دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

# بررسی شکست سد پلرود در اثر روگذری و روندیابی سیلاب ناشی از آن در پایین‌دست

**مینا سیفی زاده[۱]، علیرضا عمادی[۲] و رامین فضل اولی[۳]**

۱ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: emadia355@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۸

**چکیده**

**سدهای مخزنی با اهدافی نظیر تامین منابع آب، کنترل سیلاب و تولید نیروی برق آبی احداث می‌شوند. پدیده شکست سد، همواره سدها را تهدید می‌کند و موجب تلفات مالی و انسانی شدید در مناطق پایین‌دست می‌شود. اگر پدیده شکست و آثار ناشی از آن، قبل از احداث سد پیش‌بینی گردد، خسارات ناشی ازشکست در آینده کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر شکست سد پلرود در اثر روگذری با استفاده از مدل BREACH GUI مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد هیدروگراف سیلاب ناشی از شکست سد، دارای دبی اوج ۴۷۲۵۳ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. این دبی، ۲۷ ساعت پس از شروع سیلاب و یک ساعت پس از آغاز روگذری از سد رخ می‌دهد. سپس روندیابی سیلاب به‌منظور تعیین اثرات شکست سد توسط مدل HEC-RAS انجام شد. نتایج روندیابی سیلاب نشان داد که دبی اوج در مدت زمان ۵۴ دقیقه، از محل سد به آخرین مقطع رودخانه در ۱۵ کیلومتری پایین‌دست خواهد رسید و از کاهش ۶۲ درصدی برخوردار است. انطباق تصاویر پهنه‌های سیلابی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد بررسی در مدل Google Earth نشان داد که ۱۸ روستا و محدوده‌هایی از شهرهای کلاچای و رحیم‌آباد در پایاب سد دچار آب‌گرفتگی شدید می‌شوند. سیلاب ناشی از این شکست همچنین موجب فرسایش در مناطق نزدیک به محل سد می‌شود.**

**واژه‌های کلیدی: شکست سد، روگذری، روندیابی، مدل BREACH GUI، مدل HEC-RAS**

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

**مقدمه**

با افزایش جمعیت و محدود بودن منابع آب شیرین، برنامه‌ریزی برای ذخیره و استفاده بهینه از آب الزامی است. سد مخزنی سازه‌ای مهندسی است که به‌منظور ایجاد مخزن ذخیره آب در عرض یک دره ساخته می‌شود. سدهای مخزنی برای سه هدف مهم مورد نیاز هستند: ۱) استفاده تنظیم‌شده از آب ذخیره شده برای مصارف شرب و کشاورزی، ۲) مهار سیلاب و ۳) تولید نیروی برق‌آبی (۲۲). سدهای مخزنی با وجود منافع بسیار زیاد، در صورت شکست آثار مخربی را در پیش دارند. شکست سد از دیدگاه کمیته جهانی سدهای بزرگ[1] فروریختن همه یا بخشی از یک سد یا شالوده آن است، بطوری‌که آن سد توانایی نگهداری آب را نداشته باشد (۲۲). از این‌رو بررسی پدیده شکست سد و پیش‌بینی اثرات ناشی از آن، تا حدود زیای از شدت تلفات و خسارات ناشی از آن می‌کاهد. یکی از رایج‌ترین شکل ساخت سدهای مخزنی، سدهای خاکی می‌باشد. عوامل مختلفی باعث ایجاد شکست در سدهای خاکی می‌شوند که از آن میان می‌توان روگذری[2]، رگاب[3]، نشت داخلی[4]، لغزش، شکاف، واژگونی و زلزله را نام برد. آمار موجود در گزارش کاستا[5] در سال ۱۹۸۵ نشان می‌دهد که بیش از ۶۰٪ تلفات انسانی ناشی از شکست سدها، تنها در اثر شکست سه سد بزرگ در اثر روگذری رخ داده است: سد وایونت[6] در ایتالیا، سال ۱۹۶۳ (۲۶۰۰ کشته، روگذری جریان از سد بتنی قوسی)، سد جان‌استون[7] در پنسیلوانیا، سال ۱۸۸۹ (۲۲۰۰ کشته، روگذری جریان از سد خاکی) و سد ماچو[8] ۲ در هند، سال ۱۹۷۴ (بیش از ۲۰۰۰ نفر کشته، روگذری جریان از سد خاکی در حال ساخت) (۲). برای بسیاری از شکست سدها در سرتاسر جهان، روگذری در اثر نامناسب بودن خروجی و یا ظرفیت سرریز رخ می‌دهد (۱۱). شکست سد در اثر روگذری یکی از رایج‌ترین حالات شکست می‌باشد. ۳۰ درصد از شکست سدها در ایالات متحده در ۷۵ سال گذشته، در اثر روگذری رخ داده است (۲۰).

آنالیز شکست سد اغلب با دو هدف اصلی تعیین هیدروگراف خروجی از مخزن و روندیابی این هیدروگراف در طول مسیر پایین‌دست انجام می‌شود (۲۱). شکل و زمان هیدروگراف خروجی، فاکتور مهمی در آنالیز موج سیلاب شکست سد است. ازآنجاکه در پایاب سدها مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی وجود دارد، پیش‌بینی خطرات ناشی از شکست سدها و تعیین نقشه‌ی مناطق خطرپذیر لازم و حیاتی است. با وقوع موارد متعددی از شکست سدها، بررسی پدیده‌ی شکست سد و آثار ناشی از آن از سال‌های دور مورد بحث پژوهشگران در سراسر دنیا بوده است. 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 (۱۴). در نوشته‌های پیشین از چهار روش به‌عنوان روش‌های آنالیز شکست سد نام برده

1- ICOLD (International Commission of Large Dams)
2- Overtopping
3- Piping
4- Separate
5- Costa
6- Vaiont
7- Johnstown
8- Machhu II

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

شده است که شامل آنالیز مقایسه‌ای، روش‌های تجربی، مدل‌هایی بر پایه فیزیک و مدل‌های پارامتری می‌باشد (۳). با گسترش رایانه‌ها، به‌کارگیری آنها به‌منظور پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل شکست‌ها کاربرد فراوانی یافته است. نرم‌افزارهای متعددی از جمله DAMBRK، FLUENT، HEC-RAS، FLDWAV، BREACH و غیره تاکنون در زمینه شکست سد به‌کار رفته‌اند. همچنین نرم‌افزار HEC-RAS معروف‌ترین و پرکاربردترین مدل در تجزیه و تحلیل هیدروگراف سیلاب می‌باشد. بررسی نتایج مدل‌های ریاضی با استفاده از داده‌های ۱۴۲ سد خاکی شکسته شده در جهان، نشان داد که مدل BREACH برآورد بهتری با توجه به سدهای خاکی شکسته شده در جهان ارائه می‌کند (۱۷).

بررسی شکست مخزن توین در ایالت هاوایی در اثر سه سناریو شامل شکست با وجود حداکثر سیل محتمل (PMF)[1]، سیل ۱۰۰ ساله و شکست در روز آفتابی، با استفاده از دو نرم‌افزار HEC-RAS و BREACH (۱۹)، بررسی شکست سد سن‌کلیک[2] در اندونزی با استفاده از مدل Boss DAMBRK در اثر روگذری (۱۳)، بررسی شکست دو سد در هند و تاثیر آن بر پایین‌دست با استفاده از مدل MIKE11 در اثر روگذری و با در نظر گرفتن تعداد متفاوت دریچه‌های باز سرریز (۱۵)، بررسی شکست ۶ سد و مخزن در رودخانه میسوری ایالات متحده و تعیین پهنه‌های سیلاب‌گیر در پایین‌دست با استفاده از روندیابی در مدل HEC-RAS (۸) و شکست سد ملاصدرا در اثر روگذری و شکست سد درودزن در اثر سیلاب ناشی از شکست سد ملاصدرا، با استفاده از مدل BREACH و پهنه‌بندی سیلاب ناشی از آن 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. اگرچه در کشور ما تاکنون مطالعات متعددی روی سدهای مختلف انجام شده است، اما این مطالعه در مورد سد پلرود که هم‌اکنون درحال ساخت می‌باشد صورت نگرفته است. از این رو در پژوهش حاضر شکست سد پلرود در اثر یکی از عوامل عمده شکست سدهای خاکی یعنی روگذری جریان از روی سد بررسی شده و سپس روندیابی غیرماندگار سیلاب ناشی از شکست انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه پژوهش و سد پلرود

منطقه موردنظر در شمال ایران، بخش شرقی استان گیلان و در محدوده شهرستان رودسر می‌باشد. سد مخزنی پلرود از ابتدای سال ۱۳۸۹ با اهدافی نظیر توسعه بهره‌برداری از منابع آب و خاک منطقه، تامین آب شرب شهرهای لنگرود، کومله، املش، کلاچای و رودسر و تامین نیازهای آبیاری شالیزارها و باغات چای، روی رودخانه پلرود در حال احداث است. این سد از نوع خاکی با هسته رسی می‌باشد (۱). در جدول ۱ مشخصات سد پلرود آمده است.

1- Probable Maximum Flood

2- Cengklik

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

جدول ۱- مشخصات سدپلرود

| | |
|---|---|
| ارتفاع (متر) | ۷۴ |
| طول تاج (متر) | ۴۷۰ |
| عرض تاج (متر) | ۱۲ |
| گنجایش مخزن (میلیون مترمکعب) | ۶۵ |
| فاصله محورسد تا دریا (کیلومتر) | ۱۵/۶ |

**مدل BREACH GUI و مکانیزم شکست در حالت روگذری**

مدل BREACH توسط سرویس آب و هوای جهانی (NWS)[1] برای پیش‌بینی پارامترهای هیدروگراف سیلاب خروجی از شکست سد خاکی ارائه شده است. این مدل شکل بازشدگی، زمان شکست، هیدروگراف سیل خروجی و هیدروگراف تراز آب پایاب را به دست می‌دهد. کد فرترن اصلی این برنامه در سال ۱۹۸۴ ایجاد شده است. مدل BREACH GUI تحت نرم‌افزار JAVA، به کاربر اجازه می‌دهد که داده‌های ورودی را به آسانی وارد مدل کند. این نسخه در جولای ۲۰۱۰ وارد بازار شده است. نتایج مدل با مشاهدات شکست سد تتون در آیداهو، شکست سد لاون لایک در کلرادو و شکست سد طبیعی پرو مقایسه شده است که نشان از صحت برنامه بجز در مورد تعیین مقدار دقیق دبی اوج دارد (۴).

برای آغاز مدل‌سازی در اثر روگذری، باید تراز آب در مخزن پیش از شروع فرسایش، در بالای سد باشد. در گام اول از فرسایش، فرض می‌شود که تنها در رویه‌ی پایین‌دست سد که پوشش گیاهی ندارد، جوی کوچک مستطیلی ایجاد می‌شود (مقطع A-A در شکل ۱). سپس کانالی فرسایشی، که عمق آن وابسته به عرض آن است، در طول رویه‌ی پایین‌دست سد شکل می‌گیرد. جریان ورودی به کانال با رابطه سریز لبه پهن تعریف می‌شود:

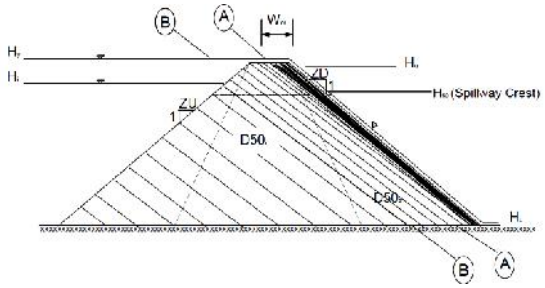
$$Q_b = 3B_0(H - H_c)^{1.5} \qquad (۱)$$

در این رابطه، $Q_b$ جریان ورودی به کانال شکست ($ft^3/s$)، $B_0$ عرض ابتدایی کانال مستطیل شکل (ft) و $H_c$ تراز کف شکست (ft) است.

زمانی که کانال شکست، رویه‌ی پایین‌دست را فرسایش می‌دهد، تراز کف کانال شکست ($H_c$) در بالای سد ($H_u$) باقی می‌ماند و ذرات مصالح سد در عرض تاج سد به سمت رویه بالادست حرکت می‌کنند. هنگامی که کف کانال فرسایش به تراز B-B در شکل (۱) می‌رسد، فرسایش عمودی پایین‌دست آغاز می‌شود. این فرآیند تا زمانیکه کف کانال به تراز بستر ($H_L$) سد برسد، ادامه می‌یابد. در مدل BREACH شکاف ناشی از شکست به صورت ذوزنقه‌ای است که شیب کناره‌های آن از زاویه اصطکاک داخلی مصالح سد تبعیت می‌کند (۴).

1- National Weather Service

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]




شکل ۱- شکست سد در اثر روگذری

**مدل HEC-RAS و مکانیزم روندیابی در آن**

این مدل یک شبیه‌ساز ریاضی است که برای انجام محاسبات هیدرولیکی یک بعدی برای شبکه‌ی کاملی از کانال‌های طبیعی و مصنوعی توسط انجمن مهندسین ارتش آمریکا ارائه شده است. این مدل نسخه کامل‌تر مدل HEC-2 می‌باشد که امکان محاسبات یک‌بعدی در حالت جریان ماندگار و غیر ماندگار، مدل‌سازی انتقال رسوبات بار بستر و آنالیز کیفیت آب را دارا می‌باشد (۱۲). سیلاب ناشی از شکست سدها یک جریان غیردائمی می‌باشد که در یک مقطع، عمق یا دبی و یا هر دو، در اثر تغییرات زمانی تغییر می‌کند (۲۱). در نتیجه روندیابی هیدروگراف در مدل HEC-RAS با اجرای جریان در حالت غیرماندگار انجام می‌شود. معادلات مورد استفاده در این حالت شامل رابطه پیوستگی و مومنتم می‌باشد که به مجموع آنها معادلات سنت ونانت گفته می‌شود. این معادلات به‌صورت همزمان حل شده و روندیابی هیدرولیکی انجام می‌شود. روش‌های مختلفی برای حل عددی معادلات سنت ونانت وجود دارد که مهمترین آنها شامل روش مشخصه، روش تفاضل محدود، روش عناصر محدود، روش طیفی و روش عناصر مرزی می‌باشد. در مدل HEC-RAS از روش تفاضل محدود ضمنی برای حل این معادلات استفاده می‌شود (۱۰). معادلات پیوستگی و مومنتم در این مدل بصورت روابط (۲) و (۳) می‌باشند.

$$\frac{\partial A_r}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}-q_L=0 \qquad (۲)$$

$$+\frac{\partial QV}{\partial x}+gA\left(\frac{\partial Z}{\partial x}+S_f\right)=0 \qquad (۳)$$

**روش پژوهش**

ابتدا با استفاده از مشخصات سد و هیدروگراف حداکثر سیلاب محتمل (PMF)، شبیه‌سازی شکست سد پلرود در اثر روگذری در مدل BREACH GUI انجام شده، پارامترهای شکست سد و هیدروگراف سیلاب استخراج شده است. پس از آن هندسه منطقه برای روندیابی سیلاب آماده شده است. با توجه به نبود نقشه‌های توپوگرافی با دقت بالا، از نقشه DEM استان گیلان با دقت ۱۰ متر استفاده شده است. این نقشه از سایت هیدروژئولوژی دریافت شده است (۲۳). در این مرحله ابتدا نقشه DEM در مدل Global Mapper تغییر فرمت داده شده و

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

در مدل Arc Map 10 فراخوانی گردید. پس از آن شبکه نامنظم مثلثی منطقه (TIN) در این مدل ایجاد شد. برای تعیین ضریب زبری مانینگ، لایه کاربری اراضی منطقه در مدل Google earth و با کاربری‌های مسکونی، کشاورزی، جنگل، جاده و بستر رودخانه ایجاد شده است. مقادیر ضریب زبری مانینگ منسوب به این کاربری‌ها بر اساس منابع معتبر علمی تعیین شده است. با کاربرد الحاقیه HEC Geo-RAS در مدل Arc Map 10، لایه‌های رودخانه، خطوط سواحل[1]، خطوط جریان[2] و تعداد ۲۰۰ مقطع عرضی ایجاد شد. پس از آماده‌سازی هندسه رودخانه و ورود آن به مدل HEC-RAS، هیدروگراف سیلاب ناشی از شکست به‌عنوان شرط مرزی بالادست، شیب بازه پایین‌دست و دبی ابتدایی رودخانه به‌عنوان شرط مرزی پایین‌دست وارد مدل شده و مدل به‌صورت غیرماندگار اجرا گردید. در نهایت پهنه‌های سیلابی از دستور Export GIS data برای ورود به مدل Arc Map حاضر شدند. در این مدل با استفاده از الحاقیه HEC Geo-RAS پهنه‌های سیلابی فراخوانی شده و لایه‌های سیلاب به‌صورت فرمت kmz درآمد. این لایه‌ها سپس در مدل Google earth فراخوانی شده و مناطق پرخطر تعیین شدند (شکل ۲).



شکل ۲- مقاطع عرضی ورودی به مدل HEC-RAS

## نتایج و بحث

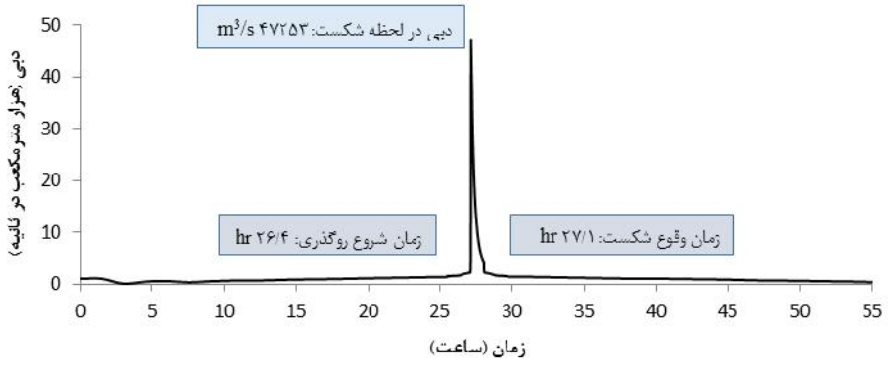
### شکست سد

در شکل ۳ هیدروگراف شکست در اثر روگذری، نشان داده شده است. این هیدروگراف دارای شکل قله تیز می‌باشد که در شکست با مدت زمان کوتاه ایجاد می‌شود (۶). این شکل از هیدروگراف شکست در اثر روگذری، در مطالعات قنادکار (۶) و هوشمند (۱۰) دیده شده است. شکست سد در اثر روگذری، ۲۷ ساعت پس از آغاز شبیه‌سازی و زمانی که دبی اوج هیدروگراف حداکثر سیلاب محتمل (PMF) در حال نزدیک شدن به سد می‌باشد، رخ خواهد داد. با توجه به

1- Banks
2- Flow Path

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

اینکه سرریز سدهای مخزنی بزرگ توانایی عبور حداکثر سیلاب محتمل را دارا می‌باشد، در صورت بسته بودن همه یا بخشی از دریچه‌های سرریز و یا در اثر ریزش باران غیر منتظره، سرریزی از سد رخ خواهد داد. براساس مطالعات انجام شده در این زمینه، قنادکار (۶) و قوامی و همکاران (۷)، شکست سدهای مخزنی در اثر روگذری در زمانی نزدیک به زمان اوج هیدروگراف سیلاب PMF رخ می‌دهد. گسترش کانال شکست تا خروج مقدار زیادی از آب ذخیره شده و رسیدن کف کانال به کف مخزن ادامه می‌یابد. این نتیجه در مطالعات هوشمند (۱۰) نیز مشاهده شده است. این شکست، شکافی به عرض‌های ۱۵۰/۴ و ۱۲/۴ متر در بالا و پایین و ارتفاع ۷۴ متر در بدنه سد ایجاد می‌کند.




شکل ۳- هیدروگراف سیلاب ناشی از شکست

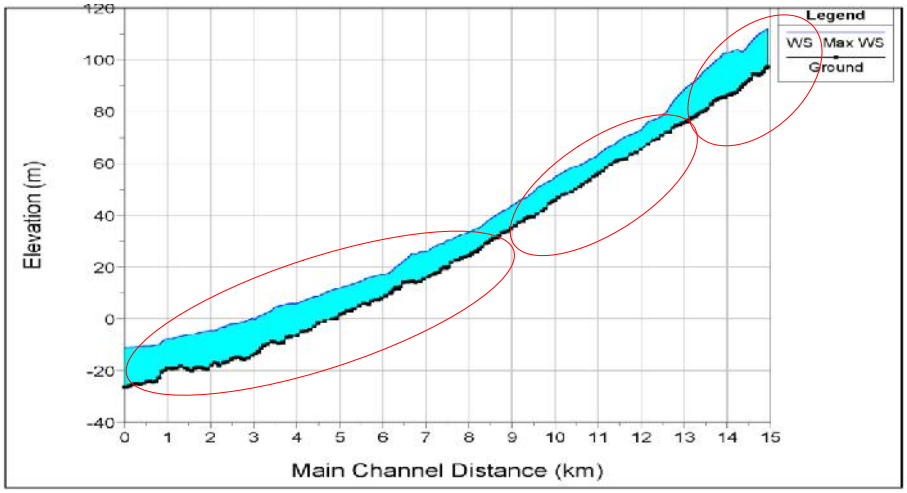
**روندیابی سیلاب**

پس از برآورد پارامترهای شکست، به‌منظور تعیین تاثیر این شکست بر مناطق پایین‌دست، روندیابی غیرماندگار سیلاب انجام شده است. با ورود هیدروگراف سیلاب ناشی از شکست و اطلاعات هندسی یاد شده، مدل HEC-RAS به‌صورت غیرماندگار اجرا شده است. شکل ۴ پروفیل سطح آب حداکثر را در طول مسیر رودخانه نشان می‌دهد. این شکل حداکثر تراز سطح آب در نقاط مختلف مسیر پایاب نسبت به خط‌القعر رودخانه می‌باشد. در این پروفیل تغییرات تراز سطح آب دارای سه محدوده مشخص می‌باشد. این امر به دلیل شیب تندتر محدوده میانی از مسیر نسبت به بقیه مسیر رودخانه می‌باشد، به‌طوری‌که با افزایش شیب، عمق آب کاهش یافته است. هرچند که میزان دبی نیز در طی مسیر کاهش داشته است. اما در مقاطع پایین‌دست به دلیل کاهش زیاد شیب بستر و به طبع آن سرعت جریان عبوری، تراز سطح آب مجددا افزایش می‌یابد. عمق آب در مقاطع مختلف بین ۱۷ تا ۶/۶ متر متغیر است، بیشترین مقادیر آن در مقاطع نزدیک به محل سد و کمترین آن در محدوده میانی از مسیر می‌باشد.

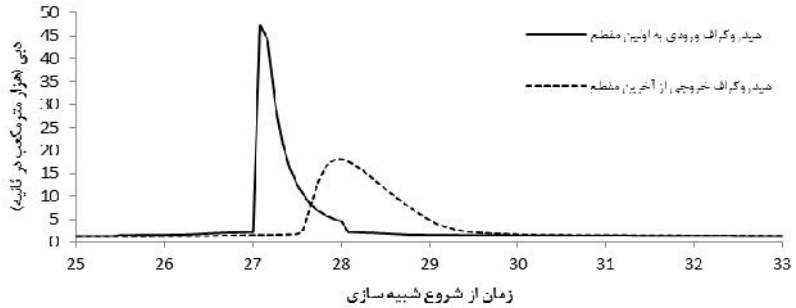
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

در شکل ۵ هیدروگراف ورودی به مقطع اول و هیدروگراف خروجی از انتهای مسیر نشان داده شده است. تغییر شکلی که در انتقال هیدروگراف به سمت پایین‌دست ایجاد می‌گردد، ناشی از فرآیند تبدیل ورودی به ذخیره و نهایتاً ذخیره به خروجی است که باعث می‌گردد تعدیلی در هیدروگراف ورودی صورت گیرد. این تعدیل هم در جهت دبی اوج و هم زمان اوج صورت می‌گیرد (۱۶). این مسئله در هیدروگراف روندیابی شده دیده می‌شود. بررسی روندیابی غیرماندگار هیدروگراف شکست سد نشان می‌دهد که پس از وقوع شکست در سد و ورود دبی اوج هیدروگراف به ابتدای مسیر، ۵۴ دقیقه طول می‌کشد تا دبی اوج با کاهشی برابر با ۲۹۰۹۱ مترمکعب بر ثانیه، به انتهای مسیر برسد. شکل ۶ مقادیر دبی اوج و شدت فروکش آن را در مقاطع مختلف از مسیر پایین‌دست نشان می‌دهد. مقادیر دبی حداکثر در هیدروگراف شکست، به میزان ۶۲ درصد کاهش یافته و از مقدار ۴۷۲۵۳ مترمکعب بر ثانیه در هیدروگراف اولیه ناشی از شکست در ابتدای مسیر پایین‌دست، به مقدار ۱۸۱۶۲ مترمکعب بر ثانیه در خروجی آخرین مقطع رودخانه می‌رسد. تغییرات دبی در این شکل، دارای دو شیب متفاوت است. در مسیر کوهستانی بالادست، شیب تغییرات کم و در مناطق شهری پایین‌دست، به علت پخش سیلاب شیب تغییرات دبی بیشتر است. این نتیجه در مطالعات قدم‌پور و همکاران (۵) نیز مشاهده شده است. شکل ۷ مقادیر دبی را در طول مسیر رودخانه و به ازای زمان‌های مختلف از شروع شبیه‌سازی نشان می‌دهد. این نمودار، از آغاز فرآیند شبیه‌سازی تا زمان شکست سد و ورود دبی اوج هیدروگراف شکست به ابتدای مسیر و همین‌طور زمان فروکش دبی سیلاب را به خوبی نشان می‌دهد. بررسی شکل نشان می‌دهد که ۲۷ ساعت و ۵ دقیقه طول می‌کشد تا دبی اوج ناشی از شکست وارد مسیر رودخانه شود. پس از آن بیش از ۳ ساعت زمان نیاز است تا موج سیلاب به طور کامل از محدوده عبور کرده و مقدار دبی اوج فروکش نماید. در این زمان دبی جریان از مقطع اصلی رودخانه عبور می‌نماید.

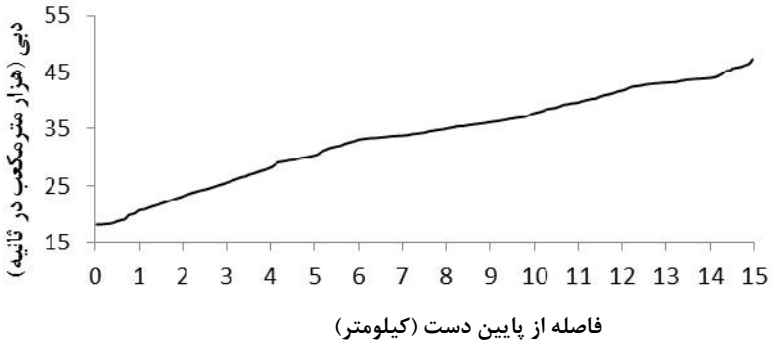
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]




شکل ۴- پروفیل سطح آب ناشی از شکست در مسیر رودخانه

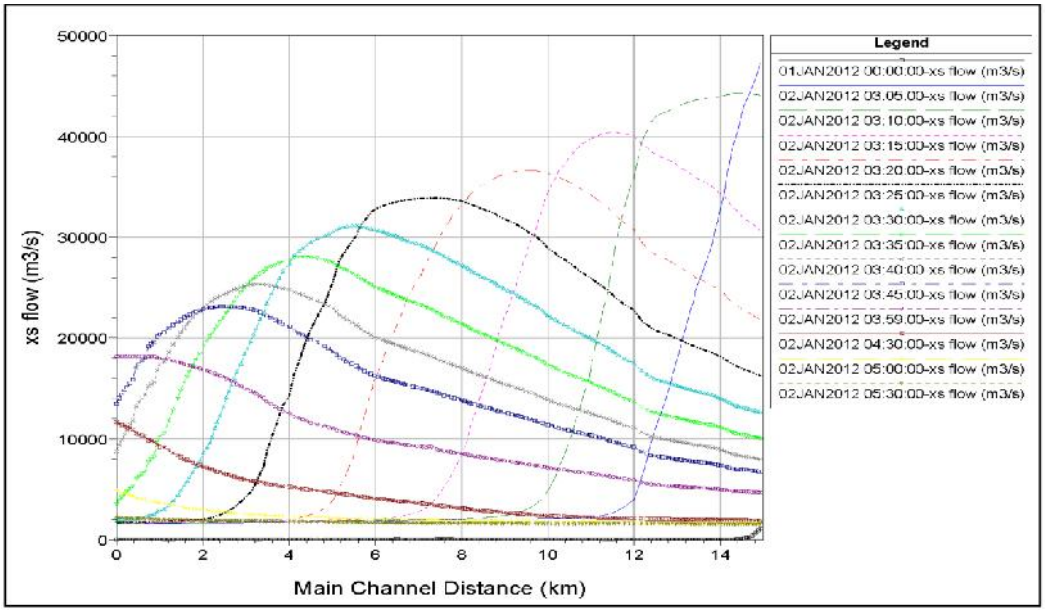



شکل ۵- تغییرات هیدروگراف ورودی در فرآیند روندیابی




شکل ۶- مقادیر دبی اوج سیلاب در فواصل مختلف

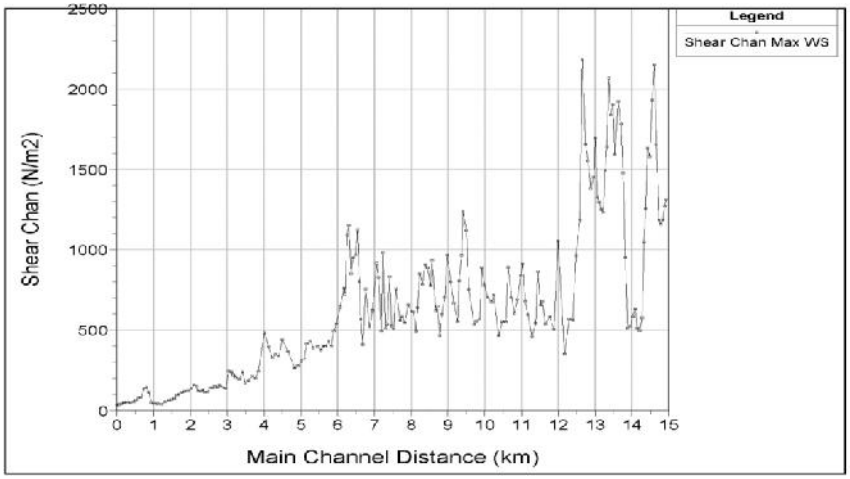
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]




شکل ۷- مقادیر دبی نسبت به فاصله در زمان‌های مختلف

شکل ۸ مقادیر تنش برشی را در کانال اصلی رودخانه نشان می‌دهد. به منظور بررسی شدت فرسایش ناشی از عبور موج سیلاب در کانال اصلی رودخانه، از این نمودار و دیاگرام شیلدز استفاده شده است. سنجش مقادیر تنش برشی در رودخانه و پارامتر شیلدز بحرانی نشان داد که در صورت وقوع شکست، تنش برشی ایجاد شده در کانال رودخانه، تا فاصله‌ی ۹ کیلومتری از محور سد، از مقدار آستانه حرکت ذرات بیشتر می‌باشد. در نتیجه فرسایش شدیدی در این محدوده از رودخانه پلرود رخ داده و این رودخانه با تغییرات مورفولوژیکی شدید مواجه خواهد بود. تغییرات و نوسانات تنش برشی در مقاطع مختلف منطبق بر تغییرات سرعت جریان می‌باشد.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]




شکل ۸- میزان تنش برشی در کانال اصلی در مسیر رودخانه

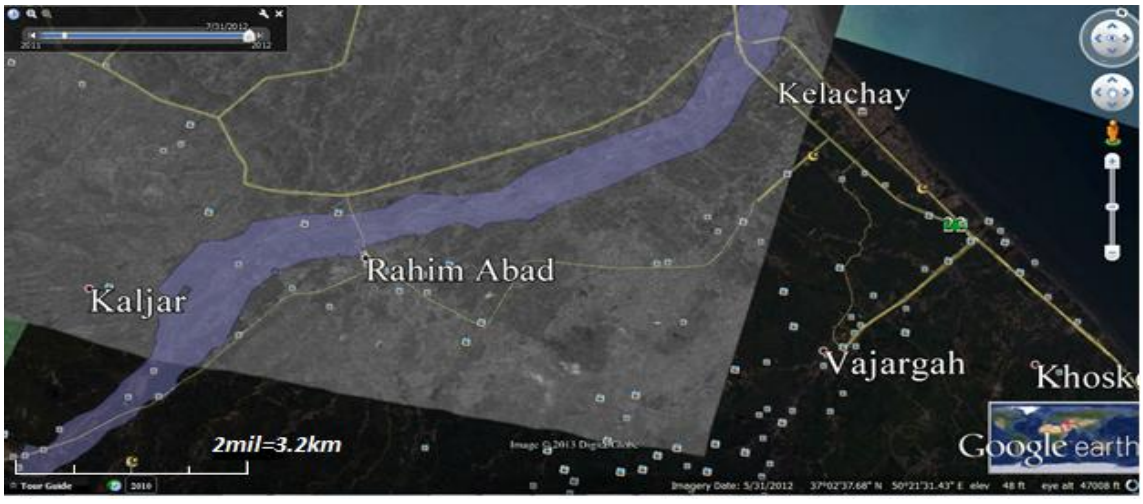
**تعیین میزان خطرپذیری مناطق مسکونی**

به‌منظور بررسی مناطق مسکونی در معرض خطر، در جدول ۲ موقعیت و مشخصات جمعیتی روستاها و مشخصات موج سیلاب بر اساس نتایج پهنه‌ی سیلابی در مدل‌های مورد استفاده آورده شده است. به‌دلیل محدوده کوچک هر روستا، نزدیک‌ترین مقطع در محل روستا به‌عنوان موقعیت آن درنظر گرفته شده و پارامترهای موج سیلاب رسیده به آن مقطع خاص، برای هر روستا منظور شده است. همچنین در شکل ۹ تصویر ماهواره‌ای محدوده‌های سیل‌گیر نشان داده شده است. نتایج نشان داد که درصورت شکست سد، ۱۸ روستا با جمعیتی بالغ بر ۵۸۰۰ تن و همچنین محدوده‌هایی از دو شهر رحیم‌آباد و کلاچای در معرض آب گرفتگی بسیار شدید می‌باشند. در این محدوده‌ها زمین‌های زراعی و باغات چای و مرکبات نیز به زیر آب خواهند رفت. همچنین به دلیل ارتفاع بالاتر زمین‌های واقع بر ساحل چپ رودخانه، میزان آب‌گرفتگی در این ساحل به میزان چشم‌گیری کمتر از ساحل راست می‌باشد. با توجه به وقوع موارد متعددی از شکست سدهای خاکی در اثر روگذری، در پژوهش حاضر به کمک مدل‌های ریاضی ابتدا شکست سد پلرود در اثر این عامل بررسی شده و پس از آن با روندیابی غیرماندگار سیلاب، نقشه خطرپذیری مناطق، در محدوده رودخانه پلرود تعیین شده است. استفاده از نتایج این پژوهش در تعیین برنامه اقدامات اضطراری و مقابله با بحران ناشی از شکست این سد پیشنهاد می‌شود.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

جدول ۲- موقعیت روستاهای اطراف رودخانه از نظر خطر پذیری در اثر شکست سد

| ردیف | نام روستا | تعداد خانوار | جمعیت (تن) | شماره مقطع | فاصله از سد (متر) | موقعیت نسبت به ساحل | عمق آب (متر) | زمان رسیدن اوج سیلاب (از ساعت صفر روز ۲ ژانویه) | دبی اوج سیلاب (مترمکعب بر ثانیه) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | طول‌لات | ۲۱۵ | ۸۴۲ | ۱۴۵۸۴ | ۳۸۲ | راست | ۱۴/۰۹ | ۰۳:۰۷:۰۰ | ۴۵۷۷۸ |
| ۲ | دولاگوابر | ۲۴ | ۹۵ | ۱۳۵۷۵ | ۱۳۹۱ | چپ | ۱۵/۴۹ | ۰۳:۱۰:۰۰ | ۴۳۶۹۵ |
| ۳ | بنکسر | ۵۷ | ۱۹۴ | ۱۳۲۵۰ | ۱۷۱۶ | راست | ۱۳/۷۱ | ۰۳:۱۰:۰۰ | ۴۳۳۲۶ |
| ۴ و ۵ | هرات‌بر<br>گرگاه | ۶۳<br>۱۲ | ۲۰۷<br>۴۹ | ۱۲۸۴۲ | ۲۱۲۴ | راست | ۱۰/۵۸ | ۰۳:۱۱:۰۰ | ۴۳۰۵۰ |
| ۶ | بندبن بنکسرا | ۶۰ | ۲۰۶ | ۱۲۶۹۴ | ۲۲۷۲ | راست | ۹/۶۷ | ۰۳:۱۱:۰۰ | ۴۲۹۵۷ |
| ۷ | بالنگاه | ۲۵۵ | ۸۹۱ | ۱۲۴۲۶ | ۲۵۴۰ | راست | ۷/۹۴ | ۰۳:۱۲:۰۰ | ۴۲۶۱۰ |
| ۸ | بیجارگاه سفلی | ۸۷ | ۳۴۰ | ۱۱۴۲۱ | ۳۵۴۵ | چپ | ۶/۶۰ | ۰۳:۱۴:۰۰ | ۴۰۳۸۰ |
| ۹ | ماچیان | ۱۹۱ | ۶۰۶ | ۹۹۰۰ | ۵۰۶۶ | چپ | ۸/۶۱ | ۰۳:۱۸:۰۰ | ۳۷۴۵۷ |
| ۱۰ | سارسر | ۷۵ | ۲۵۶ | ۸۹۵۵ | ۶۰۱۱ | چپ | ۸/۷۶ | ۰۳:۲۰:۰۰ | ۳۶۱۲۷ |
| ۱۱ | بزاستان | ۱۳ | ۴۳ | ۷۳۳۳ | ۷۶۳۳ | چپ | ۱۰/۹۲ | ۰۳:۲۴:۰۰ | ۳۴۱۲۵ |
| ۱۲ | کند سرا | ۳۳ | ۱۰۵ | ۶۵۱۴ | ۸۴۵۲ | چپ | ۸/۲۰ | ۰۳:۲۵:۰۰ | ۳۳۴۷۹ |
| ۱۳ | علی اوسط محله | ۳۲ | ۱۲۰ | ۵۶۳۵ | ۹۳۳۱ | چپ | ۹/۶۳ | ۰۳:۲۷:۰۰ | ۳۲۱۶۸ |
| ۱۴ | تازه‌آباد | ۷ | ۴۱ | ۵۲۰۰ | ۹۷۶۶ | راست | ۹/۷۰ | ۰۳:۲۹:۰۰ | ۳۱۱۲۴ |
| ۱۵ | حلتا پشتان | ۱۷۷ | ۵۶۴ | ۳۸۰۲ | ۱۱۱۶۴ | راست | ۱۲/۶۷ | ۰۳:۳۴:۰۰ | ۲۷۶۴۲ |
| ۱۶ | صیاد محله | ۱۸ | ۶۳ | ۲۳۲۲ | ۱۲۳۷۷ | چپ | ۱۳/۹۸ | ۰۳:۴۱:۰۰ | ۲۳۹۴۸ |
| ۱۷ | هادی کیاشر | ۲۲۱ | ۷۴۹ | ۱۶۰۰ | ۱۳۳۶۶ | چپ | ۱۴/۰۱ | ۰۳:۴۶:۰۰ | ۲۲۰۴۶ |
| ۱۸ | شیر محله | ۱۴۱ | ۴۸۳ | ۳۴۲ | ۱۴۶۲۴ | چپ | ۱۴/۳۹ | ۰۳:۵۵:۰۰ | ۱۸۳۳۵ |




شکل ۹- تصویر ماهواره‌ای محدوده سیلاب‌گیر در اثر شکست سد

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

**تشکر و قدردانی**

بدین وسیله از دفتر فنی، دفتر مطالعات منابع آب، دفتر تامین آب شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان و مهندسین حاضر در کارگاه ساخت سد پلرود سپاسگزاری می‌نماییم که اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش را در اختیار ما قرار دادند.

**منابع**

1. Anonymous. 2004. Phase II of Polerood Reservoir Dam-Hydrology Report, Consulting Engineering Company of MahabGhods, Guilan Regional Water Company, 450 pp.
2. Askarizadeh, A. 2011. Modeling of Dam Failure, Flood Zoning and Preparation of Emergency Action Plan-Case Study: Mahabad Dam. M.Sc. Thesis in Hydraulic Structural Engineering. Sharif University of Technology, 129 pp.
3. Atallah, T.A. 2002. A Review on Dams and Breach Parameters *Estimation.* Hydrosystem Engineering M.Sc. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, 120 pp.
4. Fread, D.L. 1998. BREACH: An erosion model for earthen dam failures. Hydrologic Research Laboratory, National Weather Service, NOAA, (revision 1, August 1991), 35 pp.
5. Ghadam Pour, Z., N. TalebBidokhti and A. Mirbagheri. 2005. Dam Failure and Its Flood Zoning use of HEC-RAS, BREACH, MIKE 11 and Arc View Models. 7th International Congress on Civil Engineering, Tarbiat Modarres University, 10 pp.
6. Ghannadkar, M. 2012. Numerical model of earthen dam break due to overtopping. M.Sc. Thesis in Hydraulic Structural Engineering. Tehran University, 139 pp.
7. Ghavami, M.R., S. Farzin and S. Shahverdi. 2012. Effects of bed roughness on the advertise waves due to earthen dam break, (Case Study: Shahid MadaniDam), 9th International Congress on Civil Engineering, Industrial Isfahan University, 8 pp.
8. 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.
9. Hoogestraat, G.K. 2011. Flood Hydrology and Dam-Breach Hydraulic Analyses of Four Reservoirs in the Black Hills. South Dakota,U.S. Geological Survey, 47 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. Hwee, H.H. and H.C. Poon. 2013. Risk Assessment Scenario of Machap Dam Overtopping Using New PMP Malaysian Series, Jordan Journal of Civil Engineering, 7(1): 9-10.
12. JebeliFard, S., A. Omidvar and A. Najafi. 2008. River Analysis System HEC-RAS, Amirkabir University Jihad Unit Publications, 3rd ED., 371 pp.
13. 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.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

14. 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.
15. Pillai, B.R., S. Ghosh and O.P. Gupta. 2012. Integrated Dam Break Analysis-Case Study of Indira Sagar and Omikareshwar Projects. India Water Week- Water Energy and Food Security, 10-14 April, New Delhi, 10 pp.
16. Safavi, H.R. 2006. Engineering Hydrology. Arkan Publications, Isfahan, Iran, 603 pp.
17. Shamsaii, A. and Sh. Mousavi. 2004. Determination of Dam Failure and Flood Routing Parameters, First National Congress on Civil Engineering, Iran, Sharif University of Technology, 9 pp.
18. Siyahbalaii, M., A. Tayyari and M. Seyyed Hashemi. 2010. Dam Failure and Its Flood Zoning use Mathematical Models. 2th National Conference on Dams, Iran, Islamic Azad University of Zanjan, 8 pp.
19. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2007. Dam Break Analysis for Twin Reservoirs. Kaua'I County, Hawai'I, 108 pp.
20. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. 2013. Flood overtopping failure of dams, managing water in the west, 150 pp.
21. Wal, T.L. 1998. Prediction of Embankment Dam Breach Parameters. U.S Department of the Interior Bureau of Reclamation Dam Safety Office, 67 pp.
22. Wrachien, D.D. and S. Mambretti. 2009. Dam-break Problems, Solutions and Case Studies. Published by Ashurst Lodge, Ashurst. Southampton. ITLY, 16 pps.
23. www.hydrogeology.blogfa.com. September 2012.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]

# Investigation of Polrood Dam Break due to Overtopping and its Resulted Flood Routing in the Downstream

**Mina Seyfizadeh[1], Alireza Emadi[2] and Ramin Fazlola[3]**

1 and 3- M.Sc. Student and Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: emadia355@yahoo.com)
Received: April 28, 2013 Accepted: January 18, 2014

**Abstract**

Storage dams are constructed for several aims such as; water supply, flood control and energy generation. Dams are being threat by breakage and cause severe financial and human losses in downstream. If dam breakage phenomenon and its resulted effects are furcated before dam construction, the losses will be reduced in the future. In this study, the Polrood dam breakage due to overtopping has been investigated by BREACH GUI model. Results showed that the flood hydrograph due to dam breakage possessed a discharge peak of 47253 $m^3/s$. This peak occurs 27 hrs after flood beginning an hour after overtopping. Then, flood routing was carried out in order to determine the effects of dam breakage by HEC-RAS model. The results of flood routing showed that the discharge peak arrived at the last cross section of 15 km distances in the dam downstream after 54 minute which possessed a decrease of 62%. The overlay of floodplain maps with Google Earth model showed that 18 villages and some regions of Kelachay and Rahim-Abad cities are affected by flooding in dam downstream. The flood resulted of this dam breakage, also causes river erosion near to the dam.

**Keywords:** Dam breakage, Overtopping, Flood routing, BREACH GUI model, HEC-RAS model

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-15 ]