

ارائه طرح جامع ساماندهی و بهسازی رودخانه کشف رود

وحید یزدانی^{۱*}، حسین علیمیرزایی^۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۲

چکیده

شناخت رفتاری رودخانه و انجام فعالیتهای سازگار با طبیعت آن و اقدامات مهندسی مناسب همواره دغدغه مهندسين درگير در اين رشته بوده است. هدف اصلی این مقاله ارائه طرح جامع ساماندهی رودخانه کشف رود م شهد حد فاصل تصفیه خانه پرکندآباد تا تصفیه خانه اولنگ بدلیل اهمیت بسزای این رودخانه در این بازه می باشد. جهت افزایش صحت و دقت داده ها در انجام مطالعات از تکنولوژی GIS و نرم افزارهای رقومی بهره گرفته شده است، بطوریکه پارامترهای فیزیوگرافیک با استفاده از لایه های رقومی با دقت ۲۵۰۰۰:۱ در نرم افزارهای ArcGIS و ArcView مورد تجزیه و تحلیل و برآورد قرار گرفت. در حد فاصل تصفیه خانه پرکندآباد تا انتهای محدوده مطالعاتی به دلیل مساعد بودن جمیع شرایط جهت کشاورزی و برداشت محصولات جالیزی، زمینهای اطراف رودخانه از ارزش ویژه ای برخوردار هستند و به همین دلیل پیشروی های آشکاری به بستر و حریم رودخانه مشهود است. بر اساس نتایج بدست آمده ارتفاع دیوار سپری در بالادست 1.75RS و برابر با ۳/۵ متر و ارتفاع دیوار سپری پایین دست 2RS و برابر با ۴ متر بدست آمده است. با توجه به ملاحظات سازه ای در افزایش لنگرهای انتهایی حوضچه آرامش با افزایش عمق سپری، ارتفاع سپری بتنی ۱/۵ در نظر گرفته شده است و دیوار سپری سنگ و ملاتی به ارتفاع ۲/۵ متر در انتهای سپری بتنی طراحی گردید. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار سرعت جریان در دبی ۲۵ ساله در رودخانه کشف رود برابر ۲/۶ متر در ثانیه می باشد. در طول رودخانه کشف رود براساس ارتفاع تراس های شکل گرفته در حاشیه رودخانه و مطالعات فرسایش صورت گرفته در رودخانه ۴ کلاس فرسایشی تشخیص داده شد. مناطقی از رودخانه که آثار فرسایش کناری رودخانه ای در آن محل بیش از ۵۰ درصد می باشد به عنوان مناطق مناسب جهت اجرای ژئوتکستایل پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: مشهد، پرکند آباد، فاضلاب، سیلاب

۱ - نویسنده مسئول: دکتری مهندسی آب و معاون پژوهشی پژوهشکده آب و خاک کاوش پی، Email: v.yazdany@yahoo.com

۲ - مدیریت طرح جایگزینی پساب استان خراسان و دانشجوی دکتری منابع آب واحد علوم و تحقیقات تهران

مقدمه

رودخانه خون جاری در رگ های تمدن بشری بوده و می توان به عنوان اصلی ترین منبع تامین آب برای انسان و سایر موجودات به شمار آورد. بهسازی و ساماندهی رودخانه هایی که از محدوده شهری و روستایی عبور می نمایند، مستلزم در نظر گرفتن ویژگی ها و مسائل خاص این نوع از رودخانه ها می باشد (۲). یکی از مسائل قابل توجه رودخانه ها مسئله فرسایش کف خصوصاً در بازه های با شیب تند و پایین دست پل ها می باشد. این امر موجب وارد آمدن خسارات قابل توجهی به ابنیه حفاظتی و تاسیسات فنی رودخانه می شود (۲۰). بطور کلی روش های مختلفی برای تثبیت بستر رودخانه ها و مقاوم سازی آن ها در برابر فرسایش ارائه گردیده است. این روش ها شامل استفاده از سیستم های پله ای با جریان ریزشی (Napp flow) و شبه آرام (Skimming flow)، استفاده از سازه های متنوع استهلاک انرژی، استفاده از مصالح مقاوم در برابر فرسایش آب، ترکیب سازه هایی مثل شیب شکن، سرریز، حوضچه آرامش و... می باشد (۱۱). طرح پوشش گیاهی بدون یک برنامه ریزی صحیح در امر نگهداری موفق نخواهد بود زیرا هر نقص موضعی که پدید آید، آغاز تجدید فرسایش خواهد بود. از اینرو لازمست که هر ساله بخصوص بعد از فصل سیلابی، سریعاً نسبت به کاشت مجدد و

واکاری قسمت هایی از پوشش علفی که صدمه دیده اقدام گردد. همچنین رشد بی رویه و نامطلوب پوشش گیاهی به سمت رودخانه از طریق علفبری باید کنترل شده و علف های هرز و نامطلوب محو و پاکسازی شوند (۱۴). مراقبت دائمی از وضعیت درختان که روی دیواره و ساحل بالا کاشته شده اند ضروری می باشند. گرچه ریشه درختان باعث پایداری ساختمان دیواره ها می باشد ولی درختانی که در اثر نیروی باد، سیلاب و یا در نتیجه کهولت و پیری دچار فرسودگی و ناپایداری شده اند باید سریعاً حذف و بجای آن از قلمه های جدید کشت شود. در غیر این صورت منشاء تخریب توده خاک دیواره خواهند شد (۱۵). بطور کلی موفقیت استفاده از پوشش گیاهی بستگی به شرایط رودخانه و شدت تخریب پذیری دیواره ها دارد. در مسیرهای مستقیم یا پیچ های ملایم رودخانه های بزرگ یا در رودخانه های کوچک با مقطع عریض و عمق کم، ایجاد پوشش گیاهی موثر خواهد بود ولی در محل دیواره های خارجی پیچ های تند یا مسیرهای مستقیمی که سرعت جریان در آن زیاد است همچنین در محل دیواره های قائم و فرسایش پذیر روش بیولوژیکی و گیاهی به تنهایی کارساز نبوده و ضرورت کاربرد روش های تلفیقی طبیعی - ساختمانی اجتناب ناپذیر خواهد بود (۱۶ و ۱۷). از گیاهان قابل استفاده در شیب های دیواره می توان وتیور^۱ - سیاه تلو^۲ - مانگرو^۳ - باهیا^۴ - سوسن^۵ - فیل^۶ -

☞Paspalum notatum

☞Lilium

☞bicolor Caladium

☞Chrysopogon zizanioides

☞Paliurus spina

☞Avicennia marina

رودخانه‌ای، مواد بستر و کناره‌های رودخانه، متغیرهای هیدرولوژیکی جریان و عامل تنش برشی است (۱۰ و ۱۳).

Orfeoand Stevaux (۲۰۰۲) در پژوهشی، ویژگیهای هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی بالادست و پایین دست رودخانه‌ی پارانا را مورد بررسی قرار دادند. برای مقایسه بین پایین دست و بالا دست رودخانه، متغیرهای زیر انتخاب شده و بررسی شدند: ۱-دبی سالانه؛ ۲- بار معلق، ۳- بار بستر؛ ۴- چگالی رسوبات معلق؛ ۵- اندازه‌ی ذرات رسوبات بستر؛ ۶- شکل بستر؛ ۷- پهنای مجرا؛ ۸- پهنای دشت سیلابی؛ ۹- مورفولوژی مجرا. نتیجه‌ی این مطالعه نشان داد که بین پایین دست و بالادست رودخانه از نظر عوامل فوق، تغییرات فضایی بسیار زیادی وجود دارد. پهنای بستر نسبت به بالادست در پایین دست گسترش بسیار زیادی دارد که ناشی از منبع تغذیه‌ی زیاد از راه انشعابهای مختلفی که به رودخانه وارد می‌شوند و همچنین از بین رفتن شیب یا کاهش بسیار محسوس آن است. (Kaufmann et all, 2008) از شاخص مقاومت نسبی بستر برای یارزیابی کلی پایداری بستر استفاده کردند. باید توجه داشت که مطالعه رفتار، دینامیک و ویژگیهای مورفولوژیکی رودخانه‌ای، طیف وسیعی از علوم مرتبط با رودخانه را می‌طلبد و به کارگیری یافته‌های یک رشته‌ی خاص در این زمینه، نتایج پذیرفتنی را ارائه نخواهد داد و گروه

ترو^۱ - بامبو^۲ - درختچه انجیر^۳ و ... را نام برد.

جهت کاهش اثرات سوء زیست محیطی رودخانه کارون روشهای مدیریت زیست محیطی مانند دقت در نحوه اجرای عملیات، احیاء زیستگاههای بستر رودخانه و زونه‌های اراضی از طریق بازکاشت پوشش گیاهی، حفاظت از بسترهای تخم‌ریزی آبزیان و جلوگیری از احداث دایک در بیشه زارها روش های مناسبی هستند (۶). ناپایداری مجرا و سواحل رودخانه، نه تنها سبب خسارت به اراضی مستعد کشاورزی و تأسیسات مجاور ساحل رودخانه شده، بلکه رسوبات حاصل از فرسایش، در برخی مواقع، درصد چشمگیری از مجموع کل رسوبات انتقالی به وسیله‌ی جریان رودخانه را شامل می‌شوند. ناپایداری مجرا و سواحل رودخانه، به دلیل تأثیرگذاری بر میزان فرسایش و ویژگیهای مجاری رودخانه‌ها، در گسترش پهنه‌ی سیلابی و مدیریت منابع آب اهمیت دارد (۱۰).

از سوی دیگر، پایداری رودخانه نیز تحت تأثیر مؤلفه‌های درونی و خارجی سیستم رودخانه‌ای است. مؤلفه‌های خارجی شامل متغیرهای اقلیم، پوشش گیاهی، فعالیتهای انسانی و شیوه‌ی یخ‌زدن و ذوب شدن است (۱ و ۳) و مؤلفه‌های خارجی نیز شامل مورفولوژی رودخانه، مانند انواع الگوهای رودخانه (مئاندری، شریانی و مستقیم) ویژگیهای هندسی و هیدرودینامیکی قوسهای

بسیاری از پژوهشگران به این موضوع تأکید کرده‌اند (۱۸).

رودخانه کشف رود مهمترین رودخانه بخش شمال شرقی استان خراسان رضوی می‌باشد و زهکش اصلی دشت مشهد به شمار می‌آید. این رودخانه از یک بستر میان دشتی استفاده نموده و در دره‌ای واقع بین کوههای هزار مسجد از یک سو و بینالود از سوی دیگر جریان می‌یابد. این رودخانه پس از دریافت شعبات دیگر در شمال مشهد در جهت غربی- شرقی جاری شده، جاده مشهد، سرخس را قطع نموده و در جنوب مزداوند وارد دره‌ای تنگ می‌گردد و پس از خروج از آن در محلی بنام پل خاتون با هریرود تلاقی کرده و رودخانه تجن را تشکیل می‌دهند. حوضه آبریز کشف رود توسط ارتفاعات شرقی قوچان از حوضه آبریز رودخانه اترک جدا می‌گردد و حوضه آبریز آن در محل پل خاتون ۱۶۷۸۷ کیلومتر مربع وسعت دارد. به دلیل متغیر بودن شرایط توپوگرافی، مورفولوژیکی، هیدرولیکی و زمین‌شناسی در طول رودخانه استفاده از یک روش مشخص و واحد جهت کنترل سیلاب و ساماندهی رودخانه معقول و اصولی به نظر نمی‌رسد. چه بسا اتفاق می‌افتد که یک روش کنترل سیلاب در یک یا چند منطقه قابل اجرا باشد ولی برای مناطق دیگر که دارای شرایط متفاوت هستند امکان

اجرای آن وجود نداشته باشد. بنابراین اعمال هرگونه تغییر در شرایط طبیعی و تعادل رودخانه به منظور مهار سیلاب آن، ضرورت توجه به شرایط خاص حاکم بر رودخانه در همان منطقه اجتناب ناپذیر می‌باشد (۱۲). روش‌های مختلفی برای کنترل سیلاب رودخانه‌ها در دنیا متداول می‌باشد که با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، وضعیت مورفولوژیکی، رژیم هیدرولیکی و هیدرولوژیکی، هزینه‌های اجرایی و سایر عوامل می‌توان یک یا تلفیقی از چند روش را برای کنترل سیلاب و ساماندهی رودخانه بررسی و نتایج را با یکدیگر مقایسه نمود. هدف اصلی این مقاله ارائه طرح جامع ساماندهی رودخانه کشف‌رود مشهد حد فاصل تصفیه خانه پرکنندآباد تا تصفیه خانه اولنگ بدلیل اهمیت بسزای این رودخانه در این بازه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل طرح

منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی، شهرستان مشهد قرار گرفته و شامل قسمتی از مسیر رودخانه کشف رود حد فاصل تصفیه خانه پرکنندآباد تا تصفیه خانه اولنگ حد فاصل طول‌های شرقی ۳۳'، ۵۹° تا ۵۰'، ۵۹° و عرض‌های شمالی ۱۵'، ۳۶° تا ۲۴'، ۳۶ می‌باشد (شکل ۱).

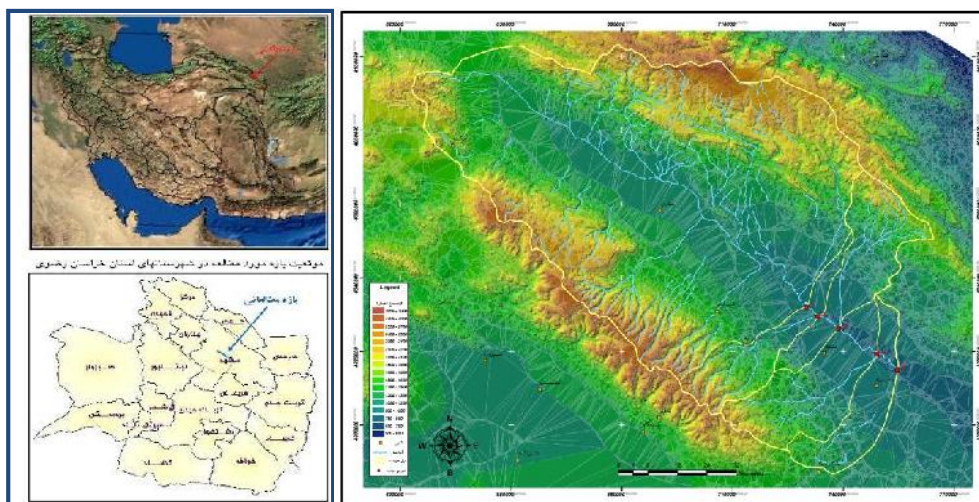


شکل ۱: منطقه مورد مطالعه رودخانه کشف رود

مطالعات فیزیوگرافی

خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها از جمله پارامترهای مهم در مطالعات هیدرولوژی است که مقادیر آنها نشان دهنده وضع ظاهری و مورفولوژیکی منطقه است، عواملی مانند مساحت و محیط، ارتفاع متوسط، شیب رودخانه و... که اندازه گیری این پارامترها نقش مهم و تعیین کننده‌ای در رژیم آبدهی،

رسوبدهی و فرسایش و... ایفا می کند. لازم به ذکر است که با توجه به رودخانه‌های ورودی به کشف رود، منطقه مورد مطالعه به ۵ زیر حوضه تقسیم گردید. با توجه به شرایط فیزیوگرافی حوضه، نتایج حاصل از روش برانزی ویلیامز به عنوان مقادیر نهایی زمان تمرکز حوضه‌های مطالعاتی انتخاب گردید. مشخصات فیزیوگرافی هر یک از حوضه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲: حوضه آبریز کشف رود (نقاط ۱ الی ۵ خروجی حوضه های مورد بررسی می باشد)

جدول ۱: مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز مورد مطالعه

حوضه	۱	۲	۳	۴	۵
مساحت (Km ²)	۶۸۴۶/۳	۷۳۳۷/۷	۸۰۲۲/۲	۸۷۸۵/۶	۹۲۵۳
محیط (Km)	۳۶۷/۴	۳۸۵/۹	۴۱۲	۴۳۶/۴	۴۵۰/۸
ارتفاع متوسط (m)	۱۵۹۹	۱۵۸۳/۸	۱۵۵۷/۴	۱۵۳۱/۷	۱۵۰۸/۶
ارتفاع حداقل (m)	۹۳۰	۸۹۸	۸۹۲	۸۸۳	۸۷۶
ارتفاع حداکثر (m)	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
شیب متوسط (%)	۵/۱۲	۵/۱۷	۵/۰۴	۴/۸۹	۴/۷۴
طول آبراهه اصلی (Km)	۱۳۹/۳	۱۴۱/۰۳	۱۴۷	۱۶۲/۷۱	۱۷۲
شیب خالص آبراهه (%)	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۳۱
طول مستطیل معادل (Km)	۵۱/۹۶	۵۲/۱۱	۵۲/۱۵	۵۳/۲۷	۵۳/۹۸
عرض مستطیل معادل (Km)	۱۳۱/۷۵	۱۴۰/۸۲	۱۵۳/۸۴	۱۶۴/۹۱	۱۷۱/۴۱
ضریب فشردگی	۱/۲۴	۱/۲۶	۱/۲۹	۱/۳	۱/۳۱
ضریب شکل	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۱
حداکثر برجستگی (m)	۲۰۷۰	۲۱۰۲	۲۱۰۸	۲۱۱۷	۲۱۲۴
زمان تمرکز (ساعت)	۲۵/۱۵	۲۵/۲۳	۲۶/۲	۲۸/۹۱	۳۰/۵۹

بارندگی متوسط ماهانه و سالانه

بارندگی را می‌توان مهمترین عاملی دانست که به طور مستقیم در چرخه هیدرولوژی دخالت دارد و به همین علت بایستی این عامل با دقت بیشتری مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. موقعیت یک منطقه نسبت به گردش حرارتی، عرض جغرافیایی و فاصله آن نسبت به منبع رطوبتی از عوامل اصلی و تعیین کننده شرایط اقلیمی می‌باشند که در برخی مناطق اثرات کوهستانی بودن بر روی شرایط اقلیمی، به مراتب بیشتر از نزدیکی به منبع رطوبتی می‌باشد. این عوامل اقلیمی و جغرافیایی تعیین

کننده، میزان رطوبت اتمسفر، تناوب وقوع ابرهای مولد بارش و در نتیجه میزان بارندگی ناحیه مورد نظر می‌باشد (۲۱). جهت برآورد متوسط بارندگی منطقه مورد مطالعه، از آمار ثبت شده ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، بارانسنجی اولنگ اسدی، سرآسیاب شاندیز، آبقد ارداک، دهانه اخلمد، فریزی، دولت آباد، شریف آباد، جاغرق، حصار، مار شک و ینگجه استفاده شده است. پس از انجام تکمیل و ترمیم داده ها و انجام محاسبات آماری، معادلات گرادیان بارندگی - ارتفاع به صورت جدول (۲) بدست آمده است.

جدول ۲: معادلات گرادیان بارندگی متوسط ماهانه منطقه مطالعاتی

$P = 0.026 h + 9.835$ $R^2 = 0.628$	فروردین	$P = 0.011 h - 9.964$ $R^2 = 0.608$	مهر
$P = 0.031 h - 4.643$ $R^2 = 0.630$	اردیبهشت	$P = 0.019 h - 12.38$ $R^2 = 0.716$	آبان
$P = 0.015 h - 4.106$ $R^2 = 0.750$	خرداد	$P = 0.012 h + 5.366$ $R^2 = 0.824$	آذر
$P = 0.005 h - 6.273$ $R^2 = 0.671$	تیر	$P = 0.020 h - 2.334$ $R^2 = 0.733$	دی
$P = 0.007 h - 8.510$ $R^2 = 0.769$	مرداد	$P = 0.037 h - 6.563$ $R^2 = 0.646$	بهمن
$P = 0.001 h - 0.092$ $R^2 = 0.600$	شهریور	$P = 0.022 h + 15.99$ $R^2 = 0.671$	اسفند

h : ارتفاع (متر)

P : بارندگی (میلیمتر)

نتیجه میزان بارندگی سالانه حوضه‌ها محاسبه شده است که به شرح جدول (۳) می‌باشد.

با قرار دادن ارتفاع متوسط هریک از حوضه‌های مورد مطالعه در معادلات همبستگی جدول فوق، مقدار بارندگی متوسط ماهانه و در

جدول ۳: بارندگی (میلی متر) متوسط ماهانه و سالانه زیرحوضه‌های مطالعاتی

حوضه	۱	۲	۳	۴	۵
ارتفاع متوسط (m)	۱۵۹۹	۱۵۸۳/۸	۱۵۵۷/۴	۱۵۳۱/۷	۱۵۰۸/۶
مهر	۷/۶	۷/۵	۷/۲	۶/۹	۶/۶
آبان	۱۸	۱۷/۷	۱۷/۲	۱۶/۷	۱۶/۳
آذر	۲۴/۶	۲۴/۴	۲۴/۱	۲۳/۷	۲۳/۵
دی	۲۹/۶	۲۹/۳	۲۸/۸	۲۸/۳	۲۷/۸
بهمن	۵۲/۶	۵۲	۵۱/۱	۵۰/۱	۴۹/۳
اسفند	۵۱/۲	۵۰/۸	۵۰/۳	۴۹/۷	۴۹/۲
فروردین	۵۱/۴	۵۱	۵۰/۳	۴۹/۷	۴۹/۱
اردیبهشت	۴۴/۹	۴۴/۵	۴۳/۶	۴۲/۸	۴۲/۱
خرداد	۱۹/۹	۱۹/۷	۱۹/۳	۱۸/۹	۱۸/۵
تیر	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱/۳
مرداد	۲/۷	۲/۶	۲/۴	۲/۲	۲/۱
شهریور	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۴
سالانه	۳۰۵/۷	۳۰۲/۶	۲۹۷/۲	۲۹۱/۹	۲۸۷/۱

سیلاب

حوضه‌های مطالعاتی، مقادیر سیلاب محاسبه شده به روش دیکن به عنوان مقادیر نهایی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه‌های مورد مطالعه انتخاب شده است (جدول ۴).

محاسبه سیلاب توسط روش‌های تجربی (روش دیکن، فولر، کریگر) که کاربرد بیشتری دارند، انجام شد و با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، خصوصیات فیزیوگرافی و نیز موقعیت ایستگاه هیدرومتری اولنگ اسدی نسبت به

در منطقه تعیین گردید. در این پروژه از ایستگاه اولنگ اسدی که دارای طول دوره آماری مناسب بوده و بر روی رودخانه کشف رود واقع شده استفاده گردید. برای این کار، آمار ثبت شده دبی اوج سیلاب ایستگاه هیدرومتری اولنگ اسدی در یک دوره ۳۲ ساله با استفاده از نرم افزار HyFA مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقادیر سیلاب ایستگاه در دوره بازگشت‌های مختلف بر اساس بهترین برازش (لوگ نرمال ۳ پارامتری) انتخاب گردید.

روش دیکن (*Dicken*) :

$$\varphi_1 = \varphi_2 \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^{0.75}$$

A_1 : مساحت حوضه (Km^2) ، A_2 :

مساحت ایستگاه (Km^2) ، Q_2 : سیلاب

ایستگاه (m^3/s) با دوره بازگشت‌های مختلف

و Q_1 : سیلاب حوضه (m^3/s) با دوره

بازگشت‌های مختلف. دبی اوج سیل در روش

دیکن با استفاده از مساحت حوضه و ضریب

منطقه‌ای بدست می‌آید (۹). ضریب منطقه‌ای

با توجه به آمار ایستگاه‌های هیدرومتری موجود

جدول ۴: مقادیر سیلاب ایستگاه اولنگ اسدی با دوره بازگشت‌های مختلف (m^3/s)

دوره بازگشت (سال)									مساحت (کیلومتر مربع)
۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲	(
۱۲۴/۷	۸۹/۷	۶۸/۲	۵۰/۸	۳۶/۱	۳۲/۸	۲۱/۴	۱۳/۴	۶/۳	۹۰۷۴
۸	۴	۰	۴	۳	۳	۹	۸	۰	

جدول ۵: مقادیر سیلاب محاسبه شده با دوره بازگشت‌های مختلف به روش دیکن (m^3/s)

دوره بازگشت (سال)									مساحت (کیلومتر مربع ع)	خروج ی حوضه
۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲	(ع)	
۱۰۱/۹	۷۲/۳	۵۵/۶	۴۰/۶	۲۹/۹	۲۶/۲	۱۷/۷	۱۱۲	۴/۹	۶۸۴۶/۳	۱
۰	۴	۰	۸	۳	۲	۷	۸	۰		
۱۰۶/۸	۷۶/۹	۵۸۰	۴۳/۴	۳۰/۶	۲۷/۱	۱۸/۱	۱۱۸	۵/۵	۷۳۳۷/۷	۲
۴	۲	۰	۰	۹	۶	۷	۱	۰		
۱۱۳/۵	۸۱/۷	۶۲/۱	۴۶/۲	۳۳/۱	۲۹/۳	۲۰/۱	۱۲/۲	۵۵	۸۰۲۲/۲	۳
۸	۵	۰	۰	۰	۵	۰	۶	۰		
۱۲۱/۸	۸۷/۳	۶۶/۹	۴۹/۷	۳۵/۴	۳۱/۱	۲۱/۲	۱۳/۱	۵/۹	۸۷۸۵/۶	۴
۸	۳	۳	۲	۴	۶	۴	۵	۸		
۱۲۶/۱	۹۰/۹	۶۹/۲	۵۱/۲	۳۶/۴	۳۲/۶	۲۲/۷	۱۴/۴	۶/۲	۹۲۵۳	۵
۷	۷	۰	۲	۸	۸	۲	۰	۱		

تاسیسات شهری است. در هر صورت حالات مختلف حفاظت از سیل در انتخاب روش کنترل سیلاب موثر خواهد بود. امکان پذیری فنی- هیدرولیکی و اجرایی طرح نیز در مرحله بعدی مورد بررسی قرار گرفت. برای هر کدام از روش‌های سازه‌ای شرایط اجرایی و فنی-

معیارهای انتخاب روش مناسب جهت

ساماندهی

در انتخاب راه حل مناسب کنترل سیلاب،

اولین پارامتر هدف از انجام ساماندهی می‌باشد.

به این ترتیب که هدف، حفاظت زمین‌های

زراعی یا حفاظت از مناطق مسکونی و

بخشید. لذا استفاده از این برنامه علاوه بر کاهش حجم عملیات نقشه برداری، مزیت دقت بیشتر محاسبات را نیز دارا خواهد بود (Yang and Tsai, 2000).

شبیه سازی جریان در رودخانه

بر اساس اطلاعات گردآوری شده توپوگرافی و مورفولوژی رودخانه پس از وارد کردن این اطلاعات در محیط GIS، اطلاعات مورد نیاز مدل در نرم افزار HEC-RAS در محیط سیستم های اطلاعات جغرافیایی آماده شده و سپس به مدل HEC-RAS وارد می گردد. سپس رودخانه در رژیم های مختلف هیدرولیکی مورد شبیه سازی قرار گرفته و در نهایت نتایج از رژیم جریان مناسب برای مسیر رودخانه انتخاب شده است. آنگاه با وارد کردن نتایج حاصل از مدل HEC-RAS به GIS با توجه به توپوگرافی رودخانه و پروفیل سطح آب بدست آمده، نقشه پهنه بندی سیلاب در محدوده سیلابدشت برای دوره بازگشت های مختلف رودخانه نیز تهیه شده است (۵ و ۱۹). لازم به ذکر است که ضریب زبری رودخانه توسط روش کاوون محاسبه گردید (۴).

بحث و نتایج

بررسی شرایط منطقه و تهیه مدل هیدرولیکی آنچه از مطالعات هیدرولوژی حوضه آبریز رودخانه برمی آید حکایت از آن دارد که حوضه آبریزی به مساحت ۹۲۵۳ کیلومتر مربع و متوسط بارندگی ۲۸۷/۱ میلیمتر در سال با مشخصات فیزیوگرافی حوضه بایستی دارای سیلاب های قابل توجهی باشد بطوریکه دبی پیک سیلاب ۲۵ ساله این رودخانه تا خروجی

هیدرولیکی بررسی گردید. بهسازی رودخانه باید بر اساس انجام مطالعات دقیق هیدرولیکی صورت پذیرد، زیرا دخالت در شرایط طبیعی رودخانه که بدون رعایت و درک صحیح از هیدرولیک رودخانه باشد، مشکلات موجود را افزایش می دهد. لذا استفاده از روش بهسازی رودخانه منوط به داشتن اطلاعات دقیق از رودخانه و انجام مطالعات کافی است. استفاده از روش های انحراف سیلاب، استفاده از حوضچه های تاخیری و احداث مخزن نیز مستلزم وجود شرایط مناسب برای استفاده هر یک از راه حل های کنترل سیلاب، وجود مصالح مورد استفاده هر طرح در کمترین فاصله ممکن با محدوده طرح، وجود شرایط اجتماعی مساعد مخصوصا در استفاده از روش های مدیریتی (غیرسازه ای) و موارد مشابه دیگر، از عواملی است که در انتخاب گزینه های طرح بسیار موثر می باشد. عامل اقتصادی طرح نیز یکی دیگر از عوامل بسیار مهم در انتخاب گزینه و راه حل نهایی خواهد بود.

توپوگرافی، پلان شبکه و هندسه رودخانه

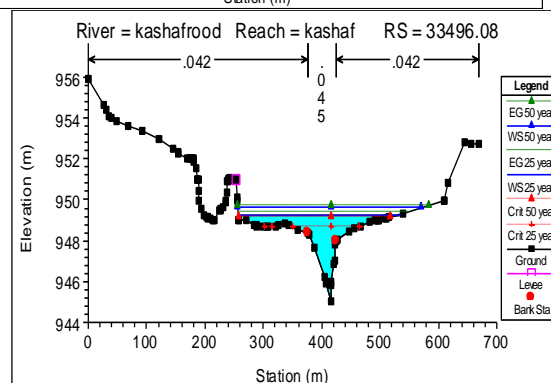
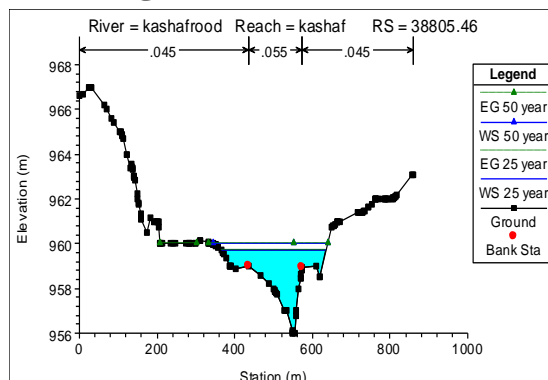
نقشه توپوگرافی وارد محیط GIS شده و با استفاده از توانایی های این محیط و با استفاده از الحاقیه HEC-GEO-RAS برای محیط نرم افزار ArcView، مقاطع عرضی در طول بازه رودخانه استخراج شده اند. با استفاده از این روش نه تنها نیازی به برداشت مقاطع عرضی از رودخانه برای اجرای برنامه HEC-RAS نیست بلکه تعداد مقاطع عرضی مورد نیاز نرم افزار HEC-RAS را می توان با استفاده از نقشه پلان به تعداد بسیار بیشتر از قبل در برنامه گنجانده و دقت محاسبات نرم افزار را ارتقاء

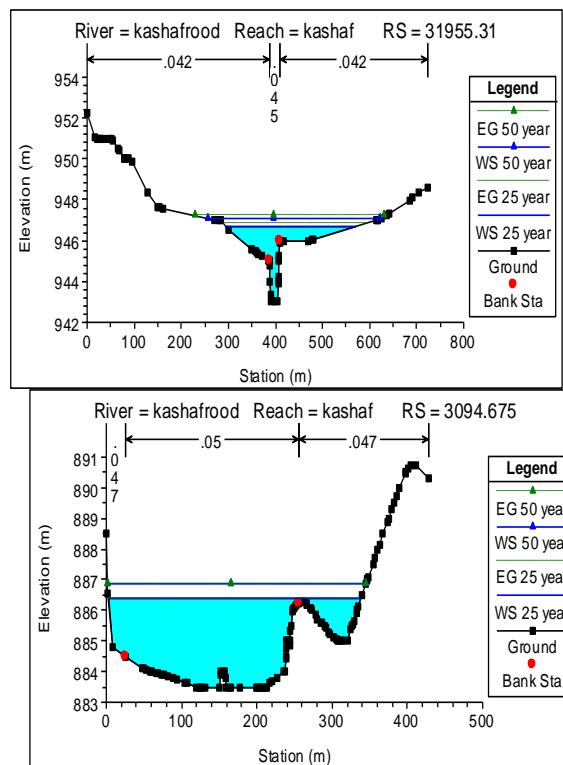
شده حریم فنی رودخانه ۲۰ متر و حریم کیفی رودخانه ۱۵۰ متر بدست آمد.

شبیه سازی جریان در رودخانه

به علت زیاد بودن تعداد مقاطع عرضی رودخانه و عدم امکان ارائه آنها چند نمونه از مقاطع تیپ رودخانه ارائه گردیده است. همانطور که در شکل زیر نیز مشخص است در طول مسیر مورد نظر مقطع عرضی رودخانه دائماً در حال تغییر می باشد. این تغییرات شدید در مقاطع عرضی بدلیل تصرفات و شرایط هیدرولیکی سیلابها بوده است. باید توجه داشت که این ناهمگنی در مقطع عرضی باعث ایجاد خسارات فراوان در زمان وقوع سیلاب می باشد.

حوضه اصلی، ۳۶۸/۴ متر مکعب بر ثانیه می باشد. بر این اساس خطر سیلاب در هر لحظه، منطقه مورد مطالعه را تهدید می نماید و همسایگان رودخانه که بی پروا به صورت های گوناگون رودخانه را مورد تجاوز قرار داده اند بایستی خطر سیل را جدی بگیرند. در حال حاضر در تمامی مسیر رودخانه کشف رود و حاشیه آن، اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده های ارتباطی، برداشت شن و ماسه و انباشت خاک و... به چشم می خورد که انجام شبیه سازی رودخانه را در شرایط عاری از اینگونه تاسیسات احداث شده بسیار مشکل می سازد. براساس بررسی ها و محاسبات انجام





شکل ۳: تراز سطح آب در مقطع عرضی تپ رودخانه در مقاطع حساس

اما باید اشاره داشت که با افزایش دبی سیلاب (سیلاب ۵۰ ساله) جریان در اکثر مقاطع دارای وضعیت بحرانی و فوق بحرانی می باشد، در این شرایط وضعیت رودخانه از لحاظ فرسایش و رسوب بحرانی خواهد بود. لذا انجام عملیات بهسازی مقطع رودخانه کشف رود از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. بر اساس نتایج هیدرولیکی کسب شده سرعت جریان در وسط رودخانه بیشتر از جناح چپ و راست رودخانه می باشد. دلیل این امر را می توان به زبری زیاد در ساحل رودخانه مربوط دانست. لازم به ذکر است که بیشترین مقدار سرعت جریان در دبی ۲۵ ساله در رودخانه کشف رود برابر ۲/۶ متر در ثانیه می باشد.

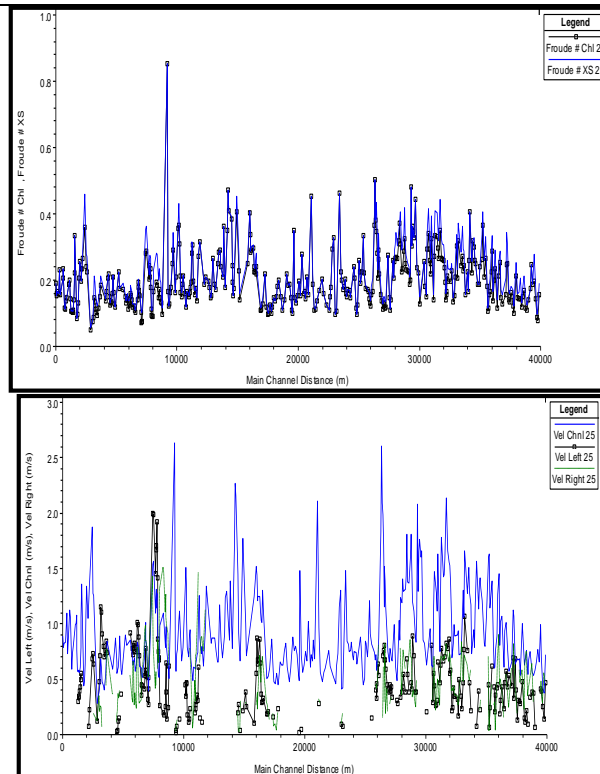
پروفیل سرعت و تغییر عدد فرود

برای تحلیل نتایج عرض پهنه سیلاب رودخانه بدست آمده حاصل از شبیه سازی با پهنه سیلاب ۲۵ ساله ترسیم شده بر اساس مطالعات مصوب تعیین بستر و حریم رودخانه کشف رود در محل پل جاده سیمان به مختصات جغرافیایی $Y = 4026178$ $X = 738759$ ، چک شد. برای این امر یکسری مقاطع قبل از پل و یکسری مقاطع بعد از پل انتخاب گردید (جدول ۶). همانطور که در شکل ۴ نیز مشخص است در تمام مقاطع عدد فرود کمتر از یک می باشد. به عبارت دیگر در کل مسیر وضعیت جریان در رودخانه با دبی ۲۵ ساله زیر بحرانی می باشد.

جدول ۶: کنترل عرض پهنه سیلاب در محدوده پل جاده سیمان

شماره مقطع	عرض پهنه در HEC	عرض پهنه در CAD	قبل از پل
	RAS		

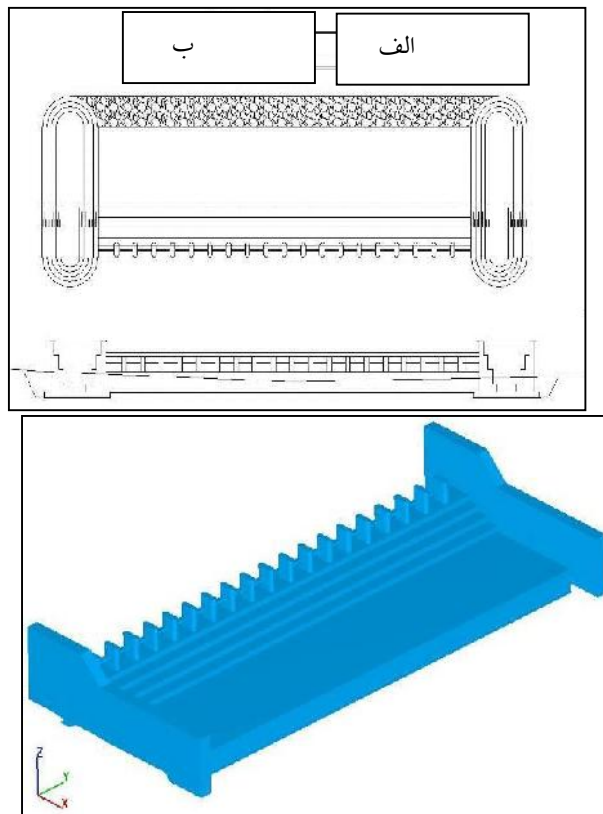
۴۳/۸	۴۵/۳	۲۶۴۵۵/۳۸	
۴۱/۵	۴۲/۸	۲۶۴۰۸/۴۴	
۶۷/۷	۷۰/۳	۲۶۳۳۰/۰۹۹	
۱۷۸/۲	۲۱۱/۵	۲۶۱۷۴/۴۲۸	
۲۲۴/۴	۲۶۸/۹	۲۶۰۸۴/۷۹	
۲۸۸/۶	۲۸۷/۴	۲۶۰۰۹/۷۹	بعد از پل
۲۶۲/۴	۲۰۹/۳	۲۵۹۰۰/۲۷	
۲۳۶	۲۲۶/۳	۲۵۸۴۴/۷۷	
۱۶۸/۶۸	۱۹۳/۸	۲۵۷۸۲/۴۰	



شکل ۴: تغییرات سرعت جریان و عدد فرود در رودخانه کشف رود در یازه مورد

قبل از ورود آن به سازه مستهلک کننده تحتانی می‌باشد. به علاوه اینکه این فرآیند هیدرولیکی در این سازه‌ها موجب هوادهی به جریان آب گردیده و کیفیت شیمیایی آب را به طرز قابل ملاحظه ای بهبود می‌بخشد. در شکل زیر نمای سه بعدی از این نوع سرریز طراحی شده به همراه سازه آشغالگیر را نشان می‌دهد.

مطالعه محاسبات هیدرولیکی سازه‌های عرضی سازه های هیدرولیکی در طرح های پیشنهادی شامل سرریز پلکانی و حوضچه آرامش می‌باشد. آستانه سرریز پیشنهادی در تمامی سازه‌ها از نوع لبه پهن انتخاب گردید. مزیت عمده سرریزهای پلکانی نسبت به سایر سرریزها، استهلاک تدریجی انرژی جریان و



شکل ۵: الف) نمای سه بعدی از تیپ سازه‌های پیشنهادی، ب) مقاطع عرضی و طولی سازه پیشنهادی به همراه آشغالگیر

در اطراف سازه و همچنین عدم امکان مستغرق شدن دیواره‌های جانبی آن، به طور ایمن از سازه و بستر طبیعی رودخانه عبور کند. در انجام محاسبات هیدرولیکی از اثرات احتمالی تغییرات تراز رسوب بر روی آبگذری جریان صرف نظر شده است و فرض شده است که تراز رسوبات در مخزن تا تراز نرمال سازه‌ی پیشنهادی بالا آمده است ($\frac{P}{Hd}=0$) که بدترین شرایط در طول عمر سازه می باشد. با این فرض حتی پس از پر شده مخزن سازه از رسوبات جریان از روی سازه عبور نخواهد نمود و ضریب ایمنی سازه‌ی پیشنهادی افزایش پیدا خواهد نمود.

با توجه به عرض زیاد بستر در محل سازه‌های جانمایی شده و همچنین نحوه طراحی این کف بندها سعی گردیده است تا کمترین هزینه ساخت برای این سازه‌ها در نظر گرفته شده است لذا از مقطع و ناوه طبیعی رودخانه به عنوان ناحیه‌ی آبگذر استفاده شده است و محاسبات هیدرولیکی با توجه به دهانه باز شده رودخانه در ناحیه‌ی پیشنهادی انجام گرفته است که این امر خود باعث کاهش حجم خاکریزی و خاک برداری می گردد. بدین ترتیب دبی طراحی برای این سازه‌ها با دوره بازگشت ۱۰ ساله طراحی گردیده است (Lim, 2001) و طراحی دیواره‌های این سازه‌ها که همانند پایه‌های پل طراحی گردیده‌اند، به گونه‌ای که جریان سیلاب با دوره بازگشت تا ۱۰۰ ساله با کمترین احتمال جریان چرخشی

محاسبات مربوط به ارتفاع دیوار سپری در بالادست و پایین دست

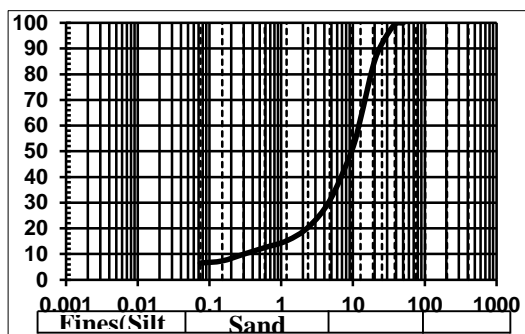
در سازه‌های عرضی کنترل جریان در آبراهه‌ها، با توجه به تغییر رژیم جریان در قبل و بعد از این سازه‌ها، به طبع آن با افزایش انرژی جنبشی و پتانسیل آب، قدرت رسوب برداری بستر رودخانه توسط جریان نیز افزایش می‌یابد. بنابراین گودالی با عمق R_s بوجود می‌آورد. عمق آبشستگی بسته به ابعاد طراحی شده سازه نسبت به عرض واقعی رودخانه توسط رابطه لیسسی برآورد گردید. همچنین با توجه به آزمایشات منحنی دانه بندی بستر رودخانه کشف رود، مقدار d_{50} ذرات برابر با ۱۰ میلی متر بدست آمد (شکل ۶).

در ادامه بر اساس نتایج بدست آمده عمق آبشستگی به صورت زیر محاسبه گردید:

$$f = 1.75\sqrt{d} = 1.75\sqrt{10} = 5.5$$

$$R_s = 1.35 \left[\frac{q^2}{f} \right]^{\frac{1}{3}} = 1.35 \left[\frac{4.2^2}{5.5} \right] = 2$$

لذا ارتفاع دیوار سپری در بالادست $1.75RS$ و برابر با $3/5$ متر و ارتفاع دیوار سپری پایین دست $2RS$ و برابر با 4 متر بدست آمده است. با توجه به ملاحظات سازه‌ای در افزایش لنگرهای انتهایی حوضچه آرامش با افزایش عمق سپری، ارتفاع سپری بتنی $1/5$ در نظر گرفته شده است و دیوار سپری سنگ و ملاتی به ارتفاع $2/5$ متر در انتهای سپری بتنی طراحی گردید. در ادامه برای هوادهی به جریان رودخانه و همچنین تله اندازی واریزه های درشت مانند سنگ‌های بزرگ و بوته‌های گز و غیره و همچنین بهبود شرایط بستر در 5 نقطه از بازه مورد بررسی سازه‌های کف بندی طراحی گردید که مشخصات آنها در جدول ۷ ارائه شده است. همچنین برای درک بهتر نتایج مربوط به مشخصات هیدرولیکی سازه‌ها در جدول ۸ آورده شده است.



شکل ۶: منحنی دانه بندی بستر رودخانه

جدول ۷: مشخصات فنی سازه‌های طراحی شد

هدف از طراحی	سنگ و ملاتی پلکانی	دیواره جانبی	سرریز بتنی به همراه سازه آشغالگیر	نوع سازه	محل سازه
هوادهی به جریان رودخانه و همچنین تله اندازی واریزه-های درشت مانند سنگ های بزرگ و بوته های گز و غیره	۱/۵	ارتفاع سازه از بستر (متر)	لبه پهن	نوع آستانه	X Y
	۴۰	عرض سازه (متر)	پلکانی	نوع سازه انتقالی	
	۳	ارتفاع دیواره سرریز (متر)	پرش هیدرولیکی در مقطع مستطیلی افقی	نوع سازه استهلاک انرژی	۷۳۱۳۴۴ ۴۰۳۱۲۶۸
	۲/۹	ارتفاع دیوار حوضچه (متر)	پایه های بتنی به همراه لوله های فولادی	نوع سازه آشغالگیر	
هوادهی به جریان رودخانه و	۱/۵	ارتفاع سازه از بستر (متر)	لبه پهن	نوع آستانه	Y X
	۴۰	عرض سازه (متر)	پلکانی	نوع سازه انتقالی	۷۳۳۵۱۷ ۴۰۲۹۲۹۸

همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست.	۲	ارتفاع دیواره سرریز (متر)	اسلب افقی بدون دیواره انتهایی	نوع سازه استهلاک انرژی		
محل متاندر رودخانه در بالادست.	۲/۵	ارتفاع دیوار حوضچه (متر)	وزنی سنگ و ملاتی	دیواره جانبی		
هوادهی به جریان رودخانه (برای دبی پایه جریان) و همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست	۱/۵	ارتفاع سازه از بستر (متر)	کف بند بتنی لبه پهن	نوع سازه		
دبی پایه جریان) و همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست	۴۰	عرض سازه (متر)	پلکانی	نوع سازه انتقالی		
همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست	۲	ارتفاع دیواره سرریز (متر)	اسلب افقی بدون دیواره انتهایی	نوع سازه استهلاک انرژی	۷۳۵۹۳۲	۴۰۲۸۳۲۹
هوادهی به جریان رودخانه و همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست	۲/۵	ارتفاع دیوار حوضچه (متر)	کف بند بتنی لبه پهن	نوع سازه		
همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست	۱/۵	ارتفاع سازه از بستر (متر)	لبه پهن	نوع آستانه		
همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست	۴۰	عرض سازه (متر)	پلکانی	نوع سازه انتقالی	۷۳۸۳۵۵	۴۰۲۶۲۷۲
همچنین بهبود شرایط بستر در محل متاندر رودخانه در بالادست	۲	ارتفاع دیواره سرریز (متر)	اسلب افقی بدون دیواره انتهایی	نوع سازه استهلاک انرژی		
هوادهی به جریان رودخانه و همچنین تثبیت بستر در محل ورودی کانال فاضلاب التیمور به رودخانه	۲/۵	ارتفاع دیوار حوضچه (متر)	کف بند بتنی لبه پهن	نوع سازه		
همچنین تثبیت بستر در محل ورودی کانال فاضلاب التیمور به رودخانه	۱/۵	ارتفاع سازه از بستر (متر)	لبه پهن	نوع آستانه		
همچنین تثبیت بستر در محل ورودی کانال فاضلاب التیمور به رودخانه	۴۵	عرض سازه (متر)	پلکانی	نوع سازه انتقالی	۷۴۲۷۳۷	۴۰۲۳۲۰۱
همچنین تثبیت بستر در محل ورودی کانال فاضلاب التیمور به رودخانه	۲	ارتفاع دیواره سرریز (متر)	اسلب افقی بدون دیواره انتهایی	نوع سازه استهلاک انرژی		
هوادهی به جریان رودخانه و همچنین تثبیت بستر در محل ورودی کانال فاضلاب التیمور به رودخانه	۲/۵	ارتفاع دیوار حوضچه (متر)	کف بند بتنی لبه پهن	نوع سازه		

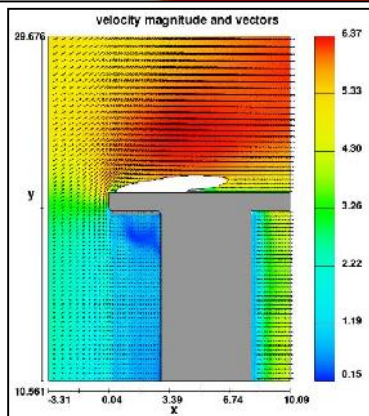
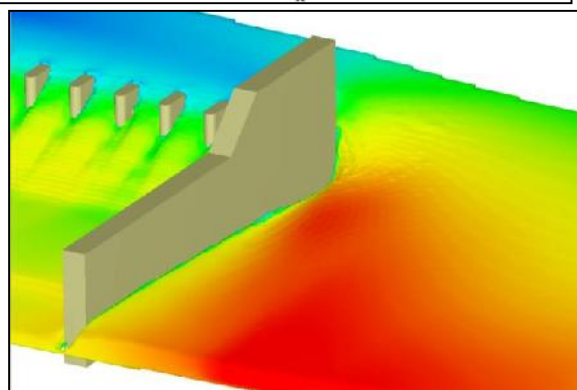
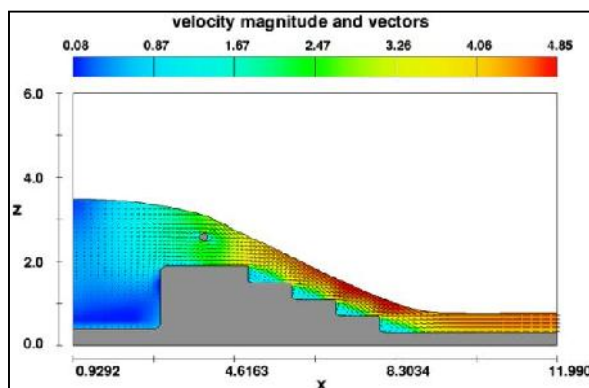
جدول ۸: محاسبات هیدرولیکی در طرح های پیشنهادی

شماره سازه	H	Q	L	C	V1	Y1	Fr	Y2	Ls
۱	۲/۸۵	۱۷۸	۴۰	۰/۶۳	۸	۰/۴۸	۴/۲	۲/۷	۸
۲	۲	۱۷۸	۴۰	۰/۶	۸	۰/۴۸	۴/۶	۲/۷	۸
۳	۲	۱۷۸	۴۰	۰/۶	۸	۰/۴۸	۴/۶	۲/۷	۸
۴	۲	۱۷۸	۴۰	۰/۶	۸	۰/۴۸	۴/۶	۲/۷	۸
۵	۱/۹	۲۰۰/۱	۴۵	۰/۶۱	۸	۰/۴۸	۴/۶	۲/۷	۸

محیط این دیواره ها (سیلاب های با دوره بازگشت بزرگتر از طراحی)، این سازه های هیدرولیکی برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در محیط این نرم افزار مدل سازی گردید (شکل ۷). جهت مقایسه عملکرد دیواره ها در مقایسه با دیواره های جانبی در حالت معمول، هر دو هندسه را در این نرم افزار مدل سازی

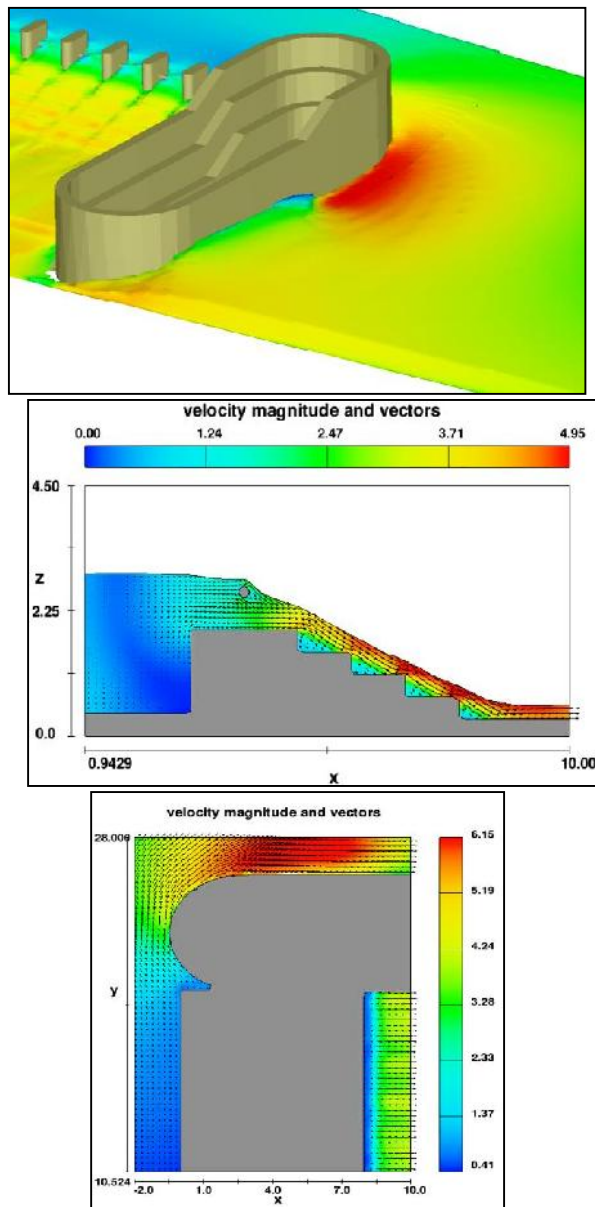
مدلسازی عددی سازه های پیشنهادی یکی از نرم افزارهای توانمند برای مدلسازی عددی جریان در تمام حالات (آرام یا متلاطم) و برای جریان دو بعدی و سه بعدی، FLOW3D می باشد. با توجه به طراحی خاص دیواره های جانبی این سازه ها و همچنین لزوم پایداری آنها در هنگام گذر سیلاب از تمام

شماره (۱) با دیواره جانبی معمول به همراه بردارهای سرعت جریان نشان داده شده‌اند. کرده و با هم مقاسیه گردید. در شکل زیر مقطع طولی، پلان و نمای سه بعدی سازه



شکل ۷: نماهای مختلف از وضعیت جریان و بردارهای سرعت برای سرریز و دیواره جانبی

در شکل زیر مقطع طولی، پلان و نمای سه بعدی سازه شماره (۲) با دیواره جانبی جدید به شکل پایه پل به همراه بردارهای سرعت جریان نشان داده شده‌اند.



شکل ۸: نماهای مختلف از وضعیت جریان و بردارهای سرعت برای سرریز و دیواره جانبی

دیوارهای ساحلی

حفاظت کرانه های رودخانه در مقابل سیلاب و جلوگیری از فرسایش آن ها یکی دیگر از بخش های هیدرولیکی ساماندهی رودخانه کشف رود می باشد. با توجه به شرایط عمومی رودخانه کشف رود و وجود مراکز جمعیتی در کرانه های این رودخانه، بدین جهت سازه های طولی حفاظتی (دیوارهای ساحلی) برای محدوده اطراف پل جاده سیمان

همانطور که در شکل های ۷ و ۸ مشاهده می گردد سازه هیدرولیکی با فرض استفاده از سیلاب دشت در عبور سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، عملکرد بسیار مناسبی را نشان داده و در بحث دیوارهای جانبی سازه، شکل خاص برای این دیواره ها تا حد بسیار زیادی از جریان های گردابی (Vortex) در پایین و ابتدای این دیواره ها اجتناب و پایداری این سازه ها را در هنگام وقوع این نوع سیلاب ها بالا می برد.

پیشنهاد گردیده است. طول این دیوار ساحلی ۲/۵ کیلومتر و در سه ارتفاع ۳/۵، ۳ و ۲/۵ متر طراحی گردیده‌اند. نتایج خروجی مدل HEC-۹ آورده شده است.

جدول ۹: نتایج خروجی مدل عددی جریان در محل دیوار

دوره بازگشت سیلاب	دبی (m^3/s)	تراز بستر	تراز سطح آب	عرض سطح آب (متر)	تنش برشی کف (N/m^2)	سرعت جریان (m/s)	عدد فرود
۲۵	۳۳۱	۹۳۰	۹۳۲/۲	۴۲/۴۹	۲۰/۱	۳/۹۹	۰/۹۱

برای حالتی که دیوار ساحلی در نظر گرفته می‌شود، پارامترهای جریان با توجه به رابطه مانینگ و همچنین مومنوم جریان و داده‌های ورودی در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰: مشخصات جریان و رودخانه

دوره بازگشت سیلاب	دبی (m^3/s)	شیب بستر در محل	ضریب زبری جریان	وزن مخصوص آب (kg/m^3)	تراز بستر	عرض بستر (متر)
۲۵	۳۳۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۱۰۰۰	۹۳۰	۴۰
دوره بازگشت سیلاب	دبی (m^3/s)	تراز بستر	عرض بستر (متر)	تنش برشی کف (N/m^2)	سرعت جریان (m/s)	عدد فرود
۲۵	۳۳۱	۹۳۰	۹۳۲/۳	۴۰	۳/۶	۰/۷۷

سازه‌های آشغالگیر آبراهه‌های فرعی

جهت جلوگیری از ورود مواد واریزه ای (آشغال‌های شهری) از آبراهه‌های فرعی منتهی به رودخانه کشف رود در شهر مشهد، سرریزهای ریزشی آزاد^۱ مجهز به آشغالگیر شیار دار پیشنهاد می‌گردد. در محدوده مورد مطالعه، سه آبراهه فرعی به رودخانه کشف رود وارد می‌شود. اولین آبراهه زهکش رودخانه‌های طرقله و شاندیز، آبراهه دوم از جناح چپ در محدوده جاده رسالت وارد کشف رود شده و آبراهه سوم از جناح راست رودخانه در امتداد رودخانه و سد طرق می‌باشد. مشخصات محل های پیشنهادی جهت احداث این نوع سازه‌ها در جدول ۱۱ آورده شده است. با توجه به شرایط منطقه‌ای رودخانه کشف رود و

با توجه به مشخصات جریان و تغییرات ایجاد شده در مورفولوژی رودخانه، مقدار عمق آبستنگی به شرح زیر محاسبه و برآورد گردید.

$$\frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{\frac{6}{7}} \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{\frac{2}{7}} = \left(\frac{42.49}{40}\right)^{\frac{6}{7}} \left(\frac{20.1}{41.2}\right)^{\frac{2}{7}}$$

$$\Rightarrow d_2 = 2.56 m \Rightarrow d_s = 0.36 m$$

از طرفی با توجه به نشریات مرتبط با مبحث کنترل رسوبات رودخانه، حفاظت پنجه دیوارها ۱/۵ تا ۲ برابر عمق آبستنگی پیشنهاد می‌گردد، لذا ضخامت پی دیوار با در نظر گرفتن مسائل اجرایی و ارتفاع سازه، ۱ متر و عمق پی ۱/۵ متر پایین‌تر از بستر جدید محاسبه گردیده است.

^۱Free overfall

غیره) پیشنهاد می گردد. با توجه به مطالعات هیدرولوژی رودخانه کشف رود، دبی آبراهه های منتهی به این رودخانه در این سه محل در جدول ۱۲ آورده شده است.

آبراهه های فرعی منتهی به آن، الحاق سازه های آشغالگیر مایل با دهانه های متوسط و ریز جهت به دام اندازی مواد شناور در آب را در سازه های هیدرولیکی موجود در انتهای این آبراهه های فرعی (مانند پل ها، کالورت ها و

جدول ۱۱: مختصات سایت های پیشنهادی جهت احداث سازه های آشغالگیر

مختصات UTM		شماره سایت
Y	X	
۴۰۲۹۱۳۷	۷۳۳۶۳۳	۱
۴۰۲۵۲۸۰	۷۳۹۸۶۰	۲
۴۰۱۸۹۲۷	۷۴۹۸۴۹	۳

جدول ۱۲: مشخصات جریان و رودخانه

دوره بازگشت (سال)				مساحت (کیلومتر مربع)	خروجی حوضه
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰		
۱۲۱/۸	۹۰/۵	۶۲/۸	۳۲/۲	۴۹۱,۴	۲-۱
۱۴۷/۳	۱۰۳/۴	۶۹/۹	۴۰/۱	۶۸۴,۵	۳-۲
۱۵۵/۷	۱۰۹/۲	۷۴/۲	۴۶/۶	۷۶۳,۴	۴-۳

طراحی این سازه آشغالگیر برای بیشترین دبی انجام شده است ($Q_{50}=109.2$). در جدول ۱۳ پارامترهای هیدرولیکی طراحی برای این سازه ها آورده شده است.

این سازه ها با دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال طراحی و کنترل سازه نیز با سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ سال کنترل گردید. با توجه به شبا هت های فیزیوگرافی و پارامترهای هواشناسی - هیدرولوژی این ۳ زیر حوضه،

جدول ۱۳: مشخصات جریان و رودخانه

نوع سازه آشغالگیر	آشغالگیر مایل لوله ای	هد آب در ورودی (متر)	۱/۲
جنس سازه	بتن مسلح با عیار ۳۵۰	ارتفاع پرش ثانویه (متر)	۱/۵
جنس مصالح فولادی	ST37	عدد فرود قبل از پرش	۱/۵
طول سازه (متر)	۱۶/۵	عدد فرود بعد از پرش	۰/۹
عرض سازه (متر)	۱۵	طول پرش (متر)	۲

دبی سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ سال را به صورت سرریز از بالای سازه آشغالگیر دارد.

عملکرد هیدرولیکی این سازه آشغالگیر به نحوی است که سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله را از درون توری عبور داده و با فرض مسدود شدن ۲/۳ از روزنه های آن توانایی عبور

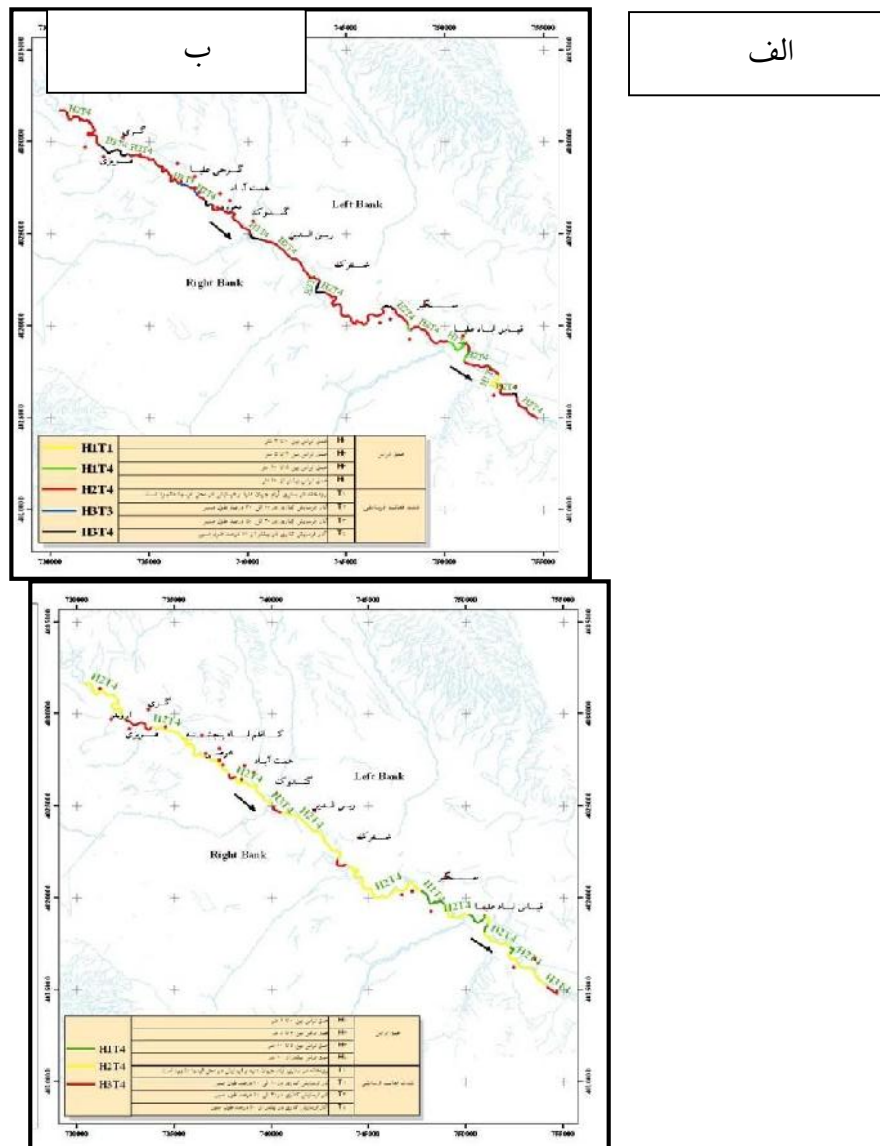
محدوده‌های پیشنهادی جهت اجرای ژئوتکتستایل در رودخانه کشف رود

در طول رودخانه کشف رود براساس ارتفاع تراس‌های شکل گرفته در حاشیه رودخانه و مطالعات فرسایش صورت گرفته در رودخانه ۴ کلاس فرسایشی تشخیص داده شد. مناطقی از رودخانه که آثار فرسایش کناری رودخانه‌ای در آن محل بیش از ۵۰ درصد می باشد به عنوان مناطق مناسب جهت اجرای ژئوتکتستایل پیشنهاد می‌گردد. در جدول ۱۴ موقعیت

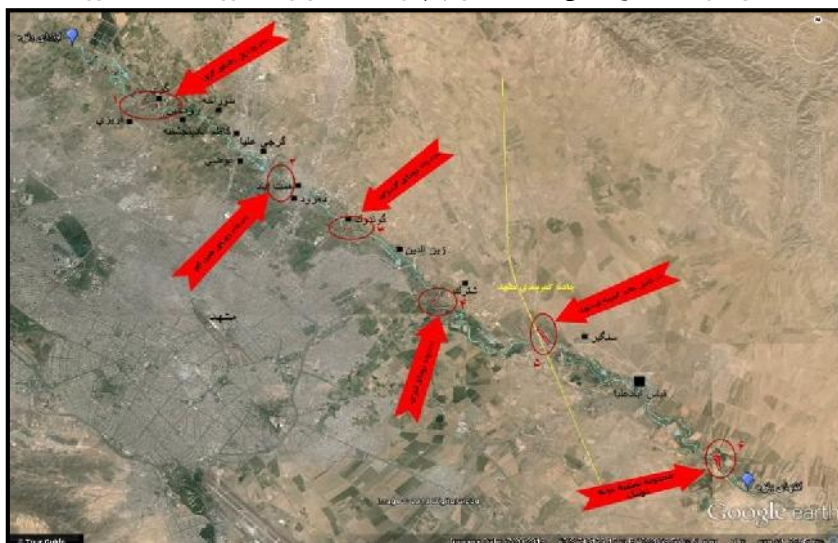
جغرافیایی و طول بازه مناطق فرسایش پذیر که نیاز به حفاظت دارند و می توان این حفاظت کناری را با ژئوتکتستایل انجام داد، آورده شده است. بررسی‌های به عمل آمده از وضعیت فرسایش کناری رودخانه مورد مطالعه نشان می‌دهد که دیواره‌های رودخانه در بسیاری نقاط ناپایدار بوده و در اغلب مسیر از پتانسیل بالایی برای فرسایش برخوردار می‌باشد، بطوریکه برخی از ترانشه‌های کنار رودخانه در حال تخریب و پیشروی به سمت اراضی کشاورزی و یا مستحذات می‌باشد.

جدول ۱۴: محدوده نقاط پیشنهادی برای احداث ژئوتکتستایل

ردیف	نام محل	موقعیت جغرافیایی		طول بازه ساماندهی (متر)
		ابتدا	انتهای	
۱	از بالادست تا پایین دست روستای گزی	X=732710 Y=4029564	X=733675 Y=4029235	۵۶۰
۲	محدوده روستای همت آباد	X=737832 Y=4026646	X=738030 Y=4026571	۳۱۵
۳	محدوده روستای گندوک	X=740064 Y=4024866	X=740493 Y=4024663	۴۶۶
۴	محدوده روستای شترک	X=743559 Y=4022364	X=743847 Y=4021795	۱۰۲۶
۵	بالادست روستای سنگبر (حد فاصل جاده کمربندی مشهد)	X=747100 Y=4021004	X=747518 Y=4020497	۶۰۵
۶	انتهای بازه مطالعاتی (محدوده تصفیه خانه اولنگ)	X=753343 Y=4016207	X=753663 Y=4015701	۵۷۷



شکل ۹: وضعیت فرسایش الف، ساحل چپ و ب) ساحل راست رودخانه کشف رود



شکل ۱۰: محدوده نقاط پیشنهادی برای اجرای ژئوتکنسایل در نقاط فرسایش پذیر رودخانه کشف رود

نتیجه گیری

همانطور که اشاره شد تجاوزات انسان در محدوده حریم و بستر رودخانه کشف رود به صورت های گوناگون اتفاق افتاده است که شدت و ضعف آن در نقاط مختلف متفاوت می باشد. در طول رودخانه کشف رود بر اساس ارتفاع تراس های شکل گرفته در حاشیه رودخانه و مطالعات فرسایش صورت گرفته در رودخانه ۴ کلاس فرسایشی تشخیص داده شد. مناطقی از رودخانه که آثار فرسایش کناری رودخانه ای در آن محل بیش از ۵۰ درصد می باشد به عنوان مناطق مناسب جهت اجرای ژئوتکستایل پیشنهاد گردید. بررسی های به عمل آمده از وضعیت فرسایش کناری رودخانه مورد مطالعه نشان می دهد که دیواره های رودخانه در بسیاری نقاط ناپایدار بوده و در اغلب مسیر از پتانسیل بالایی برای فرسایش برخوردار می باشد، بطوریکه برخی از ترانشه های

کنار رودخانه در حال تخریب و پیشروی به سمت اراضی کشاورزی و یا مستحذات می باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده طرح ساماندهی رودخانه کشف رود به ترتیب شامل موارد ذیل خواهد بود.

- ۱- لایروبی و بازگشایی مسیر رودخانه
- ۲- احداث چند سازه عرضی کف بند پلکانی جهت هوادهی به سیال نامطلوب جاری در رودخانه
- ۳- احداث دیواره ساحلی در مناطقی که پیشروی روستاها به سمت رودخانه زیاد بوده و خطر سیل این مناطق را تهدید می کند (نظیر پل جاده سیمان).
- ۴- جانمایی سازه های آشغالگیر در انتهای آبراهه های منتهی به کشف رود
- ۵- استفاده از ژئوتکستایل برای پایداری دیواره های رودخانه

منابع

1. Afzalimehr, H. and Dey, S., 2009, Influence of Bank Vegetation and Gravel Bed on Velocity and Reynolds Stress Distributions, International Journal of Sediment Research, Vol. 24, PP. 236-246
2. Behbahani, m.R., 2001, Surface water hydrology. Tehran University Press. 484Pp.
3. Bertrand, F. and Papanicolaou, A. N., 2009, Effects of Freezing and Thawing Process on Bank Stability, World Environmental and Water Resources Congress: Great Rivers, New Mexico
4. Choudhury, M., 2002, Flood Routing in River Network Using Equivalent Muskingum Inflow. Journal of Hydrologic Engineering, 7(6); 413-419.
5. Cook, A.C., 2008, Comparison of one-dimensional HEC-RAS with two – dimensional FESWMS model in flood inundation mapping. MSc thesis, Purdue university, USA
6. Jafarzadeh Haghighi, N.A. Basim, Y and Afshari, M. 2004. Case study: Karun river Reorganization Plan - a new way in the Environmental Assessment, Journal of Geographical Research, 74:1-17.

7. Kaufmann, R., Faustini, M., Larsen, P., Shirazi, A., 2008, A Roughness-corrected Index of Relative Bed Stability for Regional Stream Surveys, *Geomorphology*, Vol. 99:150- 170.
8. Lim, S.Y., 2001. Parametric study of riprap failure around bridge piers. *Journal of hydraulic research*. 39(1): 61-72.
9. Mahdavi, M. 2003. *Applied Hydrology*, Third edition, Volume II, Tehran University Press, 401Pp.
10. Minghui, Y., Hongyan, W., Yanjie, L., and Chunyan, H., 2010, Study on th Stability of Noncohesive River Bank, *International Journal of Sediment Research*, 25 (4): 391–398.
11. Mosaedi, A., 2003, Study of factors increasing flood damages in the north of Iran on august 2001 and 2002. *Geophysical Research Abstracts*. 5:03945.
12. Orfeo, O., and Stevaux, J., 2002, Hydraulic and Morpholgical Characteristics of Middle and Upper Reaches of the Parana River (Argentina and Brazil), *Geomorphology*, 44 (.5): 309-322.
13. Tokaldany, E. A., Darby, S. E. and Tosswell, P., 2007, Coupling Bank Stability and Bed Deformation Models to Predict Equilibrium Bed Topography in River Bends, *Journal of Hydraulic Engineering*, 133 (10):1167-1170.
14. Sadeghi, S.H.R. 1997. Review and assessment of factors affecting flood control, *Journal of Forest and Range*, 29:54-61
15. SCS., 1985, *Natural Engineering Handbook*, Section ,8, Flood Routing, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D.C : 175Pp.
16. SHAW, E.M., 1994, *Hydrology in Practice*. T.J. Press (Pads tow) LTD, Cornwall, UK: 546 Pp.
17. Stephen, R., 2002, Hydrologic investigation by the USGS following the 1996 and 1997 flood in the upper Yellowstone river, Montana. *American water resources association*, 19th annual Montana section meeting, section one: 1-18.
18. Stephen, P., Rice, Jill Lancaster and Paul Kemp, P., 2010, Experimentation at the Interface of Fluvial Geomorphology, Stream Ecology and Hydraulic Engineering and the Development of an Effective, Interdisciplinary River Science, *Earth Surface Processes and Landforms*, 35: 64-77.
19. Stevenson, D., 2009. 1D Hec RAS model and sensivity analysis for River Clair from 1971- 2007, report prepared for international joint commission, international upper Great lakes study, Ottawa:1-57.
20. Vatanfada, J. 2003. Review the flood situation in Iran, issues and problems, *Proceedings of the seminar on the prevention and reduction of flood*, 302-313.
21. Yang, C.R., and Tsai, C.T., 2000, Development of a GIS based flood information system for floodplain management and damage calculation. *Journal of the American Water Resources Association*. 36(3):567-577.