عوامل موثر بر رسوبگذاری و مورفولوژی رودخانه سیستان

علیرضا عرب، کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، آب منطقه ای سیستان و بلوچستان
حسین میرشکار، دانشجوی کارشناس ارشد عمران- سازه، آب منطقه ای سیستان و بلوچستان

چکیده:

بررسی مورفولوژی رودخانه سیستان در بازه مورد بررسی نشاندهنده این واقعیت است که رودخانه سیستان رودخانه مئآندری توسعه یافته ای باضریب سینوسی ۱.۱۶۵ می باشد. ازدید زمین شناسی، وجود لایه ها وعدسی های ماسه ای در بین طبقات سیلت ورس درکناره های رودخانه از عوامل موثر در افزایش فرسایش کناره های رودخانه می باشد. مهمترین عوامل موثر بر رسوبگذاری و مورفولوژیرودخانه سیستان عبارتند از: عوامل انسانی، شیب بسیار پایین رودخانه و بار رسوبی زیاد و فرسایش باد می باشد.

واژگان کلیدی: رودخانه سیستان، رسوبگذاری، مورفولوژی، باد های ۱۲۰ روزه

مقدمه:

رودخانه ها تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند ویژگی های زمین شناسی، هیدرولوژیکی و نحوه بهره برداری از آنها در معرض تغییر و تحول می باشند. پدیده فرسایش و رسوب رودخانه ها از دیدگاه های مختلف اهمیت دارد، از جمله می توان نقش آن در کاهش عمر مفید مخازن سدها، پل ها، سازه های احداث شده در طول مسیر رودخانه و همچنین تاثیرات آن روی ریخت شناسی رودخانه و تغییرات بستر را نام برد.

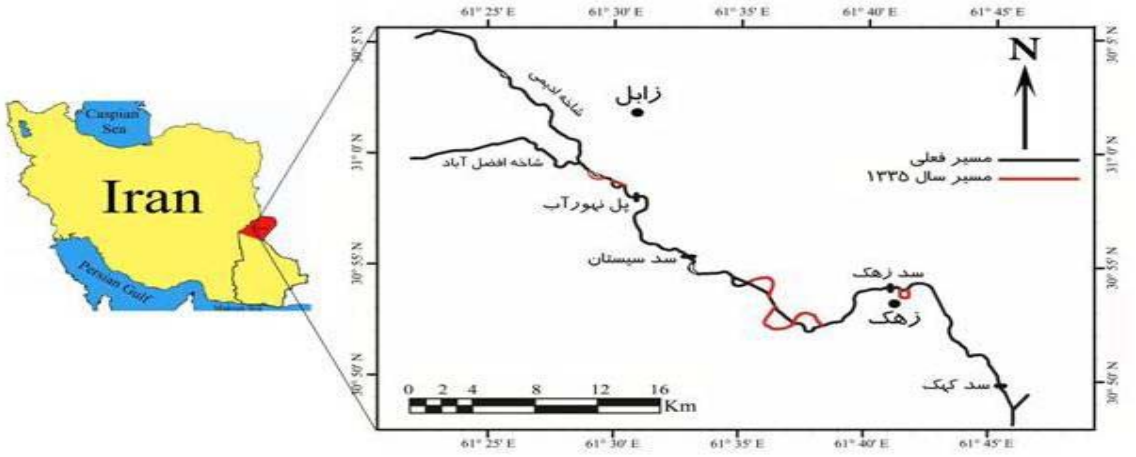
دراین پژوهش سعی براین است نسبت به بررسی عوامل تاثیر گذاری بر رسوبگذاری و مورفولوژی رودخانه سیستان اقدام گردد. ابزار اصلی تحقیق را عکس های هوایی سال های ۱۳۳۵ و ۱۳۸۰ و نیز تصاویر ماهواره ای ETM و نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی منطقه تشکیل می دهند.

محدوده مورد مطالعه:

ناحیه سیستان به شکل یک برون زدگی مثلثی در شرق کشور، بروی نقشه های موضوعی دیده می شود. این منطقه با مرکزیت شهر زابل و مساحتی بالغ بر۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع، در ناحیه شمال شرقی استان سیستان و بلوچستان، در جلگه ای پست و تقریبا هموار، در منتهی الیه مرز شرقی کشور پهناور ایران قرار دارد. رودخانه سیستان، در جنوب شرقی دشت سیستان در مرز ایران و افغانستان از رودخانه هیرمند منشعب شده و در محدوده جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه تا۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی طی مسیر نموده وسپس به دوشاخه ادیمی و افضل آباد منشعب شده ودر ادامه (پس از طی مسافتی حدود ۷۲ کیلومتر از مرز ایران وافغانستان) به دریاچه هامون هیرمند می ریزد (شکل ۱) .

روش تحقیق

در این مطالعات پس از جمع آوری اطلاعات و بررسی عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای منطقه (در بازه زمانی ۱۳۳۵ تا کنون) نسبت به تهیه نقشه تغییرات بستر رودخانه اقدام و در ادامه رودخانه به بازه های همگن تقسیم شده و نسبت به بررسی های صحرایی، برداشت پروفیل های عرضی رودخانه و سپس داده های موفولوژی رودخانه نظیر شاخص های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی درقالب نرم افزارهای Arc GIS و Autocad تجزیه و تحلیل شده اند. در ادامه بر اساس نتایج حاصله نقش عوامل موثر بر تغییرات مورفولوژیکی رودخانه بررسی شده است.



شکل شماره (۱): موقعیت رودخانه سیستان وشاخه های انتهایی آن (حافظی مقدس وهمکاران، ۱۳۹۰)

شاخص های مورفیک رودخانه سیستان

دراین مطالعات به منظور بررسی وتعیین شاخص های مورفیک پایدار، براساس پیمایش های صحرایی وبکارگیری روش کیفی واستفاده از تصاویر ماهواره ای، تعداد۴۴ قوس رودخانه سیستان در۶ بازه (ازسد کهک تا دریاچه هامون) انتخاب شدند. سپس پارامتر های مورفیک هر استخراج ومورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته است. براساس این نتایج میانگین شاخص های مورفیک رودخانه به شرح جدول ۱ می باشد. ضریب خمیدگی رودخانه سیستان حدود ۱/۱۶ می باشد که بیانگر بالابودن نسبت پیچ و خم رودخانه یا به عبارتی سینوسی بودن رودخانه است (Petts,G.E. et al.,1986).

عوامل موثربررسوب گذاری و مورفولوژی رودخانه سیستان :

طبق نظر لین(Lane,1983) عوامل گوناگونی در رفتار یک رودخانه موثر هستند. برخی از این عوامل مستقیما در ریخت شناسی موثر بوده وبرخی دیگر نیز از طریق ارتباط با عوامل دیگر تاثیرگذار می باشند. مهم ترین این عوامل عبارتند از: بده جریان، مواد کناره وبستر، شیب طولی، بار رسوب رودخانه، پوشش گیاهی، زبری بستر، شرایط زمین شناسی منطقه و اقدامات انسانی. لین اظهار داشته که تمامی عوامل فوق مستقل نبوده، بلکه برخی از آنها، کم یا زیاد، به عوامل دیگر وابسته هستند . به عنوان مثال ارتباط مابین شیب طولی و بار رسوب با مقاومت بستر و کناره رودخانه در برابر جریان، بسیار قوی و پیچیده است. یک رودخانه تحت تاثیر رژیم بده - رسوب و هندسه هیدرولیکی آن ممکن است در بازه های مختلف در حالت کف کنی (کاهش تراز بستر) و یا رسوب گذاری (افزایش تراز بستر) باشد. شکل ۲ به صور ت شماتیک تاثیرپذیری شیب بستر(تغییر نیمرخ طولی و وقوع فرسایش و رسوب گذاری) از بده جریان، قطر مصالح و بده رسوب را براساس تحلیل کیفی لین نشان می دهد (Thompson and Turk, 1994).

بده جریان

متوسط دبی سالانه رودخانه سیستان در محل سد کهک ۶۹/۴ مترمکعب درثانیه، حداکثر وحداقل آن نیز به ترتیب ۱۴۱ و۱/۱۰ مترمکعب درثانیه است. همچنین ضریب تغییرات آن ۰/۵۳ می باشد (مهندسین مشاور آبساران ۱۳۸۶).

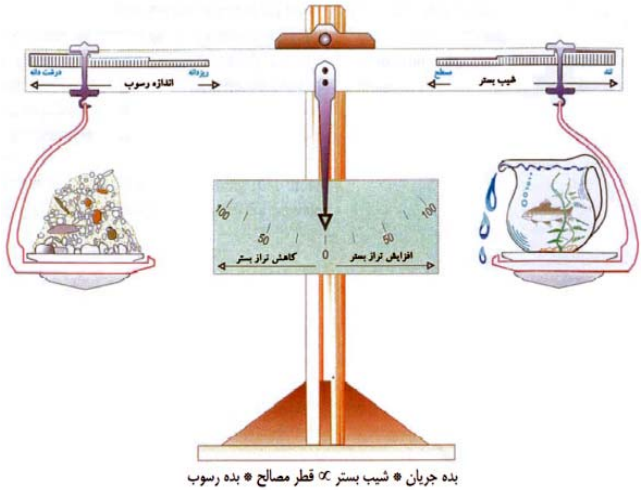
تغییرات قابل ملاحظه آب جاری رودخانه موجب گردیده ۷۰ درصد آورد سالیانه رودخانه در طول ماه های اسفند تا اردیبهشت رخ دهد(مهندسین مشاور پارس کنسولت، ۱۳۷۹) لذا رودخانه دارای رژیم سیلابی می باشدکه درآن سیلاب های شدید واستثنایی بسیار زیاد دیده می شود این خصوصیت موجب ایجاد بستر عریض رودخانه سیستان گردیده است.

جدول ۱: مشخصه های هندسی رودخانه سیستان

بازه	بازه اول (سد کهک تا سد زهک)	بازه دوم (سد زهک تا سد سیستان)	بازه سوم (سد سیستان تاپل نهراب)	بازه چهارم (پل نهرآب تا ابتدای دو شاخه شدن)	بازه پنجم (شاخه افضل آباد تا دریاچه هامون)	بازه ششم (شاخه ادیمی تا دریاچه هامون)	کل مسیر مورد مطالعه
متوسط S (ضریب پیچشی)	۱.۱۳	۱.۲۰	۱.۱۸۱	۱.۰۸۷	۱.۲۲	۱.۱۷	۱.۱۶۵
نوع بازه براساس سینوسیته	سینوسی	سینوسی	سینوسی	سینوسی	سینوسی	سینوسی	سینوسی
متوسط R/B (شعاع نسبی)	۱۴.۳۸	۱۲.۹۵	۱۸.۴۷	۲۰.۷	۱۴.۴۵	۱۱.۲۲	۱۵.۳۶۲
نوع بازه براساس شعاع نسبی	پایدار	پایدار	پایدار	پایدار	پایدار	پایدار	پایدار
متوسط زاویه مرکزی (A)	۱۰۰	۱۱۹.۴۴	۱۱۳.۸۰	۱۰۳.۲۵	۱۲۵.۵	۱۱۴.۵۵	۱۱۲.۷۵
نوع بازه براساس زاویه مرکزی	مئاندری توسعه یافته	مئاندری توسعه یافته	مئاندری توسعه یافته	مئاندری توسعه یافته	مئاندری توسعه یافته	مئاندری توسعه یافته	مئاندری توسعه یافته

مواد بستر وکناره

مواد کف وکناره رودخانه نقش موثری در تغییرات ریخت شناسی رودخانه ایفا می کند. رودخانه های با مواد بستری ریزدانه نسبت به تغییرات بده و بار رسوبی حساسیت بیش تری از خود نشان می دهند وضعیت کف در رودخانه های با بستر ماسه ای (Sand Bed Rivers) شدیدا تحت تاثیر شرایط جریان می باشد به همین دلیل نهشته های رسوبی در رودخانه های بستر ماسه ای ناپایدارند (Henderson, F.M., 1966).



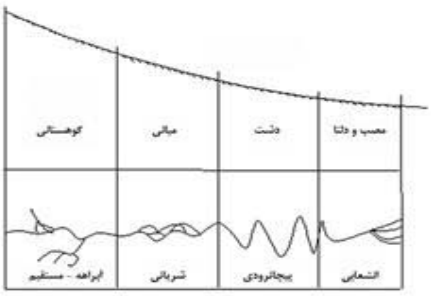
شکل (۲) : شماتیک رابطه کیفی لین بین متغییر های اصلی جریان و رسوب رودخانه (Lane, E.W.,1983)

شکل (۳): شسته شدن لایه ماسه ای توسط آبهای جاری ومعلق شدن و ریزش طبقات سیلتی-رسی به علت فرسایش لایه زیرین ماسه ای

بررسی رودخانه سیستان نشاندهنده بستری ماسه ای و کناره هایی باتوالی رسوبات لایه ای سلیتی- رسی ولایه ها و عدسی های ماسه ای ریز دانه که فاقد چسبندگی بوده و با سیلا ب های مختلف ، مقداری از ماسه ها ریزش کرده وسبب می شود تا قسمت های فوقانی فرو بریزد می باشد. لذا مواد بستر وکناره های رودخانه ازعوامل موثر در مورفولوژی رودخانه دربازه مورد مطالعه می باشند وسبب فرسایش کناره ها وتوسعه پیچان رودها می گردد(شکل ۳).

شیب طولی رودخانه

درمصب رودخانه ها و محدوده دلتا به علت این که شیب بسترخیلی کم ومیزان مواد دانه ریز زیاد است، پدیده تغییرمسیرشدت می یابد(Petts, G.E. et al, 1986). شکل ۴ نحوه تغییرات شیب، نیمرخ کف وشکل مسطحه رودخانه را درطول مسیر آن نشان می دهد.



شکل (۴): نحوه تغییرات نیمرخ طولی وشکل مسطحه رودخانه در طول مسیر(وزارت نیرو،۱۳۹۲)

میزان شیب عمومی رودخانه سیستان در حدود ۰/۲ تا ۰/۶ در هزارعنوان گردیده است (حسن پور،۱۳۷۹، مهندسین مشاور تهران سحاب،۱۳۷۱واحمری وهمکاران، ۱۳۸۰). ذرات تشکیل دهنده بستر رودخانه نیز عمدتاً بسیار دانه ریز بوده و عمدتاً درمحدوده ماسه ریز، رس و لای قرار دارد. براساس رابطه کیفی لین باتوجه به شیب اندک رودخانه و رسوبات دانه ریز ، رودخانه رسوبگذار محسوب می گردد و ازطرفی به علت بار زیاد رسوبی رودخانه نیاز به اتلاف انرژی جهت رسوب گذاری دارد لذا در مسیر بازه مورد مطالعه که دشت های سیلابی یا دلتای رودخانه می باشد رودخانه با افزایش چم طول خود را زیاد وامکان ته نشست مواد دانه ریز را فراهم می آورد.

بار رسوب رودخانه

غلظت بارمعلق جریانات سیلابی این رودخانه در حدود ۱۰ تا۵۰ گرم درلیتر است. براین اساس ، رودخانه سیستان جزء رودخانه های نادر دنیا محسوب می شود(مهندسین مشاور تهران سحاب ۱۳۷۱). شیب کم بستر رودخانه سیستان و اثرات منفی ساخت سدهای زهک و کهک میزان رسوبگذاری را افزایش داده است(حسن پور، ۱۳۷۹).

شیب هیدرولیکی رودخانه سیستان بسیار اندک وحدود ۰/۰۰۰۰۲ تا ۰/۰۰۰۰۶ واز طرف شرق به غرب است. لذا رسوبات همراه این رودخانه عموماً ذرات سیلت، رس وماسه ریزدانه است که افتادگی دشت سیستان را دراین محل پر نموده است. درمناطق دلتایی (بازه مورد مطالعه) به دلیل رسوبگذاری، بستر رودخانه به تدریج بالامی آید، به گونه ای که سطح جریان سیلابی ازسطح زمین طبیعی اطراف بیش تر می گردد. طبعا حفاظت بستر واراضی رودخانه با سیل بندهای خاکی (گوره ها) صورت می گیرد که به تدریج مرتفع تر ساخته می شوند یا ترفیع می گردند. بالاخره دریک سیلاب بزرگ گوره ها شکافته شده و آب خط القعرجدیدی را به عنوان مسیرجدید انتخاب می کند وفرآیند بالا آمدن تدریجی بستر این مجرای جدید مجدداً آغاز می گردد. مگر آن که با وسایل وپروژه های مهندسی امروزی مجدداً رودخانه به مجرای اصلی برگردانده شود.

اقدامات انسانی

در طول رودخانه سیستان ازمرز کشور افغانستان تا مصب دریاچه هامون تعدادزیادی سازه بر روی رودخانه ساخته شده است که مهمترین آنها سد های کهک، سیستان و پل نهرآب می باشند همچنین سازه های طولی جهت جلوگیری از فرسایش کناره ها درنقاط مختلف رودخانه بسته به اهمیت نقاط ساخته شده است(شکل۵).

شکل(۵) : نمایی از مهمترین تاسیسات ساخته شده بر رودخانه سیستان (Delft Hydraulics, 2006)

سد کهک و سازه کافردم درابتدای محدوده مطالعاتی و درفاصله حدود۲/۴ کیلومتری ازمحل انشعاب رودخانه سیستان از رودخانه هیرمند قرار دارند. این سازه ها جهت کنترل سیلاب های ورودی از رودخانه هیرمند به سیستان احداث گردیده اند اما بعنوان مانعی درمسیر عبور ماسه بادی موجب گردید تا در بالادست وپایین دست آنها حجم زیادی ماسه بادی انباشته شود. (شکل ۶، سمت راست). همچنین این سازه ها موجب کاهش پایداری و تخریب دیواره سمت چپ شده است (شکل ۶، سمت چپ). عدم توجه به حفظ وپایداری و کنترل فرسایش توده ای دیواره موجب گردیده که بخش زیادی از رسوبات بالادست سد از این طریق تامین گردد وموجب گردیده که عرض واقعی رودخانه بطور قابل توجهی کاهش یابد و موجب کاهش سرعت جریان و در نتیجه برگشت آب به سمت بالادست وافزایش تراز بسترودخانه بواسطه رسوبگذاری گردد(شکل ۷). سد سیستان باعث کاهش سرعت جریان در بالادست و فراهم شدن فرصت ته نشینی رسوبات دراین بازه می گردد (اشکال۸و۹). احداث پل ها به طور عمد ه موجب کاهش عرض مقطع جریان گردیده و از این رو سرعت جریان در این بازه افزایش یافته و با افزایش ظرفیت حمل رسوب، بستر رودخانه در اطراف پایه های پل در اثر فرسایش دچار پایین افتادگی می گردد .از طرفی رسوب حاصل از فرسایش به پایین دست منتقل گردیده و شکل گیری انباشته های رسوبی را سبب می گردد. تشکیل انباشته های رسوبی مشخصه های هندسی رودخانه را دچار تغییر می نماید. در مواردی نیز در اثر وقوع سیل برگشت آب در بالادست پل شکل می گیرد که موجب کاهش سرعت جریان شده و انباشته شدن مواد رسوبی را در بالا دست سبب می گردد(بهاری، ۱۳۷۸)(شکل۱۰). سازه های طولی که با هدف مهارسیلاب و حفاظت دیواره های ساحلی رودخانه در مقابل نیروی برشی و فرسایشی جریان آب ساخته شده اند درمنطقه مورد مطالعه عمدتاً شامل گوره ها می باشد. خاکریزهای سیل بند یا گوره ها، برای مقابله با خطر طغیان و سیلاب رودخانه سیستان بسیار مناسب می باشند ساخت خاکریزها، بطور محسوسی موجب کاهش مقطع جریان رودخانه سیستان گردیده است. نکته قابل توجه درمنطقه مورد مطالعه آن است که حجم زیادی از رسوبات لایروبی شده رودخانه سیستان در ساخت این گوره ها بکار می روند. همچنین بر اثروزش بادهای شدید در منطقه مجدداً به کانال رودخانه بازگشته و سبب افزایش تراز بستر رودخانه می شوند. این پدیده باعث آبشستگی وفرسایش توده ای لایه های مجاور (شکل۱۱).

حتی خود خاکریزهای مجاور رودخانه شده و موجب تغییر در ساختار ریخت شناسی رودخانه گردیده است (حافظی مقدس،۱۳۹۱).

شکل(۶): سمت راست:انباشت رسوبات در بالادست کافردم کهک، سمت چپ: فرسایش توده ای کناره سمت چپ رودخانه در بالادست سد کهک

شکل(۷): رسوبگذاری در ابتدای رودخانه سیستان (محل انشعاب از رودخانه هیرمند)

شکل(۸): تصویر ماهواره ای سد سیستان وانباشت رسوبات در مخزن آن

شکل (۹): سمت راست، نمایی از پایین دست سد سیستان ومصالح دانه درشت جهت جلوگیری از فرسایش پاشنه سد، سمت چپ نمایی از بالا دست سد سیستان وانباشت رسوبات در مخزن آن

باد

باد یکی از فرایندهای فعال شکل زایی در خاور ایران است(علایی طالقانی، ۱۳۸۴). بادهای ۱۲۰ روزه ازمعروف ترین سیستم های وزشی مقیاس متوسط نیمکره شمالی می باشند که اثرات آنها در بخش های شرقی ایران، غرب و جنوب افغانستان و شمال پاکستان قابل مشاهده است. منطقه سیستان با بیش از166 روز توام با گرد و غبار،از کانون های

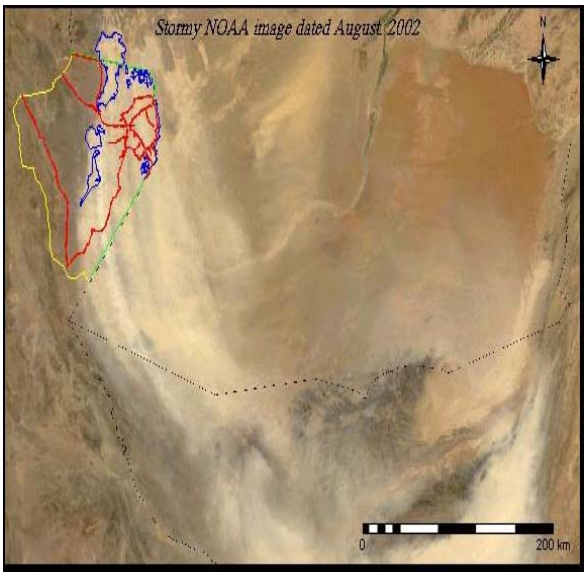
شکل (۱۰): اثر پل نهراب بر مورفولوژی و رسوبگذاری رودخانه سیستان، الف) تصویر ماهواره ای از پل نهرآب واثرات ریختاری آن بر رودخانه (فرسایش در بالادست ورسوب گذاری در پایین دست)، ب) محافظت پایه های پل نهورآب با صفحات فلزی

اصلی آلودگی گرد و غباری درکشور است که از این نظر با کانون های اصلی خاورمیانه(جنوب خلیج فارس، جنوب عراق و شرق عربستان) قابل مقایسه می باشد (خسروی، 1387).

شکل(۱۱) : فرسایش توده ای خاکریزهای(گوره ها) ساحل رودخانه سیستان (حافظی مقدس،۱۳۹۱).

نتایج بررسی های دورسنجی نشان داده است که محل های اصلی شروع برداشت ماسه های بادی در منطقه سیستان در سه ناحیه پایین دست و نزدیک به ورودی رودخانه فراه رود به هامون صابری، لبه غربی هامون در ابتدای محل اتصال هامون سابوری به هیرمند و در انتها لبه غربی هامون می باشد ودر مسیر

خود خاک های اراضی شخم خورده نیز به آن افزوده می شود و حجم انبوهی از ماسه و گرد و غبارمنطقه ای وسیع از خاک ایران و کشور افغانستان را فرا می گیرد(شکل۱۲).



شکل (۱۲): تصویر ماهواره ای NOAA مربوط به طوفان آگوست 2002، (تصویر از مهندسین مشاور آبساران،۱۳۸۲).

بادهای 120، روزه عامل فرسایش خاک، پرکردن نهرها و کانال های آبرسا نی و ، در عین حال تعدیل درجه حرارت در تابستان می باشند. تپه های ماسه ای حاصل از تجمع تلماسه ها و همچنین گوره های اطراف رودخانه سیستان، بر اثر وزش باد به داخل کانال رودخانه سیستان رانده شده و در نتیجه فرسایش می یابند .این موارد در نهایت موجب افزایش تراز بستر رودخانه و تهدید زمین های کشاورزی

وروستاهای مجاور می گردند .در نتیجه این عوامل با شرایط سیلابی شدن رودخانه در تغییر مسیر رودخانه از گذشته تا حال نقش داشته اند.

نتیجه گیری

عوامل متعدد ومهمی بر تغییرات رسوبگذاری و مورفولوژی رودخانه سیستان موثر است. ازدید زمین شناسی، وجود لایه ها وعدسی های ماسه ای در بین طبقات سیلت ورس درکناره های رودخانه از عوامل موثر در افزایش فرسایش کناره های رودخانه می باشد. ژئومورفولوژی دشت سیستان نشاندهنده آن است که دشت بر دلتای رودخانه هیرمند واقع است. بررسی مورفولوژی رودخانه سیستان در بازه مورد بررسی نشاندهنده این واقعیت است که رودخانه سیستان رودخانه مئآندری توسعه یافته ای باضریب سینوسی ۱.۱۶۵ می باشد.

مهمترین عوامل موثر بر رسوبگذاری و مورفولوژیرودخانه سیستان عبارتند از:

عوامل انسانی: ساخت سازه هایی چون سد های انحرافی کوهک، زهک،سیستان و پل هایی همچون نهرآب و سازه های طولی موجب تغییرات فحاش هیدرولیکی و رسوبگذاری و مورفولوژی رودخانه گردیده است.

شیب بسیار پایین رودخانه و بار رسوبی زیاد: شیب و بار رسوبی از عوامل مهم تعادل در رودخانه ها می باشند واثرات این دو پارامتر خود را در مورفولوژی رودخانه نشان می دهد. سوبگذاری زیاد رودخانه موجب شده به تدریج بستر رودخانه در ترازی بالاتر از زمین های مجاور قرار بگیرد وپس از هر سیلاب بزرگ مجرای جدیدی برای خود بیابد.

فرسایش باد: فرسایش ورسوبگذاری باد کلیه عوامل رسوبگذاری ومورفولوژی رودخانه ودشت سیستان را تحت تاثیر خود قرار داده است ودر موارد متعدد موجب پرشدن کانال رودخانه و سایر عوامل گردیده است که این خصوص تحقیقات زیادی توسط محققین مختلف تا کنون انجام پذیرفته است.

مراجع:

۱. احمری، ح.، تجریشی، م. وترابی، س.ا.، ۱۳۸۰، مطالعات فرآیند رسوب گذاری در رودخانه سیستان، سومین کنفراس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ص.ص. ۱۹۳-۱۸۳.

۲. بهادری، ف . ، ۱۳۷۸، اصول و مبانی برداشت شن وماسه از رودخانه ها، دفتر مهندسی رودخانه ها و سواحل شرکت مدیریت منابع آب ایران.

۳. حافظی مقدس،ن.، سلوکی،ح.ر.، جلیلوند،ر.،رهنماراد،ج. ،۱۳۹۱، مطالعه ژئومورفولوژی مهندسی رودخانه سیستان، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال۸، شماره ۱.

۴. حسن پور،ف.،۱۳۷۹، تشخیص نقاط بحرانی رسوبگذاری وتعیین بازه های بهینه لایروبی توسط مدل های ریاضی (مطالعه موردی رودخانه سیستان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۵. خسروی،م.،۱۳۸۷، تحلیل فضایی آلایندگی طوفان های گرد وغباری ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان با استفاده از داده های سنجش از ودرو(دوره ۲۰۰۸-۲۰۰۱)، مجموعه مقالات یازدهمین همایش بهداشت محیط ایران، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان.

۶. علایی طالقانی،م.، ۱۳۸۴، ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس.

۷. مهندسین مشاور تهران سحاب، ۱۳۷۱، طرح بهره برداری بهینه آب رودخانه ی هیرمند، وزارت نیرو، معاونت آب.

۸. وزارت نیرو،۱۳۹۲، راهنمای شکل هندسی مقطع وراستای رودخانه، دفتر مهندسی معیارها فنی آب وآبفا، نشریه شماره ۶۴۳.

9. Delft Hydraulics WRI, 2006, Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta Iran, WRI, Iran.
10. Henderson, F.M., 1966, Open Channel Flow, MacMillan Publishing CO., New York, NY.
11. Lane, E.W.,1983, The Importance and Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering in River Mechanics, Vol II, Ch20, for Colorado, USA, P230.
12. Petts, G.E. et al, 1986, Historical Change Large Alluvial River, John Wiley and Sons, P 324
13. Schumm, S.A., 1984. Channel Mirphology, Symposium on River Meandering-June 1984, Colorado State University, Fort Collins Colorado, Pp 250-260.
14. Shen, H.W., 1984, River and Related problems, Symposium on River Meandering-June 1984, Colorado State University, Fort Collins Colorado, P 34.
15. Simons,D.B.,1971, River and channel Morphology, Fort Collins Colorado, P 120.
16. Thompson and Turk, 1994, Earth Science,399.