

پهنه بندی سیلاب رودخانه زرينه رود با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS

حسن لشکری^{۱*}، علی رشیدی^۲، علی رضایی^۲

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۱۶

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۱۸

چکیده

به منظور برنامه ریزی مناسب جهت استفاده از حاشیه رودخانه و نواحی سیل گیر، ابتدا نواحی خطرناک و محدود کننده به لحاظ کاربری های کشاورزی، ساختمان سازی و فعالیت های صنعتی بایستی مشخص شود. نقشه های پهنه بندی سیلاب در مطالعات مدیریت دشت سیلابی کاربرد وسیعی دارد این نقشه ها یکی از اطلاعات پایه و مهم مدیریت بحران محسوب می شوند. آنها اطلاعات مفیدی راجع به طبیعت و اثرات سیل بر دشت سیلابی ارائه می دهند. بنحوی که امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می کنند. مطالعه حاضر در مورد رودخانه زرينه رود واقع در آذربایجان غربی و به طول ۱۶۶ کیلومتر می باشد. در این تحقیق دبی های با دوره برگشتهای مختلف (۲-۵-۱۰-۲۰-۲۵-۵۰-۸۰-۱۰۰-۲۰۰ و ۵۰۰ ساله) با استفاده از داده های ایستگاههای قزکری محاسبه شد. مقاطع عرضی جریان با استفاده از Hec-Ras و نقشه های پهنه بندی سیل با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS و در محیط GIS ترسیم شده است. بر اساس پهنه های بدست آمده و انطباق آن با تصاویر هوایی می توان گفت که مناطق مسکونی حاشیه رودخانه چندان در معرض خطر سیل نبوده ولی گسترش فعالیت های سازه ای و کشاورزی طی سالیان اخیر باعث محدود گشتن حریم و بستر رودخانه شده و امکان نفوذ سیل در اراضی اطراف بیشتر می گردد.

واژه های کلیدی: پهنه بندی سیلاب، GIS، آذربایجان غربی، Hec-Ras، Hec-Georas

مقدمه

به دلیل رشد روزافزون جمعیت و توسعه سریع زندگی شهری و روستایی در اراضی حاشیه رودخانه ها و طبیعتا افزایش تقاضا برای ساخت و ساز در این اراضی، متأسفانه روند تجاوز به بستر و حریم رودخانه ها، تصرف غیر قانونی اینگونه اراضی و دخل و تصرف غیر مجاز در آنها افزایش یافته است.

از طرفی پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش در مناطق خشک و نیمه خشک، باعث ایجاد سیلابهای مخرب و وارد آمدن خسارات جانی و مالی فراوانی می گردد که با توجه به شرایط اقلیمی، بخش مهمی از کشور جزو مناطق خشک و نیمه خشک بشمار می رود. این امر کشور ایران را به لحاظ سیل خیزی در رتبه هفتمین کشور دنیا قرار داده است (نصرتی، ۱۳۷۹). بنابراین افزایش تراکم جمعیت در مناطق مستعد سیل گیر موجب شد تا تمهیداتی جهت کاهش اثرات زیانبار سیلابها اندیشیده شود. در این راستا تعیین پهنه هایی که در معرض سیل قرار می گیرند و یا خسارتهایی که ممکن است در اثر وقوع سیل با دوره های بازگشت معین رخ دهد، برای سیاست گذاری و مدیریت مناطق مورد نظر ضروری به نظر می رسد. نخستین فعالیتها در مورد کاربرد GIS در مطالعه پدیده سیلاب به اوایل دهه ۱۹۸۰ برمی گردد و اولین کارها در این زمینه با آنالیز DEMها (مدل رقومی ارتفاعی) برای کاربردهای هیدرولوژیک شروع شد. مارک و اکالگین در سال ۱۹۸۴ و دومنیک و انسن در سال ۱۹۸۸ روشهایی را برای پر کردن فرورفتگیها و پستی ها به منظور تعیین جهت جریان و تجمع آن ارائه دادند که به علت نامناسب بودن مدل ارتفاعی رقومی در توصیف عوارض پیچیده، مدل شبکه نامنظم مثلثی یا TIN پیشنهاد شد که توپوگرافی زمین را نمایش

می داد. جاکیک و میدمنت (۱۹۹۱) از شبکه نامنظم مثلثی (TIN) برای مدل سازی زهکشی سیلاب در یک محیط شهری در ایالت تگزاس استفاده نمودند. آنها در پی تحقیقات انجام شده، مشخص کردند که استفاده از مدل TIN برای تعیین پارامترهای تخمین جریان و دبی طراحی بسیار مفید و مؤثر می باشد.

بری و باجراچری (۱۹۹۵) روش رونیدیایی ماسکینگام-کانژ را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که تغییرات مکانی و زمانی ضرایب ماسکینگام-کانژ یک نقص مهم به حساب می آید و باعث خطا در تخمین داده ها می شود (دهقانی، ۱۳۸۳). هین لی و همکاران (۱۹۹۳) به منظور پیش بینی سیلاب در رودخانه ناکدونگ و تهیه سیستم هشدار این رودخانه، از مدل های روند های هیدرولوژیکی استفاده کردند. نتایج نشان داد که این مدل ها در انتهای رودخانه به خاطر پس زدن آب توسط مدل اصلا کارایی ندارد. تیت و میدمنت (۱۹۹۹) روشی را برای افزایش دقت آنالیز خروجی HEC-RAS در Arcview با مطابقت دادن داده های زمینی، هندسی رودخانه و سازه های کنترل با مدل زمینی موجود در GIS ارائه داد. سینکاندین و همکاران (۲۰۰۳) اقدام به تهیه نقشه خطر سیل برای رودخانه پاری در مالزی نمودند. برای این منظور از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم افزار Arcview استفاده گردید. با توجه به مشاهدات میدانی، نتیجه گیری کردند که GIS محیط مناسبی را برای تهیه نقشه خطر سیل ایجاد می کند. کالدست و هادسن (۲۰۰۳) در حوضه پانوکو در مکزیک اقدام به تهیه نقشه پهنه سیل با تلفیق اطلاعات سنجش از دور با روش ژئومورفولوژی نمودند. بر اساس نتایج با تلفیق اطلاعات سنجش از دور می توان نقشه های با توان تفکیک بالا تهیه کرد که برای پهنه بندی

منطقه مورد مطالعه: زرينه رود از رودخانه های مستقل حوضه آبريز درياچه اروميه بوده و بين ۳۰، ۴۵ تا ۲۲، ۴۷ درجه طول شرقی و ۴۰، ۳۵ تا ۴۴، ۳۷ درجه عرض شمالی قرار دارد. اين رود از شهرستان های مريوان و سقز در استان کردستان و شهرستان های شاهين دژ و مياندوآب در استان آذربايجان غربی جريان دارد. از کوههای شمال شرقی شهر مريوان سرچشمه گرفته و با گذشتن از آبادیهای مختلف در بخش جنوب شرقی درياچه اروميه، وارد آن می شود. در مسیر اين رودخانه یک سد مخزنی بنام سد زرينه رود و یک سد انحرافی بنام سد نوروزلو احداث شده است. منبع تغذيه رود نزولات جوی بوده و در ابتدای مسیر با جهت کلی جنوب به شمال و از شاهين دژ به بعد در جهت جنوب شرق به شمال غرب جريان دارد. طول رود ۲۸۴ كيلومتر، شیب بستر کوهستانی آن ۰/۴ درصد، شیب بستر جلگه ای ۰/۱ درصد و شیب متوسط بستر آن ۰/۳ درصد است (فرهنگ جغرافیایی رودخانه های کشور، ۱۳۸۴).

روش کار: پس از بررسی های کتابخانه ای، ابتدا داده های دبی، بارش و دما و نیز نقشه های پایه مورد نیاز برای محدوده مورد مطالعه از سازمان آب منطقه ای استان آذربايجان غربی، شرکت های تماب و مهتاب قدس و نیز سازمان هواشناسی و نقشه برداری تهیه گردید.

در گام بعدی، اقدام به تهیه مقاطع عرضی با همکاری امور آب استان شد. با معرفی مقاطع عرضی، شرایط مرزی و مشخصات جريان رودخانه و دشت سیلابی به مدل HEC-RAS به ازای دوره بازگشتیهای (۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰)، نیم رخ سطح آب و مشخصات جريان از قبیل سطح آبگرفتگی، عمق و سرعت آب در هر نقطه از محدوده مورد مطالعه با برآورد ضریب مانینگ به روش SCS تهیه شد. البته

سیل در مناطق با وسعت زیاد می تواند بسیار مفید باشد. انگلهارد (۲۰۰۴) برنامه ای را برای طراحی و مدیریت نقشه های خطر سیل تحت عنوان MHFMM^۱ ارائه داد که با توجه به قابلیت بالا در کارهای مربوط به پهنه بندی سیل FEMA^۳ مورد استفاده قرار می گیرد. صفری (۱۳۸۰) برای پهنه بندی سیل در رودخانه نکا از مدل HEC-RAS و برای انجام روندیابی از روش کانولکس استفاده نمود و نتیجه گرفت که این مدل کارایی خوبی در محاسبه پروفیل سطح آب دارد.

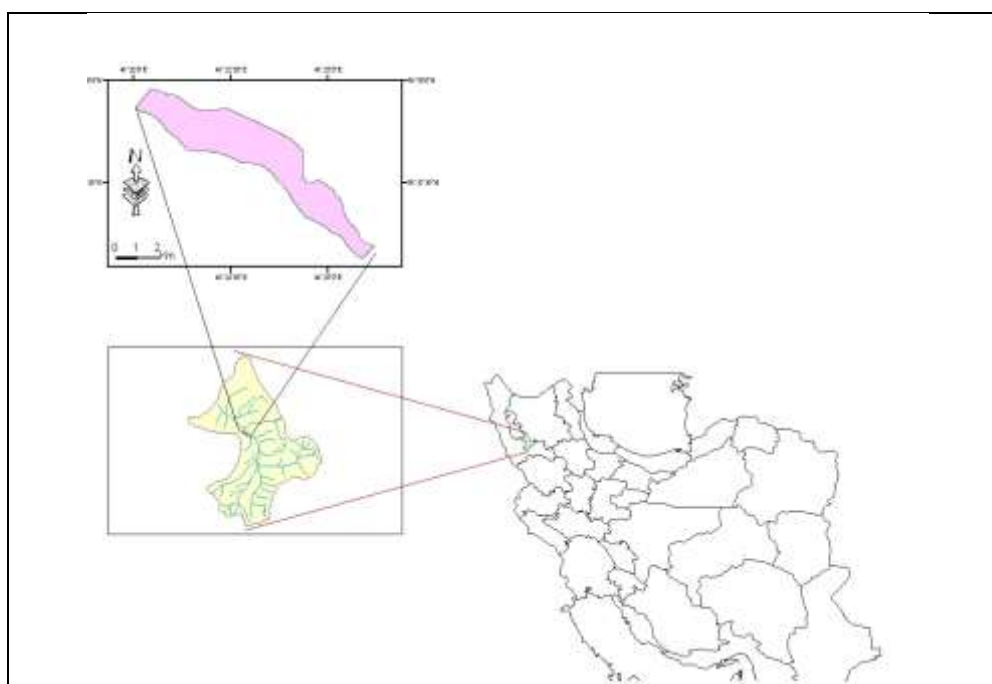
جلالی راد (۱۳۸۱) به پهنه بندی سیل در بخشی از حوضه آبخیز شهری تهران پرداخت او در این تحقیق از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نرم افزار Arc view و مدل HEC-RAS استفاده نمود و نتیجه گیری کرد که سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای قابلیت خوبی برای پهنه بندی سیل می باشد. دهقانی (۱۳۸۳) به ارزیابی کارایی روش روندیابی در رودخانه زهره پرداخت نتایج تحقیقات وی نشان داد که مدل های روندیابی ماسکینگام، ماسکینگام-کانز و آت-کین به ترتیب دارای اولویت می باشند. این تحقیق با هدف تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS با نرم افزار ARC GIS از طریق الحاقیه HEC-GEORAS به برآورد پهنه سیل و عمق آبگرفتگی در یک بازه ۱۶ کیلومتری از رودخانه زرينه رود می پردازد که در نهایت با استفاده از نقشه پهنه بندی محدوده های در معرض سیلاب، انتخاب محل مناسب برای اقدامات و فعالیتهای مختلف سازه ای و غیرسازه ای در منطقه سیل گیر ساده تر خواهد شد.

مواد و روشها

- 1- Multi-Hazard flood map modernization
- 2- Federal emergency management agency

است. مدل سه بعدی منطقه مورد مطالعه از نقشه رقومی ۱:۲۰۰۰ شرکت مهندسی مشاور ریموت تهیه و با استفاده از الحاقیه Hec-GeoRas که در محیط نرم افزار ArcGIS قرار می گیرد خط مرکزی جریان، محدوده سواحل رودخانه و مقاطع عرضی به عنوان پیش پردازش داده ها به نرم افزار ArcGIS معرفی می گردد.

نتایج حاصل از این شبیه سازی به صورت مقاطع عرضی، پروفیل های طولی، نمای سه بعدی جریان، جدول پارامترهای هیدرولیکی در مقاطع عرضی و نمودارهای تغییرات پارامترهای هیدرولیکی در طول رودخانه، در خروجی های نرم افزار HEC_RAS قابل نمایش می باشند که به جهت حجم بالای آنها به ازای هر دوره تنها به نتایج حاصله در قسمت نتیجه گیری بسنده شده

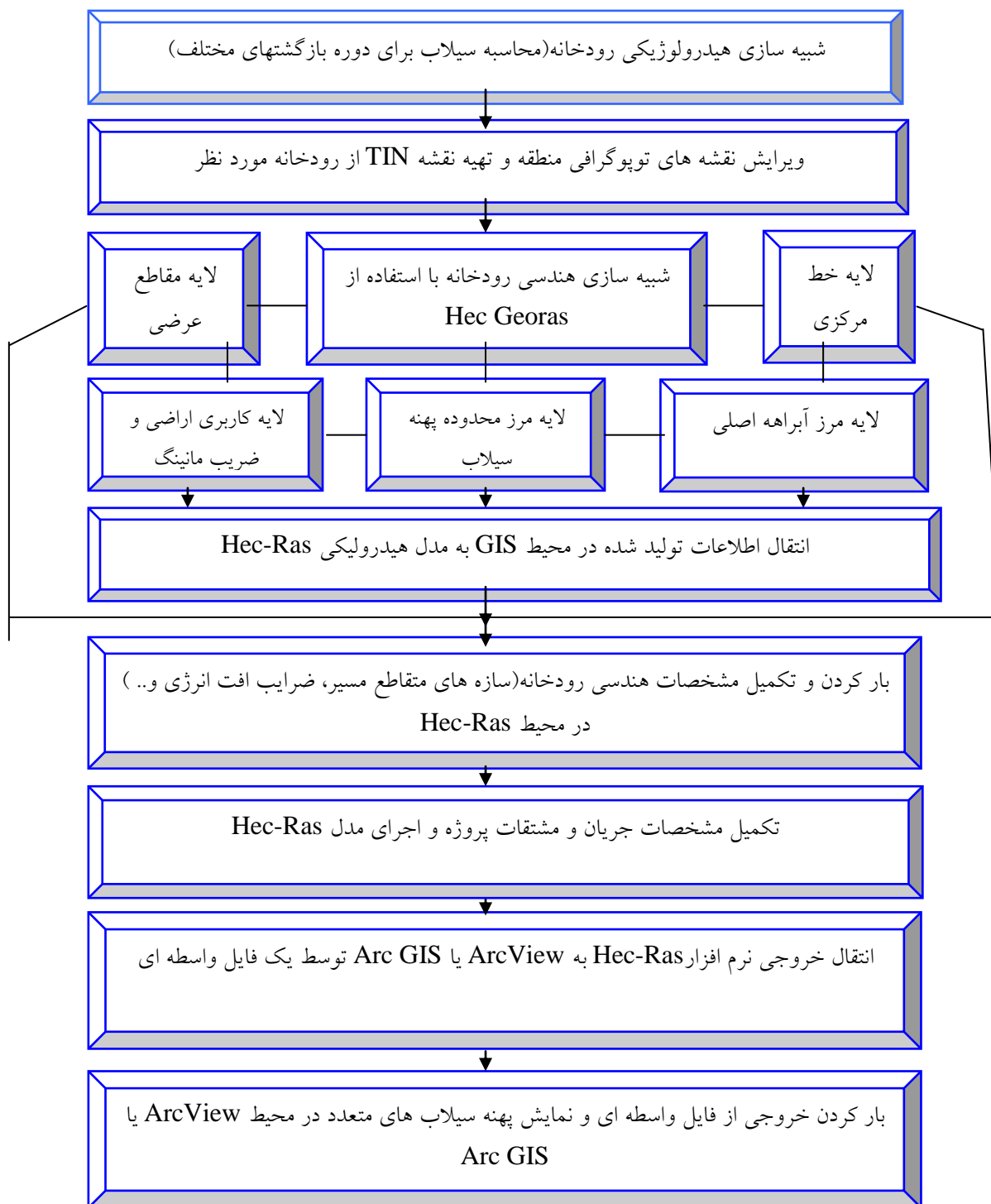


شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و حوضه

بهترین برازش توزیع آماری از نرم افزار های Hyfa و Smada استفاده شد و بهترین توزیع آماری (به روش گشتاور) برای ایستگاههای ساریقمیش و قزکری، پیرسون تیپ III بدست آمد (جدول ۴). در این پژوهش جهت انجام محاسبات آماری برای عناصر اقلیمی از دوره آماری ۱۳۶۱-۱۳۸۱ و ایستگاههای جدول (۱) و برای محاسبات هیدرولوژیکی از آمار ایستگاههای هیدرومتری قزکری و ساریقمیش با دوره آماری ۱۳۳۷-۱۳۸۰ استفاده شده است. خلاء

اطلاعات هندسی بدست آمده از نرم افزار ArcGIS همراه با داده های هیدرولیکی به محیط مدل HEC-RAS وارد شده و سپس نتایج و خروجی مدل به محیط نرم افزار Arc GIS جهت پردازش نهایی داده ها معرفی می شوند. در نهایت پهنه بندی سیلاب با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRas در محیط نرم افزار Arc GIS صورت می گیرد. برای بدست آوردن دبی مربوط به دوره برگشت های مختلف پس از تکمیل و تطویل دبی های حداکثر لحظه ای با توجه به

آماري موجود نيز تا حد امکان با استفاده از روش نسبتها و تفاضلها رفع شده است.



شکل ۲: مراحل تهیه نقشه پهنه بندی سیل با استفاده از HEC-RAS و GIS (حسین زاده، ۱۳۸۳)

جدول ۱: مشخصات ایستگاههای هواشناسی حوضه آبریز زرینه رود

نام ایستگاه	نوع	ارتفاع(متر)	متوسط دما(C)	متوسط بارش (mm)
مهاباد	سینوپتیک	۱۳۳۳	۱۱.۸	۴۱۲
میاندوآب	کلیماتولوژی	۱۳۱۴	۱۲.۲	۲۹۱.۸
مراغه	کلیماتولوژی	۱۴۱۹	۱۲	۳۲۶.۵
سقز	سینوپتیک	۱۵۲۳	۱۰.۸	۵۰۸.۹
زرینه اوباتو	سینوپتیک	۲۱۴۲	۷.۹	۳۹۳.۷
تکاب	سینوپتیک	۱۷۶۵	۹.۱	۳۵۱.۱

بحث

بعد، به صورت رابطه ۱ و ۲ تعریف می شوند (نجمایی، ۱۳۶۹).

$$R_e = \frac{VR}{v} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

V = سرعت متوسط جریان بر حسب متر بر ثانیه، R = شعاع هیدرولیکی و مقطع مورد نظر بر حسب متر

v = لزجت سینماتیکی آب رودخانه بر حسب مترمربع بر ثانیه، g = شتاب گرانی بر حسب متر بر مجذور ثانیه، D = عمق هیدرولیکی معادل بر حسب متر، A = سطح جریان آب در مقطع مورد نظر بر حسب مترمربع، T = عرض سطح آب در مقطع مورد نظر بر حسب متر

انواع جریان را می توان بر اساس تغییرات مکانی و زمانی عوامل هیدرولیکی جریان طبقه بندی نمود. عوامل هیدرولیکی مورد نظر شامل بده، عمق و سرعت جریان می باشد (آیین نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه ها، ۱۳۷۹). اگر در یک مقطع، عوامل هیدرولیکی جریان مانند بده، سرعت و عمق جریان ثابت باشد، جریان دائم و در غیر این صورت جریان غیر دائم است. چنانچه سرعت و عمق جریان در زمان مشخصی در مقاطع مختلف رودخانه یکسان باشد، جریان یکنواخت و در غیر این صورت جریان غیر یکنواخت می باشد. رژیم جریان در رودخانه، بر اساس دو عدد بی بعد رینولدز و عدد فرود تعیین می شود، این اعداد بی

جدول ۲: طبقه بندی جریان از نظر عدد رینولدز

وضعیت جریان	عدد رینولدز
ورقه‌ای	کمتر از ۵۰۰
بینابینی	۲۰۰۰ - ۵۰۰
آشفته	بیش از ۲۰۰۰

جدول ۳: طبقه بندی جریان از نظر عدد فرود

نوع جریان	عدد فرود
زیر بحرانی	کمتر از ۱
بحرانی	۱
فوق بحرانی	بیش از ۱

شیب تند است. منظور از رودخانه با شیب تند، رودی است که جریان در طول آنها فوق بحرانی بوده و عمق جریان کمتر از عمق بحرانی باشد. کنترل هیدرولیکی جریان فوق بحرانی در بالادست واقع گردیده و شرط وجود جریان فوق بحرانی عبارت است از (رابطه ۵):

$$S > n^2 g R^{-1} \quad (\text{رابطه ۵})$$

اگر ضریب مانینگ بین ۰.۰۳ تا ۰.۰۵ و شعاع هیدرولیکی بین ۱ تا ۳ متر باشد (رابطه ۶):

$$S < 0.025 \quad (\text{رابطه ۶})$$

بنابراین بر روی شیب های تندتر از ۲/۵ درصد می توان از محاسبات جریان شبه یکنواخت استفاده نمود. اگر جریان در مسیر رودخانه به ازای بده ثابت غیریکنواخت باشد، در محل سازه های متقاطع، تنگ شدگی و آستانه های طبیعی و مصنوعی، معمولاً جریان متغیر سریع رخ می دهد. در حد فاصل این سازه ها جریان از نوع متغیر تدریجی بوده و رقوم سطح آب از روابط ۷ و ۸ تعیین می شود.

$$WS_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$h_e = L \bar{S}_f + c \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \quad (\text{رابطه ۸})$$

1 و 2، $WS_1 = WS_2$ = تراز سطح آب در مقطع اول و دوم (متر)، V_1 و V_2 = سرعت متوسط جریان در مقطع اول و دوم (متر بر ثانیه)، α_1 ، α_2 = به ترتیب ضریب تصحیح انرژی در مقطع ۱ و ۲، =

در تعیین پهنه سیل گیر در هر مقطع از رودخانه، تعیین رقوم سطح آب و سرعت جریان به ازای سیلاب با دوره های بازگشت مورد نظر ضروری است و روش محاسبه سرعت جریان به نوع جریان بستگی دارد.

اگر بده جریان ثابت و شکل مقطع یکنواخت باشد، و یا تغییرات شکل مقطع قابل صرف نظر کردن باشد، می توان از محاسبات جریان یکنواخت یا شبه یکنواخت استفاده نمود. روابط حاکم، عبارتند از رابطه پیوستگی و رابطه جریان که به صورت رابطه ۳ و ۴ بیان می شوند:

$$Q = AV \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{رابطه ۴})$$

Q = بده جریان (متر مکعب در حسب ثانیه)، V = سرعت متوسط جریان (متر بر ثانیه)، A = سطح مقطع جریان (متر)، n = ضریب زبری مانینگ، R = شعاع هیدرولیکی (متر)، S = شیب کانال رودخانه (متر بر متر)

معمولاً تقریب عمق جریان با استفاده از محاسبات جریان یکنواخت، با فرض شیب کانال به جای شیب خط انرژی، موجب می شود که عمق جریان به دست آمده، بیش از عمق جریان محاسبات جریان غیریکنواخت باشد.

از دیگر کاربردهای محاسبات جریان شبه یکنواخت، تخمین عمق آب در رودخانه ها با

استفاده از رابطه اندازه حرکت، امکان شبیه سازی جریان مختلط شامل تغییر از فوق بحرانی به زیر بحرانی را فراهم می سازد (مهندسان نیروی زمینی ارتش آمریکا، ۲۰۰۸) (رابطه ۹):

$$\frac{Q_1^2 B_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y} + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{Q_2^2 B_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 \quad (9 \text{ رابطه})$$

که در این رابطه، عوامل عبارتند از:
 n = ضریب زبری مانینگ، A = سطح مقطع تر شده (مترمربع)، R = شعاع هیدرولیکی (متر)
 مدل هیدرولیکی HEC-RAS^۴ پروفیل سطح آب را با حل معادله انرژی به روش گام به گام استاندارد محاسبه می نماید که با برداشت چندین مقطع در طول رودخانه، معادله انرژی بین دو مقطع متوالی حل می شود. در این حالت، مطابق شیوه معمول در محاسبات نیمرخهای زیر بحرانی، محاسبات از پایین دست به بالا دست و در نیمرخهای فوق بحرانی از بالا دست به پایین دست صورت می گیرد (مهندسان مشاور طوس آب، ۱۳۸۱). معادله انرژی به صورت رابطه ۱۳ تعریف می شود (حسین زاده، ۱۳۸۳).
 (رابطه ۱۳)

$$y_2 + z_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} + h_e$$

و y_1 و y_2 = ارتفاع آب در مقاطع عرضی، z_1 و z_2 = ارتفاع کانال اصلی مقطع عرضی از سطح مبنا، a_1 و a_2 = ضرایب سرعت وزنی شده، g = شتاب ثقل، h_e = افت انرژی
 ارتفاع معادل افت انرژی (h_e) بین دو مقطع عرضی، با مقایسه افت های اصطکاکی و افت های انقباضی و انبساطی جریان بدست آمده و سپس معادله انرژی در یک فرآیند تکراری و گام به گام جهت مقاطع عرضی متوالی حل می گردد تا نهایتاً

he اتلاف انرژی بین دو مقطع بر حسب متر، L = فاصله دو مقطع در امتداد بستر جریان (متر)، g = متوسط شیب خط انرژی بین دو مقطع (متر بر متر)، C = ضریب انبساط و انقباض مقاطع رودخانه

که در این رابطه، عوامل عبارتند از:
 $Q_1 Q_2$ = به ترتیب بده جریان در مقاطع ۱ و ۲،
 $B_1 B_2$ = ضریب تصحیح اندازه حرکت در مقاطع ۱ و ۲، $A_1 A_2$ = مساحت تر شده در مقاطع ۱ و ۲، \bar{Y}_1 و \bar{Y}_2 = فاصله تراز ثقل سطح تر شده مقاطع ۱ و ۲ تا سطح آب
 S_f و S_{f0} = شیب بستر و شیب متوسط خط انرژی بین دو مقطع ۱ و ۲، شیب خط انرژی برای هر مقطع به صورت رابطه ۱۰ بیان می شود:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (10 \text{ رابطه})$$

در رابطه بالا K ضریب انتقال مقطع است. شیب خط انرژی متوسط بین دو مقطع، توسط از یکی رابطه های ۱۱ و ۱۲ بیان می شود.

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (11 \text{ رابطه})$$

در روابط بالا، عوامل عبارتند از:
 $Q_1 Q_2$ = به ترتیب بده جریان در مقطع ۱ و ۲،
 $K_1 K_2$ = به ترتیب ضریب انتقال در مقطع ۱ و ۲

مقدار ضریب انتقال از رابطه ۱۲ تعیین می شود:
 (رابطه ۱۲)

$$K = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}}$$

که در این رابطه، عوامل عبارتند از:

لحظه ای ایستگاههای هیدرومتری منطقه به کمک نرم افزار های Hyfa و Smada بهترین توزیع آماری (به روش گشتاور) پیرسون تیپ III بوده که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

نظر به اینکه زبری پارامتر عمده افت انرژی در کانالها و رودخانه ها محسوب می شود و نقش موثری 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 ضریب زبری مانینگ با توجه به بازدید های صحرائی، وضعیت بستر و جداره های رودخانه، نتایج مکانیک خاک و ... محاسبه می شود. عوامل موثر در مقدار ضریب مانینگ شامل زبری سطوح، مربوط به دانه بندی و اندازه ذرات بستر، شکل بستر ناشی از بارهای رسوبی و تل ماسه ها، پوشش گیاهی، موانع عمودی در جهت آبراهه و سیلابدشت، نامنظمی آبراهه و وجود پیچ و خم، رسوب گذاری و کف کنی رودخانه و عمق آب می شود. این روش به دلیل لحاظ نمودن عوامل متعدد در تخمین ضریب زبری نتایج حاصله از آن از دقت بالاتری برخوردار می باشد.

جدول ۴: مقادیر حداکثر دبی لحظه ای سیلاب با دوره برگشت های مختلف بر حسب متر مکعب بر ثانیه

دوره برگشت (سال)	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۸۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲	ایستگاه
ساریقمیش	۹۸۳.۹	۹۳۰.۵	۸۸۱.۹	۸۶۴.۴	۸۲۴.۶۱	۷۵۶.۷	۷۳۲.۲	۶۴۶.۵	۵۴۰.۴	۳۵۰.۵	
قزکریپی	۱۸۲۴.۴	۱۶۲۷.۴	۱۴۷۱.۹	۱۴۲۰.۵	۱۳۱۰.۳	۱۱۴۲	۱۰۸۶.۲	۹۰۶.۸	۷۱۵.۷	۴۲۹.۴	

در رودخانه، افت های ناشی از شکل و مشخصات بستر رودخانه بر جریان اعمال می شود. در کف کانال این افت ناشی از دانه بندی، شکل بارهای رسوبی و شکل مقطع کانال حاصل می شود و در

پروفیل سطح آب در تمام بازه های در نظر گرفته شده در رودخانه، بدست آورده شود. معرفی شکل رودخانه به مدل توسط مقاطع عرضی برداشت شده از رودخانه و فاصله آنها از همدیگر انجام می پذیرد.

مقطع عرضی در قالب سه قسمت آبراهه اصلی رودخانه، دشت سیلابی سمت راست و دشت سیلابی سمت چپ به مدل معرفی می گردد. فاصله مقاطع عرضی از یکدیگر بایستی به نحوی انتخاب شود که شرایط عمومی رودخانه در مدل شبیه سازی گردد. چنانچه در طول مسیر، شیب کف و یا مقطع اصلی رودخانه تغییر قابل ملاحظه ای نداشته باشد، می توان فاصله بین مقاطع را زیاد در نظر گرفت. در غیر این صورت در محل تغییر شیب و نیز تغییر مقطع بایستی مقاطع متعددی برداشت شود. همچنین در محل قوس رودخانه در ابتدای قوس، انتهای قوس و مرکز آن بایستی مقطع عرضی برداشت شود تا شکل قوس در مدل شبیه سازی گردد.

برای بدست آوردن دبی مربوط به دوره برگشت های مختلف با در دست داشتن آمار حداکثر

برای تعیین ضریب n در بازه ای از رودخانه، رودخانه را به دو قسمت اساسی تقسیم می کنند: آبراهه اصلی و دشت سیلابی سواحل راست و چپ. علاوه بر افت های ناشی از اغتشاش جریان

عنوان راهنما برای انتخاب مقدار استفاده می گردد (مایر، ۲۰۰۷).

در روش سازمان حفاظت خاک امریکا (SCS) براساس جنس آبراهه و سیلاب دشت مقدار پایه ای برای n انتخاب و برای پوشش گیاهی، نامنظمی مقطع، موانع عمودی، راستای آبراهه، تغییرات شکل و اندازه آبراهه تصحیحاتی اعمال و مقدار نهایی n تعیین می گردد (مهندسان نیروی زمینی ارتش آمریکا، ۲۰۰۶) (جداول ۵ تا ۸).

دشت سیلابی علاوه بر دانه بندی، اثر پوشش گیاهی و موانع از جمله ساختمانهای متعدد و ... قابل توجه می باشد. اثر این موانع علاوه بر افت در سرعت جریان، باعث کاهش سطح مقطع جریان و ظرفیت ذخیره دشت سیلابی نیز می گردند. و به طریقی باید این اثر را لحاظ نمود. انتخاب مقدار مناسب ضریب اصطکاکی مانینگ را با توجه به آبراهه ها و رودخانه های مشاهده شده شبیه به آن استخراج نمود. گاهی از داده های تجربی به

جدول ۵: مقدار n پایه برای کانال بر اساس روش SCS

مقدار n	نوع کانال
۰.۰۲	کانال های خاکی
۰.۰۲۵	کانال هایی که از داخل سنگ بریده شده باشند
۰.۰۲۴	کانال هایی با شن ریز
۰.۰۲۸	کانال هایی با شن درشت

جدول ۶: فاکتورهای تعدیلی برای پوشش گیاهی

حدود مقادیر تعدیل	درجه تاثیر بر روی n	پوشش گیاهی و حالت جریان
۰.۰۰۵ تا ۰.۰۱۰	کم	رویش متراکم چمن های علفی نرم قابل انعطاف یا علف هرز جایی که میانگین عمق جریان ۲-۳ برابر ارتفاع پوشش گیاهی باشد. چوب درختان نرم شده مثل چوب بید یا سروها که میانگین عمق جریان ۳-۴ برابر ارتفاع آنها باشد.
۰.۰۱ تا ۰.۰۲۵	متوسط	چمنهای علفی که میانگین عمق جریان ۱-۲ برابر ارتفاع پوشش گیاهی است. علفها و گیاهان هرز ساقه دار یا نهال درختان با پوشش متوسط که میانگین عمق جریان ۲-۳ برابر ارتفاع پوشش گیاهی باشد. بیشه های علفی و کشتزارهایی که ارتفاع با تراکم متوسط همانند بیشه های بید ۱ تا ۲ ساله در فصل خواب و در امتداد شیب کانال با پوشش گیاهی ناچیز در طول کف کانال جایی که شعاع هیدرولیکی جریان بیش از ۰.۶ متر است.
۰.۰۲۵ تا ۰.۰۵۰	بلند	۱- فصل خواب در درختان بید یا گیاهان پنبه دار ۸-۱۰ ساله که در آن مقدار کمی علفهای هرز روئیده و به صورت بیشه زار باشد، بدون شاخ و برگ که شعاع هیدرولیکی آن بیش از ۰.۶۰ متر باشد. ۲- فصل رشد بیدزار ۱-۲ همراه با علفهای هرز با شاخ و برگ زیاد در طول شیب جانبی و با پوشش جزئی در امتداد کف کانال که شعاع هیدرولیکی بزرگتر از ۰.۶۰ متر باشد

چمنهای علفی که میانگین عمق جریان کمتر از $\frac{1}{2}$ پوشش گیاهی باشد، فصل رشد بیدزارهای انبوه حدود یکساله که همراه با علف های هرز با شاخ و برگ فراوان در طول شیب جانبی و پوشش متراکم در کف کانال با هر مقدار شعاع هیدرولیکی بالاتر از 3 تا 4.5 متر. فصل رشد درختها همراه با علف های هرز در داخل آن و بیشه زارها با شاخ و برگ فراوان برای هر مقدار شعاع هیدرولیکی بالاتر از 3 تا 4.5 متر	خیلی بلند	۰.۰۵ تا ۰.۱
--	-----------	-------------

جدول ۷: تعدیل فاکتور ها نسبت به موانع

نسبت تاثیر موانع	مقدار تعدیل
قابل چشم پوشی	۰.۰۰۰۰
کم یا حداقل	۰.۰۱۰ تا ۰.۰۱۵
قابل توجه	۰.۰۲۰ تا ۰.۰۳۰
شدید	۰.۰۴۰ تا ۰.۰۶۰

$Ls =$ طول مستقیم بازه مورد نظر، $Lm =$ طول پیچ و خم کانال در همان کانال در نهایت با جمع تمام ضرایب به دست آمده در مراحل مختلف مقدار نهایی n بدست می آید.

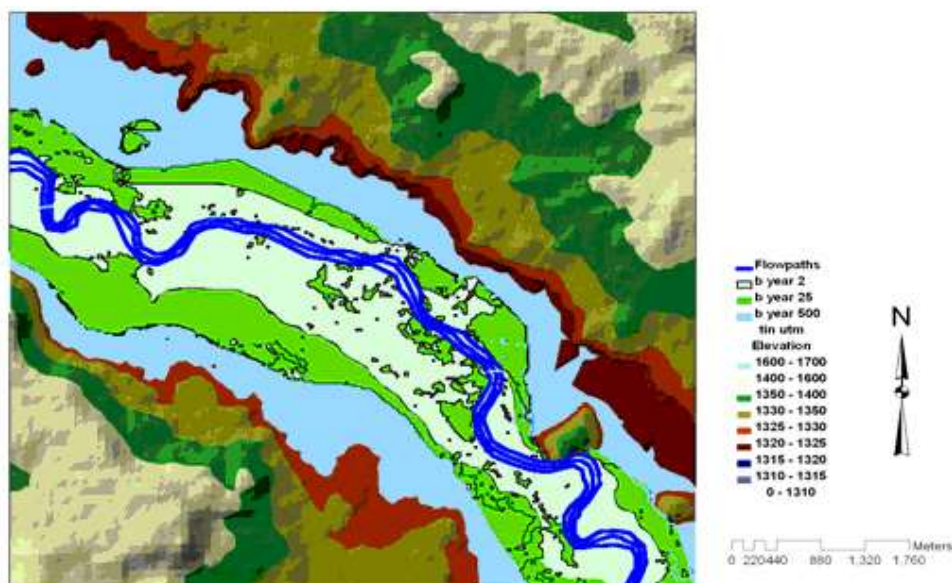
بر اساس درجه پیچ و خم رودخانه ابتدا با توجه به نسبت Lm/Ls از جدول (۸) ضریب به دست می آید. سپس با ضرب آن در n مقدار تعدیل در این مرحله بدست می آید.

جدول ۸: تعدیل فاکتورها نسبت به مسیر کانال

Lm/Ls	میزان پیچ و خم	مقدار تعدیل
1-1.2	کم	۰.۰۰۰۰
1.2-1.5	قابل توجه	$۰.۱۵n$
>1.5	شدید	$۰.۲۰n$

توسط سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان غربی با فرمت اتوکد بودند، ابتدا لایه مورد مطالعه به محیط GIS منتقل و به فرمت shape تبدیل شد و سپس خطوط توپوگرافی و نقاط ارتفاعی دشت سیلابی از آن استخراج گردید و پس از آن مدل توپوگرافی از رودخانه شامل مجرای اصلی و دشت سیلابی در قالب شبکه نامنظم مثلثی (TIN) با سیستم تصویر UTM و بیضوی WGS84,zone 39 تهیه شد.

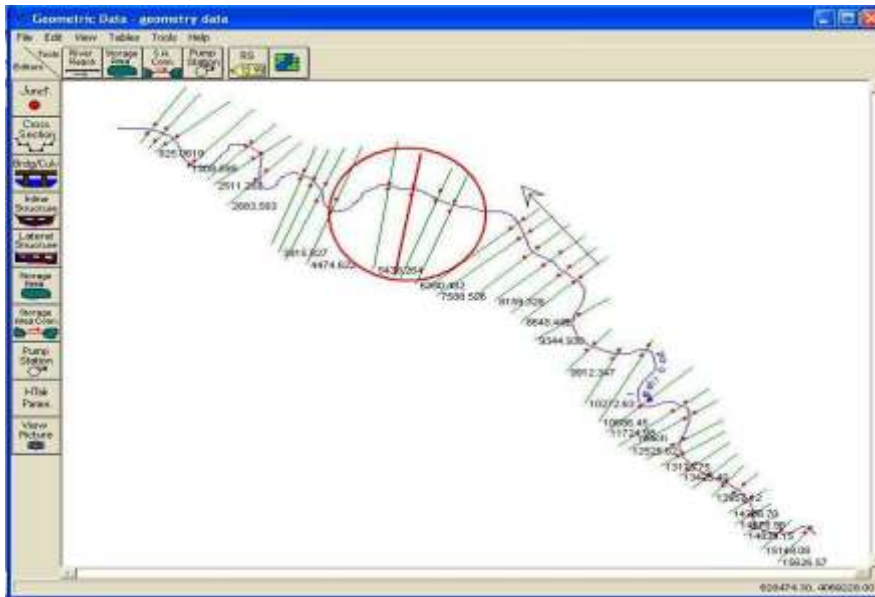
الحاقیه HEC-GEORAS قادر است از مدل رقومی ارتفاع رودخانه و دشت سیلابی اطلاعات مناسبی مانند مقاطع عرضی، موقعیت سواحل و فاصله بین مقاطع را با فرمت قابل استفاده در نرم افزار HEC-RAS استخراج نماید و نتایج حاصل از پردازش های هیدرولیکی مدل ریاضی- HEC-RAS از جمله رقوم سطح آب را در محیط GIS و به صورت لایه های قابل آنالیز نشان دهد (براتی، ۱۳۸۴). نظر به اینکه نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۰۰۰ تهیه شده رودخانه زرينه رود



شکل ۳: عمق آبگرفتگی با دوره برگشت های مختلف بر روی TIN رودخانه در قسمتی از محدوده مورد مطالعه

آبراهه اصلی می تواند متغیر باشد که در محدوده مورد مطالعه این تغییر بین ۶۵ تا ۲۴۰ متر می باشد. مرزهای تعیین کننده حداکثر حدود پهنه سیلاب، که در طرح حاضر عرض باند تعیین شده در این قسمت تا ۱۹۸۷ متر نیز در نظر گرفته شده است. همچنین در طول مسیر رودخانه مورد مطالعه بالغ بر ۴۰ مقطع عرضی توسط مهندسين مشاور ريموت ترسيم گردیده است که این مقاطع با ترسيم خطوطی عمود بر حرکت جریان در مسیر جریان آب از چپ به راست تعريف می شوند و هر کدام با یک شاخص یا شماره از دیگر مقاطع تمیز داده می شوند (شکل ۴).

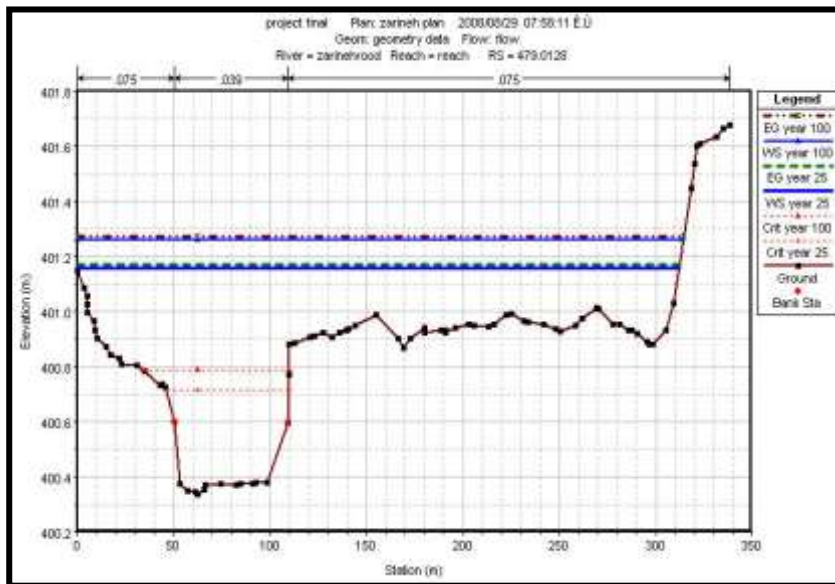
پس از تصحیحات اولیه روی نقشه مذکور و وارد نمودن اطلاعات توپوگرافی و ساخت TIN رودخانه مورد مطالعه با فعال کردن الحاقیه HEC-GEORAS در محیط ARC-GIS لایه های اطلاعاتی لازم جهت شبیه سازی هندسه رودخانه ساخته شدند. لایه های اطلاعاتی لازم جهت شبیه سازی شامل خط مرکزی جریان که بر خط القعر رودخانه منطبق می باشد. این خط که طول رودخانه را نشان می دهد برابر با ۱۶۴۲۵ متر می باشد. خطوط تعیین کننده آبراهه اصلی رودخانه که مرز عمومی آب را نشان می دهند. فاصله این خطوط از هم و به عبارتی عرض



شکل ۴: نمایش اطلاعات هندسی وارد شده و شماره مقاطع عرضی

پروفیل جریان نرمال، و توزیع سرعت برای سیلاب با دوره برگشت ۲۵ و ۱۰۰ ساله ارائه شده است.

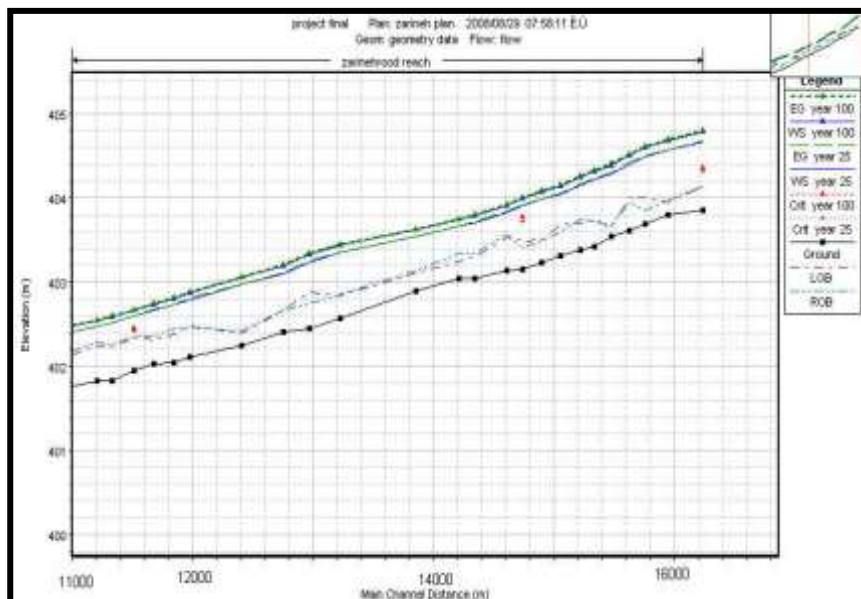
با توجه به حجم بالای مقاطع به دست آمده (۴۱ مقطع) در اینجا تنها یک مقطع بعنوان نمونه ارائه شده است. در مقاطع عرضی پروفیل سطح آب،



شکل ۵: مقطع عرضی تیپ رودخانه در کیلومتر ۴۷۹+۰ زرینه رود از پایین دست محدوده

در پروفیل های طولی پارامترهایی از جمله سطح طبیعی زمین، تراز سطح جریان در دبی های مختلف و نحوه عبور جریان از داخل آنها و ... قابل ارائه می باشد. با توجه به طولانی بودن مسیر

پروفیل های طولی در بازه ۱۱ تا ۱۶ کیلومتر برای سیلاب نمونه در شکل (۶) ارائه شده است.



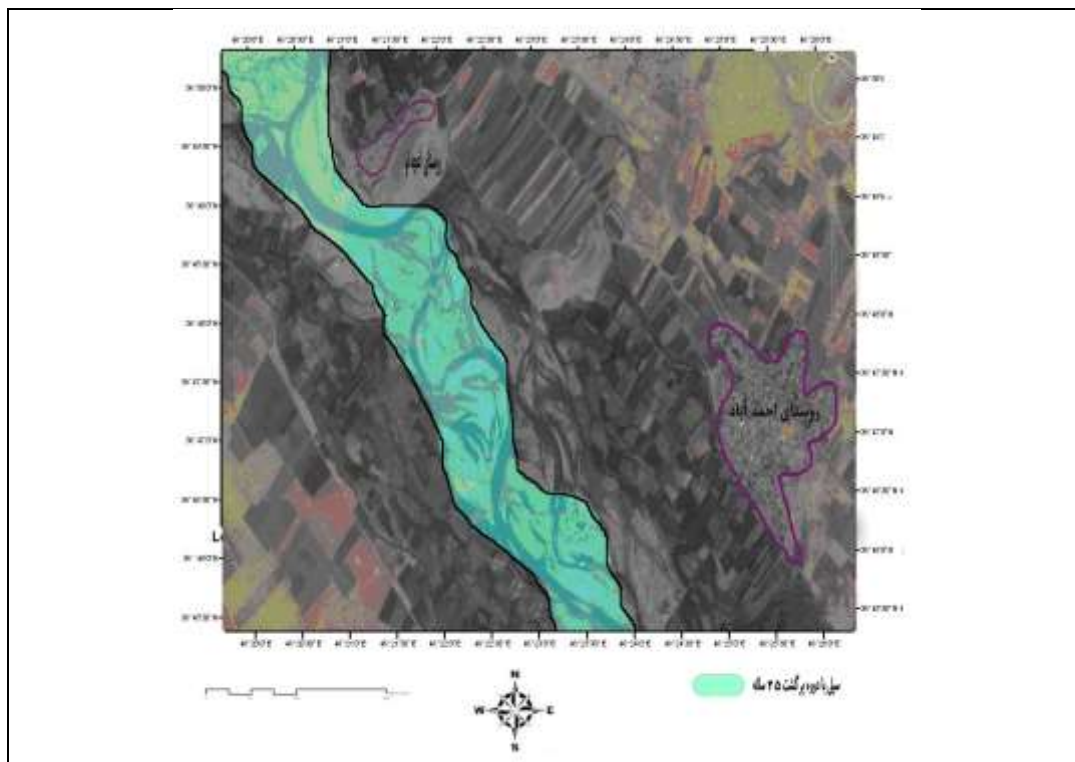
شکل ۶: پروفیل سطح آب سیلاب ۲۵ و ۱۰۰ ساله، کیلومتر ۱۱ تا کیلومتر ۱۶

پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش در مناطق خشک و نیمه خشک، باعث ایجاد سیلابهای مخرب و وارد آمدن خسارات جانی و مالی فراوانی می گردد از طرفی امروزه استفاده از روشهای فیزیکی کنترل سیلاب چندان رضایت بخش نبوده و هزینه های زیادی را مطالبه می کند بنابراین کاربرد ترکیبی روشهای سازه ای و غیر سازه ای راه حل بهینه ای برای به حداقل رساندن خسارت های سیل به شمار می آید.

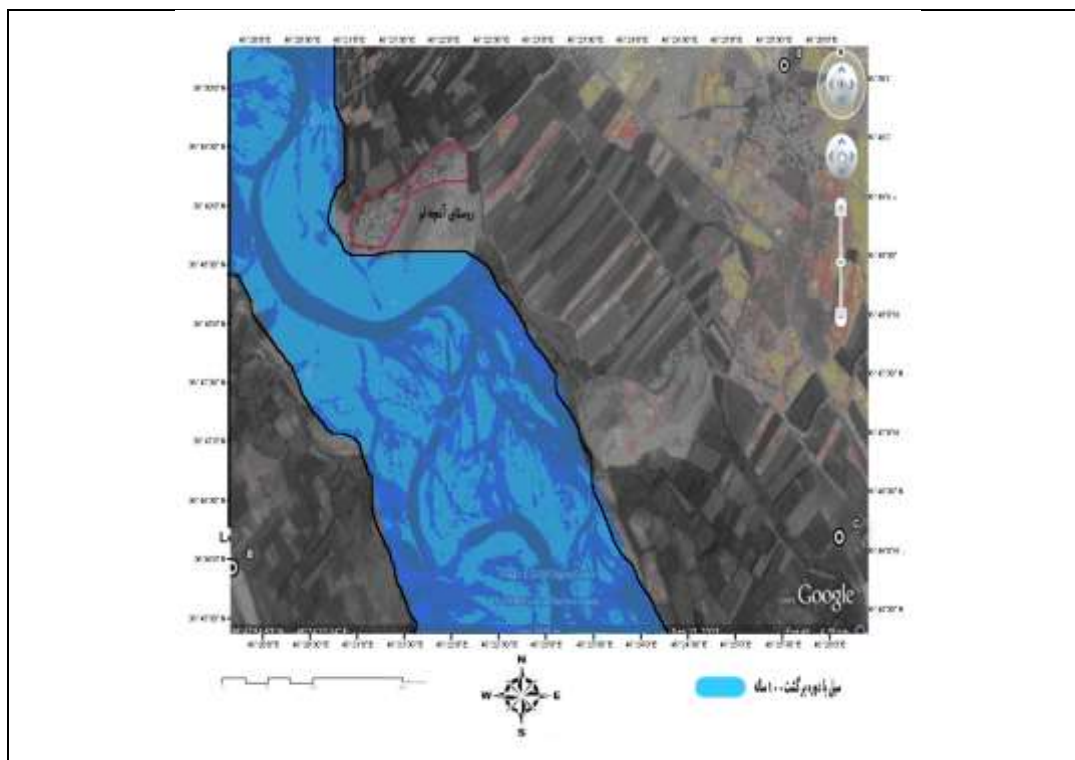
با توجه به محاسبات و شبیه سازی انجام شده در مدل HEC-RAS مقادیر توان هیدرولیکی جریان در طول مسیر رودخانه بدست آورده شده بطوریکه تغییرات این پارامتر بین ۰/۸ تا ۱۰ نیوتن بر ثانیه بوده و در بعضی نقاط به دلیل تغییرات توپوگرافی بستر و ضریب زبری به صورت موضعی تا ۱۴ نیوتن بر ثانیه افزایش می یابد، ولی توان هیدرولیکی در آبراهه اصلی به مراتب بیشتر از متوسط توان هیدرولیکی کل مقطع است.

با توجه به اهمیت سیلاب های با دوره برگشت ۲۵، ۱۰۰ و ۵۰۰ سال در مدیریت سیلاب، (آیین نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه ها، ۱۳۷۹) پهنه سیل گیر سیلاب با دوره باگشت ۲۵ سال به عنوان بستر رودخانه، پهنه سیل گیر سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال به عنوان پهنه سیل پرخطر (آژانس مدیریت بحران فدرال، ۱۹۹۳). پهنه سیل گیری که داخل پهنه سیل گیر با دوره بازگشت ۵۰۰ سال قرار می گیرد و خارج پهنه سیل گیر پر خطر است، به عنوان پهنه سیل گیر با خطر متوسط محسوب و پهنه ای که خارج از پهنه سیل گیر ۵۰۰ سال قرار می گیرد، به عنوان پهنه کم خطر به حساب آمده است (آژانس مدیریت بحران فدرال، ۱۹۹۳). شکل های ۷ تا ۹ پهنه بندی سیل را برای دوره برگشت های ۲۵، ۱۰۰ و ۵۰۰ ساله نشان می دهند (جدول ۹).

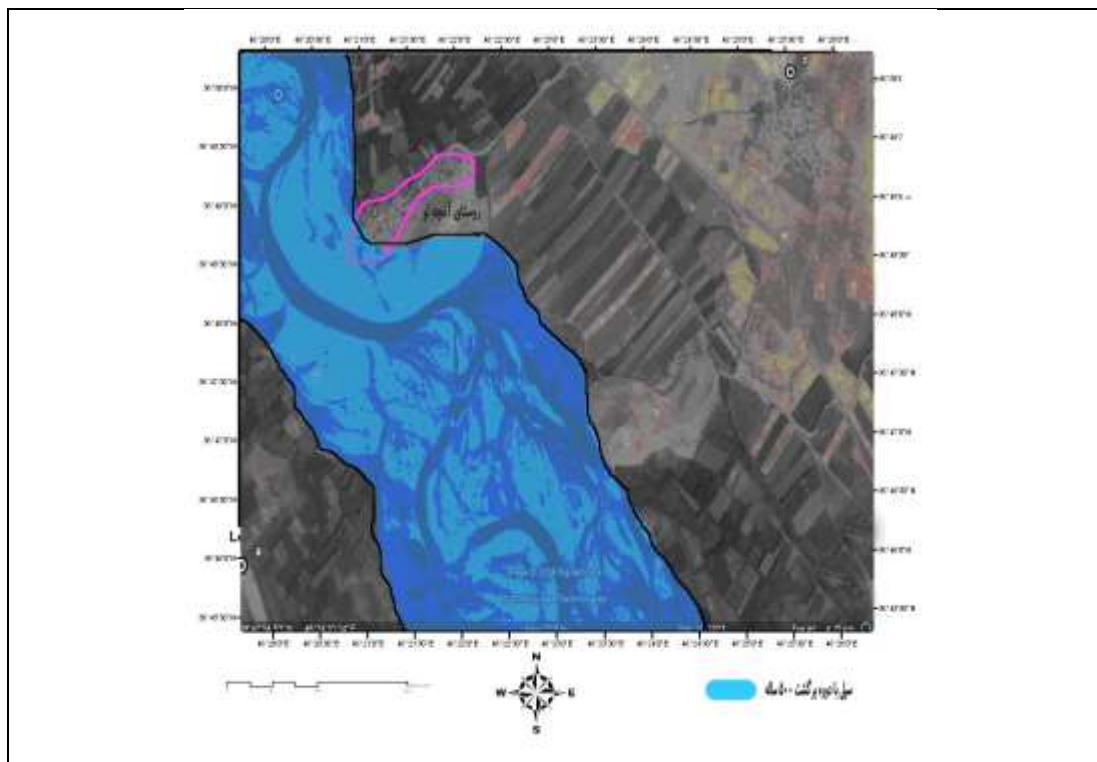
نتایج:



شکل ۷: نمایش پهنه سیل با دور برگشت ۲۵ ساله (بستر رودخانه)



شکل ۸: نمایشی از پهنه سیلاب ۱۰۰ ساله (پهنه سیل پر خطر)



شکل ۹: نمایی از پهنه سیل با دوره برگشت ۵۰۰ ساله (پهنه سیل گیر با خطر متوسط)

جدول ۹: مساحت پهنه های سیل گیر برای دوره های بازگشت مختلف

دوره برگشت سیل	۲۵ سال	۱۰۰ سال	۵۰۰ سال
مساحت پهنه سیل گیر (هکتار)	۱۴۰۰	۳۱۰۰	۵۳۰۰

هندسی مقطع و شیب هیدرولیکی جریان مربوط می شود. از آنجایی که عرض رودخانه در طول رودخانه کاملاً متغیر بوده برای یک سیلاب با دوره برگشت ۲۵ ساله حداکثر عمق جریان بین ۰/۴ الی ۰/۹ متغیر می باشد.

در مجموع بر اساس پهنه های بدست آمده و انطباق آن با تصاویر هوایی می توان گفت که مناطق مسکونی حاشیه رودخانه چندان در معرض خطر سیل نبوده ولی با توجه به گسترش فعالیتهای سازه ای و کشاورزی طی سالیان اخیر و نیز استفاده روز افزون از ماشین آلات سنگین علاوه بر محدود گشتن حریم رودخانه، بستر آن نیز توسط زایدات حاصل از این فعالیتها کم عمق

سرعت جریان در بازه بالا دست رودخانه عموماً در فاصله ۰/۵ الی ۰/۷ متر بر ثانیه است ولی به دلیل تغییرات در منحنی شیب کف و ضریب زبری، تغییرات موضعی کمی تا حد ۰/۹ متر بر ثانیه نیز قابل مشاهده است.

با توجه به شبیه سازی انجام شده و از آنجا که سطح مقطع و سرعت جریان در بازه های مختلف رودخانه متفاوت است، مقدار تنش برشی جریان نیز تغییر می کند میزان این تغییرات در طول مسیر رودخانه بین ۲ تا ۱۵ نیوتن بر متر مربع می باشد. تغییرات عدد فرود در رودخانه کاملاً متغیر بوده و بستگی به شرایط هیدرولیکی مقطع دارد، ولی به طور کلی حداکثر تا حدود ۰/۳۴ افزایش می یابد. تغییرات حداکثر عمق آب به شکل

اطراف بیشتر می گردد.

گشته و امکان نفوذ یک سیل معمولی در اراضی

منابع

- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۴. راهنمای پهنه بندی سیل تعیین حد بستر و حریم رودخانه، نشریه شماره ۳۰۷، ۱۴۵ ص.
- صفری، ع.، ۱۳۸۰. تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت های سیلابی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۱۲ ص.
- فرهنگ جغرافیایی رودخانه های کشور، ۱۳۸۴. انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ج چهارم، ص ۴۶-۴۱.
- مهندسین مشاور طوس آب، ۱۳۸۱. مطالعات تعیین حریم و بستر رودخانه های ششتمد، ششتراز، شصت دره، درونگرو طرق، ۱۱۰ ص.
- نجمایی، م.، ۱۳۶۹. هیدرولیک کاربردی، جلد اول، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۳۴۵ ص.
- نصرتی، ع.، ۱۳۷۹. پهنه بندی قابلیت سیل خیزی حوضه آبخیز گاو رود با استفاده از سنجش از دور و GIS، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، بهار و تابستان ۱۳۸۳، شماره (۳ و ۴) صص ۴۹-۵۸.
- Barry, D.A., and Bajracharya, K., 1995. On the Muskingum-Cunge flood routing method. University of Western Australia, Computer and Geosciences, v. 22(7), p. 707-712.
- Engelhard, J., 2004. Plan, manage, implement, and monitor the Multi-Hazard Flood Map Modernization (MHFMM) program. IAHS Press, Wallingford, p. 23-33.
- Tate, E., Maidment, D., 1999. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and Arc View GIS, CRWR Online Report.v. 99-1, p.138-155.
- آیین نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه ها، نهرها، مسیل ها، مردابها، برکه های طبیعی و شبکه های آبرسانی، آبیاری وزهکشی، مصوب مورخ ۱۳۷۹/۸/۱۱ هیات وزیران.
- براتی، م. ج.، ۱۳۸۴. پهنه بندی سیلاب رودخانه های درون شهری با رویکرد RS&GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۸ ص.
- جلالی راد، ر.، ۱۳۸۱. پهنه بندی سیل در بخشی از حوضه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهرداری تهران، ص ۱۲-۸.
- حسین زاده، ع.، ۱۳۸۳. پهنه بندی سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص ۴۸-۴۳.
- دهقانی، م.، ۱۳۸۳. ارزیابی کارایی روش های روند یابی سیلاب در رودخانه جزر و مدی زهره، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۷ ص.
- Federal Emergency Management Agency., 1993. Flood Insurance Study Guideline and Specification for contactors.p. 96-112
- Colditz R. R., and Hudson, P. F., 2003. Flood delineation in a large and complex alluvial valley, lower Pánuco basin, Mexico. Journal of Hidrology, v. 20, p. 229-245.
- Domingue, J.O., and Jenson, S.K., 1988. Extracting topographic structure from digital elevation data For Geographic Information System analysis. Photogrammetric Engineering

- and Remote Sensing, v. 54(11), p.1593–1600.
- Heon Lee, j., Lee Eun, T., Lee Do, H., and Kim Nam, W., 1993. Flood Analysis in the Tidal Reaches of the Nakdong River, Journal of Korea Water Resources Association, v. 31, p. 235-242.
- Djokic, J., and Maidment, D., 1991. GIS and hydrologic modeling. In Environmental modeling with GIS, ed MF Goodchild, BO Parks & LT Steyaert, Oxford University Press, New York, p 147–167.
- Mark, S., and Ocallaghin, E.R., 1984. On the relative role of hillslope and network geometry inHydrologic response. In Scale problems in hydrology, eds VK Gupta, Rodriguez-Iturbe I & Wood EF, D Reidel Publishing Company, p 1–17.
- Meyer, S., 2007. Floodplain Mapping and Hydraulic Analysis with River Burean Ministy of construction Manual for River Works in Japan. 1995, p. 215-314.
- Sinnakaundan, S.k, 2003. Flood Hazard and Risk Assessment through Incorporating GIS with Hydrodynamic Modelling: Case Study of Pari River, Earth Surface Processes and Landforms, v. 16, p.237–254.
- U.S. Army Corps of Engineers., 2008. User Manual of HEC-RAS, p.21-29.
- U.S. Army Corps of Engineers., 2006. Engineering and Design River Hydraulics. EM 1110-2-1416.Washington DC. 20314-1000, p. 22.