

## پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از محدوده رودخانه زیارت در حوزه آبخیز شهری گرگان

مجتبی خلیلی‌زاده<sup>۱</sup>، ابوالفضل مساعدی<sup>۲</sup> و علی نجفی‌نژاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، <sup>۲</sup> گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup> گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۸۲۹۰۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۲۰/۲۱

### چکیده

سالانه در نقاط مختلف جهان، جان و مال بسیاری از مردم در اثر وقوع سیل به خاطر مخاطره می‌افتد. تغییرات کاربردی ارضی، شهرنشینی، ساخت و ساز غیراصولی و اشغال ارضی حاشیه رودخانه اثرات مهمی در وقوع این خطر دارند. در تحقیق حاضر دشت سیلابی رود زیارت که بیشتر شامل مناطق مسکونی شهر گرگان می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا نقشه‌های توپوگرافی و کاربری ارضی حوزه آبخیز شهر گرگان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی رقومی گردید. با توجه به توپوگرافی منطقه، حوضه آبخیز موردنظر به ۱۵ زیر حوضه کوچکتر تقسیم گردید. همچنین با توجه به شرایط هیدرولیکی و هیدرولوژیکی رود زیارت به ۹ بازه تقسیم شد. سپس اقدام به محاسبه هیدروگراف‌های سیل در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله به روش ماسکسنگام-کانر شد. با انجام عملیات میدانی و نقشه‌برداری در طول مسیر رودخانه، مشخصات هندسی این رودخانه در ۵۵ مقطع عرضی برداشت شدند. در مرحله بعد، با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS پروفیل سطح آب در هر بازه برای دوره‌های بازگشت معین محاسبه گردید. آنگاه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل در دوره‌های بازگشت مختلف با استفاده از نرم‌افزار ArcView GIS تهیه گردید. با تلفیق این نقشه‌ها با نقشه کاربردی ارضی حوضه، سطح و عمق میانگین سیل برای مناطق در معرض خطر تعیین گردید. در نهایت با استفاده از نتایج این تحقیق راه‌کارهای مدیریتی مناسب پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: روندیابی سیل، ارزیابی خطر سیل، ArcView GIS، HEC-RAS، حوضه آبخیز شهری

### مقدمه

سالانه در نقاط مختلف جهان، جان و مال بسیاری از مردم در اثر وقوع سیل به مخاطره می‌افتد. سیل یکی از زیان‌بارترین بلای طبیعی است که طبق آمار سازمان‌های تخصصی ملل متحد در یک دهه در ۱۳۰ مورد وقوع سیلاب‌های بزرگ بیش از ۶۴۱۰۳ نفر تلفات انسانی و ۹/۰۶ میلیارد دلار خسارت مالی محسوس به همراه داشته است (مهادوی، ۱۳۷۶). همچنین در بررسی سیل‌های

خسارت آفرین طی ۵۰ سال (۱۳۷۰-۱۳۲۰) تعداد ۳۷۰۰ مورد سیل خسارت بار در کشور به ثبت رسیده است (خسرو شاهی، ۱۳۷۶).

تعاریف متعددی برای سیلاب مطرح شده است. برای مثال، بعضی از متخصصین هرگونه جریان آبی را که به امکانات اقتصادی و مالی افراد لطمه وارد سازد و یا هر ارتفاعی از آب رودخانه که طغیان کند و ارضی اطراف رودخانه یا مسیل را فرا گیرد، سیلاب می‌داند. با توجه به



جدیدترین روش‌ها استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی است. در این راستا تیت و همکاران (۱۹۹۹) روشی را برای افزایش دقت آنالیز خروجی مدل سیستم تحلیل رودخانه در سیستم اطلاعات جغرافیایی در طول بازه‌ای از رودخانه والر در ایالت تگزاس امریکا بکار برد. وی نتیجه گرفت که این روش قابلیت بسیار بالایی در بررسی هیدرولیکی سازه‌های کنترل سیل در طول رودخانه دارد. به عبارت دیگر، در این روش برخلاف سایر روش‌های معمول گذشته مدل هیدرولیکی براساس داده‌های واقعی حاصل از نقشه‌برداری زمینی اجرا شده و فقط پردازش خروجی مدل هیدرولیکی، به منظور ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌گیرد.

مطیعی و بازسد (۱۳۸۱) جهت پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه سعیدرود در استان گیلان در مقابل سیلاب‌های احتمالی، عنوان نمودند که تعیین دقیق پهنه سیلاب یکی از مراحل حساس در مدیریت رودخانه‌ها و مطالعات مربوط به حق بیمه سیل می‌باشد. آنها به منظور پهنه‌بندی سیلاب و تحلیل‌های هیدرولیکی رودخانه از نرم‌افزار ArcView GIS و HEC-RAS استفاده نمودند.

همچنین در تحقیق دیگری استفان (۲۰۰۲) در حوضه رودخانه سنگ زرد واقع در ایالت مونتانا امریکا به بررسی سیل‌های به وقوع پیوسته در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ پرداخت. سپس اقدام به تعیین پهنه‌های سیلگیر سیل‌های به وقوع پیوسته در این دو سال نمود. وی علاوه بر این در بازه‌ای به طول ۱۸ کیلومتر مشخصات ۲۵ مقطع را برداشت نموده و پهنه سیل‌های با دوره بازگشت ۱۰۰ و ۵۰۰ ساله را تعیین نمود.

این تحقق با اهداف شناسایی مناطق شهری مستعد خطر سیل‌گیری در محدوده رود زیارت (که از شهر گرگان عبور می‌کند) و تعیین میزان عمق سیل‌گیری در دشت سیلابی این رود و سرانجام، ارائه راه‌کارهای مدیریتی در حوضه آبخیز شهری گرگان انجام شده است.

دیدگاه‌های مختلف بطور کلی می‌توان چنین استنباط کرد که سیل به جریانی گفته می‌شود که: ۱- جریان آب برای مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد، ۲- تداوم زمانی محدودی داشته باشد. ۳- جریان آب از بستر طبیعی خود خارج و ارضی پست حاشیه رودخانه را فرا گیرد و ۴- خسارت مالی و یا جانی داشته باشد (مهدوی، ۱۳۷۶).

در سال‌های اخیر، رشد شهرها در دشت‌های سیلابی، بخصوص در حاشیه رودخانه‌ها موجب شده تا ساکنین و اموال منقول موجود در منطقه، در معرض خطر سیل باشند. شهرنشینی در واقع فرآیندی است که کاربری ارضی از حالت خود خارج و یا با کاربری کشاورزی به یک ناحیه توسعه یافته، اقتصادی یا جمعیتی تبدیل می‌شود. در این فرآیند تغییر شکل‌های عمده‌ای در محیط طبیعی به وجود می‌آید. توسعه شهرها اثرات منفی زیادی بر کیفیت منابع آب و همچنین بر اکوسیستم‌های آبی و خشکی خواهد داشت (نووتنی و اولم، ۱۹۹۴).

تغییر کاربری ارضی روی هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز دارای ۴ اثر مهم است که عبارتند از: تغییر در خصوصیات دبی بیک، تغییر در حجم کل روان آب، تغییر در کیفیت آب و تغییر در تعادل هیدرولوژیک (انوبولد، ۱۹۶۸). از طرف دیگر می‌توان گفت که با بکارگیری تکنیک‌های جدید آبخیزداری و کنترل صحیح توسعه شهرها و همچنین ارائه طرح‌های مدیریتی مناسب استفاده از یک آبخیز شهری، می‌توان پتانسیل خطر سیل را به حداقل رساند و در جهت حفظ منابع آبی گام برداشت (آلامیلا، ۲۰۰۱).

اولین گام در طرح‌های مدیریتی سیلاب و دشت سیلابی داشتن نقشه‌های پهنه‌بندی سیل می‌باشد. از موارد کاربرد این نقشه‌ها می‌توان به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی و هشدار سیل، عملیات امداد و نجات و بیمه سیل اشاره نمود. (برخوردار و چاوشیان، ۱۳۷۹). برای تهیه این نقشه‌ها روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از



ورودی به رودخانه، این حوضه شهری به ۱۵ زیر حوضه تقسیم گردید که از ۵ تا ۵ کدگذاری شدند. جهت تعیین مشخصات هندسی رودخانه زیارت از ایستگاه هیدرومتری ناهارخوران تا محل بزرگراه شهید کلاتری (جاده کمربندی گرگان) به طول ۱۰/۵ کیلومتر در مسیر رودخانه، عملیات میدانی و نقشه برداری صورت گرفت و در مجموع ۵۵ مقطع عرضی اصلی انتخاب و برداشت گردید. همچنین در عملیات میدانی داده‌های مورد نیاز جهت رسم پروفیل طولی رودخانه، محاسبه تراز مشخص‌کننده محدوده مقطع اصلی رودخانه و دشت‌های سیلابی برداشت شد. در بخشی دیگر از عملیات میدانی به منظور تعیین ضریب مانینگ، در هر یک از مقاطع تمامی خصوصیات آن یادداشت و از آنها عکس تهیه گردید، آنگاه با استفاده از روش کاون (۱۹۵۶) به دلیل اینکه عوامل متعددی را در تعیین ضریب زبری لحاظ می‌نمایند متضادیر ضریب زبری در هر مقطع تعیین گردید (ابوالقاسمی و شریفی منش، ۱۳۷۸).

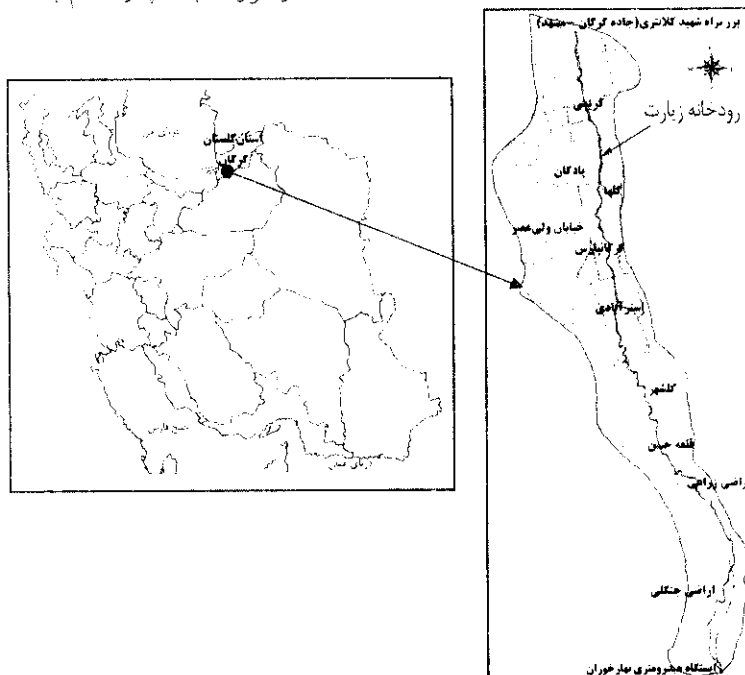
به منظور تهیه هیدروگراف‌های سیل در دوره‌های بازگشت مختلف و تعیین دبی پیک سیلاب‌ها به دلیل عدم تجهیز رود زیارت به لیمنوگراف در ایستگاه هیدرومتری ناهارخوران، به ناچار اقدام به استفاده از آمارهای بارندگی

موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه، قسمتی از دشت سیلابی رودخانه زیارت در محدوده حوضه شهری گرگان است که بین  $26^{\circ} 54'$  تا  $10' 28'' 54^{\circ}$  طول شرقی و  $22' 47'' 36^{\circ}$  تا  $13' 52'' 36^{\circ}$  عرض شمالی قرار دارد. مساحت این حوضه  $9,73$  کیلومترمربع و طول مسیر رودخانه در آن  $10,5$  کیلومتر است. در بالادست این حوضه، حوضه آبخیز زیارت (قبل از ایستگاه هیدرومتری ناهارخوران) واقع شده که حدود  $10,4$  کیلومترمربع مساحت دارد.

رودخانه زیارت از ارتفاعات جنوبی روستای زیارت سرچشمه گرفته و در امتداد تقریبی شمال به جنوب جریان می‌یابد. این رودخانه پس از طی مسافت  $19,8$  کیلومتر مسیر کوهستانی از سمت جنوب وارد حوضه شهری گرگان شده و پس از عبور از مناطق مسکونی و تجاری از شمال آن خارج می‌شود (شکل ۱).

### مواد و روش‌ها

با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی شهر گرگان (مقیاس ۱:۲۰۰۰) محدوده حوضه آبریز رودخانه زیارت در مسیر شهر گرگان تعیین شد. آنگاه با توجه به مسیر آبراهه‌های



شکل ۱- موقعیت حوضه آخیز شهری زیارت در شهر گرگان و ایران.

و تهیه هیدروگراف واحد حوضه از روش سرویس حفاظت خاک آمریکا گردید. بدین صورت که ابتدا با استفاده از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی مجاور حوضه شهری گرگان شامل النگ‌دره، زیارت، هاشم‌آباد و فاضل‌آباد در یک دوره آماری ۲۷ ساله (از سال آبی ۵۵-۱۳۵۴ الی ۸۱-۱۳۸۰) پس از رفع نواقص آماری، میانگین حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته حوضه شهری گرگان (۴۵/۱۵ میلی‌متر) و حوضه آبخیز زیارت (۴۷/۳۵ میلی‌متر) تعیین شد. سپس با استفاده از روابط وزیری (۱۳۷۶) ارتفاع رگبار طرح در دوره‌های بازگشت مختلف و در زمان تداومی برابر با زمان تمرکز حوضه برآورد شد.

با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک مقدار CN متوسط وزنی برای حوضه آبخیز زیارت و هر یک از زیر حوضه‌های شهری گرگان تعیین شد. آنگاه با استفاده از روابط زیر ارتفاع بارش مؤثر محاسبه گردید (مهدوی، ۱۳۸۰).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (1)$$

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

در این روابط:

R: ارتفاع رواناب به میلی‌متر

P: ارتفاع رگبار طرح در هر دوره بازگشت به میلی‌متر

S: پتانسیل ذخیره (اتلاف اولیه + نفوذ) به میلی‌متر

CN: شماره منحنی می‌باشند.

در این روش، فرض شده است که اگر ارتفاع رگبار طرح P کمتر از ۰/۲S باشد، هیچ روانابی تولید نمی‌شود (مهدوی، ۱۳۸۰). بنابراین معادلات ۱ و ۲ در حالاتی که P بزرگتر یا مساوی ۰/۲S بود بکار گرفته شد.

برای تعیین مختصات هیدروگراف واحد نیز از روابطی که توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا ارائه شده است، استفاده شد و پس از تعیین زمان تمرکز برای حوضه آبخیز زیارت و سایر زیر حوضه‌های شهری گرگان (a, b, ... و 0) توسط معادله کریچ، زمان رسیدن به اوج و دبی اوج هیدروگراف واحد برآورد گردید.

سرانجام با در اختیار داشتن مختصات هیدروگراف واحد بر پایه زمانی تمرکز حوضه و ارتفاع رواناب در دوره‌های بازگشت معین، ارتفاع رواناب در ابعاد هیدروگراف واحد ضرب شد، آنگاه مختصات هیدروگراف رواناب مستقیم در دوره‌های بازگشت مختلف برای حوضه آبخیز زیارت و سایر زیرحوضه‌ها تعیین گردید. برای تعیین دبی در دوره‌های بازگشت مختلف، ۵ توزیع آماری شامل توزیع‌های نرمال، لوگ‌نرمال، پیرسون تیپ ۳، لوگ‌پیرسون تیپ ۳ و گامبل مورد آزمون آماری قرار گرفت و توزیع لوگ‌پیرسون تیپ ۳ به‌عنوان بهترین توزیع آماری انتخاب شد.

در این تحقیق، جهت تهیه نقش پهنه‌های سیل در دشت سیلابی و در دوره‌های بازگشت مختلف، با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و رقم تراز سطح جریان سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف، در مسیر جریان برآورد گردید. آنگاه با استفاده از اطلاعات خروجی این نرم‌افزار، پهنه سیلگیر برای دوره‌های بازگشت مختلف ترسیم شد. با توجه به اینکه شاخه‌های فرعی از زیر حوضه‌های شهری از مکان‌های متفاوتی به رودخانه زیارت وارد می‌شوند، بنابراین مسیر مطالعه از ایستگاه هیدرومتری ناهارخوران تا بزرگراه شهید کلاتری (جاده کمربندی گرگان) به ۹ بازه تقسیم شده که باید هیدروگراف سیل را بین این ۹ بازه روندیابی نمود. به‌منظور عمل روندیابی از روش ماسکینگام-کسانز استفاده گردید (میلر و کسانز، ۱۹۷۵).

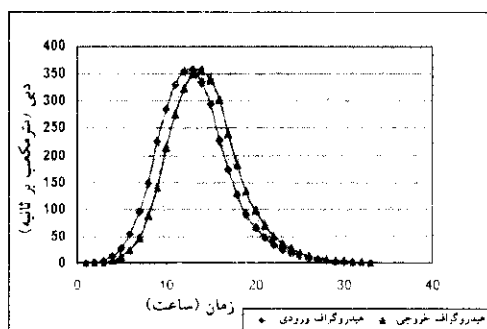
برای دستیابی به پارامترهای مورد نیاز روندیابی در این روش، ابتدا مشخصات رودخانه (مقطع عرضی، ضریب‌بری و ...) وارد نرم‌افزار HEC-RAS گردید سپس برنامه با دبی‌های مختلفی اجرا گردید، این عمل آنقدر تکرار شد تا زمانی که دبی مقطع پر مشخص گردید. آنگاه مشخصات هیدرولیکی جریان از جمله، دبی پیک، شیب سطح آب، سرعت موج و غیره استخراج گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار EXCEL و با استفاده از فرمول‌های مربوط به هر یک از ضرایب، این ضرایب برای روندیابی محاسبه گردید. شایان ذکر است که مراحل فوق برای تمامی ۹ بازه تکرار شد. آنگاه عمل روندیابی



مشخص شد. به عنوان نمونه در شکل ۳ نتایج این روندیابی در طول بازه ۴ برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله نشان داده شده است.

با توجه به نتایج ارائه شده در ذیل، سفادیر دبی حداکثر هیدروگراف‌های ورودی در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله به ترتیب برابر ۰.۲۳۵، ۰.۶۹۲، ۱.۱۹۷، ۱.۹۹/۳۵، ۲.۰۸۱/۶، ۳.۵۶۷/۹ و ۵.۳۸۱/۲ مترمکعب بر ثانیه، همچنین دبی خروجی آبنمودهای مذکور به ترتیب برابر ۰.۲۳۶، ۰.۶۹۳، ۱.۱۹۸، ۱.۹۹/۵، ۲.۰۹/۴، ۳.۵۷۰/۸ و ۵.۳۹/۲ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از عمل روندیابی و با مقایسه دبی ورودی و دبی خروجی در هر یک از بازه‌ها می‌توان استنباط نمود که میزان ذخیره کانالی جریان رودخانه زیارت نسبتاً پایین است.

با استفاده از تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در دوره‌های بازگشت مختلف با نقشه کاربری اراضی حوضه شهری گرگان و انجام آنالیزهای مختلف در محیط نرم‌افزار ArcView GIS مساحت هر نوع کاربری اراضی در پهنه‌های سیل با دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱ ذکر شده است.



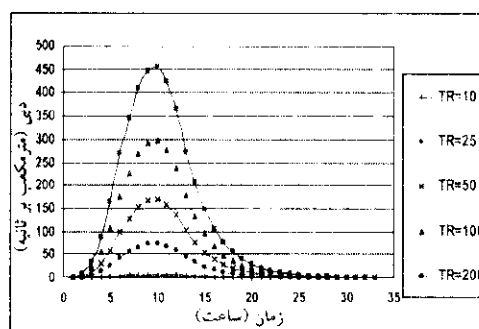
شکل ۳- روندیابی سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در طول بازه شماره ۴.

هیدروگراف سیل هر یک از زیرحوضه‌ها، در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال انجام گردید و در نتیجه هیدروگراف خروجی (در پایین دست بازه‌های مشخص شده) تعیین گردید. سپس از طریق ارتباط سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل HEC-RAS پهنه‌های سیل گیر در هر دوره بازگشت مشخص شدند. به این منظور از نرم‌افزار ArcView GIS استفاده گردید.

## نتایج و بحث

با توجه به تهیه هیدروگراف واحد بر پایه زمانی زمان تمرکز حوضه و ارتفاع رواناب در دوره‌های بازگشت مختلف می‌توان مختصات هیدروگراف سیل در هر دوره بازگشت، برای حوضه آبخیز زیارت و سایر زیر حوضه شهری را محاسبه نمود. نمونه‌ای از هیدروگراف سیل برای دوره‌های بازگشت مختلف در حوضه آبخیز زیارت در شکل ۲ ارائه شده است.

همانطور که قبلاً بیان شد، با استفاده از روش ماسکینگ- کانز اقدام به روندیابی هیدروگراف‌ها برای هر یک از بازه‌ها گردید که در آن دبی ورودی و خروجی

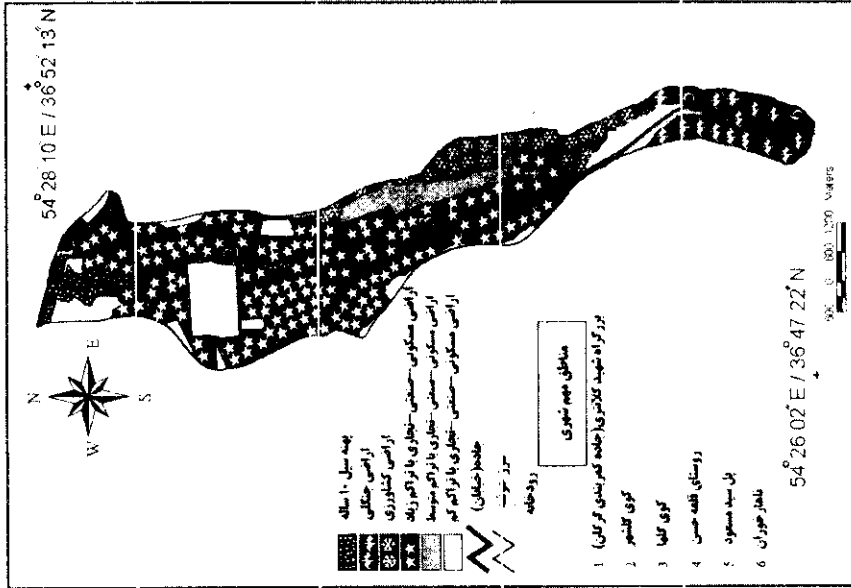


شکل ۲- هیدروگراف سیل برای دوره‌های بازگشت مختلف.

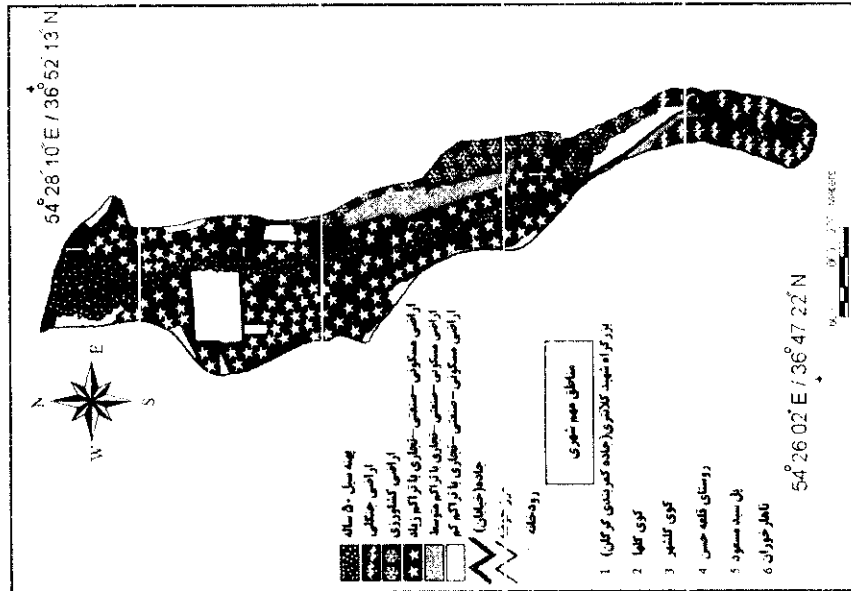
جدول ۱- مساحت انواع کاربری اراضی در پهنه خطر سیل با دوره‌های بازگشت مختلف (برحسب هکتار).

دوره بازگشت (سال)							کاربری اراضی
TR=200	TR=100	TR=50	TR=25	TR=10	TR=5	TR=2	
۱۲۴	۷۴۶	۱۰۲	۰/۵	-	-	-	جنگل
۱۲۰۶۵	۸۳۸	۳۸	۰/۸	-	-	-	کشاورزی
۱۸۲	۱۳۴	۰/۹۳	۰/۶۵	۰/۴	-	-	جاده
۱۴۸۰۵	۱۰۴۰۸	۶۸۱	۳۳/۸۲	۱۴/۵۴	-	-	مسکونی - صنعتی تجاری با تراکم زیاد
۰۰۹	۰۰۷	-	-	-	-	-	مسکونی - صنعتی تجاری با تراکم متوسط
۳۹۰۴	۳۲۹	۲۵۰۲	۱۷	۱۰/۸۲	-	-	مسکونی - صنعتی تجاری با تراکم کم
۲۱۵۰۶۷	۱۵۵۰۵۸	۹۹۰۲۳	۵۲/۷۷	۲۵/۷۲	-	-	سطح کل پهنه خطر سیل

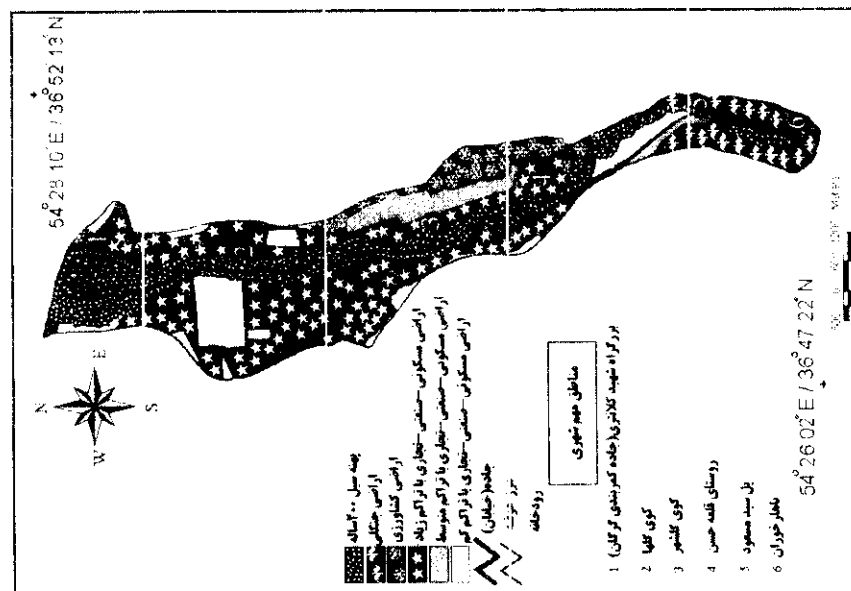




الف) نقشه پهنه خطر سیل با دوره بازگشت ۱۰ ساله.



ب) نقشه پهنه خطر سیل با دوره برگشت ۵۰ ساله



ج) نقشه پهنه خطر سیل با دوره برگشت ۲۰۰ ساله

شکل ۴. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف.

جدول ۲- درصد مساحت سیل‌گیری برای دوره‌های بازگشت مختلف نسبت به پهنه سیل‌گیر ۱۰۰ ساله.

دوره بازگشت (سال)	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
درصد مساحت سیل‌گیری	۱۶/۵	۳۴	۶۳/۷	۱۰۰	۱۳۸/۶

نتایج این تحقیق بطور کلی نشان می‌دهند که تغییرات کاربری اراضی و افزایش ساخت و سازهای بی‌رویه در امتداد و حریم رودخانه و همچنین محدودسازی کانال رودخانه می‌تواند باعث افزایش دبی پیک سیلاب‌ها و در نتیجه افزایش سطح و عمق پهنه‌های سیل‌گیر گردد که از این لحاظ با نتایج لئوپولد (۱۹۶۸)، نووتنی و اولم (۲۰۰۰) و آلامیلا (۲۰۰۱) مشابهت دارد.

با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان در هر نقطه دلخواه از دشت سیلابی رود زیارت، عمق جریان سیلاب را به دست آورد که ناشی از دقت بالای آنالیز خروجی مدل سیستم تحلیل رودخانه (HEC-RAS) در این سیستم می‌باشد. در این مورد می‌توان به همین نتایج در تحقیقات تیت (۱۹۹۹) و مطیعی و باربد (۱۳۸۱) اشاره نمود.

### پیشنهادهای

براساس نتایج به دست آمده می‌توان برای حوضه آبخیز شهری گرگان و رودخانه زیارت راه کارهای مدیریتی زیر را پیشنهاد نمود:

- مطالعه و انجام عملیات آبخیزداری در حوضه آبخیز زیارت که در بالادست حوضه شهری گرگان واقع است، سبب خواهد شد که دبی پیک سیلاب ورودی به حوضه شهری کاهش یافته و از این طریق پهنه‌های سیل و خسارات ناشی از آن کاهش یابد. این عمل می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر و کم هزینه در مقایسه با سایر روش‌هایی که توصیه می‌شوند در نظر گرفته شود. در رابطه با عملیات آبخیزداری در بالادست حوضه و تأثیر آن در کاهش مقدار دبی سیل در پایین دست حوضه باید تحقیقات بیشتری صورت گیرد.
- در پهنه‌های با خطر سیل‌گیری ۱۰ تا ۵۰ ساله، کاربری مسکونی به هیچ وجه توصیه نمی‌شود زیرا اماکن مسکونی از حساس‌ترین کاربری اراضی محسوب شده، به این دلیل که در هنگام وقوع سیل مردم در آن سکونت داشته و

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی دشت سیلابی رودخانه زیارت مشخص می‌شود که بخش عمده‌ای از مناطق حوضه شهری گرگان مستعد سیل‌گیری توسط سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت زیر ۱۰۰ سال می‌باشند (جدول ۲). همچنین با مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به سیل‌های با دوره بازگشت ۱۰ و ۲۰۰ سال (شکل ۴) مشاهده می‌شود که سیل ۱۰ ساله فقط بخشی از شمال محدوده مورد تحقیق را فرا می‌گیرد، اما سیل ۲۰۰ ساله تقریباً در تمام مسیر رودخانه مناطق مسکونی و غیرمسکونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

از طرف دیگر با حرکت در مسیر رودخانه از بالادست به سمت پایین دست حوضه عموماً سطح پهنه‌های سیل‌گیر افزایش می‌یابد (شکل ۴) که دلایل آن یکی ورود افزایش یافته روان آب شهری به جریان رودخانه می‌باشد و عامل دیگر توپوگرافی محدوده رودخانه است که از بالادست به پایین دست حوضه ملایم‌تر شده و شیب کاهش می‌یابد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عمق میانگین سیل‌گیری به ازای دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال به ترتیب برابر ۰/۳، ۰/۶، ۰/۸، ۰/۹ و ۱/۱ متر و سطح سیل‌گیری به ازای این دوره‌های بازگشت به ترتیب به ۳۴/۱۶، ۶۹/۷۲، ۱۲۰/۲۲، ۱۸۰/۵ و ۲۴۳/۹۳ هکتار می‌باشد. همچنین ماکزیمم عمق سیل به ازای این دوره‌های بازگشت به ترتیب برابر ۱/۶، ۱/۸، ۲/۲، ۲/۷ و ۵ متر به دست آمده است. بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و موقعیت بازه‌ها نشان می‌دهند که پهنه‌های سیل بیشترین سطح و عمق را در بازه‌های شماره ۶، ۷، ۸ و ۹ دارند که ناحیه‌ای در حد فاصل پل‌های گرگان پارس، گل‌ها، کریمی و بزرگراه شهید کلاتری می‌باشد (شکل ۱). بنابراین، این بازه‌ها از حساسیت بالاتری نسبت به سایر بازه‌ها برخوردارند.



بهداشتی گام برداشت.

• سیلاب‌های با دوره بازگشت کم (۱۰ ساله) نیز در جنوب محدوده مورد مطالعه بخشی از اراضی اطراف رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بنابراین، این بخش از محدوده اطراف رودخانه باید در اولویت محافظت از سیل قرار گیرد.

### سیاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از زحمات بی‌دریغ جناب آقای مهندس حسن فرازجو تشکر و قدردانی نمایند.

پتانسیل ایجاد خسارات بسیار زیاد است. بنابراین توصیه می‌شود کاربری این اراضی به غیرمسکونی و ترجیحاً فضای سبز تغییر یابد.

• یکی از عوامل مؤثر در کاهش ظرفیت انتقال و توان آگذری رودخانه‌ها، مواد رسوبی انباشته شده، نخاله‌ها و مواد زائد در مسیر رودخانه‌هاست که علاوه بر کاهش سطح مقطع مفید رودخانه باعث افزایش ضریب زبری نیز می‌شود. متأسفانه در مسیر رودخانه زیارت این مورد بسیار چشمگیر است. بنابراین لازم است با آگاهی و آموزش صحیح به مردم منطقه و همچنین لایروبی مسیر رودخانه و پاکسازی سیلراه از نخاله‌ها هم در جهت کاهش خسارات ناشی از سیل و هم کاهش خطرات زیست‌محیطی و

### منابع

۱. ابوالقاسم، م. و شریفی‌منش، ح. ۱۳۷۸. مقدمه‌ای بر راهنمای استفاده از برنامه HEC-RAS، گروه مهندسی رودخانه مرکز تحقیقات آب. وزارت نیرو. ۷۸ صفحه.
۲. برخوردار، م. و چاوشیان، ع. ۱۳۷۹. پهنه‌بندی سیلاب. کارگاه آموزشی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران. ۲۰ صفحه.
۳. خسروشاهی، ف. ۱۳۷۶. به‌سازی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها. کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران. ۹۲ صفحه.
۴. مطیعی، ه. و باربد، م. ۱۳۸۱. پهنه‌بندی سیلاب در حوضه‌های آبخیز با ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های ریاضی. ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحه ۱۳۷۴-۱۳۷۷.
۵. مهدوی، م. ۱۳۷۶. بررسی آثار اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی خسارات سیل. کارگاه آموزشی-تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران. ۱۵۰ صفحه.
۶. مهدوی، م. ۱۳۸۰. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران. جلد دوم. ۴۰۱ صفحه.
۷. وزیری، ف. ۱۳۷۶. هیدرولوژی کاربردی در ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۱۱۰ صفحه.
8. Alamilla, S. 2001. GIS based approach to floodplain delineation and flood risk estimation applied to the Oak Creek watershed, Master of Science thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Marquette University, Milwaukee. Pp 4-15.
9. Cowan, W.L. 1956. Estimation hydraulic roughness coefficients, Agricultural Engineering, Vol. 37, No. 7, pp 473-475.
10. Leopold, L.B. 1968. Hydrology for urban land planning. A guidebook on the hydrologic effects of urban land use. U.S. Geol. Circ. 554, USGS, Washington, DC. Pp 16-28.
11. Miller, W.A., and Cunge, J.A. 1975. Simplified equations of unsteady flow. K. Mahmood and V. Yevjevich. (Eds). Unsteady flow in open channels, Vol. I, Water Resources Publications, Ft. Collins, Co. pp 280-288.
12. Novotny, V., and Olem, H. 1994. Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution, Van Nostrand Reinhold, New York. Pp 250-258.
13. Stephen, R. 2002. Hydrologic Investigations by the U.S. Geological Survey Following the 1996 and 1997 Floods in the Upper Yellowstone River, Montana. American Water Resources Association 19<sup>th</sup> Annual Montana Section Meeting, Section one, pp. 1-18.
14. Tate, E.C. Olivera, F., and Maidment, D. 1999. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and Arcview GIS. Center For Research In Water Resources (CRWR), Report No. 99-1. 223 p.





---

---

## **Flood hazard zonation in a part of Ziyarat river in Gorgan urban watershed**

**M. Khalilizadeh<sup>1</sup>, A. Mosaedi<sup>2</sup> and A. Najafinejad<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>P.G. student, <sup>2</sup>Faculty members of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

### **Abstract**

Flood events cause extensive human and financial losses in the world every year. The process of land use change, urbanization, inappropriate construction and occupation of river side lands have great effects on this hazard. This study was carried out in Ziyarat river flood plain which, large area of Gorgan city is located in its floodplain. For this reason, first topographic and land use maps of the urban watershed of Gorgan has been digitized for using in GIS. According to topographical conditions, the study area was divided into 15 sub-watersheds. Also, according to hydraulic and hydrological conditions of river, this river was divided into 9 reaches. Then flood hydrographs in 2, 5, 25, 50, 100 and 200 years return periods estimated by Muskingum-Cunge method. Geometrical characteristics of reaches in 55 cross sections have been determined by field surveying. Water surface profile in each has been calculated, using HEC-RAS software for every return period. Then flood hazard maps of the study area have been prepared in ArcView GIS. With overlaying flood hazard land use maps, the flooded area and mean depth of floods have calculated. Finally, according to the results of this research, suitable management approaches have been proposed.

**Keywords:** Flood routing; Flood hazard assessment; HEC-RAS; ArcView GIS; Urban watershed

