فصلنامه اقتصاد و برنامه ریزی شهری

سایت نشریه: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

مقاله پژوهشی

شناسایی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری سیلاب شهری بندرعباس با تأکید بر مدیریت رواناب شهری

یوسف احمدی[۱]، ام‌البنین بذرافشان[۲*]، علی سلاجقه[۳]، ارشک حلی‌ساز[۴]، علی آذره[۵]

[۱] دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آبخیز، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۲] دانشیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۳] استاد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۴] استادیار گروه آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۵] استادیار، گروه جغرافیا، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳

تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۷/۲۸

کلمات کلیدی:

اقتصادی‌اجتماعی

تصمیم‌گیری‌چندمعیاره

رواناب شهری

سیلاب شهری

چکیده:

سیل به عنوان یکی از رویدادهای طبیعی شناخته می‌شود که همواره موجب تلفات انسانی و خسارت به ساختمان‌ها، تأسیسات، باغ‌ها، کشتزارها و منابع طبیعی شده و همواره باعث تهدید زندگی، اموال و دارایی‌های افراد بی‌شماری شده است. در این مطالعه، به بررسی آسیب‌پذیری سیلاب شهری بندرعباس با استفاده از شاخص‌های وضعیت اقتصادی اجتماعی، تراکم شهری، تراکم جمعیت و کیفیت ساختمان و روش تاپسیس سلسله‌مراتبی پرداخته شد. از این‌رو، ابتدا وزن و اهمیت شاخص‌ها براساس نظرات کارشناسی و روش تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین شد. سپس، آسیب‌پذیری شهر در برابر سیل با استفاده از روش تاپسیس محاسبه شد. محدودهٔ مطالعه‌شده به ۵ بلوک شهری تفکیک، و سپس ماتریس تصمیم‌گیری با توجه به ۵ بلوک و ۴ شاخص تشکیل شد. در نهایت، نقشهٔ نهایی آسیب‌پذیری سیل شهری بندرعباس در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. نتایج تحلیل آسیب‌پذیری نشان داد عامل تراکم جمعیت با وزن ۰/۳۰۶ دارای بیشترین اهمیت است. در نهایت، تحلیل جامع آسیب‌پذیری سیل بندرعباس اثبات کرد که بخش‌های جنوبی و مرکزی این شهر و بلوک شهری شمارهٔ ۵، دارای آسیب‌پذیری بیشتری بوده و این بخش‌ها برای مدیریت رواناب شهری و آب‌گرفتگی در اولویت بالایی هستند. تراکم جمعیت زیاد می‌تواند از علل آسیب‌پذیری این منطقه در برابر سیل باشد. توسعهٔ فضای سبز و افزایش ظرفیت سیستم جمع‌آوری رواناب خیابان‌ها، از جمله اقدامات مهم برای کاهش آب‌گرفتگی شهری است. همچنین، توزیع مکانی تراکم جمعیتی و تراکم شهری در بندرعباس، نامتوازن بود و این موضوع باید در برنامه‌های مدیریتی این شهر لحاظ شود تا میزان تمرکز جمعیتی در مناطق دارای آسیب‌پذیری زیاد کاهش یابد.

DOI: 10.22034/UE.2021.02.03.10

مقدمه

سیلاب از مخرب‌ترین خطرهای طبیعی است که جبران آثار آن به‌خصوص در مناطق که مظاهر توسعهٔ انسانی در آنجا به چشم می‌خورد (مانند شهرها)، هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند توسعهٔ شهرنشینی، به‌ویژه در حاشیهٔ رودخانه‌ها، بر خسارت‌های سیل در دهه‌های اخیر افزوده است. از این‌رو، آگاهی از میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهری و توجه به موضوع مدیریت سیلاب‌های شهری، حائز اهمیت است (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۵؛ فرخزاده و همکاران، ۱۳۹۹).

در مناطق شهری تخمین سریع و دقیق میزان خسارت‌های ناشی از سیل باید جزء اولویت‌های سیاست‌گذاری برای کاهش آسیب‌های آتی مد نظر قرار گیرد (داتا[1] و همکاران، ۲۰۰۳)، و همچنین بعد از وقوع سیلاب

*نویسنده مسئول:

ایمیل: o.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

1 Dutta

در مناطق شهری تخمین خسارت اقتصادی ناشی از آن جهت اختصاص منابع لازم برای بهبود و ساخت دوبارهٔ زیرساخت‌ها بااهمیت و بسیار مفید است. مطالعهٔ سیلاب در حوضه‌های آبخیز به‌خصوص حوضه‌های شهری مستلزم جمع‌آوری و بهره‌برداری حجم زیادی از داده‌ها و اطلاعات گوناگون برای شناخت خصوصیات فیزیکی، هیدرولوژی، هیدورلیکی و کاربری اراضی حوضه است. به این دلیل، مدیریت سیلاب در یک حوضه، اهمیت نگرش سیستمی به سیکل هیدرولوژی موجود در حوضهٔ آبخیز را توجیه می‌کند. با بررسی اطلاعات و آمار صدمات سالیانهٔ ناشی از وقوع سیلاب‌های ویرانگر در جهان و همچنین ایران درمی‌یابیم که گستردگی خسارت‌های ناشی از سیلاب به منابع طبیعی و غیر طبیعی مانند مناطق مسکونی و تأسیسات زیربنایی شهری، انسانی و اقتصادی و اجتماعی مناطق مختلف، متغیر است. به این دلیل باید متناسب با تمامی عوامل دخیل در ایجاد و طغیان سیلاب‌های مخرب منطقه‌ای، تدوین برنامه‌ای جامع و هدفمند برای کنترل، مهار و بهره‌برداری بهینه و با اعمال اقدامات مدیریتی مناسب، انجام پذیرد. بنابراین، پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه‌های شهری می‌تواند از جمله اقدامات مناسب مدیریتی باشد که نقش به‌سزایی در کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع سیلاب دارد (وهابی، ۱۳۸۵). استان هرمزگان و شهر بندرعباس نیز عاری از این بلای طبیعی نبوده است و بارها معرض سیلاب قرنار گرفته است. برای مثال، در تاریخ ۱۰ بهمن ۱۳۹۵ طبق برآوردهای صورت‌گرفته توسط ادارهٔ کل مدیریت استان هرمزگان، میزان خسارت ناشی از سیل در شرق هرمزگان حدود ۱۵۰ میلیارد تومان بوده است.

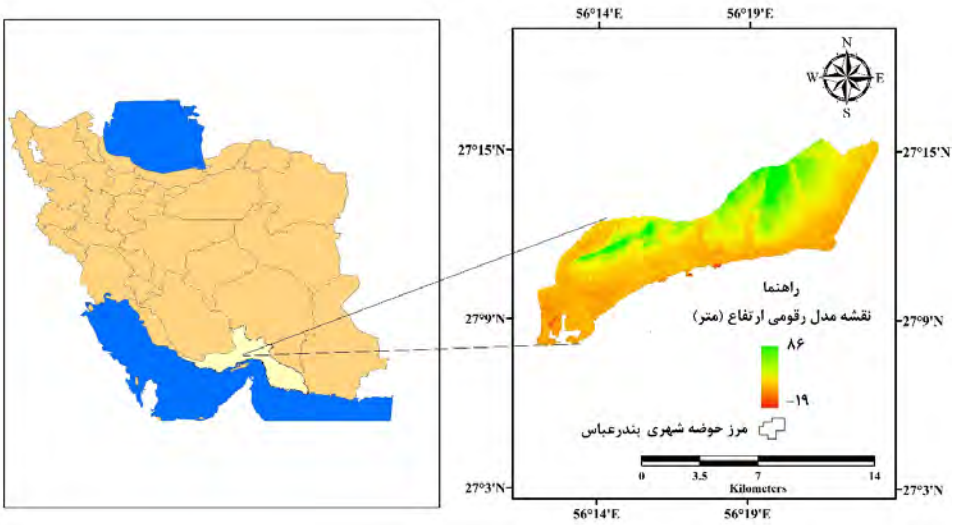
توسعهٔ مناطق شهری و روستایی، تبدیل اراضی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی در دهه‌های اخیر موجب تغییر در خصوصیات و شرایط هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز شده و به تبع آن، رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌ها دستخوش تغییر شده که از اثرات آن ایجاد رواناب بیش از حد ظرفیت رودخانه بوده که به‌صورت سیلاب‌های مخرب قابل مشاهده است. همچنین، سیل‌گرفتگی شهرها و خسارت‌ها و زیان‌های فیزیکی (تخریب ساختمان‌ها؛ معابر عمومی و زیرساخت‌ها)؛ صرف هزینه‌های اضطراری و خسارت واردشده بر بهداشت و سلامت مردم نمونه‌ای از مشکلات برآمده از وقوع سیلاب‌ها هستند. طی سالیان اخیر به دلیل گسترش فیزیکی شهرها پدیدهٔ سیلاب تحت عنوان «سیلاب شهری» جایگاهی جدیدی را در مطالعات شهری برای پژوهشگران و مدیران شهری باز کرده است (قهرودی تالی، ۱۳۸۸؛ اکبری و همکاران، ۱۴۰۰).

پیشینه تحقیق

با توجه به شرایط توسعهٔ نامناسب شهری در بیشتر مناطق از یک‌سو و ماهیت غیرمترقبه بودن سوانح طبیعی همچون سیل، لزوم اتخاذ سریع و درست تصمیم‌ها، اجرای عملیات، به‌کارگیری مدل‌ها و مبانی نظری بسیار احساس می‌شود. به‌کارگیری علومی مانند روش‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی به برنامه‌ریزان کمک خواهد کرد تا با ارزیابی سریع از ظرفیت خطرات طبیعی از جمله سیل در جهت کاهش آثار زیان‌بار ناشی از آن اقدام کنند (زیاری و همکاران، ۱۳۹۹). در این زمینه، مطالعات متعددی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است؛ برای مثال، امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰)، به پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدودهٔ شهر سبزوار با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP[2]) پرداختند. به این‌منظور از نقشه‌های کاربری اراضی، تراکم جمعیت، مسیل‌ها، طبقات شیب، تراکم مسکونی، ضریب CN[3]، ضریب رواناب، فضای باز و قدمت ابنیه استفاده کردند. پس از تعیین ماتریس و رابطهٔ دوبه‌دوی فاکتورها (AHP) که توسط نرم‌افزار Expert choice محاسبه شد، با توجه به اینکه بسط‌دهندهٔ AHP طراحی‌شده برای نرم‌افزار ArcGIS تا ماتریس ۵*۵ را محاسبه می‌کند، بنابراین از نرم‌افزار IDRISI مقدار ویژه محاسبه شد. بعد از تعیین وزن هر یک از فاکتورها در محیط GIS وزن‌های به‌دست‌آمده را در هر یک از لایه‌ها ضرب کرده و نقشهٔ پهنه‌بندی خطر سیل از ترکیب لایه‌ها در محیط GIS حاصل شد. طبق نتایج حدود ۴۵ درصد شهر سبزوار در پهنهٔ خطر سیل زیاد قرار داشت. فتوحی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به پهنه‌بندی ریسک سیلاب شهری در شهر نهاوند پرداختند. نتایج حاصل از خروجی مدل نشان می‌دهد از وسعت ۸۶۱ هکتاری شهر نهاوند ۴۰/۲ درصد از محدوده دارای وضعیت با ریسک کم تا بسیار کم، ۳۱/۵ درصد دارای وضعیت با ریسک متوسط و ۲۸/۱ درصد از محدودهٔ مطالعه‌شده نیز در شرایط با ریسک منطق فازی در شهر ایلام پرداختند. با بررسی و تحلیل نهایی نقشهٔ به‌دست‌آمده به این نتیجه رسیدند که نواحی شمال و شمال غرب بیشترین ظرفیت در برابر خطر سیل را دارند. همچنین، از کل مساحت منطقه ۰/۶ درصد در طبقهٔ آسیب‌پذیری بسیار زیاد، ۶/۲۹ درصد در طبقه آسیب‌پذیری زیاد، ۲۰/۹۲ درصد در طبقهٔ آسیب‌پذیری متوسط، ۵۰/۲۳ درصد در طبقهٔ آسیب‌پذیری کم و ۲۱/۹۵ درصد در طبقهٔ آسیب‌پذیری بسیار کم قرار دارند.

وانگ[4] و همکاران (۲۰۱۹) از روش‌های فرایند ارزیابی تصمیم‌گیری ساخته‌شده، فرایند تحلیلی شبکه، ترکیب خطی وزنی و تکنیک اعداد خشن فاصله به منظور تعیین مناطق حساس سیلاب در شهرستان شانگیو، چین استفاده کردند. نتایج پژوهش آنان نشان داد ترکیب روش فازی و روش ترکیب خطی وزنی برای مدل‌سازی سیلاب در منطقهٔ مطالعه‌شده مؤثرتر است. کستاچه[5] و همکاران (۲۰۲۰) ترکیبی جدید از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP[6])، شاخص آنتروپی (IoE[7]) و ماشین بردار پشتیبان (SVM[8]) برای پیش‌بینی مناطق مستعد سیل در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ بوزاو (رومانی) معرفی کردند. نتایج پژوهش آنان نشان داد همهٔ مدل‌های هیبریدی عملکرد پیش‌بینی زیادی نسبت به مدل‌های مستقل

2 Analytic hierarchy process
3 Curve number
4 Wang
5 Costache
6 Fuzzy Analytic hierarchy process
7 index of entropy
8 Support vector machine



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده

دارند. سوییسی[9] و همکاران (۲۰۲۰) برای تهیهٔ نقشهٔ حساسیت به سیل در منطقهٔ گابس با استفاده از مدل «تصمیم‌گیری چندمعیاره - فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی» در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد بارزترین عامل وقوع سیل عامل ارتفاع (۲۲/۵ درصد) و شاخص خطر سیل برابر ۶/۳۰ است. اکمکچی اوغلو[10] و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی خطر سیلاب در استانبول ترکیه با استفاده از روش ترکیبی فازی AHP-TOPSIS پرداختند. در این مطالعه نتایج بیانگر آن بود که نقشه‌های تهیه‌شده نتایج متفاوتی نسبت به نظرات کارشناسان و متخصصان دارند. که با توجه به تغییر مناطق مستعد سیل، میزان سرمایه‌گذاری در این مناطق نیز کاهش پیدا می‌کند. مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ سیلاب شهری، اهمیت این موضوع را نشان می‌دهد.

شهر بندرعباس از یک طرف به دلیل موقعیت جغرافیایی و رژیم بارندگی رگباری با شدت زیاد و مدت کم و از سویی دیگر، به دلیل رشد و توسعهٔ چشم‌گیر آن طی چند سال اخیر، با معضل بزرگی به نام سیلاب مواجه است. برای کنترل و مهار سیل در شهر بندرعباس، تا کنون نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب مورد توجه نبوده و در قالب طرح پژوهشی فعالیت چندانی صورت نگرفته است. بنابراین، برای پیش‌بینی دامنهٔ خسارت‌های ناشی از سیلاب و تدوین برنامه‌های کنترل و مهار سیلاب، تهیهٔ نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل و آسیب‌پذیری سیلاب مهم و ضروری به نظر می‌رسد. همچنین، تا کنون مطالعه‌ای در زمینهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سیلاب شهری با استفاده از عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر سیلاب انجام نشده و در بیشتر مطالعات بررسی آسیب‌پذیری با روش سلسله‌مراتبی، از عوامل محیطی استفاده شده است. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی آسیب‌پذیری سیلاب شهر بندرعباس با استفاده از روش تاپسیس (TOPSIS) و عوامل اقتصادی- اجتماعی است. به منظور پیش‌بینی دامنهٔ خسارت‌های ناشی از سیلاب در شرایط مختلف و توجیه اقتصادی و اجتماعی برنامه‌های کنترل و مهار سیلاب، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سیل ضروری به نظر می‌رسد؛ از این‌رو، تهیهٔ نقشهٔ آسیب‌پذیری سیل می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های آتی، مدیریت سیل‌خیزی و آمایش سرزمین در منطقهٔ مطالعه‌شده نقش به‌سزایی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

حوضهٔ آبخیز شهری بندرعباس با مساحتی حدو ۳۷۹ کیلومترمربع، در جنوب استان هرمزگان و حاشیهٔ خلیج‌فارس واقع شده است. ارتفاع این حوضه از سطح دریا به طور متوسط ۴۰ متر است. این حوضهٔ آبخیز دارای ۵ زیرحوضه و به بیانی ۵ آبراههٔ اصلی و موقتی است، که جهت همگی آن‌ها از شمال به جنوب است و به دریا ختم می‌شود. همچنین، به لحاظ مسائل شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری، باید اذعان کرد که منطقهٔ مطالعه‌شده دارای تنوع کاربری زیادی (مانند مناطق شهری، اراضی بایر، اراضی مرتعی و...) بوده و کف‌سازی و سنگ‌فرش خیابان و پیاده‌روها و نبود سطوح نفوذپذیر، مشکلات مربوط به آسیب‌پذیری منطقه را دو چندان کرده است (صارمی و همکاران، ۱۳۹۷).

روش کار

تحلیل آسیب‌پذیری سیلاب

برای تحلیل آسیب‌پذیری سیلاب شهری از فاکتورهای مؤثر تحت

9 Souissi
10 Ekmekcioğlu

عنوان «فاکتورهای غیرمحیطی» شامل وضعیت اقتصادی- اجتماعی منطقه (براساس نظر کارشناسان مسکن و شهرسازی استان هرمزگان)، تراکم شهری (تعداد ساختمان‌های هر بلوک به مساحت)، تراکم جمعیت (تعداد جمعیت بلوک به مساحت) و کیفیت ساختمان استفاده شد. این داده‌ها از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان هرمزگان تهیه شد. به منظور برآورد آسیب‌پذیری سیلاب در این پژوهش از روش تاپسیس[11] استفاده شد.

از این‌رو ابتدا شاخص‌های مؤثر بر سیل‌خیزی شهر بندرعباس از طریق مطالعات و تجربهٔ کارشناسی تعیین شد. به این منظور، بر اساس مطالعات جغرافیایی و سوابق سیلاب در این شهر، متغیرهای وضعیت اقتصادی- اجتماعی، تراکم شهری، تراکم جمعیت و کیفیت ساختمان به عنوان متغیرهای اصلی تأثیرگذار بر افزایش آسیب‌پذیری سیلاب، به کارشناسان معرفی شد و از آن‌ها خواسته شد که تقدم اولویت خطر را به صورت زوجی به روش سلسله‌مراتبی و مقیاس ۱ تا ۹ ارزش‌گذاری کنند. در نهایت، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و با استفاده از ۳۰ پرسشنامه، وزن هر یک از شاخص‌های استفاده‌شده تعیین شد. پس از استخراج شاخص‌های مؤثر، نقشهٔ مربوط به هر یک از شاخص‌های مؤثر به کمک نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد و با استفاده از روش TOPSIS، شاخص‌ها با یکدیگر ترکیب و مدل‌سازی نهایی به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت. سپس، محدودهٔ مطالعه‌شده بر اساس وزن شاخص‌ها رتبه‌بندی شد و نقشهٔ آسیب‌پذیری شهر در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد و در نهایت، تجزیه‌وتحلیل آسیب‌پذیری شهر در برابر سیل انجام شد.

مراحل انجام تحقیق به شرح زیر است:

۱-تعیین وزن معیارها

در این تحقیق از روش فرایند سلسله‌مراتبی برای به دست آوردن وزن لایه‌ها استفاده شده است. پس از تعیین ماتریس مقایسات زوجی و اولویت‌بندی متغیرها، برای تعیین وزن معیارها از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. در این نرم‌افزار ابتدا میانگین هندسی هر سطر از ماتریس مقایسهٔ زوجی (bij) با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود.

$$bij = \left(\prod_{i=1}^{k} a_{ij}\right)^{\frac{1}{k}} \quad (۱)$$

b_{ij} میانگین هندسی هر سطر از ماتریس مقایسهٔ زوجی، a_{ij} اهمیت معیار iام نسبت به معیار jام و k تعداد معیارهای تصمیم‌گیری است. در نهایت، وزن نهایی هر معیار با استفاده از رابطهٔ ۲ به دست می‌آید.

$$w_i = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{k} b_{ij}} \quad (۲)$$

w_i وزن معیار iام است (اکبرپور و همکاران، ۱۳۹۵).

سپس، برای بررسی کارایی روش سلسله‌مراتبی از ضریب سازگاری (CR[12]) استفاده شد. چنانچه ضریب سازگاری محاسبه‌شده با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است؛ در غیر این صورت، باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود (ساتی[13]، ۲۰۰۴).

۲- اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش تاپسیس

در گام بعد، از تکنیک TOPSIS که یک روش تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی گزینه‌ها است، استفاده شد. یکی از مدل‌های معروف تصمیم‌گیری چندشاخصهٔ مدل تاپسیس (TOPSIS)[14] است که توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد و تا کنون مقالات متعددی با استفاده از این روش و در علوم مختلف که با مدیریت در ارتباط هستند، به چاپ رسیده است.

در این روش میزان فاصله یک عامل با عامل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی سنجیده می‌شود و این خود معیار درجه‌بندی و اولویت‌بندی عوامل است، بهترین گزینه یا عامل باید نزدیک‌ترین عامل به ایده‌آل مثبت و دورترین عامل نسبت به ایده‌آل منفی باشد (جون[15]، ۲۰۱۳). در این تکنیک نیازمند استفاده از داده‌های کمی هستیم و برای شاخص‌های کیفی نیز باید با استفاده از مقیاس‌های مناسب آن را به مقدار کمی تبدیل کنیم. در این روش شاخصی تحت عنوان «نزدیکی نسبی به گزینه i ام» به راه‌حل ایده‌آل معرفی می‌شود و گزینه‌ای که دارای بیشترین ضریب نزدیکی یا cl^{+} است، انتخاب می‌شود و یا گزینه‌ای که کمترین cl^{-} را دارد، انتخاب می‌شود.

در روش تاپسیس، ماتریس n×m تصمیم‌گیری که m گزینه و n معیار دارد، ارزیابی می‌شود و فرض بر این است که هر شاخص و معیار ماتریس تصمیم‌گیری مطلوبیت افزایشی یا کاهشی یکنواخت دارد (پوطاهری، ۱۳۸۹). در این پژوهش بلوک‌های شهری به عنوان گزینه‌ها و پارامترهای مؤثر در وقوع سیل به عنوان معیار شناخته می‌شوند. در این روش m گزینه به وسیلهٔ n شاخص، پس از طی کردن مراحل زیر ارزیابی می‌شود (مؤمنی، ۱۳۹۲):

مرحلهٔ اول: ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری، با توجه به تعداد گزینه‌ها (۵ بلوک شهری) و تعداد شاخص‌ها (۴ شاخص غیر محیطی).

مرحلهٔ دوم: نرمال‌سازی و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری، با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی نرم (رابطهٔ ۳). در بی‌مقیاس‌سازی نرم هر عنصر ماتریس تصمیم‌گیری بر مجموع مجذور مربعات عناصر هر ستون، تقسیم می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}} \quad (۳)$$

11 Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

12 Consistencey ratio

13 Saaty

14 Technique for order of preference by similarity to ideal solution

15 Jun

n_{ij}، مقدار بی‌مقیاس‌شدهٔ گزینهٔ i، از نظر شاخص j است. با این شیوه، کلیهٔ ستون‌های ماتریس تصمیم‌گیری، دارای واحد طول مشابه (از بردار نظیر) می‌شوند و می‌توان به‌راحتی، آن‌ها را با هم مقایسه کرد.

مرحلهٔ سوم: به دست آوردن ماتریس موزون، از ضرب ماتریسی ماتریس نرمال‌شده در ماتریس قطری وزن‌ها (رابطهٔ ۴). Wj وزن معیار jام در بردار W است. در این مطالعه، وزن معیارها و شاخص‌ها براساس روش سلسله‌مراتبی تعیین می‌شود.

$$V = N \times W_{n\times n} \quad (۴)$$

مرحلهٔ چهارم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (آسیب‌پذیری سیل کم) و ایده‌آل منفی (آسیب‌پذیری سیل زیاد) با استفاده از روابط ۵ و ۶.

(۵) [بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V]= راه حل ایده‌آل مثبت (v_j^+)

(۶) [بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V]= راه حل ایده‌آل منفی (v_j^-)

«بهترین» مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است. به بیانی دیگر، شاخص‌های مثبت هر چه بیشتر و شاخص‌های منفی هر چه کمتر باشند، مناسب‌تر است (پوطاهری، ۱۳۸۹).

مرحلهٔ پنجم: به دست آوردن میزان فاصلهٔ هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی با استفاده از روابط ۷ و ۸.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^+)^2} \qquad i = 1,2,\ldots,m \quad (۷)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad i = 1,2,\ldots,m \quad (۸)$$

مرحلهٔ ششم: تعیین نزدیکی نسبی (CL*)یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل با استفاده از رابطهٔ ۹.

$$CL^+ = \frac{d_{j^-}}{d_{j^-} + d_{j^+}} \quad (۹)$$

مرحلهٔ هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها. گزینه با بیشترین میزان cl به عنوان مطلوب‌ترین گزینه (کمترین آسیب‌پذیری سیل) شناخته می‌شود.

یافته‌ها

هدف از تحقیق حاضر با توجه به موارد گفته‌شده، تحلیل آسیب‌پذیری سیلاب با استفاده از شاخص‌های غیرمحیطی است. در بررسی تحلیل آسیب‌پذیری، بیشتر از متغیرهای اقتصادی- اجتماعی استفاده می‌شود؛ چرا که ممکن است با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی تشخیص داده شود که منطقه به لحاظ متغیرهای محیطی از نوع پرخطر است، اما به لحاظ عوامل آسیب‌پذیری نظیر کیفیت ساختمان، تراکم شهری، تراکم جمعیت و وضعیت اقتصادی اجتماعی آسیب‌پذیر نباشد. نتایج حاصل از تحلیل آسیب‌پذیری نواحی مختلف شهر بندرعباس نسبت سیل به صورت زیر است:

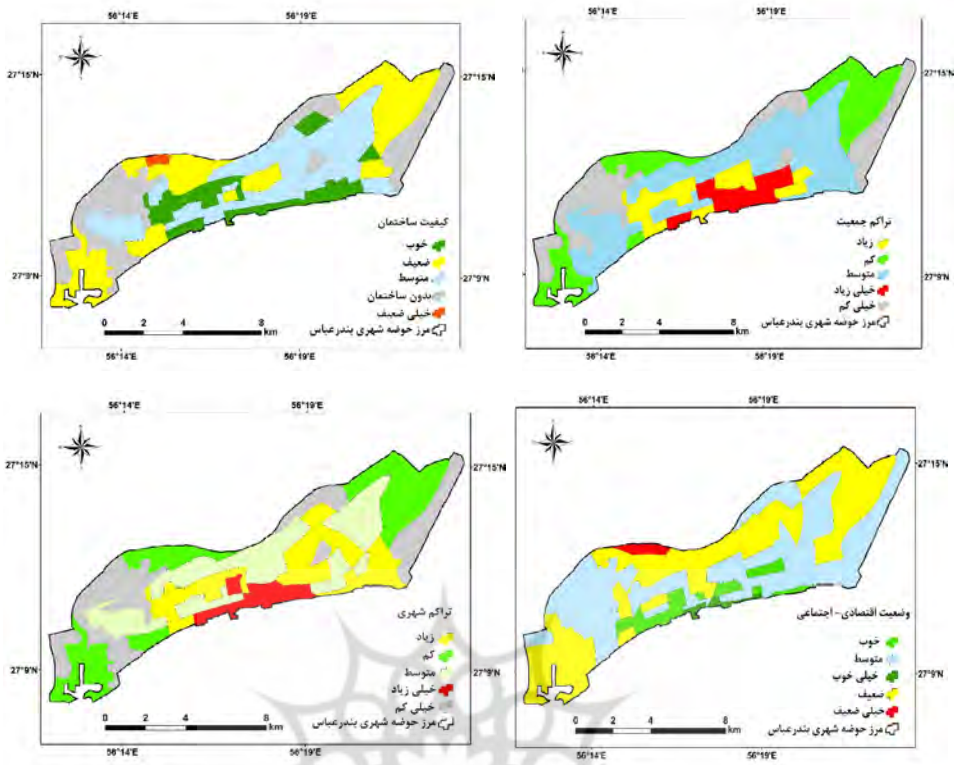
۱- بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری سیل

شکل ۲، نقشهٔ عوامل مؤثر بر تحلیل آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی فاکتورها نشان داد بخش‌های جنوبی و مرکزی شهر بندرعباس تراکم جمعیت بیشتری داشته و در قسمت‌های غربی و شرقی این شهر، تراکم خیلی کمتر است. غالباً ساختمان‌های واقع در بخش‌های ساحلی شهر بندرعباس به علت نوساز بودن، کیفیت و امنیت بیشتری دارد. از طرفی، بخش‌های جنوب غربی و شمال شرقی دارای ساختمان‌هایی سنتی با کیفیت پایین‌تر است. براساس آمار موجود، قسمت‌هایی که در حاشیهٔ ساحل قرار دارند، از وضعیت اقتصادی- اجتماعی مطلوب‌تری برخوردارند؛ در قسمت‌های شمالی، غربی و جنوبی نیز وضعیت اقتصادی- اجتماعی مردم ضعیف‌تر است. در بخش جنوبی این شهر به دلیل نزدیک بودن به دریا و منظرهٔ زیبا، تراکم شهری زیادتر است و در بخش‌های شمالی، غربی و شرقی، تراکم شهری کمتر است. امتیاز کلاس‌های عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری، در جدول ۱ نشان داده شده است. کلاس تراکم جمعیت خیلی زیاد، کلاس کیفیت ساختمان کم، کلاس اقتصادی- اجتماعی ضعیف و تراکم شهری خیلی زیاد بیشترین امتیاز را دارد.

۲- بررسی اولویت معیارها

مسئلهٔ بررسی‌شده ۴ شاخص دارد، بنابراین دانستن اهمیت نسبی شاخص‌ها ضرورت دارد. از این‌رو، به هر شاخص یک وزن داده می‌شود، به صورتی که مجموع اوزان شاخص‌ها برابر با ۱ باشد. برای ارزیابی اوزان شاخص‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد که در این مطالعه با توجه به ماهیت روش TOPSIS از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است. در این روش هرچه یک شاخص دارای وزن بیشتری باشد، آن شاخص اهمیت بیشتری دارد. نتایج این روش نشان داد وزن تراکم جمعیت ۰/۳۰۶، کیفیت ساختمان ۰/۰۵۹، تراکم شهری ۰/۰۲۳ و وضعیت اقتصادی ۰/۰۲۲ است. بنابراین، تراکم جمعیت مهم‌ترین معیار مؤثر بر آسیب‌پذیری است. کیفیت ساختمان، تراکم شهری و وضعیت اقتصادی- اجتماعی به‌ترتیب جایگاه‌های دوم تا چهارم را به خود اختصاص می‌دهد (جدول ۲).

طبق نتایج، میزان سازگاری (CR) به‌دست‌آمده براساس روش سلسله‌مراتبی کمتر از ۰/۱ (۰/۰۶۶) است که کارایی مناسب این روش در اولویت‌بندی معیارها برای بررسی آسیب‌پذیری سیلاب شهری بندرعباس را نشان می‌دهد (جدول ۲).



شکل ۲. نقشهٔ عوامل مؤثر بر تحلیل آسیب‌پذیری

جدول ۱. امتیاز کلاس‌های عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری

فاکتور	کلاس	امتیاز
تراکم جمعیت	خیلی کم	۱
	کم	۲
	متوسط	۳
	زیاد	۴
	خیلی زیاد	۵
کیفیت ساختمان	بدون ساختمان	۰
	خیلی ضعیف	۴
	ضعیف	۳
	متوسط	۲
	خوب	۱
اقتصادی و اجتماعی	خیلی ضعیف	۵
	ضعیف	۴
	متوسط	۳
	خوب	۲
	خیلی خوب	۱
تراکم شهری	خیلی کم	۱
	کم	۲
	متوسط	۳
	زیاد	۴
	خیلی زیاد	۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲. نتایج مقایسهٔ زوجی معیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری

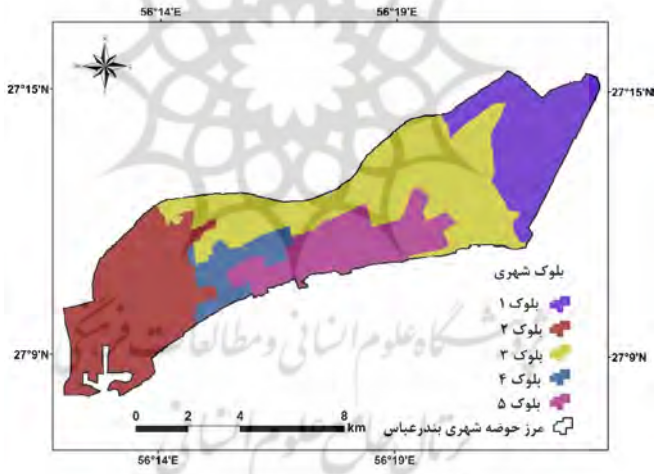
عوامل	تراکم جمعیت	کیفیت ساختمان	تراکم شهری	وضعیت اقتصادی- اجتماعی	وزن عامل
تراکم جمعیت	۱	۷	۶	۵	۰/۳۰۶
کیفیت ساختمان		۱	۳	۲	۰/۰۵۹
تراکم شهری			۱	۲	۰/۰۲۳
وضعیت اقتصادی- اجتماعی				۱	۰/۰۲۲
میزان سازگاری (CR)			۰/۰۰۶		

جدول ۳. ماتریس تصمیم‌گیری و امتیاز هر شاخص به ازای گزینه‌های مختلف

گزینه ها	بلوک شهری ۱	بلوک شهری ۲	بلوک شهری ۳	بلوک شهری ۴	بلوک شهری ۵	وزن معیار
وضعیت اقتصادی- اجتماعی	۹	۵	۴	۲	۱	۰/۰۲۲
تراکم شهری	۸	۵	۴	۲	۱	۰/۰۲۳
تراکم جمعیت	۷	۴	۳	۲	۱	۰/۳۰۶
کیفیت ساختمان	۹	۸	۵	۳	۱	۰/۰۵۹

۱: نامناسب

۹: مناسب



شکل ۳. بلوک‌های شهری منطقهٔ مطالعه‌شده

جدول ٤. ماتریس نرمال‌شده

گزینه ها	بلوک شهری ۱	بلوک شهری ۲	بلوک شهری ۳	بلوک شهری ۴	بلوک شهری ۵
وضعیت اقتصادی- اجتماعی	۰/۸	۰/۴۴	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۰۹
تراکم شهر	۰/۷۶	۰/۴۸	۰/۳۸	۰/۱۹	۰/۱
تراکم جمعیت	۰/۷۹	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۲۳	۰/۱۱
کیفیت ساختمان	۰/۶۷	۰/۶	۰/۳۷	۰/۲۲	۰/۰۷

جدول ۵. ماتریس وزن‌دار

گزینه ها	بلوک شهری ۱	بلوک شهری ۲	بلوک شهری ۳	بلوک شهری ۴	بلوک شهری ۵
وضعیت اقتصادی_ اجتماعی	۰/۰۱۷	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۲۰
تراکم شهر	۰/۰۱۰۷۶	۰/۰۱۱۰	۰/۰۰۸۸	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۲۲
تراکم جمعیت	۰/۲۴۱۵	۰/۱۳۷۸	۰/۱۰۳۴	۰/۰۶۸۶	۰/۰۳۴۵
کیفیت ساختمان	۰۳۹۴۶۰	۰/۰۳۵۲	۰/۰۲۲۰	۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۴۴

جدول ٦. میزان فاصله تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی

گزینه‌ها	فاصله از ایده‌آل منفی	فاصله از ایده‌آل مثبت	ضریب نزدیکی
بلوک شهری ۱	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۹۳
بلوک شهری ۲	۰/۱۱	۰/۱	۰/۵۱
بلوک شهری ۳	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۳۴
بلوک شهری ۴	۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۱۸
بلوک شهری ۵	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۰۷

جدول ۷. مساحت طبقات آسیب‌پذیری سیل

مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	آسیب‌پذیری سیل
۷/۰۸	۶۴۴/۸۸	خیلی زیاد
۳/۵۳	۳۲۱/۷۵	زیاد
۶/۶۷	۶۰۷/۳۱	متوسط
۶/۲۱	۵۴۸۱/۱۶	کم
۲۲/۶	۲۰۴۸/۴۷	خیلی کم
۱۰۰	۹۱۰۳/۵۵	مساحت کل

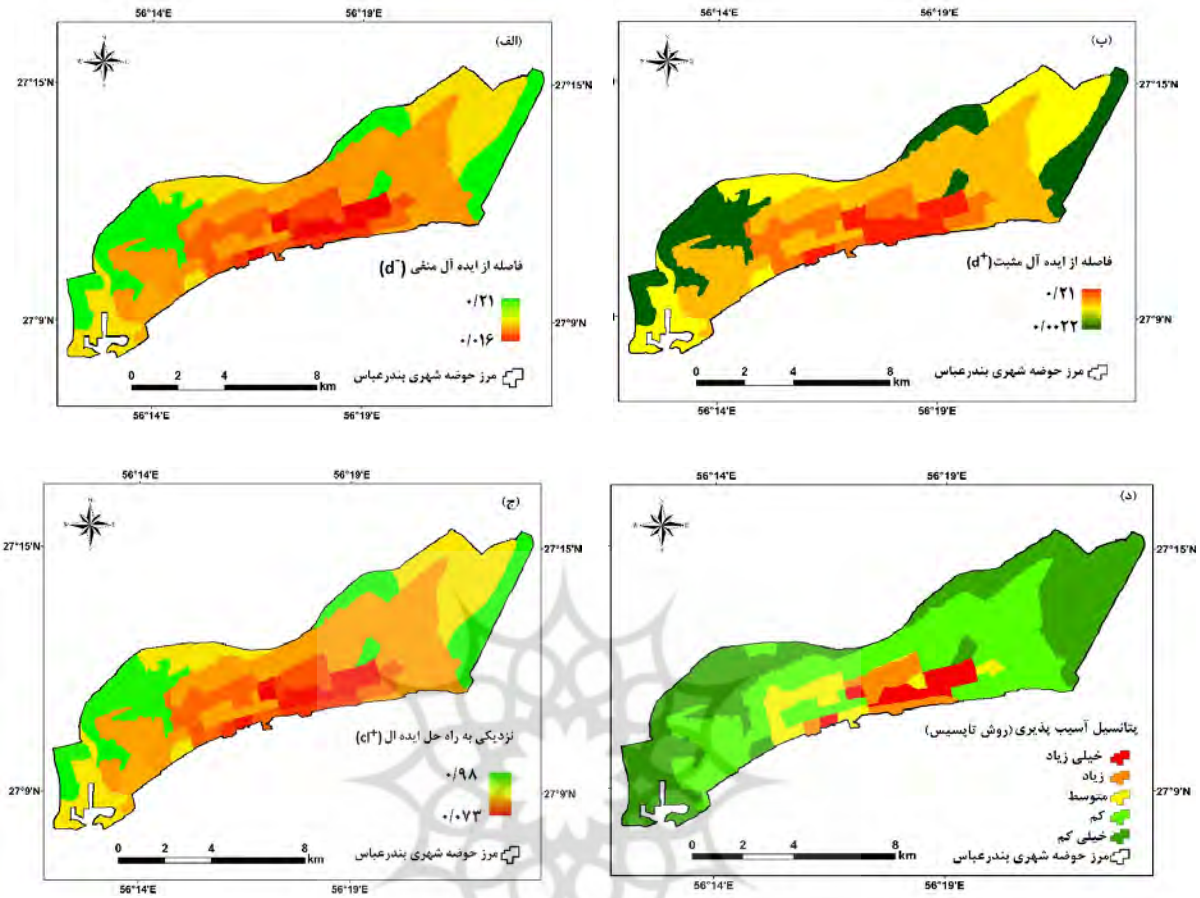
۳-اولویت‌بندی گزینه‌ها براساس روش تاپسیس

در مرحلهٔ بعد رتبه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه در برابر سیل با استفاده از روش TOPSIS انجام شد. برای این منظور، در مرحلهٔ اول با توجه به تعداد گزینه‌ها (۵ بلوک شهری) و تعداد شاخص‌ها (۴ شاخص) ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل شد. جدول ۳ این ماتریس را نشان می‌دهد که در هر ردیف آن امتیاز هر شاخص به ازای گزینه‌های مختلف درج شده است. امتیاز ۱ نشان‌دهندهٔ نامناسب بودن معیار و امتیاز ۹ نشان‌دهندهٔ مناسب بودن معیار است. درخور یادآوری است که محدودهٔ مطالعه‌شده به ۵ بلوک شهری تقسیم شده و شاخص‌ها در این بلوک‌های شهری بررسی شدند (شکل ۳).

در مرحلهٔ دوم نرمال‌سازی و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی نرم انجام گرفت. در این روش هر عنصر ماتریس تصمیم‌گیری بر مجموع مجذور مربعات عناصر هر ستون، تقسیم شد. ماتریس نرمال‌شده در جدول ۴ نشان داده شده است.

در مرحلهٔ سوم با استفاده از ضرب ماتریسی ماتریس نرمال‌شده در ماتریس قطری وزن‌ها (وزن‌های به‌دست‌آمده از روش سلسله‌مراتبی)، ماتریس موزون به دست آمد که در جدول ۵ نشان داده شده است.

در مرحلهٔ چهارم راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و منفی (بدترین حالت ممکن) محاسبه شد. سپس، در مرحلهٔ پنجم فاصلهٔ اقلیدسی هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (di+) و ایده‌آل منفی (di-) محاسبه شد. لازم به توضیح است گزینهٔ مناسب (بلوک شهری با کمترین میزان آسیب‌پذیری) گزینه‌ای است که کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی دارد. در مرحلهٔ آخر نزدیکی نسبی (cl*) هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه شد. جدول ۶ نتایج این بخش را نشان می‌دهد. هر گزینه‌ای که (cl*) بزرگ‌تری دارد، دارای کمترین میزان آسیب‌پذیری است. بر این اساس بلوک شهری ۵ بیشترین میزان آسیب‌پذیری و بلوک شهری ۱ کمترین میزان آسیب‌پذیری را داشتند. شکل‌های ۴ الف، ۴ ب و ۴ ج به‌ترتیب فاصله از ایده‌آل منفی،



شکل ٤. نقشه‌های آسیب‌پذیری تولیدشده با استفاده از روش تاپسیس الف) فاصله از ایده‌آل منفی؛ ب) فاصله از ایده‌آل منفی؛ ج) نزدیکی به راه حل ایده‌آل؛ د) پتانسیل آسیب‌پذیری شهر بندرعباس

فاصله از ایده‌آل مثبت و نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل (cl) را نشان می‌دهند. طبق شکل‌های یادشده مناطق جنوبی شهر بندرعباس دارای فاصله از ایده‌آل مثبت زیاد، فاصله از ایده‌آل منفی کم و cl کم بوده و بنابراین آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سیل دارند. منظور از ایده‌آل مثبت، آسیب‌پذیری کم نسبت به سیل است.

۴ـ بررسی مناطق آسیب‌پذیر نسبت به سیل

نقشهٔ درجهٔ نزدیکی (cl) شهر بندرعباس براساس نتایج روش تاپسیس، در شکل ۴ ج نشان داده شده است. براساس این نقشه، تنوع وسیعی از درجات مختلف آسیب‌پذیری در شهر بندرعباس قابل ملاحظه است؛ بخش‌هایی که درجهٔ cl آن‌ها کمتر است، وضعیت آسیب‌پذیری در آن‌ها بحرانی است (بخش‌های قرمز رنگ). به منظور تحلیل بهتر نتایج آسیب‌پذیری، نقشهٔ درجهٔ نزدیکی (cl) پهنه‌بندی شد که در شکل ۴ د ملاحظه می‌شود. براساس نتایج کلاس‌بندی آسیب‌پذیری، پهنه‌هایی که توان آسیب‌پذیری زیادی دارند، عموماً در بخش‌های جنوبی شهر بندرعباس و نزدیک مرکز واقع هستند. جدول ۷ مساحت طبقات آسیب‌پذیری سیل را نشان می‌دهد. نتایج این پهنه‌بندی نشان داد ۲۲/۵ درصد شهر بندرعباس در کلاس آسیب‌پذیری خیلی کم، ۶۰/۲۱ درصد در کلاس آسیب‌پذیری کم، ۶/۶۷ درصد در کلاس آسیب‌پذیری متوسط، ۳/۵۵ درصد در کلاس آسیب‌پذیری زیاد و ۷/۰۸ درصد در کلاس آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، آسیب‌پذیری سیلاب شهری بندرعباس با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP-TOPSIS بررسی شد. آسیب‌پذیری سیل مسئله‌ای چندبعدی و پیچیده است و به همین دلیل،

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره توانایی تعیین آسیب‌پذیری شهر از نظر سیل‌خیزی را دارند و قادر به ایجاد یک تصویر کلی از آسیب‌پذیری شهر در برابر سیل برای افزایش درک ریسک سیل و کاهش آسیب و مرگ‌ومیر هستند. نتایج ارزیابی روش تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس میزان سازگاری (۰/۰۶۶)، نشان‌دهندهٔ کارایی مناسب این روش در اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر سیلاب شهری بود که با نتایج پژوهش دانوما[16] و همکاران (۲۰۱۶)؛ اوما و تاتیشی[17] (۲۰۱۴) مطابقت دارد. اولویت‌بندی و نظرسنجی کارشناسی نشان داد در بین عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری، عامل تراکم جمعیت بیشترین اهمیت و وزن را دارد که با نتایج مطالعهٔ دارابی و همکاران (۲۰۱۹) و صفری و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد.

نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان داد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توانند برای تخمین آسیب‌پذیری عناصر شهری و ارائهٔ راهکارهای عملی در راستای کاهش آسیب‌پذیری کاربرد مطلوبی داشته باشند. این یافته با نتایج تحقیق آنتوی[18] و همکاران (۲۰۱۵) و لوئیس[19] و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. تجزیه‌وتحلیل جامع آسیب‌پذیری سیل شهر بندرعباس اثبات کرد که بخش‌های جنوبی نزدیک به ساحل شهر بندرعباس، آسیب‌پذیری سیل زیادی دارند که به دلیل تراکم جمعیت زیاد در این نواحی است و این بخش‌ها برای مدیریت رواناب شهری و آب‌گرفتگی در اولویت بالایی هستند. این یافته با نتایج پژوهش صفاری و همکاران (۱۳۹۰) و بدیعی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت داشت. توسعهٔ فضای سبز و افزایش ظرفیت سیستم جمع‌آوری رواناب خیابان‌ها، از جمله اقدامات مهم برای کاهش ریسک آب‌گرفتگی شهری است. یکی دیگر از راهکارهای کاهش این آسیب‌پذیری، بازسازی ساختمان‌هایی است که مقاومت کمی دارند و در مواقع رخداد سیلاب شهری ممکن است تخریب شوند یا آسیب جدی به آن‌ها وارد شود. براساس یافته‌های این تحقیق، توزیع مکانی تراکم جمعیتی و تراکم شهری، نامتوازن بود و این موضوع باید در برنامه‌های مدیریتی شهر بندرعباس لحاظ شود تا میزان تمرکز جمعیتی در مناطق دارای ریسک زیاد کاهش یابد. شناسایی مناطق شهری آسیب‌پذیر نسبت به سیل براساس فاکتورهای اقتصادی- اجتماعی، برای تدوین برنامه‌های مناسب برای کاهش سیلاب کافی نیست و باید در کنار آن به بررسی ریسک سیل در مناطق شهری نیز پرداخته شود. ریسک سیلاب تابعی از عوامل اقتصادی- اجتماعی (فاکتور آسیب‌پذیری) و عوامل محیطی (فاکتور خطر) است. از این‌رو، برای بررسی ریسک سیل باید در کنار فاکتور آسیب‌پذیری، خطر سیلاب نیز بررسی شود. به این‌ترتیب، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی، به تلفیق نتایج این دو فاکتور و تهیهٔ نقشهٔ ریسک سیل پرداخته شود.

16 Danumah
17 Ouma & Tateishi
18 Antwi
19 Louis

منابع

اکبرپور، ا.، خاشعی سیوکی، ا.، کشاورز، ا.، فروغی‌فر، چ. (۱۳۹۵). «تعیین مکان‌های مناسب برای برداشت آب باران با استفاده از فرایند سلسله‌مراتبی تجزیه‌وتحلیل (AHP)»، *آبخیزداری*، ۶ (۱۲)، ۶۵-۷۴.

اکبری، ن.، حشمت‌الواعظین، س.م.، نظری سامانی، ع.؛ احمدالی، خ. (۱۴۰۰). «ارزیابی اقتصادی استفاده از پخش سیلاب برای احداث پارک جنگلی در حاشیهٔ شهر»، *اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری*، ۲(۱)، ۳۷-۴۴.

امیراحمدی، ا.، بهنیافر، ا.، ابراهیمی، م. (۱۳۹۱). «ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدودهٔ شهر سبزوار در راستای توسعهٔ پایدار شهری». *آمایش محیط*، ۱۶، ۱۷ـ ۳۲.

بدیعی‌زاده، س.، بهره‌مند، ع. ر.، آرامی، ع.؛ عزیزی، م. (۱۳۹۴). «پهنه‌بندی خطر و برنامهٔ مدیریت رواناب شهری با استفاده از تکنیک‌های GIS و AHP (مطالعهٔ موردی شهر گرگان، استان گلستان)»، *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۲ (۱)، ۲۹۹-۳۰۸.

پورطاهری، م. (۱۳۸۹). *کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در جغرافیا*، انتشارات سمت، چاپ اول. ۲۲۳.

زیاری،ک.، رجایی، ع.، داراب خانی،ر. (۱۳۹۹). «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق فازی در محیط GIS»، *مدیریت بحران*، ۲۱(۱۹)، ۲۱ـ ۳۰.

صارمی، ن.، بذرافشان، ا.، اسماعیل‌پور، ی.، سوری، م. (۱۳۹۸). «پهنه‌بندی سیل و ارزیابی کارایی کانال‌های رواناب سطحی در آبخیزداری شهری بندرعباس»، *مجلهٔ علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۴۲ (۱۲)، ۴۲-۵۱.

صفاری، ا.، پور فرزانه، س.، موسیوند، ع. ج. (۱۳۹۰). «ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۳ تهران». *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۷ (۲)، ۱۲۹-۱۵۰.

فتوحی، ص.، کیانی، س. (۱۳۹۴). «ریزپهنه‌بندی ریسک سیلاب شهری با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعهٔ موردی: شهر نهاوند)»، *آمایش محیط*، ۸(۲۹)، ۱۳۳ـ ۱۵۲.

فرخزاده، ب.، کیانی، آ.، بذرافشان، الف. (۱۳۹۹). «ارزیابی مدل هیدرولوژیکی- هیدرولیکی SWMM در مدیریت رواناب‌های شهری (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۱۲ شهرداری تهران)». *اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری*، ۴ (۱)، ۲۳۴-۲۵۵.

قهرودی تالی، م. (۱۳۸۸). «کاربرد مدل یکپارچهٔ سیلاب شهری در کلان‌شهرها (مطالعهٔ موردی: شمال شرق تهران)»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱: ۱۶۷ـ ۱۷۸.

قهرودی تالی، م.؛ مجیدی هروی، آ.؛ عبدلی، ا. (۱۳۹۵). «آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری (مطالعهٔ موردی: تهران، درکه تا کن)». *جغرافیا و مخاطرات طبیعی*، ۱۷، ۲۱ـ ۳۶.

مؤمنی، م. (۱۳۹۲). *مباحث نوین پژوهش در عملیات*، چاپ پنجم. ۳۴۲.

وهابی، ج. (۱۳۸۵). «پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی (مطالعهٔ موردی: طالقان‌رود)»، *پژوهش و سازندگی*، ۱۹(۲)، ۳۲ـ ۴۰.

Antwi, E.K., Boakye-Danquah, J., Owusu, A.B., Loh, S.K., Mensah, R., Boafo, Y.A., Apronti, P.T., (2015), "Community vulnerability assessment index for flood prone savannah agro-ecological zone: A case study of Wa West District, Ghana", *Weather and Climate Extremes*, 69-56 ,10. https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.008

Costache, R., Popa, M. C., Bui, D. T., Diaconu, D. C., Ciubotaru, N., Minea, G., & Pham, Q. B. (2020). "Spatial predicting of flood potential areas using novel hybridizations of fuzzy decision-making, bivariate statistics, and machine learning". *Journal of Hydrology*, 124808 ,585. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124808

Danumah, J. H., Odai, S. N., Saley, B. M., Szarzynski, J., Thiel, M.,

Thomas, D., (2016), "Flood vulnerability indices and emergency management planning in the Yazoo Basin, Mississippi", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 99–89 ,18.

Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). "Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment". *Water*, 1545-1515 ,(6)*6*. https://doi.org/10.3390/w6061515

Saaty, T. L. (2004). "Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP) ". *Journal of systems science and systems engineering*, 35-1 :(1)13. https://doi.org/10.1007/s5-0151-006-11518

Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A., & Dlala, M. (2020). "GIS-based MCDM–AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia". *Geocarto International*, 1017-991 ,(9)35. https://doi.org/10106049.2019.1566405/10.1080

Wang, Y., Hong, H., Chen, W., Li, S., Pamučar, D., Gigović, L., Duan, H. (2019). "A hybrid GIS multi-criteria decision-making method for flood susceptibility mapping at Shangyou, China". *Remote Sensing*, 62 ,(1)11. https://doi.org/10.3390/rs11010062

Kwaku, A.,... & Akpa, L. Y. (2016). "Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multi-criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques,(cote d'ivoire) ". *Geoenvironmental Disasters*, 13-1,(1)*3*. https://doi.org/ 10.1186/s-0044-016-40677y

Darabi, H.; Choubin, B.; Rahmati, O.; Haghighi, A. T.; Pradhan, B.; & B. Kløve. (2019). "Urban flood risk mapping using the GARP and QUEST models: A comparative study of machine learning techniques", *Journal of hydrology*, ,569 154-142. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.002

Dutta, D., S. Herath and K. Musiake. (2003). "A mathematical model for flood loss estimation", *J. of Hydrology* ,(2-1)277 49-24. https://doi.org/10.1016/S2-00084(03)1694-0022

Ekmekcioğlu, O., Koc, K., Özger, M. (2021). "Stakeholder perceptions in flood risk assessment: A hybrid fuzzy AHP-TOPSIS approach for Istanbul, Turkey". *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 60.102327. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102327

Jun, K.S. Chung, E.S. Kim, Y.G. and Kim, Y. (2013): "A Fuzzy Multi-Criteria Approach to Flood Risk Vulnerability in South Korea By Considering Climate Change Impacts", *Expert Systems with Applications*, 1013–1003 ,(4)40.

Louis, G.Z., Swann, C.T., Altinakar, M.S., McGrath, M.Z.,

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Urban Economics and Planning

Homepage: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Identifying the Factors Affecting Urban Flood Vulnerability in Bandar -Abbas with Emphasis on Urban Runoff Management

Yousef Ahmadi[1], Ommolbanin Bazrafshan [2*], Ali Salajeghe[3], Arashk Holisaz[4], Ali Azare[5]

[1] Ph.D Candidate in Watershed Engineering and Sciences, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar-Abbas, Iran
[2] Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar-Abbas, Iran
[3] Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Agriculture & Natural Resources Campous, University of Tehran, Karaj, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[5] Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Human Science , Jiroft University, Jiroft, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received 2021-07-14
Accepted 2021-10-20

Keywords:
Socio-Economic
Multi-Criteria Decision Making
Urban Runoff
Urban Flood

ABSTRACT

Floods are known as one of the natural phenomena that have always caused human casualties and damage to buildings, facilities, gardens, fields and natural resources and have always threatened the lives, property and assets of countless people. In this study, Bandar Abbas urban flood vulnerability was investigated using indicators of socio-economic status, urban density, population density and building quality and hierarchical TOPSIS method. Therefore, at first, the weight and importance of the indicators were determined based on expert opinions and hierarchical analysis method. Then the vulnerability of the city to floods was calculated using the TOPSIS method. The study area was divided into 5 urban blocks, and then the decision matrix was formed according to 5 blocks and 4 indicators. Finally, the final map of Bandar Abbas urban flood vulnerability was prepared in ArcGIS software. The results of vulnerability analysis showed that the population density factor with a weight of 0.306 is the most important. Finally, a comprehensive analysis of Bandar-Abbas flood vulnerability proved that the southern and central parts of the city and urban block No. 5 have a higher vulnerability and these parts are a high priority for urban runoff and flood management. High population density can be one of the reasons for the vulnerability of this region to floods. The development of green space and increasing the capacity of the street runoff collection system are among the important measures to reduce urban flooding. Also, the spatial distribution of population density and urban density in Bandar Abbas was unbalanced and this issue should be considered in the management plans of this city to reduce the concentration of population in areas with high vulnerability.

DOI: 10.22034/UE.2021.2.03.10

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Ahmadi Y, Bazrafshan O, Salajeghe A, Holisaz A, Azare A (2021). Identifying the Factors Affecting Urban Flood Vulnerability in Bandar -Abbas with Emphasis on Urban Runoff Management. Urban Economics and Planning, 2(3): 236-246.

DOI: 10.22034/UE.2021.02.03.10

url: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/article_138882.html

*Corresponding Author: Email: *o.bazrafshan@hormozgan.ac.ir*