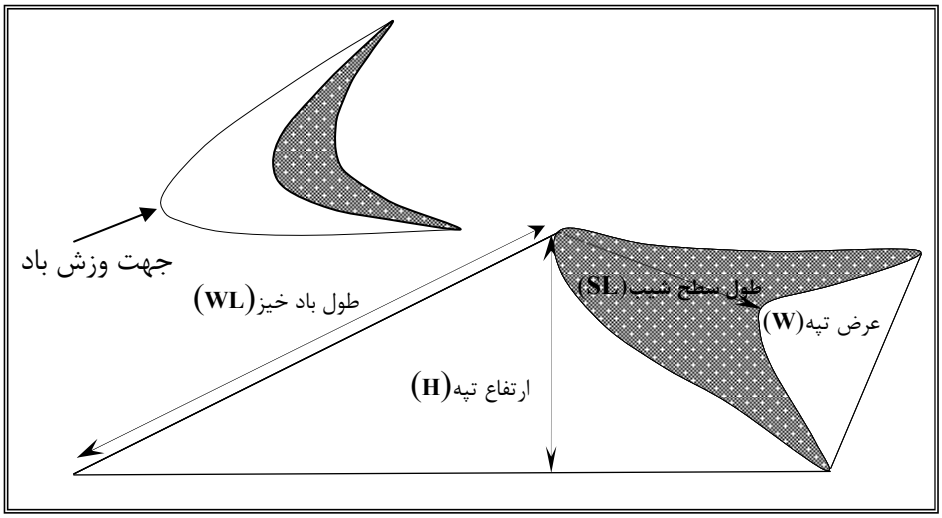
در محاسبات میدانی، منطقه‌ی کفتارگی به عنوان موقعیت مورد بررسی انتخاب گردید. سپس ۶ تپه ماسه‌ای (برخان) به عنوان شاخص در نظر گرفته شد و میزان حرکت تپه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

برخانی در طی۳ ماه محاسبه و در جدولی تنظیم گردید. نتایج حاصل از محاسبات نشان داد که باد غالب با سرعت زیاد در منطقه سبب حرکت شدید تپه‌های ماسه‌ای شده، به نحوی که بعد از هر طوفان شن، تپه‌های برخان به تپه‌های دیگر متصل می‌گردند و با حرکت سریع خود بر روی اراضی کشاورزی، جاده‌ها، کانال‌های آبیاری، تأسیسات، باعث بروز خسارات فراوانی به این مراکز می‌شوند.

پارامترهای ژئومورفیک اندازه‌گیری شده ۶ تپه برخانی شامل ارتفاع تپه (H) طول بادخیز تپه (WL) طول سطح شیب(SL) و عرض تپه ماسه‌ای (W) می‌باشد. همه‌ی این اندازه‌گیری‌ها به‌وسیله‌ی زاویه‌سنج، میله چوبی(پیکه)، نوار اندازه‌گیری‌ودوربین نقشه‌برداری برای اندازه‌گیری ارتفاع تپه صورت گرفت. اندازه‌گیری حرکت تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از پیکه‌های نصب شده در مرکز طول سطح شیب (SL) طول بادخیز (WL) و دو بازوی برخان در هر توده شن انجام شد. شکل ۳ پارامترهای ژئومورفیک را در تپه برخان و شکل ۴ نحوه‌ی اندازه‌گیری زمینی پارامترهای ژئومورفیک تپه‌های برخان منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل۳ : پارامترهای ژئومورفیک تپه‌های برخا ن

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۴: نحوه‌ی اندازه‌گیری زمینی پارامترهای ژئومورفیک تپه‌های برخان

جدول ۱: نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری پارامترهای ژئومورفیک تپه‌های ماسه‌ای منطقه کفتارگی از عرصه‌ی مورد مطالعه

موقعیت	شماره تپه‌ها	ارتفاع تپه‌ها (H) به متر	عرض تپه‌ها (W) به متر	طول بادخیز (WL) به متر	طول سطح شیب (SL) به متر	میانگین میزان حرکت‌تپه‌های ماسه‌ای در هر روزطی ۳ ما ه تیر تا شهریور به متر	میزان جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در طی ۳ ماه تیر تا شهریور به متر
منطقه کفتارگی واقع در جنوب شرق منطقه	۱	۲/۰۳	۹/۵	۱۲/۶	۱/۹	۰/۸	۷۲/۱۶
	۲	۱/۵	۲۱/۵	۱۹/۳	۳/۵	۰/۶۸	۶۱/۸۰
	۳	۲/۳۵	۲۲/۵	۱۹/۵	۳/۹۵	۰/۴۰	۳۶/۳۰
	۴	۱	۲/۲۰	۹/۳	۲/۲۰	۰/۳۳	۳۰/۱۵
	۵	۳/۱۰	۱۲/۴	۲۹/۳	۴/۳	۰/۳۵	۳۱/۸
	۶	۳/۰۶	۱۳/۲۵	۵۱/۵	۱۳/۲۵	۰/۱۷	۱۶/۱۸

ویژگی‌های ژئومورفیک تپه‌های ماسه‌ای

نتایج اندازه‌گیری دقیق پارامترهای ژئومورفیک شامل ارتفاع تپه (H) طول بادخیز (WL) طول سطح شیب (SL) عرض تپه (W) و حرکت تپه‌ها (DM) در جدول شماره ۱ آورده شده است. تپه‌های بررسی شده عمدتاً از نوع برخان‌های منحصر به فرد در منطقه هستند که ۱ تا ۳/۱۰ متر ارتفاع، ۹/۳ تا ۵۱/۵ متر طول بادخیز، ۱/۹تا ۱۳/۲۵متر طول سطح شیب و ۹/۵ تا ۲۲/۵ متر عرض دارند. داده‌های به‌دست آمده از حرکت تپه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داد که باد غالب با جهت شمال غربی- جنوب شرقی و با سرعت زیاد سبب جابجایی تپه‌های ماسه‌ای شده است. میزان حرکت برخان‌ها با توجه به ارتفاع کم آنها زیاد می‌باشد و در واقع نبود هیچ مانعی در برابر حرکت آنها و وزش باد شدید۱۲۰روزه سبب شده تا تپه‌ها با سرعت زیادی حرکت نمایند.جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که میزان جابجایی تپه‌های ماسه‌ای منطقه از تیر

www.SID.ir

Archive of SID

تا شهریورماه بین ۱۶/۱۸ تا ۷۲/۱۶متر بوده است که در مقایسه با جابجایی تپه‌های ماسه‌ای بین جده و اللیته (Al-Lith) در کشور عربستان که میزان جابجایی آنها در طول‌سال ۹/۹ تا ۱۶/۵متر برآورد شده *(Al-Harthi,2002:364)*، بسیار بالا می‌باشد. تجزیه و تحلیل پارامترهای ژئومورفیک برخان‌ها و داده‌های به‌دست آمده از حرکت آنها منجر به ارایه‌ی مدل به صورت خطی، لگاریتمی و نمایی شد. محاسبات آماری با نرم‌افزار SPSS نشان داد که بین پارامترهای ژئومورفیک تپه‌های ماسه‌ای منطقه نوعی رابطه‌ی مثبت قوی یا ضعیف وجود دارد که نتایج حاصله در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. همچنین رابطه‌ی گرافیکی بین ارتفاع تپه‌ها (H) طول بادخیز (WL) طول سطح شیب (SL) و عرض تپه‌ها (W) توسط همین نرم‌افزار محاسبه و به صورت اشکال شماره ۵، ۶، ۷، ۸ ترسیم گردید.

جدول ۲: نتایج حاصل از محاسبات آماری و تعیین نوع مدل و راوبط بین پارامترهای ژئومورفیک تپه‌های ماسه‌ای منطقه کفتارگی

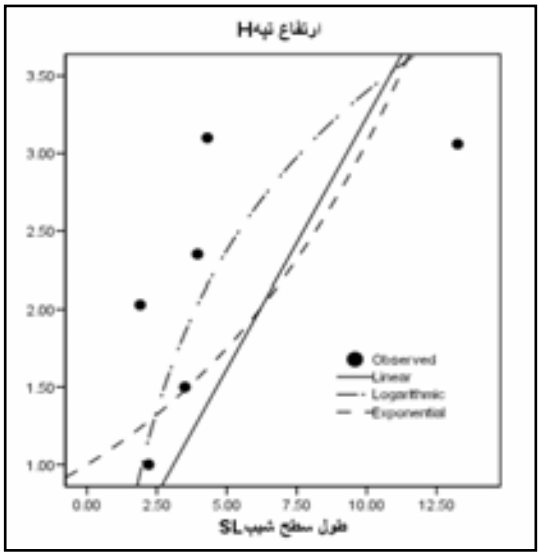
رابطه	نوع تحلیل یا رابطه	ضریب تعیین یا R^2	ضریب همبستگی R	شرح و تفسیر	معادله	مقدار احتمال
H& WL	خطی	۰/۶۱۸	۰/۷۸۶	رابطه خطی مثبت قوی و در سطح ۷٪ معنی دار است	H=1/156+0/043*WL	۰/۰۶۴
	نمایی	۰/۵۴۱	۰/۷۳۵	مدل در سطح ۱۰٪ معنی دار است	H=exp(1.229+021*WL)	۰/۰۹۶
	لگاریتمی	۰/۷۲۹	۰/۸۵۴	رابط مثبت قوی و در سطح ۴٪ معنی دار است	H=-1.375+1.182In (WL)	۰/۰۳
WL&SL	خطی	۰/۹۲۶	۰/۹۶۲	رابطه خطی مثبت قوی	WL=6.674+3.486*SL	۰/۰۰۲
	نمایی	۰/۷۶۳	۰/۸۷۴	مدل در سطح ۵٪ معنی دار است	WL=exp(10.952+0.126*SL)	۰/۰۲۳
	لگاریتمی	۰/۹۴۷	۰/۹۷۳	مدل در سطح ۵٪ و حتی ۱٪معنی دار است	WL=-5/68+21/677Ln(SL)	۰/۰۰۱
H&W	خطی	۰/۷۷۶۰۱	۰/۸۸۰۹۱	رابطه خطی مثبت قوی	H= 0/133242*W	۰/۰۰۸۸
	نمایی	۰/۷۳۷۶	۰/۸۵۸۸۴	رابطه مثبت قوی	H= exp (0/454*W)	۰/۰۱۳
	لگاریتمی	۰/۹۰۳۱۷	۰/۹۵۰۳۵	رابطه مثبت قوی	H= 0/875439*Ln (W)	۰/۰۰۱

داده‌های جدول شماره‌ی ۲ گویای این است که بین H و WL یک رابطه‌ی مثبت قوی برقرار است و با ملاحظه‌ی مقدار احتمال مربوط به جدول شماره‌ی ۲ مشاهده می‌شود که این

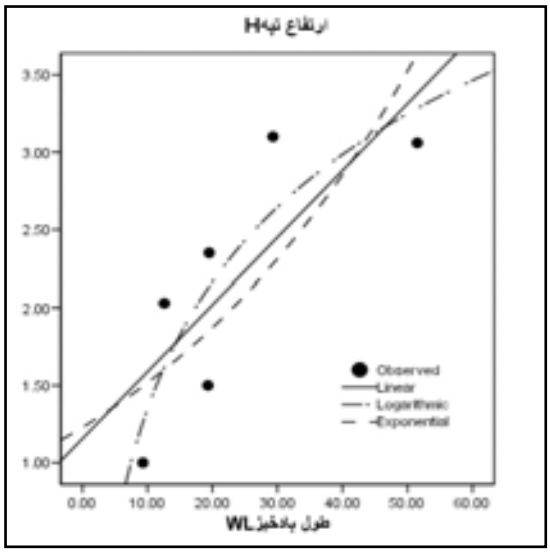
www.SID.ir

Archive of SID

مدل دقیق‌تر از دو مدل دیگر است .همچنین بین SL و WL هـر سـه مـدل خطـی، نمـایی و لگاریتمی از نظر آماری معنادار هستند، به‌ویژه مدل لگاریتمی باعنایت به‌مقدار احتمال دقیق‌تر از دو مدل دیگر است. در مدل W و H با لحاظ کردن مقدار ثابت در مـدل، رابطـه‌ی معنـادار وجود ندارد ولی با حذف مقدار ثابت مدل، هر سه مدل خطی، نمایی و لگاریتمی معنادار شدند و مدل لاریتمی از دو مدل خطی و نمایی دقیق‌تر است.



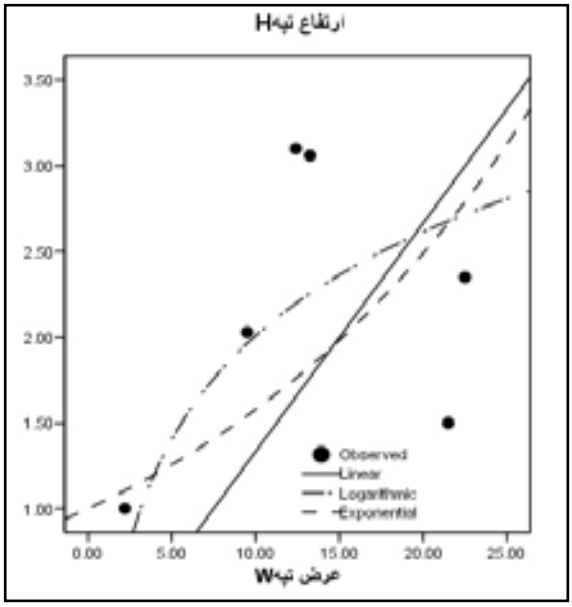
شکل ۵: رابطه گرافیکی بین ارتفاع تپه‌ها و طول سطحی شیب تپه‌ها



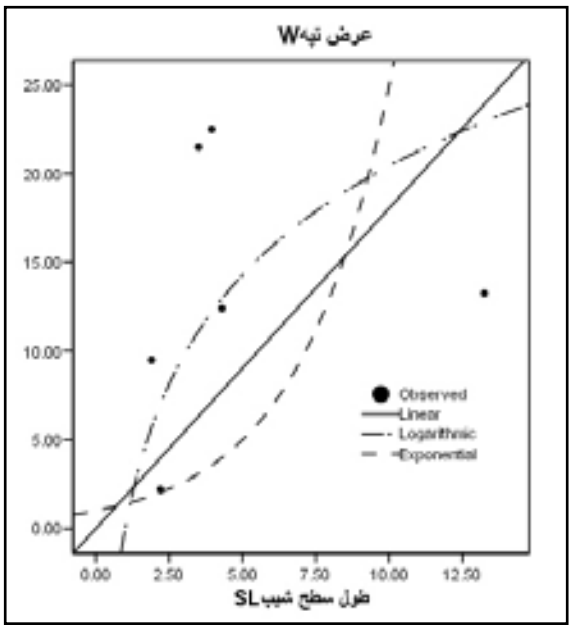
شکل ۶: رابطه گرافیکی بین ارتفاع تپه‌ها و طول بادخیز تپه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: رابطه گرافیکی بین ارتفاع تپه‌ها و عرض تپه‌ها



شکل۸: رابطه گرافیکی بین طول سطح شیب و عرض تپه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

پیش‌بینی حرکت تپه‌های ماسه‌ای در منطقه

تفسیر تصاویر ماهواره‌ای از ۵ دوره زمانی ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵ و مقایسه نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۵۲ به منظور بررسی چگونگی توسعه، گسترش و سپس حرکت تپه‌های ماسه‌ای منطقه به ویژه اِرگ میانکنگی که در منتهی‌الیه جنوب شرقی منطقه مورد بررسی و در حاشیه رودخانه نیاتک شکل گرفته و در امتداد رودخانه نیاتک ادامه داشته و تا پریان مرزی گسترش یافته بهره گرفته شده است. هدف از این‌بررسی نحوه‌ی گسترش و توسعه اِرگ‌ها و همچنین میزان حرکت مجموعه تپه‌های ماسه‌ای در منطقه و سپس پیش‌بینی حرکت آنها در چند سال آینده می‌باشد. بررسی دوره‌ی زمانی ذکر شده در فوق بین سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۵ نشان از توسعه‌ی سریع و بسیار زیاد تپه‌های ماسه‌ای در نقاط مختلف منطقه می‌باشد. از عمده‌ترین تپه‌های ماسه‌ای توسعه‌یافته در منطقه می‌توان به تپه‌های ماسه‌ای حاشیه نیاتک تا جنوب‌شرق منطقه اشاره نمود که با جهت شمال‌غرب- جنوب‌شرق حرکت می‌کنند. حرکت تپه‌های ماسه‌ای سبب شد تا مراکز اقتصادی در منطقه خسارات زیادی را متحمل شوند. تفسیر تصاویر ماهواره‌ای IRS به شماره‌های ۸۰۴۹ A،۸۰۴۹ C نشان داد که محدوده‌ی وزش بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان بسیار گسترده است و بعضاً ضمن عبور از غرب کشورهای افغانستان و پاکستان خود را به سواحل اقیانوس هند می‌رسانند (شکل۹).

شکل ۹: تصویر ماهواره‌ای طوفان‌های شن و ماسه در محدوده‌ی ایران، افغانستان و بعضاً سواحل کشور پاکستان

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین تصاویر ماهواره‌ای و محاسبات میدانی مشخص نمود که مخازن آبی چاه‌نیمه که تنها منبع آب شرب مردم سیستان و شهر حدود ۹۰۰۰۰۰ نفری زاهدان می‌باشد و عاملی مهم برای ماندگاری مردم در این منطقه به شمار می‌رود، در چند سال آینده مورد تهدید جدی شن‌های روان قرارخواهد گرفت، که اگر از هجوم شن‌ها و ماسه‌های روان به این مخازن جلوگیری نشود، موجودیت این منبع آب بسیار حساس و مهم به خطر خواهد افتاد و زندگی مردم این منطقه را با مشکل مواجه خواهد ساخت. بنابراین با توجه به اینکه حرکت تپه‌های ماسه‌ای به طرف جنوب شرق می‌باشد و چاه‌نیمه‌ها که تأمین‌کننده‌ی آب منطقه هستند در قسمت جنوب شرقی منطقه‌ی مورد مطالعه واقع شده‌اند، تا چند سال آینده مقصد نهایی تپه‌های ماسه‌ای خواهند بود که متأسفانه در صورت پر شدن مخازن چاه‌نیمه از رسوبات بادی، خطر و بحران عظیمی این سرزمین را تهدید خواهد نمود.

نتیجه‌گیری

۱- مطالعات انجام گرفته در منطقه نشان داد که ماسه‌های روان بعد از هر وزش باد با سرعت زیاد حرکت کرده و در حین جابجایی خسارات فراوانی به مراکز مهم اقتصادی و اجتماعی وارد می‌کنند.

۲- اندازه‌گیری‌حرکت ماسه‌های‌روان در منطقه مشخص‌نمود که هر چه ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای کمتر باشد تقریباً میزان حرکت و جابجایی آنها بیشتر است، به‌طوری‌که ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای در منطقه اغلب کمتر از ۳ متر بوده که نشان از سرعت باد غالب در منطقه می‌باشد.

۳- بررسی‌های میدانی نشان داد که در خشکسالی چندساله‌ی اخیر حرکت تپه‌های‌ماسه‌ای به اندازه‌ای زیاد بوده که باعث مدفون شدن تعداد زیادی از خانه‌های مسکونی شده و اراضی کشاورزی مورد هجوم قرار گرفته و باعث بیکاری تعداد زیادی از کشاورزان منطقه شده است. خسارات وارده به تأسیسات و کانال‌های آبرسانی کمتر از مراکز دیگر نبوده، به‌طوری‌که جبران این همه خسارت ،هزینه و زمان زیادی را بر جامعه تحمیل خواهد نمود.

۴- با توجه به مطالعات میدانی،۳ نوع رسوب در منطقه گسترده شده است. رسوبات دانه‌درشت (در جنوب‌شرق سیستان) رسوبات‌متوسط (بین رسوبات‌رودخانه و دریاچه) و رسوبات دانه‌ریزتر دریاچه‌ای، که هر چه از دریاچه دورتر می‌شویم رسوبات ریزتر می‌شوند. رسوبات ماسه بادی به‌دلیل قلّت نزولات جوی، خشکی هوا، فقر پوشش گیاهی، ریزدانه بودن خاک و فعالیت باد شدید به سرعت جا به جا می‌گردند.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- گرچه در سال‌های اخیر به علت خشکسالی، باد اثرات منفی زیادی به منطقه وارد نموده، ولی بالقوه می‌تواند به عنوان منبع عظیم استحصال انرژی محسوب گردد.

۶- تجزیه و تحلیل مشاهدات سمت و سرعت باد در ایستگاههای سینوپتیک مورد بررسی (زابل و زهک) در دوره اقلیمی ۸۵-۱۳۷۵ نشان داد که مهمترین بادهای غالب و تعیین‌کننده حرکت تپه‌های ماسه‌ای در دشت، بادهای۱۲۰روزه می‌باشد که با وزش خود از اواخر اردیبهشت‌ماه تا اوایل مهرماه نقش مهمی در حرکت تپه‌های ماسه‌ای دارند، به عبارت دیگر رابطه‌ی مستقیمی بین سرعت باد و میزان پیشروی تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد.

۷- مشاهدات میدانی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای شمال غرب، جنوب شرق بوده (مطابق با جهت حرکت‌باد شمال- شمال غرب) و میزان حرکت آنها بستگی به حجم رسوبات تجمع یافته در منطقه دارد.

۸- نتایج‌این مطالعه روشن ساخت که در دشت‌سرپوشیده بسیاری از ماسه‌های‌آبرفتی‌و بادرفتی گسترده شده است و محدوده رودخانه نیاتک، بیشترین حجم تپه‌های ماسه‌ای و بحرانی‌ترین منطقه از نظر میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد.

۹- پیشروی تپه‌های ماسه‌ای در نتیجه‌ی نابودی پوشش گیاهی، کمبود بارندگی، سرعت باد، به وجود می‌آید در زمینه جلوگیری از پیشروی تپه‌ها چندین اقدام اساسی باید صورت گیرد، تهیه علوفه مورد نیاز دام‌ها، نحوه استفاده بهینه از آب، تثبیت شن‌های روان و کاشت درختان چوبده مقاوم به خشکی و شوری.

۱۰- میزان جابجایی تپه‌های ماسه‌ای منطقه از تیر تا شهریورماه بین ۱۶/۱۸ تا ۷۲/۱۶ متر بوده است که در مقایسه با جابجایی تپه‌های ماسه‌ای بین جده و اللیته (Al-Lith) در کشور عربستان که میزان جابجایی آنهادر طول سال ۹/۹ تا ۱۶/۵متر برآورد شده، بسیار بالا می‌باشد.

۱۱- تجزیه و تحلیل پارامترهای ژئومورفیک برخان‌ها و داده‌های به دست آمده از حرکت آنها منجر به ارایه مدل به صورت معادلات خطی، لگاریتمی و نمایی شد.

۱۲- محاسبات آماری با نرم‌افزار SPSS نشان داد که بین پارامترهای ژئومورفیک تپه‌های ماسه‌ای منطقه نوعی رابطه‌ی مثبت قوی یا ضعیف وجود دارد، به طوری‌که بین پارامترهای ژئومورفیک ارتفاع تپه و طول بادخیز یک رابطه‌ی مثبت قوی برقرار است. همچنین طول سطح شیب و طول بادخیز در هر سه مدل خطی، نمایی و لگاریتمی از نظر آماری معنادار هستند، به‌ویژه مدل لگاریتمی با عنایت به مقدار احتمال دقیق‌تر از دو مدل دیگر است. در مدل عرض تپه و ارتفاع تپه با لحاظ کردن مقدار ثابت در مدل، رابطه‌ی معنادار وجود ندارد

www.SID.ir

Archive of SID

ولی با حذف مقدار ثابت مدل، هر سه مدل خطی، نمایی و لگاریتمی معنادار شدند و مدل لگاریتمی از دو مدل خطی و نمایی دقیق‌تر است.

۱۳- مقصد نهایی پیشروی تپه‌های ماسه‌ای مسیر زهک به قلعه‌نو بر روی مخازن آبی چاه‌نیمه قرار دارد که اگر با همین روند ادامه داشته باشد در چند سال آینده این حجم شن و ماسه وارد مخازن خواهد گردید که حجم منبع آب بسیار حساسی را به خطر خواهد انداخت.

۱۴- ماسه‌های مسیر زهک به قلعه نو در قبل از خشک سالی وجود نداشته و دلایل به وجود آمدن آن نیز خشک‌شدن بستر رودخانه هیرمند بالادست و همچنین کانال طاهری که منشعب از رودخانه هیرمند می‌باشد بوده که این بستر به همراه اراضی کشاورزی بالادست آن به عنوان محل برداشت ماسه‌های روان بوده است.

تقدیر و تشکر: در پایان از آقای دکتر امینی متخصص آمار و عضو هیأت علمی گروه ریاضی دانشگاه سیستان و بلوچستان که زحمت محاسبات آماری و تعیین مدل نمونه‌ها را تقبل فرمودند، تقدیر و تشکر می شود.

منابع و مآخذ

۱- *احمدیان، محمدعلی (۱۳۷۸). بیابان (نگرشی سیستمی به فرآیند بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره پیاپی ۵۲ و ۵۳.*

۲- *اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، طرح اجرایی تثبیت شن و بیابانزدایی زابل در سال‌های ۱۳۸۲و۱۳۸۳.*

۳- *حیدری نسب، مهدی (۱۳۸۶). نقش باد در ایجاد لندفرم‌های بادی در منطقه‌ی نیاتک سیستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دانشگاه سیستان و بلوچستان.*

۴- *خسروی، محمود (۱۳۶۸). اثرات نامساعد بیوکلیمایی ناشی از عوامل طبیعی در دشت سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۱۳.*

۵- *خسروی، محمود (۱۳۸۳). بررسی روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با خشکسالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان. مجله جغرافیا و توسعه. شماره۳ .*

۶- *خسروی، محمود (۱۳۸۴). طرح پژوهشی اثرات اکولوژیکی و زیست‌محیطی بادهای ۱۲۰روزه در سیستان، سازمان حفاظت محیط زیست استان سیستان و بلوچستان. مشاور طرح پژوهشکده علوم زمین و جغرافیای دانشگاه سیستان و بلوچستان.*

۷- *رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۳). فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران. شماره۲۴۱۸. چاپ سوم. تهران.*

www.SID.ir

Archive of SID

۸- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰.

۹- سرگزی، حسین (۱۳۸۴). منشأیابی و ارزیابی شدت و خسارات تپه‌های ماسه‌ای بیابان نیاتک سیستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه منابع طبیعی گرگان.

۱۰- سلیقه، محمد (۱۳۸۲). توجه به باد در ساخت کالبد فیزیکی شهر زابل، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲.

۱۱- لطیفی، لیلا (۱۳۸۵). بررسی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در طی خشکسالی اخیر در شمال و شرق دشت سیستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه جغرافیا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

۱۲- مرکز سنجش از دور ایران، تصاویر ماهواره‌ای IRS به شماره‌های C ۸۰۴۹ ، A ۸۰۴۹.

۱۳- مرکزسنجش از دور ایران، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به‌سال‌ها ۱۹۹۸،۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵.

۱۴- مروتی شریف‌آباد، ابوالفضل (۱۳۸۰). مطالعه رابطه فرسایش‌پذیری خاک سطحی توسط باد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در منطقه رودشت اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۵- معتمد، احمد (۱۳۷۹). ژئومورفولوژی، انتشارات سازمان سمت. جلد سوم. تهران.

۱۶- نورزهی، فرامرز (۱۳۷۲). بررسی اثرات تخریبی سیلاب‌های رودخانه هیرمند ، پایان‌نامه کارشناسی. گروه جغرافیا. دانشگاه سیستان و بلوچستان.

17- Al- Harthi, Abbas Aifan (2002). Geohazard Assessment Of Sand Dunes Between Jeddah and Al-Lith, Western Saudi Arabia, Environmental Geology.

18- Jiongxin, Xu, Yang, Jishan and Yunxia Yan (2006). Erosion and sediment yield as influenced by coupled eolian and fluvial processes: The Yellow River, China, Geomorphology, volume 73.

19- Lin, Guanghui (2002). Dust bowl in the 1930, sand storms in the USA, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations.

20- Nicholas P. Webb, Hamish A. McGowan, Stuart R. Phinn and Grant H. McTainsh (2006). AUSLEM (Australian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia, Geomorphology, volume78.

21- Squires, Victor, R (2002) .Dust and sand storms: An early warning of impending disaster, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations.

22- Washington, R. M. Tood, N. J Middleton and A. S. Goudie. November (2000). Global dust storm source areas determined by total ozone monitoring spectrometer and ground observations. School of Geography and the Environment University of Oxford.

23- Youlin, Yang (2002.) Black windstorm in northwest China: A case study of the stormy sand-dust storms on May 5th 1993, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands, United Nations.

www.SID.ir