



## تهیه نقشه خطر سیل با تلفیق سیستم تحلیل رودخانه (HEC-RAS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: رودخانه سیمکان شهرستان جهرم)

وحید سهرابی

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

محمد ابراهیم عقیفی

دانشیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران (نویسنده مسئول)

[afifi.ebrahim6353@gmail.com](mailto:afifi.ebrahim6353@gmail.com)

پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۵

دریافت: ۱۴۰۲/۱/۱۸

### چکیده

مناطق مجاور رودخانه ها که به دلیل شرایط خاص، فضاهایی مناسب برای انجام فعالیتهای اقتصادی محسوب میشوند، همواره در معرض خطرات ناشی از وقوع سیلابها قرار دارند. از این رو در این مناطق تعیین میزان پیشروی، ارتفاع و خصوصیات سیلاب در دوره بازگشته ای مختلف که تحت عنوان پهنه بندی سیلاب صورت می گیرد، حائز اهمیت فراوان خواهد بود. رودخانه سیمکان با توجه به شرایط خاص حوضه آبریز و تغییر ناگهانی شیب از مناطق مرتفع به دشت آبرفتی در چند دهه اخیر شاهد سیلهای متعدد و ویرانگری بوده، که اثرات جبران ناپذیر اقتصادی در این منطقه بجا گذاشته است. هدف از این تحقیق تهیه نقشه خطر سیل برای قسمتی از رودخانه نکارود میباشد که برای این منظور با تلفیق سیستم تحلیل رودخانه مرکز مهندسی هیدرولوژیکی (HEC-RAS) با سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه عمق و سرعت سیل این رودخانه مدل سازی شده است. به منظور دستیابی به تابع مناسب برای پهنه بندی خطر جریان از ویژگی انرژی جریان برحسب تغییرات عمق و سرعت استفاده شده است. بر اساس آن نقشه خطر سیل به دست آمده و مناطق با درجات مختلف خطر از نظر انرژی جریان طبقه بندی و تجزیه و تحلیل شده است روشی که در مدل های دو بعدی غیر ماندگار و همچنین نرم افزار Hec-Geo Ras بکار رفته است. نتایج بیانگر آسیب پذیر بودن منطقه در برابر سیل با دوره بازگشت بالاتر از ۲۵ سال میا شد. با افزایش زمان دوره بازگشتهای سیل، سطح منطقه تحت تأثیر سیل افزایش می یابد. نتایج پژوهش ضرورت برنامه ریزی و مدیریت راهکارهای حفاظتی جهت کاهش خسارات ناشی از سیل را نمایان می سازد که رضایت بخشی در بسیاری از موارد حاصل گردیده است. این پژوهش به وضوح نشان میدهد که سیستم اطلاعات جغرافیایی یک محیط مناسب برای تجزیه و تحلیل و تهیه نقشه خطر سیل فراهم میکند.

**واژگان کلیدی:** سیل، نقشه خطر، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیمکان

## مقدمه

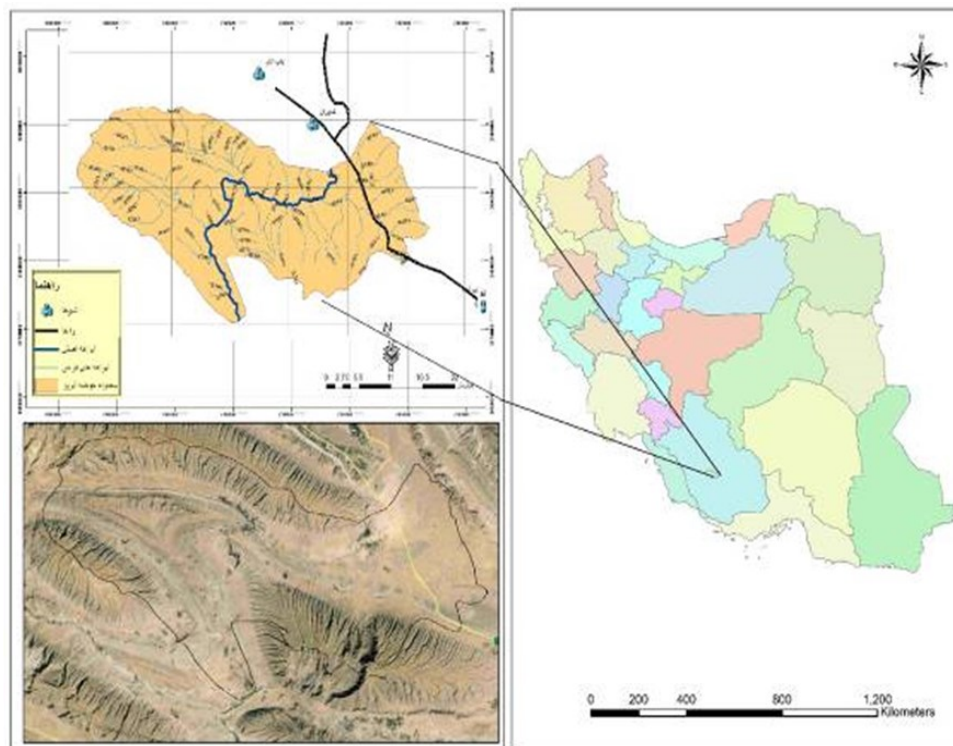
سیل آب فراوانی است که با سرعت جاری شده و پهنه ای از زمین را که در شرایط عادی زیرآب نیست در بر میگیرد و یکی از بزرگترین بلاهای طبیعی می باشد (گناهون و گیری، ۲۰۱۵: ۲). در میان سوانح طبیعی سیلاب بیشترین خسارت را به بخش های کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساختها وارد کرده و به شدت بر روی فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی تأثیر میگذارد (یانگ" و همکاران، ۲۰۰۶: ۲). این امر در کشور ما نیز صادق است. در اغلب سالهای گذشته حدود ۷۰ درصد اعتبارات سالانه طرح کاهش اثرات بالایی طبیعی و ستاد حوادث غیرمترقبه صرف جبران خسارات ناشی از سیل شده است و این خسارات مرتباً در حال افزایش میباشد. رشد ۲۵۰ درصدی خسارات ناشی از سیل در پنج دهه گذشته مؤید این ادعاست. از مهمترین عوامل تشدید کننده خسارات ناشی از سیلاب تغییر کاربری اراضی، توسعه ساخت وسازها و دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه می باشد. بنابراین تعیین بستر و حریم رودخانه و تهیه نقشه های پهنه بندی سیلاب از لحاظ برنامه ریزی جهت مدیریت، پیش بینی و کاهش خطرات و خسارات ناشی از سیل در این مناطق از اهمیت خاصی برخوردار است. پهنه بندی خطر سیلی بخشی از اقدامات غیرسازهای برای جلوگیری و کاهش اثرات مخرب سیل می باشد (دمیر و کیسی، ۲۰۱۶: ۲). روش های مختلفی برای تهیه نقشه خطر سیل وجود دارد که در این پژوهشی از مدل هیدرولیکی، معادله حاکم بر انرژی جریان و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه خطر سیلی استفاده شده است. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تهیه نقشه خطر سیل دارای مزیت های بارزی می باشد (۱) در صورت نیاز به اعمال تغییرات و به روز آوری نقشه ها بر اساس آمار و اطلاعات جدید، این امر به سادگی صورت میگیرد (۲) قابلیت نمایش عمق، سرعت و انرژی جریان در هر نقطه از سیلاب دشت را دارد (۳) تغییرات عوارض جغرافیایی موجود و تأثیر احتمالی آن را بر گستره و پهنه سیلاب را در نظر می گیرد (۴) امکان اتصال با مدل های هیدرولیکی و ایجاد سیستم های پیش بینی و هشدار سیل را فراهم می کند (۵) آرشو و نگهداری نقشه ها مطمئن تر و ساده تر بوده و بازایی و انتشار آن ها به سهولت میسر می باشد. با توجه به شرایط خاص حوضه آبریز سیمکان سیل های متعددی در حوضه شهری این منطقه رخ داده است. بخش اعظمی از حوضه آبریز دارای شیب نسبتاً زیاد می باشد. بیش از ۷۰ درصد از سطح حوضه آبریز، تا محل خروجی از کوهستان، از شیب بالای ۱۱-۲۵٪ درصد برخوردار است. محیط حوضه آبریز سیمکان ۱۷۸/۵ کیلومتر مساحت، ۱۰۶۰/۸ کیلومتر مربع، طول حوضه ۶۱ کیلومتر، ضریب گراویلیوس ۱/۵۳ و همچنین تراکم زهکشی حوضه ۵/۰۸ می باشد. همچنین از جمله عوامل سیل خیز بودن منطقه می توان مورادی همچون جنس زمین حوضه، ضریب شکل حوضه، و پیچان رود بودن رودخانه را بیان نمود.

### معرفی منطقه مورد مطالعه

۱ حوضه آبریز سی مکان در موقعیت جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۲ دقیقه و ۹ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۷. ۲۱ ثانیه طول جغرافیایی و ۲۸ درجه و ۳۸ دقیقه و ۱۴. ۷ ثانیه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه و ۳۸ ثانیه عرض جغرافیایی واقع شده است. مساحت حوضه آبریز سیمکان ۱۰۶۰۸۶ هکتار است .

در شمال حوضه آبریز شهرهای خاوران و باب انار و در شرق آن شهرهای قطب آباد و فسا و در جنوب آن شهرهای قیر و جهرم واقع شده اند. موقعیت مکانی این شهر و همچنین حوضه آبریز سیمکان در نقشه، شکل شماره (۱) نمایش داده شده است. یک جاده از قطب آباد بطرف خاوران از داخل حوضه آبریز عبور می کند.

حداقل ارتفاع ۸۵۰ متر از سطح دریا و در محل خروجی حوضه و حداکثر ارتفاع ۳۰۰۰ متر در شمال غرب حوضه آبریز می باشند. از لحاظ پستی و بلندی کوهستانی و دارای ویژگی های منحصر بفرد و از جمله جمع آوری هرز آبها و تحلیه آنها از یک محل محدود می باشد. مدیریت بر روی پوشش گیاهی آن باعث توسعه کشاورزی و اشتغال در اراضی شهر قیر خواهد شد .



شکل (۱): موقعیت حوضه آبریز سیمکان



## مواد و روش ها

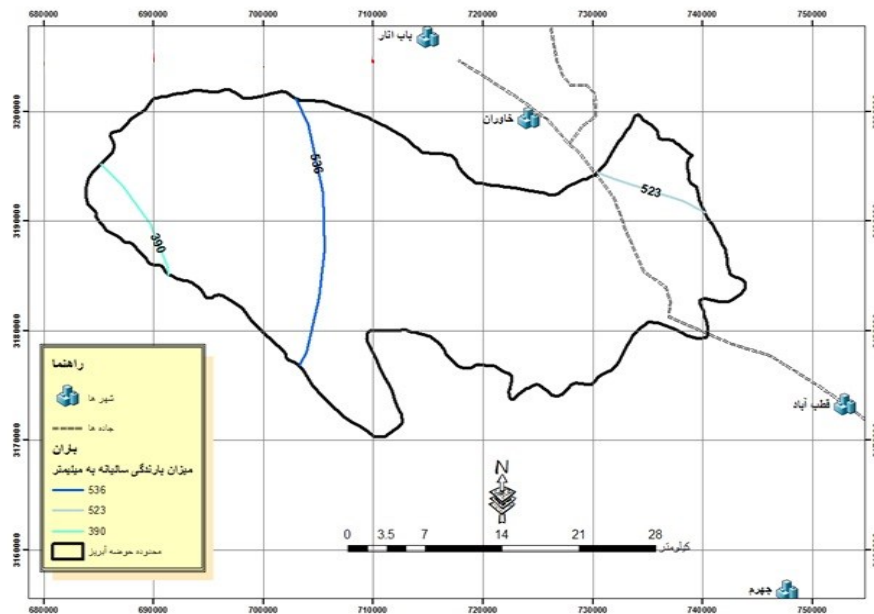
روش های موجود و متداول در تهیه نقشه های پهنه بندی سیل را می توان به چهار گروه عمده به شرح زیر تقسیم نمود:

- مشاهده ای و استفاده از داغاب سیلاب.
- مقایسه عکس های هوایی منطقه.
- محاسبه دستی.
- محاسبه با استفاده از مدل های ریاضی.

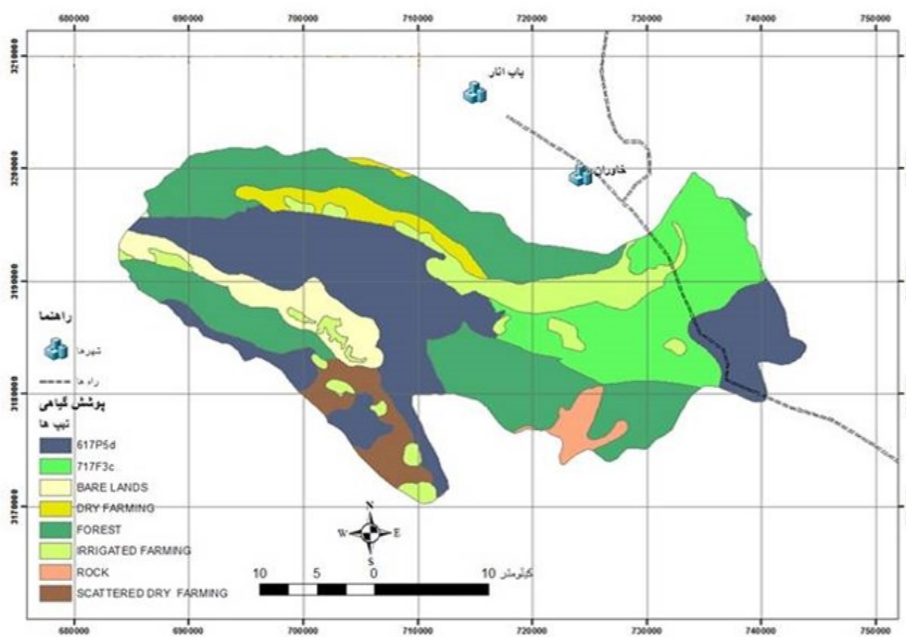
در این مطالعه از دقیق ترین و کاملترین آنها، یعنی محاسبه با استفاده از مدل های ریاضی در محیط GIS و با استفاده از نرم افزار های HEC- GeoRas, ArcGIS 10 و Hec- Ras بشرح زیر استفاده شده است .

الف - جمع آوری و سازماندهی و تکمیل لایه های اطلاعاتی پایه (شناخت اولیه) لایه های اطلاعاتی زیر جمع آوری و پس رفع خطاهای مکانی و توصیفی و تکمیل و سر و سامان دادن بانک اطلاعاتی آنها در پردازش ها بر حسب نیاز استفاده شده است.

- ۱- تهیه تصویر ماهواره ای حوضه آبریز.
- ۲- تهیه لایه راه ها جهت شناسایی حوضه آبریز.
- ۳- تهیه لایه شهر ها و روستا های حوضه آبریز.
- ۴- تهیه لایه بارندگی حوضه آبریز. شکل (۲)
- ۵- تهیه لایه پوشش گیاهی حوضه آبریز. شکل (۳)
- ۶- تهیه لایه زمین شناسی.
- ۷- تهیه لایه خاک شناسی



شکل (۲): خطوط هم بارش حوضه آبریز سیمکان

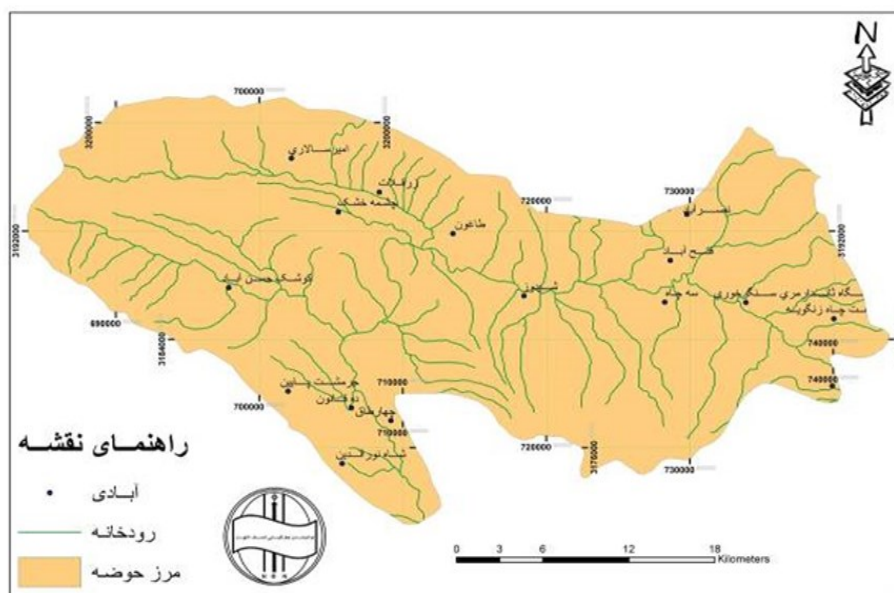


شکل (۳): موقعیت پوشش گیاهی حوضه آبریز سیمکان

ب- پس از شناخت اولیه حوضه آبریز لایه های اطلاعاتی زیر در ArcGIS 10 تهیه و اطلاعات توصیفی آنها تکمیل و آماده برای تجزیه و تحلیل بعدی گردید .

۱- لایه محدوده حوضه بصورت خطی و چند ضلعی با فرمت Shapefile و مختصات متریک برای محاسبات و ترسیم صحیح نقشه ها.

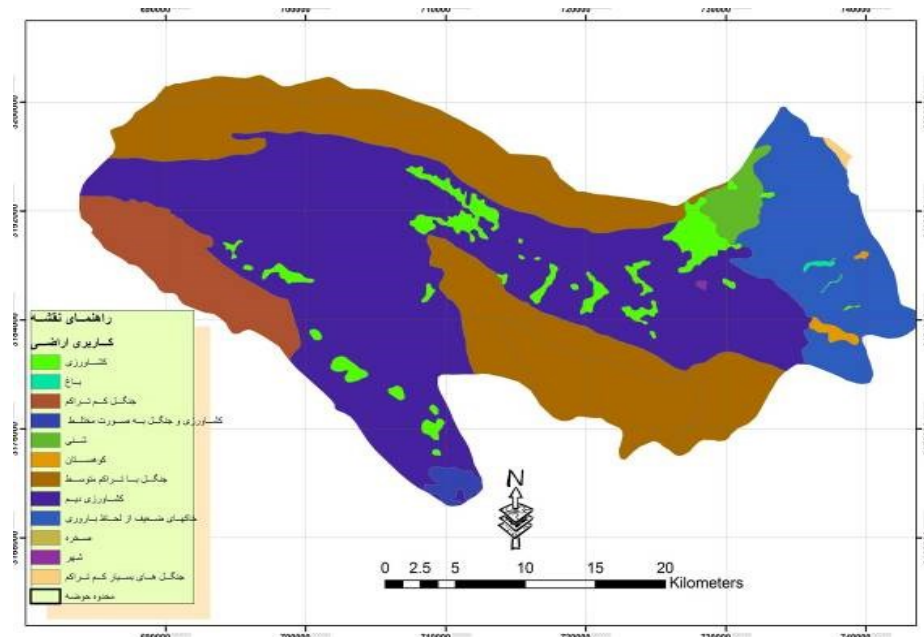
۲- تهیه محدوده های استان فارس، شهرستان جهرم و حوضه مطالعه جهت جانمایی درست آنها. شکل (۴)



شکل (۴): موقعیت حوضه مورد مطالعه

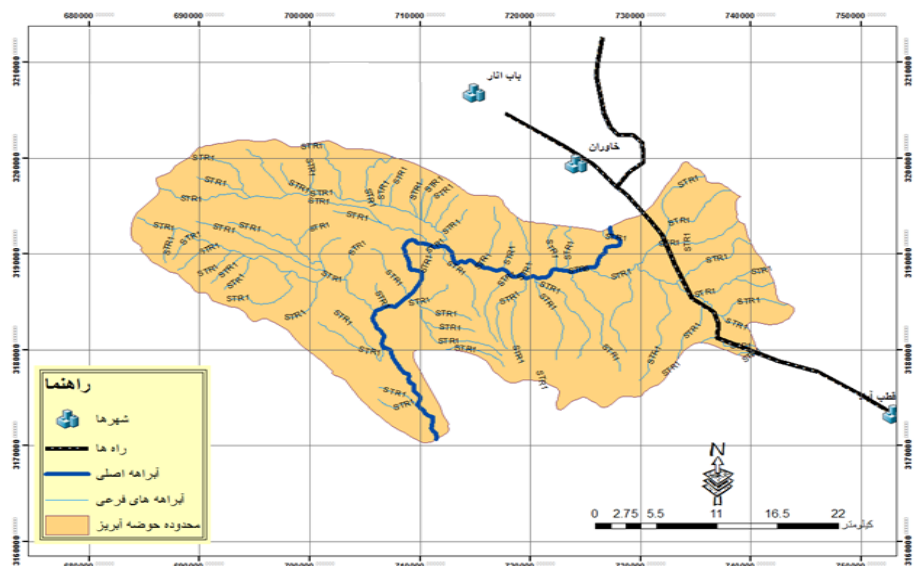
۳- تهیه لایه کاربری اراضی حوضه آبریز برای بدست آوردن ضریب های هیدرولوژی و هیدروگرافی

حوضه. شکل (۵)



شکل (۵): موقعیت کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه

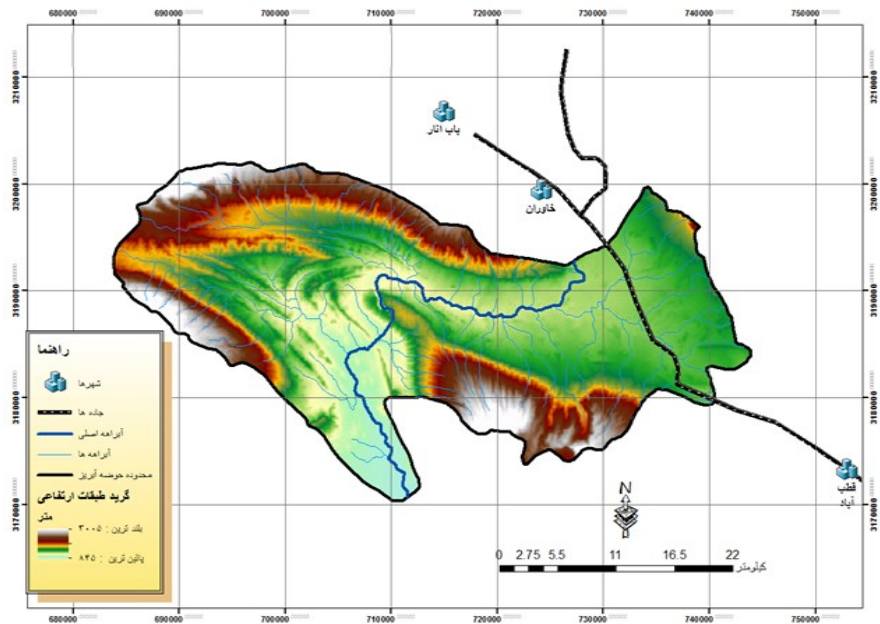
۴- تهیه لایه آبراهه های اصلی و فرعی برای استفاده در محاسبات هیدرولیک رودخانه اصلی با استفاده از لایه TIN، لایه آبراهه های جمع آوری شده با واقعیت مطابقت نداشت. شکل (۶)



شکل (۶): موقعیت تعیین رودخانه اصلی برای انجام محاسبات هیدرولیک

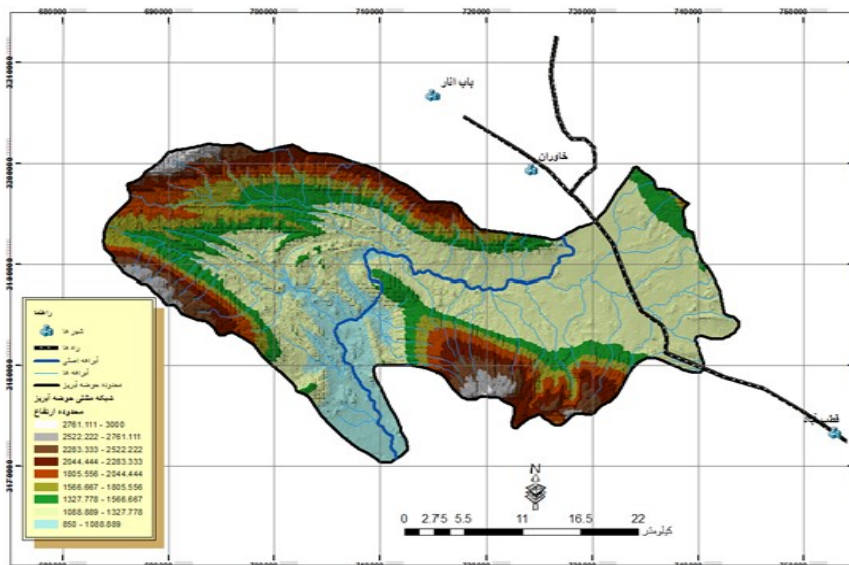
۵- تهیه لایه خطوط پستی و بلندی حوضه آبریز با دقت بالا (این لایه بسیار مهم است) و با فاصله خطوط تراز ده متری. (شکل ۷)





شکل (۷): موقعیت گرید طبقات ارتفاعی حوضه

- ۶- تهیه لایه DEM حوضه آبریز با اندازه سلول های ده متر در ده متر.  
 ۷- تهیه لایه TIN حوضه آبریز، این لایه اطلاعاتی در این مطالعه بسیار با اهمیت بوده و لذا با دقت بالایی تهیه شده است، شکل (۸)



شکل (۸): شبکه مثلثی حوضه آبریز



این لایه ها در GIS سازماندهی و یکسان سازی و کلیه خطا های مکانی و توصیفی آنها برطرف شده و سپس فیلد های غیر ضروری پاک و فیلد های مورد نیاز به آنها اضافه و در واقع از هر جهت تجزیه و تحلیل های مورد نیاز آماده شدند.

### تهیه لایه ها و تجزیه و تحلیل ها

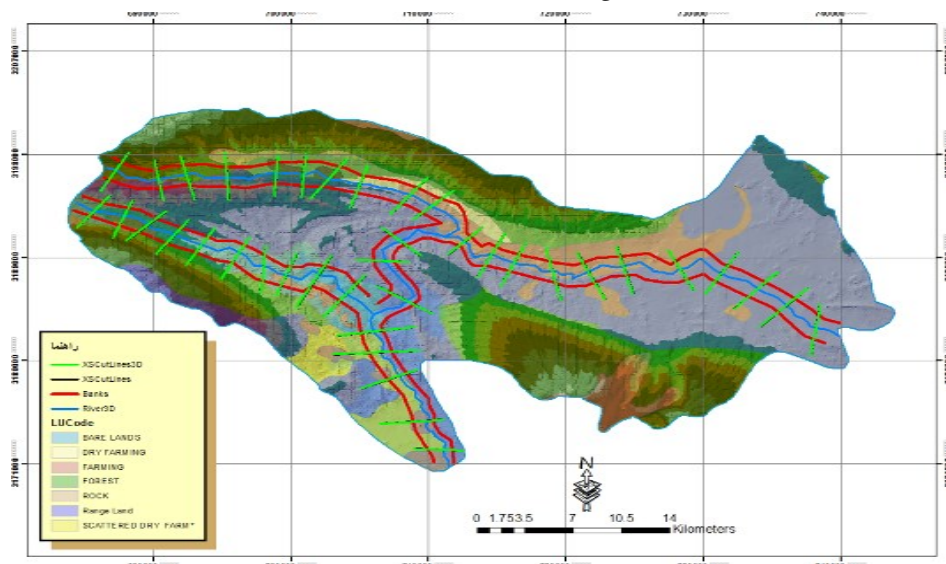
الف - تهیه لایه های اصلی در ArcGIS 10

ابتدا ابزار جانبی Hec- Geo Ras بر روی نرم افزار ArcGIS 10 راه اندازی، نصب و تست میشود. سپس در Hec- Geo Ras لایه مورد نیاز جهت تهیه پهنه بندی سیلاب بشرح زیر تهیه شد. این لایه های اطلاعاتی باهمکاری و استفاده از هر دو نرم افزار ذکر شده در محیط ArcGIS 10 تهیه شده است.

- ۱- لایه TIN که در واقع زیر بنای پهنه بندی سیلاب است در یک Data Frame قرار داده و بلافاصله آن را بصورت پروژه ذخیره می کنیم. فایل پروژه را در پوشه خود قرار می دهیم. کلیه تنظیمات لازم را انجام می دهیم.
- ۲- با استفاده از ابزار مربوطه در ابزار جانبی Hec- Geo Ras شروع به تهیه لایه رودخانه اصلی و مسیر های فرعی می کنیم. همزمان اطلاعات توصیفی آن را تکمیل می نمائیم. لازم به توضیح است که لایه رودخانه ها تهیه شده قبلی، کلی بوده و با طبیعت مطابقت نداشت و ضمنا ویژگی مورد نیاز را نیز نداشت.
- ۳- برای رفع خطا های احتمالی در هنگام تهیه لایه آبراهه ها بر روی آن توپولوژی خط اعمال می کنیم تا خطاهای مکانی برطرف گردد.

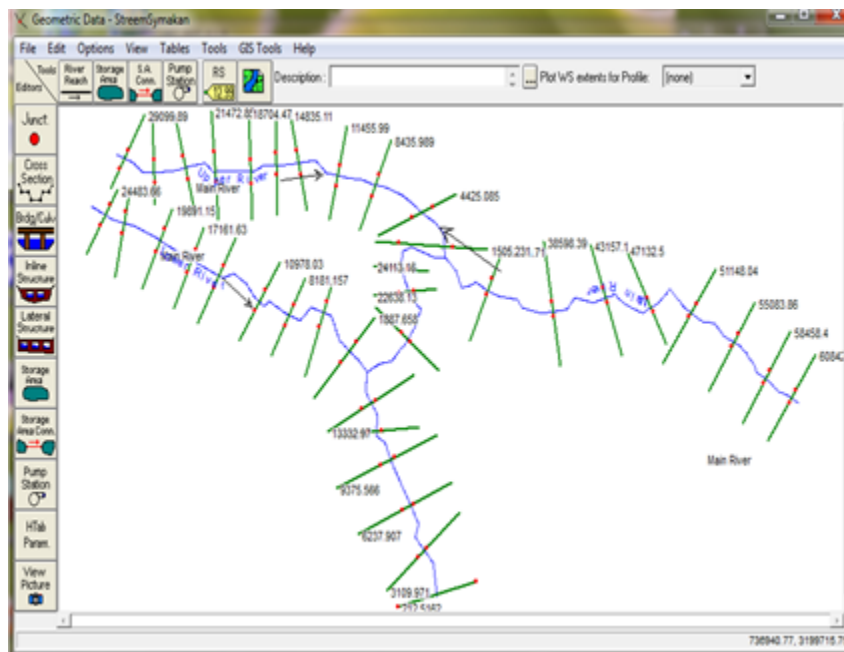
۴- تهیه لایه کناره های آبراهه یا Banks، این لایه در دوطرف آبراهه ترسیم شده تا مجرای اصلی رودخانه

از سیلاب اطراف مجزا گردد. شکل (۹)



شکل (۹): لایه کناره های آبراهه یا Banks

تهیه لایه مسیر جریان یا جهت مشخص کردن جهت جریان آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل (۱۰)



شکل (۱۰): لایه مسیر جریان یا جهت جریان آب

### محاسبه پروفیل سطح آب در نرم افزار Hec- Ras:

معرفی مدل: Hec- Geo Ras

بطور کلی مدل های ریاضی در مهندسی رودخانه را می توان به دسته بندی زیر تقسیم کرد:  
الف- زمانی:

- ۱- ماندگار: پارامترهای هیدرولیکی جریان نسبت به زمان ثابت هستند.
- ۲- غیر ماندگار: پارامترهای هیدرولیکی جریان نسبت به زمان متغیر می باشند.

ب: مکانی:

- ۱- یک بعدی: پارامترهای هیدرولیکی فقط در طول متغیر می باشند.
- ۲- دوبعدی: پارامترهای هیدرولیکی در طول و یک بعد دیگر متغیر می باشند.
- ۳- سه بعدی: پارامترهای هیدرولیکی در سه بعد متغیر هستند.

روشی که در مدل های دو بعدی غیر ماندگار و همچنین نرم افزار Hec- Geo Ras بکار رفته است بر اساس فرضیات می باشد و نتایج رضایت بخشی در بسیاری از موارد حاصل گردیده است. این فرضیات عبارتند از:

- جریان غیر ماندگار است (تغییر در عمق آب و یا دبی نسبت به زمان رخ می دهد)
- جریان دو بعدی است (تغییرات و مشخصه های جریان در طول و عرض و عمق رخ می دهد).



- جریان متغیر تدریجی است (تغییرات پروفیل سطح آب تدریجی صورت می گیرد).
- رودخانه دارای شیب متوسط است.
- شیب افت یا خط انرژی بین دو مقطع مجاور ثابت نمی باشد.
- مرزها فرسایش پذیر فرض شده است.

در مدل Hec- Ras از قوانین بقای جرم و اصل بقای انرژی و معادله ممتنم و از روش عددی گام به گام استاندارد برای محاسبه رقوم سطح آب بین دو مقطع، استفاده شده است. اساس این روش بر مبنای رابطه انرژی است که محاسبات را از یکی از دو انتهای بازه (در جریان فوق بحرانی از بالادست و در جریان زیر بحرانی از پایین دست) شروع می نماید و محاسبات را از مقطع به مقطع بعدی ادامه می دهد. در تنگ شدگیها و محل تغییر رژیم جریان (تبدیل جریان بحرانی به فوق بحرانی و بالعکس) نیز از معادله اندازه حرکت استفاده می گردد. افت طولی در مدل، از معادله مانینگ با توجه به تراز سطح آب، دبی، ضریب زبری و مشخصات هندسی مقطع و از حاصل ضرب میانگین شیب انرژی و فاصله بین دو مقطع محاسبه و حاصل می شود. افتهای موضعی که عمدتاً شامل افتهای ناشی از تنگ شدگی و باز شدگی مقطع می باشند، از حاصل ضرب ضریب تنگ شدگی یا ضریب باز شدگی در تفاضل انرژی سرعت بین دو مقطع، محاسبه می گردند.

#### • اطلاعات ورودی:

##### مشخصات هندسی :

- با توجه به وسعت حوضه مطالعاتی و عدم وجود نقشه های بزرگ مقیاس از تمامی رودخانه های موجود، لذا برای انجام مطالعات و تهیه مدل هیدرولیکی منطقه از اطلاعات مقاطع عرضی و پلان رودخانه نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱: ۲۰۰۰۰ استفاده شده است. در تهیه مقاطع عرضی رودخانه موارد زیر لحاظ شده است .
- محل مقاطع عرضی بر روی نقشه های توپوگرافی موجود عمود بر جهت جریان انتخاب شده است.
  - ترسیم مقاطع از ساحل چپ به ساحل راست رودخانه انجام می شود.
  - سعی گردیده گستره استخراج مقاطع عرضی در سیلاب دشت تا بالاترین محل تأثیر سیلاب طراحی و در دو طرف در نظر گرفته شود.
  - در فواصلی از رودخانه که دارای تغییراتی به لحاظ سطح مقطع و شیب بوده و همچنین در پیچها، مقاطع عرضی لازم تهیه گردیده است.
  - برای مدل نمودن پس از تهیه مقاطع عرضی و برداشت فواصل سواحل چپ و راست و کانال (main Channel) اطلاعات مربوطه جهت معرفی هندسه رودخانه از بسته الحاقی Hec Geo Ras در نرم افزار Arc GIS کمک گرفته است.

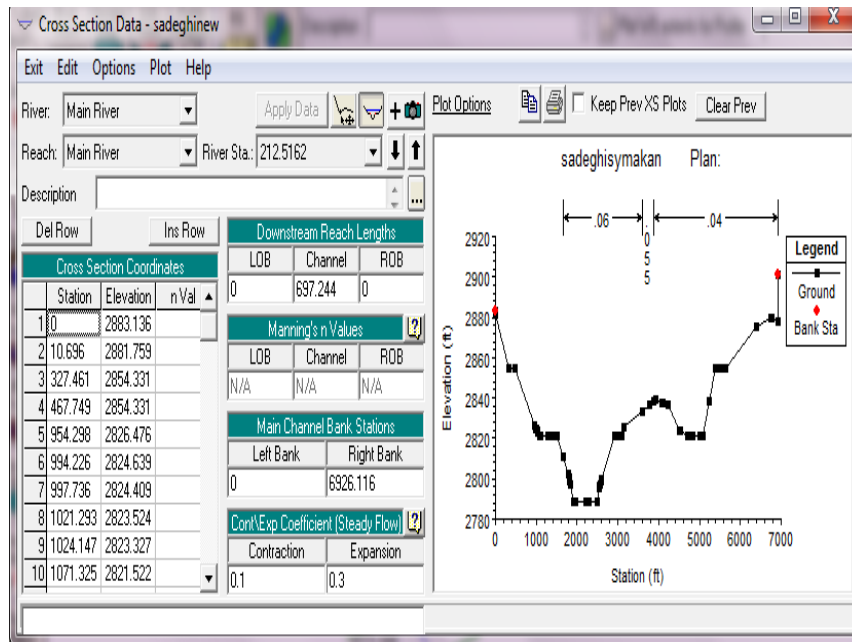
## ضرایب همگرایی و واگرایی

- ضرایب همگرایی و واگرایی برای ارزیابی افت انرژی، که به علت وجود بازشدگی و تنگ شدگی در جریان رخ می دهد، مورد استفاده قرار می گیرند. این ضرایب در تغییرات بار سرعت از یک مقطع عرضی تا مقطع عرضی بعدی ضرب می شوند تا افتهای بین آن مقاطع، در محاسبات لحاظ شود. مقادیر ضرایب همگرایی و واگرایی مقطع برای شرایط مختلف در جدول زیر ارائه شده و همانطور که در جدول مذکور مشاهده می شود، در حالت کلی افت انرژی در بازشدگی ها، بیشتر از تنگ شدگی ها می باشد. این ضرایب توسط انجمن مهندسين ارتش آمریکا پیشنهاد شده است.

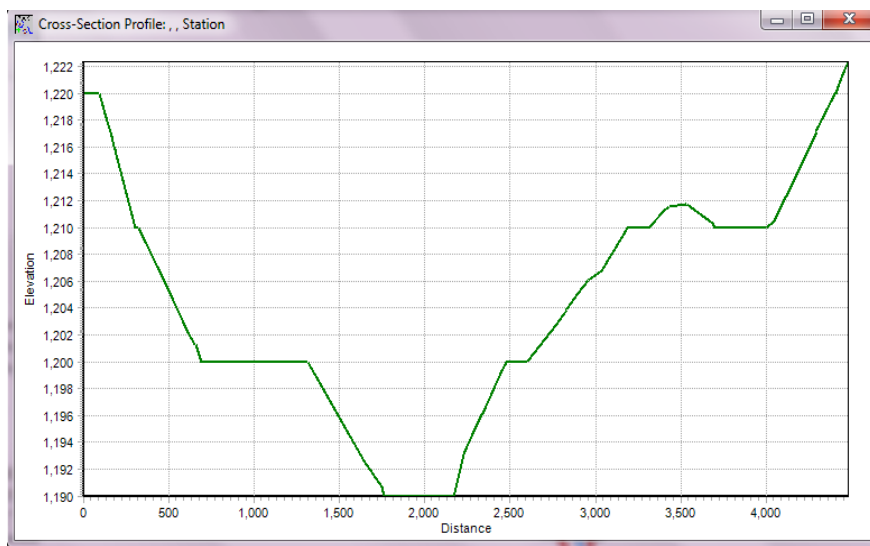
جدول (۱): ضرایب افت بازشدگی و تنگ شدگی

تغییرات مقطع	ضریب افت بازشدگی	ضریب افت تنگ شدگی
تغییرات طبیعی	۳٪	۱٪
تغییرات زیاد	۵٪	۳٪
تغییرات ناگهانی	۸٪	۶٪

تهیه مقاطع عرضی بمنظور تهیه پروفیل عرضی رودخانه، شکل های (۱۱ و ۱۲)



شکل (۱۱): پروفیل عرضی رودخانه



شکل (۱۲): پروفیل عرضی ایستگاهها

- ✓ تکمیل اطلاعات توصیفی لایه ها بطور جداگانه.
- ✓ کنترل و تکمیل لایه کاربری اراضی. محاسبه ضریب مانینگ اضافه کردن یک فیلد براساس دستورالعمل مربوطه به آن، بمنظور ذخیره ضریب مانینگ.
- ✓ محاسبه ضریب زبری مانینگ (ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه ها). برای محاسبه آن از منابع جمع آوری شده ولایه های زمین شناسی و کاربری اراضی حوضه استفاده و در جدول اطلاعاتی لایه مقطع عرضی وارد شد.

ضریب زبری ( $n$ ): افت طولی ناشی از زبری یکی از عمده افت های انرژی در رودخانه می باشد و نقش مؤثری در تراز آب و سرعت جریان در هر مقطع دارد. تعیین ضریب زبری مناسب که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است که به همین دلیل در مراجع مختلف برای تخمین آن، روش ها و روابط زیادی ارائه شده اند. عوامل مؤثر بر مقدار ضریب مانینگ عبارتند از :

- زبری سطوح، مربوط به دانه بندی و اندازه ذراب بستر
- شکل بستر ناشی از بارهای رسوبی و تله ماسه ها
- پوشش گیاهی
- موانع عمودی در جهت جریان
- نامنظمی آبراهه و سیلابدشت
- راستای آبراهه و وجود پیچ و خم
- عمق آب



یکی از مؤثرترین روش های برآورد ضریب زبری روش 1956 cowan بوده و توسط مؤسسات سازمان حفاظت خاک آمریکا و مؤسسه u. s Geological survey water supply توصیه و بکار گرفته می شود. در این روش بر اساس جنس آبراهه و یا سیلابدشت، مقدار پایه ای برای n انتخاب و برای پوشش گیاهی، نامنظمی مقطع، موانع عمودی، راستای آبراهه، تغییرات شکل و اندازه آبراهه، تصحیحاتی با استفاده از جدول ارائه شده، صورت می پذیرد و مقدار نهایی n تعیین می گردد

در این روش برای برآورد مقدار n از فرمول زیر استفاده می شود:

$$N=(NO+N1+N2+N3+N4)$$

NO: یک ضریب پایه است که بر اساس ذرات بستر مشخص می شود.

N1: (Surface Irregularities) مقدار تصحیح برای نامنظمی سطح کانال

N2: مقدار تصحیح برای تغییرات در شکل و اندازه و سطح مقطع جریان

N3: مقدار تصحیح برای موانعی که در مسیر جریان قرار دارند

N4: مقدار تصحیح برای تأثیر گیاه در سرعت جریان

k: مقدار تصحیح برای ایجاد میاندر در مسیر کانال

توضیحات مربوط برای انتخاب مقادیر  $NO+N1+N2+N3+N4$  و k در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول (۲): ضرایب زبری مانینگ در رودخانه اصلی و سیلاب دشت بر حسب عوامل مختلف

مقدار ضریب مانینگ	ضریب مانینگ	شرایط رودخانه	
0.02	NO	بستر خاکی	نوع مصالح
0.025		بستر سنگی	
0.024		شن ریز	
0.028		شن درشت	
0	N1	صاف	درجه ناهمواری در یک سطح بستر کانال
0.005		کمی صاف	
0.01		صاف متوسط	
0.02		زبر	
0	N2	تغییرات جزئی	تغییرات در سطح مقطع رودخانه
0.005		تغییرات متوسط	



0. 015-0. 01		تغییرات شدید		
0	N3	قابل اغماض		وجود عوارض و موانع طبیعی
0. 015-0. 01		موانع کاری		
0. 03-0. 02		موانع زیاد		
0. 06-0. 04		موانع خیلی زیاد		
0. 01-0. 005	N4	گیاهان کم ارتفاع		پوشش گیاهی
0. 025-0. 01		گیاهان متوسط		
0. 05-0. 025		گیاهان بلند		
0. 1-0. 05		گیاهان خیلی بلند		
-	K	درج	R	درجه انحنای رودخانه
1		کم	1- 1. 2	
1. 15		نسبت آ زیاد	1. 2-1. 5	
بیشتر از ۵.۱		زیاد	-	

### شرایط مرزی:

برای پیش بینی مشخصه های جریان در بازه ای از رودخانه نیاز به شرایط مرزی منطبق با طبیعت می باشد. شرایط مرزی معرف وضعیت ورودی و خروجی جریان در بالادست و پائین دست بازه مورد مطالعه، می باشد. شرایط مرزی که در بالادست و پائین دست اعمال می شود، عبارت از هیدروگراف جریان، هیدروگراف تراز آب، منحنی دبی- اشل، عمق بحرانی و عمق نرمال می باشد. برای انجام محاسبات حاضر شیب نرمال که مولد عمق نرمال است، به عنوان شرایط مرزی انتخاب شده که این شیب برای بازه مطالعاتی رودخانه سی مکان ۰/۰۰۰۴ در نظر گرفته شده است و محاسبات در حالت ناماندگار اجرا شده است.

بررسی و کنترل نهائی لایه ها از لحاظ مکانی و توصیفی (این لایه ها نباید خطایی داشته باشند).

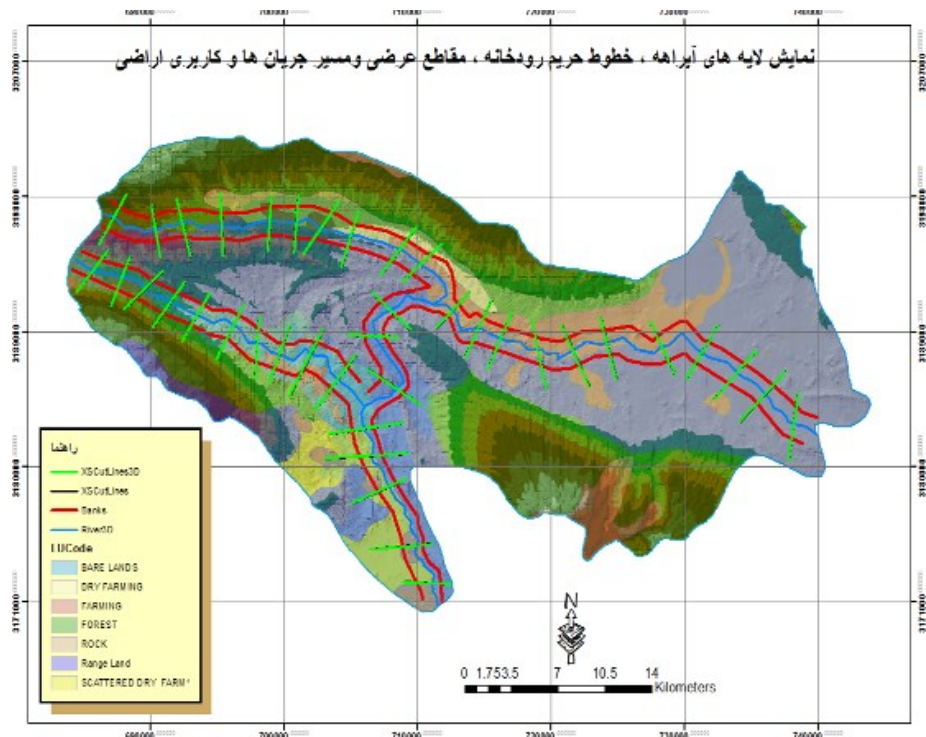
تبدیل لایه های اطلاعاتی از فرمت های GIS به فرمت های نرم افزار HEC-RAS.

ب- انتقال لایه های اصلی به نرم افزار Hec Ras

اجرا برنامه Hec Ras.

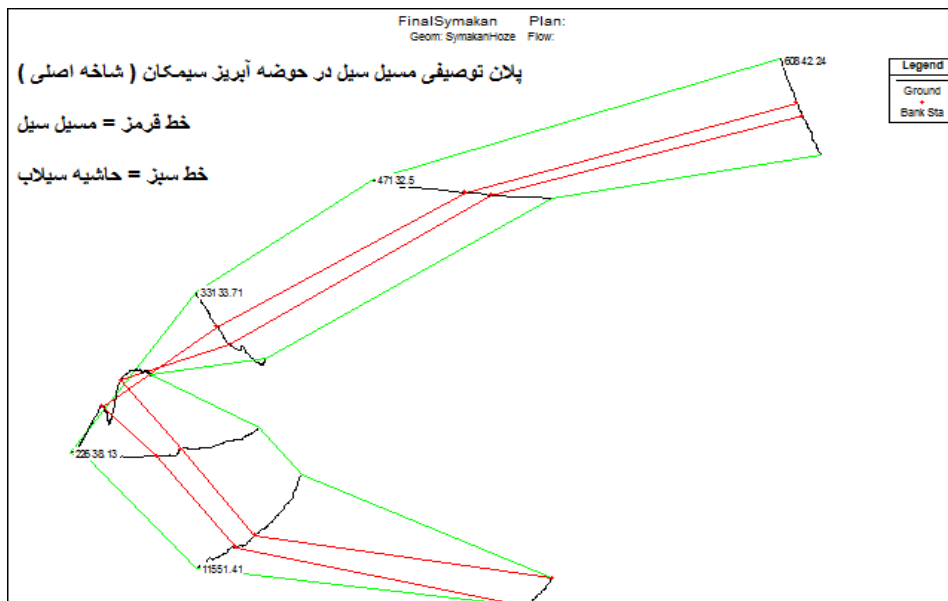
وارد نمودن لایه های GIS به نرم افزار Hec Ras.

تهیه مقاطع عرضی و طولی رودخانه، شکل (۱۳)



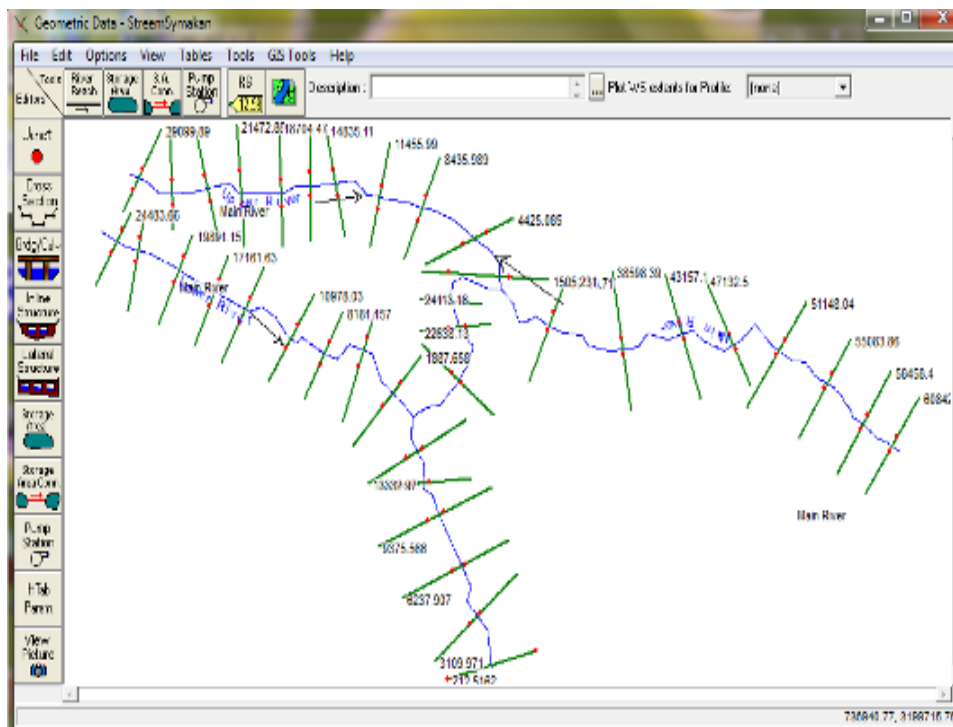
شکل (۱۳): مقاطع عرضی و طولی رودخانه

تهیه پلان توصیفی مسیل سیل حوضه، شکل (۱۴)

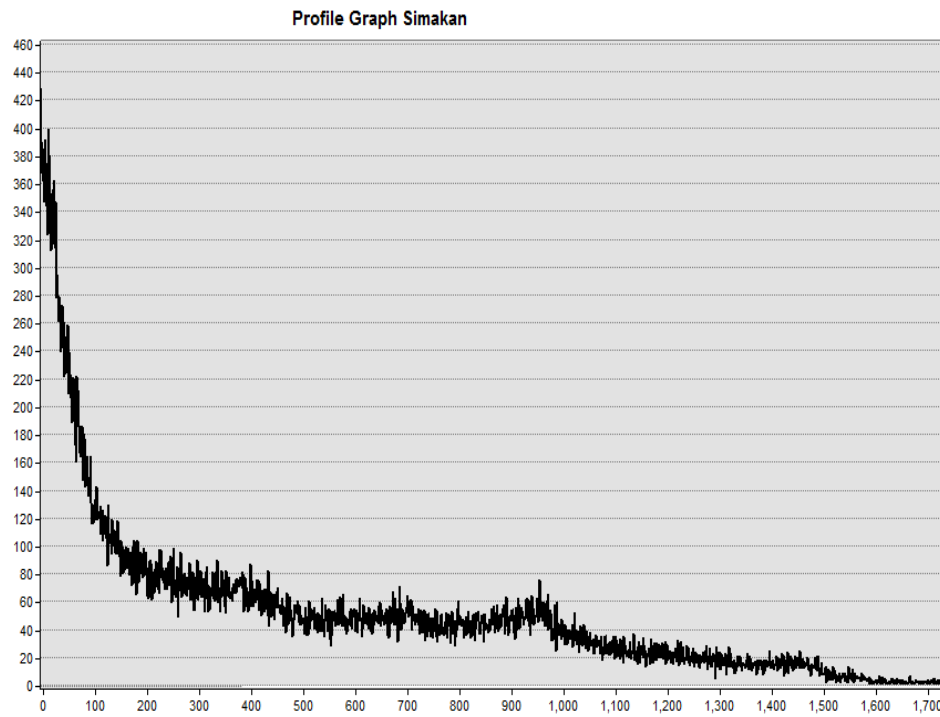


شکل (۱۴): پلان توصیفی مسیل سیل حوضه

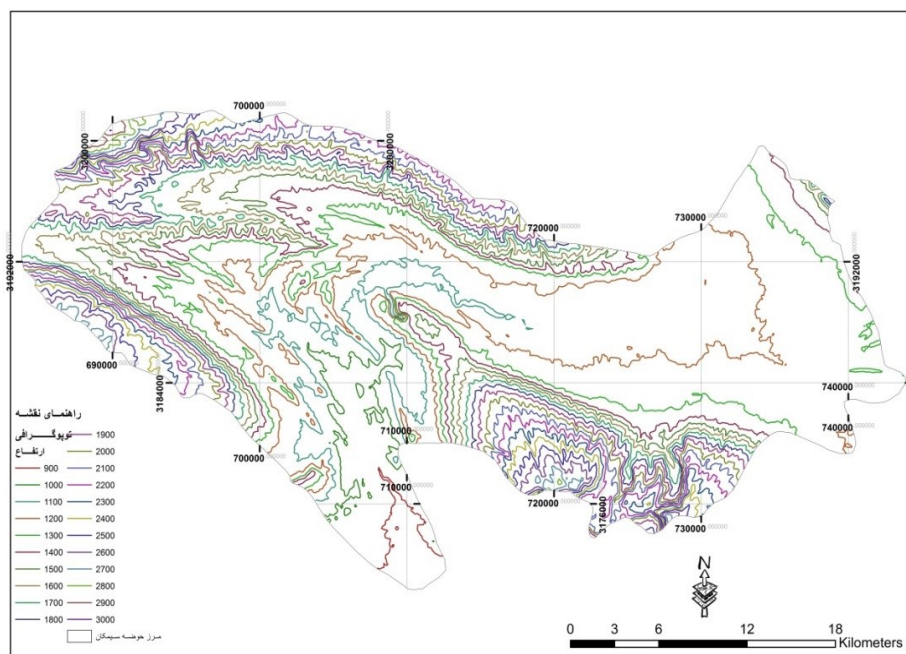
تهیه نقشه Geometric، شکل های (۱۵ تا ۲۰)



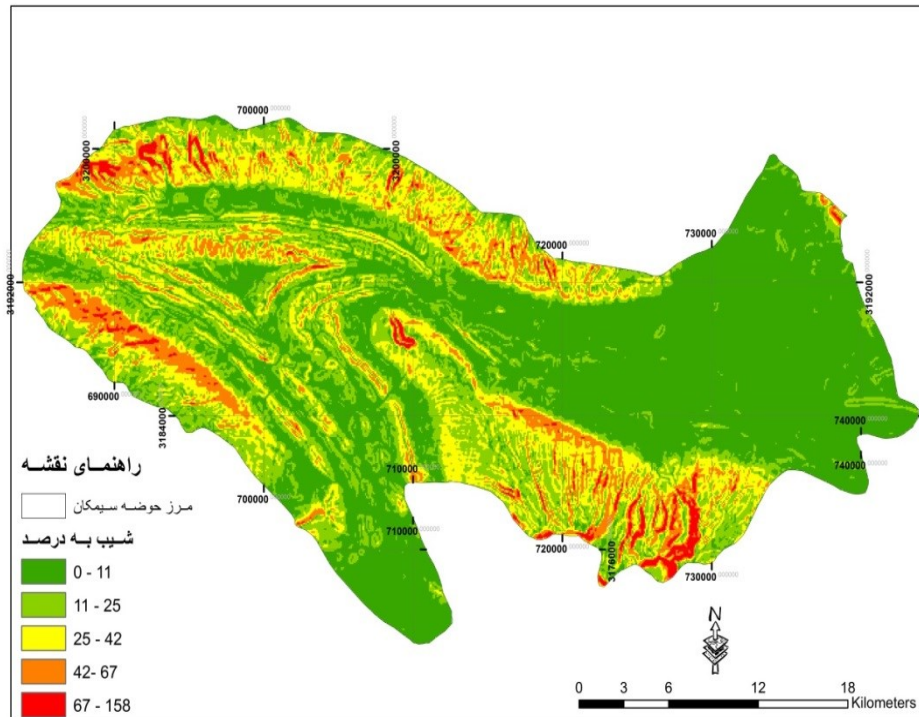
شکل (۱۵): حوضه Geometric



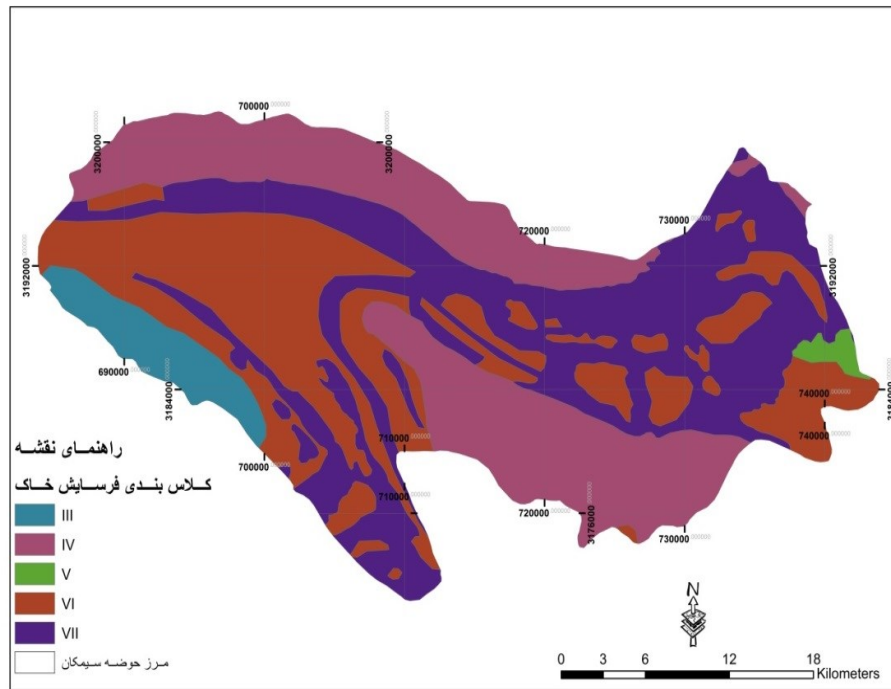
شکل (۱۶): نمودار پروفیل طولی سی مکان



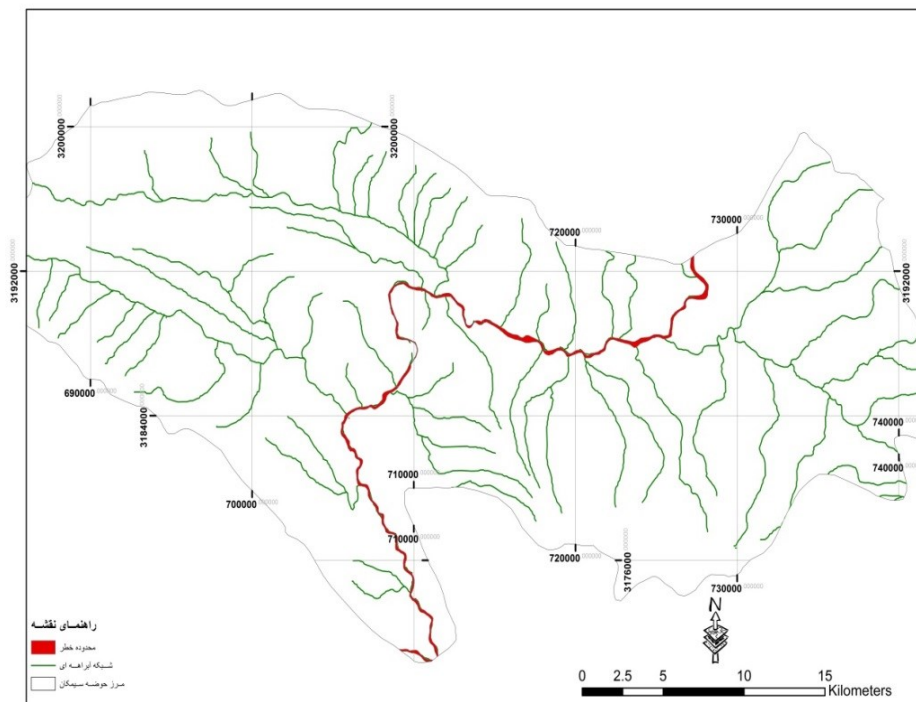
شکل (۱۷): نقشه توپوگرافی سی مکان



شکل (۱۸): شیب حوضه



شکل (۱۹): نقشه کلاس بندی فرسایش خاک

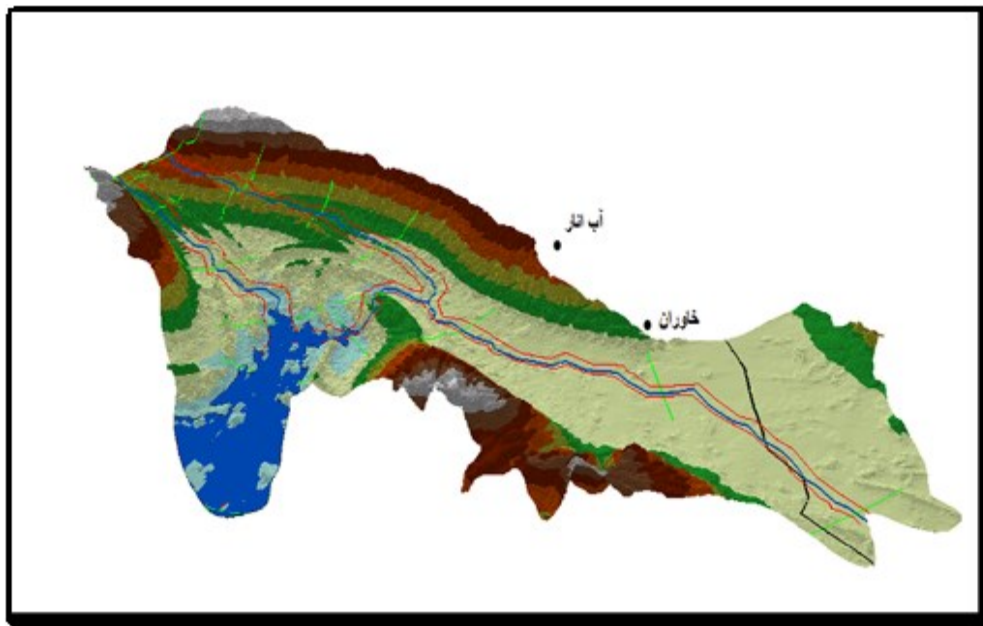


شکل (۲۰): نقشه محدوده خطرش





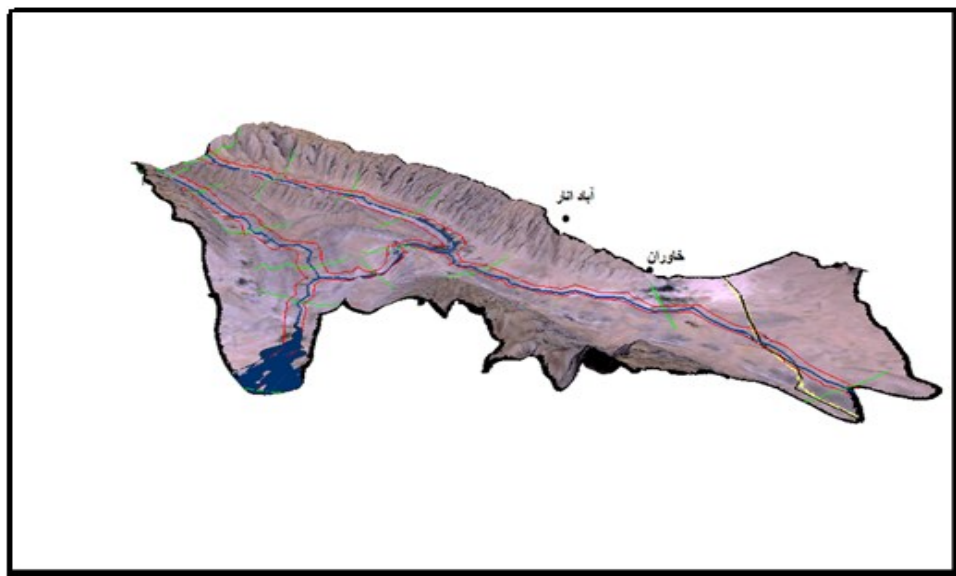
۲- تهیه لایه های پهنه بندی کوتاه مدت و بلند مدت، شکل (۲۲)



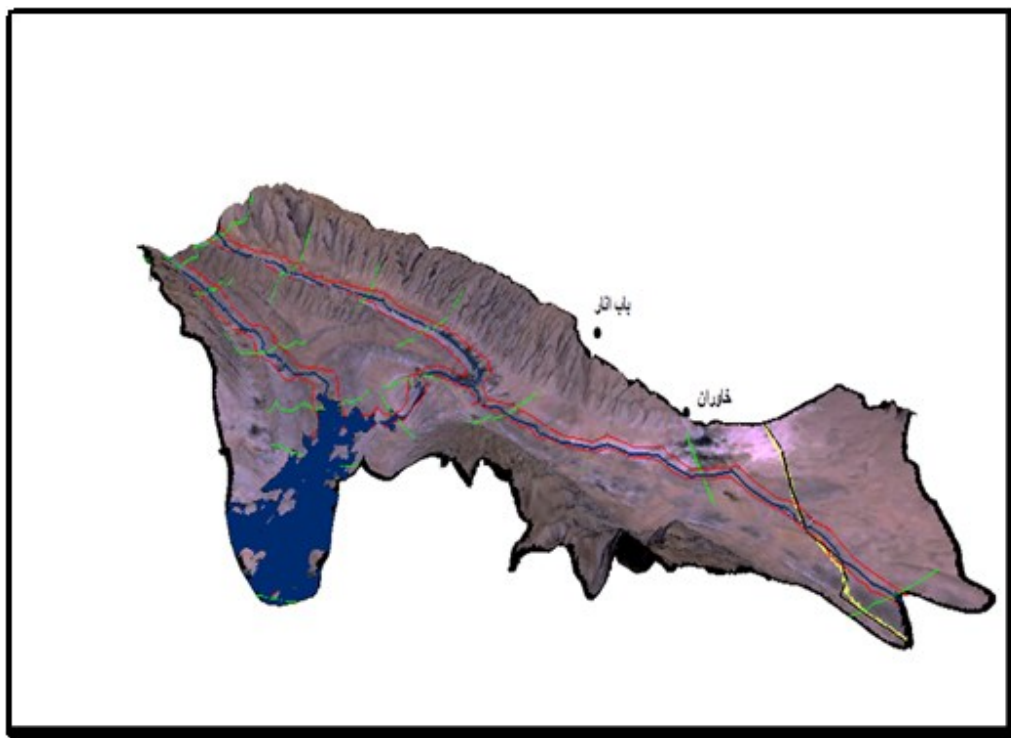
شکل (۲۲): تهیه لایه های پهنه بندی کوتاه مدت و بلند مدت

۳- تبدیل فایل های Hec Ras به ArcGIS.

۴- تهیه نقشه های نهایی و سه بعدی کردن آنها. (شکل های 23 و ۲۴)



شکل (۲۳): پهنه بندی کوتاه مدت سیل به صورت سه بعدی

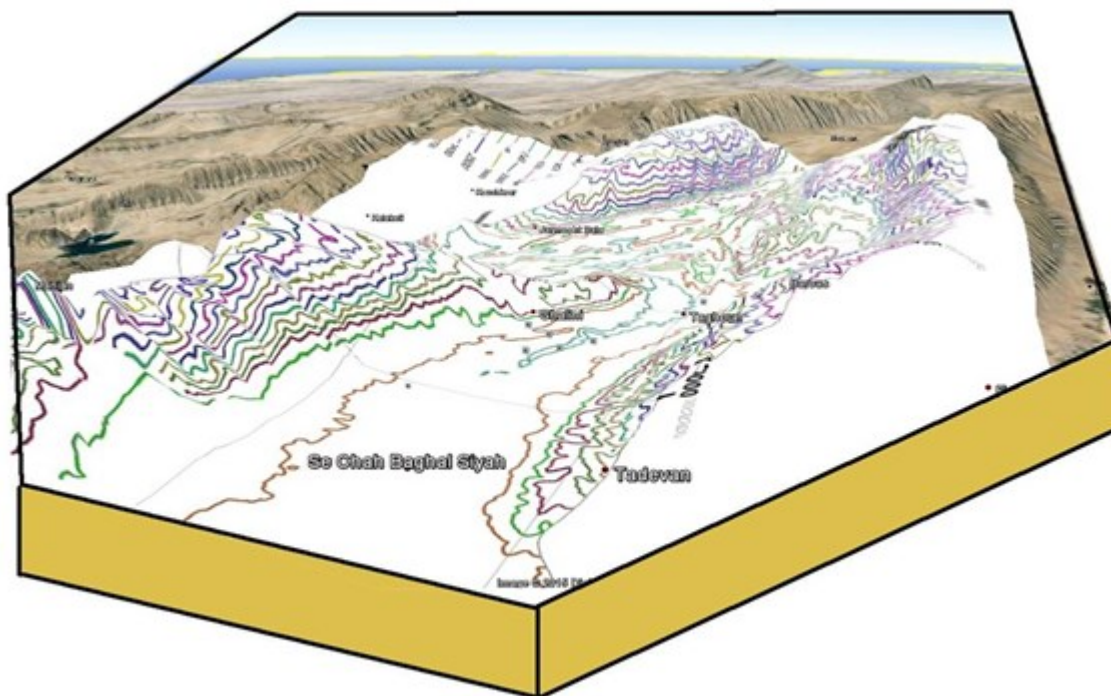


شکل (۲۴): پهنه بندی بلند مدت سیل به صورت سه بعدی

با توجه به مطالعات انجام شده و بررسی لایه های اطلاعاتی و توصیفی آنها و همچنین لایه های سه بعدی و پهنه بندی سیلاب حوضه، موقعیت مکانی آن در منطقه نقشه ژئومورفولوژی منطقه شکل (۲۵)، نکات زیر جهت جمع بندی ارائه می شود:

۱- در حوضه مورد مطالعه هیچ تاسیسات شهری وجود ندارد و تنها یک جاده از قطب آباد به خاوران و بابانر از داخل حوضه عبور میکند که به لحاظ اینکه در بالادست قرار گرفته، در هیچ شرایطی و از جمله سیلاب هایی با دوره برگشت بالا نمی تواند به آن خسارت وارد کند. شهر ها نیز در خارج از حوضه آبریز واقع شده اند. اما در پایین دست روستاهای زیادی قرار گرفته اند که می تواند سیلاب های با دوره بازگشت بالا آنها را با مخاطره جدی بیاندارد. کشاورزی نیز در بالادست قرار گرفته و دور از منطقه پخش سیلاب است. در اطراف مسیر اصلی رودخانه مراتع وجود دارد، که باید حفاظت و توسعه یابند.

۲- لازم به توضیح است که مردم و اهالی قیر نیز، طی سال های گذشته به اهمیت هرز آبهای این حوضه آبریز پی برده و در پائین دست حوضه و در محل خروجی آن، سدی جهت ذخیره سازی هرز آبها احداث کرده اند که عملکرد خوبی هم داشته است.



شکل (۲۵): نقشه ژئومورفولوژی منطقه

## انتخاب سیل طراحی

سیلاب طرح از مهمترین مبانی طراحی اقدامات مهار سیلاب است زیرا تأثیر بسیار زیادی بر هزینه اجرای هر طرح دارد. به عبارت دیگر هر چه سیلاب طرح بزرگتر انتخاب شود، هزینه اجرای طرح های حفاظت در مقابل سیلاب بیشتر است.

در طرح های مهار سیلاب انتخاب سیلاب طراحی بستگی به درجه حفاظت مورد نیاز دارد. تأمین ایمنی یا حفاظت مطلق اراضی و تأسیسات در مقابل سیلاب نه تنها امکان پذیر نیست بلکه به دلیل نیاز به سرمایه گذاری هنگفت اولیه، امری غیر اقتصادی و نامعقول است. از این رو کشورهای مختلف با توجه به امکانات فنی و اقتصادی و نیز شرایط اجتماعی و زیست محیطی خود درجه معینی از ایمنی یا حفاظت را برگزیده و آن را در طرح های مهار سیلاب، به کار می برند. چون در انتخاب سیلاب طراحی باید یک احتمال خطر معقول یا به عبارت دیگر یک دوره بازگشت مناسب در نظر گرفته شود، بنابراین تصمیم گیری در این مورد اهمیت زیادی دارد و باید بر اساس ملاحظاتمانند شکل هیدروگراف سیل، مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز، اهمیت مناطق تحت حفاظت، محدودیت های فنی و اقتصادی، ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی، صورت گیرد.



معیار انتخاب سیلاب طرح در طرح های مهار سیلاب معمولاً بر اساس موارد زیر است :

- تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح بر اساس تحلیل اقتصادی یا نسبت سود به هزینه
- تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح بر اساس استاندارد عملکرد
- تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح بر اساس ملاحظات اجتماعی

با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی، انتخاب سیل طراحی با روش جداول استاندارد انجام شد که در ادامه به توضیح آن پرداخته می شود .

شایان ذکر است که مطالب توضیح داده شده در این فصل، بر اساس راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه (نشریه شماره ۳۱۶، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور) می باشد.

### تعیین سیلاب بر اساس استاندارد عملکرد

در این روش معیار انتخاب سیلاب طرح بر اساس استانداردهای متداول جهانی بوده که برای تحقق اهداف خاص طرح مناسب تشخیص داده شده اند. استانداردهای سیلاب طرح برای طرح های مهار سیلاب در تعداد زیادی از کشورهای دنیا و نیز توسط سازمان های بین المللی مانند سازمان ملل متحد یا مؤسسات وابسته به آن مانند: سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد و برنامه عمران سازمان ملل متحد، کمیسیون بین المللی آبیاری و زهکشی و غیره بررسی و تدوین شده است .

این استانداردها بر حسب درجه حفاظت تأمین شده متفاوت است و استنتاج یک درجه حفاظت معقول از آنها برای سرتاسر جهان بسیار مشکل است و عموماً بر حسب شرایط خاص هر کشور و یا هر طرح و پروژه انتخاب می گردد . معمولاً انتخاب سیلاب طرح به چهار گروه اصلی: مناطق کشاورزی، روستایی، صنعتی و شهری تقسیم می گردد که هر کدام از موارد خود به چند زیر گروه مانند: توسعه یافته، توسعه نیافته و غیره طبقه بندی می گردد .

جدول شماره ۳ نمونه ای از استاندارد سیلاب طرح را در کشورهای مختلف جهان نشان می دهد. از جدول مزبور می توان نتیجه گیری کرد که دوره بازگشت سیلاب طرح برای مهار سیلاب در هر کشور متناسب با شرایط و امکانات آن کشور متغیر و اکثراً بین ۱۰ تا ۱۰۰ سال است. دوره های بازگشت کمتر از ده سال برای اراضی کشاورزی توسعه نیافته و بیش از ۱۰۰ سال برای مناطق صنعتی و تجاری توسعه یافته، مناسب می باشد.

جدول (۳): نمونه ای از سیلهای استاندارد جهانی (دوره بازگشت سیل طراحی بر حسب سال)

نام کشور	دوره بازگشت برای نوع مناطق حفاظت شده (سال)					
	تجاری	صنعتی	شهری (مسکونی)	روستایی	کشاورزی	کلی
استرالیا	۵۰-۱۰۰	۵۰-۱۰۰	۵۰-۱۰۰	-	۵-۵۰	-
برونی دارالسلام	۱۰	-	۵	-	-	-

بلغارستان	۱۰۰-۵۰۰	-	-	۳۰-۱۰۰	۵-۱۰	-
چین	۲۰۰	-	-	۱۰۰	-	-
ژاپن	۱۰-۲۰۰	۱۰-۲۰۰	۱۰-۲۰۰	۱۰-۲۰۰	۱۰-۲۰۰	-
آمریکا	۲۵-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۲۵-۱۰۰	۵-۲۵	-

با توجه به اینکه در محدوده مورد مطالعه شهر و تأسیسات خاصی وجود ندارد و تنها تعدادی روستا و زمین های کشاورزی وجود دارد اگر برای انجام سیل بند اقدامی صورت گیرد بهتر است در شرایط عادی سیلاب طراحی ۲۵ ساله را به عنوان سیلاب طراحی برای بازه مطالعاتی انتخاب نمود .

### نتیجه گیری

پهنه بندی خطر سیلی در بحث مدیریت سیلاب و مهندسی رودخانه نقش به سزایی را ایفا می کند. برر سی های صورت گرفته در این تحقیق نشان می دهد که به ازای دوره بازگشت های طولانی تر میزان دبی بیشتر شده و پهنه سیلابی نیز وسعت بیشتری یافته است. البته تفاوت در گسترش پهنه سیلاب در دشت سیلابی برای دبی مشخص ناشی از ویژگی توپوگرافی مسیر رودخانه و دشت سیلابی، نوع کاربری اراضی و در پی آن ضریب زبری مانینگ مربوط به آن می باشد. در طول محدوده مورد مطالعه، بخش های که رودخانه دارای مسیر مستقیم می باشد نسبت به بخش های که مسیر رودخانه حالت پیچان رود دارد، از خطر آب گرفتگی کمتری برخوردار است. تغییر شدید و ناگهانی جهت و پیچش مسیر رودخانه در این محدوده باعث عدم توانایی کانال جهت عبور کامل جریان آب در خود و در نتیجه جاری شدن آب در سیلاب دشت می باشد. حدود ۹۰ درصد از مسیر کانال رودخانه در برابر دبی سیل با دوره بازگشت ۱۰ سال ایمن بوده و جریان سیل از آن عبور می کند. ولی به تدریج با افزایش دبی، کانال توانایی خود را در عبور جریان آب ناشی از سیل از دست می دهد و به مرور سیل سطح بیشتری از دشت اطراف رودخانه را در بر می گیرد. کانال رودخانه برای عبور جریان سیلی با دبی بالا (سیلی با دوره بازگشت ۲۵ سال) ناکارآمد بوده و نیاز به ایجاد دیوارهای حفاظتی در طول مسیر رودخانه جهت کاهش خسارات ناشی از سیل می باشد.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می توان تلفیق مدل هیدرولیکی با GIS را روشی کارا، کم هزینه و دقیق جهت پهنه بندی سیلاب، تهیه نقشه خطر سیل و پیش بینی و برآورد خسارات ناشی از سیل با دوره بازگشت های مختلف دانست. این مدل به کمک GIS با توجه به در نظر گرفتن میزان دبی سیلی، شرایط توپوگرافی و مشخصات هندسی رودخانه و منطقه، کاربری اراضی، عوارض متقاطع در طول مسیر جریان از جمله پل، شرایط مرزی بالادست و پایین دست جریان و با بهره گیری از معادلات جریان، انرژی و مانینگ توانایی خود جهت تهیه پهنه سیل و کاهش خسارات ناشی از آن را به اثبات رسانیده است. تهیه نقشه خطر سیل بر مبنای انرژی جریان علاوه بر این که به سبب برر سی تنها یک عامل انرژی موجب ساده سازی فرایند پهنه بندی خطر میگردد، با در نظر گرفتن دو مؤلفه عمق و سرعت و تلفیق هدفمند آن موجبات صرفه - جویی منابع را فراهم می آورد. از قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی در تمام مراحل





پژوهش از جمله استخراج مشخصات هندسی رودخانه و سیلاب دشت و شبیه سازی مورفولوژی بازه های مطالعاتی، تولید نقشه عمق و سرعت سیل با توجه به خروجی مدل هیدرولیکی، تجزیه و تحلیل همزمان نقشه های عمق و سرعت سیل به منظور تولید نقشه خطر سیل و در نهایت شناسایی مناطق مستعد سیل گیر و خطرناک استفاده می شود. مناطق بالادست محدوده مورد مطالعه از لحاظ شرایط محیطی، ژئومورفولوژی و جغرافیایی خصوصیات خاص و ویژگی های داشته به همین دلیل طی سالهای اخیر پدیده سیل اثرات منفی فراوانی در ابعاد مختلف بر این منطقه گذاشته است. از این رو توسعه سامانه کاربردی WEB GIS برای تهیه نقشه های خطر سیل به صورت آنی و در زمان واقعی جهت پیش بینی، مدیریت و کاهش خطرات برای مطالعات آینده پیشنهاد داده می شود. همچنین تاکید می شود که به سبب اهمیت در مطالعات آینده کل حوزه آبریز سیمکان از نظر خطرپذیری سیل مورد بررسی قرار گیرد.



## منابع

۱. افشین یدالله، ۱۳۷۳، رودخانه های ایران. وزارت نیرو.
۲. جوان پوریا، محمدرضاپور محمود و میرزایی مهدی، ۱۳۹۲، پهنه بندی خطر سیل گرفتگی توسط معادله انرژی جریان و سیستم اطلاعات جغرافیایی، آب و فاضلاب، دوره ۲۴، شماره ۳، صص ۱۱۱-۱۰۱.
۳. حسین زاده علی، ۱۳۸۳، پهنه بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS (مطالعه موردی):  
۴. لاین - سو کلات نادر، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صص ۱-۱۰۱
۵. سازمان آب منطقه ای مازندران، ۱۳۶۸، گزارشی در مورد وضعیت هیدرولوژیکی رودخانه نکا در دشت جنوب گرگان.
۶. شهرام درخشان، وحید غلامی و ادریس تقوی سلیمی، ۱۳۸۹، شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه های گوهررود و سیاه رود با سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS، دوره ۱۶، شماره ۱۹، صص ۶۵-۷۹
۷. عسکری علی بابا، ۱۳۵۰، به شهر یا اشرف البلاد.
۸. غریب معصومه، مساعدی ابوالفضل، نجفی نژاد علی و یخکشی محمدابراهیم، ۱۳۸۶، پهنه بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل (مطالعه موردی محدوده رودخانه قره چای در حومه شهر رامیان)، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۰، شماره ۳، صص ۷۸۵-۷۹۷.
۹. غفاری گلاله و امینی عطااله، ۱۳۸۹، مدیریت دشت های سیلابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (G/S) (مطالعه موردی رودخانه قزل اوزن)، فضای جغرافیایی، دوره ۱۰، شماره ۳۲، صص ۱۳۴-۱۱۷.
۱۰. غلامی و همکاران، ۱۳۸۴، پهنه بندی خطر سیلی با بکارگیری نرم افزار HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: رودخانه هراز)، کنفرانس بین المللی بالایی طبیعی. صص ۸۰-۶۸
۱۱. یمانی مجتبی، تورانی مریم و چز غه سمیرا، ۱۳۹۱، تعیین پهنه های سیل گیر با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: بالادست سد طالقان از پل گلینک تا پل وشته)، جغرافیا و مخاطرات طبیعی، دوره ۱، شماره ۱، صص ۱-۱۶.
۱۲. عفیفی محمد ابراهیم، ۱۳۹۹، مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره ای مارکوف و مدل LCM (مطالعه موردی: شهر شیراز) نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۵۶
۱۳. عفیفی محمد ابراهیم، ۱۳۹۸، شبیه سازی بارش - رواناب و پتانسیل سیل خیزی با استفاده از مدل HEC-HMS و منطق فازی (مطالعه موردی حوضه آبریز رودبال در استان فارس)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۴۶
۱۴. عفیفی محمد ابراهیم، ارزیابی عوامل موثر بر مخاطرات سیلاب و تهیه نقشه حساسیت و احتمال وقوع آن با استفاده از مدل آنتروپی شانون (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد)، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۲
15. Barr, T., ۲۰۰۲, Application of tools for hydraulic power point presentation. Upper Gotvand Hydroelectric Power Project Feasibility Study, Reservoir Operation Flood, ۱۴p.
16. Barredo, J, and Lavallo, C, ۲۰۰۷, European flood risk mapping. Water Science and Technology, ۵۶(۴), ۱۱-۱۷
17. Brunner, G. W., ۱۹۹۵, HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. Version ۱,۰", HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER DAVISCA, pp. ۱-۱۴۳



18. Demir, Vand Kisi, O, ۲۰۱۶, Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mertriver, samsun, turkey, *Advances in Meteorology*, pp. ۱-۹.
19. Eum, Hyung-II, and Slobodan P. Simonovic, ۲۰۰۹, *City of London: Vulnerability of Infrastructure to Climate Change*.
20. Federal Emergency Management Agency, ۱۹۹۳, *Flood insurance study guideline and specification for contactors*, United State of America.
21. Getahun, Y. S., & Gebre, S. L., ۲۰۱۵, Flood hazard assessment and mapping of flood inundation area of the Awash River Basin in Ethiopia using GIS and HEC-GEORAS/HECRAS Model", *Journal of Civil & Environmental Engineering*. Vol. ۵, No. ۴, pp. ۱-۱۲.
22. Gichamo, T. Z., Popescu, I., Jonoski, A., & Solomatine, D, ۲۰۱۲, River cross-section extraction from the ASTER global DEM for flood modeling", *Environmental Modelling & Software*, ۳۱, ۳۷-۴۴.
23. Goodell, C., & Warren, C, ۲۰۰۱, Flood Inundation Mapping using HEC-RAS, *Obrasy Proyectos*, ۱۸-۲۳.
24. Hill, M, ۲۰۰۱, Flood plain delineation using the HEC-GeoRAS extension for ArcView", *Brigham Young University*, ۵۱۴p.
25. Khattak, M. S., Anwar, F., Saeed, T. U., Sharif, M., Sheraz, K., & Ahmed, A, ۲۰۱۶ Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: a case study of Kabul River", *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. ۴۱, No. ۴, pp. ۱۳۷۵-۱۳۹۰.
26. Li, M., Wu, W., Wang, J., Che, Z., & Xie, Y, 2012, Simulating and mapping the risk of surge floods in multiple typhoon scenarios: a case study of Yuhuan County, Zhejiang Province, China , *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Vol. 31, No. 3, pp. 645 659.
27. Merwade, V, 2009, Tutorial on using Hec-GeoRAS with ArcGIS 9.3 [online]", *West Lafayette: University of Purdue*.
28. Yang j., R D Townsend and B. Daneshfer, 2006, Floodplain Visualization using TINS", *Center for in river network floodplain delineation*", *Can. J. Civ. Eng.* No: 33, pp: 19-28.
29. 22.Acement GS and Schneider V. R 1985. Guide for selecting MaSsning, s roughness coefficient for natural channels and Flood Plains , *Water Resources papar 2339 US Geological survey* ,Washington DC.
30. 23.Abramovitz, J. (2001). *Unnatural Disasters*. Worldwatch Paper 158. World Watch Institute. Washington, DC.
31. 24.Anders, F. , S. Kimball, and R. Dolan (1989). *Coastal Hazards: National Atlas of the United States*. U. S. Geological Survey, Reston, VA.
32. 25.Bryant, E. A. (2005). *Natural Hazards*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
33. 26.Burton, I. and R. W. Kates (1964). The perception of natural hazards in resource management. *Natural Resources Journal* 3; 412-441.
34. 27.Burton, I. , R. Kates, and G. White (1978). *The Environment as Hazard*. Oxford University Press, New York, 81-90.
35. 28.Gornitz, V. M. and T. W. White (1992). *A Coastal Hazards Data Base for the U. S. East Coast*. Oak Ridge National Laboratory, nvironmental Sciences Division, Publication No. 3913 and 4101. Oak Ridge, TN.
36. 29.HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS 10 , May 2012.
37. Lindell, M. K. and C. S. Prater. (2003). Assessing Community Impacts of Natural Disasters. *Natural Hazards Review* 4(4) 176-185.
38. 30Mileti, D. (1999). Designing disasters: determining our future vulnerability. *Natural Hazards Observer* 22(1)1-3.
39. 31.Steinberg, T. (2000). *Acts of God: The Unnatural History of Natural Disasters in America*. Oxford University Press, New York.



40. 32. Tobin, G. and B. Montz (1997). *Natural Hazards*. New York: Guilford, New York, 5-15.
41. 33. Waugh, W. (1999). *Living with Hazards, Dealing with Disasters: An introduction to emergency management*. M. E. Sharp: Armonk, NY.
42. 34. Weichselgartner, J. (2001). Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management* 10(2): 85-94.