

ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب پذیری مراکز شهری شهرستان همدان در مواجهه با مخاطره محیطی سیلاب جهت ارائه برنامه‌های توسعه پایدار

سعید گیوه چی^{۱*}، علی وجدانی نوذری^۲

۱- دانشیار، دانشکده محیط‌زیست، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- دانشجوی دکتری مهندسی سوانح، دانشکده محیط‌زیست، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

DOI:10.22034/mpsh.2023.399922.1036

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۸

چکیده

ریسک و آسیب‌پذیری، تصویر پیچیده‌ای در ارتباط با هر خطر و پیامدهای مؤثر حاصل از آن است که نمونه‌ای از این تصویر پیچیده در خصوص سیلاب شهری مطرح است. در دنیای امروزی و در شرایط فعلی اکثر کشورهای درحال توسعه به علت شرایط خاص سیاسی، اقتصادی و اجتماعی خود با مشکلاتی در زمینه برنامه‌ریزی برای مدیریت سوانح و تهدیدات مواجه هستند. مشکلات در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی سوانح به گونه‌ای است که اکثر این کشورها را با چالش جدی مواجه کرده است. این مشکلات نشان‌دهنده ضعف برنامه‌ریزی و بهره‌مندی نامناسب مدیریت در به‌کارگیری شیوه‌های جدید و برنامه‌هایی با کارایی بالا و پایه نظری مستحکم جهت مدیریت سوانح و رسیدن به توسعه پایدار منطقه‌ای است، بر این اساس در این مقاله ضمن بررسی جایگاه توسعه پایدار در مدیریت سوانح و تبیین نقش مدیریت ریسک مخاطرات محیطی در توسعه پایدار؛ ارزیابی آسیب‌پذیری و ریسک مراکز شهری شهرستان همدان در برابر سیلاب با کاربرد روش توصیفی - تحلیلی، ترکیبی از تکنیک‌ها و مدل‌های آنتروپی شانون، GIS، AHP Fuzzy و مدل بارش - رواناب و استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، آسیب‌پذیری، توسعه پایدار، سیلاب شهری، همدان.

saeid.givehchi01@gmail.com

* نویسنده مسئول: سعید گیوه چی

مقدمه

توسعه پایدار^۱ یک مفهوم بین رشته‌ای است که ابعاد اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، زیست‌محیطی، کالبدی و فضایی را در برمی‌گیرد و در این راستا هر چند سوانح در نگاه اول می‌تواند به‌عنوان یک مانع برای توسعه پایدار باشد؛ لیکن اگر در یک منطقه قبل از وقوع سوانح با رویکرد آینده‌پژوهی، تهدیدات و خطرات پیش رو شناسایی و متناسب با آن‌ها ریسک و آسیب‌پذیری در هر بخشی برآورد گردد، می‌توان ضمن شناخت تأثیرات منفی سوانح به‌عنوان معایب و موانع توسعه پایدار منطقه‌ای، پتانسیل و ظرفیت‌های مثبت سوانح را به‌عنوان مزایا و فرصتی برای رسیدن به توسعه پایدار نیز شناسایی کرد و به دنبال آن برای هر دو رویکرد، راهکارهایی در راستای رسیدن به اهداف توسعه پایدار منطقه‌ای ارائه نمود. بدین منظور در این تحقیق با ارزیابی ریسک و آسیب‌پذیری مجموعه شهری شهرستان همدان در مواجهه با مخاطره محیطی سیلاب، سعی بر این است ضمن شناسایی شهر با اولویت؛ نتایج ناشی از ارزیابی ریسک و آسیب‌پذیری آن را به‌عنوان پیش‌زمینه مناسب جهت ارائه راهکارهای کنترلی و برنامه‌های راهبردی توسعه پایدار معرفی نمود.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ریسک^۱:

با نگاهی به مبانی نظری مرتبط؛ ریسک پتانسیل یک خروجی ناخواسته یا عواقب ناگوار است که می‌تواند به دنبال انواع مخاطرات (حادثه، سانحه یا فاجعه) ایجاد شود، به عبارتی ریسک خسارت احتمالی است که با داشتن تابع توزیع احتمال می‌توان میانگین آن را محاسبه کرد. به‌طور کلی در مباحث مرتبط به مدیریت سوانح، ریسک را توسط درست‌نمایی (احتمال) وقوع یک خطر، آسیب‌پذیری و پیامد ناشی از آن تعریف می‌کنند؛ (امیدوار و وجدانی نوذر، ۱۴۰۰ - Gyle Lewis, 2020). با توجه به سیستم یا شبکه مدنظر جهت ارزیابی ریسک، معادلات مختلفی توسط صاحب‌نظران آن سیستم یا آن شبکه تعریف شده است، لیکن شناخته‌شده‌ترین معادلات به کاررفته در مدیریت سوانح به شرح زیر است (امیدوار و وجدانی نوذر، ۱۴۰۰ - Gyle Lewis, 2020 - Fagel, 2011-2020).

$$(1) \text{Risk} = T.V.C$$

$$(2) \text{Risk} = Pa.(1-Pe).C$$

T = تهدید^۲ (برمبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ می‌باشد یا برمبنای درصد تعریف می‌شود)

V = آسیب‌پذیری^۳ (برمبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ می‌باشد یا برمبنای درصد تعریف می‌شود)

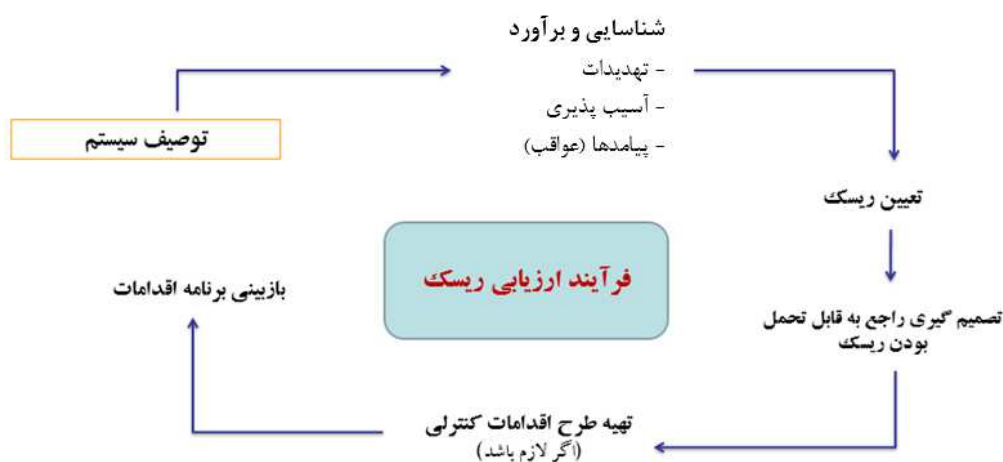
C = عواقب یا پیامد^۴ (با توجه به اینکه عواقب چه موضوع مدنظر باشد واحد آن متفاوت خواهد بود)

Pa = احتمال وقوع یک خطر^۵ (برمبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ می‌باشد یا برمبنای درصد تعریف می‌شود)

Pe = کارایی سیستم^۶ (برمبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ می‌باشد یا برمبنای درصد تعریف می‌شود)

$1-Pe$ = ناکارایی سیستم (برمبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ می‌باشد یا برمبنای درصد تعریف می‌شود)

ارزیابی ریسک در یک سیستم معمولاً با سه رویکرد انجام می‌گردد؛ یا دارایی محور می‌باشد یا سناریو محور و در برخی موارد هم به صورت ترکیبی انجام می‌شود (امیدوار و وجدانی نوذر، ۱۴۰۰ - Fagel, 2011). فارغ از هر رویکرد، آنچه همواره در ارزیابی ریسک باید مورد توجه باشد فرآیند ارزیابی است (شکل ۱) که در طی آن باید مؤلفه‌های ریسک شامل تهدید، آسیب‌پذیری و عواقب یا پیامد مورد بررسی و سنجش قرار گیرد.



شکل ۱- شماتیک کلی از فرآیند ارزیابی ریسک؛ (ک'ردونی، ۱۳۹۳ - امیدوار و وجدانی نوذر، ۱۴۰۰)

- 1 Risk
- 2 Threat
- 3 Vulnerability
- 4 Consequence
- 5 Probability of Hazard
- 6 System performance

آسیب‌پذیری:

آسیب‌پذیری در لاتین (vulus) به معنای صدمه و آسیب است و در فرهنگ انگلی، سی، آسیب‌پذیری به‌عنوان (inter alia) به معنای صدمه دیدن از لحاظ فیزیکی یا عاطفی تعریف می‌شود (Adger, 2000).

به بیانی بهتر؛ آسیب‌پذیری به هرگونه ضعف در یک دارایی که این امکان را به یک تهدید می‌دهد تا توانایی آسیب و ایجاد خسارت به یک دارایی، شریان‌های حیاتی و یا زیرساخت‌ها را ایجاد نماید، اطلاق می‌شود. آسیب‌پذیری‌ها می‌تواند نتیجه ضعف در مدیریت، ضعف در امنیت فیزیکی یا شیوه‌های عملیاتی باشند (گیوه چی، ۱۳۹۷).

توسعه پایدار:

امروزه در خصوص مفهوم توسعه پایدار نکته قابل تأمل این است که توسعه هرگز پایدار نخواهد ماند مگر آنکه تمام مؤلفه‌های آن، عادلانه محاسبه شود به عبارتی توسعه‌ای پایدار خواهد بود که از منطبق کارآمد برخوردار بوده و پنج بعد آن (اقتصاد، محیط‌زیست، اجتماع، فرهنگ و سیاست) در ارتباط متقابل با هم موردبحث و توجه قرار گیرد.

از دیدگاه کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه؛ برخی معتقدند "توسعه پایدار" توسعه‌ای است که نیازهای زمان حال را بدون اینکه توانایی نسل‌های آینده را در تأمین نیازهایشان به مخاطره اندازد، فراهم کند.

عده‌ای دیگر با لحاظ کردن مفهوم عدالت، توسعه پایدار را مفهوم جدیدی از رشد اقتصادی قلمداد کرده‌اند که عدالت و امکانات زندگی را برای تمامی جهانیان و نه برای تعداد اندکی از افراد برگزیده به ارمغان می‌آورد و همچنین این رشد بدون پیامدهای مخرب و نه بیش از ظرفیت منابع محدود جهان می‌باشد.

برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، توسعه پایدار را "پیشرفت کیفیت زندگی انسان‌ها با توجه به حفظ ظرفیت‌های سیستم تأمین‌کننده حیات کره زمین" یعنی برآوردن نیازهای نسل کنونی بدون صدمه زدن به منافع کره زمین و بدون اینکه جلوی تأمین نیازهای نسل آینده گرفته تعریف می‌کند.

با استفاده از تعاریف به‌عمل آمده، نکات و ویژگی‌های زیر را می‌توان برای توسعه پایدار برشمرد:

۱- توسعه پایدار یک فرآیند محسوب می‌شود؛

۲- توسعه پایدار مبنا و لازمه پیشرفت است (نیروی محرکه توسعه محسوب می‌شود)؛

۳- توسعه پایدار متوازن است (متعادل‌کننده و هماهنگ‌کننده جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جامعه است)؛

۴- توسعه همه‌جانبه است (تأمین‌کننده نیازهای حال و آینده بشر است)؛

۵- توسعه‌ای بدون تخریب و مخاطره است (مرصوصی و بهرامی، ۱۳۹۰).

سوانح و ارتباط آن با توسعه پایدار:

از آنجایی که ناپایداری دال بر تهدیدات آینده است که شاید در آینده شناخته شود و از طرفی همواره پایداری یک جامعه از سوی مجموعه‌ای از عوامل تهدید می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها شامل تحولات تکنولوژیکی، پویایی اقتصاد، رشد شتابان جمعیت، میزان تغییرات زیست‌محیطی، مسائل اجتماعی و رخداد انواع مخاطرات می‌باشد، لذا توسعه هرگز پایدار نخواهد ماند مگر آنکه تمام مؤلفه‌های آن، عادلانه محاسبه شود به عبارتی توسعه‌ای پایدار خواهد بود که از منطبق کارآمد برخوردار بوده و پنج بعد آن (اقتصاد، محیط‌زیست، اجتماع، فرهنگ و سیاست) در ارتباط متقابل با هم موردبحث و توجه قرار گیرد. در این خصوص ضرورت شناخت تهدیدات و مخاطرات پیش رو و تأثیر آن‌ها بر هر یک از ابعاد پنجگانه توسعه پایدار امری ضروری است (مرصوصی و بهرامی، ۱۳۹۰ - سعیدی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به ارتباط سوانح با توسعه پایدار و در راستای ایجاد تعامل منطقی و مثبت بین آن دو، می‌توان سوانح رایج در یک جامعه، که ظاهراً یک تهدید برای توسعه پایدار آن جامعه است را به فرصتی جهت نیل به توسعه پایدار منطقی تبدیل نمود.

لذا واضح و روشن است، در این راستا و همچنین برنامه‌ریزی مطلوب در رسیدن به اهداف توسعه پایدار نگاه ما به سوانح باید به دو صورت زیر باشد:

- ۱- سوانح هنوز رخ نداده (خطرات بالقوه)؛ لذا موضوع مدیریت ریسک و اهمیت آن در شناخت خطرات محتمل (به‌عنوان سوانح آینده) و ضرورت تعریف اقدامات پیشگیرانه در راستای توسعه پایدار مطرح می‌شود.
- ۲- سوانح رخ داده و در واقعیت نقاط ضعف جامعه در هر بخش به‌ویژه در تمامی ابعاد توسعه پایدار نمایان شده است و این فرصتی است که با مدنظر قرار دادن معیاری تحت عنوان توسعه پایدار و با شناخت بهتر نقاط ضعف، مسیری منطقی برای توسعه پایدار جامعه تعریف می‌شود (مرصوصی و بهرامی، ۱۳۹۰ - سعیدی و همکاران، ۱۳۹۰ - وجدانی نوذر، ۱۳۹۹).

معایب سیل و تأثیر آن در توسعه پایدار:

- خسارت به اماکن مسکونی و تجاری مردم و لوازم و امکانات معیشتی مردم
- تخریب محیط‌زیست
- تخریب شریان‌های حیاتی از جمله راه، آب، برق، گاز، پل‌ها و ابنیه فنی
- آلودگی آب و انتقال بیماری‌های واگیر و اختلال در خدمات بهداشتی، درمانی
- تلفات انسانی و دامی
- نابودی دستاوردها و سرمایه‌های فرهنگی
- اثر بر منابع غذایی با نابودی محصولات یا انبارهای ذخیره، نابودی دام‌ها، اختلال در فعالیت‌های کشاورزی.

مزایای سیل و فرصتی برای توسعه پایدار:

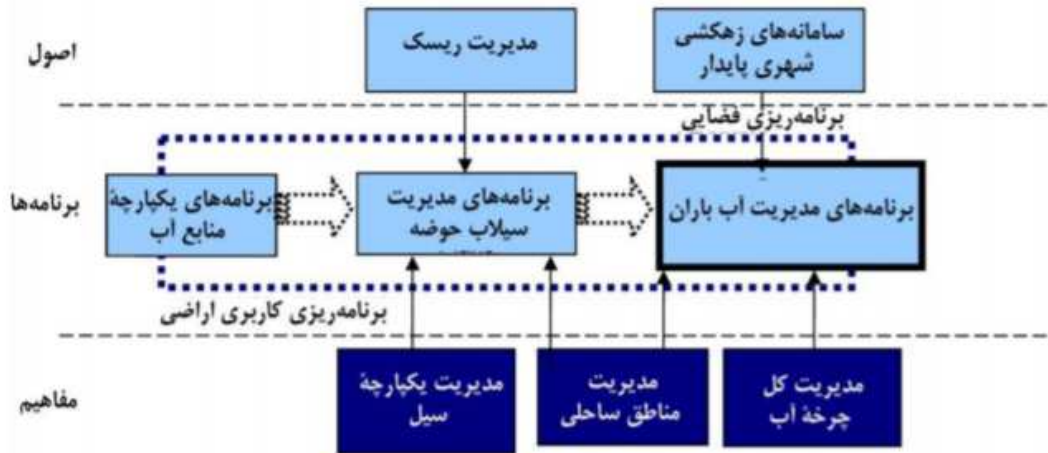
- انتقال آلودگی‌ها به راه‌های آبی
- حفظ رطوبت زمین
- تغذیه و تقویت آب‌های زیرزمینی
- حفاظت اکوسیستم
- ذخیره‌سازی منابع آبی و نقش در توسعه صنعت برق و آب، کشاورزی و ... (پشتوان و همکاران، ۱۳۸۹ - پورمحمد، ۱۳۹۸ - وجدانی نوذر، ۱۳۹۹ - Maryanaji and et al, 2020)

مدیریت ریسک سیلاب و توسعه پایدار:

در جهان مدرن امروزی در راستای رسیدن به جامعه ایمن و پایدار و مدیریت مخاطرات احتمالی، مدیریت ریسک جایگزین تفکر مدیریت پس از وقوع مخاطرات شده است؛ به عبارتی بهتر است در یک جامعه زیستی، با انجام اقدامات آینده‌پژوهی و مطالعات مرتبط به مدیریت ریسک؛ ضمن آینده‌نگری، کشف و پیش‌بینی خطرات و تهدیدهای ناشی از آن، نقاط آسیب‌پذیر را مشخص و با در نظر گرفتن آینده‌نگاری و امکانات و منابع در دسترس و همچنین موضوع آمایش سرزمین و توسعه پایدار با برنامه‌ریزی صحیح در سه سطح کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت به‌صورت راهبردی؛ راهکارهایی را به‌منظور مدیریت جامع بحران به‌ویژه پیشگیری از خطرات یا کاهش آثار انجام دهیم.

در واقع آگاهی رو به رشدی وجود دارد که کاهش ریسک سیلاب، مانند کاهش ریسک سایر مخاطرات محیطی بایستی در فرآیند توسعه پایدار منظور شود (شکل ۲). از این رو ریسک سیلاب بایستی در استراتژی‌ها و سیاست‌های بخش‌های مختلف به‌حساب آیند. این کار نیازمند تحلیل و درک موارد زیر است:

- ۱- تأثیر خطرات بالقوه سیلاب بر روی طرح‌های مختلف توسعه پایدار؛
- ۲- نحوه تأثیر سیاست‌ها و طرح‌های توسعه پایدار بر بزرگی سیل و آسیب‌پذیری جامعه نسبت به خطرات سیل (پشتوان و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۲- چهارچوب مفهومی مدیریت ریسک سیلاب و توسعه پایدار؛ (پشتوان و همکاران، ۱۳۸۹).

پیشینه پژوهش

با مروری بر منابع علمی و مقالات داخلی و بین‌المللی که برخی از آن‌ها در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفته است، هر چند تحقیقات زیادی در خصوص ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب‌پذیری یک سیستم در مواجهه با سوانح به‌ویژه سوانح طبیعی وجود دارد، لیکن در این مطالعات؛ موضوع توسعه پایدار و نقش ارزیابی ریسک و مؤلفه‌های آن (تهدید، آسیب‌پذیری و پیامد) در ارائه راهکارهای توسعه پایدار کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا برخی از مطالعات به شرح زیر می‌باشد:

۱- دکتر کرامت اله زیاری و همکاران در سال ۱۳۹۸ لغایت ۱۳۹۹ در راستای رسیدن به هدف ارزیابی و اولویت‌بندی میزان پیامدها و آسیب‌پذیری اجتماعی شهری در برابر مخاطرات محیطی با تحقیقی تحت عنوان "مدل‌سازی و ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان اصفهان" بر اساس مدل توصیفی - تحلیلی با کاربرد مدل هوش مصنوعی و آزمون رگرسیون وزنی جغرافیایی؛ ضمن شناسایی شاخص‌هایی که بالاترین تأثیر در افزایش پیامد و آسیب‌پذیری اجتماعی دارد، از نظر فضایی، مناطق و شهرهایی را که بیشترین پیامدها و آسیب‌پذیری به دنبال رخداد مخاطرات محیطی دارند را نیز رده‌بندی نموده‌اند (زیاری و همکاران، ۱۳۹۹).

۲- یاشون^۱ و همکاران در مطالعه‌ای به تخمین و تهیه نقشه‌های ریسک و آسیب‌پذیری سیلاب بر اساس سیستم اطاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در منطقه‌ای در کنیا پرداخته‌اند و در نهایت میزان حساسیت قسمت‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه نقشه‌سازی شده است (درفشی و همکاران ۱۳۹۹ - Yashon and et al, 2014).

۳- پیام یدالهی و همکاران در سال ۱۳۹۹ در راستای تعیین استراتژی مدیریتی کاهش عواقب و پیامدهای مخاطرات محیطی با تحقیقی تحت عنوان "راهبردهای مدیریتی کاهش پیامدهای مخاطرات سیل با روش SWOT (مطالعه موردی: دشت همدان - بهار)" به جهت ارائه راهکارهای کاهش پتانسیل سیل خیزی و تقلیل پیامدهای محتمل در دشت همدان - بهار با استفاده از مدل تحلیلی SWOT در ابتدا عوامل داخلی مؤثر تحت عنوان نقاط ضعف و قوت و عوامل محیطی تحت عنوان فرصت‌ها و تهدیدات را به روش بارش فکری شناسایی نمودند و در ادامه با تعیین ارزش نسبی و نهایی هر یک از آن‌ها با بهره‌مندی از نظر خبرگان؛ موضوع را از طریق ماتریس ارزیابی مدل SWOT مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق بیانگر استقرار راهبرد محافظه کارانه در دشت مذکور بوده و همچنین اتخاذ راهکارهای نظارتی؛ بهره‌جویی از نظرات خبرگان در اجرای تضمینی قوانین مرتبط و توجه به اقدامات آبخیزداری در بالادست حوضه‌ها در اولویت بالایی در زمینه کاهش ظرفیت سیل خیزی و تقلیل پیامدها در منطقه مورد مطالعه بوده است (یدالهی و همکاران، ۱۳۹۹).

۴- دکتر ابوذر پایدار و امیر ارسلان سنجرى در سال ۱۳۹۵ با توجه به اهمیت موضوع برنامه‌ریزی شهری در مواجهه با مخاطرات محیطی در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی آسیب‌پذیری محلات شهر جیرفت در مقابل سیلاب و ارائه راهکارهای حفاظتی" با هدف رده‌بندی محلات در راستای برنامه‌ریزی شهری به‌منظور مدیریت پیامدهای ناشی از سیلاب با در نظر گرفتن روش‌های توصیفی - تحلیلی و اخذ داده‌ها و اطلاعات از خبرگان ذیربط با استفاده از مدل‌های WP و WASPAS اقدام به تحلیل داده‌ها نمودند. در این تحقیق از مدل WP جهت تحلیل داده‌های کمی پیامد محتمل و از مدل WASPAS جهت شناسایی دارایی با بیشترین آسیب استفاده شده است.

۵- مریانجی و همکاران در مطالعاتی تحت عنوان واکاوی میزان اثرگذاری عوامل مؤثر بر سیل خیزی استان همدان با استفاده از مدل آنتروپی شانون و GIS و همچنین پهنه‌بندی خطر سیل بر اساس ویژگی‌های آبی اقلیمی حوضه‌های آبخیز استان همدان، با استفاده از HEC-RAS و GIS تأثیرات عوامل طبیعی همچون پوشش گیاهی، پارامترهای اقلیمی و آب و هوایی را مورد بررسی قرار داده‌اند (مریانجی و رمضان، ۱۳۹۹ - Maryanaji and et al, 2020).

۶- مایک ویلیامسون^۱ در سال ۲۰۱۸ میلادی به‌عنوان مدیر پروژه طرح SFCA^۲ "استراتژی ارزیابی پیامدهای سیلاب شهرستان فلینت شایر کشور ولز" با هدف تدوین برنامه استراتژی ارزیابی پیامدهای ناشی از سیلاب، گزارش طرح مذکور را در ۹ بخش به شرح ذیل تدوین نموده است:

۱- بررسی الزامات و قوانین مرتبط؛

۲- منطقه مورد مطالعه برای استراتژی ارزیابی پیامدهای سیلاب؛

۳- چارچوب برنامه‌ریزی و سیاست خطرپذیری سیل؛

۴- درک خطرپذیری سیلاب؛

۵- تاریخچه سیلاب در شهرستان فلینت شایر؛

۶- مدیریت و کاهش خطرپذیری سیلاب؛

۷- توسعه و خطرپذیری سیلاب؛

۸- برنامه‌ریزی اضطراری؛

۹- ارائه راهکارها (Williamson, 2018).

هیران^۳ در سال ۲۰۱۱ در طی مطالعه‌ای تحت عنوان "مروری بر روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری" به بررسی مشارکت‌های عمده در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری از سال ۱۹۹۰ به بعد پرداخته است، وی پس از بررسی انبوه مقالات پژوهشی در این زمینه، آثار هر روش را شناسایی و طبقه‌بندی می‌کند. نتایج تحقیق اذعان دارد؛ نمی‌توان یک روش خاص و واحد برای ارزیابی آسیب‌پذیری در تمام سیستم‌ها به دنبال خطرات محتمل معرفی کرد و انتخاب روش بسته به ماهیت سیستم و خطرات می‌تواند متفاوت باشد، لیکن برای ارزیابی آسیب‌پذیری دقیق به هر روشی باید:

- دارایی را با وضوح بیشتری تعریف کنید؛

- آسیب‌پذیری‌های وابسته به هم و شبکه‌ای را کشف کنید؛

- ارائه دیدگاه‌های چندوجهی به نظر لازم می‌باشد؛

- انتخاب ابزار و تکنیک مناسب برای تجزیه و تحلیل ضروری است؛

- انتخاب معیارها و شاخص‌های عمومی مرجع می‌تواند مفید واقع شود (Hiran, 2011).

1 Mike Williamson

2 Strategic Flood Consequence Assessment Flintshire

3 Hiran V. Nath

داده‌ها و روش‌شناسی پژوهش

مخاطره موردبررسی تحقیق (سیلاب شهری):

با تغییر کاربری اراضی از مزارع و جنگل به خیابان و ساختمان و همچنین تصرف مسیر رودخانه‌ها و انهار علاوه بر انسداد و کاهش قدرت انتقال سیلاب و رواناب، قدرت جذب باران توسط زمین کم می‌شود به گونه‌ای که اراضی با تمرکز جمعیت در شهر ۲ تا ۶ برابر رواناب بیشتری نسبت به اراضی بکر و طبیعی تولید می‌کنند و در زمان سیلاب خیابان‌ها و کوچه‌ها به رودخانه‌ها و مسیل‌های پرسرعت تبدیل می‌شود که می‌تواند زندگی شهری را مختل کنند و باعث خسارت فراوان گردد. با توجه به ترکیب‌های مختلف عوامل تأثیرگذار، سیلاب‌های شهری را می‌توان به چهار دسته زیر تقسیم کرد:

۱- سیلاب‌های موضعی

۲- سیلاب‌های رودخانه‌ای

۳- سیلاب‌های ساحلی

۴- سیلاب‌های ناگهانی (پشتوان و همکاران، ۱۳۸۹ - وجدانی نوذر و همکاران، ۱۴۰۰).

با توجه به اهداف و موضوع تحقیق؛ اجزای اصلی مطالعات ارزیابی و تحلیل ریسک سیلاب (تهدید، آسیب‌پذیری و پیامدها) که باید موردبررسی قرار گیرد به شرح ذیل است:

- تحلیل بزرگی، احتمال وقوع و پهنه‌بندی خطر سیلاب

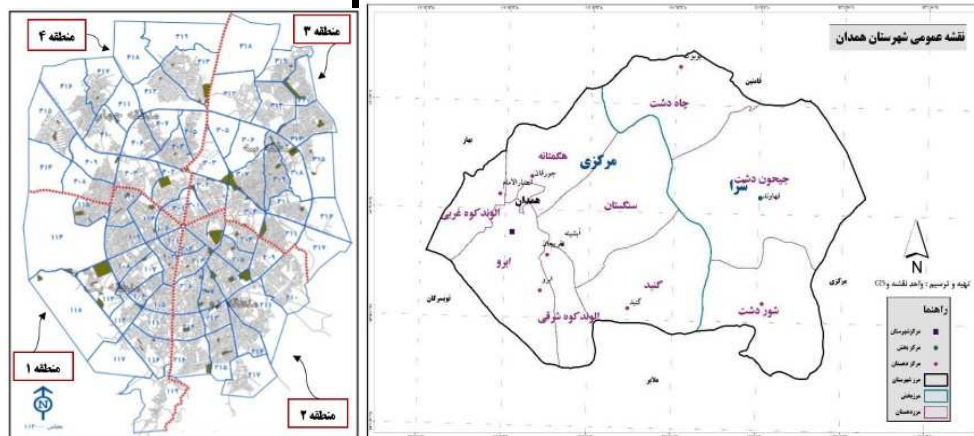
- ارزیابی آسیب‌پذیری جامعه در برابر سیلاب

- شناسایی پیامدهای احتمالی

- ارزیابی ریسک سیلاب و تهیه نقشه مناطق آسیب‌پذیر و در معرض خطر با توجه به میزان پیامد احتمالی (وجدانی نوذر و همکاران ۱۴۰۰).

قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

شهرستان همدان در گستره‌ای به مساحت ۲۸۳۱ کیلومتر مربع در مرکز استان همدان قرار دارد؛ این شهرستان به‌طور حداقلی در محدوده مدار ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، مشتمل بر دو بخش (مرکزی و شرقی)، ۹ دهستان و ۴ شهر (همدان، مریانج قهاوند و جورقان) و ۱۱۸ روستا می‌باشد که با ۶۷۶۱۰۵ نفر جمعیت ۳۷ درصد جمعیت استان را به خود اختصاص داده است از این تعداد مجموع جمعیت شهری این شهرستان ۵۷۷۴۵۸ نفر می‌باشد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۴۰۰)، در این راستا شهر همدان به‌عنوان مرکز شهرستان با جمعیت معادل ۵۴۵۳۰۹ نفر در طول جغرافیایی ۲۸ تا ۴۸ درجه و ۳۳ درجه تا ۴۸ دقیقه و در عرض جغرافیایی ۴۵ تا ۳۴ درجه و ۵۰ تا ۳۴ دقیقه؛ در دامنه کوه الوند و در بلندای ۱۸۷۰ متری از سطح دریا واقع شده است و از شهرهای سردسیر ایران به شمار می‌آید (شکل ۳). این شهر از دیرباز به‌عنوان مهم‌ترین مسیر ارتباطی شهرهای غرب به مرکز ایران بوده و در دشتی قرار گرفته که از سوی غرب به دره گنج‌نامه و از شرق به رودخانه عباس‌آباد از سرچشمه‌های کوه الوند متصل می‌باشد (زارعی، ۱۳۹۰). لازم به ذکر است بر اساس مطالعات موجود و تجربه رخداد؛ علاوه بر مخاطرات انسان‌ساخت، همواره حدود ۲۲ مخاطره طبیعی شهرستان همدان را تهدید می‌کند.



شکل ۳- به ترتیب از راست نقشه شهرستان و شهر همدان؛ (سازمان مدیریت؛ ۱۴۰۰ - شهرداری همدان، ۱۴۰۰)

فرآیند و مراحل پژوهش

در این تحقیق با توجه به اهمیت ارائه راهکارهای توسعه پایدار و به منظور اجرای ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب پذیری و پیامدهای محتمل در منطقه مورد مطالعه در ابتدا جهت تهیه و جمع آوری آمار مربوطه با مراجعه به اداره کل هواشناسی و همچنین شرکت آب منطقه‌ای استان همدان، اطلاعات آب و هوایی و همچنین داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری آب اخذ و در ادامه با توجه به تاریخچه سیلاب شهرستان همدان و بررسی توزیع مکانی و زمانی آن‌ها نقشه تاریخچه سیلاب در قالب GIS تهیه و در راستای اهداف تحقیق با انتخاب شاخص‌های «بارش، شیب، هیدروژئولوژی، کاربری اراضی، و فاصله از رودخانه» میزان تأثیر هر یک از آن‌ها در وقوع سیلاب با مدنظر قرار دادن سیلاب‌های گذشته و وزن دهی از طریق نظر خبرگان و رتبه‌بندی با روش ترکیبی آنتروپی شانون و AHP Fuzzy تعیین و در محیط GIS پیاده‌سازی گردید. جهت بررسی آسیب‌پذیری از نظر سیل‌خیزی و شناسایی مناطق در معرض خطر با پیاده‌سازی نقشه و لایه‌های استاندارد شده هر یک از شاخص‌های تأثیرگذار در محیط GIS و همچنین رویه هم‌گذاری نقشه کاربری منطقه، نقشه ریسک سیلاب تهیه و با توجه به آن؛ رده‌بندی مجموعه شهری منطقه مورد مطالعه در چهار سطح؛ ریسک کم، متوسط، زیاد (شهرهای مریانج، جورقان و قهاوند) و خیلی زیاد (شهر همدان) مشخص و برای ارائه برنامه‌های دقیق توسعه پایدار؛ توصیه به انجام مطالعات دقیق میدانی در شهر همدان به‌عنوان اولویت اول مدنظر قرار گرفت؛ در این زمینه با توجه به عبور پنج رودخانه اصلی از داخل شهر همدان (عباس‌آباد، دیوین، مرادیبک، فقیره و خضر) ظرفیت آبگذری مقاطع مختلف آن‌ها به‌منظور شناسایی نقاط پرخطر با پایش میدانی و برآورد از طریق فرمول مانینگ تعیین و همچنین سیلاب‌های طرح هریک از رودخانه‌ها از طریق مدل بارش - رواناب و استفاده از نرم‌افزار^۱ HEC-HMS برای دوره‌های بازگشت مختلف (به‌ویژه ۵۰ ساله) مشخص و جهت شناسایی دقیق نقاط پرخطر و کانون طغیانی؛ بازه‌هایی از رودخانه‌ها که ظرفیت ناکافی برای عبور سیلاب (با دوره‌های بازگشت مختلف) را دارند در نمودار مرتبط به ظرفیت آبگذری اضافه شد و در نهایت با توجه به نتایج؛ می‌توان برنامه‌های مدیریتی و اجرایی توسعه پایدار شهر مورد مطالعه را ارائه داد.

یافته‌های پژوهش

روش ترسیم نقشه پهنه‌بندی خطر و آسیب‌پذیری سیلاب در مجموعه شهری شهرستان همدان:

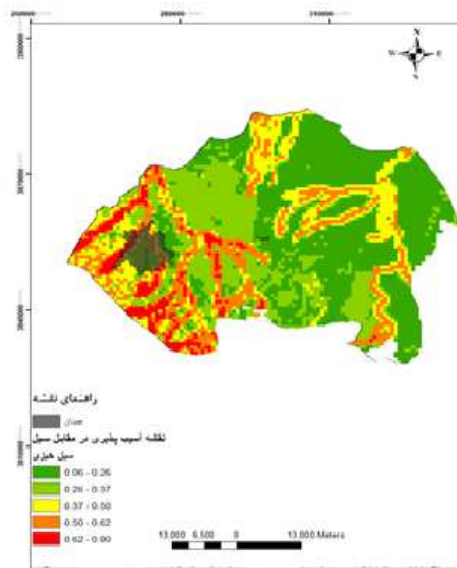
با توجه به سوابق مکانی و زمانی سیلاب و از طرفی اهمیت نقطه نظرات کارشناسان و متخصصین مرتبط و همچنین نگاهی به نقشه‌های پیاده‌سازی شاخص‌های مؤثر؛ «بارش، شیب، هیدروژئولوژی، کاربری اراضی، و فاصله از رودخانه»، نقشه آسیب‌پذیری

^۱ مرکز مهندسی هیدرولوژی ارتش آمریکا (Hydrologic Engineering Center) در سال ۱۹۹۰ میلادی مدل HEC-1 را برای مدل سازی فرایند بارش - رواناب ارائه نمود. پس از این مدل، نسخه‌های مختلفی ارائه شده که در نهایت منجر به مدل معروف HEC-HMS گردید که در بستر ویندوز قابل اجرا است.

سیلاب شهرستان همدان با بهره‌جویی از ماتریس استاندارد شده نظرات خبرگان در محیط GIS پیاده‌سازی شده است (جدول ۱ و شکل ۴).

جدول ۱- ماتریس استاندارد شده نظرات خبرگان در خصوص شاخص‌های مؤثر در سیلاب احتمالی شهرستان همدان

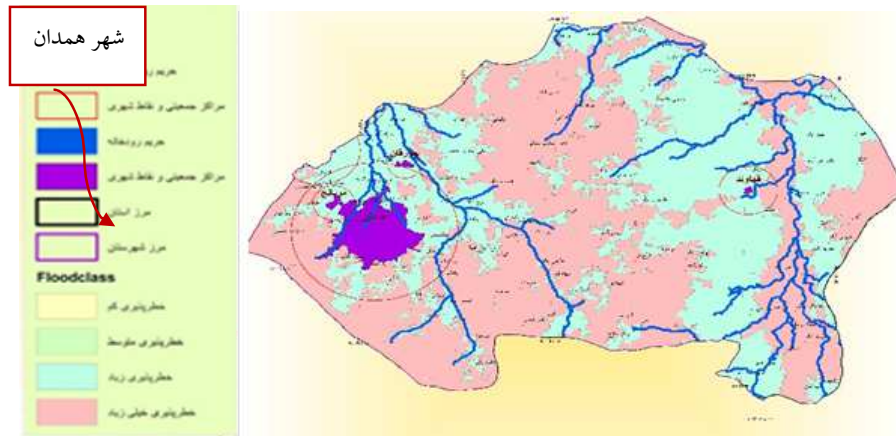
کارشناس	بارش	شیب	هیدروژئولوژی	کاربری	فاصله از رودخانه
آب‌وهوا	۰/۳۱	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۳۴
GIS	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۳۳
تحقیقات گذشته	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۲۵



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی خطر و آسیب‌پذیری سیلاب در شهرستان همدان

نقشه ریسک سیلاب در شهرستان همدان:

با تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر و آسیب‌پذیری سیلاب در منطقه مورد مطالعه و موجود بودن لایه‌هایی همچون کاربری اراضی، محدوده مراکز جمعیتی و وضعیت شاخص‌های مؤثر در مناطق مورد مطالعه؛ می‌توان با روی هم گذاشتن لایه‌ها به‌ویژه لایه مراکز جمعیتی بر روی نقشه خطر و آسیب‌پذیری سیل؛ ضمن ترسیم نقشه ریسک (شکل ۵)، میزان خطرپذیری (احتمال آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل) مراکز مختلف را در چهار دسته خطرپذیری کم (رنگ سفید)، متوسط (رنگ سبز)، زیاد (رنگ آبی) و خیلی زیاد (رنگ صورتی) رده‌بندی و ترتیب در معرض خطر بودن آن‌ها را مشخص نمود. با توجه به نتایج ارزیابی و همچنین نقشه به‌دست آمده ریسک سیلاب در شهرستان همدان؛ رده‌بندی و اولویت مجموعه شهری منطقه مورد مطالعه به لحاظ آسیب‌پذیری و رویارویی با پیامدهای محتمل سیلاب به ترتیب شهرهای همدان (با ریسک خیلی زیاد)، میاندژ، جوقان و قهاوند (هر سه با ریسک زیاد) تعیین گردید.



شکل ۵- نقشه ریسک سیلاب در شهرستان همدان

در این راستا صحت سنجی اولویت به صورت پایش میدانی و تجارب رخداد سیلاب در شهر همدان (سیلاب سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۶) مورد بررسی قرار گرفت؛ این شهر به دلیل قرار گرفتن در دامنه کوهستان الوند و گذر پنج رودخانه اصلی (عباس آباد، دیوین، دره مرادیبیک، فقیره (حیدره) و خضر) و سه سرشاخه فرعی مجموعاً به طول ۶۴ کیلومتر از داخل بافت مسکونی در پهنه ریسک نسبی خیلی زیاد قرار گرفته است به طوری که در راستای دخالت انسانی برخی از امتدادهای آن سرپوشیده شده و بر اساس مطالعات موجود ۲۰ کیلومتر از آن توان گذر سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله را ندارد، لذا این شهر به عنوان مرکز شهرستان و استان همدان با توجه به تراکم جمعیت بالا، در اولویت برآورد دقیق ریسک، تحلیل آسیب پذیری و اقدامات کاهش قرار دارد.

بررسی ظرفیت آبگذری مقاطع مختلف رودخانه‌ها:

بررسی ظرفیت آبگذری مقاطع مختلف رودخانه‌های شهر همدان (عباس آباد، دیوین، دره مرادیبیک، فقیره (حیدره) و خضر) با استفاده از برداشت‌های وضع موجود انجام گرفت. روش کار بدین صورت بوده است که مقطع پایین دست هر یک از این رودخانه‌ها به عنوان کیلومتر صفر در نظر گرفته شد و فاصله سایر مقاطع با مقطع صفر محاسبه گردید. همچنین از روی نقشه توپوگرافی شهر؛ شیب عمومی زمین در محل هر مقطع تعیین گردید و با استفاده از فرمول مانینگ^۱، ظرفیت کلیه مقاطع در حالت تمام پر محاسبه شد. مقادیر به دست آمده برای هر رودخانه بر روی یک نمودار ترسیم گردید (نمودارهای شکل ۶).

$$V = \frac{k}{n} R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$Q = \frac{k}{n} A \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

V = سرعت متوسط (m/s)

Q = دبی متوسط خروجی (m³/s)

K = یک تبدیل برای ثابت برابر با ۱/۴۸۶

n = ضریب مانینگ (s/m^{1/3})

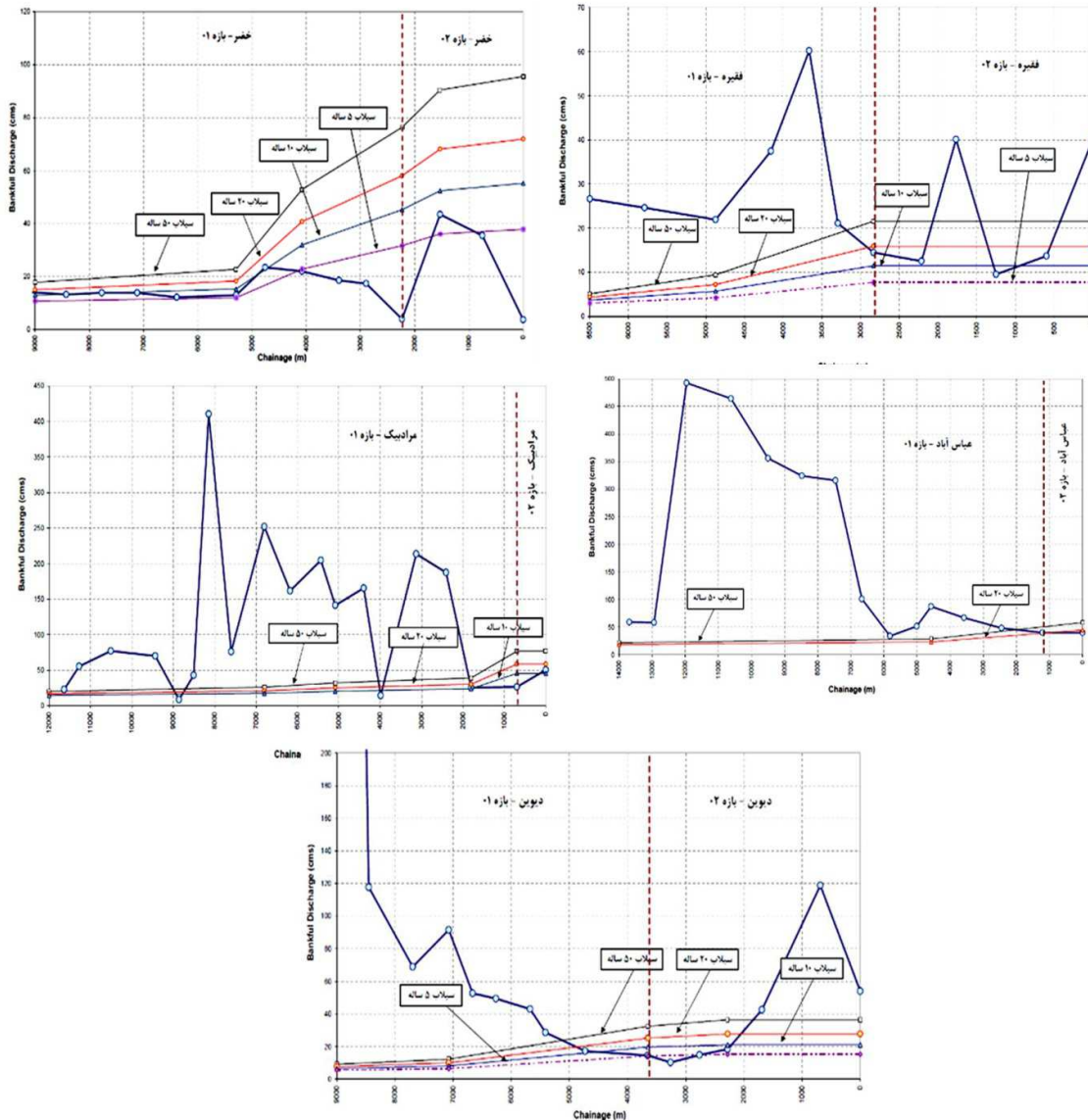
Rh = شعاع هیدرولیکی (نسبت مساحت سطح مقطع به مساحت خیس شده) (m)

S = شیب افقی مسیر عبوری (کانال) (m/m)

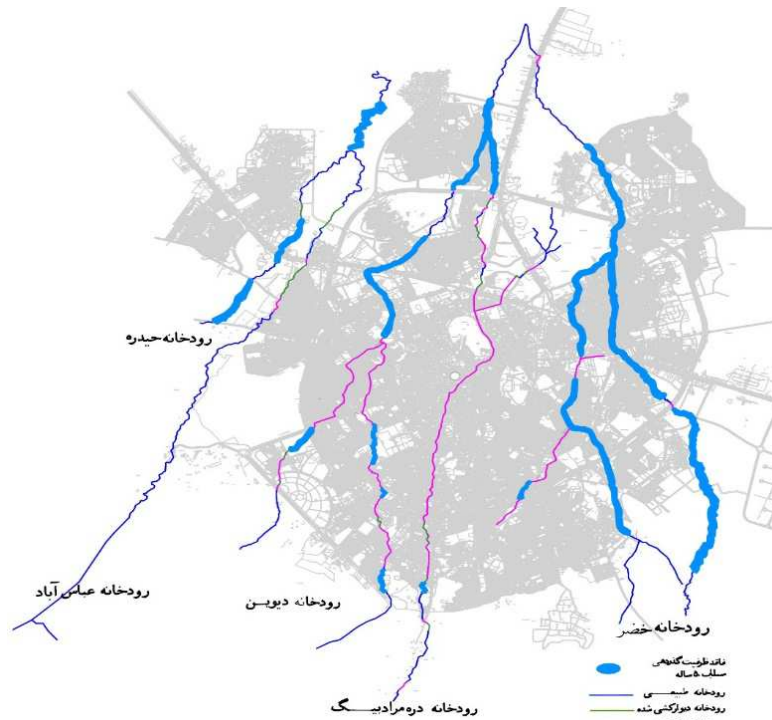
¹ Manning formula

در این نمودارها محور افقی فاصله از مقطع صفر و محور عمودی ظرفیت آبگذری مقاطع را نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌گردد، ظرفیت مقاطع در هیچ‌یک از رودخانه‌ها به‌طور مداوم به سمت پایین دست افزایش نمی‌یابد که حاکی از وضع نامطلوب این مجاری از نظر ظرفیت آبگذری مقاطع می‌باشد.

لازم به ذکر است بر روی هر نمودار، سیلاب‌های طرح از جمله سیلاب ۵۰ ساله نیز ترسیم گردیده تا امکان مقایسه بهتر میان ظرفیت موجود و ظرفیت مطلوب فراهم گردد. بر اساس سیلاب‌های ترسیم شده بر روی نمودارهای ظرفیت آبگذری رودخانه‌ها، بازه‌هایی از هر یک از رودخانه‌های شهر که ظرفیت ناکافی برای عبور سیل ۵۰ ساله را دارند بر روی پلان رودخانه‌ها (شکل ۷) با رنگ آبی مشخص شده‌اند.



شکل ۶- نمودارهای مرتبط به ظرفیت آبگذری رودخانه‌های داخل شهر همدان با سیلاب طرح با دوره‌های بازگشت مختلف



شکل ۷- نقشه رودخانه‌های عبوری شهر همدان با بازه‌های طبیعی، دیوارکشی، مسقف و مسیرهای بدون توان گذر سیلاب ۵۰ ساله

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارزیابی و همچنین نقشه به دست آمده آسیب‌پذیری و ریسک سیلاب در شهرستان همدان؛ رده‌بندی و اولویت مراکز شهری شهرستان همدان به لحاظ آسیب‌پذیری و رویارویی با پیامدهای محتمل سیلاب به ترتیب شهرهای همدان (با ریسک خیلی زیاد)، مریانج، جورقان و قهاوند (هر سه با ریسک زیاد) می‌باشد. در ادامه با توجه به ریسک خیلی زیاد سیلاب در شهر همدان و با توجه به عبور پنج رودخانه اصلی از داخل این شهر که در راستای توسعه شهری، اغلب طول و مقاطعی از آن‌ها دستخوش تغییرات غیراصولی بوده و همچنین به منظور توصیف دقیق آسیب‌پذیری و پیامد احتمالی ناشی از طغیان این رودخانه‌ها و وقوع سیلاب؛ ظرفیت آبگذری مقاطع مختلف آن‌ها به منظور شناسایی نقاط پرخطر با پایش میدانی و برآورد از طریق فرمول مانینگ تعیین و همچنین سیلاب‌های طرح هریک از رودخانه‌ها از طریق مدل بارش - رواناب و استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS برای دوره‌های بازگشت مختلف (به‌ویژه ۵۰ ساله) مشخص گردید. در نهایت متعاقب ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب‌پذیری سیلاب در شهرستان و شهر همدان می‌توان در راستای توسعه پایدار برنامه‌هایی در سه حوزه آمادگی، کاهش آثار و پیشگیری ارائه نمود.

به عبارتی با تعریف متناسب فعالیت‌ها و اقدامات مربوط به مدیریت سوانح و توسعه پایدار؛ می‌توان آثار آتی سوانح بر سیاست‌ها و خط‌مشی‌های توسعه پایدار را مشخص و اقداماتی به شرح ذیل تعریف کرد:

- معرفی سیستم‌های مدرن شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری و توسعه اصولی شهری.
- استفاده بهینه و مطلوب از پتانسیل‌های موجود در محیط شهری.
- استفاده از تجربیات به دست آمده از مخاطرات گذشته در برنامه‌های آتی توسعه و تحقیقات.
- همچنین ارتباط بین سوانح و توسعه پایدار می‌بایستی به نحو مطلوبی مورد بررسی قرار گیرد تا یقین حاصل شود که توسعه پایدار باعث ایجاد مسائل و مشکلات بیشتری در راستای بحران و یا تشدید عواقب نگردد.

منابع

- امیدوار، ب. و وجدانی نوذر، ع.، (۱۴۰۰)، "ارزیابی ریسک کیفی زیرساخت حیاتی آب، مطالعه موردی سیستم آبرسانی یک شهر"، دوازدهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، ۲۱ تا ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- پایدار، ا.، سنجر، ا.، (۱۳۹۵)، "ارزیابی آسیب‌پذیری محلات شهر جیرفت در مقابل سیلاب و ارائه راهکارهای حفاظتی"، نشریه مطالعات نواحی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان، سال سوم، شماره ۳، پیاپی ۸، پاییز، صص ۴۲-۲۱.
- پشتوان، ح. و همکاران، (۱۳۸۹)، "مدیریت ریسک سیلاب شهری"، کارگروه تخصصی سیل و طغیان رودخانه، وزارت نیرو.
- پورمحمد، ب.، (۱۳۹۸)، "سیل و زلزله"، انتشارات صالحیان.
- درفشی، خ. و همکاران، (۱۳۹۹)، "ارائه الگویی در تحلیل و پهنه بندی سطح آسیب‌پذیری مناطق شهری در خطر سیلاب- مطالعه موردی: مناطق ۱۰ و ۲۲ شهر تهران"، دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره هفدهم، بهار و تابستان، صص ۱۶-۵.
- زارعی، م.، (۱۳۹۰)، "ساختار کالبدی- فضایی شهر همدان از آغاز دوره اسلامی تا پایان دوره قاجار براساس مدارک و شواهد موجود"، نامه باستان‌شناسی، شماره ۱، دوره اول، صص ۸۲-۵۷.
- زیاری، ک. و همکاران، (۱۳۹۹)، "مدل سازی و ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان اصفهان"، فصلنامه مطالعات ساختار و کارکرد شهری، سال هفتم، شماره بیست و سوم، صص ۱۷۱-۱۵۱.
- سازمان آمار و فناوری اطلاعات شهرداری همدان، (۱۴۰۰)، "طرح محله بندی شهر همدان"، ایران.
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان همدان، (۱۴۰۰)، "سالنامه آماری سال ۱۳۹۹ استان همدان"، ایران.
- سعیدی، ع. و همکاران، (۱۳۹۰)، "دانشنامه مدیریت شهری و روستایی"، بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی، وزارت علوم تحقیقات و فناوری (با همکاری سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور).
- کردونی، ه.، (۱۳۹۳)، "تعیین و اعتبار بخشی معیارهای کنترل موجود جهت تدوین برنامه ایمنی آب آشامیدنی، کمیته راهبردی برنامه ایمنی آب آشامیدنی، مرکز سلامت محیط کار، تهران.
- گیوه چی، س.، (۱۳۹۷)، "متدولوژی شناسایی، رتبه بندی و ارزیابی تهدیدات و خطرات در حوزه زیرساخت ها"، دانشکده محیط زیست، دانشکده گان فنی، دانشگاه تهران.
- مرصوصی، ن.، بهرامی، ر.، (۱۳۹۰)، "توسعه پایدار شهری"، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- میرانچی، ز. رضائی، ا.، (۱۳۹۹)، "واکاوی میزان اثرگذاری عوامل مؤثر بر سیل خیزی استان همدان با استفاده از مدل آنتروپی شانون و سیستم اطلاعات جغرافیایی"، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، شماره ۳۲، سال ششم، تابستان ۱۳۹۹، صص ۲۰۷-۱۸۵.
- وجدانی نوذر، ع. و همکاران، (۱۴۰۰)، "سوانح فرصتی برای توسعه پایدار با بررسی مدیریت جامع سیلاب در مناطقی از ایران"، نشریه علمی مطالعات پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، زمستان ۱۴۰۰، صص ۱۷۵-۱۶۰.
- وجدانی نوذر، ع.، (۱۳۹۱)، "مروری بر تجربیات مدیریت بحران سیل سال ۲۰۱۰ میلادی کشور پاکستان"، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران، تهران.
- وجدانی نوذر، ع.، (۱۳۹۹)، "محتوا آموزشی مدیریت بحران و سیل"، جهاد دانشگاهی واحد استان همدان.
- یدالهی، پ. و همکاران، (۱۳۹۹)، "راهبردهای مدیریتی کاهش پیامدهای مخاطرات سیل با روش SWOT (مطالعه موردی: دشت همدان-بهار)"، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، سال یازدهم، شماره ۲۲، پاییز و زمستان، صص ۱۹۸-۱۸۸.
- Adger, W.N., (2000), "Social and ecological resilience, are they related?", *Progress in Human Geography*, 24(3), pp. 347-364.
- Fagel, M., (2011), "Principles of Emergency Management and Emergency Operations Centers (EOC)", CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.
- Gyle Lewis, T., (2020), "CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION IN HOMELAND SECURITY (third edition)", John Wiley & Sons, Inc, Set by SPi Global, Pondicherry, India, Printed in the United States of America.
- Hiran, V. Nath, (2011), "Vulnerability Assessment Methods – A Review", International Conference on Network Security and Applications, pp. 1-10.
- Maryanaji, Z., Merrikhpour, H., Vejdani Nozar, A., (2020), "Flood risk zoning based on the hydro- climatic characteristics of basins in Hamedan Province; Iran", *Journal of Advances in Environmental Health Research*.
- Williamson, M., (2018), "Strategic Flood Consequence Assessment Flintshire", Ruairi Barry, Flintshire County Council, Charlotte Lloyd-Randall BSc.
- Yashon O. and et al, (2014), "Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi- Parametric AHP and GIS: Metodological Overview and Case Study Assessment", *Water Journal, An Open Access Journal from MDPI*. 6, 1515-1554.