ارائه مدل ارزیابی خطر سیل در استان همدان به‌منظور رده‌بندی آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل در مراکز جمعیتی

علی وجدانی نوذر*، سعید گیوه چی**

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۱۷

چکیده

امروزه مدیریت بحران، ارزیابی ریسک سوانح و تحلیل مؤلفه‌های آن (خطر و تهدید، آسیب‌پذیری و پیامد) به‌منظور تعریف اقدامات پیشگیری، کاهش آثار و حتی آمادگی جهت پاسخ بهنگام در مواجهه با انواع سوانح بیش از قبل موردتوجه است. در حال حاضر هرچند محققین و سازمان‌های بین‌المللی ذی‌ربط باتوجه‌به پیچیدگی مدیریت ریسک، سعی در ارائه روش‌هایی برای ارزیابی ریسک، تحلیل آسیب‌پذیری و رده‌بندی پیامدهای مؤثر در یک سیستم در مواجهه با سوانح نموده‌اند، لیکن اکثر روش‌ها بر مبنای اهداف محققین و شاید به‌صورت سلیقه‌ای (بر حسب دقت و راحتی کار) انتخاب می‌گردد. بر این اساس، این تحقیق با نگاه تطبیقی به برخی از روش‌های موجود و انتخاب روشی مناسب، با هدف ارائه مدل ارزیابی خطر سیل در استان همدان به‌منظور رده‌بندی آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل در مراکز جمعیتی انجام گرفته است. لذا ابتدا با استفاده از روش کتابخانه‌ای و تجزیه‌وتحلیل یافته‌های مطالعات موجود و بررسی تطبیقی آن‌ها، روش مناسب برای استان همدان به‌صورت ترکیبی از روش توزیع گمبل، مدل K میانگین و خوشه‌بندی فازی پارامترهای تأثیرگذار، است. در این روش با پیاده‌سازی و ترکیب لایه‌های استاندارد پارامترهای تأثیرگذار ازطریق AHP فازی و لایه خطر سیل که ازطریق ماتریس استانداردشده نظرات کارشناسان در نرم‌افزار GIS به دست آمده، نقشه خطر سیل تهیه و سپس مراکز جمعیتی (شهرها) طبقه‌بندی می‌شوند. در ادامه با اجرای روش، رده‌بندی مراکز در معرض خطر استان همدان به ترتیب شهرهای همدان، ملایر، تویسرکان، نهاوند، اسدآباد، کبودرآهنگ، رزن، بهار، فامنین و قروه درگزین به دست آمد. لذا شهر همدان به‌عنوان مرکز استان همدان در پهنه ریسک نسبی زیاد تا خیلی زیاد قرار گرفته و با توجه به تراکم جمعیت بالا نسبت به سایر شهرهای استان، در اولویت برآورد دقیق ریسک، تحلیل آسیب‌پذیری و اقدامات کاهشی قرار دارد.

کلمات کلیدی: ارزیابی خطر، آسیب‌پذیری، پیامد، سیلاب شهری، همدان.

* دانشجوی دکتری مهندسی سوانح، گروه برنامه‌ریزی، مدیریت محیط زیست و HSE ، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. : ali.vejdani@ut.ac.ir
** دانشیار، گروه برنامه‌ریزی، مدیریت محیط زیست و HSE ، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/42.181.119]

مقدمه

بر اساس آمار تهیه شده توسط سازمان ملل متحد در میان مخاطرات طبیعی، سیل و طوفان بیشترین تلفات و خسارات را به جوامع بشری وارد آورده است، به نحوی که تنها در یک دهه اخیر میزان خسارات ناشی از سیل و طوفان بالغ بر ۲۱ میلیارد دلار در مقابل ۱۸ میلیارد دلار خسارات ناشی از زلزله بوده است (وجدانی نوذر و همکاران، ۱۴۰۰).

سیل ازنظر تعداد وقوع، دومین مخاطره طبیعی است که حدود ۱۰ درصد مرگ‌ومیر، ۳۶ درصد آسیب های جسمی، ۷۱ درصد افراد بی خانمان، ۴۸ درصد افرادی که به نحوی تحت تأثیر وقوع مخاطرات بوده‌اند و ۴۳ درصد خسارت مالی سالیانه ناشی از وقوع مخاطرات در جهان را به خود اختصاص داده است (وجدانی نوذر و همکاران، ۱۴۰۰). تقریباً ۴۳ درصد سیلاب‌های جهان و ۵۵ درصد خسارت‌های آن در جهان مربوط به قاره آسیا است. در کشور ما در دهه اخیر وقوع بیش از ۴۷۷ مورد سیل، تعداد ۱۶۷۵ نفر تلفات جانی به همراه داشته است و در این سال ها بخش بزرگی از اعتبارات سالانه طرح کاهش آثار مخاطرات طبیعی و مدیریت بحران، صرف جبران خسارات ناشی از سیل شده است (پورمحمد، ۱۳۹۸؛ وجدانی نوذر و همکاران، ۱۳۹۱؛ Maryanaji et al., 2020). تحلیل ریسک و آسیب‌پذیری در ارتباط با هر خطری همچون سیلاب و پیامدهای حاصل از آن به‌منظور مهندسی سوانح و مدیریت بحران موضوعی مهم و پیچیده است که در این خصوص همان‌طور که گفته شد؛ آسیب‌پذیری سیلاب شهری موضوعی است که همواره اکثر مناطق جهان به‌ویژه شهرهای ایران را تحت تأثیر قرار داده است. در حال حاضر هرچند سازمان‌های بین‌المللی ذی‌ربط باتوجه‌به پیچیدگی ارزیابی ریسک و آسیب پذیری سعی در ارائه روش هایی برای ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب پذیری یک سیستم در مواجهه با سوانح نموده اند؛ لیکن اکثر روش های ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب پذیری شهری در مواجهه با سوانح بر مبنای اهداف محققین و شاید به‌صورت سلیقه‌ای انتخاب می گردد. بر این اساس، در این تحقیق تلاش شده است ضمن تشریح مفاهیم و کلیات مرتبط به ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر سیلاب و نگاه تطبیقی به برخی از روش‌های موجود، روشی مناسب برای ارزیابی ریسک، آسیب‌پذیری و پیامدهای سیلاب شهری در استان همدان انتخاب و درنهایت با مشخص کردن نقشه ریسک سیلاب استان، رده‌بندی و اولویت‌بندی شهرهای مهم استان در برابر سیلاب مشخص گردد.

ادبیات موضوع

با مروری بر منابع علمی و مقالات داخلی و بین‌المللی که برخی از آن ها در این تحقیق موردبررسی قرار گرفته است، می‌توان دریافت هرچند تحقیقات زیادی در خصوص ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب‌پذیری یک سیستم در مواجهه با سوانح به ویژه سوانح طبیعی وجود دارد؛ لیکن اکثر محققین باتوجه‌به سیستم موردمطالعه سعی کرده اند از روش متناسب (بسته به دقت و راحتی کار) جهت ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب پذیری استفاده نمایند. در این خصوص، ارزیابی ریسک و تحلیل آسیب پذیری شهری در برابر انواع مخاطرات همچون سیلاب به نظر کار پیچیده‌تری نسبت به سایر سیستم‌ها است؛ چرا که یک شهر از سیستم‌های مختلفی تشکیل شده و برای ارزیابی دقیق هر سیستم در آن (همچون آب، برق و ...) روش خاصی باید مدنظر قرار گیرید و چون این رویکرد پیچیده است؛ لذا اکثر روش های به‌کاررفته در این خصوص، سلیقه‌ای و گاهاً

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

ترکیبی است. به عبارتی هرچند در برخی از آن‌ها ملاک انتخاب روش، سهولت کار و در برخی دیگر اهداف تخصصی محدود مثلاً تعیین نقش اقدامات آبخیزداری یا مسائل اقتصادی یا اجتماعی موضوع بوده، لیکن آنچه مهم است در اکثر روش‌ها کاربرد GIS و روش‌های رده‌بندی و رتبه‌بندی بر اساس شاخص‌های مؤثر، نقش مهمی در ارزیابی داشته است. بنابراین، برخی از مطالعات به شرح زیر است. پایدار و سنجری (۱۳۹۵) باتوجه‌به 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 کمّی پیامدهای محتمل و از مدل WASPAS جهت رده بندی دارایی ها "بر حسب بیشترین آسیب" استفاده شده است.

درفشی و همکاران (۱۳۹۹) در طی مقاله‌ای با عنوان «ارائه الگویی در تحلیل و پهنه‌بندی سطح آسیب‌پذیری مناطق شهری در خطر سیلاب با مطالعه موردی مناطق ۱۰ و ۲۲ شهر تهران» با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تکیه بر نظرات کارشناسی، ضمن وزن دهی به شاخص های انتخابی و رده بندی آنها بر حسب میزان تأثیر، با کاربرد نرم افزار GIS و پیاده سازی شاخص ها در آن اقدام به تهیه نقشه ریسک و آسیب‌پذیری مناطق موردمطالعه نمودند که در نهایت مشخص شده است؛ منطقه ۱۰ دارای دامنه ریسک و آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به منطقه ۲۲ کلان‌شهر تهران است.

یاشون و همکاران[1] (۲۰۱۴) در مطالعه ای به تخمین و تهیه نقشه های ریسک و آسیب پذیری سیلاب بر اساس سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در منطقه‌ای در کنیا پرداخته‌اند و درنهایت میزان حساسیت قسمت‌های مختلف در منطقه موردمطالعه مشخص شده است.

در مطالعه‌ای محمودزاده و همکاران (۱۳۹۳) به تهیه نقشه ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در تبریز با استفاده از GIS پرداخته‌اند که درنهایت سیلاب، آب‌گرفتگی و میزان خسارت ناشی از سیل در قالب نقشه ارزیابی شده است و میزان در معرض سیلاب قرار گرفتن نقاط مختلف محدوده موردمطالعه مشخص شده و پهنه بندی صورت گرفته است.

کاستاس و همکاران (۲۰۱۷)[2] در مطالعه‌ای به بررسی میزان ریسک سیلاب در تورنتو با استفاده از برنامه‌ریزی فضایی و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته اند. این مطالعه علاوه بر بعد فضایی به عوامل اجتماعی نیز توجه داشته است.

قبادی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای در آبعلی جهت ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک سیلاب سکونتگاه‌های انسانی به‌منظور توسعه پایدار با بهره‌گیری از AHP Fuzzy در محیط GIS و مدل DPSIR کار خود را انجام داده‌اند.

مریانجی و رمضانی (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان «واکاوی میزان اثرگذاری عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی استان همدان با استفاده از مدل آنتروپی شانون و GIS» تأثیرات عوامل طبیعی همچون پوشش گیاهی، پارامترهای اقلیمی و آب و هوایی را موردبررسی قرار داده‌اند.

الکساندرا[3] (۲۰۰۷) در مقاله خود با استفاده از GIS و

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با هدف تعیین میزان آسیب‌پذیری شهری با مدنظر قرار دادن شاخص‌های طبیعی و انسان‌ساخت به ارزیابی آسیب‌پذیری رواناب‌های سطحی در منطقه شهری پرداخته‌اند.

ثقفی و همکاران (۱۳۹۱) با مطالعه حوضه آبریز اوجانچای، طبقه‌بندی ریسک مخاطرات سیل را با ارزیابی کاربرد روش ژئومورفولوژی و استفاده از منطق فازی موردمطالعه قرار داده‌اند.

اسماعیلی علویچه و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیل را با استفاده از منطق فازی مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

مایک ویلیامسون[۴] (۲۰۱۸) به‌عنوان مدیر پروژه طرح SFCA[۵] «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. مقدمه و بررسی الزامات و قوانین مرتبط؛
۲. منطقه موردمطالعه برای استراتژی ارزیابی پیامدهای سیلاب؛
۳. چهارچوب 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. نتیجه‌گیری، پیشنهادها و ارائه راهکارها.

در این طرح:

– پیامدهای سیل شامل: تلفات جانی، خسارات مالی، اختلال در زندگی و کسب‌وکار و سایر پیامدها همچون ضرر مالی، مشکلات روانی و مشکلات سلامتی است.

– پیامدهای سیل با مدنظر قرار گرفتن موارد ذیل مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است:

الف) خطرات ناشی از سیل (عمق آب، سرعت جریان، سرعت شروع، مدت زمان، اثرات موج، کیفیت آب)؛

ب) آسیب‌پذیری جامعه (نوع توسعه، ماهیت، ساختار سن، جمعیت، وجود و قابلیت اطمینان اقدامات کاهشی و ...).

درنهایت با مشخص بودن احتمال و درست نمایی وقوع سیلاب و همچنین پیامدهای سیل در هر بخش، برای برآورد خطرپذیری سیلاب در منطقه موردمطالعه و ارائه راهکارهای مدیریتی از معادله«خطرپذیری سیل = احتمال وقوع سیل × پیامدهای سیل» بهره گرفته شده است.

باپون فخرالدین و همکاران (۲۰۲۱)[۶] برای بررسی و ارزیابی پیامدها و شناسایی مناطق در معرض خطرات محیطی در مقاله‌ای تحت عنوان «ارزیابی خطرات احتمالی سیل ناشی از سونامی و در معرض خطر قرار گرفتن جزایر اقیانوس آرام – فیجی» ضمن بیان مسئله، ارزیابی خطر احتمالی سیل ناشی از سونامی را به‌عنوان یک رویداد طبیعی با دوره برگشت ۱ در ۱۰۰۰۰ سال برای دو جزیره پرجمعیت فیجی یعنی ویتی لوو و وانوا لوو ارائه می‌کنند. پس از ارزیابی احتمالی خطر سونامی، این مقاله نتایج ارزیابی در معرض خطر قرار گرفتن جمعیت، دارایی‌ها و زیرساخت‌های حیاتی آسیب‌پذیر در برابر طغیان سونامی را نیز ارائه می‌کنند. محققین در این مقاله از یک روش ترکیبی، یعنی ترکیبی از مدل‌های هیدرودینامیکی، رویکردهای احتمالی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تحلیل کمّی برای تعیین حداکثر ارتفاع سونامی و در معرض خطر قرار گرفتن دارایی‌ها به دنبال خطر ناشی از سیل سونامی استفاده می‌کنند.

با نگاهی به مبانی نظری مرتبط، ریسک پتانسیل یک

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

خروجی ناخواسته یا عواقب ناگوار است که می تواند به دنبال انواع مخاطرات (حادثه، سانحه یا فاجعه) ایجاد شود. به عبارتی ریسک خسارت محتملی است که با داشتن تابع توزیع احتمال می توان میانگین آن را محاسبه کرد. به طورکلی در مباحث مرتبط با مدیریت سوانح، ریسک را توسط درست نمایی (احتمال) وقوع یک خطر، آسیب‌پذیری و پیامد ناشی از آن تعریف می‌کنند (امیدوار و وجدانی نوذر، ۱۴۰۰؛ Lewis, 2020). باتوجه‌به سیستم یا شبکه مدنظر جهت ارزیابی ریسک، معادلات مختلفی توسط صاحب‌نظران آن سیستم یا آن شبکه تعریف شده است، لیکن شناخته‌شده‌ترین معادلات به‌کاررفته در مدیریت سوانح به شرح زیر است (امیدوار و وجدانی نوذر، ۱۴۰۰؛ Lewis, 2020؛ Michael, 2011).

1. Risk= T.V.C
2. Risk= Pa.(1-Pe).C

T= تهدید (بر مبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ است یا بر مبنای درصد تعریف می‌شود)

V= آسیب‌پذیری (بر مبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ است یا بر مبنای درصد تعریف می‌شود)

C = عواقب یا پیامد (باتوجه‌به اینکه عواقب چه موضوعی مدنظر باشد واحد آن متفاوت خواهد بود)

Pa= احتمال وقوع یک خطر (بر مبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ است یا بر مبنای درصد تعریف می‌شود)

Pe = کارایی سیستم (بر مبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ است یا بر مبنای درصد تعریف می‌شود)

1-Pe= ناکارایی سیستم (بر مبنای احتمال بوده و عددی بین ۰ و ۱ است یا بر مبنای درصد تعریف می‌شود)

ارزیابی ریسک در یک سیستم معمولاً با سه رویکرد انجام می گیرد؛ یا دارایی محور است یا سناریو محور و در برخی موارد هم به‌صورت ترکیبی انجام می‌شود (امیدوار و وجدانی نوذر، ۱۴۰۰؛ Michael, 2011). فارغ از هر رویکرد، آنچه همواره در ارزیابی ریسک باید موردتوجه باشد، فرایند ارزیابی است (تصویر شماره ۱) که در طی آن باید مؤلفه‌های ریسک شامل تهدید، آسیب‌پذیری و عواقب یا پیامد موردبررسی و سنجش قرار گیرد.

در این خصوص، تهدید تابعی از نیت، انگیزه، قابلیت و الگوی عملیاتی شناخته‌شده‌ای از جانب محیط پیرامونی یا انسان‌ها است و می‌تواند منجر به خرابی و خسارت در عناصر، سیستم ها و جامعه شود. در بحث پدافند غیرعامل تهدیدات را عوامل انسانی مشخص می کنند و در حوزه مدیریت بحران معمولاً تهدیدات از جانب خطرات محیطی و طبیعی است و پیامد در ارزیابی ریسک، شامل پتانسیل یک تهدید در اثرگذاری موفقیت‌آمیز به یک دارایی یا یک جامعه است (گیوه چی، ۱۳۹۷). آسیب پذیری در لاتین (vulus) به معنای صدمه و آسیب است و در فرهنگ انگلیسی آسیب‌پذیری به‌صورت خاص به معنای صدمه دیدن ازلحاظ فیزیکی یا عاطفی تعریف می‌شود (Adger, 2000)، بر اساس تعریف سازمان ملل متحد، آسیب‌پذیری شرایطی است که توسط عوامل یا فرایندهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی تعریف می شود و آمادگی جوامع را در مقابل آثار و پیامدهای ناشی از سوانح، کاهش می دهد. آسیب پذیری درواقع بیانگر احتمال این است که یک عنصر یا مجموعه ای از عناصر و به بیان بهتر یک سیستم یا شبکه مشخص تحت اثر یک خطر مشخص وارد فاز خرابی گردد. به عبارتی آسیب‌پذیری یک جنبه فیزیکی و عملکردی است که با نتیجه اینکه یک دارایی در اثر یک خطر مشخص دچار شکستگی و خرابی می شود، مرتبط است. با ملاحظه تعاریف آسیب‌پذیری، روند آن را در

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

قالب حداقل سه رویکرد عمده می توان موردبررسی قرار داد:

۱. اولین تعریف که پرکاربردترین و نیز برداشت پیش پاافتاده ای از آن است، با مفهوم در معرض خطر بودن مرتبط است و تنها بر درجه آسیب محتمل تمرکز می کند، این تعریف فنی و مبتنی بر ایده های فیزیکی است.

۲. در مقابل تعریف دوم بر شرایط اجتماعی – اقتصادی تأکید می کند و آسیب‌پذیری بر اساس وضعیت واحد در معرض تعریف می‌شود.

۳. رویکرد سوم نیز ترکیبی از رویکردهای فنی و اجتماعی – اقتصادی سوانح و گسترش آن ها است. لذا اهمیت روزافزون مفهوم آسیب پذیری و کاربرد آن، به‌عبارتی دیگر، ارزیابی و تخمین آسیب پذیری نشان می دهد که چطور شیوه های سوانح و تصمیم گیری تغییر کرده است (رمضان زاده لسبوئی، ۱۳۹۵).

اهداف تجزیه‌وتحلیل آسیب‌پذیری یک سیستم در برابر سوانح معمولاً شامل موارد زیر است:

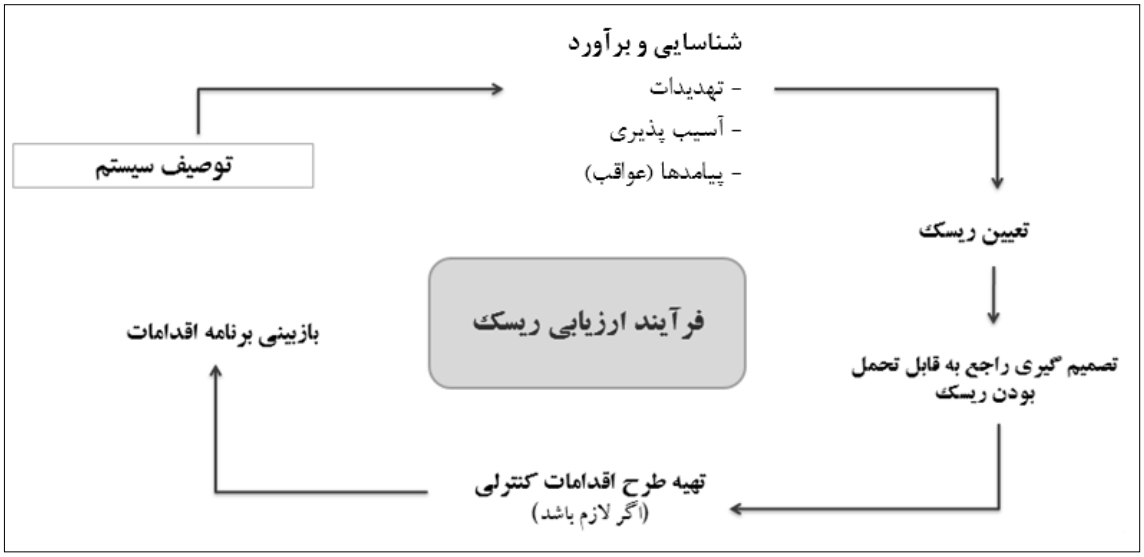
الف. شناسایی و تعیین کمیت خطراتی که می توانند بر روی سیستم تأثیر بگذارند؛

ب. برآورد حساسیت در برابر آسیب اجزای سازنده یک سیستم؛

ج. شناسایی اقدامات و رویه‌های تدوین برنامه اضطراری؛

د. ارزیابی اثربخشی برنامه‌های پیشگیری و اضطراری و اجرای آن‌ها؛

ه. تعریف اقداماتی که باید در طرح پیشگیری و کاهش آثار گنجانده شود، مانند: پروژه‌های مقاوم‌سازی، بهبود حوضه های آبخیزداری و ارزیابی پایه ها و سازه ها (Renaud, 2019; Washington, 1998).



ت۱. فرایند ارزیابی ریسک

روش تحقیق

الف. مخاطره موردبررسی تحقیق (سیلاب شهری)

با تغییر کاربری اراضی از مزارع و جنگل به خیابان و ساختمان و همچنین تصرف مسیر رودخانه ها و انهار علاوه بر انسداد و کاهش قدرت انتقال سیلاب و رواناب، قدرت جذب باران توسط زمین کم می‌شود؛ به‌گونه‌ای که اراضی با تمرکز جمعیت در شهر ۲ تا ۶ برابر رواناب بیشتری نسبت به اراضی بکر و

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

طبیعی تولید می‌کنند و در زمان سیلاب خیابان‌ها و کوچه‌ها به رودخانه‌ها و مسیل‌های پرسرعت تبدیل می‌شود که می‌توانند زندگی شهری را مختل کنند و باعث خسارت فراوان گردد.

باتوجه‌به 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، ۱۳۸۹؛ وجدانی نوذر و همکاران، ۱۴۰۰).

باتوجه‌به 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 باتوجه‌به میزان پیامد احتمالی (وجدانی نوذر و همکاران ۱۴۰۰).

ب. قلمرو جغرافیایی موردمطالعه

در سطح جهان در حدود ۴۳ مخاطره طبیعی با زیرمجموعه های متعدد شناسایی شده است. از این تعداد باتوجه‌به موقعیت زمین‌شناسی و اقلیمی در حدود ۳۴ مورد ایران را تهدید می‌کند. استان همدان یکی از استان‌های غربی کشور نیز مانند تمامی مناطق ایران از این قاعده جدا نیست و مخاطرات متعددی آن را تهدید می‌کند. بر اساس بررسی‌های صورت‌گرفته، ۲۲ مخاطره طبیعی احتمال وقوع در این استان را دارد که پس از خشکسالی، سیلاب و رواناب به‌عنوان دومین مخاطره اولویت‌دار در این استان است (Vejdani Nozar, 2019).

ج. فرایند و مراحل تحقیق

در این تحقیق باتوجه‌به اهمیت اقدامات قبل از وقوع سیلاب، فرایند ارزیابی ریسک و رده‌بندی آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل در مراکز جمعیتی منطقه موردمطالعه به شرح زیر مدنظر قرار گرفته است:

۱. تهیه آمار که قسمت عمده آن از آمار مربوط به اداره کل هواشناسی و قسمتی دیگر از آمار و داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری شرکت آب منطقه‌ای استان همدان جمع‌آوری شده است.

۲. مطالعه پوشش گیاهی، خاک‌شناسی و زمین‌شناسی منطقه و همچنین قابلیت اراضی و به‌طورکلی معرفی خصوصیات طبیعی استان همدان.

۳. تجزیه وتحلیل عناصر اقلیمی (دما و بارش) در یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹).

۴. برآورد احتمال وقوع و دوره بازگشت بارش های سنگین (به روش توزیع گمبل).

۵. برآورد احتمال وقوع و دوره بازگشت بارش های حداکثری ۲۴ ساعته و حداکثر دبی لحظه ای (به روش توزیع گمبل).

۶. بررسی فیزیوگرافی و هیدرولوژی حوضه های اصلی منطقه استان همدان (برآورد ارتفاع و شکل حوضه با GIS و تخمین ضریب شکل ازطریق مستطیل معادل).

۷. بررسی توزیع مکانی سیل‌های رخ‌داده و ثبت‌شده در نقاط مختلف استان (بر مبنای سوابق موجود و GIS)

۸. بررسی توزیع زمانی سیلاب رخ‌داده و همچنین تراکم آن (بر مبنای سوابق موجود و GIS).

۹. انتخاب شاخص های «بارش، شیب، هیدروژئولوژی،

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/42.181.119]

کاربری اراضی و فاصله از رودخانه» و محاسبه میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها در وقوع سیلاب با توجه به سیلاب‌های گذشته (تعیین وزن شاخص‌ها ازطریق نظر خبرگان و وزن‌دهی شاخص‌ها به روش آنتروپی شانون).

۱۰. محاسبه میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها در وقوع سیلاب و شناسایی مناطق پرخطر (ازطریق ترکیب امتیاز شاخص‌ها).

۱۱. تشکیل مدل فازی k-means از پارامترهای تأثیرگذار و پیاده‌سازی آن در پایتون (تلفیق GIS با تحلیل تصمیم چند معیاره).

۱۲. بررسی مناطق آسیب پذیر ازنظر سیل خیزی و شناسایی مراکز جمعیتی در معرض خطر (پیاده‌سازی نقشه و لایه‌های استانداردشده هر یک از شاخص‌های تأثیرگذار «بارش، شیب، هیدروژئولوژی، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه» ازطریق AHP Fuzzy در محیط GIS)

۱۳. پیاده‌سازی نقشه پهنه‌بندی خطر سیل ازطریق ماتریس استانداردشده نظرات خبرگان در محیط GIS و روی‌هم‌گذاری تمامی نقشه‌ها و تهیه نقشه ریسک سیلاب.

۱۴. رده‌بندی مراکز جمعیتی (شهرهای) با ریسک خیلی زیاد و در صورت نیاز پیشنهاد انجام مطالعات بیشتر و دقیق‌تر.

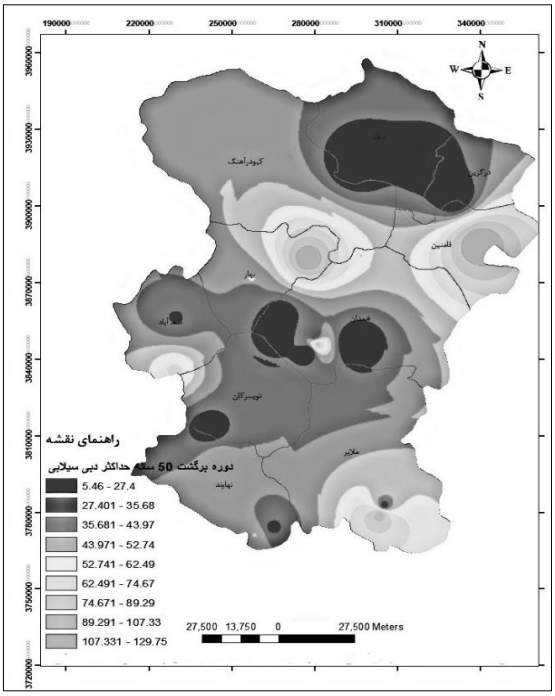
۱۵. ارائه مدل مفهومی رده‌بندی مراکز جمعیتی ازلحاظ خطرپذیری (آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل سیلاب).

یافته‌ها

مطالعه احتمال وقوع و دوره بازگشت دبی سیلابی به‌عنوان خطر در استان همدان

در این بخش با استفاده از داده‌های دبی سیلابی از روش توزیع گمبل اقدام به بررسی احتمال وقوع و دوره برگشت‌های آن (۵۰، ۲۵ و ۱۰) در سطح استان همدان شده است که مبنای مطالعات در این تحقیق، سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ سال است (تصویر شماره ۲). تعیین دبی سیلابی بر اساس آنالیز آماری ایستگاه هیدرومتری واقع در خروجی حوضه با توجه به دوره بازگشت‌های مختلف میسر است.

بر این اساس در تمامی نقشه‌ها در مناطق مرکزی و جنوبی استان همدان، دبی سیلابی بیشتر و در شمال استان کمتر است. هرقدر دوره بازگشت طولانی‌تر می‌گردد؛ میزان دبی سیلابی نیز بیشتر می‌گردد.



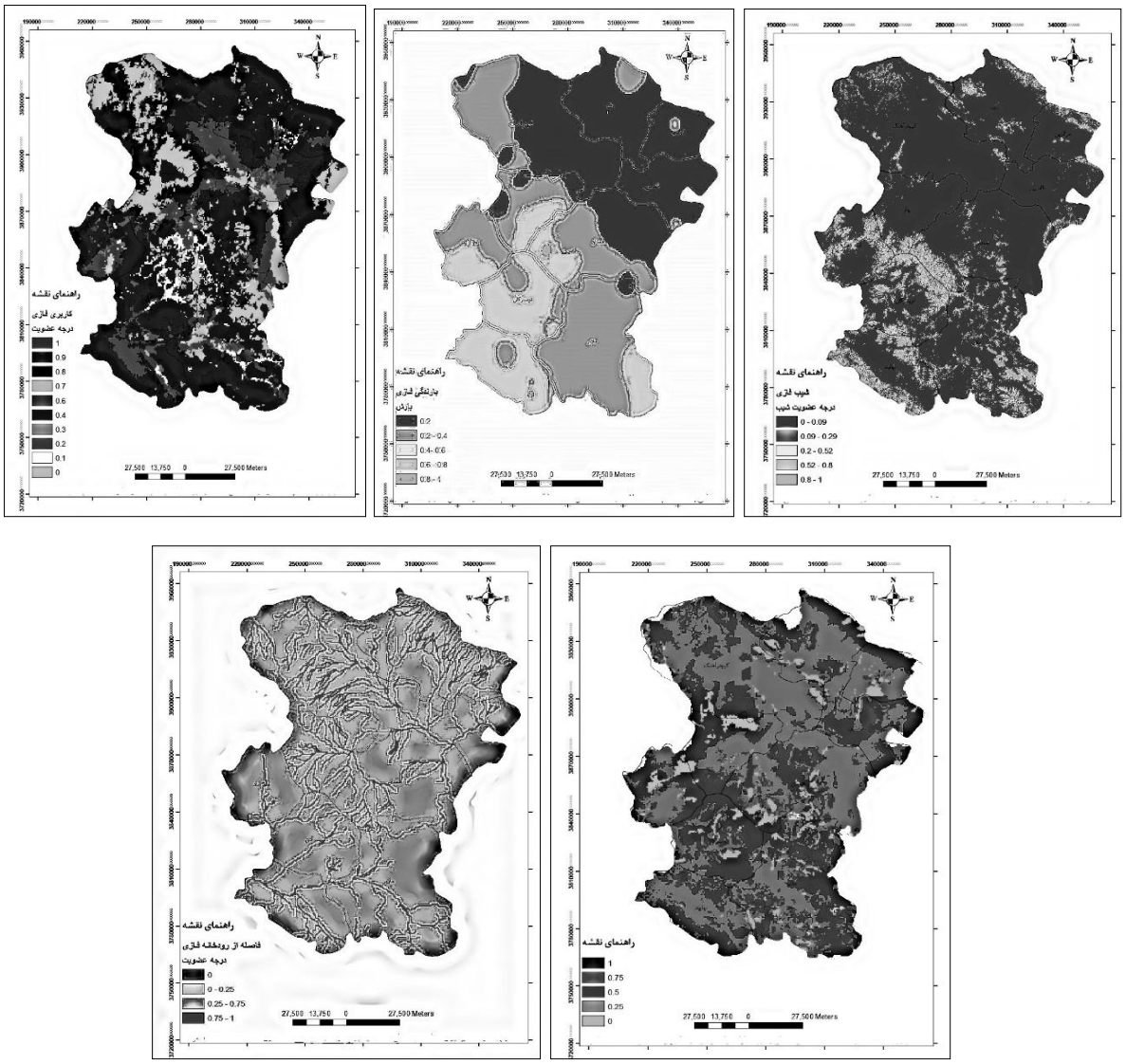
ت۲. نقشه احتمال وقوع دبی سیلابی با دوره بازگشت ۵۰ سال در استان همدان

انتخاب شاخص‌های مؤثر در وقوع خطر سیلاب

ازآنجایی‌که رویکرد این تحقیق، ارزیابی «خطر» یکی از مؤلفه‌های ریسک (خطر، آسیب‌پذیری و پیامد) است؛ لذا با فرض ایجاد سیلاب به‌طور طبیعی، شاخص‌های مؤثر در وقوع خطر سیلاب «بارش، شیب،

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

هیدروژئولوژی، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه» انتخاب شده است (Maryanaji et al., 2020) که محاسبه میزان تأثیر هر یک از این شاخص‌ها در وقوع سیلاب باتوجه‌به سیلاب‌های گذشته و بر اساس نظر خبرگان و وزن‌دهی آن‌ها به روش آنتروپی شانون موردبررسی و در ادامه ازطریق ترکیب امتیاز شاخص‌ها میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها در وقوع سیلاب مشخص و مناطق پرخطر شناسایی شده‌اند. جهت آماده‌سازی نقشه و لایه‌های استانداردشده هر یک از شاخص‌های تأثیرگذار نیز از روش AHP Fuzzy در محیط GIS استفاده شده است (تصاویر شماره ۳).



ت۳. نقشه لایه‌های استانداردشده شاخص‌های تأثیرگذار در سیلاب احتمالی استان همدان

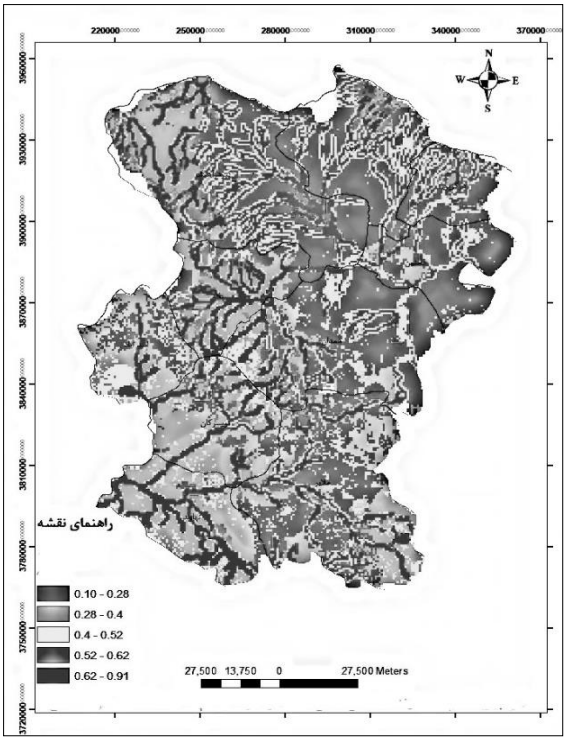
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

روش ترسیم نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در استان همدان

باتوجه‌به سوابق مکانی و زمانی سیلاب و از طرفی اهمیت نقطه نظرات کارشناسان و متخصصین مرتبط و همچنین نگاهی به نقشه‌های شاخص‌های مؤثر،«بارش، شیب، هیدروژئولوژی، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه»، نقشه خطر سیلاب استان همدان با استفاده از ماتریس استانداردشده نظرات خبرگان در محیط GIS تهیه شده است (جدول شماره ۱ و تصویر شماره ۴).

ج ۱. ماتریس استانداردشده نظرات خبرگان در خصوص شاخص‌های مؤثر در سیلاب احتمالی استان 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



ت ۴. نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در استان همدان

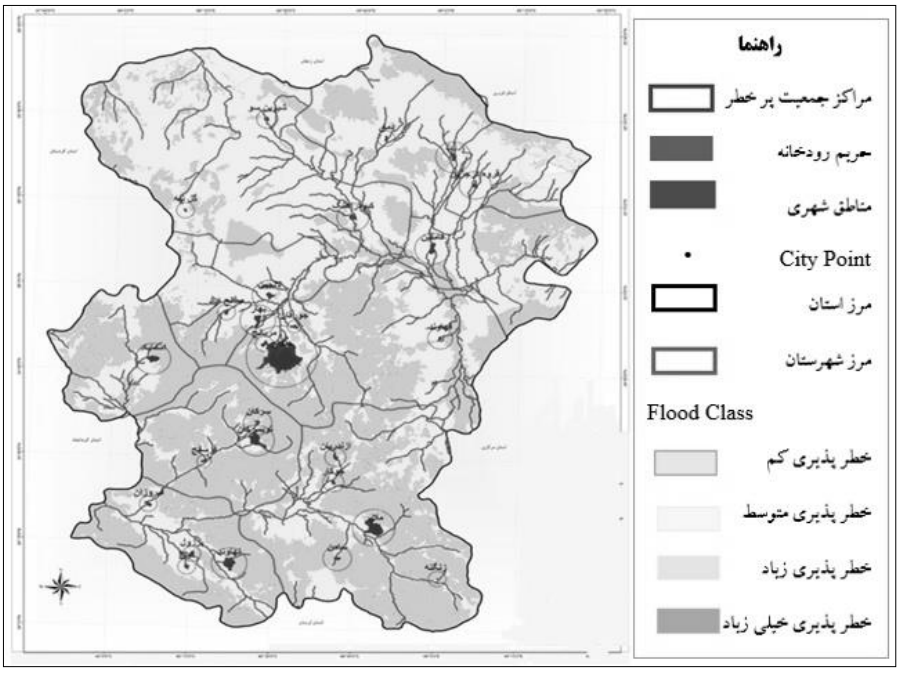
تهیه نقشه ریسک سیلاب در مراکز جمعیتی استان همدان

با به دست آمدن نقشه خطر سیل استان همدان و موجود بودن لایه‌هایی همچون کاربری اراضی، محدوده مراکز جمعیتی و همچنین مشخص بودن وضعیت شاخص‌های مؤثر در مناطق موردمطالعه می‌توان با روی‌هم گذاشتن لایه‌ها به‌ویژه لایه مراکز جمعیتی بر روی نقشه خطر سیل، ضمن ترسیم نقشه ریسک (تصویر شماره 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. باتوجه‌به نتایج ارزیابی و همچنین نقشه به‌دست‌آمده ریسک سیلاب در مراکز جمعیتی استان همدان، رده‌بندی و اولویت مراکز شهرستانی استان همدان به لحاظ آسیب‌پذیری و رویارویی با پیامدهای محتمل سیلاب به ترتیب شهرهای همدان، ملایر، تویسرکان، نهاوند، اسدآباد، کبودرآهنگ، رزن، بهار، فامنین و قروه درگزین است.

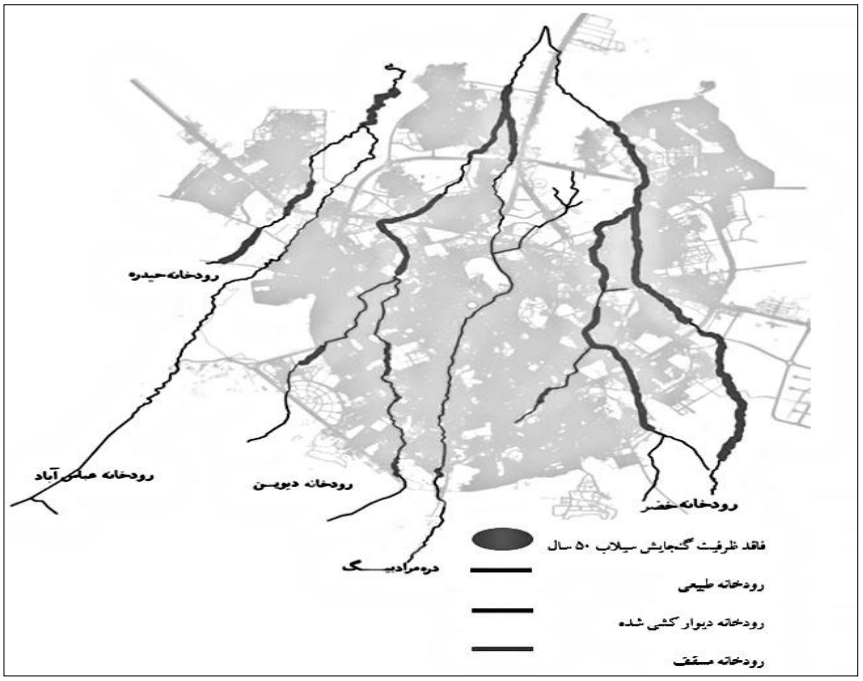
صحت سنجی اولویت به‌صورت پایش میدانی و تجارب رخداد سیلاب در شهر همدان (سیلاب سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۶) موردبررسی قرار گرفت. این شهر به دلیل قرار گرفتن در دامنه کوهستان الوند و گذر پنج رودخانه اصلی (حیدره، عباس‌آباد، دیوین، دره مرادبیک و خضر) و سه سرشاخه فرعی مجموعاً به طول ۶۴ کیلومتر از داخل بافت مسکونی در پهنه ریسک نسبی خیلی زیاد قرار گرفته است؛ به‌طوری‌که با 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 (تصویر

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

شماره ۶)، لذا این شهر به‌عنوان مرکز استان همدان باتوجه‌به تراکم جمعیت بالا، در اولویت برآورد دقیق ریسک، تحلیل آسیب‌پذیری و اقدامات کاهشی قرار دارد.



ت ۵. نقشه ریسک سیلاب در استان همدان



ت ۶. نقشه وضعیت رودخانه‌های عبوری از داخل شهر همدان با بازه‌های طبیعی، دیوارکشی‌شده، مسقف و مسیرهای بدون توان گذر سیلاب ۵۰ ساله

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

ارائه مدل مفهومی جهت رده‌بندی مراکز جمعیتی ازلحاظ خطرپذیری

در مقایسه و بررسی تطبیقی روش های موجود در حوزه ارزیابی و رده‌بندی آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل سیلاب شهری هرچند روش‌های کمّی و کیفی در جای خود حائز اهمیت هستند، لیکن یافته ها نشان می دهد اگر هدف برنامه ریزی کاربردی و عملیاتی باشد، روش‌های ترکیبی به دلیل کیفیت و دقت بالا نتیجه بهتری خواهد داشت. لذا در این تحقیق باتوجه‌به هدف، روش ترکیبی مورداستفاده تحت عنوان مدل مفهومی «ارزیابی خطر سیل در استان همدان به‌منظور رده‌بندی آسیب‌پذیری و پیامدهای» طبق تصویر شماره ۷ تعریف می‌گردد که شامل مراحل زیر است:



ت ۷. مدل مفهومی رده‌بندی مراکز جمعیتی ازلحاظ خطرپذیری (آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل سیلاب)

- برآورد احتمال وقوع و دوره بازگشت بارش های سنگین و سیلابی ازطریق تکنیک توزیع گمبل
- برآورد ارتفاع و شکل حوضه و همچنین توزیع مکانی و زمانی سیل‌های رخ‌داده و ثبت‌شده با استفاده از GIS
- تعیین وزن شاخص‌ها «بارش، شیب، هیدروژئولوژی، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه» ازطریق نظر خبرگان و وزن دهی به روش آنتروپی شانون
- تشکیل مدل فازی k-means از پارامترهای تأثیرگذار

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/42.181.119]

- پیاده‌سازی لایه‌های استانداردشده شاخص‌های مؤثر با استفاده از روش AHP Fuzzy
- پیاده‌سازی نقشه آسیب‌پذیری ازطریق ماتریس استانداردشده نظرات خبرگان در محیط GIS
- تهیه نقشه ریسک سیلاب با روی‌هم‌گذاری تمامی نقشه‌ها
- رده‌بندی مراکز شهرستان‌های استان همدان ازلحاظ آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل ناشی از سیلاب.

هرچند به صراحت نمی‌توان گفت روش و مدل به‌کاررفته در استان همدان برای ارزیابی ریسک به جهت رده‌بندی آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل در مراکز شهرستانی آن، روش ایدئال و بهتری نسبت به سایر روش ها است، لیکن این روش در ابتدا با ارزیابی ریسک سیلاب در سطح استان و مشخص شدن نقشه ریسک، رده‌بندی مراکز شهرستان‌های استان همدان ازلحاظ آسیب‌پذیری و پیامدهای محتمل ناشی از سیلاب را انجام می‌دهد. در ادامه پیشنهاد می‌شود با مشخص شدن اولویت‌ها بهتر است با استفاده از روش مناسب، ارزیابی دقیق‌تر ریسک و تحلیل جزئی‌تر آسیب‌پذیری در بخش‌ها و سیستم‌های موجود در آن در اولویت قرار گیرد.

نتیجه

باتوجه‌به نتایج ارزیابی و همچنین نقشه به‌دست‌آمده ریسک سیلاب در مراکز جمعیتی استان همدان، رده بندی و اولویت مراکز شهرستانی استان همدان به لحاظ آسیب‌پذیری و رویارویی با پیامدهای محتمل سیلاب به ترتیب شهرهای همدان، ملایر، تویسرکان، نهاوند، اسدآباد، کبودرآهنگ، رزن، بهار، فامنین و قروه درگزین است. لازم به ذکر است، در این روش صرفاً میزان در معرض خطر بودن و محتمل بودن آسیب‌پذیری و وقوع پیامدهای ناشی از رخداد سیل در مراکز جمعیتی مشخص می‌شود و برای برآورد دقیق آسیب‌پذیری و پیامد احتمالی در هر یک از کاربری‌های این مراکز، همچون حوزه کشاورزی، بناها، شریان‌های حیاتی و .... نیاز به ارزیابی و برآورد جداگانه است. متعاقب ارزیابی و مدیریت ریسک مخاطره‌ای همچون سیلاب معمولاً راهکارها در سه حوزه آمادگی، کاهش آثار و پیشگیری خلاصه می‌شود.

پی‌نوشت

1. Yashon et al., 2014
2. Armenakis et al., 2017
3. Aleksandra , 2007
4. Mike Williamson, 2018
5. Strategic Flood Consequence Assessment Flintshire
6. Fakhruddin, B., et al. (2021)

فهرست منابع

- اسماعیلی علویچه، الهام؛ کریمی، سعید؛ علوی پور، فاطمه سادات. (۱۳۹۹). ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیل با منطق فازی، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره ۳، ۳۶۱-۳۴۹.
- امیدوار، بابک؛ وجدانی نوذر، علی. (۱۴۰۰). ارزیابی ریسک کیفی زیرساخت حیاتی آب، مطالعه موردی سیستم آب‌رسانی یک شهر، دوازدهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، ۲۱ تا ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- پایدار، ابوذر؛ سنجری، امیر ارسالان. (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، ۴۲-۲۱.
- پشتوان، حمید. (۱۳۸۹). مدیریت ریسک سیلاب شهری، ناشر؛ کارگروه تخصصی سیل و طغیان رودخانه، وزارت نیرو.
- پورمحمد، بهزاد. (۱۳۹۸). سیل و زلزله، انتشارات صالحیان.
- ثقفی، مهدی؛ رضایی مقدم، محمد حسین. (۱۳۹۱). ارزیابی کاربرد روش ژئومورفولوژی جهت طبقه‌بندی ریسک مخاطرات سیل با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: حوضه آبریز اوجانچای)، فصلنامه پژوهش های فرسایش محیطی، شماره پنجم، بهاررریا، ۲۷-۱۳.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/42.181.119]

– رمضان زاده لسبوئی، مهدی. (۱۳۹۵). مبانی و مفاهیم تاب‌آوری شهری (مدل‌ها و الگوها)، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، شهرداری تهران، گزارش شماره ۳۷۳، ۶۵-۲.
– درفشی، خه بات؛ عادلی، فاطمه؛ ملک محدی، بهرام. (۱۳۹۹). ارائه الگویی در تحلیل و پهنه‌بندی 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، ۱۶-۵.
– کردونی، هدی. (۱۳۹۳). دستورالعمل تعیین و اعتباربخشی معیارهای کنترل موجود جهت تدوین برنامه ایمنی آب آشامیدنی، دبیرخانه کمیته راهبردی برنامه ایمنی آب آشامیدنی، مرکز سلامت محیط کار، تهران.
– گیوه چی، سعید. (۱۳۹۷). متدولوژی شناسایی، رتبه‌بندی و ارزیابی تهدیدات و خطرات در حوزه زیرساخت‌ها؛ (https://www.acgih.ir).
– قبادی، مرتضی، احمدی؛ پری، معصومه؛ صالحی، اسماعیل. (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک سیلاب سکونتگاه‌های انسانی در راستای توسعه پایدار با بهره‌گیری از AHP Fuzzy در محیط GIS و مدل DPSIR (مطالعه موردی : منطقه آبعلی)، فصلنامه علمی و پژوهشی علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره هجدهم، ویژه‌نامه شماره۲، پاییز، ۳۶۳-۳۵۱.
– محمودزاده، حسن، امامی کیا، وحید و رسولی، علی اکبر. (۱۳۹۳). ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP، فصلنامه تحقیقاتی جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، (بهار ۱۳۹۴). شماره پیاپی ۱۱۶، ۱۸۰-۱۶۷.
– مریانجی، زهره؛ رمضانی، ابوذر. (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، ۲۰۷-۱۸۵.
– وجدانی نوذر، علی؛ خدابنده لو، مجتبی. (۱۳۹۱). مروری بر تجربیات مدیریت بحران سیل سال ۲۰۱۰ میلادی کشور پاکستان، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران، تهران.
– وجدانی نوذر، علی؛ گیوه چی، سعید؛ نوحه گر، احمد. (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، ۱۷۵-۱۶۰.
-Adger, W.N., (2000). Social and ecological resilience, are they related?, Progress in Human raphy Geography, 24(3), pp. 347-364.
-Aleksandra B. (2007). Geographical Information System for the assessment of vulnerability to urban surface runoff, NOVATECH.
-Armenakis, Costas, Xinheng Du, Erin,Natesan, Sowmya, Persad, Ravi Ancil & Zhang, Ying. (2017), Flood Risk Assessment in Urban Areas Based on Spatial Analytics and Social Factors, Geosciences Journal. 7, 123, pp. 1-15.
-Fakhruddin, Bapon, Kintada, Karunakar & Tilley, Laura. (2021). "Probabilistic tsunami hazard and exposure assessment for the pacific islands - Fiji", International Journal of Disaster Risk Reduction, 64, 102458, pp. 1-11.
-Maryanaji, Zohre, Merrikhpour, Hajar & Vejdani Nozar, Ali. (2020). Flood risk zoning based on the hydro- climatic characteristics of basins in Hamedan Province; Iran, Journal of Advances in Environmental Health Research, 8:, pp. 111-123.
-Michael J. Fagel, PhD, CEM. (2011).“ Principles of Emergency Management and Emergency Operations Centers (EOC)”, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Renaud, F. (2019). OPERANDUM: OPEn-air laboRAtories for Nature based solutions to Manage hydro-meteo risks, REVIEW ON VULNERABILITY AND RISK ASSESSMENT SPECIFIC TO NBS, University of Glasgow (UoG).
- Vejdani Nozar, Ali. (2019), Future Studies in Water Resources Management with a View on Drought and Water Crisis in Hamedan Province, INTERNATIONAL CONGRESS ON CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE & RECREATION OF METROPOLISES MUNCH – GERMANY SEPTEMBER.
- Washington, D.C. (1998), Natural Disaster Mitigation in Drinking Water and Sewerage Systems-Guidelines for Vulnerability Analysis, Pan American Health Organization, Regional Office of the, World Health Organization.
-Ted, G. Lewis. (2020).“ CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION IN HOMELAND SECURITY,” Defending a Networked Nation, USA.
-Williamson, M. (2018), "Strategic Flood Consequence Assessment Flintshire", Ruairi Barry, Flintshire County Council, Charlotte Lloyd-Randall BSc.
-Yashon O. Ouma & Tateishi, Ryutaro. (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, pp. 1515-1554.

DOI: 10.22034/42.181.119

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/42.181.119]