نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۳، شماره ۴، ۱۴۰۰، صفحات ۷۵۸-۷۶۸

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 13, Issue 4, 2022, Pages 758-768
DOI: 10.22092/ijwmse.2021.353093.1871

بررسی اثر فعالیت‌های معدنی بر تعیین حریم کمی رودخانه هراز

نورانگیز غلامی*[۱]، کریم سلیمانی[۲]، عطاالله کاویان[۳] و وحید غلامی[۴]

[۱] کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۲و۳] استاد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و [۴] دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸

چکیده

تخریب بستر و فعالیت در حریم رودخانه‌ها از جمله فعالیت‌های معدن، ساخت جاده، پل غیر استاندارد و غیره در اغلب موارد منجر به تشدید خطر وقوع سیلاب می‌شود. با توجه به اهمیت این موضوع، در پژوهش حاضر به بررسی اثر فعالیت‌های معدنی بر تعیین حریم کمی در بازه‌ای از رودخانه هراز، سه راهی بلده محل الحاق نوررود تا ابتدای منطقه جنگلی کلرد به طول ۴۰ کیلومتر پرداخته شده است. در این راستا، برای بررسی تغییرات سطوح فعالیت‌های معدنی رودخانه در طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۹ از تصاویر ماهواره‌ای، برای شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و برای مقایسه تغییرات حریم رودخانه در بازه زمانی مطالعاتی از مدل DLSRS استفاده شده است. بدین‌ترتیب، ابتدا تصایر ماهواره‌ای زمین مرجع و تکنیک تفسیر بصری برای تعیین سطح فعالیت‌های معدنی به‌کار گرفته شد. سپس، نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ بستر رودخانه در محیط الحاقیه HEC-GeoRAS (GIS) و مدل HEC-RAS برای شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت، با برآورد پارامترهای پنج‌گانه مدل DLSRS، مقادیر حریم کمی رودخانه در فواصل زمانی ۱۰ سال در بازه زمانی ۱۳۹۹-۱۳۰۰ تعیین شد. نتایج تغییرات سطوح فعالیت‌های معدنی موید تغییرات ژئومتری بستر بازه مورد مطالعه از قبیل جابه‌جایی و تنگ‌شدگی بوده است. نتایج بررسی عوامل تغییرات حریم نیز نشان داد که افزایش فعالیت‌های انسانی و تغییر رژیم جریان رودخانه، سبب افزایش حریم کمی رودخانه می‌شود. نتایج پژوهش نشان داد که طی قرن اخیر هجری شمسی سطح معادن در محدوده مطالعاتی از ۳/۳۵ به ۱۳/۵۷ هکتار در سال ۱۳۹۹ افزایش یافته است که بیشینه توسعه آن در دهه ۱۳۹۰ هجری شمسی بوده است. در نتیجه، حریم کمی رودخانه از نه متر در سال ۱۳۰۰ به ۱۷ متر در سال ۱۳۹۹ افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، سیلاب، مدل DLSRS، مدل HEC-RAS، مورفولوژی

مقدمه

رودخانه‌ها دارای منابع قرضه شن و ماسه هستند که همواره مورد توجه انسان‌ها بوده است و به‌عنوان بخشی از ثروت‌های طبیعی و ملی کشور از اهمیت خاصی برخوردارند و در توسعه منطقه‌ای نقش مهمی بازی می‌کنند (Abedi و همکاران، ۲۰۱۶). از مشکلات اصلی رودخانه‌ها، تجاوز به بستر رودخانه و یا برداشت

* مسئول مکاتبات: noorangiz.gholami@yahoo.com

مصالح رودخانه‌ای و دخل و تصرف از بستر است. منظور از تجاوز به حریم رودخانه‌ها اشغال بخشی از فضای رودخانه‌ها و دشت سیلابی آن برای ساختن شهرها و سازه‌ها و جاده‌ها می‌باشد و هدف اصلی مورد توجه قرار دادن جنبه‌های ژئومورفولوژی، هیدرولیکی و زیست‌محیطی تجاوز به حریم رودخانه مثل فعالیت معادن، طرح جاده احداثی در حریم رودخانه است. لذا، مطالعات جامع و به‌هم پیوسته مهندسی رودخانه، فعالیت معادن، خطرات سیلاب، مدیریت بحران و بیمه، به‌منظور ایجاد الگوی بهینه برای پیشگیری، مدیریت حین بحران و جبران خسارات وارده، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد (Kamyabi، ۲۰۱۸). فعالیت معادن در سراسر جهان برای ساختن ساختمان‌ها، جاده‌ها و شهرنشینی می‌باشد. از اثرات استخراج معادن می‌توان به آلودگی‌های هوا، آب، خاک، صوتی و تهدیدات تنوع زیستی (زمینی و آبزی) و از همه مهمتر تشدید وقوع سیل که ۴۰ درصد تمام بحران‌های دنیا را تشکیل می‌دهد، اشاره کرد (Mohammadkhan، ۲۰۱۶؛ Kamboj و همکاران، ۲۰۱۷). آثار برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه را می‌توان به سه دسته مورفولوژیک، اکولوژیک و هیدرولوژیک تقسیم‌بندی کرد، البته مسائل اکولوژیک و هیدرولوژیک مسائل عرضی هستند که در پی ایجاد تغییرات مرفولوژیک رخ می‌دهند. همچنین، تغییرات مورفولوژیک را می‌توان به‌عنوان مهمترین و رایج‌ترین تغییرات ذکر کرد که عبارتند از: تخریب بستر رودخانه، تغییر در الگوی کانال، بی‌ثباتی کانال، مسلح شدن، تغییر در دشت‌های سیلابی برداشت شن و ماسه می‌تواند اثرات کوتاه‌مدت یا بلندمدت در پایداری پروفیل رودخانه داشته باشد (Vide، ۲۰۱۰). بخش شمالی کشور، به‌دلیل وجود آب و هوای مناسب، رودخانه‌های دائمی، جنگل و دریا، جاذبه‌های زیادی را برای گردشگری، ساخت و ساز مسکونی و ویلایی، ساخت جاده‌های دسترسی به همراه دارد. حاشیه رودخانه‌ها نیز پتاسیل زیادی برای این امور دارا هستند. لذا، میل بهره‌برداری بیشتر از منابع آب و خاک حاشیه رودخانه‌ها باعث دخل و تصرف آن‌ها شده است. این دخل و تصرف منجر به افزایش آلودگی آب‌ها، تشدید وقوع و خسارات سیلاب‌ها، افزایش فرسایش‌پذیری حاشیه رودخانه‌ها و غیره شده است (Soltani و Jafari، ۲۰۱۱).

اولین گام برای حفاظت از این منابع ارزشمند، تعیین حد بستر و حریم و انجام مطالعات ساماندهی به‌منظور بهره‌برداری بهینه، کاهش خطرات احتمالی سیلاب و جلوگیری از تجاوز به بستر و حریم رودخانه-هاست (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵). تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها از مهمترین اقدامات مدیریتی در حفاظت و بهره‌برداری از رودخانه‌ها است که به‌واسطه آن کمینه عرض رودخانه برای عبور ایمن جریان سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله مشخص شده و با اعمال حاکمیت بر این عرض و محدودیت در ساخت و سازها و نوع بهره‌برداری از اراضی مذکور از خسارات محتمل جریان‌های سیلابی پیشگیری و امکان بهره-برداری بهینه از رودخانه‌ها حاصل می‌شود (Issue 307 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۰۵). وجود حریم کمی برای منابع آب سطحی از نیازهای ضروری مدیریت منابع آب و محیط زیست است. حریم کمی کارکردهای متعددی دارد که از جمله می‌توان به حفاظت اکوسیستم آبزی، جلوگیری از تخریب ساحل و بستر رودخانه، بهبود کیفیت آب (به‌وسیله گیاهان کنار آبزی و آبزی)، کاهش بار آلودگی ورودی از منابع غیر نقطه‌ای، بهبود مدیریت مخاطرات ناشی از حوادث و سوانح آلودگی، اشاره کرد. بدین‌ترتیب، حریم کمی و دستورالعمل استقرار کاربری‌های مختلف در این ناحیه می‌تواند ابزاری موثر برای مدیریت منابع آب باشد (Issue 430 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵). Shayan و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کشکان در استان لرستان دریافتند، پارامترهای فیزیکی رودخانه اصلی‌ترین عوامل مورد سنجش برای تبیین اثرات فعالیت‌های معدن‌کاری در بستر رودخانه است. تغییرات صورت گرفته در بستر به‌واسطه این فعالیت منجر به تغییرات در مقادیر و اندازه برخی از پارامترهای فیزیکی رودخانه می‌شود که سنجش و اندازه‌گیری آن در طی زمان می‌تواند اثرات فعالیت‌های معدن‌کاری را بازگو کند.

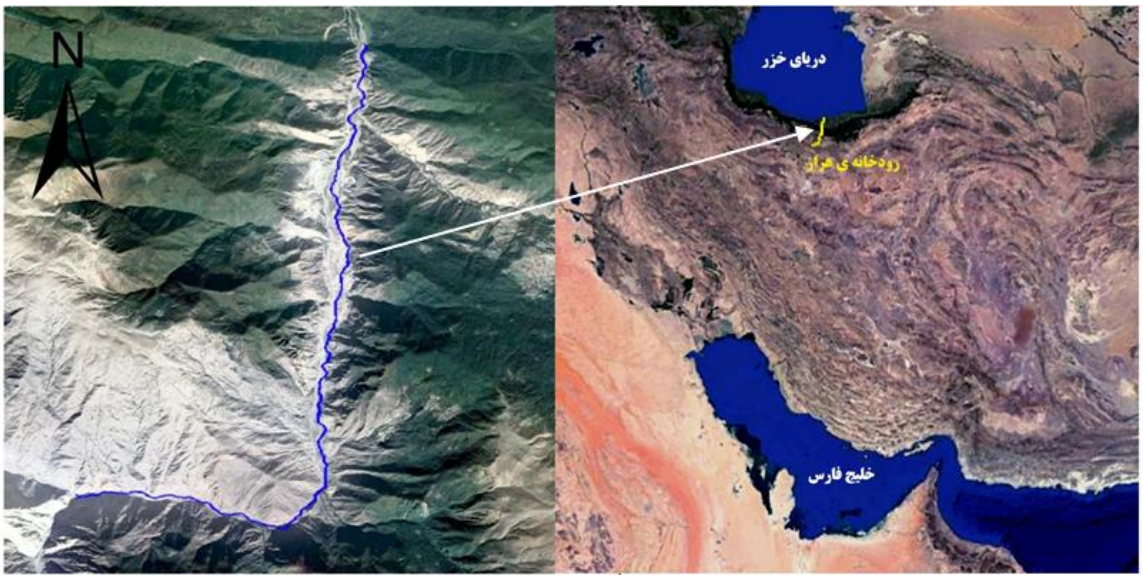
Asghari (۲۰۱۴) با مطالعه تاثیرات برداشت شن و ماسه بر مورفولوژی رودخانه قرنقو در استان آذربایجان شرقی دریافت، مقدار مصالح برداشت شده، متناسب با نوع رودخانه و ساختار مرفولوژیکی و محل برداشت و میزان آورد بار رسوبی رودخانه و تجهیزات مکانیکی متفاوت است. Rashidi و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه تغییرات مورفولوژی بستر رودخانه کارون در شهر اهواز طی بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۳۴ دریافتند، مسیر رودخانه تغییرات و جابه‌جایی‌های بسیاری را به‌دلیل فعالیت‌های معدنی، ساخت جاده و پل‌های متعدد در مسیر رودخانه متحمل شده است. این تغییرات شامل تغییرات طولی، عرضی و همچنین، تغییر در مورفولوژی بستر رودخانه است. Honarbakhsh و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثرات برداشت شن و ماسه بر رفتار هیدرومورفولوژیکی کانال رودخانه خشکه‌رود فارسان دریافتند، برداشت شن و ماسه منجر به کف‌کنی شدید چهار متری و تغییر شدید شکل کناره‌های رودخانه و عریض‌تر شدن آن شده است. Healy و Wo (۲۰۰۲) با بررسی اثر استخراج شن و ماسه و احداث سد بر بستر شنی رودخانه‌ی وایکاتو درکشور نیوزیلند نشان دادند که یکی از دلایل عمده ایجاد اختلال در روند تغییرات دانه‌بندی رسوبات بستر رودخانه وایکاتو برداشت شن و ماسه بوده است. Rinaldi و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه ملانیس در کشور ایتالیا دریافتند، برداشت معادن باعث ایجاد تغییرات مورفولوژیکی در رودخانه از قبیل بریدگی بستر در پایین‌دست و بالادست رودخانه و ناپایداری کناره‌ها می‌شود. بنابراین، انتخاب محل‌های مناسب برای برداشت مصالح رودخانه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است. Liangwen و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه تاثیرات برداشت شن و ماسه بر مورفولوژی رودخانه و حرکت جذر و مد در قسمت‌های پایین و دلتای رودخانه دونجیانگ در کشور چین دریافتند، از دهه ۱۹۸۰ با رونق اقتصادی در چین، تقاضای شن و ماسه برای زیرساخت‌ها زیاد شده است. چنین فعالیت‌هایی در وسط و پایین رودخانه بیشتر رخ می‌دهد. برداشت شن و ماسه باعث ایجاد یک سری مشکلات از قبیل تخریب ارتفاع کناره‌های رودخانه، پایین آمدن سطح آب، تخریب پایه‌های پل و غیره می‌شود. Chaiwongsaen و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه تغییرات مورفولوژیکی رودخانه پینگ در شمال کشور تایلند دریافتند، تخریب بستر باعث تغییر مورفولوژی رودخانه می‌شود. Panahi و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی کارایی مدل DLSRS در تعیین حریم کمی رودخانه‌های کوهستانی دریافتند، حریم کمی رودخانه‌ها در هر بازه بر اساس هر یک از شاخص‌های مدل DLSRS در آن بازه تعیین می‌شود که حریم کمی محاسباتی در بازه‌های مختلف یک رودخانه لزوما ثابت نبوده و می‌تواند متفاوت باشد. Danandehmehr و همکاران (۲۰۱۱) نیز کارایی مدل DLSRS را در محاسبه حریم کمی بازه‌های کوهستانی رودخانه‌های عارفی، کارده، تبارک، یدک و عمارت در محدوده استان خراسان رضوی مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج مطالعات ایشان نشان می‌دهد، مدل DLSRS با شرایط حوضه‌های مطالعه شده سازگار بوده و از دقت کافی برای تامین شرایط کمال انتفاع رودخانه‌های کوهستانی در منطقه برخوردار است.

رودخانه هراز با وجود معادن بسیار زیاد در بستر آن، در سطح کشور خاص بوده و برداشت‌های معادن موجود و همچنین، تجاوزات به بستر آن از طریق فعالیت‌های معدنی موجب تغییرات نامناسب در بستر رودخانه شده است. مطالعات تخصصی و مدونی در زمینه اثر این فعالیت مذکور بر روی رودخانه هراز و تغییرات در بستر و حد حریم آن انجام نشده است. آنچه مسلم است، حد بستر رودخانه هراز در طول زمان به‌جز در موارد خاص (وجود بستر مرده یا تغییر مسیر رودخانه به‌وسیله انسان) تغییر نمی‌کند، بلکه بستر اشغال یا مورد تجاوز و تصرف قرار می‌گیرد. اما، حریم رودخانه با توجه به شرایط رودخانه تغییر می‌نماید (تغییرپذیری حد حریم در طی زمان مطالعه نشده است) که هدف پژوهش حاضر بررسی اثرات فعالیت‌های معدنی در تعیین حد حریم رودخانه هراز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی رودخانه مطالعاتی: رودخانه هراز با رژیم برفی-بارانی منظم و دوره پرآبی در طول ماه‌های بهار،

پرآب‌ترین رودخانه در حوضه دریای خزر پس از سفیدرود است که از دامنه‌های شمالی رشته‌کوه‌های البرز و قله دماوند در جنوب حوضه، سرچشمه گرفته است. این رودخانه به موازات جاده هراز با جهت عمومی جنوب به شمال تا شهر آمل امتداد دارد و سپس، در شهر سرخ‌رود به دریای خزر می‌ریزد (شکل ۱). مساحت حوضه رودخانه هراز حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع و طول رودخانه نیز ۱۳۷ کیلومتر است. تحقیق حاضر در بازه‌ای ۴۰ کیلومتری از رودخانه هراز، سه راهی بلده محل الحاق نوررود که یک منطقه کوهستانی است تا ابتدای منطقه جنگلی کلرد انجام شده است. ویژگی بارز این بازه تمرکز معادن شن و ماسه و واریزه کوهی می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت بازه مطالعاتی رودخانه هراز در ایران

روش انجام پژوهش: پژوهش حاضر در سه بخش شامل مطالعات سنجش از دور، مطالعات شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و تعیین حد بستر رودخانه و در نهایت، تعیین حریم رودخانه هراز صورت پذیرفته است.

تعیین سطح فعالیت‌های معدنی (مطالعات سنجش از دور): ابتدا، تصاویر ماهواره‌ای مختلف از بازه مورد مطالعه شامل TM، ETM^{+}، IRS-PAN، ASTER و QuickBird برای بازه مطالعاتی تهیه شدند. سپس، بر روی تصاویر مذکور زمین‌مرجع سازی و تصحیحات هندسی انجام پذیرفت. در مرحله بعد، تعیین سطح و گستره فعالیت‌های معدنی و مسیر جاده‌سازی در فواصل پنج‌ساله از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۹ از طریق تفسیر بصری تصاویر و مطالعات میدانی برای تدقیق انجام شد. همچنین، پارامترهای ریخت‌شناسی بستر رودخانه در طول زمان (مقاطع زمانی مختلف) شامل طول قوس و میزان انحناء، عرض بستر ظاهری رودخانه و وجود پشته‌های رسوبی به‌صورت کمی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های رقومی بستر رودخانه بررسی شدند.

شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه (تعیین حد بستر رودخانه): برای تعین حد بستر و حریم رودخانه نیاز به نتایج مدل‌سازی هیدرولیکی، مطالعات میدانی و نتایج سنجش از دور می‌باشد. ابتدا، با به‌کارگیری نقشه‌های توپوگرافی (۱:۲۰۰۰) بستر رودخانه هراز و الحاقیه HEC-GeoRAS (GIS) ژئومتری یا شکل هندسی بستر رودخانه هراز و اراضی اطراف آن شبیه‌سازی شد. سپس، ژئومتری بستر رودخانه به مدل هیدرولیکی HEC-RAS وارد شد و مدل هیدرولیکی رودخانه هراز با تعیین مقاطع کنترل، ضرایب زبری مانینگ هر مقطع، رژیم جریان مختلط (Mixed) و دبی بیشینه لحظه‌ای ۲۵ساله به‌عنوان دبی طرح برای تعیین حد بستر ارائه شد. دبی‌های بیشینه لحظه‌ای بر اساس آمار دبی‌های بیشینه لحظه‌ای

سالانه ایستگاه هیدرومتری کره‌سنگ در بالادست بازه مطالعاتی از طریق توزیع آماری لوگ پیرسون نوع III حدود ۳۶۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد شد. در نهایت، پهنه سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله در شرایط آب‌دهی طبیعی و ژئومتری طبیعی بستر رودخانه به‌عنوان حد بستر رودخانه هراز تعیین شد.

تعیین حد بستر و حریم رودخانه: حریم رودخانه، فاصله یا بازه تعیین حد حریم با به‌کارگیری مدل DLSRS اولین مدل ریاضی محاسبه حریم کمی رودخانه‌ها بر اساس ضوابط و مقررات جاری کشور (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵) و پرسش از شرکت آب منطقه‌ای مازندران، بازدید میدانی و اطلاعات مردم بومی در فواصل ۱۰ ساله از سال ۱۳۰۰ تا ۱۳۹۹ انجام پذیرفت. حد حریم در ایران از یک تا ۲۰ متر بعد از حد بستر رودخانه تعیین می‌شود که بسته به عوامل مدل مذکور و میزان آسیب‌پذیری رودخانه متغیر است. پارامترهای مدل DLSRS شامل موارد زیر بوده که هر یک از عوامل جداگانه مطابق جداول ۱ تا ۵ برآورد یا امتیازدهی شدند. D، دبی ۲۵ساله بر اساس نتایج مدل‌سازی هیدرولیکی در هر مقطع به‌دست آمد. L، مکان (موقعیت)، بر اساس نقشه‌ها و موقعیت بازه برآورد شد. S، پایداری بستر و کناره، بر اساس داده‌های مطالعات سنجش از دور و مطالعات میدانی تعیین شد. R، رژیم جریان، بر اساس نتایج مدل‌سازی هیدرولیکی در هر مقطع به‌دست آمد. S، تنش اجتماعی، بر اساس طرح دعاوی حقوقی و تمرکز سکونتگاه‌ها تعیین شد. در نهایت، حریم کمی رودخانه هراز به روش DLSRS تعین شد.

$$F = 1.4\sum_{i=1}^{5}(W_i \times f_i)$$

$$F = 1.4*\begin{pmatrix} D*0.7 + L*0.35 + S*0.3 \\ -R*0.05 - S*0.3 \end{pmatrix} \qquad (۱)$$

$$F \geq 1$$

$$F \leq 20$$

که در آن، F حریم کمی رودخانه، W_i وزن شاخص i (وزن هر شاخص با توجه به اهمیت آن مطابق جدول ۱ بین ۰/۳- و ۰/۷ قرار می‌گیرد) و f_i مقدار حریم شاخص i می‌باشد.

نتایج و بحث

نقشه‌های مربوط به سطوح فعالیت‌های معدنی و مسیر جاده بازه مورد مطالعه رودخانه هراز در مقاطع زمانی مختلف از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۹ تهیه شد. در شکل‌های ۲ تا ۹ سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مورد مطالعه رودخانه هراز به‌ترتیب سال ارائه شده است. نقشه‌های مذکور با مقیاس مشابه تهیه و با مطالعات میدانی بررسی و تدقیق شده‌اند. در حقیقت توسعه فعالیت‌های معدنی در بستر رودخانه هراز و اراضی اطراف آن به‌واسطه نقشه‌های مذکور نمایش داده شده است و بیشترین فعالیت‌های معدنی مربوط به سال ۱۳۹۹ بوده است. همچنین، حد بستر و حریم بازه مطالعاتی رودخانه هراز در شرایط موجود (سال ۱۳۹۹) در شکل ۱۰ و مساحت سطوح فعالیت‌های معدنی در طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۰۰ در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۱- وزن‌های نسبت داده شده به شاخص‌های پنج‌گانه مدل DLSRS (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵)

پارامتر	وزن
دبی ۲۵ساله (D)	۰/۷
مکان (L)	۰/۳۵
پایداری بستر و کناره (S)	۰/۳
رژیم (R)	-۰/۰۵
شرایط اجتماعی (S)	-۰/۳

جدول ۲- شاخص دبی ۲۵ساله (D) پارامتر مدل DLSRS (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵)

محدوده دبی (مترمکعب بر ثانیه)	حریم (متر)
۱۰-۰	۳-۱
۵۰-۱۰	۶-۳
۱۰۰-۵۰	۱۰-۶
۲۰۰-۱۰۰	۱۵-۱۰
۳۰۰-۲۰۰	۱۷-۱۵
۶۰۰-۳۰۰	۲۰-۱۷
>۶۰۰	۲۰

جدول ۳- شاخص رژیم (R) پارامتر مدل DLSRS (Issue 679 of Organization Country Management and Planning، ۲۰۱۵)

عدد فرود میانگین بازه	حریم (متر)
Fr≥۲/۱	۲۰
۱ < Fr < ۲/۱	۱۰
Fr≤۱	۰

جدول ۴- شاخص پایداری (S) پارامتر مدل DLSRS (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵)

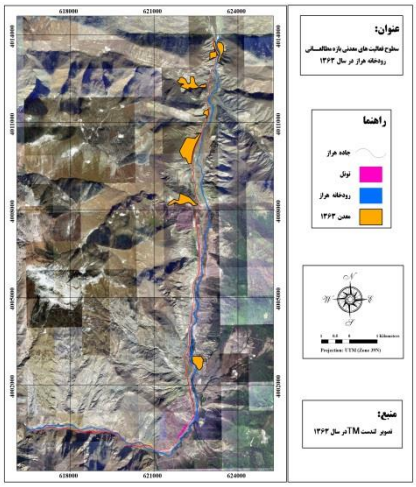
وضعیت	حریم (متر)
پایدار و متعادل	۱
نیمه‌پایدار	۱۰
ناپایدار و نامتعادل	۲۰

جدول ۵- شاخص مکان (L) پارامتر مدل DLSRS (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵)

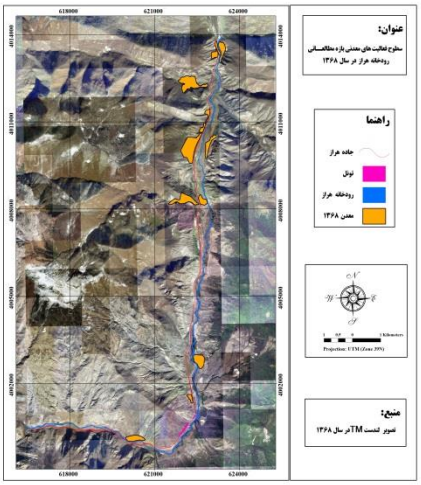
موقعیت آبراهه	اهمیت مکانی	حریم (متر)
رودخانه‌ها و مسیل‌های مرزی (در محل مرز مشترک)	ویژه	۲۰
بازه داخلی رودخانه‌ها و مسیل‌های مرزی و رودخانه‌های بین المللی	خیلی زیاد	۱۵
بازه شهری رودخانه‌ها و مسیل‌ها	زیاد	۱۰
بازه روستایی رودخانه‌ها و مسیل‌ها و سرشاخه های با رده ۳ و بالاتر	متوسط	۵
سرشاخه‌های با رده ۱ و ۲	کم	۱

جدول ۶- شاخص تنش اجتماعی (S) پارامتر مدل DLSRS (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵)

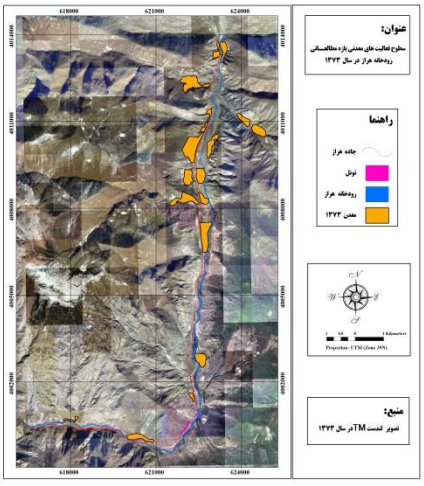
تنش اجتماعی	وضعیت	حریم (متر)
۰	بی‌تنش	۰
۰<T ≤۰/۱	کم تنش	۵
۰/۱<T ≤۰/۲	تنش متوسط	۱۰
۰/۲<T ≤۰/۴	تنش زیاد	۱۵
T ≥۰/۴	تنش خیلی زیاد	۲۰



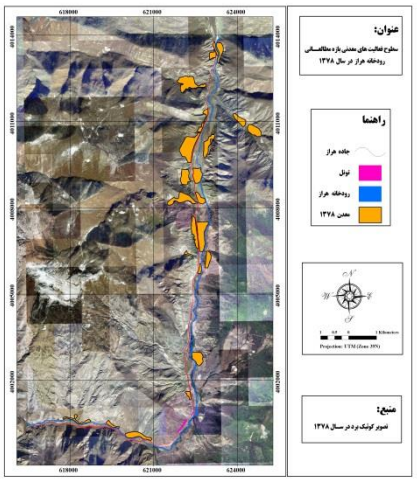
شکل ۲- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۶۳



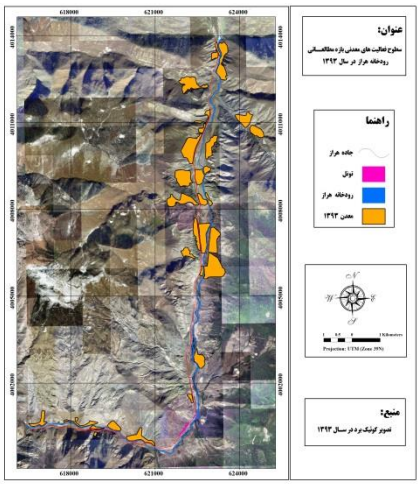
شکل ۳- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۶۸



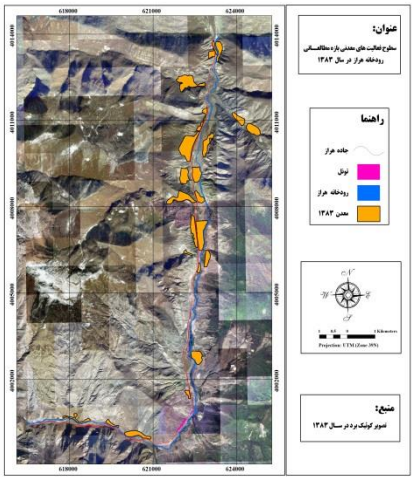
شکل ۴- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۷۳



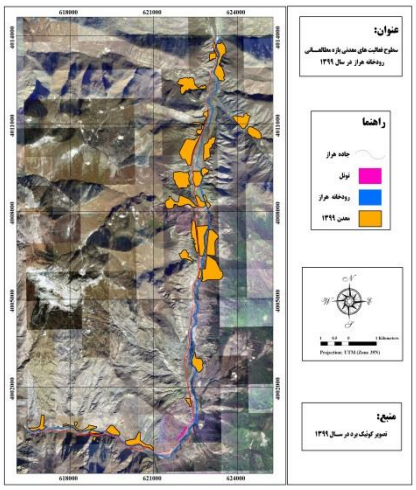
شکل ۵- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۷۸



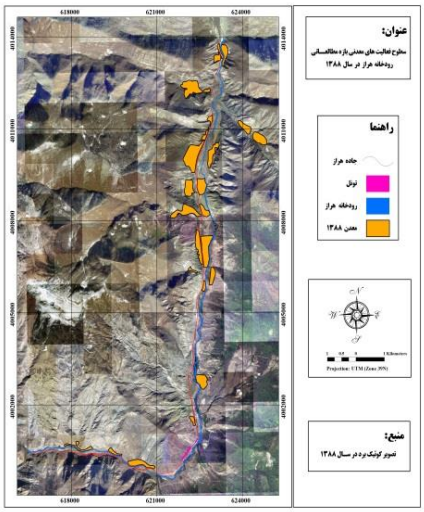
شکل ۸- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۹۳



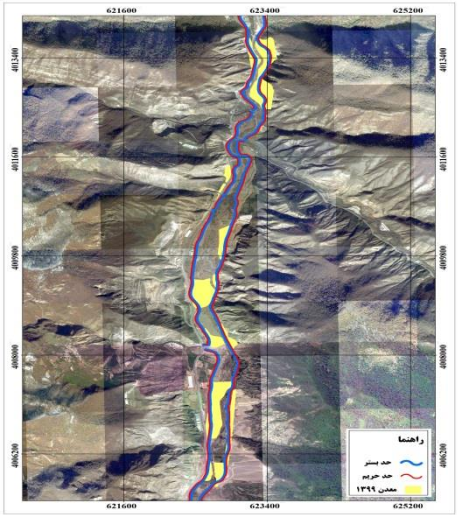
شکل ۶- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۸۳



شکل ۹- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۹۹



شکل ۷- نقشه سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مطالعاتی رودخانه هراز در سال ۱۳۸۸



شکل ۱۰- نقشه حد بستر و حریم بخشی از بازه مطالعاتی رودخانه هراز در شرایط موجود سال (۱۳۹۹)

جدول ۷- مساحت سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مورد مطالعه رودخانه هراز در مقاطع زمانی ۱۳۹۹-۱۳۶۳ بر حسب هکتار

معدن فعال	۱۳۶۳	۱۳۶۸	۱۳۷۳	۱۳۷۸	۱۳۸۳	۱۳۸۸	۱۳۹۳	۱۳۹۹
۱	۱۸/۴۶	۱۸/۴۶	۱۹/۰۱	۱۹/۰۱	۱۹/۸۵	۲۱/۰۳	۲۱/۹۵	۲۱/۹۵
۲	۳۴/۹۸	۳۴/۹۸	۳۴/۹۸	۳۴/۹۸	۳۴/۹۸	۳۴/۹۸	۳۴/۹۸	۳۴/۹۸
۳	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
۴	۲۰/۴۲	۲۷/۱۲	۲۷/۱۲	۲۷/۱۲	۲۷/۱۲	۲۷/۱۲	۲۷/۱۲	۲۷/۱۲
۵	۲/۹۵	۲/۹۵	۲/۹۵	۲/۹۹	۲/۹۹	۲/۹۹	۲/۹۹	۲/۹۹
۶	۱۳/۳۹	۱۳/۳۹	۱۳/۳۹	۱۳/۵۲	۱۴/۳۹	۱۴/۳۹	۱۷/۵۲	۱۷/۵۲
۷	۵/۰۲	۵/۰۲	۵/۰۲	۵/۰۲	۵/۰۲	۵/۰۲	۵/۰۲	۵/۰۲
۸	۹/۱۹	۹/۱۹	۹/۱۹	۹/۱۹	۹/۱۹	۹/۱۹	۱۰/۰۲	۱۰/۰۲
۹	-	۱۰/۲۹	۱۳/۰۰	۱۳/۴۰	۱۴/۵۰	۱۵/۰۱	۱۵/۲۲	۱۵/۲۲
۱۰	-	۶/۵۱	۷/۴۵	۷/۴۵	۷/۴۵	۷/۴۵	۷/۴۵	۷/۴۵
۱۱	-	۳/۰۱	۳/۰۱	۳/۰۱	۳/۰۱	۳/۰۱	۳/۶۹	۳/۶۹
۱۲	-	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱
۱۳	-	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۷۹	۱/۲۰
۱۴	-	۹/۰۹	۹/۱۰	۹/۱۰	۹/۱۰	۹/۱۰	۹/۳۱	۹/۳۱
۱۵	-	-	۱۹/۹۱	۱۹/۹۱	۱۹/۹۱	۱۹/۹۱	۲۵/۳۹	۲۵/۳۹
۱۶	-	-	۱۳/۵۲	۱۳/۵۲	۱۳/۵۲	۱۳/۵۲	۱۳/۵۲	۱۳/۵۲
۱۷	-	-	۲۵/۴۹	۲۵/۴۹	۲۵/۴۹	۲۵/۴۹	۲۵/۴۹	۲۵/۴۹
۱۸	-	-	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۳/۱۲	۱۴/۹۷	۱۶/۳۰
۱۹	-	-	۱۳/۹۹	۱۳/۹۹	۱۳/۹۹	۱۳/۹۹	۱۳/۹۹	۱۳/۹۹
۲۰	-	-	۳/۲۵	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۵	۳/۸۵
۲۱	-	-	-	۸/۲۷	۸/۲۷	۸/۲۷	۹/۳۱	۹/۳۱
۲۲	-	-	-	۱۴/۳۳	۱۴/۳۳	۱۴/۳۳	۱۴/۳۳	۱۴/۳۳
۲۳	-	-	-	۱۳/۷۹	۱۳/۷۹	۱۳/۷۹	۱۷/۸۳	۱۷/۸۳
۲۴	-	-	-	۲/۹۵	۲/۹۵	۲/۹۵	۲/۹۵	۲/۹۵
۲۵	-	-	-	۷/۰۳	۷/۰۳	۷/۰۳	۹/۰۴	۹/۰۴
۲۶	-	-	-	-	-	-	۲۵/۴۳	۲۵/۴۳
۲۷	-	-	-	-	-	-	۴۲/۴۴	۴۲/۴۴
۲۸	-	-	-	-	-	-	۲۷/۶۸	۲۷/۶۸
۲۹	-	-	-	-	-	-	۲/۸۹	۲/۸۹
۳۰	-	-	-	-	-	-	۱/۲۳	۱/۲۳
۳۱	-	-	-	-	-	-	۱۷/۲۲	۱۷/۲۲
۳۲	-	-	-	-	-	-	۲/۹۵	۲/۹۵
میانگین	۳/۳۵	۳/۵۶	۷/۵۰	۸/۹۹	۹/۰۷	۹/۱۳	۱۳/۵۲	۱۳/۵۷

در نهایت، مطابق جدول ۸، حد حریم و تغییرات آن در بازه مورد مطالعه رودخانه هراز در طی سال‌های ۱۳۰۰-۱۳۹۹ به فواصل ۱۰ ساله با روش مدل DLSRS تعیین شد.

جدول ۸- حد حریم و تغییرات آن در طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۰۰ مطابق مدل DLSRS بر حسب متر (Issue 679 of Country Management and Planning Organization، ۲۰۱۵)

سال	زیر بازه	دبی ۲۵ ساله (D)	مکان (L)	پایداری بستر و کناره (S)	رژیم (R)	شرایط اجتماعی (S)	مقدار نهایی حریم (F)	مقدار نهایی حریم گرد شده (F)
۱۳۰۰	اول	۱۷	۵	۱	۰	۲	۹/۱۷	۹
	دوم	۱۷	۵	۱	۲۰	۲	۸/۵۴	۸/۵
۱۳۴۰	اول	۱۷	۵	۲	۰	۳	۱۰/۴۳	۱۰/۵
	دوم	۱۷	۵	۲	۲۰	۳	۹/۰۳	۹
۱۳۵۰	اول	۱۷	۵	۴	۰	۵	۱۱/۶۹	۱۱/۵
	دوم	۱۷	۵	۴	۲۰	۵	۱۰/۲۹	۱۰/۵
۱۳۶۰	اول	۱۷	۵	۵	۰	۴	۱۲/۱۱	۱۲
	دوم	۱۷	۵	۵	۲۰	۴	۱۰/۷۱	۱۰/۵
۱۳۷۰	اول	۱۷	۵	۸	۰	۷	۱۴/۲۱	۱۴
	دوم	۱۷	۵	۸	۲۰	۷	۱۲/۸۱	۱۳
۱۳۸۰	اول	۱۷	۵	۱۳	۰	۱۲	۱۷/۵۷	۱۷/۵
	دوم	۱۷	۵	۱۳	۲۰	۱۲	۱۶/۱۷	۱۶
۱۳۹۰	اول	۱۷	۵	۱۴	۰	۱۳	۱۷/۹۹	۱۸
	دوم	۱۷	۵	۱۴	۲۰	۱۳	۱۶/۵۹	۱۶/۵
۱۳۹۹	اول	۱۷	۵	۱۶	۰	۱۵	۱۸/۸۱	۱۹
	دوم	۱۷	۵	۱۶	۲۰	۱۵	۱۷/۴۱	۱۷

جدول ۹- درصد تغییرات حریم کمی رودخانه هراز در طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۰۰

	۱۳۰۰	۱۳۴۰	۱۳۵۰	۱۳۶۰	۱۳۷۰	۱۳۸۰	۱۳۹۰	۱۳۹۹
اول	-	۱۶/۶۷	۹/۵۲	۴/۳۵	۱۶/۶۷	۲۵/۰۰	۲/۸۶	۵/۵۶
دوم	-	۵/۸۸	۱۶/۶۷	۰/۰۰	۲۳/۸۱	۲۳/۰۸	۳/۱۳	۳/۰۳

آن‌طور که تصاویر ماهواره‌ای نشان داده‌اند، در بازه مورد مطالعه رودخانه هراز برداشت مصالح بیشتر از دهه‌های اخیر آغاز شده است. متوسط درصد تغییرات سطوح فعالیت‌های معدنی نیز در مقاطع زمانی انتخاب شده، نشان‌دهنده رشد سطوح فعالیت‌های معدنی در هر سال نسبت به پنج سال قبل از آن است. به‌طوری که فعالیت معادن بازه مورد مطالعه رودخانه هراز بدین ترتیب از سال ۱۳۶۳ با متوسط مساحت ۱۳/۴۲ درصد آغاز شده است و در سال ۱۳۶۸ با متوسط رشد ۴/۱۰ درصد نسبت به سال ۱۳۶۳، در سال ۱۳۷۳ با متوسط رشد ۰/۳۷ نسبت به سال ۱۳۶۸، در سال ۱۳۷۸ با متوسط رشد ۲/۷۵ نسبت به سال ۱۳۷۳، در سال ۱۳۸۳ با متوسط رشد ۰/۷۶ نسبت به سال ۱۳۷۸، در سال ۱۳۸۸ با متوسط رشد ۰/۳۸ نسبت به سال ۱۳۸۳، در سال ۱۳۹۳ با متوسط رشد ۱۰/۰۶ نسبت به سال ۱۳۸۸ و در نهایت، در سال ۱۳۹۹ با متوسط رشد ۱/۹۰ نسبت به سال ۱۳۹۳ به فعالیت خود ادامه داده است.

همچنین جدول ۸، تغییرات حد حریم نشان داد که متفاوت بودن رفتار هیدرولیکی یا رژیم جریان رودخانه (عدد فرود) در طول بازه مورد مطالعه رودخانه هراز موجب تقسیم بازه به دو زیر بازه شده است. به‌طوری‌که کاهش عدد فرود سبب افزایش حریم نهایی و بالعکس شده است. از طرفی دیگر، از سال

۱۳۸۰ به بعد به‌دلیل تجاوزات انسانی صورت گرفته تنش اجتماعی در هر دو زیر بازه زیاد می‌باشد. بدین‌ترتیب بستر و دیواره‌های رودخانه دارای فرسایش شدید بوده، رودخانه از لحاظ فرسایش و رسوبگذاری ناپایدار و نامتعادل است و حریم نهایی نیز در فواصل زمانی ۱۰ سال به مقدار معنی‌داری افزایش یافته است. به‌طوری‌که حریم نهایی در سال ۱۳۰۰ در بازه اول نه متر و در بازه دوم ۸/۵ متر بوده است، اما در سال ۱۳۹۹ در بازه اول به مقدار ۵/۵۶ درصد و در بازه دوم به مقدار ۳/۰۳ درصد نسبت به سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است.

بدین‌ترتیب، بر اساس نتایج مطالعات، حریم کمی رودخانه هراز از نه متر در سال ۱۳۰۰ به ۱۷ متر در سال ۱۳۹۹ افزایش یافته است که دلایل اصلی افزایش حریم کمی، افزایش تنش اجتماعی (فعالیت‌های انسانی در بستر و اطراف رودخانه) و تغییرات در رژیم جریان رودخانه به‌واسطه تغیرات شدید در ژئومتری بستر (شیب بستر، جنس بستر و عرض بستر) است. این قسمت از نتایج با تحقیقات Rashidi و همکاران (۲۰۱۶)، Panahi و همکاران (۲۰۱۹)، Vide (۲۰۱۰)، Chaiwongsaen و همکاران (۲۰۱۹) در رابطه با افزایش حریم کمی رودخانه در اثر تغییرات مورفولوژی بستر به‌واسطه فعالیت‌های انسانی مطابقت دارد.

یافته‌های تحقیق حاصل از آشکارسازی تغییرات سطوح فعالیت‌های معدنی بازه مورد مطالعه رودخانه هراز در بازه زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۹ موید تغییر ظاهری بستر بازه مورد مطالعه رودخانه هراز از قبیل جابه‌جایی و تنگ‌شدگی مسیر رودخانه بوده است. این تغییرات نیز شامل تمام زمان‌های مورد بررسی رودخانه می‌شود. منتهی از سال ۱۳۹۳ به بعد به‌دلیل افزایش فعالیت‌های معدنی و تجاوز به بستر رودخانه شدت یافته است و به‌عنوان یک عامل مهم در ریزش سواحل و فرسایش کناری رودخانه و تشدید خطر سیلاب و افزایش پهنه سیلاب موثر هستند. این قسمت از نتایج با تحقیقات Marston و همکاران (۲۰۰۳)، Arthun و همکاران (۲۰۱۳)، Binhusri و همکاران (۲۰۱۵)، Philip و همکاران (۲۰۱۸)، Gibson و همکاران (۲۰۲۰) در رابطه با بررسی تغییرات کناری و پهنای عرضی رودخانه با استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای و همچنین، وقوع سیل ناشی از تغییرات به‌وجود آمده، فرسایش کناری رودخانه مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

به‌دلیل فعالیت‌های معدنی در دهه‌های اخیر تنش اجتماعی و آلودگی‌های رودخانه افزایش چشم‌گیر داشته است و در نتیجه، حریم رودخانه هراز به‌طور چشم‌گیر برای تضمین حفاظت زیست‌محیطی آن افزایش یافته است. از این‌رو، برای مطالعات آتی انجام تحقیقی در خصوص ارزیابی اقتصادی فعالیت‌های معدنی در بستر و حریم رودخانه پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abedi, I. and M. Ganji. 2016. Irregular extraction of sand from rivers using fuzzy Delphi approach. Journal of Natural Environment, 4: 1041-1059 (in Persian).
2. Arthun, D., G.N. Zaimes and J. Martin. 2013. Temporal river channel changes in the Gila Box Riparian National Conservation Area, Arizona, USA. Journal of Physical Geography, 34(1): 60-73.
3. Asghari, S. 2014. Analysis of the effect of harvesting and sand on the morphology of Qarnaqo River limited after three villages of Khorasanak. Journal of Hydrogeomorphology, 1: 21-39 (in Persian).
4. Chaiwongsaen, N., P. Nimnate and M. Choowong. 2019. Morphological changes of the lower Ping and Chao Phraya rivers, north and Central Thailand: flood and coastal equilibrium analyses. Journal of Geosciences, 11: 152–171.
5. Country Management and Planning Organization. 2005. Guide to flood zoning and determining the boundary of the riverbed and area. Issue 307, Tehran, Iran (in Persian).
6. Country Management and Planning Organization. 2015. Land use instructions in the quality boundaries of surface water resources. Issue 430, Tehran, Iran (in Persian).
7. Country Management and Planning Organization. 2015. Description of bed and boundary studies determines the first stage of river management. Issue 679, Tehran, Iran (in Persian).
8. Danandeh mehr, A., M. Salimi and Sh. Soltani. 2011. Study of DLSRS Model in determining the quantitative boundaries of mountain rivers, case study: Khorasan Razavi Province. The Second

National Conference on Applied Water Resources in Iran, Zanjan Regional Water Company, Iran (in Persian).
9. Gibson, S. and J. Shelley. 2020. Flood disturbance, recovery and inter-flood incision on a large sand bed river. Journal of Geomorphology, 351: 1-14.
10. Healy, T. and K. WO. 2002. Sediment characteristic and bed level changes in relation to sand extractions and damming of sand-gravel river: the lower Waikato River, New Zealand. Journal of Hydrology (NZ), 41(2): 175-196.
11. Honarbakhsh, A., K. Hedayatipour and H. Samadi. 2020. Investigation of the effect of harvesting and sand on the hydro morphological behavior of the river channel, case study: Khoshkehrood Farsan River. Journal of Quantitative Geomorphological Research, 1: 203-216 (in Persian).
12. Kamboj, V., N. Kamboj and S. Sharma. 2017. Environmental impact of river bed mining, a review. International Journal of Scientific Research and Reviews, 7(1): 504–520.
13. Kamyabi, S. 2018. The role of Masuleh River in developing and planning of Maclvan. Journal of Scientific-Research Quarterly of Geography (Regional Planning), 3: 115-129 (in Persian).
14. Liangwen, J., L. Zhangren, Y. Qingshu, O. Shuying and L. Yaping. 2007. Impacts of the large amount of sand mining on riverbed morphology and tidal dynamics in lower reaches and delta of the Dongjiang River. Journal of Geographical Sciences, 17: 197-217.
15. Marston, R.A., J.P. Bravard and T. Green. 2003. Impacts of reforestation and gravel mining on the Malnant River, Haute-Savoie and French Alps. Journal of Geomorphology, 55: 65-74.
16. Mohammad Khan, Sh., F. Nemasheri and A. Ezdanpanah. 2016. Investigation of the consequences of sand extraction on river morphology, case study: Deh Bala River, Kerman. Journal of Quantitative Geomorphological Research, 1: 14-26 (in Persian).
17. Panahi, R., M. Hosseinzadeh and S. Khaleqi. 2019. Quantitative determination of Gamasiab River, Kermanshah. Journal of Earth Knowledge Researchers, 38: 104-121 (in Persian).
18. Philip, K.L., K. Lalit and K. Richard. 2018. Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques. Journal of Geomorphology, 325: 92-102.
19. Rashidi, M., R. Hosenzadh, A. Sphr, H. Zeraee and M. Khanhbad. 2016. Study of geomorphology of Karun riverbed and its causes from 1954 to 2011. Journal of Quantitative Geomorphological Research, 1: 43-59 (in Persian).
20. Rinaldi, M., B. Wyz and N. Surian. 2005. Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. Journal of River Research and Applications, 21: 805-828.
21. Shayan, S., M. Sharifikea and H. Dhstani. 2013. Recruitment and measurement of morphological change of Kashkan River has caused the removal of sand sources. Journal of Scientific-Research Quarterly of Geographical Space, 33: 191-207 (in Persian).
22. Soltani, Sh. and Gh. Jafari. 2011. Rivers and beaches in the mirror of law (including: laws, decrees, regulations, directives and legal inquiries). Circulation of 1000 copies, new edition. Alborz Fardanesh, Tehran, Iran, 213 pages (in Persian).
23. Vide, J.P. 2010. Incision due to gravel mining: modeling a case study from the Gallegos River, Spain. Geomorphology, 117: 261-271.