

# تحلیل ریسک خطر سیل با استفاده از HEC-RAS، HEC-GeoRAS و GIS در دشت سوسن

علی بویری<sup>۱</sup>، عظیم صابری<sup>۲</sup>، کاظم رنگزن<sup>۳</sup>، مصطفی کابلی زاده<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

[Aliboveiry@yahoo.com](mailto:Aliboveiry@yahoo.com)

۲. عضو هیئت علمی گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

[A.Saberi@scu.ac.ir](mailto:A.Saberi@scu.ac.ir)

۳. عضو هیئت علمی گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

[Rangzan@scu.ac.ir](mailto:Rangzan@scu.ac.ir)

۴. عضو هیئت علمی گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز

[kabolizadeh@scu.ac.ir](mailto:kabolizadeh@scu.ac.ir)

## چکیده

به منظور تحلیل ریسک نواحی در معرض خطر سیلاب در دشت سوسن، با استفاده از الحاقیه<sup>۱</sup>-HEC GEO-RAS در محیط GIS اطلاعات هندسی حوضه از روی لایه TIN منطقه استخراج شدند؛ سپس تمامی اطلاعات تولید شده به محیط نرم افزار هیدرولیکی HEC-RAS انتقال داده شد و محاسبات مربوط به سیل با دوره بازگشت های ۳۰ و ۱۰۰ ساله انجام گرفت؛ سپس اطلاعات به محیط GIS انتقال داده شد و پهنه سیلاب با دوره بازگشت های مذکور به همراه نقاط روستایی در معرض خطر سیل بر روی نقشه مشخص گردید؛ و مشخص شد که نقاط روستایی واقع در ساحل غربی کارون به دلیل شیب کمتر بستر و ارتفاع پایین تر در معرض خطر بیش تری قرار دارند که پیشنهاد شد با تهیه نقشه های خطر سیل و شناسایی نقاط امن منطقه در موقع بروز سیلاب، از خطرات جانی و مالی سیل کاسته شود. در سیل با دوره بازگشت ۳۰ و ۱۰۰ ساله ترتیب ۱۰۹۲ و ۲۹۴۶ هکتار از اراضی منطقه در معرض سیلاب قرار می گیرند.

واژه های کلیدی: تحلیل ریسک، سیل، دشت سوسن، HEC-RAS، Geo-HEC-RAS، GIS

تحلیل ریسک در دارایی‌های حیاتی، رویکردی سیستماتیک است که از قابلیت ترکیب دانش‌ها و مهارت‌های چندگانه به منظور تحلیل آسیب‌پذیری جامع تأسیسات و دارایی‌ها برخوردار می‌باشد. همچنین تحلیل ریسک این دارایی‌ها، ابزاری مدیریتی در دست مدیران بحران در جهت تصمیم‌گیری برای بررسی شیوه‌های اقدام متقابل در مواجهه با تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های احتمالی است [۷]. در فرهنگ بین‌المللی، سیلاب به جریان آبی با دبی بالا گفته می‌شود که طی آن آب بالا آمده و زمین‌های اطراف را که معمولاً زیر آب نیستند غرقاب می‌کند [۹]. سیلاب از جمله بلایای طبیعی شناخته شده است که طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، سیلاب همراه با زلزله و خشکسالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی به همراه دارد [۴]. آنچه بر اهمیت وقوع رخداد سیل می‌افزاید قرار گرفتن مراکز انسانی در محدوده‌های سیلابی است، وجود چنین مراکزی در محدوده حوضه‌های سیلابی علاوه بر این که موجب افزایش تولید رواناب می‌گردد باعث بروز خطرات فراوانی نیز می‌شود [۱]. اندازه و تکرار رویداد سیلاب در هر منطقه، بستگی به عوامل متعددی دارد. ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ی آبریز مانند: شکل، شیب، شبکه‌ی آبراهه‌ها و ناهمواری زمین، همراه با ویژگی‌های هیدرولوژیکی مانند: بارش، ذخیره و تلفات برگابی و چلابی، تبخیر و تعرق و نفوذپذیری و اقدامات ناشی از فعالیت‌های بشری، در بروز و تشدید سیلاب یا کاهش و افزایش میزان خسارت‌های ناشی از آن دخالت دارند. شناخت این عوامل و دسته‌بندی آنها در هر منطقه‌ای، از اصول اولیه‌ی مهار سیلاب و کاهش خطرات آن است [۲]. خسارات سیل به عنوان یک معضل طبیعی زمانی می‌تواند به حداقل ممکن برسد که قبل از وقوع آن اقدامات اساسی و برنامه‌ریزی شده برای پیشگیری از تشدید وقوع و کنترل آن به عمل آید. بنابر این اولین قدم جهت مدیریت بهینه و تدوین استراتژی‌های مقابله با این خطر طبیعی و کاهش خسارات ناشی از آن تشخیص مناطق حساس و تهیه نقشه خطر سیل می‌باشد [۱۷]. استفاده از تکنیک GIS جهت تولید نقشه‌های سیل‌گرفتگی دارای مزایای بسیار زیادی نسبت به روش‌های سنتی ترسیم محدوده سیل‌گرفتگی دشت سیلابی است. چرا که برنامه‌های اتوماتیک ترسیم، می‌توانند به مقدار بسیار زیادی صحت نقشه و سرعت تولید آن را بهبود بخشند [۱۴]. تحلیل رودخانه انجمن مهندسين ارتش آمریکا (HEC-RAS) نرم‌افزاری است که به کاربر امکان انجام محاسبات هیدرولیک رودخانه را در حالت جریان ماندگار و غیر ماندگار را می‌دهد. سیستم HEC-RAS شامل سه مؤلفه تحلیل هیدرولیکی یک بعدی برای محاسبات پروفیل سطح آب در حالت جریان ماندگار؛ شبیه‌سازی جریان غیر ماندگار و محاسبات انتقال رسوب در مرز متحرک، می‌باشد. این سه مؤلفه از یک نمایش داده‌های هندسی مشترک و از روند محاسبات هندسی و هیدرولیکی یکسان استفاده می‌کنند [۸]. به دلیل عبور رودخانه کارون از دشت سوسن و واقع شدن این روستاها عمدتاً به شکل الگوی خطی در کنار این رود، مطالعات سیلاب در این منطقه دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. در این تحقیق از نرم‌افزار HEC-RAS جهت محاسبه سیل با دوره بازگشت ۳۰ و ۱۰۰ سال و نرم‌افزار GIS جهت نمایش پهنه سیلاب استفاده شده است.

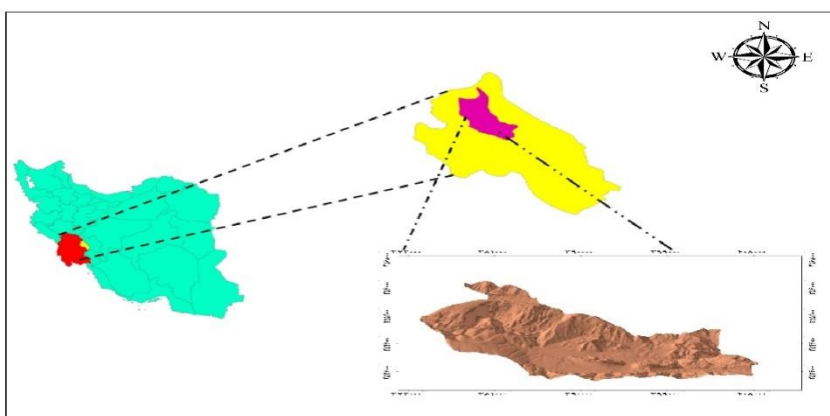
## ۲- پیشینه تحقیق

در خصوص پهنه بندی و شناسایی نواحی سیلاب‌گیر مطالعات مختلف و با روش‌های متفاوتی در سطح جهان و ایران صورت پذیرفته است که برخی از این تحقیقات عبارتند از: اریک کریستوفر تیت، فرانسیکو الیوار و دیوید مید منت (۱۹۹۹) [۱۶] اقدام به انجام یک مطالعه جهت تلفیق نرم‌افزارهای HEC-RAS و ArcView به منظور مطالعات حریم بستر در رودخانه وادر کریک در شهر آستین آمریکا نمودند. آن‌ها ابتدا پهنه سیلاب را با دوره بازگشت‌های

مختلف را با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS محاسبه و نتایج به دست آمده را در محیط ArcView بر روی TIN منطقه منتقل نمودند و پهنه سیلاب و خطر پذیری در هر منطقه را مشخص کردند. نبل و همکاران (۲۰۰۵) [۱۱] با استفاده از مدل هیدرولوژیکی<sup>۱</sup> HEC-HMS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS و استفاده از تخمین بارش راداری<sup>۲</sup> (NEXRAD) در حوضه سن آنتونیو تگزاس مرکزی در آمریکا مدل منطقه‌ای برای سیلاب ارائه کردند و مدل را با سیلاب تابستان سال ۲۰۰۲ مقایسه نمودند. نتایج کارایی مدل در پیش‌بینی سیلاب در مقیاس منطقه‌ای را نشان داد. ناپرادین و همکاران (۲۰۰۶) [۱۳] نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری را برای حوضه‌های آبریز کوچک در نزدیکی دریای بایا در دره آستورو تهیه کردند. برای این منظور از ترکیب دو برنامه WetSpa<sup>۳</sup> و HEC-RAS استفاده کردند، بدین ترتیب که از خروجی داده‌های برنامه WetSpa به عنوان ورودی برای برنامه HEC-RAS استفاده شد و برای هر دو مدل از نرم افزار ArcView<sup>۳</sup> استفاده گردید. قمی اوپلی و همکاران (۱۳۸۹) [۱۵] اقدام به پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS در رودخانه کارون حد فاصل بند قیر تا اهواز کردند. برای این منظور آنها در مسیر مورد نظر با استفاده از روش هیدرولیک واحد و شاخص هیدروگراف سیل خروجی در بالا دست حوضه و زیر حوضه‌های موجود را به دست آوردند و در طول ۴۳ کیلومتر از رودخانه ۴۴ مقطع ترسیم نمودند و حداکثر رقوم تراز آب را در مقاطع معین برای دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۱۰۰ ساله به دست آوردند و محدوده و میزان اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی را که در صورت وقوع سیل به مخاطره خواهند افتاد، را محاسبه کردند. روشن و همکاران (۱۳۹۲) [۳] اقدام به شبیه‌سازی رفتار رودخانه بشار در استان کهگیلویه و بویر احمد با استفاده از مدل HEC-RAS، کردند. و به این نتیجه رسیدند که نرم‌افزار HEC-RAS پهنه‌بندی سیل را با دقت بالایی انجام می‌دهد.

### ۳- منطقه مورد مطالعه

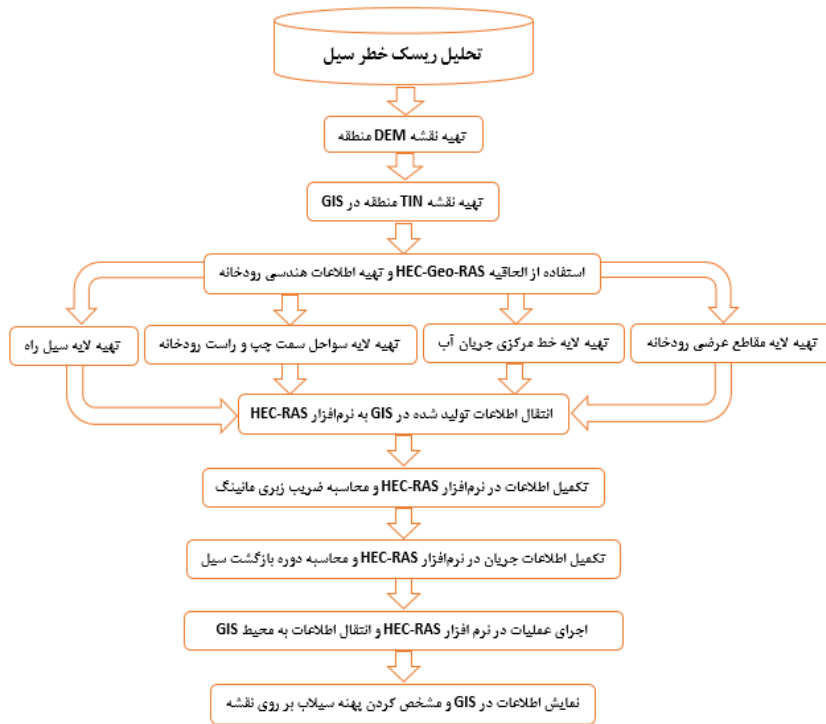
محدوده مورد مطالعه بخش سوسن از توابع شهرستان ایذه با موقعیت جغرافیایی  $31^{\circ}56'01''$  تا  $32^{\circ}14'58''$  شمالی و  $49^{\circ}49'29''$  تا  $49^{\circ}58'53''$  شرقی در شمال غربی این شهرستان واقع شده است. که ۴۵ کیلومتر با مرکز شهر ایذه فاصله دارد. این بخش در منتهی‌الیه استان خوزستان قرار گرفته است. رود کارون از میان دشت سوسن می‌گذرد و موجب تقسیم آن به دو بخش شرقی و غربی می‌شود که دارای ۳۸۰ کیلومتر مربع وسعت می‌باشد. این منطقه دارای ۱۹۵۸ خانوار و جمعیت ۱۰۱۵۶ نفر می‌باشد [۶].



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

#### ۴- مواد و روش‌ها

در این تحقیق که به منظور شناسایی محدوده‌های در خطر سیل در دشت سوسن انجام گرفت مراحل و روش کار تحقیق به صورت شماتیک در فلوچارت زیر نمایش داده شده‌اند.



شکل ۲. فلوچارت مراحل تحقیق (ترسیم: نگارندگان)

امروزه با انتشار الحاقیه‌ای از نرم‌افزار Arc View به نام HEC-GeoRas انجام فرایندهای محاسبات هندسی رودخانه با سهولت زیاد صورت می‌گیرد. این الحاقیه به طور خاص برای پردازش داده‌های زمینی برای کاربرهای سیستم آنالیز رودخانه‌ای مرکز مهندسی رودخانه طراحی شده است و به کاربرهایی با اطلاعات GIS اجازه می‌دهد که فایل ورودی RAS<sup>۱</sup> حاوی اطلاعات ویژه جغرافیایی را از یک مدل رقومی و مجموعه‌های اطلاعاتی مکمل بسازد و نتایج خروجی از RAS را نیز پردازش کند [۱۲]. ابتدا نقشه مدل ارتفاعی منطقه (DEM) با قدرت تفکیک ۲۰ متر از اداره منابع طبیعی استان خوزستان تهیه و پس از انجام تصحیحات مختصاتی لازم محدوده مورد مطالعه از آن استخراج گردید. سپس به منظور استخراج پارامترهای هندسی حوضه، از داده‌های مدل ارتفاعی منطقه نقشه TIN منطقه به منظور استفاده از آن در الحاقیه HEC-GEO-RAS استفاده گردید. پس از کنترل‌های لازم، با استفاده از الحاقیه HEC-GEO-RAS مشخصات هندسی حوضه شامل: لایه خط مرکزی جریان، لایه مقاطع عرضی رودخانه، لایه سواحل سمت چپ و راست و لایه سیل‌راه استخراج شدند. سپس اطلاعات استخراج شده در محیط GIS جهت انجام محاسبات به نرم‌افزار HEC-RAS انتقال داده شدند. در این مرحله باید ضریب زبری مانینگ برای سواحل سمت چپ و راست و همچنین بستر رودخانه محاسبه شود. برای محاسبه ضریب مانینگ از جداول استاندارد چاو استفاده شد. و

برای هر قسمت با توجه به وضعیت کاربری اراضی و نیز قطر دانه‌بندی و سایر مشخصات اطلاعات ضریب زبری مانینگ از جداول استاندارد چاو استخراج و به مدل وارد شد.

ضریب مانینگ			نوع مصالح به کار رفته در کانال
پیشینه	متوسط	حداقل	
۰/۱۱۰	۰/۰۷۰	۰/۰۴۵	مثل قلی و با عمق آب زیاد
۰/۱۴۰	۰/۱۰۰	۰/۰۸۰	با عمق آب زیاد و بوته متراکم
			ج- آبراهه‌های طبیعی
			ج-۱- آبراهه اصلی رودخانه‌های کوچک (عرض بالایی آبراهه در تراز حداکثر ۳۳ متر)
			ج-۱-۱- آبراهه‌ها در دشت
۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۵	تمیز، صاف، مستقیم با جریان پر بدون تنداب و استخر
۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	شیبه بالایی با سنگ و گیاه بیش‌تر
۰/۰۴۵	۰/۰۴۰	۰/۰۳۳	تمیز، لایروبی شده با چاله در مسیر
۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	شیبه بالایی، اما با مقداری علف و سنگ در مسیر
۰/۰۵۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۰	شیبه بالایی اما با سطح آب کم و با شیب کم و سطح جریان مرده
۰/۰۶۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	صاف و تمیز با چاله و مقداری سنگ
۰/۰۸۰	۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	مسیر پلکانی با علف هرز و چاله‌های عمیق
۰/۱۵۰	۰/۱۰۰	۰/۰۷۵	مسیر با علف هرز متراکم - چاله عمیق با درختان ایستاده متراکم
			ج-۲-۱- آبراهه‌های کوهستانی بدون گیاه، معمولاً عمیق با دیوارهای تند، درخت و درختچه در ساحل و مستغرق در صورت رخداد سیلاب
۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	بستر، قله سنگ، سنگ ریزه و تخته سنگ
۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	بستر، قله سنگ یا تخته سنگ‌های درشت
			ج-۲- سیلابدشت‌ها
			ج-۲-۱- مراتع
۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	۰/۰۲۵	بدون درختچه با علف کوتاه
۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	بدون درختچه با علف بلند
۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰	بدون گیاه
۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	۰/۰۲۵	با گیاه نواری آماده برداشت
۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	با گیاه آماده برداشت در مزرعه
			د-۲-۳- بوته زارها
۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	پراکنده و تنک با علف هرز زیاد

شکل ۳. جدول استانداردهای ضریب زبری مانینگ چاو (وزارت نیرو)

جدول ۱. ضرایب زبری مانینگ

ساحل سمت راست	بستر	ساحل سمت چپ
۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	۰/۰۵۵

جهت محاسبه دوره بازگشت سیل و تحلیل ریسک حاصل از آن محاسبات با استفاده از روش پیرسون تیپ ۳ انجام گرفت که فرمول محاسبه آن به صورت:

$$f(x) = \left\{ \frac{1}{\Gamma(b)} \right\} [\lambda^b (X - C)^{b-1} e^{-\lambda(x-C)}]$$

$$C = \frac{\sigma}{\sqrt{b}} \text{ و } b = \left(\frac{V}{CS}\right)^2$$

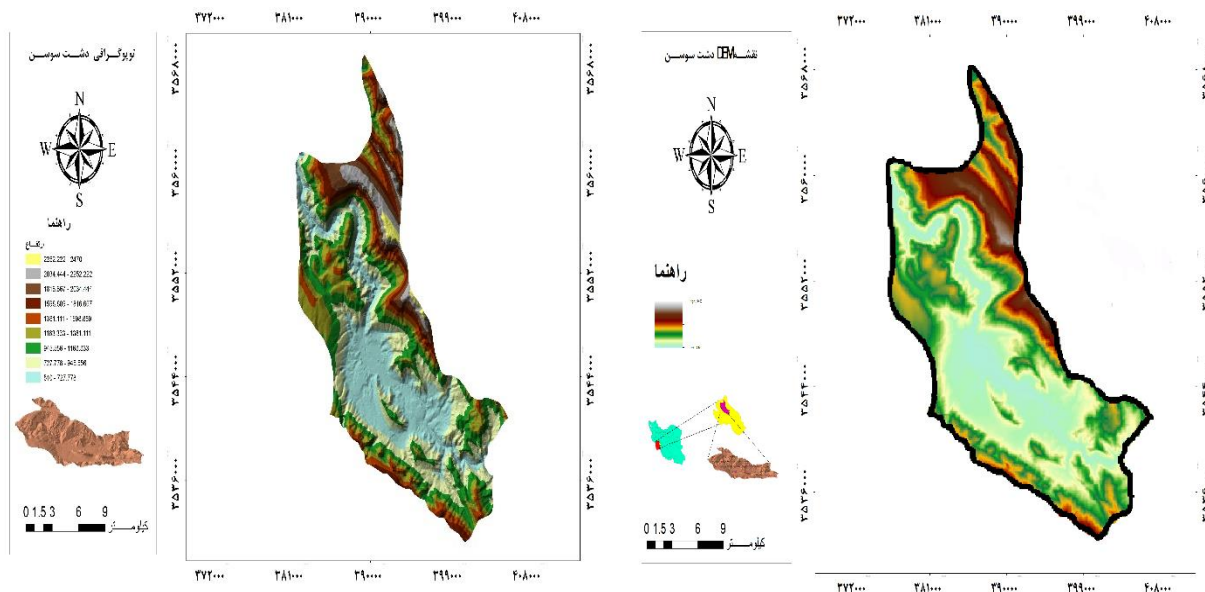
$\sigma$  = انحراف از معیار داده‌ها

$CS$  = ضریب چولگی داده‌ها [۵].

بعد از این مرحله با استفاده از مدل HEC-RAS جهت شبیه‌سازی پهنه سیل مدل اجرا و میزان سیل با دوره بازگشت ۳۰ و ۱۰۰ سال محاسبه گردید. سپس تمامی داده‌ها جهت نمایش پهنه سیل بر روی نقشه منطقه به محیط GIS انتقال داده شدند و پهنه در معرض خطر سیل نیز مشخص شد. در این مرحله با اضافه کردن لایه نقاط روستایی واقع در دشت سوسن به مدل، روستاهای در معرض خطر سیل با دوره بازگشت‌های ۳۰ و ۱۰۰ ساله مشخص شد.

## ۵- نتایج و پیشنهادات

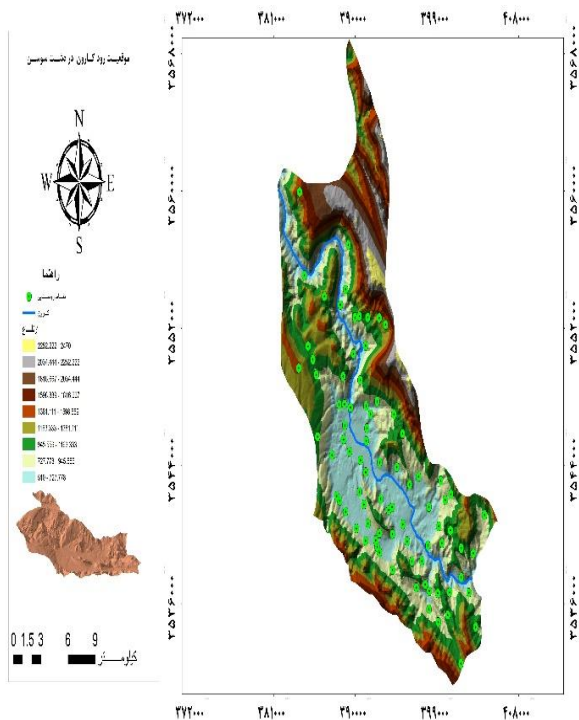
با تهیه لایه‌های مورد نیاز جهت ایجاد و برداشت مشخصات هندسی رودخانه در محیط GIS به وسیله الحاقیه HEC-GeoRAS و انتقال آن‌ها به محیط مدل هیدرولیکی HEC-RAS محاسبات لازم جهت مشخص شدن سیل با دوره بازگشت ۳۰ و ۱۰۰ سال انجام گرفت.



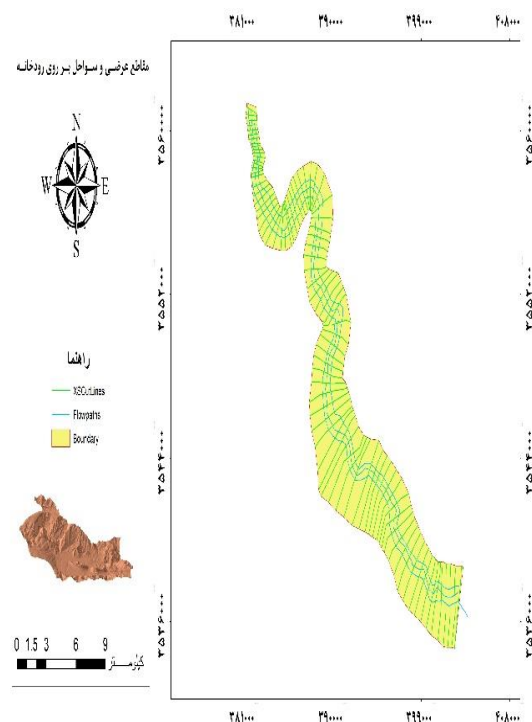
شکل ۵. نقشه TIN منطقه مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

شکل ۴. نقشه DEM منطقه مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

سپس با انتقال نتایج محاسبات در مدل HEC-RAS به محیط GIS پهنه سیل و میزان تاثیر آن به وضوح مشخص شد؛ بعد از مشخص شدن محدوده در معرض خطر سیل بر روی نقشه، نقاط روستایی واقع در حوزه مورد مطالعه به تحلیل اضافه شد و برای روستاهای در معرض خطر سیل برآورد ریسک به صورت دوره بازگشت‌های ۳۰ و ۱۰۰ ساله انجام گرفت و مشخص گردید که در صورت وقوع سیل کدام مناطق و با چه میزان تحت تاثیر قرار خواهند گرفت.



شکل ۵. نقشه TIN منطقه مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

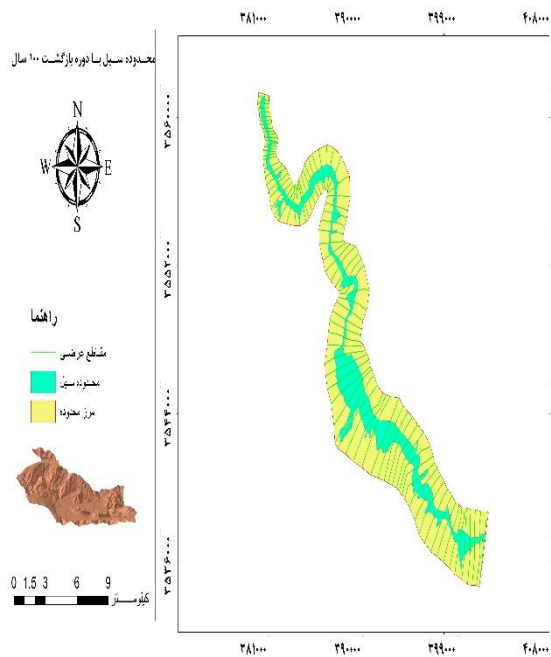


شکل ۴. نقشه DEM منطقه مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

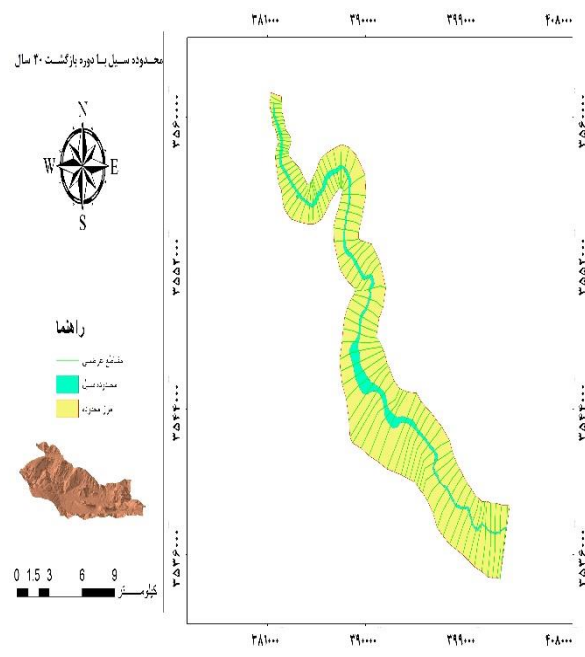
و میزان گسترش سیلاب در قسمت غربی رود کارون به دلیل شرایط مساعد گسترش سیلاب، بیش تر می باشد. چنان چه در سیل با دوره بازگشت ۳۰ سال دو روستای ده شیخ و یگاوی که در سمت غرب رودخانه قرار دارند دچار سیل-گرفتی می شوند که علت اصلی برای روستای ده شیخ نزدیکی زیاد به حریم رودخانه و روستای یگاوی به دلیل ارتفاع پایین و شیب ملایم به سمت ساحل دچار سیل گرفتگی شدند. نکته قابل ذکر در مورد تحلیل ریسک با دوره بازگشت ۳۰ سال این است که تمامی روستاهایی که در سیل با دوره بازگشت ۳۰ ساله در معرض خطر سیل قرار می گیرند، همگی متعلق به قسمت غربی رود کارون می باشند. که ناشی از حساسیت بیش تر این قسمت در مقابل سیل با دوره بازگشت های کوتاه تر نسبت به ساحل شرقی می باشد.

جدول ۲. روستاهای در معرض خطر سیل با دوره بازگشت ۳۰ سال

نام روستا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
ده شیخ	۳۸۸۸۲۱	۳۵۴۷۵۹۰	۵۶۶
یگاوی	۳۸۸۸۶۷	۳۵۴۶۳۴۴	۵۶۴



شکل ۸. محدوده سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال (ترسیم: نگارندکان)



شکل ۷. محدوده سیل با دوره بازگشت ۳۰ سال (ترسیم: نگارندکان)

در سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال در ساحل غربی تنها روستای ده کهنه دچار آب‌گرفتگی می‌شود و در ساحل غربی علاوه بر روستاهای ده‌شیخ و یگاوی، روستاهای مهران، مهران حیدری و کچگان نیز دچار آب‌گرفتگی می‌شوند. علت این عدم توازن در نسبت آب‌گرفتگی روستاهای شرقی و غربی رودخانه کارون مربوط به وضعیت توپوگرافی منطقه می‌باشد.

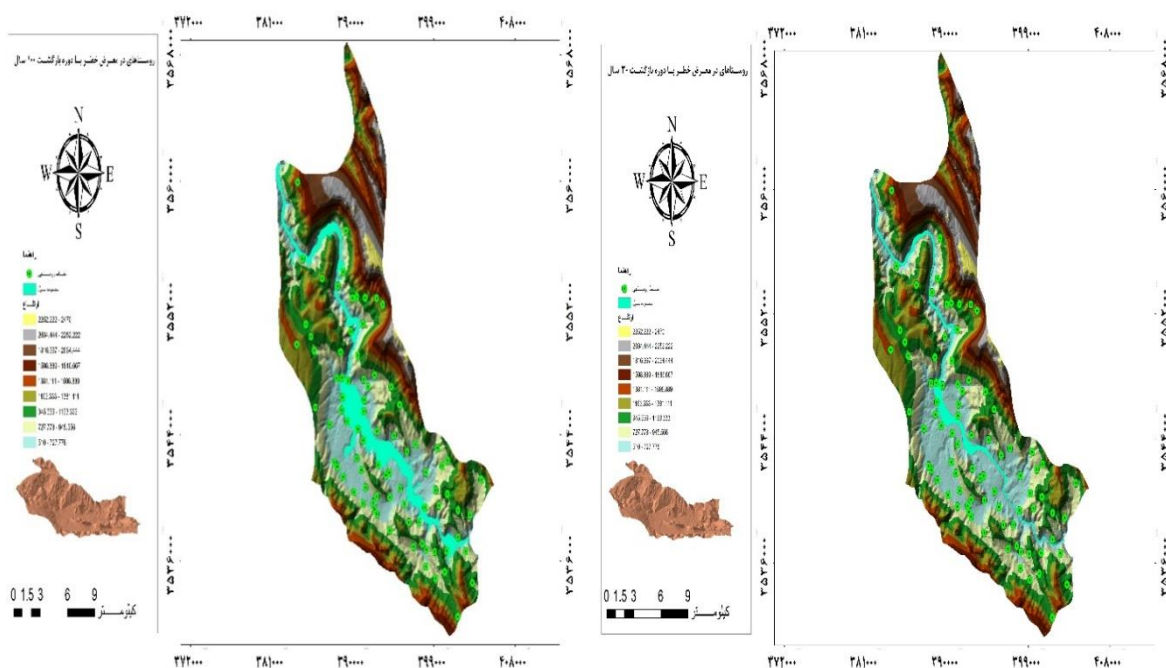
جدول ۳. روستاهای در معرض خطر سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

نام روستا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
ده شیخ	۳۸۸۸۲۱	۳۵۴۷۵۹۰	۵۶۶
یگاوی	۳۸۸۸۶۷	۳۵۴۶۳۴۴	۵۶۴
ده کهنه	۳۹۱۲۳۰	۳۵۴۵۴۷۳	۵۶۱
مهران	۳۹۰۵۸۶	۳۵۴۴۳۳۹	۵۸۵
مهران حیدری	۳۹۱۱۶۷	۳۵۴۳۶۳۵	۵۸۱
کچگان	۴۰۰۴۱۳	۳۵۳۶۶۵۱	۷۰۱

به دلیل این که قسمت غربی رود کارون از یک دشت نسبتاً هموار برخوردار است، در هنگام وقوع سیل روستاهای موجود در این منطقه نسبت به روستاهای ساحل شرقی در معرض خطر بیشتری قرار دارند. هر چه از محدوده روستای ده‌شیخ به سمت بالادست رودخانه حرکت کنیم به تدریج از میزان آب‌گرفتگی در ساحل شرقی کاسته و به محدوده سیل‌گیر ساحل غربی افزوده می‌شود. این روند تدریجی کاهش در سمت ساحل غربی نیز به



تدریج با حرکت از سمت پایین دست به سمت بالادست نیز به دلیل افزایش ارتفاع حوضه از میزان گسترش سیل کاسته می شود.



شکل ۸. نقاط روستایی در معرض خطر سیل ۳۰ ساله (ترسیم: نگارندگان)      شکل ۸. نقاط روستایی در معرض خطر سیل ۲۰ ساله (ترسیم: نگارندگان)

رعایت حریم امن ساخت و ساز و سکونت در محدوده های پرخطر رودخانه خصوصا در ساحل غربی می تواند از خطرات جانی و مالی ناشی از سیلاب بکاهد. از دیگر مواردی که برای کاهش خطر سیل در این منطقه می تواند مفید باشد می توان به تهیه نقشه های پهنه بندی سیل با دوره بازگشت های مختلف و شناسایی نقاط امن در صورت وقوع سیل و قرار دادن این نقشه ها در جایی که در دسترس اهالی منطقه باشد، می تواند در کاهش خسارات جانی و مالی پدیده سیلاب موثر باشد.

## ۵-۱- نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد در صورت وقوع پدیده سیلاب با دوره بازگشت ۳۰ سال ۱۰۹۲ هکتار از منطقه در معرض سیلاب قرار می گیرد و چنان چه سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال رخ دهد ۲۹۴۶ هکتار از اراضی منطقه تحت تاثیر سیلاب واقع خواهند شد که بیشترین خسارت به قسمت غربی رودخانه جایی که عرض بستر رودخانه زیاد و شیب منطقه کم می شود. طبق نتایج به دست آمده مشخص شد که استفاده از ترکیب مدل هیدرولیکی HEC-RAS با نرم افزار GIS به دلیل ویژگی های منحصر به فرد خود قابلیت پیش بینی مناسب خطر سیل را با ضریب اطمینان بالایی فراهم می کند.

## مراجع

۱. بهشتی، مسعود، فیض نیا، سادات، سلاجقه، علی و احمدی، حسن، بررسی کارایی پهنه بندی زمین لغزش فاکتور اطمینان در حوزه آبخیز معلم کلایه، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۵، لارستان، ۲۰-۳۲.
۲. خیری زاده آروق، منصور، ملکی، جبرائیل و عمونیا، حمید، پهنه بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز مردق چای با استفاده از مدل ANP، مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۱، تهران، صص ۳۹-۵۶.
۳. روشن، حسین، وهاب زاده، قربان، سلیمانی، کریم و فرهادی، رسول، شبیه سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS مطالعه موردی: رودخانه بشار، استان کهگیلویه و بویراحمد، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، شماره ۷، ساری، ۷۰-۸۳.
۴. طاهری بهبهانی، محمد طاهر و بزرگ زاده، مصطفی، سیلاب های شهری، مرکز مطالعات و تحقیقات شهر-سازي و معماری ایران، تهران، صص ۲۶-۳۵.
۵. علیزاده، امین، ۱۳۸۵، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ ۲۷، ۱۳۸۸، مشهد: دانشگاه امام رضا(ع)، ۸۷۰.
۶. مرکز آمار ایران، اطلاعات سرشماری نفوس و مسکن، ۱۳۹۰
۷. نوروزی خطیری، خدیجه، امیدوار، بابک، ملک محمدی، بهرام و گنجه ای، سجاد، تحلیل ریسک مخاطرات چندگانه شهری در اثر سیل و زلزله: مطالعه موردی شهر تبریز، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۷، مشهد، ۶۸-۵۳.
۸. یمانی، مجتبی، تورانی، مریم و چزغه، سمیرا، تعیین پهنه های سیل گیر با استفاده از مدل HEC-RAS، مطالعه موردی: بالادست سد طالقان از پل گلینک تا پل وشته، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱، مشهد، صص ۱-۱۶.
۹. Goush, S, Translated by Qodsiyan, M. 1998. *Flood Control and Drainage Engineering*. Center for scientific publishing of TarbiatModares University.p5.
۱۰. Jalali Rad, R, *Flooding zones in the Urban basin of Tehran by using GIS*, 2002, TarbiatModarres University, water engineering.
۱۱. Knebl, M.R, Yang, Z.L, Hutchison, K, Maidment,., *Regional Scale Flood Modelling using (NEXRAD). Rainfall.GIS, and HEC-HMS/RAS: A Case study for the San Antonio River Basin storm Event*, Journal of Environment Management, 325-336
۱۲. Larry,., 2001, *A New Direction in Floodplain Management Policy*, Published in Natural Hazards Review, .IAAN 1527- 6988.
۱۳. Napradean, Ian and Chira, Rachle. 2006. *The hydrological modeling of the Usturoi Valley - Using two modeling programs - WetSpaAndHecRas*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences.v6. (1842-4090.53-62).
۱۴. Norman, joens, E. J. Nelson, A, Zundel. *Review of Austomated Floodplain Delineation from Digital Terrain Models*. Journal of Water Resources Planning and Management, No. 6, pp: 394-402.
۱۵. QomiOili, F., Sadeghiyan, M. S., Javeed, A. H., Mir Bagheri, S. A. *Zoning of flood simulation model using HEC-RAS (Case study: Karun river in between Ahvaz BandeGhir)*. Quarterly of Science and Techniques in Natural Resources, Fifth Years, No. 1, pp. 105 to 115
۱۶. Tate, E.C., Olivera, F., Madement, D. *Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ARC View GIS*. Center for Research (CRWR). Report, N0.pp-1.
۱۷. Yang J; R D Townsend and B. Daneshfar, *Appllyng the HEC-RAS model and GIS technigues in river network floodplain delineation* , Can. J. Civ. Eng. NO: 33, pp: 19-28.