دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۳
بهار ۱۳۹۵، صفحات ۹۶-۷۷

نجمه شیخ علیشاهی[۱]
علی اکبر جمالی[۲]
محمد حسن زاده نفوتی[۳]

پهنه بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه (مطالعه موردی: حوضه آبریز منشاد– استان یزد)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۹

چکیده

دشت‌های سیلابی و مناطق مجاور رودخانه‌ها که به دلیل شرایط خاص خویش فضاهایی مناسب برای انجام فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی محسوب می‌شوند، همواره در معرض خطرات ناشی از وقوع سیلاب‌ها قرار دارند. از این‌رو در این مناطق تعیین میزان پیشروی سیلاب و ارتفاع آن نسبت به رقوم سطح زمین و نیز تعیین خصوصیات سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف که تحت عنوان پهنه‌بندی سیلاب صورت می‌گیرد، حائز اهمیت فراوان خواهد بود. در این راستا این تحقیق با هدف تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS با نرم‌افزار ArcGIS از طریق الحاقیه HEC-GeoRAS به برآورد پهنه‌سیل در حوضه آبریز منشاد یزد می‌پردازد. در این پژوهش که از نقشه‌های رقومی مختلف استفاده شد، گستره سیلاب در اراضی حاشیه رودخانه برای سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال محاسبه گردید. مشاهده شد که تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با مدل HEC-RAS در

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، گروه آبخیزداری، میبد، ایران. E-mail: Nalishahi1@gmail.com
۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، گروه آبخیزداری، میبد، ایران.
۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، گروه آبخیزداری، میبد، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تحلیل مناطق سیل‌گیر باعث تسهیل محاسبات و کاهش عملیات میدانی است و کاربرد آن در آبریزها توصیه می‌شود. در این پژوهش پهنه سیلاب محاسبه شده (دوره بازگشت ۲۰۰ سال) دارای مساحت ۸/۹ کیلومترمربع می‌باشد که بیش‌ترین مساحت به اراضی کشاورزی (به مساحت ۷۱/٤٥ هکتار) و باغی (۱۲/۷۷ هکتار) اختصاص داشت.

کلید واژه‌ها: پهنه‌بندی، سیل، منشاد، HEC-RAS، ArcGIS، HEC-GeoRAS.

مقدمه

شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک حاکم بر بخش وسیعی از کشور ایران سبب شده علی‌رغم تحمیل خسارات سنگین ناشی از بروز خشک‌سالی به اراضی کشاورزی و منابع طبیعی، شاهد بروز سیلاب‌های مخرب با دامنه خسارات وسیع باشیم. سیلاب معمولاً مناطق همجوار رودخانه‌های واقع در حوضه‌ها را بیش‌تر تحت تاثیر قرار می‌دهد از طرف دیگر این مناطق غالباً برای فعالیت‌های اقتصادی مناسب می‌باشند. بنابراین مطالعه این مناطق از نظر پارامترهای سیل‌خیزی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و خطرات سیل یکی از ضروریات برنامه‌ریزی است (اعظمی راد و سعیدیان، ۱۳۸۹: ۲).

عبارت سیل، جریان بسیار زیاد آب که باعث خساراتی می‌گردد را در ذهن تداعی می‌کند. یکی از تعاریف جامع واژه سیل را می‌توان به این ترتیب ذکر کرد که هر جریان سطحی آب صرف نظر از عامل ایجاد کننده آن در صورتی تلقی می‌شود که جریان آب در مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد، تداوم زمانی آن محدود باشد، جریان آب از بستر طبیعی خود تجاوز و اراضی پست و حاشیه رودخانه را فرا گیرد و خسارت‌های مالی و جانی به همراه داشته باشد (محمدپور و سبزواری، ۱۳۸٦: ۱).

پهنه‌بندی سیلاب یکی از مراحل حساس در مدیریت رودخانه‌ها می‌باشد. یکی از جدیدترین روش‌ها برای تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با مدل‌های هیدرولیکی است. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت دشت‌های سیلابی کاربرد وسیعی دارد. از موارد کاربرد این نقشه‌ها می‌توان به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی و هشدار سیل، عملیات امداد و نجات و بیمه سیل اشاره نمود (برخوردار و چاوشیان، ۱۳۷۹، به نقل از خلیلی زاده و همکاران، ۱۳۸٤).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نرم‌افزار HEC-RAS[4] یکی از دسته مدل‌های مرکز مهندسی هیدرولوژی است که جهت روندیابی جریان در رودخانه قابل استفاده می‌باشد. این مدل بسیار ساده و در عین حال کاربردی است. سیستم تحلیل رودخانه مرکز مهندسی هیدرولوژی ارتش آمریکا (HEC-RAS)، نرم‌افزاری است که به کاربر امکان انجام محاسبات هیدرولیک یا شبیه‌سازی رودخانه در حالت جریان ماندگار و غیرماندگار را می‌دهد (حکمتی‌فر و همکاران، ۱۳۸۸: ۹۹). در خصوص پهنه‌بندی و شناسایی نواحی سیل‌گیر مطالعاتی در سطح جهان و ایران صورت گرفته است. سلیمانی[5] (۲۰۰۹: ۱)، جریان‌های ماندگار در طول چهار کیلومتر رودخانه زارمرود (بالادست رودخانه تجن) را شبیه‌سازی و به برآورد خطرات سیلاب را با استفاده از HEC-RAS و HEC-GeoRAS[6] پرداخت. نتیجه حاکی از آن بود که شبیه‌سازی هیدرولیک با مدل HEC-RAS و GIS برای انواع مختلف مدیریت دشت‌های سیلابی مؤثر است. گیچامو[7] و همکاران (۲۰۱۲: ۱)، برای استخراج مقاطع عرضی در بخشی از رودخانه Tisza واقع در مجارستان از HEC-RAS/GeoRAS استفاده کردند و به این نتیجه دست یافتند که یک روش برای تولید مقاطع عرضی، مدل رقومی ارتفاع است و در مناطقی که کمبود داده‌های توپوگرافی دارند پتانسیل خوبی برای استفاده از این روش می‌باشد. عاشوری[8] و همکاران (۲۰۱۳: ۱)، با استفاده از HEC-RAS و GIS به بررسی تغییر مورفولوژی بستر رودخانه قبل و بعد از احداث سد در پایین‌دست سد ستارخان اهر پرداختند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که با احداث سد به دلیل جلوگیری از جریان یافتن سیلاب‌های بزرگ، بستر رودخانه تقریبا پایدار و دبی طی سال‌ها ثابت بوده است. رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۸۸: ۱۵۷)، به‌منظور پهنه‌بندی خطر سیل و تعیین ضریب خطرپذیری نقاط روستایی حریم رودخانه گرگان رود از مدل HEC-GEORAS در GIS استفاده کردند. نتایج، نحوه گسترش پهنه‌های سیلابی در بازه را نشان داده و ضمن تایید کارایی، کاربرد مدل را در برنامه‌ریزی روستایی و مدیریت توسعه توصیه می‌نماید. غفاری و همکاران (۱۳۸۹: ۱۱۷)، جهت مدیریت ٤/٥ کیلومتر از دشت سیلابی رودخانه قزل‌اوزن، اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل HEC-RAS، نرم‌افزار ArcView و الحاقیه HEC-GeoRAS کردند. نتایج نشان داده که از کل مساحت تحت تاثیر سیل ۲۰۰ ساله، ۸٦/۱٤ درصد آن مستعد سیل‌گیری توسط سیل‌های زیر ۲۵ سال می‌باشد. افتخاری و همکاران (۱۳۹۰: ۱)، در رودخانه اترک، میزان تاثیر افزایش یا کاهش ضریب زبری مانینگ بر پهنه سیل و تراز سطح آب را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از لایه TIN و HEC-GeoRAS اطلاعات مورد نیاز را استخراج کردند. نتایج بیانگر این بود که با افزایش ضریب زبری مهم‌ترین تاثیر را بر روی

4- Hydrologic Engineering Center-River Analysis System
5- Solaimani
6- Hydrologic Engineering Center- Geospatial River Analysis System
7- Gichamo
8- Ashouri

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

پیش‌بینی پهنه سیل و ویژگی‌های جریان دارد و مدل هم بیش‌ترین حساسیت را به ضریب زبری دارد. هدف از این پژوهش تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه آبریز منشاد است که در مقایسه با سایر زیر حوضه‌های مجاور خود (واقع در حوضه آبریز میانکوه) از پتانسیل سیل‌خیزی بیش‌تری برخوردار می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های حوضه آبریز مورد مطالعه

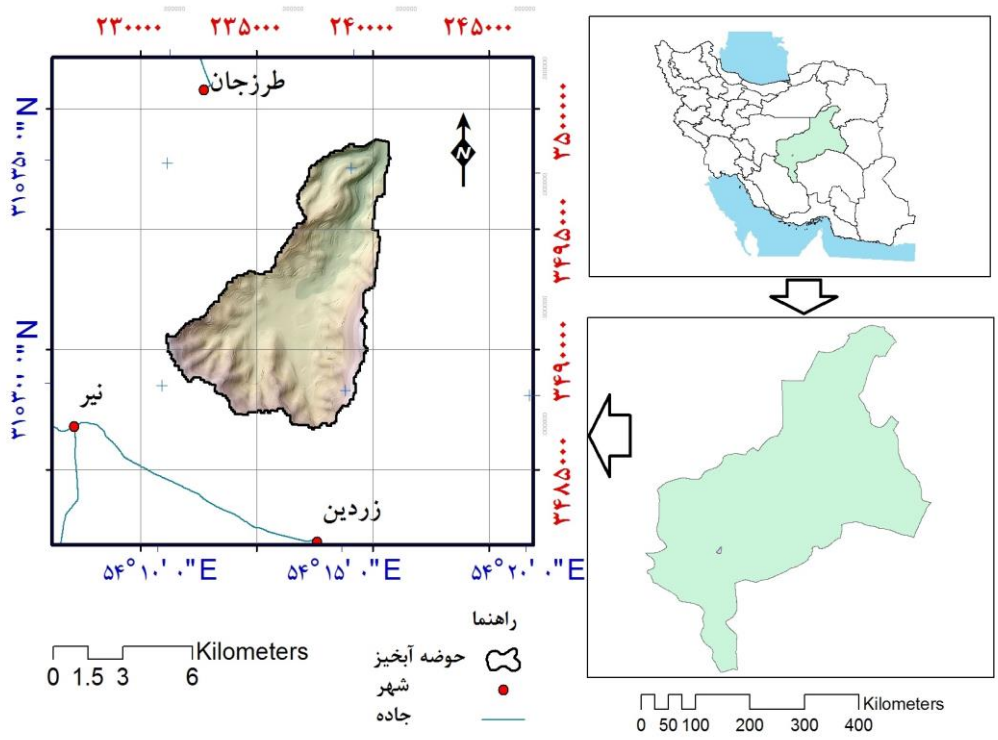
حوضه آبریز منشاد از نظر تقسیمات کشوری جزء استان یزد محسوب شده و یکی از زیرحوضه آبریز میانکوه است. این حوضه با مساحتی حدود ٦٠٠٠ هکتار دارای مختصات جغرافیایی ″۲۳ ′۹ °۵٤ تا ″۳۵ ′۱٦ °۵٤ طول شرقی و ″۵۹ ′۲۸ °۳۱ تا ″۵ ′۳٦ °۳۱ عرض شمالی است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳٦۵۰ متر در قسمت جنوب شرقی و حداقل آن ۱۹۵۰ متر در شمال شرقی و ارتفاع متوسط ۲۵۳۷ متر می‌باشد. دمای متوسط سالانه حوضه ۱۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه منطقه حدود ۳٤۵ میلی‌متر برآورد شده است.

در این مرحله برای افزایش دقت کار، حوضه آبریز مورد مطالعه بر اساس توپوگرافی و شبکه آبراهه‌ها به چهار زیرحوضه تقسیم گردید که شکل ۱ موقعیت حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. سپس در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، خصوصیات فیزیوگرافی به تفکیک در هر زیرحوضه تعیین شد که در جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز ارائه شده است.

بخش اعظم آبراهه‌های حوضه مورد مطالعه از قسمت جنوب و جنوب‌شرقی سرچشمه گرفته که پس از الحاق به یکدیگر و تشکیل آبراهه‌های اصلی به طول ۱٤/۰٦٦ کیلومتر با رتبه استرالری شش از حوضه خارج می‌شود. جدول (۲) مشخصات ایستگاه هیدرومتری واقع در محدوده را نشان می‌دهد.

ساختار زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه از نظر لیتولوژی و جنس طبقات زمین‌شناسی از تنوع زیادی برخوردار نمی‌باشد. رخنمون‌های زمین‌شناسی حوضه را واحدهای سنگ‌شناسی گرانیت شیرکوه (gr) از دوره ژوراسیک، ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمزرنگ سازند سنگستان (ks) از دوره کرتاسه پایینی، آهک‌های خاکستری رنگ و اوربیتولین دار (سنگ‌آهک) سازند تفت (kt) از دوره کرتاسه بالایی و جوان‌ترین آن را آبرفت‌های کواترنری (Qt) تشکیل می‌دهند که از تخریب و فرسایش تشکیلات فوق الذکر حاصل شده است. گرانیت شیرکوه مقاوم‌ترین و آبرفت‌های کواترنری فرسایش پذیرترین سنگ‌های منطقه می‌باشند. شکل (۲) نقشه زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱: موقعیت حوضه آبریز منشاد در استان و کشور

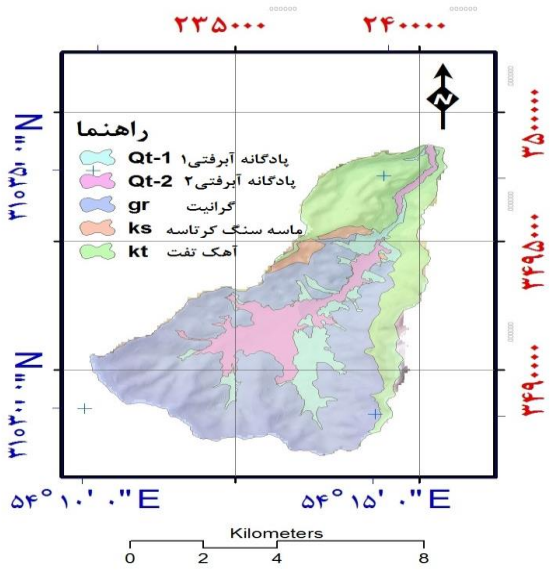
جدول ۱- ویژگی‌های فیزیوگرافی زیرحوضه‌های آبریز منشاد

پارامتر	زیرحوضه ۱	زیرحوضه ۲	زیرحوضه ۳	زیرحوضه ٤
مساحت (km^2)	۹/۵۸	۱٤/٦٦	۷/۱٤	۲۷/۷۳
مساحت (٪)	۱٦/۲۱	۲٤/۸۱	۱۲/۰۸	٤٦/۹٤
محیط (km)	۱۵/٦٤	۱۸/۳۸	۱۳/۰۵	۲۷/۹۵
ارتفاع حداکثر	۳۵۸۰	۳٦۳۰	۳۵۵۰	۳٦۵۰
ارتفاع حداقل	۲۳٤۰	۲۳۱۰	۲۳٤۰	۱۹۵۰
شیب آبراهه (٪)	۱۸/٦۳	۱۲/۵۸	۲۰/۸۳	٤/۵۲
طول آبراهه اصلی	٦/۵۷	۵/۹۵	٤/٤۹	۸/۱٦

جدول ۲- مشخصات ایستگاه هیدرومتری

نام ایستگاه	نام رودخانه	تاریخ تأسیس	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	کد ایستگاه
دره	منشاد	۱۳۷۱	″٤۸ ′۱۵ °٥٤	″۳۱ ′۳۵ °۳۱	۱۸۱۲	٤۱۰-٤۲۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز منشاد

مواد و روش‌ها

پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل HEC-RAS

اطلاعات اولیه مورد نیاز جهت شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS عبارتند از: اطلاعات هیدرولیکی (ضرایب زبری آبراهه اصلی منطقه مورد مطالعه، وضعیت مسیر رودخانه از جمله پلان رودخانه، مقاطع عرضی رودخانه)، اطلاعات توپوگرافی (پروفیل طولی و عرضی رودخانه و اراضی حاشیه)، اطلاعات جریان سیل (هیدروگراف ورودی سیل، دبی با دوره بازگشت‌های مختلف و منحنی دبی- اشل).

حداکثر آبگذری مقاطع را می‌توان با استفاده از فرمول مانینگ رابطه (۱) محاسبه کرد.

رابطه (۱) $V=1/n\ R^{2/3}\ I^{1/2}$

که در آن:

V: سرعت متوسط جریان (m/s)

R: شعاع هیدرولیکی (m)

I: شیب‌خط انرژی (m/s)

n: ضریب زبری مانینگ

کاربردی‌ترین روش تعیین ضریب زبری مانینگ (n) عبارت است از: بازدید میدانی، قضاوت کارشناسی و استفاده از جداول پیشنهادی ارائه شده توسط محققان، که عموماً بر مبنای نوع دانه‌بندی بستر و پوشش آن ارائه شده‌اند. مقادیر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ضریب زبری ممکن است برای شرایط موجود در زمانی که یک جریان مشخص اتفاق می‌افتد یا برای شرایط متوسط در طول مدت یک مرحله و یا برای شرایط پیش‌بینی شده در آینده تعیین شود. در معادله مانینگ، شعاع هیدرولیکی از تقسیم مساحت بر محیط خیس شده به‌دست می‌آید. طبق بررسی‌های انجام شده، ضریب زبری مانینگ (n) برای منطقه مورد مطالعه برابر با ۰/۰۲۲ می‌باشد.

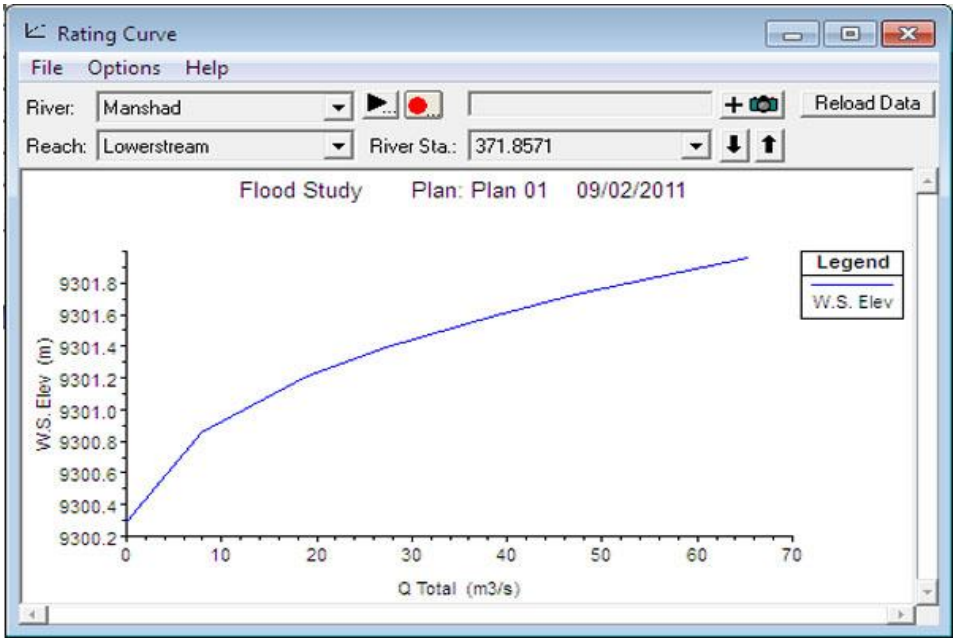
شیب بستر یک پارامتر مهم در سرعت آب و آبگذری در فرمول مانینگ است. شیب بستر با سرعت آب و میزان آبگذری رابطه مستقیم دارد. بر اساس رابطه Q=A.V، سیلاب در هنگام اوج، عامل کاهش سرعت را با افزایش سطح مقطع جبران می‌کند که عامل مهمی بر سیل‌گیری سواحل رودخانه است. با افزایش سرعت آب، ارتفاع آب و توان سیل‌گیری رودخانه کاهش می‌یابد. با احداث سازه‌ها، شیب در بعضی از نقاط حتی به صفر هم می‌رسد که باعث افزایش ارتفاع آب می‌شود و پتانسیل سیل‌گیری بیش‌تر می‌گردد. در مسیل مورد مطالعه، شیب در نزدیکی سازه‌ها در حدود ۰/۰۱ در نظر گرفته شده است. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار SMADA دبی حداکثر در دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شد. از میان توزیع‌های مورد بررسی، توزیع پیرسون تیپ III که دارای بهترین توزیع بود انتخاب گردید. دبی برآورد شده در نقطه خروجی با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ سال به‌ترتیب ۳۵/٦ و ۵۲/۷ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. سپس حداکثر ظرفیت رودخانه برای عبور سیلاب محاسبه شد. به‌طور استاندارد، برای آبگذری و حفظ حریم رودخانه، دبی‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ سال در نظر گرفته می‌شود، یعنی شرایط رودخانه باید طوری باشد که دبی‌های مورد نظر را به راحتی از خود عبور دهد و در صورت وقوع سیلاب بزرگ‌تر، توان ایجاد خسارت مالی و جانی را نداشته باشد.

همان‌طور که بیان شد، میزان دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال، ۳۵/٦ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. در مناطقی که رودخانه عرض کافی دارد؛ سیلاب بدون مشکل عبور خواهد کرد ولی در مناطقی که رودخانه نتواند سطح مقطع لازم برای عبور سیل را فراهم نماید؛ سیل‌گیری ایجاد خواهد شد.

به‌منظور شبیه‌سازی هیدروگراف سیل، هیدروگراف سیل‌های مشاهده شده در حوزه مورد نیاز می‌باشد. بدین منظور اطلاعات سیلاب‌های ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری دره (مشخصات این ایستگاه هیدرومتری در جدول (۲) آمده است)، از شرکت آب منطقه‌ای استان یزد جمع‌آوری شد. پس از بررسی هیدروگراف سیل‌های مشاهده شده، رویدادهای مناسب انتخاب و آب پایه از آن‌ها کسر شد. برای کاهش آب پایه خطی افقی از نقطه شروع هیدروگراف موازی با محور زمان رسم شده و هیدروگراف به دو قسمت تقسیم می‌شود که قسمت زیر خط، آب‌پایه و بالای خط رواناب سطحی را نشان می‌دهد. رویدادی مناسب است که مقادیر بارش و رواناب متناظر آن موجود باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منحنی سنجه آب، تراز سطح آب در مقابل دبی جریان برای پروفیل محاسبه شده، می‌باشد. منحنی سنجه آب را می‌توان در هر موقعیت با انتخاب بازه و ایستگاه رودخانه مناسب ترسیم نمود. نمونه‌ای از منحنی سنجه آب در منطقه مورد مطالعه در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳: منحنی سنجه

مراحل انجام پهنه‌بندی سیل

در مطالعه سیلاب‌دشت هر رودخانه، اولین مرحله تهیه نقشه رقومی منطقه با مقیاس مناسب، جهت شبیه‌سازی رودخانه و اراضی اطراف می‌باشد که با استفاده از اطلاعات توپوگرافی قادر به ساختن مدل TIN رودخانه یا به عبارتی مدل سه‌بعدی رودخانه خواهیم بود. مرحله بعد، شبیه‌سازی هندسی رودخانه توسط الحاقیه HEC-GeoRAS در محیط ArcGIS و ایجاد لایه‌های اطلاعاتی لازم می‌باشد. مرحله سوم، انتقال اطلاعات تولید شده درGIS به نرم افزار HEC-RAS می‌باشد. مرحله چهارم، تکمیل مشخصات هندسی رودخانه (مشخصات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی جریان رودخانه از قبیل شرایط مرزی محدوده مورد مطالعه، نوع رژیم جریان، دبی رودخانه با دوره بازگشت‌های مختلف و ضرایب زبری مانینگ) و وارد کردن آن‌ها به مدل HEC-RAS می‌باشد. در مرحله پنجم پس از جرای مدل HEC-RAS، نتایج خروجی توسط فایل متنی (ASCII) به سیستم ArcGIS برگردانده و پهنه‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف نمایش داده می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی رودخانه به‌صورت مقاطع عرضی، پروفیل‌های طولی، نمای سه‌بعدی جریان، جدول پارامترهای هیدرولیکی در مقاطع عرضی و نمودارهای

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تغییرات پارامترهای هیدرولیکی در طول رودخانه، در خروجی‌های نرم‌افزار HEC-RAS قابل نمایش می‌باشد. در صورتی‌که این اطلاعات در محیط ArcGIS انتقال یابد، با استفاده از توابع تحلیلی GIS امکان نمایش نتایج نهایی مانند سطح آب‌گرفتگی به ازای دوره بازگشت‌های مختلف، ارتفاع و عمق آب در هر نقطه از دشت سیلابی را فراهم می‌گرداند.

تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف

برای ترسیم پروفیل سطح آب توسط نرم‌افزار HEC-RAS در محل مقاطع عرضی به دبی حداکثر لحظه‌ای سیل با دوره بازگشت‌های مختلف نیاز می‌باشد. جهت به دست آوردن دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف، دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه به وقوع پیوسته در ایستگاه هیدرومتری منشاد، از سازمان آب منطقه‌ای اخذ و با توجه به این‌که آمار تهیه شده مشکلی از نظر کمبود آمار نداشت، تست همگنی انجام و با استفاده از نرم‌افزار SMADA[9]، پیرسون نوع سه به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع مشخص شد. سپس با استفاده از این توزیع، دبی با دوره بازگشت‌های مختلف برآورد گردید.

تعیین نوع رژیم جریان

در نرم‌افزار HEC-RAS پس از وارد کردن داده‌های هندسی و داده‌های جریان ماندگار، برای انجام شبیه‌سازی باید نوع رژیم جریان را انتخاب کرد. جریان در کانال‌های باز امکان دارد زیربحرانی، فوق بحرانی یا بحرانی باشد. تعیین رژیم جریان به لحاظ رفتار جریان و روش محاسباتی پروفیل سطح آب مهم می‌باشد. امواج ثقلی که در اثر اغتشاش یا انسداد در روی سطح آب به وجود می‌آید در جریان زیربحرانی به سمت بالادست هم حرکت می‌کند ولی در جریان فوق بحرانی این رفتار تأثیر مهمی بر نقطه شروع و محاسبات پروفیل سطح آب می‌گذارد. عدد فرود معیار تشخیص رژیم جریان می‌باشد که معرف نسبت نیروی ثقلی به نیروی اینرسی می‌باشد، در صورتی‌که عدد فرود کم‌تر از یک باشد رژیم جریان زیر بحرانی، اگر برابر یک باشد بحرانی و اگر بیش‌تر از یک باشد فوق بحرانی می‌باشد (محسنی، ۱۳۸٤: ٤٦).

رابطه (۲) $Fr=V/(g.D)^{0.5}$

در این فرمول؛ V: سرعت جریان (m/s)، D: عمق جریان (m) و g شتاب ثقل که برابر ۹/۸۱ می‌باشد.

9- Stormwater Management and Design Aid

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شرایط مرزی

برای پیش‌بینی‌مشخصه‌های جریان در بازه‌ای از رودخانه نیاز به شرایط مرزی منطبق با طبیعت می‌باشد. شرط مرزی معرف وضعیت ورودی و خروجی جریان در بالادست و پایین‌دست بازه مورد مطالعه می‌باشد. به منظور محاسبه دقیق پروفیل سطح آب، لازم است مقادیر منحنی هیدروگراف ورودی و مقادیر دبی-اشل در بالادست و پایین‌دست محدوده مورد مطالعه برای مدل تعریف گردد.

الف: شرایط مرزی بالادست: شرایط مرزی بالادست مدل که در شبکه رودخانه در نظرگرفته می‌شود به‌صورت ذیل می‌باشد:

۱- هیدروگراف جریان، که حالت معمول شرایط مرزی بالادست می‌باشد و معرف تغییرات دبی با زمان می‌باشد.

۲- هیدروگراف تراز سطح آب، که تغییرات سطح آب نسبت به زمان به مدل معرفی می‌شود. معرفی تراز سطح آب به نرم‌افزار، نسبت به دبی جریان، از دقت بالا برخوردار نمی‌باشد، زیرا خطاهایی در اندازه‌گیری و قرائت سطح آب به وجود می‌آید.

ب- شرایط مرزی پایین‌دست: در جریان‌های زیر بحرانی علاوه بر شرایط مرزی بالادست به شرایط پایین‌دست نیاز می‌باشد. که چهار نوع شرایط مرزی پایین‌دست وجود دارد:

۱- هیدروگراف تراز سطح آب که حالت معمول شرایط مرزی در پایین‌دست است،

۲- هیدروگراف جریان،

۳- منحنی دبی اشل، که رابطه دبی جریان و تراز سطح آب در یک مقطع از رودخانه در پایین‌دست را نشان می‌دهد. استفاده از این منحنی برای توصیف شرایط مرزی پایین‌دست در جریان غیردائمی در رودخانه‌ها با تقریب همراه می‌باشد. زیرا در جریان غیردائمی منحنی دبی-اشل حلقوی بوده و رابطه بین دبی و تراز به‌صورت یک به یک نیست. بنابراین اعمال منحنی دبی-اشل در پایین‌دست رودخانه‌ها در امواجی که به بالادست رودخانه برمی‌گردند خطا ایجاد می‌کنند. بدین منظور برای حذف خطاهای مورد نظر منحنی دبی-اشل به‌عنوان شرایط مرزی پایین‌دست در رودخانه‌ها باید به‌قدر کافی پایین‌دست در نظر گرفته شود تا جریان سطح آب در محدوده طرح تحت تأثیر آن کم‌تر قرار گیرد.

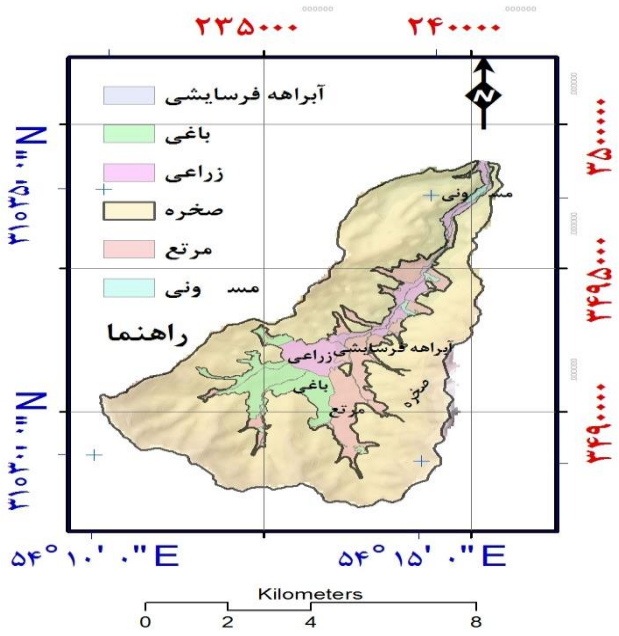
استخراج نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

بر اساس تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و عملیات میدانی، انواع کاربری اراضی مشخص گردید. سپس در سیستم اطلاعات جغرافیایی مساحت هر کاربری در هر زیرحوضه تعیین شد. شکل (٤) نقشه کاربری اراضی و جدول (۳) مساحت انواع کاربری اراضی حوضه آبریز منشاد را نشان می‌دهد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- مساحت انواع کاربری اراضی درحوضه آبریز منشاد

کاربری	زیرحوضه‌ها				مساحت حوضه (km^2)
	۱	۲	۳	٤	
برونزد سنگی	۸/۲٤	۱۱/۳۸	٤/۹۱	۲۲/۱۱	٤٦/۸۳
باغی	۱/۲۲	۲/۱۹	۰/۰٦۲	۰/۱٦	۳/۲٥
زراعی	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۲۲۲	۱/۱٤	۲/۸٤
مرتع	۰/۰۷۹	۰/۹۸	۱/۷۲	۲/۸۷	٥/٦
مسکونی	۰	۰	۰	۰/۲۳	۰/۲۳
آبراهه فرسایشی	۰/۰٦۳	۰/۰۸٤	۰/۰۳	۰/۱٤	۰/۳۲



شکل ٤: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز منشاد

محاسبه پروفیل سطح آب

در نرم‌افزار HEC-RAS با استفاده از رابطه انرژی و کاربرد روش گام‌به‌گام استاندارد پروفیل سطح آب محاسبه می‌گردد. در جریان زیربحرانی حل معادلات از اولین مقطع در پایین‌دست شروع می‌شود. تراز سطح آب در مقطع پایین‌دست به دلیل مرزی بودن معین می‌باشد. بنابراین هدف تعیین تراز سطح آب در مقطع بالادست می‌باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تعیین پهنه سیلاب

با استخراج مشخصات هندسی رودخانه در محیط GIS دیگر مشخصات لازم همچون ضریب مانینگ و دبی سیلاب طراحی برای شبیه‌سازی هیدرولیکی و تعیین پهنه سیلاب به مدل HEC-RAS معرفی می‌شود. در مدلHEC-RAS پهنه سیلاب به‌صورت رقوم سطح آب محاسبه و در محل مقاطع عرضی نشان داده می‌شود. با استفاده از رقوم سطح آب در هر یک از مقاطع عرضی و ماکروهای پس پردازنده HEC-GeoRAS، یک فایل تبادل TIN به‌عنوان پایه استخراج خصوصیات هندسی بازه که بتواند سطح آب‌گرفتگی را نشان دهد، تهیه می‌گردد. از تلفیق TIN، پهنه سیلاب در محیط GIS نمایش داده می‌شود. به‌طور کلی بستر و حریم رودخانه برای سیلاب‌های با دوره بازگشت-های مختلف طراحی می‌شود.

رسم نقشه پهنه‌بندی دشت سیلابی

از نتایج حاصل از اجرای برنامه برای انتخاب روش مناسب تعیین ضریب مانینگ و مشخص نمودن پهنه‌های سیل‌گیر استفاده شده است. بدین ترتیب که مقادیر مشخص دبی و رقوم سطح آب ثبت شده در مقطع کنترل با مقادیر تراز سطح آب محاسبه شده توسط برنامه در همان مقطع، مقایسه و مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ انتخاب شد و از آن روش نیز در پهنه‌بندی خطر سیل استفاده شده است.

پس از انجام محاسبات مربوط به تعیین رقوم سطح آب، اقدام به ترسیم نقشه پهنه سیل گردید. در این مرحله، با مشخص نمودن محل مقاطع عرضی بر روی پلان‌های تهیه‌شده، سطح آب برای هر مقطع عرضی در روی نقشه پلان مشخص شد. سپس با توجه به شیب طولی رودخانه در هر بازه و با درون‌یابی رقوم بین دو مقطع، رقوم آب تعیین و بر روی نقشه‌ها منتقل گردید. نهایتا با توجه به رقوم آب تراز اصلی رودخانه پهنه‌های سیل برای دبی با دوره‌های بازگشت معین تعیین شدند. سپس این پهنه‌های سیل برای دبی با دوره‌های بازگشت مختلف ترسیم و مساحت هر یک از پهنه‌ها با استفاده از این نرم‌افزار محاسبه شد.

یافته‌ها و بحث

شرایط بستر و دشت سیلابی رودخانه مورد نظر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار HEC-RAS، که توانایی بالایی در مطالعه رفتار هیدرولیکی رودخانه و عملیات میدانی دارد شبیه‌سازی شد.

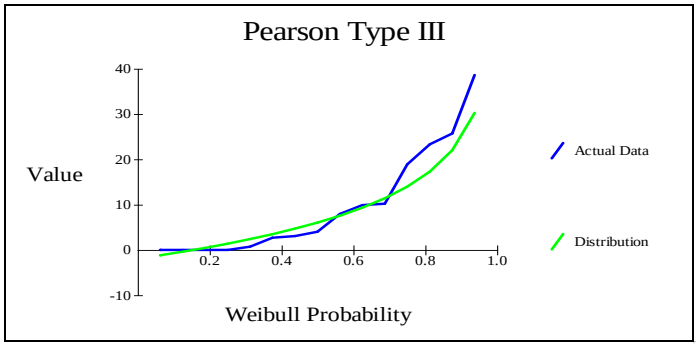
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تست همگنی

با انجام آزمون توالی یا ران‌تست برای ایستگاه مورد نظر مشخص شد که دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در سطح اطمینان ۹۵٪ همگن می‌باشد.

برآورد دبی با دوره بازگشت‌های مختلف

بعد از تصحیح و آماده‌سازی دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه در ایستگاه منشاد، جهت تعیین دبی با دوره بازگشت‌های مختلف از بین توزیع‌های آماری مختلف، با استفاده از نرم‌افزار اسمادا، توزیع پیرسون تیپ III به‌عنوان بهترین توزیع آماری انتخاب شد که در شکل (۵) نشان داده شده است و دبی با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله به‌صورت جدول (٤) تعیین گردید.



شکل ۵: نمودار توزیع پیرسون تیپ ۳ مقادیر دبی سالانه (m^3/s) حوضه مورد مطالعه

جدول ٤- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای (m^3/s) در دوره بازگشت‌های مختلف و انتخاب بهترین توزیع آماری

دوره بازگشت (سال) توزیع	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
نرمال	۹/٦٦۹٤	۱۹/٥۹۱٦	۲٤/۷۸۳۲	۳۰/۳۱۷٦	۳۳/۸۹۱۸	۳۷/۱۰٦۲	٤۰/۰٤۷٦
لوگ نرمال دو پارامتری	٦/۱۳	۱۳/٦۹	۲۰/۸٤	۳۲/٦۲	٤۳/٥٦	٥٦/٥۱	۷۱/۷۰
لوگ نرمال سه پارامتری	۷/۷۹۸۳	۱۸/۳۳۱٦	۲٥/۱٤۹۹	۳۳/٦۱۸۸	۳۹/۸٤۲۰	٤٦/۰۰٦۱	٥۲/۱٦۳۲
پیرسون تیپ III	٦/۰٤۳٤	۱٦/٥٤٥٦	۲٤/٦٤٥٦	۳٥/٦۰٦۸	٤٤/۰۹٦۸	٥۲/۷٥٥۸	٦۱/٥۸۰۲
گمبل	۸/۰۱۲۸	۲۰/۸٤٤٥	۲۹/۳٤۰۱	٤۰/۰۷٤٤	٤۸/۰۳۷۸	٥٥/۹٤۲۳	٦۳/۸۱۸۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

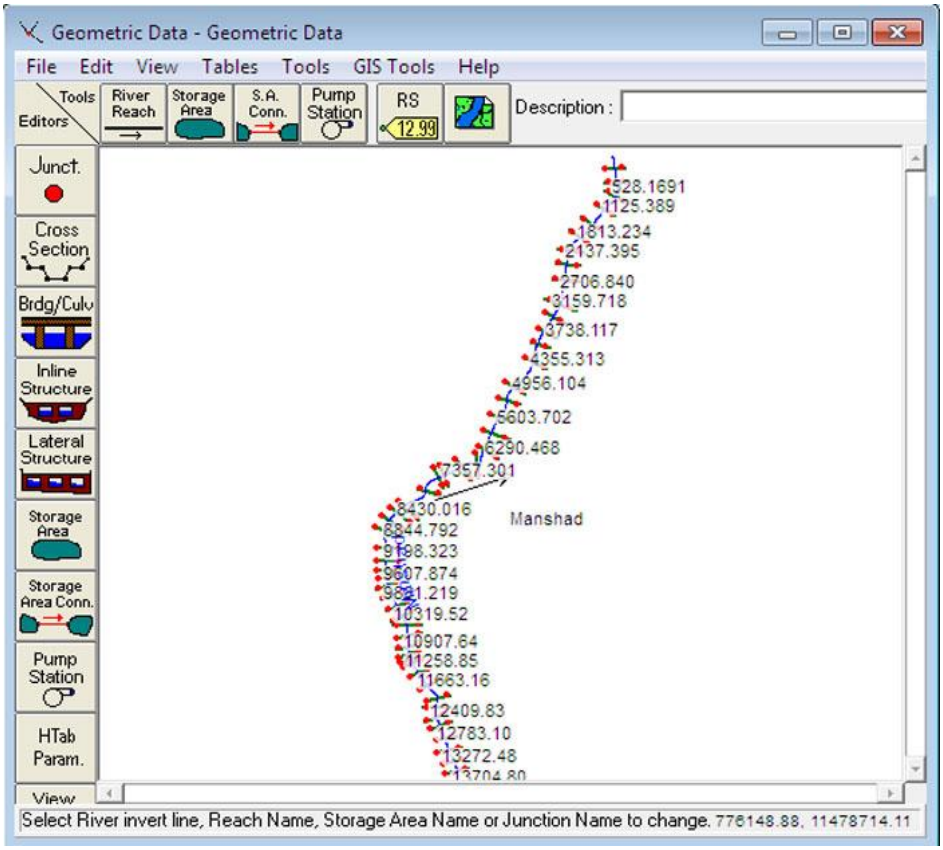
شبیه‌سازی هندسی رودخانه

مسیر رودخانه مورد مطالعه به‌صورت رقومی به محیط GIS معرفی شد، با داشتن اطلاعات توپوگرافی TIN رودخانه که در واقع مبنای استخراج خطوط تراز و لایه‌های مورد نیاز RAS می‌باشد و هر چه رقوم ارتفاعی دیجیت شده رودخانه دقیق‌تر باشد، مدل سه‌بعدی حاصله، به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود.

سپس با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS لایه‌های اطلاعاتی لازم از جمله موقعیت مقاطع عرضی تهیه شد.

مقاطع عرضی و طولی

به‌طور کلی در مدل HEC-RAS، ژئومتری رودخانه توسط مقاطع عرضی و فاصله این مقاطع از یکدیگر معرفی می‌گردد و از سوی دیگر در هر مقطع عرضی کلیه پارامترهای هیدرولیکی جریان مورد محاسبه قرار گرفته و به‌صورت جداول هیدرولیکی و نمایش گرافیکی ارائه می‌شوند. به‌طور کلی مقاطع عرضی، نمایش دهنده مرز هندسی آبراهه می‌باشند. در ابتدای تحقیق، بازه اصلی رودخانه منشاد مورد بررسی قرار گرفت. طول این بازه در حدود ۸/۱۶ کیلومتر بود و طی بازدیدهای صحرایی، ۸۰ عدد مقطع عرضی در مسیر جریان زده شد.



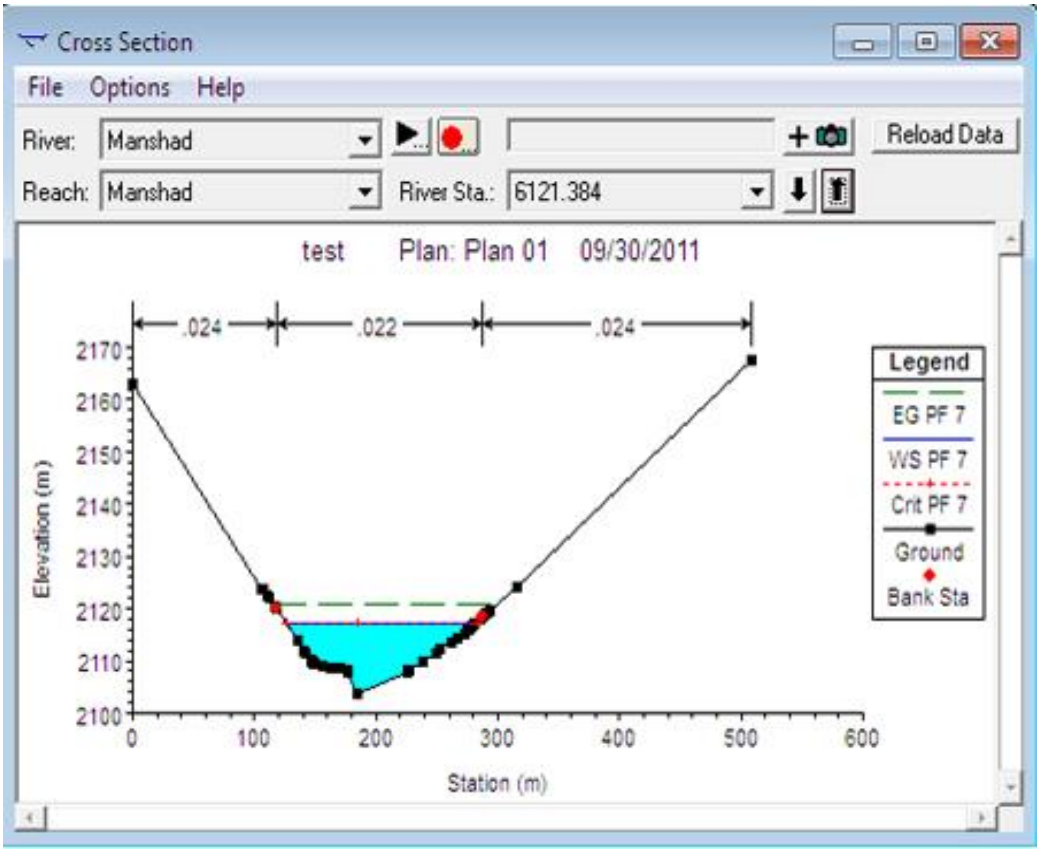
شکل ٦: شمای کلی رودخانه و موقعیت مقاطع عرضی روی آن

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شکل (٦) شماتیک رودخانه اصلی منشاد و موقعیت مقاطع عرضی را در نرم‌افزار HEC-RAS نشان می‌دهد. در این طرح شماتیک، خط مرکزی جریان و خطوط سواحل چپ و راست و مقاطع عرضی دیده می‌شود. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود برای ترسیم مقاطع عرضی بایستی برخی از موارد را مورد توجه قرار دهیم:

- خطوط معرف باید از ساحل چپ به ساحل راست کشیده شود
- این خطوط فقط یک‌بار می‌توانند با هر یک از خطوط کشیده شده تقاطع داشته باشند.
- این خطوط باید عمود بر خط جریان رسم شوند.
- خطوطی که در این لایه رسم می‌شود نباید متقاطع باشند، زیرا تقاطع دو مقطع عرضی بدین معنی است که مقدار حجم معینی از آب در هر دو مقطع مورد محاسبه قرار می‌گیرد و در این صورت حجمی از آب کم می‌شود و این بر خلاف قانون بقای جرم است.

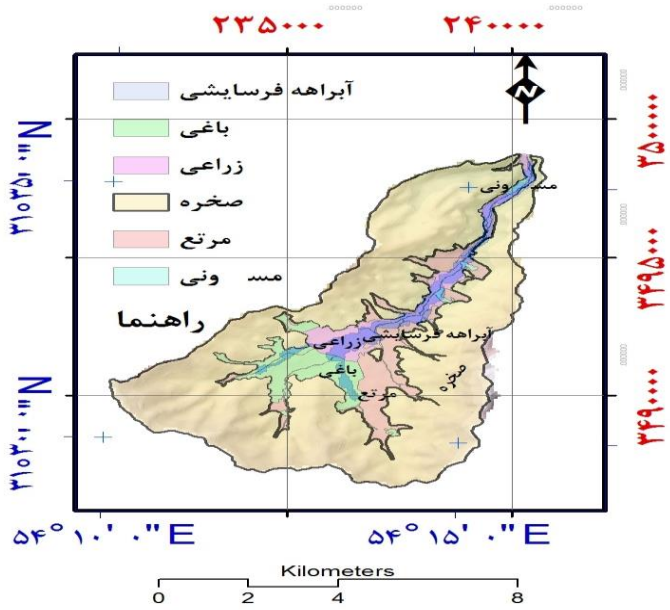
شکل (۷) ارتفاع پروفیل سطح آب[10] برحسب متر در دوره بازگشت ۲۰۰ سال را نشان می‌دهد.

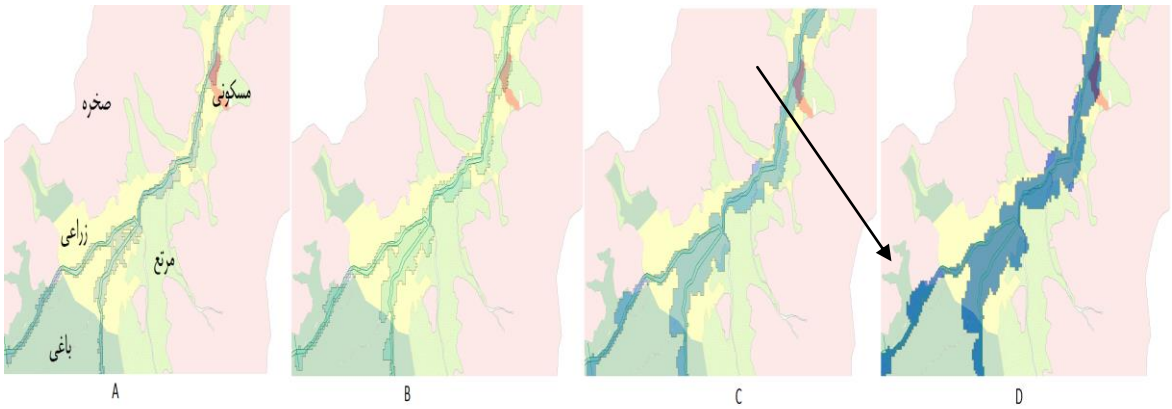


شکل ۷: نمونه پروفیل سطح آب برحسب متر در دوره بازگشت ۲۰۰ سال

10- Water Surface

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]





شکل ۸: پهنه‌های پس زدن آب رودخانه در اثر بالا آمدن تراز آب به اندازه ۲۰ متر (در شکل بالا) و ۵ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ متر در حوضه آبریز منشاد (به ترتیب A،B،C و D).

پس از انجام پهنه‌بندی، نتایج نشان می‌دهد که پهنه با ریسک بالا شامل روستاهایی می‌شود که عمدتا در نواحی دشتی حوضه قرار گرفته و دارای شیب بسیار کمی هستند و با کوچک‌ترین آب‌گرفتگی یا افزایش حجم آب در اثر بارش در بالادست حوضه دچار آب‌گرفتگی شده و خسارات جبران‌ناپذیری را متحمل می‌شود. با توجه به این‌که این روستاها در مناطق حاصل‌خیز آبرفتی قرار گرفته‌اند اغلب کاربری‌های حاشیه رودخانه را کشاورزی تشکیل می‌دهد و ساکنان دارای فعالیت کشاورزی می‌باشند لذا لزوم توجه به مدیریت سیلاب و کنترل آن به‌منظور جلوگیری از

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

خسارات جبران‌ناپذیر بیش از پیش مشخص می‌گردد. در نتیجه با کوچک‌ترین تغییر در وضعیت زمین در اثر جاری شدن سیل دچار خسارات جبران‌ناپذیری از جمله اقتصادی، محیطی و اکولوژیکی، جانی و ... می‌شوند.

در اکثر مقاطع رودخانه مورد مطالعه، اطراف رودخانه دچار سیل می‌شود چرا که ارتفاع آب عبوری از سرریز بیش‌تر از ارتفاع سرریز است و این کمبود سطح در بالادست جبران می‌شود و بر سیل‌گیری مناطق اطراف می‌افزاید. این در حالی است که در این مناطق، منازل مسکونی، جاده، تأسیسات و مزارع در نزدیکی رودخانه قرار دارد و با بالا آمدن آب رودخانه، خسارت زیادی به این مناطق تحمیل می‌شود. افزایش دبی سیلاب و افزایش سطح پهنه‌های سیل‌گیر ناشی از کاربری نامناسب اراضی و پیشروی اراضی کشاورزی می‌باشد که با نتایج خلیلی زاده (۱۳۸٤) مشابهت دارد. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی منطقه، مشخص شد که در این رودخانه روند افزایش خسارت و سطح سیل‌گیری در دوره‌های بازگشت ۲ تا ۲۵ سال نسبت به دوره‌های بازگشت ۲۵ تا ۲۰۰ ساله، دارای سیر صعودی سریع‌تری بوده و بخش عمده‌ای از خسارت به پهنه‌های دشت سیلابی زیر ۲۵ سال وارد شده است که این نتایج با نتایج غفاری و امینی (۱۳۸۹) همخوانی دارد.

با اجرای این مدل، در این مطالعه پهنه‌های پس زدن آب رودخانه و مناطقی که در معرض خطر شدید سیلاب قرار دارند (شکل ۸) مشخص شد. بنابراین مدیریت و کنترل سیل و خسارات ناشی از آن در مناطق روستایی حوضه مورد مطالعه نیاز به برنامه‌ریزی ویژه‌ای دارد. به طوری‌که با استفاده از ابزارهای فناوری جغرافیایی و کار کارشناسی و شناسایی و ترسیم پهنه‌بندی سیل در منطقه ضروری است و سپس برای کاهش بلایای ناشی از سیل در منطقه به ویژه پایین‌دست رودخانه‌ها، مشارکت و همکاری مردم روستایی حوضه‌های بالادست و سرشاخه‌ها ضروری است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، به ازای دوره بازگشت‌های طولانی‌تر میزان دبی بیش‌تر شده و پهنه سیلابی نیز وسعت بیش‌تری یافته است (شکل ۷). البته تفاوت در گسترش پهنه سیلاب‌گیر در درجه اول ناشی از ویژگی‌های توپوگرافی مسیر می‌باشد. هر جا عرض بستر آبراهه زیاد شده پهنای سطح سیلابی نیز افزایش یافته و آب در سطح وسیع‌تری گسترش داشته است. برعکس، هر جا دره تنگ‌تر شده به همان نسبت پهنای سطح سیلابی نیز کاهش یافته و به موازات آن عمق سطح سیلابی افزایش یافته است. در حقیقت علت کم بودن تفاوت سطح سیل‌گیر در بسیاری از بخش‌ها وجود توپوگرافی پرشیب در حاشیه رود اصلی است.

نتایج مربوط به مدل HEC-RAS دلالت بر توانایی مدل در تعیین وضعیت هیدرولیک جریان در بازه مورد مطالعه داشته است. با توجه به تامین اطلاعات اولیه هندسی در GIS، کاربرد ترکیب HEC-RAS و GIS قابلیت بالایی در مدیریت دشت‌های سیلابی در حوضه مورد مطالعه را داشته و باعث افزایش دقت، سرعت و کاهش هزینه‌های مطالعاتی مهندسی رودخانه به‌ویژه در حوضه‌های بزرگ می‌شود که نتایج این بخش از تحقیق با نتایج سایر محققان

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

از جمله تت و همکاران (۲۰۰۲)، صادقی و جلالی راد (۲۰۰٤)، حسین زاده (۱۳۸٤)، وهابی (۱۳۷٦) و صفری (۱۳۸۰) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

حوضه آبریز منشاد در حوضه کوهستانی جریان داشته و به لحاظ شیب زیاد دامنه‌های مشرف به رودخانه، سطوحی از اراضی زراعی و باغی در دوره بازگشت‌های بالا در معرض خطر غرقاب شدن جریانات سیلابی قرار می‌گیرند. بنابراین کاربری نامناسب و پیشروی اراضی کشاورزی در حاشیه رودخانه، باعث افزایش دبی سیلاب و افزایش سطح پهنه‌های سیل‌گیر می‌شود.

همچنین بررسی پهنه‌های خطر سیل با دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد که هر چه دوره بازگشت سیل طولانی‌تر می‌شود، سطح وسیع‌تری از اراضی تحت تأثیر سیل قرار می‌گیرند، همچنین افزایش سطح سیل‌گیر در دوره‌های بازگشت کوچک‌تر نیز مشهود می‌باشد. در این پژوهش پهنه سیلاب محاسبه‌شده دارای مساحت ۸/۹ کیلومترمربع می‌باشد که با توجه به جدول ۵ بیش‌ترین مساحت به اراضی کشاورزی و باغی اختصاص دارد. با نمایش سطح سیل‌گیری، امکان محاسبه مساحت پهنه هر سیل به سادگی میسر می‌گردد. با توجه به نقشه سیل ۵ متر (در شکل۸، نقشه A) و کاربری اراضی، مساحتی که از هر کاربری زیر سیل می‌رود به ترتیب زیر می‌باشد:

جدول ۵- مساحت انواع کاربری اراضی تحت تاثیر سیل (۵ متر) در حوضه آبریز منشاد

کاربری	مسکونی	باغی	زراعی	مرتعی	صخره‌ای
مساحت (**ha**)	۷/۲۵	۱۸/۱۹	۷۱/٤۵	۱۲/۷۷	۳/۳

با توجه به جدول فوق پس زدن آب رودخانه در اثر بالا آمدن تراز آب به اندازه ۵ متر، ۱۱۲/۹٦ هکتار از اراضی تحت تاثیر سیل قرار می‌گیرند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- افتخاری، ا. ح؛ سلاجقه، ع؛ حسینی، س. ا (۱۳۹۰)، «ارزیابی پهنه‌بندی سیل با تغییرات ضریب زبری (مطالعه موردی: رودخانه اترک)»، ***فصلنامه جغرافیای طبیعی***، شماره ۱۲، صص ۱۰۶-۹۱.

- اعظمی‌راد، م؛ سعیدیان، ف (۱۳۸۹)، «بررسی تعیین سیل‌خیزی در اثر نفوذپذیری و روان‌آب ناشی از سازندهای زمین‌شناسی در حوضه آبریز (مطالعه موردی حوضه آبریز سد کارده مشهد)»، ششمین همایش ملّی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملّی فرسایش و رسوب، گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

- برخوردار، م؛ چاوشیان، ع (۱۳۷۹)، «پهنه‌بندی سیلاب، کارگاه آموزشی مهار سیلاب رودخانه‌ها»، انجمن هیدرولیک ایران، ۲۰ ص.

- خلیلی‌زاده، م؛ مساعدی، ا؛ نجفی نژاد، ع (۱۳۸٤)، «پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از محدوده رودخانه زیارت در حوضه آبریز شهری گرگان»، ***مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی***، شماره ٤، صص ۱٤٦-۱۳۸.

- حسین‌زاده، ع؛ تبار احمدی، ض. م. خ؛ شریفی، م. ب؛ مسعودیان، م (۱۳۸٤)، «پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS»، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

- حکمتی‌فر، ح؛ نظری‌ها، م؛ گیوه‌چی، س (۱۳۸۸)، «ارزیابی خسارات کشاورزی ناشی از سیلاب با استفاده از مدل‌سازی HEC-RAS و ArcView»، ***مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست***، شماره ٤، صص ۱۰۸-۹۵.

- رکن‌الدین افتخاری، ع؛ صادق لو، ط؛ احمدآبادی، ع؛ سجاسی‌قیداری، ح (۱۳۸۸)، «ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-GeoRAS در محیط GIS (مطالعه موردی: روستاهای حوزه گرگان رود)»، ***مجله توسعه روستایی***، شماره ۱، صص ۱۸۲-۱۵۷.

- زینی‌وند، ح؛ ضیاء تباراحمدی، م؛ تلوری، ع (۱۳۸۵)، «پهنه‌بندی سیل با به‌کارگیری نرم‌افزار HEC-RAS در دشت سیلابی سیلاخور بروجرد»، ***مجله منابع طبیعی ایران***، شماره ۵۹، صص ۱٤-۱.

- صادقی، س. ح. ر؛ جلالی‌راد، ر؛ علیمحمدی‌سراب، ع (۱۳۸۲)، «پهنه‌بندی سیل با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز شهری دارآباد تهران)»، ***پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر***، شماره ۲، صص ٤۷-۳٤.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

– صفری، ع؛ مهدوی، م (۱۳۸۰)، «تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی (مطالعه مورد رودخانه نکارود)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

– غفاری، گ؛ امینی، ع (۱۳۸۹)، «مدیریت دشت‌های سیلابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی رودخانه قزل‌اوزن)»، ***فصلنامه فضای جغرافیایی***، شماره ۳۲، صص ۱۳٤-۱۱۷.

– غفاری، گ؛ سلیمانی، ک؛ مساعدی، ا (۱۳۸٦)، «پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل با استفاده از hec-georas (مطالعه موردی: رودخانه بابل رود)»، ***فصلنامه منابع طبیعی ایران***. شماره ٦، صص ٦۹۲-٦۸۰.

– کرمی، ح؛ اردشیر، ع؛ حسینی، ه؛ سیدهاشمی، س. م (۱۳۸۷)، «کنترل خطر سیل استفاده از مدل هیدرولیکی و GIS»، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

– محسنی، م (۱۳۸٤)، «پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه (HEC-RAS) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی رودخانه نکاء)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی ساری، دانشگاه مازندران.

– محمدپور، ر؛ سبزواری، ت (۱۳۸٦)، «پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از سیستم ساماندهی جغرافیایی GIS (طرح مطالعاتی: قسمتی از رودخانه قره‌آغاج در استان فارس)»، مجموعه مقالات اولین همایش GIS شهری، آمل.

– وهابی، ج (۱۳۸۵)، «پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی (مطالعه موردی طالقان رود)»، ***پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی***، شماره ۷۱، صص ٤۰-۳۳.

- Ashouri, M., Rezaei Moghaddam, M.H., Piry, Z., (2013), "Morphologic Change Assessment of Riverbed Before and after Dam Construction Using HEC RAS Model and GIS (Case Study: Downstream of Satarkhan Dam)", ***Physical Geography Research Quarterly***, 45(1): 87-100.

- Goel, N.K., Htay Than, D.S., (2005), "Flood hazardmapping in the Lower part of Chindwin River Basin, Myanmar", International Conference on Innovation Advances and Implementation of Flood Forecasting Technology.

- Gichamoa, T.Z., Popescua, I., Jonoski, A., Solomatinea D., (2012), "River cross section extraction from the ASTER global DEM for flood modeling".

- Solaimani, K., (2009), "Flood forecasting based on geographical information System", ***African Journal of Agricultural Research***, 4 (10): 950-956.

- Tate, E.C., (2002), "Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS", Master's Thesis, Department of Civil Engineering. University of Texas at Austin. 137 P.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]