



## بررسی و جانمایی فعالیت‌های انسانی در محدوده سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS-6 نمونه‌ی موردی منطقه‌ی پردیسان قم

ابوالفضل فرجی منفرد<sup>۱</sup>، شهرام روستایی\*<sup>۲</sup>، داود مختاری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولوژیک، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، شهر تبریز، ایران

۲- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، شهر تبریز، ایران

۳- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، شهر تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹

### چکیده

مخروط‌افکنه‌ها به واسطه ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی جزء محدوده با خطر سیلاب محسوب می‌شوند و فعالیت‌های انسانی در این محدوده‌ها عاملی بر تشدید ناپایداری جریانها است. در این پژوهش با روش کاربردی - تجربی به بررسی و جانمایی فعالیت‌های انسانی در فضای جغرافیایی پردیسان در محدوده سیلاب پرداخته شده است. جهت رسیدن به این هدف از مدل هیدرولیکی HEC-RAS-6 بعنوان ابزار کار و از تصاویر میدانی و ماهواره‌ای، گزارش‌ها، نقشه‌های کاربری اراضی و توپوگرافی بعنوان مواد در این پژوهش استفاده شده است. با جانمایی پدیده‌ها و اجرای مدل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله مشخص گردید؛ حوضه‌های p۱۵ و p۱۴ و p۹، p۷، p۲ بیشترین حجم جریان را وارد منطقه می‌کنند که نیاز به توجه بیشتری در مباحث توسعه شهری دارد. سیلاب در محدوده خطوط ریلی و ارتباطی، بخش شرقی کانال اصلی و همچنین زمین‌های کشاورزی دارای نرخ آسیب‌پذیری بالایی است. همچنین تعبیه خاکریزها بعنوان محدود اقداماتی است که اثر مثبتی در کنترل سیلاب در منطقه داشته است. در بحث تعبیه سازه‌هایی مثل پل‌ها، شرایط با جریان سیلاب ۱۰۰ ساله مطابقت دارد و در برخی سازه‌ها مثل کانال اصلی به سبب عدم مطابقت حجم سیلاب با ابعاد کانال، قابلیت عبور کل جریان را نداشته و از حاشیه شرقی خود طغیان می‌کند. علاوه بر این مسیر انتخابی کانال نیز بدرستی انتخاب نشده است. همچنین اکثر بندهای احداثی در بالادست پردیسان بخاطر شرایط زمین‌شناسی و حجم سیلاب، انباشته از مواد آواری و در واقع فاقد عملکرد مناسب است. در مجموع علیرغم تازه تأسیس بودن شهرک پردیسان، طراحی شهری و متعاقب آن مطالعه و اصلاح مسیر با ویژگی‌های جغرافیایی منطقه همخوانی نداشته و چشم‌انداز ناپایداری بر فضای جغرافیایی محدوده حاکم گردیده است. جهت توسعه آتی شهر پیشنهاد می‌شود اصلاح و نظارت مسیر سیلاب در بالادست جهت حفظ پایداری محیطی صورت گیرد.

**کلمات کلیدی:** پدیده‌های انسانی، مخروط افکنه، سیلاب، HEC-RAS، پردیسان قم.

#### ۱- مقدمه

افزایش روند سریع شهرنشینی در کشور و قرارگیری برخی از شهرهای کشور در پهنه خطر بلایای طبیعی از قبیل سیل و زلزله، لزوم توجه به مقاوم نمودن شهرها، بیش از پیش خود را نمایان می‌سازد. در حال حاضر، سیلاب‌ها یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات امنیتی اجتماعی و توسعه‌ی پایدار هستند که برآورد می‌شود هر ساله زندگی ۲۰-۳۰۰ میلیون انسان را تحت تأثیر قرار دهد (هیرابایاشی و کانا،<sup>۱</sup> ۲۰۰۹). در واقع سیلاب‌ها از ویرانگرترین و پرهزینه‌ترین مخاطرات طبیعی هستند که به‌عنوان یک نگرانی در بیشتر بخش‌های جهان به شمار می‌آیند (ویلی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲: ۳۴۸). همچنان ایجادکننده‌ی مخاطرات ژئومورفولوژیکی از طریق تغییرات یر شکل مجرا و انتقال رسوب می‌باشند. تحلیل اثر سیلاب‌ها بر روی مورفولوژی مجرا و انتقال رسوب، یکی از توجهات اصلی ژئومورفولوژی رودخانه‌ای بوده است (وهل<sup>۳</sup>، ۲۰۰۰: ۳۶). مطالعه و بررسی راجع به سیل‌گیری در هر مخروط‌افکنه حالت کاملاً اختصاصی داشته و از نتایج بررسی یک مخروط‌افکنه نمی‌توان برای مخروط‌افکنه‌های دیگر استفاده کرد (ستاد مدیریت بحران امریکا: ۲۰۰۳). از این رو سیلابی که در مخروط‌افکنه شکل می‌گیرد، بسیار خطرناک‌تر از سیلاب رودخانه‌ای است. برنامه بیمه ملی سیلاب ایالات متحده امریکا (NFIP)، سیلاب مخروط‌افکنه را به عنوان سیل رخ داده در سطح یک مخروط‌افکنه آبرفتی یا شکل زمینی مشابه که از سرچشمه در اوج سرچشمه می‌گیرد و با جریان‌های با سرعت بالا، فرآیندهای فعال فرسایش، انتقال رسوب و رسوب‌گذاری و مسیرهای پیش‌بینی نشده جریان مشخص می‌شود، تعریف می‌کند. هر نقطه در مخروط‌افکنه فعال ممکن است در خطر جاری شدن سیل قرار گیرد و جاری شدن سیل در طول زمان تغییر می‌کند، این کار باید در تجزیه و تحلیل خطر سیل در نظر گرفته شود (داودی<sup>۴</sup>، ۱۹۷۹: ۱۴۰۷). تقویت یک اهرم در سطح مخروط‌افکنه، باعث عدم اطمینان در مورد پتانسیل خرابی آن در هنگام سیلاب می‌شود و از مناطق پشت آن محافظت می‌کند. اما از بین بردن مسیر جریان از طریق نقض در سطح اهرم قبلی می‌تواند، هم منحنی فرکانس مرحله‌ی محاسبه شده و هم شانس بروز سایر خرابی‌ها در پایین دست را افزایش دهد. این نتیجه‌گیری نشان‌دهنده‌ی قطع ارتباط سیلاب مخروط‌افکنه و الگوی سیلاب رودخانه در زمینه مدیریت سیل است. فرض پیش‌فرض یک خطر یکنواخت یا عدم اطمینان کامل در یک مخروط‌افکنه، یک حدس رسمی است، که به شما امکان می‌دهد با استفاده از یک روش ساده، خطرات را در نقشه نرخ بیمه سیل مشخص کنید. باید استدلال کرد که هرگونه تلاش برای کاهش و انحراف سیلاب با کانال‌سازی و یا خاکریزها و سایر عناصر انسان‌ساخت خطر سیل را در قسمت دیگری از مخروط‌افکنه افزایش می‌دهد (ستاد مدیریت بحران امریکا، ۱۹۹۵).

1- Hirabayashi & Kanai  
 2- Wilby et al.

3- Wohl  
 4- Dawdy

در ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در راستای توسعه شهری، محدوده‌های بحرانی بافت شهری در برابر سیلاب و آب گرفتگی‌ها آسیب‌پذیرتر می‌باشند (امیراحمدی، ۱۳۹۰: ۹۱) و در بررسی کاهش خسارت سیل، کنترل سیلاب توسط دیواره‌های طولی و سرریز با توجه به تأثیر آن بر آبخوان زیرزمینی در مخروط‌افکنه‌ها اهمیت دارد (نیکرو، ۱۳۹۰: ۱۴۶). بهره‌گیری از مدل دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) در مخروط‌افکنه‌ها، یک گام به پیش‌بینی جامع به فرایندهای حاکم در جریان‌های مخروط‌افکنه‌ای نزدیک‌تر می‌کند و مدل CCHE2D از قابلیت بالایی جهت پیش‌بینی تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان در مخروط‌افکنه برخوردار است (محسنی‌زاده، ۱۳۹۳: ۱۴۸). در راستای کاهش خطرات ناشی از سیلاب در شهر، توجه بیشتر به افزایش پتانسیل عبور سیلاب با دوره بازگشت بالاتر از ۲۵ سال در سازه‌هایی مثل پل‌ها ضروری می‌باشد (زراعتکار و حسن‌پور، ۱۳۹۵: ۲۵). در مقایسه رویکردهای انعطاف‌پذیر و مقاومتی به منظور مدیریت ریسک سیلاب در رودخانه، راهبرد کشت دیم، هم‌زمان با هشدار سیل و بیمه سیل، راهکاری انعطاف‌پذیر به منزله بهترین روش برای مقابله با بروز سیلاب است (زکی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۱). پروژه‌های آبخیزداری نیز اثرات مثبتی در کاهش حجم سیلاب سالانه دارد (دارابی و همکاران، ۱۳۹۹: ۸۳) و عملیات ساماندهی رودخانه‌ها در آبدگزی و روندیابی جریان موثر است (صمدیان و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۸۰). وجود سازه‌های انحرافی در مسیر رودخانه‌های غیرقابل پیش‌بینی، توان عبوری جریان را می‌توانند در بعضی موارد نزدیک به دو برابر افزایش دهد (امیری و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۵) و توجه به ویژگی‌های هیدرولیکی رودخانه و نفوذ دادن آب در زمین به‌عنوان مهم‌ترین راهکارهای مقابله با سیلاب می‌باشد (زمانی، ۱۳۹۸: ۳۰۲). برای نقشه‌برداری ریسک سیلاب در مخروط‌افکنه، بکارگیری مدل‌های هیدرولیک و داده‌های ژئومورفولوژی و ترکیب نتایج حاصل از این دو مدل، نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد (ملایی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۵). همچنین دست‌اندازی‌های کشاورزان در رودخانه‌ها، سبب تغییرات زیادی در عرض بستر فعال رودخانه‌ها و متعاقب آن سبب تنگ‌شدگی مجرا می‌گردد و جریان آب را از مجرای اصلی خارج و وارد محدوده دشت سیلابی می‌کند (مهروز و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۵). مخروط‌افکنه‌ها به دلیل محیط طبیعی مساعد، در کاربری‌های شهری، بیشتر از آنها استفاده می‌شود، بنابراین شهرها را با خطرات ژئومورفولوژیک و هیدرولوژیک از قبیل جاری شدن سیل مواجه می‌کنند (ای. پی. اسپیک و همکاران: ۱۹۹۷). برنامه‌ریزان و طراحان شهری در برنامه‌ریزی شهری باید بر ساماندهی شبکه زهکشی شهری و همچنین سرعت حمل رسوبات به وسیله سیلاب‌ها توجه کنند (گرگوری و والینگ<sup>۱</sup>، ۱۹۷۳) و در مبعث مدیریت خطر سیل، درمان آن با خواص ساخته شده قبل از تصویب مقررات سیلاب است (نیجل<sup>۳</sup>، ۱۹۸۴: ۵۲۵). برای مطالعه خطر سیل در هر منطقه‌ای باید آن را به دو قلمرو از عوامل مستقل از یکدیگر تجزیه نمود و هریک را جداگانه مورد مطالعه و بررسی قرار داد. گروه اول این عوامل

شامل عواملی است که بر پایه مفهوم خطرات اقتصادی و اجتماعی وقوع سیل است و گروه دوم عوامل، شامل عواملی است که بر پایه آگاهی‌های حاصل از شرایط هیدروولوژیکی تأثیرگذار در بروز سیل قرار دارند (جیلارد و گیون<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷). تصمیمات منطقی درباره کاهش خسارات سیل احتمالاً زمانی نتیجه می‌دهد که مشکلات سیل در هر مرحله‌ی فرایند برنامه‌ریزی کاربری زمین در نظر گرفته شوند (ژا<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲: ۳۱۱). درجه‌های مختلف سیل، خطرات سیل و انواع سیلاب‌ها بر روی مخروط‌افکنه‌های مختلف آبرفت وجود دارد و حفاظت مهندسی باید برای هر مجموعه منحصر به فرد مخروط‌افکنه انواع خطر انجام گیرد (جاناتان و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸: ۶۳).

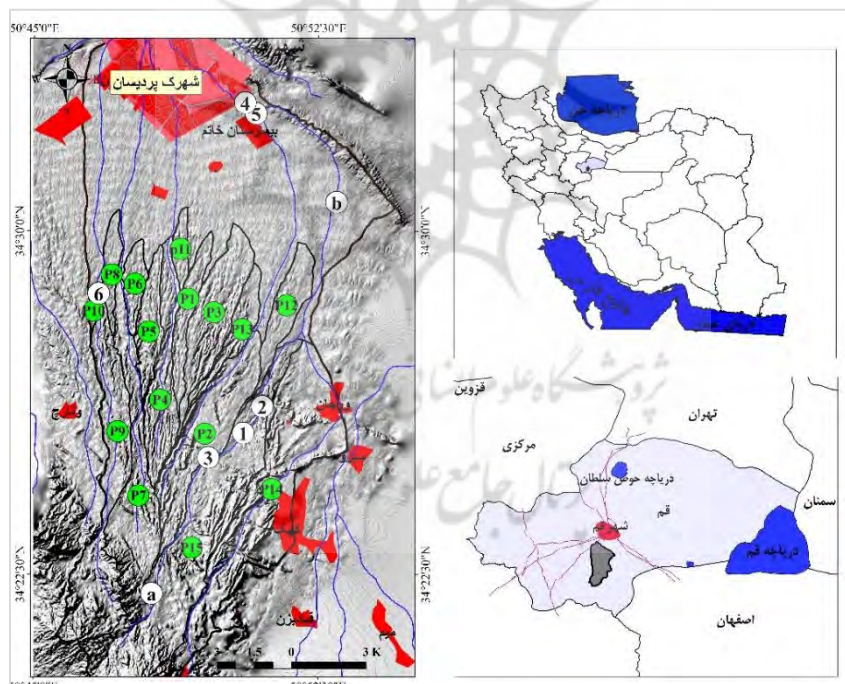
مدل‌های پخش سیلاب ابزار مفید برای مدیریت دشت سیلابی هستند. این توانایی بر پیش‌بینی سیلاب در کاهش پتانسیل خسارت سیلاب به صورت حفاظت از کاربری‌های اراضی اطراف رودخانه، بالا بردن سطح آگاهی مردمان ساکن در دشت سیلابی و جلوگیری از ساخت و سازها در محدوده‌ی ممنوعه دشت سیلابی بسیار مفید بوده است (دی بالداسار<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲: ۲۰) و جهت برآورد خطر سیل در مخروط‌افکنه‌های آبرفتی استفاده از یک روش هیدرولیکی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، طراحی خطرات سیلاب آبرفتی را بهبود می‌بخشد (هاشمی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۵). در این میان نقشه پهنه‌بندی سیلاب برای دوره‌های بازگشت، مختلف یکی از متداول‌ترین نقشه‌هایی است که برای نمایش پتانسیل مخاطرات در دشت سیلابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. جهت شناخت و بررسی پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌توان از مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده کرد. نرم‌افزار HEC-RAS-6، آخرین نسخه (سال، ۲۰۲۱) سیستم تحلیل رودخانه انجمن مهندسين ارتش آمریکا می‌باشد، که توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی تهیه شده که در این پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این پژوهش، به بررسی و جانمایی فعالیت‌های انسانی در فضای جغرافیایی پردیسان قم در محدوده سیلاب می‌پردازیم. شهرک پردیسان که منطقه ۸ قم نیز به شمار می‌رود، در دهه‌های اخیر به دلیل ورود مهاجرین از شهرهای دیگر گسترش یافته و جمعیتی بالغ بر ۱۲۰ هزار نفر را در خود جا داده است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۹۵) ولی آنچه مسلم است عدم توجه به عملکرد سیستمی کلی منطقه است که باعث شده مشکلاتی در شهرک پردیسان بوجود آید. سیلاب از جمله مخاطراتی است که پردیسان را با چالش روبه‌رو کرده و هر ساله مشکلاتی را برای ساکنین پردیسان بوجود می‌آورد. به عنوان نمونه در فروردین سال ۸۸ شاهد بارندگی شدید و سیلاب در استان بودیم و به دلیل واقع شدن شهرک پردیسان در محدوده سیلاب خسارات و مشکلات زیادی بر محدوده شهری، جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی و مسکونی، قنات‌ها، راه‌های مواصلاتی و دام‌های اهالی منطقه وارد گردید (منابع طبیعی، ۱۳۹۵). برخورداری از شیب، آب و هوای مطبوع نسبت به شهر قم،

1- Gilard & Givone  
2- Jha

3- Janatan and et al.  
4- Di Baldassarre

دسترسی به جاده‌های مواصلاتی و همچنین فضای هموار در توسعه شهری، اهمیت دارد که توسعه آتی این منطقه به صورت منطقی و اصولی مورد توجه قرار گیرد. از طرفی در سال ۱۴۰۰ کلنگ احداث ۴۱ هزار و ۵۰۰ واحد مسکونی (طرح نهضت ملی مسکن) در اراضی بالادستی پردیسان توسط وزیر راه به زمین زده شده است لذا می‌طلبید تحقیقات و اقدامات بهینه در بحث مدیریت شهری و منطقه ای در فضای جغرافیایی پردیسان انجام گیرد. رسالت این تحقیق، پاسخ به این سوال که آیا جانمایی پدیده‌های انسانی در محدوده مورد مطالعه بر مبنای ویژگی‌های جغرافیایی صورت گرفته است یا خیر؟ برای پاسخ به این سوال نیاز به ارزیابی وضعیت شهرک پردیسان در محدوده سیلاب است. چشم‌انداز کنونی پردیسان ترکیبی از پدیده‌های طبیعی و انسانی است که با تأثیر بر شیب، دبی و جهت جریان وضعیت محدوده خطر سیلاب تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت منطقه (محدوده) مورد مطالعه

Fig (1): Location of the study area

## ۲- مواد و روش

منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده رودخانه قمرود (در محدوده شهر قم) قرار گرفته است. وسعت محدوده‌ی مورد نظر ۲۲۲۸۶ هکتار است که توسط کوه‌های کم ارتفاع احاطه شده است. آبادی‌ها و شهرک پردیسان از مراکز جمعیتی حوضه مطالعاتی می‌باشند. شیب کلی منطقه جنوب به شمال است، که قسمت جنوبی عمدتاً نهشته‌های

مخروط‌افکنه‌های قدیمی و قسمت شمالی نهشته‌های جدید هستند. مخروط‌افکنه‌های قدیمی به شدت توسط فرایندهای آبی عارضه‌دار شده و حوضه‌های آبریزی برای مخروط‌افکنه‌های جدید شده‌اند (شکل ۱). در این پژوهش اتخاذ اقدامات و مکانیسم مورد نیاز در بهبود فضای مورد نظر تحقیق امری مطلوب بحساب می‌آید. بدین منظور تصاویر ماهواره‌ای، گزارش‌ها، نقشه‌های کاربری اراضی (۱:۲۵۰۰۰) و توپوگرافی محدوده (DEM ۵ متری)، از سازمان آب منطقه‌ای و منابع طبیعی استان قم از جمله منابع مهم استفاده شده در این تحقیق هستند. نرم‌افزارهای HEC-RAS-6 و ARC GIS بعنوان مهم‌ترین ابزار مورد استفاده در این تحقیق به شمار می‌آیند. مدل هیدرولیکی HEC-RAS بخاطر مکانیسم مدل‌سازی یک بعدی و دوبعدی (حل معادلات موج دینامیک یا معادلات موج پخشیدگی) و ادغام دو مدل واقعیت سیل را بهتر نشان می‌دهد. مدل یک بعدی به طور فراوان برای شبیه‌سازی تراز بستر در مقیاس بزرگ در رودخانه‌ها و خورها استفاده می‌شود. این مدل‌ها از یک مختصات طولی در جهت جریان بعنوان بعد مکانی استفاده می‌کنند. مقاطع عرضی برای تعریف هندسه کانال مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌های یک بعدی می‌تواند تغییرات تراز بستر عمودی را پیش‌بینی کنند. در حالت دو بعدی دو نوع مدل قائم و افقی استفاده می‌شود. مدل دو بعدی قائم برای پیش‌بینی نرخ انتقال، رسوب‌گذاری و فرسایش در رودخانه‌ها، خورها، مناطق ساحلی و مخروط‌افکنه‌ای به کار برده می‌شوند. در بیشتر شرایط وضعیت‌های آب کم عمق، تغییرات قائم پارامترهای جریان کوچک می‌باشد. در این صورت فقط توزیع افقی مقادیر متوسط گیری قائم بایستی تعیین شود. مدل‌های دو بعدی افقی بر مبنای معادلات انتگرال‌گیری شده عمقی حرکت آب با روابط انتقال رسوب یا با یک مدل رسوب انتگرال‌گیری شده عمقی تلفیق می‌شود (عزیزیان و صمدی، ۱۳۹۶: ۳۸). در ادامه بدلیل گستردگی منطقه، محدوده را به ۱۵ زیرحوضه تقسیم کردیم. در این تحقیق ابتدا با استفاده از معادلات حاکم داده‌های هیدرولوژیکی منطقه استخراج گردید. سپس مدل یک‌بعدی و دو بعدی سیلاب ۱۰۰ ساله با استفاده از مقادیر بدست آمده از داده‌های هیدرولیکی در محیط نرم‌افزار HEC-RAS مدل‌سازی شد. برای ارائه نتایج مطلوب، پدیده‌های انسانی جهت مدل‌سازی در نقشه زمینه RAS جانمایی گردید و در نهایت مدل ترسیم شده با سیلاب دوره ۱۰۰ ساله مورد بررسی و محدوده‌های خطر مشخص گردید.

### ۳- یافته‌ها و بحث

قبل از وارد شدن به مدل‌سازی سیلاب نیاز است داده‌های هیدرومتری از منطقه مورد مطالعه تهیه شود. برای این منظور ابتدا به استخراج این داده‌ها می‌پردازیم. در مطالعات هیدرولوژی هر منطقه نیاز می‌باشد که از اطلاعات جمع‌آوری شده توسط ایستگاه‌های هیدرومتری استفاده کرد. به علت فقدان ایستگاه هیدرومتری در محدوده مورد مطالعه برای تجزیه و تحلیل عوامل و پارامترهای مورد نیاز، از روش‌های تجربی جهت برآورد

پارامترهای آبدهی و دبی‌های حداکثر سالانه در دوره‌ی برگشت‌های ۱۰۰ ساله استفاده شد. جهت محاسبه دبی حداکثر سیل از روش اداره حفاظت آمریکا (SCS) استفاده شده است. این روش معمولاً در حوضه‌های طبیعی بزرگ با مساحت‌های مختلف توسعه یافته و بطور گسترده مورد استفاده هیدرولوژیست‌ها قرار می‌گیرد (صفوی، ۱۳۸۸: ۱۷۵).

$$Q_p = \frac{0.2083AR}{t_p} \quad (1)$$

که در آن:  $Q_p$  = دبی حداکثر رواناب ( $m^3/s$ )،  $A$  = مساحت حوضه ( $km^2$ )،  $R$  = ارتفاع معادل رواناب ( $mm$ )،  $t_p$  زمان به اوج رسیدن رواناب ( $hr$ ) که از رابطه‌ی ۲ به دست می‌آید:

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c \quad (2)$$

$T_c$  زمان تمرکز بارش است که در روش SCS به روش تأخیری از فرمول زیر استفاده می‌شود (صفوی، ۱۳۸۸).

$$T_c = 0.000142L^{0.8} \left( \frac{25400}{CN} - 228.6 \right)^{0.7} S^{-0.5} \quad (3)$$

که  $L$  طول آبراهه ( $m$ )،  $S$  شیب آبراهه اصلی ( $./$ ).

ارتفاع رواناب ناشی از باران از رابطه‌ی ۴ به شرح زیر بدست می‌آید (مهدوی، ۱۳۷۸):

$$R = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad (4)$$

که در آن:  $p$  = ارتفاع بارندگی ( $mm$ )،  $S$  = مجموع تلفات بارش شامل گیرش هوایی گیاه، نفوذ آب در خاک و ذخیره سطحی می‌باشد. مقدار تلفات کل یا  $S$  توسط رابطه‌ی ۵ با یک عامل بدون بعد به نام  $CN$  (شماره منحنی) ارتباط می‌یابد:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5)$$

مقدار  $CN$  بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. در  $CN$  برابر صفر هیچ گونه روانابی از بارندگی حاصل نیامده و در  $CN$  برابر ۱۰۰ کل بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر ارتفاع بارندگی خواهد بود. شماره منحنی ( $CN$ ) از روی مشخصات خاک، نوع بهره‌برداری از زمین و شرایط رطوبت قبلی خاک تعیین می‌شود (مهدوی، ۱۳۷۸). مقادیر  $CN$  با متوسط گیری وزنی از نقشه  $CN$  منطقه پردیسان که توسط سازمان منابع طبیعی استان قم تهیه شده، بدست آمده است (جدول ۱) (گزارش هیدرولوژی منطقه پردیسان: ۱۳۹۵). در روش شماره منحنی، هیدروگراف سیل بر اساس باران‌های ۶ ساعته محاسبه می‌شود. البته به شرطی که زمان تمرکز حوضه از ۶ ساعت کمتر باشد. حداکثر بارش ۶ ساعته با دوره برگشت مورد نظر  $P6,T$  را می‌توان از روی حداکثر بارش

۲۴ ساعته با همان دوره‌ی برگشت (P24,T) از رابطه ۶ بدست آورد (علیزاده، ۱۳۸۵). در این مطالعه نیز به دلیل این که زمان تمرکز کمتر از ۶ ساعت می‌باشد، رگبار ۶ ساعته در دوره برگشت‌های مختلف به عنوان رگبار طرح در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین مقادیر رگبار ۶ ساعته از مقادیر بارندگی ۲۴ ساعته مطالعات هواشناسی حوضه پردیسان (فنون آب هستی، ۱۳۸۷) استفاده شده است.

$$P_{6T} = \frac{P_{24T}}{1.48} \quad (۶)$$

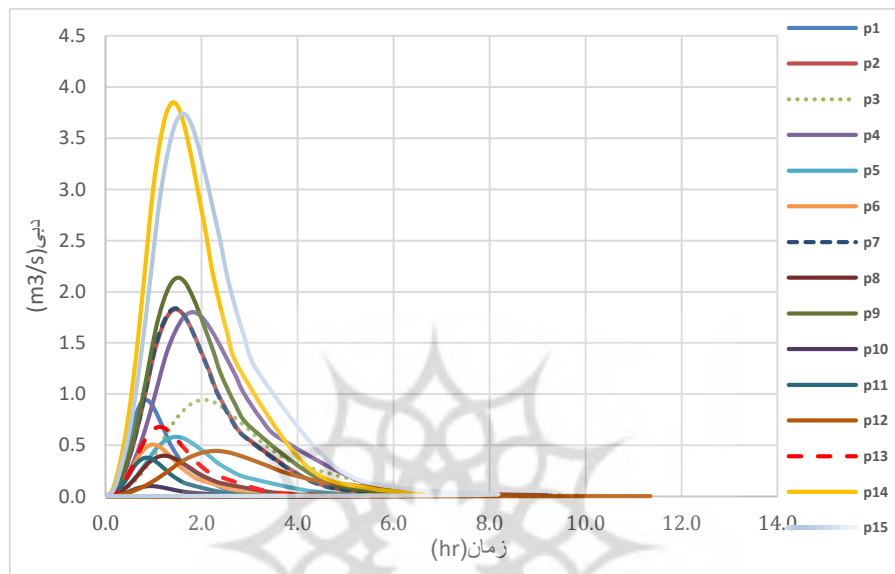
ابعاد هیدروگراف واحد به تفکیک واحدهای هیدرولوژیکی در جدول ۱ آورده شده است. همچنین نمودار هیدروگراف‌های واحد هر حوضه نیز در شکل ۲ آمده است. با توجه به نمودار، حوضه‌های p15 و p14 و p9، p7، p2 بیشترین حجم سیلاب را وارد مخروط‌افکنه‌ها می‌کند. برای همین باید توجه بیشتری در مباحث توسعه شهری در خروجی این حوضه‌ها مبذول داشت.

جدول (۱): پارامترها برای هیدروگراف سیلاب

Table (1): Parameters for flood hydrograph

حوضه‌ها	(m) L	(hr) Tc	(km2) A	(hr) Tp	(m3/s) Qp	(mm) R	(m3/s) Q
p1	۱۰۸۷۰	۱/۲۵	۱۷/۶۵	۰/۸۳	۴/۴۲	۴/۵	۴/۲
p2	۱۰۹۰۰	۲/۱۸	۱۴	۱/۴۵	۲	۳/۷	۶/۸
p3	۹۶۷۱	۳/۰۴	۹/۲۱	۲/۰۳	۰/۹۴	۳	۳
p4	۷۹۰۶	۲/۸۳	۷/۸	۱/۸	۰/۹	۵	۴
p5	۷۶۸۴	۲/۱۹	۴/۱۸	۱/۴۶	۰/۵۹	۴	۲/۳
p6	۳۹۶۹	۱/۴۸	۲/۳۱	۰/۹۸	۰/۴۹	۲/۸	۱/۴
p7	۱۶۱۲۱	۲/۱۶	۱۲/۹۲	۱/۴۴	۱/۸۶	۷/۸	۱۴/۳
p8	۴۷۵۰	۱/۸۱	۱/۹۴	۱/۲۱	۰/۳۳	۲/۸	۱/۱
p9	۱۸۱۰۴	۲/۲۵	۱۵/۹۵	۱/۵	۲/۲۱	۸/۳	۱۷/۷
p10	۴۷۷۷	۱/۳۹	۱/۲۵	۰/۹۳۱	۰/۲۸	۴/۱	۰/۴
p11	۳۸۶۰	۱/۲۹	۱/۶۳	۰/۸۵	۰/۱۶	۲/۳	۰/۹
p12	۷۷۹۱	۳/۴	۴/۸	۲/۲۷	۰/۴۳۹	۱/۴	۰/۶
p13	۷۶۳۳/۵	۱/۷	۳/۷۲	۱/۱۲	۰/۶۹	۲/۳	۱/۵
P14	۱۶۸۰۸	۲/۱۶	۲۴	۱/۴	۳/۵	۶/۴	۲۴/۷
P15	۱۹۰۶۸	۲/۳۹	۳۱	۱/۶	۴/۳	۹	۳۳/۷
مجموع	۱۴۹۹۱۳	.....	۱۵۲/۴	.....	.....	.....	.....





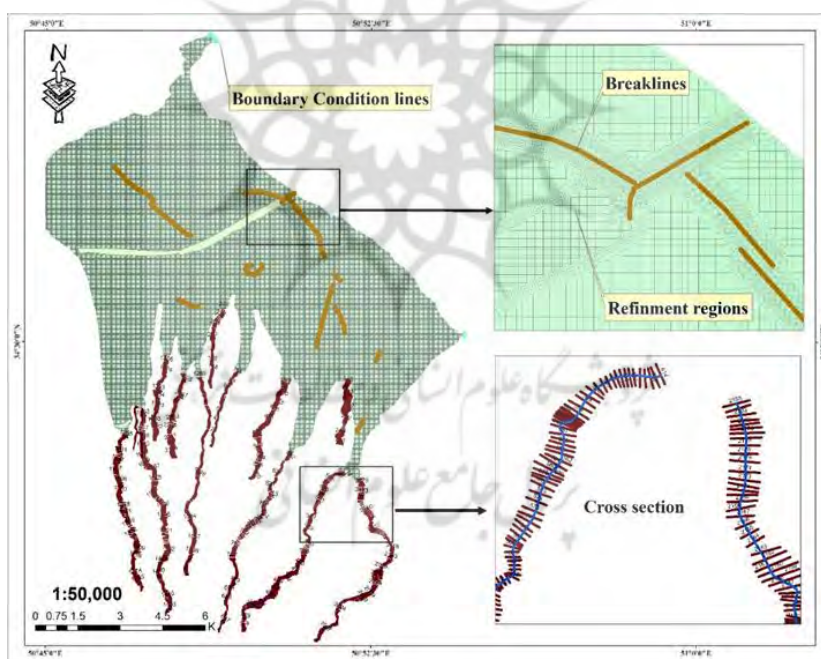
شکل (۲) نمودار هیدروگراف زیرحوضه‌های محدوده مطالعاتی  
Fig (2): Hydrograph diagram of the sub-basins of the study area

### ۳-۲- مدل سازی با نرم افزار HEC-RAS

قبل از انجام هر محاسبه‌ای توسط مدل بر روی یک سطح جریان یک بعدی و دو بعدی بایستی ابتدا مدل هندسی سطح زمین ایجاد گردد. فایل مورد نظر برای ایجاد مدل هندسی سطح زمین نقشه توپوگرافی ۵ متری می‌باشد. پس از تنظیمات سیستم مختصات جغرافیایی مناسب، بایستی مدل هندسی مناسب سطح زمین را فراخوانی نمود. برای این کار در پنجره RAS Mapper تنظیماتی مانند تعیین نام لایه، انتخاب مسیر ذخیره مدل هندسی، تعریف میزان گرد شدگی اعداد مربوط به رقوم ارتفاعی سطح زمین و انتخاب فایل مورد نظر برای ساخت مدل هندسی سطح زمین را انجام دهیم. با این روش فایل مربوط به مدل هندسی زمین dem ۵ متری با فرمت Flt وارد محیط RAS Mapper می‌شود. پس از ایجاد مدل هندسی، مدل یک بعدی برای همه کانال‌های اصلی ایجاد گردید. برای این منظور زیر لایه‌های رودخانه‌ها، خطوط سواحل، تعیین مسیر جریان، مقاطع عرضی و سطوح ناشی از درون‌یابی مقاطع عرضی استخراج شد. همچنین ضریب زبری مانینگ بستر ۰/۰۴ و کناره‌ها رودخانه‌ها ۰/۰۵ با استفاده از نقشه‌ی کاربری اراضی و بازدید میدانی برای هر یک از مقاطع عرضی و بر اساس جدول چاو<sup>۱</sup> در مدل یک بعدی لحاظ گردید (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۹۴: ۸۹). پس از ساخت مدل هندسی مربوط به کانال اصلی، باید آن را با مدل هندسی مربوط به کل محدوده‌ی مطالعاتی (سیلابدشت)

1- Chow

تلفیق و یک مدل یکپارچه و مناسب برای مدل‌سازی هیدرولیکی بدست آید. مزیت اصلی مدل HEC-RAS برای شبیه‌سازی جریان در مدل دوبعدی قابلیت کاربرد آن در شبکه محاسباتی ساختاریافته<sup>۱</sup> و ساختارنیافته<sup>۲</sup> می‌باشد. این بدان معنی است که شبکه محاسباتی می‌تواند ترکیبی از سلول‌های محاسباتی ۳، ۴، ۵ وجهی و ... باشد (در مدل HEC-RAS حداکثر وجوه قابل تعریف برای یک سلول محاسباتی ۸ وجه می‌باشد) (عزیزیان و صمدی، ۱۳۹۶: ۴۲). در ایجاد شبکه محاسباتی نیاز به وارد نمودن ابعاد سلولی مورد نظر است. برای ایجاد شبکه محاسباتی از ابعاد طولی (DX) و عرضی (DY) ۲۰\*۲۰ فوت استفاده شد. ابعاد انتخاب شده جزئیات بیشتری از محدوده مناطق سیلابی را به نمایش می‌گذارد. در مجموع شبکه محاسباتی ایجاد شده برای کل دشت سیلابی ۲۳۸۲۹۹ سلول و همچنین مقاطع عرضی ایجاد شده نیز ۳۰۷۹ مقطع می‌باشد.



شکل (۳): مقاطع عرضی و ابعاد شبکه محاسباتی زیر حوضه‌ها

**Fig (3):** Transverse sections and dimensions of the computing network the sub-basins

در سطوح دوبعدی مناطقی وجود دارد که جریان سیلاب در هنگام برخورد با عوارض انسانی مثل جاده‌ها، کانال‌ها، خاکریزها که سبب می‌شود مدل به درستی جریان پیدا نکند، به همین منظور، برای برطرف کردن این مشکل نیاز به سلول‌های بیشتر با ابعاد کوچک‌تر است تا بتواند جریان را مطابق توپوگرافی سطح به درستی عبور

دهیم. از این رو با کمک ویژگی Breaklines نرم‌افزار Hec RAS این عوارض خطی را برطرف می‌کنیم. مسئله‌ای که در مدل یک‌بعدی مطرح است نحوه ایجاد مقاطع عرضی می‌باشد. مقاطع عرضی اضافی را در مکان‌هایی باید قرار داد که مدل نتواند در چندین مرحله زمانی همگرا شود. با این حال، اگر مقاطع عرضی خیلی نزدیک به هم قرار گیرند، آنگاه حل عددی باعث شیب موج می‌شود و مدل در قسمت بالارونده موج سیلاب مسیریابی شده ناپایدار می‌شود. به طور کلی، برای شرایط نواحی انتقالی و تغییر شیب عمودی به مقاطع عرضی اضافی نیاز است (به عنوان مثال، مقاطع نزدیک‌تر به هم) و بهتر است از هندسه واقعی زمین (خطوط منحنی میزان) برای ساخت مقاطع اضافی به جای صرفاً درون‌یابی مقطع استفاده شود (شکل ۳).

جدول (۲): مانینگ در محدوده مدل دوبعدی (U.S. Army Corps of Engineers, 2021: 37)

Table (2): Manning in the scope of the two-dimensional model (U.S. Army Corps of Engineers 2021: 37)

شماره	کاربری اراضی	ضریب زبری
۱	مناطق مسکونی	۰/۱
۲	زمین‌های کشاورزی	۰/۰۵
۳	مراتع	۰/۰۴
۴	زمین بایر (سنگی، شن، ماسه)	۰/۰۳
۵	باغ با تراکم متوسط	۰/۱۲

همانطور که برای مدل یک‌بعدی از ضریب مانینگ استفاده گردید، برای سیلابدشت نیز از ضریب مانینگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقشه کاربری اراضی برای محاسبه ضریب مانینگ در ناحیه دو بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این منظور یک لایه پلیگونی حاوی اطلاعات در مورد هر کدام از کاربری‌ها در بستر GIS ایجاد شد و با استفاده از جدول (۲) ضریب زبری مشخصی را نسبت می‌دهیم. در ادامه نقشه کاربری اراضی به مدل هندسی اضافه می‌گردد. پس از ایجاد لایه رقومی سطح زمین بین آن و فایل‌های هندسی موجود ارتباط برقرار گردید. برای اتصال یک آبراهه یک‌بعدی به یک سطح جریان دوبعدی، در پایین دست آخرین مقطع عرضی آبراهه یک بعدی، در راستای شرط مرزی بالادست سطح دو بعدی ارتباط برقرار گردید. برای اتصال آبراهه یک بعدی به یک سطح جریان دوبعدی به این ترتیب عمل می‌کنیم؛ ۱- یک سطح دوبعدی را طوری ترسیم کنیم که مرز بالادست آن دقیقاً منطبق بر آخرین مقطع عرضی آبراهه یک بعدی باشد ۲- سپس نقطه انتهایی آبراهه یک بعدی را در پایین دست جابجا کرده و در داخل سطح دو بعدی رها می‌کنیم. به این ترتیب مدل یک بعدی به سطح دوبعدی اتصال می‌یابد. این فرایند را برای هر ۱۵ آبراهه باید انجام شود. در این نوع شرط مرزی، جریان در هر گام زمانی از آبراهه یک‌بعدی به سطح دو بعدی وارد می‌شود. زمانی که آبراهه یک‌بعدی به سطح دو

بعدی متصل می‌گردد، بایستی شرایط اولیه را برای هر دو بخش تعریف نمود. شرایط اولیه برای سطح دو بعدی می‌تواند یکی از حالت های خشک، تراز سطح آب و یا استفاده از نتایج اجرای قبلی مدل باشد.

برای اجرای مدل در هر حالت غیرماندگار نیاز به دو شرط مرزی بالادست و پایین دست است. برای شرط مرزی بالادست از یک هیدروگراف با دبی اوج‌های مختلف فوت مکعب بر ثانیه، با زمان پایه ۷:۴۵ دقیقه و گام زمانی ۵ ثانیه و برای شرط مرزی پایین دست از حالت عمق نرمال<sup>۱</sup> با مقادیر مختلف برای هر حوضه استفاده شده است. جهت معرفی شرایط مرزی در پایین دست مدل، از شیب متناظر با عمق نرمال استفاده شده که بر مبنای آن عمق نرمال جریان لحاظ می‌گردد. مقادیر عمق نرمال از شیب سطح آب که عمدتاً برآورد مناسبی از شیب اصطکاک است که مورد استفاده قرار می‌گیرد (جلی فرد و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۱۸). جهت بدست آمدن عمق نرمال کفایت در جهت جریان و به طرف خروجی محدوده در سطح دوبعدی توسط نرم‌افزار نیم‌رخ ایجاد کرد و به صورت خودکار عمق نرمال به صورت تقریبی بدست می‌آید. بنابراین مقدار شیب متناظر برای شرایط مرزی پایین دست ۰/۰۴۵ است که در مدل مورد لحاظ گردید. برای شروع محاسبات بایستی مقادیر دبی در لحظه شروع مشخص باشد و به همین خاطر در بخش شرایط اولیه<sup>۲</sup> مقادیر عددی بر حسب فوت مکعب بر ثانیه بعنوان دبی اولیه برای هر یک از حوضه‌ها وارد گردید. شرایط ورودی میزان دبی سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در نظر گرفته شده است (جدول ۱).

پایداری مدل به گام زمانی محاسباتی بسیار حساس است. علاوه بر این، یک گام زمانی مناسب، شکل هیدروگراف را به دقت ثبت می‌کند. یک گام زمانی که خیلی بزرگ باشد منجر به انتشار عددی می‌شود (یعنی تضعیف پیک) و یک گام زمانی بسیار کوچک می‌تواند منجر به بی‌ثباتی مدل شود، زیرا لبه اصلی موج سیل تا جایی که باعث ایجاد نوسان می‌شود، شیب‌دار می‌شود. یک گام زمانی که بیش از حد طولانی است نیز ممکن است منجر به زمان های طولانی مدت غیر منطقی شود. برای تعیین (تقریباً) گام زمانی خود، یک قانون عملی این است که گام زمانی محاسباتی را برابر با زمان افزایش هیدروگراف ورودی تقسیم بر ۲۴ تعریف کنیم. همچنین از روش آزمون و خطا می‌توان برای آزمایش مراحل مختلف زمانی محاسباتی استفاده کرد تا ببینیم بزرگ‌ترین مرحله زمانی چه کار می‌کند و در عین حال نتایج دقیق و حداقل خطاهای همگرایی را ارائه می‌دهد (U.S. Army Corps of Engineers, 2016: 521). با توجه به اینکه در هر حوضه، از یک آبراهه استفاده شده و هر کدام از آبراهه ها مستقل از سایر آبراهه جریان دارند، عملاً در مدل یک بعدی معادله مومنتوم مقادیری نخواهد داشت و تنها در شرایط مدل دو بعدی است که با تأثیر پذیری جریان ها از هم شرایط مومنتوم به صورت خودکار عملکرد خود را نشان خواهد داشت. همچنین برای اجرای مدل و پارامترهای خروجی گام زمانی مناسب برای

شبیه سازی، گام زمانی برای تولید هیدروگراف و گام زمانی مناسب برای تولید پارامترهای خروجی (عمق و سرعت) انتخاب شد.

### ۳-۲- جانمایی عناصر انسانی در فضای جغرافیایی

جهت مشخص شدن فرایند سیلاب در ارتباط با سیستم سیلاب رودخانه‌ای و مخروط‌افکنه‌ای در فضای جغرافیایی و همچنین حساسیت هر یک در ارتباط با پرشدگی و انحراف مسیر، نیاز است عناصر انسانی را به محیط نقشه زمینه RAS با سیلاب دوره بازگشت ۱۰۰ ساله اضافه گردد. بنابر گزارش سازمان منابع طبیعی استان قم (۱۳۹۵) از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ جمعاً ۴۲ سازه (از جمله سنگ ملاتی، گابیون، تورکینست، بند خاکی) در بالادست محدوده‌ی پردیسان به موجب کنترل سیلاب و رواناب ایجاد شده است. علاوه بر این، عناصر دیگر مثل پل‌ها، جاده‌ها، خطوط راه‌آهن، بندها، کانال‌ها، خاکریزها و ساختمان‌ها از جمله عناصری هستند که در فضای جغرافیایی پردیسان در زمان‌های مختلف ایجاد شده‌اند (شکل ۴).

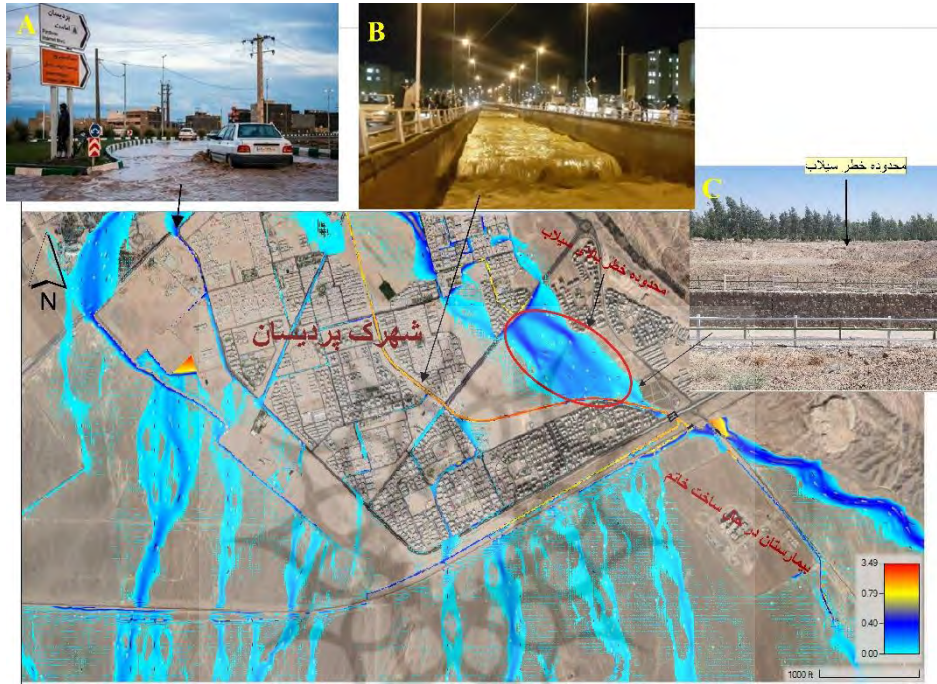


شکل (۴): موقعیت برخی از پدیده‌های انسانی، دید از شرق (موقعیت ۵ در شکل شماره ۱)

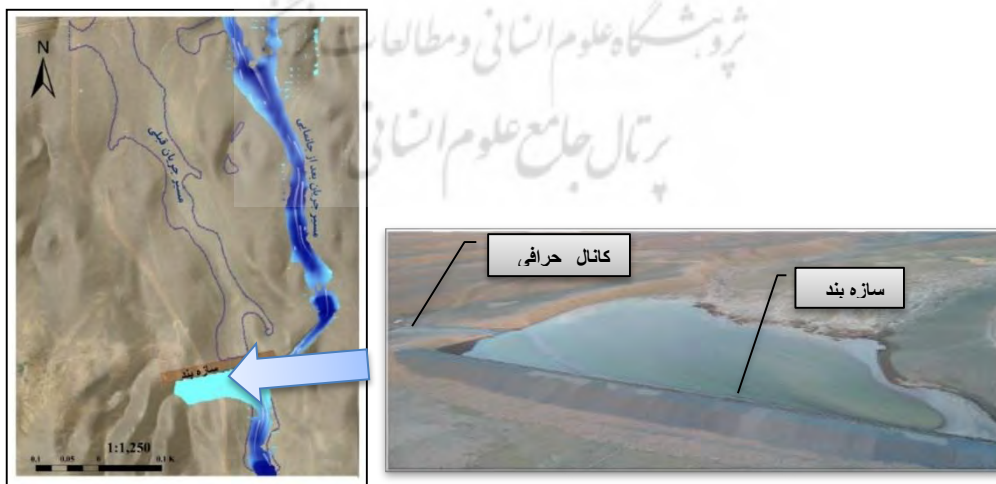
Fig (4): Location of some human phenomena, view from the east (position 5 in Fig 1)

هر یک از عناصر یاد شده به نسبت جهت، تراکم، ارتفاع و عرض در فرایند سیلاب نقش ایفا می‌کند. مشخصات هر یک از عناصر یاد شده با اندازه‌گیری در محل در محیط HEC-RAS جانمایی شد. بعد از اینکه عوارض مورد نظر در نقشه زمینه جانمایی شد، اقدام به وارد نمودن مقادیر اندازه‌گیری شده و تنظیمات مورد نظر در مدل می‌نمائیم. البته قابل ذکر است که بخاطر حجم داده‌های وارد شده احتمال ناپایدار شدن مدل زیاد می‌باشد، بنابراین باید خطاهای مشخص شده توسط مدل برطرف و دوباره مدل را اجرا کنیم. بعد از ترسیم نقشه (شکل ۵)، به تحلیل وضعیت شکل گرفته در محدوده پردیسان می‌پردازیم. با توجه به مبحث سیلاب مخروط‌افکنه‌ای، یک انحراف در قسمت بالایی مخروط‌افکنه می‌تواند مسیرهای جریان در قسمت تحتانی مخروط‌افکنه را به روش‌هایی

که مستقل از مورفولوژی مخروطافکنه محلی باشد تغییر دهد. قرارگیری پروژه‌های عمرانی در قسمت‌های مختلف منطقه پردیسان، بخصوص در مسیر جریان‌ها سبب تغییر گسترده در نهشته‌گذاری مواد آواری شده است. نمونه این وضعیت در بخش‌هایی از پردیسان بعنوان نمونه بنای خطوط ارتباطی و ریلی، تأسیسات سازمان آب و بیمارستان خاتم شکل گرفته است. مالکان و مسئولان این بناها اقدام به انحراف سیلاب به طرفین با استفاده از خاکریز کرده‌اند. البته در نگاه اول یک اقدام مناسب است، ولی باید در نظر داشت که روند این جریان چگونه خواهد بود. در واقع انتقال مواد آواری از سطوح ۱ به سطوح ۲ و ۳ سبب افزایش و تغییر جریان در هنگام سیلاب در پایین دست خواهد شد و به دلیل سستی مواد در سطح مخروطافکنه پیش‌بینی مسیر سیلاب بسیار سخت و پیچیده خواهد شد. نقشه نهایی (شکل ۵) نشان می‌دهد که وضعیت پیش آمده، با تقویت جریان مجاور، پیش‌بینی جریان را در بخش‌های پایینی مخروطافکنه با مشکل مواجه کرده، بنحوی که خطوط ریلی و کانال انحرافی نتوانسته‌اند جریان را منحرف و تثبیت کنند و لذا بخشی جریان سیلاب وارد شهرک پردیسان شده است. بخش دیگر جریان توسط کانال فرعی و همچنین توسط خاکریزها به سمت جریان اصلی در شرق محدوده هدایت می‌شود. با ادغام جریان در کانال اصلی و فرعی و همچنین سایر جریان‌ها شاهد ورود حجم عظیمی از سیلاب در بالادست شهرک پردیسان به محدوده شهرک پردیسان هستیم. مسئولین شهری در این بخش، جهت هدایت سیلاب اقدام به ایجاد کانال انحرافی زده‌اند. این کانال در خارج از مسیر طبیعی جریان ایجاد شده و به همین منظور جریان سیلاب ۱۰۰ ساله درست در این نقطه از کانال اصلی خارج و وارد مسیر طبیعی خود شده است. البته این محدوده خطر در حال حاضر به جز بخش شمالی هیچ‌گونه توسعه شهری صورت نگرفته است (شکل ۵-۵C). با این وجود، بایستی اقدامات حفاظتی مانند چاه‌های جذبی، خاکریزها، سایت‌های تثبیت و پخش سیلاب هم در این بخش و هم در بخش‌های بالادستی انجام گیرد. همچنین در بخش‌های پایین دستی شهرک پردیسان گاهی شاهد آبرفتگی معابر (شکل ۵-۵a) و افزایش حجم عبوری در کانال هستیم (شکل ۵-۵b) که برای اهالی این مناطق مشکلاتی را بوجود می‌آورد. حال اگر بارندگی با دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ ساله صورت پذیرد شرایط کانال و معابر شهرک پردیسان به چه صورت خواهد شد. در بعضی از بندها ایرادهایی به لحاظ طراحی مسیر عبور جریان وجود دارد. در شکل ۶ زیر حوضه ۹ کانال انحرافی بر روی بند ایجاد شده، تا مازاد جریان در مواقع سیلابی را عبور دهد، ولی مشکلی که وجود دارد، این کانال وارد یک مسیر فرعی آبراهه شده است. در واقع این روند شرایط آشفته و غیرقابل پیش‌بینی در روند شکل زایی در مسیرهای ۱، ۲ و ۳ مخروطافکنه را بوجود می‌آورد و مطلوب است، روند کانال انحرافی، اصلاح و در مسیر اصلی هدایت شود.



شکل (۵): مدل سازی سیلاب با جانمایی پدیده‌های انسانی  
**Fig (5):** Flood modeling with placement of human phenomena

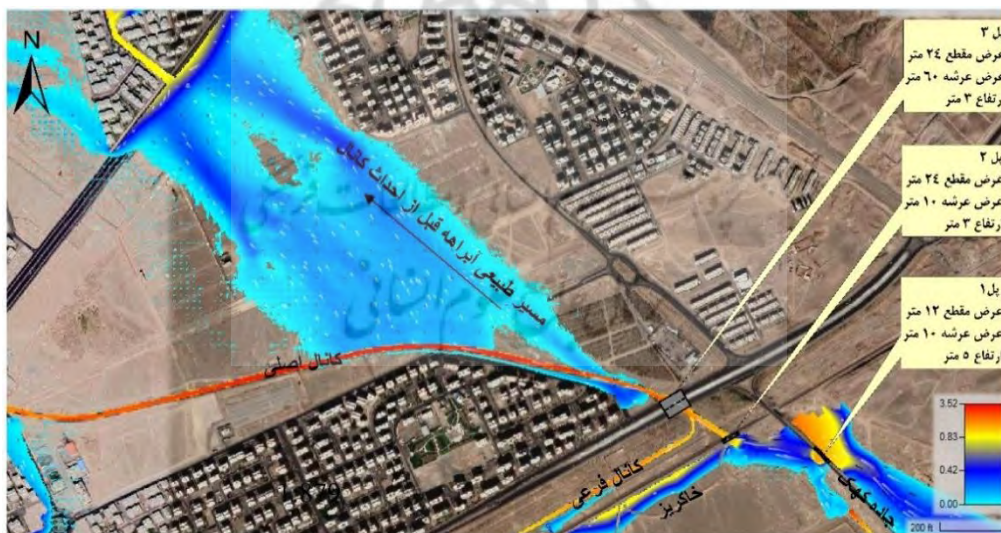


شکل (۶) تصویر بند انحرافی در زیر حوضه ۹ در مسیر جریان، موقعیت شماره ۶ در شکل شماره ۱  
**Fig (6):** The image of the diverter of the sub-basins 9 in the flow path (position number 6 in fig1)

این کانال جریان را وارد حوضه مجاور کرده و در واقع جریان از سطح ۲ (آبراهه اصلی) وارد سطح ۳ (آبراهه فرعی) می‌شود. سطح ۳ تحمل این حجم از جریان را نخواهد داشت و منجر به ناپایداری جریان در پایین دست خواهد شد. مدل‌سازی جریان (شکل ۶) بخوبی نشان می‌دهد که بعد از تقویت جریان در سطح ۳، فرایند نهشته‌گذاری در بخش‌های پایین دستخوش تغییرات و منجر به آشوب در چشم‌انداز فضایی شبکه آبراهه پردیسان خواهد شد.

### ۳-۳- تعبیه سازه‌ها

تعبیه پل‌ها در مسیر جریان‌ها شاید یکی از مهم‌ترین مسائل در بحث هیدرولیک رودخانه باشد. مسئله زمانی بروز می‌کند که طراحی انجام شده با پتانسیل سیلاب با دوره‌ی بازگشت هدف بدرستی انجام نگرفته باشد. در چنین شرایط سیلاب این توان را دارد علاوه بر تخریب پل باعث تغییر گسترده در جهت مسیر سیلاب شود. منطقه پردیسان پل‌های زیادی در مسیر جریان‌ها احداث شده است، در بخش غربی منطقه ۳ پل به نسبت بزرگ بر روی جریان اصلی جهت تردد وسایل نقلیه تعبیه شده است که مورد بررسی قرار می‌دهیم.



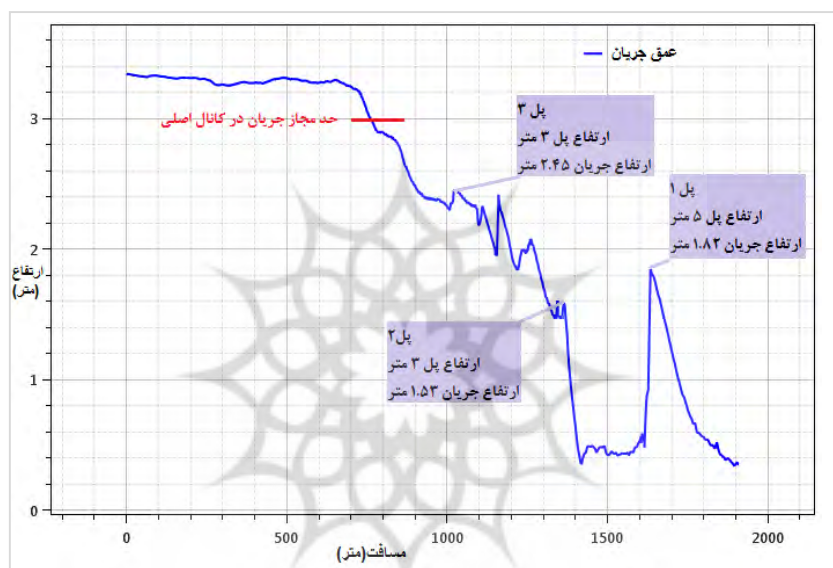
شکل (۷) وضعیت پل‌ها در شرایط سیلاب ۱۰۰ ساله

Fig (7): Condition of bridges in 100-year flood conditions

با توجه به خروجی مدل (شکل ۷) و پروفیل بدست آمده از وضعیت جریان در محل پل‌ها، شرایط پیش آمده را بخوبی بیان می‌کند. عرض مقطع و ارتفاع تعبیه شده مناسب در پل‌ها، عاملی برای عبور جریان ۱۰۰ ساله است. ارتفاع تعبیه شده در پل‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۵، ۳ و ۳ متر می‌باشد که توانسته است جریان مد نظر را با



مقادیر ۱/۸۲، ۱/۵۳ و ۲/۴۵ متر بخوبی عبور دهد (شکل ۸)، ولی بعد از پل سوم به دلیل کاهش عرض بستر کانال اصلی، جریان سیلاب از ساحل شرقی خود طغیان کرده و این قابلیت را دارد که سبب خسارت جانی و مالی شود.

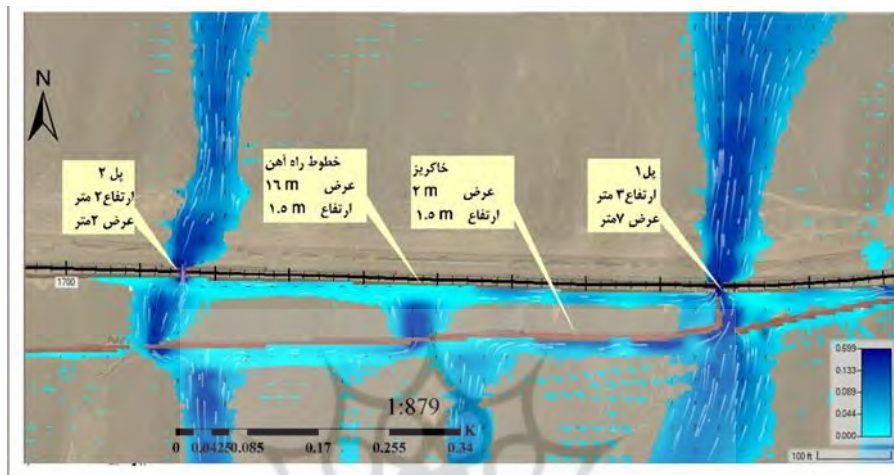


شکل (۸): پروفیل بدست آمده از وضعیت جریان در محل پل‌ها

Fig (8): The profile obtained from the state of the flow in the place of the bridges

### ۳-۴- خاکریزها

خاکریزها و مخازن رسوب گیر در تثبیت جریان‌ها و جریان مواد آواری نقش مثبتی دارند. جانمایی خاکریز در محدوده‌های خطر علاوه بر تثبیت مواد آواری در کاهش سرعت جریان و انحراف جریان اهمیت بارزی دارند. خاکریزها در محدوده پردیسان یکی از عواملی است که توانسته در موقعیت‌های مختلف کارکرد مناسبی را ایفا کند. در شکل ۹ خاکریزهایی به ارتفاع ۱/۵ متر در مسیر جریان در حاشیه بالادستی خطوط راه‌آهن با زوایای مختلف جانمایی شده‌اند که توانسته در بیشتر مناطق بخوبی جریان را منحرف و در طرفین پخش کند و در ادامه جریان با کاهش مواد و املاح از طریق پل‌های تعبیه شده در خطوط راه‌آهن وارد محدوده شهرک پردیسان شده و در ادامه مسیر باید کانال‌های متناسب با حجم جریان جهت مدیریت جریان تعبیه گردد.



شکل (۹) خاکریزهای تعبیه شده در حاشیه بالادستی خطوط راه آهن  
Fig (9): Embankments installed on the upstream side of the railway lines

### ۳-۵- تشدید سیلاب با دخالت عوامل انسانی

یک مسئله‌ای که در اینجا مطرح است، در خصوص طراحی و نظارت در حین و بعد از اجرای سازه است. از آنجاییکه یکی از اهداف این سازه‌ها، تثبیت آبراهه‌ها و جلوگیری از خروج رسوبات است. با بررسی میدانی ملاحظه گردید، اقدامات و نظارت موجود کارساز نبوده و چه بسا در اکثر حالات شرایط نامطلوب در وضعیت بندها ایجاد کرده است. باید به این نکته توجه داشت علاوه بر طراحی، نظارت بر اجرای سازه نیز اهمیت فراوان دارد. با توجه به جنس سازندها و مواد آواری حاصل از فعل و انفعالات شرایط محیطی در حوضه آبخیز، باعث پر شدن سریع این مخازن شده و در واقع به نوعی کارکرد خودش را از دست داده است (شکل ۱۰-الف). در واقع در حین وقوع جریان در این بندهای انباشته، جریان سیلاب قدرت و سرعت بیشتری به خود گرفته و سبب حفر بستر و سواحل آبراهه می‌کند. این وضعیت می‌تواند زودتر از تقویم موجود در سیستم مخروط‌افکنه‌ای، دست به تغییر گسترده در مخروط‌افکنه بزند و نتیجه آن ناپایداری در مسیر جریان و مخروط‌افکنه است. لذا ضرورت دارد شرایط نظارتی نیز در مخازن انجام گیرد. شرایط زمین‌شناسی بسترهای مشخص شده جهت ایجاد و بنای سازه‌ها یکی از نکاتی است که باید رعایت شود. بسترهای سست و ریزدانه قابلیت انحلال و نفوذ آب را دارند، لذا در عملیات عمرانی به این نکات حتماً باید توجه شود. در حوضه بالایی پردیسان یک نمونه از تخریب سازه مشاهده می‌شود که عدم وجود طراحی مناسب و نظارت در روند ایجاد سازه، سبب حفر شدید بستر و پایه سازه و در نهایت منجر به تخریب بند شده است (شکل ۱۰-ب). وضع پیش آمده در پایین دست، بنا بر ادعای اهالی باعث از بین رفتن محصولات کشاورزی و خسارت به دیواره‌های بناها شده است.



شکل (۱۰): (الف) - پر شدن بند (موقعیت ۱) - (ب) تخریب قسمتی از بند (موقعیت ۳ در نقشه ۱)

Fig (10): (A) Dam filling (Position 1); (B) Destruction of a part of the dam (Position 3 in Map 1)

در حال حاضر (سال ۱۴۰۰) کلنگ احداث ۴۱ هزار و ۵۰۰ واحد مسکونی طرح نهضت ملی مسکن در اراضی بالادستی پردیسان توسط وزیر راه به زمین زده شده است. ضرورت دارد بیش از گذشته بررسی‌ها و اقدامات مطالعاتی و اجرایی در بهبود پایداری محیط جغرافیایی انجام گیرد. پیشنهاد می‌شود علاوه بر تهیه نقشه‌های پایه بزرگ مقیاس، اقدامات حفاظتی در بالادست پردیسان به مانند پخش سیلاب، مخازن رسوب‌گیر، انتقال و نفوذ دادن آب به درون زمین با تعبیه مخازن مخصوص، تعبیه خاکریزها و کانال‌های انتقال سیلاب، تهیه نقشه خطر سیل، آموزش به ساکنان محلی در حفظ و بقای مراتع مهم‌ترین اقداماتی است که می‌تواند شرایط پایداری و ایمنی در توسعه شهری برای منطقه به ارمغان بیاورد. در مبحث مخازن رسوب‌گیر، نیاز است هر چند سال یکبار تخلیه گردد. از طرفی مواد انباشته درون مخازن حاوی شن و ماسه است که می‌تواند در شرکت‌های شن و ماسه فراوری و به مصرف برساند، بنابراین پیشنهاد بر همکاری در جهت تخلیه با این شرکت‌ها می‌تواند راندمان و بازدهی کار را بالا ببرد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، شبیه‌سازی سیلاب بر روی مخروط‌افکنه‌ها با جانمایی پدیده‌های انسانی در محدوده شهرک پردیسان قم با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله موضوع تحقیق است. تصویر سیلاب مخروط‌افکنه‌ای نوعی از کلاس سیلاب است که نامشخص، خطرناک‌تر و در نتیجه خطرناک‌تر از سیل معمولی است. هرگونه تلاش برای کاهش و انحراف جریان در مخروط‌افکنه، خطر سیلاب را در قسمت دیگری افزایش می‌دهد و برای کاهش خطرات سیل باید تلاش کنیم تا عدم قطعیت را کاهش داد. پردیسان قم به لحاظ موقعیت قرارگیری در سطوح مخروط‌افکنه‌ای، پتانسیل بالایی برای مواجه شدن با سیلاب را دارد. بدین جهت به پهنه‌بندی سیلاب همراه با جانمایی فعالیت‌های انسانی در مدل هیدرولیکی Hec-ras-6 پرداختیم. بدلیل گستردگی محدوده مطالعاتی، منطقه را به ۱۵ زیرحوضه تقسیم کردیم. در این مدل به لحاظ عددی بودن سعی شد، مقاطع عرضی، پل‌ها و سایر عوارض در مدل به

درستی لحاظ شود و گرنه مدل ناپایدار می‌شود. پدیده‌های انسانی به مانند پل‌ها، جاده‌ها، خطوط راه‌آهن، بند، کانال‌ها، خاکریزها و ساختمان‌ها با اندازه‌گیری در محل در نقشه زمینه RAS جانمایی شد. با جانمایی پدیده‌ها و در نظر داشتن شرایط سیلاب مخروط‌افکنه‌ای در فضای جغرافیایی پردیسان مشخص گردید که علیرغم تازه تأسیس بودن شهرک پردیسان، عملیات مکانیابی جهت بنای شهرک به درستی انجام نگرفته و همچنین با ویژگی‌های جغرافیایی منطقه همخوانی ندارد. نتیجه این اقدامات خسارات و ایجاد مشکل سیلاب در برخی از موقعیت‌ها مثل بخش بالادستی شهرک پردیسان و همچنین زمین‌های کشاورزی شده است. البته تعبیه خاکریزها بعنوان محدود اقداماتی است که اثر مثبتی در تثبیت و انحراف جریان سیلاب داشته است. در قسمت جنوبی خطوط راه‌آهن خاکریزهایی تعبیه شده است و نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان می‌دهد که خاکریزها تأثیر مثبتی بر انتقال و تثبیت جریان سیلاب داشته‌اند. در بحث تعبیه سازه‌هایی مثل پل‌ها، نتایج نشان داد که با شرایط جریان سیلاب ۱۰۰ ساله مطابقت دارد. همچنین اکثر بندهای احداثی در بالادست پردیسان بخاطر شرایط زمین‌شناسی و حجم سیلاب، انباشته از مواد آواری شده و در واقع علاوه بر اینکه قابلیت خودش را از دست داده، بر روند شکل‌زایی هیدرولیک رودخانه در پایین دست تأثیر منفی خواهد گذاشت. در بحث کانال موجود در شهرک پردیسان دو نکته اهمیت دارد، نکته اول مسیر کانال است که خارج از روند طبیعی جریان ایجاد شده و مدل‌ها نشان می‌دهد که درست در محل جدایی کانال از مسیر جریان طبیعی، سیلاب از کانال طغیان کرده است و نکته دوم عدم مطابقت ظرفیت کانال با سیلاب ۱۰۰ ساله می‌باشد. همچنین در برآورد دبی حاصل از حوضه‌ها، حوضه‌های p۱۵ و p۱۴ و p۹، p۷، p۲ بیشترین حجم سیلاب را وارد مخروط‌افکنه‌ها می‌کند. برای همین باید توجه بیشتری در مباحث توسعه شهری در این حوضه‌ها مبذول داشت. در تحقیق استفاده از ویژگی جانمایی پدیده‌های انسان ساخت در مدل دوبعدی و ارزیابی شرایط پیش آمده بعنوان وجه تمایز با تحقیقات قبلی محسوب می‌شود که بر اساس آخرین نسخه از نرم‌افزار Hec ras-6 (سال ۲۰۲۱) می‌باشد. البته برای رسیدن به نتایج بهتر، استفاده از مدل رقومی سطح زمین (DSM ۳ متری) پیشنهاد می‌شود که علاوه بر توپوگرافی سطح زمین، شامل عوارض انسان ساخت نیز می‌باشد. در مجموع علیرغم تازه تأسیس بودن شهرک پردیسان، طراحی شهری و متعاقب آن مطالعه و اصلاح مسیر با ویژگی‌های جغرافیایی منطقه همخوانی نداشته و چشم‌انداز ناپایداری بر فضای جغرافیایی محدوده حاکم گردیده است. پیشنهاد می‌شود اصلاح و نظارت مسیر جریان سیلاب در بالادست جهت حفظ پایداری محیطی صورت گیرد.

## ۵-منابع

- Alizadeh, A. (2010). Principles of Applied Hydrology, 34th Edition, Mashhad, Astan Quds Razavi Publications. (In Persian).
- Amir Ahmadi, A., Keramati, S., Ahmadi, T. (2011). Micro zoning of flood risk in the city of Neishabour for urban development, *Journal of Urban Research and Planning*, 2 (7) 91-110. (In Persian).
- Amiri, M. Kikha, M, Hasanpour, F. (2017). Performance evaluation of Sistan and Zahek diversion dams on Sistan River using HEC-RAS hydraulic model, *Environmental Science and Technology*, 20(4) 51-67. (In Persian).
- Committee on alluvial fan flooding (1996). Water Science and Technology board Commission on Geosciences, Environment, and Resources National Research Council. Alluvial fan flooding. Academy Press Washington, D.C.
- Costas, A.N. (2014). Flood Risk Mapping for the City of Toronto, *Procedia Economics and Finance*, p320
- Country Management and Planning Organization (2015). Guide for determining the hydraulic roughness coefficient of rivers. (In Persian).
- Darabi, M. Maleki Nejad, H. Talebi, A. Heydari, M. (2019). Evaluation of the performance of watershed management plans on the flood situation of Sivand dam watershed, Fars province, *Journal of Hydrogeomorphology*, 7(23)83-105. (In Persian).
- Dawdy, D. (1979). Flood frequency estimates on alluvial fans, *Journal of Hydraulic Engineering*, 105: 1407-1412.
- Di Baldassarre, G. (2012). Floods in a changing climate: Inundation modelling (Vol. 3). Cambridge University Press. doi. Org/101017/CBO9781139088411
- FEMA (1995). Appendix 5: Studies of alluvial fan flooding. Guidelines and Specifications for Study Contractors. Doc. no. 37. Washington, D.C.
- FEMA (2009). Guide to Flood Maps Using the Flood Map to Improve Your Understanding of Risk FEMA.
- Gilard. O., P. Givone (1997). Flood risk management: new concepts and methods for objective negotiations.
- Gregory K.J., Walling D.E. (1973). Drainage basin form and process, a geographical approach: London, Edward Arnold,.
- Hashemina, S.M. Mollaei, Z, Davary, K. Faridhosseini, A. and Pourmohamad, Y. (2018). Enhancing flood hazard estimation methods on alluvial fans using an integrated hydraulic,

- geological and geomorphological approach. *Nathral hazard and eard system sciences*, 18(4)1159-1171.
- Hasti Water Technology Consulting Engineers. (2009). Report on hydrological, meteorological and land use studies of Partisans basin in Qom. (In Persian).
- House, K. (2005). Using geology to improve flood hazard management on alluvial fans an example from Laughlin, Nevada, *Journal of the American water resources association*. P143
- Iran Management and Planning Organization. (2015). Population and housing census (in Persian).
- Jebelifard, S., Omidvar, A., Najafi Jilani, A. (2008). Translation of the book River Analysis System, Amir Kabir University of Technology Publications, third edition. (In Persian).
- Jha, A.; Robin Bloch, R.; Lamond.J. (2012). Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century", published by World Bank, p.311.
- Jonathan E. Fuller David P. Meyer (2018). Case Studies of Flood Impacts to Development on Active Alluvial Fans in Central Arizona, Arizona Geological Survey, p63
- Mahdavi, Mohammad. (2011). Applied hydrology, volume 2, 7th edition, Tehran University Press, Tehran (In Persian).
- Mehrovarz, A. Maddi, A. Esfandiari Darabad, F. Rahimi, M. (2019). Simulating the floods of the Aort Valley using HEC-RAS hydraulic model in GIS environment (study area: from Shurestan village to Aras river confluence) *Quantitative Geomorphology Research*, 8(4) 131-146. (In Persian).
- Mohsenizadeh, H. (2014). Hydraulic analysis of flood in river by CCHE2D model (Case study: Rudan river between Abnama bridge and Bika village), Master Thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan. (In Persian).
- Mollaii, Z. Davari, K. Ansari, H. Farid Hosseini, A. Hashminiya, S. M. (2018). Preparation of flood risk map using hydraulic model and geomorphological information, Frisi alluvial fan in Razavi Khorasan province, *Iran Water Research*, 13(1)19-28. (In Persian).
- Natural resources of Qom province (2015). Topographic map of 5 meters of Pardisan area of Qom province. (In Persian).
- Nigel, W. (1984). Flood hazard management in the United States and the National Flood Insurance Program, *Geoform*, p525
- Nikro, P. (2011). Simulation and flood management on rivers located in alluvial fans (alluvial fan and Jamash river basin), Master Thesis, Department of Water Engineering, Khajeh Nasir al-Din Tusi University of Technology. (In Persian).
- Safavi, H. (2009). Engineering Hydrology, Second Edition, Isfahan, Isfahan University Press. (In Persian).

- Samadian, M. Hessari, B. Mohammadi, M.A. Alami, M.T. (2018). Evaluation of river management plans using the MIKE11 model (case study: Zarineh River in the suburbs of Shahin Dej), *Journal of Hydrogeomorphology*, 6(18) 161-180. (In Persian).
- Schick, A.P., et al. (1997). Hydrologic processes and geomorphic constraints on urbanization of alluvial fan slopes, Elsevier Science. Environmental statistics, Ottawa, Canada, Pp.1-15.
- U.S. Army Corps of Engineers (2016). River Analysis System User's Manual. Version 0/5. California.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2021). 2D Modeling User's Manual, Version 0/6 California.
- Wilby, R.L., Keenan, R. (2012). Adapting to flood risk under climate change. *Progress in Physical Geography*, 36(3), 348-378.
- Wohl, E.E. (2000). Inland Flood Hazards (Human, Riparian, and Aquatic Communities). Cambridge University Press, *Geomorphology*, 46(s 3-4)311-313.
- Yoshiaki, K., John, W. P (2012). Flood Risk Management in the People's Republic of China Learning to Live with Flood Risk, Asian Development Bank, p55.
- Zakipour, M., Talei, M., Wadi, Q. (2018). Comparison of Flexible and Resistance Approaches for Flood Risk Management in Ghezelozen River, (Mahnesan County), *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, 10 (1) 41-56. (In Persian).
- Zamani, Z. (2019). Article Solutions with Flood, *Journal of Geography and Human Relations*, 2 (5) 302-307. (In Persian).
- Zeraatkar, Z. Hasanpour, F. (2015). Simulating Birjand urban flood using HEC-RAS and ARC-GIS model, watershed researches (Research and Development), 29(112)41-56 (In Persian).