

## بررسی اثر بادهای ۱۲۰ روزه بر رسوبات سیلابی ورودی به منطقه‌ی سیستان از طریق تحلیل ویژگی‌های بادهای بادسنجی و دانه‌سنجی رسوبات

معین جهان‌تیغ<sup>\*</sup>: دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان  
منصور جهان‌تیغ: دانشیار مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل،  
ایران

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۳۱)

### چکیده

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر بادهای ۱۲۰ روزه بر رسوبات جریان‌های سیلابی وارد شده به منطقه‌ی سیستان است. با تهیه‌ی بانک اطلاعاتی از مسیر رودخانه‌های حوزه‌های آبخیز بالادست منطقه‌ی سیستان در کشور افغانستان، مسیر جریان‌های سیلابی به منطقه مشخص شد و مناطقی که همواره تحت تأثیر این جریان قرار داشت، تعیین شد. پس از جاری شدن سیلاب و خشک شدن آن، در طول بازه‌ی زمانی ۳ سال به صورت تصادفی از رسوبات سیلابی برجای مانده نمونه برداری شد. همچنین با نصب اشل در محدوده‌های مشخص در دو دوره‌ی زمانی قبل از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه و بعد از آن، ارتفاع رسوبات اندازه‌گیری شد. در ادامه با دانه‌بندی ۶۰ نمونه رسوب با استفاده از روش هیدرومتری، پارامترهای آماری میانه ( $D_{50}$ )، میانگین ( $M_z$ )، کشیدگی ( $K_U$ )، کج‌شدگی ( $SK_I$ ) و جورشدگی ( $\sigma_I$ ) تعیین شد. برای تجزیه و تحلیل بادهای منطقه از نرم‌افزار (WRplot view 8) و برای ترسیم گلماسه‌های نقاط برداشت نیز از نرم‌افزار (Sand Rose) استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که میانگین ذرات رسوب، برابر با ۸۸ میکرون و تیپ رسوبی آنها، ماسه‌ی دانه‌ریز است. با تعیین آستانه فرسایشی رسوبات جریان‌های سیلابی و فراوانی بادهای غالب همچنین ترسیم گلماسه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه، یافته‌ها نشان داد که رسوبات جریان‌های سیلابی نهشته‌ی تحت‌تأثیر وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، قدرت فرسایشی بالایی می‌یابد؛ به طوری که فراوانی بادهای با بیش از سرعت آستانه فرسایش برای ایستگاه‌های مورد مطالعه ۱۰۰ درصد است. در بررسی ارتفاع رسوبات سیلابی نهشته شده، یافته‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ ( $P < 0.01$ ) بین میانگین ارتفاع رسوبات قبل و بعد از وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است. با توجه به آنالیز دانه‌بندی رسوبات انتقالی با سیلاب، تعیین آستانه فرسایش و توان حمل ذرات به وسیله‌ی بادهای محلی منطقه و اندازه‌گیری‌های میدانی به عمل آمده از ارتفاع رسوبات سیلابی نتیجه گرفته می‌شود که با شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه، این رسوبات مهم‌ترین منبع برداشت است که هر سال همراه با جریان‌های سیلابی به منطقه‌ی سیستان وارد می‌شود و پس از فرسایش، مشکلات زیادی در این منطقه به وجود می‌آورد. واژگان کلیدی: دانه‌بندی، رسوبات سیلابی، سیستان، فرسایش بادی، فرسایش پذیری.

## ۱- مقدمه

چالش‌های موجود در مناطق خشک و نیمه خشک متأثر از خشکسالی‌های اخیر توأم با محدودیت‌های زمانی و مکانی در این مناطق باعث شده‌است منابع آب سطحی همانند رودخانه‌ها، مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده‌ی نیاز آبی در این مناطق به شمار آید (Jahantigh, 2013). از آنجا که رودخانه‌ها زهکشی سطح زمین را بر عهده دارند، همواره مواد حاصل از فرسایش پوسته‌ی زمین را از مناطق بالا دست به نقاط پایین دست منتقل می‌سازند (Sadeghi et al, 2015)؛ به طوری که طی فرسایش آبی، حجم قابل توجهی از رسوبات (حدود یک میلیارد تن در سال) در رودخانه‌ها جریان می‌یابد (Arabkhedri, 2014). این در حالی است که انتقال و ترسیب این رسوبات در مناطقی که دارای شرایط اقلیمی خاص از جمله درجه حرارت بالا، بارندگی کم و وزش بادهای شدید است، تبعات بسیاری در پی دارد. چنین فرآیندی زمینه‌ی ایجاد فرسایش بادی را در این مناطق با توجه به فقر پوشش گیاهی، کمبود رطوبت خاک و ریزدانه بودن رسوبات فراهم می‌سازد. حاصل فرسایش بادی در این مناطق، بروز ریزگردها به عنوان مهم‌ترین ذرات معلق است که بر محیط زیست و سلامت ساکنان اثرات جبران‌ناپذیری دارد (Movahedan et al, 2013 & Esmaili et al, 2006)؛ به طوری که تخریب اکوسیستم و محیط زیست به افزایش بیابان در این مناطق منجر شده‌است. بر این اساس، فرسایش بادی در تشدید بیابان‌زایی نقش مؤثری دارد؛ از این‌رو، مطالعه و بررسی آن از اهمیت بالایی برخوردار است. کنترل فرسایش بادی لازمه‌ی بیان‌زدایی در مناطق خشک و نیمه خشک است که تحقق این امر با شناسایی درست و دقیق مناطق برداشت صورت می‌گیرد. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعات متعددی در خصوص فرسایش بادی و حمل و نقل ذرات صورت گرفته‌است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. در تحقیقی Silvestors و همکاران (2010) با بررسی مورفولوژی تپه‌ها در شرق منطقه‌ی تاماسیا، مسیر حمل ماسه و مناطق احتمالی منشأ را شناسایی کردند و اذعان داشتند که پیچیدگی الگوی تپه‌ها متأثر از تغییرات رژیم باد در این منطقه است. Liu و همکاران (2015)، به بررسی سرعت باد در حمل و نقل شن و ماسه در مناطق خشک منگن و نیمه خشک تایواس‌بانر در شمال چین پرداختند. آنها با بررسی سرعت آستانه فرسایشی ذرات و تجزیه و تحلیل بادهای منطقه دریافتند که بین طول و جهت انتقال ذرات با فراوانی بادهای غالب همبستگی مثبتی وجود دارد و سرعت باد و فراوانی آن در روند حمل و نقل ذرات نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کند. در تحقیقی دیگر، Fleming and Brand (2019) نقش باد در برداشت رسوب از گودال ناواهو در شمال شرقی آریزونا، آمریکا را مورد بررسی قرار دادند. آنها با بررسی خصوصیات مورفولوژی گودال‌ها و آنالیز رسوبات نهشته شده در آنها، دریافتند که وزش بادهای محلی با سرعتی بیش از آستانه فرسایش، مهم‌ترین عامل برداشت رسوبات از این گودال‌ها بوده‌است. در مطالعات صورت گرفته در ایران، Maghsoudi (2006) در تحقیقی به بررسی فرآیندهای مؤثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای در چاله سیرجان پرداخت. او ضمن بررسی نمونه‌ها و دانه‌بندی آنها دریافت که بالا بودن حجم ذرات کوچک‌تر از ۲۵۰ میکرون، عامل مؤثر در گسترش فرسایش بادی است. Hoseini and Feiznya (2008)، در پژوهشی به منشأ یابی تپه‌های ماسه‌ای غرب ایران‌شهر پرداختند. آنها از طریق تحلیل داده‌های بادسنجی، نمونه‌برداری از تپه‌های ماسه‌ای و رخساره‌های مختلف اراضی منشأ ماسه‌ها، دانه‌بندی رسوبات، تهیه‌ی منحنی‌های دانه‌بندی و تعیین شاخص‌های مهم رسوب‌شناسی به این نتیجه رسیدند که بین رسوبات تپه‌های ماسه‌ای و رخساره‌های ژئومورفولوژی، دشت‌های سیلابی و مسیل‌های رودخانه‌های غرب تا شمال

محدوده‌ی تپه‌های ماسه‌ای شباهت‌های زیادی وجود دارد. Ahmadpanah و همکاران (2014) در مقاله‌ای تحت عنوان شناسایی منابع برداشت با استفاده از خصوصیات دانه‌بندی و مورفوسکوپی و استفاده از نرم‌افزار windrose، به بررسی نهشته‌های بادی جدید و قدیم در ارگ دامغان پرداختند. در این مطالعه با مقایسه‌ی آماری پارامترهای دانه‌بندی نظیر چولگی، کشیدگی، میانگین و جورشدگی دریافتند که رسوبات قدیمی به وسیله‌ی آب و رسوبات جدید به وسیله‌ی باد به این منطقه انتقال یافته‌است. نتایج تحقیقات Heidari و همکاران (2017) در مطالعه‌ی رخساره‌های بادی حوزه‌ی آب باریک بم کرمان با بررسی مورفوسکوپی ذرات تشکیل‌دهنده‌ی رسوبات و تجزیه و تحلیل بادهای، بیانگر آن بود که منشأ اصلی برداشت اراضی، رخساره‌های جلگه‌رسی و زمین‌های کشاورزی به خصوص اراضی کشاورزی رها شده است. بررسی پیشینه‌ی تحقیق نشان می‌دهد با توجه به اهمیت فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه خشک و تبعات مخرب آن، تعیین و شناخت نقاط برداشت امری اجتناب‌ناپذیر در اتخاذ اقدامات مدیریتی مناسب برای بهبود وضعیت اکوسیستم، سلامت و محیط زیست است. از جمله مناطق بحرانی کشور، منطقه‌ی سیستان است که از دیرباز شاهد بروز پدیده‌ی مخرب فرسایش بادی بوده و تسریع سیر قهقرایی در آن، مشکلات زیست محیطی و انسانی زیادی در پی داشته‌است. در دهه‌های اخیر، منطقه‌ی سیستان به دلیل خشکسالی‌های متعدد همواره تحت تأثیر شرایط سخت زیست محیطی قرار داشته‌است. جریان‌های سیلابی ورودی از شرق (رودخانه‌ی هیرمند در شرق منطقه سیستان) و شمال (سیلاب ورودی از رودخانه‌ی فراه‌رود) - که از کشور افغانستان سرچشمه گرفته‌است و تا مدت زمان محدودی در منطقه‌ی سیستان تداوم دارد - آب مورد نیاز بیش از ۱۲۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی، نیاز صنعتی و آب شرب و غیر شرب بیش از چهارصد هزار نفر از ساکنان منطقه را تأمین می‌کند. این در حالی است که سالانه حجم قابل توجهی از رسوب با توجه به غلظت بالای بار رسوبی جریان‌های سیلابی (۵۰ گرم در لیتر) به منطقه‌ی سیستان وارد و در انتها به دریاچه‌ی هامون ختم می‌شود (Jahantigh, 2015 & Hafezi Moghadas et al, 2012). از آنجا که این سیلاب‌ها فصلی است و برای مدت زمان محدودی در منطقه جریان دارد، پس از پایان یافتن آن، رسوبات حمل شده در طول مسیر و نقاط انتهایی نهشته می‌شود. این در حالی است که با توجه به شرایط اقلیمی خاص منطقه‌ی سیستان و ورود حجم قابل توجهی از رسوب طی هر جریان سیلابی به این منطقه، منبع مهمی را برای برداشت در فصل تابستان فراهم می‌سازد؛ از این رو با توجه به فقدان مطالعات پیشین در این زمینه و گسترش فرسایش بادی و بروز طوفان‌های شنی، همچنین تسریع فرآیند بیابان‌زایی و بایر شدن اراضی و نیز روند رو به رشد مهاجرت از منطقه و امید به کاربرد نتایج حاصل از اجرای این پژوهش در اتخاذ اقدامات و اصلاح روش‌های مدیریتی مورد استفاده به منظور کنترل و مقابله با گسترش معضل فرسایش بادی و پدیده‌ی ریزگردها، این مطالعه با هدف بررسی اثر بادهای ۱۲۰ روزه سیستان بر رسوبات سیلابی نهشته شده از طریق تحلیل ویژگی‌های باد و دانه‌بندی رسوبات انجام شده‌است.

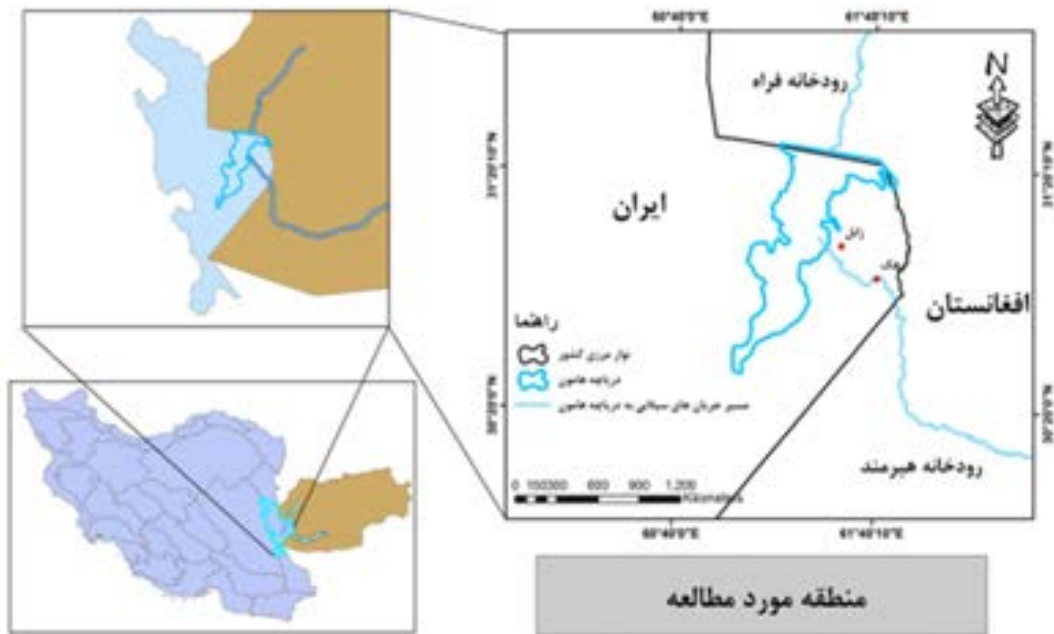
## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه در جنوب شرقی ایران و در شمال استان سیستان و بلوچستان با مختصات ۶۰ درجه و ۱۶ دقیقه و ۴۴ ثانیه تا ۶۱ درجه و ۴۹ دقیقه و ۴۴ ثانیه طول شرقی، ۲۹ درجه و ۸ دقیقه و ۳۳ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۲ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و با ارتفاع متوسط ۴۸۰ متری از سطح دریا واقع شده‌است. متوسط بارندگی این محدوده ۵۰ میلی‌متر و بیشترین بارش آن در فصل زمستان است (جهان‌تغ، ۲۰۱۵). میانگین درجه حرارت، متوسط حداکثر و حداکثر مطلق

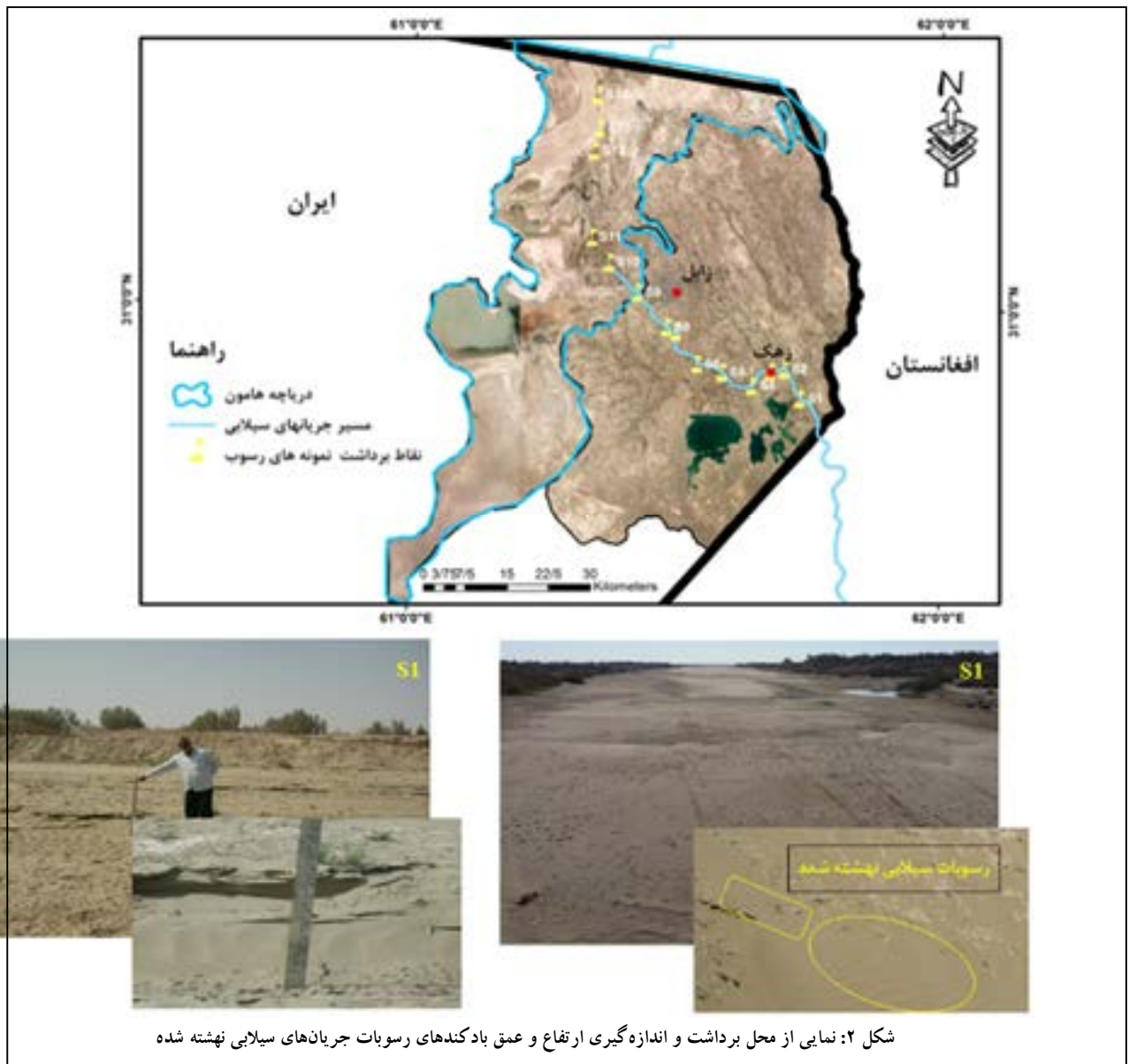
سالیانه به ترتیب ۱۸، ۲۵ و ۴۳ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. این محدوده، تبخیر و تعرق بالا و رطوبت کمی دارد؛ به طوری که متوسط رطوبت سالانه آن ۲۸ درصد و تبخیر و تعرق آن نیز حدود ۵ متر است که ۳ متر آن در ماه‌های بحرانی سال صورت می‌گیرد. با توجه به شرایط اکولوژیکی، محدوده‌ی مورد بررسی جزء مناطق خشک و بحرانی کشور و پوشش گیاهی آن نیز فقیر و از نوع شورپسند است (جهان تیغ، ۲۰۱۳). مهم‌ترین مشخصه‌ی آب و هوایی این نقطه از کشور، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است که در فصل تابستان و از اواسط خرداد ماه شروع به وزیدن می‌کند و تا اوایل مهرماه ادامه دارد. جهت آن از شمال غربی به جنوب شرقی است و سرعت آن در بعضی از ایام به بالای ۱۰۰ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد؛ به گونه‌ای که بیشترین دوره‌ی طوفان‌های گرد و خاک در ایران (با متوسط ۸۰/۷ روز طوفانی)، در حوزه‌ی سیستان گزارش شده‌است که از عواقب آن نیز می‌توان به انتقال شن و ماسه، تشدید فرسایش، از حیز ارتفاع خارج شدن زمین‌های زراعی، کاهش محصول در واحد سطح و افزایش میزان تبخیر اشاره کرد (Hafezi Moghadas et al, 2012 & Jahantigh, 2008). موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده‌است.

### ۳- مواد و روش

در این تحقیق ابتدا با تهیه‌ی بانک اطلاعاتی از مسیر رودخانه‌های حوزه‌های آبخیز بالادست منطقه‌ی سیستان در کشور افغانستان، مسیر جریان‌های سیلابی به منطقه مشخص شد. سپس با توجه به نامشخص بودن تداوم جریان سیلاب‌ها در این منطقه، از آرشیوی تصاویر Google Earth برای تعیین مناطقی که همواره تحت تأثیر جریان سیلابی قرار دارد، استفاده شد. در ادامه با بررسی راه‌های ارتباطی منطقه‌ی سیستان، راه‌های قابل دسترس به این مناطق مشخص شد. با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژی، دشتی هموار و شیب بستر رودخانه در آن بسیار کم (حدود ۰/۰۷ درصد) و تغییرات توپوگرافی آن ناچیز است؛ بنابراین پس از جاری شدن سیلاب و خشک شدن آنها، طی عملیات میدانی به طور تصادفی (با توجه به تغییرات مورفولوژی رودخانه) از رسوبات سیلابی نهشته شده نمونه‌برداری شد. بدین منظور، طی هر جریان سیلابی (با جدا کردن رسوبات سطحی از رسوبات زیر سطحی) از رسوبات سیلابی نهشته شده در قسمت ناآشفته‌ی بستر رودخانه به صورت دستی نمونه‌برداری شد. همچنین با گذاشتن اشل، ارتفاع رسوبات (رسوبات حمل شده به وسیله‌ی سیلاب) و عمق بادکندها (رسوبات حمل شده توسط باد) طی فصل تابستان در دو مرحله‌ی قبل و بعد از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه اندازه‌گیری شد. برداشت رسوبات سیلابی (طی ۶ دوره) و اندازه‌گیری ارتفاع آن (طی ۶ دوره)، طی ۱۲ دوره از اواخر دی‌ماه سال ۱۳۹۵ تا بهمن ۱۳۹۷ در ۱۴ نقطه صورت گرفت. مختصات و محل برداشت نمونه‌های مورد بررسی نیز در شکل (۲) و جدول (۱) ارائه شده‌است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه



جدول ۱: مختصات نقاط برداشت و اندازه‌گیری نمونه‌های رسوب

فاصله نسبت به اولین نقطه برداشت (بر حسب کیلومتر)	مختصات نقاط برداشت	نمونه
-	۴۴°۶۱'۱۲" E ۵۱°۳۰'۱۱" N	۱*
۶/۴	۴۲°۶۱'۲۲" E ۵۳°۳۰'۵۹" N	۲*
۹/۱۵	۴۰°۶۱'۴۹" E ۵۳°۳۰'۴۵" N	۳*
۱۳/۹۷	۳۸°۶۱'۴۴" E ۵۲°۳۰'۱۶" N	۴*
۲۰/۱	۳۵°۶۱'۱۹" E ۵۳°۳۰'۳۶" N	۵*
۲۴/۸۴	۳۲°۶۱'۳۰" E ۵۴°۳۰'۲۶" N	۶*
۳۳/۹۱	۳۰°۶۱'۲" E ۵۷°۳۰'۴۲" N	۷*
۳۶/۱۲	۲۹°۶۱'۱" E ۵۸°۳۰'۱۰" N	۸*
۴۵/۴۱	۲۵°۶۱'۳۹" E ۱°۳۱'۴۲" N	۹*
۵۳/۴۱	۲۲°۶۱'۲۳" E ۴°۳۱'۴۳" N	۱۰*
۵۹/۵۶	۲۰°۶۱'۲۴" E ۷°۳۱'۱۶" N	۱۱**
۷۶/۶	۲۰°۶۱'۳۳" E ۱۶°۳۱'۴" N	۱۲**
۸۰/۴	۲۱°۶۱'۷" E ۱۸°۳۱'۲" N	۱۳**
۸۷/۲	۲۰°۶۱'۵۱" E ۲۱°۳۱'۴۷" N	۱۴**

\* : بستر رودخانه‌ی هیرمند بازه سیستان‌رود (رسوبات ناشی از جریان‌های سیلابی رودخانه‌ی هیرمند)

\*\* : بستر دریاچه‌ی هامون (رسوبات ناشی از جریان‌های سیلابی رودخانه‌ی فراه)

به منظور دانه‌بندی رسوبات، ۶۰ نمونه - که مربوط به جریان‌های سیلابی متفاوت بود - انتخاب و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان منتقل شد. با توجه به ریزدانه بودن ذرات نمونه رسوب (ریزتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر) و عبور از الک شماره‌ی ۲۰۰ مش، از روش هیدرومتری برای تعیین دانه‌بندی رسوبات نهشته شده استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۳: نمایی از آزمایش هیدرومتری بر نمونه‌های رسوب برداشت شده

در این روش، نمونه‌ها پس از خشک شدن با استفاده از چکش پلاستیکی در آون پودر شد و با توجه به اینکه ذرات دانه‌ریز دارای خاصیت چسبندگی است، مقدار ۴۰ گرم هگزا متافسفات سدیم به ۱۰۰۰ سی سی آب مقطر اضافه و با هر یک از نمونه‌های رسوب (به ازای هر نمونه ۱۲۵ سی سی) مخلوط شد. سپس برای جداسازی ذرات، به مدت ۵ دقیقه درون دستگاه همزن برقی قرار گرفت. از آنجا که این روش مبتنی بر اصل رسوب دانه‌های خاک در آب است، پس از جداسازی ذرات با قرار دادن هیدرومتر در آب به حالت معلق، قطر دانه‌های رسوب از رابطه‌ی (۱) حاصل شد (Baziyar and Salehzadeh, 1997).

$$D_{mm} = \frac{10}{\sqrt{60}} \times \sqrt{\frac{18h}{(y_s - y_w)}} \times \sqrt{\frac{L}{t}} \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

که در آن  $\gamma_s$ : جرم مخصوص جامد خاک ( $\frac{g}{cm^3}$ )،  $\gamma_w$ : جرم مخصوص آب ( $\frac{g}{cm^3}$ )،  $n$ : غلظت آب ( $\frac{g \cdot sec}{cm^2}$ )،  $D$ : قطر دانه‌ی خاک،  $L$ : عمق مؤثر و  $t$ : زمان شروع آزمایش است. در این پژوهش قرائت هیدرومتر در بازه‌های زمانی ۲، ۳، ۴، ۵، ۳۰، ۶۰، ۲۵۰ و ۱۴۴۰ دقیقه - که از آغاز ته‌نشینی خاک محاسبه می‌شود - انجام شد. در این آزمایش نیز از هیدرومتر نوع ASTM-۱۵۲H استفاده شد. این نوع هیدرومتر از ۰ تا ۶۰ درجه‌بندی و در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد کالیبره شده است. به منظور تعیین اندازه ذرات بر حسب مقیاس فی از رابطه‌ی زیر استفاده شد (Elmizadeh et al, 2015):

$$\phi = -\text{Log}_2(D) \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

سپس به منظور رسم منحنی درصد تجمعی ذرات، اندازه‌ی ذرات به مقیاس فی تبدیل شد و قطر آن بر حسب فی بر محور  $X$ ها و درصد آن بر محور  $Y$ ها در کاغذ نیمه لگاریتمی برای هر نمونه ترسیم شد. سپس با استفاده از گراف به دست آمده برای هر نمونه‌ی مورد آزمایش، مقادیر  $\phi_{16}$ ،  $\phi_{30}$ ،  $\phi_{45}$ ،  $\phi_{60}$ ،  $\phi_{75}$ ،  $\phi_{90}$  و  $\phi_{95}$  به ترتیب برابر با قطر ذرات معادل ۵، ۱۶، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۸۴ و ۹۵ درصد در نمودار فراوانی تجمعی حاصل شد. در ادامه با استفاده از این مقادیر، پارامترهایی مانند میانگین ترسیمی ( $M_z$ )، انحراف معیار ترسیمی ( $\sigma_I$ )، کج‌شدگی ترسیمی جامع ( $SK_I$ ) و کشیدگی ( $KU$ ) به ترتیب مطابق فرمول زیر محاسبه شد (Ahmadi, 2012):

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{6.6} \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

$$SK_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{5} + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})} \quad \text{رابطه‌ی (۵)}$$

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})} \quad \text{رابطه‌ی (۶)}$$

به منظور تعیین سرعت آستانه فرسایش (با در نظر گرفتن بیشترین درصد تجمعی اندازه ذرات در نمونه‌های رسوب)، داده‌های بادسنجی (سرعت و جهت بادهای غالب) مربوط به فصل تابستان برای ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه



(زابل و زهک) در یک دوره‌ی ۲۷ ساله (از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷) تجزیه و تحلیل شد. بدین منظور، محاسبات آماری باد و رسم گلباد برای دو ایستگاه زابل و زهک با استفاده از نرم‌افزار 8 WRplot view صورت گرفت. گلباد ساده‌ترین روش نمایش آماری داده‌های بادسنجی است که فراوانی جهت و سرعت بادهای را در هر سمت نشان می‌دهد. با توجه به اینکه این نرم‌افزار برای محاسبه و ترسیم گلباد از فرمت‌های خاصی استفاده می‌کند؛ از این رو به منظور خوانا سازی داده‌های بادسنجی جمع‌آوری شده، از نرم‌افزار WDconvert استفاده شد (Tavossi and Raessi poor, 2010). در ادامه، سرعت آستانه فرسایش رسوبات براساس معادله‌ی زیر حاصل شد (Ahmadi, 2012):

$$V_t = A \sqrt{\frac{\delta - \rho}{\rho} g D} \quad \text{رابطه‌ی (۷)}$$

در این معادله،  $V_t$ : سرعت آستانه فرسایش ( $ms^{-1}$ )،  $A$ : ضریبی است که برای ذرات بزرگ‌تر از ۰/۱ میلی‌متر و در حد ماسه برابر ۰/۱،  $\delta$ : چگالی ذرات ( $kgm^{-3}$ )،  $\rho$ : چگالی هوا ( $kgm^{-3}$ )،  $g$ : شتاب ثقل ( $ms^{-2}$ ) و  $D$ : قطر ذرات برحسب  $m$  می‌باشد.

برای بررسی قدرت فرسایشی باد، فرسایش‌پذیری رسوبات جریان‌های سیلابی بررسی شد؛ بدین منظور با ترسیم و تحلیل نمودار گلماسه، توان نسبی فرسایش باد (DP) با استفاده از نرم‌افزار (Sand Rose) بر مبنای معادله‌ی زیر حاصل شد (Parsamehr and Khosravani, 2017 & Ekhtesasi and Dadfar, 2013):

$$DP = V^2 (V - V_t) \cdot t \quad \text{رابطه‌ی (۸)}$$

که در آن  $DP$ : مقدار نسبی برداشت ماسه که یک کمیت برداری است،  $V$ : متوسط سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری  $V_t$ ، ( $m/s$ )،  $t$ : سرعت آستانه فرسایش در ارتفاع ۱۰ متری و  $t$ : فراوانی بادهای بیش از سرعت آستانه فرسایشی (درصد). همچنین با استفاده از نرم‌افزار فوق‌مجموع توان حمل رسوبات ( $DPT$ )، مقدار بردار برآیند پتانسیل برداشت ( $RDP$ ) و جهت خالص بردار برآیند ( $RDD$ ) در ایستگاه‌های مورد مطالعه برآورد شد. در طبقه‌بندی قدرت فرسایشی بادهای منطقه‌ی مورد مطالعه از جدول زیر استفاده شده‌است:

جدول (۲): تقسیم‌بندی قدرت فرسایشی باد در محیط‌های بیابانی (فرایرگر و داین، ۱۹۷۹)

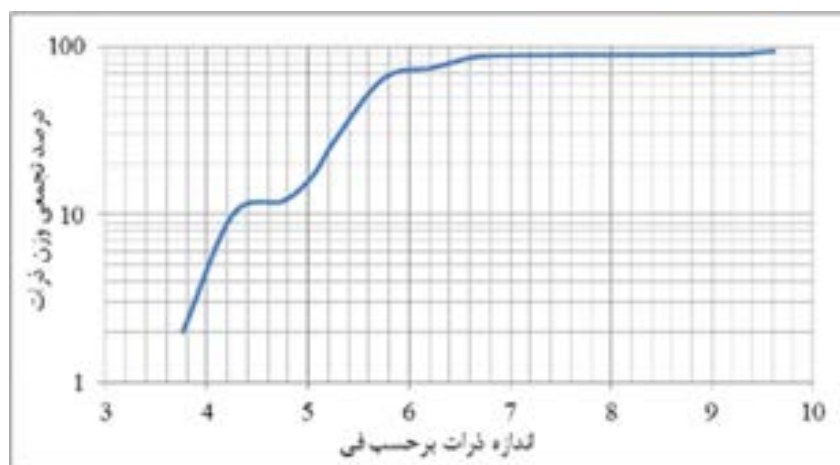
قدرت فرسایشی باد	$DP_t$
کم	$< 200$
متوسط	$200 - 400$
زیاد	$> 400$

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های اندازه‌گیری شده نیز از نرم‌افزار SPSS 23 و آزمون  $t$  استیودنت استفاده شد.

#### ۴- یافته‌ها (نتایج)

با تعیین دانه‌بندی رسوبات، منحنی درصد فراوانی اندازه ذرات مطابق با شکل (۴) برای هر یک از نمونه‌های مورد بررسی ترسیم شد. با ترسیم این منحنی برای هر یک از نمونه‌ها، نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای مورد بررسی رسوبات

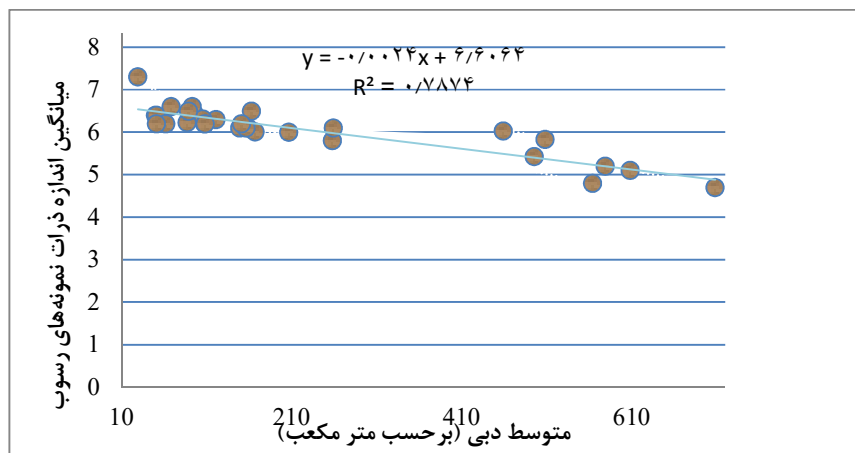
جریان‌های سیلابی وارد شده به منطقه‌ی سیستان برآورد شد (جدول ۳). براساس یافته‌های حاصل شده، مقادیر میانه و میانگین رسوبات نهشته شده در بستر رودخانه‌ی هیرمند (بازه رودخانه‌ی سیستان) و تالاب هامون به ترتیب برابر با ۶/۲ و ۶/۴ فی بود. تغییرات کلی این پارامترها تقریباً یکسان ولی در بعضی نقاط مقدار میانه بیش از مقدار میانگین است که این امر به دلیل افزایش ذرات دانه ریزتر می‌باشد. روند کلی تغییرات دو پارامتر میانگین و میانه در دوره‌ی مورد مطالعه قابل تفکیک است؛ در سال نخست، شاخص میانه در نمونه‌های برداشت شده بیش از مقدار میانگین بود که این امر درصد بیشتر ذرات دانه ریز را نسبت به دانه درشت‌تر (در اندازه سیلت متوسط) نشان می‌داد. این در حالی است که در سال دوم، مقدار میانگین نمونه‌های رسوب برداشت شده بیش از میانه بود که آن نیز به دلیل افزایش ذرات دانه درشت‌تر در اندازه سیلت ریز و کاهش ذرات دانه ریزتر در حد سیلت بسیار ریز است. در سال سوم، مقادیر میانگین و میانه تقریباً یکسان و اندازه ذرات رسوب نهشته شده در حد سیلت ریز بود. با استفاده از داده‌های میانگین ترسیمی نمونه‌های رسوب و آمار دبی سیلاب‌های متناظر با آنها، رابطه‌ی بین اندازه ذرات و دبی سیلاب در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه برآورد شد (شکل ۵). براساس رابطه‌ی به دست آمده، مقدار ضریب همبستگی ( $R^2$ ) برابر با ۰/۷۸ است که این مقدار، همبستگی بالایی را بین دبی سیلاب و اندازه‌ی ذرات رسوبات سیلابی نشان می‌دهد. مقایسه‌ی پارامترهای مورد بررسی در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه نشان داد که در سال اول، جاری شدن سیلاب‌هایی با دبی کمتر نسبت به دیگر دوره‌های مورد بررسی (با میانگین ۱۷۴/۵۲ متر مکعب در ثانیه) به حمل ذرات ریزدانه (با میانگین ۶/۳ فی معادل با ۰/۰۱ میلی‌متر) منجر شده‌است؛ این در حالی است که جاری شدن سیلاب‌هایی با دبی بالاتر در سال دوم (با میانگین ۳۲۵/۳۲ متر مکعب در ثانیه)، ذراتی درشت‌تر (با میانگین ۵/۴ فی معادل با ۰/۰۳ میلی‌متر) را با خود حمل کرده‌است (جدول ۴).



شکل ۴: نمونه‌ای از منحنی دانه‌بندی رسوب بستر مسیر جریان‌های سیلابی

جدول ۳: ویژگی‌های آماری پارامترهای رسوب‌شناسی در رسوبات مناطق مورد مطالعه

متغیرهای مورد مطالعه					
متغیر	میانگین	فقط میانگین ترسیمی	جورشدگی	کج‌شدگی	کشیدگی
	(برحسب فی)	(برحسب فی)			
تعداد نمونه‌ها	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
میانگین	۶/۲	۶/۴	۱/۹۱	۰/۳۷	۲/۱۴
دامنه تغییرات	۲/۹	۳/۴	۲/۶۴	۰/۷	۴/۰۴
کمینه	۶/۸	۴/۷	۰/۲۲	-۰/۱۴	۰/۵۴
بیشینه	۹/۷	۷/۳	۲/۸۶	۰/۷۶	۴/۵



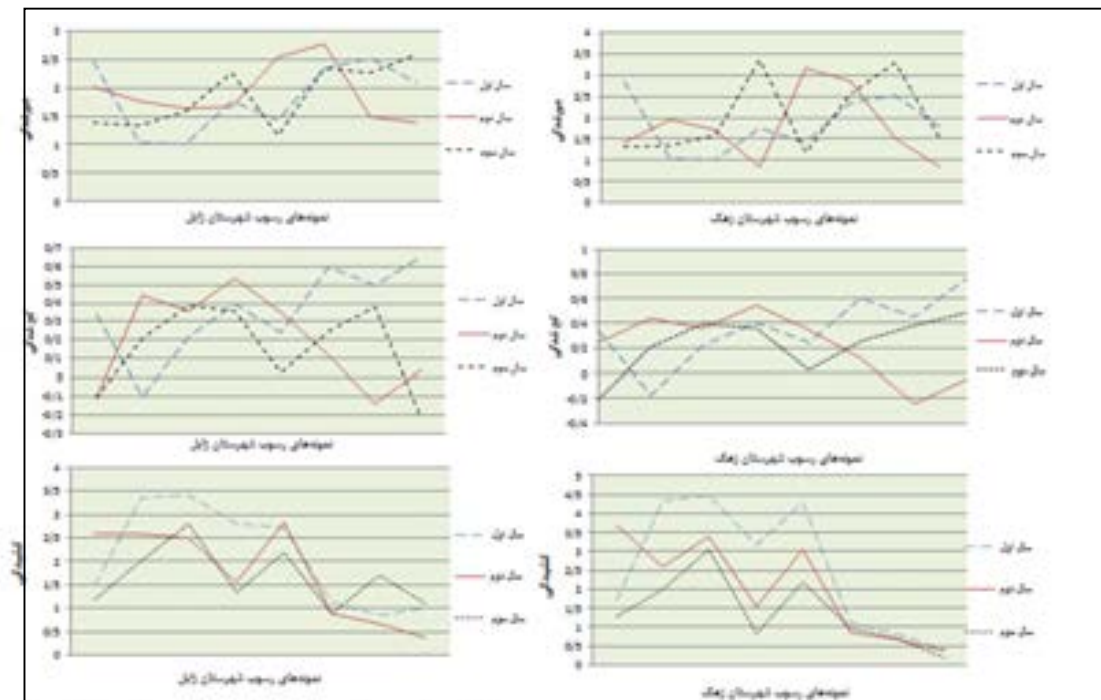
شکل ۵: رابطه‌ی بین اندازه ذرات نمونه‌های رسوب و دبی سیلاب

جدول ۴: مقایسه‌ی مقادیر اندازه ذرات رسوبات و دبی جریان‌های سیلابی

متغیر			
سال	سال اول	سال دوم	سال سوم
میانگین دبی (متر مکعب بر ثانیه)	۱۷۴/۵۲	۳۲۵/۳۲	۲۴۲/۷۷
میانگین ترسیمی نمونه‌های رسوب	۶/۳۸	۵/۴۶	۶/۰

مقادیر عددی و توصیفی پارامتر جورشدگی نمونه‌های رسوب جریان‌های سیلابی، از ۱/۸۲ فی با جورشدگی ضعیف تا ۲/۸۶ فی با جورشدگی خیلی ضعیف حاصل شد. جورشدگی، مقیاس گسترده‌ی اندازه ذرات رسوبی است که سطوح انرژی را در محیط رسوب‌گذاری و پایداری شرایط انرژی را در طول زمان منعکس می‌سازد. تغییرات میزان جورشدگی در طول دوره‌ی مورد مطالعه، بیانگر افزایش مقدار فی و کاهش جورشدگی است. بررسی مقادیر پارامتر کج‌شدگی نیز بیانگر میزان تغییر این پارامتر بین ۰/۱۴-۰/۷۶ است. براساس نمودار حاصل شده، روند کلی تغییرات کج‌شدگی در رسوبات را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد؛ بخش اول مربوط به رسوباتی است که در اندازه‌ی سیلت بسیار ریز هستند و کج‌شدگی مثبت را نشان می‌دهند. بخش دوم مربوط به رسوبات در اندازه‌ی سیلت درشت و ماسه‌ی بسیار ریز است

که کج شدگی منفی را نشان می دهد. میزان کشیدگی رسوبات نیز از بسیار پهن تا بی نهایت کشیده متغیر است و در دامنه‌ی ۰/۵۴ تا ۵/۷ قرار دارد (شکل ۶ و جدول ۵).

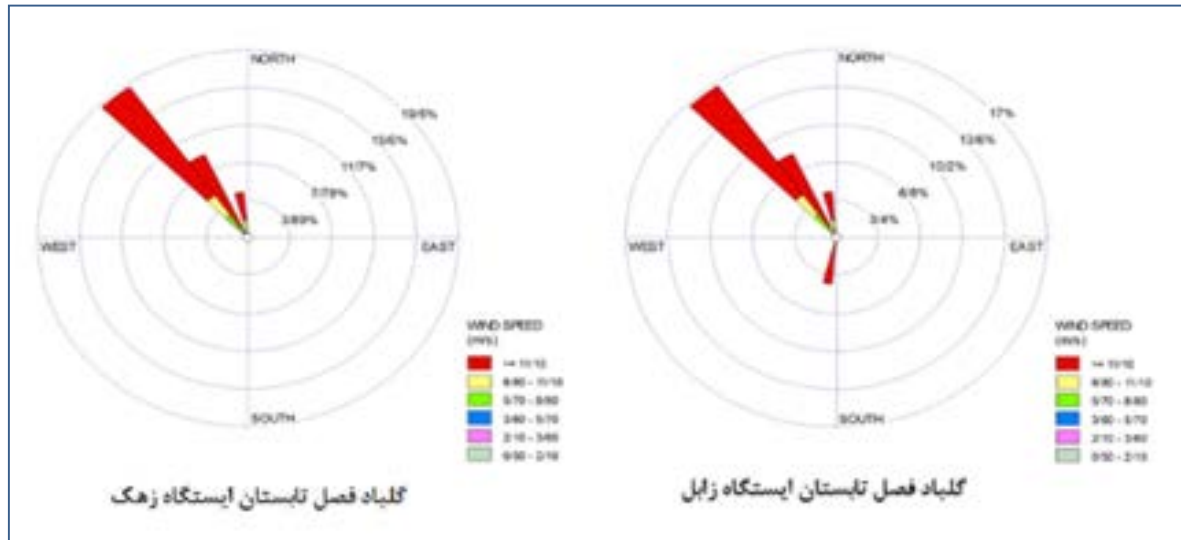


شکل ۶: مقایسه‌ی متغیرهای مورد مطالعه در شهرستان زابل و زهک

جدول ۵: توصیف شاخص‌های رسوب‌شناسی در رسوبات سیلابی نهشته شده

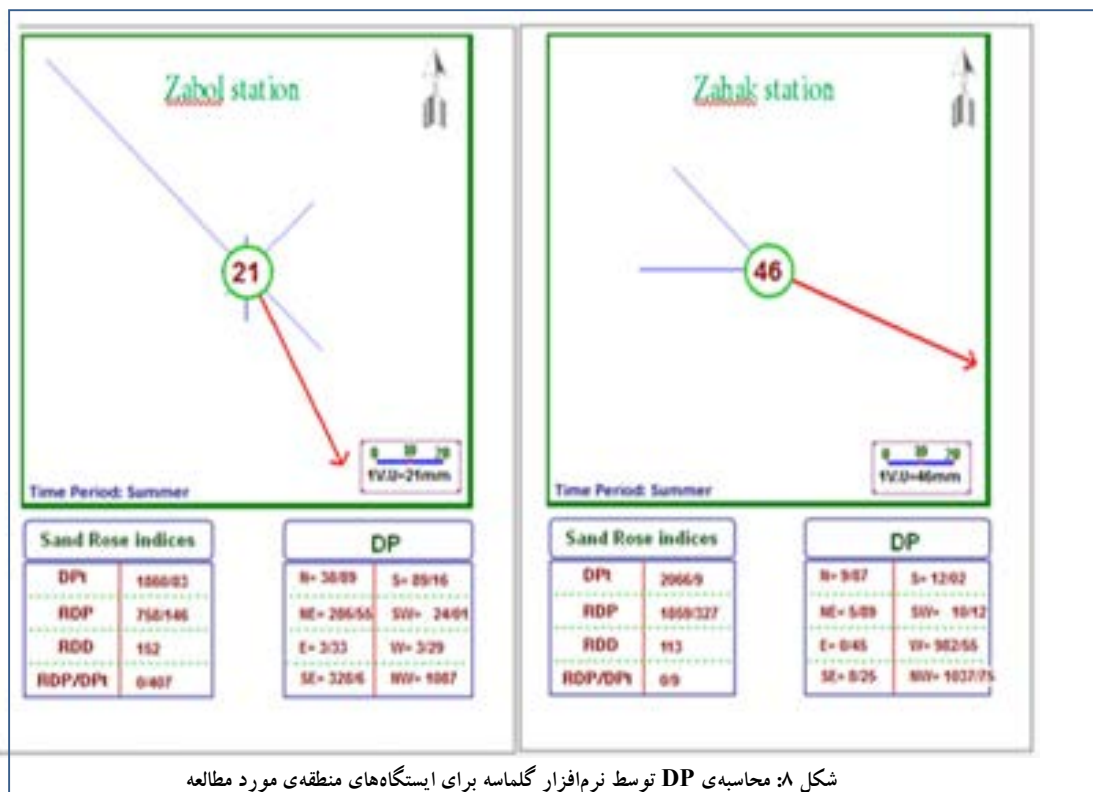
شهر زابل	شهر زهک	محل برداشت توصیف پارامترها
۵۰	۵۰	تعداد نمونه
بسیار کشیده (۱/۹۷)	بسیار کشیده (۲/۳۲)	توصیف کشیدگی (متوسط نمونه‌ها)
زیاد به سمت ذرات ریزدانه (۰/۴۱)	زیاد به سمت ذرات ریز دانه (۰/۳۱)	توصیف کج شدگی (متوسط نمونه‌ها)
جورشدگی بد (۱/۸۴)	جورشدگی بد (۱/۹۵)	توصیف جورشدگی (متوسط نمونه‌ها)

نتایج حاصل از ترسیم گلباد ایستگاه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه در شکل (۷) نشان داده شده است. بر اساس گلبادهای ترسیم شده، بادهای شمال غربی در مناطق زابل و زهک از بیشترین درصد فراوانی برخوردار است. در فصل تابستان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه در این منطقه، حدود ۸۰ درصد بادهای با سرعتی بین ۲۰ تا ۳۰ متر بر ثانیه از سمت شمال غربی می‌وزد و ۲۰ درصد باقیمانده با سرعت ۲۰ تا ۳۰ متر بر ثانیه از سمت شمال.



شکل ۷: گلبادهای فصل تابستان در ایستگاه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

با تعیین اندازه ذرات رسوبات جریان‌های سیلابی و سرعت آستانه فرسایشی آنها، گلماسه‌های مربوط به هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه برآورد شد (شکل ۸).



شکل ۸: محاسبه‌ی DP توسط نرم‌افزار گلماسه برای ایستگاه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

با محاسبه‌ی مقادیر پتانسیل حمل (DPt)، یافته‌ها بیانگر آن است که کمترین مقدار (DPt) به ایستگاه زابل (۱۸۶۰/۸۳ واحد برداری) و بیشترین مقدار آن به ایستگاه زهک (۲۰۶۶/۹ واحد برداری) بازمی‌گردد (جدول ۶). جهت

بردار برآیند توان حمل رسوبات جریان‌های سیلابی (RDD) در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز بیانگر آن است که با وزش بادهای ۱۲۰ روزه، رسوبات سیلابی در منطقه‌ی زابل می‌تواند از شمال غربی به جنوب شرقی و در منطقه‌ی زهک از شمال غربی به سمت شرق انتقال یابد.

جدول ۶: مقادیر شاخص‌های محاسبه شده در نرم‌افزار گلماسه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

شهرستان	زابل	زهک
شاخص		
$DP_t$	۱۸۶۰/۸۳	۲۰۶۶/۹
RDP	۷۵۸/۱۴۶	۱۸۵۹/۳۲۷
RDD	۱۵۲	۱۱۳
$\% F > (^*V_t)$	۱۰۰	۱۰۰

\* درصد بادهای دارای سرعت بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی در فصل تابستان (متوسط  $V_t = ۰/۹۸$  m/s)

طی عملیات میدانی به عمل آمده، ارتفاع رسوبات جریان‌های سیلابی پس از خشک شدن سیلاب در قبل و بعد از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان اندازه‌گیری و داده‌ها تجزیه و تحلیل شد (جدول ۷). با مقایسه‌ی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه، یافته‌ها اختلاف معنی‌داری (در سطح یک درصد) بین ارتفاع رسوبات اندازه‌گیری شده در دو زمان قبل و بعد از شروع وزش باد در فصل تابستان نشان می‌دهد.

جدول ۷: تجزیه‌ی میانگین ارتفاع رسوبات در قبل و بعد از شروع وزش بادهای منطقه‌ی سیستان

سال	متغیر	میانگین	انحراف معیار	t آزمون		
				T	df	Sig
سال اول	متوسط ارتفاع رسوبات قبل از وزش باد	۱۲/۵۷	۲/۳۴	۱۶/۲۲	۱۳	۰/۰۰*
	متوسط ارتفاع رسوبات بعد از وزش باد	۶/۷۱ (**)	۲/۴۹			
سال دوم	متوسط ارتفاع رسوبات قبل از وزش باد	۱۳/۲۸	۳/۷۵	۱۷/۸	۱۳	۰/۰۰*
	متوسط ارتفاع رسوبات بعد از وزش باد	۶/۹۲ (**)	۳/۴۷			
سال سوم	متوسط ارتفاع رسوبات قبل از وزش باد	۱۳/۱۴	۳/۱۳	۱۷/۹۰	۱۳	۰/۰۰*
	متوسط ارتفاع رسوبات بعد از وزش باد	۷/۰۷ (**)	۳/۱۴			

\* معنی‌داری در سطح یک درصد، \*\* علامت منفی (-) بیانگر عمق باد کند است.

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، دانه‌بندی رسوبات جریان‌های سیلابی ورودی به منطقه‌ی سیستان برای نخستین بار بررسی شد. در ادامه با تعیین اندازه‌ی ذرات و تحلیل بادهای منطقه، پتانسیل حمل رسوبات و قدرت فرسایشی باد برآورد شد. در بررسی دانه‌بندی نمونه‌های رسوب در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه، تغییرات کلی پارامتر میانگین و میانه تحت‌تأثیر وجود ذرات ریز و درشت دانه در روند کلی آنالیز این دو پارامتر محسوس بود. نوسان در شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حاکم بر بستر جریان‌های سیلابی در رودخانه‌های انتقال‌دهنده‌ی این جریان به منطقه‌ی سیستان از جمله رودخانه‌ی هیرمند

(۱۱۰۰ کیلومتر طول و دارای بستر آبرفتی) و رودخانه‌ی فراءرود (حدود ۴۰۰ کیلومتر طول)، تعیین‌کننده‌ی حمل و نقل و اندازه ذرات در رسوبات سیلابی است (Joann, 2016 & Wang et al, 2012). با بررسی اندازه ذرات رسوبات سیلابی برجای مانده و دبی جریان‌های سیلابی متناظر با آنها، یافته‌ها نشان داد که فرآیند حمل و نقل ذرات متأثر از شرایط هیدرولوژیکی سیلاب‌ها (از جمله حجم و دبی آنها) در منطقه‌ی سیستم است؛ به عبارت دیگر، بین اندازه‌ی ذرات و دبی جریان‌های سیلابی در منطقه‌ی مورد مطالعه رابطه‌ی مستقیمی برقرار است. به طوری که وقوع سیلاب‌هایی با دبی کم (درسال اول با میانگین ۱۷۴/۵۲ متر مکعب بر ثانیه)، عموماً رسوبات ریزدانه (با میانگین ۰/۰۱ میلی‌متر قطر) را با خود حمل می‌کند و این در حالی است که با افزایش دبی این جریان‌ها (افزایش دبی سیلاب‌ها در سال دوم با میانگین ۳۲۵/۳۲ متر مکعب بر ثانیه)، پتانسیل انتقال جریان نیز افزایش می‌یابد؛ از این‌رو، سیلاب می‌تواند همراه با رسوبات به حمل ذرات درشت دانه (با میانگین ۰/۰۳ میلی‌متر قطر) بپردازد (Sadeghi and Hejduk and Banasik, 2011). در تأیید این مهم، خصوصیات رسوب‌شناسی از جمله شاخص جورشدگی - که سطوح انرژی در محیط رسوب‌گذاری و پایداری آن در طول زمان را منعکس می‌سازد - نیز به واقعیت این فرآیند در منطقه‌ی مورد مطالعه اشاره دارد؛ به طوری که با بررسی این شاخص، نتایج بیانگر آن بود که جورشدگی طبیعی‌ی رای رسوبات جریان‌های سیلابی تحت تأثیر شرایط هیدرولیکی و دینامیکی حاکم بر جریان رودخانه شکل نگرفته‌است. به عبارت دیگر، با توجه به اینکه رودخانه‌های انتقال‌دهنده‌ی جریان‌های سیلابی به منطقه‌ی سیستم فصلی هستند، وضعیت آشفستگی جریان در طول مسیر رودخانه و پدیده‌ی فرسایش کناره‌ای در طی زمان، به کاهش جورشدگی این رسوبات منجر شده‌است (Ghasemi, 2012). در بررسی شاخص کشیدگی نیز روند تغییرات از کاهش این شاخص تحت تأثیر جورشدگی کم ذرات حکایت دارد (Mosavi Herami, 2010). در مجموع با بررسی پارامترهای رسوب‌شناسی در رسوبات سیلابی، اندازه‌ی ذرات این رسوبات برابر با ۸۸ میکرون است که براساس طبقه‌بندی فولک، در حدود سیلت ریزدانه (۰/۰۰۷۸ میلی‌متر قطر) قرار دارد و دارای جورشدگی نامناسب است.

تجزیه و تحلیل فراوانی بادهای ۱۲۰ روزه در منطقه‌ی سیستم بیانگر آن است که این بادهای منطقه را همواره با فراوانی ۸۰ درصد و با سرعتی بین ۲۰ تا ۳۰ متر بر ثانیه از سمت شمال غربی و با فراوانی ۲۰ درصد و سرعتی بین ۲۰ تا ۳۰ متر بر ثانیه از سمت شمال تحت تأثیر قرار می‌دهد. طاووسی و رئیس‌پور (2010) در تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع طوفان‌های شدید در منطقه‌ی سیستم اذعان کرده‌اند که تمامی طوفان‌های شدید منطقه با سرعت متوسط ۲۴ m/s و بالاتر، متعلق به جهت بادهای غالب منطقه یعنی شمال غربی و شمال بوده‌است که با جهت وزش بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستم انطباق دارد. سرعت باد ( $11 \text{ m/s} <$ ) در فرآیند حمل ذرات رسوب و فرسایش بادی نقش بسزایی دارد (Fleming and Brand, 2019 & liu et al, 2005). Yamani و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی مورفومتری و علل استقرار ریگ کرمان با تحلیل دانه‌بندی رسوبات و تجزیه و تحلیل بادهای منطقه با استناد به شاخص‌های آزمایشگاهی پرداختند. آنها معتقدند بادهای با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه می‌توانند ذراتی را با قطر بیش از ۲ میلی‌متر حمل کنند. این در حالی است که اندازه ذرات رسوبات سیلابی در منطقه‌ی سیستم به طور متوسط ۰/۰۰۷۸ میلی‌متر و سرعت وزش بادهای ۱۲۰ روزه به‌طور متوسط بیش از ۲۵ متر بر ثانیه است. با محاسبه‌ی مقادیر پتانسیل حمل (DPT) رسوبات جریان‌های سیلابی و طبقه‌بندی قدرت فرسایشی آنها، مشخص شد که این رسوبات پتانسیل فرسایش‌پذیری زیادی دارند. این امر به دلیل

وزش بادهایی با فراوانی بیش از سرعت آستانه فرسایشی ( $V_t > 100\%$ ) در منطقه است. به گونه‌ای که اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) در مقایسه‌ی ارتفاع رسوبات نهشته شده در دو زمان قبل و بعد از شروع وزش باد در فصل تابستان، بر فرسایش‌پذیری زیاد این رسوبات دلالت دارد؛ به عبارت دیگر، هر بار که جریان سیل در منطقه‌ی سیستان صورت می‌گیرد رسوبات حمل شده پس از نهشته و خشک شدن سیلاب، تحت تأثیر وزش باد در منطقه فرسایش می‌یابد و حجم قابل توجهی از رسوبات نیز به وسیله‌ی باد منتقل می‌شود. در فصل تابستان تا زمان وجود آب در منطقه‌ی سیستان، روند مطلوبی برای تثبیت اکوسیستم محیط زیست در این منطقه وجود دارد، ولی با خشک شدن سیلاب، محل تجمع رسوبات تحت تأثیر عوامل اقلیمی از جمله دما (متوسط ۴۸ سانتی‌گراد) و میزان تبخیر (۳ متر در فصل تابستان)، به از بین رفتن رطوبت و در نتیجه کاهش نیروی چسبندگی بین ذرات منجر می‌شود. از سوی دیگر، فقر پوشش گیاهی و هموار بودن اراضی این منطقه زمینه را برای تسریع روند فرسایش‌پذیری این رسوبات با وزش بادهای ۱۲۰ روزه منطقه‌ی سیستان فراهم می‌سازد (Tavossi et al, 2010 & Jahantigh, 2015 & Arbab et al, 2018). براین اساس با توجه به آنالیز رسوب‌شناسی رسوبات حمل شده به وسیله‌ی سیلاب، تعیین آستانه فرسایش و توان حمل ذرات به وسیله‌ی بادهای محلی منطقه و اندازه‌گیری‌های میدانی به عمل آمده، این رسوبات با شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه یکی از مهم‌ترین منابع برداشت است که هر سال طی جریان‌های سیلابی به منطقه‌ی سیستان وارد می‌شود. سیر قهقراپی موجود در منطقه‌ی سیستان، ادامه‌ی حیات در این منطقه را با مشکلات عدیده‌ی روبرو ساخته است. خشکسالی‌های پی در پی و طولانی مدت و بارندگی کم و از سوی دیگر وقوع بادهای با شدت و فراوانی زیاد، بر این مشکلات دامن زده است. این تحقیق - که برای نخستین بار در منطقه‌ی سیستان انجام شد - با بررسی دانه‌بندی و سرعت آستانه فرسایشی و توان حمل رسوبات حمل شده در طی جریان‌های سیلابی، در یک بازه‌ی زمانی سه ساله صورت گرفت. نتایج آنالیز گرانولومتری رسوبات نشان داد که رسوبات حمل شده طی جریان‌های سیلابی همواره ریزدانه هستند که سرعت آستانه فرسایشی پایینی دارد و با توجه به فراوانی و شدت بادهای منطقه، این رسوبات همواره فرسایش می‌یابد و تبعاتی را در پی دارد؛ از جمله بروز پدیده‌ی گرد و غبار، به خطر انداختن سلامت ساکنان منطقه و ... . براین اساس با توجه به آنالیز گرانولومتری رسوبات حمل شده به وسیله‌ی سیلاب، تعیین آستانه فرسایش و توان حمل ذرات به وسیله‌ی بادهای محلی منطقه و اندازه‌گیری‌های میدانی به عمل آمده، این رسوبات با شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه مهم‌ترین منبع برداشت است که هر سال فرسایش می‌یابد و مشکلات عدیده‌ی در منطقه به وجود می‌آورد.

#### منابع

1. Ahmadi, H., 2012. Applied geomorphology, vol 2, Desert and Wind Erosion, University of Tehran, third edition. (In Persian)
2. Ahmadpanah, M. H.; Ara, H.; Mashhadi, N.; Kianian, M. K.; & D. Ghorbanian., 2014. Comparison the characteristics of grain size and morphoscopy in new and old wind deposits for sand sources determination in Damghan Erg, *Environmental Erosion Research*, 3(15), 58 - 71. (In Persian)
3. Arbab, M.; Pahlavanravi, H.; Piri Sahragard, H.; & M. Amiri, 2018. Accuracy Assessment of Geo-Statistics and Artificial Neural Networks Methods to Estimate Threshold Wind Velocity: A Case of Jazinak Region, Sistan Plain, *journal of Environmental Erosion Research*, 15 (6), 87 -105. (In Persian)



4. Arabkhedri. M., 2014. Study on amount of water erosion in Iran, *Journal of Extension and Development of Watershed Management*, 2 (4), 23-30. (In Persian)
5. Barami, M., 2017. Lithology and sedimentology, Payam noor published, pages 394. (In Persian)
6. Baziyar, MH., & H. Salehzadeh., (1997). Soil Mechanics Laboratory. Science and Technology University Press. Tehran. 178 p. (in Persian).
7. Esmaili, O.; Tajrishy, M.; & P. Daneshkar Arasteh., 2006. Results of the 50 year groundbased measurements in comparison with satellite remote sensing of two prominent dust emission sources located in Iran, Remote sensing of clouds and the atmosphere XI, edited by James R. Slusser, Klaus Schafer, Adolfo comeron, PP: 636209-636209.
8. Ekhtesasi, M. R., & S. Dadfar., (2013). Investigation of the Relationship between the Gulf of South Coast of Iran and the Morphology of Sandy Hills. *Natural Geography Research*. 4 (45), 61 - 72. (In Persian)
9. Fleming. M., & L. Brand., (2019). The role of wind in sediment removal from potholes in semiarid environments. *Geomorphology*. Volume 329. Pages 194 - 205.
10. Fryberger, S. G., & G. Dean., (1979). Dune forms and wind regime. 137 - 169.n: McKee, E. D. (Eds.), A study of global sand seas, United States Government printing office, Washington.
11. Gasemi. S., 2013. Sedimentology and geomorphology east part of Mokhtaran plane, Master thesis of Birjand university.
12. Hassanpour, F., 1999. Determining the critical points Sedimentation And determine optimal interval dredging by mathematical models (Case Study: Sistan River), Master's Thesis, pages 146. (in Persian)
13. Hafezi Moghadas, N.; Soloki, H. R.; Jalilvand, R.; & J. Rahnama Rad., 2012. Study of engineering geomorphology of Sistan river, *Journal of geotechnical gology*, 8, 1 - 18. (in Persian)
14. Hoseini, M. H., & S. Feiznya., (2008). The Roll of Textural and Mineralogical Characteristic of Sediment for Source Detection of Sand Dunes. *Natural resources magazine*. 2 (61), 297 - 304. (In Persian)
15. Heidari, F.; Shirani, K.; & R. Saboohi., 2017. Source of Eolian Facies using Geomorphological and Sedimen Tological Methods (Case Study: Ab-Barik Watershed of Bam in Kerman), *Water and Soil Science*, 3 (21), 39 - 54.
16. Jahantigh. M., 2008. Effect of wind erosion on north of Sistan environment (case study south of Sistan lake- Jahantigh and Ziyarat villages, 11th *National Congress on Environmental Health*, Zahedan, Iran.
17. Jahantigh. M., 2013. Studying and Recognition of Characteristics of Erosion Rivers in Sistan region, Soil conservation and watershed management institute: 51. (in Persian)
18. Jahantigh, M., 2015. Study of back and forth role in wind erosion of dry land region, case study: dry bed of Hamoon lake in Sistan area, *Watershed Engineering and Management*, 3 (7), 297 - 305.
19. Joann, M., 2016. The changing geomorphology of the Atchafalaya River Louisiana, *Journal of Geomorphology*, 252, 112 - 127.
20. Liu, L. Y.; Skidmore. E.; Hasi, E.; Wagner, L.; & J. Tatarko., 2005. Dune sand transport as influenced by wind directions, speed and frequencies in the Ordoss Plateau, *China, Geomorphology*, 67, PP 283 - 297.
21. Liu, L.; Yang, Y.; Shi, P.; Zhang, G.; & Z. Qu., 2015. The role of maximum wind speed in sand-transporting events, *Geomorphology*, 238, 177 - 186.
22. Rice, S. P., 1999. The nature and controls of downstream finig within sedimentary link, *Journal of Sedimentary Research*, 69, 32 - 39.

23. Maghsoudi, M., 2006. Identification of Effective Process on Development and Evolution of Sand Landforms, Case Study, Sirjan Playa Sand Landforms, RESEARCHES IN GEOGRAPHY, 55, 149 - 160. (In Persian)
24. Movahedan. M.; Abbasi. N.; & M. Keramati., 2011. Experimental Investigation of Polyvinyl Acetate Polymer Application for Wind Erosion Control of Soils, *Journal of Water and Soil*, 25 (3), 606 - 616.
25. Moussavi-Harami, R., 2011. Sedimentology. Thirteen Edition, Astan Quds Razavi Publications, Mashhad, 474 pp. in Persian
26. Parsamehr, A. H., & Z. Khosravani., (2017). Analysis of erosive winds and depositions drift potential in desert regions of Esfahan Province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 4 (23), 832 - 842.
27. Sadeghi, SH. R.; Kiani Harchegani, M.; & P. Saeedi., 2015. Emporal and Spatial Variations of Relationship between Suspended load Concentration and Some Contaminants of the Zayandeh-Rud River, *journal of water resource engineer*, 8 (25), 97 - 108. (In Persian)
28. Silvestors, S.; Achille, G. D.; & G. G. Ori., 2010. Dune morphology, sand transport pathways and possible source areas in east Thaumasia region (Mars), *Geomorphology*, 121, 84 - 97.
29. Tavossi, T., & K. Raessi poor., (2010). Statistical analysis and prediction of the probability of occurrence of severe storms using partial series analysis (case study of Sistan area). *Iranian Journal Geographical studies of arid regions*. 1 (2), 93 - 105.
30. Yamani, M.; Zohab Nazori, S.; & A. Gorae., 2011. statistics of wind stations surrounding Kerman obtained and were analyzed by wind rose, *journal of Arid Regions Geographic Studies*, 1 (4), 17 - 33.
31. Wang, S.; Yan, Y.; & Y. Li., 2012. Spatial and temporal variations of suspended sediment deposition in the alluvial reach of the upper Yellow River from 1952 to 2007, *Catena*, 92, 30 -37.
32. Hejduk, L., & K. Banasik., (2010). Variations in suspended sediment grain sizes in flood events of a small lowland river. IAHS-AISH publication: 189-196.
33. Sadeghi, H. R, & M. A. Zakeri., (2014). Suspended sediment particle size distribution in Kojour river. *Water and soil conservation report*. 2 (3), 73 - 82. (In Persian)

## The effect of 120 days winds on flood deposits in Sistan region by sediment characteristics analyze

**Moien Jahantigh<sup>1</sup>:** *Ph.D Student in Watershed Management, Natural Resources Department, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Gorgan*

**Mansour Jahantigh:** *Associate professor, Department Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture and edition Natural Resources Research Center, AREEO, Zabol, Iran*

Article History (Received: 2019/04/09

Accepted: 2019/07/22)

### Extended abstract

#### 1-Introduction

The purpose of this research was evaluating the effect of the 120 -day's winds on flood flow entering deposit to Sistan region. At first, it became clear that flood flow path to Sistan area after the floods and droughts, according to the file work is randomly sampled from the flood deposits accumulated for a period of 3 years. Also, high deposit was measured with filed work in two periods before and after the beginning of 120-days winds. In order to study the graded sediment samples and granulometry, the parameters were determined middle (D50), Mid-average, Kurtosis, Skewness and sorting. For analyzing the winds of the region WRplot view 8 and the harvest sand rose Software were used. In statistics study parameters of graded flood flow deposit entering to Sistan shows that the average particle size of sediment is 88 microns and mainly were fine-grained sediment. By determining the threshold of peak flow deposits, the frequency of prevailing winds and also draw sand rose of stations points of study, data shows that the high cumulative flow of sediment erosion affected by winds of 120 days of Sistan region. As the frequency of winds over speed threshold is 100 percentages to study station. In study of sediments height, the results showed significant differences at 0.01 levels ( $p < 0.01$ ) between the heights average of sediment before and after the beginning of 120 days winds in Sistan region. Therefore, according to analyzing Granulometry of Sediments transported by floods, determined threshold and the capability of carrying particles by local winds as well as field measurements, these deposits are the main resources harvested with starting 120- days winds along with flood flows intering Sistan region each year, eroding and causing a lot of problems in that region.

#### 2- Methodology

In this research we have provided data about the direction of rivers in Afghanistan country watershed. We used accessible images of Google Earth for determining peak flow path in the Sistan area and according to the luck ontinuity of flow in the region, areas that have been affected by flood flow was determined. In the following, it was found rods of Sistan region. After the floods and droughts, during field operations, accumulated flood sediments samples were collected randomly. Also, the sediment level in scale (Sediments transported by floods and depth of drilled by wind sediments carried by wind) of the 14 points were measured. The above steps have been done during each incoming flow to the Sistan region during 3 years (2016-2018). To evaluate the constituent particles of sediment in granulometry, 60 samples were selected and analyzed in Sistan Agricultural, Natural Resources Research and Education Center lab. In the study of granulometry of sediments taken with respect to deposits collected by 20 sieves. The estimation depth of accumulated flood sediments for two stages before and after the 120-day winds flood in summer. Selected by accumulated flood sediments and high measured sediments. In order to study the graded sediment samples and granulometry, parameters were determined middle (D50), Mid-average, Kurtosis, Skewness and sorting. For winds of region analysis, we used WRplot view 8 and the harvest sand rose Software. In statistics study parameters of graded

<sup>1</sup> Corresponding Author: Moienja23@yahoo.com

flood flow deposit entering to Sistan shows that the average particle size of sediment is 88 microns and mainly were fine-grained sediment.

### 3- Results

By determining the sediment in granulometry, frequency curve of particle was drawing for each of the study samples. Drawing on sediment size distribution for each sample, the results of the study analysis parameters, were estimated the peak flow of sediment into the Sistan region. Based on the results, the median and mean values of accumulated sediment on the bed river (Sistan River) and Hamon wetland were phi 6.2 and 6.4, respectively. Changes in these parameters are almost identical, but in some areas, the median value is greater than the average value which is due to finer grain particles. The general trend changes two parameters; the mean and median separable in study terms. In the first year, medians index was more than the average value of the samples taken which indicates that the presence of fine particles is more than coarse particles percent (the average size of silt). Whereas in the second year, the average of sediment samples taken increased the size of the fine silt particles coarser grain and reduced the fine silt particles in much finer grain. In the third year, the mean and median values are almost identical and fine silt was deposited as sediment size. The result shows that the tilting parameter values of sediment samples of peak flow was from very good tilting (0.22) until very weak tilting (2.86). Study of parameter values tilting this parameter indicates the rate of change between 0.14-0.76.

### 4- Discussion & Conclusions

In this study, for the first time has survey graded sediment input peak flow in Sistan. Then determine particle size and analyze the wind of the region, was estimated attrition of the sediments. In examining sediment samples in granulometry, during study period and the overall changes under the influence of mean and median and existence fine and coarse particles was perceptible in the overall trend analysis of these two parameters. Fluctuations in hydrological and hydraulic conditions prevailing in the bed of peak flow to Sistan area includes Sistan and Frahe rivers are determining particle transport in flood deposits. In support of this important Morphometry properties including sorting that reflects that the energy levels in sedimentary environments and energy situation is stable over time shows that the natural sediment sorting peak flow is not formed under the influence of hydraulic and dynamic conditions governing the flow of the river. In the other hand, because the rivers are seasonal and alluvial transmitter rivers transfer flood flows in the Sistan region, decrease the sediments have been sorted turbulent flow conditions along the river and rapid changes in river flow and erosion phenomenon over time. The results showed that sediment in granulometry of sediments transported during peak flow is always fine which has a low threshold velocity and due to the frequency and intensity of wind in the region, this has eroded sediments which effects of like phenomena dust and endangering the health of residents. Therefore, according to the analysis in granulometry of sediments transported by the floods and determined threshold, capability of carrying particles by local winds and field measurement, these deposits are the main sources of harvest starting with 120 days winds.

**Key Words:** Aggregation, Flood sediments, Sistan, Wind erosion, Erodibility.