

## آنالیز شیمیایی رسوبات بادی شرق سیستان با استفاده از تحلیل فرایندهای رسوبگذاری

مهدی جدیدالاسلامی قلعه‌نو<sup>۱\*</sup>

۱- دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: Eslami2631@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹ تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

تاریخ دریافت:

چکیده

هدف از انجام این تحقیق تجزیه و تحلیل شیمیایی رسوبات بادی شرق سیستان با استفاده از تحلیل فرایندهای رسوبگذاری در دو کانون بحرانی شمال‌غربی چاه نیمه چهارم و شمال‌شرق زهک با وسعتی در حدود ۱۳۱۶۶ هکتار در جنوب شرقی زابل واقع در شمال استان سیستان و بلوچستان و جنوب شرق کشور ایران است. این عرصه قطاعی در جهت جنوب شرق به شمال غرب را شامل می‌شود که از نظر ژئومورفولوژی دارای ۲ واحد دشت‌سر و پلایا است. لذا از اهداف مهم این پژوهش ارائه راهکارهای مناسب برای به حداقل رساندن آسیب‌های ناشی از مخاطرات نهشته‌های بادی و خسارات آن و نیز بررسی و شناسایی مخاطرات ناشی از نهشته‌های بادی، در بخش‌های تأسیسات، کشاورزی، جاده‌ها و خسارات وارده به منطقه است. در جنوب شرق اشکال فرسایش بادی به شکل بارخان، بارخان‌های عرضی، سیف و سیلک وجود دارند. برای تعیین منشأ این تپه‌ها از روش منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای بهره‌گیری و بر اساس آن طی دو مرحله جهت‌یابی و مکان‌یابی استفاده شد. با توجه به بررسی نقشه‌ها و مشاهدات میدانی مشخص شد که منشأ ماسه‌ها بستر خشک رودخانه‌های منطقه است. روش‌شناسی پژوهش: روش انجام تحقیق در این پژوهش، مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی، بررسی عکس‌های هوایی، بررسی تصاویر ماهواره‌ای با دوره‌های زمانی مختلف، بررسی مورفولوژی عمومی و بادهای منطقه (۲۰ روزه) و مکان‌یابی به لحاظ مطالعه ژئومورفولوژی منطقه، نمونه‌برداری از رسوبات (رسوب‌شناسی و ترسیم نمودارهای مربوطه) و مطالعات آزمایشگاهی (آزمایشات XRD دیفراکسیون اشعه ایکس و "XRF فلورسانس اشعه ایکس"، آزمایشات گرانولومتری، مورفوسکوپی و تعیین پارامترهای آماری)، پس از انجام آزمایشات مربوطه، تحلیل مقایسه‌ای و روش تجزیه و تحلیل داده‌ها صورت خواهد پذیرفت. در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، نرم‌افزارهای رایانه‌ای از جمله ENVI و GIS استفاده شد. یافته‌ها: نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که جهت باد غالب و جهت انتقال ماسه عموماً شمال غربی به جنوب شرقی است که با مرکزیت تپه‌های ماسه‌های موجود و بادهای ۱۲۰ روزه بیشترین اثر را در منطقه داشته است. نتیجه‌گیری: مخاطرات ناشی از جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در سطح روستاها شامل تهدید سلامت اهالی، مدفون شدن روستاها، تخریب خاک و زیرساخت‌های عمومی و غیره 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 جابجایی ماسه‌ها در سطح دشت سیستان و ورود به مخازن چاه‌نیمه نقش دارد. کلمات کلیدی: "دشت سیستان"، "نهشته‌های بادی"، "چاه نیمه چهارم"، "فرایندهای رسوبگذاری"

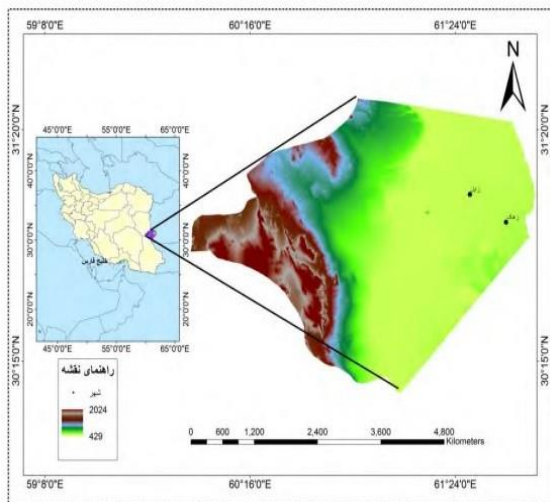
### ۱- مقدمه

پوشش گیاهی و جانوری، آلودگی و ناامنی حوادث طبیعی خطرناک‌اند (رحیمی هرآبادی، ۱۳۹۰). فعال و پویا بودن تپه‌های ماسه‌ای باعث می‌شود تا جابه‌جایی ماسه‌ها به سمت سکونتگاه‌ها بیش‌ازپیش باشد و مخاطرات متعددی از قبیل تهدید سلامت اهالی، مدفون شدن روستاها، تخریب خاک و تأسیسات عمومی را ایجاد کند و سبب خسارات مالی، مهاجرت اهالی و درنهایت، فاجعه انسانی شود (جدیدالاسلامی، ۱۳۹۹). لذا به منظور برنامه‌ریزی اصولی برای رفع مشکل ضروری است تا منشأ ماسه‌ها، نقش پارامترهای مورفومتریکی تپه‌های ماسه‌ای در میزان

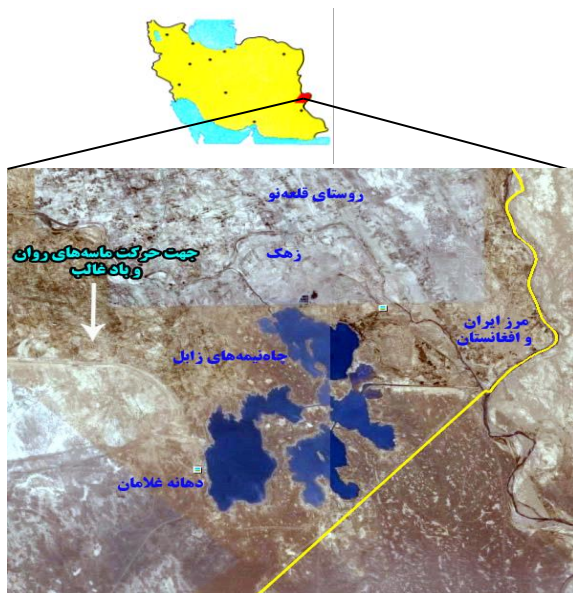
در مقیاس جهانی وقوع طوفان‌ها و سیلاب‌ها از جمله مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شوند (Vesterb et al, ۲۰۲۲), چنان‌که بیش‌ترین حوادث، ناشی از این دو مخاطره است (Yakshin and et al, ۲۰۲۲). منظور از مخاطرات، یعنی حوادثی طبیعی که به صورت بالقوه موجب ایجاد خطر برای انسان و آنچه برای او ارزشمند است، می‌شوند. مخاطره، پتانسیل ایجاد خسارت دارد، برای سلامتی انسان، فعالیت انسانی، اقتصادی، آموزشی، خسارت به اموال، خسارت به محیط، از بین رفتن

آغاز دوره خشکسالی از سال ۱۳۷۵، حداکثر 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 نوبه خود موجب خشکی و گرمی بیش تر هوا می شود. در سیستان که از میانگین تبخیر سالانه ۴۶۰۰ میلی متر برخوردار است، مهم ترین عامل در افزایش تبخیر، وزش بادهای گرم و ممتد بر سطح دشت است که موجب خشک شدن منابع آب، اراضی و گیاهانی می شود که می توانند سطح خاک را از گزند فرسایش بادی حفظ کنند. یکی از بلایای طبیعی که هر ساله باعث خسارات زیادی به ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می شود، طوفان های ماسه ای است (امیدوار، ۱۳۸۵). طوفان های ماسه ای و گرد و خاک نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورها نیز موجب بروز خسارت های مالی و جانی فراوانی می شوند (Lin, ۲۰۲۰). که از آن جمله می توان به طوفان سیاه شمال چین که در سال ۱۹۹۳ باعث کشته شدن ۸۵ نفر و تخریب حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی شد (Youlin, ۲۰۲۱) و همچنین جابجایی سالانه حداقل ۱۶۱ میلیون تن خاک در کانادا (Squires, ۲۰۱۹) اشاره نمود. فعال و بویا بودن تپه های ماسه ای باعث می شود تا جابه جایی ماسه ها به سمت سکونتگاه ها بیش از پیش باشد و مخاطرات متعددی از قبیل تهدید سلامت اهالی، مدفون شدن روستاها، تخریب خاک و تأسیسات عمومی را ایجاد کند و سبب خسارت مالی، مهاجرت اهالی و در نهایت، فاجعه انسانی شود. لذا به منظور برنامه ریزی اصولی برای رفع مشکل ضروری است تا منشأ ماسه ها، نقش پارامترهای مورفومتریک تپه های ماسه ای در میزان جابه جایی آن ها تجزیه و تحلیل شده و با توجه به مسکونی بودن منطقه، مخاطرات ماسه ها شناسایی و جهت کاهش مخاطرات راهکار ارائه شود. پیش از این، پژوهش های متعدد صورت گرفته است از قبیل نهرست گری و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی و تحلیل طوفان های گرد و خاک وزیده شده از سال ۱۹۳۷-۱۹۹۹ در مغولستان پرداختند آن ها در ابتدا مبادرت به ترسیم نقشه طوفان های گرد و خاک نمودند و از این مطالعه نتیجه گرفتند که تعداد طوفان های گرد و خاک کم تر از ۵ روز در کوهستان های آلتای، خنتی، خانگایی اتفاق می افتد و در صحرای گبی و نواحی نیمه بیابانی تعداد طوفان ها در سال بین ۲۰-۳۷ مورد در سال اتفاق می افتد (Nehrestgry et al, ۲۰۰۲). پاتریک پیز و همکاران با مطالعه بر روی تپه های ماسه ای و شناسایی مسیر انتقال آن ها با استفاده از داده های لندست TM در کشور عمان بدین نتیجه رسیدند که این داده های

جابه جایی آن ها تجزیه و تحلیل شده و با توجه به مسکونی بودن منطقه، مخاطرات ماسه ها شناسایی و جهت کاهش مخاطرات راهکار ارائه شود. تپه های ماسه ای در قلمرو فرآیند بادی از پویاترین عارضه های ژئومورفیک سطح زمین به شمار می روند که از یک سو متأثر از ویژگی های سرعت، جهت و فراوانی باد و از سوی دیگر متأثر از ویژگی های سطح زمین و مواد رسوبی اند (عباس نژاد و ذهاب نوری، ۱۳۹۱). نتایج مطالعات در مقیاس: ۱:۲۵۰۰۰۰ نشان می دهد که تپه های ماسه ای ایران شامل ۱۱ دریا شن و ۳۹ میدان تپه ای است که تقریباً ۱/۱ میلیون هکتار را پوشش می دهد (Abbasi et al., ۲۰۱۹). طوفان های شن و ماسه یکی از پدیده های مهم جوی هستند که در بسیاری از بیابان ها و مناطق خشک دنیا گسترش دارند و در سال های اخیر توجه زیادی به آن ها شده است و همه ساله این حوادث، خسارات و تلفات فراوانی در تمام نقاط دنیا به وجود می آورد. مطالعات انجام شده نشان می دهد که ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی و حرکت تپه های ماسه ای قرار دارند (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۵). طبق آمارهای موجود، ماسه های روان ۳۲/۵ میلیون هکتار از اراضی طبیعی کشور را تهدید می کنند (فتح زاده و هزارخوانی، ۱۳۸۹). منطقه سیستان با میانگین تعداد ۱۲۸/۷ روز در سال طی یک دوره پنج ساله (۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰) رتبه دوم وقوع طوفان های ماسه ای در قاره آسیا را داراست. این منطقه یکی از مراکز تولید طوفان است که در آن به طور متوسط سالانه بیش از ۷۰ روز طوفان های گرد و غبار وجود دارد. (Washington et al, ۲۰۱۸). شدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه در منطقه به حدی است که با ایجاد غلظت گرد و غبار در آسمان و هجوم ماسه های روان در سطح زمین هرگونه فعالیت را از انسان سلب و اختلالاتی را در وضع عمومی به وجود می آورد (سلیقه، ۱۳۸۲) و گاهی چاله هایی به عمق ۲ تا ۳ متر و عرض ۶ تا ۹ متر ایجاد می کنند (نورزهی، ۱۳۷۲). در سال های اخیر به علت خشکسالی ناشی از قطع آب رودخانه هیرمند به سیستان و وزش بادهای موسمی ۱۲۰ روزه برداشت رسوبات از بستر دریاچه های خشک آغاز شده که نتیجه آن بروز طوفان های شن و ماسه در زمین و آسمان منطقه و سپس ترسیب آن در نهرها، اراضی کشاورزی و منازل مسکونی و سبب ایجاد خسارات جبران ناپذیر شده است. در منطقه سیستان، شدیدترین بادهای در نیمه اول سال (در مدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه) و ضعیف ترین آن در نیمه دوم سال می وزد. سهم عمده سرعت وزش باد، (۹۳/۵ درصد در ایام وزش بادهای ۱۲۰ روزه) است. با



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان سیستان و بلوچستان و مدل رقومی ارتفاع (منبع: نگارنده، ۱۴۰۲)



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بر اساس تصاویر ماهواره‌ای (منبع: گوگل ارث)

#### روش پژوهش

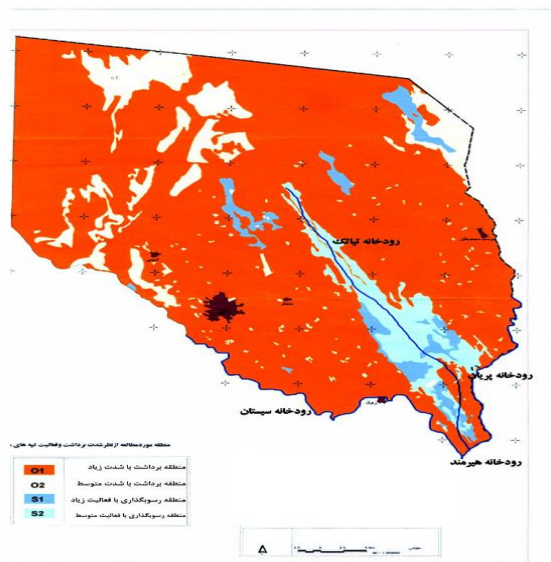
جهت انجام این پژوهش ابتدا با مشاهدات مستقیم صحرایی و عملیات میدانی، جهت تعیین مناطق برداشت، از مناطق حمل و مناطق برداشت احتمالی، نمونه‌برداری به عمل آمد و بر اساس ویژگی‌های کانی‌شناسی و بررسی ارتباط ژنتیکی نمونه‌ها منشاء اولیه رسوبات مورد بررسی قرار گرفت. به منظور شناسایی مناطق برداشت، از محل انباشت ماسه‌ها، از نقاط مختلف از مناطق احتمالی برداشت، نیز نمونه‌برداری به عمل آمد و ارتباط ژنتیکی (خواص مشابه) مناطق سه‌گانه (برداشت، حمل و رسوب‌گذاری) از طریق آنالیز فیزیکی و شیمیایی رسوبات و تحلیل

ماهواره‌ای در تفسیر و شناخت ژئومرفیک بیابان، محیط‌های رسوب‌گذاری بادی به لحاظ کانی‌شناسی رسوبات و بسط و گسترش شناخت کانی‌شناسی ماسه‌ها از حالت نقطه‌ای (نمونه‌برداری نقطه‌ای) به حالت سطحی بسیار مفید و مؤثر است (Pease et al, ۲۰۱۴). گودی و میدلتون (۲۰۰۲) نیز در زمینه طوفان‌های شمال آفریقا (صحرا) و اثرات آن پژوهش‌های را به انجام رسانده‌اند و محدوده اثرگذاری گردوخاک ناشی از این طوفان‌ها را تعیین نمودند که تا نواحی مرکزی اروپا و حتی انگلستان گردوغبار گسترش یافته است (Goody and Midelton, ۲۰۱۹). هدف این مطالعه، بررسی روند تغییرات تپه‌های ماسه‌ای دشت سیستان و پیشنهاد برخی از راه‌حل‌ها برای کاهش حرکت تپه‌های ماسه‌ای و به نوبه خود، کاهش اثرات مخرب آن در زندگی ساکنین منطقه است. با توجه به اینکه از نتایج این پژوهش می‌توان برای کاهش اثرات منفی فعالیت‌های بادی بر زندگی ساکنین منطقه علی‌الخصوص سکونتگاه‌ها استفاده نمود لذا پژوهش از نوع کاربردی و نتایج این بررسی می‌تواند در ایجاد استراتژی مدیریت پیشگیری از خسارت و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی موجود به عنوان بخشی از عوامل ایجاد و تشدید بحران آب کاربرد داشته باشد.

#### ۲- روش انجام تحقیق

- محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب 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 در محدوده جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۵ دقیقه طول جغرافیایی شرقی واقع شده است (شکل ۱ و ۲). سیستان جلگه‌ای است که شاه‌رگ حیاتی آن رودخانه معروف هیرمند است. مساحت این دشت ۱۵۱۹۷ کیلومترمربع است که ۵۵۶۰ کیلومترمربع آن را دریاچه هامون و اراضی مشرف به دریاچه هامون تشکیل می‌دهد. حوزه سیستان بخشی از حوزه بسیار بزرگ رودخانه هیرمند بوده که حدود ۱۵ هزار کیلومترمربع وسعت دارد و سیستان تنها ۵ درصد آن را تشکیل می‌دهد. مشخصه کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، جابه‌جایی و انباشت ماسه‌هاست، از این رو سیستان دارای سه کانون بحرانی فرسایش بادی است که عبارت‌اند از: نیاتک، جزینک و تاسوکی-شیله که در مجموع سطحی معادل ۲۵۲۴۵۳ هکتار را دربر گرفته‌اند (مهندسین مشاور سامانه فرآیندهای محیطی، ۱۳۸۱).



شکل ۳: منطقه مورد مطالعه از نظر شدت و فعالیت تپه‌های ماسه‌ای

### • بررسی تغییرات کاربری اراضی

برای بررسی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. به منظور تهیه تصاویر ماهواره‌ای با تجزیه و تحلیل مقادیر شاخص جریان رودخانه‌ای (SDI) از تصاویر مربوط به سال‌های عدم وقوع (۲۰۰۴) و وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک (۲۰۲۰) استفاده شد (جدول ۲). با توجه به زمان ورود جریان‌های سیلابی به منطقه سیستان و نیز مراحل فنولوژیکی گیاهی در این منطقه از تصاویر مربوط به ماه آوریل استفاده شد (خوارزمی و همکاران، ۲۰۱۶). به منظور آماده‌سازی و پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای با توجه به اینکه این تصاویر از قبل از زمین مرجع بوده و RMSE آن‌ها کمتر از ۰/۵ پیکسل است (۰/۴۲)، از مرحله تصحیح هندسی در این تحقیق صرف‌نظر و تصحیحات رادیومتری و اتمسفری بر روی تصاویر صورت گرفت (کیانی و همکاران، ۲۰۱۳). برای طبقه‌بندی تصاویر از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده شد. در این طبقه‌بندی با استفاده از یک سری نمونه‌های آموزشی تعلیمی بر اساس روش حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. در تعیین نمونه‌های تعلیمی از نقاط برداشت‌شده طی عملیات میدانی برای شرایط کنونی منطقه (تصویر سال ۲۰۲۰) و از نقشه‌های موضوعی و تفسیر چشمی برای بهره‌گیری از تجارب کارشناسان برای شرایط گذشته (سال ۲۰۰۳) با پراکنش مناسب در سطح تصاویر استفاده شد. برای تعیین نمونه‌ها از ابزار ROI در نرم‌افزار ENVI استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی صورت گرفته ضریب کاپا برای هر یک از تصاویر مورد استفاده بر اساس معادله زیر برآورد شد (حیدری زاده و محمدی، ۲۰۱۶).

فرایندهای رسوب‌گذاری مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از پارامترهای آماری و روش تجزیه و تحلیل داده‌ها (در تجزیه و تحلیل داده‌ها یک بعد کمی وجود دارد که آن محاسبات آماری خاص است و یک بعد کیفی که آن، تحلیل‌ها، استدلال‌ها و استنتاج‌هایی است که بر نتایج محاسبات آماری صورت می‌پذیرد تا بتوان در نهایت آن را به جامعه آماری تعمیم داد) بررسی آماری صورت پذیرفت.

### • داده‌های مورد استفاده در پژوهش

به منظور انجام این تحقیق، داده‌ها و آمار زیر مورد استفاده قرار گرفته است. این داده‌ها به صورت سنجش‌ازدور، آماری، کتابخانه‌ای و برخی دیگر به صورت برداشت میدانی و آزمایشگاهی می‌باشند. برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه به صورت رقومی، از نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه‌شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور استفاده شده است بنابراین با توجه به موارد ذکر شده برای تهیه نقشه زمین‌شناسی این حوضه به صورت رقومی از یکسری نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ استفاده شده است. در جدول ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه بیان شده است.

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

| ایستگاه | نوع ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع |
|---------|-------------|---------------|---------------|--------|
| زابل    | سینوپتیک    | ۶۱°۲۹'        | ۳°۰۳'         | ۴۸۹    |
| زهدک    | سینوپتیک    | ۶۱°۴۱'        | ۳°۰۵'         | ۴۹۵    |
| هیرمند  | خودکار      | ۴۸°۶۱'        | ۰۸°۳۱'        | ۴۹۲    |
| هامون   | خودکار      | ۲۷°۶۱'        | ۰۱°۳۰'        | ۴۷۳    |

### ۳- یافته‌ها و نتایج

#### • تحلیل بررسی منطقه از نظر برداشت و فعالیت تپه‌های ماسه

همان‌گونه که در شکل (۳) به نظر می‌رسد منطقه مورد مطالعه به لحاظ برداشت و فعالیت تپه‌های ماسه‌ای به شرح ذیل است: واحد Q۱ منطقه برداشت با شدت زیاد، واحد Q۲ منطقه برداشت با شدت متوسط، واحد S۱ منطقه رسوب‌گذاری با فعالیت زیاد و واحد S۲ منطقه رسوب‌گذاری با فعالیت متوسط است.

مرحله حمل و موقتی بوده و ممکن است پس از وقوع یک طوفان شدید مشکل انسداد جاده برطرف شود؛ بنابراین برای برآورد خسارات ابتدا پس از تهیه نقشه منطقه مورد مطالعه و شناسایی منابع در معرض خطر برای به دست آوردن درجه آسیب پذیری و ضرایب مربوطه ضمن مراجعه به ادارات و سازمان های مربوطه هزینه های تحمیل شده بر هر واحد از عناصر طی یک سال (در صورت وقوع خسارت) برآورد و به هر یک از عناصر ضریب مربوطه تعلق گرفت و آنگاه بر اساس کلاس های شدت خطر نقشه پتانسیل خسارت در ۵ کلاس تهیه و به کمک GIS نقشه بندی گردید. در جدول (۴) و (۵) نحوه برآورد خسارات و در جدول (۶) میزان کل خسارات بر اساس رخساره های مختلف ارائه شده است.

جدول ۴- نحوه برآورد خسارت ناشی از فرسایش بادی

| عناصر در معرض خطر | نحوه برآورد خسارت (هزینه باز یابی منابع)                                | واحد    | میزان خسارت در واحد (هزار ریال) |
|-------------------|---|---------|---------------------------------|
| اماکن مسکونی      | متوسط هزینه ماسه رویی سالانه، خسارت تخریب دیوار                         | واحد    | ۲۵۰۰                            |
| جاده ها           | متوسط هزینه ماسه رویی، نصب علائم خط کشی و ترمیم آسفالت یا تسطیح جاده    | کیلومتر | ۵۳۰۰                            |
| انهار و کانال ها  | هزینه لایروبی سالانه  | کیلومتر | ۷۲۵۰                            |
| اراضی زراعی       | خسارت عدم کشت بر اساس متوسط تولید محصول عمده (گندم) و گاهاً هزینه تسطیح | هکتار   | ۸۷۷۵                            |
| مراعات            | هزینه بوته کاری مراقبت و آبیاری، ضرر تولید سالانه مرتع                  | هکتار   | ۲۷۲۹                            |
| جنگل ها           | هزینه جنگل کاری، مراقبت و آبیاری  | هکتار   | ۳۶۳۰                            |

جدول ۵- کل خسارات پتانسیل ناشی از فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه

| عناصر در معرض خطر | واحد    | میزان      | خسارت (میلیون ریال) |
|-------------------|---------|------------|---------------------|
| اماکن مسکونی      | واحد    | ۹۵۳۴       | ۱۴۲۰۱               |
| جاده ها           | کیلومتر | ۴۳۶/۷۵     | ۱۸۷۸/۰۳۵            |
| انهار و کانال ها  | کیلومتر | ۴۲۱/۷      | ۲۶۳۵/۶۲۵            |
| اراضی زراعی       | هکتار   | ۲۱۳۴۳/۳۳۷۴ | ۶۲۶۸/۵۶۹۸           |
| مراعات            | هکتار   | ۱۱۹۲۰/۰۷۳۳ | ۲۰۶۰/۸۰۶۷           |
| جنگل ها           | هکتار   | ۳۰۲۷۰/۴۹۶۰ | ۴۹۴۰/۹۰۸۴           |

نرخ سازگاری ۰.۰۴ \* ۱۰۰ = po-pc / ۱-pc kappa=

که در این معادله، po درستی مشاهده شده و pc توافق مورد انتظار است. با طبقه بندی تصاویر و تهیه نقشه کاربری اراضی به منظور تعیین آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی از توابع cross tab در محیط Idris Selva استفاده شد.

جدول ۲- ویژگی های تصاویر ماهواره لندست مورد استفاده در تعیین کاربری اراضی

| ردیف | تاریخ میلادی  | تاریخ هجری شمسی | ماهواره               | سنجنده | اندازه پیکسل | تعداد باند |
|------|---------------|-----------------|-----------------------|--------|--------------|------------|
| ۱    | ۱۴/۲۸<br>۲۰۰۴ | ۱۳۸۳/۲/۹        | Land sat <sup>v</sup> | ETM    | ۲۸/۵         | ۸          |
| ۲    | ۱۴/۲۵<br>۲۰۲۰ | ۱۳۹۹/۲/۶        | Land sat <sup>v</sup> | OLI    | ۳۰           | ۱۱         |

#### • محاسبه تحرک تپه های ماسه ای (شاخص لنکستر)

با استفاده از شاخص اقلیمی تحرک تپه های ماسه ای و محاسبه شاخص لنکستر، میزان فعالیت تپه های ماسه ای برآورد شد (جدول ۳). متوسط شاخص تحرک تپه های ماسه ای (شاخص لنکستر) ایستگاه های سینوپتیک زابل نشان می دهد که تنها در زهک با بیشینه شاخص لنکستر، میزان فعالیت تپه های ماسه ای کاملاً فعال بوده است.

جدول ۳- شاخص لنکستر و داده های اقلیمی ایستگاه های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه (منبع: نگارنده، ۱۴۰۲)

| ایستگاه | درصد فراوانی بادهای فرساینده (w) | بارش (P) میلی متر | تبخیر و تعرق پتانسیل میلی متر | شاخص لنکستر (M) | میزان فعالیت تپه های ماسه ای |
|---------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|
| زابل    | ۱۳/۸                             | ۱۰۳               | ۱۱۶۴/۲                        | ۱۲۳/۲           | فعال                         |
| زهک     | ۱/۹                              | ۱۴۶               | ۱۲۲۹/۳                        | ۲۰۹/۷           | کاملاً فعال                  |
| هیرمند  | ۱۹/۴                             | ۸۵                | ۱۰۹۴                          | ۱۳/۳            | غیرفعال                      |
| هامون   | ۱/۱                              | ۱۱۴               | ۸۸۴/۲                         | ۷۹/۴            | فعال                         |

#### • خسارات تپه های ماسه ای

##### • خسارات پتانسیل

برای برآورد میزان خسارات تپه های ماسه ای ابتدا اقدام به برآورد نوع خسارات حاصل از تپه های ماسه ای گردید که ملاحظه شد تپه های ماسه ای به صور مختلف و غیر یکسان به منابع آسیب می رسانند. برای مثال نهشته های بادی در بستر آبراهه ها و مخازن آبی به گونه ای ترکیب می گردند که ماسه رویی آن نیازمند صرف مبالغ بسیار گزافی است اما رسوبات انباشته شده بر روی جاده ها و معابر عمدتاً در

در رفت و آمد و بیکاری مردم منطقه، مهاجرت و شده است، غیره که برخی از مشکلات در تصاویر تهیه شده از منطقه قابل مشاهده می باشد (شکل ۵).



شکل ۵- تصاویر تهیه شده از منطقه مورد مطالعه

#### ۴- رسوب شناسی

• کانی شناسی نمونه ها و بررسی ارتباط ژنتیکی عناصر

تپه های ماسه ای

کانی شناسی نمونه ها و بررسی ارتباط ژنتیکی بین آن ها می تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با شناسایی و کنترل دقیق مناطق برداشت در اختیار بگذارد. در کانی شناسی معمولاً باید به دنبال کانی هایی باشیم که شاخص یا نادر بوده و بیانگر پارامترهای مورفودینامیکی ویژه ای هستند به عنوان مثال وجود کانی های سنگین مثل روتیل و زیرکن در رسوبات نشان دهنده دور بودن منشأ و کانی های سبک مثل بیوتیت و مسکوویت و ژیسپ نشان دهنده محلی (نزدیک) بودن منشأ یا مناطق برداشت است. کانی شناسی ذرات بزرگتر از ۲۵۰ میکرون به صورت میکروسکوپی و ماکروسکوپی (چشمی) و کانی شناسی ذرات کوچکتر از ۶۴ میکرون (رس و لیمون) از طریق دیفراکسیون اشعه ایکس صورت گرفت که نشان می دهد بیشترین کانی ها به ترتیب کوارتز (۲۴/۳ درصد)، کانی های آهن دار (۱۵/۰۶ درصد) و کلسیت (۱۴/۹۱ درصد) می باشند. سایر کانی ها دارای درصد کمتری می باشند که میزان آن در جدول (۷) ذکر شده است. در پایان با تخمین نتایج به دست آمده ضمن معرفی نقاط منشأ اولویت عملیات مبارزه با فرسایش بادی در هر یک از رخساره ها تعیین می شود.

جدول ۷- نتایج کانی شناسی ماسه به روش میکروسکوپی

| درصد کانی در نمونه |         |              |      |        |           |        |       |
|--------------------|---------|--------------|------|--------|-----------|--------|-------|
| آلیت               | آمفیبول | کانی آهن دار | ژیسپ | پیزوسن | میکروکلین | کوارتز | کلسیت |
| ۷/۵                | ۲/۴۵    | ۱۹/۸         | ۰    | ۴/۸    | ۱۴/۸      | ۱۷/۵   | ۱۹/۸  |
|                    |         |              |      |        |           |        | ۶۵/۸۶ |

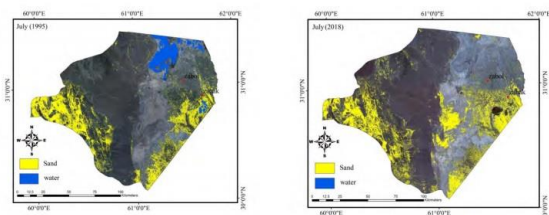
|        |           |
|--------|-----------|
| جمع کل | ۱۸۱۴/۹۳۵۱ |
|--------|-----------|

جدول ۶- فراوانی کلاس های شدت خسارت پتانسیل

| کلاس | میزان خسارت در هر هکتار در سال | مساحت    | درصد  |
|------|--------------------------------|----------|-------|
| I    | ۰-۱۰                           | ۱۱۳۹۹/۵۷ | ۱۲/۴۵ |
| II   | ۱۰-۱۰۰                         | ۵۳۲۳۶/۵۵ | ۵۸/۱۵ |
| III  | ۱۰۰-۲۰۰                        | ۱۳۶۲۲/۲  | ۱۳/۸  |
| IV   | ۳۰۰-۵۰۰                        | ۸۴۴۸/۰۸  | ۹/۲   |
| V    | ۸۰۰-۱۰۰۰                       | ۵۸۴۵/۶   | ۶/۴   |

• گسترش تپه های ماسه ای در منطقه مورد مطالعه

نقشه های گسترش تپه های ماسه ای حاصل از پردازش سنجده لندست برای تیر ماه که پرتلاطم ترین ماه از نظر وزش باد می باشد، در سال های ۱۹۹۵ و ۲۰۲۰ برای منطقه مورد مطالعه تهیه شدند (شکل ۴). در این تصاویر به روشنی پویایی تپه های ماسه ای در دو سال مختلف قابل مشاهده است. مهمترین عواملی که در میزان انتقال ماسه های بادی نقش عمده ای دارند باد، رطوبت، پوشش گیاهی می باشند. بدون شک عوامل متعددی باعث حرکت ماسه های روان در منطقه سیستان شده که با خشک شدن تالاب هامون به همراه باد ۱۲۰ روزه در فصول خشک که سرعت آن را بین ۱۱۰ تا ۱۷۰ کیلومتر در ساعت می باشد می توان آن ها را جز عوامل گسترش تپه های ماسه ای دانست. در این تصاویر گسترش تپه های ماسه ای با از بین رفتن تالاب هامون به خوبی قابل مشاهده می باشد. میزان گسترش تپه های ماسه ای از ۸ درصد در سال ۱۹۹۵ به ۱۲.۳ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده است.



شکل ۴- تصاویر تهیه شده گسترش شن از تصاویر لندست سمت راست (۲۰۲۰) و سمت چپ (۱۹۹۵)

بدون شک گسترش تپه های ماسه ای و خشک تالاب هامون باعث تخریب شدن و مدفون ساختن روستاها و آبادی ها در زیر ماسه و خاک، از بین بردن زمین ها و مزارع کشاورزی، مسدود شدن قنات ها و کانال های آبیاری، گسترش بیابان ها و نواحی خشک، ایجاد مشکلاتی

که در آن، Q اندیس کودفی کلاسمان و Q<sup>۷۵</sup> و Q<sup>۲۵</sup> به ترتیب ۷۵ و ۲۵ درصد قدر ذرات رسوب است. در این شاخص هرچه عدد به دست آمده کوچک تر باشد، منحنی منظم تر است (معتد، ۱۳۸۲: ۹۵).

اندیس قطر مؤثر (ضریب نامنظمی رسوب): جهت تعیین میزان تخلخل رسوبات از این شاخص به شرح زیر استفاده می شود.

$$I = Q_{60} / Q_{10} \quad (2)$$

در این رابطه اندیس تراکس و Q<sup>۶۰</sup> و Q<sup>۱۰</sup> و به ترتیب ۶۰ و ۱۰ درصد قطر ذرات رسوب است. هرگاه عدد به دست آمده از دو بزرگ تر باشد رسوبات منظم خواهد بود (موسوی حرمی، ۱۳۹۱).

اندیس تراکس: این شاخص برای بررسی پلاژهای دریایی، دریاچه‌ای و رودخانه‌ای بوده و از رابطه زیر به دست می آید:

$$Q_{75} / (Q_{50}) \times S_0 = Q_{25} \quad (3)$$

این رابطه S<sub>0</sub> اندیس تراکس و Q<sup>۷۵</sup> و Q<sup>۲۵</sup> و Q<sup>۵۰</sup> به ترتیب ۷۵ و ۲۵ و ۵۰ درصد قطر ذرات رسوب است (موسوی حرمی، ۱۳۹۱).

اندیس نظام یافتگی رسوب: این شاخص نحوه انتشار و اندازه دانه‌های رسوبی را نسبت به متوسط آن معلوم می‌دارد. این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta I = \delta_{84} - \delta_{16} / 4 + \delta_{95} - 5 / 6.6 \quad (4)$$

در این رابطه  $\delta$  شاخص نظام یافتگی رسوب،  $\delta_{84}$ ،  $\delta_{16}$ ،  $\delta_{95}$  به ترتیب ۸۴، ۱۶، ۹۵ و ۵ درصد قطر ذرات رسوبات است. در صورتی که عدد به دست آمده بین صفر تا ۰/۳۵ باشد رسوبات خیلی منظم، بین ۰/۳۵ تا ۰/۵۰ منظم، بین ۰/۷۱ تا ۱ منظم متوسط، بین ۱ تا ۲ نامنظم و بین دو تا ۴ بسیار نامنظم خواهند بود (معتد، ۱۳۸۲).

اندیس نامتقارنی: در این شاخص غلبه ذرات درشت و یا ریز در مجموعه رسوبی نسبت به متوسط اندازه دانه‌ها مشخص می‌شود که از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$\delta I = \delta_{84} - 2\delta_{50} / 2(\delta_{84}) - \delta_{16} + \delta_{95} - \delta_{16} + \delta_{50} + \delta_{95} \quad (5)$$

در رابطه فوق Ski اندیس نامتقارنی،  $\delta_{95}$ ،  $\delta_{84}$ ،  $\delta_{50}$  و  $\delta_{16}$  به ترتیب ۹۵، ۸۴، ۵۰، ۱۶ و ۵ درصد قطر ذرات رسوب است. عدد به دست آمده در صورت مثبت بودن فراوانی ذرات ریز و در صورت منفی بودن فراوانی ذرات درشت را نشان می‌دهد. همچنین در صورتی که عدد به دست آمده بین ۰/۳۰ تا ۱ باشد نامتقارنی شدید به طرف ذرات ریز، بین ۰/۱۰ تا ۰/۳۰ نامتقارنی متوسط به طرف ذرات ریز، بین ۰/۱۰ تا ۰/۳۰ دانه‌بندی نمونه و متقارن یا متعادل، بین ۰/۳۰ تا ۰/۱۰ نامتقارنی زیاد به طرف ذرات درشت و بین

|        |        |        |        |      |      |        |      |      |              |
|--------|--------|--------|--------|------|------|--------|------|------|--------------|
| ۷۷/۷   | ۱۶/۵   | ۱۹     | ۲۲/۷   | ۲/۴  | ۲/۴۵ | ۹/۸    | ۲/۳  | ۷/۲  | ۲            |
| ۱۸۳/۷۹ | ۱۹/۸   | ۳۴     | ۷/۴    | ۲/۴  | ۲/۴۸ | ۱۴/۸   | ۰    | ۰    | ۳            |
| ۱/۱۵   | ۲۱/۵   | ۳۴/۵   | ۴/۸    | ۴/۸  | ۰    | ۲۱/۵   | ۲/۳  | ۷/۲  | ۴            |
| ۱/۱۸   | ۷/۷    | ۱۹/۵   | ۱۲/۵   | ۱۲/۳ | ۰    | ۱۹/۸   | ۲/۴۵ | ۴/۹  | ۵            |
| ۱۸۳/۷۹ | ۱۶/۳   | ۳۷     | ۱۷/۸   | ۳/۲  | ۳/۳۳ | ۱۳/۳   | ۳/۵  | ۳/۲  | ۶            |
| ۸/۲    | ۱۲/۹   | ۲۸/۶   | ۲/۴    | ۲/۵  | ۴/۷  | ۲/۹    | ۲/۱  | ۳/۶  | ۷            |
| ۱/۳۸   | ۱۲/۵   | ۲۹/۵   | ۱۷/۳   | ۴/۸  | ۲/۴۸ | ۱۷/۴   | ۰    | ۲/۴  | ۸            |
| ۱/۲۵   | ۱۹/۸   | ۳۴/۵   | ۱۷/۳   | ۰    | ۰    | ۴/۸    | ۲/۴۵ | ۷/۴  | ۹            |
| ۷۷/۷   | ۸      | ۲۲/۵   | ۱۹/۷   | ۷/۲  | ۴/۹۵ | ۸      | ۲/۴۵ | ۴/۹  | ۱۰           |
| ۸۶/۴   | ۱۷/۴   | ۲۹/۵   | ۱۷/۳   | ۴/۹  | ۴/۹۵ | ۱۷/۴   | ۲/۴۵ | ۲/۴  | ۱۱           |
| ۹۵     | ۱۶/۸   | ۲۴/۵   | ۰      | ۷/۲  | ۰    | ۱۶/۸   | ۴/۹  | ۷/۵  | ۱۲           |
| ۱۸۶/۸۴ | ۱۸۲/۱۶ | ۱۷۱/۲۶ | ۱۵۷/۱۳ | ۴/۷  | ۲/۱  | ۱۸۵/۱۳ | ۲/۲۷ | ۴/۸۴ | میانگین<br>ن |

#### • بررسی تأثیر خصوصیات بافت رسوبی آبی و بادی شرق

زهک با استفاده از روش گرانولومتری به اندازه‌گیری قطر ذرات رسوبی و تعیین درصد وزنی آن‌ها دانه سنجی یا گرانولومتری گفته می‌شود (سعادت‌مند و همکاران ۱۳۹۲)؛ بنابراین جهت تحلیل رسوبات بادی و جریان آب سطحی و رژیم طغیانی رودخانه هیرمند و نیاتک در گذشته و زمان حاضر، اقدام به بررسی رسوبات بادی شرق زهک می‌شود. این فرآیند شامل سه مرحله برداشت میدانی، مرحله آزمایشگاهی و مراحل تحلیلی است. این مراحل در یک نوبت بررسی رسوبات شرق که در وضعیت کنونی و نیز بررسی رسوبات این منطقه در یک مقطع عرضی انجام شده و نتایج مورد تحلیل قرار گرفته است. همچنین به منظور شناخت بهتر از ویژگی‌های رسوبات برداشت شده در این منطقه، اقدام به محاسبه شاخص‌های رسوبی می‌شود که موارد زیر را شامل شده است:

اندیس کودفی کلاسمان (اندیس کرومبین): برای تعیین درجه منظم بودن یا نامنظم بودن رسوب از این شاخص استفاده شده که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = Q_{75} - Q_{25} / 2 \quad (1)$$

۰/۳۰- تا ۰/۱۰- نامتقارنی بسیار زیاد به طرف ذرات درشت دانه است (نگارش، فتوحی، سیستانی، ۱۳۹۳).

#### ۵- نتیجه گیری و پیشنهادها

مشکلات ناشی از فرسایش تشدید می‌شود و رسوب ناشی از آن، تنها به مشکلات درون منطقه‌ای در تخریب منابع طبیعی پایه مانند کاهش عمق و میزان مواد آلی خاک، تخلیه مواد مورد نیاز و در دسترس گیاه ختم نمی‌شود، بلکه مشکلات برون منطقه‌ای مانند رسوب‌گذاری در مزارع، دشت‌های سیلابی و مجموعه‌های آبی، افزایش گل آلودگی آبراهه‌ها، کاهش کیفیت آب، خسارت به آبزیان و اختلال در فرایند ژئومورفولوژیکی سیستم‌های رودخانه‌ای را نیز در برمی‌گیرد. (Collins et al, ۲۰۰۳ & Russell et al, ۲۰۰۳ & Zapata, ۲۰۰۱ & Collinset al, ۲۰۰۱ & Owens and Collins, ۲۰۰۶ & Juracek and Ziegler, ۲۰۰۹)؛ به طوری که طبق برآوردهای صورت گرفته، سالانه بیش از ۲۳ میلیارد تن خاک حاصل خیز زمین‌های زراعی از دسترس خارج می‌شود که این به معنی تخریب خاک موجود در جهان با نسبت هفت درصد در هر دهه است. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که بیش از یک ربع از خاک‌های جهان طی ۴۵ سال آینده حاصل خیزی خود را از دست دهند (Zapata, ۲۰۱۲). مخاطرات ناشی از جابجایی تپه‌های ماسه‌ای از حوادث استثنائی و تأسف باری است که همواره جوامع انسانی، گیاهی و به‌طور کلی اکولوژی محیط را دستخوش تغییرات شگرف قرار می‌دهد نتایجی که از تحقیق حاضر به دست آمده عبارت‌اند از: تجزیه و تحلیل مشاهدات باد در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی زابل، زهک، هامون، هیرمند در دوره اقلیمی مورد نظر نشان داد که مهم‌ترین بادهای غالب و تعیین‌کننده حرکت تپه‌های ماسه‌ای در دشت سیستان بادهای ۱۲۰ روزه هستند که با وزش خود از اواخر اردیبهشت‌ماه تا اوایل مهرماه نقش مهمی در حرکت رسوبات به درون مخازن آبی چاه نیمه دارند. با توجه به مطالعات میدانی، ۳ سه نوع رسوب در منطقه گسترده شده است. رسوبات دانه‌درشت در (جنوب شرق سیستان) رسوبات متوسط (بین رسوبات رودخانه و دریاچه) و رسوبات دانه ریزتر دریاچه‌ای، که هر چه از دریاچه دورتر می‌شویم رسوبات ریزتر می‌شوند. رسوبات ماسه‌بادی به دلیل قلت نزولات جوی، خشکی هوا، فقر پوشش گیاهی، ریزدانه بودن خاک و فعالیت باد شدید به سرعت جابجا می‌گردند.

منابع

ریزبافت 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 گردوخاک و ماسه فراهم شده است.

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 شود.

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. 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 به ویژه مخازن چاه نیمه که منبع حیات منطقه‌اند. همچنین عملیات میدانی در منطقه مورد مطالعه مشخص نمود، رسوبات بستر دریاچه‌های سه‌گانه هامون طی دوره خشکسالی به عنوان مهم‌ترین کانون‌های تغذیه طوفان‌های گردوغباری بوده که از این میان بستر خشکیده هامون پوزک نقش مهم‌تری در انتقال بیش‌تر رسوبات به داشته است. با توجه به بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و شدت آن و خشک بودن سطح دریاچه در فصل تابستان، فرسایش بادی در شمال چاه نیمه چهارم از شدت زیادی برخوردار است و باعث پراکندگی رسوبات و افزایش گردوغبار در سطح منطقه می‌شود. منشاء رسوبات موجود منطقه بر اساس نتایج تحقق بادهای فرساینده منطقه بوده که جهت شمال تا شمال غربی با زاویه ۳۳۰ تا ۳۶۰ درجه (باد ۱۲۰ روزه سیستان) دارند و مهم‌ترین رخساره‌های برداشت، اراضی رها شده، اراضی ماسه‌زار و عرصه‌های شور و پف کرده بستر دریاچه هامون و دشت‌های شمالی (کشور افغانستان) هستند. تفسیر نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های مختلف نشان می‌دهد که سرعت و جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای منطقه متناسب با باد غالب ۱۲۰ روزه و در جهت شمال غربی - جنوب شرقی است.

- احمدی، ح.، ۱۳۷۰. ژئومورفولوژی کاربردی. جلد دوم، بیابان - فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۳۹۶ صفحه ۵۷۰.



- اختصاصی، م، ر، دادفر، ص،، تجملیان، م،، شاه بندری، ر،، ۱۳۹۸. بررسی رابطه شاخص همگنی حمل ماسه با شکل تپه‌های ماسه‌ای (UDI)، دومین همایش فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغباری. ص ۳۵ - ۴۵.
- اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، طرح اجرایی تثبیت شن و بیابان زدایی زابل در سال های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳.
- اسفندیاری درآباد، ف،، نظافت تکل، ب،، شهپازی شرفه، ز،، ۱۴۰۱. شبیه سازی تغییرات رودخانه بالیخلی چای با استفاده از مدل سزار (CAESAR)، نشریه جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۴۰۱، دوره ۵، شماره ۳، صص ۱-۱۵.
- جدیدالاسلامی، م،، ۱۳۸۹. بررسی ارتباط ژنتیکی وکانی شناسی عناصر تشکیل دهنده تپه‌های ماسه‌ای (شرق دشت سیستان)، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- جدیدالاسلامی، م،، اسفندیاری درآباد، ف،، اصغری سراسکانرود، ص،، عابدینی، موسی، مصطفی‌زاده، ر،، ۱۴۰۲. ارزیابی مخاطرات نهشته‌های بادی دشت سیستان و تأثیر آن بر مخازن حیاتی چاه نیمه زابل. جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۴۰۲، دوره ۵، شماره ۳، صص ۱-۱۵.
- حیدری نسب، م،، ۱۳۸۶. نقش باد در ایجاد لندفرم‌های بادی در منطقه نیاتک سیستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- خسروی، م،، ۱۳۸۴. طرح پژوهشی اثرات اکولوژیکی و زیست محیطی بادهای ۱۲۰ روزه در سیستان، سازمان حفاظت محیط زیست استان سیستان و بلوچستان، مشاور طرح پژوهشکده علوم زمین و جغرافیای دانشگاه سیستان و بلوچستان. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس های ۱:۵۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰۰.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۴۰۱. ضوابط و دستورالعمل‌های پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای ETM+ در استخراج نقشه کاربری اراضی و پوشش اراضی، مطالعات ساماندهی دشت، وزارت جهاد کشاورزی، ص ۱۸۴.
- سلیقه، م،، ۱۳۸۲. توجه به باد در ساخت کالبد فیزیکی شهر زابل، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲.
- معتمد، ا،، ۱۳۷۹. ژئومورفولوژی، انتشارات سازمان سمت. جلد سوم. تهران.
- مهندسین مشاور جامع ایران، ۱۳۸۳. اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان.
- موسوی ح، ر،، ۱۳۷۷. رسوب شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ پنجم، مشهد.
- نورزهی، ف،، ۱۳۸۲. بررسی اثرات تخریبی سیلاب‌های رودخانه هیرمند، پایان نامه کارشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- Armof, K. Tsoar, H. and Lumberg, D.G., (۲۰۱۹). Dynamics if nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics, Journal of Arid environments, and ۷۲(۱۰): ۲۱-۲۹.
- Bruner, U. and Koch, J. ۲۰۱۸. A Synoptic analysis of the meteorological conditions affecting dispersion of pollutants emitted from tallstacksin the coastal plain of Israel. ۲۷(۴۰): ۵۳۷ - ۵۴۳.
- Downing, T. E., and Bakker, K., ۲۰۱۹. Drought Discourse and Vulnerability, Environmental change unit, University of Oxford, Oxford OX ۱۳ TB, UK.
- Fawzia, I. Moursy, F. Gaber E. I., and Samak, M. (۲۰۰۷). Sand drift potential in El-Khanka area. Egypt. Department of Nathural Resources. Institute of African Research and Studies. Cairo University. Giza. Egypt. Water, Air and Soil Pollution. ۱۳(۶): ۲۲۵-۲۴۲.
- Fawzia, R. VanPelt, R. S., Zobeck, T.M., and Ritchie, G. (۲۰۲۰). Source of sand dunes of southern California and northwestern Sonora, Mexico, Geological society of American Bulletin. ۸(۱۲): ۵۳۱-۶۳۴.
- Fryberger, E. Devrieszim, S. Vandijk, D. and Yurk, B. (۲۰۱۸). Patterns of wind flow and Aeolian eposition on a parabolic dune on the southeastern shore of Lake Michigan, Geomorphology. ۱۰(۵): ۱۴۷-۱۵۷.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, (۲۰۰۷). Summary for PolicyMakers. The Physical Science Basis. Camb.Univ. Press. ISBN ۰-۴۴۴-۴۲۷۵۳-۸, ۷: ۱۶۵-۱۷۷.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, (۲۰۰۷). Climate Change ۲۰۰۷: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policy Makers. The Physical Science Basis. Camb.Univ. Press. ISBN ۰-۴۴۴-۴۲۷۵۳-۸, ۷: ۱۶۵-۱۷۷.
- IPCC, Solomon, S, Qin, D. and Manning, M. Chen, Z. Marquis, M. Climate change, ۲۰۰۷. The physical science basis, Working Group I Contribution to the IPCC fourth assessment report.

- NOAA, Dust storms, Sand storms and related, NOAA activities in the middle East, NOAA, Magazine Online, pp: ۱- ۴:۲۰۰۳
- Raoul, L. Biolders, P.A., Lamers, W. and Karlheinz, M. (۲۰۱۹). Wind erosion control technologies in the west of Rican Sahel: the Effectiveness of windbreaks- Mulehing and soil tillage- and the Perspective of farmers – Anna arid zone. ۳(۴۰): ۴۴۰-۴۵۷.
- Vesterbe, H.k., Juonsef, M.L., and Birmafa, Y. (۲۰۲۲). The most destructive environmental hazards on a global scale. Mountain Research and Development. ۱۴(۲۵): ۶-۱۱.
- Washington, R. M. Tood, N. J Middleton and A. S. Goudie. ۲۰۰۰. Global dust storm source areas determined by total ozone monitoring spectrometer and ground observations. School of Geography and the Environment University of Oxford. Akshin, Z. SH., Harazono, Y. and Leprince, D. (۲۰۲۲). Wind-Sandy Environment and the effects of Vegetation on Wind Breaking and Dune Fixation in Horqin Sandy Land, China, ۴۱(۵): ۱-۲۱.
- Youlin, H. Overton, M. and Harmon, R., S. (۲۰۱۹). Geospatial Analysis of a Coastal Sand Dune Field Evolution: Jockeys Ridge, North Carolina Geomorphology, ۷۲(۱): ۲۰۴-۲۲۱.
- Youlin, Y. (۲۰۱۲). Black windstorm in northwest Chin: A case study of the strong sand – dust storms on May ۵<sup>th</sup> ۱۹۹۳, Global Alarm: Dust and sand storm from the world's drylands, United Nations, ۴۵(۱۳): ۶۹

## Chemical analysis of wind deposits in East Sistan using the analysis of sedimentation processes

Mahdi jadidoleslami ghaleno<sup>۱\*</sup>

۱- Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan, Iran

\*Email Address: Eslami<sup>۲۶۳۱</sup>@gmail.com

### Abstract

**Purpose:** The purpose of this research is to assess the risks of wind-blown sediments in the Sistan plain and its impact on Chahnimeh vital reservoirs in the two crisis centers in the northwest of Chahnimeh Chahar and the northeast of Zahak with an area of about ۱۳۱۶۶ hectares in the southeast of Zabol located in the north of Sistan and Baluchistan province and in the south It is in the east of Iran. This area includes a sector in the direction of southeast to northwest, which geomorphologically has ۲ units, Dashtsar and Playa. Therefore, one of the important goals of this research is to provide appropriate solutions to minimize the damage caused by wind deposits and its secondary damages, as well as to investigate and identify the risks caused by wind deposits, in the sectors of facilities, agriculture, roads, and damages to the region, especially to Chahnimeh water reservoirs. Is. In the southeast, there are forms of wind erosion in the form of barkhans, transverse barkhans, Saif and Silk. To determine the origin of these hills, the method of finding the origin of sand dunes was used and based on that, orientation and location were used in two stages. According to the review of maps and field observations, it was found that the origin of sands is the dry bed of rivers in the region. **Research methodology:** the method of conducting research in this research, library and field studies, review of aerial photos, review of satellite images with different time periods, review of general morphology and winds of the region (۱۲۰ days) and location in terms of the study of geomorphology of the region, sampling of sediments (sedimentology and drawing relevant diagrams) and laboratory studies (XRD "X-ray diffraction" and XRF "X-ray fluorescence" tests, granulometric tests, morphoscopy and determination of statistical parameters). After performing the relevant tests, a comparative analysis and data analysis method will be done. In this research, topographic maps, geological maps, computer software such as ENVI and GIS were used. **Findings:** The results of the research showed that the direction of the prevailing wind and the direction of sand transport is generally northwest to southeast, which has had the greatest effect in the region with the centrality of the existing sand dunes and ۱۲۰-day winds. **Conclusion:** The dangers caused by the movement of sand dunes in villages include threats to the health of residents, burial of villages, destruction of soil and public infrastructure, etc. Several factors such as strong and permanent winds, the plain's low slope and low complexity, fine-grained soil, consecutive droughts and poor vegetation play a role in the amount of sand movement on the surface of the Sistan plain and entering the Chah Nimeh reservoirs.

### Introduction

On a global scale, the occurrence of storms and floods are among the most destructive natural hazards (Vesterb and et all, ۲۰۲۲), as most accidents are caused by these two hazards (Yakshin and et all, ۲۰۲۲). Hazards mean natural events that potentially cause danger to humans and what is valuable to them. Hazard has the potential to cause damage, for human health, human, economic, educational activity, damage to property, damage to the environment, loss of flora and fauna, pollution and insecurity of natural disasters are dangerous (Rahimi Harabadi, ۲۰۱۹). The active and dynamic nature of the sand dunes causes the movement of sands towards the settlements to be more frequent and creates many dangers such as threats to the health of residents, burial of villages, destruction of soil and public facilities, and causes financial losses, migration of residents, and finally, a human disaster. (Jadidoleslami, ۲۰۱۹). Therefore, in order to plan fundamentally to solve the problem, it is necessary to analyze the origin of the sands, the role of the morphometric parameters of the sand dunes in the extent of their displacement, and considering the fact that the area is residential, the risks of the sands are identified and solutions are provided to reduce the risks. Sand dunes in the realm of the wind process are considered to be one of the most dynamic geomorphic phenomena on the earth's surface,

which are affected by the characteristics of wind speed, direction and frequency on the one hand, and on the other hand by the characteristics of the earth's surface and sedimentary materials (Abbasnejad and Zahab Nouri, ۲۰۱۳). The results of studies on a scale of ۱:۲۵۰,۰۰۰ show that the sand dunes of Iran include ۱۱ sand seas and ۳۹ hill fields that cover approximately ۱,۱ million hectares (Abbasi et al., ۲۰۱۹). Sandstorms are one of the most important weather phenomena that spread in many deserts and dry areas of the world, and in recent years, they have received a lot of attention, and every year these incidents cause a lot of damage and casualties in all parts of the world.

#### **Methodology**

In order to carry out this research, first, with direct field observations and field operations, to determine the harvesting areas, sampling was done from the transport areas and possible harvesting areas, and based on the mineralogical characteristics and the examination of the genetic relationship of the samples, the primary origin of the sediments was investigated. In order to identify the harvesting areas, sampling was done from the place of accumulation of sands, from different points of possible harvesting areas, and the genetic relationship (similar properties) of the three areas (harvesting, transportation and sedimentation) was investigated through the physical and chemical analysis of the sediments. Took Also, four synoptic stations (Zabol-Zahak-Hirmand-Hamon) were also studied.

#### **Conclusion**

According to the presented results, the level of heavy metals in the air of Enqelab Street is not hazardous to the health of the residents. Therefore, there is no need to spend enormous expenses in this area. Nevertheless, the health of permanent and temporary residents is threatened by chromium and arsenic due to their high rate of carcinogenesis. The outcome of these investigations indicates that despite recording few different values in some places, the air pollution levels are equal in whole the area, from Enqelab Square to Imam Hossein Square. However, the air pollution level of Valiasr roads is relatively considerable. This difference only has resulted from high volume of traffic in the crossroads. Unfortunately, traffic of students in this area is so heavy that solving Valiasr Crossroad's traffic issues are considered as an important priority.

**Key words:** Sistan plain; wind deposits; the fourth of chahnimeh; sedimentation processes