

پهنه‌بندی سیل در رودخانه شان‌دیز با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

محمدعلی عمارلو¹، احسان بهنام طلب^{2*}

1- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه حکیم سبزواری
(mohammadali.emarloo3155@gmail.com)

2- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری (e.behnamtalab@hsu.ac.ir)

چکیده

مناطق اطراف رودخانه‌ها یا بعبارتی سیلاب‌دشته‌ها، بدلیل داشتن شرایطی خاص و داشتن منابع مختلف، مناطق بسیار مناسبی برای فعالیتهای اقتصادی هستند و از طرفی همیشه در معرض سیلابها قرار دارند. در سالهای اخیر رشد شهرهایی که در حاشیه رودخانه‌ها قرار دارند رو به افزایش بوده است. رشد روزافزون جمعیت و عدم توجه به ظرفیتهای محیط و استفاده نامناسب از منابع، باعث گسترش خسارات به جوامع مذکور شده و همین مساله لزوم اعمال مدیریت در سیلاب‌دشته‌ها را آشکار می‌سازد. بنابراین تعیین محدوده پیشروی سیلاب و ارتفاع آن نسبت به رودخانه اصلی و نیز تعیین مشخصات سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، بسیار اهمیت دارد. برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از جدیدترین روش‌ها، استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تلفیق آن با مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی است. بنابراین در این تحقیق با هدف تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS با نرم‌افزار ArcGIS از طریق الحاقی HEC-GeoRAS به برآورد پهنه سیل در حوضه آبریز رودخانه شان‌دیز پرداخته خواهد شد. در این پژوهش گستره سیلاب در اراضی حاشیه رودخانه برای سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید و مشاهده شد که تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با مدل HEC-RAS در تحلیل مناطق سیلگیر باعث تسهیل محاسبات و کاهش عملیات میدانی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی سیل، HEC-RAS، HEC-GeoRAS، ArcGIS، رودخانه شان‌دیز

مقدمه

همواره در طول تاریخ بشر، رودخانه‌ها کانون توسعه بوده و تمدن‌های کهن در حواشی رودخانه‌هایی همچون نیل، فرات، دجله، دانوب و ... شکل گرفته است. رودخانه‌ها، اصلی‌ترین منبع تولیدکننده آب برای انسان و سایر موجودات به شمار می‌آیند. در کنار رودخانه‌های بزرگ، آب کافی برای مصارف شهری، صنعتی و آبیاری مزارع وجود دارد. زندگی و کشاورزی در اراضی مجاور رودخانه‌ها و یا در پهنه‌های سیلاب‌دشتی آن‌ها برای دسترسی راحت به اراضی مسطح و قابل آبیاری، استفاده از امکانات حمل‌ونقل از طریق رودخانه‌ها و بهره‌برداری تفریحی و توریستی از رودخانه‌ها از جمله تعاملات بشر با رودخانه‌ها بوده است. با افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، اجرای طرح‌های عمرانی و رقابت در مصرف، تعارض و تضاد در نحوه بهره‌برداری از رودخانه‌ها روبه فزونی نهاده است، بطوریکه دوستی میان انسان و رودخانه گسسته شده و انسان با برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رودخانه، خانه و شهرک‌سازی در حریم و بستر رودخانه، احداث سازه‌های تقاطعی و غیره اقدام به تعرض به رودخانه و برهم زدن رژیم متعادل و پایدار آن نموده است، تا آنجایی که در هیچ دوره‌ای از تاریخ بشر اثرات تجمعی منفی و نامطلوب توسعه در امتداد رودخانه بر ارزش‌های منابع آب به اندازه امروز نبوده است. نتیجه این عدم تعامل مناسب بین انسان و رودخانه، بروز سیلاب می‌باشد. بشر از ابتدای خلقت شاهد جریان تنداب‌ها بوده و تا مدت زیادی با آن‌ها زندگی می‌کرده است، به نحوی که مشکلی برای عبور سیل و در نتیجه خود ایجاد نکند. اما تغییر شیوه معیشت و روی آوردن بیشتر انسان به حاشیه رودخانه‌ها برای دسترسی راحت به اراضی مسطح و قابل آبیاری باعث شد تا انسان هر چه زیاده‌تر در معرض خطر سیل قرار گیرد. در ایران همانند سایر مناطق سیل‌خیز دنیا شدت

وقوع سیلاب‌ها و خسارت‌های ناشی از آن در دهه‌های اخیر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. از این رو ضرورت دستیابی به راه‌های مقابله با خسارات این بلای طبیعی به شدت احساس می‌شود و باید با استفاده از تمهیداتی سعی در به حداقل رساندن این خسارات نمود. یکی از اساسی‌ترین اقدامات در این زمینه که به دنبال رسیدن به اهدافی چون کاهش آسیب‌پذیری در برابر سیلاب و تخمین خسارات سیلاب می‌باشد، تعیین پهنه‌بندی سیلاب یا همان مشخص کردن حریم و بستر رودخانه است. با مشخص کردن حریم و بستر رودخانه با توجه به ابزارهای هیدرولیکی و سوابق هیدرولوژیکی رودخانه می‌توان یک محدوده امن را برای فعالیت انسان در اطراف آن تعریف کرد، عبارتی با تعیین پروفیل سطح آب سیلاب با ریسک قابل قبول می‌توان مرز مشخصی را به عنوان حریم برای عبور سیلاب در نظر داشت [1,2].

پهنه‌بندی سیل، برای مشخص کردن میزان خطرپذیری به سیلاب برای استفاده‌کنندگان محتمل، شناسایی ناحیه‌ها برای بیمه سیل و ایجاد محدودیت‌های اجباری کاربری در مناطق خطرپذیری قابل استفاده می‌باشد. پهنه‌بندی معمولاً در نواحی مجاور مناطق توسعه یافته و بر طبق نقشه‌های خطرپذیری صورت می‌گیرد و بایستی قدرت لازم برای اعمال محدودیت‌های ناشی از آن وجود داشته باشد [3]. نقشه‌های پهنه‌بندی سیل کاربرد فراوانی در مدیریت و کنترل سیلاب دارند که می‌توان به تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی و هشدار سیل و عملیات امداد و نجات و بیمه سیل اشاره نمود. تعیین حریم و بستر از لحاظ فنی و حقوقی در کشور بسیار پراهمیت و پیچیده می‌باشد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، تعیین حدود گذرگاه سیل و اراضی سیلگیر حاشیه می‌باشد. خصوصاً آنکه این اراضی از یک سو به علت دسترسی به منابع آبی، بسیار پرارزش بوده و از سوی دیگر به علت مجاورت با رودخانه در معرض خطر سیل و طغیان رودخانه می‌باشند. روش بیمه سیلاب یک روش غیرسازهای کنترل خسارات ناشی از سیل است که مانند انواع دیگر بیمه در بیشتر کشورهای پیشرفته دنیا، توسط دولت مرکزی تهیه شده و معمولاً به شرکت‌های بیمه ابلاغ می‌گردد. این روش از ابزارهای مناسبی است که با ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاری در طرح‌های توسعه، نگرانی ضایعات و زیانهای ناشی از سیل را کاهش می‌دهد. پرداخت‌های سالیانه به بیمه باعث می‌شود که توسعه ساختمان‌سازی غیراقتصادی در مناطق پهنه سیلاب محدود شود [4,5,6]. روش‌های موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب را می‌توان به چهار گروه عمده شامل روش (الف) روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب، (ب) مقایسه عکس‌های هوایی منطقه (ج) استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور (د) روش محاسبه دستی و (ه) استفاده از مدل‌های ریاضی تقسیم‌بندی نمود. روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب را میتوان روشی سنتی اطلاق نمود. در این روش پس از فروکش کردن سیلاب اثر داغاب سیل بر روی پلها، ساختمانها، درختها و زمین علامتگذاری شده و با توجه به موقعیت تقریبی این داغابها بر روی نقشه‌های توپوگرافی و اتصال آنها به یکدیگر پهنه سیل مربوطه مشخص می‌گردد. موفقیت روش مقایسه عکسهای هوایی منطقه بستگی زیادی به وجود عکسهای هوایی رودخانه و اراضی حاشیه آن در زمان سیلاب دارد. در این روش چنان چه عکسهای هوایی منطقه در زمان وقوع پیک سیل یا مدت کوتاهی بعد از آن وجود داشته باشد، محدوده سیلگیر از این عکسها به روی نقشه‌های توپوگرافی منقل میشوند. در روش تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور باید اطلاعات با قدرت تفکیک بالا در اختیار باشد و به علاوه این اطلاعات در زمانهای قبل از وقوع سیل، همزمان با واقعه سیل یا بعد از جاری شدن سیل، برداشت شده باشد. در روش محاسبه دستی بیشتر جهت تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها پس از تعیین سیلاب با دوره بازگشت 25 ساله استفاده میشود و به عبارتی نمیتوان آن را جزء روشهای مهندسی و دارای دقت جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل محسوب نمود. اخیراً توسعه فناوری در مدل‌های کامپیوتری باعث گسترش استفاده از مدل‌های ریاضی برای محاسبه و تحلیل خطر سیلاب شده است [1,7]. تمامی این روش‌ها، جهت تعیین نقشه پهنه‌بندی سیل احتیاج به تعیین تراز جریان سیلاب و انتقال رقوم سطح آب روی نقشه‌های توپوگرافی دارند. در تمامی این روش‌ها اصولاً از همان روند یکسان استفاده از رقوم تعیین شده سطح آب در هر مقطع عرضی یا موقعیت‌های مختلف برای پهنه‌بندی کمک می‌گیرند که البته بین مقاطع عرضی با درونیابی نقاط، گستره پخش سیل مشخص می‌گردد. تفاوت عمده بین این روش‌ها در نحوه

تعیین پروفیل سطح آب می‌باشد [1]. امروزه توسعه علوم و فناوری به گونه‌ای است که بشر قادر به شبیه سازی ریاضی پدیده‌های مختلف طبیعی از جمله جریان آب می‌باشد. از سوی دیگر، ارائه طرح‌های ساماندهی رودخانه شامل طرح‌های مهار سیلاب و فرسایش، منوط به شناخت و تحلیل رفتار جریان در رودخانه بخصوص در شرایط سیلابی می‌باشد. بر این اساس ضروری است قبل از انجام هرگونه راه حل و اقدامی در رودخانه، هیدرولیک رودخانه در دو حالت شرایط موجود و پس از اجرای طرح مورد شبیه‌سازی قرار گیرد و پس از اطمینان از صحت روند شبیه‌سازی و نتایج حاصل، مشخصات تعیینکننده جریان مانند سرعت جریان، عمق جریان و... در دو حالت مذکور استخراج و بهره‌برداری‌های لازم جهت بررسی رفتار رودخانه و ارزیابی طرح ارائه شده صورت پذیرد. نکته قابل توجه اینکه جریان غالب در رودخانه‌ها عموماً جریان یک بعدی بوده و لذا به این منظور از مدل‌های یک بعدی استفاده می‌شود. از سوی دیگر با توجه به نتایج حاصله از مدلسازی‌های ریاضی متعدد انجام شده و دقت قابل قبول این نتایج و همچنین هزینه‌های بالای ساخت مدل‌های فیزیکی و زمان‌بر بودن استفاده از این مدل‌ها، امروزه در طرح‌های مهندسی رودخانه کمتر از مدل‌های فیزیکی استفاده شده و اتکاء مطالعات مهندسی رودخانه بیشتر بر استفاده از مدل‌های ریاضی جهت شبیه‌سازی جریان رودخانه است [1].

نرم‌افزارها و مدل‌های ریاضی متفاوتی جهت پهنه‌بندی سیلاب و مهندسی رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. از معروف‌ترین و پرکاربردترین این مدل‌ها می‌توان به نرم‌افزار HEC-RAS اشاره کرد که توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی وابسته به انجمن مهندسان ارتش ایالات متحده (USACE)¹ توسعه یافته است و اختصاصاً برای انجام محاسبات پروفیل سطح آب در مجاری طبیعی با شیب کم (رودخانه‌ها) نگارش یافته است و با گذشت زمان به میزان قابل توجهی به توانایی‌های آن در زمینه مدلسازی عوارض مختلف در رودخانه و به طور کلی علمی-کاربردی کردن آن افزوده شده است. از جمله ویژگی‌های این نرم‌افزار (الف) توانایی مدلسازی انواع مختلف عوارض در رودخانه (ب) رایگان و سهل الوصول بودن و دارای راهنمای مناسب (ج) امکان ارتباط با محیط‌های GIS و خصوصاً نرم افزار ArcGIS از طریق افزونه توسعه یافته HEC-Geo-RAS میباشد. همچنین آزمون‌های مختلفی توسط محققان مختلف بر روی این مدل صورت گرفته که از این آزمون‌ها موفق بیرون آمده است. علاوه بر این مدل کاربرپسند بوده و ورودی و خروجی اطلاعات به راحتی و با کیفیت مناسب صورت می‌پذیرد [7,8,9]. این برنامه اطلاعات مربوط به عوارض زمین را از نقشه‌های کاربری زمین استخراج و به عنوان ورودی مورد استفاده قرار میدهد. اگرمن و همکاران از HEC-GeoRAS به عنوان برنامه مرتبط کننده ArcInfo و HEC-RAS استفاده کردند. در این تحقیق از مدل TIN استفاده شده بود و کاربر میتواند با استفاده از آن اطلاعات پروفیل سطح آب را مشاهده کند [3].

در ارتباط با پهنه‌بندی خطر سیل و توصیف رفتار هیدرولوژیکی رودخانه‌ها نیز باید گفت مدل‌های زیادی توسط محققان مختلف در تحقیقات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است. شاه و همکاران [10]، فرانسیسکو و همکاران [11]، هوندشا و همکاران [12]، حاتمیزاد و همکاران [13] و دونکر [14] همگی از GIS به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تکمیل و تحلیل داده‌ها از منابع مختلف در مدیریت دشتهای سیلابی استفاده کرده و با اتصال GIS به مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، مناطق تحت تاثیر سیل را طبقه‌بندی و به نقشه تبدیل کرده و نتایج رضایتبخشی به دست آوردند. هیل قابلیت مدل کامپیوتری HEC-GeoRAS را در پهنه‌بندی خطر سیل و مزایای استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS را بیان نمود [15]. عبقری اقدام به پهنه‌بندی خطر سیلاب در بخشی از حوضه جاجرود با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS برای دوره بازگشت‌های متفاوت نمود و نتیجه گرفت این مدل قابلیت خوبی در تحلیل هیدرولیکی رقوم سطح آب نشان میدهد [9,16]. بنابراین در این تحقیق با استفاده از مدل HEC-RAS به تعیین مناطق سیلگیر در محدوده رودخانه شان‌دیز پرداخته شده و با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS که پل ارتباطی میان مدل HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی ArcGIS می‌باشد، پهنه‌های سیلگیر در محیط GIS برای این رودخانه ارائه خواهد شد.

مواد و روشها

موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی

¹ U.S. Army Corps of Engineers

منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی، شهرستان مشهد قرار گرفته و شامل قسمتی از مسیر رودخانه شاندیز به طول تقریبی 9 کیلومتر به مختصات utm ابتدایی (X=700182,Y=4025503) و مختصات utm انتهایی (X=705663,Y=4029835) می باشد. موقعیت محدوده طرح و راههای دسترسی به آن در شکل (1) نشان داده شده است.



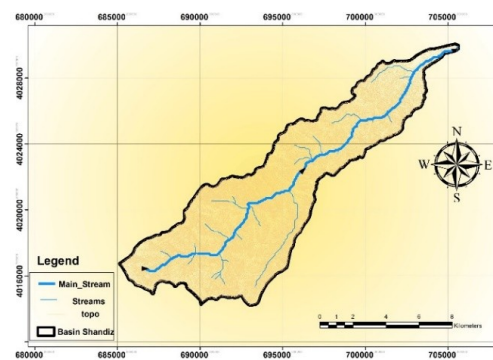
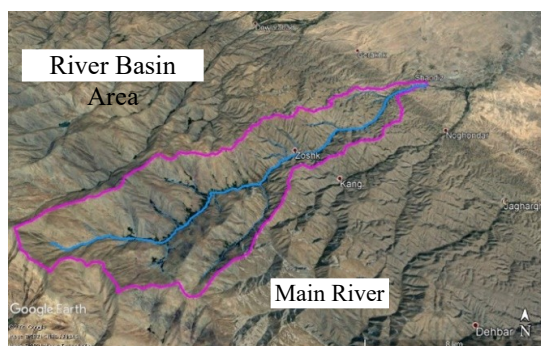
شکل 1- موقعیت محدوده مطالعاتی

خصوصیات فیزیوگرافی محدوده مطالعاتی

خصوصیات فیزیکی حوضهها از جمله پارامترهای مهم در مطالعات هیدرولوژی هستند که مقادیر آنها نشاندهنده وضع ظاهری و مورفولوژیکی منطقه است. مشخصات حوضه آبریز رودخانه شاندیز براساس نقشههای توپوگرافی تهیه و در جدول (1) ارائه شده است [17]. همچنین تصاویر ماهواره‌ای حوضه آبریز محدوده مطالعاتی و رودخانه و آبراهه‌های عبوری از محدوده مطالعاتی در محیط GIS در شکل (2) نشان داده شده است.

جدول 1- مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز رودخانه شاندیز

مقدار	واحد	پارامتر
95	کیلومتر مربع	مساحت حوضه
61	کیلومتر	محیط حوضه
3260	متر	ارتفاع حداکثر
2860	متر	ارتفاع حداکثر رودخانه
1360	متر	ارتفاع حداقل
2133	متر	میانگین ارتفاع
27.17	کیلومتر	طول آبراهه اصلی
19.49	درصد	شیب متوسط حوضه
5.52	درصد	شیب رودخانه اصلی
27.23	متر	طول مستطیل معادل
3.49	متر	عرض مستطیل معادل
زمان تمرکز (ساعت)	2.35	کریچ
	2.29	گیاندوتی
	5.76	ویلیامز



شکل 2- محدوده حوضه آبریز رودخانه شاندیز

آبدهی و سیلاب رودخانه شاندیز

در طراحی سازه‌های هیدرولیکی، تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها و به طور کلی در اغلب پروژه‌های آبی، پارامترهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی از این پارامترها، سیلاب یا همان میزان حداکثر دبی لحظه‌ای عبوری از آبراهه می‌باشد. روش‌های مختلفی جهت محاسبه این پارامتر توسط متخصصین پیشنهاد شده است. این روش‌ها عمدتاً تجربی بوده و مطابق با شرایط اقلیمی نواحی خاصی در کره زمین ارائه شده است. در مناطقی که ایستگاه‌های هیدرومتری دارای تراکم کمتر و در نتیجه میزان آمار ثبت‌شده نیز محدودتر می‌باشد، استفاده از روش‌های تجربی نتایج نسبتاً قابل قبولی را ارائه می‌دهد. از روابط معروف در این زمینه می‌توان به رابطه دیکن¹، رابطه فولر² و رابطه کریگر³ اشاره نمود. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه حوضه آبریز رودخانه شان‌دیز، خصوصیات فیزیوگرافی و نیز موقعیت ایستگاه هیدرومتری کرتیان (ایستگاه هیدرومتری موجود در منطقه) نسبت به حوضه مطالعاتی، مقادیر سیلاب محاسبه شده به روش دیکن به عنوان مقادیر نهایی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه مورد مطالعه انتخاب شده است. رابطه دیکن، از جمله روابط کاربردی است که در برآورد دبی پیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل کلی این رابطه به صورت زیر می‌باشد:

$$Q_1 = Q_2 \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^{0.75} \quad (1)$$

که در این رابطه A_1 مساحت حوضه آبریز (Km^2)، A_2 مساحت ایستگاه مرجع (Km^2)، Q_2 دبی سیلاب ایستگاه مرجع با دوره بازگشت‌های مختلف (m^3/s)، Q_1 دبی سیلاب حوضه آبریز با دوره بازگشت‌های مختلف (m^3/s) است.

شکل کاربردی این معادله به صورت رابطه شماره (2) می‌باشد:

$$Q = C \times A^{0.75} \quad (2)$$

که در این رابطه C ضریب دیکن برای حوضه می‌باشد. دبی اوج سیل در روش دیکن با استفاده از مساحت حوضه و ضریب منطقه‌ای بدست می‌آید. ضریب منطقه‌ای با توجه به آمار ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقه قابل تعیین است. نتایج نهایی تحلیل سیلاب ایستگاه هیدرومتری کرتیان در جدول (2) خلاصه شده است.

جدول 2- نتایج تحلیل سیلاب در ایستگاه هیدرومتری کرتیان برای دوره بازگشت‌های مختلف (m^3/s)

دوره بازگشت (سال)	25	50	100
دبی سیلاب ایستگاه (C.M.S)	56.7	79.4	107.4

بر اساس نتایج جدول شماره (2) و استفاده از روش دیکن، آمار سیلاب حوضه آبریز رودخانه شان‌دیز محاسبه شده که نتایج نهایی در جدول (3) ارائه شده است.

جدول 3- نتایج تحلیل سیلاب در حوضه آبریز رودخانه شان‌دیز برای دوره بازگشت‌های مختلف (m^3/s)

دوره بازگشت (سال)	25	50	100
دبی سیلاب ایستگاه (C.M.S)	63.8	89.3	120.8

مدل سازی رودخانه در نرم افزار HEC-RAS

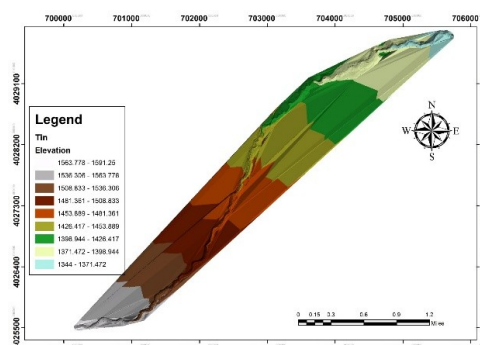
به طور کلی مدل هیدرولیکی رودخانه‌ها و تاسیسات هیدرولیکی موجود بر روی آن‌ها در نرم افزار HEC-RAS شامل دو قسمت کلی هندسه مدل و پارامترهای هیدرولیکی می‌باشد. در بخش اول هندسه مدل، مشخصات ژئومتریک رودخانه شامل مقاطع عرضی، فاصله مقاطع و ضرایبی مانند ضریب زبری مانینگ، ضرایب انبساط و انقباض مقطع، طول بازه‌های بالادست و پائین‌دست، داده‌های مربوط به اینبه موجود در مسیر جریان رودخانه و نیز داده‌های مربوط به محل اتصال شاخه‌های جریان به مدل معرفی می‌شوند.

¹ - Dickens's Formula

² - Fuller's Formula

³ - Creager's Formula

در بخش پارامترهای هیدرولیکی نیز دبی‌های موردنظر برای شبیه‌سازی جریان در مقاطع مختلف و شرایط مرزی جریان در بالادست یا پایین‌دست یا هر دو و همچنین نوع رژیم جریان تعیین می‌شوند.



شکل 3- مدل رقومی TIN در محدوده مطالعاتی رودخانه شان‌دیز در محیط ArcGIS در مرحله بعد باید با افزونه HEC-GeoRAS کلیه لایه‌های اطلاعاتی شامل خط مرکزی رودخانه، خطوط سواحل، مقاطع عرضی و ... را ایجاد نمود. مرحله پس از این، ایجاد مقاطع عرضی رودخانه است. مقاطع عرضی یکی از ورودی‌های مهم نرم‌افزار HEC-RAS می‌باشد. مقاطع عرضی خطوطی دارای ارتفاع هستند که از مدل ارتفاعی TIN تعیین می‌شود و برای نمایش پروفیل عرضی رودخانه به کار می‌رود. هر چه مقاطع عرضی بیشتری تولید شود دقت کار بیشتر می‌شود. نقشه TIN محدوده مطالعاتی در شکل شماره (4) ارائه شده است. این نقشه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و مدل رقومی DEM¹ با دقت 5/12 متر تهیه شده است. این تصاویر از ماهواره ALOS PALSAR استخراج گردیده است. در این تحقیق مجموعاً 223 مقطع عرضی در طول رودخانه شان‌دیز با فاصله تقریبی 50 متر از یکدیگر ترسیم گردید.

برآورد ضریب زبری جریان

نظر به اینکه زبری بستر از پارامترهای اصلی در افت انرژی در کانال‌ها و رودخانه‌ها محسوب می‌شود و نقش موثری در تراز آب و سرعت جریان در هر مقطع از رودخانه دارد تعیین ضریب زبری مناسب که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اصولاً ضریب زبری به سه صورت ضریب زبری مانینگ، ضریب شزی و ضریب دارسی-وایسباخ بیان می‌گردد، که در مطالعات رودخانه‌ها و کانال‌ها عموماً از ضریب زبری مانینگ استفاده می‌شود. یکی از راهکارها برای تعیین ضریب زبری مانینگ در افزونه HEC-GeoRAS استفاده از لایه کاربری اراضی است که ضرایب زبری مختلف برای انواع کاربریها در آن تعریف شده است، ولی بدلیل عدم دسترسی به لایه کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی رودخانه شان‌دیز، با استفاده از بازدید میدانی، نظرات کارشناسی و استفاده از سوابق موجود، این ضریب مطابق جدول شماره (4) تعیین گردید.

جدول 4- ضرایب زبری مانینگ در بازه‌های مختلف رودخانه شان‌دیز

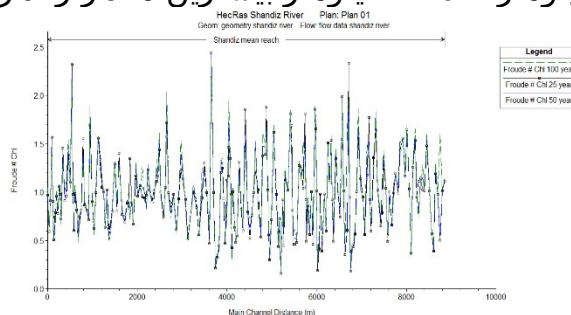
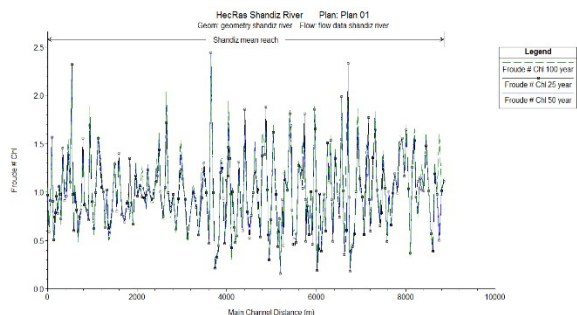
شماره بازه	شماره مقاطع هر بازه	ساحل راست	کانال اصلی	ساحل چپ
1	5813-8823	055/0	05/0	055/0
2	3005-5813	052/0	048/0	052/0

در HEC-RAS میتوان رژیم‌های زیربحرانی، فوقبحرانی و رژیم ترکیبی را اجرا نمود. رژیم ترکیبی در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرد که احتمال عبور جریان از زیر بحرانی به حالت فوق بحرانی و وقوع پرش هیدرولیکی محتمل باشد. در حالت زیر بحرانی، مقطع کنترل در پایین دست می‌باشد ولی در حالت جریان فوق بحرانی مقطع کنترلی در بالادست قرار می‌گیرد چون در این حالت رژیم جریان متأثر از بالادست است. در حالت رژیم ترکیبی، بایستی هر دو مقطع کنترل بالادست و پایین دست را به مدل معرفی نمود. در تحقیق حاضر جریان بصورت دائم در نظر گرفته شده است و از آنجا که شیب رودخانه در هر یک از بازه‌های مطالعاتی متغیر بوده و احتمال تبدیل جریان زیر بحرانی به جریان فوق بحرانی وجود دارد از رژیم ترکیبی استفاده شده و شرایط مرزی بصورت شیب سطح آب در بالادست و در پایین دست تعریف شده است

¹ Digital Elevation Model

نتایج و بحث

نرمافزار HEC-RAS نتایج متعددی شامل جداول اطلاعاتی، پروفیل طولی رودخانه، مقاطع عرضی و ... را در اختیار کاربر قرار میدهد. در شکل شماره (8) تغییرات عدد فرود در کل محدوده مطالعاتی و تغییرات عرض محدوده سیلگیر در مقاطع عرضی مختلف در طول رودخانه شاندیز ارائه شده است. نوسانات عدد فرود نشاندهنده تغییرات رژیم جریان، عمق، عرض و سرعت جریان در رودخانه است. همچنین عرض ناحیه سیلابدشت در فاصله 1+500 کیلومتر تا 2+0 کیلومتر بیشترین مقدار را دارد.

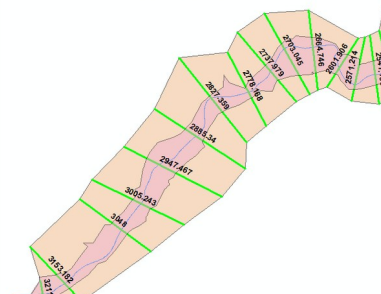


الف- تغییرات عدد فرود در طول رودخانه

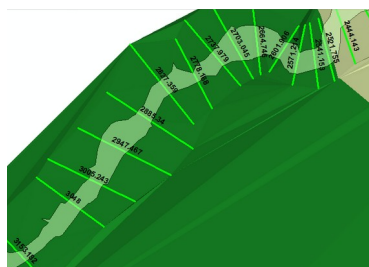
ب- تغییرات عرض ناحیه سیلگیر در مقاطع مختلف در طول رودخانه

شکل 4- تغییرات عدد فرود و عرض سیلگیر در طول رودخانه شاندیز

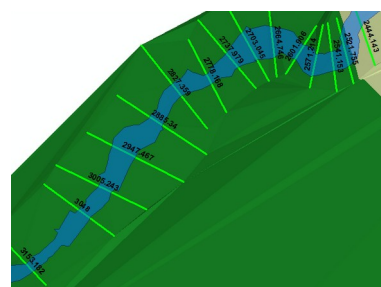
با انتقال دوباره اطلاعات بدست آمده از HEC-RAS به ArcGIS اطلاعات مختلفی نظیر عمق آب، سرعت آب و نقشه پهنه‌بندی سیلاب حاصل خواهد شد. در قسمتهایی از پهنه ایجاد شده بعضاً مشاهده میشود که ناپیوستگیهایی وجود دارد که ناشی از کمبود مقاطع عرضی است و این مشکل تنها با ایجاد مقاطع عرضی فراوان رفع میشود. بنابراین هر چقدر تعداد بیشتری از مقاطع عرضی ایجاد گردد، نتایج با دقت بالاتری تولید میشود. در مرحله ساخت مدل، اندازه سلول رستری برابر پیشفرض یعنی 20 قرار گرفت. با هرچه بیشتر کاهش دادن این اندازه، دقت محاسبات بالاتر رفته ولی فرآیند پردازش بسته به قدرت رایانه، زمان بیشتری را میطلبد. همچنین از آنجا که نرمافزار HEC-RAS مبتنی بر فرضیاتی از قبیل بررسی جریان در راستای یک بعد، استفاده از معادلات انرژی برای تعیین پروفیل سطح آب و ... می-باشد، بنابراین پهنه سیلابی و یا حد بستر دارای خطا خواهد بود و نیاز به بررسی و تدقیق میدانی دارد.



ج- پهنه سیلاب با دوره بازگشت 100 ساله



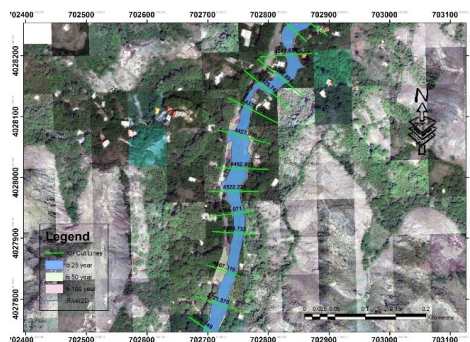
ب- پهنه سیلاب با دوره بازگشت 50 ساله



الف- پهنه سیلاب با دوره بازگشت 25 ساله

شکل 5- پهنه سیلاب با دوره بازگشتهای مختلف

همچنین در شکل (6) پهنه سیلابی بر روی تصویر ماهواره‌ای واقعی قرار داده شده است تا محدوده سیلاب در مکانهای واقعی تحلیل گردد.



شکل 6- پهنه سیلاب بر روی تصاویر ماهواره‌ای
در جدول (5) مساحت پهنه سیلابی برای سیلابهایی با دوره‌های بازگشت مختلف نشان داده شده است.

جدول 5- مساحت پهنه سیلابی برای سیلابهایی با دوره بازگشت مختلف

سیلاب	25 ساله	50 ساله	100 ساله
مساحت پهنه سیلابی (m ²)	172500	193878	212050
مساحت پهنه سیلابی (hec)	17.25	19.38	21.2

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر محدوده طغیان سیلاب در اطراف رودخانه شان‌دیز در شهرستان مشهد برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. برای تعیین نقشه طغیان سیلاب از مدل‌سازی عددی با نرم‌افزار ArcGIS و HEC-RAS استفاده شد. برای ایجاد ارتباط بین اطلاعات حاصل از دو نرم‌افزار از افزونه HEC-GeoRAS نیز استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که در دوره بازگشت 25، 50 و 100 ساله، محدوده سیلاب پخش شده در حاشیه رودخانه شان‌دیز به ترتیب 25/17، 38/19 و 20/21 هکتار است. علاوه بر نتایج این تحقیق نشان داد که برای جلوگیری از خسارت‌های احتمالی در زمان وقوع سیلاب، میتوان با تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با مدل HEC-RAS محاسبات را تسهیل نمود و براساس نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب محاسبه شده، از منابع اطراف رودخانه‌ها محافظت نمود. در صورتی که دقت اطلاعات مورد استفاده برای تهیه پهنه سیلاب با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و ArcGIS به اندازه کافی بالا نباشد، امکان افزایش خطا و عدم دسترسی به جواب صحیح افزایش می‌یابد. نقشه‌های سطح، عمق و سرعت سیل به دست آمده از نرم‌افزار HEC-RAS میتواند ضمن شناساندن مناطق مستعد فرسایش و سیلگیری، به عنوان ابزاری مهم و کاربردی و در عین حال بدون پیچیدگی، در کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌ریزی‌های توسعه و حفاظت محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرند. همچنین نقشه‌های سطح، عمق و سرعت سیل میتواند باعث افزایش دقت، سرعت و کاهش هزینه‌های مطالعاتی طرح‌های ساماندهی رودخانه شود که در این صورت این موضوع نشان‌دهنده مزایای استفاده از نرم‌افزار HEC-GeoRAS در افزایش دقت و صرفه‌جویی در هزینه‌های مهندسی رودخانه است. همچنین با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی میتوان در هر موقعیتی از رودخانه، عمق جریان سیلاب را به دست آورد که ناشی از دقت بالای تحلیل با نرم‌افزار HEC-RAS است.

منابع

- [1] Abbaspour, E., (2015), Flood Risk Mapping Using HEC-RAS Model & Geographic Information System and Comparison with CES Software (Case Study: Zoshk River), Master Dissertation of Agriculture, Ferdowsi University (In Persian)
- [2] Hassanzadeh Nafooti, M. and Khajebafghi, H., (2016), Flood Hazard Zoninig Using Multiple Criteria Decision Analysis System (Case Study: Sheytoor Watershed in Bafgh), Journal of Watershed Management Research, Vol. 7, No. 14 (In Persian)
- [3] Shaabani Bazneshin, A., Emadi, A. and Fazloulou, R., (2016), Investigation the Flooding Potential of Basins and Determination Flood Producing Areas (Case Study: NEKA Basin), Journal of Watershed Management Research, Vol. 7, No. 14 (In Persian)

- [4] Azamirad, M., Ghahreman, B. and Esmaili, K., (2018), Investigation Flooding Potential in The Kashafrud watershed, Mashhad The Method SCS and GIS, *Journal of Watershed Management Research*, Vol. 9, No. 17 (In Persian)
- [5] Bagher Ghermezcheshmeh, B., Nikcheh Farahani, S., and Agharazi, H., (2019), Effects of Watershed Management Practices on Some of Flood Characteristics Change in Haftan Watershed, *Journal of Watershed Management Research*, Vol. 10, No. 19 (In Persian)
- [6] Malek Mohammadi, B., Tajrishy, M., (2006), Suitable method to accomplish flood insurance program for crisis management in flood condition of urban areas, 2nd International Conference on Comprehensive Crisis Management in Natural Disasters (In Persian)
- [7] Hamidi, N., Vafakhah, M. and Najafi, A., (2016), Development of Urban Flood Hazard Map for Nour City Using Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Logic, *Journal of Watershed Management Research*, Vol. 7, No. 14 (In Persian)
- [8] Rahmani, Sh., Azizian, A. and Samadi, A., (2019), New Method for Flood Hazard Mapping in GIS (Case Study: Mazandaran Province SubBasins), *Iran-Water Resources Research*, Vol. 15, No. 3 (In Persian)
- [9] Roshun, H., Vahabzadeh, Gh., Solaimani, K. and Farhadi, R., (2013), Simulation of River Hydraulics Behavior Using HEC-RAS Model in GIS Environment (Case Study: Beshar River, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province), *Journal of Watershed Management Research*, Vol. 4, No. 7 (In Persian)
- [10] Shah, S.M.S., O'Connell, P.E. and Hosking, J.R.M., (1996). Modelling the effects of spatial variability in rainfall on catchment response. 2. Experiments with distributed and lumped models. *Journal of Hydrology*, 175(1-4), pp.89-111.
- [11] Francisco, N.C., Filipe, C.R. and Maria, G.S., (1998). Coupling GIS with Hydrologic and Hydraulic Flood Modeling. *Water resources management*, 12(3), pp.229-249.
- [12] Hudecha, Y., Bardossy, A. and WERNER, H.W., (2001). Development of a fuzzy logic-based rainfall-runoff model. *Hydrological Sciences Journal*, 46(3), pp.363-376.
- [13] Hatami Nejad, H., Atashafrooz, N. and Arvin, M., H., (2017), Flood hazard zonation using multi-criteria analysis and GIS (case study: Izeh Township). *Disaster Prevention and Management Knowledge*, Vol. 7, No. 2 (In Persian)
- [14] Donker, N.H.W., (2001). A simple rainfall-runoff model based on hydrological units applied to the Teba catchment (south-east Spain). *Hydrological processes*, 15(1), pp.135-149.
- [15] Hill, M., (2001). Flood Plain Delineation Using the HEC-geo-RAS Extension for Arc View. *Brigham Young University*, 514p.
- [16] Abghari, H., (2004), Flood Mapping in Jajrood Basin by GIS, Master Dissertation of Watershed Management, Natural Resources, Tehran University (In Persian)
- [17] Ghaffari, G. and Talebi, Z., (2016), Evaluation some of the Empirical Relations to Estimate the Concentration Time and Identify the Most Important Physiographic Factors Affecting in Gheshlagh Dam Basin, *Journal of Watershed Management Research*, Vol. 7, No. 14 (In Persian)

Inundation Flood Mapping in Shandiz River by Hydraulic Model of HEC-RAS and GIS

M.A. Emarloo¹, E. Behnamtalab²

*Master Student of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Iran ¹
Assistant Professor of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Iran ²*

Abstract

Areas around rivers or in other words, floodplains, due to special conditions and having different resources, are very suitable areas for economic activities and are always exposed to floods. In recent years, the growth of cities around rivers has been increased. Therefore,

it is very important to determine the mapping of the flood inundation and also the flood characteristics in different return periods. Inundation flood mapping have many applications in flood management and control, which can include determining the boundaries of rivers, studying and economic analysis of development projects, flood forecasting and warning systems, and flood rescue and insurance operations. Determining privacy and context is technically and legally very important and complex in the country. One of the most important applications of inundation flood mapping is to determine the boundaries of floods and floodplains areas. Especially since these lands are very valuable due to access to water resources and on the other hand, due to their proximity to the river, they are at risk of floods. Existing methods for preparing inundation flood mapping can be divided into four main groups including classical and manual methods, observational method and use of flood line, comparison of aerial images of the region and use of mathematical models. All these methods, in order to determine the inundation flood mapping, need to determine the flow level and transfer the water level maps to topographic maps. All of these methods basically use the same process of using the specified maps of water level in each cross section, but between the cross sections with the interpolation of points, the range of flood distribution is determined. The main difference between these methods is in how to determine the water level maps. One of the newest methods for preparing of inundation flood mapping is to use geographic information systems (GIS) and integrate them with hydraulic and hydrological models. Therefore, in this study, with the aim of integrating the HEC-RAS hydraulic model with ArcGIS software, through the HEC-GeoRAS extension, the inundation flood mapping in the Shandiz River catchment area will be estimated. In this study, the extent of floods in riverbanks for floods with different return periods was calculated. It was observed that the integration of GIS with HEC-RAS model in flood analysis areas facilitates calculations and reduces field operations. The results showed that in the return period of 25, 50 and 100 years, the area of inundation mapping spread along the Shandiz River is 17.25, 19.38 and 21.20 hectares, respectively. In addition, the results of this study showed that in order to prevent possible damages during floods, it is possible to facilitate calculations by combining GIS with HEC-RAS model and based on inundation flood mapping, it is protected the resources around the rivers. Surface, depth, and velocity maps of floods can increase accuracy and reduce the cost of studying river engineering plans. Also, by using the geographic information system, the depth of flood flow can be obtained in any position of the river, which is the result of high accuracy of analysis with HEC-RAS software.

Keywords:

ArcGIS, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, Inundation Mapping, Shandiz River