نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی ۲، تابستان ۱۳۹۳
صفحات ۴۵-۲۹

# تعیین گستره‌ی سیل رودخانه‌ی مرغک در محیط HEC-GeoRAS

پرویزرضائی، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه آزاداسلامی رشت[1]
خسرو تاجداری، رئیس گروه تلفیق و بیلان شرکت آب منطقه‌ای گیلان
سید اسماعیل میرقاسمی، کارشناسی‌ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاداسلامی رشت

دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۴/۴

## چکیده

در حال حاضر، تکنولوژی به آن درجه از تکامل نرسیده است که از بروز سیلاب‌های زیان‌بار جلوگیری و در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد کند. بنابراین، هرگونه راه حل اصولی و چاره‌ساز را باید در روی زمین و خصوصاً در عرصه‌ی حوضه‌های آبخیز جستجو کرد. در این باره اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود مهار سیل در سرمنشأ آن، یعنی زیر حوضه‌های آبخیز، است. به این جهت شناسایی مناطق سیل‌خیز در داخل حوضه دارای اهمیت فراوانی است. از این رو، باید مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند شناسایی شوند تا امکان بهینه‌سازی عملیات اجرایی در سطوح کوچک و خطرساز فراهم شود و از هزینه‌های اضافی طرح‌های کنترل سیل جلوگیری گردد. هدف از این تحقیق نیز ارائه‌ی روشی است تا با استفاده از آن بتوان ضمن در نظر گرفتن آثار متقابل عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی مناطق خطرساز و سیل‌خیز را در داخل حوضه تعیین کرد. محدوده‌ی مطالعه این تحقیق بازه‌ای از رودخانه‌ی مرغک در حوضه‌ی تالاب انزلیِ استان گیلان بین دو ایستگاه هیدرومتری امامزاده شفیع و کتمجان به طول سی کیلومتر است. در این پژوهش، هدف معرفی یکی از روش‌های پهنه‌بندی سیل با استفاده از تلفیق نرم‌افزارهای ARCVIEW و HEC-RAS و الحاقیه HEC-GEORAS-۴۳۱ است تا ضمن تعیین حریم سیل در قسمتی از رودخانه‌ی مرغک جدیدترین، باصرفه‌ترین و کوتاه‌ترین روش پهنه‌بندی سیل از نظر اقتصادی و زمانی معرفی و مزایا و توانایی‌های آن بررسی شود. از این رو، مقاطعی از بازه‌ی رودخانه که بیشترین عرض و گستره‌ی سیل را با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله دارد مشخص شده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که این مقاطع در پایین‌دست رودخانه حد فاصل جاده‌ی اصلی فومن به پونل تا بازه‌ی انتهایی رودخانه (ورودی به تالاب انزلی) در هشت کیلومتر پایانی از مجموع حدود سی کیلومتر بازه‌ی رودخانه قراردارد.

واژگان کلیدی: حوضه‌ی مرغک، پهنه‌بندی سیل، مدل هیدرولیکی HEC-RAS، الحاقیه HEC-GeoRAS-۴۳۱.

[1] - نویسنده‌ی مسئول: Email:Rezaei@iaurasht.ac.ir

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

**مقدمه**

پهنه‌بندی سیلاب را می‌توان بدین صورت تعریف کرد: تعیین ناحیه‌هایی در داخل سیلاب دشت که برای کاربری‌های گوناگون در اراضی مناسب هستند که شامل فضاهای باز تفریحی، کشاورزی، محوطه‌های صنعتی و کاربری‌هایی از این قبیل است. سیل این محدوده‌ها را معمولاً با خطر مواجه می‌کند. همه‌ی نواحی سیلاب دشت به قسمت‌هایی با خطرپذیری متفاوت به منظور کنترل کاربری و توسعه‌ی اراضی تقسیم می‌شوند. ضرورت پهنه‌بندی برای مشخص و روشن کردن میزان خطرپذیری برای کاربران، بیمه‌ی سیل و، همچنین، به منظور اعمال محدودیت‌های اجباری کاربری در این مناطق قابل استفاده است. پهنه‌بندی معمولاً در نواحی مجاور مناطق توسعه‌یافته و بر طبق نقشه‌های خطرپذیری صورت می‌گیرد. پهنه‌بندی باید پشتوانه‌ی لازم برای اعمال محدودیت‌های ناشی از آن وجود داشته باشد (راهنمای روش‌های غیر سازه‌ای مدیریت سیلاب، ۱۳۷۹).

اخیراً، با توجه به قابلیت‌های نرم‌افزار GIS و نرم‌افزارهای جانبی آن برای شبیه‌سازی حرکات رودخانه اقدام به حرکت‌سنجی و مدل‌سازی سیل در این محیط شده است. کوریا و همکاران (Correia, et.al.,۱۹۹۹) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی در دشت‌های سیلابی، که با توسعه‌ی شهری همراه است و در معرض خطر سیل قرار دارند، تأثیر کنترل کاربری اراضی در کاهش خطر سیل را ارزیابی و در ادامه‌ی اقدام به پهنه‌بندی و آنالیز سیل کردند. استفان (Stephen, ۲۰۰۲) درباره‌ی سیل‌های به وقوع پیوسته در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در حوزه‌ی آبخیز رودخانه‌ی «سنگ‌زرد» واقع در ایالت مونتانای آمریکا به تحقیق پرداخت. او همچنین برای تعیین پهنه‌های سیل رخ داده در این دو سال مشخصات ۲۵ مقطع را در طول یک مسیر ۱۸ کیلومتری برداشت و پهنه‌های سیل با دوره‌های بازگشت متفاوت را تعیین کرد.

لیانگ و موهانتی (Liang and Mohanaty, ۱۹۹۷) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه‌ی «ماهانادی»، واقع در اوراسیای هندوستان، اقدام به پهنه‌بندی سیل کرده و مدیریت سیلاب‌ها را بر اساس پهنه‌بندی به منزله‌ی روشی غیرسازه‌ای کنترل سیلاب معرفی و آن را بهینه کردند. پلیت (Platte, ۲۰۰۲) در تحقیقات خود با عنوان «خطر سیل و مدیریت آن» پهنه‌بندی خطر را به صورت شیوه‌ای کاملاً مشخص برای سامان‌دهی و مدیریت خطرهای ناشی از عوامل طبیعی، زیست‌محیطی یا انسانی تعریف کرد که از بین آن‌ها سیل نیز بسیار بارزتر بود. کارسون (Carson, ۲۰۰۶) اقدام به شبیه‌سازی حرکت هیدرولیکی رودخانه و بررسی خطر سیلاب و فرسایش کنار رودخانه‌ای در ایالات متحده کرد. تات و همکاران(Tate,et.al., ۱۹۹۹) روشی را برای افزایش دقت آنالیز خروجی نرم‌افزار HEC-RAS در سیستم اطلاعات جغرافیایی با مطابقت دادن داده‌های نقشه‌برداری زمینی، هندسه‌ی رودخانه و کنترل زمینی ارائه دادند. پیستوک‌چی و مازولی (Pistocchi, and Mazzoli, ۲۰۰۲) با استفاده از مدل‌های HEC-RAS و HEC-HMS به بررسی و مطالعه‌ی رودخانه‌ها به منظور مدیریت خطرهای هیدرولیکی پرداختند. کارسون (Carson, ۲۰۰۶) به شبیه‌سازی حرکت هیدرولیکی رودخانه و بررسی خطر سیلاب و فرسایش کنار رودخانه‌ای در ایالات متحده اقدام کرد. صفری (۱۳۸۰) در دشت‌های سیلابی به دلیل وجود منابع گوناگون و استفاده‌های چند منظوره از آن‌ها اعمال مدیریتی همه‌جانبه را بسیار بااهمیت دانست. بررسی‌ها نشان می‌دهد که علت اصلی افزایش خسارت سیل به افزایش استفاده از دشت‌های سیلابی و اراضی سیل‌گیر مجاور رودخانه مربوط می‌شود. بنابراین، اعمال برنامه‌ی جامع مدیریتی با هدف کنترل و بهره‌برداری بهینه در مناطق سیل‌گیر ضروری است.

تلوری (۱۳۷۶) پهنه‌بندی خطر سیل را ابزاری اساسی می‌داند برای مدیریت کاهش خطرهای سیل و وسیله‌ای قانونی در دست دولت و مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه که نتیجه‌ی آن کاهش خطرهای سیل و حفاظت محیط زیست خواهد بود. بزرگ‌زاده (۱۳۷۲) بر این نظر است که بیشتر شهرهای ایران در خروجی حوضه‌ها بنا شده‌اند. افزایش سطوح نفوذناپذیر، که ناشی از شهرسازی و احداث ساختمان بر خاک‌های نفوذپذیر است، طبعاً از سطوح نفوذپذیر حوضه، که قادر به جذب بخشی از بارندگی است، کاسته و، در نتیجه، بر حجم کل روان‌آب شهر افزوده است. زارع (۱۳۷۱)، در مطالعه‌ای که با استفاده از عکس‌های هوایی شهر تهران و تحلیل توپوگرافی منطقه کرده است، از جمله علل بروز سیلاب در محدوده‌ی شهر را توسعه‌ی شهری و، همچنین، گسترش شهر در بستر رودخانه‌ای می‌داند که مسیل‌های

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

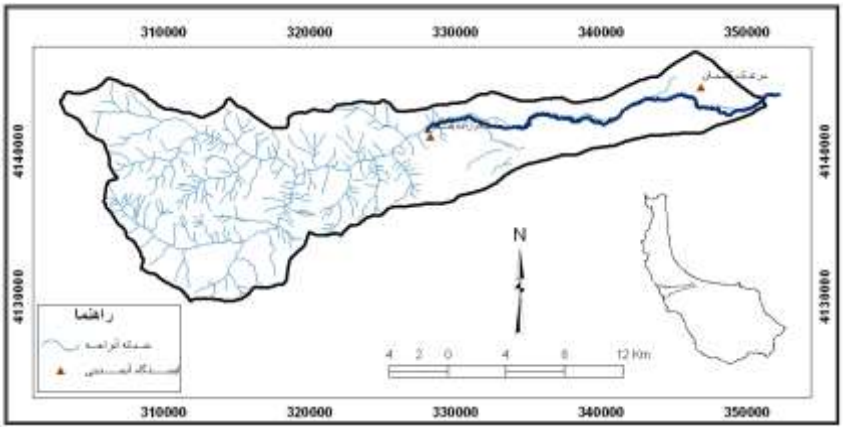
طبیعی را از بین برده است. یمانی و همکاران(۱۳۹۱) با استفاده از مدلHEC-RAS و الحاقیه‌ی HEC-geo-RAS سطوح سیل‌گیر بازه‌ای را از رودخانه‌ی طالقان به طول ۶/۵ کیلومتر در دوره‌ی بازگشت ۲ تا ۲۰۰ ساله مطالعه کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که از کل مساحت بازه‌ی مطالعاتی در قلمرو سیل ۲۰۰ ساله حدود ۸۸/۱۶ درصد مستعد سیل‌گیری با سیل‌های دوره برگشت ۲۵ سال و کمتر از آن است. تاجداری و همکاران(۱۳۹۲) با استفاده‌ی توأمان الحاقیه‌ی HEC-GeoRas۴۳۱ در محیط نرم‌افزار ArcMap و مدل هیدرولیکی HEC-RAS اقدام به شبیه‌سازی حرکت هیدرولیکی رودخانه‌ی سیاهرود در محدوده‌ی شهری رشت کردند و بازه‌های آسیب‌پذیر رودخانه را در این محدوده و در محیط نرم‌افزار Earth Google مشخص کردند. درخشان و همکاران(۱۳۸۹) در مطالعه‌ی خود با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی مکان‌های مناسب برای تخلیه و زهکش روان‌آب‌های سطحی شهر رشت را مشخص کردند. دانشفراز و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی با استفاده از نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی به شبیه‌سازی حرکت رودخانه‌ی «سمبورچای» و تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و مشخص کردن پهنه‌ی سیل‌گیر قسمتی از رودخانه پرداختند. نتایج حاصل از مدل نشان داد که حدود۳۰ درصد از مقاطع قادر به عبور سیلاب پنجاه ساله نیستند. در محدوده‌هایی که سیلاب از بستر رودخانه خارج می‌شود، یعنی محل عبور سیلاب با دبی۲۰ و۵۰ ساله، باید برخی از قسمت‌ها خالی از سکنه شود و احداث هر گونه سازه‌ی جدید ممنوع گردد. در برخی از این مناطق نیز باید به تغییر در کاربری اراضی از مسکونی یا تفریحی به کاربری‌های با ضریب خطرپذیری کم اقدام کرد.

مرادخانی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی به پهنه‌بندی و برآورد خسارت سیلاب رودخانه‌ی «دویرج» در شهرستان دهلران با استفاده از تلفیق مدل‌های HEC-RAS و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پرداختند. بدین منظور پروفیل طولی و عرضی نقشه‌های بستر و حاشیه‌ی سیلاب‌گیر رودخانه تهیه و حداکثر سیلاب لحظه‌ای ۱۰۰۰ ساله‌ی رودخانه با توزیع‌های آماری محاسبه شد. سپس، با استفاده از ضریب زبری و، همچنین، داده‌های دبی اشل ایستگاه هیدرومتری پای پل اقدام به واسنجی مدل HEC-RAS گردید و پهنه‌های سیل‌گیر کم‌خطر، پرخطر و خطر متوسط با مدل ArcView GIS ترسیم شد. سرانجام نیز میزان خسارت ناشی از آن‌ها با استفاده از این نقشه‌ها ۶۲/۳۴۱میلیون ریال برآورد گردید. میرناصری و فضل اولی (۱۳۹۱) پژوهشی را با هدف تلفیق مدل هیدرولیک رودخانه HEC-RAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS از طریق الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS برای تعیین پهنه‌ی سیلاب رودخانه‌ی چالوس انجام دادند. نتایج به دست آمده نشان از هم‌خوانی رفتار رودخانه با داده‌های خروجی مدل دارد. از این تحقیق می‌توان در سیستم هشدار سیل در محدوده‌های شهری و روستایی استفاده کرد. سیفی‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی وضعیت پهنه‌ی سیلاب و نیز تغییرات تنش برشی، به منزله‌ی شاخصی مناسب برای تعیین محدوده‌های مستعد فرسایش، در بازه‌ای به طول ۳ کیلومتر را از رودخانه‌ی «دیسام» در محدوده‌ی روستای پاشاکی استان گیلان بررسی کردند. برای این منظور، پس از نقشه‌برداری از محدوده‌ی مطالعه، هندسه‌ی رودخانه با استفاده ازالحاقیه‌ی HECGeo-RAS در محیط GIS تهیه شد. سپس، برای شبیه‌سازی جریان‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و۵۰۰ سال از مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده گردید. نتایج نشان داد که سیلاب‌های بالاتر از ۲ ساله منجر به زیر آب رفتن بخشی از اراضی حاشیه‌ی رودخانه خواهد شد. غلامی و همکاران (۱۳۸۵) با به کارگیری مدل هیدرولیکی HEC-RAS و قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ی هراز کردند. نتایج مطالعه حاکی از آن بود که استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی موجب افزایش سرعت عمل و دقت مطالعات می‌شود. حسینی و ابریشمی (۱۳۸۰) مطالعاتی در این زمینه انجام دادند که بر اساس نتایج آنان دقت شبیه‌سازی ژئومتری بستر و اراضی حاشیه‌ی رودخانه‌ها در نتایج شبیه‌سازی حرکت هیدرولیکی رودخانه‌ها بسیار تأثیرگذار است. در این تحقیق نیز تلاش بر این است تا حوضه‌ی مرغک در محیط نرم‌افزار HEC-RAS شبیه‌سازی و نتایج آن به صورت الگویی مناسب برای سایر حوضه‌های استان گیلان، که شرایط مشابه دارند، استفاده شود.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

## داده‌ها و روش کار

محدوده‌ی مطالعه قسمتی از رودخانه‌ی مرغک در حوضه‌ی تالاب انزلیِ استان گیلان است. رودخانه‌ی مرغک از قله‌ی مرتفع برزدار (به ارتفاع ۲۶۳۵ متر) سرچشمه می‌گیرد و پس از طی ۴۵ کیلومتر از داخل شهر شاندرمن عبور می‌کند و روستاهای متعدد بخش شاندرمن و ضیابر (امامزاده‌شفیع، چاله‌سرا، توسه‌سرا، قران، خشکرودبار، میانگسکر، لالم، نوده، کتمجان و چکوور) را که در مسیر رودخانه قرار دارند سیراب می‌کند. رودخانه سرانجام در محدوده‌ی روستاهای چکوور و کتمجان به تالاب انزلی می‌ریزد. طول این رودخانه حدود ۷۰ کیلومتر و رژیم آبدهی آن دائم است (شکل ۱). مرغک یکی از رودهای مهم شهرستان ماسال است که نقش تعیین‌کننده‌ای در اقتصاد منطقه دارد. تعیین حد حریم و بستر این رودخانه یکی از دغدغه‌های اصلی شرکت‌های آب منطقه‌ای و دیگر سازمان‌های مرتبط است. وجود اراضی شالی‌کاری، استخرهای پرورش ماهی، تأسیسات صنعتی و کشاورزی و اماکن مسکونی و تجاری در حریم این رودخانه شناسایی حدود قانونی آن را با مشکلات عدیده مواجه ساخته است. همچنین، تصرفات غیرقانونی که افراد سودجو در حاشیه‌ی رودخانه کرده‌اند باعث بروز مشکلات فراوانی شده است. یکی از مهم‌ترین کارها در این زمینه تعیین حریم و گستره‌ی سیل در حاشیه‌ی رودخانه است که سبب جلوگیری قانونی از هرگونه سوءاستفاده می‌شود.




**شکل ۱. حوضه‌ی آبریز مرغک به همراه موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در آن.**

در این حوضه‌ی آبریز ۲ ایستگاه هیدرومتری به نام‌های «امامزاده شفیع» در محل ورود به دشت و «کتمجان» در محل ورود به تالاب انزلی (خروجی دشت) به ترتیب با متوسط حجم آورد سالانه ۱۴۴ و ۱۱۶ میلیون‌مترمکعب قرار دارند (جدول ۱).

**جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی مرغک**

| ردیف | رودخانه | ایستگاه | طول | عرض | ارتفاع (متر) | سال تاسیس | مساحت (کیلومترمربع) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | مرغک | امامزاده‌شفیع | ۴۹°۰۳′۲۷″ | ۳۷°۲۴′۱۶″ | ۱۶۰ | ۱۳۶۳ | ۲۳۱ |
| ۲ | مرغک | کتمجان | ۴۹°۱۶′۲۴″ | ۳۷°۲۵′۱۵″ | -۱۹ | ۱۳۶۵ | ۴۲۰ |

برای ساخت مدل هیدرولیکی رودخانه با مدل HEC-RAS داده‌های زیر نیاز است:

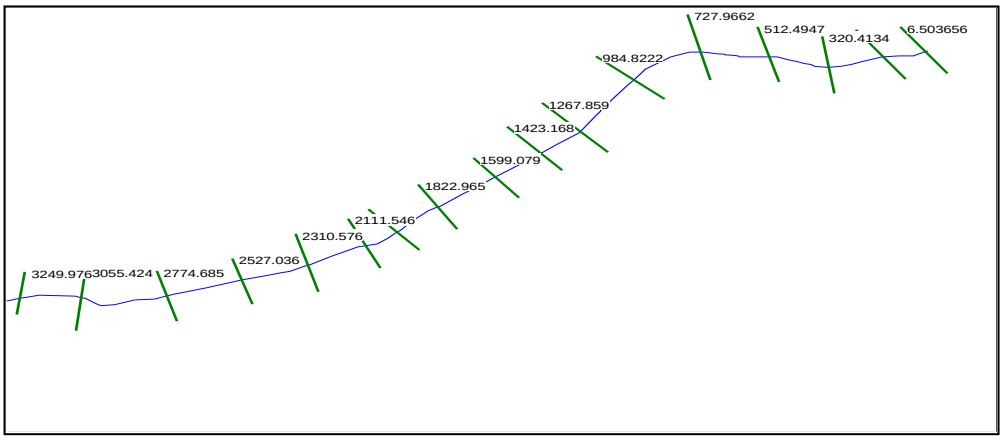
- مقاطع عرضی رودخان؛
- ضریب زبری کانال اصلی و دشت سیلابی؛
- شرایط مرزی شبیه‌سازی؛

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

❖ دبی سیلاب.

اطلاعات نقشه‌برداری، که برای تحلیل سیلاب‌دشت نیاز است، شامل مقاطع عرضی کانال اصلی و سیلاب‌دشت‌ها در امتداد جریان است. این اطلاعات از نقشه‌برداری صحرایی یا نقشه‌های توپوگرافی به دست می‌آید. از آنجا که برای اجرای تحلیل‌های هیدرولیک مقدار افت انرژی و تغییرات سرعت جریان لازم است، مرزهای جریان باید دقیق معرفی شوند. هرچه تعداد مقاطع عرضی کمتر و فاصله مقاطع فراوان باشد، برای ارائه‌ی تحلیل مناسب بیشتر به قضاوت مهندسی نیاز خواهد بود.

پروفیل سطح آب به صورت منحنی است که از شیب کف کانال پیروی می‌کند و در محاسبات پروفیل سطح آب با یک سری خطوط مستقیم تقریب زده می‌شود و از اتصال رقوم تراز آب در مقاطع عرضی به دست می‌آید. بنابراین، هرچه تعداد مقاطع عرضی بیشتر باشد، خطوط کوچک‌تر و پروفیل سطح آب به واقعیت (خط منحنی بودن) نزدیک‌تر خواهد شد. اگر مقاطع عرضی به تعداد کافی وجود نداشته باشد، پروفیل سطح آب ممکن است با واقعیت تفاوت فراوانی داشته باشد، خصوصاً در نواحی که تغییرات شیب ناگهانی در کانال وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد که برای شیب کمتر از ۰/۰۰۰۴ فاصله‌ی مقاطع برای سیلاب‌دشت عریض باید حداکثر ۸۰۰ متر، برای شیب بین ۰/۰۰۰۴ تا ۰/۰۰۰۶ حداکثر فاصله‌ی مقاطع ۵۵۰ متر باشد و فاصله‌ی مقاطع به ۳۵۰ متر برای شیب‌های بزرگ‌تر از ۰/۰۶ درصد محدود شود. برای مطالعات تعیین حد بستر و حریم حد نهایی، فاصله‌ی عموماً ۱۵۰ متر برای رودخانه‌های ساماندهی نشده و ۶۰۰ متر برای رودخانه‌های ساماندهی شده است. اطلاعات هندسی و مقاطع عرضی رودخانه از ۱۳۵ مقطع عرضی برداشت شده در عملیات نقشه‌برداری به دست آمده و، سپس، وارد مدل هیدرولیکی HEC-RAS شده و در تحلیل هیدرولیکی استفاده شده است. شکل ۲ نمایش تعدادی از مقاطع عرضی در بازه‌ی انتهایی را در مدل نشان می‌دهد.




**شکل ۲. موقعیت تعدادی از مقاطع در بازه انتهایی مطالعه رودخانه‌ی مرغک در مدل هیدرولیکی HEC-RAS**

ضریب زبری مانینگ همه‌ی عوامل مؤثر در مقاومت بستر رودخانه‌ها و کانال‌ها را مقابل جریان در خود مستتر دارد و شدت افت انرژی را در جریان نشان می‌دهد. ضریب زبری یکی از مهم‌ترین پارامترهای لازم برای طراحی و محاسبات هیدرولیکی رودخانه‌ها است و در تخمین این ضریب باید دقت فراوانی صورت گیرد. راه مناسب در تخمین صحیح‌تر این ضریب شناخت عوامل مؤثر از قبیل زبری بستر، نامنظمی سطح مقطع، پوشش گیاهی، شکل مسیر (مستقیم یا مارپیچی)، وجود موانع در مسیر جریان، عمق و دبی جریان است که علاوه بر تأثیر در افت طولی در مسیر جریان، تا حدودی در بر گیرنده‌ی افت‌های ناشی از تغییر شکل جریان (افت موضعی) است. با توجه به بازدیدهای میدانی و شیب منطقه برای تخمین ضریب زبری مانینگ رودخانه‌ی مرغک از روش تعیین ضریب مانینگ Chow استفاده شد.گفتنی است که دانه‌بندی کف بستر در بالادست رودخانه بیشتر از نوع مصالح درش‌دانه‌ی قلوه‌سنگ و گراول و پایین‌دست دارای دانه‌بندی ماسه‌ای است. سیلاب‌دشت دارای پوشش گیاهی درخت و بوته‌زار بوده و بستر بدون پوشش گیاهی است. ضریب مانینگ رودخانه‌ی مرغک در این بازه در بستر ۰/۰۵ و در سیلاب دشت ۰/۰۶ در نظر گرفته شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

حل عددی معادلات دیفرانسیل جریان یک بعدی (معادلات سنت ونانت)، در حالت جریان مختلط، مستلزم داشتن شرایط مرزی در مرز فیزیکی بالادست و مرز فیزیکی پایین دست است. گزینه‌های موجود در مدل HEC-RAS برای تعریف شرایط مرزی عبارت‌اند از سطح آب مشخص[۱]، عمق بحرانی[۲] (در صورت وجود سازه‌های تنظیم و کنترل سطح آب در مسیر جریان)، عمق نرمال[۳] و دبی-اشل[۴]. در این تحقیق، برای معرفی شرایط مرزی بالادست و پایین دست از روش عمق نرمال استفاده شده است. برای این منظور باید شیب خط انرژی رودخانه در بالادست و پایین دست به مدل معرفی شود. در صورتی که شیب خط انرژی در دسترس نباشد، با تقریب مناسب می‌توان از شیب کف کانال استفاده کرد. در رودخانه‌ی مرغک از شرایط مرزی عمق نرمال ۰/۰۱۵ برای بالادست و ۰/۰۰۰۱ در پائین‌دست استفاده شده است. در محاسبه‌ی سیلاب، برای تعیین حد بستر و حریم رودخانه بیان دو نکته ضروری است:

الف) تعیین حد بستر و حریم رودخانه بر اساس دبی اوج سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۲۵ سال انجام می شود[۵].

ب) در تعیین حد بستر و حریم رودخانه باید اثر سازه‌های متقاطع و حاشیه‌ی رودخانه حذف گردد.

بدین منظور بایست اثر تعدیل سیلاب‌ها در مخازن سدهای موجود حذف گردد.

**جدول ۲. دبی و شرایط مرزی رودخانه‌ی مرغک**

| ردیف | موقعیت اعلام دبی | دوره‌ی بازگشت (سال) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۲ | ۵ | ۱۰ | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۵۰۰ |
| ۱ | قبل از تلاقی با ماسال | ۴۵ | ۵۷ | ۶۵ | ۷۳ | ۷۹ | ۸۴ | ۸۹ | ۱۰۰ |
| ۲ | انتهای بازه | ۷۴ | ۹۴ | ۱۰۶ | ۱۱۹ | ۱۲۸ | ۱۳۷ | ۱۴۵ | ۱۵۶ |

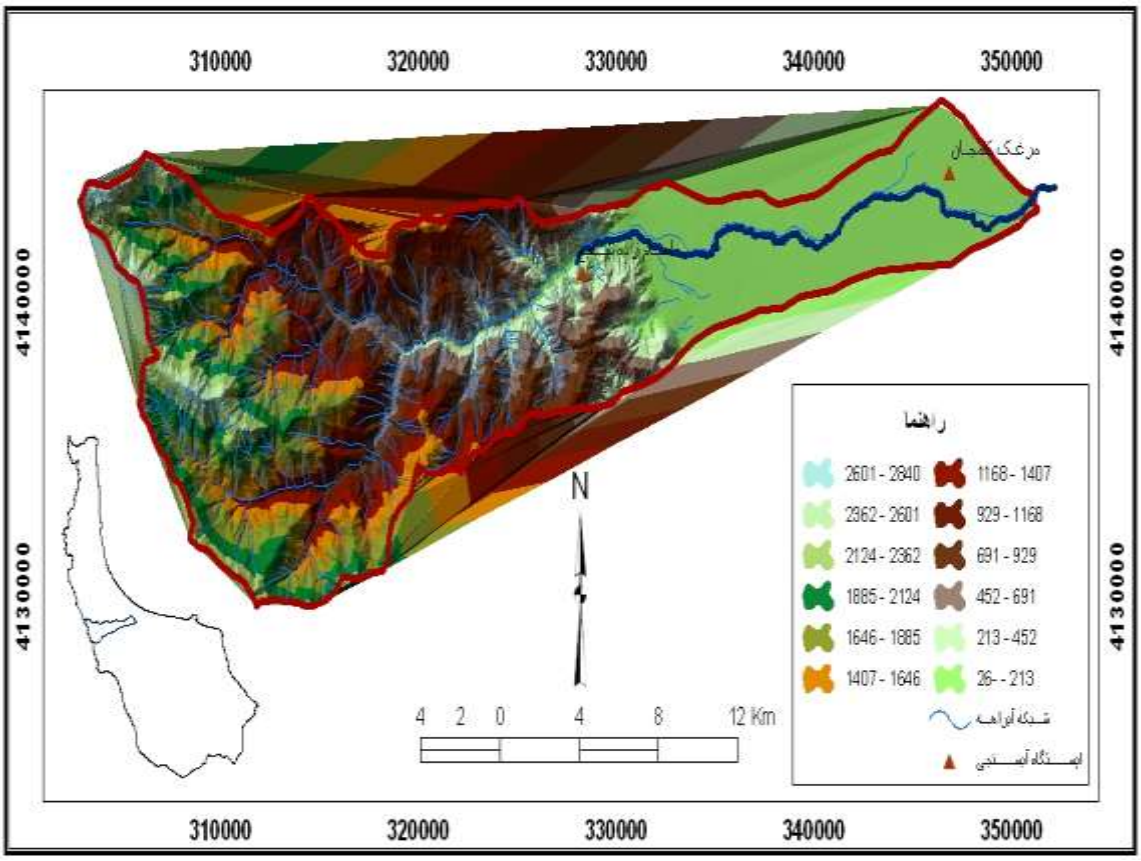
برای برآورد دبی با دوره‌ی بازگشت‌های متفاوت از نرم‌افزار SMADA استفاده شد (جدول ۲). برای این منظور دبی‌های پیک سالانه‌ی رودخانه در دو ایستگاه هیدرومتری امامزاده شفیع و کتمجان در طول دوره‌ی آماری تهیه شد و با استفاده از نرم‌افزار تحلیل آماری SMADA بهترین توزیع آماری برای برآورد دبی با دوره‌های بازگشت ۲ تا ۵۰۰ ساله به دست آمد. روش کار به این صورت است که ابتدا با استفاده از داده‌های نقشه‌برداری شده از منطقه، که در پروژه‌ی تعیین حریم و بستر به دست آمده است و شامل نقشه‌های پلان رودخانه با مقیاس ۱:۲۰۰۰ است، شرایط بستر نظیر خط اصلی جریان رودخانه، کناره‌ها و مقاطع عرضی و... که داده‌های هندسی مورد نیاز برای اجرای شبیه‌سازی است از روی نقشه TIN تعیین شده (شکل ۳) و، سپس، داده‌ها وارد مدل HEC-RAS می‌گردند. پس از آن داده‌های جریان و شرایط مرزی در سیستم منظور شده و اجرای محاسبات هیدرولیکی صورت می‌گیرد.

نتایج حاصل در قالب فرمت‌های ورودی به محیط GIS تهیه می‌شود و در این محیط با استفاده از الحاقیه‌ی HEC-GeoRas۴۳۱ پردازش‌های لازم صورت می‌گیرد و، در انتها، نقشه‌های عمق آب، سرعت آب، تنش برشی و قدرت جریان در طول بازه‌ی رودخانه تهیه می‌شود. نقشه‌ها برای نمایش بهتر به محیط Google Earth منتقل می‌شود. نقشه‌ها با دقت بسیار بالا پهنه‌ی سیل را با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف ارائه می‌دهند. همچنین، بازه‌هایی را از رودخانه که سیل گسترش یافته و باعث آب‌گرفتگی می‌گردند همراه با عمق آب‌گرفتگی مشخص می‌کند.

۱. Known W.S
۲.Critical Depth
۳.Normal Depth
٤.Rating Curve

۵.آیین نامه اجرایی نحوه تعیین و اعلام حدود بستر و حریم منابع آب سطحی مصوب ۱۳۷۹ وزارت نیرو

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]



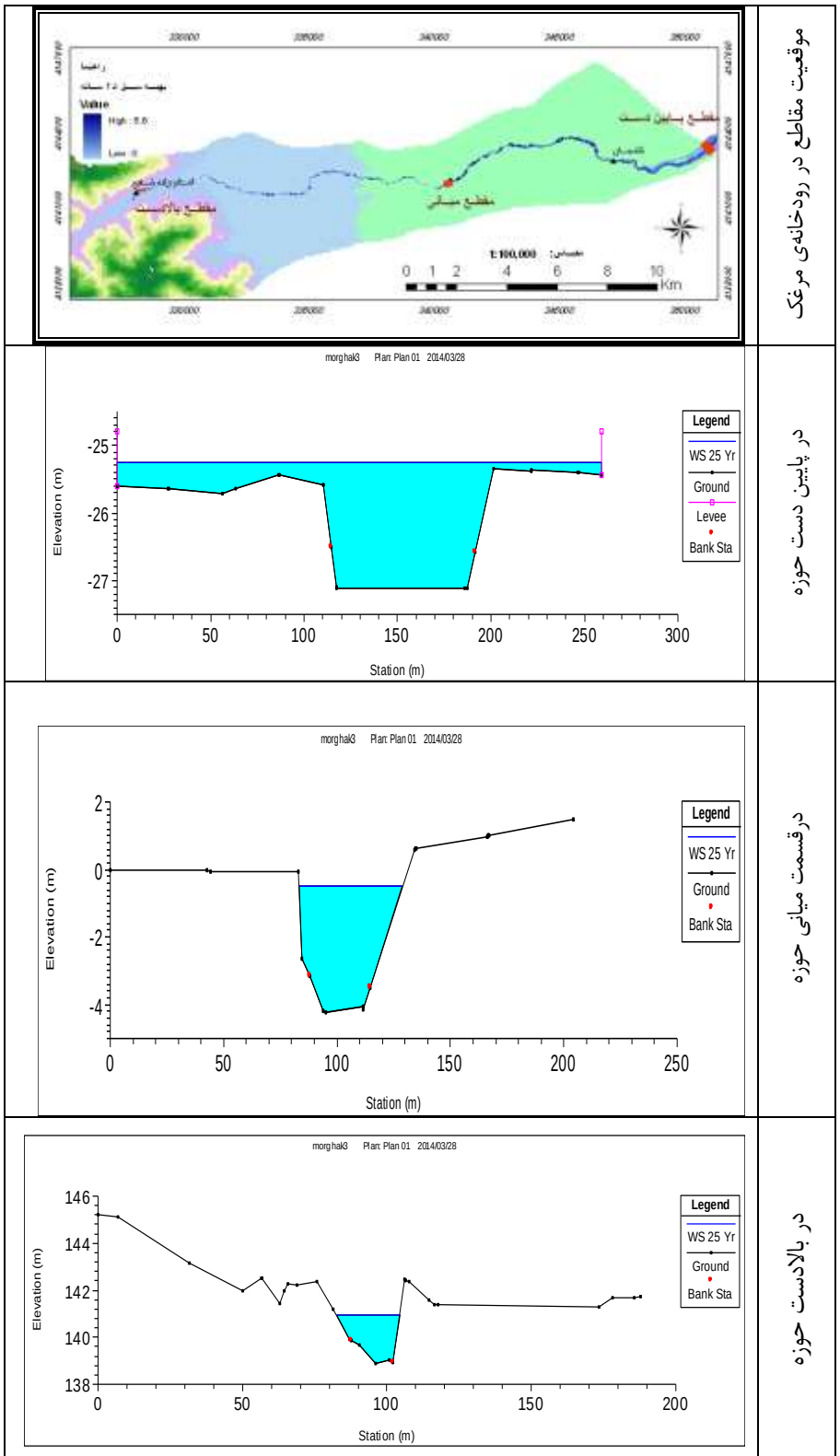

**شکل ۳. نقشه TIN بازه‌ی مطالعه در رودخانه‌ی مرغک.**

## شرح و تفسیر نتایج

### الف) مدل HEC-RAS رودخانه‌ی مرغ

بر اساس شبیه‌سازی ریاضی صورت گرفته با نرم‌افزار HEC-RAS و استفاده از اطلاعات مذکور در گزارش، مدل برای تعیین شرایط هیدرولیکی بدون در نظر گرفتن اثر تصرفات صورت گرفته، مانند سازه‌های عرضی و طولی و اثر آن‌ها (با حذف تأثیر آن‌ها)، آماده گردید. به این ترتیب، ابتدا مقاطعی از رودخانه، که تصرفات صورت گرفته، با توجه به بررسی پروفیل‌های طولی و عرضی رودخانه و، همچنین، بازدیدهای میدانی شناسایی گردید. در مرحله‌ی بعدی مقاطع مذکور با توجه به شکل مقاطع مجاور و قضاوت مهندسی اصلاح گردید. سرانجام، مدل برای این حالت اجرا شد و نتایج و خروجی پارامترهای هیدرولیکی مدل برای دبی با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله به دست آمد. در جدول ۳، برای تعدادی از مقاطع ترسیم شده پارامترهای هیدرولیکی ارائه شده است. در این جدول، به ترتیب از سمت چپ ردیف، شماره‌ی مقاطع، دبی بر حسب مترمکعب بر ثانیه، تنش برشی جریان بر حسب نیوتن بر مترمربع، قدرت جریان بر حسب نیوتن بر متر در ثانیه، ارتفاع سطح آب بر حسب متر(ارتفاع از سطح دریا)، سرعت جریان در کانال اصلی بر حسب متر بر ثانیه، سطح جریان بر حسب مترمربع، بیشترین عرض بر حسب متر و عدد فرود آورده شده است. در شکل ۴، نیز تعدادی از مقاطع رودخانه در بازه‌های پایین دست، میانی و بالادست نمایش داده شده است. تغییرات ناهمگون ارتفاع در هر یک از شاخه‌ها نشان از کافی نبودن ظرفیت مقطع رودخانه دارد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]




**شکل ۴. تعدادی از مقاطع عرضی با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله در بازه‌های پایین دست، میانی و بالادست رودخانه‌ی مرغک.**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

جدول ۳. پارامترهای هیدرولیکی مقاطع انتهایی رودخانه‌ی مرغک با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله

| Froude #Chl | Top Width (m) | Flow Area ($m^2$) | Vel Chnl (m/s) | W.S.Elev (m) | Power Total (N/ms) | Shear Cha ($N/m^2$) | QTotal ($m^3/s$) | River Sta | No |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.11 | 107.08 | 168.13 | 0.46 | –22.29 | 1.56 | 4.22 | 72.81 | 6111 | ۱ |
| 0.11 | 82.62 | 149.91 | 0.49 | –22.36 | 2.23 | 4.76 | 72.81 | 5865 | ۲ |
| 0.1 | 92.76 | 169.28 | 0.44 | –22.39 | 1.48 | 3.77 | 72.81 | 5705 | ۳ |
| 0.1 | 84.18 | 164.89 | 0.45 | –22.43 | 1.61 | 3.88 | 72.81 | 5505 | ۴ |
| 0.14 | 139 | 204.41 | 0.64 | –22.52 | 3.02 | 7.66 | 119 | 5207 | ۵ |
| 0.15 | 118.15 | 179.52 | 0.69 | –22.62 | 4.2 | 9.15 | 119 | 4970 | ۶ |
| 0.14 | 88.92 | 188.15 | 0.65 | –22.66 | 4.59 | 7.97 | 119 | 4860 | ۷ |
| 0.51 | 70.84 | 74.33 | 1.63 | –23 | 100.71 | 63.78 | 119 | 4637 | ۸ |
| 0.15 | 202.84 | 212.7 | 0.68 | –23.22 | 2.65 | 9.01 | 119 | 4365 | ۹ |
| 0.13 | 218.13 | 250.02 | 0.6 | –23.31 | 1.83 | 6.96 | 119 | 4139 | ۱۰ |
| 0.66 | 108.46 | 73.11 | 1.87 | –23.74 | 131.37 | 94.25 | 119 | 3846 | ۱۱ |
| 0.2 | 111.58 | 149.09 | 0.83 | –23.9 | 8.54 | 14.16 | 119 | 3737 | ۱۲ |
| 0.21 | 158.08 | 163.78 | 0.84 | –24.11 | 6.72 | 14.62 | 119 | 3486 | ۱۳ |
| 0.12 | 167.39 | 270.98 | 0.5 | –24.21 | 2.01 | 5.02 | 119 | 3250 | ۱۴ |
| 0.19 | 155.62 | 176.53 | 0.8 | –24.32 | 5.81 | 13.09 | 119 | 3055 | ۱۵ |
| 0.15 | 180.9 | 236.63 | 0.62 | –24.47 | 2.89 | 7.73 | 119 | 2775 | ۱۶ |
| 0.21 | 164.61 | 155.34 | 0.86 | –24.65 | 6.44 | 15.12 | 119 | 2527 | ۱۷ |
| 0.14 | 266.88 | 287.22 | 0.57 | –24.75 | 1.61 | 6.5 | 119 | 2311 | ۱۸ |
| 0.18 | 227.58 | 198.71 | 0.75 | –24.86 | 3.24 | 11.3 | 119 | 2112 | ۱۹ |
| 0.16 | 230.62 | 220.02 | 0.7 | –24.93 | 2.7 | 9.69 | 119 | 1993 | ۲۰ |
| 0.15 | 183.92 | 227.07 | 0.65 | –25.01 | 2.86 | 8.31 | 119 | 1823 | ۲۱ |
| 0.18 | 187.03 | 183.45 | 0.75 | –25.14 | 3.93 | 11.39 | 119 | 1599 | ۲۲ |
| 0.18 | 259.12 | 198.94 | 0.76 | –25.25 | 2.85 | 11.46 | 119 | 1423 | ۲۳ |
| 0.15 | 281.02 | 241.94 | 0.66 | –25.33 | 1.98 | 8.7 | 119 | 1268 | ۲۴ |
| 0.18 | 207.74 | 191.83 | 0.76 | –25.5 | 3.82 | 11.85 | 119 | 985 | ۲۵ |

بررسی پروفیل‌های طولی و عرضی سطح جریان برای سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف (شکل ۴) نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای جریان در طول رودخانه‌ی مرغک به ترتیب از بالادست به سمت پائین‌دست رودخانه با تغییرات عمق و عرض و روند تغییر شکل مقطع رودخانه تا محل تخلیه‌ی از کوهستان به دشت همراه است. مقادیر شاخص پارامترهای هیدرولیکی رودخانه‌ی مرغک در جدول ۴ آورده شده است.

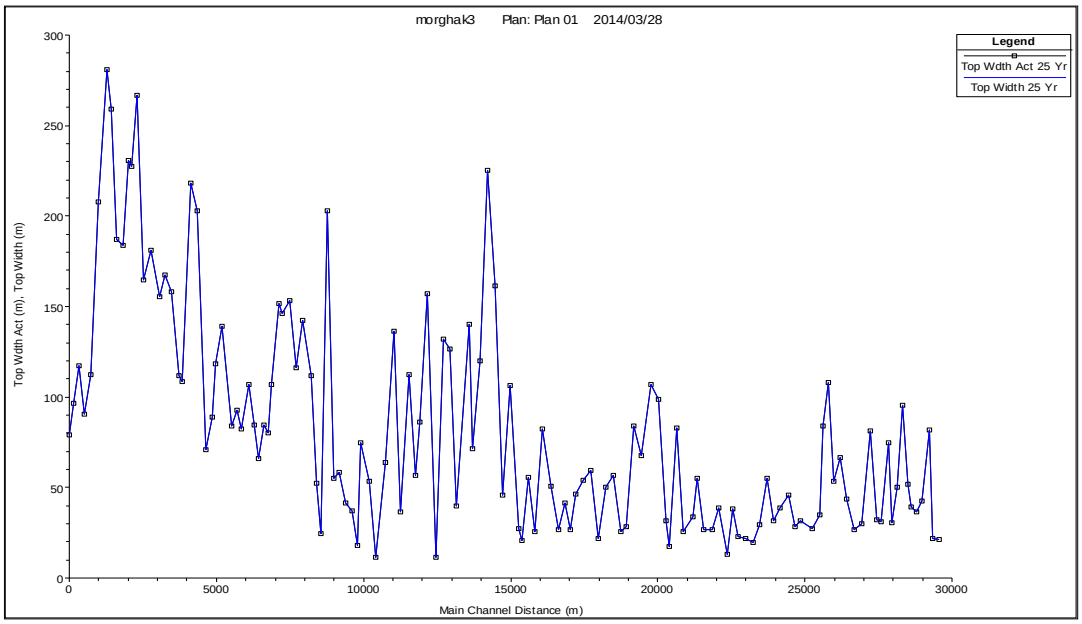
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

جدول ۴. پارامترهای هیدرولیکی شاخص در شرایط موجود با سیلاب ۲۵ ساله

| تنش برش (N/m۲) | عدد فرود | ارتفاع سطح آب (m) | عرض سطح آب (m) | سرعت (m/s) | پارامتر هیدرولیکی دوره‌ی بازگشت سیلاب | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۵۷ | ۱/۱ | ۱۴۳ | ۲۸۱ | ¼ | بیشینه | ۲۵ ساله |
| ۸۱ | ۰/۵ | ۲۰ | ۸۳ | ۱/۶ | میانگین | ۲۵ ساله |
| ۰/۳ | ۰/۰۲ | -۲۷/۲ | ۱۱ | ۰/۲ | کمینه | ۲۵ ساله |

**ب) تغییرات طولی عرضی سطح آب**

تعیین محدوده‌ی آب‌گرفتگی رودخانه و زمین‌های اطراف آن از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین نتایج مطالعات هیدرولیکی رودخانه است. در واقع، هدف مطالعات حاضر تعیین حدود بستر رودخانه‌ها و سیلاب‌دشت است. تعیین دشت‌های سیلابی پس از تعیین مرز رودخانه ــکه به آن بستر گفته می‌شودــ میسر است. به منظور بررسی تغییرات عرضی رودخانه در شکل ۵ میزان عرض سطح آزاد آب به ازای دبی ۲۵ ساله ارائه شده است.

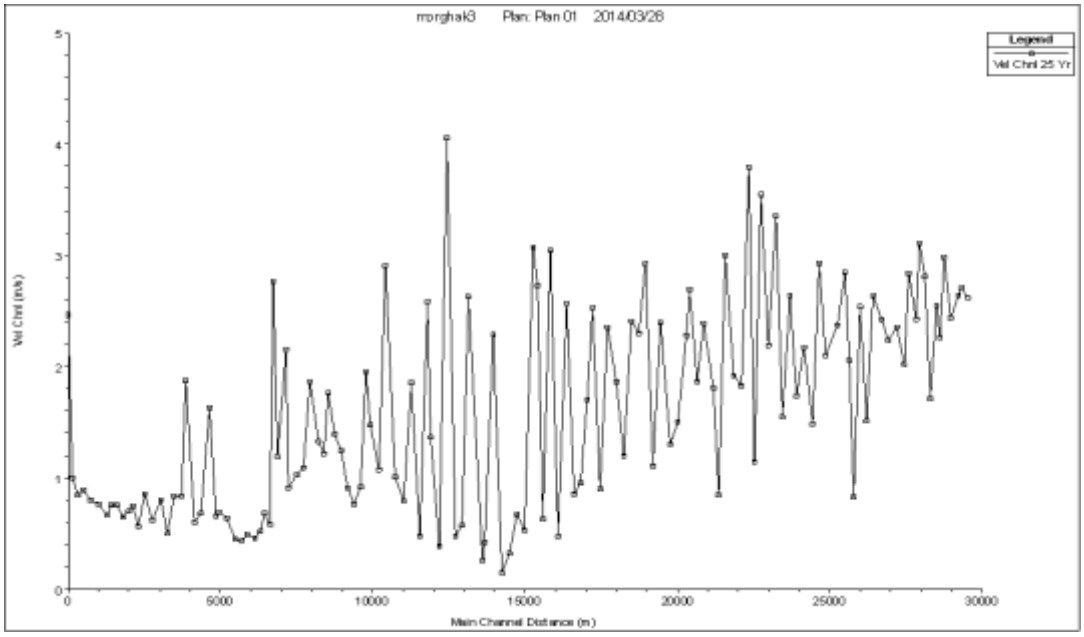



شکل ۵. تغییرات عرض سطح آب در دبی ۲۵ ساله‌ی رودخانه‌ی مرغک

**ج) تغییرات سرعت جریان و تنش برشی**

پارامتر سرعت جریان در واقع تعیین‌کننده نوع جریان و معرف پتانسیل فرسایش‌پذیری یا رسوب‌گذاری در محدوده‌های متفاوت رودخانه است. در مطالعات هیدرولیک، سرعت متوسط رودخانه در مقاطع گوناگون آن محاسبه می‌شود و می‌تواند در حرکت‌شناسی رودخانه و نحوه‌ی تغییرات آن کمک فراوانی کند. در واقع، با محاسبه سرعت و تنش جریان و مقایسه آن با سرعت و تنش‌های بحرانی در بازه‌های متفاوت رودخانه، که براساس دانه‌بندی بستر آن قابل محاسبه است، می‌توان قدرت فرسایش یا رسوب‌گذاری رودخانه را تشخیص داد (شکل ۶).

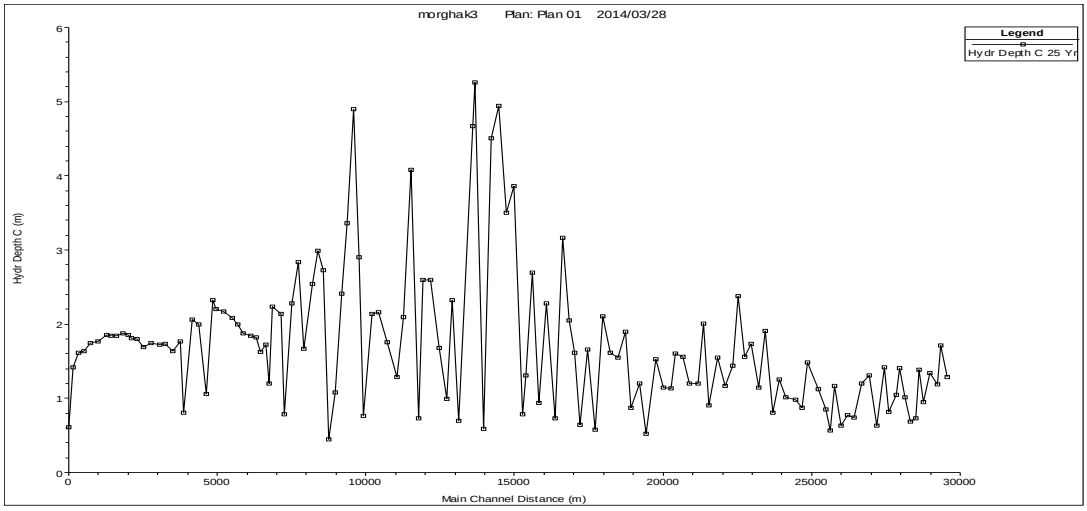
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]




**شکل ۶. تغییرات سرعت جریان در دبی ۲۵ ساله‌ی رودخانه‌ی مرغک.**

### د) عمق هیدرولیکی

بنا به تعریف نسبت سطح مقطع جریان به عرض سطح آزاد عمق هیدرولیکی نامیده می‌شود. نحوه‌ی تغییرات عمق هیدرولیکی رودخانه‌ی مرغک برای سیلاب با دوره برگشت ۲۵ ساله به صورت نمونه در شکل ۷ نشان داده شده است.




**شکل ۷. عمق هیدرولیکی جریان در دبی ۲۵ ساله‌ی رودخانه‌ی مرغک.**

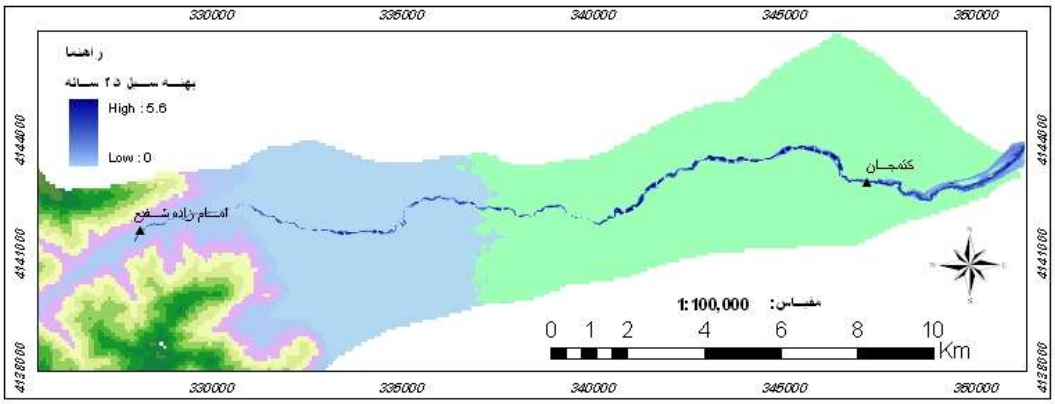
### ه) گستره‌ی سیل

لایه‌ی TIN[۱] (شبکه نامنظم مثلثی) در واقع مبنای استخراج خطوط تراز و لایه‌های مورد نیاز RAS است و هرچه رقوم ارتفاعی به دست آمده دقیق‌تر باشد، مدل سه بعدی حاصل بیشتر به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. در این تحقیق، به دلیل استفاده از نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ رقومی برای ساخت لایه‌ی TIN مرجع مناسبی برای شبیه‌سازی بستر و دشت سیلابی حاصل

[۱]. Triangulated Irregular Network

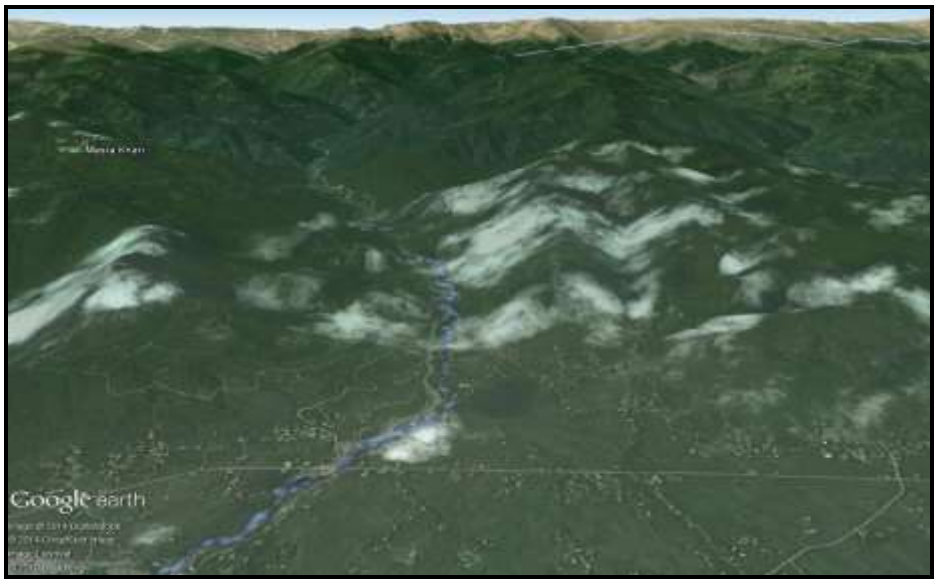
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

گردید. نسخه‌ی HEC-GeoRAS-۴۳۱ مورد استفاده یکی از ضمائم[1] نرم‌افزار ArcGIS است که در فوریه‌ی ۲۰۱۱ تولید شده است و برای پردازش داده‌های زمینی در سیستم تحلیل رودخانه‌ی HEC-RAS طراحی شده و به کاربران امکان تهیه‌ی لایه‌های ورودی به مدل HEC-RAS را در محیط ArcGIS می‌دهد.




**شکل ۸. نمایی کلی از نقشه‌ی گستره‌ی سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله‌ی بازه‌ی ۳۰ کیلومتری رودخانه‌ی مرغک.**

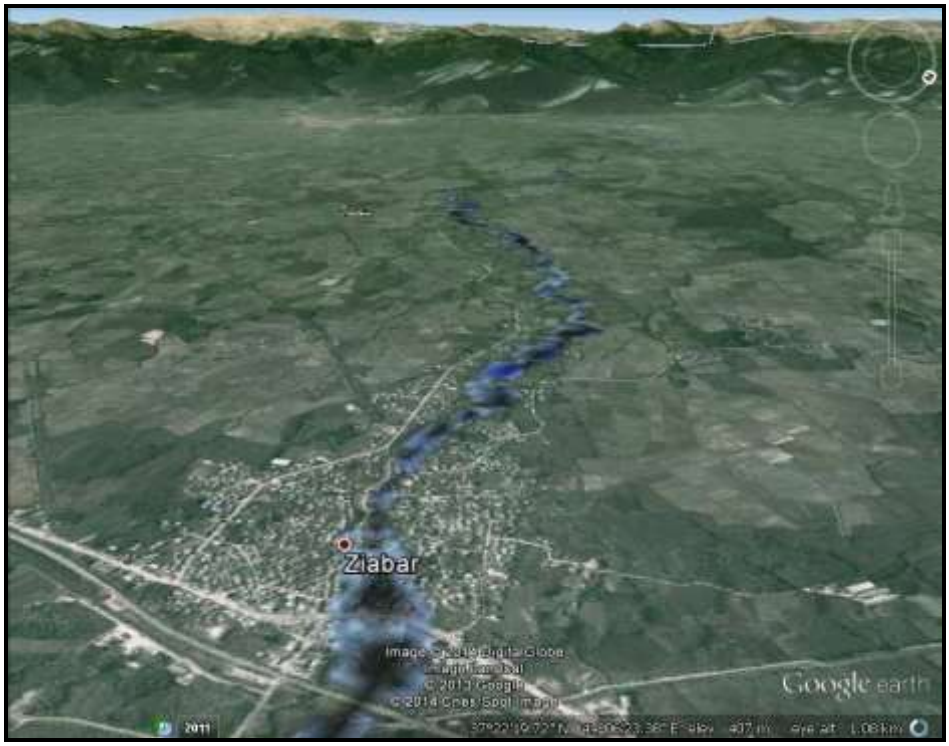
این لایه‌ها شامل اطلاعات استخراج شده از لایه‌ی TIN مانند مشخصات رودخانه، بازه‌ها، خطوط مقاطع عرضی و طول بازه پایین دست برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست و نیز اطلاعات دیگری مانند ضریب مانینگ، گوره‌ها، سطوح جریان غیرمؤثر، سطوح مسدود شده، پل‌ها و کالورت است (شکل ۸)



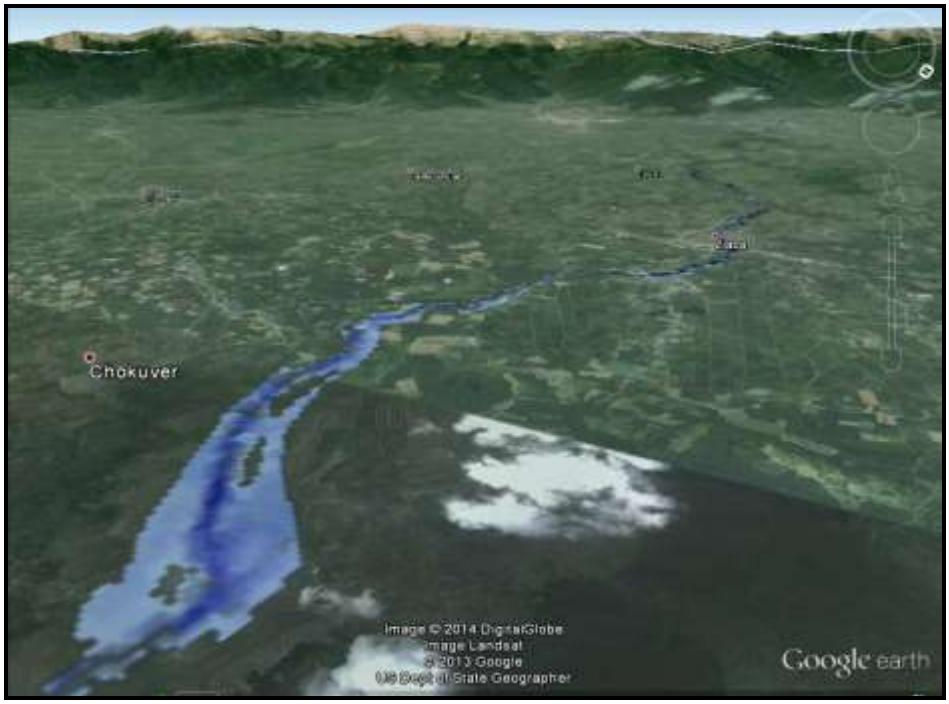

**شکل ۹. نقشه‌ی پهنه‌ی سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله در مناطق ارتفاعی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی مرغک.**

[1].Extentions

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]




**شکل ۱۰. نقشه‌ی پهنه‌ی سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله در مناطق میانی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی مرغک.**




**شکل ۱۱. نقشه‌ی پهنه‌ی سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله در پایین دست رودخانه‌ی مرغک (ورودی به مرداب).**

در این مرحله، با استفاده از ضمیمه‌ی HEC-GeoRAS در محیط نرم‌افزار ArcGIS از روی نقشه‌های پلان رودخانه به مقیاس ۱:۲۰۰۰ شرایط بستر نظیر خط اصلی جریان، کناره‌ها و مقاطع عرضی شبیه‌سازی شد. با توجه به شرایط بستر رودخانه و کناره‌ها، ۱۳۵ مقطع برای رودخانه‌ی مرغک، به نحوی که معرف وضعیت عمومی رودخانه باشد، در نظر گرفته شد. سپس، برای تکمیل شرایط شبیه‌سازی، فایل‌های تهیه شده در محیط GIS به محیط مدل HEC-RAS انتقال داده

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

شد. پس از اجرای محاسبات هیدرولیکی فایل نهایی مجدداً به محیط GIS منتقل گردید. در این محیط، با دستورات HEC-GeoRAS بر روی این فایل‌ها فرآیندهای لازم صورت گرفت و برای هر یک از پروفیل‌های سطح آب نقشه‌های عمق آب و یا سرعت آب ساخته شد. سرانجام، برای نمایش بهتر و تعیین دقیق‌تر مکان‌های خطرپذیر سیل لایه‌ها، پس از تبدیل به فایل‌های kmz، واردGoogle Earth شد.

در شکل های ۹ تا ۱۱ نقشه‌های گستره‌ی سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله‌ی تهیه شده در محیط HEC-GeoRAS در نرم‌افزار Google Earth نمایش داده شده است. در این نقشه‌ها، مناطقی از رودخانه مشخص گردیده‌اند که در خطر طغیان قرار دارند. تصاویر مربوطه نمای روشنی از گستره‌ی سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله را در سیلاب‌دشت رودخانه‌ی مرغک نشان می‌دهد. این پهنه در مناطق ارتفاعی به دلیل شیب بالا و توپوگرافی منطقه دارای عرض کم است و به سمت مناطق دشت و جلگه‌ای، عرض آن خصوصاً در مناطق کم‌شیب بیشتر می‌شود. در محدوده‌ی بخش‌های ضیابر و بازار جمعه به دلیل ساخت و سازهای صورت گرفته در حریم رودخانه و تصرفات انجام شده پهنه‌ی سیلاب گسترده‌تر بوده و رودخانه با این دبی طغیان خواهد کرد و باعث آب‌گرفتگی زمین‌های حاشیه‌ی رودخانه خواهد شد. به سمت پایین‌دستِ رودخانه در این مناطق این گستردگی بیشتر می‌شود (جدول‌های ۵ و ۶). در شکل ۱۱ نواحی از حاشیه‌ی مرداب مشخص است که رودخانه به آن می‌ریزد. عرض جریان سیلاب بیشترین گستره‌ی خود را در این قسمت دارد. شیب بسیار اندک و همواری زمین‌های منطقه باعث پخش جریان در حاشیه‌ی رودخانه و در هر دو سمت می‌گردد. در بازه‌هایی که تجاوز به بستر و حریم رودخانه مشهود است و جاده‌ی عبوری از کنار رودخانه در معرض خطر سیلاب است، منطقه نیاز به پاک‌سازی و برداشتن موانع موجود در مسیر رودخانه دارد. ساخت دیواره‌های بتنی و سنگی، کاشت درخت و درختچه، جاده سازی و ساخت اماکن مسکونی از این نمونه‌ها است. تمامی این موارد و نمونه‌های دیگر از این دست سبب می‌گردند در مناطق پایین‌دست، که شیب کمتر شده است، در مقاطعی آب در رودخانه طغیان کند و موجب آب‌گرفتگی نواحی مجاور آن گردد. این قبیل نمونه‌ها (همان طور که در تصاویر پهنه‌ی سیل‌گیر رودخانه نمایش داده شده است) در حد فاصل شهر ضیابر تا انتهای رودخانه در نقطه ورودی به تالاب انزلی بسیار مشهود است (شکل۱۰).

**جدول ۵. مشخصات سکونتگاه‌ها و سازه‌های تنظیم جریان در رودخانه‌ی مرغک**

| ردیف | موقعیت روستا/ سازه | مختصات UTM | | تأسیسات و سکونتگاه‌های امن یا در معرض خطر سیل ۲۵ ساله |
|---|---|---|---|---|
| | | x | y | |
| ۱ | بند انحرافی در محدوده‌ی روستای قران | ۳۳۶۸۷۲ | ۴۱۴۲۳۳۸ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل |
| ۲ | بند انحرافی در محدوده‌ی روستای خشک رودبار | ۳۳۸۲۹۸ | ۴۱۴۲۰۷۸ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل |
| ۳ | بند انحرافی در پایین دست جاده‌ی رشت- ضیابر | ۳۳۹۸۹۷ | ۴۱۴۱۹۶۴ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل |
| ۴ | بند انحرافی در در داخل ضیابر | ۳۴۴۷۴۲ | ۴۱۴۳۵۹۴ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل |
| ۵ | بند انحرافی در محدوده‌ی روستای نوده | ۳۴۶۲۱۹ | ۴۱۴۳۷۰۰ | خطر تخریب |
| ۶ | بند انحرافی در پایین‌دست محل تلاقی رودخانه‌ی مرغک با ماسال | ۳۴۸۰۵۱ | ۴۱۴۲۹۰۱ | خطر تخریب |
| ۷ | روستای کتمجان معتمدی | ۳۴۷۸۳۸ | ۴۱۴۳۰۶۶ | خطر آب‌گرفتگی روستا |
| ۸ | بخش ضیابر و جاده‌ی اصلی رشت به آستارا | ۳۴۵۱۸۳ | ۴۱۴۳۸۱۸ | آب‌گرفتگی نواحی مسکونی و تأسیسات حاشیه‌ی رودخانه |
| ۹ | بخش بازار جمعه و جاده‌ی اصلی حاشیه‌ی تالاب | ۳۳۴۲۸۶ | ۴۱۴۱۵۶۱ | آب‌گرفتگی نواحی مسکونی، جاده و تأسیسات حاشیه‌ی رودخانه |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

**جدول ۶. مشخصات پل‌های موجود در رودخانه‌ی مرغک**

| ردیف | موقعیت پل | مختصات UTM | | پل‌های امن و در معرض خطر سیل ۲۵ ساله |
|---|---|---|---|---|
| | | x | Y | |
| ۱ | پل امامزاده شفیع در محل امامزاده شفیع | ۳۲۶۹۹۶ | ۴۱۴۰۹۲۶ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۲ | پل در محدوده‌ی روستای امامزاده شفیع | ۳۲۷۴۵۳ | ۴۱۴۱۰۷۶ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۳ | پل در محدوده‌ی روستای امامزاده شفیع | ۳۲۸۰۹۳ | ۴۱۴۱۵۴۱ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۴ | پل در محل روستای چتبند | ۳۲۸۷۸۶ | ۴۱۴۱۸۲۱ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۵ | پل ارتباطی روستاهای دران و زمهرمحله | ۳۳۰۰۰۸ | ۴۱۴۲۱۲۸ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۶ | پل تقاطع جاده‌ی امامزاده شفیع و پونل با رودخانه | ۳۳۱۶۴۴ | ۴۱۴۲۰۳۳ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۷ | پل موجود در داخل شاندرمن | ۳۳۳۵۱۲ | ۴۱۴۱۵۷۹ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۸ | پل در محل ورود به روستای توسه‌سرا | ۳۳۵۴۷۲ | ۴۱۴۲۳۹۵ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۹ | پل در محل ورود به روستای قران | ۳۳۶۳۴۶ | ۴۱۴۲۵۲۲ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۰ | پل در محل ورود به روستای بیشه‌گاه | ۳۳۸۷۱۹ | ۴۱۴۲۲۳۰ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۱ | پل در محل ورود به روستای خشکرودبار | ۳۳۹۵۷۱ | ۴۱۴۲۰۰۲ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۲ | پل ارتباطی روستای خلیفه‌کنار با میانگسکر | ۳۴۰۸۳۲ | ۴۱۴۲۱۳۵ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۳ | پل محدوده‌ی روستای لالم | ۳۴۲۴۲۹ | ۴۱۴۳۲۴۶ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۴ | پل در محل مسجد صاحب الازمان ضیابر | ۳۴۴۵۷۵ | ۴۱۴۳۵۳۷ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۵ | پل موجود در داخل ضیابر | ۳۴۵۰۴۴ | ۴۱۴۳۷۷۵ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۶ | پل تقاطع جاده رشت -آستارا با رودخانه | ۳۴۵۲۴۷ | ۴۱۴۳۸۴۵ | داشتن فاصله با گستره‌ی سیل و ارتفاع مطمئنه |
| ۱۷ | پل در محل ورودی روستای نوده | ۳۴۵۹۹۳ | ۴۱۴۳۶۹۴ | خطر آب‌گرفتگی و تخریب |
| ۱۸ | پل در محدوده‌ی روستای نوده و سمت چپ کارگاه عمرانی | ۳۴۶۴۳۲ | ۴۱۴۳۵۵۰ | خطر آب‌گرفتگی |
| ۱۹ | پل در محدوده‌ی روستای کتمجان | ۳۴۶۷۴۳ | ۴۱۴۲۹۶۲ | خطر آب‌گرفتگی و تخریب |
| ۲۰ | پل در محل رستوران مرغک و روستای کتمجان | ۳۴۷۴۳۸ | ۴۱۴۲۹۳۲ | خطر آب‌گرفتگی |

در تعدادی از مقاطع، که در خروجی مدل هیدرولیکی HEC-RAS مشهود است (شکل ۴)، موانعی که به آن اشاره شد باعث می‌گردند آب در رودخانه هنگام سیلاب بالا بیاید و از دیواره‌های ساحل چپ یا راست رودخانه لبریز شود و منجر به آب‌گرفتگی حاشیه‌ی رودخانه گردد. این سیلاب‌ها علاوه بر آب‌گرفتگی زمین‌های کشاورزی حاشیه‌ی رودخانه، تخریب جاده، اماکن مسکونی و تجاری، سازه‌های صنعتی و کشاورزی را نیز شامل می‌گردد.

## نتیجه‌گیری

کنترل و کاهش خسارات حاصل از سیل یکی از موضوعات اساسی در مدیریت منابع آب است که مهار کامل آن ناممکن است یا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. بنابراین، موضوع اصلی در این زمینه مهار و کنترل سیلاب‌ها در حد بهینه و اقتصادی است (Mays, ۱۹۹۶). شبیه‌سازی پهنه‌ی سیل‌گیر رودخانه‌ی مرغک به منظور تعیین نقاط خطرپذیر سیل با استفاده‌ی از نسخه‌ی ۲۰۱۱ الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS-۴۳۱ و مدل هیدرولیکی HEC-RAS یکی از اقدامات و روش‌های غیرسازه‌ای است که می‌تواند در فراهم کردن اقدامات اولیه برای برنامه‌ریزی به منظور مقابله با سیلاب از آن استفاده کرد. تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل برای شناسایی مناطق پرخطر و حادثه‌ساز جزء اولین کارهای سازمان‌های مسئول در این زمینه است. در این تحقیق، نقشه‌های تهیه شده برای نمایش بهتر وارد محیط Google Earth گردیده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که:

۱. تغییرات ناهمگون ارتفاع در هر یک از شاخه‌ها ناشی از کافی نبودن ظرفیت مقطع رودخانه است؛

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

۲. تغییرات پارامترهای جریان در طول رودخانه‌ی مرغک به ترتیب از بالادست به سمت پائین‌دست با تغییرات عمق و عرض و روند تغییر شکل مقطع رودخانه تا محل تخلیه از کوهستان به دشت همراه است.
۳. سرعت جریان در دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله بین حداکثر $۴/۱^{m/s}$ تا حداقل $۰/۲^{m/s}$ در نوسان است. عرض سطح آب نیز به تبع آن از حداکثر ۲۸۱ متر تا حداقل ۱۱ متر در نقاط گوناگون بازه‌ی مطالعاتی در تغییر است.
۴. تغییرات سرعت جریان و تنش برشی نیز در ابتدا و انتهای بازه بین حداکثر $۳۵۷^{N/m^۲}$ نیوتن بر مترمربع در بالادست تا حداقل $۰/۳^{N/m^۲}$ در نوسان است.
۵. مدل‌سازی گستره‌ی سیل رودخانه‌ی مرغک با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله نشان می‌دهد بازه‌هایی که تجاوز به بستر و حریم رودخانه مشهود است بیشتر در معرض سیل قرار دارند.
۶. در محدوده‌ی شهر ضیابر به دلیل رعایت نکردن حریم رودخانه و تصرفات انجام شده پهنه‌ی سیلاب گسترده‌تر بوده و به سمت پایین دست رودخانه سیل‌گرفتگی بیشتر می‌شود.

تمامی این موارد و نمونه‌هایی دیگر از این دست باعث می‌گردند در مناطق پایین‌دست، که شیب کمتر شده، در مقاطعی آب در رودخانه طغیان کند و باعث آب‌گرفتگی نواحی مجاور آن شود. این مقاطع در پایین‌دست رودخانه حد فاصل جاده‌ی اصلی فومن به پونل تا بازه‌ی انتهای ورودی به تالاب انزلی را شامل می‌گردد. مقاطع در ۸ کیلومتر پایانی از مجموع حدود ۳۰ کیلومتر بازه‌ی رودخانه قرار دارند.

## منابع


تلوری، عبدالرسول .۱۳۷۶. مدیریت مهار سیلاب و کاهش خسارت سیل. *کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها*، همدان. ۱۶-۱۵ اردیبهشت: ۵۹-۵۰.

حسینی، محمود و جلیل، ابریشمی. ۱۳۸۰. *هیدرولیک کانال‌های باز*. انتشارات آستان قدس رضوی.

دانشفراز، رسول؛ مرتضی قربان‌وطن؛ محمدحسین جهان‌پیما و الیار همتی‌گیگلو.۱۳۹۲. بررسی پهنه سیلاب رودخانه سمبورچای با مدلGIS و HEC-RAS. *اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشک*، سنندج، جهاد دانشگاهی استان کردستان.

درخشان، شهرام؛ وحید غلامی و ادریس تقوی‌سلیمی. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ی گوهررود و سیاه‌رود با سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۱۹**: ۷۷.

زارع، جمال. ۱۳۷۱. علل و عوامل سیلاب و آب‌گرفتگی در مناطق شهری ایران و راه‌های پیشگیری از آن. *اولین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری*، تهران، ۲۳-۱۶تیر: ۲۲-۱۴۹.

سیفی‌زاده، مینا؛ مهدی اسمعیلی ورکی و علیرضا فرومند. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی سیلاب و تعیین محدوده‌های مستعد فرسایش در بازه‌ای از رودخانه دیسام با استفاده ازمدل هیدرولیکی GIS-HEC-RAS. *نهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه*، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز.

شهرداری تهران. محدوده‌ی شهر رشت با استفاده از GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران.

غلامی، وحید؛کریم سلیمانی؛ میرخالق ضیاتبار احمدی و رضا موسوی. ۱۳۸۵. پیش‌بینی تأثیر اصلاح و برداشت موانع بستر رودخانه در کاهش خطر سیلاب و فرسایش کناری رودخانه‌ای (مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی هراز). *مجله‌ی علمی-پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه ارومیه*، **۶**: ۸۶-۷۶.

صفری، علی. ۱۳۸۰. *تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشتهای سیلابی*. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.

لیند، گونار. ۱۳۷۲. *سیل‌گیری شهرها*. ترجمه‌ی مصطفی بزرگ‌زاده. انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.


[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

مرادخانی، علی‌محمد؛ هادی معاضد و حجت‌الله اروانه. ۱۳۹۱. ارزیابی خسارات سیلاب رودخانه دویرج با استفاده ازتلفیق مدل‌های هیدرولیکی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، *نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه*، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

میرناصری، محمد و رامین فضل اولی. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی سیلاب با تلفیق نرم‌افزارهای GIS,HEC-RAS، مطالعه موردی بخشی از رودخانه‌ی چالوس. *نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه*، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

یمانی، مجتبی؛ مریم تورانی و سمیرا چزغه. ۱۳۹. تعیین پهنه‌های سیل‌گیر با استفاده از مدل HEC-RAS، مطالعه موردی: بالادست سد طالقان از پل‌گلینک تا پل وشته. *مجلّه‌ی جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۱**:۱۶-۱.

Carson, E. ۲۰۰۶ . Hydrologic modeling of flood conveyance and impacts of historic overbank sedimentation on West Fork Black s Fork. Vinta mountains, northeastern Utah, USA. Geomorphology, ۳۶۸-۳۸۳PP.

Correia ,E.N.; Saraiva, M.G. ; Silva, F.N. and Romos, **I**.۱۹۹۹. *Floodplain Management in Urdan Development Area. Part II*. Gis-Based Flood Analysis and Urdan Growth Modeling.

Liang, S., and Mohanaty, C.R.C..۱۹۹۷. Ophimization of Gis-Bassed Flood Hazard Zoning: A case study at the Mahanady Comand Area in Catack District, Orrisa, India. *Jornal of Chines Soil and Water Conservation*, ۲۸:۱۱-۲۰.

Mays, L.w. ۱۹۹۶.*Reosources Handbook.* Arizona State University, Megraw – Hill publication Co.

Pistocchi, A. and Mazzoli P. ۲۰۰۲. Use of HEC-RAS and HECHMS models with ArcView for hydrologic risk management.*In Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli by Morgagni*, P. G.B. Forl, Italy.

Platte, E.J.۲۰۰۲. Flood Risk and Flood Manegment. *Journal of Hy*drology, ۲۶۷:۲-۱۱.

Stephen, R. ۲۰۰۲. Hydrologic Investigation by the U.S. Geological Survey Following the ۱۹۹۶ and ۱۹۹۷ Flood in the upper Yellowstone River.*Moutana American Water Resources Asseciattion, ۱۹th Annual*, Montana Section One, PP: ۱-۱۸.

Tate, E.C.; Olivera, F.and Maidment D. ۱۹۹۹. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ARCView GIS. *Center for Research in Water Resources (CRWR).Report*, **NO**.۱-۹۹pp.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]