

پهنه‌بندی خطرات سیل در مناطق شهری با استفاده از WMS و HEC-RAS، مطالعه موردی: اشنویه، استان آذربایجان غربی

احسان محمدی^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آب، دانشگاه ارومیه

مجید منتصری، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

رضا سکوتی‌اسکویی، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۲/۳۱

دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۰۹/۲۸

چکیده

با توجه به وقوع سیلاب‌های خسارت‌زا در اکثر حوزه‌های آبخیز کشور، ضرورت ایجاد سامانه‌های پیش‌بینی، پهنه‌بندی و نیز برآورد سیل در این حوضه‌ها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر با افزایش قابلیت دسترسی به اطلاعات رقومی و کارآیی تحلیل‌های کامپیوتری، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقش به‌سزایی را در مدل‌سازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی ایفا می‌نماید. نرم افزار (WMS) از جمله نرم افزارهای جدیدی است که به پهنه‌بندی سیلاب می‌پردازد. در این تحقیق بخشی از رودخانه گلاز که از داخل شهر اشنویه عبور می‌کند و دارای پتانسیل سیل‌خیزی نسبتاً بالایی بوده و خسارات زیادی بر زیر ساخت‌های شهری وارد کرده است، انتخاب، و هدف اصلی این تحقیق مطالعه پتانسیل و پهنه‌بندی سیل در منطقه فوق است. به‌منظور برآورد سیل، با توجه به موجود بودن ایستگاه هیدرومتری و داده‌های تاریخی حداکثر سیل لحظه‌ای، از توزیع‌های آماری نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لاگ نرمال سه پارامتری، لاگ پیرسن تیپ III و گامبل استفاده و به‌منظور تعیین توزیع برتر از تست PPCC استفاده شد. برای پهنه‌بندی عمق سیل، پس از آن که پروفیل سطح آب به‌وسیله مدل HEC-RAS و به‌ازای دوره برگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه شد، نتایج به نرم افزار WMS وارد شد که منجر به تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در طول مسیر آن در شهر شد. نهایتاً نقشه‌های پهنه‌بندی خطرات سیلاب با تعریف تابع خطر، در محدوده شهر تهیه شد. نتایج نشان داد که رودخانه گلاز در محدوده شهر اشنویه، به‌دلیل مدیریت‌های ناصحیح و غیر اصولی، مقطع اصلی خود را از دست داده و بیش‌تر به یک کانال تبدیل شده است و مقطع این رودخانه قابلیت عبور سیلاب‌های با دوره برگشت ۲۵ سال به بالا را ندارد. به‌همین منظور خسارات ناشی از سیل در این شهر در دوره برگشت‌های بالا، غیر قابل جبران خواهد بود. با توجه به این نقشه‌ها، مواضع پر خطر در شهر قابل تفکیک و شناسایی بوده و می‌توانند در خصوص برنامه‌ریزی‌های شهری اولویت‌بندی شوند.

واژه‌های کلیدی: اطلاعات رقومی، برآورد سیلاب، تحلیل کامپیوتری، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سامانه‌های پیش‌بینی

مقدمه

پدیده سیل یکی از رویدادهای هیدرواقليمی و از جدی‌ترین بلاهای طبیعی است که جوامع بشری را تهدید می‌کند. فراوانی وقوع سیل در چند دهه اخیر باعث شده که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار گیرد و تلفات جانی و مالی سیل به‌نحو چشم‌گیری افزایش یابد. افزایش جمعیت همراه با ضعف برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از زمین، تخریب جنگل‌ها و مراتع، و نیز توسعه سطوح غیر قابل نفوذ سبب شده تا در حوزه‌های آبخیز، آب کم‌تری به زمین نفوذ کرده و سریع‌تر به‌طرف پایین‌دست جریان پیدا کند؛ در نتیجه سیل‌ها فراوان‌تر، شدیدتر و ناگهانی‌تر شده و افراد بیش‌تری از این سیل‌ها آسیب می‌بینند. با توجه به وقوع سیلاب‌های خسارت‌زا در اکثر

^۱ ehsan82md@yahoo.com

حوزه‌های آبخیز کشورمان، ضرورت ایجاد سامانه‌های پیش‌بینی، پهنه‌بندی و نیز برآورد سیل در این حوضه‌ها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است.

پیش‌بینی سیل، به‌عنوان ابزار مدیریت سیلاب، بیش از ۴۰ سال است که در کشورهای در حال توسعه اهمیت یافته و تنها در کشور آمریکا، بیش از ۴۰۰ سامانه پیش‌بینی سیل راه‌اندازی شده است (حیدری، ۱۳۷۹). از اساسی‌ترین گام‌ها در مدیریت سیلاب‌دشت، کنترل سیل، تخمین خسارات سیل، تعیین حق بیمه سیل و تعیین مرزهای دقیق سیلاب دشت یا همان پهنه‌بندی سیلاب است که دستیابی به این نتایج جز با تحلیل هیدرولیکی نیست. مدل‌های ریاضی، نقش محوری در این تحلیل‌ها دارا هستند؛ به‌طوری‌که با استفاده از این مدل‌ها، می‌توان پروفیل‌های سطح آب را در طول مسیر رودخانه، که هر یک مربوط به شدت جریان خاصی است، به‌سادگی تعیین نمود؛ اما نقص اکثر این مدل‌ها ناتوانی آن‌ها در ارتباط دادن اطلاعات مربوط به خصوصیات پروفیل سطح آب با موقعیت فیزیکی آن‌ها روی زمین است. با افزایش قابلیت دسترسی به اطلاعات دیجیتال و کارایی تحلیل‌های کامپیوتری، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS^۱)، نقش بسزایی در مدل‌سازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی دارد.

مهم‌ترین مزیت استفاده از GIS در مدل‌سازی، قابلیت بالای آن در استخراج اطلاعات رقومی از روی مدل رقومی زمین DEM^۲ است (رستمی، ۱۳۸۵). از جمله مدل‌های نرم افزار WMS، مدل هیدرولیکی HEC-RAS از مجموعه برنامه‌های تحلیل هیدرولیکی است که در آن کاربر از طریق واسط گرافیکی GUI با سامانه ارتباط برقرار می‌کند و دارای سامانه قابلیت انجام محاسبات پروفیل سطح آب در حالت پایدار و غیر پایدار است. سامانه جریان ماندگار (پایدار)، برای استفاده در مطالعات پهنه سیلاب و مطالعات بیمه سیلاب به‌منظور ارزیابی پخش سیلاب طراحی شده است (جلی فرد، ۱۳۸۴). باقری (۱۳۸۵)، سیلاب رودخانه گرمرو را با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS پهنه‌بندی کردند. رستمی (۱۳۸۵)، در تحقیق خود روش مناسبی برای تهیه مدل رقومی زمین در محیط ArcView ارائه کرده که در آن، به‌منظور تعیین پهنه سیلاب یکی از سرشاخه‌های رودخانه کرج، از تلفیق ArcView، الحاقیه HEC-GEORAS و مدل HEC-RAS استفاده شد؛ نتایج نشان داد که ترسیم مرز در محدوده نقشه‌برداری رودخانه‌های پیچانرودی و چندشاخه‌ای، ضمن کاهش فضاهای غیرقابل استفاده و در نتیجه کاهش زمان محاسبات و همچنین نمایان شدن شکل واقعی رودخانه، موجب بهبود شکل پهنه سیلاب این نوع از رودخانه‌ها می‌شود.

عبقری (۱۳۸۵)، در کاربرد مدل هیدرولیکی و GIS در مدیریت پهنه دشت سیلابی با استفاده از ارتباط سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل HEC-RAS، اقدام به پهنه‌بندی خطر سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف کردند؛ نتایج نشان داد که الحاقیه HEC-GEORAS، که یک پل ارتباطی بین سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی (HEC-RAS) به‌شمار می‌رود، توانایی تحلیل‌های هیدرولیکی رقوم سطح آب و تعیین پهنه‌های سیلابی را دارد. قلی‌زاده (۱۳۸۳)، با استفاده از مدل (HEC-RAS) تأثیر دخالت انسان بر رفتار سیل در رودخانه کن و اثر پل و کاربری را در تغییر رقوم سطح آب و سیل‌خیزی بررسی نمود. Randle و همکاران (۲۰۰۰) در اداره عمران اراضی آمریکا (USBR)، مدل ریاضی HEC-RAS را برای شبیه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی، از قبیل ارتفاع سطح آب، سرعت متوسط جریان و نوسانات سطح آب در رودخانه Teton، بالادست سد Teton در آیداهو برای چهار بازه مختلف به کار برده و به این نتیجه رسیدند که سطح آب و خط القعر رودخانه در شرایط موجود (سال ۱۹۹۹) در تمام بازه‌ها، نسبت به زمان قبل از احداث سد (۱۹۷۲)، افزایش یافته، اما سرعت متوسط جریان در زمان قبل از احداث سد، تقریباً در تمام بازه بیش‌تر از سرعت‌های جریان در حال حاضر است. Andam (۲۰۰۳) با استفاده از مدل HEC-RAS، تغییرات سرعت و عدد فرود را در این دو نوع رودخانه بررسی و تأثیر پوشش گیاهی بر رفتار فیزیکی جریان را مقایسه کرد و نتیجه گرفت که استفاده از مدل HEC-RAS، می‌تواند مقادیر عددی مناسبی را برای مطالعه رژیم و سایر خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه، در اختیار محققین قرار دهد.

^۱ Geographic Information System

^۲ Digitally Elevation Model

نرم افزار WMS^۱، از جمله نرم افزارهای جدیدی است که به وسیله آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه برینگهام توسعه پیدا کرده و نگارش (۷/۱) آن در سال ۲۰۰۶ ارائه شد (WMS، ۲۰۰۶)؛ از جمله مدل هایی که در این نرم افزار موجود است، می توان به مدل های HEC-RAS، HEC-HMS، HSPF، TR-20، CAS2D اشاره کرد. نرم افزار WMS قادر است تا با استفاده از اطلاعات مدل رقومی ارتفاع (DEM^۲)، به عنوان نقشه پایه، و ابزارهای GIS، به مطالعه سامانه های هیدرولوژیکی و نیز هیدرولیکی بپردازد. یکی از ابزارهای بسیار مهم موجود در WMS، مدل توپاز^۳ است که به وسیله آزمایشگاه بین المللی تحقیقات کیفیت آب (USDA-ARS) با راهنمایی های Gabrecht توسعه یافته است. مدل توپاز، قابلیت محاسبه جهت، مقدار جریان های تجمعی Cumulative flow و تشکیل حوزه های آبخیز و نیز آبراهه های مربوطه را بر اساس نقشه DEM دارد. از کاربردهای بسیار مهم WMS، که در این تحقیق نیز به آن پرداخته شده، مطالعه پهنه سیلاب است. پس از آنکه فرآیند تشکیل مدل هیدرولوژیکی حوزه های آبخیز به وسیله نرم افزار به اتمام رسید، می توان به مطالعه پهنه سیلاب به کمک یکی از مدل های هیدرولیکی موجود در WMS نیز پرداخت. برای این کار لازم است تا لایه های مختلف GIS، نظیر لایه های انشعابات رودخانه، لایه مقاطع نقشه برداری شده و نیز لایه کاربری منطقه برای برآورد ضرایب زبری رودخانه و سیلاب دشت تهیه، و به یک مدل هیدرولیکی (نظیر HEC-RAS) وارد گردند؛ بعد از انجام محاسبات پروفیل سطح آب، نتایج بار دیگر به نرم افزار WMS وارد شده و برای تهیه نقشه های پهنه سیلاب مورد استفاده قرار می گیرد؛ نتایج به دست آمده در قالب GIS به نرم افزار ArcGIS وارد شد و مبنای تهیه نقشه های مربوط قرار می گیرد.

در این تحقیق بخشی از رودخانه گلارز، که از داخل شهر اشنویه عبور می کند، انتخاب شده است. منطقه مذکور دارای قابلیت سیل خیزی نسبتاً بالایی است؛ به طوری که در طی سال های گذشته، دو سیل رخ داده در خرداد و آبان ماه سال ۱۳۸۳، خسارات زیادی بر زیرساخت های شهری، فضاهای سبز، دیواره های ساحلی، راه های روستایی و بین شهری این شهر وارد کرده است. با توجه به اهمیت منطقه فوق، مطالعه قابلیت و پهنه بندی سیل در آن ضرورت و هدف اصلی این پژوهش است.

مواد و روش ها

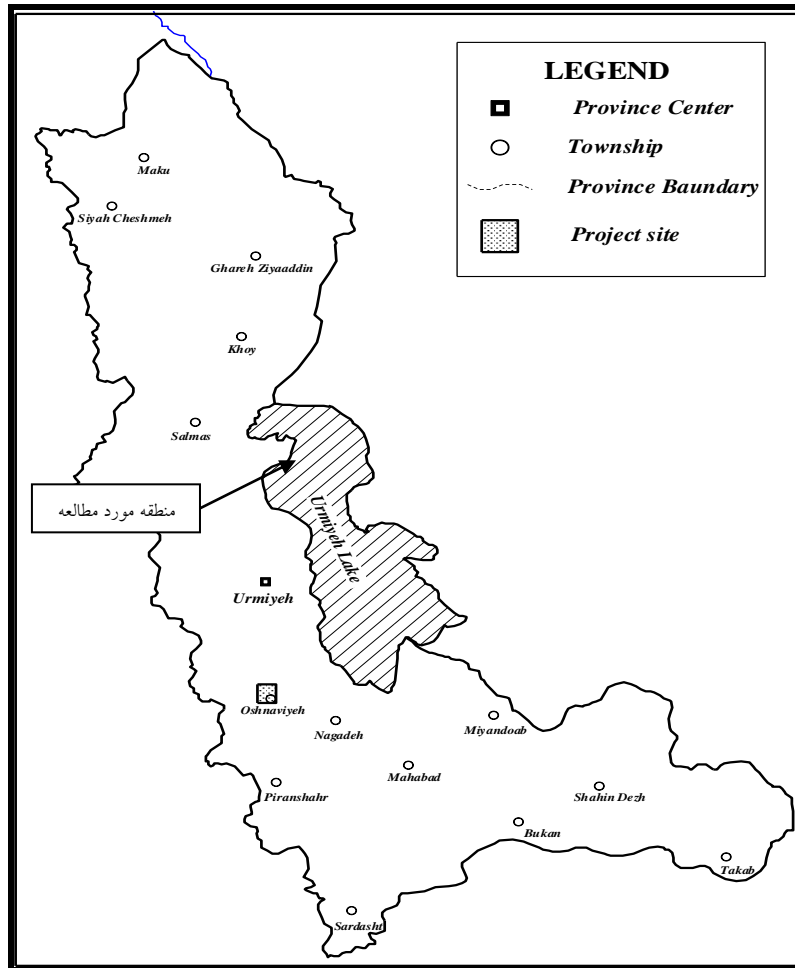
الف: منطقه مورد تحقیق: منطقه مورد تحقیق، در جنوب استان آذربایجان غربی قرار گرفته و از نظر تقسیم بندی سیاسی، در محدوده شهرستان اشنویه قرار دارد. این منطقه از نظر جغرافیایی، در محدوده ۴۴°، ۵۵' تا ۴۵°، ۰۹' طول شرقی و ۳۷°، ۰۲' تا ۳۷°، ۰۹' عرض شمالی واقع شده است. حوزه آبخیز رودخانه گلارز، از سمت شمال غرب شهر اشنویه، با دارا بودن مساحت حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع مشرف به شهر بوده و رواناب های آن از داخل شهر عبور می کند. شکل ۱، موقعیت کلی منطقه را در استان و شکل ۲، وضعیت کلی آن را با جزئیات بیش تر نشان می دهد.

ب- روش کار: در این تحقیق، با استفاده از نرم افزار جدید WMS7.1 و روش GIS، و نیز روش های تحلیل آماری، به مطالعه سیل خیزی حوزه آبخیز مشرف به شهر پرداخته شد و سپس با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS، رودخانه گلارز در بازه شهر اشنویه مورد مطالعه هیدرولیکی قرار گرفت. پهنه بندی سیلاب برای دوره های برگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال، با نرم افزار (WMS) تهیه و نتایج به نرم افزار ARCGIS منتقل شد و در نهایت، نقشه های پهنه سیلاب، عمق سیلاب و نیز خطر سیلاب برای دوره برگشت های مذکور به دست آمد.

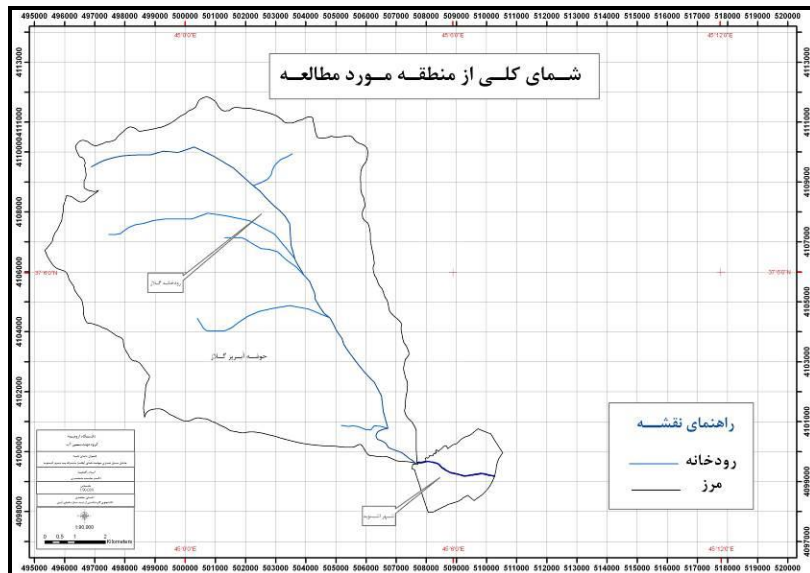
¹ Watershed Modeling System

² Digitally Elevation Map

³ TOPAZ (Topographic Parameterization Program)



شکل ۱- موقعیت منطقه در استان



شکل ۲- شمای کلی از منطقه مورد تحقیق

برای برآورد سیل در حوزه آبخیز گلارز، با توجه به موجود بودن ایستگاه آب‌سنجی و داده‌های تاریخی حداکثر سیل لحظه‌ای، از توزیع‌های آماری نرمال، لوگ نرمال دوپارامتره، لوگ نرمال سه‌پارامتره، لوگ پیرسن تیپ III و گامبل

به منظور تعیین توزیع برتر از آزمون PPCC^۱ استفاده شد؛ نقشه توپوگرافی با دقت بالا و پلان شهر با استفاده از مطالعات طرح فاضلاب شهر اشنویه تهیه و به کمک نرم افزار ArcGIS رومی گردید. پس از تهیه نقشه توپوگرافی از شهر، به کمک GIS، مدل رقومی ارتفاعی شهر با قدرت تفکیک بسیار بالای ۰/۵ متری تهیه و به نرم افزار WMS منتقل شد؛ آنگاه لایه رودخانه و اطلاعات دیواره چپ و راست^۲ و نیز مقطع اصلی جریان در رودخانه^۳، در نرم افزار WMS تهیه شد. به منظور پهنه بندی عمق سیل، پس از آنکه محاسبات هیدرولیکی پروفیل سطح آب با مدل HEC-RAS و به ازای دوره برگشت های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه گردید، نتایج به نرم افزار WMS وارد شد که حاصل این کار، تولید نقشه های پهنه سیل در شهر بود و نهایتاً نقشه های پهنه بندی خطرات سیلاب با تعریف تابع خطر، در محدوده شهر به دست آمد.

نتایج و بحث

آمار موجود درباره دبی رودخانه گلار با توزیع های آماری تحلیل شد. نتایج آزمون PPCC، در جدول ۱ آمده است؛ همان طور که نتایج این آزمون نشان می دهد، توزیع گامبل به عنوان توزیع برتر انتخاب شد. در شکل ۳، نمودار برازش گرافیکی توزیع گامبل آورده شده است. دبی های سیل با دوره برگشت های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال از توزیع گامبل و نرم افزار Smada برآورد شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج آزمون PPCC به منظور انتخاب توزیع برتر

Gumble	Log Pearson Type III	Pearson Type III	3 Parameter Log normal	2 Parameter Log normal	Normal	توزیع های آماری
۰/۹۹۱۳	۰/۹۸۴۰	۰/۹۹۱۰	۰/۹۸۵۱	۰/۹۸۴۶	۰/۹۵۴۶	ضریب همبستگی آزمون PPCC

پهنه بندی سیل در شهر اشنویه: به منظور پهنه بندی سیل، به وسیله مدل هیدرولیکی HEC-RAS و نرم افزار WMS، از دبی های سیل محاسبه شده مندرج در جدول ۲، به عنوان اطلاعات هیدرولوژیکی موجود از رودخانه استفاده شد؛ با اجرای نرم افزار، مشخص گردید که مقاطع رودخانه قابلیت عبور سیل های با دوره برگشت دو، پنج و ۱۰ سال را دارد. (شکل ۴)؛ لذا به منظور تهیه نقشه های پهنه بندی، از ارقام سیل مربوط به دوره برگشت های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال استفاده شد. شکل ۵ یکی از مقاطع عرضی رودخانه را نشان می دهد. در شکل ۶، پروفیل طولی رودخانه در محدوده شهر نشان داده شده است؛ در این بازه، تعداد ۱۱ مقطع عرضی از نظر هیدرولیکی و به منظور شبیه سازی هیدرولیکی انتخاب شد. به منظور تهیه نقشه DEM از شهر اشنویه، از مطالعات طرح فاضلاب این شهر و نقشه توپوگرافی تهیه شده به وسیله مشاور یکم استفاده و نقشه (DEM) با قدرت تفکیک ۰/۵ متر در شهر تهیه و به نرم افزار WMS وارد شد (شکل ۷).

نقشه های پهنه بندی سیلاب: نقشه های پهنه بندی سیلاب در قالب ۳ نقشه، پهنه سیلاب^۴، قابلیت خطر سیلاب^۵ و عمق سیلاب^۶ برای دوره برگشت های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال تهیه شد که در اشکال ۸ تا ۱۰، نقشه های مذکور برای سیلاب با دوره برگشت ۱۰۰ سال به طور نمونه ارائه شده اند. این نقشه ها به شرح زیر هستند.

الف) نقشه عمق سیل (Flood Depth): این نقشه عمق سیل را در پهنه سیل گیر آن و به ازای دوره برگشت ۱۰۰ ساله نشان می دهد (شکل ۸).

^۱ Probability Plot Correlation Coefficient

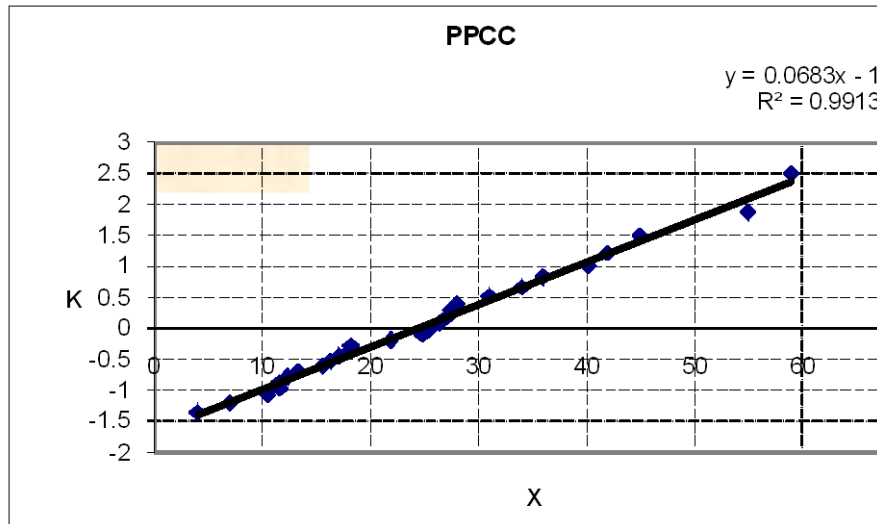
^۲ Left and right bank

^۳ Center line

^۴ Flood extent

^۵ Flood hazard

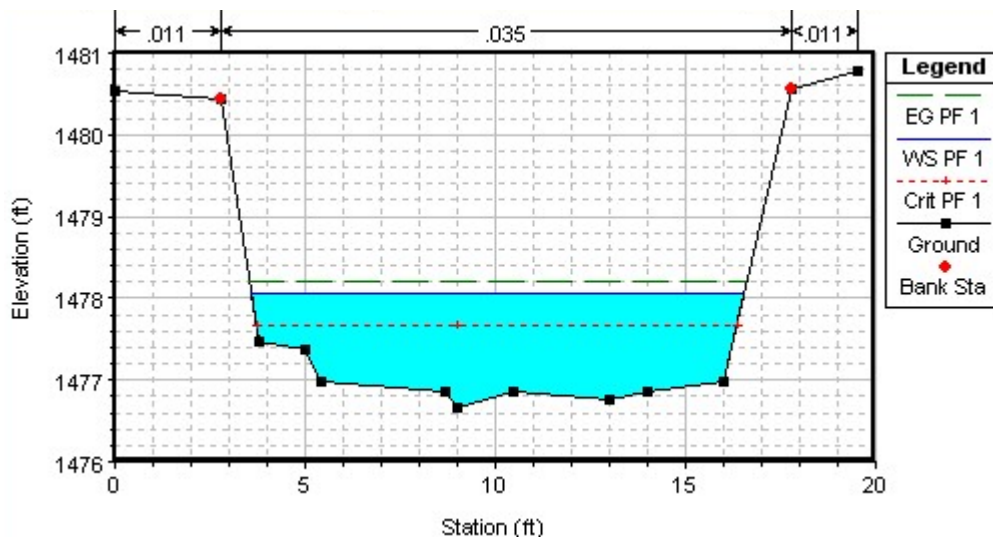
^۶ Flood depth



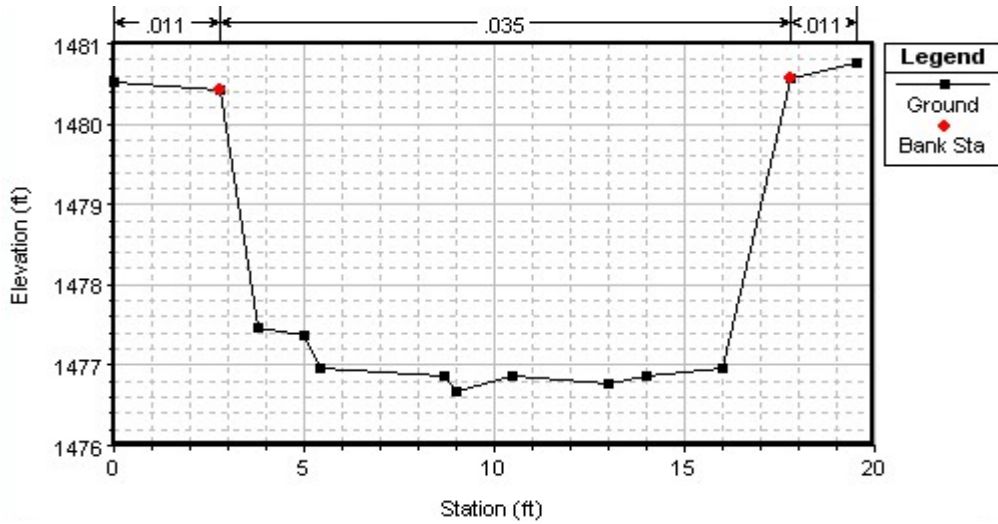
شکل ۳- نمودار ارزیابی گرافیکی آزمون PPCC در خصوص توزیع گامبل

جدول ۲- برآورد حداکثر دبی‌های لحظه‌ای حوزه آبخیز گلاز از توزیع گامبل

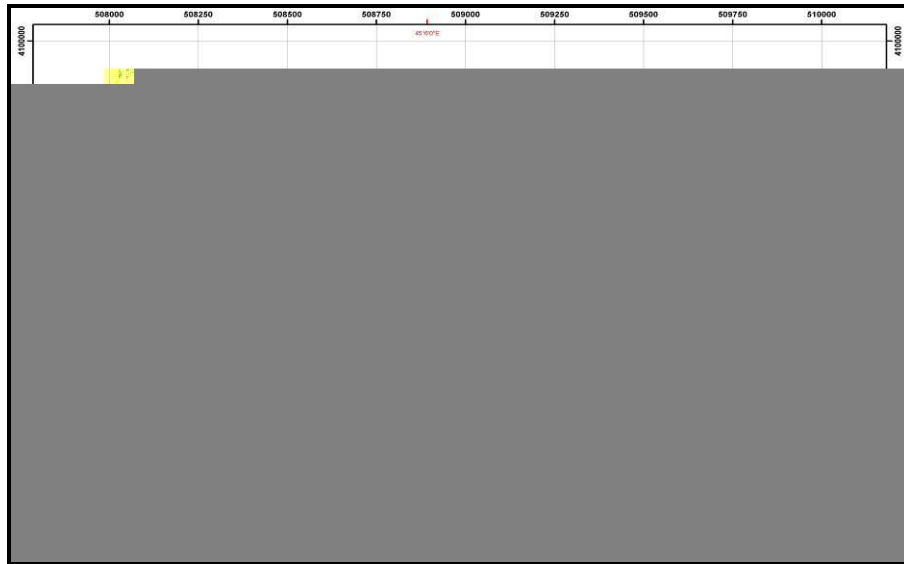
دوره برگشت (T)	حداکثر دبی لحظه‌ای (CMS)
۲	۲۲/۳۳
۵	۳۵/۸۱
۱۰	۴۴/۷۳
۲۵	۵۶/۱۰
۵۰	۶۴/۳۷
۱۰۰	۷۲/۶۷



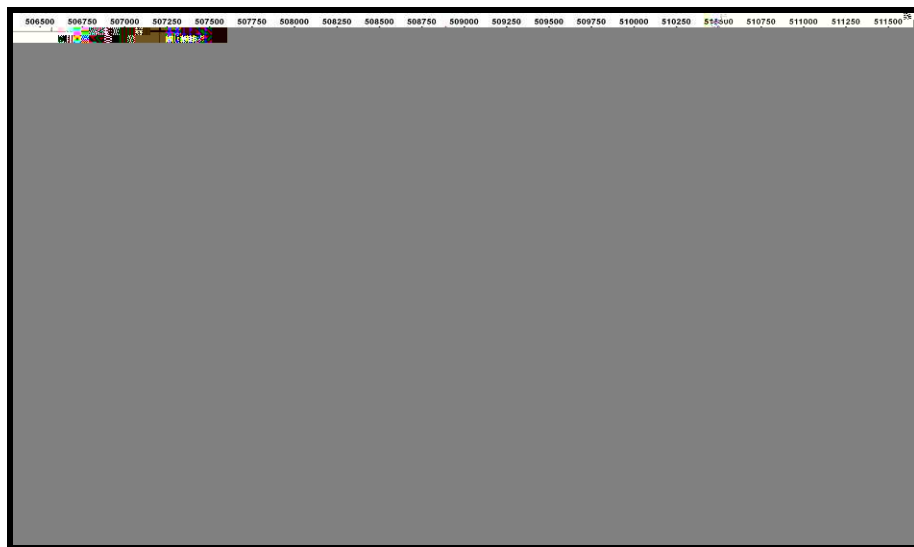
شکل ۴- ارتفاع سطح آب در مقطع شماره ورودخانه گلاز به‌ازای سیل با دوره برگشت ۱۰ سال



شکل ۵- مقطع شماره ۱ رودخانه گلار



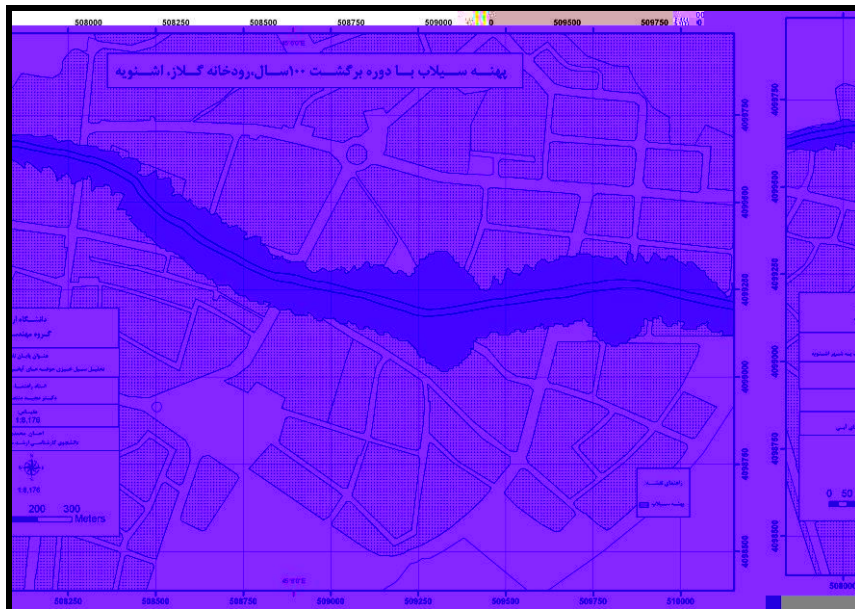
شکل ۶- موقعیت مقاطع نقشه برداری شده در رودخانه گلار، شهر اشنویه



شکل ۷- DEM تهیه شده از شهر اشنویه با ابعاد پیکسل ۰/۵ متر



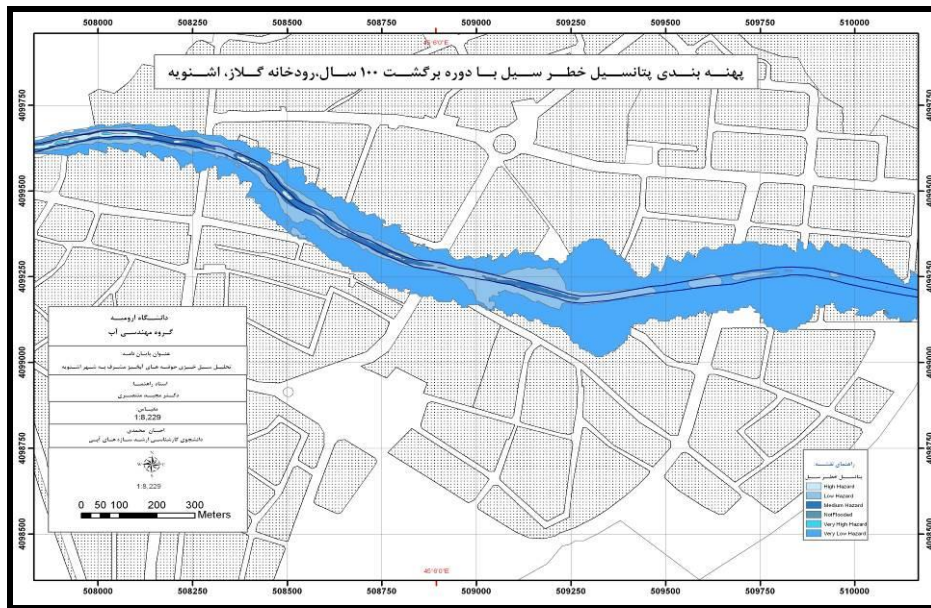
شکل ۸- پهنه‌بندی عمق سیل رودخانه گل‌آز با دوره برگشت ۱۰۰ ساله



شکل ۹- نقشه پهنه سیلاب رودخانه گل‌آز با دوره برگشت ۱۰۰ ساله

جدول ۳- تابع خطر تعریف شده برای سیل با دوره برگشت ۱۰۰ ساله

خطر سیل‌گیری	عمق سیلاب (m)
Not Flooded	<0
Very Low Hazard	۰-۱/۳۷
Low Hazard	۱/۳۷-۲/۷۴
Medium Hazard	۲/۷۴-۴/۱۱
High Hazard	۴/۱۱-۵/۴۸
Very High Hazard	۵/۴۸ <



شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی خطرات سیلاب رودخانه گلز با دوره برگشت ۱۰۰ سال

رودخانه گلز در محدوده شهر آشنویه، به دلیل مدیریت‌های ناصحیح و غیر اصولی، مقطع اصلی خود را از دست داده و بیش‌تر به یک کانال شبیه شده است. بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی نشان می‌دهد که مقطع رودخانه گلز، قابلیت عبور سیلاب‌های با دوره برگشت ۲۵ سال به بالا را ندارد و به همین منظور، خسارات ناشی از سیل در این شهر در دوره برگشت‌های بالا، غیر قابل جبران خواهد بود؛ با توجه به این نقشه‌ها، مواضع پرخطر در شهر قابل تفکیک و شناسایی بوده و می‌توانند در برنامه‌ریزی‌های شهری در اولویت قرار بگیرند. در این تحقیق، به قابلیت‌های بالای نرم‌افزار WMS پرداخته شد که علاوه بر کاربری ساده‌تر، به منظور مدل‌سازی هیدرولیکی و پهنه‌بندی سیلاب نیز از توانایی‌های بالایی برخوردار بوده، می‌تواند مورد استفاده مهندسان و طراحان قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود، از الحاقیه (HEC-GEORAS) هم به منظور پهنه‌بندی استفاده و نتایج آن با یافته‌های حاصل در این تحقیق مقایسه شود.

منابع مورد استفاده

۱. باقری، ع. ۱۳۸۵. پهنه بندی سیلاب رودخانه گرمرو با استفاده از مدل (HEC-RAS). مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، صفحه ۴۵ الی ۴۸.
۲. جبلی فرد، س. ۱۳۸۴. سیستم تحلیل رودخانه (HEC-RAS). انتشارات جهاد دانشگاهی امیر کبیر، ۱۴۸ صفحه.
۳. حیدری، ع. ۱۳۷۹. پیش‌بینی و کنترل زمان واقعی سیل. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس سد سازی، ۱۴۹ صفحه.
۴. رستمی، م. ۱۳۸۵. ارائه روشی مناسب در سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS به منظور بهبود پهنه‌بندی سیلاب رودخانه‌ها. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس هیدرولیک، صفحه ۱۲۰ الی ۱۲۵.
۵. عبقری، ه. ۱۳۸۵. کاربرد مدل هیدرولیکی و GIS در مدیریت بهینه دشت سیلابی. مجموعه مقالات هفتمین سمینار مهندسی رودخانه، اهواز، صفحه ۱۴۰ الی ۱۴۶.
۶. قلی‌زاده، ع. ۱۳۸۳. بررسی نقش دخالت‌های انسانی بر رفتار سیل در بخشی از رودخانه کن تهران. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۴۰ صفحه.
7. Andam, K.S. 2003. Comparing Physical Habitat Conditions in Forested and Non-Forested Streams. M.Sc. Thesis, University of Vermont, p. 136.
8. Randle, T.J., J.A. Bountry, R. Klinger and A. Lockhart. 2000. Geomorphology and River Hydraulics of the Teton River Upstream of Teton Dam, Teton River. Idaho, U.S. Bureau of Reclamation. P. 56
9. WMS7.1. 2006. User Manual. Brigham Young University, p. 250.