

# مدیریت سیلاب مناطق شهری ناشی از شکست احتمالی سد

## (مطالعه موردی سد قشلاق و شهر سنندج)

بختیار احمدی<sup>۱</sup>، سید محمود جزایری مقدس<sup>۲\*</sup>

۱- گروه عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۲- گروه عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران [mahmoodjazayeri@yahoo.com](mailto:mahmoodjazayeri@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۵

### چکیده

سدها اگرچه پتانسیلی در جهت دستیابی به اهداف کلان و ملی هستند، اما گاه زمینه لازم برای وقوع تهدیدهایی را نیز فراهم می‌آورند. یکی از این تهدیدها، خطر سیلاب ناشی از شکست احتمالی سدها برای سکونتگاه‌هایی است که در نزدیکی آن‌ها استقرار یافته‌اند. در این تحقیق شکست سد قشلاق، سدی که در ۱۲ کیلومتری شمال شهر سنندج مرکز استان کردستان واقع گردیده، مورد بررسی قرار گرفته است. شکست این سد با استفاده از برنامه HEC- RAS تجزیه و تحلیل شده و نتایج حاصل مؤید آن است که پس از شروع شکست سد، در مقاطع ابتدایی رودخانه در محدوده سطح آب به شدت بالآمده و ارتفاعات طرفین رودخانه را به زیر آب می‌برد. توپوگرافی مسیر از جمله تپه‌ای که در بالاتر از شهرک اوراز (ننله) قرار دارد در مهار سیلاب ناشی از شکست سد با دوره بازگشت ۵۰ سال و کاهش سرعت و در نتیجه خطرات ناشی از آن تأثیر بارزی داشته و خطری را که این سد متوجه محدوده شهری سنندج می‌سازد به شدت کاهش می‌دهد و زمین‌های کشاورزی در این محدوده را با مشکل مواجه کند. با این حال با توجه به مخاطرات جانی ایجاد شده در ساحل رودخانه، استفاده از سیستم هشداردهنده سیل به عنوان یک راهکار مؤثر پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: شکست سد، قشلاق، سیل، سیستم هشداردهنده

### مقدمه

خارج شده و به سوی دریا سرازیر می‌گردند. از آنجایی که تأمین آب همواره نیاز اساسی بشر برای استفاده‌های کشاورزی، صنعتی و آب شرب شهرها بوده است، لذا

سرزمین پهناور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، همچنین بخش زیادی از جریان‌های سطحی قبل از اینکه مورد استفاده قرار گیرند، از دسترس

می‌شود و این شکاف با فرسایش منظم و پیوسته بزرگ‌شده و موجب رها شدن آب از مخزن می‌شود. همچنین این شکاف دارای عرض و عمقی بوده که هرچه زمان ایجاد شکاف کمتر باشد حجم آب در مدت‌زمان کمتری رها شده و پهنه سیل گیر بیشتری به وجود خواهد آمد. (ابارشی، ۱۳۸۸).

به‌منظور کاهش خسارت‌های ناشی از شکست سدها لازم است قبل از طرح و احداث این تأسیسات عظیم، تدابیر ایمنی کافی اتخاذ گردیده و ضمن نصب علائم هشداردهنده در محل سدها، نقشه مناطق سیل گیر پایین‌دست آن‌ها تهیه گردیده و آموزش‌های لازم نیز به کاربران و ساکنین مجتمع‌های پایین‌دست داده شود. (ولیزاده کامران، ۱۳۸۶)

سد قشلاق یا وحدت، سدی در ۱۲ کیلومتری شمال شهر سنندج مرکز استان کردستان ایران است که آب آشامیدنی و کشاورزی منطقه را تأمین می‌کند. سد از نوع سدهای سنگریزه‌ای با هسته رسی است، طول تاج آن ۳۲۰ متر و ارتفاع از پی آن ۸۹ متر می‌باشد. حجم مخزن سد وحدت ۲۲۰ میلیون مترمکعب و تراز نرمال آن ۱۶۰۹ متر است و تاریخ ساخت آن میان سال‌های ۱۳۵۳ - ۱۳۵۸ خورشیدی می‌باشد.

بمبئی چی (۱۳۸۶) در مقاله ای تحت عنوان تجربیاتی چند در کاربرد مدل HEC-RAS در تحلیل جریان غیردائمی شکست سد بیدواز اسفراین، ۳۵ کیلومتری

مهار سیلاب‌ها و آب‌های جاری از طریق احداث سد، از کارهای اساسی و زیربنایی محسوب می‌شود و برای نیل به خودکفایی اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این امر در کشور ما با توجه به اهمیت مساله و لزوم دستیابی به توسعه پایدار، در سالهای اخیر رشد چشمگیری به خود گرفته است (حسن‌زاده، ۱۳۸۳).

هرگونه خرابی جزئی یا کلی در بدنه یک سد که به‌طور ناگهانی منجر به رهاسازی حجم غیرقابل‌کنترلی از آب شود، شکست سد نامیده می‌شود. سیل حاصل از این واقعه، از جمله حوادث غیرمترقبه بوده و تهیه اقداماتی در جهت مهار آن همواره مورد توجه مهندسين و محققين بوده است. با شکست یک سد، آب پهنه وسیع‌تری از زمین‌های مجاور رودخانه در پایین‌دست را فرا می‌گیرد و این پهنه به عوامل متعددی از جمله نوع شکست سد، مدت‌زمان شکست سد، شرایط توپوگرافی پایین‌دست و ضریب زبری رودخانه دارد. برای جلوگیری از خسارت در پایین دست سد، ابتدا پهنه سیل مشخص می‌گردد تا بتوان تمهیدات لازم را اتخاذ کرد. امروزه به کمک نرم‌افزارهای پیشرفته‌ای نظیر HEC-RAS و Arc Gis و با استفاده از اطلاعات مدل رقومی ارتفاعی زمین می‌توان به تجزیه و تحلیل اطلاعات و پهنه‌بندی سیل پرداخت (مصباحی، ۱۳۸۶).

سدهای خاکی نظیر سدهای بتنی تمایل به شکست ناگهانی ندارند. با شکست یک سد خاکی شکافی ایجاد

سرعت نقش بسزایی در پدیده شکست سد دارد و در حالت کلی مناطق خطرپذیر به ۴ درجه خطرپذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌شوند.

ژیانگ<sup>۲</sup> در سال (۲۰۱۱) در مورد شکست سد به نتایج زیر رسید پیش‌بینی پارامترهای شکست در یک مکانیسم شکست و پیش‌بینی اوج جریان خروجی برای آنالیز شکست سد، امری ضروری می‌باشد. با این نتایج خسارات و صدمات وارد شده تعیین می‌شوند همچنین او شکست سد Foster Joseph Sayers را با مدل آنالیز سیستم رودخانه مرکز مهندسی هیدرولوژی ارتش آمریکا (HEC-RAS) مورد تجزیه و تحلیل قرارداد که اساس آن داده‌های هندسی زمین بود. نتایج نشان داد که شکست سد یک فرایند کامل و گسترده شامل مولفه های فراوانی می‌باشد. ترکیب مکانیسم شکست سد و مطالعه‌های موردی صورت گرفته نشان می‌دهد که فرسایش داخلی مکانیسم غالب در شکست سد می‌باشد و شکست سد تأثیر فراوانی بر مکان‌های پایین دست دارند. آنالیز حساسیت نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای شکست تأثیر خیلی زیادی بر روی ارتفاع سطح آب پایین دست ندارد.

آندره و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به معرفی نرم‌افزار HEC-RAS پرداخته است. HEC-RAS توسط ارتش ایالات متحده توسعه یافته است که استفاده

شمال شرقی شهر اسفراین در خراسان شمالی پرداخته است. ایشان ضمن معرفی مشخصات سد و مخزن سد بیدواز، پارامترهای احتمالی شکست سد را بر اساس مشخصات هندسی و فنی سد محاسبه می‌نماید نتایج شبیه‌سازی نشان داد که حداکثر دبی خروجی از شکاف برابر با ۱۵۸۰۰ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

طیاری و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و HEC-RAS به تعیین پهنه‌بندی رودخانه خبر پرداخته و به این نتیجه رسیدند که با تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS و بهره‌گیری از برنامه جانبی HEC-GEORAS پهنه‌بندی سیلاب با دقت و سرعت بیشتر و هزینه کمتر نسبت به سایر روش‌ها، قابل اجرا است.

احمدی و همکاران (۱۳۹۰) به ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه پایدار با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که نقشه‌های خطر سیل می‌تواند در تعیین مکانهای توسعه استفاده شود تا از ریسک آسیب‌پذیری مردم و خسارات کاربری‌ها بکاهد.

ورووینولدر و همکاران<sup>۱</sup> در سال (۲۰۰۳) پارامترهای سرعت و عمق آب را برای بررسی آسیب‌پذیری شکست سد مورد ارزیابی قراردادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که

<sup>2</sup> Xiong

<sup>1</sup> Vrouwenvelder et al.

با توجه به اینکه شهر سنج و مناطق اطراف آن از نقاط پر اهمیت جمعیتی کشور محسوب می شوند، نتایج مقاله حاضر می تواند در جهت ایمن سازی از مخاطره شکست سد برای مناطق مذکور مورد استفاده قرار گرفته و در جهت کاهش ریسک های اجتماعی و اقتصادی آن منطقه راهگشا باشد.

مهندسان برای مدیریت رودخانه ها، کانال ها، بندرها و سایر کارهای عمومی تحت صلاحیت آن ها را فراهم می کند. نرم افزار HEC-RAS محاسبات جریان یک بعدی، محاسبات جریان ناپایدار یک و دو بعدی، انتقال رسوب، محاسبات بستر متحرک، دمای آب و مدل سازی کیفیت آب را انجام می دهد.

مطالعات پیشین انجام شده نشان دهنده اهمیت بسیار زیاد مساله شکست سد و مخاطرات بی شمار آن است.

## مواد و روش ها

### مدل HEC-RAS

مدل HEC-RAS از مدل های کاربردی برای محاسبات هیدرولیک آبراهه های طبیعی است که با شبیه سازی یک بعدی رودخانه ها امکان محاسبات جریان های پایدار و ناپایدار را به راحتی فراهم می سازد. کاربرد اصلی این مدل برای آبراهه های طبیعی با شکل هندسی مرکب مانند رودخانه ها است. این برنامه جریان را در پل ها، زیرگذرها، سرریزها و سایر انواع سازه های آبی نیز تحلیل می کند.

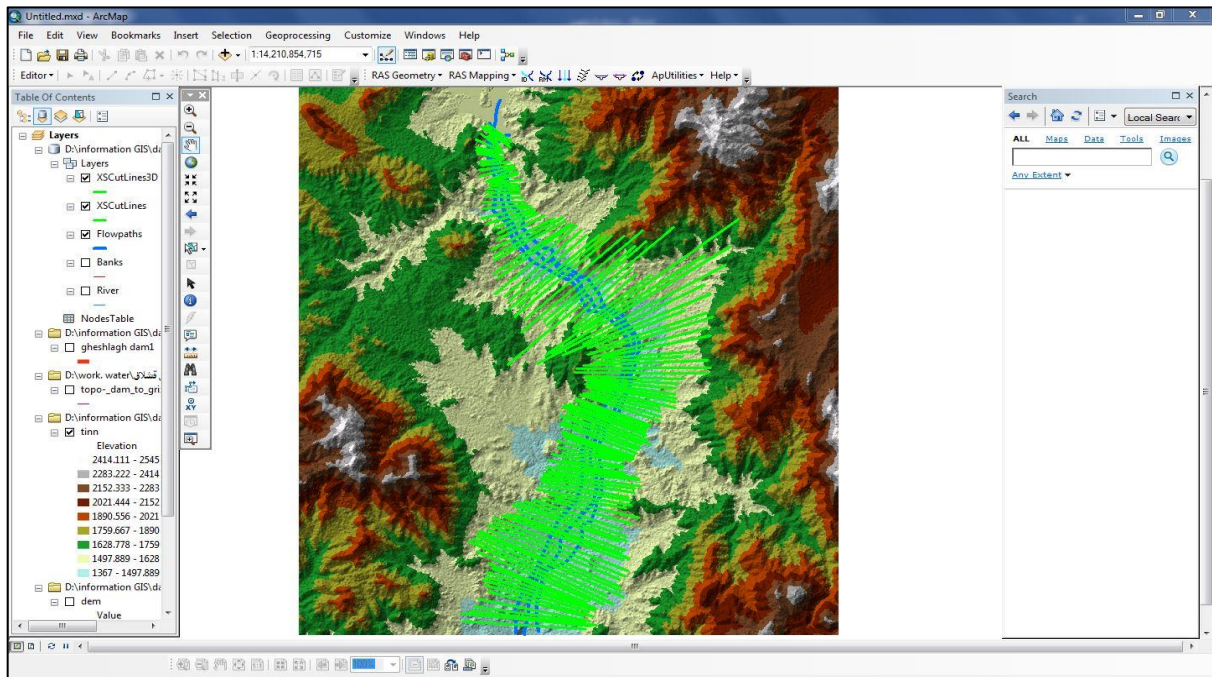
برای تهیه لایه های برداری مورد استفاده در HEC-RAS، از برنامه Hec-GeoRAS استفاده می شود. این برنامه یک نرم افزار در زمینه GIS است که توسط موسسه تحقیقات سیستم های زیست محیطی به منظور تجزیه و تحلیل داده های مکانی مورد استفاده در

نرم افزار HEC-RAS ارائه شده است. در حقیقت این مدل یک برنامه جانبی به منظور استفاده همراه با ArcMap می باشد (HEC-GeoRAS User Manual, 2005). با استفاده از این ابزار می توان از یک مدل دیجیتال و داده های تکمیلی مربوطه استفاده کرد و فایل ورودی HEC-RAS که حاوی داده های جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را تهیه نمود. همچنین از آن می توان برای تجزیه و تحلیل نتایج خروجی HEC-RAS و تهیه نقشه های آب گرفتگی استفاده نمود. اطلاعاتی که HEC-GeoRAS برای ورودی به HEC-RAS آماده می کند عبارتند از: شماره مشخصه

رودخانه ها و مقاطع عرضی، محل خط القعر و سواحل

HEC-RAS هستند را نیز می توان به منظور تحلیل های مکانی همراه به سایر داده ها وارد این برنامه نمود. در شکل ۱ تصویر مقاطع عرضی ایجاد شده بر روی TIN در محیط ARC MAP نشان داده شده است.

چپ و راست رودخانه، خطوط برش مقاطع، طول محدوده پایین دست برای ناحیه سمت راست و چپ کانال اصلی رودخانه و ضرایب زبری مقاطع. همچنین داده های پروفیل سطح آب و سرعت که جزء نتایج



شکل ۱- تصویر مقاطع عرضی ایجاد شده بر روی TIN در محیط ARC MAP

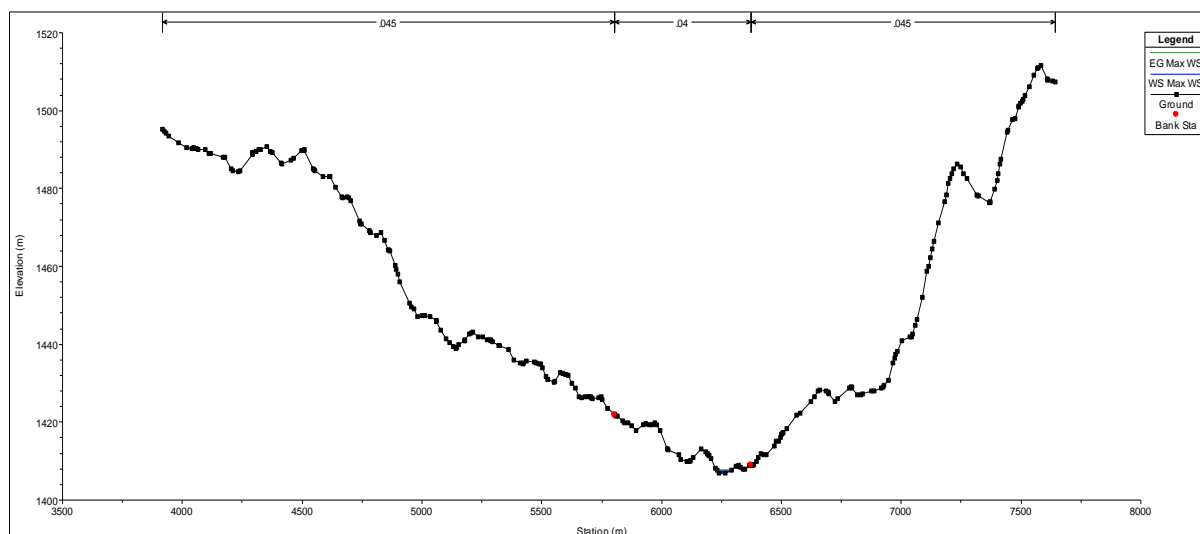
شکست سد قشلاق تعداد ۱۶۰ مقطع عمود بر رودخانه اصلی رسم شده است. برای محاسبه و تخمین مقدار ضریب زبری مانینگ در سیلابدشت ها و مقطع اصلی محدوده، از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و نیز بازدیدهای صحرائی استفاده گردیده که در جدول ۱ نتایج آن ارائه شده است (شرکت مهندسی مشاور مهراب پارس تدبیر، مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه قشلاق حدفاصل پایاب سد و پل قشلاق).

رودخانه قشلاق در بازه مورد مطالعه در محدوده های کوهستانی و با بستر و کناره های درشت دانه جریان دارد. مقطع رودخانه در این بازه دارای شکل منظم و تغییرات ملایم می باشد، همچنین بستر رودخانه فاقد پوشش گیاهی است و در کل مسیر پوشش گیاهی در دشت سیلابی موجود می باشد که این نکته در برآورد ضریب زبری این مقطع لحاظ شده است. جهت مدل سازی

جدول ۱- محاسبات ضریب زبری مانینگ رودخانه قشلاق حدفاصل سد و پل قشلاق

مقدار ضریب زبری براساس قضاوت مهندسی	مقدار ضریب زبری براساس روش SCS	مقدار ضریب زبری براساس روش چاو	زبری اضافی و ضرایب تصحیح					مقدار پایه ضریب زبری مانینگ	مشخصات بازه
			ضریب پیش‌بینی	زبری اضافی موانع	زبری اضافی نامنظمی کانال		زبری اضافی پوشش گیاهی		
					سطح کانال	تغییرات شکل کانال			
۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۸	کناره چپ
۰/۰۴	۰/۰۳۸	۰/۰۴۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۲۸	مقطع اصلی رودخانه
۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۸	کناره راست

با واردکردن مشخصات هندسی مقاطع و بدنه سد به محیط نرم‌افزار HEC-RAS، نرم‌افزار آماده اجرای جریان غیردائمی می‌باشد.



شکل ۲- چند نمونه از مقاطع عرضی در رودخانه در محیط HEC-RAS

### مدل‌سازی دیوار سد

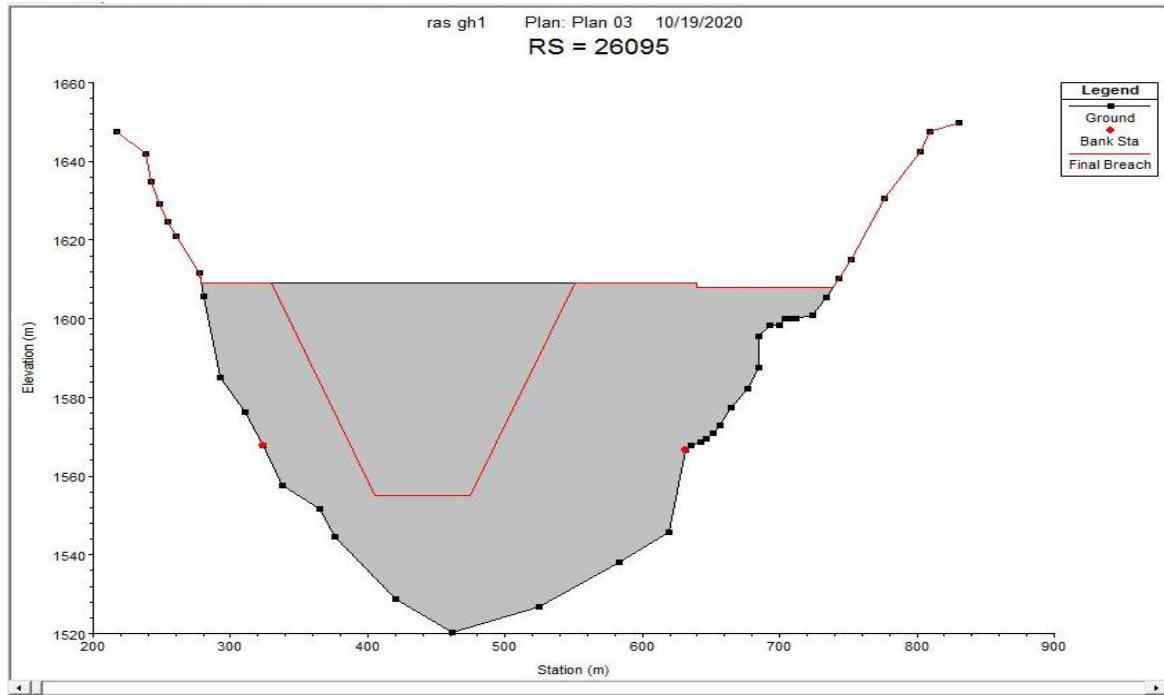
گردد. بر مبنای یافته‌ها و داده‌های به‌دست‌آمده از هندسه سد دیوار آن در برنامه HEC RAS و قسمت

پس از مدل‌سازی روند رودخانه و مقاطع عرضی و سایر پارامترهای موردنیاز، مدل‌سازی دیوار سد انجام می‌

Geometric Data مدل شده و سپس اقدام به نحوه

شکست آن شده است. شکل ۳ نحوه شکست سد را در

نرم افزار HEC RAS نشان می دهند.



شکل ۳- شبیه سازی نحوه شکست سد قشلاق در محیط HEC RAS

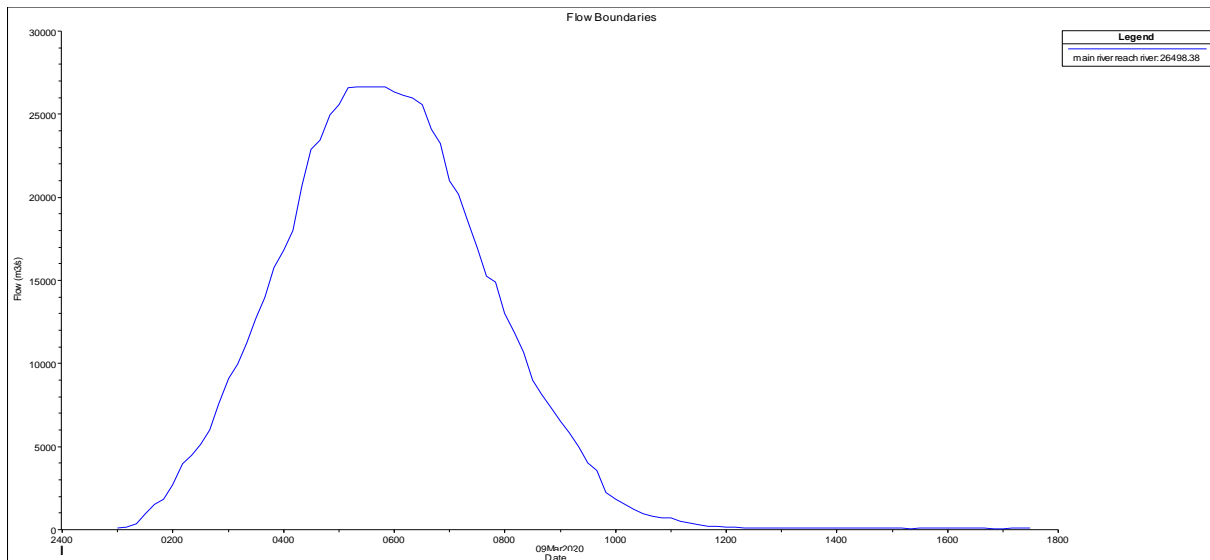
### ورود اطلاعات هیدرولیکی و شرایط مرزی

#### بالادست و پایین دست

جریان سیلاب ناشی از شکست سد به صورت غیردائمی بوده لذا نیازمند تعریف شرایط مرزی بالادست و پایین دست در مدل هیدرولیکی می باشد. شرایط مرزی بالادست را هیدرو گراف سیلاب حداکثر و برای پایین دست عمق نرمال تعریف می گردد. شکل ۴ هیدرو گراف حداکثر سیلاب محتمل ورودی به مخزن سد را

نشان می دهد.

لازم به ذکر است که برای به دست آوردن حداکثر دبی سیلابی یعنی اوج هیدرو گراف روش های متعددی وجود دارد که جهت انجام مطالعات حاضر چندین روش محاسبه شده و بنا به انتخاب کارشناسی ترین روش بر مبنای مشخصه های محیطی منطقه مورد مطالعه روش سازمان هوانوردی آمریکا SCS انتخاب گردید. بر این مبنای در نقطه اوج هیدرو گراف به ۲۶۶۰۹ مترمکعب بر ثانیه رسیده و پس از آن روند نزولی پیدا می کند.



شکل ۴- هیدرو گراف حداکثر سیلاب ناشی از شکست سد

### شرایط مرزی و نقاط کنترل

سنجی نتایج حاصل، اصلاحات به منظور همخوانی مقادیر شیب خط انرژی محاسبه شده توسط مدل و مقادیر شرط مرزی اعمال شده صورت پذیرفته است. جدول ۲ مقادیر شرایط مرزی اولیه و اصلاحی در رودخانه قشلاق را نشان می دهد (شرکت مهندسی مشاور مهرباب پارس تدبیر، مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه قشلاق حدفاصل پایاب سد و پل قشلاق).

در مطالعات حاضر به دلیل عدم وجود ایستگاه هیدرومتری در بازه های مورد مطالعه و همچنین عدم دسترسی به منحنی های سنجه در مقاطع مختلف، از عمق نرمال به عنوان شرط مرزی بالادست و پایین دست استفاده شده است. برای این منظور مقادیر شیب طولی رودخانه در بالادست و پایین دست رودخانه با استفاده از پروفیل طولی محاسبه شده و به عنوان شرط مرزی به مدل وارد شده است، در ادامه جهت صحت

جدول ۲- شرط مرزی (S0) اولیه و اصلاحی رودخانه قشلاق

شرط مرزی اصلاحی		شرط مرزی اولیه		رودخانه
پایین دست	بالادست	پایین دست	بالادست	
۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹	قشلاق



## رابطه پیشنهادی Froehlich

این محقق با بررسی آمار مربوط به ۶۳ سد شکسته شده (سدهای خاکی، سنگریزه‌ای و با هسته رسی) روابطی را برای تخمین پارامترهای شکست به دست آورد. محدوده داده‌هایی که فورولیچ در تحلیل‌های خود استفاده نمود به شرح ذیل است:

الف) ارتفاع سدها بین ۹۲/۹۶-۳/۶۶ متر می‌باشد که در حدود ۹۰ درصد آن‌ها دارای ارتفاعی کم‌تر از ۱۵ متر بوده است.

ب) حجم آب موجود در مخزن سد در شروع فرایند شکست بین ۶۶۰-۰/۱۳ میلیون مترمکعب بوده است. معادله رگرسیونی فورولیچ برای محاسبه عرض متوسط ناحیه بازشدگی و زمان شکست به صورت زیر می‌باشد:

$$B_{ave} =$$

$$0.1803K_0 V_w^{0.32} h_b^{0.19}$$

(۴-۱)

$$tf = 0.00254 V_w^{0.53} h_b^{-0.90} \quad (۴-۲)$$

(۲)

در رابطه فوق  $B_{ave}$  عرض ناحیه بازشدگی به متر،  $K_0$

ضریب ثابت (برای شکست از نوع سرریزی یا Over

topping معادل ۱/۴ و برای شکست از نوع

Piping معادل ۱/۰ می‌باشد).  $V_w$ : حجم مخزن سد

در لحظه شکست به مترمکعب،  $h_b$  ارتفاع ناحیه

## سناریوهای محتمل شکست سد

به‌طور کلی برای بازسازی فرایند شکست سد در محیط نرم‌افزار HEC RAS دو گونه تخریب وجود دارد. ۱- شکست سد در اثر روگذری جریان ناشی از وقوع سیلاب (PMF ماکزیمم سیلاب محتمل)

۲- شکست سد در اثر پدیده رگاب - در این حالت دبی متوسط سالیانه مورد آنالیز واقع شده است.

در مقاله حاضر نوع دوم یعنی گزینه Piping مورد استفاده قرار گرفته و بر مبنای آن مدل‌سازی صورت گرفته است.

## تخمین پارامترهای شکست

تخمین صحیح پارامترهای شکست سد خاکی یکی از مهم‌ترین قسمت‌های مدل‌سازی و پهنه‌بندی سیلاب شکست سد می‌باشد. این پارامترها شامل ابعاد شکست، زمان شکست، شیب جانبی و عمق شکست می‌باشد. روش‌های متعددی برای تخمین این پارامترهای بیان شده است. در این پروژه، روش پیشنهادی مؤسسه USBR در نشریه DSO-98-004، روش فورولیچ انتخاب و مورد استفاده قرار گرفته است.

Over topping برای شکست از نوع 1.4H: 1V

و 0.9H: 1V برای انواع شکست مانند حالت

### Piping

بازشدگی به متر و  $tf$  زمان شکل گیری شکست برحسب ساعت می باشد.

طبق مطالعات فورولیچ متوسط شیب دیواره های کناری

ناحیه بازشدگی باید به صورت زیر باشد:

### دبی حداکثر سیلاب

کاربرد بیش تری دارد. در پروژه حاضر از دو روش SCS

و فورولیچ برای محاسبه این شاخص نیز استفاده شده که

رابطه SCS در نهایت به عنوان مبنا در نظر گرفته شده

است:

حداکثر دبی سیلابی ناشی از شکست سد روی نقطه اوج

هیدرو گراف شکست سد واقع می شود. برای این پارامتر

نیز فرمول های متعددی ارائه شده است که با توجه به

قابلیت های هر کدام، هریک از آن ها برای یک نوع سد

معادله سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS, 1981)

$$Q =$$

$$16 h_w^{1.85}$$

$$(4-3)$$

ناحیه بازشدگی در لحظه شکست برحسب متر می باشد.

بر این مبنا حداکثر سیلاب ناشی از شکست سد قشلاق

در جدول ۳ نشان داده شده است:

در این رابطه نیز  $Q$  حداکثر سیلاب ناشی از شکست

سد برحسب مترمکعب بر ثانیه،  $h_w$  عمق آب روی

جدول ۳- محاسبه حداکثر دبی سیلابی ناشی از وقوع سد قشلاق با استفاده از روابط منتخب

فرمول	$h_w$	$V_w$ میلیون مترمکعب	$Q$ مترمکعب بر ثانیه
SCS	۵۴	-	۲۶۶۰۹
فورولیچ	۵۴	۱۴۰	۲۱۶۰۰

### شبیه سازی شکست و روند یابی سیلاب

شروع فرایند مدل سازی است. لحظه شکست سد ۹

مارس سال ۲۰۲۰ ساعت ۰۱:۰۰ بامداد انتخاب شده

است و زمان پایان نیز ساعت ۱۷:۳۰ همان روز می باشد.

پس از انجام محاسبات فوق و به دست آوردن

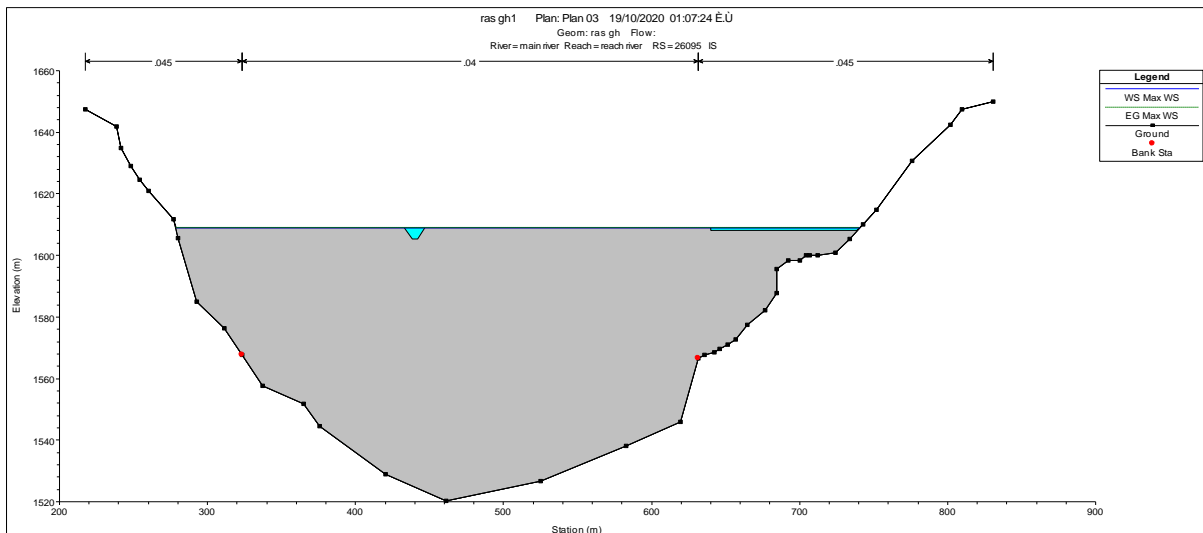
پارامترهای مختلف مورد نیاز برای مدل سازی شکست

سد و طی تمامی مراحل نرم افزار HEC RAS آماده

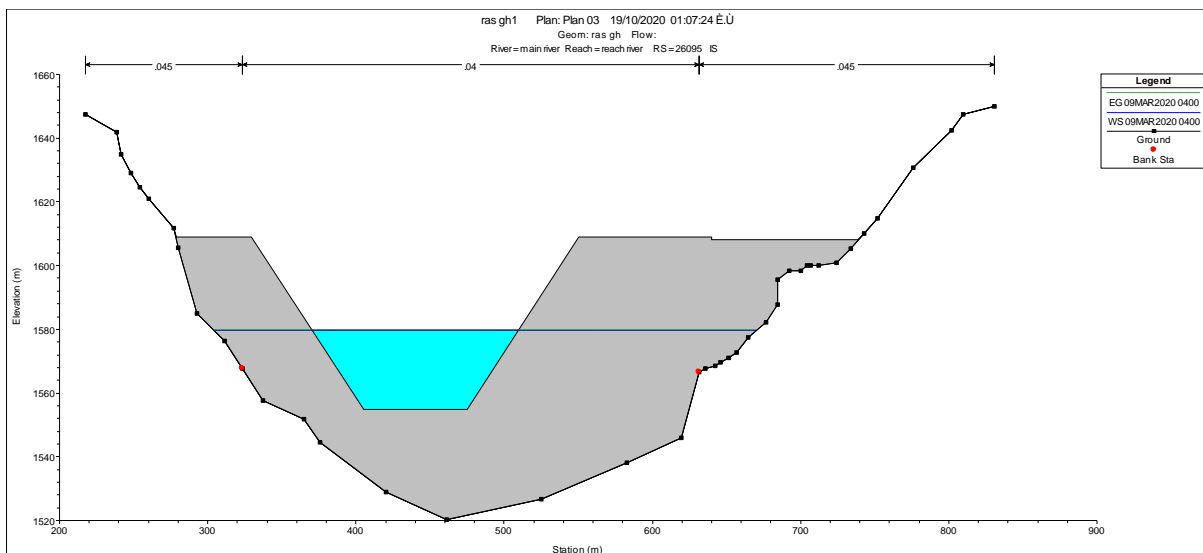
با اجرای دستور Perform Unsteady Flow

Data نرم افزار فرایند مدل سازی را شروع می کند. در

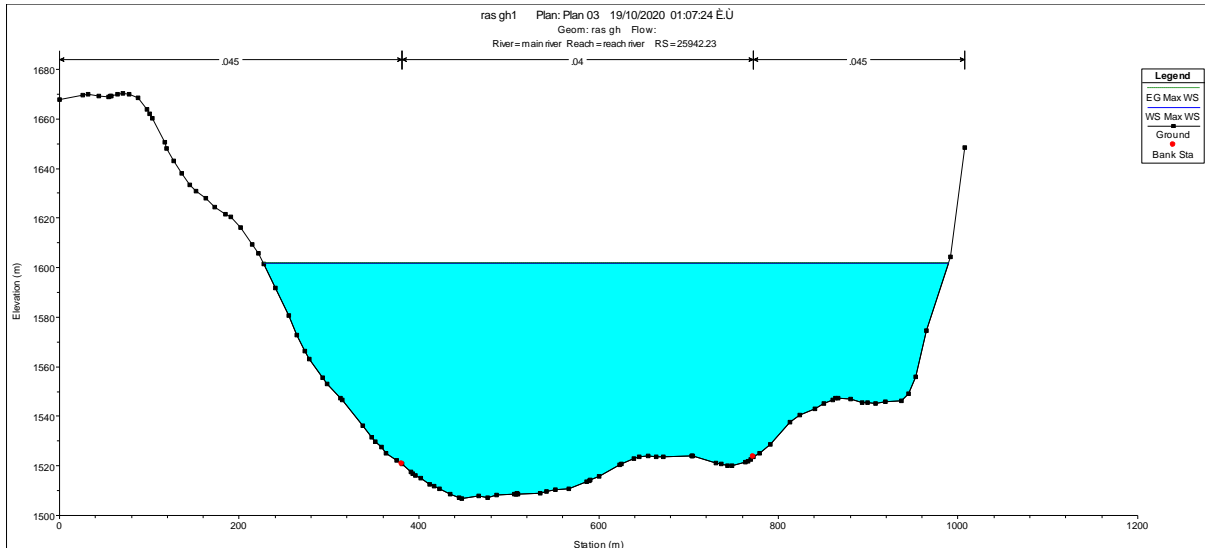
ادامه نتایج مدل سازی ارائه گردیده است:



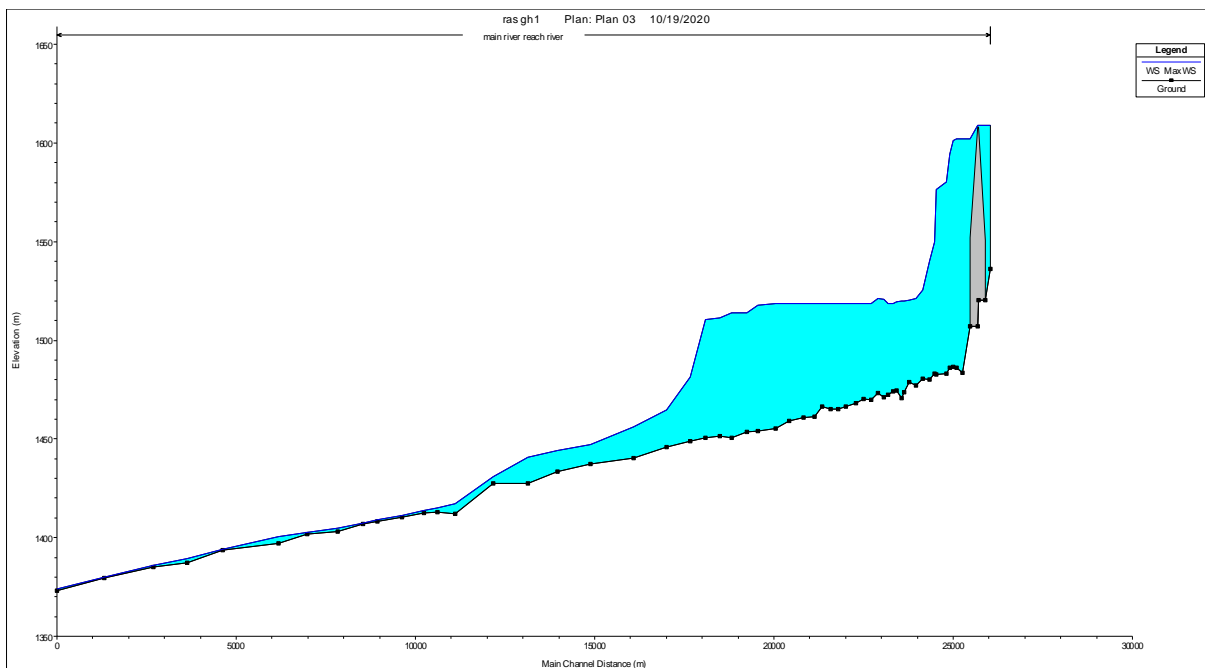
شکل ۵- لحظه شروع فرآیند شکست سد - محیط HEC RAS



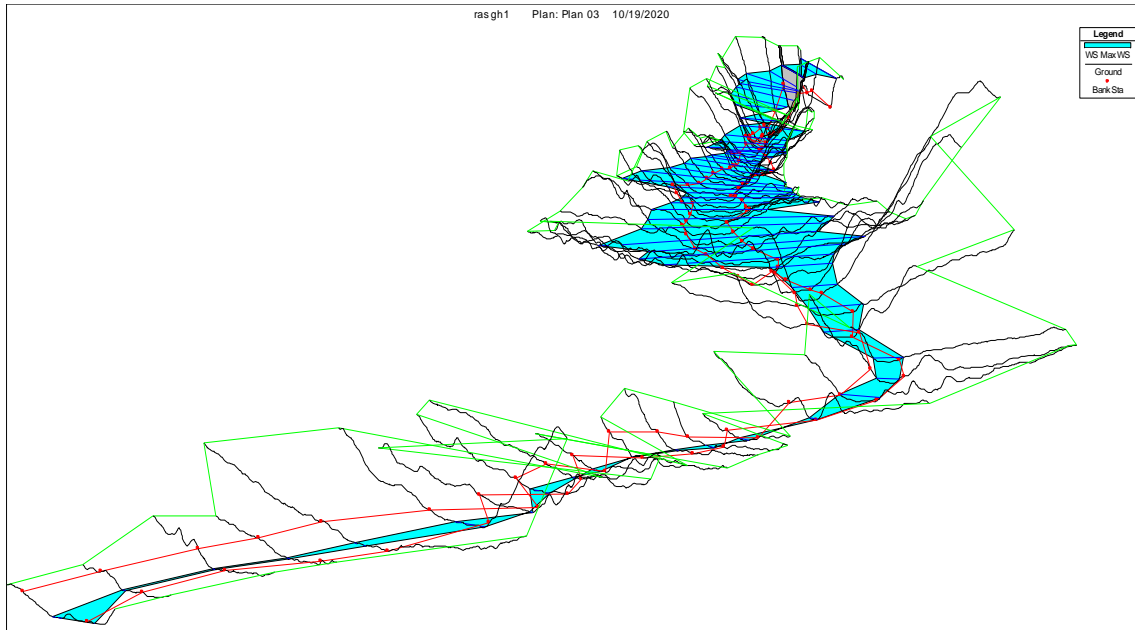
شکل ۶- سه ساعت پس از شروع فرآیند شکست سد - محیط HEC RAS



شکل ۷- سطح آب ناشی از شکست سد در ابتدای مسیر - محیط HEC RAS



شکل ۸- پروفیل طولی مسیر رودخانه در زمان اجرای مدل سازی - محیط HEC RAS

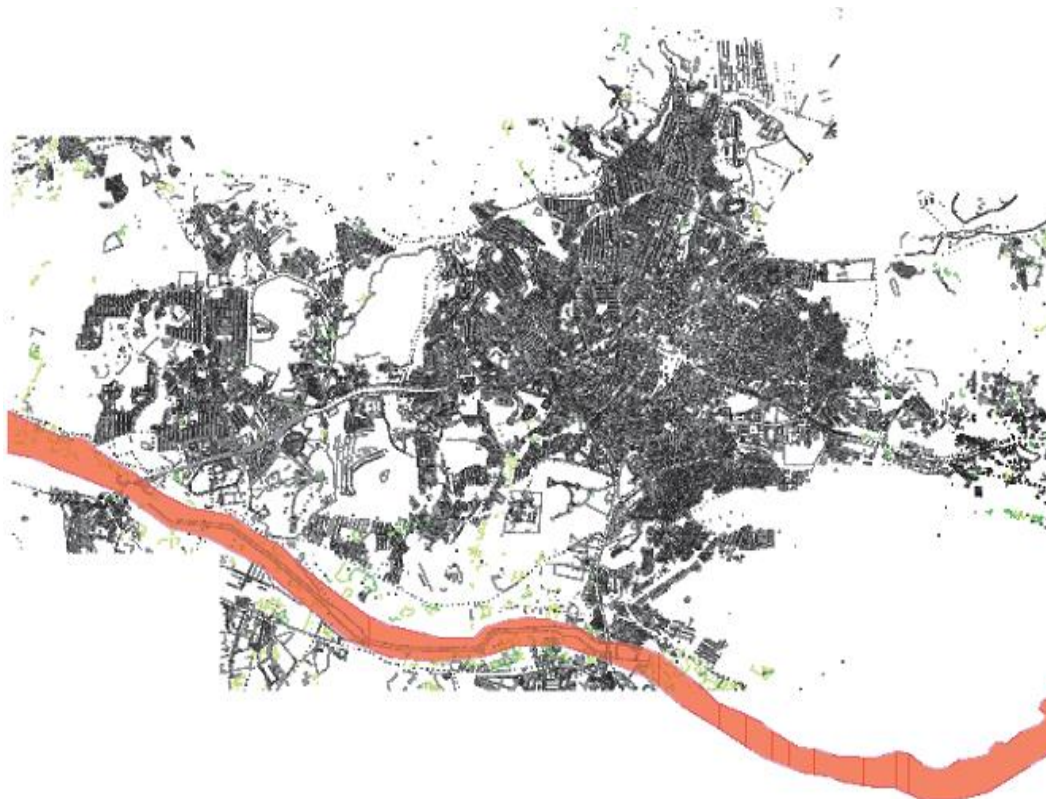


شکل ۹- نمای سه بعدی مسیر رودخانه در زمان اجرای مدل سازی - محیط HEC RAS  
(شکل مربوط به زمان اوج هیدروگراف یعنی ۵ ساعت پس از شروع شکست سد می باشد.)

### کنترل و نمایش نتایج در *Google Earth* و *ARC GIS*

به گونه ایست که پس از طی مسیری در حدود ۷,۵ کیلومتر و تا محل احداث پل شیخ جریان تقریباً کنترل شده و می توان گفت شهرک اوراز که در مجاورت سد قشلاق قرار دارد از آسیب های ناشی از سیل حاصل از شکست سد تا حدودی ایمن است. در ادامه مسیر سیل کنترل شده و جریانی معادل دوره بازگشت سیل ۵۰ ساله رودخانه در شرایط طبیعی را به راه می اندازد. در ادامه نقشه پهنه سیل گیر در نرم افزارهای *ARC GIS* و *Google Earth* نمایش داده شده است (شکل های ۱۰ و ۱۱).

با توجه به اینکه نرم افزار *HEC RAS* قابلیت بالایی در نمایش نتایج به صورت نقشه ندارد و نتایج مدل سازی در هر فرمتی که در این برنامه قابل ارائه بود نمایش داده شد، اکنون جهت به دست آوردن درک درست و واقع بینانه ای از نتایج به دست آمده از نرم افزار *HEC RAS* خروجی گرفته و نتایج را به نرم افزار *ARC GIS* و *Google Earth* انتقال می دهیم. نتایج حاصل مؤید آن است که پس از شروع شکست در مقاطع ابتدایی رودخانه سیل به شدت بالا آمده و تا ارتفاعات پیرامون را پوشش می دهد. اما توپوگرافی پائین دست سد



شکل ۱۰- پهنه سیلاب ناشی از شکست سد قشلاق در محیط ARC GIS



شکل ۱۱- پهنه سیلاب ناشی از شکست سد قشلاق در محیط Google Earth

با توجه به نوع سیل حاصل از شکست سد قشلاق و با مشخص بودن حجم سیل و محدوده عبور سیل و همچنین وضعیت موجود بستر رودخانه در محدوده شهر سنج، می‌توان ادعا نمود که پارامترهای مدیریتی محدودتری نسبت به سیل ناشی از بارندگی، داریم. لذا پارامترهایی مدیریتی مهار سیل به دو صورت پارامترهای سازه‌ای و پارامترهای غیر سازه‌ای مهار سیل دسته‌بندی می‌شود.

استفاده از روش‌های غیر سازه‌ای در کنار روش‌های سازه‌ای می‌تواند به‌عنوان مکمل، موجب کاهش اثرات مخرب سیلاب می‌شود. در حال حاضر سیستم‌های هشدار سیل به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های غیر سازه‌ای، شناخته می‌شود و با توجه به مزایایی همچون کارایی و عملکرد بالا، هزینه بسیار پایین، سازگاری با محیط‌زیست و سهولت اجرا می‌تواند به‌طور گسترده مورد استفاده گیرد. در صورت ارائه آموزش‌های لازم، سیستم‌های هشدار سیل در مقایسه با سایر روش‌های دیگر، هیچ‌گونه مقاومتی را از سوی افراد و ساکنین محلی به دنبال نخواهد داشت و به‌طور معمول با استقبال نیز روبرو می‌باشد. با راه‌اندازی این سیستم، با اعلام به‌موقع به ساکنان محدوده خطر، قبل از وقوع سیل، زمان کافی برای تخلیه به موقع مناطق تحت خطر سیلاب، فراهم می‌شود.

در تحقیق حاضر با توجه به نوع سیل، که ناشی از شکست سد می‌باشد سیستم هشدار شامل بخش‌های کلی زیر است:

- ابزار دقیق نصب‌شده در بدنه سد که در صورت خارج شدن مشخصات از رنج، به‌صورت آلام، اعلام‌خطر می‌کنند و وقوع سیل ناشی از شکست سد را هشدار می‌دهند.

- لوازم هشدار شامل بلندگو، سیرن و تابلوهای الکترونیکی که در طول مسیر سیل و با فواصلی که دارای همپوشانی باشند نصب می‌گردند و در صورت خطر وقوع سیل، از محل سد و در اتاق کنترل، فعال می‌گردند. پخش اعلام هشدار با استفاده از بلندگوهای قوی انجام گردد، همچنین پیام هشدار ترکیبی از آژیر مخصوص و پیام‌های صوتی و با زبان رسمی و در محل ایستگاه‌های هشدار، ذخیره می‌شوند تا ساکنان بومی و همچنین مسافری، متوجه پیام هشدار سیل شوند.

سیستم نحوه اعلام هشدار سیل باید به نحوی باشد که اگر شکست سد بدون هیچ علائم اولیه اتفاق افتد اپراتور و یا مسئول مربوطه به اختیارات لازم را داشته باشد که بدون اطلاع به مسئولان اتاق بحران، نسبت به فعال‌سازی سیستم هشدار اقدام نماید تا فرصت تخلیه و خروج از منطقه سیل از دست نرود.

همچنین هشدار وقوع سیل بایستی از طریق پیامک و ارتباط تلفنی به اطلاع مسئولان محلی رده‌بالا مانند

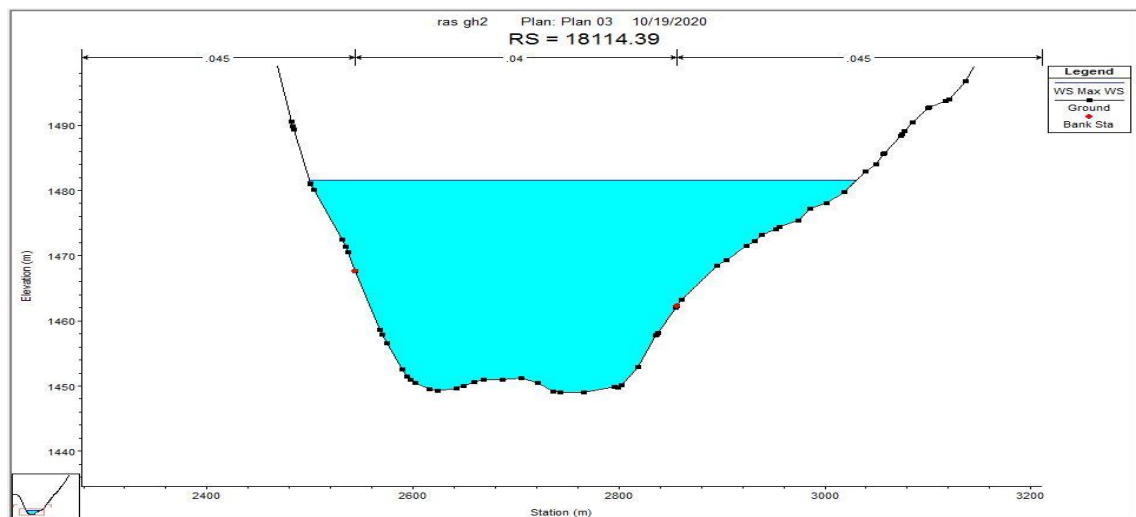
استاندار، فرماندار، شهردار و سایر سازمان‌ها و ارگانهای مرتبط نیز فرستاده شود.

نگهداری و حفاظت سیستم‌های اعلام هشدار نصب شده در مسیر رودخانه، بایستی به‌طور پیوسته توسط مأموران صلاحیت‌دار سرکشی و پایش و به‌صورت دوره‌ای تست گردند. همچنین عامل مهم دیگر برای حفظ و نگهداری این سیستم، آگاهی دادن، آموزش منفعت حاصل از این سیستم به ساکنان بومی می‌باشد تا به‌طور داوطلب و به‌عنوان ذینفع در حفاظت از آن، اقدام نمایند.

در ادامه دیوارهای سیل بند به‌عنوان گزینه اصلی سازه-ای برای کنترل سیلاب ناشی از شکست سد توضیح داده می‌شود:

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها و همان‌طور که در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده

یکی از مناطق بسیار مهم در فاصله حدود ۵ کیلومتر پایین‌تر از سد در محدوده شهرک اوراز می‌باشد که با توجه به توپوگرافی منطقه نشان داده شده حجم زیادی از آب ناشی از شکست سد در این محدوده قرار دارد (شکل ۱۲). در این قسمت همان‌طور که در شکل ۱۵ بار رنگ قرمز نشان داده شده ایجاد سیل بند رودخانه‌ای پیشنهاد می‌گردد. این نوع از سیل بند که در حاشیه‌ی رودخانه‌ها به‌منظور جلوگیری از ورود آب به مناطق شهری یا روستایی و یا زمین‌های کشاورزی و غیره به‌کاربرده می‌شوند تا از بروز خسارت جلوگیری نمایند و انواع مختلفی دارند که به‌صورت طولی و عمودی از مواد مختلفی ساخته می‌شوند. همچنین پیشنهاد می‌گردد که در این محدوده سیستم هشداردهنده سیلاب نیز قرار داده شود.



شکل ۱۲- سطح آب ناشی از شکست سد در محدوده شهرک اوراز - محیط HEC RAS





شکل

### ۱۳- محل پیشنهادی جهت ایجاد سیل بند رودخانه‌ای

مسیر پل‌ها که شاهراه اصلی ورودی به شهر سنندج هستند لایروبی کف رودخانه و در صورت نیاز دیوارهای حائل بتنی یا سنگی برای هدایت سیلاب احداث گردد تا در صورت وقوع سیلاب ناشی از شکست سد موجب خرابی این سازه‌ها نشود.

با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌ها در مسیر رودخانه قشلاق در محدوده شهر حجم سیلاب و تراز آب زیاد نمی‌باشد و از طریق رودخانه هدایت خواهد شد (شکل ۱۴)؛ لذا پیشنهاد می‌شود که در این محدوده سیستم هشداردهنده در فواصل مناسب قرار داده شود و نیز در



شکل ۱۴- محدوده ورودی شهر سنندج و پل قشلاق از نمای غربی

## نتیجه گیری

با توجه به موارد فوق الذکر و همچنین محاسبات و مدلسازی‌های صورت گرفته در نهایت دو نوع راهکار سازه‌ای و غیر سازه‌ای برای کنترل و کاهش خسارات ناشی از شکست سد پیشنهاد شده و موارد مطرح در هر راهکار فهرست گردید. آنچه مسلم است سرعت سیلاب ناشی از شکست سد تابع پارامترهای مختلفی از جمله حجم مخزن، توپوگرافی، دبی پایه رودخانه، کاربری اراضی، ضریب زبری کناره‌ها، نوع شکست، شیب و غیره قرار دارد، که در رابطه با سد قشلاق همان‌طور که در فرایند مدلسازی نیز محرز گردید توپوگرافی مسیر از جمله تپه‌ای که در بالاتر از شهرک اوراز (ننله) قرار دارد در مهار سیلاب ناشی از شکست سد و کاهش سرعت و در نتیجه خطرات ناشی از آن تأثیر بارزی داشته و خطری را که این سد متوجه محدوده شهری سنندج می‌سازد به شدت کاهش می‌دهد؛ اما این نکته نباید دلیل بر اهمال و عدم برنامه‌ریزی برای مقابله با خطر ناشی از شکست سد واقع گردد.

در نهایت تأکید می‌گردد که جهت مؤثر بودن هرگونه اقدام و فعالیتی در زمینه مدیریت سیل، بایستی برنامه‌ریزی جامعی برای هماهنگی بین سازمان‌ها، ترجمان‌ها، نهادهای دولتی و مردمی انجام گردد تا با مشخص بودن مسئولیت‌های هر دستگاه از به هدر رفتن

در مقاله حاضر اثرات ناشی از شکست سد قشلاق بر شهر سنندج مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که پس از شروع شکست در مقاطع ابتدایی رودخانه سیل به شدت بالا آمده و تا ارتفاعات پیرامون را پوشش می‌دهد. با دور شدن از محل سد با توجه به توپوگرافی پائین دست سد که دارای شیب نسبتاً کمی می‌باشد و همچنین وجود محدوده نسبتاً وسیع و گسترده‌ای بعد از ۵ کیلومتر بعد از سد، سیل ایجاد شده پس از طی مسیری در حدود ۷٫۵ کیلومتر و در محدوده قبل از پل شیخ جریان آرام تر شده و همچنین شرایط توپوگرافی محدوده بعد از پل شیخ که دهانه رودخانه در این محل تنگ می‌شود عملکردی به‌مانند یک سد تأخیری از خود نشان می‌دهد و تأثیر بسزایی در کنترل حجم عبوری سیل و روانه شدن آن به سمت شهر سنندج را دارد. همچنین در محدوده شهر سنندج سطح آب در شرایط کنترل شده قرار دارد و در محدوده بستر رودخانه جاری می‌شود و وارد بخش‌های شهری نمی‌گردد. اما جهت ساختمان‌ها و تأسیسات مجاز و یا غیرمجازی که در بستر رودخانه وجود دارد و همچنین مزارع و باغات و مراکز تفریحی موجود و افرادی که در محدوده مذکور مشغول به فعالیت و یا تفریح هستند در معرض خطر جدی هستند.

منابع و موازی کاری‌ها و اقدامات مقطعی محدود به

بخشی خاص، جلوگیری به عمل آید.

## منابع

- (۱) ابارشی، م. (۱۳۸۸). بررسی تبعات شکست سد، مطالعه موردی سد طرق مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- (۲) امیر احمدی، ا.، کرامتی، ص. و احمدی، ط. (۱۳۹۰). ریز پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر نیشابور در راستای توسعه پایدار. مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال دوم، شماره هفتم، ص ۹۱-۱۱۰.
- (۳) بمبئی چی، س. (۱۳۸۶). تجربیاتی چند در کار با مدل HEC-RAS در تحلیل جریان غیردائمی شکست سد، مطالعه موردی سد بیدواز اسفراین، ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهر کرد.
- (۴) حسن زاده، ی. (۱۳۸۳). هیدرولیک شکست سد، نشریه شماره ۶۳، انتشارت وزارت نیرو کمیته ملی سدهای بزرگ ایران.
- (۵) شرکت مهندسی مشاور مهرباب پارس تدبیر، مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه قشلاق حد فاصل پایاب سد و پل قشلاق. کارفرما: شرکت آب منطقه ای کردستان.
- (۶) طیار، ا.، جمالیزاده، ر. و فهیمی، ه. (۱۳۹۰). تعیین پهنه سیلاب برای رودخانه خبر با استفاده از نرم افزارهای HEC-RAS و ArcGIS مطالعه موردی رودخانه خبر شهرستان
- (۷) مصباحی، م. (۱۳۸۶)، تحلیل خطر پذیری سیلاب با استفاده از تلفیق HEC-RAS و GIS و تحلیل اقتصادی خسارت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعت آب و برق تهران.
- (۸) ولیزاده کامران، خ. (۱۳۸۶). کاربرد GIS در پهنه بندی خطر سیلاب، مطالعه موردی حوضه رود ليقوان.
- (۹) Andrei, A., Robert, B., Erika, B., (2017). Numerical limitations of 1D hydraulic models using MIKE11 or HEC-RAS software—case study of Baraolt River, Romania. In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 245, p. 072010. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/7/072010>.
- (10) HEC-1 flood hydrograph package -- user's manual. (2005). U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, California.
- (11) Vrouwenvelder A., Van der Veen, A., Stuyt, L.C.P.M. and Reinders, J.E.A. (2003). Methodology for flood damage evaluation, delft cluster seminar: The role of flood impact assessment in flood defense policies, IHE, Delft, The Netherlands.
- (12) Xiong, Y. (2011). A Dam Break Analysis Using HEC-RAS, Journal of Water Resource and Protection, 3 (6), 2011, pp. 370-379. doi: 10.4236/jwarp.2011.36047.