پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ٤، زمستان ۱٤۰۰
ص ۵۰۷-٤۸۷

# مکان‌یابی اسکان موقت مبتنی بر مخاطرهٔ سیل در شهر شیراز

مهران مقصودی[۱] ـ دانشیار دانشکدهٔ جغرافیا دانشگاه تهران
ابوالقاسم گورابی ـ دانشیار دانشکدهٔ جغرافیا دانشگاه تهران
مجتبی یمانی ـ استاد دانشکدهٔ جغرافیا دانشگاه تهران
مرضیه بذرافکن ـ دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی پردیس بین‌المللی کیش دانشگاه تهران

دریافت: ۱۸/۱۲/۱۳۹۹ پذیرش: ۰۷/۰۶/۱۴۰۰

## چکیده

**رودخانه‌ها از شریان‌های حیاتی مؤثر در جذب جمعیت و ایجاد سکونتگاه‌های شهری و روستایی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌شمار می‌روند. رودخانهٔ خشک و راهدار در پهنهٔ کلان‌شهر شیراز در سالیان گذشته یکی از پهنه‌های ژئومورفیک مخاطره‌آمیز شهری بوده است. با توجه به وقوع چندین سیلاب بزرگ در سال‌های اخیر و ایجاد تلفات جانی و مالی قابل‌توجه، تعیین نقاط مناسب جهت اسکان موقت آسیب‌دیدگان سیل از نیازهای ضروری محسوب می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از داده‌های رقومی ارتفاعی، مکانی‌ـ موقع کاربری‌های واقع در شهر شیراز، بررسی‌های میدانی، و مصاحبه با کارشناسان، در قالب مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و AHP، پس از مقایسهٔ زوجی متغیرها و تعیین اولویت آن‌ها مناسب‌ترین مکان‌ها برای اسکان موقت ارائه شده‌اند. تعیین و توسعهٔ کاربرهای (پل‌ها، کنارگذرها و ...) بدون توجه به عرصه ژئومورفولوژیک در تشدید خسارات و آسیب‌ها نقش مهمی داشته‌اند. ارزیابی این پژوهش نشان داد پهنه‌هایی که عمدتاً در جنوب شرق و نواحی مرکزی منطقهٔ شهری شیراز واقع شده‌اند (فضاهای باز و فرودگاه) دارای میانگین شاخص مطلوبیت بالایی هستند و می‌توان ار آن‌ها به‌عنوان مناسب‌ترین پهنه‌ها برای اسکان موقت مبتنی بر مخاطرهٔ سیل در شهر شیراز استفاده کرد.**

***واژگان کلیدی: اسکان موقت، سلسله‌مراتبی، سیل، شیراز، مکان‌یابی.***

## مقدمه

مخاطرات طبیعی و به‌ویژه سیل، به‌عنوان پدیده‌هایی تکرارشدنی و مخرّب، همواره در طول دوران حیات کرهٔ زمین وجود داشته‌اند. این پدیده‌ها همیشه خطری جدی برای انسان به‌شمار رفته‌اند. تجربیات کشورهای در حال توسعه در این زمینه از آسیب‌پذیری بیشتر آنان در برابر مخاطرات طبیعی حکایت دارد. قلمرو سرزمینی ایران، به‌واسطهٔ مجموعه ویژگی‌های طبیعی و انسانی، نیز بحران‌های زیادی را متحمل می‌شود؛ به‌طوری‌که آن را در زمرهٔ کشورهای آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی قرار داده است.

در صورت فهم صحیح عوامل تعیین‌کنندهٔ بروز بحران در هر ناحیه از ایران و خسارت‌های جبران‌ناپذیر ناشی از وقوع مخاطرات طبیعی، زمینهٔ پایه‌ای سیاست‌گذاری و تدوین برنامه‌هایی مناسب برای پیشگیری و مدیریت بحران‌های طبیعی، فراهم می‌شود. امروزه، اسکان موقت بعد از وقوع مخاطرات طبیعی، به‌ویژه سیل و زمین‌لرزه، به‌منظور سامان‌دهی مردم و

۱. نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۳۹۰۶۰۱۹ maghsoud@ut.ac.ir

جلوگیری از سرگردانی آن‌ها و برنامه‌ریزی در خدمات‌دهی بهتر و مناسب‌تر بسیار حائز اهمیت است. در ادبیات بلایا، تأمین سرپناه و مسکن برای حادثه‌دیدگان جریان پیوسته‌ای از سرپناه اضطراری تا احداث دائمی مسکن را دربر می‌گیرد که معمولاً با سه گروه اسکان اضطراری، اسکان موقت، و اسکان دائم و گاه با چهار گروه سرپناه اضطراری، سرپناه موقت، مسکن موقت، و مسکن دائمی معرفی می‌شود (داداش‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۲۶).

پیشینهٔ مطالعات صورت‌گرفته در زمینهٔ مکان‌یابی اسکان موقت مبتنی بر مخاطرات طبیعی در مقیاس بین‌المللی، ناحیه‌ای، و منطقه‌ای نشان می‌دهد که محققان بسیاری در این زمینه کار کرده‌اند. این محققان تلاش‌های بسیاری انجام داده و دانش و متدولوژی مناسبی را تقدیم جامعهٔ علمی کرده‌اند. در این راستا، به برخی از کوشش‌های انجام‌گرفته پرداخته می‌شود. تحلیل فضاهای باز شهری برای اسکان موقت پس از زمین‌لرزه در شهر کاتماندا نشان داد از ۴۱۰ فضا ۱۰٫۷ درصد مناسب اسکان‌اند (آنهورن و خزایی، ۲۰۱۵: ۷۸۹). در روش تجزیه و تحلیل فضایی در ناحیه‌ای از کشور استرالیا می‌توان مکان‌های مناسب احداث مکان‌های اسکان موقت را با روش‌های تحلیلی تعیین نمود و حتی با آنالیزهای شبکه در محیط سیستم‌های اطلاعات مکانی می‌توان آن‌ها را نیز مسیریابی کرد (زیفن لیو و سامسونگ، ۲۰۱۵: ۶۹). در مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی دسترس‌پذیربودن مکان‌های اسکان موقت» با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، پارامترهایی مانند فاصله از مراکز درمانی، فاصله از خطوط گسل، تراکم جمعیت، فاصله از فضاهای باز شهری، این نتیجه حاصل شد که از مجموع بلوک‌های شهر آدانای کشور ترکیه، ۱۶۴ بلوک از فضای باز، ۲۷۵ بلوک از فضای مدرسه، و ۳۳۳ بلوک از فضای سبز برای احداث مکان‌های اسکان موقت مناسب‌اند (یونال و اسلو، ۲۰۱۶: ۹۵). در پایان‌نامهٔ ارزیابی استفاده از تحلیل‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی برای استقرار مکان‌های اسکان موقت ایمن در شهر نیویورک مشخص شد استقرار مکان‌های اسکان موقت در شهر نیویورک بیشتر بستگی به پارامترهای نزدیکی به معابر اصلی، مراکز درمانی، و وسایل نقلیه دارد (بروک، ۲۰۱۷). محققان با بررسی و برنامه‌ریزی پناهگاه‌های زمین‌لرزه به‌صورت سلسله‌مراتبی در شانگهای چین نتیجه گرفتند که پناهگاه سلسله‌مراتبی باعث کاهش هزینه و فاصله می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۱۷: ۴۴۱). طراحی مناطق اسکان اضطراری یا فضاهای باز در چین و خلاصه‌کردن دستورالعمل‌ها برای ساخت‌وسازهای آینده بر اساس تجربه و تخصص سایر کشورهاست. پیشنهادهای خاص عبارت‌اند از: ترکیب طرح‌ها و نقشه‌های مناطق اسکان اضطراری و فضاهای باز در ساختن یک سیستم شهری مقاوم؛ تعبیهٔ آمادگی روتین در رویکردهای کاهش خطر بلایا؛ بهینه‌سازی مسائل مربوط به انتخاب محل مناسب با استفاده از الگوهای مکانی– زمانی؛ تغییر رویکرد از بالا به پایین به رویکرد از پایین به بالا، که شامل مشارکت جنبه‌های متعدد در ساخت مناطق اسکان اضطراری می‌شود؛ و طراحی و ایجاد مناطق اسکان اضطراری و فضاهای باز برای مبارزه با انواع مختلف بلایا (وی و جین، ۲۰۲۰) برنامه‌ریزی برای فضاهای سبز کافی و ایمن (انتخاب مکان مناسب) است که امکان سرپناه موقت یا بلندمدت عموم را فراهم می‌کند. در شهر دازچه، که دارای دو تجربهٔ زلزله (در سال ۱۹۹۹) است، با بررسی میدانی و داده‌های موجود و تعیین استانداردهای دسترسی و معیارهای انتخاب مکان مشخص شد این شهر فضاهای سبز و باز کافی برای این امر ندارد. در نتیجه، پیشنهادهایی در مرکز شهر دوزچه دربارهٔ برنامه‌ریزی فضاهای سبز باز و تلفیق استانداردها و استراتژی‌های بلایای طبیعی (زلزله) ارائه شده است (اوزون و سنیس، ۲۰۲۱: ۱۵۸۷).

با استفاده از سیستم منطق فازی برای مکان‌یابی اسکان موقت به‌منظور مدیریت حوادث غیرمترقبه بر مبنای به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعات مکانی هوشمند عوامل فاصله از مراکز درمانی (بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، اورژانس)، فاصله از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز و برق، فاصله از ایستگاه‌ها و مراکز آتش‌نشانی، فاصله از پمپ بنزین و گاز، ارتفاع ساختمان‌ها و مساحت فضای سبز به‌عنوان عوامل تأثیرگذار حل مسئله درنظر گرفته شده‌اند (صمدزادگان، ۱۳۸۴). در

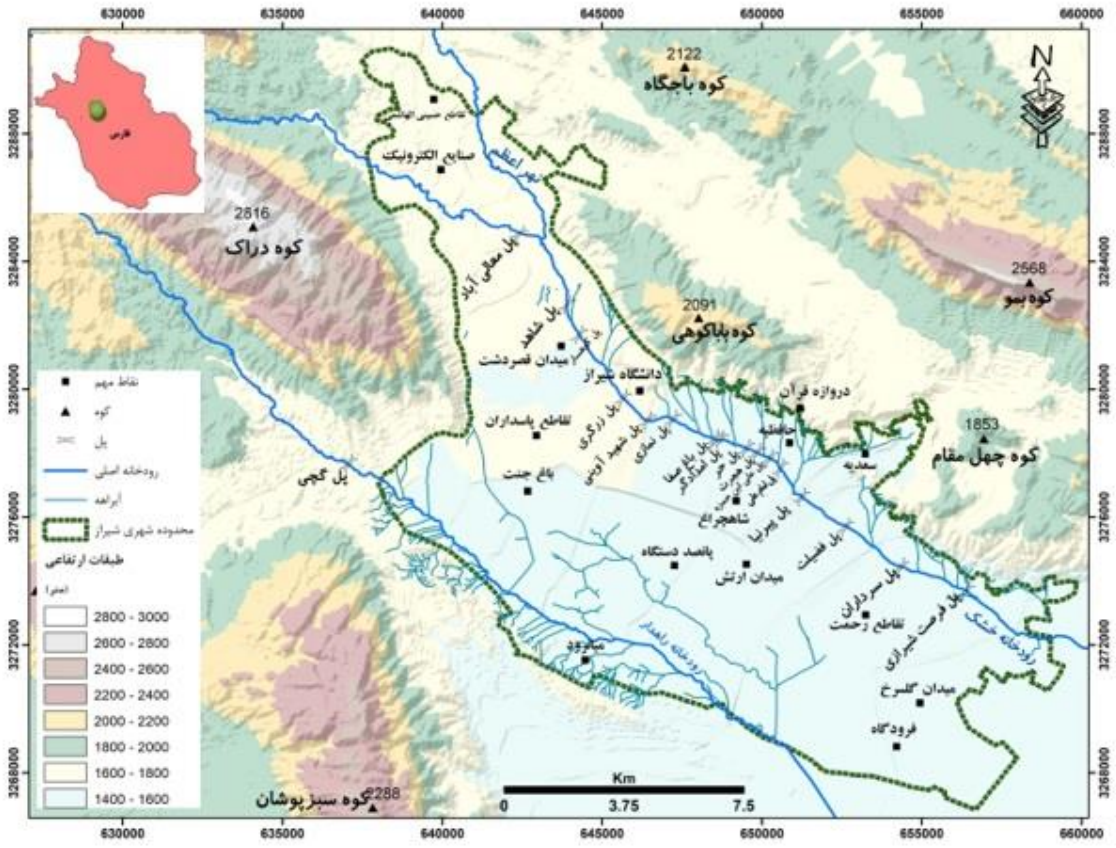
منطقهٔ ۲ شهرداری تهران، با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و با بهره‌گیری از معیارهای متعدد از قبیل شرایط طبیعی و اجتماعی گسترهٔ مورد مطالعه، لرزه‌خیزی منطقه، وضعیت جمعیتی، وضعیت ساختمانی محدوده، سیستم‌های توزیع برق، شبکهٔ گازرسانی، ایستگاه آتش‌نشانی، و مراکز بهداشتی و درمانی بهترین مکان‌ها برای اجرای عملیات اسکان موقت فضاهای باز منطقه، به‌ویژه برخی پارک‌های این منطقهٔ شهری، بودند (اشراقی و ایران‌منش، ۱۳۸۴). مکان‌یابی مراکز اسکان موقت بعد از زمین‌لرزه در شهرستان‌های جیرفت و عنبرآباد با استفاده از روش‌های چندمعیاری در GIS بر مبنای ۲۵ عامل مؤثر طبیعی، اقتصادی، زیرساختی، و غیره انجام شد و ۷ قطعه در جیرفت و ۵ مکان در عنبرآباد انتخاب شد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۱). برای مکان‌یابی اسکان موقت زلزله‌زدگان در بافت تاریخی، مبانی و راهبردها در محلهٔ محتشم کاشان با استفاده از روش AHP[1] مطالعه شد. معیارهای فاصله از سکونتگاه‌های پیشین، کاربری‌های منتخب برای اسکان، فاصله از شریان‌های دسترسی، فاصله از مراکز امدادی و مراکز درمانی مدنظر قرار گرفت (دانایی‌نیا و زاغیان، ۱۳۹۷: ۲۷). نواحی ایمن شهر کرمان در برابر زلزله و در راستای مدیریت بحران با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های چندمعیاره مشخص و پهنه‌بندی شد. نتایج حاصل حاکی از آن است که مکان‌های بسیار مناسب احداث مکان‌های اسکان موقت به‌ترتیب در مناطق ۲ و ۳ شهر کرمان بیشتر به‌چشم می‌خورد که در برنامه‌ریزی‌ها باید در اولویت قرار گیرند (کاظمی‌نیا، ۱۳۹۸: ۴۷). با تحلیل فضایی مخاطرات در گسترهٔ شهر شیراز بر نقش عوامل ژئومورفولوژیکی و انسانی بر میزان خسارات ناشی از سیل تأکید کردند (جمالی و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۱). مکان‌یابی بهینهٔ اسکان موقت برای مدیریت بحران بعد از زلزله با استفاده از روش منطق فازی و با درنظرگرفتن شاخص‌های مهم و حیاتی در شهرستان ارومیه انجام شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد بخش مرکزی شهرستان ارومیه، به دلیل نزدیکی به مراکز نظامی، مراکز بهداشتی- درمانی، همچنین به دلیل امنیت از لحاظ جغرافیایی، زمین‌ساختی، و کمترین آسیب‌پذیری در زمان وقوع زلزله نقش بسزایی در خدمات‌رسانی و امداد و نجات پس از وقوع زلزله داشته و به همین دلایل بهینه‌ترین مکان‌ها را در جهت برنامه‌ریزی و مکان‌یابی اسکان موقت بعد از زلزله داراست (قادری و همکاران، ۱۴۰۰). در چارچوب روش تحقیق توصیفی- تحلیلی، پس از مشخص‌شدن معیارهای مؤثر در مکان‌یابی مراکز اسکان موقت، اطلاعات و داده‌های قابل دسترس گزینش شده‌اند. معیارها و شاخص‌های مورد مطالعه با استفاده از تکنیک AHP وزن‌دهی شده و با استفاده از نرم‌افزار GIS لایه‌های تولیدی هر معیار با توجه به وزن مشخص شده‌اند. پس از همپوشانی لایه‌ها، نقشهٔ پهنه‌بندی اسکان موقت سانحه‌دیدگان سطح منطقهٔ ۳ شهرداری اصفهان شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد بخش مرکزی منطقهٔ ۳ اصفهان به دلیل بافت فرسوده قابلیت امکان اسکان موقت در مواقع بحران را ندارد و در مقابل بخش جنوب غربی منطقه بهترین مکان برای اسکان موقت در مواقع بحران است (محمدی طبائی و همکاران، ۱۴۰۰). موقعیت منطقهٔ شهری شیراز به‌سبب قرارگیری بخش قابل‌توجهی از آن بر عرصهٔ ژئومورفولوژیکی دشت‌های سیلابی رودخانه‌ها با تحدید مخاطرهٔ سیلاب همراه است که سیلاب‌هایی در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰، و ۱۳۹۸ و خسارات ناشی از آن‌ها گواهی بر آن‌اند. بنابراین، مدیریت محیطی لازم در این زمینه پیش، حین، و پس از سیل در منطقهٔ شهری شیراز امری ضروری است. نویسندگان در این پژوهش بر آن‌اند تا با مکان‌یابی اسکان موقت مبتنی بر مخاطرهٔ سیل در منطقهٔ شهری شیراز- که با داشتن تمرکز جمعیتی (جمعیتی بالغ بر ۱.۵ میلیون نفر) و سرمایه‌های اقتصادی درخورتوجه اهمیتی مضاعف دارد- به این امر کمک نمایند.

**1**. Analytic hierarchy process

## داده و روش

### منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ شهری شیراز از سمت غرب به کوه دراک، از سمت شمال به کوه‌های بمو، سبزپوشان، چهل‌مقام، و باباکوهی از رشته‌کوه‌های زاگرس محدود شده است. رودخانهٔ خشک شیراز از ارتفاعات قلات، کلستان، و باجگاه سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسافتی کوتاه شاخهٔ نهر اعظم از سمت غرب و تنگ سرخ، که سرچشمهٔ آن در منطقهٔ پسکوهک است و بین کوه‌های قلات و دراک به نام دره تنگ سرخ جریان دارد، از سمت شرق به آن می‌پیوندد و پس از ورود رواناب‌های حوضهٔ شهری شیراز مانند باباکوهی، تنگ قرآن، سعدی، کفترک، کوی آزادگان، و همچنین مازاد چشمه‌های برم‌دلک در نهایت به دریاچهٔ مهارلو می‌ریزد. برای عبور از روی این رودخانه در شیراز، پل‌های متعددی بر روی آن نصب شده است که معروف‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: پل باغ صفا، پل نمازی، پل زرگری، پل علی بن حمزه، پل معالی‌آباد، پل پیرنیا، و پل پارکینگ. رودخانهٔ چنار راهدار در محل پل گچی در ورودی غربی ابتدای جادهٔ شیراز– کازرون وارد شیراز می‌شود. این رودخانه از سمت جنوب غربی به سمت جنوب شرق شیراز امتداد می‌یابد و در انتها به دریاچهٔ مهارلو تخلیه می‌شود. میانگین بارندگی سالیانه در ایستگاه شیراز ۳۸۲.۷ میلی‌متر است. شیب توپوگرافی دشت شیراز دارای جهت شمال غربی– جنوب شرقی است که به‌تدریج به سمت دریاچهٔ مهارلو شیب ملایم‌تر می‌شود. جمعیت شیراز در سال ۱۳۹۵ خورشیدی بالغ بر ۱.۵۶۵.۵۷۲ تن بوده که این رقم با احتساب جمعیت ساکن در حومهٔ شهر به ۱.۸۶۹.۰۰۱ نفر می‌رسد (مرکز آمار و سرشماری ایران، ۱۳۹۵) (شکل ۱ و ۳).




**شکل ۱. موقعیت منطقهٔ شهری شیراز**

### داده

در این پژوهش از نقشه‌های رقومی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، مدل رقومی ارتفاعی ۱۰ متر، نقشهٔ مطالعات تفصیلی، عکس‌های هوایی، و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است.

در بررسی اولیه مشخص شد به سبب وجود خطا مسیر آبراهه‌ها و شبکهٔ جریان تجمعی همخوانی خوبی ندارند. بنابراین، به تهیهٔ DEM هیدرولوژیک از روی DEM خام این حوضه اقدام شد. برای رفع خطای DEM، با استفاده از الگوریتم Fill به پُرکردن گودی‌ها اقدام شد و نقشهٔ جهت جریان و جریان تجمعی تهیه شد.

اطلاعات هیدرولیکی (ضرایب زبری آبراههٔ اصلی منطقهٔ مورد مطالعه، وضعیت مسیر رودخانه از جمله پلان رودخانه، و مقاطع عرضی رودخانه)، اطلاعات توپوگرافی (پروفیل طولی و عرضی رودخانه و اراضی حاشیه)، اطلاعات جریان سیل (هیدروگراف ورودی سیل، دبی با دورهٔ بازگشت‌های مختلف، و منحنی دبی)، آمار دبی و ایستگاه‌های مربوطه از سازمان منطقه‌ای آب تهیه شد. به‌منظور محاسبهٔ متوسط آبدهی سالانهٔ ایستگاه‌ها در دورهٔ شاخص ۲۵ساله (۱۳۶۸-۱۳۹۳)، نخست آمار ایستگاه‌های دارای دورهٔ آماری بیش از ده سال با ایجاد رابطهٔ همبستگی بین آبدهی سالانهٔ این ایستگاه‌ها با ایستگاه‌های معرف بازسازی شده است. آمار آبدهی سالانه در ایستگاه‌هایی که دورهٔ آماری آن‌ها ده سال یا بیشتر بوده با استفاده از رابطهٔ همبستگی بین آن‌ها و ایستگاه‌های مبنا بازسازی و تکمیل شده است.

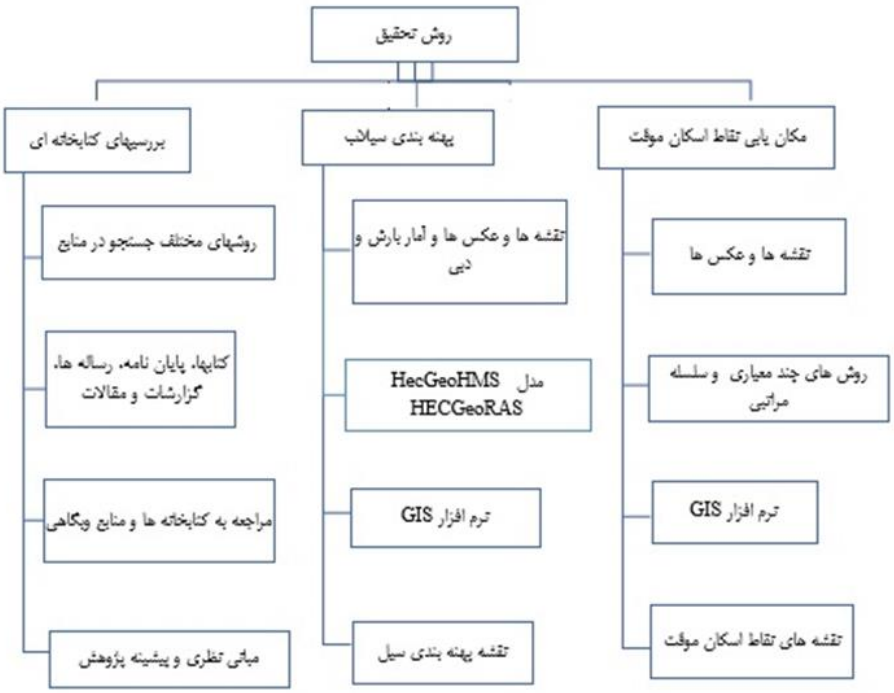
## روش

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی- تحلیلی است. نخست، برای منطقهٔ مورد مطالعه، پهنه‌بندی سیلاب صورت گرفته و سپس مکان‌های مناسب برای اسکان موقت تعیین شده است.

### الف) مدل‌سازی و پهنه‌بندی سیلاب

در این پژوهش نخست مناطقی که دارای مخاطرهٔ سیل‌اند با استفاده از مدل‌های موجود مشخص و پهنه‌بندی شده‌اند.

محدودهٔ سیلاب‌گیر با استفاده از مدل HecGeoHMS و HECGeoRAS برای رودخانهٔ خشک- که در شمال شهر شیراز به‌صورت فصلی جریان دارد- مشخص شده است. با توجه به فقدان اطلاعات دبی رودخانه، محدودهٔ سیلاب‌گیر رودخانهٔ راهدار با بازدیدهای میدانی و نظر کارشناسان سازمان منطقه‌ای آب (به‌طور متوسط شعاع ۱۵۰ متر) مشخص شده است.




**شکل ۲. فرایند روش تحقیق**

## ب) تعیین مکان‌های مناسب برای اسکان موقت

برای انتخاب محل‌های مناسب جهت اسکان موقت، نخست معیارهای لازم برای این مکان‌یابی تهیه و پس از تهیهٔ این معیارها در مرحلهٔ مکان‌یابی طبق نظر کارشناسان خبرهٔ دست‌اندرکار مدیریت بازسازی، چارچوب‌های امتیازدهی بر اساس این معیارها تعیین می‌شود. به‌سبب خصوصیت مکانی بیشتر اطلاعات، بررسی‌های اولیه در محیط GIS با توجه به امکانات این نرم‌افزار در تحلیل و تفسیر اطلاعات مکانی انجام می‌گیرد. پس از آمادگی لایه‌های مختلف بر اساس معیارهای گوناگون منطقه، با استفاده از فرامین موجود در نرم‌افزار ArcGIS، مکان‌یابی اولیه انجام می‌شود. تعیین مکان‌های مناسب برای اسکان موقت در جریان بروز مخاطرهٔ سیل در محدودهٔ مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل AHP با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام شده است.

### ۱. تعیین معیارها و زیرمعیارها

با توجه به اینکه در عمل همهٔ معیارها دارای اهمیت یکسانی نیستند، در روش AHP نیز هر معیار دارای وزن خاصی است که باید توسط کاربر به روش‌های مختلف اعمال شود. همچنین، می‌توان هر معیار را به چند جزء کوچک‌تر (زیرمعیارها) تقسیم و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه و وزن‌دهی کرد.

پس از تعیین مهم‌ترین معیارهای موضوع موردمطالعه با استفاده از تکنیک دلفی، به اولویت‌بندی هر یک از معیارهای شناسایی‌شده پرداخته می‌شود. برای اولویت‌بندی معیارها از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

## ۲. تعیین اولویت

نخست بر اساس هدف اصلی تحقیق، هر یک از معیارها به‌صورت زوجی مقایسه و با محاسبهٔ بردار ویـژه تعیـین اولویـت می‌شود. بر اساس مطالعات انجام‌شدهٔ پیشین و با توجه به شرایط و مقتضیات حوضهٔ مورد مطالعه، زیرمعیارهای مربوط به هر یک از معیارهای اصلی تعیین می‌شود. درنهایت، مقایسهٔ زوجی زیرمعیارها بر اساس معیارهای مرتبط و مـاتریس W2 محاسبه خواهد شد.

برای تعیین اولویت‌های کلی و تبیین روابط بین آن‌ها، ساختار سوپرماتریس اولیه (ناموزون)[1] تشکیل شـده اسـت. بـر مبنای نظریهٔ ساعتی، پس از تشکیل سوپرماتریس اولیه، گام بعدی تعیین اولویت اسـت. بـرای تعیـین اولویـت از مفهـوم نرمال‌سازی[2] و میانگین موزون[3] استفاده می‌شود (ساعتی، ۱۹۸۰: ۱۲۷). پس از نرمال‌کردن از مقادیر هـر سـطر میـانگین وزن‌دار گرفته خواهد شد. برای نرمال‌کردن مقادیر بدون استفاده از نرم‌افزار از فرمول زیر (رابطه ۱) استفاده می‌شود:

$$R_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}}$$ رابطهٔ ۱

در این فرمول rij درایهٔ نرمال‌شدهٔ متناظر با درایهٔ aij در سوپرماتریس اولیه است. نخسـت، توضـیح ایـن نکتـه لازم است که نظر به گستردگی مطالعهٔ حاضر برای نرمال‌کردن از نرم‌افزارهای آماری مربوطه استفاده شده است.

## ۳. تهیهٔ لایه‌های رستری معیارها

تهیه و ایجاد لایه‌های رستری در محیط GIS یکی از مهم‌ترین مراحل مکان‌یـابی محسـوب مـی‌شـود. در ایـن مرحلـه معیارهای مورد نظر در مکان‌یابی در یک سطح پیوسته تعمیم داده می‌شوند. لایه‌های رستری حاصل از این مرحله از نوع لایه‌های رستری پیوسته یا اعشاری است، زیرا اساس و ماهیت مقادیر معیارهای درنظرگرفته‌شده در این پـژوهش از نـوع اعشاری است. به‌عنوان مثال، معیار شیب سطح زمین متغیر اعشاری یا پیوسته شیب سطح زمین را دربر دارد.

## ٤. همجنس‌نمودن لایه‌های رستری معیارها

عملیات همجنس‌نمودن لایه‌های رستری ساخته‌شده در مرحلهٔ قبل، با استفاده از تابع همجنس‌نمودن[4] و با بهره‌گیـری از برنامهٔ جانبی تحلیل مکانی[5] و در محیط نرم‌افزاری ArcGIS انجام گرفته است.

## ۵. تبدیل لایه‌های رستری به لایه‌های برداری

با اجرای این عملیات، که توسط تابع تبدیل لایهٔ رستری به پلیگون[6] در محیط نرم‌افـزاری ArcGIS10.7 انجـام گرفتـه، لایه‌های رستری طبقه‌بندی مجدد شده (عدد صحیح) به لایه‌هایی برداری- پلیگونی تبدیل شده‌اند.

1. Unweight super matrix
2. Normalize
3. Weighted average
4. Reclassify
5. Spatial Analyst
6. Raster to Polygon

**۶. محاسبهٔ وزن‌های نسبی زیرمعیارهای هر معیار به روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)**

در این مرحله با ایجاد ماتریس مقایسهٔ زوجی، از زیرمعیارهای هر معیار و حل این ماتریس‌ها روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) اوزان نسبی زیرمعیارهای همهٔ معیارها (به‌جز معیار سازگاری کاربری‌ها) محاسبه شد.

**۷. محاسبهٔ وزن‌های نسبی زیرمعیارهای سازگاری کاربری‌ها**

در این مرحله با استفاده از رتبه‌دهی و نرمال‌سازی، اوزان نسبی زیرمعیارهای کاربری اراضی به‌دست آمد.

**۸. تهیهٔ لایهٔ رستری وزن‌های نسبی زیرمعیارها**

در این مرحله اوزان به‌دست‌آمده برای هر کدام از زیرمعیارها به لایه‌های برداری- پلیگونی اضافه شده و با استفاده از تابع تبدیل عوارض به لایهٔ رستری[1] در محیط نرم‌افزاری ArcGIS لایه‌های رستری اوزان زیرمعیارها به‌دست آمد.

**۹. تعیین وزن نسبی معیارها**

در این پژوهش برای تعیین وزن نسبی معیارها نیز از روش رتبه‌دهی و نرمال‌سازی استفاده شده است.

**۱۰. تلفیق لایه‌های اوزان نسبی زیرمعیارها و تعیین شاخص مطلوبیت مکانی**

عملیات تلفیق لایه‌های رستری با استفاده از تابع تلفیق اوزان[2] در برنامهٔ جانبی تحلیل مکانی[3] و در محیط ArcGIS انجام شده است.

**۱۱. تعیین میانگین شاخص مطلوبیت مکانی در فضاهای خالی**

برای تعیین میانگین شاخص مطلوبیت مکانی در فضاهای خالی از تابع منطقهٔ آماری[4] و برنامهٔ جانبی تحلیل مکانی[5] در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است.

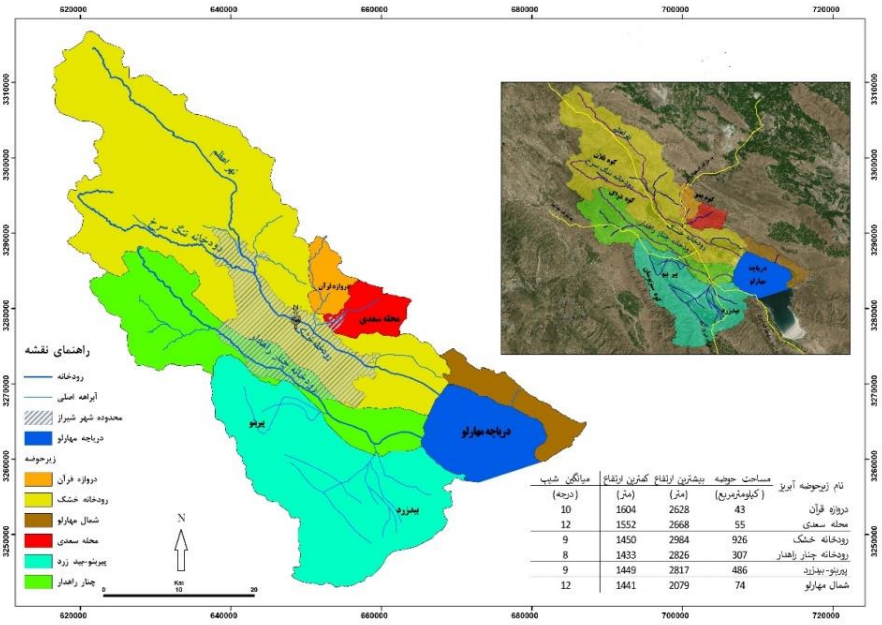
**۱۲. تعیین بهترین پهنه‌ها برای احداث اقامتگاه‌های اضطراری**

در این مرحله با بازدید میدانی از فضاهای خالی که دارای میانگین شاخص مطلوبیت بالا می‌باشند بهترین پهنه‌ها انتخاب شده است.

## یافته‌های تحقیق

پس از تعیین حوضهٔ مورد مطالعه، دوره‌های بازگشت دبی حداکثر لحظه‌ای محاسبه و شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیلاب انجام شد و با مشخص‌شدن نواحی پُرخطر معیارهای اصلی تعیین و نقشهٔ مناطق مناسب اسکان موقت تهیه شد.

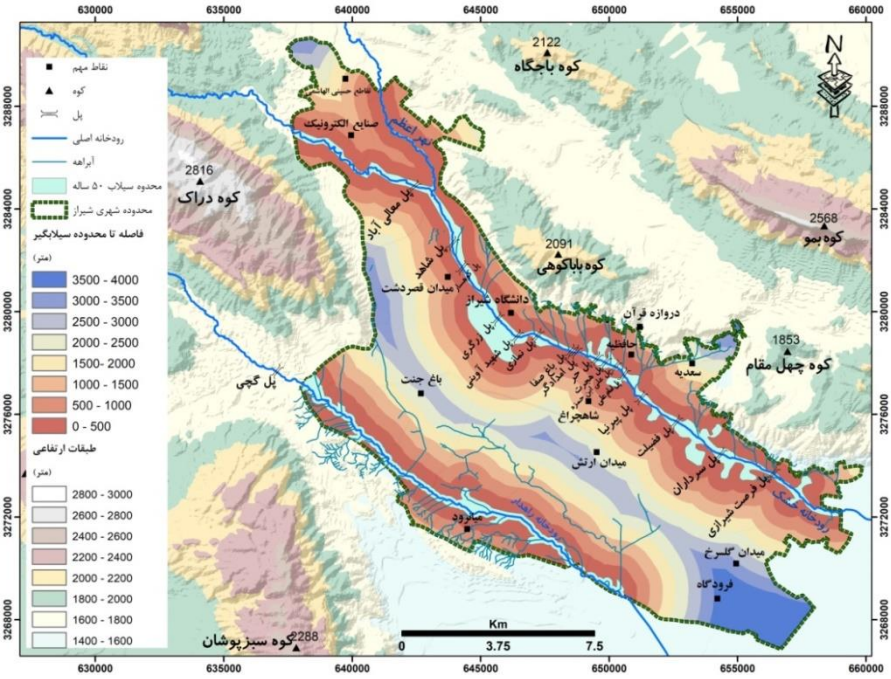
1. Feature to Raster
2. Sum Weight
3. Spatial Analyst
4. Zonal Statistics
5. Spatial Analyst




**شکل ۳. نقشهٔ زیرحوضه‌های آبریز شهر شیراز (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۹۸)**

## پهنه‌بندی سیلاب در منطقهٔ شهری شیراز

نخست، بازهٔ اصلی رودخانهٔ خشک شیراز بررسی شد. محدودهٔ سیلاب‌گیر با استفاده از مدل HecGeoHMS و HECGeoRAS برای رودخانهٔ خشک، که در شمال شهر شیراز به‌صورت فصلی جریان دارد، مشخص شده است. با توجه به فقدان اطلاعات دبی رودخانه، محدودهٔ سیلاب‌گیر رودخانهٔ راهدار با بازدیدهای میدانی و نظر کارشناسان سازمان منطقه‌ای آب (به‌طور متوسط شعاع ۱۵۰ متر) مشخص شده است.




**شکل ٤. پهنه‌های سیلابی برای دوره‌های بازگشت پنجاه‌ساله در نرم‌افزار GIS**

در بیشتر مقاطع رودخانهٔ مورد مطالعه، اطراف رودخانه دچار سیل می‌شود، زیرا ارتفاع آب عبوری از سرریز بیشتر از ارتفاع سرریز است و این کمبود سطح در بالادست جبران می‌شود و بر سیل‌گیری مناطق اطراف می‌افزاید. این در حالی است که در این مناطق منازل مسکونی، جاده، تأسیسات در نزدیکی رودخانه قرار دارد و با بالاآمدن آب رودخانه، خسارت زیادی به این مناطق تحمیل می‌شود. افزایش دبی سیلاب و افزایش سطح پهنه‌های سیل‌گیرْ ناشی از کاربری نامناسب و پیشروی اراضی شهری است. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی منطقه، مشخص شد که در این رودخانه روند افزایش خسارت و سطح سیل‌گیری در دوره‌های بازگشت ۱۰ تا ۲۵ سال نسبت به دوره‌های بازگشت ۲۵ تا ۱۰۰ ساله، دارای سیر صعودی سریع‌تری بوده و بخش عمده‌ای از خسارت به پهنه‌های دشت سیلابی زیر ۲۵ سال وارد شده است.

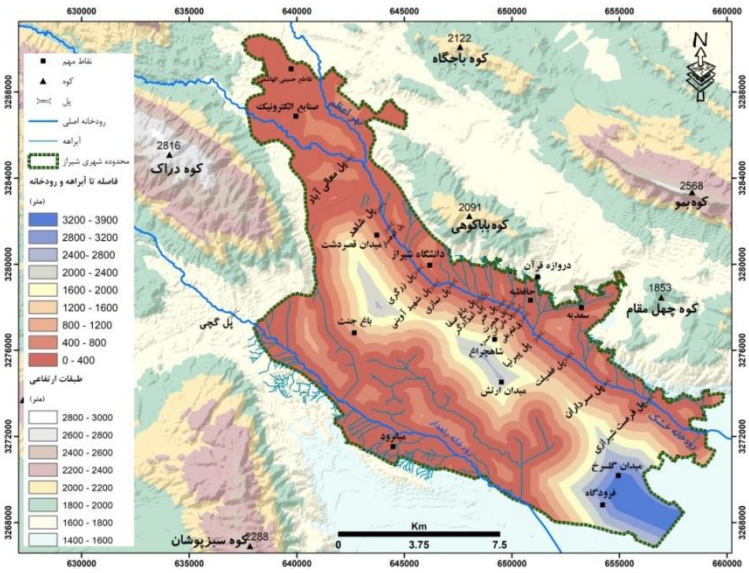
## مکان‌یابی نقاط اسکان موقت

بر اساس مطالعات انجام‌شده، ادبیات پژوهش موجود، و مصاحبه‌های تخصصی انجام‌شده، معیارهای اصلی مطالعه عبارت‌اند از: ۱) فاصله تا محدودهٔ سیلاب‌گیر؛ ۲) فاصله تا مرز کوه و دشت؛ ۳) فاصله تا فضاهای خالی (زمین‌های بدون ساخت و ساز، باغ، پارک و فضای سبز، و زمین‌های کشاورزی)؛ ۴) تراکم ساختمان؛ ۵) فاصله تا آبراهه و رودخانه؛ ۶) فاصله تا ایستگاه آتش‌نشانی؛ ۷) جمعیت کل؛ ۸) جمعیت آسیب‌پذیر (کمتر از ده سال و بالای ۶۵ سال)؛ ۹) سازگاری کاربری‌ها؛ ۱۰) فاصله تا معابر اصلی؛ ۱۱) فاصله تا مراکز بهداشتی- درمانی؛ ۱۲) فاصله تا نقاط نظامی- انتظامی؛ ۱۳) ارتفاع سطح زمین؛ ۱۴) شیب زمین؛ ۱۵) جهت شیب؛ ۱۶) فاصله تا محل ورود آبراهه و رودخانه.

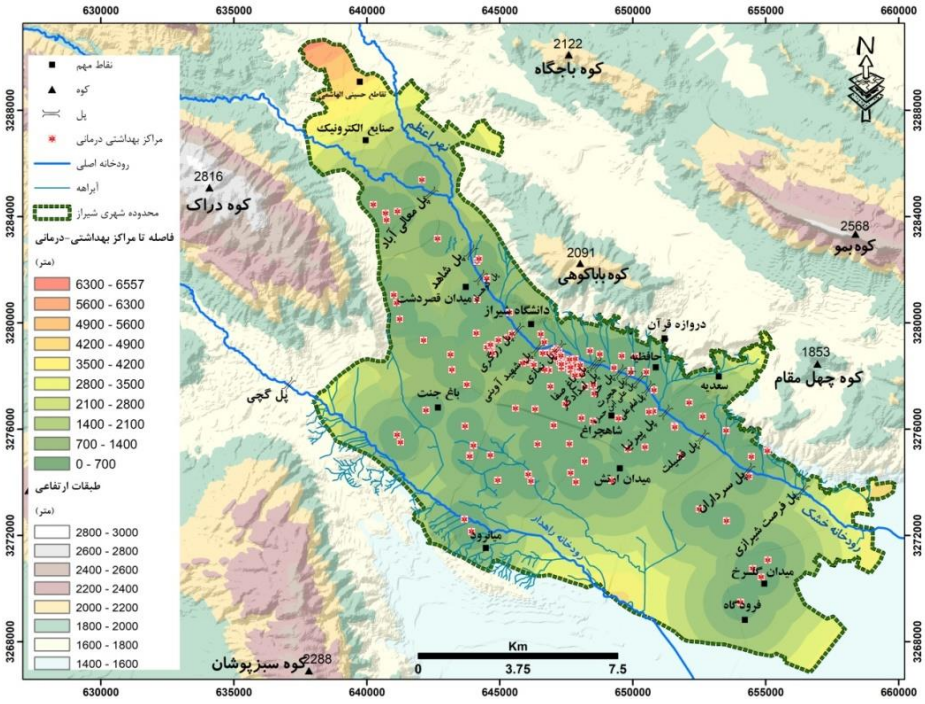
چون حل مسئله به روش سلسله‌مراتبی نیازمند طی‌کردن مراحل مختلف است، نسبت به اجرای مراحل مختلف تجزیه و تحلیل داده‌ها به شرح زیر اقدام شده است:

### ۱. تهیهٔ لایه‌های رستری معیارها

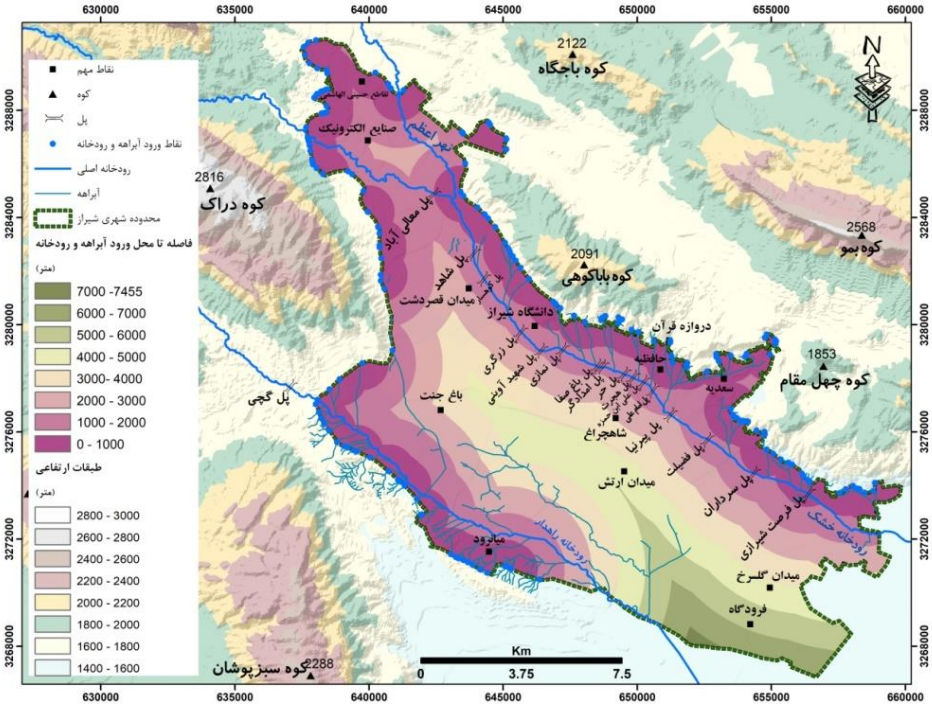
در این مرحله لایه‌های رستری معیارهای شانزده‌گانهٔ مد نظر در مکان‌یابی اضطراری تهیه شده است. به دلیل کمبود فضا چند نمونه در اینجا آورده شده است (شکل‌های ۵-۸).



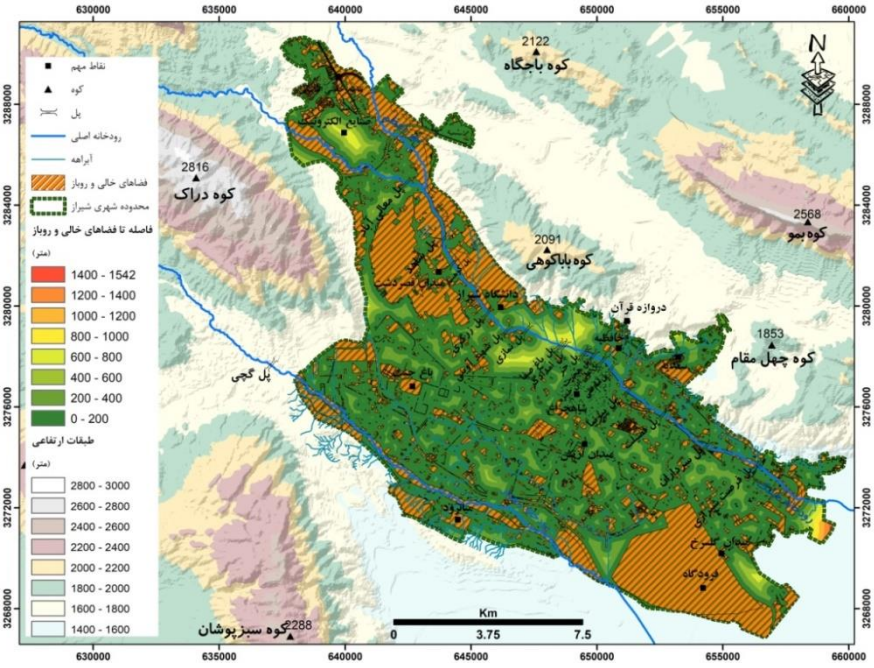

**شکل ۵. نقشهٔ فاصله تا آبراهه و رودخانه در محدودهٔ شهر شیراز**




**شکل ٦. نقشهٔ فاصله تا مراکز بهداشتی- درمانی در محدودهٔ شهر شیراز**




**شکل ۷. نقشهٔ فاصله تا محل ورود آبراهه و رودخانه در محدودهٔ شهر شیراز**




**شکل ۸. نقشهٔ فاصله تا فضاهای خالی در محدودهٔ شهری شیراز**

**جدول ۱. حداقل و حداکثر معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی اقامتگاه‌های موقت**

| ردیف | نام معیار | واحد اندازه‌گیری | حداقل و حداکثر |
|---|---|---|---|
| ۱ | فاصله تا محدودهٔ سیلاب‌گیر | متر | ۰–۵۰۳۸ |
| ۲ | فاصله تا خط کوه و دشت | متر | ۰–۶۳۶۶ |
| ۳ | فاصله تا فضاهای خالی | متر | ۰–۱۲۷۴ |
| ۴ | تراکم ساختمان | ساختمان در کیلومترمربع | ۰–۲۰۳ |
| ۵ | فاصله تا آبراهه و رودخانه | متر | ۰–۴۵۴۶ |
| ۶ | فاصله تا ایستگاه آتش‌نشانی | متر | ۰–۶۷۲۳ |
| ۷ | جمعیت کل | نفر | ۵–۱۴۹۵۶ |
| ۸ | جمعیت آسیب‌پذیر | نفر | ۰–۳۵۷۳ |
| ۹ | سازگاری کاربری‌ها | ندارد | – |
| ۱۰ | فاصله تا معابر اصلی | متر | ۰–۳۳۰۳ |
| ۱۱ | فاصله تا مراکز بهداشتی– درمانی | متر | ۰–۵۰۷۰ |
| ۱۲ | فاصله تا نقاط نظامی– انتظامی | متر | ۰–۴۹۱۰ |
| ۱۳ | ارتفاع سطح زمین | متر از سطح دریا | ۱۴۶۶–۱۷۳۴ |
| ۱۴ | شیب زمین | درجه | ۰–۳۷ |
| ۱۵ | جهت شیب | درجه | ۱۳۵، ۱۸۰ و ۲۲۵ |
| ۱۶ | فاصله تا محل ورود آبراهه و رودخانه | متر | ۰–۷۲۸۲ |

هرچه فاصلهٔ اقامتگاه اضطراری تا معابر اصلی کمتر باشد سهولت دسترسی به آن‌ها بیشتر است. حداقل و حداکثر فاصله تا محدودهٔ سیلاب‌گیر به‌ترتیب برابر با ۰ و ۵۰۳۸ متر است. هرچه فاصله تا محدودهٔ سیلاب‌گیر، محل‌های ورود سیلاب، و آبراهه‌ها و رودخانه‌ها کمتر باشد مسلماً کارایی پهنهٔ موردنظر برای احداث اقامتگاه موقت کمتر خواهد شد و خطرپذیری سیلاب بیشتر خواهد بود. حداقل و حداکثر فاصله تا مرز کوه و دشت به‌ترتیب برابر با ۰ و ۶۳۶۶ متر است. هرچه فاصله تا مرز کوه و دشت کمتر باشد کارایی پهنهٔ موردنظر برای احداث اقامتگاه موقت بیشتر خواهد شد. ارتفاع

سطح زمین در مکان‌یابی پهنه‌های مناسب برای احداث اقامتگاه‌های موقت از این جهت اهمیت دارد که در ارتفاعات زیاد نمی‌توان چنین اقامتگاه‌هایی را احداث کرد. بنابراین، بین ارتفاع زمین و شایستگی پهنهٔ ارتباط عکس وجود دارد. با افزایش شیب زمین امکان احداث سازه‌های لازم کاهش می‌یابد و شایستگی پهنه نیز کمتر می‌شود. حداقل و حداکثر شیب سطح زمین در محدودهٔ شهری شیراز به‌ترتیب برابر با صفر و ۳۷ درجه است.

جهت شیب زمین تأثیر مستقیمی در دریافت انرژی تابشی از نور خورشید دارد و زمین‌هایی که رو به جنوب شرق، جنوب، و جنوب غرب‌اند ساعات بیشتری از روز در معرض نور آفتاب قرار می‌گیرند (کاویانی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۲۱). بنابراین، چنین پهنه‌هایی شایستگی بیشتری برای احداث اقامتگاه‌های موقت دارند. فضاهای خالی ــ که مجموعه‌ای از زمین‌های بدون کاربری، پارک و فضای سبز، باغ‌ها و اراضی زراعی‌اند ـ محل‌های مناسبی برای احداث اقامتگاه‌های موقت‌اند. تراکم ساختمان معیار خوبی برای انتخاب مکان‌های مناسب برای احداث اقامتگاه‌های موقت است. چون جمعیت بسیار زیادی در مناطق پُرتراکم ساختمانی وجود دارد، درصورت وجود فضاهای خالی در این مناطق، می‌توان اقامتگاه‌ها را در آن‌ها جانمایی کرد. نزدیکی اقامتگاه‌های موقت به مراکز خدمات‌رسانی از قبیل آتش‌نشانی‌ها و نقاط نظامی– انتظامی می‌تواند مطلوبیت داشته باشد. با توجه به وضعیت و شرایط اضطراری و وقوع مخاطراتی از قبیل سیل و زلزله، نزدیک‌بودن اقامتگاه‌های موقت به مراکز بهداشتی– درمانی از اهمیت زیادی برخوردار است. حداقل و حداکثر جمعیت در بلوک‌های آماری شهر شیراز به‌ترتیب برابر با ۵ و ۱۴۹۵۶ نفر است. جمعیت زیر ۱۰ سال و بالای ۶۵ سال جمعیت آسیب‌پذیر درنظر گرفته شده است؛ حداقل و حداکثر جمعیت آسیب‌پذیر در شهر شیراز به‌ترتیب برابر با ۰ و ۳۵۷۳ متر است. سازگاری کاربری‌ها را می‌توان با یک وزن مشخص کرد. این وزن می‌تواند بین صفر (کاملاً ناسازگار) و ۱ (کاملاً سازگار) تغییر کند (جدول ۴).

در نقشه‌های ۵ تا ۸ مشاهده می‌شود که فضاهای خالی جنوب شرقی شیراز، که شامل میدان گل‌سرخی و فرودگاه است، بیشترین فاصله را با آبراهه‌ها و رودخانه‌ها دارند و از طرفی در فاصلهٔ مناسبی با مراکز درمانی قرار گرفته‌اند.

## ۲. همجنس‌نمودن لایه‌های رستری معیارها

در عملیات همجنس‌نمودن، به هر طبقه از لایه‌های رستری یک مقدار عددی صحیح اختصاص داده می‌شود و لایهٔ رستری جدیدی ساخته می‌شود که سلول‌های آن از نوع اعداد صحیح خواهند بود. با انجام‌دادن این عملیات از یک سو لایه‌های رستری از حالت پیوسته (اعشاری) به حالت گسسته (عدد صحیح) تبدیل می‌شوند و از سوی دیگر لایه‌های رستری حاصله فاقد دیمانسیون خواهند شد. این عملیاتِ بی بُعدسازی فرایند تلفیق لایه‌ها را آسان می‌کند، زیرا به‌عنوان مثال نمی‌توان لایه‌هایی با دیمانسیون متر را با لایه‌هایی با دیمانسیون درجه تلفیق کرد.

## ۳. تبدیل لایه‌های رستری به لایه‌های برداری

در این تبدیل مجموعه سلول‌هایی که مقادیر یکسان داشته‌اند (مثلاً همهٔ سلول‌هایی که دارای مقدار صحیح ۱ بوده‌اند) به یک محدودهٔ پلیگونی تبدیل شده‌اند. با اجرای این تبدیل ۱۶ لایهٔ برداری– پلیگونی تهیه شده است.

## ٤. محاسبهٔ وزن‌های نسبی زیرمعیارهای هر معیار به روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

هر کدام از طبقات موجود در لایه‌های رستری طبقه‌بندی مجددشده یک زیرمعیار محسوب می‌شود. به‌عنوان مثال، فاصلهٔ

۰ تا ۱۰۰ متری از محدودهٔ سیلاب‌گیر در معیار فاصله تا محدودهٔ سیلاب‌گیر یک زیرمعیار محسوب می‌شود. برای نمونه، ماتریس مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای فاصله تا ایستگاه‌های آتش‌نشانی و فاصله تا محدودهٔ سیلاب‌گیر به همراه اوزان محاسبه‌شدهٔ سلسله‌مراتبی به‌ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است. حروف لاتین (A، B، C و ...) در این جدول‌ها نشان‌دهندهٔ کدهای قراردادی برای هر کدام از زیرمعیارها (طبقات مختلف) است. ضریب CI نیز نشان‌دهندهٔ شاخص ناسازگاری است که در مقادیر کمتر از ۰/۱ قابل قبول است (جدول‌های ۲ و ۳ به‌عنوان نمونه).

**جدول ۲. ماتریس مقایسهٔ زوجی و وزن‌های زیرمعیارهای فاصله تا ایستگاه‌های آتش‌نشانی**

| | طبقات (متر) | A | B | C | D | E | F | G | H | I | وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | ۱۰۰-۰ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۰/۳۱۲ |
| B | ۱۳۳۳-۱۰۰ | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۰/۲۲۲ |
| C | ۱۸۰۶-۱۳۳۳ | | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۰/۱۵۵ |
| D | ۲۲۷۳-۱۸۰۶ | | | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۰/۱۰۸ |
| E | ۲۷۷۴-۲۲۷۳ | | | | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۰/۰۷۴ |
| F | ۳۴۰۴-۲۷۷۴ | | | | | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۰/۰۵۱ |
| G | ۴۲۱۱-۳۴۰۴ | | | | | | | ۱ | ۲ | ۳ | ۰/۰۳۵ |
| H | ۵۱۷۳-۴۲۱۱ | | | | | | | | ۱ | ۲ | ۰/۰۲۵ |
| I | ۶۷۲۳-۵۱۷۳ | | | | | | | | | ۱ | ۰/۰۱۸ |
| CI=۰/۰۵۰ | | | | | | | | | | | ۱ |

**جدول ۳. ماتریس مقایسهٔ زوجی و وزن‌های زیر معیارهای فاصله تا ایستگاه‌های آموزشی**

| | طبقات (متر) | A | B | C | D | E | وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | ۵۰۰-۰ | ۱ | ۳/۱ | ۵/۱ | ۷/۱ | ۹/۱ | ۰/۰۳۳۸ |
| B | ۱۳۲۳-۵۰۰ | | ۱ | ۴/۱ | ۶/۱ | ۷/۱ | ۰/۰۵۹۸ |
| C | ۲۱۴۸-۱۳۲۳ | | | ۱ | ۴/۱ | ۳/۱ | ۰/۱۴۸۶ |
| D | ۳۱۷۵-۲۱۴۸ | | | | ۱ | ۲/۱ | ۰/۳۲۹۳ |
| E | ۵۰۳۸-۳۱۷۵ | | | | | ۱ | ۰/۴۲۸۵ |
| CI=۰/۰۶۶ | | | | | | | ۱ |

## ۵. محاسبهٔ وزن‌های نسبی زیرمعیارهای سازگاری کاربری‌ها

این اوزان اهمیت هر کاربری را برای احداث اقامتگاه‌های اضطراری نشان می‌دهد. نتیجهٔ این محاسبات در جدول ۴ آورده شده است. بر این اساس، کاربری فضای خالی بیشترین وزن را و کاربری رودخانهٔ خشک کمترین وزن را دریافت کرده‌اند.

**جدول ٤. وزن‌های زیرمعیارهای سازگاری کاربری‌ها**

| ردیف | کاربری | وزن | ردیف | کاربری | وزن |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | فضای خالی | ۰/۰۷۸ | ۱۳ | حمل‌ونقل | ۰/۰۴۱ |
| ۲ | پارک- فضای سبز | ۰/۰۷۴ | ۱۴ | انبار | ۰/۰۳۷ |
| ۳ | باغ | ۰/۰۷۱ | ۱۵ | اداری | ۰/۰۳۴ |
| ۴ | اراضی کشاورزی | ۰/۰۶۸ | ۱۶ | تأسیسات شهری | ۰/۰۳۰ |
| ۵ | مخروبه | ۰/۰۶۸ | ۱۷ | تجاری | ۰/۰۲۷ |

ادامهٔ جدول ٤

| ردیف | کاربری | وزن | ردیف | کاربری | وزن |
|---|---|---|---|---|---|
| ۶ | پارکینگ | ۰/۰۶۴ | ۱۸ | مذهبی | ۰/۰۲۴ |
| ۷ | ورزشی | ۰/۰۶۱ | ۱۹ | فرهنگی- تاریخی | ۰/۰۲۰ |
| ۸ | آموزشی | ۰/۰۵۷ | ۲۰ | آتش‌نشانی | ۰/۰۱۷ |
| ۹ | فرودگاه | ۰/۰۵۴ | ۲۱ | مسکونی | ۰/۰۱۴ |
| ۱۰ | گردشگری | ۰/۰۵۱ | ۲۲ | بهداشت و درمان | ۰/۰۱۰ |
| ۱۱ | صنعتی- کارگاه | ۰/۰۴۷ | ۲۳ | نظامی | ۰/۰۰۷ |
| ۱۲ | خدماتی | ۰/۰۴۴ | ۲۴ | رودخانهٔ خشک | ۰/۰۰۳ |
| مجموع | | | | | ۱ |

## ٦. تهیهٔ لایهٔ رستری وزن‌های نسبی زیرمعیارها

در این مرحله اوزان به‌دست‌آمده برای هر کدام از زیرمعیارها به لایه‌های برداری- پلی‌گونی اضافه شده و لایه‌های رستری اوزان زیرمعیارها به‌دست آمده است. هرچه مقادیر اوزان AHP در این نقشه‌ها بزرگ‌تر باشد شایستگی آن برای احداث اقامتگاه‌های اضطراری (فقط با توجه به یک معیار) بیشتر است.

## ۷. تعیین وزن نسبی معیارها

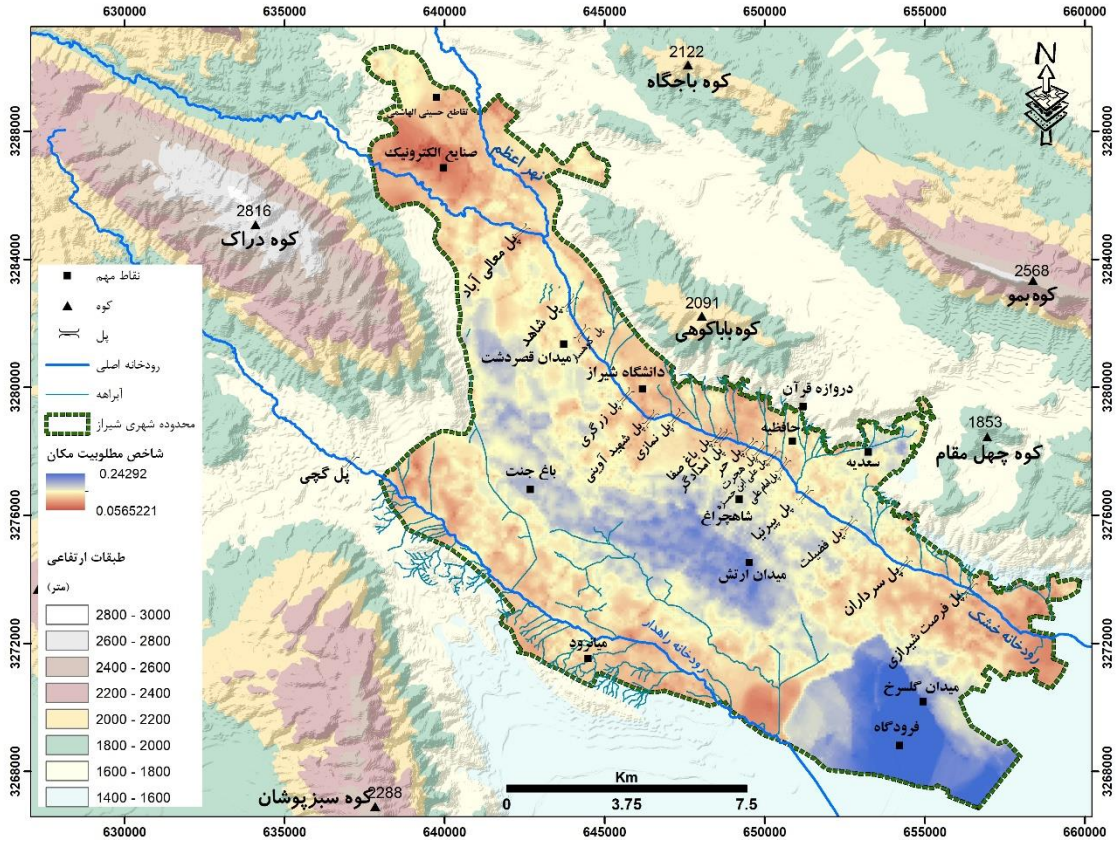
واضح و مشخص است که همهٔ معیارهای مدنظر در مکان‌یابی دارای ارزش و اعتبار یکسانی در حصول نتیجهٔ نهایی نیستند و لازم است اهمیت یا ارزش هر کدام از معیارها تعیین شود. هر چه وزن نسبی یک معیار بیشتر باشد تأثیر بیشتری در نتیجهٔ نهایی مکان‌یابی خواهد داشت (جدول ۵).

جدول ۵. وزن‌های نسبی معیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی اقامتگاه‌های موقت

| ردیف | نام معیار | واحد اندازه‌گیری | وزن |
|---|---|---|---|
| ۱ | فاصله تا محدودهٔ سیلاب گیر | متر | ۰/۱۱۷۶ |
| ۲ | فاصله تا خط کوه و دشت | متر | ۰/۰۲۹۴ |
| ۳ | فاصله تا فضاهای خالی | متر | ۰/۱۰۲۹ |
| ۴ | تراکم ساختمان | ساختمان در کیلومترمربع | ۰/۰۵۱۵ |
| ۵ | فاصله تا آبراهه و رودخانه | متر | ۰/۰۹۵۶ |
| ۶ | فاصله تا ایستگاه آتش‌نشانی | متر | ۰/۰۱۴۷ |
| ۷ | جمعیت کل | نفر | ۰/۰۵۸۸ |
| ۸ | جمعیت آسیب‌پذیر | نفر | ۰/۰۶۶۲ |
| ۹ | سازگاری کاربری‌ها | ندارد | ۰/۰۸۸۲ |
| ۱۰ | فاصله تا معابر اصلی | متر | ۰/۰۸۰۹ |
| ۱۱ | فاصله تا مراکز بهداشتی- درمانی | متر | ۰/۰۷۳۵ |
| ۱۲ | فاصله تا نقاط نظامی- انتظامی | متر | ۰/۰۲۲۱ |
| ۱۳ | ارتفاع سطح زمین | متر از سطح دریا | ۰/۰۴۴۱ |
| ۱۴ | شیب زمین | درجه | ۰/۰۳۶۸ |
| ۱۵ | جهت شیب | درجه | ۰/۰۰۷۴ |
| ۱۶ | فاصله تا محل ورود آبراهه و رودخانه | متر | ۰/۱۱۰۳ |
| | مجموع | | ۱ |

## ۸. تلفیق لایه‌های اوزان نسبی زیرمعیارها و تعیین شاخص مطلوبیت مکانی

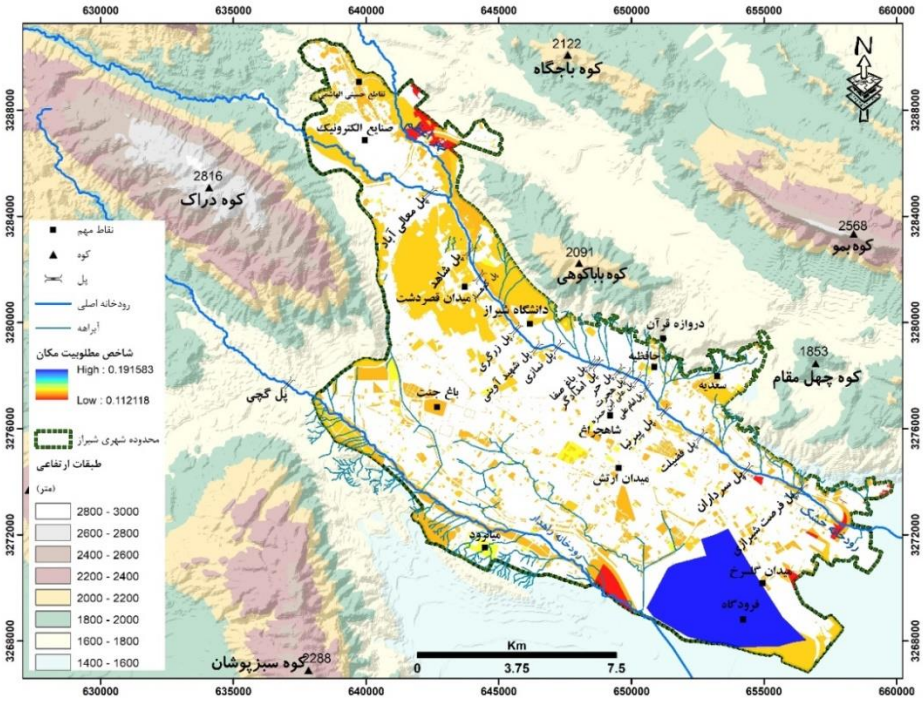
با استفاده از عملیات تلفیق، لایه‌های اوزان نسبی زیرمعیارها در وزن نسبی معیارها و سپس در وزن نسبی مؤلفه‌ها ضرب و با هم جمع می‌شود. نتیجهٔ این عملیات ایجاد یک لایهٔ رستری متشکل از وزن‌های مطلق است که هر سلول از آن با یک وزن مطلق مناسب‌بودن آن سلول برای احداث اقامتگاه اضطراری را نشان می‌دهد. نتیجهٔ حاصل از این همپوشانی، نقشهٔ مطلوبیت مکانی است و مشاهده می‌شود مناطقی که با رنگ آبی در بخش‌های مرکزی و جنوب شرقی شیراز مشخص شده دارای بهترین مطلوبیت مکانی است (شکل ۹).




**شکل ۹. نقشهٔ شاخص مطلوبیت مکانی برای احداث اقامتگاه موقت در محدودهٔ شهر شیراز**

## ۹. تعیین میانگین شاخص مطلوبیت مکانی در فضاهای خالی

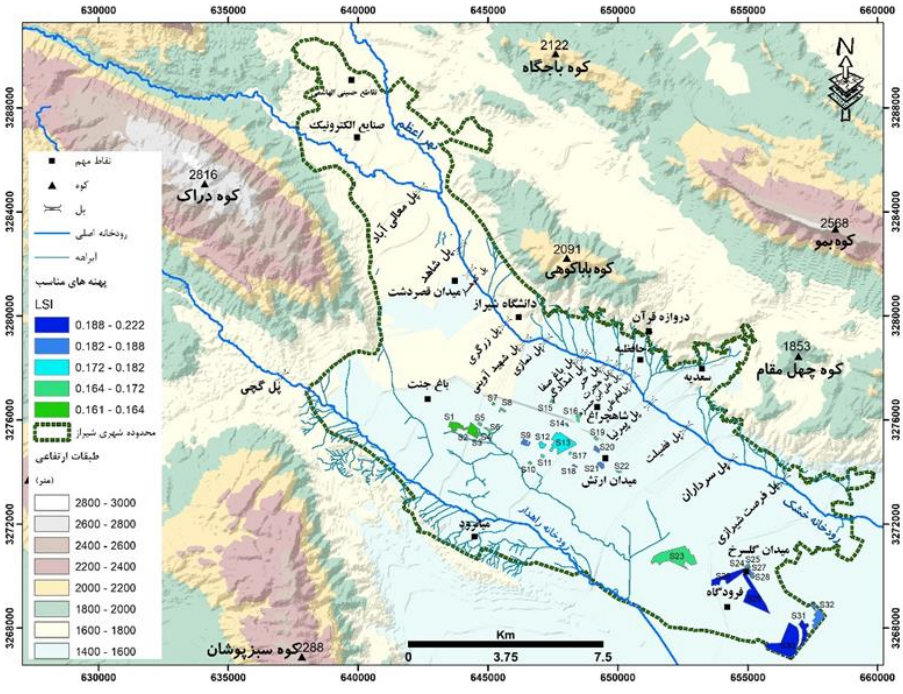
از آنجا که فضاهای خالی مکان‌های مناسبی برای اقامتگاه‌های موقت‌اند، آن دسته از فضاهای خالی که دارای شاخص مطلوبیت مکانی بالا هستند مناسب‌ترین پهنه‌ها برای احداث این اقامتگاه‌ها محسوب می‌شوند. پس مناطق جنوب شرقی شیراز، که بالاترین میزان شاخص مطلوبیت مکانی را دارا بوده و از فضاهای باز شهر شیراز (فرودگاه) می‌باشند، مناسب‌ترین پهنه برای اسکان موقت‌اند (شکل۱۰).




**شکل ۱۰. نقشهٔ میانگین شاخص مطلوبیت مکانی در فضاهای خالی برای احداث اقامتگاه موقت**

## ۱۰. تعیین بهترین پهنه‌ها برای احداث اقامتگاه‌های موقت

نتیجهٔ کار در شکل ۱۱ نشان داده شده است. بر این اساس، پهنه‌هایی که عمدتاً در جنوب‌شرق شهر شیراز واقع شده‌اند به‌عنوان مناسب‌ترین پهنه‌ها پیشنهاد شده‌اند.




**شکل ۱۱. نقشهٔ پهنای مناسب برای اسکان موقت**

## بحث و نتیجه‌گیری

شهر شیراز در راستای عبور اصلی رودخانهٔ خشک دارای پتانسیل پُرخطر رخداد سیلاب است و وجود دریاچهٔ مهارلو در جنوب شرق شهر محل جمع‌شدن آب‌های سطحی و سیلاب‌های این شهر است. شیراز در یک سدهٔ گذشته پنج بار شاهد باران‌های سنگین و سیل‌آسا بوده است. آب از مسیر رودخانهٔ خشک خارج شد و در معابر و خیابان‌ها جاری شد و به منازل و مکان‌های تجاری حواشی رودخانه خسارت عمده وارد ساخت. بنابراین، شمار زیادی از مردم به محلی برای سکونت موقت نیاز داشتند. گسترش بی‌رویهٔ شهر به‌خصوص در محور شمال غرب و از بین رفتن پهنه‌های طبیعی جذب رواناب‌ها و نزولات جوی و کاهش پوشش گیاهی منطقه سبب شده است در بارندگی‌هایی با میزان بالا (بیشتر از ۷۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت) و متناوب آب نتواند در خاک نفوذ کند و در نهایت به دلیل نبود زهکش و سیستم دفع مناسب در مسیر جاری شود. شدت بارش و حجم رواناب، پوشش گیاهی کم، پوشش وسعت زیادی از حوضه با رسوبات سست و حساس و شیب زیاد زیرحوضه‌های دروازه‌قرآن و سعدی از عوامل طبیعی سرعت‌بخشیدن به رواناب‌ها در این حوضه است. از عوامل انسانی مؤثر می‌توان اشاره کرد به: تغییر کاربری اراضی، ساخت‌وسازهای تجاری، تفریحی، و مسکونی، دستکاری در مسیر آبراهه‌ها، یا مسدودکردن کامل این آبگذرها، ساخت‌وساز در حریم مسیل‌ها، احداث پل‌های ارتباطی روی مسیل‌ها (پل بزرگراه حسینی الهاشمی، پل معالی‌آباد، پل شاهد، پل کوهسار، پل زرگری، پل ده‌بزرگی، پل نمازی، پل باغ صفا، پل انقلاب، پل حر، پل هجرت، پل علی بن حمزه، پل امام علی، پل پیرنیا، پل فضیلت، پل پرویزی، و پل فرصت شیرازی) و تنگ‌کردن مسیر گذر آب.

مکان‌یابی جهت اسکان موقت پیش از وقوع مخاطره و در مرحلهٔ برنامه‌ریزی می‌تواند کمک کند تا مدیران پس از وقوع مخاطره برنامهٔ عملیاتی مدون داشته باشند. زلزله‌خیزی و سیلاب‌خیزبودن شهر شیراز، فقدان یک الگوی کارآمد برای برنامه‌ریزی و مکان‌گزینی اسکان موقت و ناشناخته‌ماندن مکان‌های اسکان پس از وقوع مخاطرات در حوضهٔ مورد مطالعه اجرای این پژوهش را ضروری می‌سازد. از تفاوت‌های این پژوهش با سایر تحقیقات نوع معیارهای درنظرگرفته شده است و اینکه تاکنون مطالعهٔ جامعی در زمینهٔ موضوع پژوهش برای شیراز انجام نشده است. در این پژوهش، نخست مناطقی که دارای مخاطرهٔ سیل‌اند با استفاده از مدل‌های HecGeoHMS و HECGeoRAS مشخص و پهنه‌بندی شد. سپس، مکان‌های مناسب برای اسکان موقت در جریان بروز مخاطرهٔ سیل در محدودهٔ مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل AHP با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تعیین شد. تلفیق معیارهای مربوط به مکان‌یابی مناطق مناسب برای اسکان موقت در شیراز (شکل ۹ و ۱۰ و ۱۱) نشان می‌دهد پهنه‌هایی از مناطق جنوب شرقی و مرکزی جزو مناطقی با پتانسیل بالا هستند که کمترین فاصله را با مراکز امنیتی، آموزشی، امدادی، و درمانی دارند و دارای فاصلهٔ مناسب از رودخانه، شیب مناسب، و بهترین فضا برای اسکان موقت‌اند و دسترسی مناسبی به بزرگراه‌های شهر مثل بلوار رحمت و کمربندی شیراز دارند. گفتنی است مناسب‌ترین مکان میدان گل‌سرخی و فرودگاه شیراز است.

## منابع


اشراقی، م. و ایران‌منش، ف. (۱۳۸۶). مکان‌یابی اماکن اسکان موقت جمعیت‌های آسیب‌دیده از زمین‌لرزه با بهره‌گیری از سامانه‌های اطلاعات مکانی (مطالعهٔ موردی منطقهٔ 2 شهرداری تهران)، *دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبهٔ طبیعی*، تهران: شرکت کیفیت ترویج.

اصغرپور، م.ج. (۱۳۸۷). *تصمیم‌گیری چندمعیاره*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

امیدوار، ب.؛ نوجوان، م. و برادران شرکاء، م. (۱۳۸۹). مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ یک شهرداری تهران)، *دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری*، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

پورطاهری، م. (۱۳۹۰). کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در جغرافیا، تهران: سمت.

جمالی، م.؛ جعفرپور، ز. و کردوانی، پ. (۱۳۹۴). تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی توسعهٔ شهر در حریم رودخانهٔ خشک کلان‌شهر شیراز، نشریهٔ *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۲(۳): ۵۱-۶۱.

داداش‌زاده، ع.؛ تقوای، م. و ضرابی، اص. (۱۳۹۶). ارزیابی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی اسکان موقت مطالعهٔ موردی: شهر ارومیه، *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، دورهٔ ۴۹ ، شمارهٔ ۲، صص۳۲۵-۳۴۰.

دانایی‌نیا، اح. و زاغیان، م.ع. (۱۳۹۷). مکان‌یابی اسکان موقت زلزله‌زدگان در بافت تاریخی؛ مبانی و راهبردها (مطالعهٔ موردی: محلهٔ محتشم کاشان)، فصل‌نامهٔ علمی- پژوهشی *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*، ۸(۴): ۲۷-۴۶.

رحیمی، م.؛ عبدالهی، ع. اص. و ایلاقی حسینی، م. (۱۳۹۴). مکان‌یابی اردوگاه‌های اسکان موقت در مواقع زلزله (مطالعهٔ موردی: شهرستان‌های جیرفت و عنبرآباد)، نشریهٔ *مطالعات نواحی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان*، ۲(۳): ۴۱-۵۸.

رکن‌الدین افتخاری، ع.؛ قدیری، م.ع.؛ پرهیزکار، اک. و شایان، س. (۱۳۸۸). تحلیلی بر دیدگاه‌های مفهومی آسیب‌پذیری جامعه نسبت به مخاطرات طبیعی، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا مدرس علوم انسانی*، ۱۳(۱): ۲۹-۶۲.

شجاع عراقی، م. و تولایی، س. (۱۳۹۰). مکان‌یابی پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، منطقهٔ 6 شهرداری تهران، مجلهٔ *مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*، ۳(۱۰): ۴۱-۶۰.

صمدزادگان، ف. (۱۳۸۴). مکان‌یابی اماکن اسکان موقت به‌منظور GIS مدیریت حوادث غیرمترقبه بر مبنای به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعات مکانی هوشمند، *اولین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه*، تهران.

فلاحی، ع. (۱۳۸۶)، معماری سکونتگاه‌های موقت پس از زمین لرزه، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی .تهران.

قادری، ر.؛ امیدوارفر، س. و بایرام‌زاده، ن. (۱۴۰۰). مکان‌یابی اسکان موقت جهت مدیریت بحران بعد از زلزله (نمونهٔ موردی: شهرستان ارومیه)، *دومین کنفرانس بین‌المللی و پنجمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست*، اردبیل.

قنبران، ع.ح.؛ حسین‌علی، ف.؛ حسینی، س.ب. و بهرامی‌دوست، پ. (۱۳۹۸). مکان‌یابی مراکز بیمارستانی با تکیه بر مخاطرات طبیعی و با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) نمونهٔ موردی (منطقهٔ پنج شهر تهران)، *آمایش محیط*، ۱۲(۴۴): ۱۲۷-۱۵۶.

کاظمی‌نیا، ع. (۱۳۹۸). مکان‌یابی احداث اسکان موقت شهر کرمان با استفاده از GIS، فصل‌نامهٔ *مدیریت بحران*، ۱۶: ۴۷-۵۹.

کاویانی، م. و علیجانی، ب. (۱۳۸۷). *مبانی آب‌وهواشناسی*، چ ۱۴، تهران: سمت.

محمدی طبائی، م. و نوربخش، ه. (۱۴۰۰). مکان‌یابی بهینهٔ مراکز اسکان موقت در بحران‌های شهری (نمونهٔ موردی: منطقهٔ ۳ اصفهان)، *کنفرانس ملی معماری، عمران، شهرسازی، و افق‌های هنر اسلامی در بیانیهٔ گام دوم انقلاب*، تبریز.

مرکز آمار و سرشماری ایران (۱۳۹۵).

مهرگان، م.ر. (۱۳۸۳). *پژوهش عملیاتی پیشرفته*، انتشارات کتاب دانشگاهی.

Anand, A.; Jethoo, AS.; Sharma, G. (2015). Selection of temporary rehabilitation location after disaster: a review. *European Scientific Journal, ESJ.*, 11(10): 161-169.

Anhorn, J. and Khazai, B. (2015). Open space suitability analysis for emergency shelter after an earthquake. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 15(4): 789-803.

Asgharpour, MJ. (2008). *Multi-Criteria Decision Making*, Tehran: University of Tehran Press.

Barbara, Theilen-Willige and Helmut, Wenzel (2019). Remote Sensing and GIS Contribution to a Natural Hazard Database in Western Saudi Arabia. *Geosciences*, 9(9): 380.

Brooke, S. (2017). *Location: An Analysis of Safe Haven Siting in New York City, partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Arts in Department of Urban and Environmental Policy and Planning*. Tufts University.

Dadashzadeh, A.; Taqwa, M. and Zarrabi, AS. (2017). Evaluation of Factors Affecting the Location of Emergency settlement Case Study: Urmia, *Human Geography Research*, 49(2): 325-340.

Danaeinia, Ah. and Zaghayan, M.A. (2018). Location of temporary settlement Earthquake victims Historical context; Fundamentals and Strategies Case Study: Mohtasham Kashan District, Spatial Planning (Geography) *Quarterly*, 8(4): 27-46.

Falahi, A. (2007). *Architecture of Temporary Settlements after Earthquake*, Tehran: Shahid Beheshti University Press.

Ishraqi, M. and Eramanesh, F. (2007). Locating Temporary Settlements of Earthquake-Affected Populations Using Spatial Information Systems (Case Study of District 2 of Tehran Municipality), *Second International Conference on Comprehensive Crisis Management in Natural Disasters*, Tehran, Quality Promotion Company.

Jamali, M.; Jafarpour, Z. and Kordvani, P. (2015). Spatial Analysis of Geomorphological Risks of Urban Development in the Dry River Area of Shiraz, *Journal of Spatial Analysis of Environmental Risks*, 2(3): 51-61.

Jifu, Liu; Yida, Fan and Piejun, Shi. (2011). Response to a high-Altitude Earthquake: The Yushu Earthquake example, *Int J. Disaster risk sci*, 2(1): 43-53.

Katerina, R.; Donevska, Pece and Gorsevski, V. (2011). Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems, *Environ Earth Sci*, pp. 40-48.

Kaviani, M. and Alijani, B. (2008). *Fundamentals of Meteorology*, Fourteenth Edition, Tehran: Samat Publications.

Kazemi Nia, A. (2019). Location of temporary housing in Kerman using GIS. *Crisis Management Diary*, 16: 47-59.

Li, H.; Zhao, L.; Huang, R. and Hu, Q. (2017). Hierarchical earthquake shelter planning in urban area: a case for Shanghai in China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. pp. 431-446.

Mehregan, M.R. (2004). *Advanced Operations Research*, University Book Publishing, First Edition.

Mohammadi Tabaei, M. and Noorbakhsh, H. (2021). Optimal location of temporary shelter centers in urban crises (Case study: Isfahan Region 3). National Conference on Architecture, Civil Engineering, *Urban Planning and Horizons of Islamic Art in the Statement of the Second Step of the Revolution*, Tabriz.

Omidvar, B.; Nojavan, M. and Shoraca Brothers, M. (2010). Locating Temporary shelter Using GIS Case Study: District One of Tehran Municipality, *Second Conference on Urban Planning and Management*, Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad.

Poor Taheri, M. (2011). *Application of multi-criteria decision making methods in geography*, Tehran: Samt Publications.

Qaderi, R.; Omidvarfar, S. and Bayramzadeh, N. (2021). Location of temporary shelter for post-earthquake crisis management (case study: Urmia city), *The second international conference and the fifth national conference on protection of natural resources and environment*, Ardabil.

Qanbaran, A.H.; Hussein Ali, F.; Hosseini, S.B. and Bahrami Doust, P. (2019). Location of Hospital Centers Based on Natural Hazards and Using Network Analysis Model (ANP) Case Study (District Five of Tehran), *Environmental Management*, 12(44): 127-156.

Rahimi, M.; Abdollahi, A.AS. and Ilaqi Hosseini, M. (2015). Location of temporary settlement camps during earthquakes Case study: Jiroft and Anbarabadi counties, Journal of Urban Areas Studies, *Shahid Bahonar University of Kerman*, 2(3): 41-58.

Reed, S.B. (1979). *Introduction to hazards*. Disaster Management Training Program UNDP.

Rukn al-Din Iftikhari, A.; Ghadiri, M.A.; Parhizkar, Ak. and Shayan, S. (2009). An Analysis of Conceptual Perspectives of Society Vulnerability to Natural Hazards, 'Planning and Spatial Planning, *Teacher of Humanities*, 13(1): 62-29.

Saaty, T. L. (2005). *Fundamentals of the Analytic Network Process*, Proceedings of ISAHP, Kobe. Japan.

Saaty, TL. (1980). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, and resource allocation*. New York/London: McGraw-Hill International Book Co.

Samadzadegan, F. (2005). Locating Temporary Settlements for GIS Unexpected Disaster Management Based on the Use of Intelligent Spatial Information Systems, *The First International Conference on Comprehensive Crisis Management in Unexpected Disasters*, Tehran.

Shojai Iraqi, M. and Tulai, S. (2011). Location of Crisis Management Support Databases Using Geographic Information System, District 6 of Tehran Municipality, *Journal of Urban and Regional Studies and Research*, 3(10): 41-60. Statistics and Census Center of Iran (2016).

Unal, M. and Uslu, C. (2016). GIS-Based Accessibility analysis of urban emergency shelters: the case of adana city. International Archives of the Photogrammetry ,Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XLII-2/W1, *2016 3rd International GeoAdvances Workshop*, 16-17 October 2016, Istanbul, Turkey. pp. 95-101.

Uzun, O. and Senic, B. (2021). An assessment on size and site selection of emergency assembly points and temporary shelter areas in Düzce. *Natural Hazards*, Vol. 105, pp.1587-1602.

Wei, Y. and Jin, L. (2020). Instructions for planning emergency shelters and open spaces in China: Lessons from global experiences and expertise. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 51.

Williams, G.; Batho, S. and Russell, L. (2000). The emergency planning response to the bombing of Manchester city centre. *Cities*. 17(4): 293-304.

Xuefen, Liu and Samsung, Lim (2015). *A spatial analysis approach to evacuation management*: shelter assignment and routing. Eds. pp. 69-77.