دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تحلیل مسیر رودخانهٔ بابلرود با بهره‌گیری از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و ارائه الگوهای مدیریتی سیلاب

س. ش. فرحمندکناری[۱]، م. رائینی سرجاز[۲] و ک. سلیمانی[۳]

۱- کارشناس مسئول آموزش و ترویج کشاورزی، مدیریت جهاد کشاورزی فریدونکنار، نویسنده مسوول:
shahrbano_farahmand@yahoo.com
۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده

همه ساله پهنه های گسترده ای از زمین های حاصلخیز کناره های رودخانه بر اثر گذر جریان های سیلابی ویران می شود. از این رو برای ساماندهی و مدیریت رودخانه بایست ضمن بررسی رفتار هیدرولیکی جریان، محل های سیلگیر شناسایی و درصد پیشروی سیلاب و ارتفاع آن نسبت به رقوم سطح زمین، ویژگی‌های سیلاب در دوره های بازگشت مختلف یا پهنه‌بندی سیلاب تعیین گردد. به همین دلیل در این پژوهش حریم بستر رودخانه بابلرود بررسی و پهنهٔ سیلاب تعیین شد. برای این کار نخست مسیری از رودخانه به درازای نزدیک به ۴۰۰۰ متر، از روستای انارستان تا درون کلای غربی برگزیده شد. سپس با تهیه نقشه های توپوگرافی ۱:۱۰۰۰ و رقومی نمودن آنها، نقشه TIN رودخانه در محیط ARCVIEW، با بهره‌گیری از دنبالهٔ HEC-GeoRAS تهیه و ویژگی‌های هندسی رودخانه و ۱۱۳ مقطع عرضی، ویژگی‌های جریان و ضریب زبری مانینگ به مدل معرفی و ویژگی های جریان برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال محاسبه و پهنه سیلاب ها برآورد شد. سرانجام، با بهره‌گیری از داده‌های برآوردی مشخص شد که ۸۰/۳ درصد از پهنهٔ سیل‌گرفته متعلق به سیلاب‌هایی با دورهٔ بازگشت ۲۵ سال یا کمتر است. یافته های این پژوهش نشانگر آن است که کناره‌های این رودخانه بسیار هموار است و به راحتی با سیلاب‌هایی با روان بالا نیز آب‌گرفته می‌شود.

واژه های کلیدی: پهنه سیلاب، زمان بازگشت، HEC-RAS، ARCVIEW، رودخانه بابلرود

مقدمه

سیل و خشکسالی دو پدیدهٔ زیان آور هواشناختی هستند که هر کدام در کرانه ای از وضعیت طبیعی قرار می‌گیرند. سیل اثر بسیار ویرانگری بر فرسایش خاک، کشتزارها، جنگل ها و سازه های آبی دارد. در دههٔ گذشته بسیاری از دانشمندان، مدیران منابع آب و سیاستمداران خطر تغییر اقلیم را

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

گوشزد کرده اند. یکی از پیآمدهای تغییر اقلیم افزایش فراوانی باران های شدید گزارش شده است (۲۹). بنابراین، یکی از پیامدهای آن تغییر در خطر سیلاب نیز هست (۸).

فراوانی رخداد سیل از نظر آسیب های اقتصادی و نگرانی های شدید انسانی اهمیت بالایی دارد (۹). آسیب های سیل در دهه های گذشته به نقاط مختلف ایران زیان های اقتصادی، طبیعی و جانی فراوانی وارد کرده است. بر پایهٔ یک بررسی، در دورهٔ چهل سالهٔ ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۰، رشد سالانهٔ پیشامدهای سیل، نزدیک به ۴ درصد و رشد آسیب‌های مالی وارده سالانه نزدیک به ۶ در صد بوده است (۲۹).

دشت های آبرفتی در کناره های رودخانه ها از زمین های حاصلخیزی برخوردار‌اند که در بیشتر سال ها بخشی از آنها توسط کشاورزان زیر کشت می رود (۱۱). در کناره های رودخانهٔ بابلرود نیز هر ساله بخش کلانی از زمین های مجاور رودخانه زیر کشت برنج می رود. بررسی ها نشان می دهد که علت اصلی افزایش آسیب سیل، به افزایش استفاده از دشت های سیلابی مربوط می شود (۲۴). دشت سیلابی، نوار نسبتا همواری در کناره های رودخانه است که از رسوبات حمل شده توسط رودخانه تشکیل شده و در زمان طغیان رودخانه، بستگی به شدت سیل، بخشی از آن زیر آب می رود (۲۳). بنابراین، اعمال برنامه های جامع مدیریتی با هدف مهار سیل و بهره برداری بهینه از مناطق سیلگیر بایسته است (۲۴). و هرگونه سرمایه گذاری در کناره های رودخانه ها، نیاز به پیش‌بینی‌های لازم در مورد بررسی امکان پیش آمدن خطر سیل می باشد (۱۰). برای اقدامات کارآمد و با ارزش، پیش بینی ها باید به هنگام و دقیق باشند. با به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوین آبخیز داری و مهار درست گسترش شهر ها و همچنین ارائه طرح های مدیریتی بایسته، استفاده از یک آبخیز شهری، می توان توان آسیب رسانی سیل را به حداقل رساند و برای حفظ منابع آبی گام موثر برداشته شود (۲). نخستین گام در طرح های مدیریتی سیلاب و دشت سیلابی داشتن نقشه های پهنه بندی سیل می‌باشد (۵). این نقشه‌ها آگاهی‌هایی دربارهٔ گستردگی و عمق منطقه سیلگیر در دوره‌های بازگشت مختلف را در اختیار مدیران قرار داده و بدین ترتیب اجرای اقدامات حفاظتی مناسب در برابر آسیب‌های مالی و جانی سیل را آسان می‌سازد (۱۲). در پهنه بندی سیلاب کوشش بر آن است تا همهٔ ویژگی های پیرامون رودخانه و سیلاب دشت ها برای مهار کاربری و توسعه اراضی به بخش هایی با خطرپذیری مختلف تقسیم شود (۲۸). برای تهیه این نقشه ها روشهای متفاوتی وجود دارد. یکی از روشهای نسبتاً نوین بهره گیری از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تلفیق آن با مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی است (۱۷).

نخستین فعالیت ها در زمینه کاربرد GIS در مطالعه پدیدهٔ سیل به اوایل دههٔ ۱۹۸۰ میلادی برمی‌گردد، اما ارتباط مدل هیدرولیکی و GIS در ترسیم پهنه سیلاب و شبیه سازی منطقه به اوایل دههٔ ۱۹۹۰ برمی‌گردد. بیورز (۷) کارهای آغازین مربوط به پیوند مدل های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

هیدرولیکی جریان رودخانه به محیط GIS را شکل داد. تیت و همکاران (۲۵) در مرکز پژوهش های منابع آب در دانشگاه تگزاس اقدام به انجام پژوهشی برای تلفیق نرم افزارهای HEC-RAS و ARCVIEW و مطالعهٔ حریم رودخانهٔ وادرکریک در شهر آستِنِ کلرادوی آمریکا نمودند و نتیجه گرفتند که این روش توانایی بسیار بالایی در بررسی هیدرولیکی سازه های مهار سیل در طول رودخانه دارد. هیل (۱۳) توانایی های مدل رایانه‌ای HEC-GeoRAS و برتری‌هایِ پیوند نرم‌افزار ARCVIEW به HEC-RAS را بیان نمود. تر (۶) پیشنهاد کرد که یکی از مهمترین برتری های استفاده از مدل HEC-GeoRAS، دقت و صرفه جویی در هزینه های مربوط به مهندسی رودخانه، به ویژه در حوزه های بزرگ و اعمال بهترین روش مدیریتی در منطقه می‌باشد. آدام (۳) پیشنهاد کرد که بهره‌گیری از مدلHEC-RAS می تواند مقادیر عددی مناسبی را برای مطالعهٔ رژیم و دیگر ویژگی‌های هیدرولیکی جریان رودخانه، در اختیار پژوهشگران قرار دهد. یزداندوست و نصیری (۳۰) مناطقی را که در رودخانه دره شهر در معرض خطر سیل هستند تعیین کرده و توسعه و بهسازی حریم اصلی رودخانه را به عنوان راهکار مناسبی مطرح نمودند. وهابی (۲۷) با بهره گیری از نقشهٔ پهنه بندی، مناطق ممنوع، مشروط و مجاز برای فعالیت های صنعتی و کشاورزی را در حوزهٔ آبخیز طالقان مشخص نمود. برخوردار و چاوشیان (۵) در قالب تفسیر پروژه ای که در دانشگاه کالیفرنیای آمریکا انجام شد، پهنه بندی سیلاب در رودخانه ها را از اقدامات ضروری دانستند. احمدی نژاد و همکاران (۱) پهنهٔ سیلاب رودخانهٔ هلیل رود در حاشیه شهر جیرفت را ترسیم نموده و دریافتند که در ساخت و سازهای کنونی به حریم رودخانه تجاوز شده است. آنان برای ساماندهی رودخانه، احداث دیوارهٔ سنگی با ملات، ماسه و سیمان را پیشنهاد نمودند. باربد و همکاران (۴) طی پهنه‌بندی سیل رودخانه سفید رود، نتیجه گرفتند تلفیق GIS ومدل سازی هیدرولیکی نه تنها عملی است بلکه ساده‌سازی محاسبات کاربران GIS و مدل سازان هیدرولیکی را نیز در بر خواهد داشت. حسین زاده (۱۴) در پایان نامه خود، پهنه‌بندی سیل رودخانه لاین سو را با استفاده از HEC-GeoRAS انجام داد و نتیجه گرفت که تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی با مدل HEC-RAS می تواند در مدیریت مناطق سیلگیر، بسیار کارا و توانمند باشد. محسنی (۲۰) با کار بر روی رودخانه نکا نشان داد که پهنهٔ سیلاب هایی با دوره بازگشت ۲۵ سال و بالاتر از آن برای منطقه خطر ساز بوده و نیاز به اقدامات حفاظتی و مدیریتی ویژه دارد.

از آنجا که در حاشیهٔ رودخانهٔ بابلرود دستکاری هایی همچون برداشت ماسه و گسترش شالیزار به پهنهٔ سیل گیر شده است و سیلاب های شدید ممکن است آسیب های جبران ناپذیری به این محدوده برساند، بنابراین در این پژوهش پهنه بندی سیل بابلرود با بهره‌گیری از تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS و نرم افزار ARCVIEW مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

مواد و روش ها

الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانهٔ بابلرود از رودخانه های اصلی حوزه آبخیز دریای مازندران است که از شمال به دریای مازندران و از جنوب به دامنهٔ شمالی رشته کوه های البرز (قله دماوند)، از شرق به حوزهٔ آبخیز رودخانه تالار و از غرب به حوزهٔ آبخیز رودخانه هراز محدود می‌گردد. منطقه مورد مطالعه در این رودخانه در بازه ای به طول نزدیک به ۴ کیلومتر در حد فاصله روستاهای انارستان و دارون‌کلای غربی، در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۲ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه و ۴۲ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه، واقع گردیده است. در این منطقه به دلیل پهن و هموار بودن بستر و دشت سیلابی رودخانه، و به دلیل حاصلخیز بودن این زمین ها، اغلب توسط کشاورزان به زیر کشت برنج می رود. گاهی نیز شالیکاران بخش‌هایی از بستر رودخانه را با تراکتور هموار کرده آن را به شالیزار تبدیل می کنند. برداشت ماسه از بستر رودخانه نیز در به هم ریزی هیدرولیکی رودخانه نقش داشته است. به همین دلیل این بخش از شالیزارهای پیرامون رودخانه اغلب با کوچکترین جریان سیلابی به زیر آب می رود.

ب) روش پژوهش

پس از جمع آوری داده های دبی لحظه ای و بیشینه روزانه، با توجه به این که داده های مورد استفاده باید دارای سه شرط کفایت، درستی و مرتبط بودن باشند، اقدام به کنترل، تصحیح و بازسازی داده ها شد. همگنی داده های گردآوری شده با استفاده از نرم افزار آماری RUN TEST آزمون گردید. در رودخانه هایی که دارای ایستگاه آبسنجی (هیدرومتری) هستند، روش‌های تجزیه و تحلیل آماری بهترین روش برای برازش داده های واقعی و برآورد شده برای پیش بینی سیلاب شناخته شده‌اند (۱۹). بدین منظور پس از وارد نمودن داده‌ها به نرم افزار SMADA به دو روش داده‌های دیدبانی شده و برآوردی مقایسه و مناسب ترین توزیع آماری تعیین شد.

در این پژوهش ۶ پهنه نقشه ۱:۱۰۰۰ «اتوکدی پلان» رودخانه تهیه و در محیط اتوکد اقدام به تصحیح و انجام اصلاحات لازم روی آنها گردید. آنگاه این نقشه‌ها با فرمت شیپ[1] در محیط ARCVIEW باز شده و با معرفی موقعیت ارتفاعی نقاط در جدول های مربوطه، مدل رقومی ارتفاع[2] منطقه مورد نظر ایجاد شد، و سپس نقشه‌ها یکپارچه[3] شدند.

در این پژوهش با بهره‌گیری از نرم‌افزار HEC-GeoRAS که یکی از دنباله‌های ARCVIEW GIS برای پردازش داده های زمینی در سامانهٔ تحلیل رودخانه مرکز مهندسی هیدرولوژی (HEC-RAS) است، لایه های ورودی به HEC-RAS، شامل داده های استخراج شده از لایه TIN (شبکهٔ نامنظم مثلث بندی شده[4])، مانند ویژگی‌های رودخانه، بازه ها، خطوط مقاطع عرضی و طول بازه پایین دست برای کنارهٔ چپ، کانال اصلی و کنارهٔ راست رودخانه، در محیط

1- Shape format 2- Digitalized Elevation Model (DEM) 3- Merge
4- Triangulated Irregular Network

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

ARCVIEW GIS با دقت بسیار بالایی فراهم شد.

سپس با معرفی ویژگی‌های هیدرولیکی و هیدرولوژی جریان و ویژگی‌های هندسی و ضریب مانینگ، انتقال داده‌های تولید شده در محیط GIS برای هر مقطع به نرم‌افزار HEC-RAS، این مدل اجرا و نیمرخ سطح آب در دوره‌های بازگشت مختلف سیل برآورد شد. گفتنی است که برای اجرای مدل HEC-RAS باید همهٔ داده ها به طور کامل و با دقت تعریف و وارد مدل شود.

در پایان نتایج بدست آمده از اجرای مدل HEC-RAS توسط دنبالهٔ HEC-GeoRAS به نرم‌افزار ARCVIEW انتقال یافته و پهنه های سیلاب به ازای دوره های بازگشت مختلف برآورد و نمایش داده شد (۱۵، ۱۶، ۲۰ و ۲۶).

نتایج و بحث

با بهره‌گیری از آمار نزدیک ترین ایستگاه (ایستگاه بابل) آمار دبی بیشینه روزانه و دبی بیشینه لحظه‌ای ایستگاه قرآن طالار بازسازی شد. میان آمار دبی این دو ایستگاه همبستگی معنی‌داری دیده شد ($r = ۰/۶۸$ و $r = ۰/۶۶$، به ترتیب برای دبی بیشینه روزانه و دبی بیشینه لحظه ای). داده‌های تصحیح و بازسازی شده در سطح ۹۵ درصد همگن بودند. از میان توزیع‌های آماری مختلف، داده های دبی رودخانه برازش خوبی با توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ نشان دادند، به همین دلیل دبی بیشینه لحظه ای در دوره های بازگشت مختلف با بهره گیری از این توزیع آماری برآورد شدند (جدول ۱).

لایه TIN این بازه پس از رقومی کردن تهیه شد (شکل ۱). در این پژوهش به دلیل استفاده از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰ و با توجه به بازدیدهای به عمل آمده و استفاده از GPS[1] در منطقه و همچنین همپوشانی نقشه‌های موجود با تصویرهای ماهواره‌ای ETM منطقه (در محیط Erdas8.3.1) مشخص گردید که TIN بدست آمده از نقشه های رقومی می تواند بستر و دشت های سیلابی پیرامون رودخانه را به خوبی شبیه سازی نماید و بازبُرد بایسته ای برای انجام دیگر مراحل باشند.

به طور کلی هندسه رودخانه توسط هندسه مقاطع عرضی و فاصله آنها از هم شبیه سازی می شود و در هر مقطع عرضی، کلیه پارامتر های هیدرولیکی جریان محاسبه و برآورد می شوند. در درازای مسیر رودخانه مورد بررسی، ۱۱۳ مقطع عرضی ترسیم شد. این مقاطع با ترسیم خطوطی عمود بر مسیر حرکت جریان آب از چپ به راست تعریف شدند، که مقطع عرضی انتهایی پایین‌دست به عنوان شاخص و شماره هر مقطع نسبت به آن به ترتیب در نظر گرفته شد. فاصله مقاطع از هم در سه بخش کنارهٔ چپ، کنارهٔ راست و مرکز رودخانه نیز بدست آورده شد که شناسه انحناهای رودخانه خواهند بود. در هر مقطع، نیمرخ عرضی، فاصله خطوط کناره‌های آبراهه، یا به عبارتی عرض آبراهه اصلی، مرزهای تعیین‌کننده بیشینهٔ بازهٔ پهنه سیلاب برآورد و

1- Geographical Positioning System

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

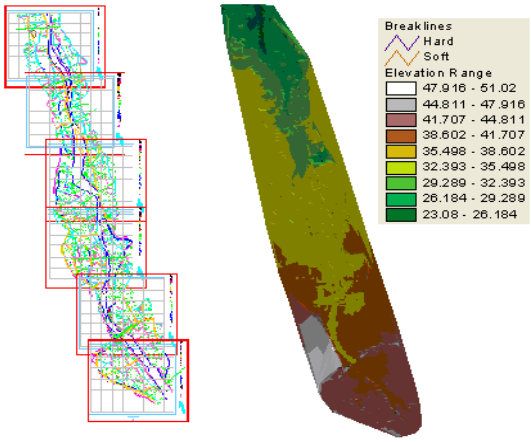
لایه‌های مختلف بالا ایجاد و توسط دنبالهٔ HEC-GeoRAS از محیط ARCVIEW به نرم‌افزار HEC-RAS پرداخته شد. سپس با وارد نمودن دیگر اطلاعات مورد نیاز، مانند دبیِ دوره‌های بازگشت مختلف، نوع رژیم جریان، ضریب زبری مانینگ، ضرایب تنگ‌شدگی و بازشدگی و غیره، مدل HEC-RAS اجرا شد. پس از اجرا، مدل خواهد توانست در هر مقطع، بسیاری از ویژگی‌ها، همانند شماره‌های سطح جریان به ازای دوره‌های بازگشت مختلف، نیمرخ طولی سطح آب در هر بازه (شکل ۲)، نحوه توزیع سرعت آب، منحنی سنجه دبی، عمق بحرانی آب، سطح و محیط خیس‌شده، شعاع هیدرولیکی، میانگین عمق، عدد فرود، نمای سه‌بعدی جریان، جدول پارامترهای هیدرولیکی در مقاطع عرضی و نمودارهای تغییرات پارامترهای هیدرولیکی در درازای رودخانه را ارائه نماید.

جدول ۱- بسامد، پهنهٔ سیل‌گرفته (hr)، دبی بیشینهٔ لحظه‌ای (m^3s^{-1}) و میانگین عمق سیل (m) برای دوره‌های بازگشت مختلف در رودخانهٔ بابلرود، در بازهٔ ۴۰۰۰ متری مورد بررسی

	دوره‌های بازگشت (سال)						
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
بسامد سیلگیری	۰/۵	۰/۲	۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵
پهنهٔ سیل‌گرفته (هکتار)	۴۹/۸۵	۸۱/۲۷	۹۹/۹۸	۱۲۷/۹۵	۱۳۴/۰۲	۱۴۶/۷۱	۱۵۹/۳۶
درصد پهنهٔ کلی*	۳۱/۳	۵۱	۶۲/۷	۸۰/۳	۸۴/۱	۹۲/۱	۱۰۰
درصد پهنهٔ جزئی+	۳۱/۳	۱۹/۷	۱۱/۷	۱۷/۶	۳/۸	۷/۹	۷/۹
دبی بیشینهٔ لحظه‌ای ($m^3 s^{-1}$) **	۹۶/۴	۱۸۱/۳	۲۸۱/۳	۴۹۲/۸	۷۴۷/۹	۱۳۱۱/۷	۱۷۱۰/۵
میانگین عمق سیل (m)	۱/۰۲	۱/۳۷	۱/۶۴	۲/۰۹	۲/۴۶	۳/۰۶	۴/۲۱
درصد افزایشی میانگین عمق سیل	۲۴/۴	۳۲/۷	۳۹/۱	۳۹/۷	۵۸/۴	۷۲/۸	۱۰۰
درصد جزئی میانگین عمق سیل	۲۴/۴	۸/۳	۶/۴	۱۰/۶	۸/۶	۱۴/۵	۲۷/۲

*: درصد پهنهٔ کلی: نسبت کل پهنهٔ سیل‌گرفته در هر دوره بازگشت به پهنهٔ سیل‌گرفته در دوره بازگشت ۲۰۰ سال. درصد پهنهٔ جزئی: تفاوت درصد پهنهٔ کلی سیل‌گرفته هر دوره بازگشت به دورهٔ بازگشت پیشین. **: برآورد شده با توزیع آماری لوگ پیرسون تیپ ۳.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

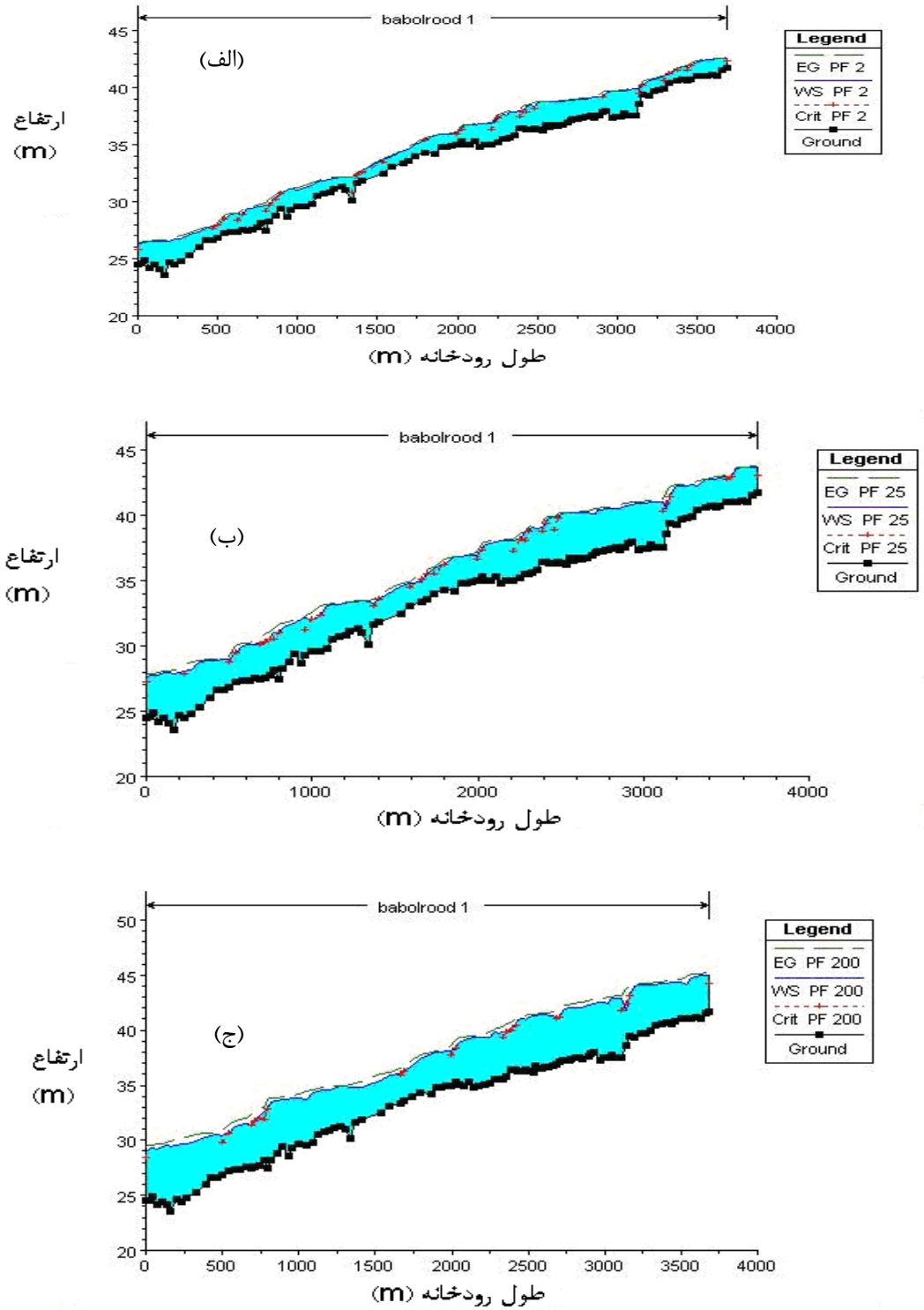


شکل ۱- نقشه های اتوکدی بازسازی شده برای بازهٔ ۴۰۰۰ متری مورد بررسی در رودخانهٔ بابلرود در محیط ARCVIEW (سمت چپ) و لایهٔ TIN ایجاد شده (سمت راست).

معمولاً در بررسی های پهنه بندی سیل، تعیین حریم و بستر رودخانه با دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله مورد نظر می‌باشد، اما در این منطقه به دلیل پهن و هموار بودن پیرامون رودخانه و پیشروی شالیکاران به بستر اصلی آن و برداشت‌های بیش از اندازهٔ ماسه از پیرامون رودخانه، سیلِ با دورهٔ بازگشت ۲ ساله نیز باعث ایجاد آسیب می گردد. بنابراین، برای پهنه بندی سیل در این بازه از رودخانه ۷ دورهٔ بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله مورد بررسی و شبیه سازی قرار گرفت.

تغییرات عمق بیشینهٔ آب به شکل هندسی مقطع و شیب هیدرولیکی جریان مربوط می‌شود (شکل ۳ الف). بازه تغییرات عمق هیدرولیکی در دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله، از ۰/۹۹ تا ۲/۹۸ متر می‌باشد. سرعت جریان در بازه‌های مختلف جریان به دلیل تغییرات سطح مقطع، شیب کف و ضریب زبری، متغیر می‌باشد (شکل ۳ ب). بازه تغییرات سرعت جریان در دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله، از ۰/۴۳ تا ۴/۰۸ متر بر ثانیه بود و در برخی نقاط تا ۵/۱ متر بر ثانیه نیز افزایش یافت.

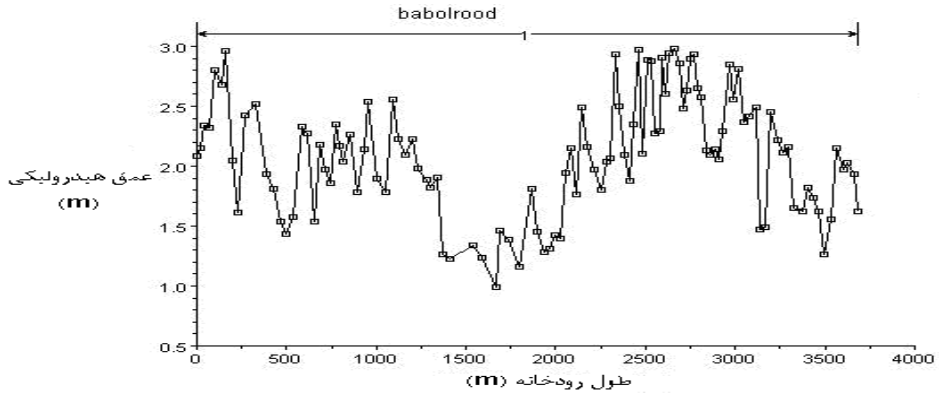
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]



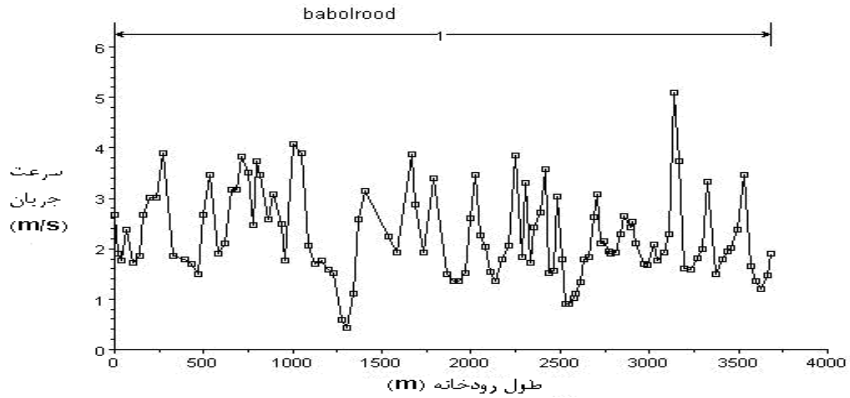
شکل ۲- نیمرخ های طولی سطح آب برای بازهٔ ۴۰۰۰ متری در رودخانهٔ بابلرود برای دوره‌های بازگشت: الف) ۲ سال، ب) ۲۵ سال و ج) ۲۰۰ سال.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

الف



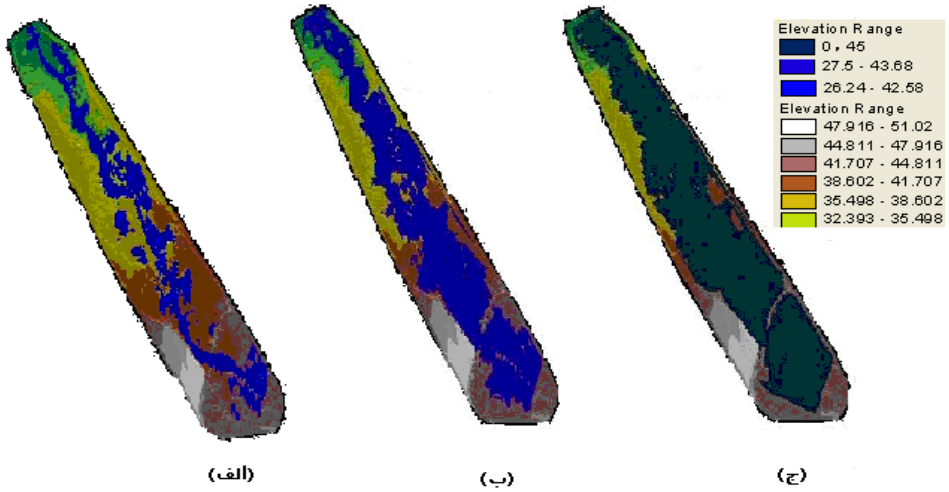
ب



شکل ۳- الف) تغییرات عمق بیشینهٔ (m) جریان سیلاب و ب) تغییرات سرعت (ms^{-1}) جریان سیلاب، برای دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله در بازهٔ ۴۰۰۰ متری مورد بررسی در رودخانهٔ بابلرود.

سرانجام با ارسال اطلاعات مربوط به نیمرخ سطح آب از HEC-RAS به ARCVIEW توسط دنبالهٔ HEC-GeoRAS، سامانه اطلاعات جغرافیایی امکان پیوند اطلاعات جغرافیایی و هیدرولوژیکی و شبیه سازی پهنه های دشت سیلابی را فراهم کرد. نقشه‌های پهنهٔ دشت سیلابی در دوره های بازگشت ۲، ۲۵ و۲۰۰ ساله در شکل ۴ نشان داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۴- نقشه‌های پهنهٔ سیلاب برای دوره های بازگشت: الف) ۲ ساله، ب) ۲۵ ساله و ج) ۲۰۰ ساله، برای بازهٔ ۴۰۰۰ متری مورد بررسی در رودخانهٔ بابلرود.

به ازای سیلاب های مختلف پهنهٔ آب گرفتگی در هر دورهٔ بازگشت متفاوت بود و هر چه دبی سیلاب بزرگتر باشد، پهنهٔ بیشتری به زیر آب خواهد رفت. پهنهٔ سیل‌گرفته زمین های کنارهٔ رودخانه در جدول ۱ نشان داده شده است.

با توجه به نقشه های پهنه بندی سیل مشخص شد که روند افزایش پهنهٔ سیل‌گرفتهٔ دشت سیلابی بابلرود در دوره های بازگشت ۲ تا ۲۵ سال نسبت به دوره‌های بازگشت ۲۵ تا ۲۰۰ سال دارای سیر افزایشی می باشد و ۸۰/۳ درصد از کل پهنهٔ سیل‌گرفته، مستعد سیلگیری توسط سیل های زیر ۲۵ سال هست، بنابراین بخش عمده‌ای از آسیب‌ها در پهنه‌های دشت سیلابی زیر ۲۵ سال وارد می‌شود. دلیل افزایش پهنهٔ سیل‌گرفته و آسیب در سیل‌های ۲ تا ۲۵ ساله را می‌توان در رفتار طبیعی رودخانه و دستکاری‌ها و رفتار سودجویانه بهره‌برداران دنبال نمود، زیرا در این منطقه به دلیل حاصلخیزی زمین و پُرباری برنج، و وجود دشت‌های سیلابی گسترده و هموار، شالیکاران بومی با پذیرش خطرات سیل، تا بستر فصول خشک رودخانه پیشروی نموده و با تغییر ریخت کناره‌های رودخانه، بخش‌های گسترده‌ای از کناره و نزدیک به بستر رودخانه را زیر کشت برنج می‌بردند. از دیگر عوامل موثر در افزایش پهنهٔ سیل‌گرفته، برداشت شن و ماسه از بستر و کناره های رودخانه و ایجاد ناهمواری‌هایی در آن می‌باشد، به طوری که به دلیل وجود کارخانهٔ شن‌سازی در محدوده رودخانه بابلرود، روزانه ده‌ها کامیون رسوب رودخانه‌ای از بستر آن برداشت شده، و افزون بر پایین رفتن سطح اساس رودخانه و اثر بر آبهای زیرزمینی، ریخت‌شناختی ظرفیت حمل این رودخانه نیز به شدت کاهش یافته است و درنتیجه با کاهش ظرفیت انتقال، توان آبگذری و افزایش ضریب زبری، باعث افزایش پهنهٔ سیل‌گرفتهٔ دشت‌های سیلابی منطقه می‌شود. مطمئناً نظارت و کنترل بر چنین اقداماتی می‌تواند

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

باعث کاهش آسیب سیل و پیامدهای ناهنجار زیست‌محیطی آن شود.

به ازای سیلاب‌های متفاوت میانگین عمق آب در رودخانه متغیر بوده که تغیرات میانگین عمق به ازای دوره‌های بازگشت مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است.

افزایش میانگین عمق سیل، با افزایش دوره بازگشت را می‌توان به دلیل وجود تراس‌ها و آبکَندهای قدیمی و بلند رودخانه، به ارتفاع ۸-۴ متر ربط داد، به طوری که در برخی جاها این آبکندها چسبیده به رودخانه می‌باشند و از گسترش پهنهٔ سیل‌گرفته جلوگیری می‌کنند، که پیامد آن افزایش عمق سیل و یا گسترش سیل به پهنه‌های هموارتر سمت دیگر کناره می‌باشد. این امر به‌ویژه در دوره‌های بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ سال بیشتر نمایان می‌گردد، هنگامی که حجم زیاد سیل به صورت افزایش عمق سیل نمود می‌کند، در این وضعیت پهنهٔ سیل‌گرفته افزایش چندانی نشان نمی‌دهد. به دلیل وجود تراس ها و آبکندهای بلند و قرارگرفتن روستاهای منطقه در پشت آن‌ها، خوشبختانه در دوره‌های بازگشت بالا این جاها در معرض خطر سیل چندانی نیز قرار نمی‌گیرند. اما بدیهی است که با افزایش عمق آب‌گرفتگی، هزینه لایروبی نیز افزایش می یابد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که کاربری نامناسب زمین‌ها و پیشروی بی‌رویه در امتداد و حریم رودخانه می‌تواند سبب افزایش دبی اوج سیلاب‌ها و در نتیجه افزایش عمق و پهنهٔ سیل‌گرفته شد، که از این لحاظ با یافته‌های لئوپولد (۱۸)، نووتنی و آلِم (۲۲) و آلامیلا (۲) همسانی دارد.

با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌توان در هر نقطه دلخواه از دشت سیلابی، ژرفای جریان سیلاب را به‌دست آورد، که نشانه‌ای از دقت بالای خروجی مدل سامانه تحلیل رودخانه (HEC-RAS) در این سامانه می‌باشد. در این مورد می‌توان به همین نتایج در پژوهش‌های تیت و همکاران (۲۵) و مطیعی و همکاران (۲۱) نیز اشاره کرد. نقشه‌های پهنه و عمق سیل به دست آمده از شبیه‌سازی هیدرولوژیک و زمین ریخت‌شناختی[1] منطقه، ضمن شناساندن مناطق مستعد سیلگیری، می‌تواند به‌عنوان ابزاری قانونی در مهار و مدیریت کاربری زمیها و برنامه‌ریزی‌های توسعه و حفاظت محیط‌زیست، مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

نتایج به‌دست آمده از نقشه‌های پهنه و عمق سیل این پژوهش نیز نشان‌دهندهٔ توانایی بالای مدل در تلفیق GIS و سامانهٔ تحلیل رودخانه است. این یافته‌ها برتری‌هایِ استفاده از HEC-GeoRAS در افزایش دقت و سرعت و کاهش هزینه‌های مطالعاتی طرح‌های ساماندهی رودخانه، در تایید نتایج هیل (۱۳) را نیز نشان می‌دهد.

در نتیجه، با توجه به یافته‌های بالا، بهترین مدیریت و اقدام حفاظتی در این منطقه انتقال سرمایه و شالیزارهای محل به سطوح بالاتر از تراز سیل ۲۵ ساله و جلوگیری از کشت در پهنه ۲ و ۵ ساله می‌باشد. همچنین اقدامات دیگری که می‌تواند نقش به سزایی در کاهش

1- Geomorphology

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

آسیب سیل داشته باشد انجام داد، همچون حفظ حریم رودخانه و اعمال مدیریت جامع و هماهنگ میان سازمان‌های درگیرِ سامان‌دهی رودخانه، بهسازی و بهبود مسیر رودخانه، ساخت دیواره‌های خاکی در کناره‌های هموار، افزایش دبی آبگذرها (کانال‌ها)، بیمه سیل برای کاهش بار هزینه‌های کشاورزان در هنگام سیلاب، معرفی گونه‌های به نژاد یافتهٔ برنجِ سازگار با شرایط سیلابی و غرقابی برای پهنه‌هایی که در خطر سیلاب‌هایی با دوره‌های بازگشت زیر ۱۰ ساله قرار می‌گیرند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از سازمان آب منطقه‌ای مازندران، به ویژه آقای مهندس فرج‌الله نوروزی، برای فراهم کردن داده‌های هیدرومتری رودخانهٔ بابلرود سپاسگزاری می‌نماید. از آقای دکتر میرخالق ضیاءتبار احمدی، آقای مهندس قاسم آقاجانی و آقای مهندس مرتضی خلیلی از گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برای یاری در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Ahmadinejad, A., M. Namjou and M. Farsi. 2002. River path training and optimal designing of Halilrud wall constraction in Jiroft. 6th International River Engineering Conference. Ahvaz, Iran, Farvardin 1st 1381.
2. Alamilla, S. 2001. GIS based approach to floodplain delineation and flood risk estimation applied to the Oak Creek watershed. M.Sc. thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Marquette University, Milwaukee. pp: 4-15.
3. Andam, K.S. 2003. Comparing physical habitat conditions in forested and non-forested streams. MSc. Thesis, University of Vermont. 136 pp.
4. Barbad, M., A. Mahnia and H. Motiei. 2002. Flood zonation in watershed catchments using GIS and mathematical models. 6th international river conference. Ahvaz, Iran, Farvardin 1st 1381.
5. Barkhordar, M. and S.A. Chavoshian. 2000. Flood zonation. Technical workshop on flood management of non-constructive methods. Tehran, Iran, 27 Bahman 1379.
6. Barr, T. 2002. Application of tools for hydraulic power point presentation. 105-upper Gotvand hydroelectric power project feasibility study. Reservoir Operation Flood. 14 pp.
7. Beavers, M.A. 1994. Floodplain determination using HEC-2 and Geographic Information Systems. M.Sc. thesis. Department of Civil Engineering. University of Texas at Austin. Austin, USA. 110 pp.
8. Black, A.R. and H.C. Burns. 2002. Re-assessing the flood risk in Scotland. The Science of the Total Environment, 294: 169-184.
9. Boyle, S.J. 1998. Developing Geographic Information Systems for land use impact assessment in flooding conditions. Journal of Water Resources Planning and Management. 2: 80-97.
10. Mahab Ghods Engineering Corporation Co. 1988-1991. Studies of first step of flood control project of Zarinehrud and Siminehrud. West Azarbayjan Regional Water Organization.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

11. FarahmandKenari, S.Sh., M. Raeini, K. Solaimani and F. Nowrouzi. 2007. Zonation of flood occurrence using hydraulic model in GIS environment. Case study: Babolrud. 3rd conference of watershed and water sources and soil management. Kerman, 20-21 Azar, 1386.
12. Ghafari, G. 2004. Flood risk zonation using geographical information systems (GIS). 126 p. M.Sc. Thesis, Mazandaran University.
13. Hill, M. 2001. Flood plain delineation using the HEC-GeoRas extension for ARCVIEW. Brigham Young University. 514 pp.
14. Hassanzadeh, A. 2004. Flood zonation using HEC-RAS model in geographical information systems (GIS) environment. M.Sc. Thesis, Department of Irrigation, Mazandaran University. 131 pp.
15. Hydrology Engineering Center. 2002. "HEC-geoRAS, User's Manual, Ver. 3. 1. 1, Army cropes of Engineers.
16. Iranian National Irrigation and Drainage Committee and National Committee of Natural Risks Mitigation. 2000. A guideline to non-constructive methods in flood management. Notebook No. 40.
17. Khalilizadeh, M., A. Mosaedi and A. Najafinejad. 2005. Flood risk delineation of Ziyarat river within Gorgan urban watershed. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 12(4): 138-146
18. Leopold, L.B. 1968. Hydrology for urban land planning. A Guidebook on the hydrologic effects of urban land use. U.S. Geol. Circ. 554, USGS, Washinghon, DC. pp: 16-28.
19. Mohammad-Salahi, P., M. Raeini-Sarjaz and M.Q. Ziatabar-Ahmadi. 2005. Rainfall-runoff simulation using mathematical hydraulic- hydrology model based on geographical information system for Amameh watershed. Journal of Agricultural and Natural Resources Sciences, 15: 162-172.
20. Mohseni, M. 2005. Flood risk delineation using HEC-RAS within geographical information system (GIS) environment. M.Sc. thesis. Mazandaran University, Babolsar, Iran. 83 pp.
21. Motiei, H., B. Abdukarim and M. Barbad. 2002. Flood zonation in watershed catchments using a combination of GIS and mathematical models. 6th international river engineering congress, Chamran University, Ahvaz, Iran. 6 pp.
22. Novotny, V. and H. Olem. 1994. Water quality: prevention, identification, and management of diffuse pollution, Van Nostrand Reinhold, New York. pp: 250-258.
23. Plate, E.J. 2002. Flood risk and flood management. Journal of Hydrology 267: 2-11.
24. Safari, A. 2001. Presentation of flood management patterns for Nekarud watershed catchment. M.sc. Thesis. Tehran University. 100 pp.
25. Tate, E.C., F. Olivera and D. Maidment. 1999. Floodplain mapping using HEC-RAS and ARCVIEW GIS. Center For Research In Water Resources (CRWR), Report No. 99-1. 223 pp.
26. U.N.D.P. 1991. Manual and guide lines for comprehensive manual UNDP, Flood Loss Prevention and Management.
27. Wahabi, J. 1997. Flood risk zonation of Taleqan watershed using remote sensing technics and geographical information systems. Msc thesis, Tarbyat Modares University, Tehran, Iran. 87 pp.
28. Wessel, J. 1995. Flood management of the transnational Rhine River, U.S. Italy. Research workshop on hydrometeorology, impacts and management of extreme flood. Elsevier. 11 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

29. Zainivand, H. 2000. Flood zonation of Sylakhor floodplain in Brujerd using HEC-RAS software. M.Sc. thesis. Mazandaran University, Babolsar, Iran. 131 pp.
30. Yazdandoust, F. and F. Nasiri. 1993. Flood risk control and mitigation and watershed management of Darreh Shahr region. Iran-France mutual symposium notes about water resources and watershed managements. Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran. 52 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

Flood Hazard Zonation of Babolrud River Using Hydraulic Model of HEC-RAS in a Geographical Information System Environment (GIS)

Sh. Farahmand[1], M. Raeini Sarjaz[2] and K. Solaimani[3]

1-B.Sc. Expert of Agricultural Extension, Director of agriculture jihad of fereidonkenar,
(Corresponding author: shahrbano_farahmand@yahoo.com)
2- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abstract

Extensive areas of productive agricultural lands of river banks, due to flooding, destroy every year. Therefore, for river path training and management, beside evaluation of flow hydraulic behavior, flooding locations, flooded area percentage, flood height relative to land surface digital elevation, and flood characteristics during different return periods should be determined. Therefore, this research is aimed to map and delineate Babolrud flooding areas. For this purpose an attempt has been made to use GIS technique and HEC-RAS software for the assessment of flood risk zonation, from Anarestan to western Daroonkola village in a 4- kilometre length. To conduct this study digitalized topographic maps of 1:1000 scales were prepared and the TIN map of the mentioned area, was prepared using ARCVIEW and Hec-GeoRas environments. By identification of river and 113 cross sections geometry characteristics, the flow and Mining roughness coefficients were introduced to the model, therefore the flood return periods of 2, 5, 10, 25, 50, 100 and 200 years were calculated and ultimately flood zonation was determined. Finally, based on the flood zonation maps, it was determined that 80.3% of the flooded areas within the studied zone were affected with 25 years or less return periods. It reveals that the Babolrud banks are flat and more vulnerable to high frequent floods.

Keywords: Flood zonation, Return period, HEC-RAS, ARCVIEW Babolroud

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]