



شبیه سازی عددی سیلاب ناشی از شکست سد نرماب در اثر پدیده زیرشویی

حامد تقی زاده^{۱*}، عباس نقوی^۲، مهدی ضیایی^۳، حمیدرضا تجری^۴، رضا الهیاری^۵

۱- دانشجوی دکتری سازه های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع

۲- کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع

۳- مدیر طرح سد نرماب، شرکت آب منطقه ای گلستان

۴- مدیر طرح کنترل سیل گرگانرود، شرکت آب منطقه ای گلستان

۵- مجری طرح ساماندهی رودخانه های داخلی استان، شرکت آب منطقه ای آذربایجان شرقی

⋮

چکیده:

با توجه به خسارات بسیار زیاد ناشی از شکست سدها، بخصوص سدهایی که در نزدیکی شهرهای بزرگ احداث می شوند، مطالعات مربوط به شکست سد از جمله تخمین پارامترهای شکست، روندیابی و پهنه بندی سیلاب، جهت مدیریت بحران و آمادگی برای شرایط اضطراری در پایین دست سدها ضروری می باشد. در پژوهش حاضر شکست سد نرماب در اثر زیرشویی (Piping) با استفاده از قابلیت های دویعدی نسخه جدید نرم افزار HEC-RAS مورد بررسی قرار گرفته است. هیدروگراف سیلاب ناشی از زیرشویی در محل سد استخراج شده است و مقدار بیشینه آن پس از گذشت زمانی حدود ۱ ساعت و ۵۰ دقیقه به مقدار بیشینه خود رسیده و حدود ۱۸۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. جریان سیلابی پس از حدود ۴۸ دقیقه از آغاز زیرشویی، به مجاورت شهر مینودشت رسیده است. در اثر سیلاب رخ داده بخش هایی از جنوب شهر مینودشت در معرض آسیب های جدی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که بخش وسیعی از شهر دور از پهنه سیلابگیر بوده است. مناطق وسیع کشاورزی در معرض سیلاب قرار گرفته و در صورت رخداد شکست سد خسارات بسیار زیادی به این مناطق وارد خواهد شد.

کلمات کلیدی: سد نرماب، پدیده زیرشویی، شبیه سازی عددی، مدل دو بعدی



۱. مقدمه

رشد روزافزون جمعیت بالاخص در دهه‌های اخیر علاوه بر افزایش نیاز آب، جوامع بشری را به لحاظ بهره برداری از رودخانه‌ها برای مصارف مختلف همچون کنترل سیلاب، تولید نیروی برق، حمل و نقل، تامین آب شرب و کشاورزی با مسایل پیچیده‌تری روبرو ساخته است. یکی از سازه‌های اساسی تامین کننده اهداف فوق سدها می‌باشند که می‌توانند با نگهداشتن حجم عظیمی از آب برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و سایر اهداف نقش مهمی ایفا نمایند. احداث و عملکرد مناسب سد مستلزم جانمایی مناسب، طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری اصولی از آن می‌باشد. استفاده از تجارب گوناگون در سطح جهانی از پیچیدگی طراحی و اجرای این سازه‌ها بر روی رودخانه‌ها کاسته است. با این وجود، همواره احتمال شکست یک سد به واسطه عواملی همچون بلایای طبیعی و غیر طبیعی مانند زلزله و بمباران، اشتباه در طراحی، اشتباه در اجرا، خرابکاری و ... وجود دارد [۱].

نحوه شکست سد و تاثیر آن بر پایین دست از جمله پیچیدگی‌های این بخش از طرح‌های سدسازی می‌باشد که مرزهای آن با بکارگیری تجارب و آموخته‌ها از طرح‌های شکست خورده توسعه یافته است. یافته‌های آماری از شکست سدها بیانگر کاهش درصد سدهای شکسته شده طی سال‌های اخیر می‌باشد. به گونه‌ای که ۲/۲ درصد شکست‌ها مربوط به سدهای ساخته شده قبل از سال ۱۹۵۰ میلادی و درصد سدهای شکسته شده بعد از این سال ۰/۵ درصد بوده است. در این بین سهم سدهای خاکی بیشتر از نوع بتنی آن می‌باشد. مواردی همچون مشکلات پی، زیرشویی (Piping)، لغزش زمین، روگذری، شکست شبروانی بالادست و پایین دست در اثر لغزش، نقص و عملکرد نامناسب سازه‌های خروجی، نگهداری و بهره‌برداری نامناسب و ... از عوامل اصلی ایجاد کننده تخریب در سدهای خاکی به‌شمار می‌آیند [۲].

با توجه به صدمات جانی و مالی زیاد ناشی از شکست سد، موضوع شکست سد مورد توجه بسیاری از محققین بوده است. در اثر وقوع این پدیده حجم عظیمی از آب به‌صورت یک جریان ناپایدار وارد آبراهه پایین دست می‌گردد. تعیین سرعت و ارتفاع موج حاصل از شکست سد پارامترهایی هستند که جهت تعیین خسارات احتمالی و ارائه دستورالعمل اقدامات اضطراری، می‌بایست مورد بررسی قرار گرفته و برآورد گردند. در نشریه شماره ۶۴۴ دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفای وزارت نیرو تحت عنوان "راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های وابسته" و در بخش راهنمای تدوین برنامه اقدامات اضطراری در سدها، بر تهیه اقدامات اضطراری برای هر سدی اعم از در حال ساخت و بهره برداری و یا هر سد دیگری که شکست آن می‌تواند باعث ایجاد تلفات جانی و مالی قابل توجهی گردد، تاکید گردیده است. لازمه این دستورالعمل، بررسی اثرات ناشی از شکست سد می‌باشد. با اطلاع از شعاع تاثیر این پدیده، شناسایی مراحل اضطرار، طبقه‌بندی سطح اضطرار، اقدامات پیشگیرانه، آگاهی



رسانی و هشدار، منابع تامین تجهیزات و تدارکات در برنامه اقدامات اضطراری می‌تواند تدوین گردیده و در هنگام بروز این پدیده مورد عمل قرار گیرد [۳].

با توجه به ابعاد موضوع شکست سد، امکان ساخت مدل‌های فیزیکی و آزمایشگاهی وجود ندارد. بررسی سوابق موضوع در ایران و جهان نشانگر توجه محققین بر مقوله یاد شده به کمک مدل‌های ریاضی می‌باشد. به لحاظ ساده‌سازی محاسبات، فرض جریان یک بعدی بکار گرفته شده است که به لحاظ وجود عدم قطعیت‌های زیاد به درستی نمی‌توان تعیین نمود که این نتایج چه مقدار واقع‌گرایانه می‌باشد. لیکن پیشرفت‌های علمی اخیر و در راستای کاهش عدم قطعیت‌ها در مدل‌سازی عددی، رویکرد تحلیل‌های دو و سه بعدی توسعه یافته و نتایج نزدیک به واقعیت را حاصل می‌نماید.

پدیده شکست سد از دو منظر: (۱) علل و نحوه شکست و (۲) اثرات شکست در پایین دست قابل بررسی می‌باشد. طرح حاضر فارغ از علل و نحوه شکست، به بررسی اثرات تخریب سد و ابعاد خسارات محتمل در پایین دست تدوین گردیده است. گرچه موضوع حاضر مبنایی هیدرولیکی دارد، لیکن نتایج خروجی آن ابزار مدیریتی توانمندی به منظور تدوین برنامه مدیریت بحران ناشی از شکست سد است که در سالهای اخیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. بکارگیری مدل‌های دو بعدی و نتایج واقع‌گرایانه آن، امکانات فراوانی برای بررسی سناریوهای مختلف به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بحران شکست سد فراهم خواهد نمود.

اولین قانون اروپایی در زمینه مطالعات شکست سد در فرانسه و پس از شکست سد مالپاست در سال ۱۹۵۹ ایجاد گردید. پس از آن در کشورهای مختلفی در سراسر دنیا بررسی شکست سد و تعیین اثرات ناشی از آن، جزئی از مطالعات سدها قرار گرفت [۴]. در نوشته‌های پیشین از چهار روش به عنوان روش‌های آنالیز شکست سد نام برده شده است که شامل آنالیز مقایسه‌ای، روش‌های تجربی، مدل‌هایی بر پایه فیزیک و مدل‌های پارامتری می‌باشد [۵].

بررسی شکست مخزن توپین در ایالت هاوایی در اثر سه سناریو شامل شکست با وجود حداکثر سیل محتمل، سیل ۱۰۰ ساله و شکست در روز آفتابی، با استفاده از نرم افزار، HEC-RAS [۶]، شکست سد سنکلیک در اندونزی با استفاده از مدل Boss DAMBRK در اثر روگذری [۷]، بررسی شکست دو سد در هند و تاثیر آن بر پایین دست با استفاده از مدل MIKE11 در اثر روگذری [۸]، شکست ۶ سد و مخزن در رودخانه میسوری ایالات متحده و تعیین پهنه‌های سیلاب گیر در پایین دست با استفاده از مدل HEC-RAS [۹]، شکست سد ملاصدرا در اثر روگذری و شکست سد درودزن در اثر سیلاب ناشی از شکست سد ملاصدرا، با استفاده از مدل HEC-RAS [۱۰]، از جمله مطالعاتی است که به صورت موردی و با استفاده از مدل‌های ریاضی روی سدهای مختلف دنیا انجام شده است.



۲. منطقه مورد مطالعه

سد مخزنی نرماب واقع در شمال ایران و در استان گلستان، شهرستان مینودشت و ۵ کیلومتر جاده مینودشت- جنگلده بر روی رودخانه نرماب ساخته می شود. در شکل شماره ۱ سد نرماب نشان داده شده است. این سد در مراحل اجرایی بوده و به زودی مورد بهره برداری قرار خواهد گرفت.



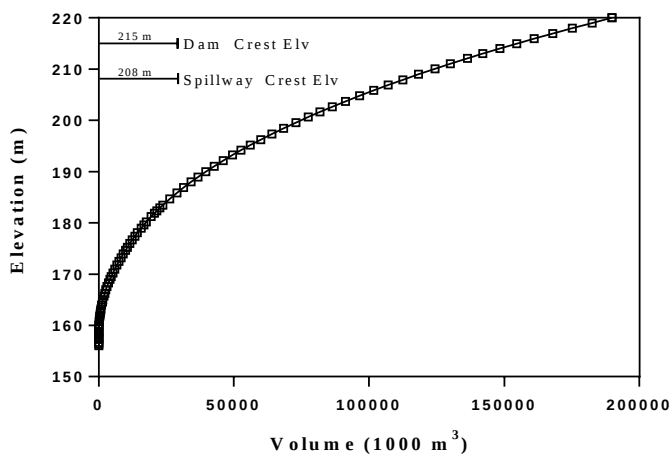
شکل ۱- سد نرماب

از اهداف اساسی این طرح می توان به کنترل و ذخیره سازی رژیم سیلابی رودخانه های نرماب، چهل چای و خرمالو در مخزن سد نرماب، توسعه و بهبود کشاورزی در اراضی تحت پوشش به میزان ۸۵/۵ میلیون متر مکعب، تامین آب شرب و صنعت منطقه به میزان ۳۰ میلیون متر مکعب، تنظیم و رهاسازی حقابه های پایاب (پایین دست سد وشمگیر) ۶۵ میلیون متر مکعب، استفاده صحیح از منابع آب زیرزمینی و تلفیق آن با آب سطحی، فراهم آمدن زمینه های ایجاد امکانات رفاهی، تفریحی و گردشگری و استفاده از نیرو برقابی (۲ واحد ۲/۵ مگاواتی با تولید سالانه ۱۵/۶ گیگابایت ساعت) اشاره کرد. در شکل شماره ۲ نقشه محدوده مطالعاتی نشان داده شده است. با توجه به اهمیت سد مخزنی نرماب و مناطق مسکونی وسیع در پایین دست آن، قراگیری شهر مینودشت در فاصله بسیار کمی از مخزن، لزوم مطالعات شکست سد و مدیریت بحران بیش از پیش ضروری به نظر می رسد.



شکل ۲- تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه

در شکل شماره ۳ نمودار تراز - حجم مخزن سد نریاب نشان داده شده است. این نمودار به عنوان یکی از پارامترهای اساسی در استخراج هیدروگراف شکست سد ناشی از زیرشویی می باشد.



شکل ۳- نمودار تراز - حجم مخزن سد نریاب



۳. مدل عددی

مدل HEC-RAS توسط اداره مهندسان ارتش آمریکا توسعه یافته شده است. این مدل به عنوان یکی از نرم افزارهای پایه در مطالعات مهندسی رودخانه در داخل کشور رواج یافته است. در نسخه جدید ارائه شده قابلیت های بسیار ویژه ای از جمله شبیه سازی دوبعدی به این مدل افزوده شده است. شبیه سازی دوبعدی جریان امکانات بسیار زیادی را برای آگاهی بیشتر و بهتر از فرایندهای رودخانه ای در اختیار قرار داده است. عملکرد اساسی مدل های دوبعدی بر اساس انفصال میدان حل به المان های صفحه ای بوده است که معادلات حاکم بر جریان در هر کدام از المان ها محاسبه شده و در نهایت کل میدان شبیه سازی می گردد [۱۱].

مدل دوبعدی HEC-RAS معادلات پیوستگی و فرم ویژه ای از معادله مومنتم (پخش موج) را برای حل میدان دو بعدی مورد استفاده قرار می دهد. البته لازم به ذکر است که فرم دینامیکی کامل هم در مدل گنجانده شده است.

معادله پیوستگی برای جریان های غیرماندگار در رابطه شماره ۱ نشان داده شده است.

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} + q = 0 \quad (1)$$

در این رابطه t زمان، H تراز سطح آب، h عمق جریان، q منبع تغذیه یا تخلیه می باشد. u و v نیز سرعت های جریان در راستای x و y می باشند.

معادله پخش موج (فرم خاصی از معادله مومنتم) نیز می تواند بوسیله گرادبان فشار باروتروپیک و اصطکاک کف بیان شوند.

$$-g\nabla H = C_f V \quad (2)$$

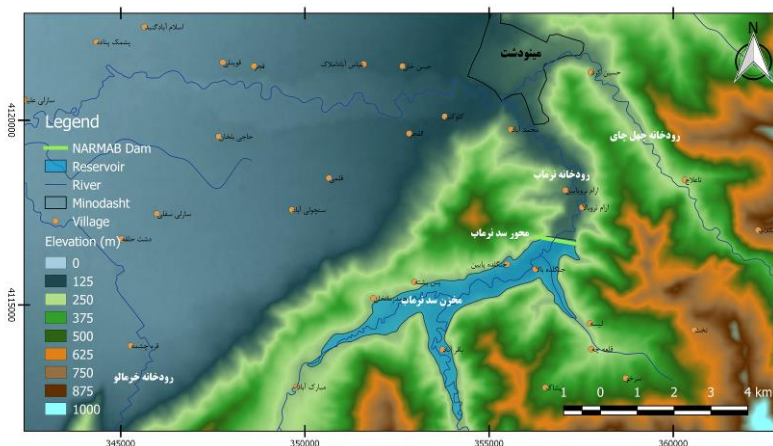
در این رابطه $V = (u, v)$ ، $\nabla = (\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})$ و C_f پارامتر اصطکاک کف می باشد که در این مدل

توسط معادله مانینگ محاسبه می گردد [۱۱].

۴. مواد و روش ها

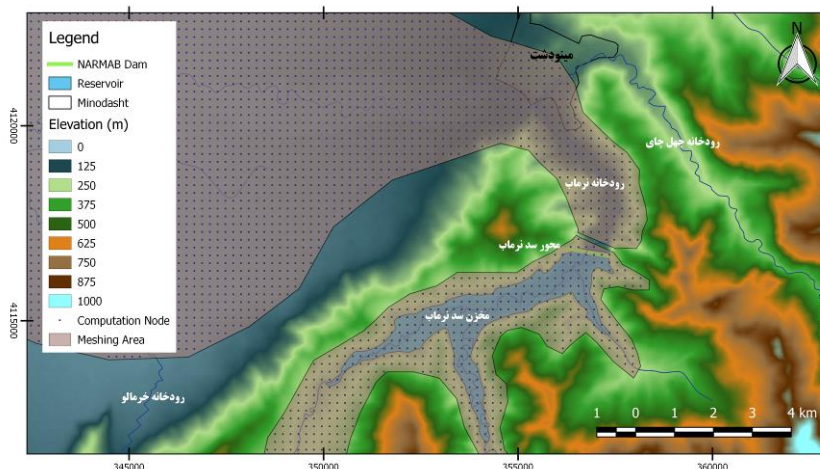
برای استخراج هیدروگراف شکست ناشی از زیرشویی (Piping) از امکانات نرم افزار HEC-RAS که از سال ۲۰۰۲ به این نرم افزار افزوده شده، استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل پدیده زیرشویی وارد مدل شده و در نهایت هیدروگراف شکست به محدوده حل تحمیل شده است. برای شبکه بندی مدل عددی از دو محدوده محاسباتی استفاده شده است. محدوده اول شامل مخزن سد و محدوده دوم پایین دست سد تا روستای سارلی سفلی بوده است. با توجه به اطلاعات موجود از محدوده مورد

مطالعه بخشی از پایین دست بررسی شده است. محور سد نیز با مشخصات هندسی و تعریف الگوی شکست به این دو محدوده دو بعدی اتصال یافته است. در شکل شماره ۴ مدل رقومی محدوده مورد بررسی نشان داده شده است.



شکل ۴- مدل رقومی محدوده مورد بررسی

با توجه به ویژگیهای مدلسازی دو بعدی در نرم افزار HEC-RAS، استفاده از المان های نسبتا درشت نیز می تواند منجر به نتایج مناسبی شود. دلیل این مساله نوع دیدگاه مدلسازی دوبعدی در این نرم افزار می باشد. بر خلاف سایر مدل های عددی که یک المان یا باید خشک باشد و یا تر، در این مدل هر وجه از المان دارای رقوم ارتفاعی مشخصی بوده و لذا می تواند بخشی از المان خشک و بخشی نیز تر باشد. لذا در این تحقیق اندازه متوسط المان ها حدود ۵۰ متر بوده است. در سناریوی مورد بررسی، جریان در مخزن در تراز تاج سرریز بوده و بدنه ی سد شروع به شستگی کرده است. با توجه به بررسی های صورت گرفته و ابعاد سرریز مورد استفاده، امکان روگذری سد بسیار کم می باشد. لذا سناریوی زیرشویی مورد بررسی واقع شده است. در شکل شماره ۵ محدوده شبکه بندی و مراکز سلول های محاسباتی نشان داده شده است.



شکل ۵- شبکه بندی مدل عددی و نودهای محاسباتی

۶. تحلیل نتایج

پس از آغاز پروسه زیرشویی در بدنه سد نرخاب، جریان سیلابی به تدریج به سمت پایین دست سرازیر شده و با گذشت زمان میزان شکاف ایجاد شده در بدنه سد افزایش یافته و این روند به صورت سریع ادامه یافته است. جریان سیلابی به سرعت تشدید شده و پس از گذشت زمانی حدود ۱ ساعت و ۵۰ دقیقه به مقدار بیشینه خود رسیده است. در این زمان دبی سیلابی حدود ۱۸۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است (شکل شماره ۷-الف). در شکل شماره ۶ نیز نحوه گسترش سیلاب ناشی از شکست سد در بازه های زمانی مختلف نشان داده شده است. جریان سیلابی پس از حدود ۴۸ دقیقه به مجاورت شهر مینودشت رسیده است و هیدروگراف سیلاب در این نقطه در نمودار شماره ۷-ب نشان داده شده است. دبی پیک سیلاب در این محل حدود ۱۷۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه بوده است. جریان سیلابی با ادامه مسیر خود به پل جاده گرگان-بجنورد رسیده است. هیدروگراف سیلاب در این محل نیز در شکل شماره ۷-ج نشان داده شده است. در اثر سیلاب رخ داده بخش هایی از جنوب شهر مینودشت در معرض آسیب های جدی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که بخش وسیعی از شهر دور از پهنه سیلابگیر بوده است. مناطق وسیع کشاورزی در معرض سیلاب قرار گرفته است و در صورت رخداد شکست سد خسارات بسیار زیادی به این مناطق وارد خواهد شد. بخش هایی از روستای قوینلی نیز در معرض سیلاب قرار گرفته است. هیدروگراف سیلاب در ابتدای روستای قوینلی در شکل شماره ۷-د نشان داده شده است. سیلاب پس از زمان ۱ ساعت و ۲۰ دقیقه به این ناحیه رسیده است.



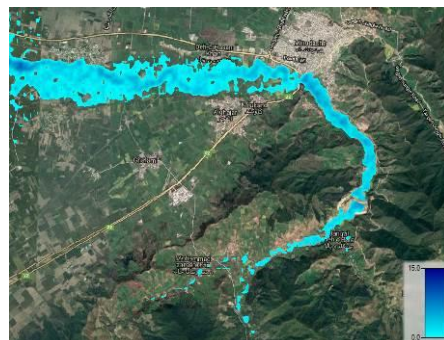
الف) ۴۸ دقیقه پس از آغاز زیرشویی



ب) ۱ ساعت و ۲۰ دقیقه پس از آغاز زیرشویی

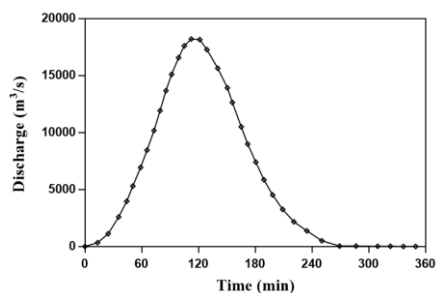


ج) ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه پس از آغاز زیرشویی

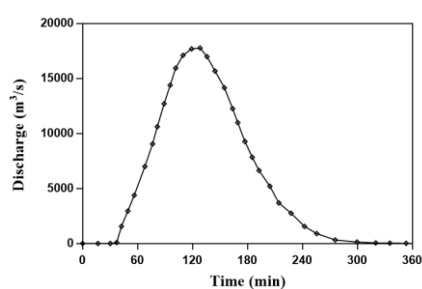


د) ۴ ساعت پس از آغاز زیرشویی

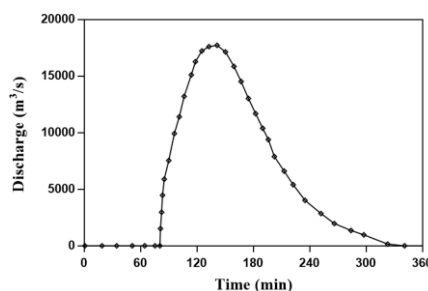
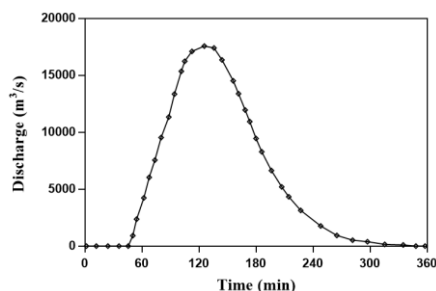
شکل ۶- تاریخچه عبور سیلاب ناشی از شکست سد (طیف رنگی عمق جریان)



الف) هیدروگراف سیلاب در محل سد



ب) هیدروگراف سیلاب در ابتدای شهر مینودشت



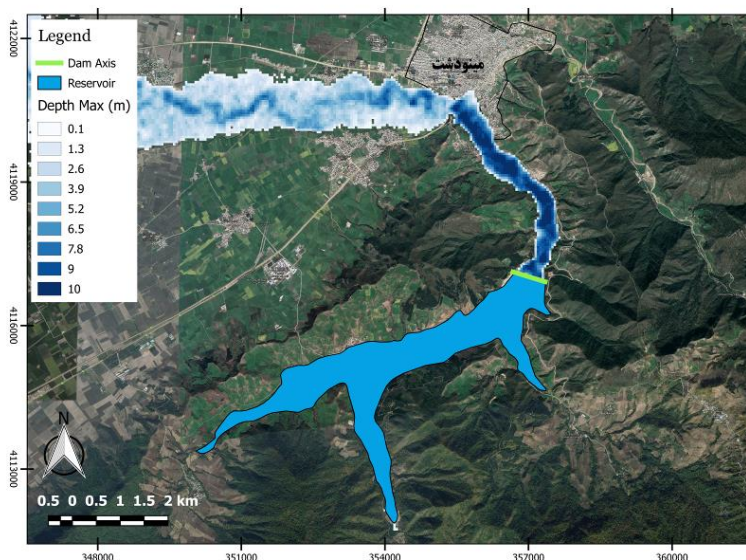
(د) هیدروگراف سیلاب در ابتدای روستای قوینلی (ج) هیدروگراف سیلاب در پل جاده گرگان-بجنورد
شکل ۷- هیدروگراف سیلاب ناشی از شکست سد در مناطق مختلف

عمق و سرعت جریان از مهمترین فاکتورهای مورد نیاز برای بررسی اثرات یک سیلاب می باشد. با توجه به این که شاخص مخاطره تابعی از آنها می باشد برای تخمین مقدار کمی آن تعیین عمق و سرعت جریان در هر نقطه ای از محدوده مورد مطالعه ضروری می باشد.

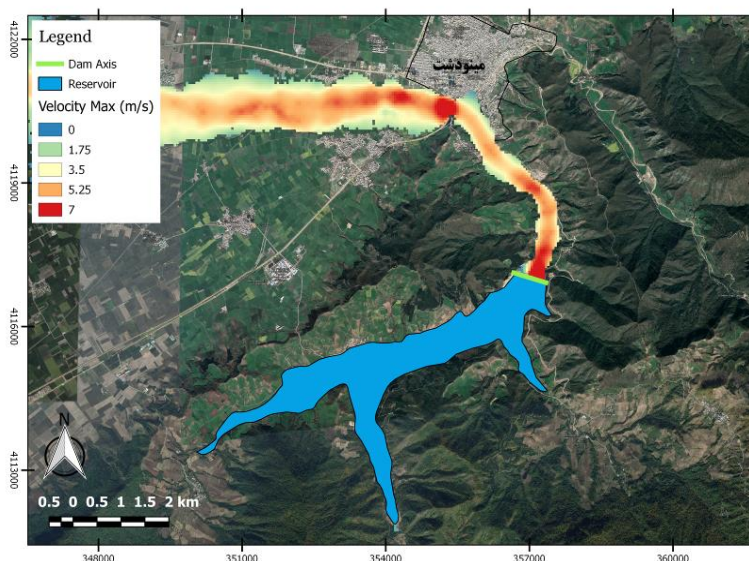
به منظور تلفیق دو متغیر سرعت جریان و عمق آب گرفتگی در بررسی نقشه های پهنه بندی سیلاب، USBR در سال ۱۹۸۸ اقدام به ارائه شاخصه هایی نمود که میزان مخاطره در آن را مشخص می کرد. این شاخص ها تنها تابعی از عمق سیلاب و سرعت جریان بوده است [۲].

بدین منظور اقدام به تهیه نقشه های عمق و سرعت بیشینه رخ داده در محدوده مطالعاتی شده که در شکل های شماره ۸ و ۹ نشان داده شده است. این نمودارها به عنوان مهمترین اطلاعات برای دستیابی به شاخص مخاطره و تدوین برنامه های مدیریت بحران می باشد [۱۲].

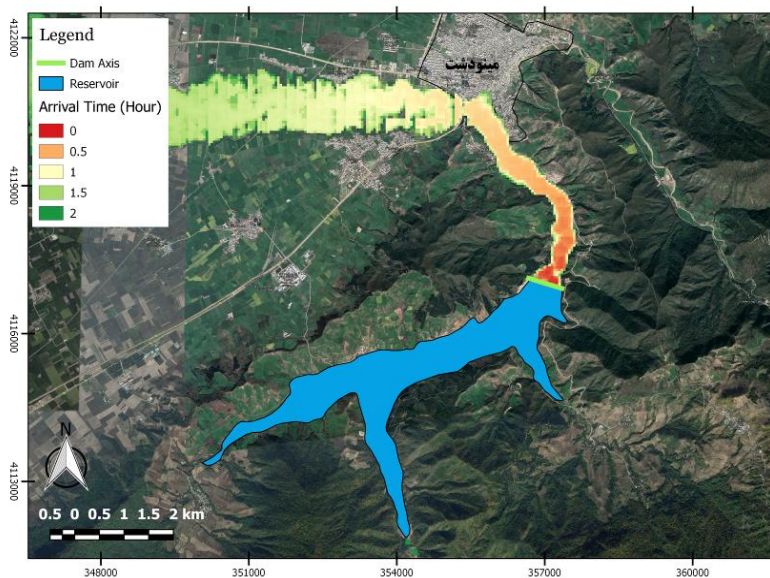
یکی دیگر از مسایل بسیار مهم در تخمین میزان خسارت رخ داده ناشی از سیلاب و تدوین مدیریت صحیح کاهش اثرات ناشی از آن، آگاهی از زمان رسیدن سیلاب و بخصوص تداوم آن می باشد. این دو پارامتر عمدتاً تحت تاثیر سرعت جریان بوده و بر اساس شرایط مدل عددی قابل استخراج می باشد. در این بررسی نیز همانگونه که در شکل های شماره ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است، پهنه زمان رسیدن سیلاب و تداوم آن نشان داده شده است.



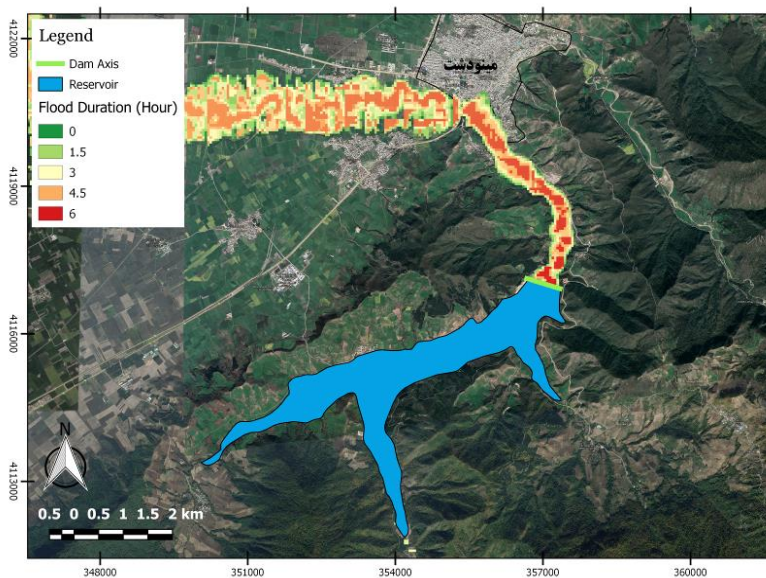
شکل ۸- طیف رنگی عمق بیشینه رخ داده در محدوده مورد بررسی



شکل ۹- طیف رنگی سرعت بیشینه رخ داده در محدوده مورد بررسی



شکل ۱۰- طیف رنگی زمان رسیدن سیلاب در محدوده مورد بررسی



شکل ۱۱- طیف رنگی تداوم سیلاب در محدوده مورد بررسی

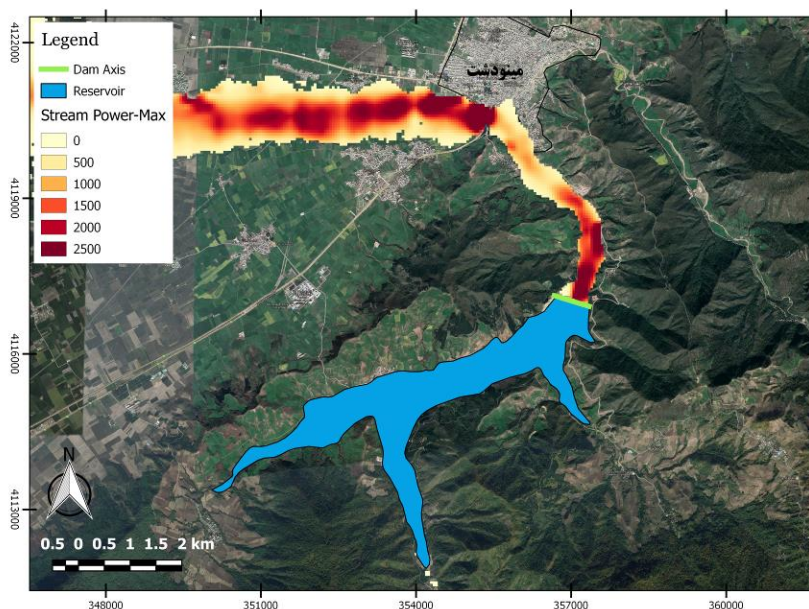


مفهوم توان آبراهه (Stream Power) برای اولین بار توسط بگنولد در سال ۱۹۶۶، زمانی که ایشان از یک رویکرد اولیه برای اندازه گیری میزان عرضه انرژی به یک واحد طول جریان و ارتباط آن با انتقال رسوب در کانال های روباز استفاده کرد، ارائه شد. توان آبراهه بر اساس شیب آبراهه و دبی به صورت رابطه ی شماره ۳ بیان شده است [۱۳].

$$\Omega = \rho g Q S \quad (3)$$

در این رابطه Ω توان آبراهه، ρ چگالی آب، g شتاب ثقل، Q دبی جریان و S شیب آبراهه می باشد [۱۳].

یکی از کارکردها توان آبراهه آگاهی کیفی از پتانسیل حمل رسوبات بستر رودخانه می باشد. با در دست داشتن نقشه های توان آبراهه، علاوه بر شناسایی مناطق در معرض آبشستگی، می توان قدرت سیلاب رخ داده در حمل اجسام شناور و تهدیدات ناشی از آن را شناسایی کرد. در شکل شماره ۱۲ طیف رنگی توان آبراهه نشان داده شده است. همانگونه از که این شکل مشخص می باشد، توان آبراهه در نزدیکی محور سد بسیار بالا بوده است. لذا انتظار می رود حمل رسوبات و اجسام شناور در این ناحیه از شدت بیشتر برخوردار باشد. توان آبراهه در بعد از پل گرگان-بجنورد نیز شدت گرفته و می تواند شرایط بسیار نامطلوبی را ایجاد کند.



شکل ۱۲- طیف رنگی توان آبراهه در محدوده مورد بررسی



۱۰. نتیجه‌گیری

فارغ از احتمال رخداد شکست یک سد، تبعات ناشی از آن به قدری چشمگیر می باشد که لزوم بررسی پیامدهای آن ضروری می باشد. در این تحقیق به بررسی سیلاب ناشی از شکست سد نرماب در اثر سناریوی زیرشویی با استفاده از توانایی های مدل سازی دویعدی نسخه ی جدید نرم افزار HEC-RAS پرداخته شده است. پس از آغاز پروسه زیرشویی در بدنه سد نرماب، جریان سیلابی به تدریج به سمت پایین دست سرازیر شده و با گذشت زمان میزان شکاف ایجاد شده در بدنه سد افزایش یافته و این روند به صورت سریع ادامه یافته است. جریان سیلابی به سرعت تشدید شده و پس از گذشت زمانی حدود ۱ ساعت و ۵۰ دقیقه به مقدار بیشینه خود رسیده است. در این زمان دبی سیلابی حدود ۱۸۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. جریان سیلابی پس از حدود ۴۸ دقیقه به مجاورت شهر مینودشت رسیده است. در اثر سیلاب رخ داده بخش هایی از جنوب شهر مینودشت در معرض آسیب های جدی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که بخش وسیعی از شهر دور از پهنه سیلابگیر بوده است. مناطق وسیع کشاورزی در معرض سیلاب قرار گرفته است و در صورت رخداد شکست سد خسارات بسیار زیادی به این مناطق وارد خواهد شد. بخش هایی از روستای قوینلی نیز در معرض سیلاب قرار گرفته است. سیلاب پس از زمان ۱ ساعت و ۲۰ دقیقه به این ناحیه رسیده است.

۱۲. مراجع

1. Wrachien, D.D. and S. Mambretti. (2009). Dam-break Problems, Solutions and Case Studies. Published by Ashurst Lodge, Ashurst. Southampton. ITLY, 16 pps.
2. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. (2013). Flood overtopping failure of dams, managing water in the west, 150 pp
3. وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای آب و آفا، (۱۳۹۲)، راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه های وابسته.
4. Pandit, K.M. (2011). Environmental Management Plan of Luhri. Himachal Pradesh, Centre for Inter-Disciplinary Studies of Mountain & Hill Environment, University of Delhi, Delhi, 11 pp.
5. Atallah, T.A. (2002). A Review on Dams and Breach Parameters Estimation. Hydro system Engineering M.Sc. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, 120 pp.
6. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. (2007). Dam Break Analysis for Twin Reservoirs. Kaua'I County, Hawai'I, 108 pp.



7. Limantara, L.M. and T.P. Juowono. (2012). Flood Behavior Analysis Due to Dam Break (Case Study in Cengklik Dam, Center Java of Indonesia). International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2(11): 3-4 pp.
8. Pillai, B.R., S. Ghosh and O.P. Gupta. (2012). Integrated Dam Break Analysis- Case Study of Indira Sagar and Omikareswar Projects. India Water Week- Water Energy and Food Security, 10-14 April, New Delhi, 10 pp.
9. Ghorman, T., C. Miller, L. Blankers, L. Hamilton, N. Vohl and M. Splattstoesser. (2011). Unsteady Flow Simulations and Inundation Mapping for the Missouri River Main-Stem Dam System, 31st Annual USSD Conference, San Diego, California, 14 pp.
10. Houshmand, A. (2007). Simulation of Dam Break Flood in the Kor River for Doroodzan and Molasadra Reservoirs, M.Sc. Thesis in Hydraulic Structural Engineering, University of Shiraz, 146 pp.
11. U.S. Army Corps of Engineering (USACE), HEC-RAS River Analyses System, 2D modeling user's manual, Version 5, (2016).
۱۲. حامد تقی زاده، عباس نقوی، امین حسینی و سهند تقی زاده، ۱۳۹۲، توسعه پایدار شهری با تمرکز بر مدیریت سیلاب های شهری-مطالعه موردی شهر آق قلا، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
13. Gartner, John, "Stream Power: Origins, Geomorphic Applications, and GIS Procedures" (2016). Water Publications.