

پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل (مطالعه موردی محدوده رودخانه قره‌چای در حومه شهر رامیان)

معصومه غریب^۱، ابوالفضل مساعدی*^۲، علی نجفی‌نژاد^۳ و محمدابراهیم یخکشی^۴
^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
^۲ دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
^۳ استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
^۴ مدیر دفتر مطالعات شرکت آب منطقه‌ای گلستان، ایران
 (تاریخ دریافت: ۸۳/۸/۹، تاریخ تصویب: ۸۵/۲/۳)

چکیده

سیل یکی از پدیده‌هایی است که هر ساله در نقاط مختلف جهان و کشور خسارت‌های جانی و مالی به بار می‌آورد. به‌منظور پهنه‌بندی خطر سیل و تعیین پهنه‌های سیل‌گیر اراضی اطراف رودخانه قره‌چای واقع در حوزه آبخیز شهری رامیان، پس از انجام عملیات میدانی، مسیری از رودخانه به طول ۸/۵ کیلومتر انتخاب شد و بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی و هیدرولیکی به تعدادی بازه تقسیم و ۴۱ مقطع عرضی از رودخانه برداشت شد. برای انتخاب مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ، روش کاون به منزله مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ در محدوده مورد بررسی انتخاب شد. با معرفی مشخصات جریان و مشخصات هندسی رودخانه و ضریب مانینگ هر مقطع در نرم‌افزار HEC-RAS پروفیل سطح آب در دوره‌های بازگشت معین محاسبه شد. سپس برای تعیین پهنه‌های خطر سیل با استفاده از نرم‌افزار Autocad و مشخص بودن رقم سطح آب در هر مقطع، پهنه‌های خطر سیل در دوره‌های بازگشت مختلف ترسیم شد. پس از تعیین سطح و عمق میانگین سیل برای مناطق در معرض خطر و با استفاده از توابع خسارت سیل، مقادیر خسارت احتمالی وارد به مناطق مسکونی در هر پهنه، جداگانه محاسبه و منحنی‌های تراز-خسارت هر یک از آنها نیز به‌طور جداگانه ترسیم شد. نتایج این تحقیق نشان داد که روند افزایش خسارت تا دوره بازگشت ۵۰ سال، از شدت ملایمی دارد، ولی پس از آن این روند بشدت افزایش می‌یابد. بنابراین دوره بازگشت ۵۰ سال به‌عنوان دوره بازگشت بحرانی این محدوده معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی سیل، HEC-RAS، ضریب مانینگ، خسارت سیل و رامیان.

مقدمه

هزاران سال است که بشر با حوادث گوناگونی چون سیل، زلزله و توفان مواجه است و هر روز که می‌گذرد، گامی برای شناخت و کنترل آنها برمی‌دارد، اما هنوز دانش بشری به مهار و کنترل کامل این پدیده‌ها دسترسی پیدا نکرده است. سیل به معنی طغیان ناگهانی آب ناشی از برهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی و آب و هوایی در یک منطقه است (صدقی، ۱۳۷۳). پهنه‌بندی خطر سیل، در واقع ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرهای سیل است و وسیله‌ای قانونی در دست دولت و مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه همزمان با کاهش خطرهای سیل و حفاظت محیط زیست است (تلوری، ۱۳۷۶). برای پهنه‌بندی خطر سیل روش‌های مختلفی وجود دارد که عبارتند از:

الف- روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب؛

ب- استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای؛

ج- استفاده از مدل‌های ریاضی (برخوردار و چاوشیان، ۱۳۷۹).

یکی از نرم‌افزارهایی که به‌منظور تعیین پروفیل سطح آب به‌کار می‌رود، نرم‌افزار HEC-RAS^۱ است. این نرم‌افزار نسخه تکمیل‌شده HEC-2 است که به‌منظور انجام محاسبات هیدرولیکی یک‌بعدی برای شبکه کاملی از کانال‌های طبیعی و مصنوعی طراحی شده است (جبلی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۱). در این برنامه احتمال اشتباه در وارد کردن اطلاعات به حداقل می‌رسد و پیچیدگی تشکیل فایل ورودی HEC-2 را ندارد (ابوالقاسمی و شریفی‌منش، ۱۳۷۸). همچنین این نرم‌افزار در طرح‌های مهندسی رودخانه از جمله تهیه پروفیل سطح آب، تعیین منحنی دبی-اشل در ابتدا و انتهای بازه‌ها در نهرهای طبیعی و مصنوعی، بررسی وضعیت جریان و پهنه‌بندی سیل در شرایط مختلف ساماندهی رودخانه مورد به‌کار می‌رود (هوگان^۲، ۱۹۹۷).

جیمز^۳ و همکاران (۱۹۸۰)، ضمن بر شمردن نیازهای مدیریتی بویژه در اقلیم‌های خشک، اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل در ایالت یوتای آمریکا کردند و بیان داشتند که به‌علت تغییرات مناطق سیل‌گیر از سیلی به سیل دیگر، باید توجه داشت که در مناطق نقشه‌بندی‌شده، خطرهای خیلی زیاد یا خیلی کم نشان داده نشوند. پلات^۴ (۲۰۰۲)، در تحقیقات خود با نام خطر سیل و مدیریت آن، پهنه‌بندی خطر را به‌عنوان شیوه کاملاً مشخصی برای ساماندهی و مدیریت خطرهای ناشی از عوامل طبیعی، زیست‌محیطی یا انسانی که از بین آنها سیل نیز بسیار بارزتر است، تعریف کرد. هیالمارسون^۵ (۱۹۸۸)، برای پهنه‌بندی خطر سیل در مناطق آریزونا غربی و شرقی با استفاده از خصوصیات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی، به بررسی خطرهای تهدیدکننده عملیات مهندسی پرداختند. در پایان با توجه به فرسایش کناری سواحل و بستر رودخانه‌ها و ته‌نشست رسوبات در هنگام وقوع و فروکش جریان سیل، ضوابط مورد نظر در پهنه‌بندی منطقه مورد بررسی و مناطق مشابه را ارائه کردند.

لانگ و موهانتی^۶ (۱۹۹۷)، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، در منطقه ماهانادی واقع در اوراسیای هندوستان، اقدام به پهنه‌بندی سیل کرده و مدیریت سیلاب‌ها بر اساس پهنه‌بندی را به منزله یک روش غیرسازه‌ای کنترل سیلاب معرفی و آن را بهینه کردند. کوریا^۷ و همکاران (۱۹۹۹)، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، در دشت‌های سیلابی که با توسعه شهری همراه است و در معرض خطر سیل قرار دارند، تاثیر کنترل کاربری اراضی در کاهش خطر سیل را ارزیابی و در ادامه اقدام به پهنه‌بندی و آنالیز سیل کردند. اسلام و سادو^۸ (۲۰۰۰)، با استفاده از

۳-James

۴-Plate

۵-Hyalmarson

۶-Liang & Mohanty

۷-Correira

۸-Islam & Sado

۱- Hydrologic Engineering Center – River Analysis System

۲-Hoggan

استفاده از مدل ریاضی HEC-RAS اقدام به تعیین مناطق سیل‌گیر کرده و نقشه پهنه‌های سیل‌گیر برای سیل با دوره‌های بازگشت مختلف را ترسیم کرد و در نهایت خسارت‌های سیل به ازای دوره‌های بازگشت مختلف را برآورد کرد.

خلیلی‌زاده (۱۳۸۲)، در تحقیقی با نام ارزیابی خطر و مدیریت سیل در شهر گرگان با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS و Arcview-GIS اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل در طول ۱۰/۵ کیلومتر از مسیر رودخانه زیارت کرد و علاوه بر ترسیم نقشه پهنه‌های خطر سیل به ازای دوره‌های بازگشت مختلف، مقدار خسارت ناشی از سیل را نیز برآورد کرد. وی نیز در تحقیقات خود نتیجه گرفت که دوره بازگشت ۵۰ سال، دوره بازگشت بحرانی حوزه آبخیز شهری گرگان است. در نهایت با رسم منحنی‌های تراز- خسارت نتیجه گرفت که با افزایش دوره بازگشت عمق متوسط سیل‌گیری، وسعت اراضی سیل‌گیر و خسارت ناشی از سیل بشدت افزایش می‌یابد.

اولین قدم در تحقیقات طرح‌های مدیریت سیلاب، پهنه‌بندی دشت سیلابی و تهیه نقشه پهنه‌های خطر سیل است، به همین علت در تحقیق حاضر اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از رودخانه قره‌چای واقع در حوزه آبخیز شهری رامیان شد و اهداف زیر مدنظر بود:

- بررسی احتمال سیل‌گرفتگی اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و تجاری حاشیه رودخانه قره‌چای در محدوده شهری و اطراف آن؛
- شناسایی نقاط با خطر سیل‌گیری زیاد در محدوده مورد بررسی.

داده‌های سنجش از دور از سیل تاریخی سال ۱۹۸۸ بنگلادش، یک نقشه خطر سیل را برای این کشور به کمک سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه کردند. لین^۱ و همکاران (۲۰۰۰)، پهنه‌بندی حوزه آبخیز کارولینای شمالی را به منزله^۲ BMPs (مناسب‌ترین اقدام‌های مدیریتی) بررسی و آن را به عنوان عملکردی بسیار مفید در مدیریت حوزه‌های آبخیز معرفی کردند. یانگ و تسای^۳ (۲۰۰۰)، مدلی به نام FGIS را برای شبیه‌سازی دشت سیلابی، محاسبات خصوصیات سیل و نشان دادن خصوصیات سیل در کشور تایوان طراحی کردند. ایشان در این مدل علاوه بر شبیه‌سازی دشت سیلابی، از منحنی عمق-خسارت نیز برای تعیین مقدار خسارت استفاده کردند که در این سیستم میانگین خسارات سالانه سیل را به وسیله احتمال بارندگی با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله با تداوم ۲۴ ساعته مشخص کردند. استفان^۴ (۲۰۰۲)، در تحقیقات خود به بررسی سیل‌های به‌وقوع پیوسته در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در حوزه آبخیز رودخانه سنگ زرد واقع در ایالت مونتانا آمریکا پرداخت. وی همچنین برای تعیین پهنه‌های سیل رخ داده در این دو سال مشخصات ۲۵ مقطع را در طول یک مسیر ۱۸ کیلومتری برداشت و پهنه‌های سیل با دوره‌های بازگشت مختلف را تعیین کرد.

صفری (۱۳۸۰)، در تحقیقات خود با نام تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی، با استفاده از اطلاعات مربوط به مقاطع عرضی و دبی اوج در هر مقطع و با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS، پروفیل سطح آب برای سیل با دوره‌های بازگشت مختلف را محاسبه کرد و سپس با استفاده از توابع خسارت سیل و رابطه عمق-خسارت نشان داد که روند افزایش خسارت در مقابل افزایش عمق سیل‌گیری تا عمق یک متری از شدت بیشتری برخوردار است. جلالی‌راد (۱۳۸۱)، در حوزه آبخیز شهری تهران با

۱- Lin

۲-Best Management Practices

۳-Yang & Tsai

۴-Stephen

است، بنابراین برای انتخاب مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ، تعدادی سیل که آمار دبی-اشل آنها در این ایستگاه و مقطع به‌طور مستقیم برداشت شده است، انتخاب شد. برای این مقادیر دبی، مقادیر ارتفاع سطح آب در محل ایستگاه هیدرومتری به وسیله نرم‌افزار HEC-RAS و با توجه به ضریب مانینگ تعیین شده به ۵ روش محاسبه شد. سپس این مقادیر با مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده مقایسه و در نهایت بر اساس معیارهای آماری، بهترین روش تعیین ضریب مانینگ مشخص شد. دو روش آماری به کار برده شده برای تعیین خطای برآورد ضریب مانینگ عبارتند از:

میانگین درصد خطای نسبی (RME)

در این روش از معادلات زیر استفاده می‌شود:

$$REi = \left| \frac{ho - hc}{ho} \right| \times 100 \quad (1)$$

$$RME = \frac{\sum_{i=1}^n RE_i}{n} \quad (2)$$

در این معادلات:

RME : میانگین درصد خطای نسبی، REi : درصد خطای نسبی هر برآورد، ho : عمق آب مشاهده شده، hc : عمق آب برآورد شده و n : تعداد دفعات مقادیر برآورد شده عمق آب است.

جذر میانگین توان دوم خطا (RMSE)

در این روش از معادلات زیر استفاده می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n SEi}{n}} \quad (3)$$

$$SEi = (ho - hc)^2 \quad (4)$$

در این معادلات:

$RMSE$: جذر میانگین توان دوم خطا و SEi : مربع خطا در هر برآورد است. سایر پارامترها در معادلات ۲ و ۳ بیان شده‌اند (کایسی و نصیر^۱، ۱۹۹۱).

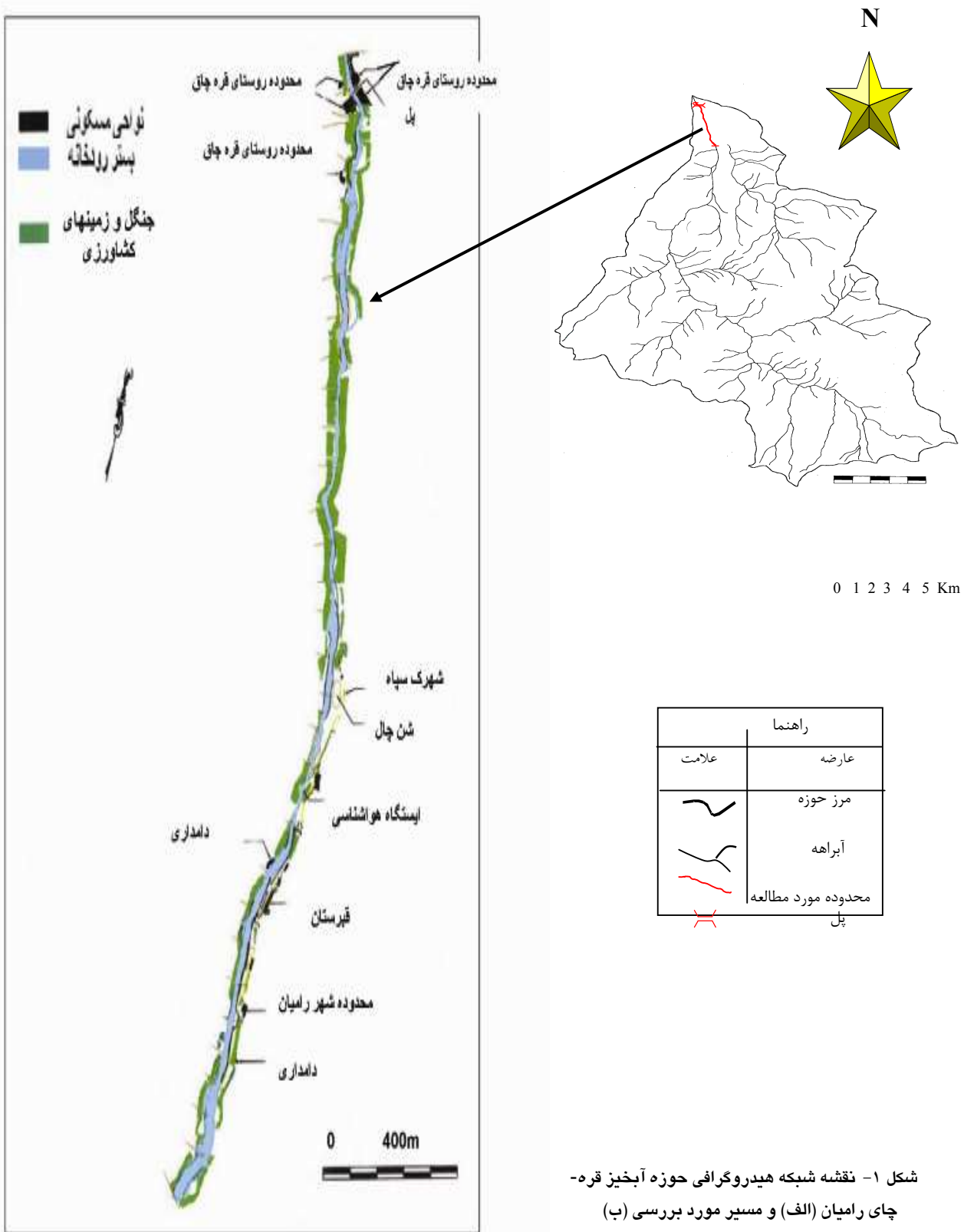
مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز قره‌چای رامیان

حوزه آبخیز قره‌چای رامیان، یکی از زیرحوزه‌های آبخیز گرگان‌رود در شرق استان گلستان است. این حوزه با وسعت ۲۵۰ کیلومتر مربع، دارای آبراهه‌ای به طول ۳۰/۶۵ کیلومتر (طول‌ترین آبراهه) است و در محدوده جغرافیایی ۳۷° ۴۵' تا ۵۴° ۱۵' طول شرقی و ۴۸° ۳۶' تا ۱۲° ۳۷' عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). این حوزه از شمال به شهرستان رامیان، از جنوب به ارتفاعات جوزچال و کوه‌های ملج آرام و کوه قطارچشمه، از شرق به منطقه تیل‌آباد و از غرب به کوه قلعه‌موران و منطقه سفیدچال محدود می‌شود. پوشش جنگلی مناسب از مشخصات بارز این منطقه است. نمونه‌ای از شاخص‌های فیزیوگرافی حوزه آبخیز قره‌چای رامیان در جدول ۱ ارائه شده است (شرکت مهندسی مشاور گلستان، ۱۳۸۰).

روش تحقیق

برای پهنه‌بندی خطر سیل، پس از عملیات میدانی مسیری از رودخانه به طول ۸/۵ کیلومتر از محل کارخانه فراورده‌های لبنی رامیان تا پایین‌دست پل جاده اصلی گرگان-مشهد انتخاب و این محدوده بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی و هیدرولیکی به تعدادی بازه تقسیم شد. با انجام عملیات نقشه‌برداری، پلان رودخانه و نیمرخ‌های طولی و عرضی رودخانه و مشخصات هندسی آن در ۴۱ مقطع عرضی برداشت شدند. برای تعیین ضریب مانینگ، ابتدا با انجام عملیات میدانی تمامی خصوصیات بازه‌ها و مقاطع عرضی در ساحل چپ، راست و بستر اصلی رودخانه به‌طور جداگانه یادداشت و از آنها عکس و فیلم تهیه شد. با توجه به اطلاعات برداشت‌شده و جداول استاندارد مربوط به هر یک از روش‌ها، ضریب مانینگ به پنج روش کاون، سازمان حفاظت خاک آمریکا، عکس و اسلاید، چاو و سازمان برنامه و بودجه (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کنونی) تعیین شد. از آنجا که در محدوده مورد بررسی یکی از مقاطع عرضی به خوبی منطبق بر ایستگاه هیدرومتری



شکل ۱- نقشه شبکه هیدروگرافی حوزه آبخیز قره- چای رامیان (الف) و مسیر مورد بررسی (ب)

جدول ۱- شاخص‌های فیزیوگرافی حوزه آبخیز قره‌چای رامیان

۱۰/۱	شیب متوسط حوزه (درصد)	۲۵۰	مساحت (Km ²)
۲۹۷۷	ارتفاع حداکثر حوزه (m)	۸۵	محیط (Km)
۲۰۰	ارتفاع حداقل حوزه (m)	۳۰/۶۵	طول آبراهه اصلی (Km)
۱۳۱۵	ارتفاع متوسط حوزه (m)	۳۵/۴۴	طول مستطیل معادل (Km)

متوسط جریان و عمق ماکزیمم آن برابرند. از طرف دیگر، همیشه با افزایش دوره بازگشت سیل دبی ماکزیمم و عمق ماکزیمم سیل افزایش می‌یابند، اما ممکن است شرایط طبیعی و توپوگرافی دشت سیلابی به‌گونه‌ای باشد که با افزایش دبی، سیل در سطح دشت سیلابی پخش شود. این مسئله ممکن است به افزایش سطح پهنه سیل و کاهش عمق میانگین سیل منجر شود، هر چند عمق ماکزیمم سیل افزایش یافته باشد.

برای ارزیابی خسارت سیل نیز پس از تهیه نقشه پهنه‌های خطر سیل و تعیین وسعت پهنه‌های سیل‌گیر در دوره‌های بازگشت مختلف، تعداد واحدهای مسکونی تحت تاثیر سیل در هر پهنه محاسبه و با توجه به سطح و عمق متوسط سیل‌گیری با استفاده از روابط ۵ و ۶ متوسط درصد خسارات وارده به ساختمان و اموال موجود در آنها تعیین شد. شایان ذکر است که ملک محمدی (۱۳۷۸)، به تحقیقاتی در زمینه ارزیابی خسارت و منحنی‌های توابع تراز- خسارت پرداخته و توابع تراز- خسارت را برای عمق سیل‌گیری تا ۲ متر برای دو حالت واحد مسکونی یک طبقه بدون زیرزمین (رابطه ۵) و واحد مسکونی یک طبقه با زیر زمین (رابطه ۶) به‌دست آورده که به‌صورت زیر است:

$$d = 1.58h^3 - 16.87h^2 + 44.74h + 0.95 \text{ for } h \leq 2m : (r = 0.9525) \quad ۵$$

$$d = 3.28h^3 - 22.99h^2 + 51.2h + 2 \text{ for } h \leq 2m : (r = 0.7796) \quad ۶$$

در این تحقیق ارزیابی خسارت وارد به مناطق مسکونی بر اساس فرضیات زیر صورت گرفته است:

- متوسط زیر بنای یک واحد مسکونی در روستای اطراف رودخانه ۱۷۰ متر مربع است؛

پس از برازش توزیع‌های آماری مختلف به مقادیر دبی حداکثر سالیانه، مناسب‌ترین توزیع آماری برآورد شد. با معرفی مشخصات جریان و مشخصات هندسی رودخانه و ضریب مانینگ هر مقطع در نرم‌افزار HEC-RAS پروفیل سطح آب در دوره‌های بازگشت معین محاسبه شد. برای رسم نقشه پهنه سیلاب، با مشخص کردن محل مقاطع بر روی پلان‌های تهیه‌شده به مقیاس ۱:۱۰۰۰، سطح آب برای هر مقطع عرضی در روی پلان مشخص شد. سپس با توجه به شیب طولی رودخانه در هر بازه و با درون‌یابی رقوم بین دو مقطع، رقوم سطح آب بر روی نقشه‌ها منتقل شد. در نهایت با توجه به رقوم تراز اصلی رودخانه پهنه‌های سیل برای دبی با دوره‌های بازگشت معین تعیین شدند. سپس موقعیت این پهنه‌ها با استفاده از نرم‌افزار AUTOCAD ترسیم و وسعت هر یک از پهنه‌ها با استفاده از این نرم‌افزار اندازه‌گیری شد.

با توجه به اینکه هنگام بروز سیل، عمق سیل‌گیری در هر نقطه از پهنه‌های سیل‌گیر متفاوت است، عمق میانگین، به‌عنوان متوسط عمق سیل‌گیری هر بازه از پهنه دشت سیلابی تعیین شد. واضح است که در شرایط طبیعی عمق متوسط سیل‌گیری همیشه از عمق ماکزیمم سیل کمتر است و فقط در کانال‌های مصنوعی مستطیلی، عمق

در این روابط d : مقدار خسارت بر حسب درصد و h : تراز سیل از کف رودخانه بر حسب متر، است.

تعیین پهنه‌های سیل

با استفاده از مناسب‌ترین توزیع آماری برازش داده شده به مقادیر دبی حداکثر سالیانه (توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳)، مقادیر دبی سیل در دوره‌های بازگشت مختلف تعیین شد. واضح است که هرچه دوره بازگشت سیل بیشتر باشد، دبی سیل، تراز سیل و عمق ماکزیمم سیل نیز بیشتر می‌شود. برای مثال در دوره‌های بازگشت ۲، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال، در محل ایستگاه هیدرومتری، دبی سیل به ترتیب برابر با ۳۳/۳۸، ۲۶۵/۰۸، ۳۸۱/۶۵ و ۴۹۶/۱۸ متر مکعب بر ثانیه و عمق ماکزیمم سیل در همین محل برابر با ۲/۶۱، ۴/۸۰، ۵/۴۸ و ۶/۰۷ متر است.

با استفاده از اطلاعات خروجی از نرم‌افزار HEC-RAS و به کمک نرم‌افزار AUTOCAD، پهنه‌های خطر سیل برای دوره‌های بازگشت مختلف (۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال) ترسیم شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که سیل‌های با دوره بازگشت ۲ سال فقط از بستر رودخانه عبور کرده و نمی‌توانند چندان پهنه سیلی ایجاد کنند، اما سیل با دوره بازگشت ۱۰ سال و بزرگ‌تر از آن، بخشی از اراضی زراعی یا مسکونی اطراف رودخانه را فرا می‌گیرد. با ترسیم نقشه پهنه خطر دشت سیلابی و تعیین مرزهای سیل‌گیری مربوط به هر سیلاب با دوره بازگشت معین، سطح سیل‌گیری هر سیل، محاسبه شد. براساس نقشه پهنه‌های خطر سیل، هیستوگرام مقادیر وسعت اراضی زراعی و مسکونی که به وسیله سیل با دوره‌های بازگشت مختلف پوشانده می‌شوند، در شکل ۲ ارائه شده است.

ارزیابی خسارت

برای برآورد خسارت سیل در هر دوره بازگشت، ابتدا باید به تعیین تراز سیل با دوره‌های بازگشت مختلف و پهنه‌بندی خطر سیل در آن دوره بازگشت اقدام کرد. همان‌گونه که ذکر شد، با توجه به اینکه هنگام بروز سیل، عمق سیل‌گیری در هر نقطه از پهنه‌های سیل‌گیر متفاوت است، مقادیر عمق میانگین سیل در هر بازه، به عنوان متوسط عمق سیل‌گیری پهنه دشت سیلابی در آن بازه، محاسبه شدند. سپس بر اساس فرضیات و همچنین

• قیمت یک واحد مسکونی با اموال منقول موجود در آن (قیمت سال ۱۳۸۲) شصت میلیون ریال برآورد شده است. در نهایت مقدار خسارت مستقیم نیز از حاصل ضرب تعداد واحدهای مسکونی، متوسط درصد خسارات و قیمت متوسط هر واحد مسکونی محاسبه شد. خسارت کل از مجموع خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم در هر پهنه خطر سیل به دست می‌آید. از آنجا که مقدار خسارت غیرمستقیم به راحتی قابل برآورد نیست، بنابراین در عمل خسارت‌های غیرمستقیم را به صورت تابع خطی از خسارت‌های مستقیم در نظر می‌گیرند. با توجه به اینکه در استرالیا مقدار خسارت غیر مستقیم را دو برابر خسارت مستقیم ارزیابی می‌کنند (سارجنت^{۱۴}، ۱۹۹۲) و متاسفانه در این زمینه در ایران تحقیقاتی صورت نگرفته، بر همین اساس در این تحقیق نیز خسارت‌های غیرمستقیم دو برابر خسارت‌های مستقیم در نظر گرفته شده است.

نتایج

روش‌های مختلف تعیین ضریب مانینگ

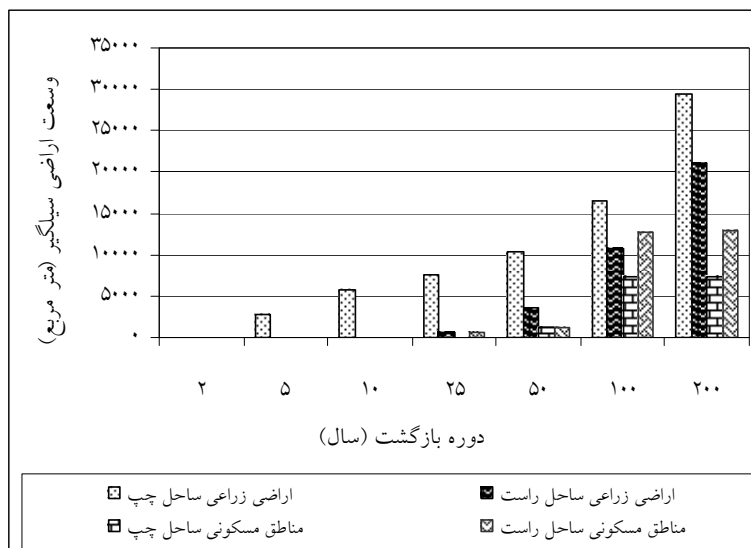
به منظور انتخاب مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ، مقادیر میانگین درصد خطای نسبی و جذر میانگین توان دوم خطا با استفاده از روابط ۱ الی ۴ محاسبه شدند (جدول ۲). بر اساس داده‌های این جدول، روش کاون در مقایسه با چهار روش دیگر تعیین ضریب مانینگ، دارای کمترین مقادیر میانگین درصد خطای نسبی و جذر میانگین توان دوم خطاست. این موضوع نشان می‌دهد که این روش انحراف کمتری نسبت به مقادیر واقعی دارد. بنابراین روش کاون به منزله مناسب‌ترین روش تعیین ضریب زبری مانینگ برای این بخش از رودخانه انتخاب و از آن برای ترسیم پروفیل سطح آب استفاده شد.

وجود یا نبود زیر زمین به‌طور جداگانه محاسبه و در نهایت از آنها میانگین گرفته شده است. منحنی‌های تراز-خسارت سیل در اشکال ۳ الی ۶ ارائه شده است.

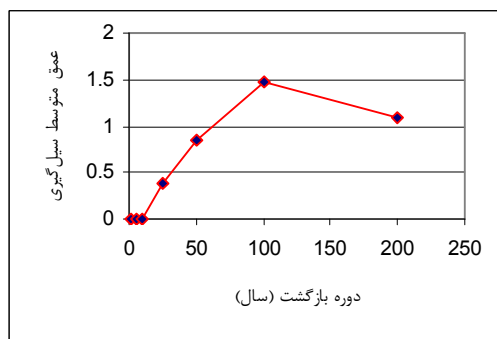
محاسبات انجام‌شده، مقدار خسارت‌های مستقیم و خسارت‌های کل وارد به مناطق مسکونی محاسبه شد. شایان ذکر است که به‌منظور افزایش دقت کار، درصد خسارت در هر بازه از ساحل چپ و راست با در نظر گرفتن

جدول ۲- مقادیر میانگین درصد خطای نسبی و جذر میانگین توان دوم خطا در برآورد عمق جریان با به‌کارگیری روش‌های مختلف تعیین ضریب زبری مانینگ

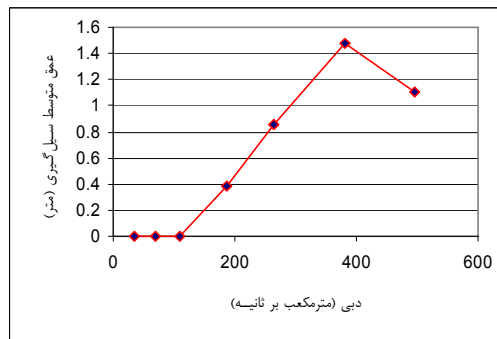
روش‌های برآورد	روش چاو	روش کاون	روش سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی	روش سازمان حفاظت خاک آمریکا	روش عکس و اسلاید
میانگین درصد خطای نسبی	۵۴/۶۴	۴۶/۸۰	۵۲/۹۶	۴۹/۶۰	۵۶/۳۲
جذر میانگین توان دوم	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۶



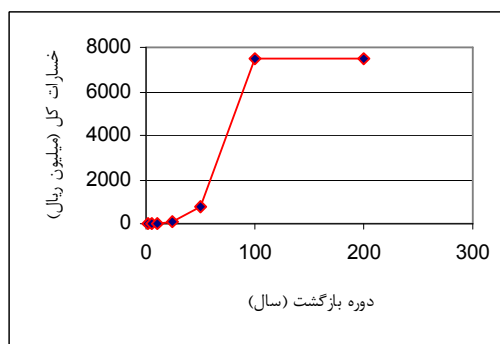
شکل ۲- هیستوگرام وسعت اراضی سیل‌گیر کشاورزی و مسکونی در دوره‌های بازگشت مختلف



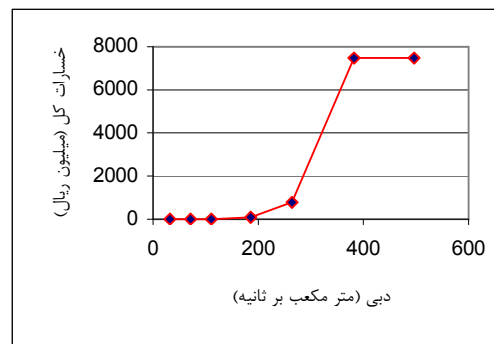
شکل ۴- رابطه بین دوره بازگشت و عمق متوسط سیل‌گیری در مناطق مسکونی



شکل ۳- رابطه بین دبی و عمق متوسط سیل‌گیری در مناطق مسکونی



شکل ۶- رابطه بین دوره بازگشت و خسارت‌های کل مربوط به مناطق مسکونی



شکل ۵- رابطه بین دبی و خسارت‌های کل مربوط به مناطق مسکونی

بحث

بررسی نتایج حاصل از مناسب‌ترین روش تعیین

ضریب مانینگ

با بررسی جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که روش کاون نسبت به چهار روش دیگر (چاو، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، سازمان حفاظت خاک آمریکا و عکس و اسلاید) دارای کمترین مقادیر میانگین درصد خطای نسبی (RME) و همچنین جذر میانگین توان دوم خطا (RMSE) است. در نتیجه استفاده از این روش برای تعیین ضریب مانینگ در مسیر مورد بررسی از کارایی و دقت بیشتری برخوردار است و از این روش در تعیین ضریب مانینگ رودخانه به‌منظور محاسبه پروفیل سطح آب و پهنه‌بندی خطر سیل و سایر محاسبات هیدرولیکی استفاده شده است. نتایج این بخش از تحقیق با پیشنهادهای ابوالقاسمی و شریفی‌منش (۱۳۷۰) همخوانی دارد.

ارزیابی نتایج پهنه‌بندی خطر سیل

نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر سیل نشان می‌دهد که سیل‌های تا دوره بازگشت ۱۰ سال به مناطق مسکونی خسارتی وارد نمی‌کند، ولی سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال به بخشی از مناطق مسکونی خسارت وارد می‌سازد. در عین حال سیل‌های با دوره بازگشت بیشتر از ۵۰ سال (۱۰۰ و ۲۰۰ سال) بخشی از مناطق مسکونی را تحت تاثیر قرار

می‌دهند (شکل ۲). خوشبختانه در بیشتر بازه‌ها، احتمال سیل‌گیری اراضی حاشیه رودخانه به‌نسبت کم است. این مسئله حتی در سیل‌های با دوره‌های بازگشت بالا نیز مشاهده می‌شود. علت آن را می‌توان به عریض بودن بستر رودخانه و شیب به‌نسبت زیاد آن (و در نتیجه قابلیت زیاد انتقال جریان) نسبت داد. در عین حال با توجه به شرایط ذکرشده توان فرسایشی رودخانه به‌نسبت زیاد است، از این رو عملیات مهار سیل و تثبیت کناره‌ها برای جلوگیری از خسارت‌های سیلاب و فرسایش در طول مسیر آن ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به اینکه تعدادی از بناهای مسکونی به‌طور دقیق در کنار رودخانه واقع شده‌اند، امکان خطر سیل برای این ابنیه در سیلاب‌های با دوره بازگشت بالا وجود دارد. همچنین با توجه به شکل ۲، سیل با همه دوره‌های بازگشت بجز دوره بازگشت ۲ سال، بخشی از اراضی زراعی اطراف بعضی از بازه‌ها (نه‌همه آنها) را می‌پوشاند. در عین حال در تمامی اراضی زراعی اطراف رودخانه، با توجه به وضعیت زمین‌شناسی منطقه و نفوذ آب، خطر فرسایش و نشست نیز وجود دارد.

با افزایش دوره بازگشت، تعداد بازه‌های تحت‌تاثیر سیل و وسعت اراضی سیل‌گیر افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که عمق متوسط سیل‌گیری در مناطق مسکونی برای سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال بیشتر از عمق متوسط سیل‌گیری در مناطق مسکونی برای سیل با دوره بازگشت

- مشهود واقع شده، به‌صورت قوسی است و ابعاد پل برای عبور سیل‌های با دوره بازگشت بیشتر از ۵۰ سال کافی نیست. در سیل‌های با دوره بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ سال، پل کاملاً مستغرق می‌شود و احتمال سیل‌گیری اراضی بالادست را افزایش می‌دهد. بنابراین این پل فقط توانایی و ظرفیت انتقال دبی سیل تا دوره بازگشت ۵۰ سال را دارد.

برآورد خسارت‌های سیل

در مرحله بعد، اقدام به برآورد خسارت سیل در دوره‌های بازگشت مختلف شده است. با بررسی رابطه بین دوره بازگشت و تعداد بازه‌های مسکونی تحت‌تأثیر سیل، مشخص شد که با افزایش دوره بازگشت، تعداد بازه‌های تحت‌تأثیر سیل نیز افزایش می‌یابد. متأسفانه مشاهده می‌شود که سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال، ۳۳ میلیون ریال به اراضی مسکونی خسارت مستقیم وارد می‌سازد (شکل ۶) که در صورت اضافه کردن خسارات غیرمستقیم این مقدار به حدود ۹۸ میلیون ریال افزایش خواهد یافت. از علل خسارت‌های زیاد سیل تجاوز به حریم رودخانه، عدم رعایت کاربری اراضی و ساخت و ساز غیراصولی بویژه در محدوده پل اصلی است.

منحنی‌های تراز- خسارت سیل نشان می‌دهد که روند افزایش خسارت به مناطق مسکونی تا دوره بازگشت ۵۰ سال از شدت ملایمی برخوردار بوده، ولی در دوره‌های بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ سال بسیار زیاد است (شکل ۶). مقدار خسارت به مناطق مسکونی در دوره‌های بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ سال تقریباً ۱۰ برابر خسارت ناشی از سیل با دوره بازگشت ۵۰ سال است (شکل ۶). بنابراین، می‌توان دوره بازگشت ۵۰ ساله را به عنوان دوره بازگشت بحرانی معرفی کرد که نتایج حاصل از این تحقیق با تحقیقات صفری (۱۳۸۰) در حوزه نکارود و خلیلی‌زاده (۱۳۸۲) در حوزه شهری گرگان تقریباً همسوست.

از علل اساسی خسارت‌های سیل در محدوده مورد بررسی تجاوز به حریم رودخانه، ساخت و سازهای غیرمجاز و در نتیجه کاهش عرض بستر رودخانه است که این عوامل سبب افزایش وسعت پهنه‌های سیل‌گیر، عمق سیل‌گیری و

۲۰۰ سال است (شکل ۴)، ولی وسعت مناطق سیل‌گیر مسکونی برای سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال و تعداد بازه‌های تحت‌تأثیر سیل بیشتر از سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال است. دلیل این مسئله این است که در سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال با در نظر گرفتن رقوم جریان، رقوم اراضی کشاورزی و رقوم مناطق مسکونی بخش عمده‌ای از سیل به سمت اراضی کشاورزی سرازیر شده و در دشت سیلابی پخش می‌شود به‌طوری‌که وسعت اراضی سیل‌گیر زراعی در دوره بازگشت ۲۰۰ سال دو برابر وسعت اراضی سیل‌گیر زراعی در دوره بازگشت ۱۰۰ سال است (شکل ۲). در ضمن بخشی از اراضی که سیل ۲۰۰ ساله آنها را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و در سیل ۱۰۰ ساله مصون از خطر سیل هستند، شیب بسیار کم است. این مسئله موجب می‌شود که سیل در سطح وسیع ولی به عمق کم در دشت سیلابی گسترش یابد. در نتیجه عمق میانگین سیل‌گیری در دوره بازگشت ۲۰۰ سال کمتر از ۱۰۰ سال می‌شود.

در مسیر مورد بررسی، رودخانه در بعضی از بازه‌ها عریض و عمیق بوده و دارای دیواره‌های مرتفع است که همین عامل موجب شده است تا محدوده سیل‌گیر در اطراف این بازه‌ها بسیار کم باشد، ولی در بعضی از بازه‌های دیگر رودخانه کم عمق است و اراضی زراعی در ارتفاع خیلی کم و بسیار نزدیک به رودخانه قرار دارند که در نتیجه احتمال سیل‌گیری این اراضی بسیار زیاد است. در بعضی از بازه‌ها مانند ساحل راست بالادست شهر رامیان، به‌علت عمیق بودن رودخانه و وجود دیواره بتنی مرتفع، سطح اراضی سیل‌گیر بسیار کم است، ولی همین دیواره تحت‌تأثیر زیرشویی قرار گرفته که ممکن است در اثر پدیده کنش مانند بعضی از دیواره‌های دیگر تخریب شود.

بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و همچنین موقعیت بازه‌ها نشان می‌دهد که پهنه‌های سیل بیشترین سطح را در ساحل چپ و راست بالادست پل اصلی به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین، این بازه‌ها از حساسیت بیشتری نسبت به سیل در مقایسه با سایر بازه‌ها برخوردارند. مقطع این پل که بر روی رودخانه قره‌چای و جاده اصلی و ارتباطی گرگان

حوزه شهری تهران و خلیلی‌زاده (۱۳۸۲) در حوزه شهری گرگان مشابهت دارد.

نتایج این تحقیقات نشان داد که روش عمق متوسط سیل‌گیری برای تعیین مقدار خسارت سیل ممکن است نتایج کمتر قابل اعتمادی را به وجود آورد، بنابراین پیشنهاد می‌شود تحقیقاتی در زمینه انتخاب معیارهای مناسب‌تر برای برآورد خسارت سیل صورت گیرد.

خسارت‌ها می‌شوند. از این نظر نیز نتایج این تحقیق با تحقیقات خلیلی‌زاده (۱۳۸۲) که در محدوده شهری رودخانه زیارت در گرگان انجام شده، همسوست.

منحنی‌های تراز- خسارت سیل نشان می‌دهد که با افزایش دوره بازگشت سیل، وسعت اراضی سیل‌گیر، مقدار خسارت و همچنین تعداد بازه‌های تحت تاثیر سیل افزایش می‌یابد که نتایج این بخش از تحقیق با نتایج تحقیقات صفری (۱۳۸۰) در حوزه نکارود، جلالی‌راد (۱۳۸۱) در

منابع

- ۱- ابوالقاسمی، منصور و حسین شریفی‌منش، ۱۳۷۸. مقدمه‌ای بر راهنمای استفاده از مدل HEC-RAS، گروه مهندسی رودخانه، مرکز تحقیقات آب، وزارت نیرو. ۱۰۳ص.
- ۲- برخوردار، مهرداد و سید علی چاوشیان، ۱۳۷۹. پهنه‌بندی سیلاب، نخستین کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مهار سیلاب، ص ۱۲۴-۱۳۱.
- ۳- تلوری، عبدالرسول، ۱۳۷۶. مدیریت مهار سیلاب (کاهش خسارت سیل)، کارگاه آموزشی-تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران. ص ۹۶-۱۰۳.
- ۴- جلی‌فرد، سعید، آرش، امیدوار و عطا... نجفی جیلایی، ۱۳۸۱. سیستم تحلیل رودخانه (HEC-RAS)، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۳۷۱ص.
- ۵- جلالی‌راد، رامین، ۱۳۸۱. پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۴ص.
- ۶- خلیلی‌زاده، مجتبی، ۱۳۸۲. ارزیابی خطر و مدیریت سیل در شهر گرگان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۱ص.
- ۷- شرکت مهندسی مشاور گلستان، ۱۳۸۰. مطالعات اجرایی- توجیهی حوزه آبخیز رودخانه قره‌چای رامیان، ۲۵۸ص.
- ۸- صدقی، حسین، ۱۳۷۳. هیدرولوژی سیلاب، مجله عمران. شماره ۱۳. ص ۲۱-۱۴.
- ۹- صفری، علیرضا، ۱۳۸۰. تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشتهای سیلابی (مطالعه موردی حوزه آبخیز نکارود)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۰۰ص.
- ۱۰- ملک محمدی فردانبه، بهرام، ۱۳۷۸. ارائه یک روش مناسب برای تعیین بیمه سیلاب در محدوده مناطق شهری، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف، ۹۸ص.
- 11- Caissie, D. and E. J. Nassir. 1991. A Stochastic Study of Flood in Canada, Canadian Journal of Civil Engineering. PP.76-102.
- 12- Correia, E. N., M. G. Saraiva, F. N. Silva and I. Romos. 1999. Floodplain Management in Urban Development Area. Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modeling. Water Resources Management, (13), PP.23-37.
- 13- Hoggan, Daniel H. "Computer Assisted, Floodplain Hydrology and Hydraulics" second Edition, 1997, MacGraw-Hill, PP. 323-344.
- 14- Hyalmarson, H. W. 1988. "Flood Hazard Zonation in Aridland." Wesley Publishers.

- 15- Islam, M. D., and Kimitero Sado, 2000. Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh Using NOAA- AVHRR Images with GIS. *Hydrological Sciences Journal*, 45(3). PP.42-48.
- 16- James, M. D. Larsen, M. D. and Glover, T. F., 1980. Floodplain Management Needs Precuiler to Arid Climates. *Water Resources Bulletin* 16 (6): PP.1020-1029.
- 17- Liang, S., and C.R.C. Mohanty, 1997. Optimization of GIS-Based Flood Hazard Zoning- A Case Study at the Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India. *Journal of Chinese Soil and Water Conservation* 28(1), PP.11-20.
- 18- Lin, J. Y., S. L. Yu, and T. C. Lee, 2000. Managing Taiwan's Reservoir Watersheds By the Zoning Approach. *Journal of American Water Resources Association* 36(5): PP 989-1001.
- 19- Plate, E. J. 2002. Flood Risk and Flood Management, *Journal of Hydrology* 267, P.P.2-11.
- 20- Sargent, 1992. D. M., "Flood Management in Rockhampton, Australia, Floods and Flood Management Prepared by A. J. Saul, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- 21- Stephen, R. 2002. Hydrologic Investigation by the U.S. Geological Survey Following the 1996 and 1997 Flood in the Upper Yellowstone River, Montana. *American Water Resources Association 19th Annual Montana Section Metting, Section One*, PP.1-18.
- 22- Yang, C.R. and C.T. Tsai. 2000. Development of a GIS-Based Flood Information System for Floodplain Management and Damage Calculation. *Journal of the American Water Resources Association*, 36(3), PP.567-577.

Flood Hazard Zonation and Assessment (case study- Ramian suburbs-Iran)

M. Gharib¹, A. Mosaedi², A. Najafinejad³, M. E. Yakhkeshi⁴

¹ M.Sc. Student of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

² Associate professor Water Engineering Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

³ Assistant professor Watershed Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

⁴ Water Authority of Golestan province, I.R. Iran

(Received 2004 Oct 30 Accepted 2006 April 23,)

Abstract

Flood is a natural phenomenon that inflicts damages and casualties throughout the world every year. For flood hazard zonation and determining the lands on the bank of the Gharachay River, located in the Ramian watershed, that may face flooding, a section of the river with a length of 8.5 km was selected. This length was divided into subsections with respect to morphological and hydraulical characteristics, and 41 cross sections were chosen. Then, the Cowen method was adopted as the best method to determine the Manning's coefficient. In the next step, flow characteristics and geometrical specifications and the Manning coefficient for each cross section were inputted into the HEC-RAS software program and the water level profile for each return period was computed. Then, the AutoCad software program was employed to draw the flooding hazard zones and determine the flooding area and average depth of floods for all cross sections in various return periods. After determining the average area and depth of flood for hazardous areas, and by using flood damages functions, the amounts of damages in urban and agricultural regions were determined separately. Results of the research show that the amount of damages up to the 50-year return has a mild increasing trend, but after that the rate of damage increases sharply. Therefore, the 50-year return period has been interpreted to be the critical return period for this area.

Key words: Flood Zonation, HEC-RAS, Manning's Coefficient, Flood Damages, Ramian