Archive of SID

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره نهم، شماره سی و چهارم، زمستان ۱۳۹۷

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۴ تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰

صص ۷۵-۵۹

تحلیل مخاطرات ناشی از جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در دشت سیستان

مهدی حیدری نسب*، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی-دانشگاه خوارزمی

دکتر امیر کرم، دانشیار ژئومورفولوژی-دانشگاه خوارزمی

دکتر حسین نگارش، استاد ژئومورفولوژی-دانشگاه سیستان و بلوچستان

دکتر احمد پهلوانروی، دانشیار ژئومورفولوژی-دانشگاه زابل

چکیده

در دشت سیستان شرایط برای فرسایش بادی و در پی آن، جابه‌جایی ماسه فراهم است. با توجه به استقرار سکونتگاه‌ها در کانون‌های فرسایش بادی منطقه ضرورت منشأیابی ماسه‌ها، تحلیل مخاطرات ناشی از جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای و عوامل مؤثر بر ایجاد مخاطرات از اهداف این پژوهش است. تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی مبتنی بر روش‌های میدانی و کتابخانه‌ای است. در ابتدا با بررسی نقشه‌ها و مشاهدات میدانی مشخص شد که منشأ ماسه‌ها، بستر خشک رودخانه‌های منطقه است. سپس پارامترهای مورفومتریک چند برخان (در مدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه) و میزان جابه‌جایی آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. نتایج تحلیل آماری نشان می‌دهد که فقط بین طول برخان‌ها با میزان جابه‌جایی‌شان، رابطه‌ی معکوس برقرار است و بین سایر پارامترها و جابه‌جایی برخان‌ها رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد؛ که دلیل آن می‌تواند استقرار برخان‌ها در محدوده‌ی اراضی روستایی، نقش کاربری‌های مختلف اراضی و عوارض سطح زمین در میزان سرعت باد، مقدار تولید ماسه و در میزان جابه‌جایی برخان‌ها باشد. مخاطرات ناشی از جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در سطح روستاها شامل تهدید سلامت اهالی، مدفون شدن روستاها، تخریب خاک و زیرساخت‌های عمومی و ... است. عوامل متعددی از قبیل وزش بادهای شدید و دائمی، کم شیب و کم عارضه بودن دشت، ریزدانه بودن خاک، خشک‌سالی‌های متوالی و فقر پوشش گیاهی در میزان جابه‌جایی ماسه‌ها در سطح دشت سیستان نقش دارند.

واژگان کلیدی: تحلیل مخاطرات، تپه‌های ماسه‌ای، کانون فرسایش بادی نیاتک، کانون فرسایش بادی جزینک، دشت سیستان.

نویسنده‌ی مسئول: * Email: mhn_5490@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

منظور از مخاطرات؛ یعنی حوادثی طبیعی که به‌صورت بالقوه موجب ایجاد خطر برای انسان و آنچه برای او ارزشمند است، می‌شوند. مخاطره، پتانسیل ایجاد خسارت دارد؛ برای سلامتی انسان، فعالیت انسانی، اقتصادی، آموزشی، خسارت به اموال و دارایی‌ها، خسارت به محیط، از بین رفتن پوشش گیاهی و جانوری، آلودگی و ناامنی حوادث طبیعی خطرناک‌اند(رحیمی هرآبادی، ۱۳۹۰: ۳۲). فرآیندهای بادی، مسئله‌ای جدی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که مخاطرات بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی ایجاد می‌کنند(Amirahmadi et al.,2014: 120). توفان‌های شن و ماسه یکی از پدیده‌های مهم جوی هستند که در بسیاری از بیابان‌ها و مناطق خشک دنیا گسترش دارند و در سال-های اخیر توجه زیادی به آن‌ها شده است و همه‌ساله این حوادث، خسارات و تلفات فراوانی در تمام نقاط دنیا به وجود می‌آورند. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی و حرکت تپه‌های ماسه‌ای قرار دارند(نگارش و لطیفی، ۱۳۸۵: ۱). طبق آمارهای موجود، ماسه‌های روان ۳۲/۵ میلیون هکتار از اراضی طبیعی کشور را تهدید می‌کنند(فتح‌زاده و هزارخوانی، ۱۳۸۹: ۱۸۶). منطقه‌ی سیستان با میانگین سالانه‌ی ۸۰/۷ روز در سال طی یک دوره‌ی پنج‌ساله (۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵) رتبه‌ی دوم وقوع توفان‌های ماسه‌ای در قاره‌ی آسیا را داراست(نگارش و لطیفی، ۱۳۸۷: ۴۵). فعال و پویا بودن تپه‌های ماسه‌ای باعث می‌شود تا جابه‌جایی ماسه‌ها به سمت سکونتگاه‌ها بیش‌ازپیش باشد؛ مخاطرات متعددی از قبیل تهدید سلامت اهالی، مدفون شدن روستاها، تخریب خاک و تأسیسات عمومی و... را ایجاد کند و سبب خسارات مالی، مهاجرت اهالی و درنهایت، فاجعه‌ی انسانی گردد. لذا به‌منظور برنامه-ریزی اصولی برای رفع مشکل ضروری است تا منشأ ماسه‌ها، نقش پارامترهای مورفومتریک تپه‌های ماسه‌ای در میزان جابه‌جایی آن‌ها تجزیه‌وتحلیل شده و با توجه به مسکونی بودن منطقه، مخاطرات ماسه‌ها شناسایی و جهت کاهش مخاطرات راهکار ارائه شود.

پیش‌ازاین، پژوهش‌های متعدد مشابهی صورت گرفته است از قبیل اختصاصی (۱۳۸۳) در پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خود با عنوان بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد- اردکان به این نتایج رسید که کم‌تحرک‌ترین تپه‌های ماسه‌ای ارگ یزد، قوردها بوکلیه بارخانی فعال‌ترین تپه‌های ماسه‌ای ارگ یزدند. ایمانی و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تغییرات مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای جنوب شرق شهر عشق‌آباد یزد با استفاده از روش سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای در مدت ۱۲ سال به این نتایج رسیدند که محیط و مساحت تپه‌ها به دلیل انجام طرح‌های بیابان‌زدایی و تثبیت ماسه‌های روان کاهش یافته است. رامشت و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی میزان گسترش تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۳ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای RS و GIS یکی از دلایل مهم گسترش تپه‌های ماسه‌ای بروز خشک‌سالی‌های اخیر دانسته که باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شده است. فاضل‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی انطباق الگوی بومی توسعه‌ی کالبدی- فیزیکی روستای تمبکا شهرستان زابل با جهت حرکت توفان‌های ماسه پرداختند. کاظمی نژاد (۱۳۷۱) در بررسی وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای و مقایسه‌ی دو روش مالچ‌های نفتی و بیولوژی در تثبیت تپه‌های منطقه‌ی اشکذر یزد با اندازه‌گیری مشخصات یک برخان به این نتایج رسید که تحرک تپه بیش‌تر مربوط به قله، پیشانی، بازوی راست و بازوی چپ بوده است. سرگزی (۱۳۸۴) در پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خود با عنوان منشأیابی و ارزیابی شدت و خسارات تپه‌های ماسه‌ای بیابان نیاتک سیستان، میزان خسارات فرسایش بادی منطقه با شناسایی عناصر در معرض خطر (اماکن مسکونی، اراضی زراعی، تأسیسات، جاده‌ها، مراتع و انهار) را بر اساس شدت خطر در ۱۰ کلاس طبقه‌بندی نمود. صبوری و صیدایی (۱۳۹۱) در بررسی آسیب‌پذیری روستاهای ساحلی دریای عمان در برابر حرکت ماسه‌های روان که بر اساس مدل AHP صورت دادند به این نتایج رسیدند که عوامل اقلیمی بیش‌ترین وزن و عوامل انسانی کم‌ترین وزن را در شناسایی روستاهای آسیب‌پذیر دارند. همچنین ۱۷ روستا در محدوده‌ی آسیب‌پذیری زیاد، ۱۶ روستا آسیب‌پذیری متوسط و ۲۲ روستا در طبقه‌ی سکونتگاه‌های با آسیب‌پذیری کم قرار دارند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۱) با تحلیل مخاطرات ناشی از ماسه‌های روان

www.SID.ir

Archive of SID

بر روستای حجت‌آباد- شرق شهداد به این نتایج رسید که مساحت ارگ بین سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۸ افزایش یافته و باعث شده تا ماسه‌ها به‌تدریج به سمت اراضی و مساکن روستا آمده و در نتیجه از جمعیت روستا کاسته شود. سیف و موسوی (۱۳۹۱) با ارزیابی شاخص‌های مورفومتریک تپه‌های برخانی ریگ چاه‌جم به این نتیجه رسیدند که برخان‌های با بیش از ۱۲ متر جابه‌جایی در سال با داشتن حداکثر تعداد، کم‌ترین پایایی را دارند و دریافتند که بین مؤلفه‌های مورفومتری تپه‌ها و جابه‌جایی‌شان رابطه‌ی معکوس خطی و نمایی برقرار است. قاسمیه و همکاران (۲۰۱۳) در تعیین خطر جابه‌جایی ماسه‌ها به مناطق مسکونی اطراف ارگ کاشان مشخص کرد که شهر کاشان نسبت به دیگر شهرهای اطراف ارگ نسبت به بادهای فرساینده حساس‌تر است؛ چراکه جهت بادهای فرساینده از شمال شرق و غرب کاشان است و ارگ نیز دقیقاً در شمال شرق کاشان قرار دارد. محمدخان و کشفی (۱۳۹۴) به بررسی جهات انتقال ماسه‌های بادی منطقه‌ی اردستان از طریق مقایسه‌ی زمانی مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای و ویژگی‌های باد پرداختند و بدیهی است برای هرگونه برنامه‌ریزی به‌منظور بهره‌برداری و تثبیت ماسه‌ها باید منشأ و جهات غالب نقل‌وانتقال آن‌ها مدنظر قرارداد. نگارش و لطیفی (۱۳۸۷) در مقاله‌ی تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشک‌سالی‌های اخیر با بررسی میزان حرکت ۶ برخان در اطراف یکی از روستاهای سیستان میزان حرکت تپه‌ها را بین ۱۶/۱۸ تا ۷۲/۱۶ متر برآورد کردند. وسو و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی رابطه‌ی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای با شاخص-های مورفومتری تپه‌های شرق بابلسر به این نتایج رسیدند که تپه‌های سهمی‌شکل یکی از مهم‌ترین انواع تپه‌های این منطقه بوده و در بررسی ارتباط آماری بین مؤلفه‌های مورفومتری تپه‌ها، مؤلفه ارتفاع با طول قله و دامنه‌ی پشت به باد بهترین ضریب همبستگی را نشان می‌دهد.

در سایر کشورها نیز پژوهش‌های زیر انجام شده است: چائو (۱۹۸۵) در تحقیقی با عنوان خطر ماسه‌های روان و کنترل آن در منطقه‌ی خشک شمال غرب چین، خطر حرکت‌های تپه‌های ماسه‌ای روان را موردبررسی قرار داده و به‌منظور تثبیت ماسه‌ها پیشنهادهایی را ارائه کرد. الهارتی (۲۰۰۲) برآورد خطر تپه‌های ماسه‌ای بین جده و اللیته غرب عربستان سعودی را موردمطالعه قرار داد و خطراتی را که این تپه‌های ماسه‌ای به جاده‌ها، ساختمان‌ها، ساختار روستاها در عرصه‌ی مطالعاتی وارد نمودند، بررسی کرد. ژیبائو و همکاران (۲۰۰۰) پس از سنجش میزان تحرک و جابه‌جایی تپه‌های برخانی بیابان تکله‌مکان در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ عنوان کردند که میانگین میزان پیشروی ماسه‌ها در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ به ترتیب ۷/۲۹ و ۵/۵۶ متر در سال است. زادی و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش‌های گرانولومتری و مورفولوژی به مطالعه‌ی ماسه‌ها در دشت یامین واقع در قسمت شرقی بیابان نجیو اسرائیل پرداختند. آن‌ها برای این منظور از پارامترهای مختلفی از قبیل شکل و اندازه‌ی ذرات ماسه استفاده نمودند و با استفاده از روش‌های توزیع آماری در تحلیل داده‌ها به بررسی دقیق تفاوت‌های گرانولومتری شکل برخان‌ها پرداختند که تفاوت معناداری بین اندازه‌ی برخان‌ها و فرایندهای بادی در فصول مختلف را نشان می‌دهد. وانگ و همکاران (۲۰۰۵) ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای شمال و شمال شرق بیابان تکله‌مکان را موردبررسی قرار داده و بر اساس نقش شرایط بادی در تغییرات مورفولوژی عوارض ماسه‌ای، تپه‌های ماسه‌ای را به سه دسته تپه‌های برخانی مرکب، تپه‌های ماسه‌ای زنجیره‌ای و تپه‌های ستاره‌ای تقسیم کردند. بورک و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی حرکت تپه‌های ماسه‌ای در دره‌ی ویکتوریا در قطب جنوب میزان حرکت ماسه‌ها را ۱/۵ متر در سال تخمین زدند که کم‌تر از میزان حرکت تپه‌ها در بیابان‌های گرم است و دلایل آن را یخزدگی، رطوبت خاک و رژیم برگشتی باد عنوان نمودند. سیلوسترو و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی مورفولوژی تپه‌ها در شرق منطقه‌ی تاماسیا، مسیر حرکت ماسه‌ها و منشأ آن‌ها را شناسایی کردند. آن‌ها دریافتند که تغییرات شدید در رژیم باد منجر به پیچیدگی الگوی تلماسه‌ها می‌شود.

۱-۱- سؤالات تحقیق

۱- کدام‌یک از ویژگی‌های مورفومتریک تپه‌های ماسه‌ای در میزان جابه‌جایی آن‌ها مؤثرتر است؟

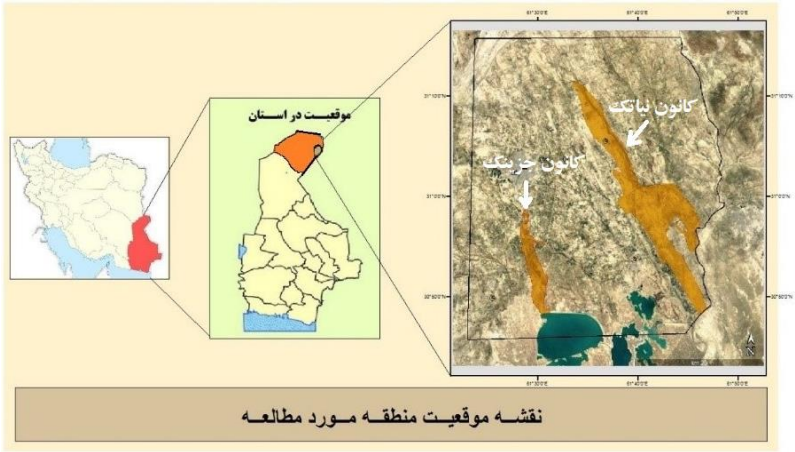
www.SID.ir

Archive of SID

۲- روستاها و نواحی در معرض خطر رسوب‌گذاری بادی کدام‌اند؟

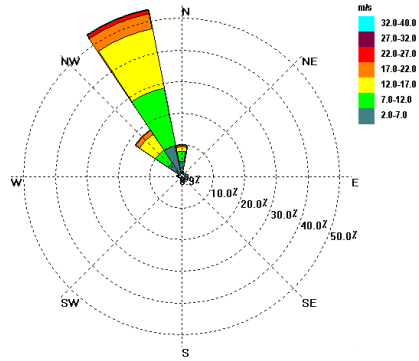
۲- منطقه‌ی موردمطالعه

منطقه‌ی سیستان با ۱۵۱۹۷ کیلومترمربع مساحت، بخش شمالی استان سیستان و بلوچستان و معادل ۸/۱ درصد مساحت آن را شامل می‌شود(مهندسین مشاور سامانه‌ی فرآیندهای محیطی، ۱۳۸۱: ۲۰)؛ (شکل ۱). دشت سیستان محل رسوب‌گذاری رودخانه‌های متعدد (ازجمله هیرمند) است. بیش‌ترین فراوانی ارتفاع از سطح دریا بین ۴۸۰-۴۶۰ متر و درصد شیب با بیش‌ترین فراوانی بین ۱-۰ است(مهندسین مشاور ورزبوم، ۱۳۷۵: ۳۱). این دشت به‌جز کوه خواجه با ارتفاع ۱۲۳ متر از سطح دشت، برجستگی قابل‌توجه دیگری ندارد. مشخصه‌ی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، جابه‌جایی و انباشت ماسه‌هاست. ازاین‌رو، سیستان دارای سه کانون بحرانی فرسایش بادی است که عبارت‌اند از: نیاتک، جزینک و تاسوکی-شیله که درمجموع سطحی معادل ۲۵۲۴۵۳ هکتار را دربرگرفته‌اند(مهندسین مشاور سامانه‌ی فرآیندهای محیطی، ۱۳۸۱: ۲۰). ازآنجاکه کانون تاسوکی-شیله در خارج از محدوده‌ی مسکونی سیستان واقع شده و از مخاطرات ناچیزی برخوردار است، بررسی‌ها فقط در کانون‌های نیاتک و جزینک صورت گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی موردمطالعه

اقلیم سیستان (بر اساس روش دومارتن) فراخشک معتدل است(مهندسین مشاور سامانه‌ی فرآیندهای محیطی، ۱۳۸۱: ۹۶) و دارای میانگین دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارش سالانه‌ی ۵۴ میلی‌متر و میانگین تبخیر سالانه‌ی ۴۶۰۰ میلی‌متر است. مهم‌تر از دما، وزش بادهای مداوم و شدید مهم‌ترین عامل تبخیر است. جهت باد غالب منطقه، شمال غربی است (شکل ۲).



شکل۲: گلباد سالانه‌ی ایستگاه زابل(حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۵۲)

www.SID.ir

Archive of SID

۳- مواد و روش‌ها

در ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات کتابخانه‌ای در مورد موضوع پژوهش پرداخته می‌شود. از آمار هواشناسی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۴ ایستگاه سینوپتیک زابل جهت تحلیل اقلیم و به‌ویژه باد بهره گرفته و از نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی دشت سیستان و نیز مشاهدات میدانی جهت بررسی و تعیین منشأ اولیه و محدوده‌ی گسترش ماسه‌ها استفاده می‌شود. سپس جهت مطالعه نحوه‌ی جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای، پارامترهای ژئومورفیک چند برخان را اندازه‌گیری کرده و میزان جابه‌جایی برخان‌ها در مدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه (اردیبهشت تا شهریور) اندازه‌گیری و برای یافتن رابطه‌ی بین پارامترهای ژئومورفیک و میزان جابه‌جایی برخان‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده می‌شود. در ادامه به دلیل مسکونی بودن منطقه‌ی تحت تأثیر ماسه‌ها، مطالعات میدانی جهت بررسی مهم‌ترین مخاطرات ماسه‌ها در سطح دشت سیستان صورت می‌گیرد که شامل چندین نوبت بازدید، ثبت مشاهدات و تهیه‌ی عکس از روستاها، اراضی و زیرساخت‌های منطقه و نیز تکمیل پرسش‌نامه (بررسی مخاطرات ماسه‌های روان در دشت سیستان) توسط اهالی، مصاحبه با مسؤولین ادارات مربوطه و دریافت نقطه‌نظرات آن‌ها راجع به اهم اقدامات لازم در خصوص کاهش اثرات ماسه‌هاست. روش تحقیق در این پژوهش، توصیفی-تحلیلی است.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- منشأیابی ماسه‌ها در کانون‌های بحرانی فرسایش بادی

بررسی نقشه‌های ژئومورفولوژی و کاربری اراضی منطقه و مشاهدات میدانی، حاکی است که ویژگی‌ها و دلایل زیر موجب شده تا بستر خشک رودخانه‌ها منشأ ماسه‌های موجود در کانون‌های بحرانی منطقه باشد.

۴-۱-۱-دلایل رسوب‌گذاری ماسه در بستر رودخانه و سیل‌بر نیاتک[1]

۱- عدم وجود شیب فراوان در دشت، موجب کم‌شیب شدن و کاهش سرعت آب در کلیه آبراه‌های دشت سیستان شده است. لذا این ویژگی موجب رسوب‌گذاری ماسه در بستر رودخانه‌ها می‌شود؛
۲- عریض بودن بستر رودخانه، کاهش سرعت آب و رسوب‌گذاری ماسه را در پی دارد؛
۳- رشد بیش‌ازحد پوشش گیاهی (عمدتاً گز) در بستر رودخانه به‌ویژه در بخش شمالی جاده‌ی دوست‌محمد؛
۴- موجب کاهش سرعت آب و رسوب‌گذاری آبرفت رودخانه می‌شود؛
۵- عدم لایروبی سالانه‌ی بستر رودخانه؛
۶- هماهنگ نبودن اندازه‌ی پل احداث‌شده با عرض رودخانه در محل جاده‌ی ادیمی و جاده‌ی زیارتگاه بی‌بی-دوست موجب کاهش سرعت عبور آب شده، زمینه‌ی رسوب‌گذاری ماسه را فراهم می‌کند.

۴-۱-۲- دلایل رسوب‌گذاری ماسه در بستر رودخانه‌ی سیستان

- **شیب کم بستر رودخانه**

شیب عمومی رودخانه‌ی سیستان در حدود ۰/۰۰۰۰۲ تا ۰/۰۰۰۰۶ از تراز ۴۸۹ در دو شاخه‌ی هیرمند (در مرز افغانستان) به تراز ۴۷۴/۷۵ متری از سطح دریا در هامون هیرمند است(حافظی مقدس، ۱۳۹۱: ۳). همچنین حجم زیادی از رسوبات لایروبی‌شده‌ی رودخانه‌ی سیستان در ساخت خاک‌ریزهای حاشیه‌ی رودخانه به‌کار می‌روند؛ که بر اثر وزش بادهای شدید در منطقه، مجدداً به کانال رودخانه بازگشته و سبب افزایش تراز بستر رودخانه می‌شوند (همان).

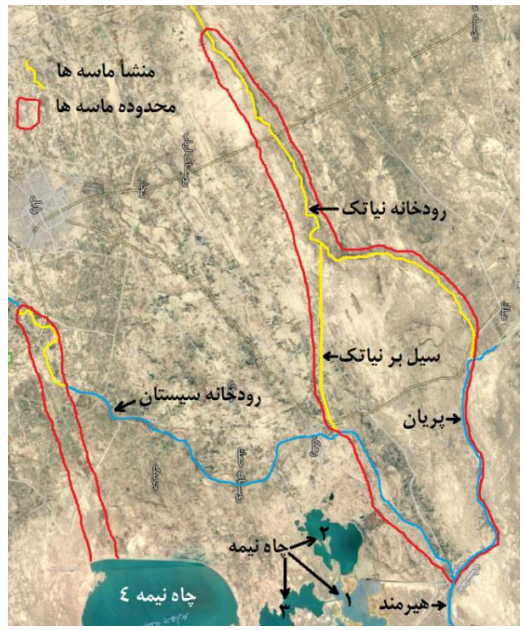
۱- آبراهه‌ای با دبی ۴۰۰ متر مکعب در ثانیه، در ۲ کیلومتری شهر زهک احداث شده است که در زمان سیلابی شدن، سرریز رود سیستان را به رودخانه ی نیاتک منتقل می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

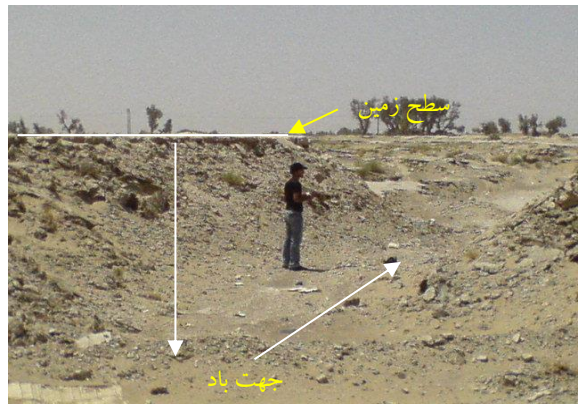
- **وجود چند مآندر متوالی**

مآندرهای رودخانه‌ی سیستان ناشی از کم‌شدن شیب رودخانه، ریزتر شدن مواد بستر (قطر متوسط ۰/۰۲ میلی‌متر)، کم شدن ظرفیت حمل رسوب رودخانه و کاهش یا عدم وجود پوشش گیاهی است. مآندرها موجب فرسایش کناره‌ی رودخانه می‌شوند. این حجم از خاک، وارد آب شده و به دلیل شیب کم رودخانه در کف آن ته‌نشین می‌شوند(حافظی مقدس و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰). این امر موجب می‌شود تا این بخش از رودخانه که در شمال جاده‌ی زابل به زاهدان قرار دارد، تأمین‌کننده‌ی ماسه‌های موجود در کانون بحرانی جزینک باشد (شکل ۳).



شکل ۳: منشأ و محدوده‌ی ماسه‌های روان کانون‌های نیاتک و جزینک

جابه‌جایی ماسه‌هایی که از بستر رودخانه‌ها خارج می‌شوند، موجب خراش دادن سطح خاک شده و در صورت تداوم این روند، ایجاد چاله و گودال در اراضی زراعی در ایام خشک‌سالی و نیز اراضی رهاشده و مرتعی منطقه می‌شوند؛ بنابراین پس از بستر رودخانه‌ها، مهم‌ترین کانون‌های برداشت ماسه، اراضی مرتعی و اراضی زراعی رها شده‌اند که اراضی مرتعی عمدتاً در اطراف شهرک محمدشاهکرم واقع‌اند. در این اراضی چاله‌های بادبردگی تا ۲ متر عمق نیز وجود دارند (شکل ۴).



شکل ۴: چاله‌های بادکندی غرب شهرک محمدشاهکرم

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۲- تحلیل نقش پارامترهای ژئومورفیک برخان‌ها با میزان جابه‌جایی‌شان

جهت انجام تحقیق ۲ برخان از کانون فرسایش بادی جزینک (شمال غرب روستای قلعه‌کنگ) و ۵ برخان از کانون نیاتک (شرق روستای امیرنظام) انتخاب شدند. سپس پارامترهای ژئومورفیک برخان‌ها که شامل طول (L) (طول زمینی دامنه‌ی بادخیز + طول زمینی دامنه‌ی بادپناه)، عرض(w)، ارتفاع(H) و مساحت(S) است اندازه‌گیری و در جدول ۱ ثبت گردید. برای پیگیری روند جابه‌جایی برخان‌ها (در مدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه) با استفاده از تکنیک شاخص گذاری (پیکه‌کوبی) در تاریخ ۹۶/۱/۲۴ در ابتدای شیب رو به باد برخان‌ها پیکه‌کوبی (شکل ۵) و در مدت ۵ ماه اردیبهشت تا شهریورماه و در سه نوبت ۹۶/۴/۱۵، ۹۶/۵/۳۰ و ۹۶/۶/۲۷، میزان جابه‌جایی آن‌ها(DM) پیگیری شد (شکل ۶) و در جدول ۲ ثبت گردید.

شکل ۵: پیکه‌کوبی در ابتدای دامنه‌ی رو به باد برخان

شکل ۶: اندازه‌گیری جابه‌جایی برخان با توجه به شاخص

جدول ۱: اندازه‌ی پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها

موقعیت برخان	شماره‌ی برخان	طول (L) به متر	عرض (W) به متر	ارتفاع (H) به متر	مساحت (S) به مترمربع	اولین برداشت جابه‌جایی برخان به متر	دومین برداشت جابه‌جایی برخان به متر	سومین برداشت جابه‌جایی	میانگین جابه‌جایی برخان به متر	مجموع جابه‌جایی برخان در ۵ ماه به متر
جزینک	۱	۴۴/۴	۵۵	۵/۲	۲۴۰۰	۳۲	۳۰	۵	۲۲/۳۳	۶۷
جزینک	۲	۱۷/۵	۲۴	۲/۵	۳۵۵	۳۶	۳۳	۱۰	۲۶/۳۳	۷۹
نیاتک	۳	۳۵/۸	۳۲	۳/۱	۹۷۷	۲۲/۴	۲۵	۶/۸	۱۸/۰۶	۵۴/۲
نیاتک	۴	۳۸/۵	۳۸	۵	۱۶۱۱	۲۲/۷	۲۵	۶/۲	۱۷/۹۶	۵۳/۹
نیاتک	۵	۳۵/۷	۴۲	۲/۹	۱۵۵۶	۲۸/۱	۲۳/۸۰	۳/۱	۱۸/۳۳	۵۵
نیاتک	۶	۴۴/۵	۶۲	۵/۸	۳۰۱۸	۲۸/۵	۲۱/۳۰	۶/۳	۱۸/۷	۵۶/۱
نیاتک	۷	۳۹/۵	۵۷	۴/۹	۲۷۱۲	۲۱/۷	۱۹/۴۰	۶/۸	۱۵/۹۶	۴۷/۹

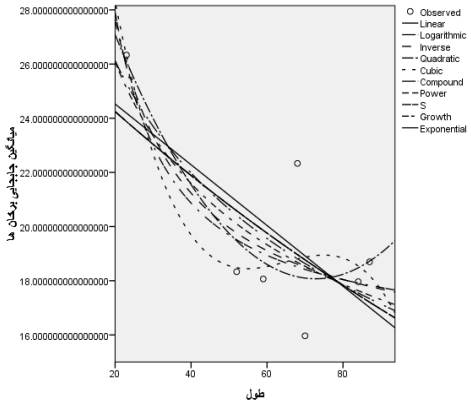
تجزیه‌وتحلیل پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها و داده‌های به‌دست‌آمده از جابه‌جایی‌شان، منجر به ارائه‌ی مدلی به‌صورت خطی، لگاریتمی، نمایی و معکوس شد (جدول ۲). همچنین رابطه‌ی گرافیکی بین پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه و به‌صورت اشکال شماره‌ی ۷ تا ۱۰ ترسیم گردید.

www.SID.ir

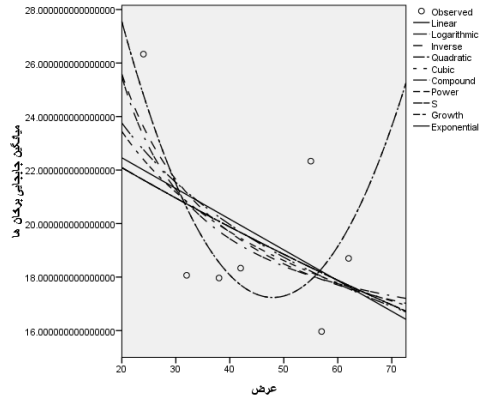
Archive of SID

جدول ۲: نتایج تحلیل آماری و روابط بین پارامترهای مورفومتریک برخان‌های منطقه و میزان جابه‌جایی‌شان

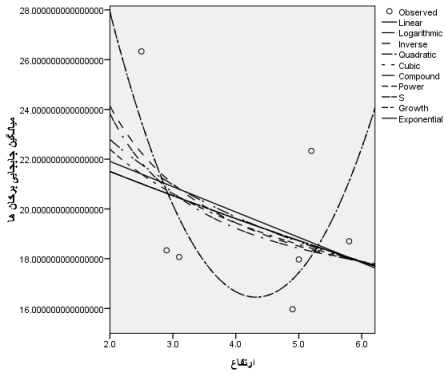
رابطه	نوع رابطه	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	تفسیر	معادله	مقدار احتمال
DM*H	خطی	۰/۱۴۸	۰/۳۸۵	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM=۲۳/۹۴۸- ۱/۰۱۸(H)	۰/۳۹۴
DM*H	لگاریتمی	۰/۱۸۹	۰/۴۳۵	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM=۲۵/۹ -۴/۴۹۲ log (H)	۰/۳۳۰
DM*H	نمایی	۰/۱۳۴	۰/۳۶۶	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM= Exp (۲۳/۰-۵۸/۰۴۶*H)	۰/۴۲۰
DM*H	معکوس	۰/۴۸۹	۰/۲۳۹	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM = 14.74 + 18.79/H	۰/۲۶۶
DM*L	خطی	۰/۴۸۴	۰/۶۹۶	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM=۲۶/۰-۷۶/۱۱۲*L	۰/۰۸۲
DM*L	لگاریتمی	۰/۵۹۸	۰/۷۷۳	در سطح ۵٪ معنی‌دار است	DM=۴۴/۰۳ - ۵/۹۷ log (L)	۰/۰۴۱
DM*L	نمایی	۰/۴۴۵	۰/۶۶۷	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM= Exp (۲۶/۰-۸۶/۰۰۵*L)	۰/۱۰۲
DM*L	معکوس	۰/۶۶۵	۰/۸۱۶	در سطح ۵٪ معنی‌دار است	DM = 14.85 + 255.07/L	۰/۰۲۵
DM*W	خطی	۰/۲۱۵	۰/۴۶۴	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM=۲۴/۰-۷۵/۱۱۴(W)	۰/۲۹۵
DM*W	لگاریتمی	۰/۲۹۲	۰/۵۴۰	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM=۴۰/۵-۱۶/۴۷۵ log (W)	۰/۲۱۱
DM*W	معکوس	۰/۳۸۲	۰/۶۱۸	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM = 13.76 + 236.52/W	۰/۱۳۹
DM*W	نمایی	۰/۲۰۱	۰/۴۴۸	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM= Exp (۲۴/۰-۵۵/۰۰۵*W)	۰/۳۱۳
DM*S	خطی	۰/۲۷۸	۰/۵۲۷	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM=۲۳/۰-۱۳/۰۰۱(S)	۰/۲۲۴
DM*S	لگاریتمی	۰/۴۶۹	۰/۶۸۵	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM=۴۳/۳-۱۹/۲۱۷ log (S)	۰/۰۸۹
DM*S	معکوس	۰/۶۲۴	۰/۷۹۰	در سطح ۵٪ معنی‌دار است	DM = 16.88 + 3130.44/S	۰/۰۳۵
DM*S	نمایی	۰/۲۶۳	۰/۵۱۳	در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست	DM= Exp (۲۲/۸-۸۱/۸۹۸*S)	۰/۲۳۹



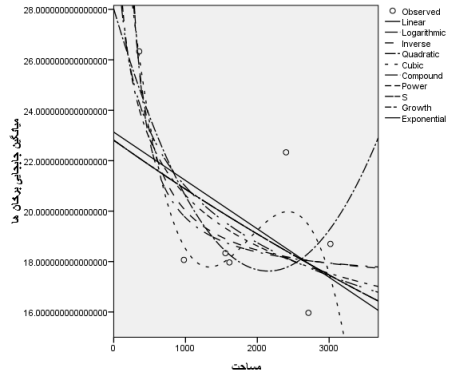
شکل ۷: نمودار رابطه‌ی رگرسیونی بین طول و جابه‌جایی برخان‌ها



شکل ۸: نمودار رابطه‌ی رگرسیونی بین عرض و جابه‌جایی برخان‌ها



شکل ۹: نمودار رابطه‌ی رگرسیونی بین ارتفاع و جابه‌جایی برخان‌ها



شکل ۱۰: نمودار رابطه‌ی رگرسیونی مساحت و جابه‌جایی برخان‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۳- عوامل مؤثر بر جابه‌جایی ماسه‌های روان در سطح منطقه

ازآنجاکه آستانه‌ی حرکت ماسه کم‌تر از رس و سیلت است و این موضوع بیانگر این واقعیت است که بادهای با سرعت کم هم موجب حرکت و جابه‌جایی ماسه می‌شوند، عواملی به‌غیراز سرعت باد نیز ممکن است نقش مهمی در شروع حرکت ذرات نقش داشته باشند(لایتی، ۱۳۹۱: ۳۴۴). این عوامل به شرح زیرند:

۴-۳-۱- خصوصیات باد

در منطقه‌ی سیستان، شدیدترین بادها در نیمه‌ی اول سال (در مدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه) و ضعیف‌ترین آن در نیمه‌ی دوم سال می‌وزد. سهم عمده‌ی سرعت وزش باد، (۹۳/۵ درصد) در ایام وزش بادهای ۱۲۰ روزه است. با آغاز دوره‌ی خشک‌سالی (از سال ۱۳۷۵)، حداکثرهای سرعت باد نیز افزایش یافته است که این افزایش، ناشی از کمبود رطوبت نسبی، افزایش دما، افزایش شیب تغییرات فشار و بالاخره افزایش سرعت بادهای ۱۲۰ روزه شده که به نوبه‌ی خود موجب خشکی و گرمی بیش‌تر هوا می‌شود. سریع‌ترین باد ثبت‌شده در طول دوره‌ی آماری ۳۳ ساله (۱۳۹۴-۱۳۶۲)، ۴۰ متر بر ثانیه معادل ۱۴۵ کیلومتر بر ساعت بوده است. در سیستان که از میانگین تبخیر سالانه‌ی ۴۶۰۰ میلی‌متر برخوردار است، مهم‌ترین عامل در افزایش تبخیر، وزش بادهای گرم و ممتد بر سطح دشت است که موجب خشک شدن منابع آب، اراضی و گیاهانی می‌شود که می‌توانند سطح خاک را از گزند فرسایش بادی حفظ کنند.

۴-۳-۲- وضعیت ژئومورفیک دشت سیستان

الف- کم‌شیب بودن دشت

در دشت سیستان شیب متوسط وزنی اراضی ۰/۶ درصد و شیب با بیش‌ترین فراوانی در کلاس شیب کم‌تر از یک درصد برآورد گردیده است(حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۶۳). لذا از یک‌سو کاهش شیب دشت موجب مئاندری شدن رودخانه‌ها شده و از سوی دیگر چون عمده آبرفت‌هایی که توسط رودخانه‌ها حمل می‌شود، ماسه و رس است. میزان قابل‌توجهی از ماسه‌ها در بستر رودخانه‌ها رسوب‌گذاری می‌شوند (شکل ۱۱).

شکل ۱۱: ماسه‌های تجمع‌یافته در بستر خشک رودخانه‌ی سیستان در شمال پل نُهراب (جاده‌ی زابل - زاهدان)

ب- توپوگرافی دشت

دشت سیستان به‌جز عارضه‌ی کوه خواجه با ارتفاع ۱۲۳ متر از سطح دشت و با طول و عرض ۲/۵ و ۲ کیلومتر، عارضه‌ی طبیعی قابل‌توجهی ندارد؛ و لذا وجود عوارض انسانی همچون بناها، پوشش گیاهی، کانال‌ها و... موجب تجمع ماسه و ایجاد مخاطرات فراوان در محدوده‌ی روستاها و اراضی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

- **ویژگی‌های خاک منطقه**

از یک‌سو خاک دشت سیستان عمدتاً ریزدانه بوده و از ۶۰ درصد رس، ۳۰ درصد سیلت و ۱۰ درصد ماسه‌ی ریز تشکیل یافته است؛ لذا آستانه‌ی فرسایش در سیستان ۲۴ کیلومتر در ساعت (۷ متر بر ثانیه) در نظر گرفته می‌شود (مهندسین مشاور سازآب شرق، ۱۳۸۲: ۳۰). طبیعتاً ریزدانه بودن و افزایش پدیده‌ی شعریه، موجب افزایش شوری و پراکندگی ذرات خاک شده که ضمن تأثیر بر رشد گیاه، باعث تشدید فرسایش خاک می‌گردد. از سوی دیگر خاک (پلایای) سیستان فاقد سنگ‌ریزه بوده، لذا در مقابل بادبردگی حساس است(حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۶۴). این ویژگی‌ها موجب شده تا تداوم فرسایش بادی در دوران چهارم، چاله‌های چاه‌نیمه را ایجاد کند.

- **خشک‌سالی‌های متوالی**

در منطقه‌ی سیستان، در یک دوره‌ی تقریباً ۳۰ ساله در سال‌های ۱۳۱۸، ۱۳۲۸، ۱۳۳۷ و ۱۳۴۹ یعنی تقریباً هر ۱۰ سال، یک خشک‌سالی به‌صورت کشنده تکرار شده است. از سال ۱۳۷۵ تاکنون نیز این منطقه دوره‌ی خشک‌سالی را می‌گذراند. خشک‌سالی این منطقه بیش‌تر از نوع هیدرولوژیک است که موجب وارد آمدن خسارات فراوان به حیات طبیعی و انسانی منطقه شده است. از سال ۱۳۷۵ با کاهش یا قطع جریان آب ورودی به دریاچه‌ی هامون و کاهش نزولات جوی، رطوبت نسبی هوا کاهش و در نتیجه دمای هوا افزایش یافته و بر خشکی هوا افزوده شده است(نگارش و حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۵). در خشک‌سالی‌های اخیر، ماسه‌های خشک بستر رودخانه‌ها به‌راحتی توسط باد جابه‌جا شده و عدم وجود آب موردنیاز در بخش کشاورزی موجب شده تا ضمن رها شدن اراضی زراعی، با فرسایش خاک، ماسه بیش‌تری تولید شود.

- **فقر پوشش گیاهی**

۱۵۳ گونه گیاهی، به‌صورت خودرو در سیستان رشد می‌کنند که اغلب گونه‌های گیاهی(۶۲ گونه)، یک‌ساله بوده و در ردیف علف‌های هرز و گیاهان شورپسندی هستند که در فصل پاییز نشو و نما می‌کنند. گیاهان چندساله موجود نیز اغلب از انواع علفی و بندرت بوته‌ای و تنها چندگونه درخت و درختچه در میان آن‌ها دیده می‌شود که فراوانی گزها از بقیه بیش‌تر است(مظفریان، ۱۳۸۳: ۲۰). متأسفانه مرگ گونه‌های یک‌ساله با افزایش تبخیر و تعرق از سطح برگ-هایشان به‌واسطه‌ی گرم و شدید بودن بادهای تابستانی صورت می‌گیرد و قادر به حفاظت از خاک نیستند. گونه‌های چندساله نیز با وجود خشک‌سالی‌های متوالی از بین رفته‌اند و فقط درختچه‌های گز و تاغ قادر به تحمل کم‌آبی و وزش بادهای شدیدند که بعضاً توسط اهالی قطع می‌شوند. از سوی دیگر به زیر کشت نرفتن اراضی زراعی در اثر خشک‌سالی‌های دو دهه‌ی اخیر مزید بر علت شده، بحران فرسایش خاک و تولید ماسه بیش‌تر در دشت سیستان به‌ویژه در مدت حاکمیت بادهای ۱۲۰ روزه را در پی داشته است.

۴-۴- بررسی مخاطرات ماسه‌ها در سطح منطقه

مخاطرات ماسه‌های روان یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی کشور ایران است که در سال‌های اخیر تکرار و شدت وقوع آن بیش‌تر شده است. حرکت ذراتی که توسط باد جابه‌جا می‌شوند می‌تواند اثرات قابل‌توجهی را بر مناطق مسکونی گذارد و می‌تواند علت خسارات شدیدی بر بناها، محصولات کشاورزی و شبکه‌های حمل‌ونقل و ارتباطی باشد(Gutierrez, 2001: 429). ازاین‌رو مهم‌ترین مخاطرات ماسه‌ها در دشت سیستان به شرح زیر است:

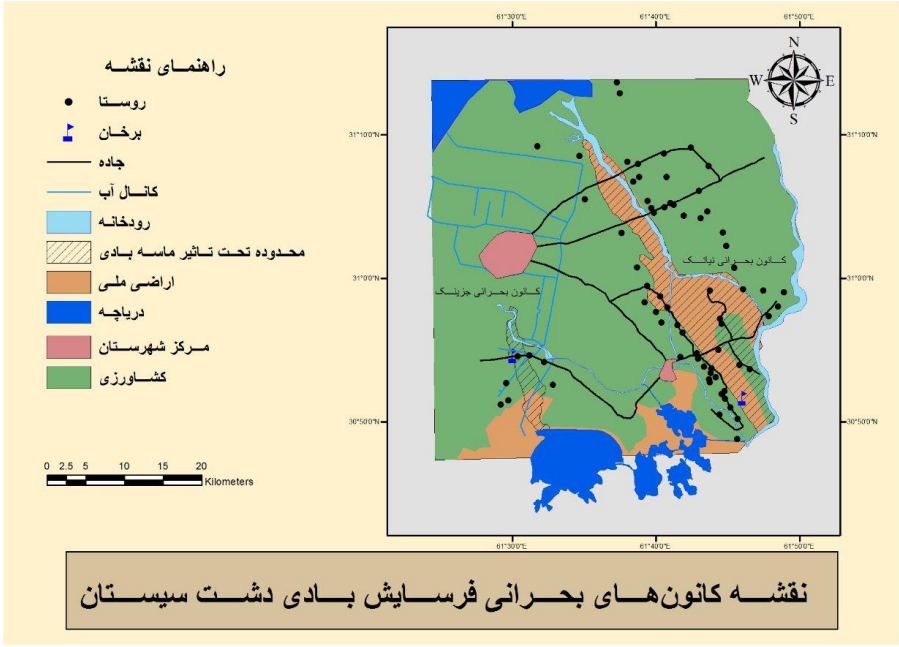
۴-۴-۱- تأثیر ماسه‌ها بر انسان

در کانون نیاتک که از لحاظ وسعت، دومین کانون بحرانی فرسایش بادی در استان است، ۲ شهرک و ۵۵ روستا و در کانون جزینک که از لحاظ وسعت و حجم جابه‌جایی ماسه، قابل‌مقایسه با نیاتک نیست، ۵ روستا در معرض هجوم

www.SID.ir

Archive of SID

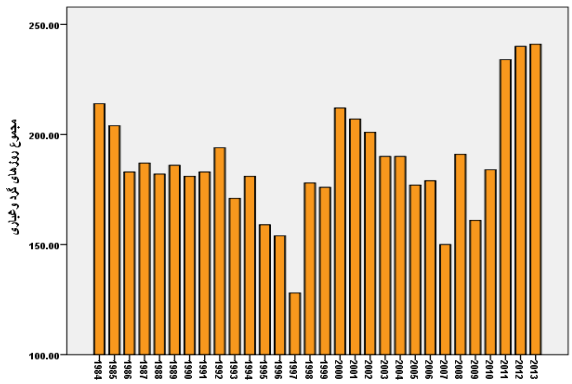
ماسه‌های روان قرار دارند (شکل ۱۲). هجوم مداوم ماسه‌ها، موجب مدفون شدن ۲۲ روستای کانون نیاتک شده، اما در کانون جزینک که از لحاظ وسعت کوچک‌تر است، هیچ روستایی تخلیه نشده است. بر طبق آمار سال ۱۳۹۵، ۳۲۶۷۷ نفر در محدوده‌ی کانون بحرانی نیاتک و ۱۲۷۹ نفر در محدوده‌ی کانون بحرانی جزینک ساکن بودند که می‌تواند از لحاظ جمعیت ساکن در محدوده‌ی یک ارگ، رکورد به‌حساب آید.



شکل ۱۲: نقشه‌ی موقعیت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی نیاتک و جزینک و روستاهای تحت تأثیر ماسه‌ها

- **تأثیر بر سلامت**

دانه‌های تیز ماسه که به حالت جهشی توسط باد حمل می‌گردند، با برخورد مداوم به سطح پوست و چشم افراد موجب ایجاد بیماری‌های عفونی در سطح پوست و ناراحتی‌های چشمی از قبیل تراخم، کراتیت، آب مروارید و ... شده و حتی موجب نابینایی افراد می‌گردد. درواقع، مهم‌ترین علل نابینایی در سیستان، بادهای شدید منطقه است(نگارش و حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۸). توفان‌های ماسه با خراش سطح خاک موجب تولید گردوغبار می‌شوند که در مدت خشک‌سالی‌های اخیر، تعداد روزهای غباری روند افزایشی داشته است (شکل ۱۳). در نتیجه با افزایش روزهای غباری، سلامت اهالی به مخاطره افتاده، تعطیلی ادارات و مدارس و... را باعث می‌شود.



شکل ۱۳: فراوانی سالانه روزهای گردوغباری ایستگاه زابل(۲۰۱۳-۱۹۸۴)

www.SID.ir

Archive of SID

اهالی منطقه علی‌رغم داشتن مشکلات تنفسی و چشمی، به دلایلی از قبیل عدم توان مالی، عدم دسترسی به درمانگاه و... به پزشک مراجعه نکرده‌اند و متأسفانه آمار دقیقی از این بیماران در خانه‌های بهداشت وجود ندارد؛ اما به اذعان مردم، در روستاهای تحت تأثیر ماسه‌ها، به‌طور متوسط از ۳۰ تا ۶۰ درصد افراد، به یکی از بیماری‌های تنفسی، چشمی و پوستی مبتلایند. از دیگر مشکلاتی که هیچ‌گاه بررسی و سنجش نشده است، نقش ماسه‌ها بر سلامت روان اهالی است. از دست دادن سلامت و شغل، ضعف توان مالی و ناتوانی در مهاجرت موجب می‌شود تا علی‌رغم هوای غبارآلود و هجوم ماسه‌ها، در منطقه بمانند و تمام فشارهای روانی را تحمل کنند. درواقع این افراد فقط زنده‌اند، اما زندگی نمی‌کنند.

- **مهاجرت اهالی**

یکی از مهم‌ترین تأثیراتی که ماسه‌های روان بر سکونتگاه‌های انسانی در زمان‌های مختلف می‌گذارند، تأثیر بر جمعیت آن‌هاست؛ زیرا با نابود شدن منبع درآمد روستاییان (عمدتاً زمین‌های کشاورزی) و نیز سکونتگاه‌های آنان به‌وسیله‌ی ماسه‌های روان، روستاییان توان زندگی در محل را از دست داده و به مناطق مناسب‌تر مهاجرت می‌نمایند (اصغری لفمجانی و نادریان فر، ۱۳۹۴: ۲۵). خشک‌سالی‌های ۲۰ سال اخیر موجب شده تا تعداد زیادی از مردم، شغل خود را از دست داده و یا به شهرهای اطراف مهاجرت کنند و به اجبار شغلی غیر از کشاورزی را برای امرارمعاش انتخاب کنند. مهم‌ترین دلیل ماندگاری مردم در روستاها در ۶۰ درصد موارد، عدم تمکن مالی برای مهاجرت و در ۴۰ درصد نیز حب وطن عنوان گردید.

- **کاهش میدان دید**

دانه‌های ماسه توسط جریان هوا یا حرکات ناشی از دیگر دانه‌های متحرک در مسیری مشخص ممکن است ۱ تا ۲ متر بالاتر از سطح حرکت نماید(لایتی، ۱۳۹۱: ۳۴۵). لذا حرکت ماسه‌ها تا ارتفاع ۲ متری به همراه گردوغبار ناشی از فرسایش خاک، دید افقی را تا حدود صفر در منطقه منشأ آن کاهش می‌دهد که کاهش میدان دید، لغو پروازها، بروز تصادفات، گم‌شدن احشام و حتی فرزندان اهالی را در پی دارد.

۴-۴-۲- تأثیر ماسه‌ها بر مساکن روستایی

مساکن بومی سیستان، هماهنگ با اقلیم‌اند؛ که این هماهنگی در خشت و گلی بودن، ساخت بادگیر در سقف و دیوار ضلع شمالی مساکن و ساخت خارخانه (جهت استفاده از نسیم خنکی که از سمت شمال و از روی پهنه‌ی آبی دریاچه می‌آید) به چشم می‌خورد(نگارش و حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۷). در خشک‌سالی‌های اخیر، جابه‌جایی بیش‌ازپیش ماسه‌ها به سمت روستاها، موجب فرسایش و تخریب مساکن می‌شود (شکل ۱۴). نیمی از روستاهای بازدید شده، بیش‌تر مساکنشان با مصالح و به سبک جدید ساخته شده و تقریباً در ۳۰ درصد روستاها، بیش‌تر مساکن با ساختار بومی و با خشت و گل ساخته شده‌اند که استقامت کافی را در مقابل ضربات بی‌شمار دانه‌های ماسه ندارند و تداوم ضربات ماسه‌ها موجب فرسایش دیوار، سقف و بادگیر مساکن می‌شود (شکل ۱۵).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۴: تخریب دیوار شمالی اتاق در اثر ضربات ماسه‌ها

شکل ۱۵: سایش سقف مساکن بومی توسط ماسه‌ها

در دشت سیستان از قدیم جهت استفاده از خنکای باد، استقرار مساکن عمود بر جهت باد شمالی بوده است. ازاین‌رو طبیعتاً برخی معابر هم‌جهت بادند که موجب کانالیزه شدن و افزایش سرعت آن شده و در برخی از مناطق مسکونی، کوچه‌ها و خیابان‌ها عمود بر جهت وزش باد غالب هستند. در این حالت، سرعت متوسط باد از ۱۳/۵ متر بر ثانیه به ۹ متر بر ثانیه کاهش پیدا کرده و با کاهش سرعت باد بر اثر برخورد به ساختمان‌ها، نیروی حمل ذرات نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه مقداری از بار جامد هوا در کوچه‌ها (شکل ۱۶)، خیابان‌ها و منازل (شکل ۱۷) رسوب می‌کند.

شکل ۱۶: انباشته شدن ماسه‌ها در معابر روستا

شکل ۱۷: انباشت ماسه‌ها در مسکن

۴-۴-۳- تأثیر ماسه‌ها بر اراضی

در کانون‌های فرسایش بادی، خسارت ماسه‌های روان بر اراضی زراعی بیش‌تر از سایر بخش‌ها بوده است, چراکه تنها منبع درآمد اهالی، کشاورزی است. در اراضی زراعی که محل گذر ماسه‌اند، دانه‌های تیز سیلیسی یا موجب فرسایش خاک و ایجاد چاله می‌شوند. یا باعث خواباندن گندم‌ها می‌شوند و یا موجبات قطع ساقه‌های گندم را فراهم می‌آورند؛ به‌طوری‌که بعد از وزش بادها، مزارع شبیه مزارعی هستند که قبلاً درو شده‌اند(نگارش و حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۶). در صورت انباشت ماسه‌ها در اراضی زراعی (شکل ۱۸)، ماسه‌ها ضمن تخریب و مدفون کردن محصول یا کاهش سطح زیر کشت، موجب درشت‌تر شدن بافت و کاهش مواد غذایی خاک شده و موجب می‌شوند تا ضمن افزایش میزان آبیاری، دور آبیاری را کاهش دهند. اهالی معتقدند همان‌طور که باد، عامل اصلی ایجاد تپه‌های ماسه‌ای در زمین‌های کشاورزی است، امیدوارند که خود باد نیز عامل حرکت تپه‌های ماسه‌ای به خارج از زمین شود (همان). همچنین نمی‌توان در اطراف مزارع، دیوار و بادشکن احداث کرد؛ چراکه موجب انباشت ماسه در اراضی می‌گردد. حتی

www.SID.ir

Archive of SID

رشد یک درخت (گز) در حاشیه مزارع، باعث انباشت ماسه یا ریزش برگ‌های آن و شور شدن خاک شده و نهایتاً تصمیم به قطع درخت گرفته می‌شود.

در آن بخش از اراضی مرتعی که عمدتاً در جنوب رودخانه‌ی نیاتک قرار دارند و فاقد پوشش گیاهی و هموسند، توسط ماسه‌ها، چاله‌هایی با عمق دو متر ایجاد شده است. این اراضی که از شمال شهرک محمدشاه‌کرم شروع شده و تا مرز افغانستان در جنوب ادامه دارد هم‌محل عبور ماسه و هم انباشت آن‌هاست.

شکل ۱۸: رسوب‌گذاری ماسه‌ها در اراضی زراعی

۴-۴-۴- تأثیر ماسه‌ها بر آبراه‌ها (رودخانه‌ها، کانال‌ها و انهار)

بادها بر روی شبکه‌ی هیدروگرافی منطقه هم آثار منفی کاملاً مشهودی بر جای گذاشته‌اند. تجمع ماسه‌ها باعث مسدود شدن بستر رودخانه (شکل ۱۹)، ایجاد مآندر و انحراف در مسیر آب‌های جاری و درنهایت، فرسایش کناره‌ی رودخانه‌ها می‌شوند. ازآنجاکه کانال‌های آبرسانی هم‌سطح زمین ساخته شده‌اند، سالانه حجم زیادی از ماسه‌بادی‌ها وارد کانال‌های آبیاری می‌شوند که نیاز به لایروبی دارد. در برخی مناطق میزان تجمع ماسه‌ها به‌گونه‌ای است که سبب انسداد آن‌ها می‌شود (شکل ۲۰) و همه‌ساله جهت جمع‌آوری و لایروبی ماسه‌های بادی از داخل آن‌ها، دولت هزینه‌ی زیادی را متحمل می‌شود. پر شدن کانال‌های آبیاری توسط توفان‌های ماسه در منطقه باید جدی تلقی شود و هرگونه طرح عمرانی در مورد تأمین آب می‌تواند مورد تهدید ماسه‌های روان قرار گیرد(نگارش و حیدری نسب، ۱۳۸۶: ۷).

شکل ۱۹: انباشت ماسه در رودخانه‌ی سیستان (سد کُهک)

شکل ۲۰: انباشت ماسه در کانال شمال روستای قلعه‌کنگ

۴-۴-۵- تأثیر ماسه‌ها بر راه‌های ارتباطی

از مهم‌ترین اثرات ماسه بر جاده‌ها را می‌توان به گذر یا انباشت ماسه بر روی جاده، اختلال در عبور و مرور، فرسایش حاشیه و زیرسازی، علائم و تابلوها و خط‌کشی‌های جاده اشاره کرد. انباشت ماسه در جاده‌های منطقه ناشی از:

www.SID.ir

Archive of SID

- **هم‌سطح بودن جاده با اراضی اطراف**

پوشش درختی یا درختچه‌ای حاشیه شمالی جاده‌هایی که محل گذر ماسه‌های روان است، موجب تشکیل نبکا و پیشروی زبانه‌ی ماسه‌ای ناشی از آن بر روی جاده‌ها باشد. از جاده‌هایی که معمولاً در طول سال، محل انباشت ماسه بوده و در عبور و مرور اشکال ایجاد می‌کند جاده‌ی روستاهای عباس‌رستم، دهنو سردار و طلفک است.

۴-۴-۶- تأثیر ماسه‌ها بر منابع آب

پرواضح است که در خشک‌سالی‌های اخیر، حیاتی‌ترین منبع آب دشت سیستان، مخازن آبی چاه‌نیمه است. بررسی‌ها حاکی است این مخازن که تأمین‌کننده‌ی آب شرب و کشاورزی ۸ شهر و ۹۳۶ روستای منطقه‌ی سیستان و آب شرب شهرهای ۹۰۰۰۰۰ نفری زاهدان و زرنج افغانستان است، مورد تهدید ماسه‌ها قرار دارند؛ که اگر از هجوم ماسه‌های روان به این مخازن جلوگیری نشود، موجودیت این منبع آب بسیار حساس به خطر خواهد افتاد و زندگی مردم با مشکل مواجه می‌شود. چاه‌نیمه‌های ۱ و ۲ که در جنوب کانون نیاتک قرار دارند، در معرض ماسه‌هایی هستند که از بخش‌های شمالی رودخانه به سمت جنوب حرکت می‌کنند و ماسه‌هایی که در کانون جزینک به سمت جنوب جابه‌جا می‌شوند، نهایتاً وارد چاه‌نیمه چهارم می‌شوند (شکل ۳).

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱- بررسی‌ها حاکی است که منشأ ماسه‌های کانون‌های بحرانی، بستر خشک رودخانه‌های منطقه است. خروج ماسه‌ها از بستر رودخانه‌ها و جابه‌جایی آن‌ها بر روی خاک اراضی مرتعی یا اراضی زراعی رها شده، موجب ایجاد چاله در اراضی و تولید ماسه بیش‌تر می‌گردد.

۲- تحلیل رگرسیونی همبستگی بین پارامترهای ژئومورفیک و سرعت جابه‌جایی برخان‌ها با نرم‌افزار SPSS نشان داد که به‌جز طول برخان‌ها که رابطه‌ی معکوسی با میزان جابه‌جایی‌شان دارد، بین بقیه‌ی پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها با میزان جابه‌جایی‌شان، رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد؛ که دلیل آن هم می‌تواند وجود عوارض انسانی از قبیل مساکن، جاده‌ها، کانال‌ها، درختان و اراضی کشاورزی زیر کشت یا رها شده‌ای است که می‌توانند در سرعت باد و پتانسیل رسوب‌دهی اراضی (با کاربری‌های مختلف) تغییر ایجاد کنند. در نتیجه، تغییر در اندازه‌های مورفومتریک برخان‌ها، می‌تواند در میزان جابه‌جایی‌شان تأثیرگذار باشد.

۳- میزان جابه‌جایی برخان‌ها در دشت سیستان در مدت ۵ ماه اردیبهشت تا شهریور بین ۴۷/۹ تا ۷۹ متر است؛ که در مقایسه با برخان‌های بین جده و اللیته عربستان با میزان جابه‌جایی ۹/۹ تا ۱۶/۵ متر در سال(نگارش و لطیفی، ۱۳۸۷: ۵۸) یا در بیابان تکله‌مکان با میانگین جابه‌جایی ۷/۲۹ و ۵/۵۶ متر به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳(Dong et al., 2000: 219) و برخان‌های ارگ یزد با ۱۷ متر جابه‌جایی در سال ۱۳۸۳(اختصاصی، ۱۳۸۳: ۵) و ۱۲ تا ۶۲ متر در طی ۷ سال در جنوب غرب سبزوار(Amirahmadi et al., 2014: 120) بسیار بالاست که مخاطرات فراوانی را ایجاد می‌کند.

۴- در سیستان به دلیل بالا بودن سرعت باد، برخان‌ها کم ارتفاع‌اند.

۵- از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر جابه‌جایی ماسه‌های روان در سطح دشت سیستان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- وزش مداوم بادهای شدید ۲- ویژگی‌های ژئومورفیک دشت سیستان ۳- خصوصیات خاک منطقه ۴- خشک‌سالی‌های متوالی ۵- فقر پوشش گیاهی

۶- جابه‌جایی ماسه‌های روان در سطح سکونتگاه‌های منطقه، موجب ایجاد مخاطرات برای سلامت جسمی و روانی ۳۴۰۰۰ نفر از اهالی که در ۲ شهرک و ۶۵ روستا ساکن‌اند، می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۷- جابه‌جایی ماسه‌ها به سمت جنوب و جنوب شرق رودخانه‌های نیاتک و سیستان موجب می‌شود تا روستاهای شرق شهر زهک، غرب دهستان جزینک و نیز چاله‌های چاه نیمه دائماً در معرض ماسه‌های روان باشند.

۸- از دیگر مخاطرات ماسه‌ها، تخریب مساکن و مدفون شدن روستاها، چاله شدن یا انباشته شدن ماسه در اراضی، تهدید تأسیسات زیربنایی است؛ از قبیل جاده‌ها، آبراه‌ها و به‌ویژه مخازن چاه‌نیمه که منبع حیات منطقه‌اند.

هر اقدامی برای کاهش خطر کم‌هزینه‌تر از اقداماتی است که برای بهبود وضعیت بعد از خطر صورت می‌گیرد (مقیمی، ۱۳۹۳: ۱۶۰). طبق آمارهای موجود، ماسه‌های روان ۳۲/۵ میلیون هکتار از اراضی طبیعی کشور را تهدید می‌کنند. حرکت ماسه‌های روان ۷۰۰ میلیارد ریال به تأسیسات زیربنایی ۱۷ استان خسارت وارد نموده است(فتح‌زاده و هزارخوانی، ۱۳۸۹: ۱۸۶). لذا جهت کاهش خسارات، راهکارهای ذیل پیشنهاد می‌گردد:

۱- درخواست حقآبه‌ی رودخانه‌ی هیرمند از دولت افغانستان و مدیریت بهینه‌ی آب در دشت سیستان.

۲- استفاده‌های مختلف از ماسه‌ها (ساخت آجر ماسه‌ای، توسعه‌ی گردشگری و ورزش‌های ساحلی و...).

۳- برگزاری کلاس‌های آموزشی در خصوص اثرات خشک‌سالی و فرسایش بادی برای اهالی مناطق تحت تأثیر.

۴- احداث دیوار یا بادشکن به‌منظور انحراف در جهت حرکت ماسه‌ها به خارج از محدوده‌ی روستاها.

۵- اجرای طرح‌های تثبیت ماسه‌ها (احداث بادشکن، مالچ پاشی، نهال‌کاری، بذرپاشی، پخش سیلاب) جهت جلوگیری از ورود ماسه‌ها به اراضی زراعی و مخازن چاه‌نیمه به‌عنوان تنها منبع آب منطقه.

۶- جلب مشارکت اهالی در اجرا و نگهداری طرح‌های تثبیت ماسه.

۷- ساخت جاده و کانال‌های آب‌رسانی با فاصله از سطح زمین در مناطق گذر ماسه‌ها.

۶- قدردانی

بدین‌وسیله از راهنمایی‌های بی‌دریغ اساتید ارجمند، آقایان دکتر امیر کرم، حسین نگارش و احمد پهلوانروی و نیز از زحمات جناب آقای محمد عابدینی تقدیر و تشکر می‌شود.

۷- منابع

۱- احمدی، حسن (۱۳۸۵). ژئومورفولوژی کاربردی جلد ۲ بیابان-فرسایش بادی (چاپ دوم)، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۲- اختصاصی، محمدرضا (۱۳۸۳). بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد- اردکان و تعیین شاخص‌های این فرآیند جهت کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی، رساله‌ی دکتری آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳- ایمانی، رسول، عبدالهی، مهدی، ولی، عباسعلی، آلبوعلی، علی (۱۳۹۲). بررسی تغییرات مورفومتری تپه ماسه‌ای با استفاده از روش سنجش‌ازدور (مطالعه‌ی موردی: جنوب شرقی عشق‌آباد)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، دوره‌ی ۲، شماره‌ی ۳ صص ۱۴۰-۱۲۹.

۴- اصغری لفمجانی، صادق، نادریان‌فر، مهدی (۱۳۹۴). تحلیل فضایی اثرات ماسه‌های روان در روستاهای شهرستان هیرمند، آمایش جغرافیایی فضا، دوره‌ی ۵، شماره‌ی ۱۸، صص ۳۰-۱۷.

۵- جوندا، جو و، لیو شو و دی زین مین (۱۳۷۵). بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی در چین، ترجمه‌ی مسعود عباسی، تهران: انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

۶- حافظی مقدس، ناصر، سلوکی، حمیدرضا، جلیلوند، رضا، رهنما راد، جعفر (۱۳۹۱). مطالعه ژئومورفولوژی مهندسی رودخانه‌ی سیستان، فصلنامه‌ی زمین‌شناسی کاربردی، دوره‌ی ۸، شماره‌ی ۱، صص ۱۸-۱.

۷- حیدری نسب، مهدی (۱۳۸۶). نقش باد در ایجاد لندفرم‌های بادی در منطقه‌ی نیاتک سیستان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده‌ی جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

www.SID.ir

Archive of SID

۸- رحیمی هرآبادی، سعید (۱۳۹۰). خطر ژئومورفولوژی دره‌ی سفیدرود و اثر آن در توسعه‌ی شهر رودبار، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران.
۹- رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۳). فرسایش بادی و کنترل آن (چاپ سوم) تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰- سرگزی، حسین (۱۳۸۴). منشأیابی و ارزیابی شدت و خسارات تپه‌های ماسه‌ای بیابان نیاتک سیستان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشکده‌ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۱۱- فتح‌زاده، علی و نجیمه هزارخوانی (۱۳۸۹)، معرفی پلیمر پلی لاتیس در تثبیت ماسه‌های روان، در: عظیم‌زاده، حمیدرضا، دومین همایش ملی فرسایش بادی و توفان‌های گردوغبار، انتشارات کنکاش.
۱۲- لایتی، جولی (۱۳۹۱). بیابان‌ها و محیط‌های بیابانی. ترجمه ابوالقاسم گورابی (چاپ اول)، تهران: انتشارات نشر انتخاب.
۱۳- لطیفی، لیلا (۱۳۸۵). بررسی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در طی خشک‌سالی اخیر در شمال و شرق دشت سیستان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه آزاد واحد مشهد.
۱۴- مظفریان، ولی‌الله (۱۳۸۳). بررسی پوشش گیاهی سیستان، سبزینه شرق، سال چهارم، شماره‌ی پنجم، صص ۲۵-۱۹.
۱۵- مقصودی، مهران، نگهبان، سعید، باقری سید شکری، سجاد (۱۳۹۳). تحلیل مورفومتری پیکان ماسه‌ای حاصل از گونه خارشتر در غرب دشت لوت (شرق شهداد)، کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، دوره‌ی ۲، شماره‌ی ۳، صص ۲۰-۱.
۱۶- مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۳). دانش مخاطرات (برای زندگی با کیفیت بهتر و محیط پایدارتر) تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۷- مهندسین مشاور ساز آب شرق (۱۳۸۲). مطالعات شناسایی منشأ، جهت جریان و محل‌های رسوب‌گذاری ماسه‌های روان، شرکت سهامی منابع آب‌وخاک سیستان.
۱۸- مهندسین مشاور سامانه‌ی فرآیندهای محیطی(۱۳۸۱). طرح مطالعات تفصیلی اجرایی بیابان‌زدایی بخشی از هامون، اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان.
۱۹- مهندسین مشاور ورزبوم (۱۳۷۵). مطالعات توجیهی مدیریت منابع تجدیدشونده قسمتی از حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی هیرمند، وزارت جهاد کشاورزی.
۲۰- نگارش، حسین و لیلا لطیفی (۱۳۸۷). تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشک‌سالی‌های اخیر، جغرافیا و توسعه، دوره‌ی ۶، شماره‌ی ۱۲، صص ۶۰-۴۳.
۲۱- نگارش، حسین و مهدی حیدری نسب (۱۳۸۶). خشک‌سالی اخیر و پیامدهای آن در منطقه‌ی سیستان، همایش منطقه‌ای خشک‌سالی- بیرجند، صص ۱۰.
22- Al-Bassam, A. M., Zaidi, F. K,. Hussein, M. (2014). Natural Hazards in Saudi Arabia, Extreme Natural Hazards, Disaster Risks and Societal Implications. Britannia: Cambridge University Press.
23- Ayala, A., Goudie, (2014). Geomorphological Hazards and Disaster Prevention. Britannia: Cambridge University Press.
24- Amirahmadi, A., Aliabadi, K. & Biongh, M (2014). Evaluation of Changes in Sand Dunes in Southwest of Sabzevar by Satellite Images, International Journal of Scientific & Technology Research.
25- Dong, Zh., Wang, X., Chen, G (2000). Monitoring sand dune advance in the Taklimakan Desert, Geomorphology, Elsevier.
26- 26- Gutierrez, Mateo (2005). Climatic Geomorphology, Elsevier.

www.SID.ir