

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۱۱۶

S. Asgari

M. Ahmadi

M. Hemati

شمس اله عسگری، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام

مهدی احمدی، کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران

موسی همتی، دانشجوی دکترای عمران-آب، دانشگاه آزاد نجف آباد

شماره مقاله: ۱۰۰۱ صص: ۸۰-۷۱

وصول: ۹۳/۲/۱۵ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲

E-mail: shamsasgari@yahoo.com

## فرسایش کناری رودخانه چرداول با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS

### چکیده

تخریب سواحل و تداوم فرسایش کناری هر ساله در ایران و سایر نقاط جهان موجب تخریب اراضی مرغوب کشاورزی اطراف رودخانه، تأسیسات ساحلی، پل ها، و اماکن عمومی می گردد. به همین علت، وضعیت فرسایش کناری رودخانه چرداول در بازه چناره بررسی شد. در این تحقیق، ابتدا آمار و اطلاعات هیدرولوژیکی نظیر دبی از سازمان امور آب منطقه ای ایلام، تهیه شد و با انجام آزمون های ران تست و کندال، همگنی و تصادفی بودن داده ها تأیید شد. سپس با استفاده از متوسط دبی های روزانه همان ایستگاه، با استفاده از نرم افزار SMADA، توزیع های مختلف به داده های مشاهداتی و تکمیل یافته برازش یافت و لوگ نرمال ۳ پارامتره به عنوان بهترین توزیع برای داده ها تعیین شد. پس از انجام عملیات میدانی، مسیری از رودخانه به طول ۱/۵ کیلومتر انتخاب و برداشت شد. پس از تهیه TIN رودخانه از روی مدل رقومی، با استفاده از نرم افزار HEC-GeoRAS، ۵۰ مقطع عرضی روی TIN ایجاد و به مدل معرفی شد. در نهایت با انجام یک سری مراحل و عملیات خاص، نقشه های شبکه بندی سرعت در دوره بازگشت های ۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ تهیه شده و برای تعیین و شناسایی نقاط مستعد فرسایش و رسوب گذاری، مقادیر حداقل و حداکثر تنش برشی و سرعت در نقاط مختلف بازه به ازای سیل های مختلف تعیین شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که تنش برشی و سرعت در دوره بازگشت های مختلف، در کانال اصلی بیش از سواحل بوده که این عوامل می تواند ضمن فرسایش بیشتر کانال اصلی رودخانه نسبت به سواحل، سبب افزایش شیب رودخانه و نهایتاً فرسایش کناری شود.

**واژه های کلیدی:** رودخانه چرداول، فرسایش کناری، HEC-RAS، HEC-GeoRAS

### مقدمه

رودخانه ها به عنوان اصلی ترین منابع تأمین کننده آب برای انسان و سایر موجودات به شمار می روند و بعضاً این منشأ زندگی باعث نابودی و وارد شدن خسارات جبران ناپذیری شده است. پیش بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه ها در مقابل سیلاب های احتمالی برای کاهش خسارات وارده به مناطق شهری و روستایی، تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری های در اطراف رودخانه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به اینکه سیلاب به عنوان یکی از مهمترین بلایای طبیعی در جهان محسوب می شود، شناخت هر چه بیشتر آن از دیدگاه های مختلف؛ از جمله تعیین نقشه های پهنه-

بندی سیل و نقشه‌های شبکه‌بندی سرعت با توجه به شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حوزه، نه تنها از نظر مالی و حقوقی، بلکه برای پیش‌بینی و کمک به سیستم‌های هشدار دهنده سیل و کنترل فرسایش آبراه‌های راه‌گشاست. روند افزایش خسارات جانی و مالی ناشی از جاری شدن سیل طی چند دهه اخیر در جهان، مهندسان آب و دیگر متخصصان مربوطه را بر آن داشته است که با اتکا به ابزارهای مدرنی چون مدل‌های ریاضی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، چاره‌های نو برای کنترل و مدیریت این پدیده طبیعی بیندیشند. امروزه استفاده از نرم افزارهای GIS برای مطالعات پهنه بندی و سایر مطالعات رودخانه ای در دنیا متداول شده است. دلیل این استقبال امکانات پیشرفته و ارتباط راحت و مناسب مدل‌های هیدرولیکی یک بعدی مانند HEC-RAS و یا Mike-11 با محیط های GIS با ArcView، Arc، Arc info است. تهیه نقشه های با جزئیات عمیق از جریان ها می تواند به عنوان ابزاری ارزشمند برای بررسی جریان های رودخانه ای باشد وادل<sup>۱</sup> (۲۰۰۰). و همچنین برای مدل دینامیک جریان برونر<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) و پیش‌بینی سیل‌های خطرناک کول<sup>۳</sup> و ویل<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) مدل تشریح آلاینده‌گی و پیشگویی تغییرات کانال لین<sup>۵</sup> (۲۰۰۲) و اطلاعات در مورد رفتار جریان های رودخانه را می‌تواند روشن کند (وایت<sup>۶</sup> ۲۰۰۲). بنابر اظهارات تیت<sup>۷</sup> ارتباط مدل‌های هیدرولیکی یک بعدی با محیط های GIS برای اولین بار توسط بیورس<sup>۸</sup> (۱۹۹۴) صورت گرفت که Arc/HEC-2 نتیجه این تحقیق بود. Arc/HEC-2 شامل زبان برنامه نویسی Arc/info (AMLS) و برنامه C برای پیش و پس پردازش عوارض سیلابدشت برای مدل هیدرولیکی HEC-2 بود. آندام<sup>۹</sup> (۲۰۰۳) در پایان نامه خود با عنوان مقایسه رژیم رودخانه‌های جنگلی و خارج جنگلی با استفاده از مدل HEC-GeoRAS تغییرات سرعت و عدد فرود در این دو نوع رودخانه و تأثیر پوشش گیاهی بر رژیم و رفتار رودخانه را بررسی کرد. بناویدس<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۳) با تلفیق HEC-HMS و HEC-RAS در GIS به تجزیه و تحلیل گزینه های مختلف کنترل سیلاب و انتخاب گزینه برتر نمودند. نبل<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) با تلفیق مدل های HEC-HMS و HEC-RAS و GIS در حوزه سان انتنیو<sup>۱۲</sup> مدل منطقه‌ای برای سیلاب ارائه نمودند و کار این مدل را برای پیش بینی وقوع سیلاب یادآور شدند. ایسلام<sup>۱۳</sup> (۲۰۰۰) در تحقیقات خود در زمینه حل مشکل سیل، پایداری کناره های رودخانه را از نظر فرسایش بررسی کرده است. HEC-GeoRAS یکی از برنامه های جنبی ArcGIS است که به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی مورد استفاده در سیستم تحلیل رودخانه انجمن مهندسان ارتش آمریکا<sup>۱۴</sup> (۲۰۰۸) و شرکت ESRI ارائه شده است. لری لارسون<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۱) بر این باور است که ابزار HEC-GeoRAS به طور خاص برای

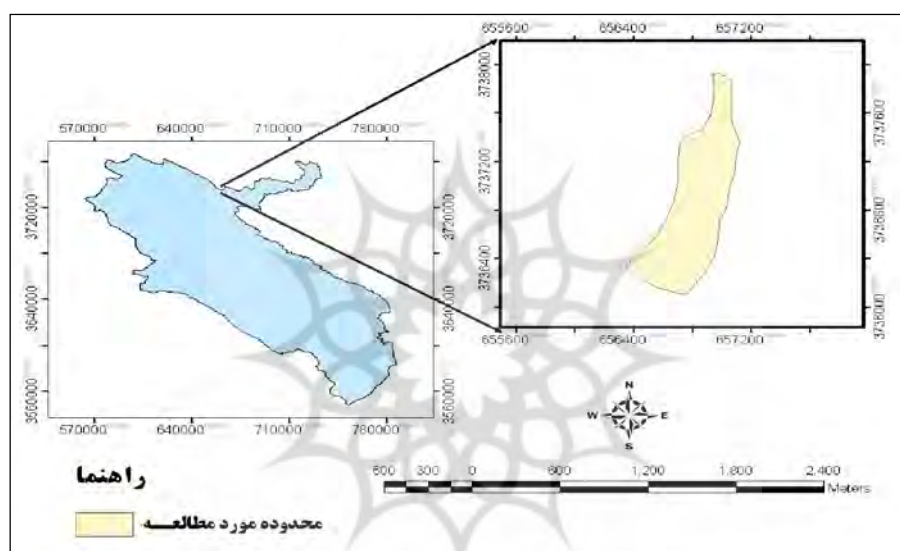
- 
- 1- Waddle
  - 2- Brunner
  - 3- Coles
  - 4-Well
  - 5- Lane
  - 6- Whited
  - 7- Tate
  - 8- Beureas
  - 9- Andam
  - 10- Benavides
  - 11- nebl
  - 12- San Antonio
  - 13- Islam
  - ۱۴- U. S. Army of Engineers
  - ۱۵- Larry Larson

پردازش داده‌های زمینی برای کاربرهای سیستم آنالیز رودخانه‌ای مرکز مهندسی رودخانه طراحی شده است و به کاربرهایی با اطلاعات GIS اجازه می‌دهد که فایل ورودی RAS حاوی اطلاعات ویژه جغرافیایی را از یک مدل رقمی و مجموعه‌های اطلاعاتی مکمل بسازد و نتایج خروجی RAS را نیز پذیرش کند.

رفاهی (۱۳۷۸) دلایل عمده تخریب سواحل و دیواره‌های رودخانه را شسته شدن ذرات خاک بر اثر جریان و امواج، شسته شدن پاشنه شیب سواحل و گسیختگی درونی آن، افزایش شیب سواحل بر اثر فرسایش و آبشستگی، افزایش فشار آب منفذی در حالت کاملاً اشباع، گسیختگی درونی شیب به علت نشست آب به سمت رودخانه، فرسایش ناشی از ورود زه آبهای کشاورزی و عوامل متعدد دیگر می‌داند. معمولاً به منظور کنترل فرسایش کناری علاوه بر اعمال روش‌های مکانیکی، پوشش گیاهی طبیعی امتداد حواشی رودخانه را به صورت دست نخورده باقی می‌گذارند تا سرعت جریان آب کم شده و سبب تخریب کناره‌ها نگردد؛ چرا که در مواقع طغیان آب رودخانه، وجود پوشش گیاهی مانع از شسته شدن حواشی رودخانه شده و به همین دلیل در بعضی از کشورها از جمله ایران قانونی تدوین شده است که براساس آن به همزدن پوشش طبیعی و انجام کشت و زرع تا فاصله‌ای از حریم رودخانه ممنوع است. پوررضا بیلندی و همکاران (۱۳۸۵) اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه بندی سیل در کارون بزرگ (بازه ملاثانی - اهواز) با استفاده از نرم افزارهای HEC-RAS و GIS پرداختند. کرمی و همکاران (۱۳۸۷) کنترل خطر سیل رودخانه دوغ در استان گلستان را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در سیستم هشدار سیل در محدوده‌های شهری و یا روستایی استفاده شود. بررسی‌های انجام شده توسط غفاری و همکاران نشان می‌دهد که حداکثرهای سرعت سیل در نزدیکی‌های محل تلاقی، پیچ رودخانه و در محل ایجاد تغییرات ناگهانی در عرض رودخانه ایجاد می‌گردد و در کل سرعت در بازه‌های بابلرود ۱ و ۲ به علت بیشتر بودن دبی بیشتر از بازه سجاد رود است. نتایج مربوط به حداکثرهای تنش برشی و سرعت نشان داد که به علت محدودسازی بستر اصلی رودخانه به دوره بازگشت دوساله و افزایش ضریب مانینگ سواحل رودخانه بر اثر افزایش پوشش گیاهی، در هر سه بازه سرعت و تنش برشی کانال اصلی در تمامی دوره بازگشت‌ها بیشتر از سواحل رودخانه بوده که نهایتاً این عوامل می‌توانند موجب فرسایش بیشتر کانال رودخانه شود. احمدیان یزدی (۱۳۸۰) در بررسی نقش پوشش گیاهی در حفاظت خاک و تثبیت کناره‌های رودخانه تجن - هریرود با استفاده از دوسری عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و ماهواره‌های ۱۹۸۵ و عملیات میدانی و تلفیق آنها با یکدیگر تغییرات مورفولوژیکی رودخانه تجن را ارزیابی کرده و با انجام معادلات رگرسیونی بین میزان فرسایش کناری ناحیه و پوشش گیاهی متأثر از رطوبت خاک نتیجه گرفت که علاوه بر تراکم پوشش گیاهی، پهنای ناحیه پوشش گیاهی در مسیر رودخانه نقش مؤثری در کنترل فرسایش کناری دارد. در واقع، هدف از تحقیق حاضر تعیین مناطق دارای حداکثر تنش برشی و سرعت برای شناسایی و اولویت بندی محدوده‌های مستعد فرسایش کناری و پیش بینی مورفولوژی کناری آبراهه به منظور استفاده از این اطلاعات در مدیریت و ساماندهی رودخانه مورد نظر است. بنابر نظر غفاری و همکارانش (۱۳۸۵) بررسی عوامل مؤثر در تغییر مورفولوژی رودخانه و فرسایش کناری نیازمند وجود اطلاعات پایه‌ای در زمینه هیدرولیک رودخانه‌ای است و سرعت جریان و تنش برشی از پارامترهای مهم هیدرولیکی محسوب می‌گردند که در تعیین مناطق فرسایش پذیر رودخانه و مناطقی که نیاز به سازه‌های حفاظتی دارند، استفاده می‌شوند.

## داده‌ها و روش پژوهش

رودخانه چرداول از سرشاخه های مهم دشت اسلام آباد و کرنند با چشمه های پر آب گریتان، سرابله و زنگوان به- شمار می رود و از کوه های پیران، بانکول، قلارننگ، قلاجه و مانشت سرچشمه می گیرد. طول تقریبی آن ۳۵ کیلومتر و مساحت حوزه آبریز اصلی و فرعی آن ۳۴۷۵/۷۵ کیلومتر مربع است. حوزه آبریز رودخانه چرداول (بازه چناره) در ایستگاه هیدرومتری دارتوت در موقعیت طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۰ دقیقه و ۵۰ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۹ ثانیه قرار گرفته است (شکل ۱). بازه مورد مطالعه به نام چناره در محدوده بالادست روستاهای دارتوت و لتاب معروف به تنگ قیر چرداول واقع بوده و از محل بالادست تا ایستگاه هیدرومتری دارتوت به طول تقریبی ۱/۵ کیلومتر امتداد دارد (وزارت نیرو، ۱۳۸۵).



شکل ۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام

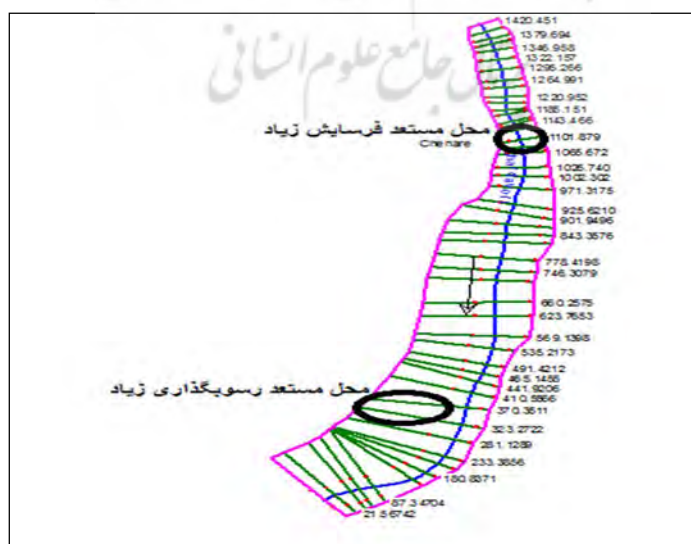
لئوپولد<sup>۱۶</sup> (۱۹۹۴) بر این باور است که شکل رودخانه تابعی از جریان آب، کمیت و نوع رسوبات حمل شده، پوشش گیاهی و ترتیب مواد سازنده دیواره و کف رودخانه است و بنابر هیدرولیک رودخانه ای، جریان آب، تنش برشی بر دیواره و کف رودخانه وارد می کند که پایداری و تغییر شکل بستر رودها بستگی به مقاومت هر نقطه از پیرامون بستر مقطع جریان، در مقابل تنش برشی وارده از سوی جریان دارد. بنابر اظهارات تلوری (۱۳۷۱) مقدار نیروی برشی جریان از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\tau_o = \gamma DI \quad (۱)$$

که در آن:  $\tau_o$  = تنش برشی جریان؛  $\gamma$  = وزن مخصوص آب؛  $I$  = شیب خط جریان و  $D$  = عمق جریان است که در رودخانه های عریض مساوی شعاع هیدرولیکی در نظر گرفته می شود.

در این تحقیق با توجه به اینکه نقشه‌های توپوگرافی بازه مورد مطالعه موجود نبود، اطلاعات مورد نیاز برای شبیه‌سازی بازه مورد مطالعه، با برداشت‌ها و اندازه‌گیری‌های صحرایی تعیین شده و با انتقال داده‌ها به محیط AutoCAD اصلاحات لازم بر روی نقشه صورت گرفت. سپس فایل AutoCAD در نرم افزار ArcGIS در محیط ArcInfo باز شده و رقومی گردید. همچنین، با استفاده از ابزار 3D Analyst مدل شبکه ای نامنظم مثلثی (TIN) از روی داده های رقومی بازه مورد نظر ایجاد شد. پس از اینکه TIN رودخانه تشکیل شد، لایه‌های مختلف شامل لایه خط مرکزی جریان، لایه سواحل جریان، لایه ابعاد مسیر جریان و لایه مقاطع عرضی روی TIN تهیه گردید (شکل ۲).

در گام بعد کلیه لایه‌های ایجاد شده در محیط ArcGIS به مدل HEC-RAS ارسال شد. در مرحله بعد با معرفی یک پروژه جدید در HEC-RAS، اطلاعاتی را که در مرحله قبل تهیه کرده‌ایم، وارد مدل هیدرولیکی کرده و مراحل ویرایش شامل اضافه کردن ضرایب مانینگ و ضرایب انقباض و انبساط، شرایط مرزی، نوع رژیم جریان، دبی سیل با دوره بازگشت‌های مختلف به مدل هیدرولیکی وارد گردید. بدین منظور، آمار و اطلاعات هیدرولوژی شامل متوسط دبی‌های روزانه و دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه دارتوت از شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام تهیه شده و پس از انجام آزمون‌های ران تست ( $18 < U = 13 < 7$ ) و کندال ( $0.48 < Z = 1/96 < -1$ )، پس از تکمیل داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه دارتوت، با استفاده از متوسط دبی‌های روزانه همان ایستگاه، با استفاده از نرم افزار SMADA توزیع‌های مختلف به داده‌های مشاهداتی و تکمیل یافته برازش یافت و با روش آزمون خطای استاندارد، بهترین توزیع برای داده‌ها تعیین شد. سپس سیلاب‌های با دور برگشت مختلف با توجه به توزیع غالب برآورد شد. برای تعیین ضریب مانینگ از روش کیفی استفاده گردید؛ یعنی با انطباق شرایط کلی مورفولوژی، هیدرولیکی و هندسی رودخانه با رودخانه‌های مشابه که مطالعه شده‌اند، ضریب زبری انتخاب شد. اساس این روش بر مقایسه استوار است. بر اساس مطالعات محققان مختلف، جداول موجود در کتب علمی، مشورت با صاحب نظران مختلف و مطالعات صورت گرفته بر روی رودخانه مورد مطالعه توسط شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام، مقدار ضریب زبری برای رودخانه‌های مشابه با رودخانه چرداول در محدوده ۰/۰۵۵ تا ۰/۰۶۶ به دست می‌آید.



شکل ۲) نتایج حاصل از شبیه‌سازی خط مرکزی جریان، کناره و مقاطع عرضی

همچنین، با توجه به مقادیری که برای ضریب زبری در راهنمای مدل HEC-RAS ارائه شده، مقدار ضریب زبری برای رودخانه چرداول به طور متوسط ۰/۰۶ برای کانال اصلی و ۰/۰۵ برای سواحل برآورد گردید. گام بعد انتقال نتایج نرم افزار HEC-RAS به محیط ArcGIS است. همچنین، در محیط ArcGIS دریافت نتایج خروجی از مدل هیدرولیکی توسط فایل واسط RAS Mapping صورت می‌گیرد. بدین منظور با وارد شدن به محیط Arc GIS و بارگذاری نتایج ارسال شده از مدل هیدرولیکی، توسط ابزار HEC-GeoRAS نتایج لازم به دست می‌آید. در این مرحله با فعال کردن لایه های مختلف می‌توان نقشه های شبکه‌بندی عمق و نقشه‌های شبکه‌بندی سرعت را مشاهده کرد. در محیط HEC-RAS مقادیر سرعت جریان و تنش برشی به ازای سیل با دوره های بازگشت مختلف در هر مقطع تعیین و سپس با توجه به مقادیر سرعت و تنش برشی، مقاطع در معرض خطر فرسایش در سه بازه مشخص گردید. علاوه بر آن مقاطعی که کمترین تنش برشی بر آن وارد می‌گردد، تعیین شدند.

### یافته‌های پژوهش

پس از انجام آزمون‌های ران تست و کندال و پس از تکمیل دبی های حداکثر لحظه‌ای سالانه در ایستگاه هیدرومتری دارتوت، برای تعیین دبی با دوره بازگشت‌های مختلف از بین توزیع‌های آماری مختلف، با استفاده از آزمون خطای استاندارد، توزیع لوگ نرمال ۳ پارامتره با میزان خطای ۷۷ به عنوان مناسب ترین توزیع و با استفاده از نرم افزار SMADA دبی با دوره بازگشت‌های ۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱) دبی با دوره بازگشت‌های مختلف بر اساس توزیع برتر تعیین شده

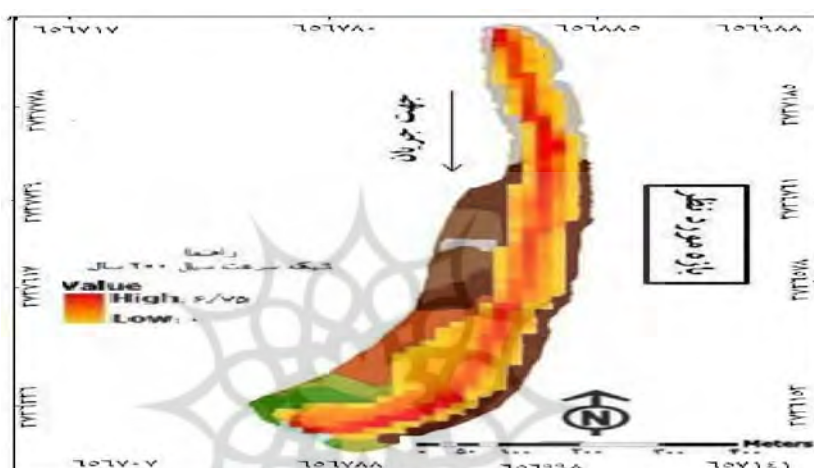
دوره بازگشت (سال)	۵	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
دبی حداکثر لحظه‌ای ( $m^3 / s$ )	۲۴۰	۵۲۱	۶۶۲	۸۱۶	۱۲۰۰

در جدول ۲) مناطق دارای حداکثر سرعت سیل در دوره بازگشت‌های مختلف نشان داده شده که در دوره بازگشت‌های مختلف، سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال بیشترین سرعت را در نقاط مختلف بازه داراست. با توجه به این جدول به ازای دوره بازگشت‌های مختلف کانال اصلی دارای بیشترین مقدار سرعت است.

جدول ۲) حداکثر سرعت سیل در نقاط مختلف بازه مورد نظر

ساحل راست		کانال اصلی		ساحل چپ		دوره بازگشت (سال)
فاصله از پایین دست ( $m$ )	مقدار سرعت ( $m/s$ )	فاصله از پایین دست ( $m$ )	مقدار سرعت ( $m/s$ )	فاصله از پایین دست ( $m$ )	مقدار سرعت ( $m/s$ )	
۰/۰۴۸	۱/۴۲	۱۴۲۰/۴۳	۴/۲۶۸	-	-	۵
۰/۰۴۸	۲/۹۹	۱۱۰۱/۸۴	۵/۳۶۴	-	-	۲۵
۰/۰۴۸	۳/۴۱	۱۱۰۱/۸۴	۵/۳۷۸	-	-	۵۰
۰/۰۴۸	۳/۵۹	۱۱۰۱/۸۴	۵/۰۷۸	۳۷/۰۳	۰/۰۲	۱۰۰
۰/۰۴۸	۴/۰۹	۱۱۰۱/۸۴	۶/۷۵۶	۱۴۲۰/۴۳	۱/۰۸	۲۰۰

در شکل (۳) نقشه سرعت سیل ۲۰۰ ساله به صورت شبکه ای نشان داده شده است. در جدول (۳) حداقل تنش برشی وارده بر مناطق مختلف بازه، در جدول (۴) مقادیر تنش برشی ماکزیمم در نقاط مختلف بازه، در شکل (۴) نمودار تنش برشی کانال اصلی و در شکل (۵) نمودار سرعت در نقاط مختلف بازه به ازای سیل با دوره بازگشت‌های مختلف نشان داده شده است. با توجه به جداول استخراج شده می‌توان گفت تنش برشی در کانال اصلی به ازای سیل با دوره بازگشت‌های مختلف بیشتر از سواحل راست و چپ است و علاوه بر حداکثر تنش برشی یاد شده در جدول، تنش‌های زیادی نیز در فواصل ۹۷۱/۲۷، ۲۳۳/۳۴ و ۸۷/۳ متری از پایین دست رخ می‌دهد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که شستگی کانال اصلی بیشتر از سواحل است.



شکل (۳) شبکه سرعت سیل ۲۰۰ ساله (خروجی از ArcGIS)

جدول (۳) حداقل تنش وارده در نقاط مختلف بازه مورد نظر

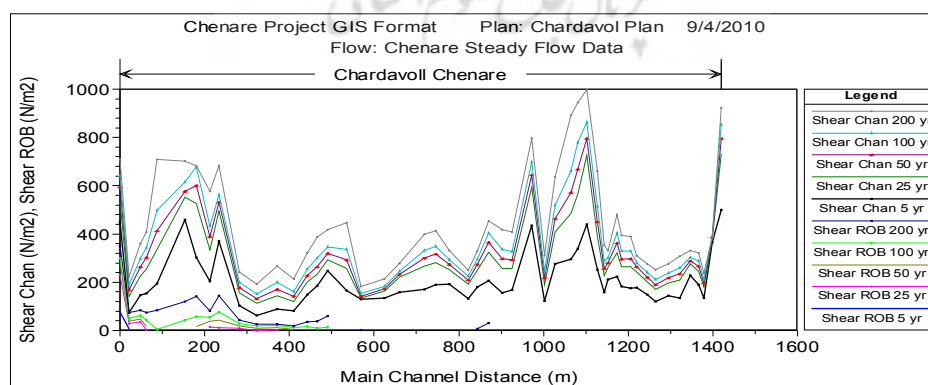
موقعیت	فاصله از پایین دست (m)	مقدار تنش ( $N/m^2$ )	بازه
ساحل چپ	۳۲۳/۲۲	۱/۱	چناره

جدول (۴) مقادیر تنش برشی بیشینه در نقاط مختلف بازه

ساحل راست		کانال اصلی		ساحل چپ		دوره بازگشت (سال)
فاصله از پایین دست (m)	تنش برشی ( $N/m^2$ )	فاصله از پایین دست (m)	تنش برشی ( $N/m^2$ )	فاصله از پایین دست (m)	تنش برشی ( $N/m^2$ )	
۰/۰۴۸	۷۶/۹۹	۱۴۲۰/۴۳	۵۳۸/۰۷	-	-	۵
۰/۰۴۸	۲۳۱/۰۶	۱۴۲۰/۴۳	۷۲۵/۷۱	-	-	۲۵
۰/۰۴۸	۲۸۰/۴۶	۱۱۰۱/۸۴	۷۹۶/۰۲	-	-	۵۰
۰/۰۴۸	۲۹۹/۶۲	۱۱۰۱/۸۴	۸۶۲/۶	-	-	۱۰۰
۰/۰۴۸	۳۵۱/۹۲	۱۱۰۱/۸۴	۹۹۷/۸۵	۱۴۲۰/۴۳	۶۳/۷۳	۲۰۰

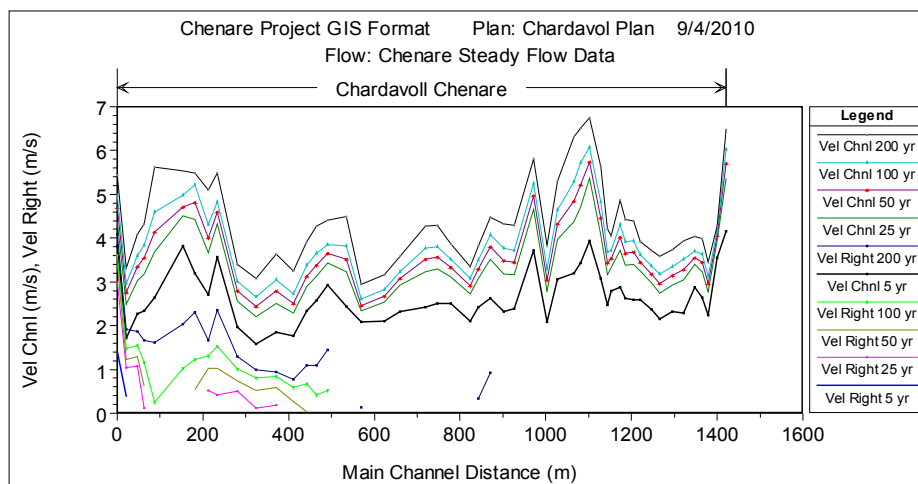
## نتیجه گیری

بررسی عوامل مؤثر در تغییر مورفولوژی رودخانه و فرسایش کناری نیازمند وجود اطلاعات پایه‌ای در زمینه هیدرولیک رودخانه ای است و سرعت جریان و تنش برشی از پارامترهای مهم هیدرولیکی محسوب می گردند که در تعیین مناطق فرسایش پذیر رودخانه و مناطقی که به سازه های حفاظتی نیاز دارند، استفاده می شوند حداقل تنش برشی مربوط به سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال است که در فاصله ۳۲۳/۲۲ متری از پایین دست بازه رخ داده است، بنابراین محل مشخص شده در ساحل راست بازه چناره در محدوده مورد مطالعه مستعدترین محل جهت رسوب گذاری است. به طور کلی، نتایج مربوط به حداقل تنش برشی به صورت منطقی نشان می دهد که حداقل تنش در دیواره محدب پیچ رودخانه اتفاق افتاده و جریان مارپیچی در کف رودخانه، رسوبات ناشی از فرسایش کناره مقعر را به طرف جلو انتقال داده است. همچنین، به طور کلی مقدار تنش در دیواره ها کمتر از کف رودخانه (کانال اصلی) است و بدین ترتیب فرسایش کناری دیواره ها نیز کمتر از کانال اصلی است. نتایج مربوط به حداکثر تنش برشی و سرعت نشان داد که به علت کوچک بودن کانال اصلی رودخانه و زیاد بودن ضریب مانینگ کانال اصلی به علت شرایط پوشش گیاهی و درختان بید موجود در بستر، تنش برشی در تمامی دوره های بازگشت سیل در کانال اصلی بیش از سواحل بوده که این عوامل می تواند ضمن فرسایش بیشتر کانال اصلی رودخانه نسبت به سواحل، افزایش شیب رودخانه، و نهایتاً فرسایش کناری شود که در عمل نیز شاهد پدیده فرسایش در این مناطق بوده و همه ساله بخشی از اراضی کشاورزی در این مناطق بر اثر فرسایش و عملیات کشاورزی پایداری خود را از دست داده و از بین می روند. حداکثر تنش برشی مربوط به سیل ۲۰۰ ساله است که در فاصله ۱۱۰۱/۸۴ متری از پایین دست (محل بازشدگی ناگهانی) رخ داده است. باتوجه به اینکه کنترل فرسایش کناری با مدیریت در بهره برداری بهینه از اراضی اطراف رودخانه ها و سواحل امکانپذیر است، این روش به عنوان یکی از روش های مناسب در کنترل فرسایش کناری معرفی می گردد که غفاری (۱۳۸۳) بر روی رودخانه بابلرود و تویمبیل<sup>۱۷</sup> (۱۹۹۴) بر روی رودخانه تنسی از اثرهای مثبت این روش در کنترل فرسایش کناری اشاره نموده اند.



شکل ۴) نمودار تنش برشی کانال اصلی به ازای سیل های مختلف





شکل ۵ نمودار سرعت کانال اصلی و ساحل راست به ازای سیل‌های مختلف

## منابع

- ۱- احمدیان یزدی، محمدجواد. (۱۳۸۰). بررسی نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش کناری پیچانرود تجن-هریرود، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۲- پوررضا بیلندی، م، و همکاران. (۱۳۸۵). تعیین پهنه سیلاب در کارون بزرگ (بازه ملاثانی - اهواز) با استفاده از نرم افزارهای HEC-RAS و HEC-GeoRAS، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.
- ۳- تلوری، عبدالرسول، و همکاران. (۱۳۷۱). بررسی پدیده پیچانرودی و فرسایش رودخانه‌ای در قسمتی از کارون، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی تهران.
- ۴- رفاهی، حسینقلی. (۱۳۷۸). فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- غفاری، گلاره، و همکاران. (۱۳۸۵). بررسی تغییرات مورفولوژی کناری آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (بابرود و مازندران).
- ۶- کرمی، حجت، و همکاران. (۱۳۸۷). کنترل خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی و GIS، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
- ۷- وزارت نیرو، آمارنامه استان ایلام. (۱۳۸۵). شرکت آب منطقه‌ای ایلام.
- 8- Andam, K. S. (2003). COMPARING PHISICAL HABITAT CONDITIONS IN FORESTED ANA NON-FORESTED STREAMS. Thasis of Partical Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Specializing in Civil and Environmental Engineering.
- 9- Benavides, J. A. , Pietruszewiski, B. , Krisch, B and Bedient, Ph. (۲۰۰۳). Analysing Flood Control Alternatives for the Clear Creek Watershed in A Geographic Information System Framework .
- 10- Brunner, G.W., 2002. HEC-RAS, River Analysis System User'sManual. Hydrologic Engineering Center (HEC), U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA. 420 pp.
- 11- Coles, T.E., Wells, S.A., 2003. CE-QUAL-W2: a two-dimensionallaterally averaged, hydrodynamic and water quality model, Version 3.1. Instruction Report EL-03-1, U.S. Army Engineering and Research Development Center, Vicksburg, MS.

- 12- Islam, M. D. , And KimitroSado, (2000). Development of Flood Hazzard Maps of Bangladesh Using NOAA-AVHRR Images with GIS. Hydrological Sciences Journal, 45(3). PP. 42-48.
- 13- Knebl, M. R. , Yang , Z. L. , Hutchison , K. , Maidment , D. R. (۲۰۰۵). Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD , Rainfall ,GIS, and HEC-HMS/RAS : A Case Study for the San Antonio River Basin Summer ۲۰۰۲ Storm Event, Journal of Environmental Management , ۷۵: ۳۲۵-۳۳۶.
- 14- Lane, S.N., Hardy, R.J., Elliott, L., Ingham, D.B., 2002. Highresolution numerical modelling of three-dimensional flows. M.A. Fonstad, W.A. Marcus / Geomorphology 72 (2005) 320–339.
- 15- Larry Larson, (Nov .2001).” No Adverse Impact : A New Direction in Floodplain Management Policy” , Published in Natural Hazzards Review. IANN 1527-6988.
- 16- Leopold. L. B. , M. G. Woman and J. P. Miller. (1994). Fluvial Processessin Geomorphology . W. H. Fremman and Company. San Francisco.
- 17- Tate, E. and Maidment, D. (1999).” Floodplain Mapping Using HEC-RAS and AecView GIS” .Masters Thesis. Department of Civil Engineering. University of Texas, Austin.
- 18- U. S. Army of Engineers (2008).” Hydrologic Engineering Center”. HEC-GeoRAS An extension for Support of HEC-RAS using ArcView”.
- 19- Waddle, T., Steffler, P., Ghanem, A., Katopodis, C., Locke, A.,2000. Comparison of one- and two-dimensional open channel flow models for a small habitat stream. Rivers 7 (3), 205– 220.
- 20- Whited, D., Stanford, J.A., Kimball, J.S., 2002. Application of airborne multispectral digital imagery to quantify riverine habitatsat different base flows. River Research and Applications 18 (6), 583–594.

