

صص ۴۵-۶۱

آینده پژوهی خطرات سیلاب شهری در کلان شهر اهواز با بهره گیری از روش های AHP و MICMAC

سید مهدی موسوی دهموردی

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

آزاده اربابی سبزواری*

دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

طوبی امیر عضدی

دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

فاطمه ادیبی سعدی نژاد

استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱۳

چکیده

هر ساله سیلاب ها، خسارت های مالی و جانی فراوانی در سرتاسر دنیا بر جای می گذارد. همین مسئله باعث می گردد، اهمیت موضوع کنترل سیلاب و کاهش خسارت های ناشی از آن، نمایان شود. موقعیت جغرافیایی شهرهای ایران، بیانگر این امر است که با توجه به قرارگیری شهرها در مسیر حوضه های آبریز مختلف، پیش بینی های لازم برای سیلاب ضروری است و می بایست شهر سازان، زمین شناسان و جغرافی دانان به بررسی دقیق علل چنین بلایی در مناطق شهری پرداخته و راهکارهای لازم را برای کاهش آثار آن پیش بینی نمایند. در پژوهش حاضر به تحلیل مؤلفه ها و آینده پژوهی خطرات سیلاب در کلان شهر اهواز پرداخته شده است. روش پژوهش بر اساس هدف کاربردی، به لحاظ ماهیت به صورت آمیخته (کمی و کیفی) و از نظر شیوه تجزیه و تحلیل داده ها به صورت توصیفی - تحلیلی بوده است. جهت تجزیه و تحلیل داده ها از مدل تصمیم گیری AHP و نرم افزار معادلات ساختاری تفسیری MicMac و جهت ترسیم نقشه ها از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره گرفته شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که نقشه آسیب پذیری کلان شهر اهواز در برابر سیلاب به ۵ طبقه آسیب پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد دسته بندی شد. بیشترین پهنه های آسیب پذیری سیل مربوط به مناطق شهری ۲، ۳، ۴، ۶، ۷ و ۸ هستند. نتایج تحلیل ساختاری میک مک نیز نشان می دهد که در صورت بروز سیلاب در شهر اهواز بیشترین زیان و خسارت به ترتیب متصور عوامل اقتصادی - کالبدی (رتبه اول)، عوامل محیطی (رتبه دوم) و عوامل اجتماعی (رتبه سوم) است.

واژگان کلیدی: سیلاب شهری، آسیب پذیری، آینده پژوهی، شهر اهواز

مقدمه

بلایای طبیعی همواره به عنوان پدیده‌ای طبیعی در طول حیات کره زمین وجود داشته و خواهند داشت. وقوع بلایای طبیعی نظیر سیل، زلزله، طوفان و... در اغلب موارد تأثیرات مخربی بر سکونتگاه‌های انسانی باقی گذارده و تلفات سنگینی بر ساکنان آن‌ها وارد ساخته است. ساختمان‌ها و زیرساخت‌های این گونه مناطق را نابود ساخته و عوارض اقتصادی و اجتماعی پیرامونه‌ای بر جوامع بشری و کشورهای جهان تحمیل کرده است (طاهری امیری، ۱۳۹۹: ۱). موقعیت جغرافیایی شهرهای ایران، بیانگر این امر است که با توجه به قرارگیری شهرها در مسیر حوضه‌های آبریز مختلف، پیش‌بینی‌های لازم برای سیلاب ضروری است و می‌بایست شهرسازان، زمین‌شناسان و جغرافی‌دانان به بررسی دقیق علل چنین بلایایی در مناطق شهری پرداخته و راهکارهای لازم را برای کاهش آثار آن پیش‌بینی نمود (پایدار و سنجر، ۱۳۹۵: ۴۳). شهر اهواز به دلیل موقعیت جغرافیایی، رژیم بارندگی رگباری با شدت بالا و مدت کوتاه، نحوه استقرار و رشد و توسعه چشمگیر به‌ویژه طی دهه اخیر با معضل سیلاب مواجه است. این شهر با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا در طرفین رودخانه کارون گسترش‌یافته است. واقع شدن شهر در اراضی مسطح رودخانه که ارتفاع آن تا سطح معمول آب رودخانه کمتر از ۵ متر است، باعث گردیده در فصل بارندگی، اراضی مسکونی و تأسیسات مجاور رودخانه در اثر طغیان آب و سرریز شدن آن دچار سیلاب گشته و خسارات مالی و جانی فراوانی را باعث گردد (باقری، ۱۳۹۹: ۵۶).

شهر اهواز به عنوان مرکز استان خوزستان و قطب صنعتی جنوب غرب کشور، با جمعیتی بالغ بر ۱,۳ میلیون نفر (سرشماری ۱۳۹۵) و وسعتی حدود ۲۳۵ کیلومترمربع، در حاشیه رودخانه پهن دامنه و رسوب گیر کارون، در ارتفاع میانگین ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده است. قرارگیری این کلان شهر در اراضی کم شیب - با اختلاف ارتفاع کمتر از پنج متر نسبت به تراز معمول آب رودخانه - و توسعه شتابان بافت‌های سکونتی و صنعتی در حریم و بستر رودخانه، آن را در ردیف آسیب پذیرترین شهرهای ایران از منظر خطر سیلاب قرار داده است. رخداد سیلاب‌های سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ شواهدی بارز از این آسیب پذیری بوده‌اند. این حوادث نه تنها موجب جابه‌جایی هزاران نفر از ساکنان شدند، بلکه خسارات گسترده‌ای نیز به شبکه معابر، سیستم حمل و نقل شهری، زیرساخت‌های برق و آبرسانی، و فعالیت‌های صنعتی و خدماتی وارد آوردند. به عنوان نمونه، بر اساس داده‌های شرکت آب و فاضلاب اهواز، سیلاب فروردین ۱۳۹۸ منجر به آب گرفتگی بیش از ۴۰ محله شهری، آسیب به بیش از ۱۲ هزار واحد مسکونی، و تخریب یا اختلال در ۶۰ کیلومتر شبکه جمع‌آوری فاضلاب گردید؛ در حالی که خسارت مالی آن بالغ بر ۳,۵۰۰ میلیارد ریال برآورد شد. ترکیب شرایط اقلیمی، شامل بارش‌های نامنظم، رگبارهای کوتاه مدت با شدت بالا و تمرکز بارندگی از نیمه پاییز تا نیمه بهار، با پدیده‌هایی نظیر فرونشست زمین ناشی از برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی، رسوب‌گیری بستر کارون، تشکیل جزایر رسوبی و کاهش ظرفیت عبور آب، و فقدان شبکه کارآمد جمع‌آوری و هدایت روان آب‌ها، بستر تشدید بحران سیلاب را در اهواز فراهم کرده است. افزون بر آن، پراکندگی نهادی، ضعف هماهنگی میان سازمان‌های مسئول، و رشد سکونتگاه‌های غیررسمی در مناطق پرخطر، سطح آسیب پذیری را افزایش داده‌اند. در چنین شرایطی، نگاه صرف به گذشته و تحلیل رخدادهای پیشین، هرچند ضروری، برای

مواجهه مؤثر با بحران‌های آتی کافی نیست. آینده پژوهی به عنوان رویکردی نظام مند برای شناسایی پیشران‌ها، عدم قطعیت‌ها و ترسیم سناریوهای محتمل، این امکان را فراهم می‌آورد که فراتر از پیش‌بینی‌های کوتاه مدت، روندهای بلندمدت تغییرات اقلیمی، تحولات کاربری زمین، تغییرات جمعیتی، و فرسایش زیرساخت‌ها در مدل‌های تصمیم‌سازی لحاظ شود. بهره‌گیری از روش‌های تحلیلی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای اولویت‌بندی عوامل اثرگذار و تحلیل ساختاری (MICMAC) برای تبیین روابط علی میان پیشران‌ها، بستری علمی جهت تدوین سناریوهای سازگار با شرایط خاص اهواز ایجاد می‌کند؛ بنابراین، بررسی و مدل‌سازی آینده خطر سیلاب در اهواز، نه تنها در راستای کاهش خسارات و افزایش تاب‌آوری شهری ضرورت دارد، بلکه می‌تواند به ایجاد چارچوبی راهبردی برای مدیریت ریسک در سایر شهرهای ایران با شرایط مشابه نیز منجر شود.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

گسترش فعالیت‌های کشاورزی، شهرسازی و شهرنشینی به‌سوی حریم و بستر رودخانه‌ها، احتمال بروز پیامدهای منفی سیلاب را به مراتب افزایش داده است؛ به‌ویژه در مناطقی که فاقد زیرساخت‌های کارآمد باشند. وقوع سیل می‌تواند ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی جامعه را به‌طور جدی تحت تأثیر قرار دهد و خسارات سنگینی بر جای گذارد. در این میان، آسیب‌های روانی و اجتماعی از مهم‌ترین پیامدهای آن به شمار می‌روند که با گذشت زمان و تشدید اثرات بحران، می‌توانند به اختلالات پایدار روان‌شناختی و اجتماعی منجر شوند. از جمله پیامدهای اجتماعی سیلاب می‌توان به تلفات انسانی، شیوع بیماری‌ها، مهاجرت اجباری از مناطق سیل‌زده، گسترش سکونتگاه‌های غیررسمی، کاهش امید و افزایش ناامیدی اجتماعی اشاره کرد. در بُعد زیست‌محیطی نیز نابودی تالاب‌ها، تغییر خصوصیات بیولوژیکی آب، فرسایش خاک، دگرگونی زیستگاه‌های آبی، مهاجرت روستاییان و رها شدن اراضی کشاورزی از جمله آثار شاخص محسوب می‌شوند (عزیزی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۶۵). مدیریت سیلاب در کشور تاکنون عمدتاً محدود به اقدامات سازه‌ای هنگام وقوع حادثه بوده است، در حالی که امروزه به‌عنوان فرایندی پیچیده و چندبُعدی، نیازمند ترکیب راهبردهای فیزیکی، اجتماعی و نهادی در قالب یک رویکرد سیستماتیک است. خطر سیل نیز حاصل تعامل فرایندهای طبیعی، فعالیت‌های انسانی و ویژگی‌های ژئومورفولوژیک زمین محسوب می‌شود (U.C. Nkwunonwo & et al, 2019: 272).

در سال‌های اخیر، موضوع تاب‌آوری اقلیمی به دلیل افزایش تهدیدات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی و ضرورت تقویت توان جوامع در برابر این مخاطرات، جایگاه ویژه‌ای در محافل علمی یافته است. تاب‌آوری اقلیمی در اصل یک فرایند سیاست‌گذاری پویا است که با بهره‌گیری از ترکیبی از راهکارهای انطباقی و کاهشی با تأکید بیشتر بر رویکردهای انطباقی و استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود در ابعاد مختلف جامعه، پاسخی مؤثر به تغییرات اقلیمی داده و زمینه پایداری را فراهم می‌کند. نکته کلیدی در این حوزه، لزوم توجه به تفاوت معیارها و شاخص‌ها بر اساس شرایط بومی هر منطقه است (منافلویان

و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۴). چرا که تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی عامل محرک برای استراتژی‌های کاهش و سازگاری محیطی محسوب می‌شود، با این وجود چنین استراتژی‌هایی در همه مناطق قابلیت اجرا ندارد (شایگان و همکاران، ۱۴۰۱: ۳). پژوهش‌های داخلی زیادی در ارتباط با تاب‌آوری و مخاطرات محیطی نظیر (پودینه و همکاران، ۱۳۹۷؛ کیخا و همکاران، ۱۳۹۹؛ سلمانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ شکری فیروز جاهد، ۱۳۹۶؛ نظم فر و پاشا زاده، ۱۳۹۷؛ لعلی و همکاران، ۱۳۹۸؛ حاجی علیزاده و رشیدی، ۱۳۹۹؛ فلاح مهرجردی و حنایی ۱۳۹۹) انجام داده‌اند. اما با توجه به هدف پژوهش حاضر، پژوهش‌هایی که به‌صورت مستقیم به این موضوع افزایش تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی با رویکرد آینده‌پژوهی پرداخته‌اند مدنظر قرار گرفته است که عبارتند از:

- عرب سلغار و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو و مقیاس کاهی SDSM و LARS-WG تحت سناریوهای واداشت تابشی در حوضه آبریز دز» دریافتند که بیشترین تغییرات کاهش و افزایش به ترتیب در نواحی شرقی و جنوب‌غرب‌وز حوضه رخ خواهد داد. آنان با توجه به روند افزایشی دما و بارش و ماهیت کوهستانی حوضه، بر ضرورت اتخاذ راهکارهای مؤثر برای مقابله، مهار و مدیریت سیلاب تأکید کردند. پناهی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با عنوان «مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر وقوع منطقه‌ای سیلاب حاصل از بارش تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگان رود)» نشان دادند که در میان روش‌های مورد بررسی، روش کریجینگ بیزی در زمین‌آمار دقیق‌ترین ابزار برای برآورد تغییرات بارندگی چه در داده‌های پایه و چه در داده‌های شبیه‌سازی شده است و می‌تواند همراه با سایر پارامترها به‌طور مؤثر در مدل‌سازی روند سیلاب به کار گرفته شود. بهروزی و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از GIS، الگوریتم ژنتیک (GA) و هوش ازدحامی ذرات (PSO) در محیط MATLAB، تاب‌آوری شهر قائم‌شهر در برابر سیل را ارزیابی کرده و پنج نقطه شامل استادیوم شهید وطنی، پارک ولیعصر و فضای سبز نساجی را به‌عنوان مناطق با بالاترین تاب‌آوری شناسایی و اولویت‌بندی کردند. پناهی و همکاران (۱۴۰۰) با بهره‌گیری از روش‌های WLC و AHP، تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ تهران در برابر سیلاب شهری را ارزیابی کردند و دریافتند که نواحی ۹ و ۷ از وضعیت مطلوبی برخوردارند، در حالی که نواحی ۸، ۱ و ۲ تاب‌آوری مناسبی ندارند. پناهی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از مدل SWAT و داده‌های بارش و دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک، پتانسیل وقوع سیلاب در حوضه آبخیز گرگان رود را تحت شرایط تغییر اقلیم بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تغییر اقلیم و ویژگی‌های طبیعی منطقه منجر به تغییر الگوی بارش، ناهمگنی در داده‌های تاریخی، تغییر سطح آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی، کاهش تولیدات کشاورزی و تغییر پوشش گیاهی مراتع، و بروز پیامدهای اجتماعی و اقتصادی شده است. میر اسداللهی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای پیرامون تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری گرگان در برابر سیلاب با تأکید بر شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی نشان دادند که میان همه ابعاد اجتماعی و اقتصادی با سطح تاب‌آوری شهری رابطه معناداری وجود دارد. آن‌ها تقویت ارگان‌ها و سازمان‌های محلی در چارچوب عدم تمرکز را روشی کلیدی برای افزایش مشارکت اجتماعی و توانمندی اقتصادی شهروندان دانسته‌اند که می‌تواند ابتکار و خلاقیت را در بحران‌ها تقویت کرده و خسارات ناشی از سیلاب را کاهش دهد.

- پاشا زاده (۱۳۹۸) در رساله دکتری خود درباره سنجش تاب‌آوری شهر اردبیل در برابر مخاطرات محیطی با رویکرد آینده‌پژوهی نشان داد که میزان تاب‌آوری محلات و بافت‌های شهری نسبی است و بافت‌های نوساز، تاب‌آوری بیشتری نسبت به سایر بافت‌ها دارند. آینده تاب‌آوری شهر در سه سناریوی خوش‌بینانه و دو سناریوی بدبینانه ترسیم شد که در این میان، مهم‌ترین راهبرد، بهره‌گیری از برنامه‌های آموزشی و تجربیات سازمان‌های داخلی و خارجی، ارتقای آگاهی و دانش شهروندان، بهبود بستر نهادی و تقویت سرمایه اجتماعی برای بهبود تاب‌آوری اجتماعی و نهادی عنوان شده است.

- پارکر^۱ (۲۰۲۲)، در پژوهش «تاب‌آوری در مقابل بحران فاجعه» رویکردها و مفاهیم گوناگون تاب‌آوری در حوزه مدیریت خطر و سوانح بررسی شده و به این پرسش پرداخته شده است که آیا مقاومت مفهومی متضاد با تاب‌آوری است یا صرفاً روایتی متفاوت از رویکرد کاهش خطر که پیش‌تر در مدیریت بحران به کار رفته است. یان‌ژن^۲ و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهش «بررسی آماری و سینوپتیکی مخاطرات ناشی از بارش‌های سنگین در شمال چین» مشخص شد که اصلی‌ترین عامل ایجاد بارش‌های سنگین، حضور جت سطح فوقانی جو و ویژگی‌های توپوگرافی زمین است و پس از آن، همگرایی ترازهای بالایی و پایینی جو نقش کلیدی در وقوع این پدیده دارد. ساپونتزیس و کارکندیز^۳ (۲۰۲۲)، در این پژوهش که با عنوان «یک رویکرد یکپارچه از تجزیه و تحلیل سیلاب در حوضه‌های آبریز مدیترانه» انجام شد، سیلاب ناگهانی ناشی از دو جریان زودگذر در منطقه المپیدا یونان (۲۱ تا ۲۲ نوامبر ۲۰۱۹) بررسی گردید. نتایج نشان داد که مداخله انسان در جریان‌های اصلی، پراکندگی شهری در شرایط رطوبتی AMC و حمل‌ونقل رسوب، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد این سیلاب بوده‌اند. فلونی^۴ و همکاران (۲۰۲۰)، محدوده‌های سیل‌خیز منطقه آتیکا در یونان را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و GIS شناسایی نمودند. آن‌ها چارچوبی را پیشنهاد دادند که در آن عمدتاً داده‌هایی نظیر توپوگرافی، پوشش زمین و مواردی از این دست در مطالعات مدنظر قرار گیرد. ژانگ^۵ و لی (۲۰۱۸)، در پژوهش «تاب‌آوری شهری و پایداری شهری» نتیجه‌گیری شده است که توسعه منطقی شهری تنها زمانی ممکن است که هم‌زمان هر دو مؤلفه انعطاف‌پذیری و پایداری فراهم باشد. بر این اساس، توصیه می‌شود برنامه‌ریزان، سیاست‌گذاران و پژوهشگران پیش از هر تصمیم، به هر دو بعد تاب‌آوری و پایداری شهری توجه کنند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از لحاظ ماهیت از نوع اکتشافی است. با توجه به تخصصی بودن موضوع پژوهش، سعی شد جامعه و نمونه آماری پژوهش متناسب با این امر انتخاب گردد. بر همین اساس، جامعه آماری این بخش از پژوهش عبارت است از: مجموع افرادی که به‌عنوان خبرگان علمی و اجرایی در محدوده مورد مطالعه (شهر اهواز) مشغول

1- Parker

2- Yanzhen

3- Sapountzis & Kirkenidis

4- Feloni

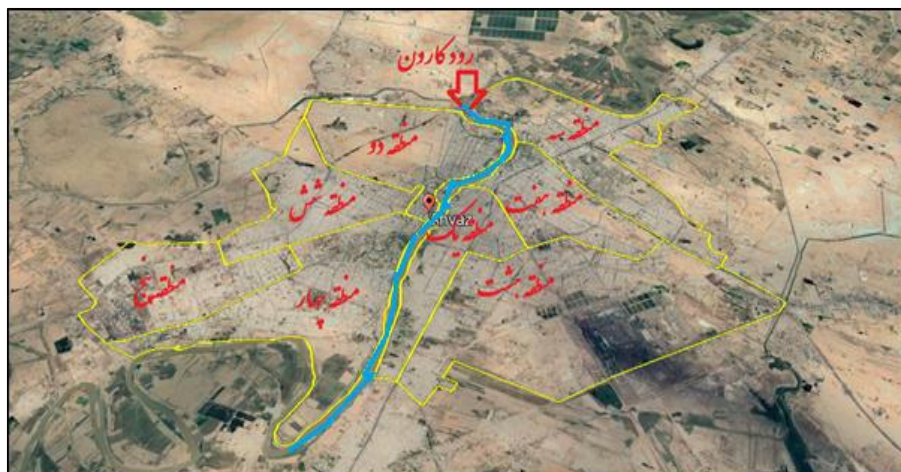
5- Zhang

به فعالیت بوده و پیرامون مخاطرات طبیعی و سیلاب از دانش و تجربیات لازم برخوردار هستند. در راستای انتخاب افراد نمونه با توجه به ماهیت پژوهش که چارچوبی زمینه یاب، استراتژیک و آینده نگرانه دارد از روشی با ساختار دلفی استفاده شد. برای انتخاب افراد گروه دلفی از سه شاخص اصلی: ۱- تحصیلات، ۲- شغل مرتبط و ۳- میزان تجربه کاری در حوزه های مربوطه استفاده شده است.

روش تجزیه و تحلیل داده ها به چند صورت انجام گرفت. در بخش اول تحلیل جهت استخراج لایه های اطلاعاتی و ترسیم نقشه آسیب پذیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل تصمیم گیری AHP استفاده شد. سپس از طریق نمونه گیری غیر تصادفی هدفمند (به صورت از پیش تعیین شده)، تعداد ۱۵ نفر از خبرگان به عنوان افراد نمونه برگزیده شدند که برای جمع آوری دانش و نظر آنان در مراحل مختلف پژوهش از ماتریس اثرات متقاطع (مرحله اول پژوهش و شناسایی پیشران های کلیدی با تحلیل های میک مک) و ماتریس اثرگذاری متقاطع متعادل (مرحله دوم پژوهش و ورود توصیف گر ها در قالب وضعیتی هایی با شرایط عدم قطعیت و تبیین آینده پژوهی) در قالب تدوین متغیرهای پژوهش و تنظیم ورودی های نرم افزارهای پژوهش، استفاده شد. با توجه به مشخص بودن تعداد جامعه آماری (کارشناسان مربوطه) سوالات پرسشنامه ابتدا مورد تأیید اساتید قرار گرفت، سپس به صورت ماتریس آثار متقاطع یا متقابل در ابعاد ۱۳ در ۱۳، برای تعیین آثار متقاطع عوامل طراحی شد و در اختیار کارشناسان مربوطه قرار گرفت تا میزان اثرگذاری عوامل بر هم را از صفر تا ۹ امتیازدهی کنند؛ نهایتاً میانگین امتیازها به عنوان امتیاز نهایی انتخاب و اعداد وارد نرم افزار MICMAC شده و خروجی ها یا همان پیشران ها به دست آمدند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهر اهواز، مرکز استان خوزستان، در مختصات $20^{\circ}31'$ عرض شمالی و $48^{\circ}40'$ طول شرقی واقع شده و با مساحتی حدود ۲۲۰ کیلومتر مربع، دومین شهر وسیع ایران پس از تهران است. این شهر از شمال با شوشتر، دزفول و شوش، از شرق با رامهرمز، از غرب با حمیدیه و دشت آزادگان و از جنوب با شادگان، ماهشهر، خرمشهر و آبادان هم مرز است. محدوده قانونی شهر ۲۲۲، محدوده خدماتی ۳۰۰ و محدوده استحفاظی آن ۸۹۵ کیلومتر مربع بوده و شامل ۸ منطقه شهری می باشد. (شکل ۱) از نظر زمین شناسی، بستر صخره ای شهر متشکل از تناوب لایه های ماسه سنگ، سیلتستون و گلسنگ است که در برخی نقاط مانند پل سفید حضور ماسه سنگ غالب تر است. رسوبات کنونی از دوران چهارم زمین شناسی و حاصل سیلاب ها و رسوب گذاری رود کارون هستند. گسل معکوس اهواز با طول ۱۰۰ کیلومتر و روند شمال غربی — جنوب شرقی از مرکز شهر عبور می کند. از نظر اقلیمی، طبق طبقه بندی دوما رتن، اهواز دارای اقلیم بسیار گرم و خشک با تابستان های طولانی و بسیار گرم و زمستان های کوتاه و معتدل است. فصل گرما از اوایل اردیبهشت تا مهر ادامه دارد و متوسط بارندگی سالانه ۲۴۲ میلی متر است که نشان دهنده کم بارشی منطقه می باشد. (جدول ۱).



شکل ۱: تصویر هوایی شهر اهواز و مناطق هشت گانه

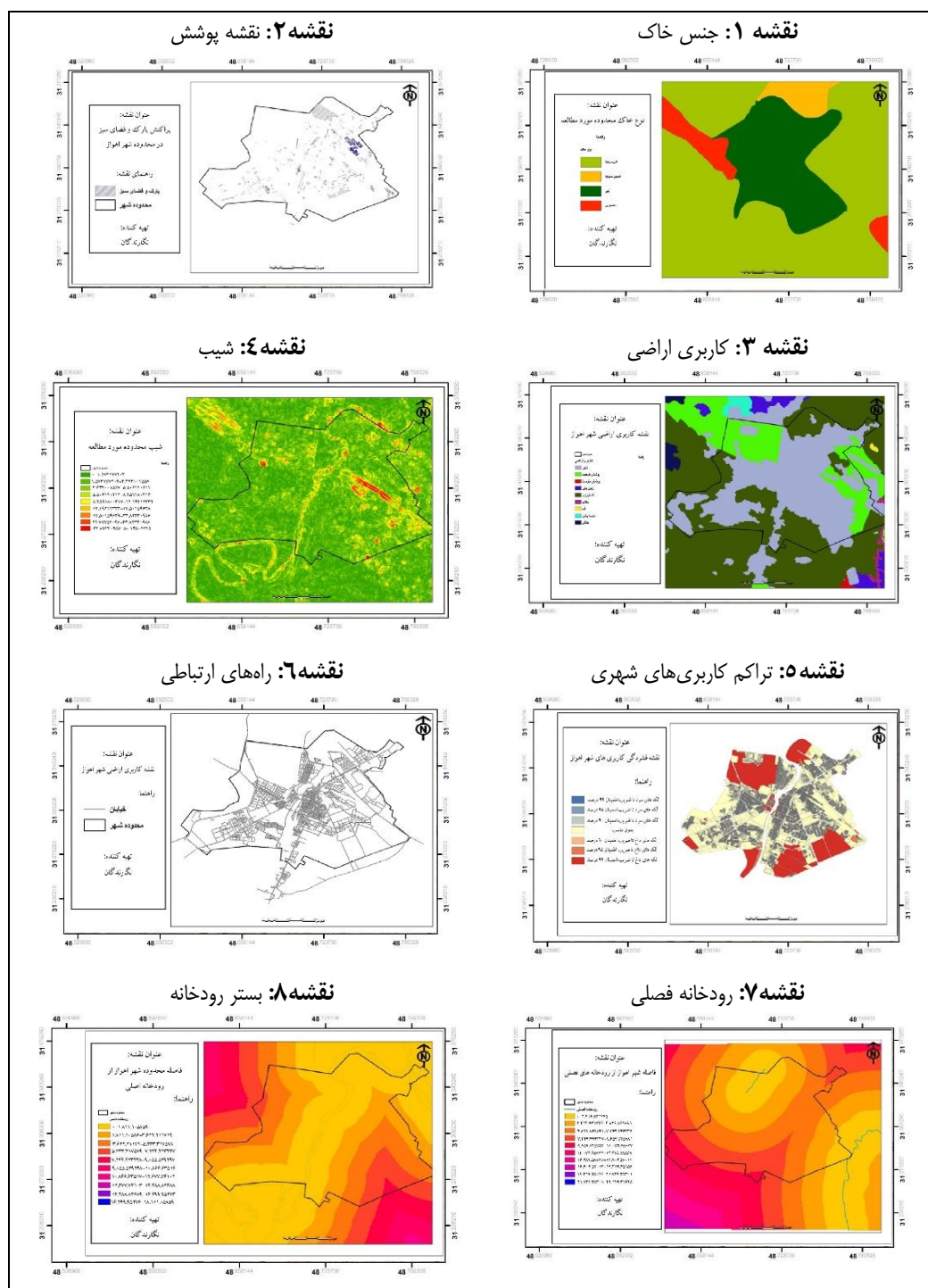
جدول ۱: حداقل و حداکثر درجه حرارت و میانگین بارش ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز سال (۱۳۹۵_۱۳۶۲)

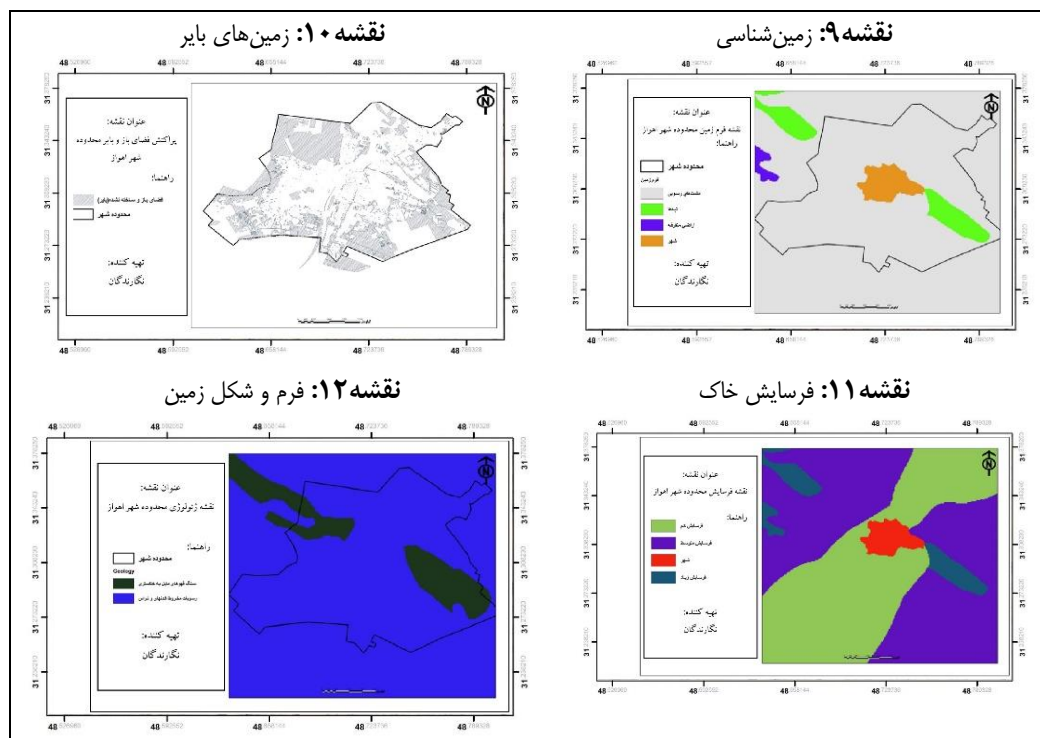
درجه حرارت (سانتی گراد)	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
حداکثر	۲۶/۷	۳۱/۸	۳۷/۱	۳۹/۱	۳۹/۷	۳۷	۳۲	۲۴/۴	۱۹	۱۶/۷	۱۶/۲	۲۱/۷
حداقل	۲۰/۱	۲۷/۴	۳۲/۹	۳۵/۹	۳۵/۸	۳۳/۱	۲۷/۵	۱۹/۶	۱۲/۱	۹/۵	۱۱/۲	۱۴/۴
میانگین	۲۳/۲	۳۰	۳۵/۲	۳۷/۵	۳۸	۳۴/۹	۲۹/۷	۲۲/۵	۱۵/۷	۱۲/۸	۱۳/۹	۱۷/۸
میانگین بارندگی	۲۱	۷/۸	۰/۲	۰	۰/۱	۰/۲	۳/۸	۲۵/۹	۵۵/۸	۴۲/۹	۳۱/۲	۲۸/۵

یافته های پژوهش

ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهر اهواز در برابر سیلاب

در پژوهش حاضر جهت آسیب پذیری مناطق شهر اهواز در برابر سیلاب از سیستم اطلاعات جغرافیایی که به عنوان ابزاری توانمند در مدیریت و تجزیه و تحلیل داده های مکانی، مطرح است، استفاده شده است. سپس ضمن انتخاب و شناسایی معیارهای مناسب برای ارزیابی خطر سیل از مدل تصمیم گیری AHP بهره گرفته شد. مراحل این تحلیل به شرح ذیل است: ۱- تعیین معیارهای پهنه بندی خطر سیل در شهر اهواز، ۲- ارزش دهی به معیارها، ۳- ساخت لایه های اطلاعاتی برای معیارها، ۴- اعمال وزن نهایی معیارها با لایه های اطلاعاتی، ۵- پهنه بندی نهایی خطر سیل در شهر اهواز؛ که نهایی گردید. مهم ترین عوامل مؤثر در سیل خیزی و جلوگیری از سیل منطقه مورد مطالعه عبارتند از: پوشش گیاهی، نوع و جنس خاک، شیب زمین، راه های ارتباطی، تراکم کاربری های شهری، بستر رودخانه، رودخانه فصلی، زمین های بایر، زمین شناسی، فرسایش خاک، فرم و شکل زمین، مسیرهای راه آهن. (شکل ۲: نقشه های ۱ تا ۱۲)





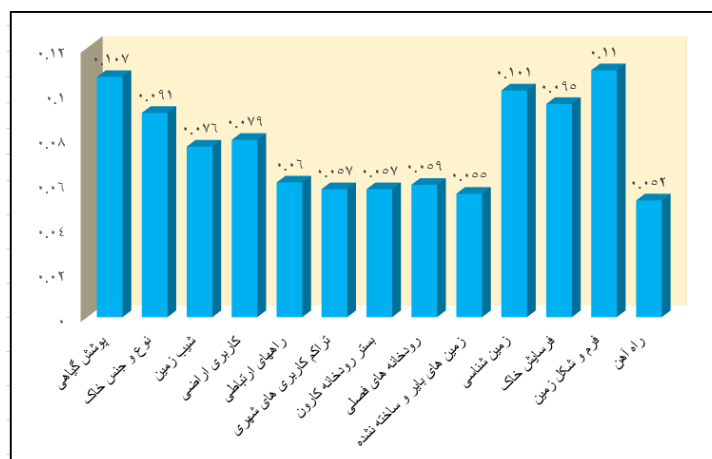
شکل ۲: نقشه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در سیل اهواز

برای محاسبه ضریب اهمیت چند روش وجود دارد که شامل: روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش‌های تفریقی می‌باشد (فرج زاده، ۱۳۹۰: ۶۸). روش بردار ویژه روشی متداول در رسیدن به وزن پارامترها از یک ماتریس مقایسه زوجی است در این روش، معیارها و زیرمعیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند و درجه اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری مشخص می‌شود (Jonkman, 2012: 179). برای این کار، می‌توان از یک روش استاندارد ارائه شده توسط ساعتی استفاده کرد. روش کار به این ترتیب است که به هر مقایسه دودویی، یک عدد از ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود جدول شماره (۲). قبل از وزن دهی، باید وزن‌ها را نرمال کرد. به منظور نرمال کردن، می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. در این مدل از تقسیم هر وزن بر مجموع وزن‌های همان ستون استفاده شده است (Paul, G. et al, 2019: 12).

جدول ۲: مقادیر توصیفی ترجیح و اولویت

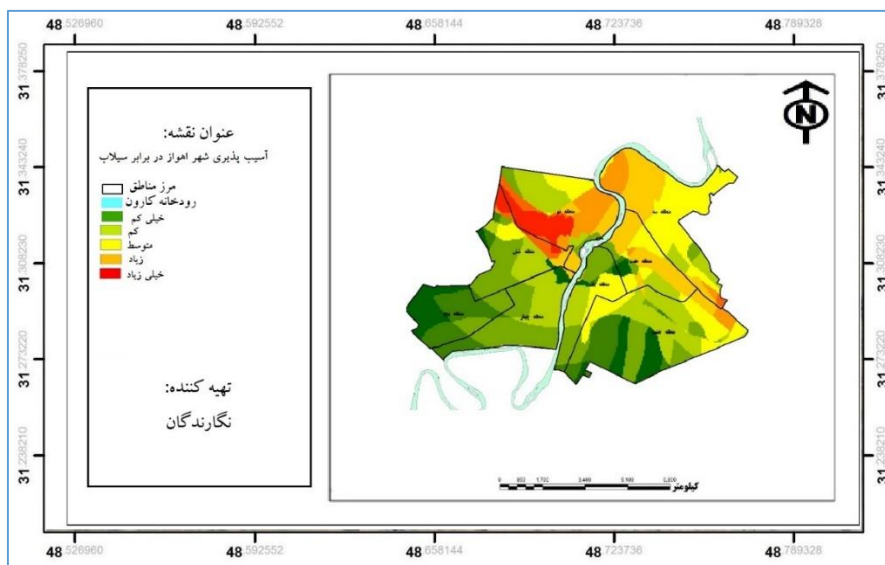
ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی	توضیح
کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	۹	اهمیت خیلی بیشتر نسبت به ز به طور قطعی به اثبات رسیده است.
اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت خیلی بیشتر از ز است
اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت خیلی بیشتر از ز است.
کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر	۳	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف اهمیت خیلی بیشتر از ز است.
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱	در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند.
اولویت‌های بین فواصل	۸، ۶، ۴، ۲	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد.

جهت تعیین وزن کلی، اولویت بندی متغیرهای مؤثر در آسیب پذیری سیلاب شهر اهواز و تهیه مقادیر کمی آن ها بر اساس نظرات کارشناسان ماتریسی به ابعاد 13×13 ایجاد شد. مقایسه دوجه دو متغیرها، مبنای تعیین ارجحیت آن ها در ارتباط با آسیب پذیری ناشی از سیلاب قرار گرفت. برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه، ستون ها با هم جمع و هر سلول ماتری بر جمع ستون مربوطه تقسیم شد که این عمل برای نرمال کردن ماتریس انجام گرفت. مرحله بعدی محاسبه میانگین سطرهای ماتریس است که از آن به عنوان وزن نسبی استفاده می شود. وزن نسبی متغیرهای استفاده شده در آسیب پذیری ناشی از سیلاب در شکل ۳، آورده شده است. شکل مذکور نشان می دهند که وزن معیار برای عامل نوع پوشش گیاهی ۰,۱۰۷، نوع و جنس خاک ۰,۰۹۱، شیب زمین ۰,۰۷۶، کاربری اراضی ۰,۰۷۹، راه های ارتباطی ۰,۰۶۰، تراکم کاربری های شهری ۰,۰۵۷، بستر رودخانه ۰,۰۵۷، رودخانه های فصلی ۰,۰۵۹، زمین های بایر و ساخته نشده ۰,۰۵۲، زمین شناسی ۰,۱۰۱، فرسایش خاک ۰,۰۹۵، فرم و شکل زمین ۰,۱۱ و راه آهن ۰,۰۵۵ محاسبه شده است.



شکل ۳: وزن نسبی متغیرهای مؤثر بر آسیب پذیری ناشی از سیلاب در شهر اهواز

فرم و شکل زمین، پوشش گیاهی، زمین شناسی و فرسایش خاک بیشترین وزن را به خود اختصاص داده اند. شکل ۴، نقشه نهایی آسیب پذیری شهر اهواز در برابر سیلاب را نشان می دهد. نقشه آسیب پذیری نهایی بر اساس ۵ طبقه آسیب پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد دسته بندی شد. طبقه آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد نشان می دهد بخشی زیادی از مناطق ۲، ۳، ۴، ۶، ۷ و ۸ در خطر جدی سیلاب هستند. در فروردین ماه سال ۱۳۹۸ در اثر طغیان رودخانه کارون معابر شهری، پارک و فضای سبز، تأسیسات و تجهیزات شهری و بافت مسکونی بخش عمده ای از مناطق شهر اهواز زیر آب رفته اند. در اثر این سیل ۱۰۰۰ میلیارد تومان به معابر و جاده های ساحلی، ابنیه و پارک های اهواز، فاضلاب، زیرساخت های شهری آسیب زده است. همچنین ۶۹۰ واحد مسکونی آسیب دیده و ۲۸ واحد به کلی تخریب شده است. بیشترین آسیب دیدگی نیز مربوط به مناطق ۲ و ۶ بوده است.

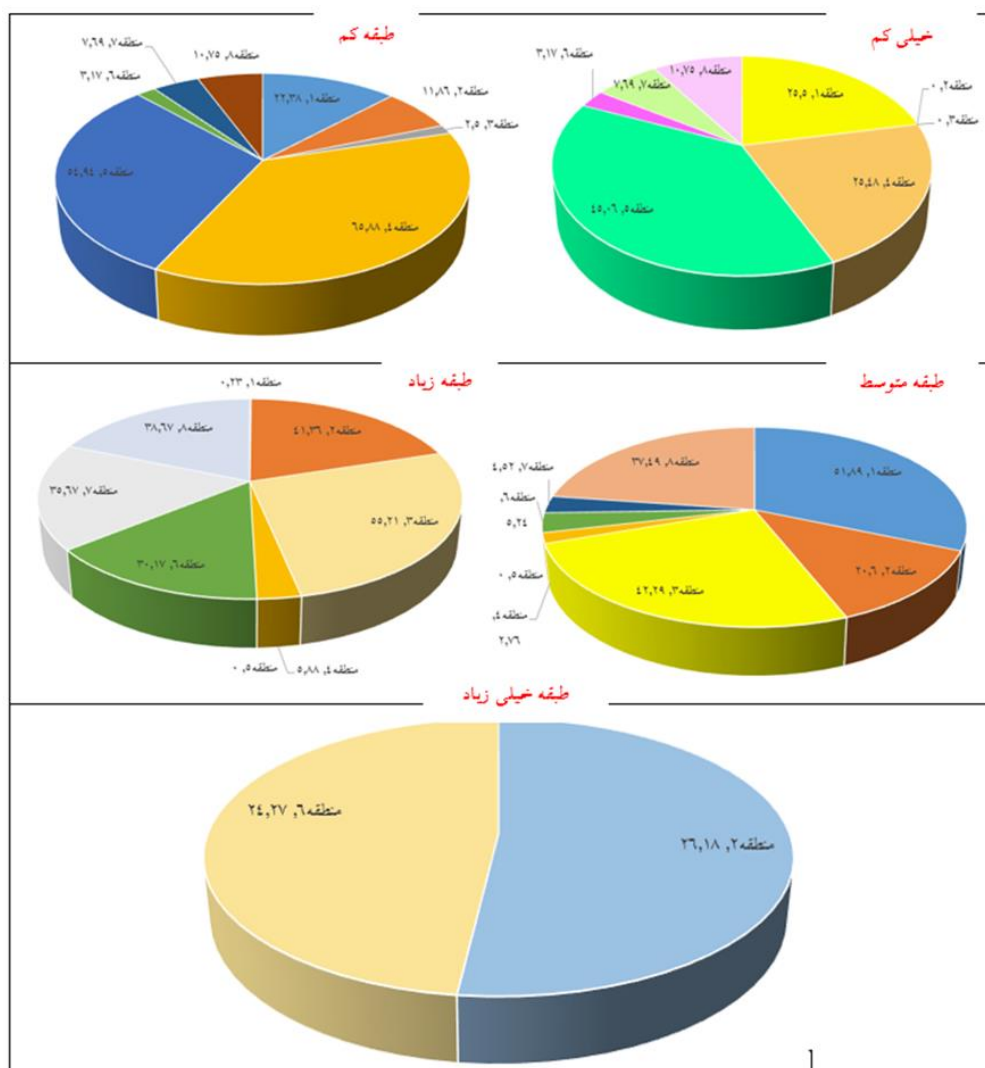


شکل ۴: نقشه نهایی آسیب پذیری شهر اهواز در برابر سیلاب

نقشه کلاسه بندی خطر سیل همان طور که در بالا اشاره شد در ۵ سطح طبقه بندی شده است (شکل ۳). بر اساس طبقه بندی زیاد و خیلی زیاد، ۶۷،۵۴ درصد پهنه منطقه ۲ در خطر سیل قرار دارد. علت این امر منتهی شدن مرز منطقه با رودخانه کارون و شیب کم آن است. در این منطقه سیلاب بیشتر محله کیان پارس و کیان آباد را تهدید می کند. محدوده خطر در منطقه ۳ شهر اهواز ۵۵،۲۱ درصد برآورد شده است. در منطقه ۴ سیلاب شهری به دلیل فاصله از حریم رودخانه و نبود بافت مسکونی و ساخت و ساز در اطراف کارون، خطر پذیری کمی دارد. منطقه ۵ شهر اهواز نیز خطر سیلاب در طبقه خیلی کم و کم قرار دارد. اما در منطقه ۶ این وضعیت برعکس است. سیل بهار ۹۸ بیشترین خسارت را به محله های این منطقه وارد نموده است و تقریباً بخش اعظمی از منطقه ۶ دچار آب گرفتگی شده است. از علل این امر می توان به فرسودگی معابر، پایین دست بودن و ساخت و سازهای غیرمجاز، تجاوز به حریم رودخانه و عرض کم رودخانه در محدوده منطقه ۶ اشاره نمود. محدوده آسیب پذیر منطقه مذکور در طیف زیاد و خیلی زیاد بر اساس نقشه پهنه بندی به بیش از ۵۴ درصد می رسد. آسیب پذیری مناطق ۷ و ۸ نیز مطابق نقشه پهنه بندی در طبقه بندی زیاد به ترتیب ۳۵،۶۷ و ۳۸،۶۷ برآورد شده است (جدول ۳ و شکل ۵).

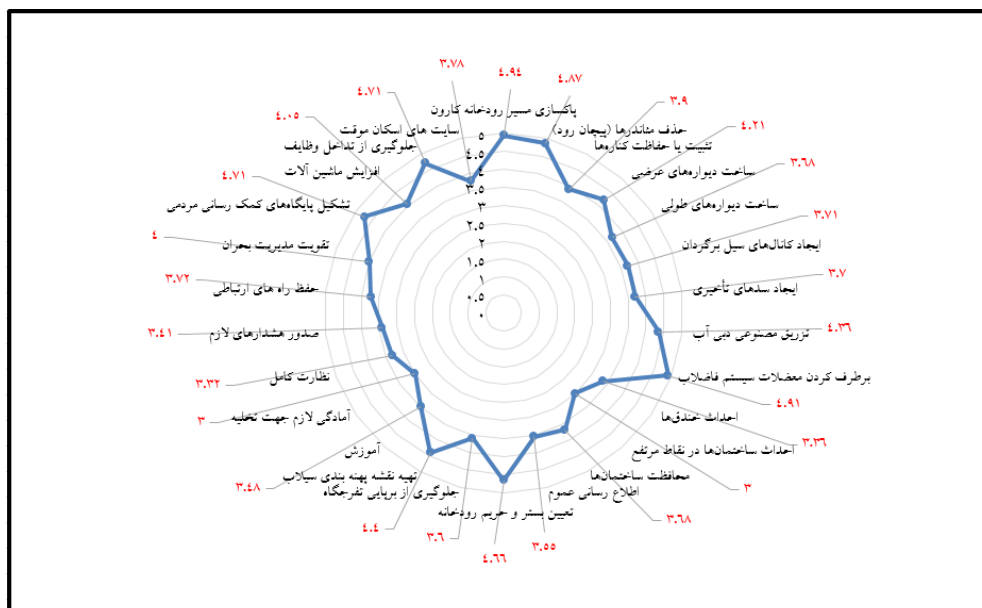
جدول ۳: درصد پهنه های خطر (آسیب پذیری) سیلاب در مناطق شهر اهواز

وضعیت خطر سیل	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸
خیلی کم	۲۵،۵۰	۰	۰	۲۵،۴۸	۴۵،۰۶	۳،۱۷	۷،۶۹	۱۰،۷۴
کم	۲۲،۳۸	۱۱،۸۶	۲،۵۰	۶۵،۸۸	۵۴،۹۴	۳۷،۱۵	۵۲،۱۲	۱۳،۰۹
متوسط	۵۱،۸۹	۲۰،۶۱	۴۲،۳۹	۲،۷۶	۰	۵،۲۴	۴،۵۲	۳۷،۴۹
زیاد	۰،۲۳	۴۱،۳۶	۵۵،۲۱	۵،۸۸	۰	۳۰،۱۷	۳۵،۶۷	۳۸،۶۷
خیلی زیاد	۰	۲۶،۱۸	۰	۰	۰	۲۴،۲۷	۰	۰



شکل ۵: درصد پهنه‌های آسیب‌پذیری سیلاب در مناطق شهر اهواز

نتایج به دست آمده گویای آن است که بر اساس نظرات کارشناسان؛ عوامل پاک‌سازی و لایروبی مسیر رودخانه کارون با ۴,۹۴، اصلاح شبکه فاضلاب و جمع‌آوری رواناب با ۴,۹۱، حذف مائندها (پیچان‌رود) کارون و ایجاد راستای مناسب با ۴,۸۷، تشکیل پایگاه‌های کمک‌رسانی مردمی (اعم از نیازهای درمانی، خوراک و پوشاک) و نظارت بر آمادگی آن‌ها با ۴,۷۲ و جلوگیری از تداخل وظایف و آشفستگی سازمان‌های متولی مدیریت شهری جهت کمک‌رسانی به مناطق سیل‌زده با ۴,۷۱ به ترتیب مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر مدیریت سیلاب در شهر اهواز شناسایی شدند (شکل ۶).



شکل ۶: شناسایی راهکارهای مؤثر بر مدیریت سیل در شهر اهواز

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش که با هدف پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سیلاب در کلان‌شهر اهواز و تحلیل پیشران‌های مؤثر با رویکرد آینده‌پژوهی انجام شد، نشان می‌دهد که ساختار کالبدی و محیطی شهر در برابر سیلاب به‌شدت آسیب‌پذیر است. بر اساس ارزیابی‌های انجام‌شده با مدل تصمیم‌گیری AHP و بهره‌گیری از لایه‌های اطلاعات مکانی در GIS، نواحی شهری اهواز در پنج طبقه آسیب‌پذیری از «خیلی کم» تا «خیلی زیاد» تقسیم شدند. تحلیل مکانی نشان داد که بخش عمده‌ای از مناطق ۲، ۳، ۴، ۶، ۷ و ۸ در طبقات «زیاد» و «خیلی زیاد» قرار دارند، و به‌ویژه مناطق ۲ و ۶ بیشترین خطر را متحمل خواهند شد. علت این آسیب‌پذیری بالا را می‌توان در عواملی چون تجاوز به حریم رودخانه کارون، شیب بسیار کم اراضی، تراکم بالای فعالیت‌های شهری در حاشیه رودخانه، فرسودگی و ناکارآمدی شبکه فاضلاب، و ساخت‌وسازهای غیرمجاز جست‌وجو کرد.

سنجش وزن معیارها با روش بردار ویژه نشان داد که فرم و شکل زمین (۰,۱۱۰)، پوشش گیاهی (۰,۱۰۷)، زمین‌شناسی (۰,۱۰۱) و فرسایش خاک (۰,۰۹۵) بیشترین نقش را در شدت‌گیری خطر سیلاب دارند، در حالی که عواملی مانند راه‌های ارتباطی (۰,۰۶۰) و راه‌آهن (۰,۰۵۵) نقش نسبی کمتری ایفا می‌کنند. این نتایج با تحلیل MICMAC تکمیل شد که اولویت اثرگذاری را به عوامل اقتصادی-کالبدی، سپس محیطی و در نهایت اجتماعی اختصاص داد. از این منظر، سیلاب نه تنها یک تهدید طبیعی، بلکه یک بحران چندبُعدی است که زیرساخت، محیط‌زیست و جامعه شهری را توأمان درگیر می‌کند.

پیشنهاد‌های کلیدی حاصل از این پژوهش، مانند لایروبی رودخانه کارون، اصلاح شبکه فاضلاب و جمع‌آوری رواناب‌ها، حذف پیچان‌رودها برای بهبود جریان آب، ایجاد پایگاه‌های امداد مردمی، و رفع تداخل نهادی در مدیریت بحران، همگی

با وزن دهی کارشناسی و در ارتباط مستقیم با ضعف های شناسایی شده ارائه شده اند. این راهکارها زمینه ساز افزایش تاب آوری اهواز در برابر رخداد های مشابه می شوند.

مقایسه این یافته ها با پژوهش های پیشین ارائه شده در بخش مبانی نظری و پیشینه پژوهش نشان می دهد: همانند مطالعات پناهی و همکاران در حوزه گرگان رود و عرب سلغار و همکاران در حوضه دز، این پژوهش تأیید می کند که تغییرات اقلیمی، بارش های رگباری و تغییرات کاربری اراضی، عوامل اصلی تشدید سیلاب اند. با این حال، پژوهش حاضر پا را فراتر گذاشته و با استفاده از MICMAC پیشران های آینده نگر را نیز شناسایی و تعامل متقابل عوامل را تحلیل کرده است.

مشابه یافته های بهروزی و همکاران و ناهید و همکاران، کاربرد AHP و GIS در شناسایی مناطق پرخطر تأیید می شود؛ اما این پژوهش با تلفیق آن با رویکرد آینده پژوهی، تصویری پویا از روندهای آتی و اثرات بالقوه ارائه کرده است. در حالی که پژوهش هایی مانند پاشا زاده و میر اسداللهی و همکاران بر سرمایه اجتماعی، آموزش و توانمندسازی به عنوان ابزارهای اصلی ارتقای تاب آوری متمرکز شده اند، رویکرد حاضر بر اقدامات عملیاتی و کالبدی متمرکز است. همین تفاوت نشان می دهد که ترکیب دو رویکرد اجتماعی-نهادی و فیزیکی-زیرساختی، بهترین نتیجه را برای مدیریت سیلاب در اهواز به همراه خواهد داشت.

پیشنهادهای

۱. لایروبی منظم و هدفمند رودخانه کارون

- استدلال علمی: وزن بالای عامل «بستر رودخانه» و شواهد سیل ۱۳۹۸ نشان می دهد رسوب گذاری و کاهش عرض و عمق کارون، ظرفیت عبور جریان را به شدت کاهش داده است.
- راهکار: لایروبی با برنامه سالانه، با اولویت مقاطع دارای عرض کم و انحنای زیاد (مئاندرها) و استفاده از داده های هیدرولوژیک برای تعیین نقاط بحرانی.

۲. بازطراحی و نوسازی کامل شبکه فاضلاب شهری

- استدلال علمی: ضعف فاضلاب شهری در مناطق ۲ و ۶، در کنار شیب کم زمین، عامل اصلی آب گرفتگی های شدید بوده است.
- راهکار: ایجاد شبکه جمع آوری آب های سطحی جدا از فاضلاب بهداشتی، استفاده از سامانه های پمپاژ هوشمند و کانال های روباز تقویت شده در معابر اصلی.

۳. کنترل و آزادسازی حریم رودخانه کارون

- استدلال علمی: نتایج مقاله نشان می دهد تجاوز به حریم رودخانه، به ویژه در مرز مناطق ۲ و ۶، بیشترین همبستگی را با افزایش خطر دارد.

- راهکار: اجرای طرح بازپس گیری ۵۰ متری حریم، پرداخت غرامت منصفانه، ایجاد کمربند سبز و مسیر پیاده روی عمومی به جای ساخت و ساز.

۴. احداث سازه های کاهنده و منحرف کننده جریان (سیل بند، خاکریز و کانال های انحرافی)

- استدلال علمی: با توجه به نتایج MICMAC، عوامل کالبدی بیشترین اثر راهبردی را دارند و می توان با ایجاد سدهای کوتاه یا سیل بند در نقاط ورودی خطر، حجم جریان به مناطق پرخطر را کاهش داد.
- راهکار: استفاده از مصالح بومی برای خاکریز موقت و طراحی سازه دائمی در حاشیه های بحرانی، همراه با نگهداشت سالانه.

۵. پایگاه های دائمی امداد و مدیریت سیلاب با رویکرد مشارکت مردمی

- استدلال علمی: مدل MICMAC نشان داد که عوامل اجتماعی اثرات ثانویه ولی حیاتی دارند. مشارکت محلی می تواند سرعت واکنش و کاهش خسارات را تقویت کند.
- راهکار: ایجاد پایگاه های مجهز به تجهیزات امداد، انبار ذخایر اضطراری و آموزش سالانه به ساکنان مناطق پرخطر (به خصوص محلات کیان پارس، کیان آباد و بخش های مرکزی منطقه ۶).

منابع

- ۱- باقری، البرز (۱۳۹۹)، بررسی عملکرد مدیریت بحران سیلاب های شهری با رویکرد توسعه پایداری شهر اهواز، رساله دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، استاد راهنما: دکتر سعید ملکی.
- ۲- بهروزی، حمزه، زند مقدم، محمدرضا و کامیابی، سعید. (۱۴۰۱)، در مقاله ای با عنوان (تحلیل توزیع مکانی میزان تاب آوری شهر در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر سیل) (مطالعه موردی: شهر قائم شهر)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال چهاردهم، شماره ۵۶، تابستان ۱۴۰۱.
- ۳- پاشا زاده، اصغر. (۱۳۹۸)، سنجش تاب آوری شهر اردبیل در برابر مخاطرات محیطی و ارائه الگوی شهر تاب آوری با رویکرد آینده پژوهی، رساله دکتری تخصصی، دانشگاه محقق اردبیلی، استاد راهنما: دکتر محمدحسن یزدانی.
- ۴- پایدار، ابوذر و سنجر، امیرارسلان (۱۳۹۵)، ارزیابی آسیب پذیری محلات شهر جیرفت در مقابل سیلاب و ارائه راهکارهای حفاظتی، نشریه مطالعات نواحی شهری، ۳ (۳)، ۴۳-۲۲.
- ۵- پناهی، عبدالحافظ؛ جانباز قبادی، غلامرضا، متولی، صدرالدین و خالدی، شهریار. (۱۴۰۰)، سنجش و پیش بینی پتانسیل وقوع سیلاب تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگان رود، نشریه علمی مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی، سال چهارم، شماره دوم، پیاپی ۱۳، تابستان ۱۴۰۲).
- ۶- پناهی، عبدالحافظ؛ جانباز قبادی، غلامرضا، متولی، صدرالدین و خالدی، شهریار. (۱۴۰۱)، مدل سازی و پیش بینی خطر وقوع منطقه ای سیلاب حاصل از بارش تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگان رود)، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال چهاردهم، شماره ۵۶، تابستان ۱۴۰۱.
- ۷- پودینه، محمدرضا، طولابی نژاد، مهرشاد، طولابی نژاد، میثم. (۱۳۹۸)، اثرات خشک سالی بر فعالیت ها و معیشت خانوارهای روستایی (مورد مطالعه: شهرستان میر جاوه) مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره دهم، شماره ۳۷، صص ۹۸-۷۹.

- ۸- حاجی عزیززاده، جواد و رشیدی، اصغر. (۱۳۹۹)، بررسی نقش نهادهای مدیریت سرزمینی در تاب‌آوری ناحیه‌ای با تأکید بر مخاطرات ناشی از نوسانات آب و هوایی (محدوده مورد مطالعه: بناب) فصل‌نامه آمایش محیط، شماره ۴، صص، ۷۲-۵۷.
- ۹- سلمانی، محمد و بدری، سید علی و مطوف، شریف و کاظمی ثانی عطا...، نسرين (۱۳۹۴)، ارزیابی رویکرد تاب‌آوری جامعه در برابر مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق) دوره ۲، شماره ۴، صص ۳۹۳-۴۰۹.
- ۱۰- شایگان، مصطفی، رنجبر، محسن، برنا، رضا و اربابی سبزواری، آزاده. (۱۴۰۱)، تاب‌آوری مقاصد گردشگری در مقابل آسیب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی (مورد مطالعه: استان همدان)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال چهاردهم، شماره ۵۶، تابستان ۱۴۰۱، صص ۱۵-۱.
- ۱۱- شکری فیروز جاه، پری (۱۳۹۶)، تحلیل فضایی میزان تاب‌آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی نشریه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، دوره ۲، شماره ۲، صص ۵۶-۳۸.
- ۱۲- طاهری امیری، محمدجواد، عبد... زاده، غلامرضا، جواهری، مائده و فرشید حقیقی (۱۳۹۹)، آسیب‌پذیری و مدیریت بحران شهر بابل تحت اثر زلزله با استفاده از نرم‌افزار GIS، نشریه مهندسی سازه و ساخت، ۷ (۴)، صص ۶۲-۷۷.
- ۱۳- عرب سلغار، علی‌اکبر، پرهت، جهانگیر و گودرزی، مسعود (۱۴۰۱)، پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو و مقیاس کاهی مدل‌های SDSM و LARS-WG تحت سناریوهای واداشت تابشی در حوضه آبریز دز»، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال چهاردهم، شماره ۵۵، بهار ۱۴۰۱.
- ۱۴- عزیزی، الهام، مصطفی‌زاده، رئوف، حزباوی، زینب، اسمعیلی، اباذر و شهناز میرزایی (۱۴۰۰)، معرفی شاخص آسیب‌پذیری سیل (FVI) به‌عنوان ابزاری در مدیریت بحران سیل، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۱ (۲)، صص ۱۶۵-۱۵۸.
- ۱۵- فرج زاده، منوچهر (۱۳۹۰)، بررسی خطر سیل‌خیزی در زیر حوضه‌های استان آذربایجان غربی، نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۱ (۱)، صص ۶۸-۵۹.
- ۱۶- فلاح مهرجردی، نازنین، حنایی، تکتک. (۱۳۹۹)، ارزیابی میزان تاب‌آوری محله شهری در مواجهه با مخاطرات طبیعی مورد پژوهی محله آب و برق مشهد، جغرافیا و توسعه، شماره ۹، صص، ۲۴۶-۲۲۷.
- ۱۷- کیخا، زهرا، بذرافشان، جواد، قنبری، سیروس، کیخا، عالمه، (۱۳۹۹)، تحلیل میزان تاب‌آوری اجتماعات روستایی سیستان در برابر مخاطرات محیطی، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره ۳۳، صص، ۱۸-۱.
- ۱۸- لعلی، محمد، خوارزمی، امید علی، اجزا شکوهی، محمد، (۱۳۹۷)، ارزیابی میزان آمادگی شهر مشهد در مواجهه با مخاطرات طبیعی با رویکرد تاب‌آوری شهری، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۹، صص، ۱۱۸-۱۰۳.
- ۱۹- منافلویان، ساناز، زهرا سادات سعیده زرابادی و بهزاد فر، مصطفی. (۱۳۹۸)، سنجش عوامل مؤثر بر تاب‌آوری اقلیمی شهر تبریز، فصل‌نامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال دوازدهم، صص ۲۱-۲.
- ۲۰- میر اسداللهی، شمسی سادات، متولی، صدرالدینی، جانباز قبادی، غلامرضا، (۱۳۹۹)، تحلیل تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری در برابر سیلاب با تأکید بر شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی (مطالعه موردی: شهر گرگان)، پژوهش‌های کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۹، زمستان ۹۹، صص ۱۵۷-۱۳۷.
- ۲۱- ناهید، مصطفی، زند مقدم، محمدرضا و کرکه آبادی، زینب (۱۴۰۰)، سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری در برابر مخاطره سیلاب‌های شهری (مطالعه موردی: منطقه ۴ تهران)، مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، دوره: ۷۴، شماره: ۱، صص، ۱۸۹-۲۰۵.
- ۲۲- نظم فر، حسین، پاشا زاده، اصغر، (۱۳۹۷)، ارزیابی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی: شهر اردبیل، مجله آمایش جغرافیا فضا، سال ۸، شماره ۲۷، صص ۱۱۶-۱۱۰.

- 23- Denis J Parker, (2020): Disaster Resilience – A Challenged Science, Journal Of Environmental Hazards.
- 24- Feloni, E., Mousadis, I., And Baltas, E. (2020). Flood Vulnerability Assessment Using A Gis- Based Multi- Criteria Approach The Case Of Attica Region. Journal Of Flood Risk Management, 13, Pp. 1-15.
- 25- Jonkman, S.N. & Dawson, R.J. (2012). Issues And Challenges In Flood Risk Management- Editorial For The Special Issue On Flood Risk Management. Water 2012, 4(4), Pp. 785-792.

- 26- Kastridis, A., Kirkenidis, C., And Sapountzis, M.(2022). An Integrated Approach Of Flash Flood Analysis In Ungauged Mediterranean Watersheds Using Post- Flood Surveys And Unmanned Aerial Vehicles (Uavs). *Hydrological Processes*. 34 (25), Pp. 4920-4939.
- 27- Paul, G. C.; Saha, S.; & T. K. Hembram, 2019. Application Of The Gis-Based Probabilistic Models For Mapping The Flood Susceptibility In Bansloi Sub-Basin Of Ganga-Bhagirathi River And Their Comparison, *Remote Sensing In Earth Systems Sciences*, 2(2-3), Pp. 120-146.
- 28- U.C. Nkwunonwo, M. Whitworth, B. Baily. (2019), Urban Flood Modelling Combining Cellular Automata Framework With Semi-Implicit Finite Difference Numerical Formulation, *Journal Of African Earth Sciences*, Volume 150, Pp. 272-281
- 29- Yanzhen, K. Xindong, O. Shigong, W. Chunqing, D. Kezheng, S. And Yang, Z. (202۲): Statistical Characteristics And Synoptic Situations Of Long-Duration Heavy Rainfall Events Over North China. *Earth And Space Science*. Pp. 1-18.
- 30- Zhang, X., & Li, H. (2018). Urban Resilience And Urban Sustainability: What We Know And What Do Not Know?. *Cities*, 72, Pp. 141-148.