



تعیین گستره سیل رودخانه خوانسار در حدفاصل سد باغگل تا روستای وانسان با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS

خسرو تاجداری^{۱*}، مصطفی محبی امام^۲

^۱خسرو تاجداری، رئیس گروه تلفیق و بیلان شرکت آب منطقه ای گیلان، پست الکترونیکی: khosro_taj@gmail.com
^۲مصطفی محبی امام، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته سازه های آبی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، پست الکترونیکی: mohebbi_amlash@yahoo.com

چکیده

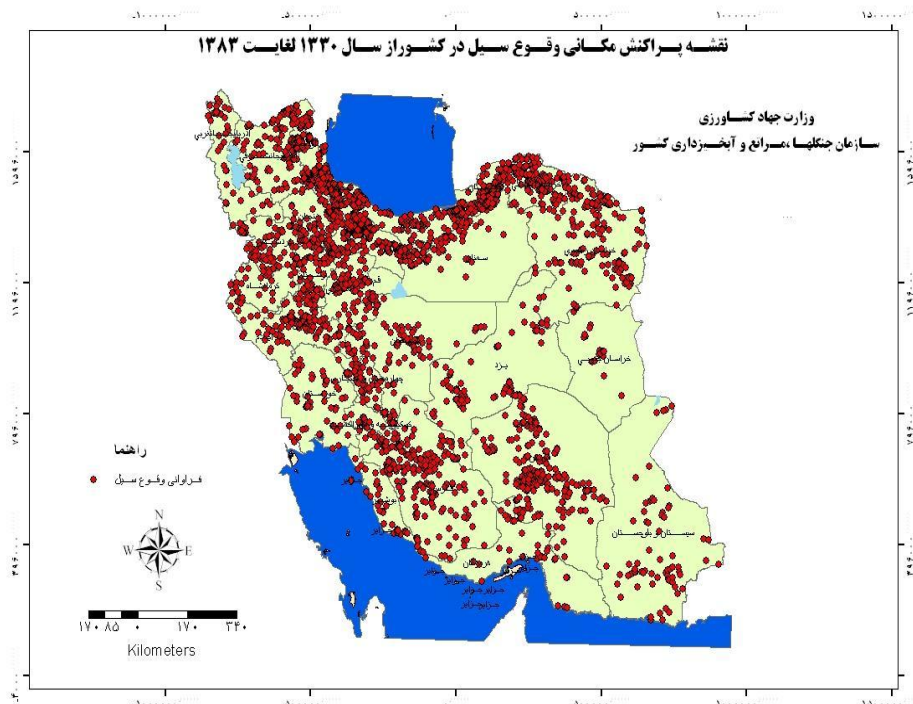
سیلاب، ارتفاع آب مازادی است که سبب ایجاد تخریب و خسارت در مسیر حرکت خود می‌گردد، به عبارت دیگر سیلاب معادل حجم آبی است که خارج از ظرفیت طبیعی رودخانه می‌باشد. در حال حاضر تکنولوژی به آن درجه از تکامل نرسیده است که از بروز سیلاب های زیان بار جلوگیری و یا در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نماید. بنابراین هرگونه راه حل اصولی و چاره ساز را باید در روی زمین و خصوصاً در عرصه حوضه های آبخیز جستجو کرد. در این ارتباط اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می شود، مهار سیل در سرمنشاء آن یعنی زیر حوضه های آبخیز است و شناسایی مناطق سیل خیز در داخل محدوده شهری در مرحله بعد می باشد، لذا باید مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند شناسایی شوند تا امکان بهینه سازی عملیات اجرایی در سطوح کوچکتر و خطر ساز فراهم شود و از هزینه های اضافی طرح های کنترل سیل جلوگیری گردد. هدف از این تحقیق نیز ارایه روشی است تا با استفاده از آن بتوان ضمن در نظر گرفتن اثرات متقابل عوامل موثر بر سیل خیزی، مناطق خطر ساز و سیل خیز رودخانه را تعیین کرد.

در این پژوهش سعی گردیده با معرفی یکی از روش های تعیین گستره سیل با استفاده از تلفیق نرم افزار ARCMAP، مدل هیدرولیکی HEC-RAS و الحاقیه HEC-GeoRAS ضمن پهنه بندی سیل در قسمتی از رودخانه خوانسار حد فاصل سد باغگل تا روستای وانسان در ابتدای جاده خوانسار به گلپایگان، جدیدترین، باصرفه ترین و کوتاه ترین روش پهنه بندی سیل از نظر اقتصادی و زمانی معرفی شده، مزایا و توانایی های آن مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین مقاطعی از بازه رودخانه که بیشترین عرض و گستره سیل را با دوره بازگشت ۵۰ ساله دارد مشخص گردد. با توجه به شناسایی ۱۷ بازه سیل گیر در این رودخانه که به سه دسته پرخطر (A)، خطرناک (B) و کم خطر (C) درجه بندی گردیده اند و تعیین و برآورد پارامترهای هیدرولیکی آن از قبیل عرض آبگرفتگی، عمق آب، سرعت جریان، تنش برشی و مقاومت جریان و ... می توان با استفاده از روش های سازه ای و غیر سازه ای ارائه شده نسبت به کنترل و مهار سیلاب رودخانه اقدام نمود.

واژگان کلیدی: گستره سیل، مدل هیدرولیکی HEC-RAS، رودخانه خوانسار

۱- مقدمه

هرچند در چند سال اخیر به دلیل خشکسالی تعداد وقایع سیل و خسارات آن تا حدی کاهش یافته، اما به طور کلی با مقایسه آمار دهه‌های اخیر، روند خسارات سیر صعودی داشته است بطوریکه امروزه تقریباً با ورود هر جبهه باران‌زا به کشور بایستی انتظار وقوع سیل و خسارات در یک نقطه را داشت، شکل شماره (۱). توسعه فعالیت‌های انسانی در سرشاخه رودخانه‌ها با از بین بردن مراتع و جنگل‌ها، همچنین رشد سرمایه‌گذاری و تجاوز به حریم و بستر رودخانه‌ها بدون توجه به خطر سیل‌گیری آنها را می‌توان از عوامل عمده ایجاد خسارات به حساب آورد. در برخی مناطق کشور (نظیر استان کهگیلویه و بویراحمد، حوضه سد زاینده رود و یا قمرود)، تعداد واحدهای دامی موجود، بیش از ۴ برابر ظرفیت مراتع آن بوده حال آنکه مراتع آن به طور عمده از نوع ضعیف و خیلی ضعیف و یا متوسط است.



شکل (۱) نقشه پراکنش مکانی وقوع سیل در کشور از سال ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۳

نتیجه چنین امری از بین رفتن پوشش گیاهی مرتع می‌باشد به طوری که در حال حاضر درصد پوشش گیاهی در اکثر حوضه‌های کشور کمتر از ۴۰ درصد است که از نظر طبقه‌بندی بین المللی، جزو مراتع فقیر (کمتر از ۵۰ درصد) محسوب می‌گردد. البته در بروز و یا تشدید سیلاب عوامل متعددی دخالت دارند. این عوامل را می‌توان بطور کلی در سه گروه اصلی طبقه‌بندی نمود: عوامل اقلیمی، خصوصیات منطقه‌ای و حوضه‌ای و عوامل انسانی. در کشورهای مختلف جهان بسته به موقعیت جغرافیایی و شرایط طبیعی حوضه‌های آبریز آن و همچنین با توجه به فرهنگ، سنت‌ها و آداب و رسوم زندگی مردم و نحوه رشد جمعیت، تأثیر هر کدام از این عوامل متفاوت است. با توجه به آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده در کشور ما، از مهمترین دلایل تشدید خسارات ناشی از سیل در سال‌های اخیر، تخریب پوشش گیاهی، احداث سازه‌های تقاطعی نامناسب، دخل و تصرف غیر مجاز در حریم رودخانه و عدم توجه کافی به بحث پیش‌آگاهی و سیستم پیش‌بینی و هشدار سیل بوده است. توجه به آموزش و فرهنگ‌سازی یکی از عوامل بسیار مهم در آمادگی مقابله با بحران و کاهش خسارات محسوب می‌شود. اصولاً می‌توان گفت که توفیق دیگر فعالیت‌های مربوط به مدیریت بحران به میزان پیش‌آگاهی و مقبولیت عمومی بستگی دارد. تدوین آیین‌نامه‌ها و تصویب قوانین بایستی همراه با برنامه‌های ایجاد فرهنگ و آموزش‌های همگانی باشد.



با توجه به تجربه وقوع سیلاب‌های فراوان در نقاط مختلف کشور، کارشناسان محلی اکنون نقاط سیل گیر و آسیب پذیر حوضه آبریز خود را می‌شناسند و گاهی به خوبی می‌توانند حتی میزان و نوع خسارات احتمالی را پیش‌بینی نمایند. بدین ترتیب در حال حاضر به نظر می‌رسد بسیج امکانات و ایجاد هماهنگی بین دستگاه‌های مختلف مسئول، مسئله اصلی باشد.

همه ساله در کشور ما میلیاردها تومان صرف ساخت سازه‌هایی می‌گردد که در حریم یا در نزدیکی رودخانه‌ها قرار دارند. این سازه‌ها اکثراً فاقد نقشه‌های تعیین گستره سیل می‌باشند. این در حالی است که یکی از اطلاعات پایه‌ای و مهم در مطالعات طرح‌های عمرانی در دنیا، استفاده از نقشه‌های پهنه بندی سیلاب در مطالعات مدیریت سیلاب دشت می‌باشد. قبل از هرگونه سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرح‌های توسعه‌ای، بررسی و تعیین مناطق سیل گیر و پرخطر در حریم رودخانه‌ها، در دستور کار سازمان‌های ذیربط (خصوصاً شرکت‌های آب منطقه‌ای) قرار می‌گیرد. این امر باعث جلوگیری از بروز صدمات جبران ناپذیر حاصل از سیلاب‌های مخرب به تأسیسات و سازه‌های ساخته شده در حاشیه رودخانه‌ها می‌گردد.

اقدامات مدیریتی جهت کنترل سیل را می‌توان در دو بخش اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای تلفیق این دو تقسیم بندی نمود پهنه بندی سیل با استفاده از GIS^۱ یکی از راهکارهای غیر سازه‌ای و از ابزارهای کارآمد در مدیریت کاهش خطرات سیل می‌باشد. علاوه بر این مسئولان ذیربط میتوانند از این روش به عنوان وسیله‌ای قانونی در کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه ریزی‌های توسعه و حفاظت محیط زیست استفاده نمایند^۲.

رودخانه خوانسار در محدوده مطالعاتی گلپایگان در استان اصفهان قرار دارد. این رودخانه نقش تعیین کننده‌ای در اقتصاد منطقه ایفا میکند. تعیین حد حریم و بستر این رودخانه یکی از دغدغه‌های اصلی شرکت آب منطقه‌ای و دیگر سازمان‌های مرتبط می‌باشد. وجود اراضی کشاورزی، تأسیسات صنعتی و کشاورزی و اماکن مسکونی و تجاری در حریم این رودخانه، شناسایی حدود قانونی آن را با مشکلات عدیده مواجه ساخته است. همچنین تصرفات غیرقانونی که توسط افراد سودجو در حاشیه رودخانه صورت می‌گیرد باعث بروز مشکلات زیادی می‌گردد. یکی از مهمترین کارها در این زمینه تعیین حریم و گستره سیل در حاشیه رودخانه می‌باشد که باعث جلوگیری قانونی از هرگونه سواستفاده می‌گردد.

۱-۱. تهیه مدل‌های رقمی ارتفاعی زمین

در این بخش به صورت اخص روی روش‌های تهیه مدل‌های رقمی ارتفاعی (DEM^۳) بحث و بررسی می‌شود و برای وضوح بیش‌تر به آن مدل‌های رقمی ارتفاعی زمین گفته می‌شود. فرآیند کلی در تهیه این مدل‌ها عبارت است از انتخاب منبع اخذ اطلاعات که منابع موجود جهت اخذ اطلاعات و ساخت نقشه‌های DEM عبارتند از:

- نقشه برداری زمینی
- نقشه‌های کارتوگرافی موجود (که شامل اطلاعات ارتفاعی باشد)
- عکس‌ها و تصاویر هوایی و ماهواره‌ای
- تصاویر^۴ LIDAR

در این تحقیق بدلیل استفاده از نسخه‌های جدید نرم‌افزارهای مرتبط با موضوع فوق‌الذکر مانند الحاقیه^۴ HEC-GeoRas در نسخه ۲۰۱۱ در محیط نرم‌افزار ArcMap و ارائه نقشه‌های خروجی در محیط نرم‌افزار Google Earth می‌تواند متمایز از کارهای ارائه شده تا کنون باشد. تهیه نقشه‌های TIN و DEM با رزولیشن بالا، از نقشه‌های رقمی موجود در این پروژه، یکی از کارهایی است که دقت خروجی‌های حاصل از نرم‌افزار تا حد بسیار زیادی بالا می‌برد. تبادل اطلاعات در محیط GIS و HEC-RAS باعث افزایش کارایی نتایج حاصل از برنامه می‌گردد. همچنین سعی شده با استفاده از تلفیق نرم‌افزار ArcMap و مدل هیدرولیکی HEC-RAS و الحاقیه HEC-GeoRas ضمن پهنه بندی سیل در قسمتی از رودخانه خوانسار حد فاصل سد باغگل در نزدیکی ایستگاه

۱- Geographic Information System

۲- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۹

۳ - Digital Elevation Model

۴ - Light Detection and Ranging



هیدرومتری باغگل تا ابتدای روستای وانشان، جدیدترین، باصرفه ترین و کوتاه ترین روش پهنه بندی سیل از نظر اقتصادی و زمانی معرفی شده، مزایا و توانایی های آن مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۲. پیشینه تحقیق

(کوری و همکاران ۱۹۹۹)، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی در دشت های سیلابی که با توسعه شهری همراه است و در معرض خطر سیل قرار دارند، تأثیر کنترل کاربری اراضی در کاهش خطر سیل را ارزیابی و در ادامه اقدام به پهنه بندی و آنالیز سیل کردند. (استفان و همکاران ۲۰۰۲)، در تحقیقات خود بر روی سیل های بوقوع پیوسته در سال های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در حوزه آبخیز رودخانه سنگ زرد واقع در ایالت مونتانا آمریکا پرداخت. وی همچنین برای تعیین پهنه های سیل رخ داده در این دو سال مشخصات ۲۵ مقطع را در طول یک مسیر ۱۸ کیلومتری برداشت و پهنه های سیل با دوره های بازگشت مختلف را تعیین کرد.

(لیانگ و موهانتی ۱۹۹۷)، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه ماهانادی واقع در اوراسیای هندوستان، اقدام به پهنه بندی سیل کرده و مدیریت سیلاب ها بر اساس پهنه بندی را به منزله یک روش غیرسازه ای کنترل سیلاب معرفی و آن را بهینه کردند. (پلات ۲۰۰۲)، در تحقیقات خود با نام خطر سیل و مدیریت آن، پهنه بندی خطر را به عنوان شیوه کاملاً مشخص برای سامان دهی و مدیریت خطرهای ناشی از عوامل طبیعی، زیست محیطی یا انسانی که از بین آنها سیل نیز بسیار بارزتر است، تعریف کرد. (کارسون ۲۰۰۶)، اقدام به شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و بررسی خطر سیلاب و فرسایش کنار رودخانه ای در ایالات متحده نمود.

(تاتی و همکاران ۱۹۹۴)، روشی را برای افزایش دقت آنالیز خروجی نرم افزار HEC-RAS در سیستم اطلاعات جغرافیایی بوسیله مطابقت دادن داده های نقشه برداری زمینی، هندسه رودخانه و کنترل زمینی ارائه دادند. (پستوچی و مازولی ۲۰۰۲)، با استفاده از مدل های HEC-RAS و HEC-HMS به بررسی و مطالعه رودخانه ها به منظور مدیریت خطرات هیدرولیکی پرداختند. (غلامی و همکاران ۱۳۸۵)، با بکارگیری مدل هیدرولیکی HEC-RAS و قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه هراز نمودند و نتایج مطالعه حاکی از آن بود که استفاده از قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی موجب افزایش سرعت عمل و دقت مطالعات می گردد. (حسینی و ابریشمی ۱۳۸۰)، مطالعاتی در این زمینه انجام داده و بر اساس نتایج آنها دقت شبیه سازی ژئومتری بستر و اراضی حاشیه رودخانه ها در نتایج شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه ها بسیار تأثیرگذار است.

(صفری ۱۳۸۰)، در دشت های سیلابی بدلیل وجود منابع مختلف و استفاده های چند منظوره از آن، اعمال یک مدیریت جامع و همه جانبه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بررسیها نشان می دهد که علت اصلی افزایش خسارت سیل، به افزایش استفاده از دشت های سیلابی و اراضی سیل گیر مجاور رودخانه مربوط می شود. بنابراین اعمال برنامه جامع مدیریتی با هدف کنترل و بهره برداری بهینه در مناطق سیل گیر ضروری میباشد. (تلوری ۱۳۷۶)، پهنه بندی خطر سیل در واقع ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرهای سیل و وسیله ای قانونی در دست دولت و مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه های توسعه همزمان با کاهش خطرهای سیل و حفاظت محیط زیست است.

(بزرگ زاده ۱۳۷۲)، اکثر شهرهای ایران در خروجی حوضه ها بنا شده اند، افزایش سطوح نفوذ ناپذیر که ناشی از شهرسازی و احداث ساختمان بر خاک های نفوذ پذیر است، طبعاً از سطوح نفوذ پذیر حوضه که قادر به جذب بخشی از بارندگی است، کاسته و در نتیجه بر حجم کل رواناب شهر افزوده است. (زارع ۱۳۷۱)، در مطالعه ای که با استفاده از عکس های هوایی شهر تهران و تحلیل توپوگرافی منطقه انجام داده، از جمله علل بروز سیلاب در محدوده شهر را از بین رفتن مسیل های طبیعی توسط توسعه شهری و همچنین گسترش شهر در بستر رودخانه ای می داند.

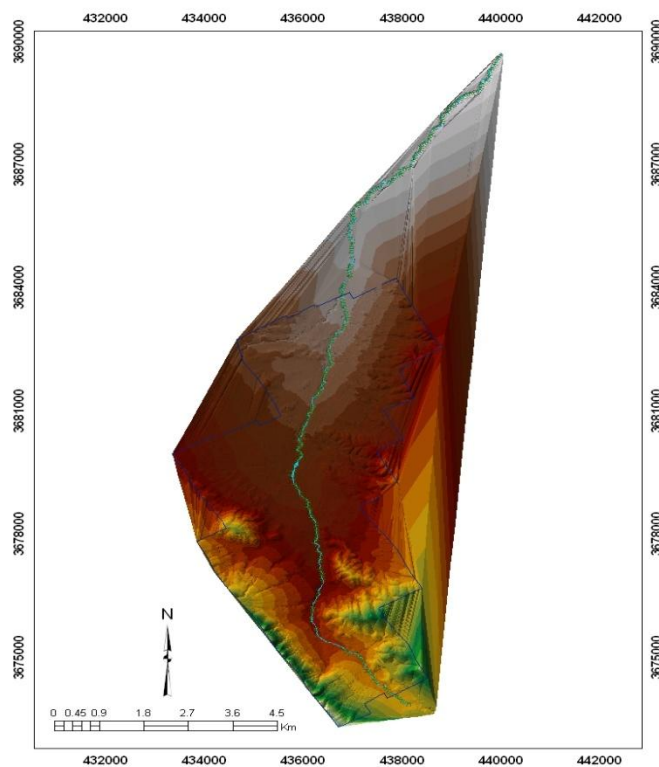
(تاجداری و همکاران ۱۳۹۲)، با استفاده توامان الحاقیه HEC-GeoRas^{۴۳۱} در محیط نرم افزار ArcMap و مدل هیدرولیکی HEC-RAS اقدام به شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه سیاهرود در محدوده شهری رشت نمودند و بازه های آسیب پذیر رودخانه را در این محدوده و در محیط نرم افزار Google Earth مشخص نمودند. (درخشان و همکاران ۱۳۸۹)، در

مطالعه خود با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌های مناسب برای تخلیه و زهکش رواناب‌های سطحی شهر رشت را مشخص کردند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱. موقعیت جغرافیایی محدوده تحقیق

مطالعات انجام گرفته بر روی قسمتی از رودخانه خوانسار به طول ۲۱ کیلومتر حد فاصل سد باغگل تا روستای وانشان واقع در ابتدای جاده خوانسار به گلپایگان در استان اصفهان می باشد، این رودخانه در محدوده مطالعاتی گلپایگان قرار دارد. بیشترین بازه مورد مطالعه در این رودخانه به طول ۱۲ کیلومتر از محدوده شهر خوانسار عبور کرده که اکثر آن کانال سازی شده است. طول این بازه حد فاصل سد باغگل تا مرز محدوده شهری خوانسار در ابتدای شهر، بالغ بر ۵۰۰ متر است. مابقی طول این بازه از رودخانه به طول ۸۵۰۰ متر از مرز محدوده شهری خوانسار در ابتدای جاده خوانسار به گلپایگان تا روستای وانشان را تشکیل می دهد. در مسیر این رودخانه اراضی کشاورزی و باغات، مراکز صنعتی و اماکن مسکونی واقع شده که اکثراً در محدوده حریم آن قرار دارند. در شکل شماره (۲) محدوده بازه مورد تحقیق رودخانه به همراه نقشه TIN آورده شده است.



شکل (۲) موقعیت بازه مورد مطالعه رودخانه خوانسار همراه با نقشه TIN

۲-۲. ارزیابی جریانهای سطحی

ایستگاه های هیدرومتری واقع در این رودخانه عبارتند از باغگل در مجاورت سد باغگل در بالادست رودخانه و ایستگاه هیدرومتری وانشان در ابتدای روستای وانشان و در پایین دست بازه مورد مطالعه می باشند که مشخصات آنها در جدول شماره (۱) آورده شده است.



جدول (۱) مشخصات ایستگاههای هیدرومتری واقع در حوزه آبریز رودخانه

سال تاسیس	درجه ایستگاه	مساحت کیلومتر مربع	ارتفاع	عرض	طول	نام رودخانه	نام ایستگاه
۱۳۶۰	آب سنجی درجه چهار	۲۵۰	۱۹۵۰	۳۳/۳۵	۵۰/۳۵	خوانسار	وانشان
۱۳۷۸	آب سنجی درجه چهار	۴۸	۲۳۰۰	۳۳/۲	۵۰/۳۳	خوانسار	سد باغکل

باتوجه به اطلاعات دریافت شده از ایستگاههای هیدرومتری شناسایی شده (این اطلاعات از شرکت مدیریت منابع آب ایران وزارت نیرو اخذ می گردد). دبی متوسط سالانه درازمدت در ایستگاه هیدرومتری وانشان بر روی رودخانه خوانسار با مساحت ۲۵۰ کیلومتر مربع برابر ۰/۴۸ متر مکعب بر ثانیه می باشد (این ایستگاه در ابتدای روستای وانشان قرار دارد)، دبی ویژه محاسبه شده برای ایستگاه یاد شده ۱/۹ لیتر در ثانیه در کیلومتر مربع است. در جداول شماره (۲) و (۳) روابط همبستگی و پارامترهای آماری این دو ایستگاه آورده شده است.

جدول (۲) روابط همبستگی آبدهی سالانه در ایستگاههای هیدرومتری

سطح آطمینان (%)	ضریب همبستگی (r)	معادله	سالهای مشترک	Y (مقصد)	X (مبنا)
٪۱	۰/۷۹	$Y = 0.054X - 0.003$	۱۳	باغکل	وانشان

جدول (۳) پارامترهای آماری آبدهی سالانه دراز مدت در ایستگاههای هیدرومتری

نام ایستگاه	رودخانه	حداکثر	حداقل	متوسط	انحراف معیار	ضریب تغییرات	مساحت	دبی ویژه
وانشان	خوانسار	۱/۷	۰	۰/۴۸	۰/۴	۸۷	۲۵۰	۱/۹
سد باغکل	خوانسار	۰/۰۹	۰	۰/۰۲	۰	۱۰۹	۴۸	۰/۵

۲-۳. داده های تحقیق

داده های مورد نیاز جهت ساخت مدل هیدرولیکی رودخانه ها جهت ساخت مدل هیدرولیکی رودخانه توسط مدل-HEC RAS به مشخصات زیر نیاز میباشد:

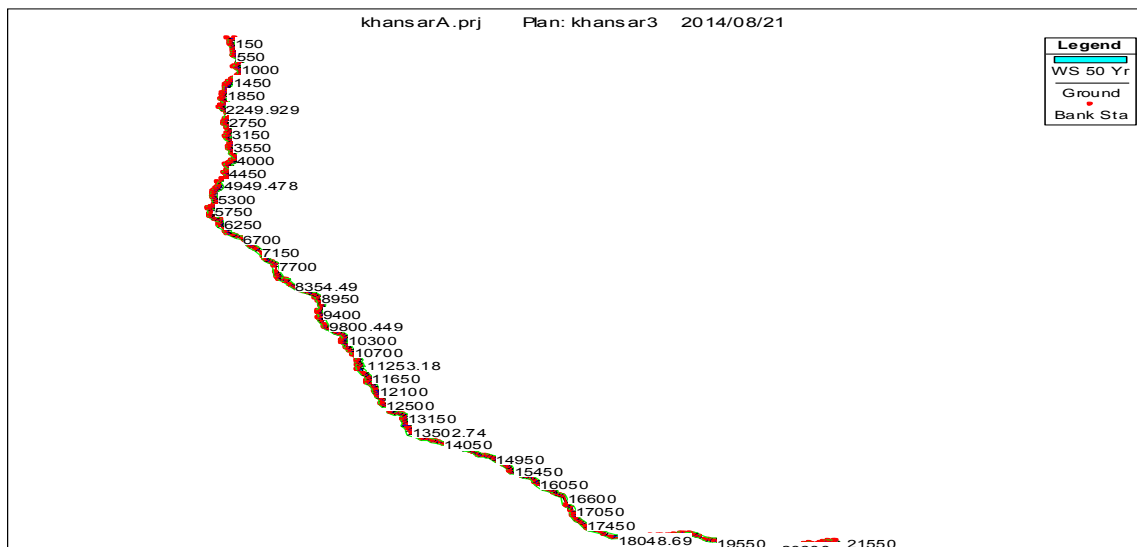
- ❖ مقاطع عرضی رودخانه
- ❖ ضریب زبری کانال اصلی و دشت سیلابی
- ❖ شرایط مرزی شبیه سازی
- ❖ دبی سیلاب

۲-۳-۱. مقاطع عرضی رودخانه

اطلاعات نقشه برداری که برای تحلیل سیلابدشت نیاز است، شامل مقاطع عرضی کانال اصلی و سیلابدشت ها در امتداد جریان می باشد. این اطلاعات از نقشه برداری صحرائی یا نقشه های توپوگرافی به دست می آید. از آنجا که برای انجام تحلیل های هیدرولیک، مقدار افت انرژی و تغییرات سرعت جریان لازم است، مرزهای جریان باید بطور دقیق معرفی شوند. هر چه تعداد مقاطع عرضی کمتر و فاصله مقاطع زیاد باشد، برای ارائه تحلیل مناسب، بیشتر به قضاوت مهندسی نیاز خواهد بود.

پروفیل سطح آب، به صورت منحنی است که از شیب کف کانال پیروی کرده و در محاسبات پروفیل سطح آب به وسیله یک سری خطوط مستقیم تقریب زده می شود و از اتصال رقوم تراز آب در مقاطع عرضی به دست می آید. بنابراین هرچه تعداد مقاطع عرضی بیشتر باشد، خطوط کوچکتر و پروفیل سطح آب به واقعیت (منحنی الخط بودن) نزدیکتر خواهد شد. اگر مقاطع عرضی به تعداد کافی وجود نداشته باشد، پروفیل سطح آب ممکن است با واقعیت تفاوت قابل ملاحظه ای داشته باشد، خصوصاً در نواحی که تغییرات شیب ناگهانی در کانال وجود دارد. مطالعات نشان می دهد که برای شیب کمتر از $0/0004$ فاصله مقاطع برای یک سیلابدشت عریض باید حداکثر ۸۰۰ متر، برای شیب بین $0/0004$ تا $0/0006$ حداکثر فاصله مقاطع ۵۵۰ متر بوده و فاصله مقاطع به ۳۵۰ متر برای شیبهای بزرگتر از $0/06$ درصد محدود شود. برای مطالعات تعیین حد بستر و حریم ماکزیمم، فاصله عموماً ۱۵۰ متر برای رودخانه های ساماندهی نشده و ۶۰۰ متر برای رودخانه های ساماندهی شده می باشد.

اطلاعات هندسی و مقاطع عرضی رودخانه ها از مقاطع عرضی برداشت شده در عملیات نقشه برداری بدست آمده اند. سپس وارد مدل هیدرولیکی HEC-RAS شده و در تحلیل هیدرولیکی مورد استفاده قرار گرفته اند، شکل شماره (۳) نمایش مقاطع عرضی در مدل را نشان می دهد.



شکل (۳) موقعیت مقاطع در بازه مورد مطالعه رودخانه خوانسار در مدل هیدرولیکی HEC-RAS

۲-۳-۲. ضریب زبری

ضریب زبری مانینگ کلیه عوامل مؤثر در مقاومت بستر رودخانه ها و کانال ها در مقابل جریان را در خود مستتر دارد و شدت افت انرژی را در یک جریان نشان می دهد. ضریب زبری یکی از مهمترین پارامترهای لازم برای طراحی و محاسبات هیدرولیکی رودخانه ها می باشد و در تخمین این ضریب باید دقت زیادی انجام گیرد. راه مناسب در تخمین صحیح تر این ضریب شناخت عوامل مؤثر از قبیل زبری بستر، نامنظمی سطح مقطع، پوشش گیاهی، شکل مسیر (مستقیم، مارپیچی)، وجود موانع در مسیر جریان، عمق و دبی جریان، که علاوه بر تأثیر در افت طولی در مسیر جریان، تا حدودی در برگیرنده افت های ناشی از تغییر شکل جریان (افت موضعی) نیز می باشد.

برای تخمین ضریب زبری مانینگ رودخانه خوانسار با توجه به بازدیدهای میدانی و شیب منطقه استفاده شده است. در بالادست قبل از ورود به محدود شهری از ضریب زبری $0/30$ ، در محدوده شهری به واسطه وجود کانال سنگی ساخته شده از ضریب زبری $0/22$ و در بازه انتهایی از مرز پایانی محدوده شهری تا روستای وانسان از ضریب زبری $0/28$ استفاده شده است.



۳-۳-۲. شرایط مرزی

حل عددی معادلات دیفرانسیل جریان یک بعدی (معادلات سنت ونانت) در حالت جریان مختلط، مستلزم داشتن شرایط مرزی در مرز فیزیکی بالادست و مرز فیزیکی پایین دست میباشد. گزینه های موجود در مدل HEC-RAS برای تعریف شرایط مرزی عبارتند از سطح آب مشخص^۵، عمق بحرانی (در صورت وجود سازه های تنظیم و کنترل سطح آب در مسیر جریان)^۶، عمق نرمال^۷ و دبی-اشل^۸، که برای معرفی شرایط مرزی بالادست و پایین دست، در این طرح از روش عمق نرمال استفاده شده است. برای این منظور باید شیب خط انرژی رودخانه در بالادست و پایین دست به مدل معرفی شود. در صورتیکه شیب خط انرژی در دسترس نباشد با تقریب مناسب میتوان از شیب کف کانال استفاده نمود. در رودخانه خوانسار از شرایط مرزی عمق نرمال ۰/۰۲ برای بالادست و ۰/۰۱ در پایین دست استفاده شده است.

۴-۳-۲. دبی سیلاب

در محاسبه سیلاب، برای تعیین حد بستر و حریم رودخانه بیان دو نکته ضروری است:
 الف- تعیین حد بستر و حریم رودخانه بر اساس دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ سال انجام می شود.
 ب- در تعیین حد بستر و حریم رودخانه باید اثر سازه های متقاطع و حاشیه رودخانه حذف گردد.
 بدین منظور بایست اثر تعدیل سیلابها در مخازن سدهای موجود حذف گردد.
 جهت برآورد دبی با دوره بازگشت های مختلف از نرم افزار SMADA استفاده شده است. برای این منظور دبی های پیک سالانه رودخانه در ۲ ایستگاه هیدرومتری باغگل و وانشان در طول دوره آماری تهیه و با استفاده از نرم افزار تحلیل آماری SMADA بهترین توزیع آماری جهت برآورد دبی با دوره های بازگشت ۲ تا ۲۰۰ ساله در جدول شماره (۴) ارائه شده است.

جدول (۴) دبی با دوره بازگشت های مختلف رودخانه خوانسار

دوره بازگشت (سال)								موقعیت اعلام دبی	ردیف
۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۳	۲		
۹/۳۸	۸/۲۸	۷/۱۸	۶/۰۸	۴/۵۹	۳/۴۱	۲/۴۷	۱/۶۲	ایستگاه باغگل	۱
۵۶/۳	۴۸/۲	۳۶/۱۸	۳۲/۵	۲۲/۴	۱۴/۸۸	۹/۴۱	۵/۰۵	ایستگاه وانشان	۲

۴-۲. روش اجرای تحقیق

۱-۴-۲. کاربرد GIS در مدل سازی هیدرولیکی

مزیت استفاده از GIS در مدل سازی هیدرولیکی، پتانسیل بالای آن برای بدست آوردن اطلاعات توپوگرافی مربوط به مقاطع با دقت بسیار زیاد از DTM^۹ است. یکی از کاربرد های این ابزار نمایش رودخانه و حدود پهنه سیل می باشد که در بسته های نرم افزاری هیدرولیکی محاسبه میشوند.

۲-۴-۲. معرفی الحاقیه HEC-GeoRas

GeoRas برنامه جنبی به منظور استفاده همراه با Arcview GIS است. این برنامه یک نرم افزار در زمینه GIS است که توسط موسسه تحقیقات زیست محیطی امریکا (ESRI) به منظور تجزیه و تحلیل داده های مکانی مورد استفاده در نرم افزار HEC-Ras ارائه شده است. با استفاده از این ابزار کاربرانی که تجربه کمی در زمینه GIS دارند می توانند از یک مدل رقومی و داده های تکمیلی

۵- Known W.S
 ۶- Critical Depth
 ۷- Normal Depth
 ۸- Rating Curve
 ۹- Digital Terrain Model



مربوط استفاده کرده، فایل ورودی HEC-Ras که حاوی اطلاعات مکانی مورد نظر است را تهیه کنند. همچنین می توان از آن برای تجزیه و تحلیل خروجی HEC-Ras استفاده کرد.

اطلاعاتی HEC-GeoRas که در فایل ورودی ذخیره می کند عبارتند از: شماره مشخصه های رودخانه و مقاطع آن، خطوط برش مقاطع، ایستگاه های مرزی مقاطع، طول محدوده پایین دست برای ناحیه سمت راست و چپ و کانال اصلی و ضرایب زبری مقاطع. اطلاعات سازه های هیدرولیکی موجود در مسیر در این فایل گنجانده نمی شوند. داده های پروفیل سطح آب و سرعت که جز نتایج HEC-Ras هستند را نیز می توان همراه با سایر داده ها وارد برنامه کرد.

این نرم افزار یک فایل مکانی به منظور استفاده در HEC-Ras تولید می کند. همچنین می توان نتایج خروجی HEC-Ras به صورت گرافیکی در آن مشاهده کرد. این برنامه، فایل ورودی را با استفاده از داده های به دست آمده از مدل شیب و مدل رقومی منطقه مورد نظر می سازد. بنابراین برای استفاده از این نرم افزار در اختیار بودن یک DTM که در قالب شبکه نامنظم مثلثی توصیف شده ضروری است. لایه هایی که با استفاده از این داده ها ساخته می شوند لایه های ras نامیده می شوند. اطلاعات مکانی در نتیجه محاسباتی که بر روی این لایه ها انجام می شود به دست می آیند. قبل از وارد کردن این داده ها در HEC-Ras و انجام محاسبات هیدرولیکی، باید داده های مکانی و داده های مربوط به مشخصات جریان تکمیل شوند. همچنین می باید پروفیل سطح آب و سرعت های منتج شبیه سازی در HEC-Ras را در محیط نرم افزاری Arcview وارد کرد.

به منظور استفاده از این مدل باید یک DTM در قالب TIN از ناحیه مورد مطالعه موجود باشد. DTM مذکور نشان دهنده ناحیه نسبتاً مسطحی است که در بردارنده کانال اصلی و نواحی سیلاب گیر اطراف می باشد. به دلیل اینکه تمام اطلاعات مورد نیاز این مدل از DTM به دست می آید این فایل باید از دقت بسیار بالایی برخوردار باشد. واحدهای مورد استفاده در برنامه نیز بستگی به واحد DTM دارد.

۳ - نتایج

۳-۱. مراحل شبیه سازی جریان در رودخانه

مراحل شبیه سازی جریان رودخانه به شرح زیر می باشد:

-تهیه پلان شبکه رودخانه اعم از شاخه اصلی و شاخه فرعی

-جمع آوری اطلاعات مقاطع عرضی و سازه های متقاطع

-جمع آوری اطلاعات اندازه گیری جریان در رقوم سطح آب در ایستگاه های مبدأ و انتها (شرایط مرزی)

-توسعه آماری مقادیر دبی برای حصول دبی های با دوره بازگشت بالاتر و تعیین دبی طرح

-تخمین ضریب زبری در کلیه مقاطع عرضی در دو بخش کانال اصلی و سیلاب دشت ها

-ساختن فایل ورودی اطلاعات و داده ها

-اجرای برنامه

-تعیین نتایج و ارائه مشخصه های جریان جهت پهنه بندی و جمع بندی مطالعات

۳-۲. نتایج به دست آمده از مطالعه هیدرولیک جریان رودخانه

برای بررسی آثار سیلاب بر روی رودخانه و تعیین پارامترهای هیدرولیکی مورد نیاز نظیر سرعت جریان، تراز آب و ... هنگام وقوع سیلاب، لازم است محاسبات هیدرولیکی برای رودخانه صورت پذیرد. بدین منظور از مدل های ریاضی متداول برای محاسبات هیدرولیک رودخانه استفاده میگردد.

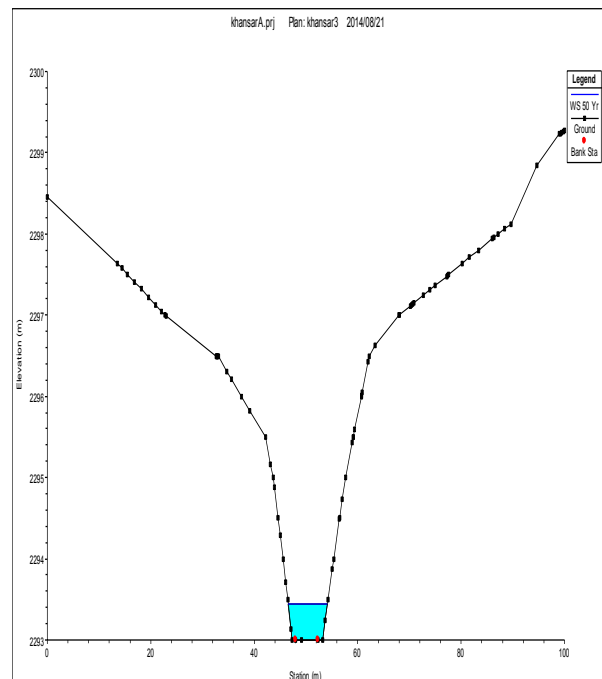
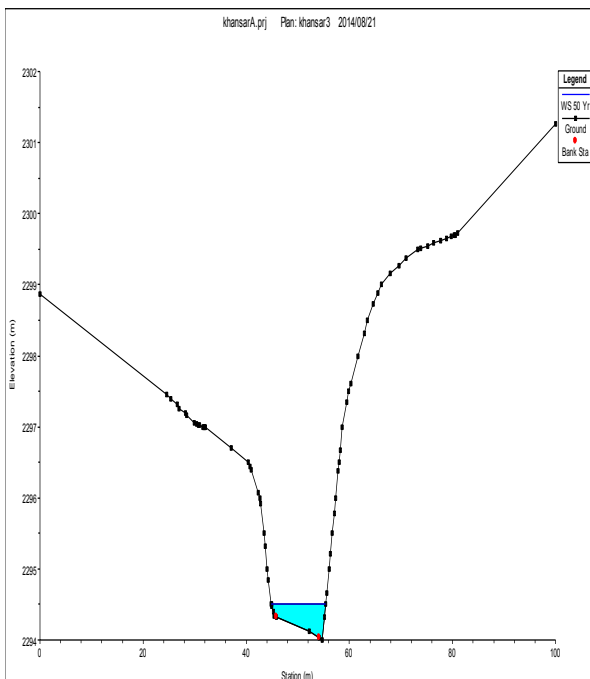
برای انتخاب مدل لازم است ابتدا با توجه به شرایط رودخانه های مورد مطالعه، توانایی هایی که مدل بایستی داشته باشد را مشخص نمود تا براساس این تواناییها مدل های مناسب و قابل دسترس را بررسی نمود. اولین موضوعی را که در محاسبات هیدرولیکی رودخانه بایستی در نظر گرفت، نوع محاسبات از نظر ابعاد شبیه سازی می باشد. بدین ترتیب که آیا شبیه سازی یک بعدی، دو



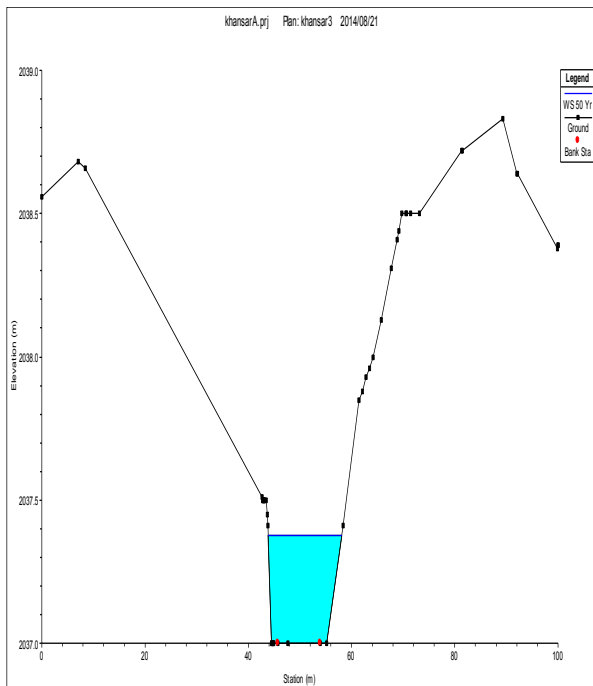
بعدی و یا احیاناً سه بعدی مورد نظر می‌باشد. آنچه مسلم است شبیه سازی سه بعدی نه تنها از نظر اطلاعات و داده های موجود عملی نبوده بلکه از نظر هزینه های محاسباتی نیز لازم نمی باشد. به لحاظ نسبت طول رودخانه به عرض و عمق آن، شرایط مرزی شبیه سازی و هزینه های محاسبات هیدرولیکی، شبیه سازی دو بعدی نیز توجیه پذیر نمی باشد. مدل‌های یک بعدی نسبت به مدل‌های دو و سه بعدی اطلاعات ورودی کمتری لازم دارند و کالیبراسیون و تست آنها نیز، نسبتاً ساده تر می باشد. بنابراین شبیه سازی یک بعدی کافی و متناسب با نیاز و داده های پروژه می‌باشد. از نظر شبیه سازی جریان دائم و غیر دائم نیز پروژه بایستی مورد بررسی قرار گیرد با توجه به اینکه حل معادلات هیدرولیک جریان، همچنین برقراری ارتباط آن با محیط GIS و نمایش و تهیه دقیقتر اطلاعات ورودی مورد نیاز این مدل از طریق نرم افزار یک بعدی HEC-RAS انجام می گیرد، لذا این نرم افزار جهت شبیه سازی هیدرولیکی انتخاب گردید.

بر اساس شبیه سازی ریاضی انجام شده با نرم افزار HEC-RAS و استفاده از اطلاعات مذکور در گزارش، مدل جهت تعیین شرایط هیدرولیکی در حالت بدون در نظر گرفتن اثر تصرفات صورت گرفته مانند سازه های عرضی و طولی و اثر آنها (با حذف اثر آنها) آماده گردید. به این ترتیب که ابتدا مقاطعی از رودخانه که تصرفات انجام گرفته با توجه به بررسی پروفیل های طولی و عرضی رودخانه و همچنین باز دیده های میدانی شناسایی گردید. در مرحله بعدی مقاطع مذکور با توجه به شکل مقاطع مجاور و قضاوت مهندسی اصلاح گردید. در نهایت مدل برای این حالت اجرا شده و نتایج و خروجی پارامترهای هیدرولیکی مدل برای دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله در اشکال (۴) تا (۶) و در تعدادی از مقاطع رودخانه در بازه های بالادست، میانی و پایین دست محدوده شهری نمایش داده شده است، جدول شماره (۵).

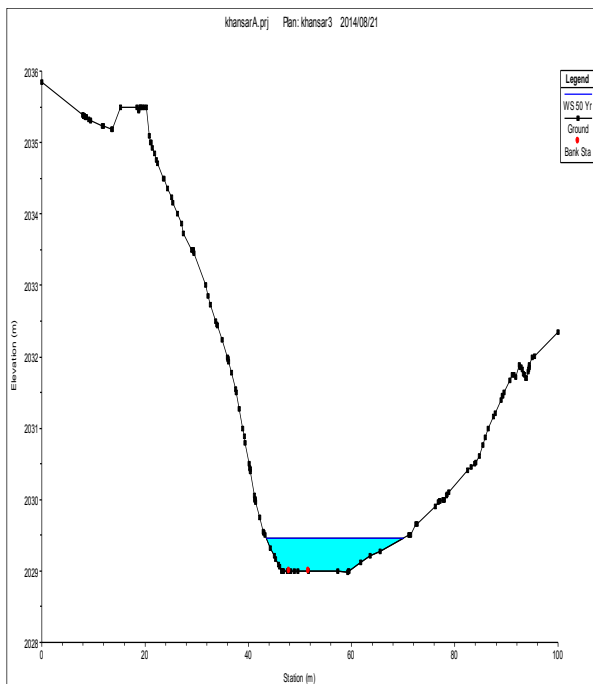
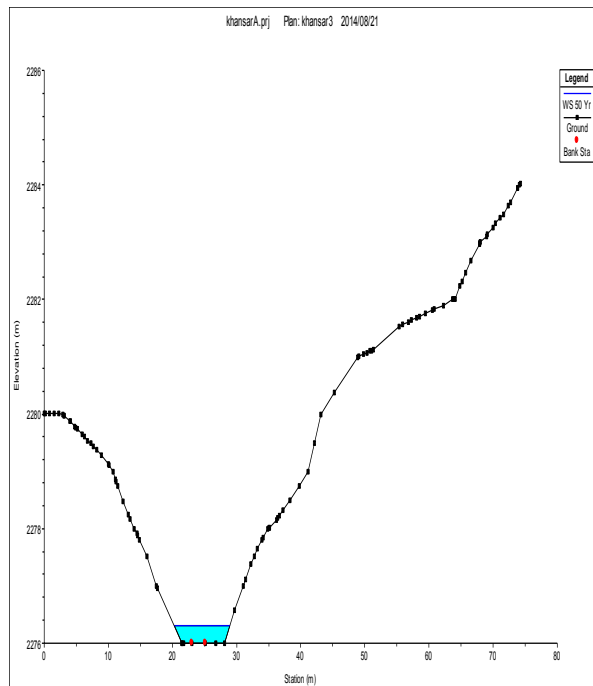
در این جدول به ترتیب از سمت چپ ردیف، شماره مقطع، دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله، ارتفاع سطح آب بر حسب متر (ارتفاع از سطح دریا)، سرعت جریان در کانال اصلی بر حسب متر بر ثانیه، تنش برشی جریان بر حسب نیوتن بر مترمربع، قدرت جریان بر حسب نیوتن بر متر در ثانیه، سطح جریان بر حسب متر مربع، بیشترین عرض بر حسب متر و عدد فرود آورده شده است.



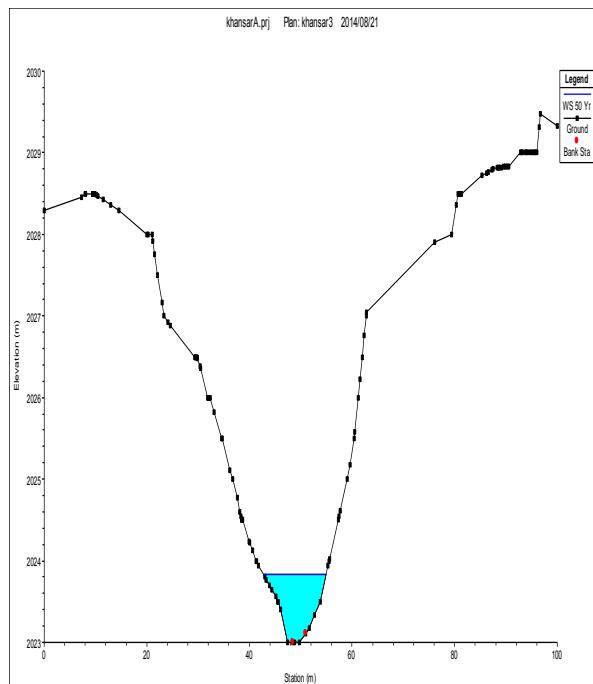
شکل (۴) مقاطع عرضی با دوره بازگشت ۵۰ ساله در بازه بالادست رودخانه خوانسار



شکل (۵) مقاطع عرضی با دوره بازگشت ۵۰ ساله در محدوده شهری رودخانه خوانسار



شکل (۶) مقاطع عرضی با دوره بازگشت ۵۰ ساله در خارج از محدوده شهری تا روستای وانشان

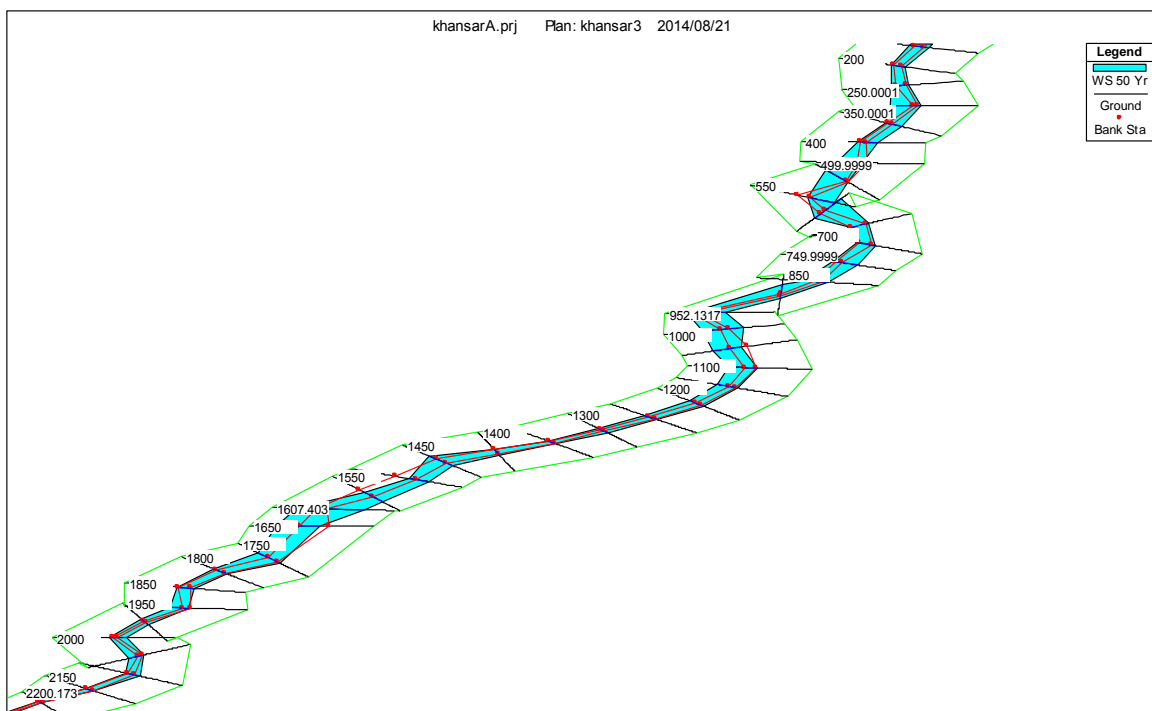


جدول (۵) پارامترهای هیدرولیکی تعدادی از مقاطع رودخانه خوانسار با دوره بازگشت ۵۰ ساله از سد باغگل تا محدوده شهری

شماره مقاطع	دبی مجموع	ارتفاع سطح آب	سرعت	تنش برشی	قدرت جریان	مساحت جریان	عرض آبگرفتگی	عدد فرود
	مترمکعب بر ثانیه	متر	متر/ ثانیه	نیوتن / مترمربع	نیوتن / متردرثانیه	مترمربع	متر	
۵۰۰	۳۶/۱۸	۱۹۶۰/۳	۱/۱	۹/۵	۱۰/۲	۳۲/۵	۳۴/۵	۰/۳
۴۵۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۹/۸	۲	۴۱/۷	۸۴/۳	۱۴/۱	۲۱/۱	۱
۴۰۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۸/۸	۴/۲	۱۵۰/۳	۶۳۵/۳	۱۰	۱۵/۶	۱/۵
۳۵۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۸/۵	۳/۳	۸۲/۹	۲۷۰/۵	۱۲/۷	۱۵/۱	۱/۱
۳۰۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۸/۱	۲/۳	۳۴/۹	۸۰/۱	۲۲/۷	۲۴/۸	۰/۶
۲۵۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۷/۶	۳/۲	۸۷/۷	۲۵۳/۹	۱۲/۶	۱۴/۲	۱
۲۰۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۶/۷	۴/۱	۱۳۱/۴	۵۴۴/۴	۱۰	۱۲/۱	۱/۳
۱۵۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۶/۷	۲	۲۷/۵	۵۶/۱	۲۰/۷	۱۶/۲	۰/۵
۱۰۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۶/۲	۲/۶	۶۰/۱	۱۵۷/۴	۱۲/۱	۱۳/۴	۱
۵۰	۳۶/۱۸	۱۹۵۴/۴	۵	۲۳۰/۶	۱۱۴۹/۸	۷/۳	۱۲/۶	۲/۱

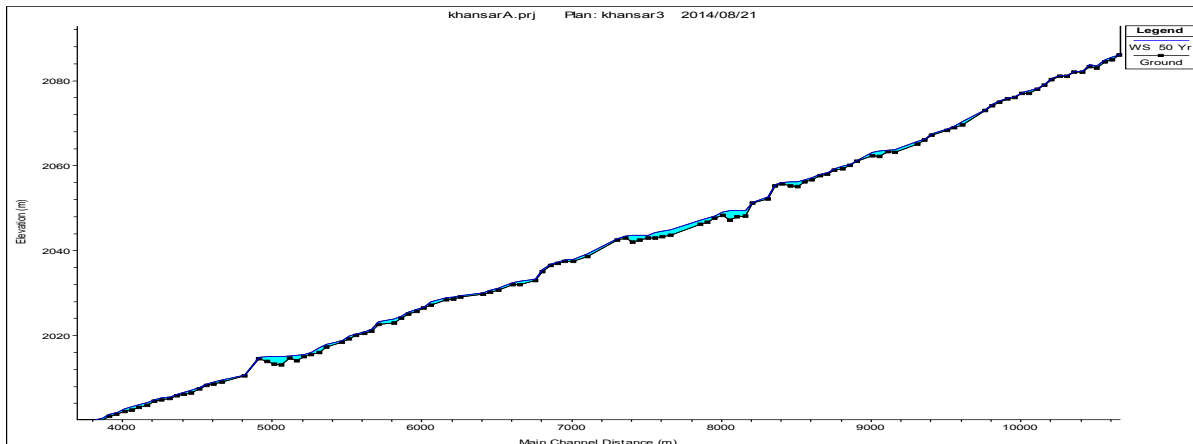
۳-۲-۱. هندسه مدل و تهیه مدل هیدرولیکی رودخانه

با استخراج مقاطع عرضی در موقعیت ها و فواصل مناسب بر روی نقشه‌های توپوگرافی، می‌توان مدل مناسبی از وضعیت موجود رودخانه و شرایط طرح، در نرم افزار HEC-RAS ایجاد نمود. براساس مدل تهیه شده پلان سه بعدی بازه ای از مقاطع عرضی روی آن در شکل شماره (۷) نشان داده شده است.



شکل (۷) پلان سه بعدی بازه ای از رودخانه خوانسار در دبی ۵۰ ساله

از جمله مهمترین اهداف مطالعات هیدرولیک جریان، مشخص کردن تراز سطح آب و عمق آن در هر نقطه از آبراهه می باشد. در واقع حل معادلات حاکم بر جریان ارتفاع تراز سطح آب در مقاطع مختلف را به عنوان یکی از اصل ترین نتایج مطالعات ارائه می دهد که براساس آن پهنه های آبگرفتگی نیز قابل محاسبه می باشد در شکل شماره (۸) پروفیل طولی بازه ای از جریان در شرایط طبیعی رودخانه و به ازای سیلاب ۵۰ ساله ارائه شده است.

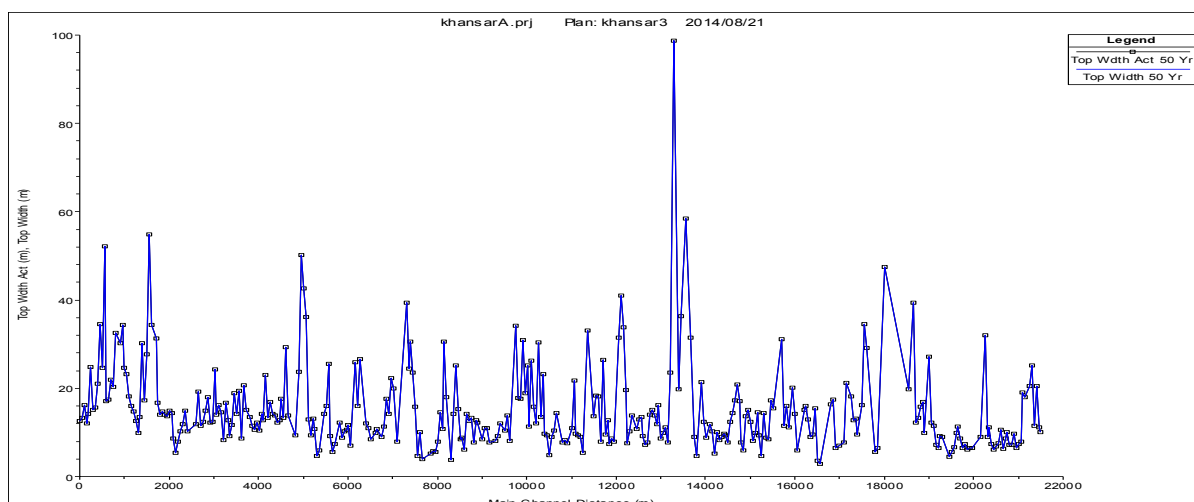


شکل (۸) پروفیل طولی رودخانه خوانسار در دبی ۵۰ ساله

با توجه به شکل فوق شیب کف رودخانه در مرز بالادست رودخانه خوانسار برابر با $0.2/0$ درصد و در مرز پایین دست رودخانه برابر $0.1/0$ می باشد. این مقادیر با مقادیر شیب در ایستگاه هیدرومتری باغگل در بالا دست رودخانه و در محل ورودی به محدوده شهری و ایستگاه هیدرومتری وانشان در پایین دست رودخانه در ورودی به روستای وانشان مقایسه گردید.

۲-۲-۳. تغییرات عرضی سطح آب

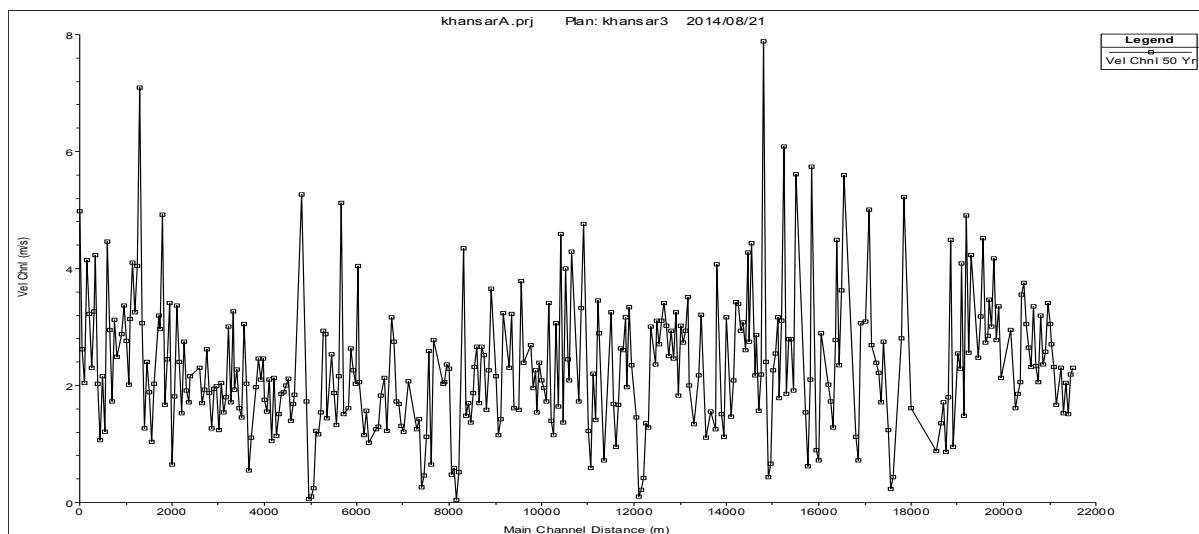
تعیین محدوده آبگرفتگی رودخانه و زمین های اطراف آن از مهمترین و کاربردی ترین نتایج مطالعات هیدروکیل رودخانه محسوب می شود. در واقع هدف مطالعات حاضر تعیین حدود بستر رودخانه ها و سیلابدشت آنها می باشد. تعیین دشت های سیلابی پس از تعیین مرز رودخانه که به آن بستر گفته می شود، میسر می باشد. به منظور بررسی تغییرات عرضی رودخانه در نمودار شکل (۹) میزان عرض آزاد آب به ازاء دبی ۵۰ ساله ارائه شده است.



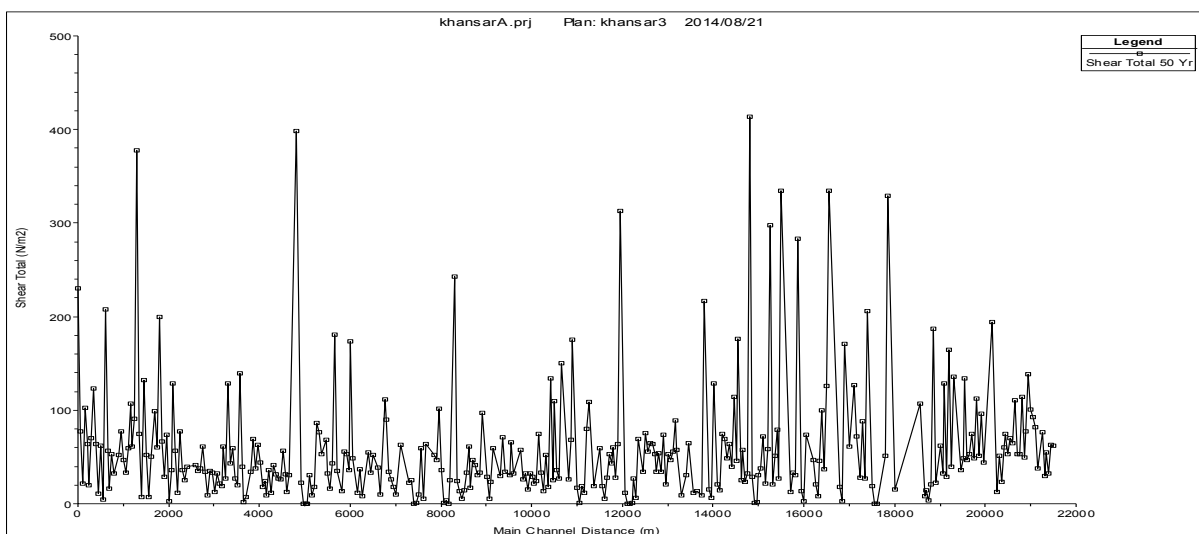
شکل (۹) تغییرات عرض سطح آب در دبی ۵۰ ساله

۳-۲-۳. تغییرات سرعت جریان و تنش برشی

پارامتر سرعت جریان در واقع تعیین کننده نوع جریان و معرف پتانسیل فرسایش پذیری یا رسوب گذاری در محدوده های مختلف رودخانه می باشد. در مطالعات هیدرولیک سرعت متوسط رودخانه در مقاطع مختلف آن محاسبه شده و می تواند در رفتارشناسی رودخانه و نحوه تغییرات آن کمک شایان توجهی نماید. در واقع با محاسبه سرعت و تنش جریان و مقایسه آن با سرعت و تنش های بحرانی در بازه های مختلف رودخانه که براساس دانه بندی بستر آن قابل محاسبه است می توان قدرت فرسایش یا رسوب گذاری رودخانه را تشخیص داد. در اشکال شماره (۱۰) و (۱۱) تغییرات طولی سرعت متوسط و تنش برشی جریان در طول رودخانه برای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله نشان داده شده است. با توجه به اشکال یاد شده تغییرات سرعت جریان و عرض سطح آب در دبی های مختلف در تناسب با یکدیگر در هر دو شکل نشان داده شده و بیانگر بالا بودن سرعت در جاهایی است که عرض جریان کم شده و عکس این مطلب نیز صادق است.



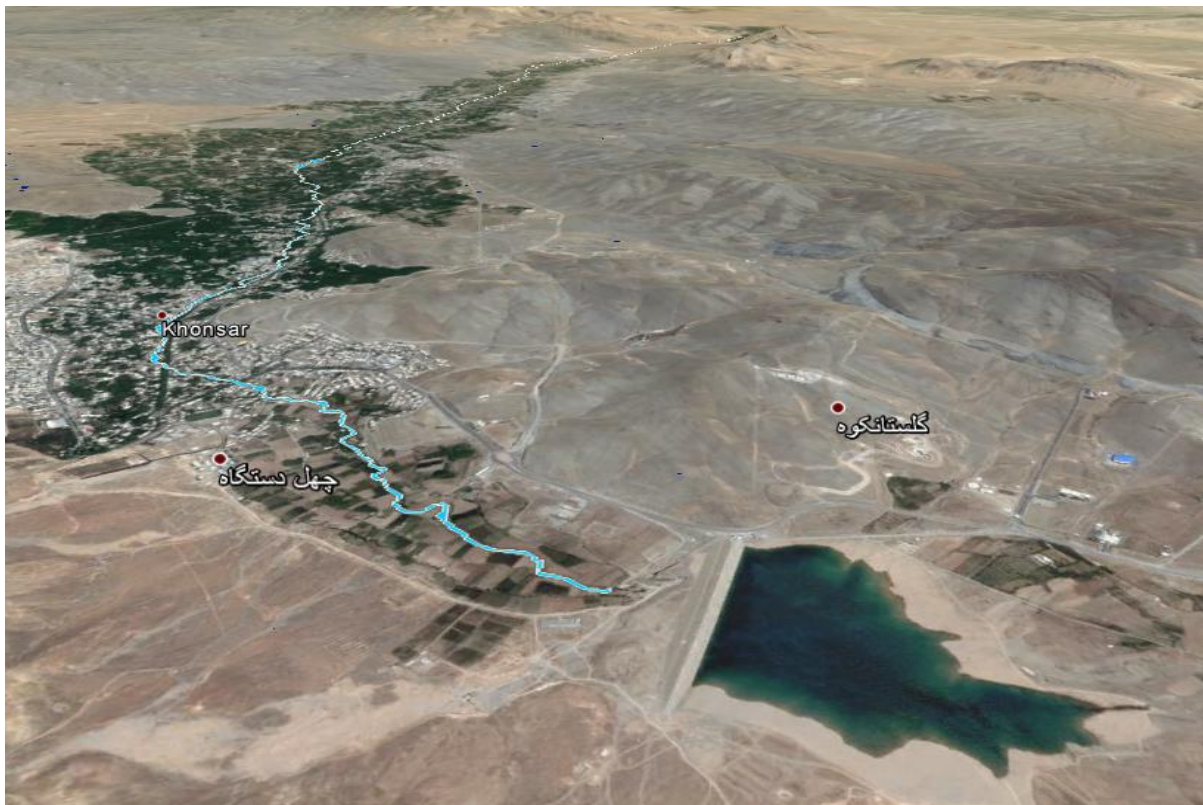
شکل (۱۰) تغییرات سرعت جریان در دبی ۵۰ ساله



شکل (۱۱) تغییرات تنش برشی جریان در دبی ۵۰ ساله

۳-۳. نتایج به دست آمده از الحاقیه HEC-GeoRAS

نسخه ۴۳۱-HEC-GeoRAS مورد استفاده یکی از ضمائم^{۱۰} نرم افزار ArcGIS است که در فوریه ۲۰۱۱ تولید شده است و برای پردازش داده‌های زمینی در سیستم تحلیل رودخانه HEC-RAS طراحی شده و به کاربران امکان تهیه لایه‌های ورودی به مدل HEC-RAS را در محیط ArcGIS می‌دهد. این لایه‌ها شامل اطلاعات استخراج شده از لایه TIN^{۱۱} (شبکه نامنظم مثلثی)، مانند مشخصات رودخانه، بازه‌ها، خطوط مقاطع عرضی و طول بازه پایین دست برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست و نیز اطلاعات دیگری مانند ضریب مانینگ، گوره‌ها، سطوح جریان غیر موثر، سطوح مسدود شده، پل‌ها و کالورت و ... است. در این مرحله با استفاده از ضمیمه HEC-GeoRAS در محیط نرم‌افزار ArcGIS از روی نقشه‌های پلان رودخانه به مقیاس ۱:۲۰۰۰ شرایط بستر نظیر خط اصلی جریان، کناره‌ها و مقاطع عرضی شبیه‌سازی گردید. با توجه به شرایط بستر رودخانه و کناره‌ها، ۳۳۸ مقطع برای رودخانه خوانسار، به نحوی که معرف وضعیت عمومی رودخانه باشد در نظر گرفته شد. سپس برای تکمیل شرایط شبیه‌سازی، فایل‌های تهیه‌شده در محیط GIS به محیط مدل HEC-RAS انتقال داده شد. پس از انجام محاسبات هیدرولیکی فایل نهایی مجدداً به محیط GIS منتقل گردید. در این محیط توسط دستورات HEC-GeoRAS بر روی این فایل‌ها فرآیندهای لازم صورت گرفته و برای هر یک از پروفیل‌های سطح آب، نقشه‌های گستره سیل و یا عمق آب ساخته می‌شود. در انتها جهت نمایش بهتر و تعیین دقیق‌تر مکان‌های خطر پذیر سیل لایه‌ها پس از تبدیل به فایل‌های kmz، وارد Google Earth می‌گردند. در اشکال (۱۲) تا (۱۸)، نقشه‌های گستره سیل با دوره بازگشت ۵۰ ساله تهیه شده در محیط HEC-GeoRAS در نرم افزار Google Earth نمایش داده شده است. در این نقشه‌ها بازه‌هایی از رودخانه که در خطر طغیان قرار دارند مشخص گردیده اند.



شکل (۱۲) نقشه پهنه سیل ۵۰ ساله رودخانه خوانسار در طول بازه مورد مطالعه از سد باغگل تا روستای وانشان

۱۰- Extentions

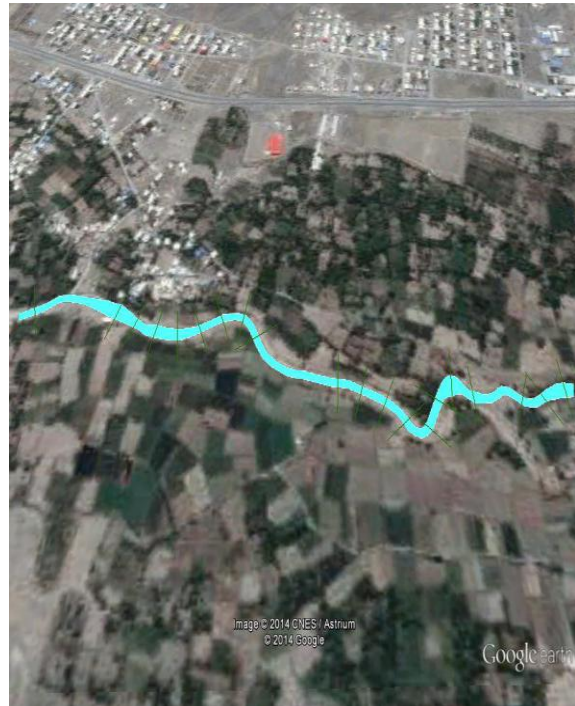
۱۱-Triangulated Irregular Network



اشکال (۱۳) و (۱۴) نقشه های پهنه سیل ۵۰ ساله از سد باغگل تا محدوده شهری و در محدوده جنوبی شهر خوانسار



اشکال (۱۵) و (۱۶) نقشه های پهنه سیل ۵۰ ساله در محدوده مرکزی و شمالی شهر خوانسار



اشکال (۱۷) و (۱۸) نقشه های پهنه سیل ۵۰ ساله در خارج از محدوده شهری و ابتدای روستای وانسان

۳-۴. شناسایی بازه های حادثه خیز

شناسایی و تعیین بازه های حادثه خیز رودخانه در منطقه مورد مطالعه هدف اصلی این تحقیق می باشد که این مهم انجام و ۳ نمونه از این بازه ها در جدول شماره (۶) آورده شده است.

جدول شماره (۶) پارامترهای هیدرولیکی تعدادی از مقاطع بازه های حادثه خیز با دوره بازگشت ۵۰ ساله رودخانه خوانسار

شماره مقاطع	دبی مجموع	ارتفاع سطح آب	سرعت	تنش برشی	قدرت جریان	مساحت جریان	عرض آبگرفتگی	عمق حداکثر
	مترمکعب برثانیه	متر	متر/ ثانیه	نیوتن/ مترمربع	نیوتن/ متردثانیه	مترمربع	متر	
۲۰۳۵۰	۷.۱۸	۲۲۸۹.۶	۱.۹	۲۹.۷	۵۵.۲	۲.۶	۹.۰	۱.۵
۲۰۳۰۵	۷.۱۸	۲۲۸۹.۷	۱.۶	۱۹.۱	۳۰.۷	۵.۸	۳۱.۹	۱.۰
۲۰۲۰۰	۷.۱۸	۲۲۸۶.۳	۳.۰	۹۶.۳	۲۸۴.۷	۱.۵	۸.۹	۳.۳
۱۹۱۰۰	۷.۱۸	۲۲۶۳.۳	۲.۳	۳۶.۲	۸۲.۸	۳.۵	۱۲.۲	۱.۳
۱۹۰۵۰	۷.۱۸	۲۲۶۲.۱	۲.۶	۶۳.۸	۱۶۲.۴	۳.۰	۲۷.۲	۲.۴
۱۸۹۵۰	۷.۱۸	۲۲۶۰.۸	۱.۰	۸.۴	۸.۱	۳.۷	۹.۹	۰.۸
۱۸۷۰۴	۷.۱۸	۲۲۵۶.۶	۱.۴	۱۳.۳	۱۸.۰	۶.۴	۳۹.۴	۰.۸
۱۸۶۰۰	۷.۱۸	۲۲۵۴.۷	۰.۹	۱۴.۷	۱۲.۹	۲.۲	۱۹.۸	۲.۳

در این جدول پارامترهای هیدرولیکی بازه های حادثه خیز شامل دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله، ارتفاع سطح آب برحسب متر (ارتفاع از سطح دریا)، سرعت جریان در کانال اصلی بر حسب متر بر ثانیه، تنش برشی جریان بر حسب نیوتن بر مترمربع، قدرت



جریان برحسب نیوتن بر متر در ثانیه، سطح جریان بر حسب متر مربع، بیشترین عرض برحسب متر و حداکثر عمق جریان آورده شده است.

تعداد این بازه ها ۱۷ عدد می باشد که شامل ۷۸ مقطع عرضی است. بیشترین عرض جریان آب در فاصله ۷۶۵۱ متری از سد باغگل و در مقطع شماره ۱۳۳۴۹ قرار دارد. این مقطع در نیمه شمالی محدوده شهری قرار دارد و عرض آب به ۹۸/۸ متر می رسد. بیشترین عمق آب در این مقطع ۱/۱ متر، سرعت به ۱/۳ متر بر ثانیه، تنش برشی به ۱۶/۲ نیوتن بر متر مربع و قدرت جریان به ۲۱/۵ نیوتن بر متر در ثانیه می رسد.

۴- بحث و نتیجه گیری

۴-۱. بحث

تعداد بازه های حادثه خیز ۱۷ عدد است که از این تعداد ۱۱ بازه در محدوده شهری خوانسار و ۶ عدد در خارج از محدوده شهری حد فاصل مرز انتهایی محدوده شهری خوانسار تا روستای وانسان قرار دارند. در جدول شماره (۸) این بازه ها به سه دسته پر خطر (A)، بازه های خطرناک (B) و بازه های کم خطر (C)، تقسیم بندی شده اند که با توجه به قرار گیری آنها در داخل و خارج محدوده شهری و به تناسب اهمیت آنها می بایست نسبت به ساخت، بازسازی و اصلاح آنها اقدام نمود. در این جدول دسته بندی بازه های پرخطر (A) بر مبنای سرعت جریان بیش از ۳ متر بر ثانیه رودخانه در نظر گرفته شده است. در این حالت در صورت وجود کانال، نیاز به افزایش ارتفاع مناسب دیواره تا بیش از ارتفاع عمق آبگرفتگی و نیز تقویت دیواره های کانال و همچنین کف سازی کانال با پوشش سنگی یا بتنی دارد. در صورت عدم وجود کانال در محدوده شهری و نیز خارج از محدوده شهری، می بایست نسبت به احداث دیواره حفاظتی از نوع سنگی و بتنی با لحاظ کف سازی در محدوده شهری و دیواره حفاظتی از نوع سنگی و گابیونی در خارج از محدوده شهری اقدام نمود. این بازه ها در جدول شماره (۷)، عبارتند از بازه های شماره ۱، ۶، ۷، ۹، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ که از این ۷ بازه ۴ بازه اول در محدوده شهری خوانسار و ۳ بازه آخر در خارج از محدوده شهری منتهی به روستای وانسان قرار دارند.

جدول (۷) ماکزیمم و مینیمم پارامترهای هیدرولیکی بازه های پرخطر با دوره بازگشت ۵۰ ساله رودخانه خوانسار

شماره بازه	دبی مجموع (m ³ /s)	ارتفاع سطح آب (m)	حداقل سرعت (m/s)	حداکثر عرض آب (m)	حداقل عرض آب (m)	حداکثر عمق (m)	حداقل عمق (m)	فاصله تا سد (m)	نوع بازه
۲	۷/۱۸	۲/۶	۱.۰	۲۷.۲	۹.۹	۲.۴	۰.۸	۱۹۰۰	B
۳	۷/۱۸	۱/۴	۰.۹	۳۹.۴	۱۹.۸	۲.۳	۰.۸	۲۲۹۶	C
۴	۷/۱۸	۱/۶	۱.۶	۴۷.۵	۴۷.۵	۱.۳	۱.۳	۲۹۵۱	B
۵	۷/۱۸	۱/۲	۰.۰	۳۴.۶	۱۶.۳	۰.۹	۰.۱	۳۳۵۰	C
۶	۷/۱۸	۴/۴	۱.۶	۲۰.۸	۱۲.۳	۳.۸	۱.۲	۶۲۰۰	A
۷	۷/۱۸	۳/۲	۱.۱	۹۸.۸	۱۹.۸	۳.۰	۱.۰	۷۳۰۰	A
۸	۷/۱۸	۱/۵	۰.۱	۴۱.۰	۱۹.۶	۰.۹	۰.۰	۸۷۵۰	C
۹	۷/۱۸	۳/۳	۰.۷	۳۳.۰	۷.۹	۲.۳	۰.۴	۹۲۵۰	A
۱۰	۷/۱۸	۲/۷	۱.۵	۳۴.۳	۸.۲	۲.۶	۱.۱	۱۰۹۵۰	B
۱۱	۷/۱۸	۰/۶	۰.۰	۳۰.۶	۱۰.۹	۰.۹	۰.۰	۱۲۷۵۰	C
۱۲	۷/۱۸	۲/۱	۰.۱	۳۹.۴	۸.۰	۱.۲	۰.۱	۱۳۴۵۰	B
۱۳	۷/۱۸	۱/۶	۱.۰	۲۶.۶	۱۶.۰	۱.۰	۰.۵	۱۴۷۰۰	B
۱۴	۷/۱۸	۱/۷	۰.۱	۵۰.۱	۱۲.۹	۱.۰	۰.۰	۱۵۸۵۰	B
۱۵	۳۶/۱۸	۳/۲	۱.۰	۵۴.۸	۱۶.۷	۱.۶	۰.۳	۱۹۲۰۰	A



۱۶	۳۶/۱۸	۳/۴	۲۰	۳۴.۳	۱۸.۲	۱.۵	۰.۷	۱۹۸۵۰	A
۱۷	۳۶/۱۸	۴/۵	۱.۱	۵۲.۱	۱۵.۶	۲.۱	۰.۳	۲۰۳۵۰	A

بازه هایی که سرعت جریان رودخانه بین ۱/۵ تا ۳ متر بر ثانیه و عمق جریان نیز از ۱ تا ۳ متر باشد، بازه های خطرناک (B) قلمداد می گردند. این بازه ها شامل بازه های شماره ۲، ۴، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ است که از این تعداد بازه های شماره ۲، ۴ و ۱۰ در محدوده شهری و دیگر بازه ها در خارج از محدوده شهری قرار دارند. تقویت کانال های موجود در محدوده شهری و کف سازی مناسب می تواند به هدایت مناسب جریان رودخانه و عدم پخش شدگی آب و آبگرفتگی حاشیه رودخانه منجر گردد. در خارج از محدوده شهری نیز احداث دیواره سنگی یا گابیونی در بازه های مورد اشاره می تواند از آبگرفتگی اراضی حاشیه رودخانه در دبی های با دوره بازگشت بالا کمک نماید.

در شرایطی که که سرعت جریان کمتر از ۱/۵ متر بر ثانیه و عمق جریان سیلابی نیز کمتر از ۱ متر باشد که در جدول (Y) تعداد آنها به ۴ بازه می رسد و همگی آنها نیز در محدوده شهری خوانسار قرار دارند، می توان با تقویت دیواره ساحلی کانال موجود، جریان سیلابی را در مسیر رودخانه هدایت نمود و از گسترش آن به مناطق اطراف رودخانه جلوگیری نمود. این بازه ها عبارتند از بازه شماره ۳، ۵، ۸ و ۱۱ که در دسته بندی (C) که همان بازه های با خطر کم می باشد دسته بندی می شوند.

۲-۴. نتیجه گیری

Mays (۱۹۹۶)، کنترل و کاهش خسارات حاصل از سیل یکی از موضوعات اساسی در مدیریت منابع آب به شمار می آید که مهار کامل آن ممکن نیست یا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد. بنابراین موضوع اصلی در این زمینه مهار و کنترل سیلابها در حد بهینه و اقتصادی است. روش های موجود و مورد استفاده در رابطه با مقابله با سیلاب که در حوضه آبریز رودخانه خوانسار بیشترین کارایی را دارد به شرح ذیل پیشنهاد می گردد:

روش های مختلف جهت مقابله با سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله با توجه به دسته بندی بازه ها:

- ۱ - احداث دیواره سیل بند برای هدایت رواناب، مهار سیلاب و جلوگیری از گسترش سیل در مناطق حفاظت شده و اراضی کشاورزی و شهری در هر یک از بازه های سه گانه با توجه به درجات خطرناکی آنها.
 - ۱ - ۱ - دیوار سیل بند بتنی در بازه های نوع A
 - ۱ - ۲ - دیوار سیل بند سنگی در بازه های نوع A و B
 - ۱ - ۳ - دیوار سیل بند گابیونی در بازه های نوع A و B
- ۲ - هدایت جریان به پایین دست با محدود کردن جریان سیلاب از میان آبراهه های مشخص بوسیله ای احداث خاکریزهای طولی (دوره یا دایک) در بازه هایی از رودخانه که در خارج از محدوده شهری قرار دارند.
- ۳ - افزایش ظرفیت رودخانه به وسیله تعریض و یا تعمیق بستر رودخانه و نیز کاهش مقاومت هیدرولیکی جریان (اصلاح مسیر رودخانه در خارج از محدوده شهری و داخل محدوده شهری در جاهایی که دیواره ساحلی وجود ندارد).
- ۴ - انحراف سیلاب از رودخانه اصلی به کانال یا مسیر فرعی در خارج از محدوده شهری.
- ۵ - استفاده از سد باغگل جهت کاهش دبی اوج سیلاب.
- ۶ - تعمیق و لایروبی استخرهای موجود در منطقه جهت ذخیره آب و کاهش خطرات در مواقع سیلاب.
- ۷ - استفاده تلفیقی از مدیریت سازه ای در کنار مدیریت غیرسازه ای در زمینه کنترل و پیشگیری سیلاب.
- ۸ - فرهنگ سازی بین عموم ذینفعان در زمینه رعایت حد حریم و بستر رودخانه.
- ۹ - جلوگیری از برداشت بی رویه مصالح از بستر رودخانه که صدمات جبران ناپذیری بر بستر رودخانه و محیط زیست آن در برخواهد داشت.

۱۰ - آگاهی رسانی به ساکنان مجاور رودخانه در هنگام مواجهه با سیلاب و چگونگی اتخاذ تدابیر پیشگیرانه



منابع و مأخذ

۱. تاجداری، خ. خانمیرزایی، ر. حق بین، ن (۱۳۹۲) شبیه سازی پهنه سیل گیر رودخانه سیاه رود در محدوده شهر رشت با استفاده از GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، شهرداری تهران، ۲۳ اردیبهشت.
۲. درخشان، ش. غلامی، و. تقوی سلیمی، ا. (۱۳۸۹) شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه گوهررود و سیاه رود با سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۶، شماره ۱۹، ص ۷۷.
۳. غلامی، و. سلیمانی، ک. ضیا تبار احمدی، م و موسوی، ر (۱۳۸۵) پیش بینی تأثیر اصلاح و برداشت موانع بستر رودخانه در کاهش خطر سیلاب و فرسایش کناری رودخانه ای (مطالعه موردی: رودخانه هراز)، مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه ارومیه، جلد ششم، ص ۷۶-۸۶.
۴. حسینی، م و ابریشمی، ج (۱۳۸۰) هیدرولیک کانال های باز. انتشارات آستان قدس رضوی، ص ۶۱۳.
۵. صفری، ع (۱۳۸۰)، تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشتهای سیلابی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.
۶. تلوری، ع. (۱۳۷۶)، مدیریت مهار سیلاب و کاهش خسارت سیل. کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه ها، همدان. ۱۶-۱۵، اردیبهشت ۵۹-۵۰.
۷. لیند، گ. (۱۳۷۲). سیل گیری شهرها. مصطفی بزرگ زاده. چاپ اول. انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران. ص ۳۸.
۸. زارع، ج. (۱۳۷۱). علل و عوامل سیلاب و آب گرفتگی در مناطق شهری ایران و راه های پیشگیری از آن. اولین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، تهران، ۲۳-۱۶۱ تبر. ۲۲-۱۴۹.

۹. Correia ,E.N., M.G. Saraiva, F.N. Silva and I.Romos. (۱۹۹۹). Floodplain Management in Urdan Development Area. Part II. Gis-Based Flood Analysis and Urdan Growth Modeling.
۱۰. Stephen,R. ۲۰۰۲. Hydrologic Investigation by the u.s. Geological Survey Following the (۱۹۹۶) and (۱۹۹۷) Flood in the upper Yellowstone River, moutana American water Resources Asseciattion ۱۹th Annual montana Section One, PP. ۱-۱۸
۱۱. Liang, S., and C.R.C. Mohanaty , (۱۹۹۷). Ophimization of Gis-Bassed Flood Hazard Zoning A case study at the Mahanady Comand Area in Catak District, Orrisa, India. Jornal of Chines Soil and Water Conservation ۲۸(۱),PP.۱۱-۲۰.
۱۲. PLATE, E.J. (۲۰۰۲). Flood Risk and Flood Manegmt, Journal of Hydrology ۲۶۷,P.P.۲-۱۱.
۱۳. Carson, E., (۲۰۰۶) Hydrologic modeling of flood conveyance and impacts of historic overbank sedimentation on West Fork Black s Fork. Vinta mountains, northeastern Utah, USA, Geomorphology, ۳۶۸-۳۸۳PP.
۱۴. Tate, E.C., F.Olivera, and D. Maidment, (۱۹۹۹) Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ARCVIEW GIS. Center for Research in Water Resources (CRWR).Report, NO.۱-۹۹pp.
۱۵. Pistocchi, A., and P.Mazzoli, (۲۰۰۲) Use of HEC-RAS and HECHMS models with ArcView for hydrologic risk management, Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. P.zza G.B. Morgagni, ۲-۴۷۱۰۰ Forl, Italy. ۷P
۱۶. Mays, L.w., Reosources Handbook, Arizona State University, Megraw – Hill publication Co., ۱۹۹۶.