

## بررسی هیدرولیکی شکست سد گیوی و پهنه‌بندی سیلاب ناشی از آن

اتابک فیضی<sup>۱</sup>، مجتبی کریمایی طبرستانی<sup>۲</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۴/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۷

مقاله پژوهشی

### چکیده

فرو ریختن ناگهانی یک سد مخزنی می‌تواند اثرات تخریبی گسترده‌ای را برای تاسیسات پایین‌دست موجب شود و همچنین در صورت عبور از مناطق مسکونی علاوه بر خسارات مالی، منجر به تلفات جانی گردد. بر این اساس، دانستن مشخصات سیلاب ایجاد شده در مناطق مختلف پایین‌دست سد، می‌تواند در تعیین نقاط بحرانی پایین‌دست که در معرض خطرات بالقوه سیلاب‌های ناشی از شکست سد قرار دارند، مفید واقع شود. در مقاله حاضر، اقدام به شبیه‌سازی عددی سیلاب‌های ناشی از تخلیه سرریز و شکست سد خاکی گیوی در استان اردبیل شده است. برای این منظور از ماژول Mike-Flood که ترکیبی از ماژول‌های یک بعدی Mike-11 و دوبعدی Mike-21 می‌باشد، استفاده شده است. در این تحقیق سناریوهای وقوع حداکثر سیل محتمل (PMF) جهت ایجاد مکانیزم روگذری (Overtopping) به همراه سناریوهای روز آفتابی (Sunny day) جهت وقوع مکانیزم فرسایش (Piping) در دو حالت پرشدگی مخزن و همچنین سناریوی خرابکاری به صورت شکست آنی کل سد مورد بررسی قرار گرفته شده است. نتایج بدست آمده بیانگر آن بود که بحرانی‌ترین سناریوها به ترتیب مربوط به سناریوی خرابکاری، وقوع حداکثر سیل محتمل و در نهایت سناریوی روز آفتابی بوده است. تحت این سناریوها به ترتیب ۱۹، ۱۷ و ۱۳/۵ درصد از قسمت جنوبی شهر گیوی که در نزدیکی رودخانه گیوی قرار دارد و همچنین تمامی روستاهای واقع شده بین سد گیوی تا روستای فیروزآباد که در سمت چپ ساحل رودخانه گیوی جای قرار گرفته‌اند به همراه روستای فیروزآباد به طور کامل زیر آب خواهند رفت.

واژه‌های کلیدی: سد گیوی، پهنه‌بندی سیلاب، نرم افزار Mike-Flood، شکست سد

<sup>۱</sup>استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. a\_feizi@uma.ac.ir (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup>استادیار گروه ژئوتکنیک و آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. karimaei@sru.ac.ir

## مقدمه

سیل‌های ناگهانی (Flash Floods)، سیل‌های هستند که بدون مقدمه و نشانه قبلی اتفاق می‌افتند و این در حالی است که می‌توانند خسارات مالی و جانی شدیدی به بار آورند. مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل شکست سد، پهنه‌بندی و هشدار سیلاب ناگهانی ناشی از شکست سد در پایاب از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. همچنین تعیین محدوده گسترش سیلاب باعث می‌شود تا اطلاعات لازم در مورد پهنه‌بندی سیلابدشت افزایش یافته و در نتیجه تصمیم‌گیری‌های پیشگیرانه و مقابله‌ای کاربران با دقت و سرعت بیشتری انجام می‌شود. علیرغم ضرائب اطمینان مختلفی که در طراحی سدها به کار برده می‌شود و با وجود نظارت‌های دقیقی که در کلیه مراحل احداث سد صورت می‌گیرد، امکان شکست و فروپاشی در اثر عوامل مختلف و متعدد وجود دارد (Ponce et al., 2003). پدیده شکست سد و بررسی اثرات آن از موضوعات به روز و مورد علاقه محققین می‌باشد. شمسانی و موسوی (۱۳۸۳) به تخمین پارامترهای شکست سدهای خاکی و روندیابی سیلاب ناشی از آن پرداختند. در این مقاله با استفاده از داده‌های مربوط به ۱۴۲ سد خاکی شکسته شده در جهان، روابط جدیدی برای تخمین پارامترهای شکست سدهای خاکی (حداکثر بده خروجی و زمان شکست) ارائه شده است. حسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی و تحلیل اثرات امواج ناشی از شکست سد و نیار (سد شهید مدنی) پرداختند و حدود گسترش پهنه سیلاب و زمان رسیدن پیشانی امواج به مناطق پایاب سد به کمک مدل‌های ریاضی و سیستم اطلاعات جغرافیایی تعیین و ارائه نمودند. باقری و همکاران (۱۳۸۸)، به مطالعه و پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل‌های ریاضی دو بعدی و یک بعدی MIKE FLOOD و MIKE11 پرداخته‌اند. در این تحقیق به موضوع تفاوت دقت این دو نرم‌افزار در بخش پهنه‌بندی سیلاب پرداخته شده است. نتایج این بررسی نشان داد که مدل‌سازی دو بعدی با Mike Flood از دقت بالایی برخوردار است. خدایی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه شکست سد گلستان، با ایجاد یک شبکه نامنظم سلولی در منطقه و با تلفیق نرم‌افزارهای ArcGIS و

HEC-RAS، از ماتریس مخاطره برای در نظر گرفتن اثرات سرعت جریان و عمق آبگرفتگی و کاربرد آن در مدیریت بحران سیلاب ناشی از شکست سد استفاده کردند. عباسی و اسماعیلی (۱۳۸۹) به مدل‌سازی شکست هیدرولیکی سد ناشی از سیلاب ناگهانی با نرم افزار فلوئنت پرداختند. در این پژوهش پدیده شکست سد در شرایط یک بعدی و در دو حالت اولی جاری بودن همزمان سیلاب و ایجاد شکست و دومی حالت شکست بدون سیلاب به کمک نرم‌افزار فلوئنت اقدام نموده‌اند تا به اثر سیلاب‌های ناگهانی بر روی موج حاصل از شکست سد در مخزن پرداخته شود. ابارشی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی خطرات ناشی از شکست سد طرق پرداختند. در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار ArcView و Mike11 مسئله شکست سد طرق در نزدیکی شهر مشهد بررسی شده و پهنه آبگرفتگی نواحی پایین‌دست سد مشخص گردیده است. فضل‌اولی و همکاران (۱۳۹۱)، در مقاله‌ای به بررسی و پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS در حوضه رودخانه چالوس پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که نسبت مساحت اراضی سیل‌گیر توسط سیل با دوره بازگشت دو ساله به مساحت اراضی سیل ۱۰۰۰ ساله، برابر ۸۳ درصد می‌باشد. در نتیجه بیشترین خسارت به پهنه‌های سیلابی با دوره بازگشت دو ساله و کم تر وارد می‌گردد. مدل‌سازی هیدرولیکی شکست سد مهاباد با استفاده از نرم‌افزار Mike-Flood توسط توکلی و یاسی در سال ۱۳۹۱ انجام شده است. همچنین مدل‌سازی هیدرولیکی شکست سد یامچی اردبیل با استفاده از نرم‌افزار Mike-Flood توسط بنی‌هاشمی و همکاران در سال ۱۳۹۲ انجام شده است. هلال‌ات ناصریان و همکاران (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای نتایج مدل‌سازی هیدرودینامیکی سیلاب برای سیلاب رودخانه‌های مشرف به دشت دشتیاری بویژه رودخانه کاجو توسط مدل یک بعدی -دو بعدی MIKE FLOOD با دوره بازگشت ۵۰ ساله ارائه و طرح مناسب علاج بخشی سیل و کاهش خسارت آن در منطقه پیشنهاد شده است. محمد نژاد و همکاران (۱۳۹۳) شبیه‌سازی عددی انتشار موج ناشی از شکست سد به صورت دو بعدی قائم را مورد بررسی

مفاهیم و پیاده سازی مسئله می‌باشد که قابل صرف نظر کردن است. (Tuteja et al., 2009) در مقاله ای با استفاده از ماژول مایک اقدام به شبیه‌سازی جریان‌های سیلابی نمودند. نتایج حاصل نشان داد که هر سه مدل هیدرولیکی مایک تخمین مشابه‌ای از طغیان رودخانه ارائه می‌کنند. (Kadam and Sen (2012) در مقاله‌ای بیان نمودند که کنترل و مدیریت ریسک سیل با استفاده از اقدامات غیر ساختاری مانند پیش بینی و هشدار سیل، نقشه‌های خطر سیلاب و منطقه بندی خطر سیل کاملاً در کاهش خسارت سیل موثر است. در این مقاله جهت شبیه‌سازی از مدل‌های عددی یک بعدی- دوبعدی Mike Flood , MIKE 11 , MIKE21 و دوبعدی Mike Flood استفاده شده است. (Feizi et al., (2012) به تجزیه و تحلیل اثرات شکل هندسی مخازن در جریان‌های ناشی از شکست سد به صورت مدل‌سازی آزمایشگاهی، تحلیلی و شبیه‌سازی عددی پرداختند و تاثیر این عامل را بر روی خصوصیات جریان و بویژه هیدروگراف خروجی مورد بررسی قرار دادند. Hooshyaripor and Tahershamsi, (2015) به بررسی تاثیرات شیب دیواره مخزن در جریان‌های ناشی از شکست سد بر روی موج ناشی از آن به صورت آزمایشگاهی و عددی پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داده است که مخزن با شیب دیواره ۳۰ درجه بیشترین بده جریان را در مسیر ایجاد کرده است. (Kourgialas and Karatzas, (2014) در مقاله‌ای به مدل‌سازی جریان آب و رسوب با استفاده از بسته نرم‌افزاری Mike، به منظور بررسی پخش سیلاب‌های ناگهانی و برآورد خطر برای زمین‌های کشاورزی پرداخته‌اند. (Haldar and Khosa, (2015) در مقاله‌ای از مدل SWAT، نرم‌افزار ArcGIS و MIKE (DHI) جهت شبیه‌سازی جریان‌های سیلابی استفاده نمودند. (Tahershamsi et al., (2017) به بررسی تاثیر همزمان مخازن با شکل هندسی مخزن مختلف و نسبت بازشدگی‌های متفاوت بر روی بده پیک جریان ناشی از شکست سد پرداختند. در مطالعه دیگری توسط Hooshyaripor et al., (2017)، تجزیه و تحلیل اثرات طول و حجم مخزن بر مشخصات جریان ناشی از شکست

قرار دادند. شکست سد و انتشار موج ناشی از آن با استفاده از روش عددی حجم محدود به صورت دوبعدی قائم با استفاده از نرم‌افزار فلونت شبیه‌سازی شد. نتایج نشان‌دهنده این بود که مدل عددی توانایی شبیه‌سازی شکست سد را در دو حالت بستر خشک و بستر مرطوب داشته و نتایج حاصل از این شبیه‌سازی با نتایج آزمایشگاهی موجود مقایسه شده و در نهایت نتایج قابل قبول می‌باشد. کماسی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی و شبیه‌سازی هیدرولیکی پدیده شکست سد دز توسط مدل کامپیوتری MIKE پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که تاثیر سیلاب ناشی از شکست سد دز تنها در محدوده محل سد تا ۳۰ کیلومتر پایین‌تر از آن قابل ملاحظه است و در سایر مناطق دارای اهمیت بسزایی نمی‌باشد. قاسمی و همکاران در سال ۱۳۹۶ به شبیه‌سازی هیدرولیکی سد مخزنی میرزای شیرازی در استان فارس پرداختند. بدین منظور از نرم‌افزار Mike Flood با در نظر گرفتن دو سناریوی شکست بر اثر روگذری به صورت آبی و دومی شکست بر اثر روگذری به صورت تدریجی، سیلاب ناشی از شکست سد میرزای شیرازی را بررسی کردند. نتایج ارائه شده به صورت دبی‌های بیشینه در نقاط مختلف پایین‌دست سد و مشخص کردن پهنه سیلاب بوده است. فردوسی و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی عملکرد مدل‌های عددی دینامیک سیالات محاسباتی در تحلیل جریان غیردائمی حاصل از شکست سد پرداختند. در این مطالعه، مدل‌سازی جریان غیردائمی با استفاده از مدل FLOW3D و استفاده از مدل آشفتگی RNG صورت گرفت و نتایج بدست آمده با مقادیر آزمایشگاهی و نتایج مدل عددی Fluent مقایسه شد. نتایج نهایی مقایسه دو مدل نشان داد که مدل عددی Flow3D نیز توانایی مناسبی در شبیه‌سازی جریان غیردائمی ناشی از شکست سد را دارا می‌باشد. (Vanderkimpen et al., (2008) در مقاله ای علاوه بر اینکه خطر و خسارت ناشی از سیل برآورد شده است، کارایی هر دو مدل Mike Flood و Sobek در ارزیابی ریسک بررسی شده است و به این نتیجه دست یافته‌اند که نتایج هر دو مدل تقریباً یکسان است. تفاوت‌های جزئی بین این دو مدل ناشی از نحوه

### مطالعه موردی

رودخانه هروچای در شهرستان‌های خلخال و کوثر که جنوبی‌ترین شهرستان‌های استان اردبیل محسوب می‌شوند، جریان دارد. این رودخانه پس از اتصال به رودخانه آریاچای ارتفاعات مابین خلخال و گیوی را با دره تنگ و عمیقی بریده و به شهر گیوی می‌رسد. در این منطقه این رود به نام گیوی چای معروف است. این رودخانه در نهایت با اتصال به رودخانه سنگورچای در نزدیکی شمال روستای فیروزآباد، در نهایت به رودخانه قزل اوزن می‌ریزد (شکل ۱).

طرح سد مخزنی گیوی بر روی رودخانه گیوی چای و پس از اتصال شاخه آریاچای بوده که مختصات جغرافیایی در  $x=269675/476$  و  $y=4173896/888$  در  $Zone=39$  می‌باشد. حوزه رودخانه گیوی چای از زیر حوزه‌های رودخانه فیروزآباد می‌باشد که تا محل سد وسعتی حدود ۶۰۰ کیلومتر مربع را در برمی‌گیرد. سازه‌های هیدرولیکی سد مخزنی گیوی شامل سرریز اوجی متصل به کانل شوت در تکیه‌گاه راست، دو رشته تونل برای انحراف آب رودخانه حین اجرای سد در ساحل راست که از آنها به عنوان سیستم آبیگری از مخزن و تخلیه‌کننده تحتانی در پایان دوره انحراف استفاده خواهد شد، می‌باشد. در جدول (۱) مشخصات کلی سد، مخزن و سرریز ارائه شده است.

بازه مورد مطالعه در تحقیق حاضر از محور سد گیوی تا روستای فیروزآباد می‌باشد. رودخانه گیوی چای به دلیل مجاورت مراکز جمعیتی متعدد و بخصوص قرار گرفتن در نزدیکی شهرهای خلخال و کوثر در طول مسیر تعداد زیادی پل برای روی این رودخانه احداث گردیده است. در محدوده مطالعاتی پنج پل ساخته شده است و در انتهای محدوده مطالعاتی نیز ایستگاه آبسجی فیروزآباد به عنوان شرایط مرزی پایین‌دست قرار دارد.

### نرم‌افزار MIKE FLOOD

مدل یک‌بعدی-دو بعدی Mike Flood در واقع نرم-افزاری است که نتایج مدل‌های یک‌بعدی Mike11 (جهت شبیه‌سازی یک بعدی جریان در آبراهه اصلی رودخانه) و دو بعدی Mike21 (جهت شبیه‌سازی دو بعدی جریان در

سد انجام شده است. (Feizi (2018) هیدرودینامیک جریان شکست سد را در حالت وجود مانع استوانه‌ای در پایین‌دست یک کانال بررسی کرد. بدین منظور از دو هندسه مختلف برای کانال (مخزن عریض و طویل) استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان داد در مخزن طویل جریان یک بعدی و در مخزن عریض جریان دوبعدی آشفته شکل می‌گیرد. (Luo et al., (2019 به شبیه‌سازی عددی جریان سیلاب شکست سد در مخازن آبشاری پرداختند. این شبیه‌سازی بر اساس حل سه بعدی معادلات ناویر استوکس با استفاده از تئوری هیدرودینامیک ذرات هموار شبیه‌سازی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده تأثیر سیلاب ناشی از شکست سد آبشاری می‌تواند به یک ناحیه ضربه با سرعت بالا و یک منطقه با فشار قابل توجه در سد پایین‌دست تقسیم شود که اولی می‌تواند سبب آسیب ناشی از ضربه فوری بر روی سد شود و دومی می‌تواند باعث آسیب ناشی از خستگی نوسان شود.

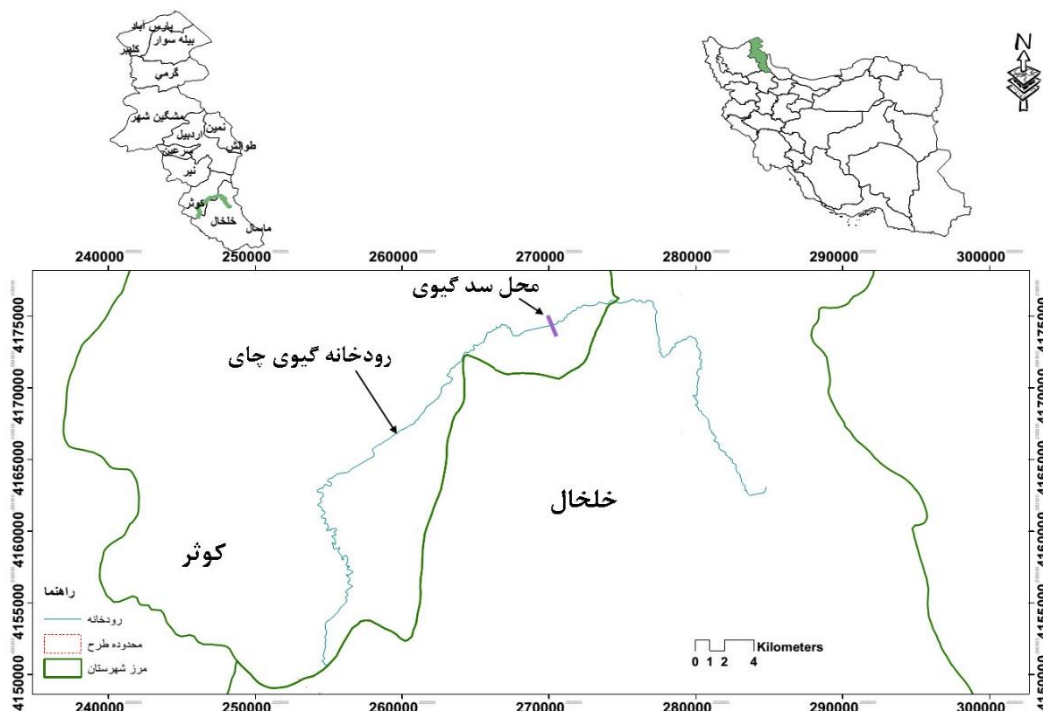
در مطالعه حاضر، بررسی شکست سد خاکی گیوی و پهنه‌بندی سیلاب ناشی از آن در مناطق پایین‌دست با استفاده از نرم‌افزار Mike Flood انجام شده است. برای این کار ضمن ارائه سناریوهای مختلف شکست شامل روگذری آب از روی تاج سد و فرسایش در بدنه سد، پارامترهای مختلفی نظیر شدت هیدروگراف سیل و زمان رسیدن جبهه سیل به مناطق مختلف پایین‌دست به همراه پهنه‌بندی سیل مورد مطالعه قرار گرفته شده است. از نتایج این تحقیق می‌توان در ارائه طرح‌های واکنش سریع در مناطق پایین‌دست استفاده نمود.

### مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر از نرم‌افزار Mike ماژول Flood برای مدل‌سازی شکست سد گیوی به عنوان مطالعه موردی استفاده شده است. در ادامه توضیحات مختصری در مورد مطالعه موردی و نرم‌افزار مدل‌سازی و همچنین روند ساخت مدل در نرم‌افزار ارائه خواهد شد.

جریان در سیلابدشت می‌نماید. در مدل Mike Flood لینک‌هایی جهت برقراری ارتباط بین دو مدل مذکور تعبیه شده است که کاربر می‌بایست در تعریف مدل، لینک‌های مذکور را جهت ارتباط بهتر مدل‌های یک‌بعدی و دوبعدی در حین شبیه‌سازی تعریف نماید. از قابلیت‌های دیگر مدل Mike Flood، سهولت شبیه‌سازی سرعت‌های بالا و جریان‌های فوق بحرانی در شبکه پیچیده و طولانی رودخانه‌ای می‌باشد. شکل (۲) به صورت شماتیک نحوه شبیه‌سازی سیلاب در نرم‌افزار Mike Flood را نشان می‌دهد (User manual Mike Flood, 2014).

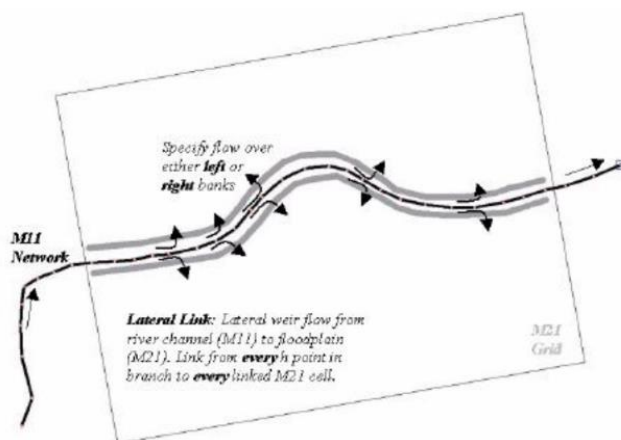
سیلابدشت) را به صورت یکپارچه ارائه نموده و ارتباط این دو مدل را از طریق معرفی شرایط مرزی مناسب، برقرار می‌نماید. نحوه عمل بگونه‌ای است که در مواقع قبل از پر شدن مقطع جریان در آبراهه اصلی رودخانه، مدل Mike11 فعال بوده و روندیابی سیل در آبراهه اصلی را انجام می‌دهد. در این حین، تمامی سازه‌های موجود در مسیر آبراهه را با تمامی جزئیات در شبیه‌سازی در نظر می‌گیرد. با افزایش شدت جریان و پر شدن مقطع جریان در مجرای اصلی و نفوذ جریان به سیلابدشت، مدل Mike21 فعال شده و شروع به شبیه‌سازی دو بعدی



شکل (۱): موقعیت رودخانه گیوی چای و سد مخزنی گیوی

جدول (۱): مشخصات کلی سد گیوی (گزارش مطالعات طرح سد مخزنی گیوی و هیدرولوژی سد گیوی، ۱۳۸۲)

توضیح یا مقدار	پارامتر	توضیح یا مقدار	پارامتر
۵۳/۱۴ میلیون مترمکعب	حجم مخزن در رقوم عادی بهره‌برداری	خاکی با هسته رسی	نوع سد
اوجی متصل به شوت	نوع سر ریز	۱۵۶۴ متر از سطح دریا	رقوم تاج سد
۲۵ متر	عرض تاج سرریز	۱۵۵۶ متر از سطح دریا	رقوم تاج سرریز
۷۸۵ متر مکعب بر ثانیه	دبی اوج سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله (طراحی)	۱۴۸۵ متر از سطح دریا	رقوم کف رودخانه
۱۰۳۳ متر مکعب بر ثانیه	دبی اوج سیلاب حداکثر محتمل (کنترل)	۷۹ متر	ارتفاع سد



شکل (۲): شمای عمومی نحوه مدل سازی یک بعدی دو بعدی در برنامه Mike Flood

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (۳)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{H^2 C^2} - v \left[ \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial x \partial y} \right] = 0 \quad (۴)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{q^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{H^2 C^2} - v \left[ \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial x \partial y} \right] = 0 \quad (۵)$$

در این معادلات،  $\eta$  بیانگر ارتفاع سطح آب،  $p$  و  $q$  نمایانگر شارهای عبوری در جهات  $x$  و  $y$ ،  $d$  نشان دهنده تغییرات زمانی عمق آب،  $H = \xi + h$  نشان دهنده ارتفاع کل آب،  $h$  بیانگر عمق آب،  $C$  ضریب شزی و  $v$  لزجت سینماتیکی می باشد، (User manual Mike Flood, 2014).

### روند مدل سازی شکست سد گیوی

برای آماده و اجرا کردن مدل شبیه سازی شکست سد در نرم افزار Mike Flood، ابتدا باید فایل شبیه سازی شکست سد در مدل یک بعدی Mike11 و سپس فایل شبیه سازی شکست سد در مدل دو بعدی Mike21 آماده گردد و در نهایت این دو مدل، در مدل ترکیبی یک بعدی - دو بعدی Mike Flood، با یکدیگر ترکیب شوند.

### روابط مورد استفاده در نرم افزار

از آنجاییکه مدل یک بعدی - دو بعدی Mike Flood ترکیب دو ماژول Mike 11 و Mike 21 تشکیل شده است، بنابراین معادلات جریان در هر دو حالت یک بعدی و دو بعدی استفاده می شود. معادلات یک بعدی شامل معادلات پیوستگی و اندازه حرکت (معادلات سنت ونانت) به صورت معادلات (۱) و (۲) استفاده می شوند:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (۱)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial X} + qA \frac{\partial h}{\partial X} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (۲)$$

در این معادلات،  $Q$  برابر با دبی جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه،  $A$  بیانگر سطح مقطع جریان بر حسب مترمربع،  $q$  بیان کننده دبی جریان فرعی (دبی در واحد طول تغذیه یا برداشت) بر حسب مترمربع بر ثانیه،  $h$  نشانگر تراز سطح آب بر حسب متر نسبت به سطح مبنا،  $C$  ضریب شزی و  $\alpha$  ضریب تصحیح انرژی جنبشی و در نهایت  $R$  شعاع هیدرولیکی مقطع می باشند. معادلات دو بعدی استفاده شده در نرم افزار Mike21 شامل معادلات دو بعدی پیوستگی و اندازه حرکت مطابق معادلات (۳) تا (۵) می باشند. در معادلات مذکور از نیروی کوریولیس و باد صرف نظر شده است.

رودخانه گیوی چای، ۱۳۹۶). بر این اساس در تحقیق حاضر از همین مقادیر برای ضریب زبری مانینگ استفاده شده است. جهت شبکه‌بندی محدوده مطالعاتی در نرم‌افزار Mike21 از شبکه‌های مثلثی با حداکثر ابعاد ۵۰۰۰ متر مربع استفاده شده است. این مقدار بعد از بررسی حساسیت اندازه شبکه در نتایج خروجی بدست آمده به گونه‌ای که علاوه بر عدم تاثیر بر نتایج خروجی، زمان اجرای برنامه طولانی نشود. در شکل (۴) نمایی از شبکه نهایی در نظر گرفته شده برای محدوده مطالعاتی نشان داده شده است.

روابط تجربی مختلفی توسط محققین قبلی جهت برآورد پارامترهای شکاف در حالت سناریوی روگذری و زیرشویی ارائه شده است. از آنجاییکه هیدروگراف خروجی از شکافت سد تابعی از عرض شکاف و مدت زمان توسعه شکاف می‌باشد، لذا به منظور انتخاب روش مناسب برآورد پارامترهای توسعه شکاف سد، در تحقیق حاضر، روابط مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از روابط (۶) و (۷) که توسط Froehlich, (2008) ارائه شده، پارامترهای شکاف سد گیوی محاسبه شد. مقادیر بدست آمده برای سد گیوی در جدول (۲) ارائه شده است.

$$B_{ave} = 0.27K_0 V_w^{0.32} h_b^{0.04} \quad (۶)$$

$$t_f = 63.2 \sqrt{\frac{V_w}{gh_b^2}} \quad (۷)$$

در روابط فوق،  $B_{ave}$ : عرض متوسط شکاف (متر)،  $K_0$ : مقدار ثابت که برای روگذری برابر با ۱/۳ و برای زیرشویی برابر با عدد یک،  $V_w$ : حجم مخزن در لحظه شکست (مترمکعب)،  $h_b$ : ارتفاع نهایی شکافت (متر)،  $t_f$ : زمان شکل‌گیری شکاف (ثانیه) و  $g$  شتاب گرانش زمین بر حسب متر بر مجذور ثانیه می‌باشد.

بعد از معرفی مشخصات سد گیوی در نرم‌افزار Mike11، پارامترهای شکاف در این نرم‌افزار معرفی شد. همچنین مشخصات پل‌ها نیز در این نرم‌افزار وارد گردید.

#### سناریوهای شبیه‌سازی شکست سد گیوی

به منظور شبیه‌سازی سیلاب حاصل از شکست سد گیوی، نیازمند تعریف مشخصات هندسی مخزن سد، مجرای اصلی رودخانه (مقاطع عرضی رودخانه) و همچنین مشخصات هندسی سیلابدشت محدوده مورد مطالعه در مدل شبیه‌سازی می‌باشد. در تحقیق حاضر از اطلاعات نقشه‌برداری جدید منطقه برای استخراج مقاطع عرضی مخزن و رودخانه استفاده شده است. نقشه‌های استفاده شده در این تحقیق دارای مقیاس ۱:۱۰۰۰ بوده است. طول مجرای اصلی از ابتدای مخزن تا روستای فیروزآباد در حدود ۳۰ کیلومتر می‌باشد که تعداد ۱۶۵ مقطع عرضی تهیه و وارد مدل گردیده است. بطور متوسط فواصل مقاطع عرضی در حدود ۱۵۰ متر می‌باشد که بر حسب وضعیت رودخانه و موقعیت مآندر آن و یا وجود سازه‌های آبی در مسیر مجرای اصلی، این فاصله متغیر می‌باشد. به منظور تعریف مشخصات رقومی سیلابدشت محدوده مورد مطالعه به مدل، توپوگرافی منطقه به کمک نرم‌افزار ArcGIS و تولید DEM با دقت ۵ متری محدوده طرح و انتقال آن به صورت فایل ASCII به مدل Mike Flood انجام پذیرفته است. در شکل (۳) توپوگرافی منطقه ساخته شده در نرم‌افزار Mike21 و همچنین اتصال مسیر رودخانه در نرم‌افزار Mike11 با توپوگرافی منطقه در نرم‌افزار Mike Flood نشان داده شده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده از ابتدای بازه مطالعاتی تا محدوده ورودی رودخانه به شهر گیوی، برای ضریب مانینگ مقدار، ۰/۰۳۵ در نظر گرفته شده است. از محدوده ورودی رودخانه به شهر گیوی چای تا پایین‌دست باغات انبوه در حاشیه رودخانه و نرسیده به روستای کرک آباد از دو مقدار ۰/۰۴ برای محدوده غیرباغات و ۰/۰۵ برای باغات استفاده شده است. همچنین از محدوده انتهایی باغات متراکم در حاشیه رودخانه تا پایین‌دست محدوده روستای فیروزآباد مقدار ۰/۰۳۵ در نظر گرفته شده است. نتایج یک مطالعه انجام شده در منطقه بر روی این مقادیر ضریب زبری نشان می‌دهد که مقادیر جریان پیش‌بینی شده در محل ایستگاه آبسنجی فیروزآباد با مقادیر اندازه‌گیری شده تطابق مناسبی دارد. گزارش مطالعات بررسی تأثیر سد گیوی بر پایین دست و بالادست

ثانیه و کل زمان شبیه‌سازی به مدت ۲ روز در نظر گرفته شده است.

### شرایط اولیه و مرزی مدل

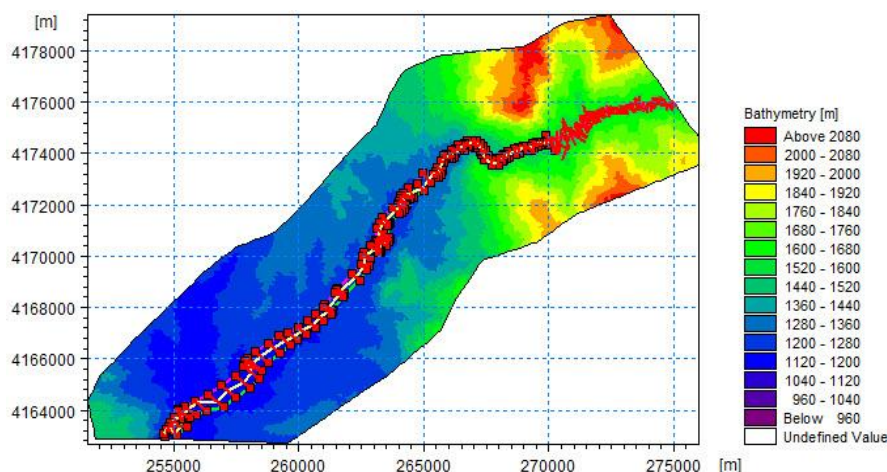
شرایط مرزی بالادست در حالت سناریوی (۱) شامل حداکثر سیلاب محتمل و در حالت سناریوهای (۲) تا (۴) یک جریان ثابت به مقدار متوسط دبی سالیانه رودخانه بوده است. شرایط مرزی پایین‌دست مدل به صورت منحنی دبی-اشل ایستگاه آبسنجی فیروزآباد معرفی شده است. سطح آب مخزن سد گیوی در سناریوهای (۱)، (۲) و (۴) در بدترین حالت ممکن یعنی تراز نرمال (آستانه سرریزی) و در سناریوی (۳) در حالت ۸۰ درصد عمق نرمال در نظر گرفته شده است.

در شکل (۵) هیدروگراف سیل حداکثر محتمل نشان داده شده است. از این هیدروگراف‌ها به عنوان شرایط مرزی بالادست در مدل‌سازی استفاده شده است

در این تحقیق چهار سناریو برای مدل‌سازی شکست سد گیوی در نظر گرفته شد و مشخصات سیلاب ناشی از شکست سد تحت این سناریوها استخراج شده است. سناریوهایی که در این تحقیق مد نظر قرار گرفته‌اند عبارتند از:

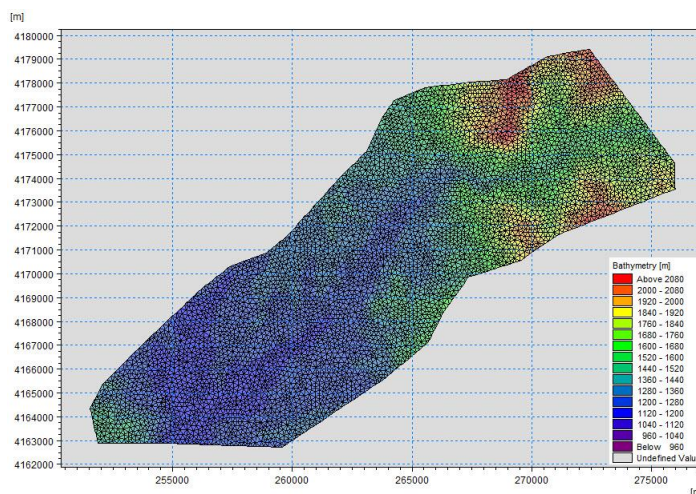
- (۱) سناریوی حداکثر سیل محتمل (PMF) با مکانیزم روگذری در حالت مخزن پر (آستانه سرریز)
- (۲) سناریوی شکست سد در روز آفتابی (-Sunny day) با مکانیزم زیرشویی در حالت مخزن پر
- (۳) سناریوی شکست سد در روز آفتابی (-Sunny day) با مکانیزم زیرشویی در حالت مخزن ۸۰ درصد پر
- (۴) سناریو شکست خرابکارانه یا انهدام آبی سد در حالت مخزن پر

همانگونه که مشخص است سعی شده است در انتخاب سناریوها بدترین شرایط ممکن لحاظ شود. در ادامه اقدام به بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی شکست سد در هر سناریو پرداخته می‌شود. طول گام زمانی شبیه‌سازی ۰/۵



شکل (۳): اتصال مسیر رودخانه با توپوگرافی منطقه در نرم‌افزار Mike Flood

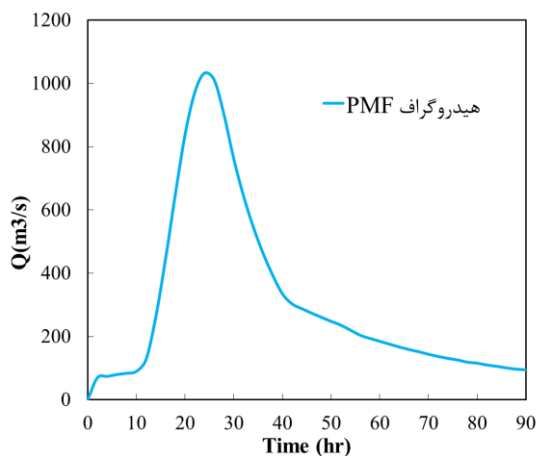




شکل (۴): شبکه نهایی در نظر گرفته شده برای محدوده مطالعاتی در نرم افزار Mike21

جدول (۲): پارامترهای شکاف در نظر گرفته شده جهت شکست سد گیوی در شرایط روگذری و زیرشویی

شرایط	زمان توسعه شکاف (دقیقه)	عرض شکاف (متر)	تراز کف شکاف (متر)	شیب دیوار شکاف
روگذری	۳۴/۵	۱۲۳/۵	۱۴۸۵	1H:1V
زیرشویی	۳۴/۵	۸۴/۴	۱۴۸۵	0.7H:1V



شکل (۵): هیدروگراف ورودی حداکثر سیل محتمل به مخزن سد گیوی (گزارش مطالعات سد مخزنی و هیدرولوژی سد گیوی، ۱۳۸۲)

### رأئه و تحلیل نتایج

در این بخش نتایج حاصل از اجرای مدل ارائه شده و مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

### سناریوی شکست سد با مکانیزم روگذری

در این شرایط آب ورودی حاصل از PMF بعد از جمع شدن در مخزن و انجام سرریز به مرحله‌ای می‌رسد که امکان نگهداشت در مخزن وجود ندارد و روگذری اتفاق می‌افتد. وجود پل‌ها در طول مسیر موجب گرفتگی موقت

در مسیر عبور جریان و در نهایت عبور آب از عرشه پل می‌شود که این موضوع در نتایج کاملاً مشخص است. در جدول (۳) نتایج شبیه‌سازی سناریوهای مختلف شکست سد گیوی شامل دبی‌های حدکثر و زمان رسیدن موج سیل نشان داده شده است. بر اساس داده‌های این جدول، نتایج شبیه‌سازی شکست سد گیوی در سناریوی حداکثر سیل محتمل PMF (مکانیزم روگذری)، نشان می‌دهد که با شکست سد گیوی در اثر روگذری با وقوع حداکثر

جمله مشکلات اجرایی سازه سد، با مکانیزم آبشستگی (Piping) شکسته شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در سناریو (۲) با شکست سد گیوی، بده پیک سیلاب تولید شده در اولین مقطع عرضی بعد از سد گیوی، ۴۸۰۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۹ دقیقه بعد از شروع شکست سد به وقوع می‌پیوندد (جدول ۳). اولین موج سیلاب ایجاد شده در اثر شکست سد در این سناریو، ۶ دقیقه پس از شروع شکست به شهر گیوی رسیده و ۲۲ دقیقه پس از شکست سد به بده بیشینه ۴۸۱۹۲ مترمکعب بر ثانیه می‌رسد. در ادامه مسیر، پیک سیلاب ناشی از شکست سد گیوی، در ورودی روستاهای میکاییل آباد و فیروزآباد به ترتیب، ۳۳۵۴۲ و ۲۴۲۶۴ مترمکعب در ثانیه می‌باشد که ۴۳ و ۵۶ دقیقه پس از وقوع شکست سد اتفاق می‌افتد.

در حالت سناریوی (۳) و در شرایطی که مخزن به میزان ۸۰ درصد پر است، نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که بده پیک سیلاب تولید شده در اولین مقطع عرضی بعد از سد گیوی، ۲۶۲۵۸ مترمکعب بر ثانیه ۱۸ دقیقه بعد از شروع شکست سد به وقوع می‌پیوندد (جدول ۳). این مقدار به میزان حدوداً ۴۵٪ کمتر از حالت سناریو (۲) می‌باشد. در این سناریو اولین موج سیلاب ایجاد شده در اثر شکست سد گیوی، ۷ دقیقه پس از شروع شکست به شهر گیوی رسیده و ۲۱ دقیقه پس از شکست سد به بده بیشینه ۲۶۱۶۷ مترمکعب بر ثانیه می‌رسد. در ادامه مسیر، پیک سیلاب ناشی از شکست سد گیوی، در ورودی روستاهای میکاییل آباد و فیروزآباد به ترتیب، ۱۷۷۴۸ و ۱۱۰۸۷ مترمکعب در ثانیه می‌باشد که ۴۴ و ۶۲ دقیقه پس از وقوع شکست سد اتفاق می‌افتد.

در شکل‌های (۷) و (۸) هیدروگراف سیل در مقطع خروجی از سد (سیل ورودی) و همچنین هیدروگراف سیل در مقطع خروجی از مرز پایین‌دست (سیل خروجی) نشان داده شده است. با توجه به زمان تداوم سیل ورودی بیشتر در این حالت‌ها نسبت به سیل مربوط به سناریو (۱) مقایسه این شکل‌ها با شکل (۶) نشان می‌دهد که هیدروگراف‌ها در این حالت بازتر شده و زمان تداوم بیشتری دارند. از طرفی کاهش شدید پیک سیلاب به

سیلاب محتمل، بده پیک سیلاب تولید شده در حدود ۶۸۷۷۷ مترمکعب بر ثانیه در ۲۲ ساعت و ۱۹ دقیقه بعد از ورود اولین موج حداکثر سیل محتمل (PMF) به مخزن سد گیوی به وقوع می‌پیوندد. اولین موج سیلاب ایجاد شده در پایین‌دست سد گیوی، ۱۶ ساعت بعد از ورود بعد ورود سیل به مخزن سد گیوی، به شهر گیوی رسیده و در زمان ۲۲ ساعت و ۲۲ دقیقه بعد از ورود اولین موج حداکثر سیل محتمل (PMF) به مخزن سد گیوی به مقدار ۶۸۷۵۳ مترمکعب بر ثانیه می‌رسد. به دلیل اینکه مسیر رودخانه گیوی چای بین سد گیوی و شهر گیوی در داخل دره پرشیب و کوهستانی می‌باشد و همچنین فاصله بین سد و شهر بسیار بهم نزدیک است، بنابراین هیدروگراف سیل در محل سد با هیدروگراف سیل ورودی به شهر گیوی تفاوت چندانی با هم ندارند. در ادامه مسیر، پیک سیلاب ناشی از شکست سد گیوی، در ورودی روستاهای میکاییل آباد و فیروزآباد به ترتیب، ۵۰۹۹۰ و ۳۶۷۵۳ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. در شکل (۶) هیدروگراف سیل در مقطع خروجی از سد (سیل ورودی) و همچنین هیدروگراف سیل در مقطع خروجی از مرز پایین‌دست (سیل خروجی) در محل ایستگاه آبسنجی فیروزآباد نشان داده شده است. این شکل بیانگر کاهش شدید پیک سیلاب به علت ورودی آب به دشت‌های سیلابی اطراف رودخانه به همراه افزایش زمان تداوم سیل است. از طرفی اختلاف زیاد مابین پیک سیلاب ورودی به روستای فیروزآباد و خروجی از مرز پایین‌دست نشان دهنده ورود حجم زیادی از سیل به داخل روستا می‌باشد. نتایج جدول (۳) همچنین بیانگر آن است که پیک سیلاب در طول مسیر به علت ورود و خروج آب از دشت سیلاب دارای نوسان است ولی روند کاهشی پیک سیلاب از بالادست تا پایین‌دست کاملاً مشهود است.

### سناریوهای روز آفتابی Sunny-Day (مکانیزم زیرشویی)

در این سناریوها فرض شده است که مخزن سد گیوی در یک روز آفتابی در تراز نرمال (سناریوی ۲) و یا ۸۰ درصد ارتفاع نرمال (سناریوی ۳) قرار داشته و سد به دلایلی از

است. زمان تداوم کوتاه و پیک شدید سیلاب مشخصه سیلاب ورودی در این حالت در مقایسه با سیلاب‌های مربوط به سناریوهای قبلی به خصوص سناریوهای زیرشویی است.

### میزان آبرفتگی محدوده مورد مطالعه تحت سناریوهای مختلف

با ورود آب در بازه‌ای از رودخانه گیوی چای به سیلابدشت در هر کدام از سناریوهای محتمل شکست سد گیوی، مدل دو بعدی Mike Flood شروع به شبیه‌سازی حرکت سیلاب در سیلابدشت می‌نماید. نتایج شبیه‌سازی‌های صورت گرفته، نشان می‌دهد در سناریوی (۱)، در محدوده بین سد گیوی و شهر گیوی، بعد از شکست سد، جریان سیلابی ناشی از آن به دلیل قرار گرفتن مسیر رودخانه در دره V شکل با دیواره‌هایی با شیب نسبتاً تند، عمده حرکت موج سیلابی در مسیر مجرای اصلی بوده و سیلاب در حوالی شهر گیوی وارد سیلابدشت گردیده است. به لحاظ تراز ارتفاعی شهر گیوی قسمتی از جنوب شرقی شهر گیوی که نزدیک به رودخانه گیوی چای می‌باشد زیر آب می‌رود ولی بقیه شهر از خطر سیل در امان می‌باشد. همچنین قسمتی از جاده ارتباطی گیوی-آبگرم در قسمت جنوب شرقی شهر گیوی در اثر سیلاب ناشی از شکست سد تخریب می‌شود. به دلیل وجود تراز ارتفاعی در مسیر بین شهر گیوی تا روستای فیروزآباد، عمده پخش سیل در ساحل سمت چپ رودخانه گیوی چای بوده و تمامی باغات و زمین‌های کشاورزی، تمامی پل‌ها و روستاهای مسیر از جمله روستای سکر آباد، میکاییل آباد و فیروزآباد را زیر آب می‌برد.

در سناریوی (۲) بحث شکست سد گیوی تحت اثر زیرشویی در ترازهای مختلف مخزن بوده است. در تحلیل این پهنه باید به این نکته توجه داشت که جریانی از سرریز سد گیوی خارج نمی‌شود چرا که در این سناریو، تراز آب در سد در تراز نرمال و پایین‌تر از آن قرار دارد و جریان ناچیزی وارد مخزن سد می‌شود. بنابراین در اثر شکست سد تحت این عامل به تدریج بده جریان در بازه مجرای پایین‌دست سد گیوی افزایش می‌یابد تا در نهایت

همراه افزایش زمان تداوم سیل نسبت به حالت سیل ورودی کاملاً مشهود است. همچنین همانگونه که مشخص است پیک سیلاب در طول مسیر به علت ورود و خروج آب از دشت سیلاب دارای نوسان است ولی روند کاهشی پیک سیلاب از بالادست تا پایین‌دست کاملاً مشهود است.

### سناریوی خرابکاری

سناریو خرابکاری (انهدام فیزیکی کل سد) یا سناریوی (۴)، که از موارد مهم و اساسی در بحث پدافند غیر عامل می‌باشد، در این تحقیق لحاظ شده است. در این سناریو فرض شده است که مخزن سد گیوی در یک روز آفتابی در تراز نرمال قرار داشته و کل سد به دلایلی نظیر انفجار در بدنه کاملاً از بین رفته است. با توجه به جدول (۳) نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در این سناریو با شکست سد گیوی، بده پیک سیلاب تولید شده در اولین مقطع عرضی بعد از سد گیوی، ۱۲۹۷۸۳ مترمکعب بر ثانیه ۴ دقیقه بعد از شروع شکست سد به وقوع می‌پیوندد. همانگونه که مشخص است دبی سیلاب در این حالت بسیار بیشتر از سیلاب‌های حاصل از سناریوی (۱) به میزان ۸۸ درصد و نسبت به سناریوی (۲) به میزان ۱/۷ برابر است. این موضوع نشان دهنده فاکتور زمان است چرا که در حالت سناریوی (۴) زمان شکست نزدیک به صفر است ولی در سناریوهای دیگر زمان شکستی کمتر از یک ساعت مطرح است. در نتیجه در این حالت وقوع سیلاب‌های به مراتب بزرگتری محتمل است.

همچنین در سناریوی (۴) اولین موج سیلاب ایجاد شده در اثر شکست سد گیوی، ۲ دقیقه پس از شروع شکست به شهر گیوی رسیده و ۶ دقیقه پس از شکست سد به بده بیشینه ۱۲۵۲۹۸ مترمکعب بر ثانیه می‌رسد. در ادامه مسیر، پیک سیلاب ناشی از شکست سد گیوی، در ورودی روستاهای میکاییل آباد و فیروزآباد به ترتیب، ۵۱۴۳۴ و ۲۶۷۰۰ متر مکعب در ثانیه می‌باشد که ۲۲ و ۳۶ دقیقه پس از وقوع شکست سد اتفاق می‌افتد.

در شکل (۹) هیدروگراف سیل در مقطع خروجی از سد (سیل ورودی) و همچنین هیدروگراف سیل در مقطع خروجی از مرز پایین‌دست (سیل خروجی) نشان داده شده

شکست سد گیوی نشان داده شده است. با توجه به این شکل‌ها درگیری مناطق مختلف در پایین دست سد گیوی ناشی از سیلاب شکست سد کاملاً مشخص است. بر اساس نتایج بدست آمده از این شکل‌ها می‌توان درصد آبگیری مناطق مختلف را محاسبه نمود. در جدول (۴) این مقادیر با توجه به سناریوهای مختلف شبیه‌سازی در زمان‌های مختلف نشان داده شده است. نتایج این جدول به همراه جزئیات مناطقی که تحت سیلاب زیر آب می‌روند از اهمیت زیادی در شرایط مدیریت بحران برخوردار است. همانگونه که در این جدول مشخص است بیشترین میزان مناطق درگیر مربوط به سناریوی (۴) است

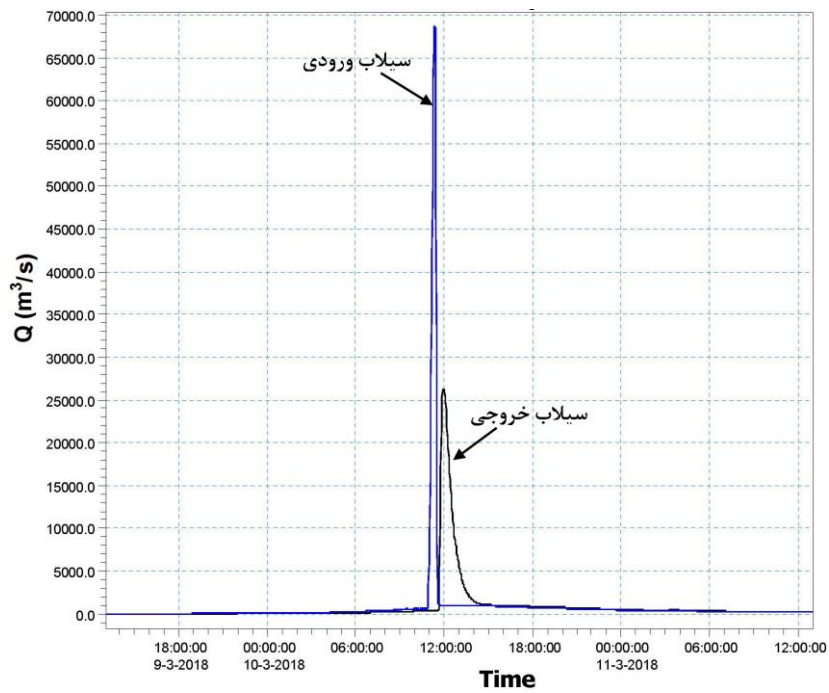
به مقدار بیشینه خود می‌رسد. در این سناریو نیز تمامی پل‌ها موجود در مسیر، باغات و زمین‌های کشاورزی و روستاهای سکرآباد، میکاییل‌آباد و فیروزآباد زیر آب خواهد رفت. سناریوی (۴)، بدترین پهنه سیلاب را در منطقه ایجاد می‌کند و علاوه بر اینکه تمامی تاسیسات، باغات و روستاهای محدوده مورد مطالعه زیر آب می‌رود، ۱۹ درصد از شهر گیوی از قسمت جنوبی آن نیز زیر آب خواهد رفت. با توجه به محدودیت صفحات مقاله در این تحقیق تنها به نقشه‌های پهنه سیلاب مربوط به حالت سناریوی (۴) که بیشترین پهنه را داراست اشاره می‌شود. شکل‌های (۱۰) و (۱۱) پهنه سیلاب بعد از ۱۵ و ۵۰ دقیقه از

جدول (۳): نتایج شبیه‌سازی سناریوهای مختلف شکست سد گیوی شامل دبی‌های حدکثر و زمان رسیدن موج سیل (زمان شروع شبیه‌سازی 09/03/18 01:00:00 PM)

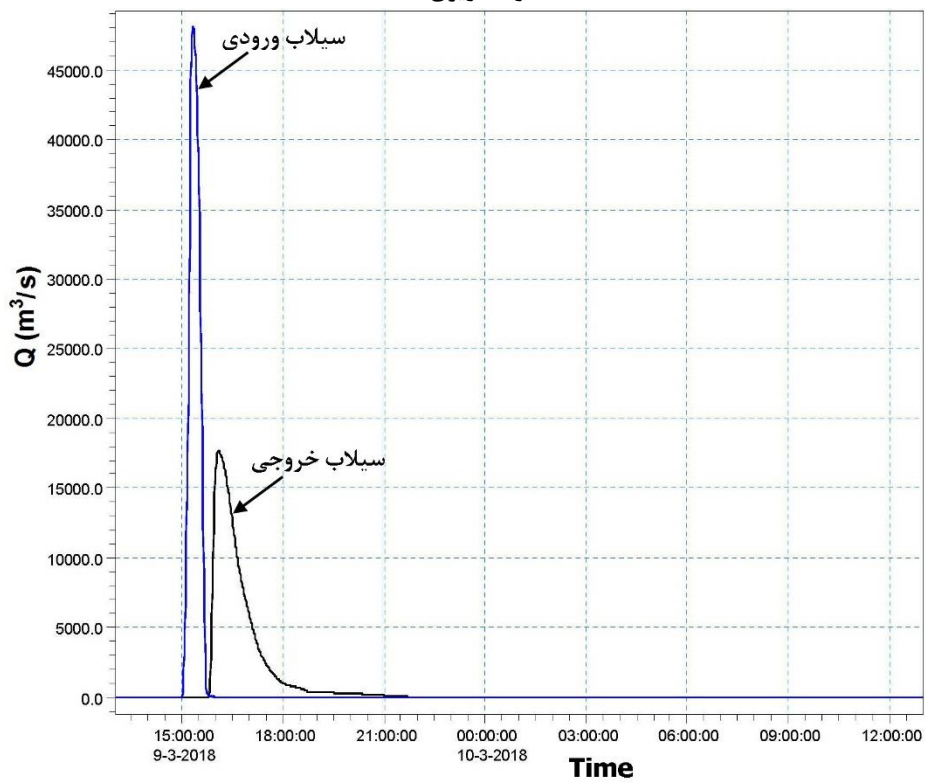
سناریو	مکان	فاصله از محل شبیه سازی (متر)	بده پیک سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	زمان رسیدن به پیک نسبت به ابتدای شبیه سازی	زمان شروع سیلاب نسبت به ابتدای شبیه سازی	زمان پایان سیلاب نسبت به ابتدای شبیه سازی
۱	بعد از سد	6512.6	68777.1	10/03/18 11:19:59 AM	10/03/18 4:59:00 AM	11/03/2018 01:00:00 PM
	گیوی	10140.5	68753.5	10/03/18 11:21:59 AM	10/03/18 5:03:00 AM	11/03/2018 01:00:00 PM
۲	فیروزآباد	27069.2	36753.6	10/03/18 11:47:59 AM	10/03/18 6:51:00 AM	11/03/2018 01:00:00 PM
	بعد از سد	6512.6	48050.6	09/03/18 3:19:59 PM	09/03/18 3:01:10 PM	09/03/18 3:45:41 PM
۳	گیوی	10140.5	48192.1	09/03/18 3:22:00 PM	09/03/18 3:06:26 PM	09/03/18 3:54:10 PM
	فیروزآباد	27069.2	24264.4	09/03/18 3:56:59 PM	09/03/18 3:40:36 PM	09/03/18 6:37:27 PM
۴	بعد از سد	6512.6	26258.1	09/03/18 3:18:59 PM	09/03/18 3:01:10 PM	09/03/18 3:41:56 PM
	گیوی	10140.5	26167.4	09/03/18 3:21:00 PM	09/03/18 3:07:04 PM	09/03/18 3:50:35 PM

ادامه جدول (۳): نتایج شبیه‌سازی سناریوهای مختلف شکست سد گیوی شامل دبی‌های حدکثر و زمان رسیدن موج سیل (زمان شروع شبیه‌سازی 09/03/18 01:00:00 PM)

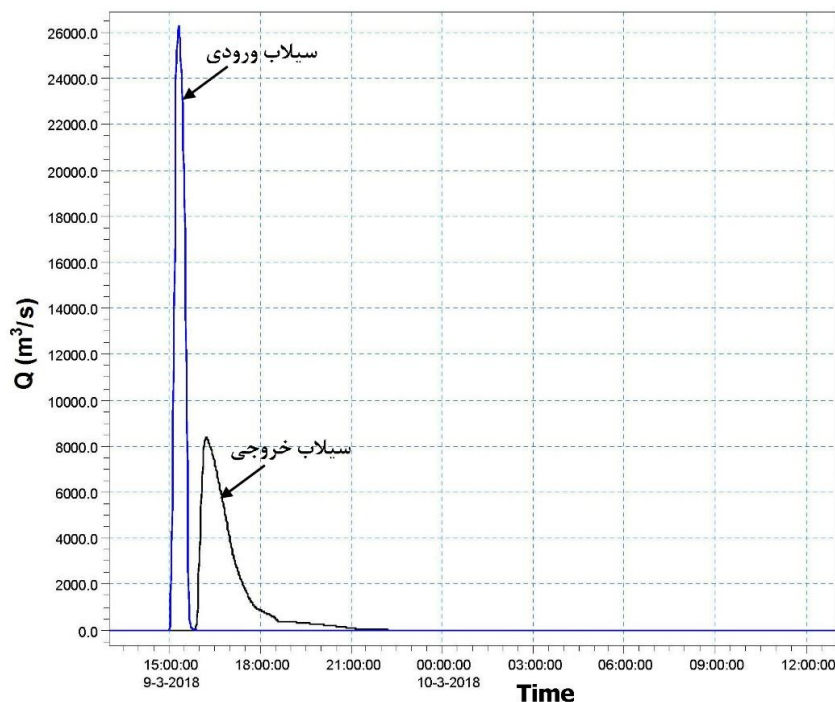
۴	فیروزآباد	27069.2	11087.5	09/03/18 4:02:59 PM	09/03/18 3:43:39 PM	09/03/18 6:58:28 PM
	بعد از سد	6512.6	129783.4	09/03/18 4:04:00 PM	09/03/18 4:00:00 PM	09/03/18 4:29:00 PM
۴	گیوی	10140.5	125298.5	09/03/18 4:06:00 PM	09/03/18 4:02:00 PM	09/03/18 4:36:25 PM
	فیروزآباد	27069.2	26700.547	09/03/18 4:36:00 PM	09/03/18 4:24:08 PM	10/03/2018 01:00:00 PM



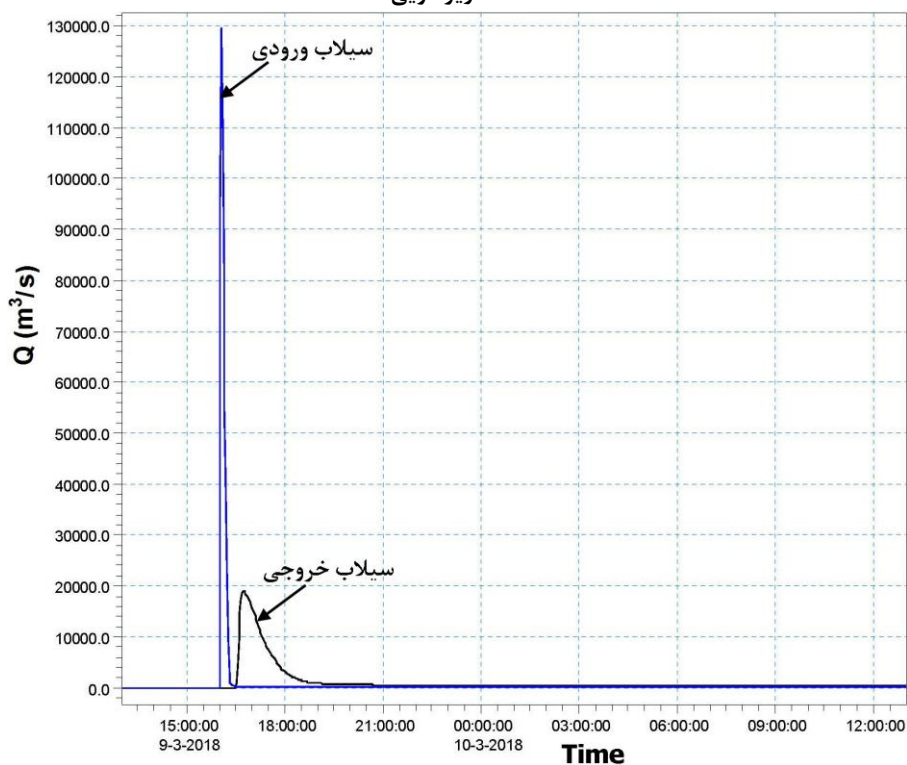
شکل (۶): مقایسه سیلاب ورودی به رودخانه ناشی از شکست سد گیوی و سیلاب عبوری از مرز پایین‌دست در محل روستای فیروزآباد در سناریوی (۱)



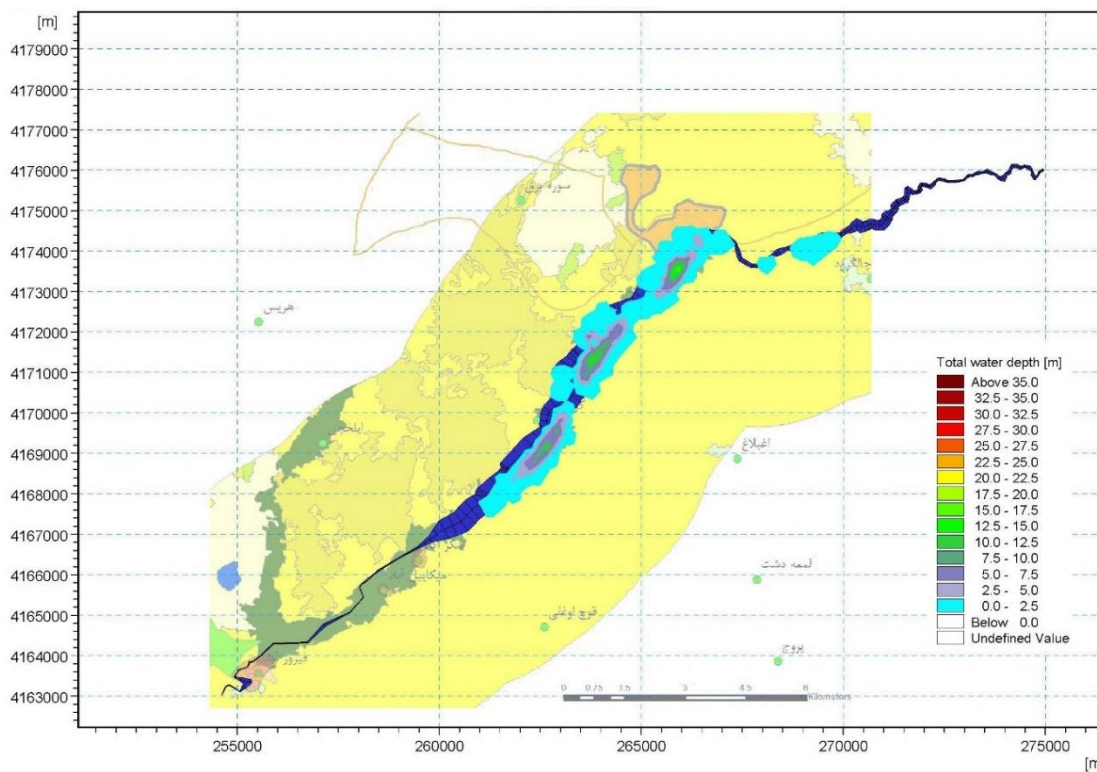
شکل (۷): مقایسه سیلاب ورودی به رودخانه ناشی از شکست سد گیوی و سیلاب عبوری از مرز پایین‌دست در سناریوی (۲) مربوط به حالت زیرشویی



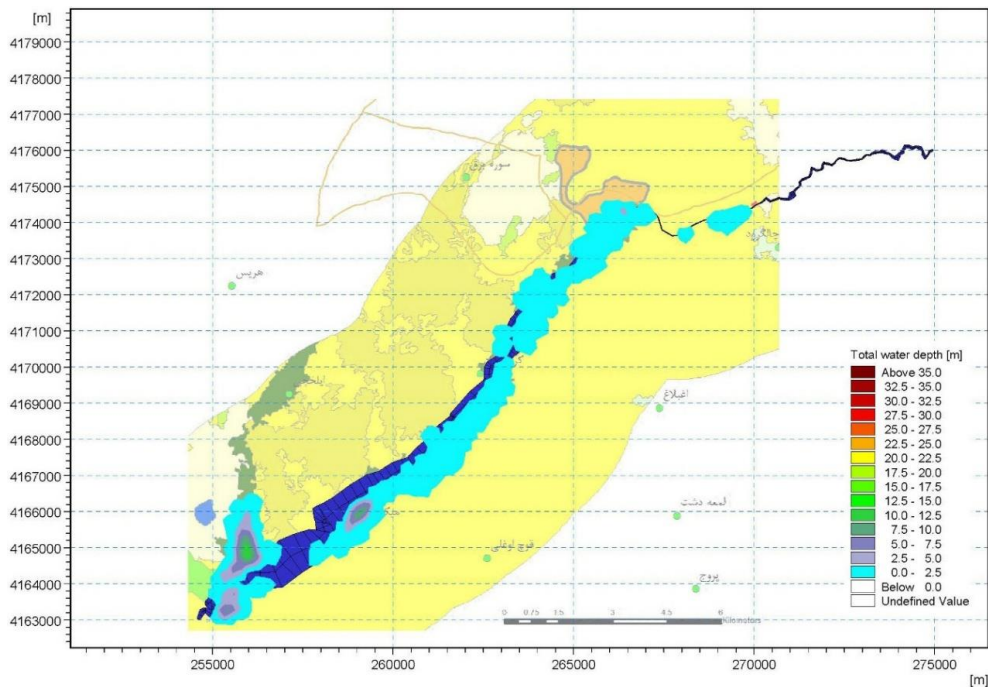
شکل (۸): مقایسه سیلاب ورودی به رودخانه ناشی از شکست سد گیوی و سیلاب عبوری از مرز پایین دست در سناریوی (۳) مربوط به حالت زیرشویی



شکل (۹): مقایسه سیلاب ورودی به رودخانه ناشی از شکست سد گیوی و سیلاب عبوری از مرز پایین دست در سناریوی (۴) مربوط به حالت خرابکاری



شکل (۱۰): پهنه سیلاب در شرایط سناریوی (۴) بعد از گذشت ۱۵ دقیقه از شکست سد



شکل (۱۱): پهنه سیلاب در شرایط سناریوی (۴) بعد از گذشت ۵۰ دقیقه از شکست سد

جدول (۴): درصد آبگرفتگی نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه تحت سناریوهای مختلف  
(زمان شروع شبیه سازی 09/03/18 01:00:00 PM)

سناریو	زمان	شهر گیوی	روستای گرگ آباد	روستای سکرآباد	روستای میکائیل آباد	روستای فیروزآباد
	10/03/18 10:40:00 AM	-	-	-	-	-
	10/03/18 11:25:00 AM	۱۷	۱۰۰	-	-	-
(۱)	10/03/18 11:30:00 AM	۱۷	۱۰۰	۳۰	۱۰۰	۵۹
	10/03/18 12:00:00 PM	۱۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	10/03/18 19:00:00 PM	۱۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	09/03/18 15:20:00 PM	۱۱	-	-	-	-
	09/03/18 15:30:00 PM	۱۳/۵	۱۰۰	-	-	-
(۲)	09/03/18 15:45:00 PM	۱۳/۵	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۹
	09/03/18 16:10:00 PM	۱۳/۵	۱۰۰	۳۰	۱۰۰	۱۰۰
	09/03/18 16:03:00 PM	-	-	-	-	-
	09/03/18 16:05:00 PM	۱۷	-	-	-	-
	09/03/18 16:10:00 PM	۱۹	-	-	-	-
	09/03/18 16:14:00 PM	۱۹	۱۰۰	-	-	-
(۴)	09/03/18 16:25:00 PM	۱۹	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	-
	09/03/18 16:35:00 PM	۱۹	۱۰۰	۶۰	۱۰۰	۱۰۰
	09/03/18 16:50:00 PM	۱۹	۱۰۰	۳۵	۱۰۰	۱۰۰
	09/03/18 18:00:00 PM	۱۹	۱۰۰	۳۵	۱۰۰	۱۰۰

### نتیجه‌گیری

با توجه به ضرورت شناخت مشخصات سیلاب ایجاد شده ناشی از شکست سد در مناطق پایین‌دست سد، در این تحقیق، شبیه‌سازی شکست سد گیوی و استخراج اطلاعات و مشخصات مربوط به سیل احتمالی ناشی از شکست آن مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مدل سازی از نرم‌افزار Mike-Flood که ترکیبی از نرم‌افزار یک بعدی Mike-11 و نرم‌افزار دوبعدی Mike-21 می‌باشد، استفاده شد. همچنین سناریوی وقوع حداکثر سیل محتمل (PMF) جهت ایجاد مکانیزم روگذری (Overtopping) به همراه سناریوهای روز آفتابی (Sunny day) جهت وقوع مکانیزم فرسایش (Piping) در دو حالت پرشدگی مخزن و همچنین سناریوی خرابکاری به صورت شکست آنی کل سد مورد بررسی قرار

گرفت. تفسیر و تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده با استفاده از تعیین مدل‌های رقومی ترازهای سطح آب و نهایتاً تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام شده و مناطق سیل‌گیر برای هر سناریو مشخص شده است.

نتایج بدست آمده نشان داد که در بحرانی‌ترین سناریو که مربوط به شکست آنی سد می‌باشد، در حدود ۲۰ درصد از قسمت جنوبی شهر که در نزدیکی رودخانه گیوی قرار دارد، زیر آب خواهد رفت. همچنین تمامی روستاهایی که در سمت چپ ساحل رودخانه گیوی چای قرار گرفته‌اند به طور کامل زیر آب خواهند رفت. از نتایج بدست آمده می‌توان در تهیه طرح واکنش فوری منطقه مورد مطالعه استفاده کرد.



## تقدیر و تشکر

این پروژه تحقیقاتی با حمایت مالی کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای اردبیل (گروه تحقیقات و ارتباط با دانشگاه) تحت قرارداد شماره ۹۵/۲/۱۰۳۴۵/۹۰۰ مورخ ۹۵/۱۰/۰۱ کد ARD-93024 به انجام رسیده است. بدین وسیله نویسندگان مقاله از همکاری صمیمانه شرکت آب منطقه‌ای اردبیل در انجام این پروژه تحقیقاتی نهایت تقدیر و تشکر را دارد.

## منابع

- ابارشی، م.، م. جعفرزاده و س.م. حسینی. ۱۳۸۹. بررسی خطرات ناشی از شکست سد طرق. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- باقری، ع.، ح. صدقی. ۱۳۸۸. مطالعه پهنه بندی سیلاب با استفاده از مدل‌های ریاضی یک‌بعدی و دوبعدی. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
- بنی‌هاشمی، م.ع. ۱۳۹۲. پروژه مدلسازی شکست سد یامچی، طرح تحقیقاتی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای اردبیل.
- توکلی، ا.، م. یاسی. ۱۳۹۱. پهنه بندی سیلاب ناشی از شکست سد مهاباد با استفاده از نرم افزار Mike Flood. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی.
- حسن زاده، ی.، نو. نورانی و ا. فاخری فرد. ۱۳۸۶. بررسی و تحلیل اثرات امواج ناشی از شکست سد ونیاز و تعیین حدود مناطق سیلگیر پایاب با استفاده از مدل‌های ریاضی، طرح تحقیقاتی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی.
- خدایی، م.، ج. عطاری و م. ع. بنی‌هاشمی. ۱۳۸۸. نقش سرعت جریان و زمان فرار در مدیریت بحران سیلاب ناشی از شکست سد (مطالعه موردی سد گلستان). هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
- شمسایی، ا.، ش. موسوی. ۱۳۸۳. تخمین پارامترهای شکست سدهای خاکی و روندیابی سیلاب ناشی از آن. اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.
- عباسی، ب.، ک. اسماعیلی. ۱۳۸۹. مدل‌سازی شکست هیدرولیکی سد ناشی از سیلاب ناگهانی با نرم‌افزار فلوئنت. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۴ تا ۱۶ اردیبهشت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- فردوسی، ا.، م. نعمتی، ح. درفکی، س. فرزین و ح. کرمی. ۱۳۹۷. ارزیابی عملکرد مدل‌های عددی دینامیک سیالات محاسباتی در تحلیل جریان غیردائمی حاصل از شکست سد. هفدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران. دانشگاه فنی و مهندسی، دانشگاه شهرکرد، ایران.
- فضل‌اولی، ر.، ز. غلامی و ا. شمس. ۱۳۹۱. پهنه بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی Hec-Ras در محیط ArcView GIS (مطالعه موردی: رودخانه چالوس). اولین همایش منطقه‌ای مدیریت سیلاب‌های شهری. گروه مهندسی آبخیزداری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.
- قاسمی، ک.، م. ذو نعمت کرمانی و م. ثمره هاشمی. ۱۳۹۶. بررسی هیدرولیکی شکست سد و اثرات آن بر پایین‌دست با استفاده از نرم‌افزار Mike Flood (مطالعه موردی: سد مخزنی میرزای شیرازی). نشریه علمی-پژوهشی سد و نیروگاه برقابی، سال چهارم، شماره ۱۵، صفحه ۳۵-۴۷.
- کماسی، م.، ا. کهزادی و ا. حسینی. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی هیدرولیکی پدیده شکست سد دز توسط مدل کامپیوتری MIKE. مجله هیدرولیک، دوره ۱۰، شماره ۳، صفحه ۶۳-۶۹.
- گزارش مطالعات بررسی تأثیر سد گیوی بر پایین دست و بالادست رودخانه گیوی چای. ۱۳۹۶. جلد دوم مطالعات تخصصی هیدرولیک، سیلاب، فرسایش، رسوب و ریخت‌شناسی رودخانه، شرکت آب منطقه‌ای اردبیل
- گزارش مطالعات طرح سد مخزنی و هیدرولوژی سد گیوی، شرکت مشاور مهابقدس. ۱۳۸۲.



محمد نژاد، ب.، م. فاطمی کیا، ج. بهمنش و م. منتصری. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی عددی انتشار موج ناشی از شکست سد به صورت دوبعدی قائم. نشریه مهندسی عمران و محیط‌زیست، جلد ۴۴، شماره ۳.  
هلالات ناصریان، ح.، م. عامل صادقی، ح.ع. واعظی پورو س. سیف. ۱۳۹۲. مدل‌سازی جامع سیلاب منطقه دشتیاری شهرستان چابهار و ارائه طرح علاج بخشی سیل در منطقه، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران.

- Feizi, A. 2018. Hydrodynamic Study of the Flows Caused by Dam Break around Downstream Obstacles. *The Open Civil Engineering Journal*, 12(1), 225–238.
- Feizi Khankandi, A., A. Tahershamsi, and S. Soares-Frazão. 2012. Experimental investigation of reservoir geometry effect on dam-break flow. *Journal of Hydraulic Research*, 50(4), 376–387.
- Froehlich, D. C. 2008. Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties. *Journal of Hydraulic Engineering*, 134(12), 1708–1721. .
- Haldar, R., R. Khosa. 2015. Flood Level Mitigation Study Using 1-D Hydrodynamic Modeling. *Aquatic Procedia*, 4, 925–932.
- Hooshyaripor, F., A. Tahershamsi. 2015. Effect of reservoir side slopes on dam-break flood waves. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 9(1), 458–468.
- Hooshyaripor, F., A. Tahershamsi, and S. Razi. 2017. Dam break flood wave under different reservoir's capacities and lengths. *Sādhanā*, 42(9), 1557–1569.
- Kadam, P., D. Sen. 2012. Flood inundation simulation in Ajoy River using MIKE-FLOOD. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 18(2), 129–141.
- Kourgialas, N. N., G. P. Karatzas. 2014. A hydro-sedimentary modeling system for flash flood propagation and hazard estimation under different agricultural practices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(3), 625–634.
- Luo, J., W. Xu, Z. Tian, and H.Chen. 2019. Numerical simulation of cascaded dam-break flow in downstream reservoir. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*, 172(2), 55–67.
- Ponce, V. M., A. Taher-shamsi, and A. V. Shetty. 2003. Dam-Breach Flood Wave Propagation Using Dimensionless Parameters. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(10), 777–782.
- Tahershamsi, A., F. Hooshyaripor, S. Razi. 2017. Effects of reservoir geometry and breach ratio on dam break peak outflow discharge, *Scientia Iranica*, accepted for publication.
- Tuteja, N.K., M. Shaikh. 2009. Hydraulic Modelling of the spatio-temporal flood inundation patterns of the Koondrook Perricoota Forest Wetlands - The Living Murray. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009 <http://mssanz.org.au/modsim09>.
- Vanderkimpen, P., E. Melger, and P. Peeters , 2008. Flood modeling for risk evaluation—a MIKE FLOOD vs. Flood Risk Management: Research and Practice, pp.77–84.
- User Manual, DHI, Mike Flood. 2014.



## Hydraulic characteristics and Flood Zoning Analysis of Givi Dam Break flow

Atabak Feizi<sup>1</sup>, Mojtaba Karimaei Tabarestani<sup>2</sup>

### Abstract

The collapse of a reservoir dam could have extensive and destructive effects on the downstream facilities and in addition to financial losses, they could lead to casualties if they pass through residential areas. Accordingly, knowing the characteristics of the floods created in different downstream areas of the dam is useful in determining the critical downstream points that are exposed to the potential dangers of the dam break caused by flood. In this paper, the floods caused by overflow discharge and failure of Givi earthen dam in Ardabil province are simulated numerically. Accordingly, Mike-Flood module is used, which is a combination of one-dimensional Mike-11 and two-dimensional Mike-21 modules. In this study, the Probable Maximum Flood (PMF) scenario to create the overtopping mechanism along with sunny day scenarios for piping mechanism are addressed in two cases of reservoir filling and the sabotage scenario as a sudden dam break. The results showed that the most critical scenarios were related to the sabotage, the Probable Maximum Flood (PMF) and the sunny day scenarios, respectively. Under these three scenarios 19%, 17% and 13.5% of the southern part of Givi city (located near Givi river), as well as all the villages located between Givi dam and Firoozabad village (on the left bank of Givi Chai river), and Firoozabad village will be completely submerged.

**Keywords:** Givi Dam, Flood Zoning, Mike-Flood Software, Dam Failure

---

<sup>1</sup> Assistant Professor of Civil Engineering, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding Author). Email: a\_feizi@uma.ac.ir

<sup>2</sup> Assistant Professor of Civil Engineering, Dept. of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran. Email: karimaei@sru.ac.ir



## Hydraulic characteristics and Flood Zoning Analysis of Givi Dam Break flow

Atabak Feizi<sup>1</sup>, Mojtaba Karimaei Tabarestani<sup>2</sup>

### Abstract

The collapse of a reservoir dam could have extensive and destructive effects on the downstream facilities and in addition to financial losses, they could lead to casualties if they pass through residential areas. Accordingly, knowing the characteristics of the floods created in different downstream areas of the dam is useful in determining the critical downstream points that are exposed to the potential dangers of the dam break caused by flood. In this paper, the floods caused by overflow discharge and failure of Givi earthen dam in Ardabil province are simulated numerically. Accordingly, Mike-Flood module is used, which is a combination of one-dimensional Mike-11 and two-dimensional Mike-21 modules. In this study, the Probable Maximum Flood (PMF) scenario to create the overtopping mechanism along with sunny day scenarios for piping mechanism are addressed in two cases of reservoir filling and the sabotage scenario as a sudden dam break. The results showed that the most critical scenarios were related to the sabotage, the Probable Maximum Flood (PMF) and the sunny day scenarios, respectively. Under these three scenarios 19%, 17% and 13.5% of the southern part of Givi city (located near Givi river), as well as all the villages located between Givi dam and Firoozabad village (on the left bank of Givi Chai river), and Firoozabad village will be completely submerged.

**Keywords:** Givi Dam, Flood Zoning, Mike-Flood Software, Dam Failure

### Introduction

The collapse of a reservoir dam could have extensive and destructive effects on the downstream facilities and in addition to financial losses, they could lead to casualties if they pass through residential areas. Accordingly, knowing the characteristics of the floods created in different downstream areas of the dam is useful in determining the critical downstream points that are exposed to the potential dangers of the dam break caused by flood.

### Methodology

In this paper, the floods caused by overflow discharge and failure of Givi earthen dam in Ardabil province are simulated numerically. Accordingly, Mike-Flood module is used, which is a combination of one-dimensional Mike-11 and two-dimensional Mike-21 modules.

To prepare and run the dam break simulation model in Mike Flood module, the dam break simulation file was prepared in the Mike11 one-dimensional and Mike21 two-dimensional models. Finally the two models were merged in the Mike Flood one-two dimensional model. The geometric

---

<sup>1</sup> Assistant Professor of Civil Engineering, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding Author). Email: a\_feizi@uma.ac.ir

<sup>2</sup> Assistant Professor of Civil Engineering, Dept. of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran. Email: karimaei@sru.ac.ir



profile of the dam reservoir, the main river channel (cross sections of the river), and the geometric characteristics of the floodplain were defined in the simulation model to simulate the flood resulting from the failure of Givi Dam. The length of the main channel studied in this study from the beginning of the reservoir to Firoozabad village was about 30 km in which 165 cross sections were prepared and embedded into the model. The average distance of the cross sections was about 150 meters, which varied depending on the river condition, its meander position, or the presence of water structures in the main channel route. To define the digital profile of the studied area in the model, the topography of the area was done with ArcGIS software, the DEM was generated with a precision of 5 meters of the design area, and it was transferred to the Mike Flood model as an ASCII file.

In this study, the Probable Maximum Flood (PMF) scenario to create the overtopping mechanism along with sunny day scenarios for piping mechanism are addressed in two cases of reservoir filling and the sabotage scenario as a sudden dam break.

The upstream boundary conditions were considered in the PMF scenario mode, maximum amount of possible flood, piping scenarios, and sabotage of a constant flow to the average annual river flow rate. Also, the stage-discharge curve of Firoozabad hydrometric station was used as a downstream boundary condition in the model.

## Discussion and Conclusion

The simulations results show that the resulting flood flow due to the location of the river in the V-shaped valley with walls with relatively steep slopes is the main movement of the flood wave is in the direction of the main channel in the maximum possible flood scenario between Givi Dam and Givi city, after the dam break and the flood has entered the flood plain. A part of the southeast of Givi, which is close to the Givi Chai River goes under water due to the elevation of Givi, but the rest of the city is safe from floods. Also, a part of Givi-Abgarm road in the southeastern part of Givi city is destroyed due to floods caused by the dam break. In the piping scenario, the flow rate gradually increases in Givi Dam downstream until it finally reaches its maximum value. In this scenario, all the bridges, gardens, and agricultural lands in the route and the villages of Sukrabad, Mikaelabad and Firoozabad will be flooded. The dam sabotage scenario leads to the worst flood zone in the region and in besides flooding all facilities, gardens, and villages in the study area, more of the city of Givi from the southern part will also be flooded. The results showed that the most critical scenarios were related to the sabotage, the Probable Maximum Flood (PMF) and the sunny day scenarios, respectively. Under these three scenarios 19%, 17% and 13.5% of the southern part of Givi city (located near Givi river), as well as all the villages located between Givi dam and Firoozabad village (on the left bank of Givi Chai river), and Firoozabad village will be completely submerged. Also, due to the elevated zone in the Givi city to Firoozabad route, the main flood is on the left bank of Givi Chai River, which will flood all gardens and agricultural lands and all bridges and villages along the route, including Sukrabad, Mikaelabad and Firoozabad villages.

## The most important references

- Banihashemi, M.A. 2013. Numerical modeling of Yamchi dam break, Research report, Regional Water Company of Ardabil
- Tavakoli, E. 2013. Flood hazard mapping due to the Mahabad dam break using Mike-Flood software, M.Sc. thesis, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University.
- Ghasemi, K., M. Zonemat and M. Samare-Hashemi. 2018. Investigating the Hydraulics of dam break and its effects on the downstream using MIKE-FLOOD (case study: reservoir dam of Mirza Shirazi). Dam and Hydroelectric Powerplant, 4 (15):35-48



-Froehlich, D. C. 2008. Embankment dam breach parameters and their uncertainties. Journal of Hydraulic Engineering, 134(12), 1708–1721.