نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۰، شماره ۴، ۱۳۹۷، صفحات ۵۶۴-۵۷۹

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 10, Issue 4, 2019, Pages 564-579
DOI: 10.22092/ijwmse.2018.114477.1321

پتانسیل‌یابی معادن شن و ماسه خارج از بستر رودخانه با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های ژئومورفولوژیکی، مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز فردوس و قائن

اصغر عزیزیان[۱] و امیر صمدی*[۲]

[۱] استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین و [۲] استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۳

چکیده

مصالح رودخانه‌ای یکی از منابع ارزشمند بوده و به‌علت صرفه اقتصادی و سهولت استحصال، همواره از اهمیت بسیاری در کارهای عمرانی برخوردار می‌باشند. این موضوع سبب شده که رودخانه‌ها جدا از تغییرات طبیعی خود، امروزه تحت تأثیر فعالیت‌های موثر انسان در برداشت بدون ضابطه و بی‌رویه شن و ماسه، در معرض دگرگونی‌های ژرفی قرار گیرند. لذا، جایگزینی منابع رودخانه‌ای با منابع دیگری همچون معادن کوهی می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی جهت حفاظت از رودخانه‌ها در نظر گرفته شود. با توجه به اهمیت این موضوع، در پژوهش حاضر، به ارزیابی پتانسیل تولید رسوب زیرحوضه‌های منتهی به رودخانه‌های شهرستان قائن و فردوس با استفاده از تلفیق مدل‌های ژئومورفولوژیکی و GIS پرداخته شده است. نتایج به‌دست آمده در حوضه‌های مورد مطالعه، حاکی از آن است که مدل‌های ژئومورفولوژیکی از قابلیت بسیار مناسبی جهت شناسائی مناطق مستعد تولید رسوب برخوردار می‌باشند. طبق محاسبات صورت گرفته با مدل ژئومورفولوژیکی، بخش‌های جنوبی و جنوب غربی حوضه شهرستان فردوس و بخش‌های شمالی حوضه شهرستان قائن در استان خراسان جنوبی نیز از پتانسیل مناسبی برای برداشت برخوردار می‌باشند. همچنین، ارزیابی کیفیت رسوبات نیز حاکی از آن است که عمده مصالح موجود در این مناطق در رده مصالح درشت دانه قرار داشته و نیاز به فرآوری به مراتب کمتری دارند.

واژه‌های کلیدی: استان خراسان جنوبی، تولید رسوب، فرسایش، کیفیت رسوب، مصالح رودخانه‌ای

مقدمه

استفاده از شن و ماسه، از دیر باز به همراه پیشرفت انسان در عرصه‌های مختلف، کاربرد روزافزونی یافته است. از شن و ماسه به‌عنوان مصالح ساختمانی در ساختمان‌ها، جاده‌ها و بزرگراه‌ها در زیر اساس، اساس و عملیات روسازی، در زیرسازی خطوط لوله و همچنین، در صنایعی مانند ریخته‌گری و موزائیک‌سازی استفاده می‌شود (Amiri-Tokaldany و Azizian، ۲۰۱۰). انتخاب محل‌های مناسبی از رودخانه‌ای یا خارج از بستر برای برداشت شن و ماسه همواره از اهمیت بسیاری زیادی برخوردار بوده است. برداشت مصالح بدون در نظر گرفتن موقعیت آن، به‌ویژه در بستر رودخانه، ممکن است موجب جابه‌جایی مسیر رودخانه، تخریب سواحل و اراضی

* مسئول مکاتبات: amsamadi@gmail.com

کشاورزی حاشیه رودخانه، تخریب سازه‌های متقاطع با رودخانه مانند پل‌ها و بندهای انحرافی و ... شده و در نتیجه مشکلات و تبعات اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی را به بار آورد (Management and Planning Organization، ۲۰۰۵).

معادن شن و ماسه واقع در بستر رودخانه‌ها دو منبع مهم برای تامین این مصالحمی‌باشند. نیاز به فرآوری کمتر، سهل‌الوصول بودن و نزدیکی به جاده‌های ارتباطی و محل مصرف منابع شن و ماسه که نهایتاً بالا بردن ارزش اقتصادی آن را رقم می‌زند، از جمله دلایلی است که استفاده روزافزون از این منابع ارزشمند را به‌دنبال داشته است. از سوی دیگر، نهشته‌های رودخانه‌ای معمولاً نزدیک محل مصرف قرار دارند که این امر منجر به کاهش قیمت تمام شده مصالح می‌شود. این مزایا، جایگاه ویژه‌ای به مصالح رودخانه‌ای داده و به همین دلیل، موجب اعمال فشار زیادی بر این منبع نسبت به معادن کوهی شن و ماسه می‌شود. برداشت شن و ماسه از رودخانه، اگرچه منابع قابل توجهی را برای عده‌ای محدود (برداشت کنندگان مصالح) فراهم می‌آورد و پروژه‌های عمرانی از آن بهره‌مند می‌شوند، ولی در عین حال اگر در قالب ضوابط فنی و بر طبق دستورالعمل‌های کنترل کننده انجام نگیرد، قطعاً موجب آثار منفی در به‌هم زدن تعادل طبیعی رودخانه، تخریب زمین‌های اطراف، آبزیان و زیست‌گاه‌های پرندگان و جانوران منطقه خواهد شد.

طبق نظریه پرینس، برداشت تا حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد بار بستر سالانه مانع از افت بستر و تغییرات نامطلوب تراز آب در بالادست و پائین‌دست می‌شود. از طرفی Raynov و همکاران (۱۹۸۶) میزان استخراج مصالح رودخانه‌ای را معادل یک تا دو برابر میانگین بلند مدت بار بستر سالیانه عنوان کرده‌اند. تا کنون مطالعات مختلفی در زمینه مدل‌سازی عددی اثرات برداشت مصالح رودخانه‌ای بر وضعیت مورفولوژیکی رودخانه به انجام رسیده است که از مهمترین آن‌ها می‌توان به Julien (۲۰۰۲)، Nouhegar و Mahmoodi (۲۰۰۳)، Fuller و همکاران (۲۰۰۴)، Tarbon و همکاران (۲۰۰۶)، Memari و Habib Nejad Roshan (۲۰۰۶)، Rouzkhash و همکاران (۲۰۰۶)، Nourmahnad و همکاران (۲۰۰۷)، Azizian و Amiri-Tokaldany (۲۰۱۰)، Samadi و همکاران (۲۰۱۳)، Ghafouri Azar و همکاران (۲۰۱۱)، Zakeri و Sadeghi (۲۰۱۳) و Sadeghi و همکاران (۲۰۱۴) اشاره نمود. در عمده این تحقیقات، نتایج مختلفی گزارش شده است که مهمترین آن‌ها فرسایش و گودافتادگی بستر، از بین رفتن پوشش گیاهی، تعمیق بستر اصلی رودخانه، اختلال در تعادل بیولوژیکی رودخانه، ناپایداری و ریزش سواحل و تغییر مسیر حرکت رودخانه می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، منابع رودخانه‌ای علی‌رغم مزایای قابل توجهی که دارند، به‌علت عدم رعایت اصول برداشت به‌وسیله کارگاه‌های برداشت شن و ماسه، اثرات جبران‌ناپذیری را بر سیستم رودخانه‌ها تحمیل می‌نمایند. به همین علت و برای حفظ وضعیت رودخانه‌ها به‌عنوان عوامل اصلی حیات بشری و جانوری بایستی به‌دنبال منابعی جایگزین برای مصالح رودخانه‌ای بود.

در حال حاضر، منابع کوهی (واقع در پائین‌دست کوه‌ها و مخروطه افکنه‌ها) علی‌رغم پائین بودن کیفیت مصالح آن‌ها نسبت به مصالح رودخانه‌ای یکی از گزینه‌های مناسب به‌شمار می‌آیند. با توجه به وسعت بالای مناطق واقع در کوهپایه‌ها و مخروطه افکنه‌ها، لزوم برآورد مکان‌های مناسب برای برداشت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در دهه‌های اخیر برای برآورد مناطق مستعد تولید رسوب و همچنین، تخمین میزان رسوب ورودی به هر کدام از آبراهه‌های موجود در هر حوضه، مدل‌های هیدرولوژیکی مانند SWAT، KINEROS و AGWA، هیدرولیکی مانند HEC-RAS، GSTARS، CCHE2D و BRI-STARS و روش‌های تجربی مانند PSIAC، RUSLE و EPM توسعه داده شده است. هر کدام از این روش‌ها و مدل‌ها نیازمند حجم وسیعی از اطلاعات می‌باشند که فراهم نمودن بسیاری از آن‌ها به‌ویژه در حوضه‌های فاقد آمار تقریبا غیر ممکن می‌باشد. یکی از روش‌هایی که محدودیت مدل‌های مذکور را دارا نبوده و تنها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و یا مدل‌های رقومی ارتفاعی (DEM) به شناسائی منطق تولید فرسایش و رسوب در سطح حوضه می‌پردازد، روش‌های مبتنی بر

اندکس‌های ژئومورفولوژیکی می‌باشد. در این پژوهش، از مدل ژئومورفولوژیکی ارائه شده بر اساس تحقیقات Moore و همکاران (۱۹۹۲) استفاده به‌عمل آمده است. بنیان این روش، استفاده از نظریه توان جریان است که در آن به کمک اطلاعات پایه توپوگرافی می‌توان مناطق مستعد به فرسایش و تولید رسوب رودخانه‌ای را نمایش داد. توان جریان که در واقع معرف توانائی و پتانسیل کار جریان آب بر زمین است، بیان‌گر توانائی آب از نظر پهن کردن مسیر، شکافتن و هموار نمودن مسیر برای حمل رسوب است. طبق دیدگاهی که در این پژوهش وجود دارد، پتانسیل جریان آب همان توانایی بالقوه جریان آب در فرسایش و ترسیب مواد در مسیر خود می‌باشد.

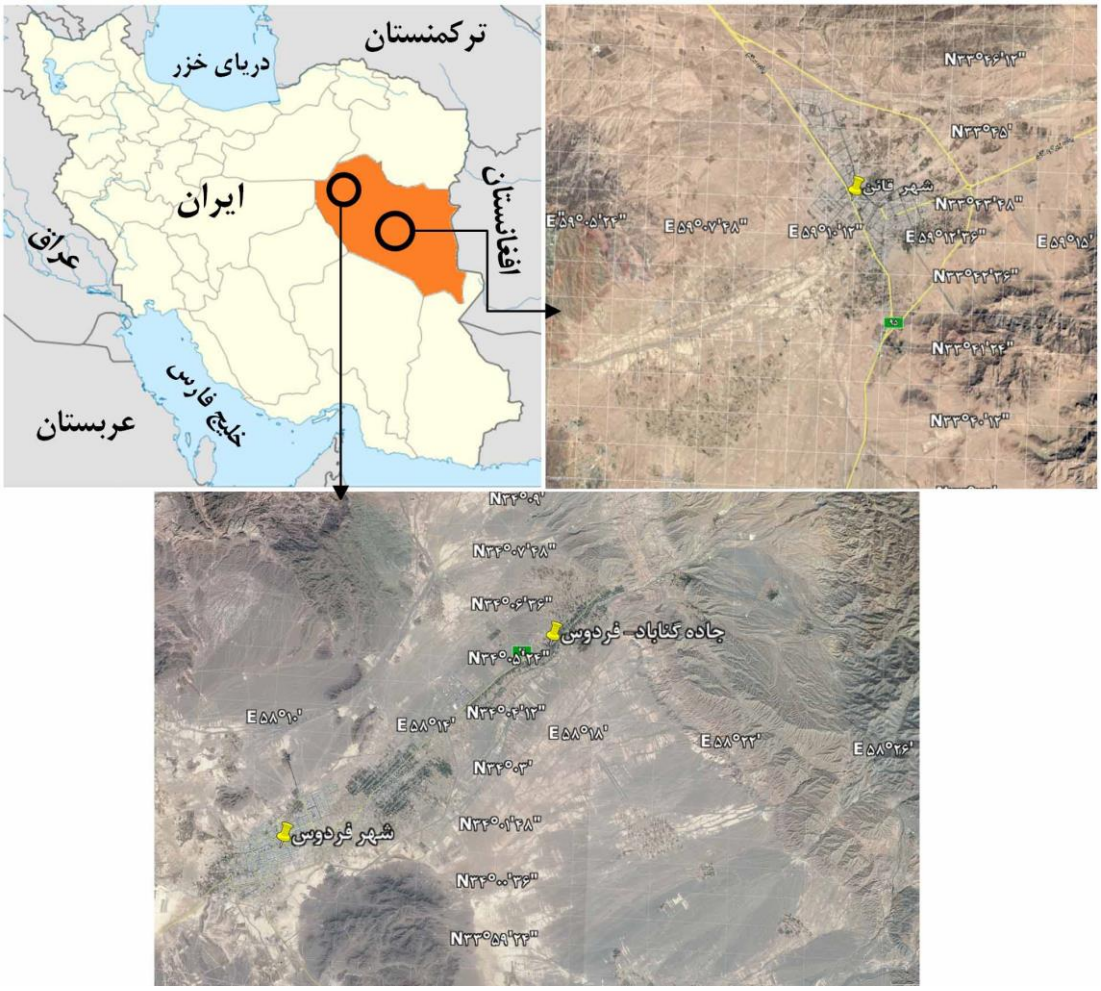
با توجه به افزایش جمعیت و روند رو به رشد ساخت و ساز و پروژه‌های عمرانی، نیاز روزافزون به مصالح رودخانه‌ای (شن و ماسه) در شهرستان‌های استان خراسان جنوبی احساس می‌شود و از سوی دیگر، با توجه به خشکسالی‌های سالیان اخیر و عدم تولید معادل نیاز مصالح رودخانه‌ای به‌وسیله جریان رواناب در بستر قابل استحصال رودخانه، عملاً ظرفیت برداشت شن و ماسه از درون مسیل‌ها و آبراهه‌های واقع در حریم شهرها که استحصال مصالح رودخانه‌ای از آن‌ها صرفه اقتصادی دارد، خاتمه پذیرفته است. در این تحقیق، برای جلوگیری از وارد آمدن خسارت بیشتر به رودخانه‌های استان در اثر برداشت غیراصولی مصالح، موضوع عدم برداشت غیراصولی مصالح از رودخانه‌ها و جایگزینی شن و ماسه مورد استفاده در طرح‌های عمرانی از منابع قرضه خارج از بستر مانند آبرفت‌های مخروط‌افکنه‌ای و معادن شن و ماسه کوهی مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی قابلیت ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های ژئومورفولوژی در شناسائی مناطق مستعد تولید رسوب و متعاقب آن تعیین محدوده‌های مناسب جهت برداشت شن و ماسه با حداقل اطلاعات قابل دسترس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی مناطق مورد پژوهش: محدوه مورد تحقیق در این پژوهش، حوزه‌های آبخیز رودخانه قائن و فردوس در استان خراسان جنوبی می‌باشد. در این حوضه‌ها، وضعیت رودخانه‌ها در اثر برداشت‌های بی‌رویه شن و ماسه بسیار نامناسب بوده و لزوم شناسائی معادن کوهی برای جایگزینی آن‌ها را بیش از پیش ضروری می‌نماید. حوزه آبخیز قائن شامل ۱۰ زیرحوضه مختلف است که آبراهه‌های موجود در آن‌ها تامین‌کننده اصلی منابع شن و ماسه مورد نیاز شهر قائن می‌باشند. شاخه اصلی رودخانه قائن از ارتفاعات کوه سیاه با ارتفاع حداکثر ۲۸۳۰ متر سرچشمه گرفته و با جهت عمومی شمال غربی-جنوب شرقی جریان می‌یابد. این رودخانه حاصل پیوستن رودخانه‌های غرقاب و قائن در پایین‌دست روستای فیروزآباد می‌باشد که از این نقطه به بعد رودخانه با جهت عمومی غربی-شرقی به سمت شرق ادامه مسیر می‌دهد. حوزه آبخیز رودخانه قائن تا محل روستای فیروزآباد مساحتی معادل ۲۳۲۰ کیلومتر مربع داشته و طول شاخه اصلی آن حدود ۸۳ کیلومتر می‌باشد. این حوضه در برگیرنده حوزه‌های آبخیز مهمی می‌باشد که هر کدام دارای آوردهای جریان و رسوب قابل توجهی می‌باشند. حوزه آبخیز شهر فردوس نیز به‌وسیله رودخانه‌ها و سرشاخه‌های رودخانه کال‌نمک که مشرف به کویر نمک می‌باشند، زهکشی می‌شود. رودخانه‌های مهم قسمت شرقی این شهرستان عبارتند از سرشاخه‌های رودخانه کال‌شور شامل جهرآباد، چل (بلده) و رودخانه خر که پس از به هم پیوستن آن‌ها رودخانه کال‌شور تشکیل شده که خود وارد رودخانه اصلی کال نمک می‌شود. موقعیت جغرافیایی رودخانه‌های مورد بررسی در شکل ۱ ارائه شده است.

وضعیت برداشت مصالح رودخانه‌ای در رودخانه‌های مورد بررسی: رودخانه‌های مورد مطالعه در این پژوهش را می‌توان جزء رودخانه‌های با پتانسیل متوسط به بالا برای تولید شن و ماسه تلقی نمود. جنس مصالح بستر رودخانه در بالادست عموماً درشت‌دانه (مخلوط شن و ماسه) است و از مرغوبیت خوبی برای برداشت برخوردار می‌باشد. با حرکت به سمت پایین‌دست، رسوبات بر جای مانده در بستر و حاشیه رودخانه از نوع ریزدانه می‌باشد. همین مساله فرصت مناسبی برای سودجویان بوده تا بدون توجه به معیارها و اصول فنی اقدام به تخریب رودخانه و

برداشت مصالح رودخانه نمایند. نتیجه این بی‌توجهی‌ها و عدم نظارت فنی و اصولی موجب شده تا کارگاه‌های برداشت مصالح به بدترین شکل اقدام به تهیه شن و ماسه نمایند. برهم زدن بستر طبیعی رودخانه‌ها، برجای ماندن گودال‌های برداشت در بستر رودخانه‌ها، تخریب دیواره سواحل، تخلیه نخاله‌های ساختمانی در بستر رودخانه‌ها و ... از مهمترین پیامدهای برداشت‌های بی‌رویه می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیائی حوضه‌های مورد مطالعه

یکی از ارگان‌هایی که از این رودخانه‌ها به شدت برداشت‌های غیراصولی انجام می‌دهد، شهرداری شهرستان فردوس می‌باشد. علی‌رغم توصیه‌های صورت گرفته به‌وسیله امور آب شهرستان (در خصوص نحوه و میزان برداشت‌ها)، برداشت‌ها کاملاً غیر اصولی و به‌عبارت بهتر با هدف تخریب کامل رودخانه انجام می‌شود. بازدیدهای میدانی حاکی از آن دارد که در محدوده‌های مورد بررسی، برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه با شدت بسیار زیاد و به‌صورت غیر فنی و بدون ضابطه انجام می‌شود که نمونه‌های بارز آن در تصاویر زیر مشهود است (شکل‌های ۲ و ۳).

مدل‌سازی هیدرولیکی-رسوبی رودخانه‌ها: برای نشان دادن وضعیت هیدرولیکی-رسوبی نامناسب رودخانه‌های مورد مطالعه، از مدل یک‌بعدی HEC-RAS 4.1 استفاده به‌عمل آمده است. علت انتخاب این مدل، توانائی بالای آن در شبیه‌سازی درازمدت فرایند رسوبگذاری و فرسایش بستر رودخانه و همچنین، پشتیبانی از توابع انتقال رسوب مختلف می‌باشد. برای استفاده از این مدل، داده‌های مختلفی همچون سری زمانی دبی با دوره بازگشت دو ساله (به‌عنوان دبی غالب)، دانه‌بندی مصالح بستر در بازه‌های مختلف، ضریب زبری مانینگ، شرایط مرزی

جریان و رسوب (منحنی سنجه جریان-رسوب)، تعیین سرعت سقوط ذرات و تعیین نوع تابع انتقال رسوب، مورد نیاز می‌باشد. علت استفاده از دبی غالب، نقش و تاثیر بالای آن در تغییر شکل دادن ساختار مورفولوژیکی رودخانه می‌باشد.

رابطه انرژی حاکم بر کانال‌های ارتباطی به شرح زیر است.

$$Q_s = 90.033 Q_w^{1.512} \quad (۱)$$

$$Q_s = 0.646 Q_w^{1.435} \quad (۲)$$

شکل ۲- رودخانه قائن، راست) برداشت شن و ماسه در محدوده روستای فیروزآباد، چپ) فعالیت یکی از کارگاه‌های شن‌شویی در حاشیه رودخانه

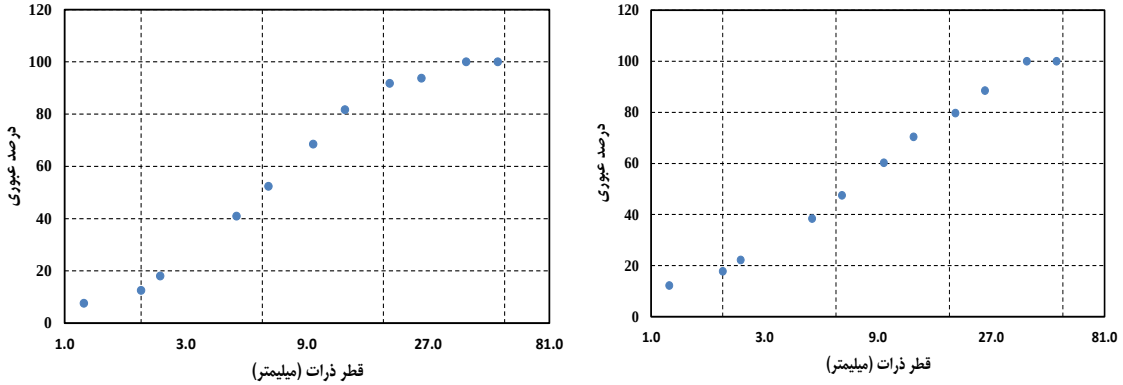
شکل ۳- رودخانه فردوس، راست) برداشت مصالح و برهم زدن وضعیت طبیعی رودخانه در محدوده کال گنبز، چپ) تخلیه نخاله‌های ساختمانی و زباله در بستر رودخانه در محدوده کال چنجه

اطلاعات مربوط به دانه‌بندی مواد رسوبی یکی از پارامترهای با اهمیت در برآورد توزیع عمق رسوبگذاری و فرسایش می‌باشد. برای به‌دست آوردن دانه‌بندی مواد رسوبی، نمونه‌هایی از بستر رودخانه‌ها در بازه‌های مختلف تهیه شد که با انتقال آن‌ها به آزمایشگاه مکانیک خاک، منحنی دانه‌بندی مواد بستر رودخانه حاصل شد که در شکل‌های ۴ و ۵ نمونه‌ای از این منحنی‌ها نشان داده شده است. طبقه‌بندی خاک‌ها طبق سیستم یونیفاید GW می‌باشد.

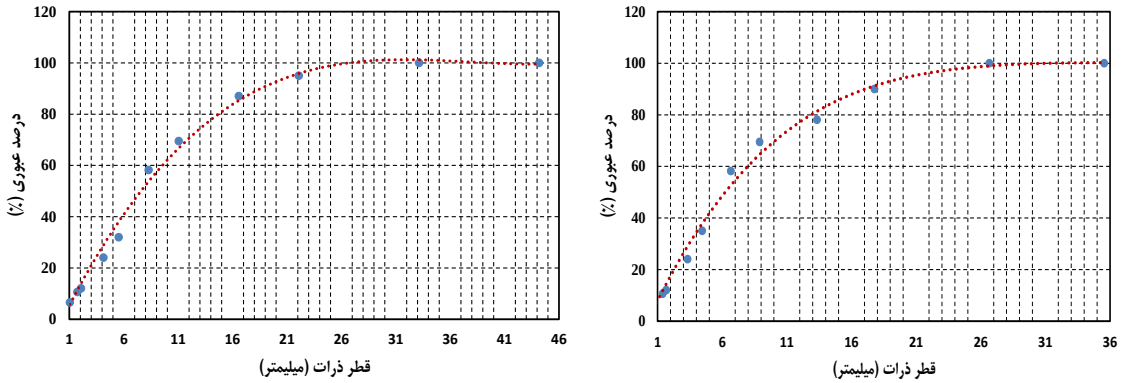
مدل ژئومورفولوژیکی جهت شناسایی مناطق مستعد تولید رسوب در سطح حوضه: Moore و Burch (۱۹۸۶)، مدلی را توسعه دادند که به‌واسطه آن توانستند ارتباطی بین شاخص‌های توپوگرافی و میزان فرسایش برقرار نمایند. مدل مذکور مبتنی بر مفهوم قدرت جریان[1] می‌باشد و از قابلیت لازم برای شناسایی و نحوه گسترش مناطق فرسایشی و رسوبی برخوردار

[1] Stream power

است. توان جریان که در واقع معرف توانایی و پتانسیل کار جریان آب بر زمین است، بیان‌گر توانایی آب از نظر پهن کردن مسیر، شکافتن و هموار نمودن مسیر برای حمل رسوب است. بر این اساس و با دیدگاهی که در این پژوهش وجود دارد، پتانسیل جریان آب در مسیر در واقع توانایی بالقوه جریان آب در فرسایش و ترسیب مواد در مسیر خود می‌باشد. مدل توسعه یافته به‌وسیله این محققین به‌خصوص برای مناطق دارای توپوگرافی متنوع کارایی دارد و در عین حال به نقشه‌های رقومی ارتفاعی با توان تفکیک بالا نیز نیازمند است (Shokoohi و Beheshti، ۲۰۱۵؛ Mitasowa و همکاران، ۱۹۹۶).



شکل ۴- منحنی دانه‌بندی مصالح بستر، راست) رودخانه عبدالرحمتی قائن (بازه بالادست)، چپ) رودخانه قائن (بازه میانی)



شکل ۵- منحنی دانه‌بندی مصالح بستر رودخانه چل فردوس، راست) بازه بالادست، چپ) بازه میانی

از آنجا که رسوب ورودی به رودخانه مساله‌ای متفاوت با برآورد میزان فرسایش در حوضه بالادست است، در مدلی که در این پژوهش از آن استفاده شده از معیار شاخص حمل رسوب در سطح حوضه استفاده شده است. مهمترین نوآوری پژوهش حاضر در مقایسه با سایر تحقیقات انجام شده در زمینه مطالعات مرتبط با مبحث شن و ماسه، استفاده از شاخص حمل رسوب برای تخمین و شناسایی مناطق مستعد تولید رسوب با استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیکی قابل استخراج از نقشه‌های DEM می‌باشد. بر این اساس، نقشه‌های توپوگرافی که معرف رقوم ارتفاعی هر نقطه از حوضه‌اند، فقط داده مورد نیاز برای اجرای این مدل ژئومورفولوژیکی می‌باشند. نقشه‌های رقومی این قابلیت را دارند که بتوان با استفاده از آن‌ها در بستر GIS بتوان نقشه‌های شیب، مساحت قابل زهکشی و مسیرهای جریان آب را تولید نمود (Shokoohi و Beheshti، ۲۰۱۵). گفتنی است که این روش فقط پتانسیل بالقوه حوضه را برای مطالعات اولیه به‌دست می‌دهد و بایستی با بازدیدهای میدانی و برداشت نمونه‌هایی از مصالح بستر به تدقیق نتایج این روش پرداخت. تحقیقات Julien و Simons (۱۹۸۵) نشان می‌دهد که می‌توان از رابطه عمومی حمل رسوب برای شبیه‌سازی اثر توپوگرافی بر میزان فرسایش و رسوب استفاده نمود.

$$q_s = \phi q^m . (sin\beta)^n . i^{\delta} . \left(1 - \frac{\tau_o}{\tau}\right)^{\varepsilon} \quad (۳)$$

که در آن، q_s دبی رسوب (کیلوگرم بر متر بر ثانیه)، q دبی جریان (مترمکعب بر متر بر ثانیه)، β زاویه شیب، i شدت رگبار (متر بر ثانیه)، τ و τ_o به‌ترتیب تنش برشی بحرانی و تنش برشی (پاسکال) و ϕ، n، m، δ و ε پارامترهای تجربی یا دارای مبنای فیزیکی می‌باشند. در رابطه حمل رسوب اثر توپوگرافی عملاً به‌وسیله مولفه‌های $q^m.(sin\beta)^n$ بیان می‌شود. حال اگر فرض شود، بارش مازاد به‌صورت یکنواخت بر حوضه ببارد و جریان سطح‌الارضی به حالت ماندگار رسیده باشد، دبی جریان (q) را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$q = A.i_e \quad (۴)$$

که در آن، A مساحت ویژه زهکشی (متر مربع بر متر) و i_e شدت بارش موثر (متر بر ثانیه) است. با داشتن رابطه بالا می‌توان پذیرفت که در رابطه عمومی حمل رسوب، عامل جریان به‌واسطه مرتبط بودن با مساحت ویژه زهکشی می‌تواند معرف اثر توپوگرافی بر فرسایش و حمل رسوب باشد. مساحت ویژه زهکشی دارای این خاصیت مهم است که می‌تواند به‌خوبی واگرایی و همگرائی جریان را نشان دهد (Shokoohi و Beheshti، ۲۰۱۵). حال اگر دو عامل معرف اثر توپوگرافی در رابطه عمومی حمل رسوب به‌صورت بدون بعد نوشته شوند، می‌توان ظرفیت حمل رسوب بدون بعد را به‌صورت رابطه زیر بیان نمود (Moore و Burch، ۱۹۸۶).

$$T = \left(\frac{A}{22.13}\right)^m \times \left(\frac{sin\beta}{0.0896}\right)^n \quad (۵)$$

حال اگر در رابطه فوق، مساحت ویژه زهکشی برابر ۲۲/۱۳ متر مربع بر متر و شیب معادل نه درصد باشد، مقدار T معادل واحد می‌شود و بدان قدرت جریان واحد[1] می‌گویند که عملاً همان نقش LS را در رابطه جهانی فرسایش خاک ایفا می‌کند. با دادن مقادیری معین به ضرائب m و n، شاخصی به نام شاخص حمل رسوب به‌دست خواهد آمد که از آن می‌توان برای شناسائی مناطق مستعد تولید رسوب استفاده نمود (رابطه ۶).

$$STI = \left(\frac{A}{22.13}\right)^{0.56} \times \left(\frac{sin\beta}{0.0896}\right)^{1.22} \quad (۶)$$

اعداد ۰/۵۶ و ۱/۲۲ مربوط به عامل LS در رابطه جهانی فرسایش می‌باشند. در شرایطی که جریان کم‌عمق فرض شود، توان این معادله به‌ترتیب به ۰/۹ و ۱/۰۵ تغییر می‌یابد (Moore و همکاران، ۱۹۹۲).

برای استفاده از رابطه فوق بایستی نقشه‌هایی نظیر مساحت ویژه زهکشی و شیب سطح زمین ایجاد شوند. قبل از استخراج شبکه آبراهه‌ها و دیگر پارامترهای مورد نیاز مدل ژئومورفولوژیکی بایستی برخی از پیش پردازش‌ها به‌منظور برطرف نمودن مشکلات و ایرادهای موجود در داده‌ها انجام گیرد. یکی از مهمترین این مشکلات وجود مجموعه‌ای از سلول‌هاست که با ایجاد چاله‌هایی در DEM، موجب بروز خطا در اجرای الگوریتم‌های روندیابی جریان در بستر GIS می‌شوند. چاله‌ها با گسستن ارتباط بین سلول‌ها موجب گم شدن جریان شده و لذا، برای ایجاد یک شبکه پیوسته جریان، می‌بایست حذف شوند. پس از این مرحله، می‌توان به استخراج "شبکه جهت جریان" برای نقشه DEM مورد نظر اقدام نمود. این شبکه جهت جریان خروجی از هر سلول را مشخص می‌نماید (Tarboton، ۱۹۹۷).

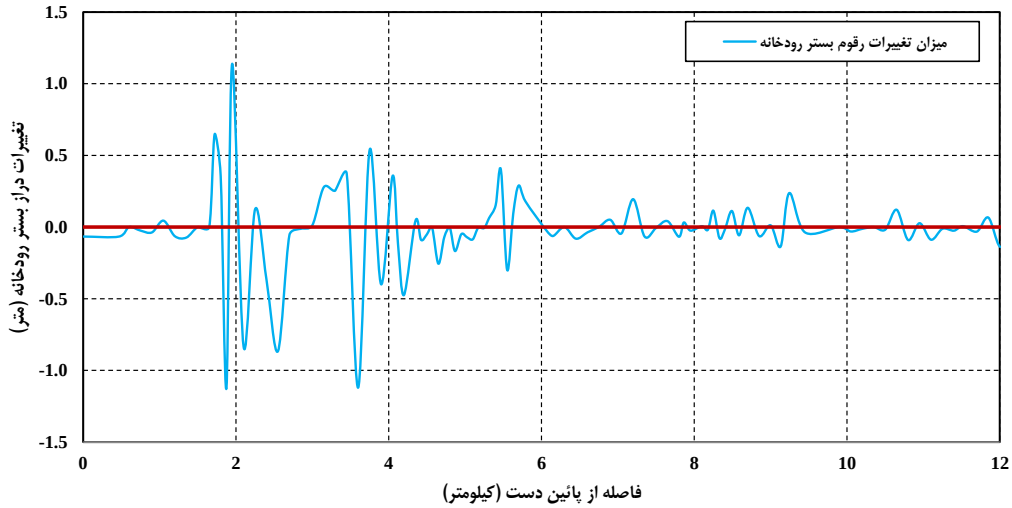
با استفاده از شبکه جهت جریان، می‌توان شبکه انباشت جریان را برای DEM مورد نظر محاسبه نمود. در یک شبکه انباشت، مقدار عددی هر سلول معرف تعداد کل سلول‌هایی است که به داخل یک سلول منحصر به فرد می‌ریزند. در این تحقیق، با استفاده از الگوریتم D8 موجود در الحاقیه Arc-hydro، شبکه جریان و شبکه انباشت جریان برای DEM با ابعاد ۵۰ متری استخراج شد. در شبکه انباشت جریان، تعداد سلول‌هایی که دارای بالاترین مقدار تجمع هستند، منطبق بر آبراهه‌ها بوده و سلول‌های با مقدار انباشت جریان صفر منطبق بر خط‌الراس‌ها می‌باشند. یکی از موارد کاربرد شبکه انباشت جریان، استخراج مصنوعی آبراهه‌ها می‌باشد. پس از محاسبه این لایه رستری و تبدیل عدد هر کدام از سلول‌های آن به مساحت حوضه بالادست خود بایستی آن را بر عرض جریان

[1] Unit stream power

خروجی از هر سلول تقسیم نمود تا نقشه رستری پارامتر A به‌دست آید. برای محاسبه نقشه رستری شیب نیز از الحاقیه Spatial Analysis در بستر GIS استفاده به‌عمل آمده است.

نتایج و بحث

تغییرات تراز بستر رودخانه‌ها: پس از اجرای مدل، میزان تغییرات تراز بستر رودخانه، سری زمانی مربوط به هر کدام از مقاطع عرضی، پلان تغییرات تراز بستر و میزان تغییرات تراز بستر هر کدام از مقاطع عرضی در رودخانه‌های مورد مطالعه به‌دست آمد. در شکل‌های ۶ تا ۹، میزان تغییرات تراز بستر رودخانه برای شاخه‌های عبدالرحمتی و قائن (برای حوضه قائن) و شاخه‌های بالادست، میانی و پائین‌دست (برای حوضه فردوس) نشان داده شده است. در این شکل‌ها، محور y نمودارها مبین میزان تغییرات تراز بستر رودخانه در طول زمان می‌باشد. به‌عبارت بهتر، این محور میزان اختلاف رقوم بستر رودخانه در انتها و ابتدای بازه شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده از محدوده کیلومتر شش تا ۱۲ که مربوط به رودخانه عبدالرحمتی می‌باشد، رودخانه دارای وضعیت پایداری از نظر میزان فرسایش و رسوبگذاری می‌باشد. در این بازه، نتایج حاصل از اجرای مدل برای دبی غالب حاکی از تغییرات نسبت کم در تراز بستر دارد. به‌عبارت بهتر، این بازه از منظر مهندسی رودخانه، یک بازه پایدار محسوب می‌باشد. برهم زدن پایداری این بازه، می‌تواند موجب افزایش میزان فرسایش‌ها و تخریب بستر و سواحل رودخانه شود. یکی از مزیت‌های اصلی بازه‌های پایدار در رودخانه‌ها، کاهش اجرای طرح‌های مهندسی رودخانه به‌منظور تثبیت بستر و سواحل رودخانه می‌باشد. در حالت کلی و با توجه به مطالب مذکور توصیه می‌شود، از این بازه مصالح رودخانه‌ای برداشت نشود و در صورت امکان برداشت‌ها طوری باشد که موجب برهم خوردن تعادل رودخانه نشود. اما از آنجایی که هیچگونه نظارتی بر میزان برداشت و فعالیت کارگاه‌های شن و ماسه صورت نمی‌گیرد، هرگونه برداشتی از این بازه ممنوع می‌باشد.



شکل ۶- تغییرات تراز بستر رودخانه‌های عبدالرحمتی و قائن

بر خلاف شاخه فوق، شاخه عبوری از محدوده شهر قائن دارای نوسانات نسبتاً شدیدی به لحاظ میزان تغییرات در تراز بستر رودخانه می‌باشد. در این بازه از رودخانه برداشت‌های متعدد و غیر فنی زیادی صورت گرفته و همین مساله موجب برهم خوردن الگوی جریان و رسوب شده است. نتایج به‌دست آمده در این بازه، حاکی از آن است که این بازه در وضعیت فرسایشی قرار داشته و در کمتر محدوده‌ای حالت رسوبگذاری وجود دارد. مقادیر به‌دست آمده، همان‌طور که قبلاً نیز عنوان شد، مربوط به دبی غالب می‌باشد و در سیلاب‌های با دوره بازگشت بالا، میزان تغییرات به مراتب بالاتر خواهد رفت. برای کنترل

وضعیت رودخانه در این بازه توصیه می‌شود، هیچگونه برداشتی از بستر و سواحل صورت نگیرد. همچنین، برای بهبود وضعیت رودخانه در این بازه، بایستی علاوه بر جلوگیری از برداشت‌های بی‌رویه، اقدامات ساماندهی نسبی نیز صورت پذیرد. همان‌طور که در بخش قبل نیز عنوان شد، برداشت‌های بی‌رویه موجب برهم خوردن بستر رودخانه (تغییر شیب طولی و شکل مقطع) و برجای ماندن گودال‌های متعدد در بستر رودخانه شده است. طبق نتایج به‌دست آمده در بازه پائین‌دست رودخانه فردوس (محدوده کیلومتر صفر تا هفت) نیز رودخانه از وضعیت چندان پایداری از نظر میزان فرسایش و رسوبگذاری، برخوردار نمی‌باشد. نتایج حاصل از اجرای مدل، برای دبی غالب، حاکی از بروز فرسایش‌های قابل توجه (در حدود ۲/۱ متر) در برخی از بازه‌ها می‌باشد. این فرسایش‌ها در بخش‌های میانی و بالادست این بازه به وضوح قابل مشاهده می‌شود. البته لازم به ذکر است که این مقادیر برای دبی غالب می‌باشند و در صورت بروز سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های بالاتر، این مقادیر به مراتب بیشتر نیز خواهند شد. انتهای این بازه به‌علت کم شیب بودن پروفیل طولی رودخانه، دارای وضعیت به مراتب پایدار و مناسب‌تری نسبت به بخش‌های دیگر می‌باشد. با توجه به توضیحات فوق، به نظر می‌رسد، این بازه از رودخانه چل دارای پتانسیل تولید مصالح رودخانه‌ای چندان قابل توجهی نبوده و دارای وضعیت ناپایداری می‌باشد. در حالت کلی و با توجه به مطالب مذکور توصیه می‌شود که از این بازه مصالح رودخانه‌ای برداشت نشود و در صورت امکان برداشت‌ها طوری باشد که موجب برهم خوردن تعادل رودخانه نشود.

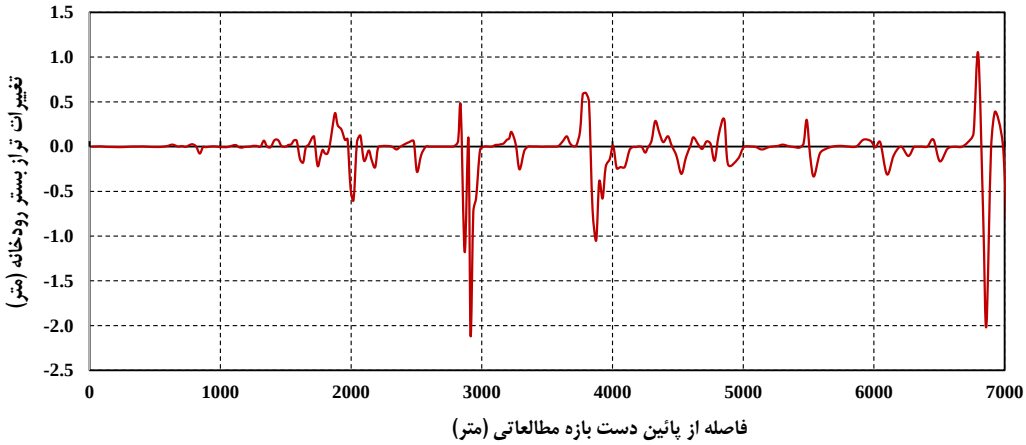
بر خلاف بازه پائین‌دست، بازه میانی رودخانه چل دارای وضعیت به مراتب پایداری بوده و میزان نوسانات بازه‌های رسوبگذار و فرسایشی کمتر می‌باشد (شکل ۸). البته لازم به ذکر است که این وضعیت در انتهای این بازه (محدوده کیلومتر هفت تا نه) صادق نبوده و رودخانه دارای وضعیت فرسایشی قابل‌توجهی می‌باشد. این بخش از رودخانه به‌علت شیب بالای آن و همچنین، وجود ناهمواری‌های زیاد (ناشی از فعالیت‌های انسانی، گودال‌های برداشت، تخلیه نخاله‌های ساختمانی و ...) دارای وضعیت فرسایشی و نابسامانی است و بایستی به‌صورت اصولی و مناسب تصحیح و ساماندهی شود. بازدیدهای میدانی صورت گرفته در این بازه حاکی از برداشت‌های متعدد و بدون رعایت اصول فنی می‌باشد که به شدت وضعیت رودخانه را بحرانی و نابسامان نموده است. برداشت‌ها عمدتاً موجب بر جای ماندن گودال‌های با عمق نسبتاً زیاد (بین دو تا چهار متر) در بستر رودخانه شده که همین مساله شرایط حرکت جریان در وقایع سیلابی را با مشکل روبرو می‌نماید. تغییر مسیر جریان به واسطه ناهمواری‌های موجود در بستر رودخانه موجب شریانی شدن رودخانه و پخشیدگی بیش از حد سیلاب‌ها و متعاقب آن تخریب و فرسایش دیواره‌های رودخانه خواهد شد. همچنین، وجود چند کارگاه شن و ماسه نیز از جمله عوامل تهدید کننده بستر رودخانه می‌باشند.

بر خلاف بازه‌های میانی و پائین‌دست، بازه بالادست رودخانه به‌علت عرض نسبتاً زیاد رودخانه در بسیاری از بخش‌ها دارای وضعیت پایدارتری می‌باشد. نتایج حاصل از مدل‌سازی برای دبی غالب حاکی از آن است که رسوبگذاری و یا فرسایش چندان قابل توجهی در بستر رودخانه رخ نداده است (شکل ۹). همچنین، در این بازه رودخانه به حالت شریانی تبدیل شده و همین مساله موجب پخشیدگی جریان و کاهش توان فرسایشی آن شده است. شریانی شدن رودخانه در این بازه موجب شکل‌گیری جزایر و پشته‌های رسوبی متعدد شده است. وجود این پشته‌های رسوبی فرصت مناسبی برای سودجویان بوده تا بدون توجه به معیارها و اصول فنی اقدام به تخریب رودخانه و برداشت مصالح رودخانه نمایند. یکی از ارگان‌هایی که از این بازه به شدت برداشت‌های غیر اصولی انجام می‌دهد، شهرداری شهرستان فردوس می‌باشد. علی‌رغم توصیه‌های صورت گرفته به‌وسیله امور آب شهرستان (در خصوص نحوه و میزان برداشت‌ها)، برداشت‌ها کاملاً غیر اصولی و به عبارت بهتر با هدف تخریب کامل رودخانه انجام می‌شود.

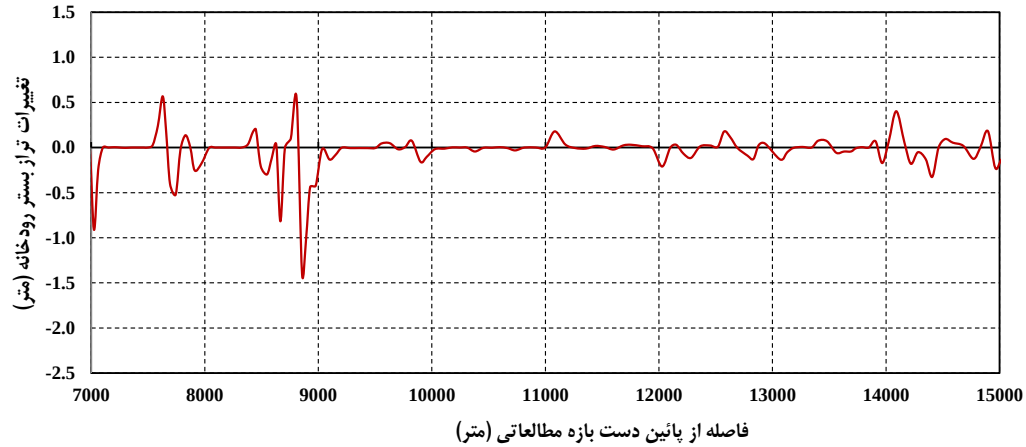
در طول سال‌های اخیر از بستر رودخانه فردوس (معروف به رودخانه چل) برداشت‌هایی بی‌رویه و بدون رعایت اصول فنی و کمترین نظارت بر نحوه و الگوی برداشت‌ها موجب برهم خوردن وضع طبیعی آن شده

است. با توجه به نیازهای عمرانی شهرستان فردوس به تهیه مصالح شن و ماسه، عمده توجه و نگاه‌های فرمانداری، شهرداری و دیگر ارگان‌های اجرائی تنها معطوف به توسعه و عمران شهرها بوده است و در این راستا هیچگونه توجهی به رودخانه‌ها که سرمنشا حیات بشری می‌باشند، ننموده‌اند. نتیجه این بی‌توجهی‌ها و عدم نظارت فنی و اصولی موجب شده تا کارگاه‌های برداشت مصالح به بدترین شکل اقدام به تهیه شن و ماسه نمایند. برهم زدن بستر طبیعی رودخانه‌ها، برجای ماندن گودال‌های برداشت در بستر رودخانه‌ها، تخریب دیواره سواحل، تخلیه نخاله‌های ساختمانی در بستر رودخانه‌ها و ... از مهمترین پیامدهای برداشت‌های بی‌رویه می‌باشد.

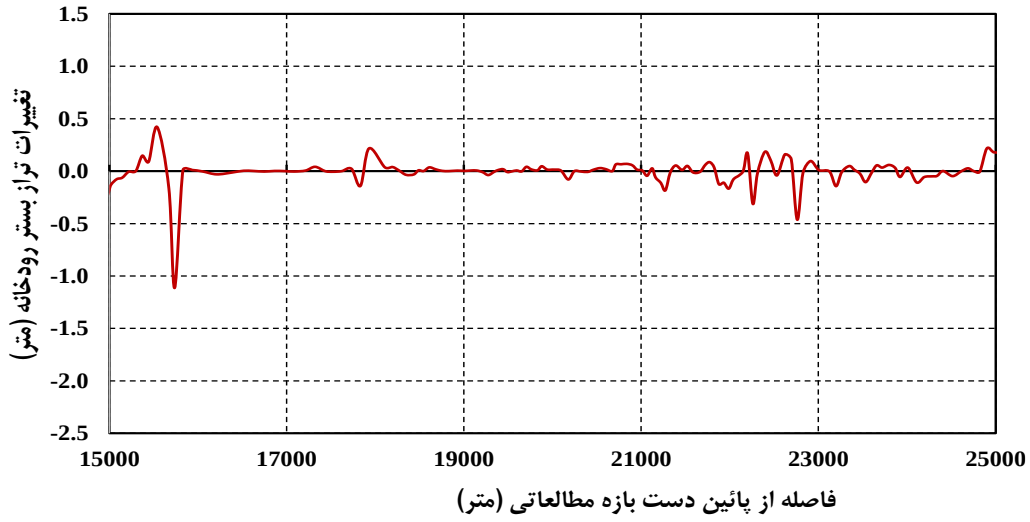
جایگزینی معادن کوهی و خارج از بستر رودخانه می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای برداشت مصالح رودخانه‌ای مدنظر قرار گیرد. استفاده از این گونه معادن موجب بهبود و ترمیم وضعیت رودخانه در سال‌های آتی خواهد شد. همچنین، حجم مصالح موجود در معادن کوهی و خارج از بستر رودخانه قابل مقایسه با آورد رسوبی رودخانه‌ها نمی‌باشد و تا سال‌های آینده از پتانسیل لازم برای تامین نیازهای عمرانی منطقه خواهد بود.



شکل ۷- تغییرات تراز بستر رودخانه فردوس (بازه اول)

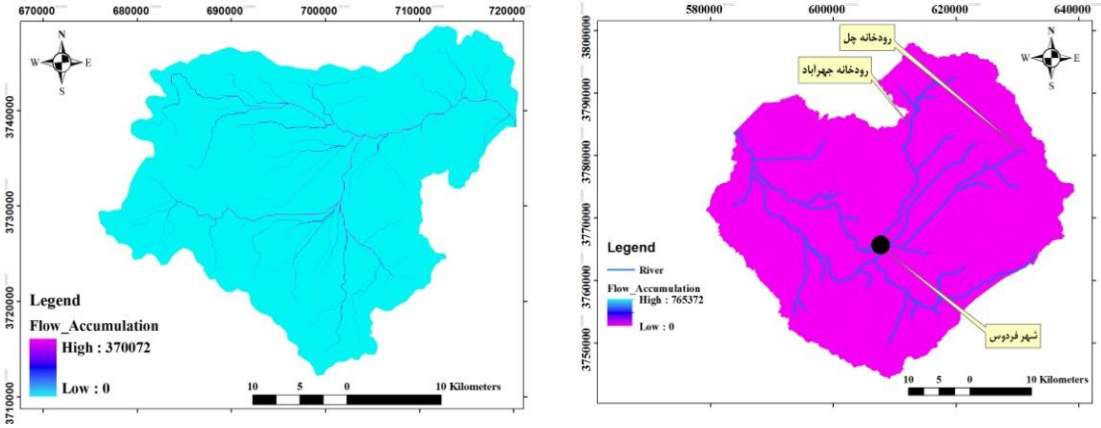


شکل ۸- تغییرات تراز بستر رودخانه فردوس (بازه میانی)



شکل ۹- تغییرات تراز بستر رودخانه فردوس (بازه بالادست)

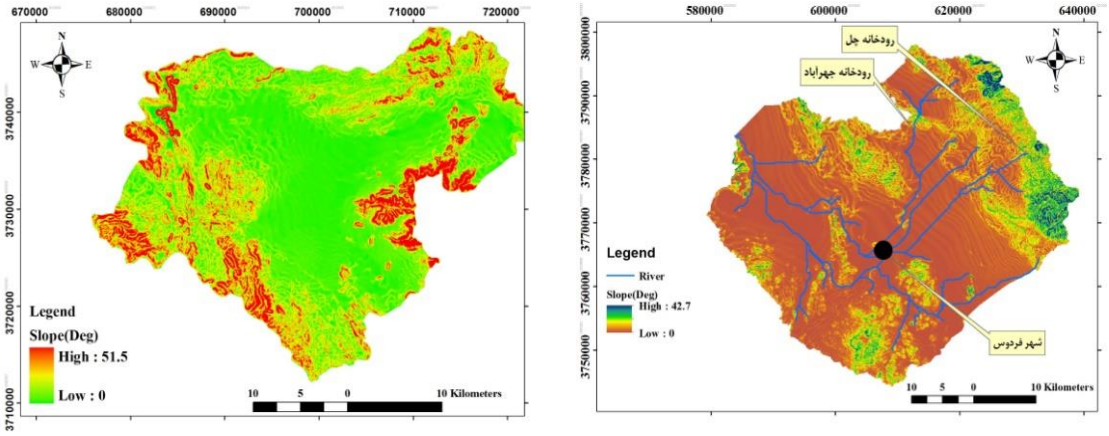
شناسائی مناطق مستعد تولید رسوب در سطح حوضه (معادن کوهی): همان‌طور که قبلاً نیز عنوان شد، برای برآورد شاخص حمل رسوب برای هر کدام از سلول‌های محاسباتی بایستی پارامترهای رستری A و Sinβ محاسبه شوند. در شکل‌های ۱۰ تا ۱۲، توزیع مکانی پارامترهای مزبور نشان داده شده است. با مشخص شدن این پارامترها و استفاده از معادلات مربوط به حمل رسوب و شاخص حمل رسوب، توزیع مکانی مناطق مستعد تولید رسوب و فرسایش برای هر یک از محدوده‌های مورد بررسی به‌دست آمد.



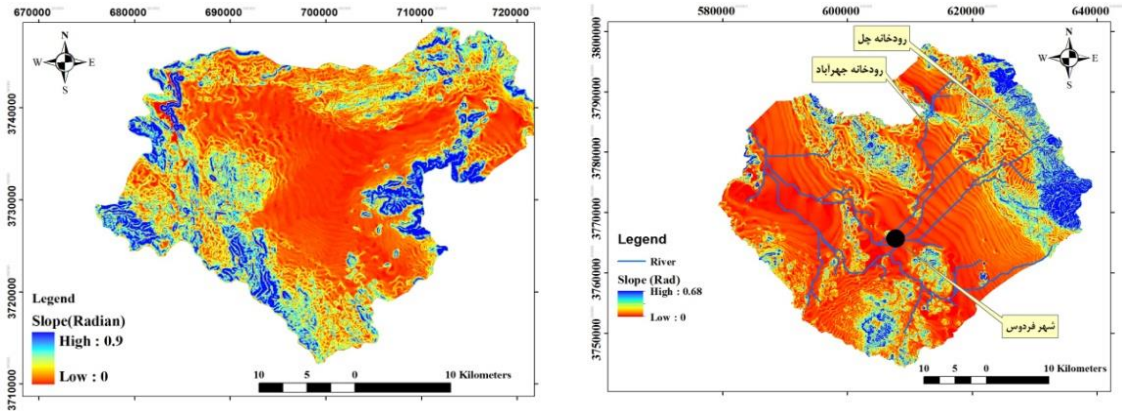
شکل ۱۰- توزیع مکانی شبکه انباشت جریان در حوزه آبخیز، راست) قائن، چپ) فردوس

در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نیز توزیع مکانی شاخص در حوزه آبخیز مناطق مورد بررسی نشان داده شده است. برای بررسی هرچه بهتر مقدار شاخص STI در سطح هر کدام از حوضه‌ها، مجموع عددی تمامی سلول‌های واقع در هر زیرحوضه محاسبه و نتایج به‌دست آمده به تفکیک هر زیرحوضه ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۱۳- راست قابل مشاهده است، زیرحوضه‌های واقع در بخش شمالی حوزه آبخیز قائن دارای کمترین مقدار مجموع شاخص حمل رسوب می‌باشند. بر خلاف بخش‌های شمالی، بخش‌های جنوبی بیشترین مقدار مجموع شاخص حمل رسوب را به خود اختصاص داده‌اند. بخش‌های مرکزی حوضه نیز دارای وضعیتی متوسط از نظر میزان شاخص حمل رسوب هستند. لذا، با توجه به توضیحات فوق، یکی از مناسب‌ترین مناطق برای برداشت مصالح، بخش‌های شمالی حوزه آبخیز قائن می‌باشد. بازدیدهای میدانی به‌عمل آمده از این بخش‌ها نیز مبین این مطلب است که آبراهه‌های موجود در این بخش‌ها دارای پتانسیل

تولید رسوب قابل‌توجهی می‌باشند. بررسی‌ها حاکی از آن است که در این بخش‌ها رودخانه‌های مهمی همچون اندریک و شیرمرغ واقع شده‌اند. حوزه آبخیز رودخانه شیرمرغ در قسمت‌های سرشاخه و میانی دارای پوشش گیاهی مناسب بوده و شیب آن پایین می‌باشد. زیرحوضه مربوط به رودخانه اندریک از شیب بالایی برخوردار بوده و نیز بافت خاک آن نسبتاً درشت‌دانه است. فعالیت کشاورزی در اطراف این رودخانه محدود به اراضی اطراف رودخانه می‌باشد. همچنین، در بستر و کناره‌های رودخانه، مصالح درشت‌دانه به‌خوبی نمایان است. مجموعه موارد مذکور نشانگر رسوبدهی بالای زیرحوضه بوده و بخش‌های شمالی آن به‌عنوان مکان‌های مستعد تولید رسوب که می‌تواند از منظر برداشت مصالح رودخانه‌ای دارای اهمیت باشد، در نظر گرفته می‌شوند.



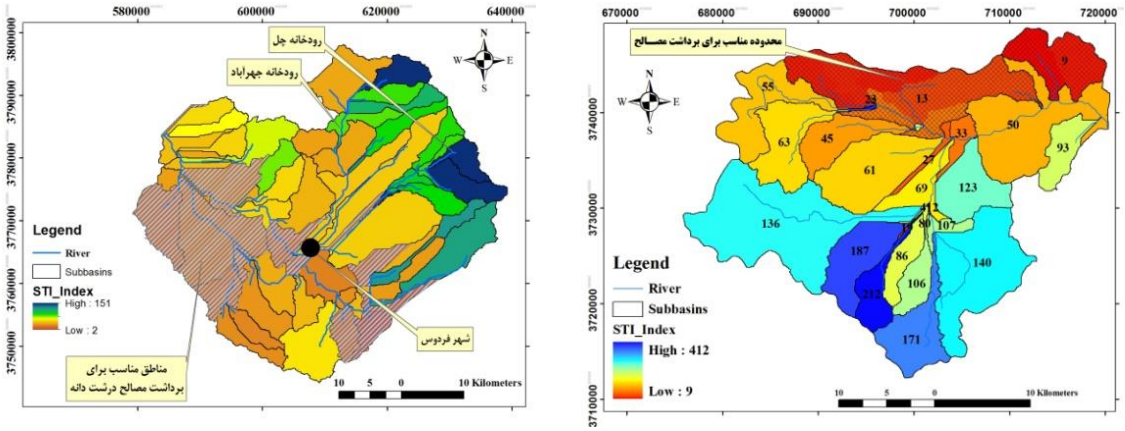
شکل ۱۱- توزیع مکانی شیب در حوزه آبخیز، راست) قائن، چپ) فردوس (بر حسب درجه)



شکل ۱۲- توزیع مکانی شیب در حوزه آبخیز، راست) قائن، چپ) فردوس (بر حسب رادیان)

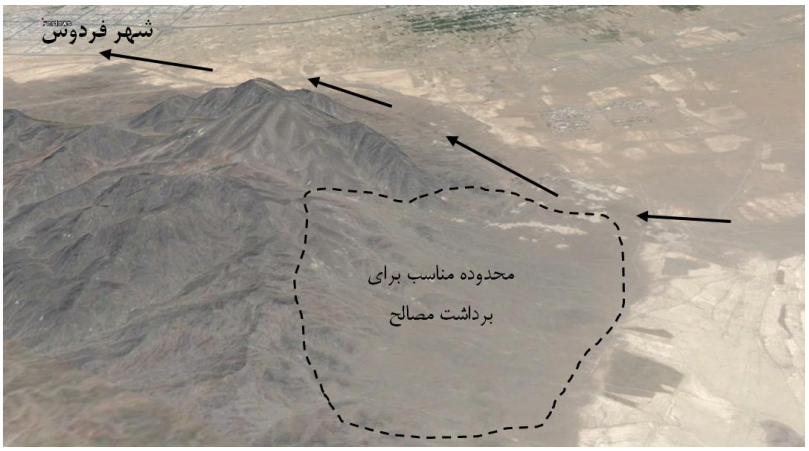
همچنین، برای حوضه فردوس که در شکل ۱۳- چپ نشان داده شده، مقدار شاخص حمل رسوب در زیرحوضه‌های آن در حدود دو تا ۱۵۱ متغیر می‌باشد که مقادیر بالا حاکی از فرسایشی و مقادیر پائین حاکی از رسوبگذار بودن سلول دارد. بخش‌های شرقی، غربی، شمال شرقی، شمالی و شمال غربی حوضه دارای شاخص حمل رسوب بالائی می‌باشند و این بدان معنی است که در این مناطق، میزان فرسایش بالا می‌باشد و چنانچه از این مناطق برداشت‌هایی صورت گیرد، موجب تخریب هرچه بیشتر رودخانه‌ها خواهد شد. در این بخش‌ها بایستی اقدامات حفاظتی و آبخیزداری صورت گیرد تا از فرسایش هرچه بیشتر زیرحوضه‌ها و آبراهه‌های موجود جلوگیری به‌عمل آید. بر خلاف مناطق مذکور، بخش‌های جنوب شرقی، جنوب غربی و غربی حوزه آبخیز فردوس دارای شاخص حمل رسوب بسیار پائینی هستند و همین مساله موجب افزایش

احتمال رسوبگذاری خواهد شد. در این مناطق با توجه به توان حمل پائین جریان‌های سطحی و آبراهه‌ای، منابع نسبتاً عظیمی از رسوب در سطح حوضه و بستر رودخانه‌ها برجای مانده است. این مناطق مستعد رسوبگذاری می‌تواند به‌عنوان یکی از گزینه‌های برداشت مصالح (مصالح شن و ماسه) در خارج از بستر رودخانه‌ها در نظر گرفته شود. بازدیدهای میدانی به‌عمل آمده از این بخش‌ها نیز مبین این مطلب است که این مناطق دارای پتانسیل تولید رسوب قابل‌توجهی می‌باشند.



شکل ۱۳- ناحیه‌بندی شاخص پتانسیل تولید رسوب (STI) در حوزه آبخیز، راست) قائن، چپ) فردوس

برای مشخص شدن هرچه بهتر مکان‌های مناسب برداشت مصالح شن و ماسه، نتایج حاصل از مدل ژئومورفولوژیکی بر روی تصاویر ماهواره‌ای انتقال یافت. در شکل ۱۴، نمونه‌ای از مکان‌های مناسب برای برداشت شن و ماسه در سطح حوضه فردوس و بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان داده شده است. مساحت محدوده مزبور بالغ بر ۲/۸ کیلومتر مربع بوده و جنس دانه‌بندی آن نیز طبق بررسی‌های میدانی شن درشت دانه می‌باشد.



شکل ۱۴- نمائی دیگر از نزدیک‌ترین مکان برداشت به شهر فردوس

وضعیت زمین‌شناسی مناطق مورد بررسی در این تحقیق به اختصار بدین صورت می‌باشد.

الف- محدوده فردوس از دیدگاه زمین‌شناسی از واحدهای کواترنر که فرسایش‌پذیرترین واحدهای سنگ‌چینه‌ای هستند، تشکیل شده و پس از آن واحدهای نئوژن قرار دارد. منطقه مورد مطالعه در زیر زون خردقاره ایران مرکزی و در بلوک لوت قرار می‌گیرد. مشخص‌ترین نتیجه مرتبط با نقش فرسایش حوضه‌های منطقه را می‌توان در ایجاد واریزه‌های بلوکی، تخته سنگی، بولدری و گراولی واقع بر روی

دامنه‌های مشرف بر ارتفاعات و تأمین عناصر درشت‌بافت نهشته‌های رودخانه‌ای دانست. بافت غالب خاک درشت‌دانه‌هایی با ابعاد شن و ماسه است و میزان ریزدانه آن کم می‌باشد.

ب- محدوده شهرستان قائن به لحاظ زمین‌شناسی عمدتاً در گستره ساختاری لوت-سیستان قرار گرفته است. پهنه سیستان در شرق ایران، با حالت sigmoidalدر یک روند عمومی شمالی-جنوبی تداوم یافته است، به‌گونه‌ای که در بخش‌های شمالی با تمایل به سمت باختر، در یک روند عمومی خاوری-باختری وارد پهنه لوت شده و در منتهی الیه باختری به‌وسیله سیستم گسلی امتداد لغز راستگرد از بلوک لوت مجزا می‌شود. در طی نئوژن، فرسایش حاکم بر مجموعه افیولت ملانژ و سنگ‌های آذرآواری حاصل از فعالیت‌های آذرین در کمربند برشی حادث شده، موجب تجمع توف، مارن و کنگلومرا در حوضه مذکور شده است. تداوم اعمال فرایند همگرایی بر روی رسوبات برجای گذاشته شده در دشت قائن طی اواخر نئوژن نیز سبب چین‌خوردگی این نهشته‌ها شده است. عملکرد انواع فرسایش و حمل مواد حاصله به‌وسیله رواناب‌ها و یا عوامل ثقلی در طی دوره کواترنری تا زمان حاضر نیز موجب شکل‌گیری پادگانه‌های آبرفتی، مخروط‌های افکنه و رسوبات رودخانه‌ای در گستره دشت‌گونه قائن شده است.

بر اساس ارزیابی میدانی به‌عمل آمده، رسوبات موجود در مناطق پیشنهادی اگرچه همانند مصالح رودخانه‌ای گردگوشه نمی‌باشند، اما با توجه به ساختار درشت‌دانه، وسعت قابل توجه و همچنین، نزدیکی به مناطق شهری از قابلیت به مراتب بهتر برخوردار می‌باشند. وسعت مناطق شناسائی شده به قدری قابل توجه می‌باشد که به‌راحتی تمامی نیازهای عمرانی و جاده‌سازی شهرهای اطراف را برطرف می‌نماید. با توجه به وضعیت نگران‌کننده زیست محیطی در رودخانه‌های محدوده شهری در اثر برداشت غیراصولی مصالح رودخانه‌ای، بایستی تمهیدات لازم برای تامین مصالح کوهی اتخاذ شود و یقیناً با در نظر گرفتن دستورالعمل‌های زیست محیطی موجود، آثار و پیامدهای این فعالیت‌ها به مراتب کمتر از شرایط موجود خواهد بود. در خصوص این محل‌ها بایستی دستورالعمل‌های برداشت شن و ماسه رعایت شوند تا مشکلات زیست محیطی به حداقل برسند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت کاربرد مصالح رودخانه‌ای در مطالعات عمرانی کشور، در سال‌های اخیر برداشت‌های بی‌رویه و بدون نظارت بسیار زیادی در بسیاری از رودخانه‌های کشور صورت گرفته است که نتیجه آن تخریب و ایجاد نابسامانی در بسیاری از رودخانه‌ها بوده است. جایگزینی منابع رودخانه‌ای با منابع دیگری همچون معادن کوهی می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکاری مناسب جهت حفاظت از رودخانه‌ها در نظر گرفته شود. در پژوهش حاضر به بررسی پتانسیل تولید رسوب زیرحوضه‌های منتهی به رودخانه‌های شهرستان قائن و بیرجند با استفاده از تلفیق مدل‌های ژئومورفولوژیکی و GIS پرداخته شده است.

مهمترین نتایج این تحقیق را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی نمود.

۱- با توجه به وضعیت دست‌اندازی‌های انجام شده به بستر رودخانه‌ها، افزایش کنترل و نظارت بر فعالیت کارگاه‌های برداشت مصالح رودخانه‌ای ضروری است.

۲- بایستی از برداشت‌های عمقی که موجب تخریب بستر، تخریب سواحل و برهم زدن مسیر عبوری جریان می‌شود، ممانعت شود.

۳- گودال‌های برجای مانده از برداشت‌های صورت گرفته به‌وسیله کارگاه‌های شن و ماسه ساماندهی شوند.

۴- توقف برداشت در رودخانه‌های قائن، اکبریه، کال اندریک، چل و جهرآباد و افزایش کنترل و نظارت بر فعالیت کارگاه‌های واقع در رودخانه‌های عبدالرحمتی و کال شور.

۵- استفاده از معادن شن و ماسه کوهی در محدوده شهرستان فردوس به جهت رویکرد بهره‌برداران به اینگونه معادن و کاهش برداشت مصالح رودخانه‌ای.

۶- با توجه به محاسبات صورت گرفته به‌وسیله مدل ژئومورفولوژیکی، بخش‌های جنوبی و جنوب غربی حوضه شهر فردوس و بخش‌های شمالی حوضه

قائن نیز از پتانسیل مناسبی برای برداشت برخوردار می‌باشند.

۷- معادن شن و ماسه کوهی در محدوده شهرستان‌ها به جهت رویکرد بهره‌برداران به این‌گونه معادن و کاهش برداشت مصالح رودخانه‌ای شناسایی و معرفی شدند.

۸- حجم بسیار بالای معادن کوهی در مقایسه با آورد رسوبی رودخانه‌ها قابل مقایسه نمی‌باشد.

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش حاکی از آن است که مدل‌های ژئومورفولوژیکی از قابلیت بسیار مناسبی جهت شناسائی مناطق مستعد تولید رسوب برخوردار می‌باشند. همچنین، ارزیابی کیفیت رسوبات نیز حاکی از آن است که عمده مصالح موجود در این مناطق در رده مصالح درشت‌دانه قرار داشته و لذا نیاز به فرآوری به مراتب کمتری دارند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش برگرفته از طرح تحقیقاتی «پتانسیل یابی معدن جدید شن و ماسه در رودخانه‌ها و آبراهه های استان خراسان جنوبی» تحت قرارداد شماره ۴۹۴۱/۱۱ مورخ ۹۳/۰۴/۰۲ (کد ۷۶۲۲-۱۳۰۵۴۵) است که با حمایت مالی کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان جنوبی به انجام رسیده است. از این‌رو، محققان لازم می‌دانند از کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان جنوبی سپاسگزاری نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Amiri-Tokaldany, E. and A. Azizian. 2010. Determining suitable locations for river materials removal using numerical model of HEC-RAS. 5th National Congress on Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashad, Mashad, Iran (in Persian).
2. Fuller, J.E. 2004. Sand and gravel mining floodplain use permit application guidelines. Flood Control District of Maricopa Country, Hydrology and Geomorphology, Inc.
3. Ghafouri Azar, M., M.H. Davoudi and E. Amiri-Tokaldany. 2011. The impacts of sand and gravel mining holes on the river bed profile. 6th National Congress on Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran (in Persian).
4. Julien, P.Y. 2002. River mechanics. Cambridge University Press, 456 pages.
5. Julien, P.Y. and D.B. Simons. 1985. Sediment transport capacity of overlandflow. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers, 28: 755-762.
6. Management and Planning Organization. 2005. Guideline on sand and gravel mining from rivers. Publication No. 336, Management and Planning Organization, Ministry of Energy (in Persian).
7. Memari, A. and M. Habib Nejad Roshan. 2006. Comparison of sediments with sand and gravel exploitation in Farub Roman River and investigation of exploitation impact on the flood fringe. 7th International Seminar on River Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran (in Persian).
8. Mitasova, H., J. Hofierka, M. Zlocha and L. Iverson. 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International Journal of GIS, 10(5): 629-641.
9. Mohammadi, A. and B. Alireza. 2006. Investigation and identification of morphological changes in Gorganroud River. 7th International Seminar on River Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran (in Persian).
10. Moore, I. and G. Burch. 1986. Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. Soil Society of America Journal, 50: 1294-1298.
11. Moore, I.D., J.P. Wilson and C.A. Ciesiolka. 1992. Soil erosion prediction and GIS: Linking theory and practice. 2-11 June, Taiyuan, Shanxi Province, China.
12. Nouhegar, A. and F. Mahmoodi. 2003. A study of material exploitation effects Minab riverbed. Quarterly Geographical Research, 45: 45-58 (in Persian).
13. Nourmahnad, N., H. Samadi Boroujeni, M. Mousavi and A. Zamani. 2007. Investigation of Khoshk-e-Rud River tributary of the Upper Karun before and after sand and gravel removal from the bed. 6th Iranian Hydraulic Conference, Shahrekord University, Shahrekord, Iran (in Persian).
14. Raynov, S., D. Pechinov and Z. Kopaliany. 1986. River response to hydraulic structures. UNESCO, Paris, 112 pages.
15. Rouzkhash, P., H. Mehdi and G. Mohammad. 2006. Investigation the degradation of Kan River due to sand and gravel mining at the downstream of Tehran-Tabriz railway. 7th International Seminar on River Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran (in Persian).

16. Samadi, A., A. Azizian and J. Mozaffari. 2013. Investigation the effects of different river materials removal patterns using numerical model of flow and sediment simulation. 12th Iranian Hydraulic Conference, University of Tehran, Karaj, Iran (in Persian).
17. Shokoohi, A. and S. Beheshti. 2015. Use of the geomorphological model, based on the stream power, for zoning erosion and sedimentation in watersheds,. Iranian Journal of Soil and Water Research, 45(4): 509-518 (in Persian).
18. Tarbon, S.A., M.A. Sadeghi and M.R. Majdzadeh Tabatabaei. 2006. Determination of the appropriate places for sand and gravel mining in rivers using numerical models GSTAR-1D. 7th International Seminar on River Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran (in Persian).
19. Tarboton, D.G. 1997. On the extraction of channel networks from digital elevation data. Hydrological Processes, 5(1): 81-100.
20. Zakeri, M.A. and S.H.R. Sadeghi. 2013. Spatio-temporal variation of suspended sediment concentration at downstream of a sand mine. Environmental Erosion Research Journal, 3(3): 55-63 (in Persian).

DOI: 10.22092/ijwmse.2018.114477.1321

Determination of the potential of mountainous sand and gravel mines, using GIS and geomorphologic models integration, case study: Ferdows and Ghaen Basins

Asghar Azizian[1] and Amir Samadi[*2]

[1]Assistant Professor, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Iran and [2]Assistant Professor, Faculty of Engineering and Technology, Imam Khomeini International University, Iran

Received: 17 December 2017 Accepted: 13 May 2018

Abstract

River bed materials are of great importance in construction works as one of the most valuable resources due to their economical costs and ease of extraction. This has caused the rivers to be subjected to profound changes due to excessive, improper and non-standard harvesting by effective activities of human apart from their natural changes. Hence, replacement of river resources with other resources such as mountain mines can be considered as an essential way to protect the rivers. Considering the importance of this issue, the present study has evaluated the potential of sediment production and delivery in Qaen and Ferdows' rivers sub-basins using a combination of GIS and geomorphological models. The results obtained from the studied basins indicated that the geomorphologic models are capable of identifying areas susceptible to sediment production. According to calculations performed by the geomorphologic model, the southern and south-western parts of Ferdows and northern parts of Qaen Basins in Southern Khorasan Province have good potential for harvesting. Moreover, sediment quality assessment showed that most of materials in these areas are coarse grains and therefore require far less processing.

Keywords: River materials, Sediment yield, Sediment quality, Soil erosion, Southern Khorasan Province

[*] Corresponding author: amsamadi@gmail.com