



جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۴۰۳، دوره ۷، شماره ۴، صص ۳۸۷-۳۷۹

## تحلیل دسترسی اضطراری در شهر خرم آباد

امیررضا بیرانوند

دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول،

ایران [aamirbeyranvand@gmail.com](mailto:aamirbeyranvand@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۲

### چکیده

دسترسی سریع و گسترده به خدمات اضطراری در شهرها یکی از الزامات اساسی در کاهش آسیب‌های ناشی از بحران‌هاست. در این راستا، کمبود دسترسی به این خدمات، به‌ویژه در مناطق کم‌تراکم، می‌تواند زمان واکنش به حوادث را افزایش داده و امنیت عمومی را به خطر بیندازد.

هدف از این پژوهش ارزیابی میزان پوشش و شناسایی نقاط ضعف دسترسی به خدمات اضطراری در خرم‌آباد است تا براساس نتایج حاصل، پیشنهادهایی جهت بهبود دسترسی و کارایی این خدمات ارائه گردد.

این مطالعه با استفاده از داده‌های مکانی و ابزارهای GIS به ارزیابی دسترسی ۵ دقیقه‌ای برای خدمات آتش‌نشانی، اورژانس و ایستگاه پلیس در شهر خرم‌آباد می‌پردازد. داده‌ها از نقشه‌های جامع شهری و شبکه‌های حمل‌ونقل با حداقل سرعت ۳۰ کیلومتر بر ساعت جمع‌آوری شده و تحلیل شدند.

نتایج نشان داد که حدود ۹۵.۴ درصد از مساحت شهری تحت پوشش خدمات اضطراری است، اما ۴.۶ درصد از مناطق، به‌ویژه مناطق کم‌تراکم و حاشیه‌ای، فاقد پوشش مناسب می‌باشند. این یافته‌ها حاکی از توزیع نامتوازن خدمات اضطراری و نیاز به بهبود زیرساخت‌های شهری در این مناطق است.

با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ریزان شهری در خرم‌آباد به توسعه ایستگاه‌های خدمات اضطراری در مناطق کم‌تراکم پرداخته و با به‌کارگیری داده‌های مکانی و GIS، به بهبود شبکه‌های امدادی و کاهش زمان واکنش در حوادث احتمالی کمک کنند.

**کلیدواژه‌ها:** دسترسی اضطراری، GIS، برنامه‌ریزی شهری، بهینه‌سازی خدمات شهری.

## ۱- مقدمه بیان مسئله:

دسترسی به خدمات اضطراری مانند ایستگاه پلیس، اورژانس و آتش‌نشانی از مهم‌ترین نیازهای شهری است که نقش کلیدی در حفظ امنیت و سلامت عمومی شهروندان دارد. با توجه به رشد سریع شهرها و توسعه مناطق حاشیه‌ای، یکی از چالش‌های اساسی مدیریت شهری، ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای کاهش زمان پاسخ‌دهی این خدمات در مواقع بحرانی است. در این راستا، دسترسی فیزیکی به خدمات اضطراری نه تنها به توزیع فضایی مناسب این خدمات، بلکه به وضعیت شبکه‌های حمل‌ونقل و زیرساخت‌های جاده‌ای وابسته است. شهر خرم‌آباد به عنوان مرکز استان لرستان، با موقعیت جغرافیایی خاص خود که شامل بافت‌های قدیمی و مناطق جدید است، چالش‌های قابل‌توجهی در زمینه دسترسی به خدمات اضطراری دارد. این تحقیق با هدف تحلیل پوشش‌دهی خدمات اضطراری در سطح شهر و شناسایی نقاط ضعف موجود، با استفاده از ابزارهای GIS و تحلیل‌های مکانی، به بررسی دسترسی اضطراری در مناطق مختلف خرم‌آباد می‌پردازد. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی بهینه برای بهبود دسترسی به خدمات اضطراری و کاهش آسیب‌پذیری شهری در مواقع بحرانی باشد. این مطالعه به تحلیل دسترسی اضطراری در مناطق شهری خرم‌آباد می‌پردازد و بر توزیع فضایی ایستگاه‌های پلیس، آموالانس‌ها و ایستگاه‌های آتش‌نشانی در فاصله ۵ دقیقه‌ای با سرعت حداقل ۳۰ کیلومتر در ساعت تمرکز دارد. هدف این است که ارزیابی شود این خدمات اضطراری تا چه حد می‌توانند به مکان‌های مختلف شهری دسترسی پیدا کنند و در نتیجه نقاط ضعف موجود در دسترسی شناسایی شود. با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل شبکه، این تحقیق بینش‌هایی درباره وضعیت فعلی قابلیت‌های پاسخگویی اضطراری ارائه می‌دهد و به استراتژی‌های برنامه‌ریزی شهری برای بهبود ایمنی عمومی کمک می‌کند.

## ۲- پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی رابطه بین زمان پاسخگویی و اثربخشی خدمات اضطراری ارائه شده توسط پلیس را تایید کرده‌اند. (Vidal and Kirchmaier, 2018)، بیمارستان‌ها و خدمات فوریت‌های پزشکی (EMS) (Blackwell and Kaufman 2002; Jaldell) (and Lebnak, 2005; Pons et al., 2014) و خدمات آتش‌نشانی (Challands, 2010; Jaldell, 2017) همه این مطالعات نشان دادند که زمان پاسخ سریع‌تر منجر به نتایج مطلوب در سیستم‌های اضطراری شده است. به عنوان مثال، واکنش سریع‌تر پلیس، احتمال پاکسازی جرایم را افزایش می‌دهد، واکنش سریع‌تر امدادگران، مزایای بقای بیماران را بهبود می‌بخشد، و واکنش سریع‌تر آتش‌نشان، هزینه خسارات سازه‌ای را کاهش می‌دهد. با توجه به این انگیزه قوی برای کاهش زمان پاسخ‌دهی، اولین پاسخ‌دهندگان و افزایش دسترسی عموم مردم به خدمات اضطراری، توسعه روش‌هایی برای اندازه‌گیری دسترسی براساس زمان پاسخ‌دهی خدمات اضطراری موجود ضروری است. زمان پاسخ سریع به دسترسی فیزیکی این خدمات به مردم بر اساس موقعیت جغرافیایی و شبکه‌های حمل و نقل مربوطه بستگی دارد. با در نظر گرفتن بافت فضایی که این پاسخ‌های اضطراری در آن انجام می‌شود، مسئله دسترسی به خدمات اضطراری را می‌توان به عنوان یک مشکل اتصال شبکه حمل و نقل در نظر گرفت. (Erath et al., 2009; Green et al., 2017; Novak and Sullivan, 2006; Sohn, 2014).

### مروری بر ادبیات

**اندازه‌گیری دسترسی:** مطالعات مختلفی از روش‌هایی مانند منطقه شناور دومرحله‌ای SFCA برای ارزیابی دسترسی به خدمات پزشکی اضطراری استفاده کرده‌اند. به عنوان مثال، رویکردی یکپارچه برای اندازه‌گیری دسترسی بالقوه در مناطق شهری توسعه داده شده است که نابرابری‌های موجود در دسترسی به خدمات را نشان می‌دهد (Hashtarkhani, 2019).

**داده‌های جمعیتی پویا:** داده‌های تلفن همراه برای ارزیابی دسترسی به اتاق‌های اورژانس استفاده نشان داده است که مناطق شهری معمولاً دسترسی کمتری نسبت به مناطق روستایی دارند (Yun, 2020).

تأثیر شرایط ترافیکی: تأثیر شرایط ترافیکی واقعی بر دسترسی به خدمات اضطراری را تحلیل کرده است و بر اهمیت در نظر گرفتن تغییرات ترافیکی در برنامه‌ریزی شهری تأکید کرده است (Jeon, 2020)

جدول ۱ خلاصه مطالعات کلیدی

| مطالعه              | تمرکز                         | روش‌شناسی             | یافته‌های کلیدی                                                           |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Hashtarkhani (2019) | دسترسی به خدمات پزشکی اضطراری | SFCA <sup>۲</sup>     | مدل یکپارچه سنی، اندازه‌گیری دسترسی را بهبود می‌بخشد.                     |
| Yun (2020)          | اتاق‌های اورژانس              | تحلیل داده‌های موبایل | مناطق شهری دسترسی کمتری نسبت به مناطق روستایی دارند.                      |
| Jeon (2020)         | آسیب‌پذیری خدمات اضطراری      | تحلیل شبکه            | شرایط ترافیکی به‌طور قابل توجهی زمان‌های دسترسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. |

نگارندگان ۱۴۰۳

### ۳- روش پژوهش

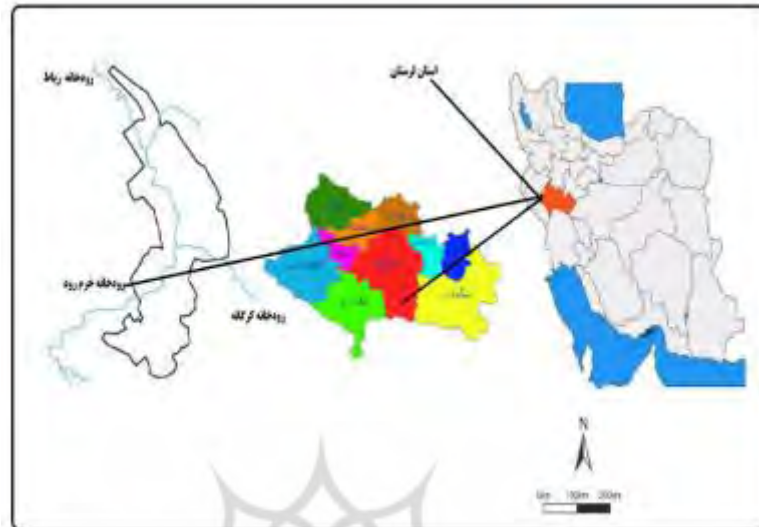
نوع پژوهش: این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی است هدف اصلی تحلیل فاصله دسترسی به ایستگاه‌های پلیس، اورژانس و آتش‌نشانی است.

جمع‌آوری داده‌ها: داده‌های مکانی از نقشه‌های جامع شهری خرم‌آباد و موقعیت مکانی ایستگاه‌های خدمات اضطراری (اورژانس، آتش‌نشانی) جمع‌آوری شده است و داده‌های مکانی پلیس به صورت میدانی جمع‌آوری شده است. همچنین، داده‌های مربوط به شبکه حمل‌ونقل و ترافیک از پایگاه داده OSM به دست آمده است.

مدل‌سازی در GIS: برای ارزیابی پوشش ۵ دقیقه‌ای در سرعت حداقل ۳۰ کیلومتر بر ساعت، از نرم‌افزار GIS نسخه ۱۰.۸ استفاده شده است. با استفاده از ابزار Network Analysis در GIS، نقشه‌های دسترسی به خدمات اضطراری برای کل شهر ترسیم و تحلیل شده است.

تحلیل داده‌ها: خروجی‌های GIS بر اساس فاصله‌های زمانی مختلف بررسی شده و مناطقی که در محدوده دسترسی قرار نمی‌گیرند، شناسایی می‌شوند. در نهایت، یافته‌ها به صورت آماری تحلیل می‌شوند.

**محدوده مورد مطالعه:** در این تحقیق، شهر خرم‌آباد است. خرم‌آباد به‌عنوان مرکز استان لرستان و یکی از شهرهای واقع در غرب ایران، دارای ساختار شهری پیچیده‌ای است که شامل ترکیبی از بافت‌های قدیمی و جدید است. این شهر به دلیل قرار گرفتن در یک منطقه کوهستانی و در امتداد رودخانه خرم رود، چالش‌های خاصی در مدیریت دسترسی به خدمات اضطراری مانند ایستگاه‌های پلیس، اورژانس و آتش‌نشانی دارد. در این پژوهش، نقشه‌های موجود از شبکه شهری خرم‌آباد و موقعیت ایستگاه‌های اضطراری در نظر گرفته شده و تحلیل پوشش ۵ دقیقه‌ای با حداقل سرعت ۳۰ کیلومتر بر ساعت انجام شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه  
نگارندگان ۱۴۰۳

#### ۴- مبانی نظری

**تحلیل دسترسی اضطراری:** تحلیل دسترسی اضطراری به بررسی توزیع فضایی خدمات اضطراری مانند ایستگاه‌های پلیس، آمبولانس و آتش‌نشانی می‌پردازد. این تحلیل به شناسایی نقاط ضعف در دسترسی به این خدمات کمک می‌کند و می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران منجر شود (Yun, 2020).

**ارزیابی سرعت و زمان واکنش بهینه:** انتخاب معیار ۵ دقیقه و سرعت ۳۰ کیلومتر بر ساعت برای تحلیل دسترسی اضطراری بر اساس استانداردهای رایج برای سنجش زمان رسیدن خدمات اضطراری، مانند آتش‌نشانی و اورژانس، به مناطق مختلف شهری انجام می‌شود. ۵ دقیقه به‌عنوان یک زمان واکنش مناسب برای پاسخ اضطراری در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش خسارات جانی و مالی داشته باشد. همچنین سرعت ۳۰ کیلومتر بر ساعت یک سرعت میانه‌گین و محافظه‌کارانه است که به ترافیک شهری و شرایط معمول جاده‌ها تطابق دارد.

**چارچوب‌های تحلیلی:** استفاده از چارچوب‌های تحلیلی مانند تحلیل دسترسی فضایی (SAA) به‌ویژه در سناریوهای خاص مانند زلزله، به ارزیابی ظرفیت خدمات اضطراری و تأثیرات حوادث طبیعی بر دسترسی کمک می‌کند. این چارچوب‌ها می‌توانند به شناسایی نابرابری‌های فضایی در دسترسی به خدمات اضطراری کمک کنند (Wang, 2024).

**داده‌های جمعیتی و دسترسی:** استفاده از داده‌های جمعیتی پویا، مانند داده‌های تلفن همراه، می‌تواند دقت تحلیل‌های دسترسی به خدمات اضطراری را افزایش دهد. این داده‌ها به‌ویژه در شناسایی نابرابری‌های اجتماعی در دسترسی به خدمات پزشکی ضروری هستند (Jeon, 2020).

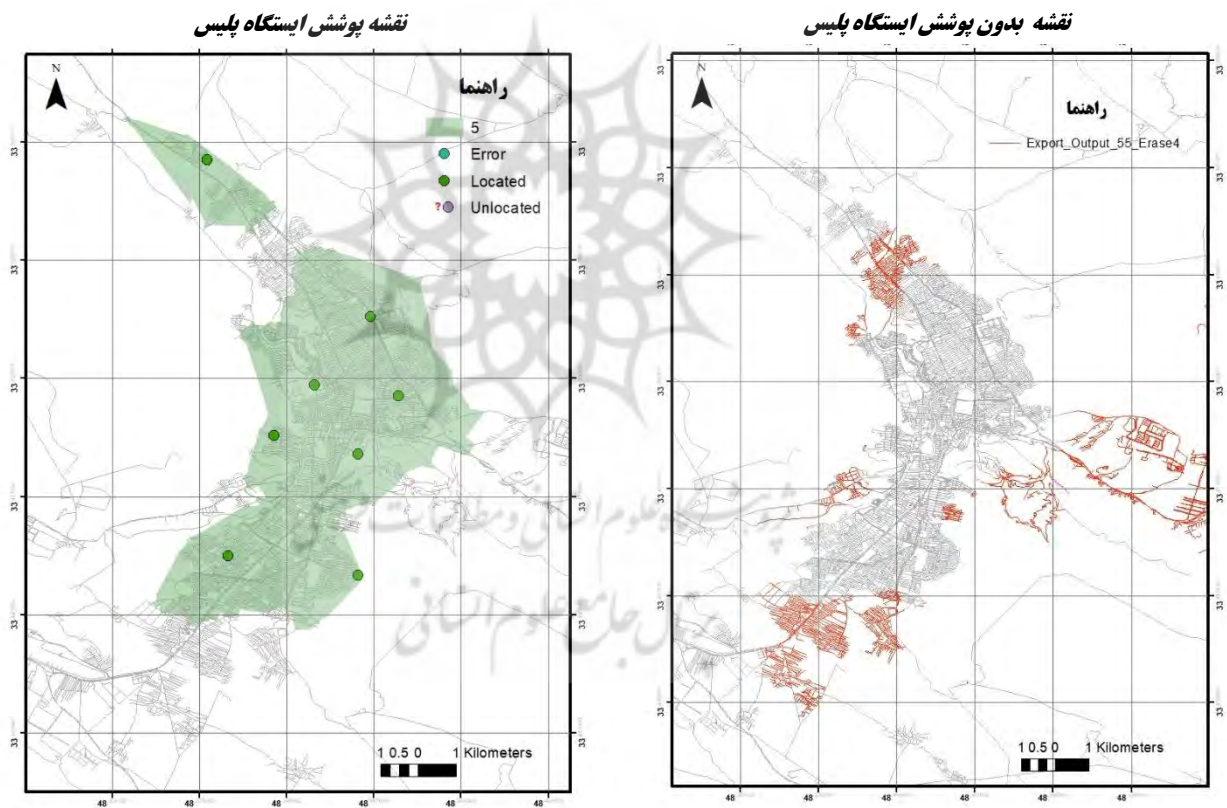
**تأثیر بلایای طبیعی:** بلایای طبیعی مانند سیلاب‌ها می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر دسترسی به خدمات اضطراری تأثیر بگذارند. ارزیابی تأثیر این بلایا بر دسترسی به پناهگاه‌های اضطراری و خدمات پزشکی می‌تواند به بهبود مدیریت بحران کمک کند. (Zhu, 2023)

**تاب‌آوری جوامع شهری:** تاب‌آوری جوامع شهری در برابر بحران‌ها و بلایای طبیعی به‌عنوان یک عامل کلیدی در مدیریت اضطراری شناخته می‌شود. این تاب‌آوری تحت تأثیر عواملی مانند مشارکت جامعه، خدمات اجتماعی و کارایی دولت قرار دارد (Cui, 2024).

## ۵- یافته‌ها نقشه پوشش ایستگاه پلیس

**پوشش دسترسی ایستگاه پلیس:** در بررسی دسترسی به خدمات امنیتی و ایستگاه پلیس شهر خرم‌آباد، نتایج نشان داده است که از مجموع ۴۲۳۱۶۹۷۷,۳۴ مترمربع مساحت این شهر، ایستگاه پلیس توانسته‌اند حدود ۴۰۳۵۴۱۸۹,۰۲ مترمربع از آن را پوشش دهند. این میزان پوشش، معادل ۹۵,۴ درصد از کل مساحت شهر است که بیانگر سطح قابل‌توجهی از دسترسی به خدمات امنیتی در سطح شهر است. در حال حاضر، ۸ ایستگاه پلیس فعال در مناطق مختلف خرم‌آباد به ارائه خدمات می‌پردازند که این تعداد به نسبت مساحت تحت پوشش، نشان‌دهنده توزیع نسبتاً مناسب این ایستگاه‌های پلیس است.

معادل ۴,۶ درصد از کل مساحت شهر، از پوشش ایستگاه پلیس خارج مانده است. این عدم پوشش نشان‌دهنده آن است که بخشی از



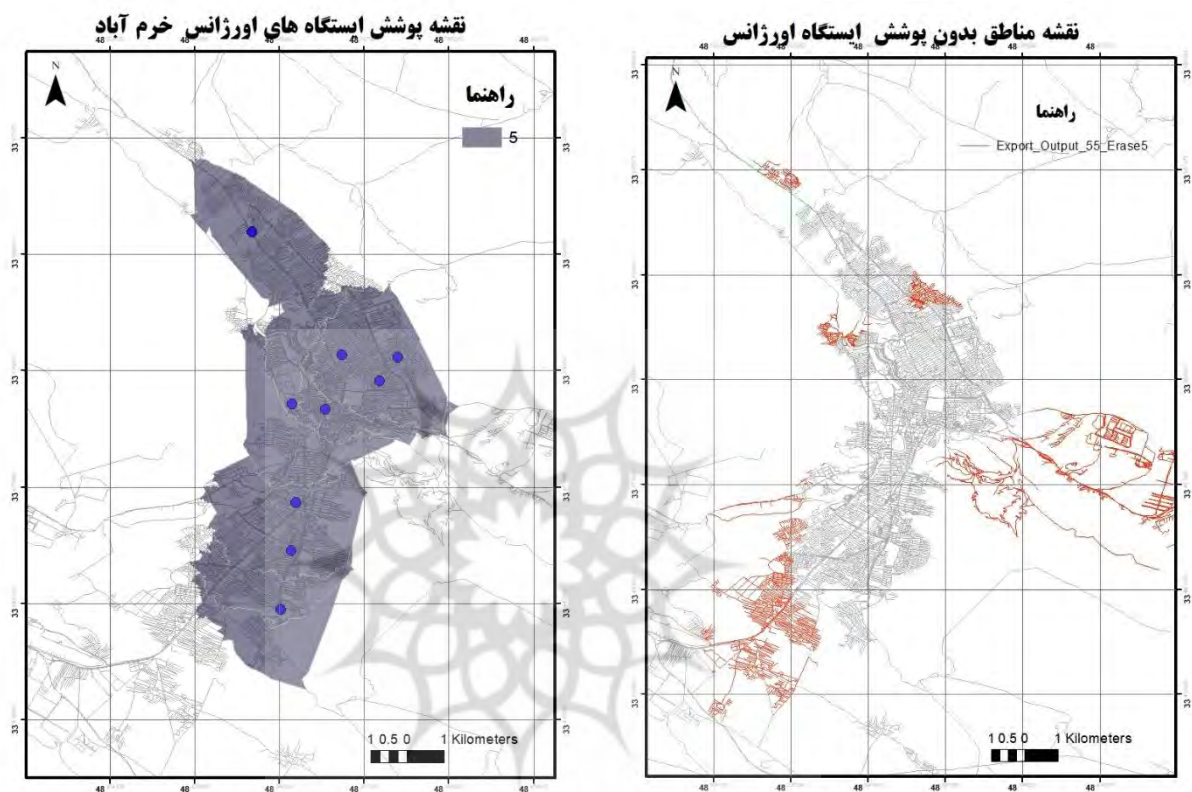
شکل ۲ نقشه پوشش ایستگاه‌های پلیس خرم‌آباد برگرفته از: نگارندگان ۱۴۰۳

شهر هنوز نیاز به بهبود دسترسی به خدمات امنیتی دارد.



### پوشش دسترسی اورژانس

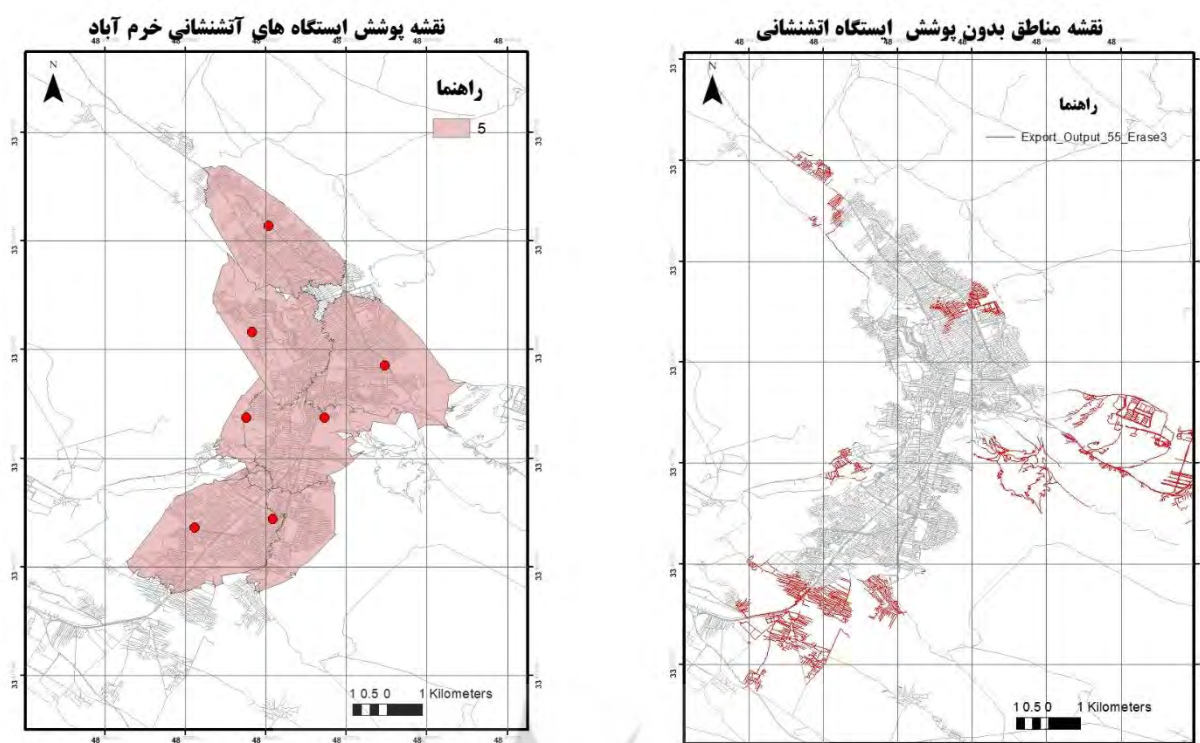
دسترسی اورژانس‌ها در مناطق شهری نقشی حیاتی در کاهش زمان واکنش به حوادث اضطراری دارد. در مطالعه حاضر، دسترسی به ایستگاه‌های اورژانس در شهر خرم‌آباد با در نظر گرفتن سرعت مینیمم ۳۰ کیلومتر بر ساعت و بدون اعمال شرایط ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که تقریباً ۹۵,۴ درصد از مساحت شهری در محدوده ۵ دقیقه‌ای خدمات اورژانس قرار دارد. این درصد بالای پوشش نشان‌دهنده عملکرد مطلوب شبکه اورژانس در پاسخگویی به موقع به حوادث است. با این حال، حدود ۴,۶ درصد از شهر، به‌خصوص در مناطق کم تراکم و حاشیه‌ای، خارج از محدوده پوشش قرار دارند که این امر می‌تواند موجب تأخیر در ارائه خدمات اورژانسی شود.



شکل ۳ نقشه پوشش اورژانس های خرم آباد برگرفته از: نگارندگان ۱۴۰۳

### دسترسی ایستگاه‌های آتش‌نشانی

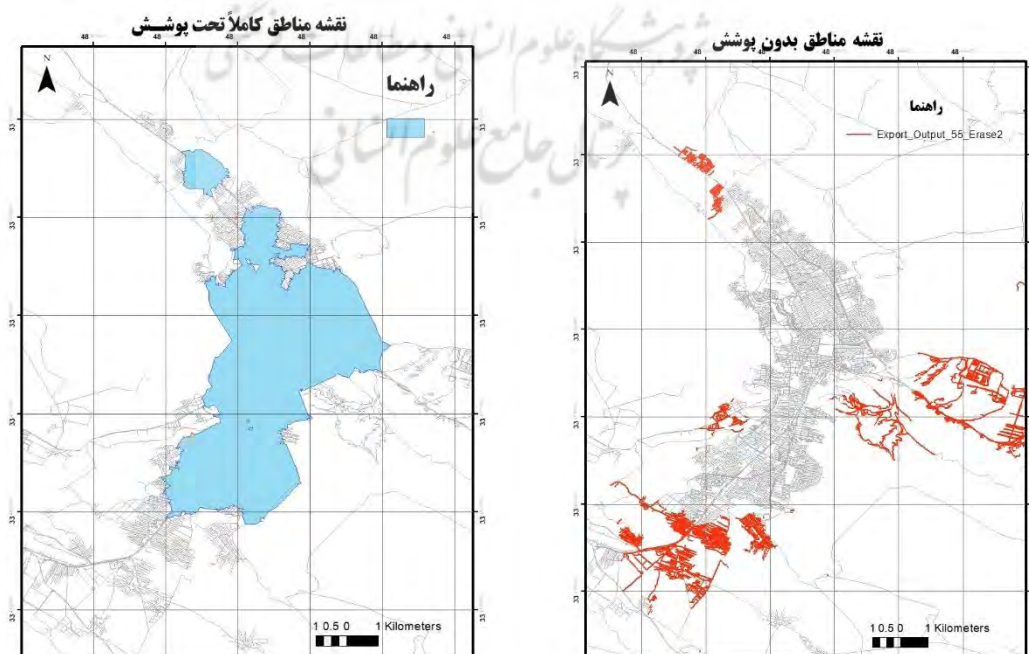
بر اساس یافته‌های پژوهش، شهر خرم‌آباد با مساحت کلی ۴۲۳۱۶۹۷۷,۳۴ مترمربع، دارای ۷ ایستگاه آتش‌نشانی است. این ایستگاه‌ها با توجه به پوشش فضایی‌شان، مساحتی برابر با ۴۱۸۰۵۳۲۴,۸۹ مترمربع را تحت پوشش دارند. درصد پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهر معادل ۹۸,۸ درصد است و ۱,۲ درصد در پوشش خدمات قرار نگرفته است.



شکل ۴ نقشه پوشش آتشنشانی های خرم آباد برگرفته از: نگارندگان ۱۴۰۳

#### مناطق تحت پوشش دسترسی مناسب

تحلیل دسترسی های اضطراری در شهر خرم آباد نشان می دهد که از کل مساحت  $42,316,977.34$  مترمربع شهر، بیش از  $70.50\%$  آن (معادل  $29,827,260.92$  مترمربع) تحت پوشش هر سه خدمت اضطراری — ایستگاه پلیس، اورژانس و آتش نشانی — قرار دارد. این امر نشان دهنده پوشش مناسب خدمات اضطراری در سطح شهر است، مساحت مناطقی که زیرپوشش هر سه خدمت اضطراری (ایستگاه پلیس، اورژانس و آتش نشانی) در شهر خرم آباد قرار ندارند،  $12,480,678.4$  مترمربع است. این مقدار حدود  $29.50\%$  از مساحت کل شهر



شکل ۵ نقشه پوشش آتشنشانی های خرم آباد برگرفته از: نگارندگان ۱۴۰۳

را تشکیل می‌دهد. این مساحت نشان‌دهنده مناطقی است که به دسترسی فوری به هر سه نوع خدمت اضطراری نیازمند بهبود پوشش هستند.

جدول ۲ یافته ها

| شهر      | مساحت کل شهر | مساحت تحت پوشش کلاتری | مساحت تحت پوشش اورژانس | مساحت تحت پوشش آتشنشانی |
|----------|--------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| خرم‌آباد | ۴۲۳۱۶۹۷۷,۳۴  | ۴۰۳۵۴۱۸۹,۰۲           | ۴۲۲۴۶۸۳۳,۶۶            | ۴۱۸۰۵۳۲۴,۸۹             |

| خدمات اضطراری    | تعداد | درصد پوشش کل شهر | مساحت مناطق تحت پوشش هم‌زمان خدمات | درصد مناطق تحت پوشش هم‌زمان خدمات |
|------------------|-------|------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| ایستگاه آتشنشانی | ۷     | ۹۸,۸%            |                                    |                                   |
| ایستگاه اورژانس  | ۹     | ۹۹,۸%            | ۲۹۸۲۷۲۶۰,۹۲                        | ۷۰,۵%                             |
| ایستگاه پلیس     | ۸     | ۹۵,۴%            |                                    |                                   |

نگارندگان ۱۴۰۳

## ۷- نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری این پژوهش نشان می‌دهد که توزیع دسترسی به خدمات اضطراری در شهر خرم‌آباد، علی‌رغم پوشش گسترده در محدوده‌ی مرکزی و پرجمعیت، همچنان در مناطق کم تراکم و حاشیه‌ای با محدودیت مواجه است. بررسی داده‌های مربوط به شعاع دسترسی ۵ دقیقه‌ای برای خدمات آتشنشانی، اورژانس و ایستگاه پلیس نشان داد که حدود ۹۵,۴ درصد از شهر تحت پوشش مناسب این خدمات قرار دارد. این امر نشانگر برنامه‌ریزی نسبتاً موفق شبکه‌های امدادی است؛ اما درعین حال، ۴,۶ درصد از مساحت شهری، عمدتاً در حاشیه‌ها و مناطق کم‌جمعیت، فاقد دسترسی مطلوب به خدمات اضطراری است.

مطالعات پیشین مانند نشان داده‌اند که عدم دسترسی مناسب به خدمات اضطراری می‌تواند به افزایش زمان واکنش و کاهش اثربخشی مدیریت بحران منجر شود. این یافته‌ها همچنین تأیید می‌کنند که عواملی همچون تراکم جمعیت، ساختار جغرافیایی شهر و توزیع فضایی ایستگاه‌های امدادی نقش مهمی در کارایی خدمات اضطراری دارند. پژوهش‌های مشابه نیز تأکید کرده‌اند که با توسعه برنامه‌های بهبود دسترسی اضطراری از طریق ابزارهای GIS و تحلیل مکانی، می‌توان کیفیت خدمات را بهبود بخشید و نقاط ضعف را کاهش داد.

بر اساس نتایج و با توجه به پیشینه پژوهش، توصیه می‌شود برنامه‌ریزان شهری در خرم‌آباد ضمن افزایش تعداد ایستگاه‌های خدمات اضطراری در مناطق کم تراکم، از رویکردهای جدید مکانی برای تحلیل شبکه‌های امدادی استفاده کنند. به‌کارگیری داده‌های مبتنی بر GIS و ارزیابی مستمر شبکه‌ها، امکان شناسایی نقاط ضعف و اتخاذ راهکارهای مناسب برای بهبود دسترسی اضطراری و کاهش آسیب‌های ناشی از بحران‌های احتمالی را فراهم می‌سازد.



## References

- Hashtarkhani, S., Kiani, B., Bergquist, R., Bagheri, N., VafaeiNejad, R., & Tara, M. (2020). An age-integrated approach to improve measurement of potential spatial accessibility to emergency medical services for urban areas. *The International journal of health planning and management*, 35(3), 788–798. <https://doi.org/10.1002/hpm.2960>
- Yun, S. B., Kim, S., Ju, S., Noh, J., Kim, C., Wong, M. S., & Heo, J. (2020). Analysis of accessibility to emergency rooms by dynamic population from mobile phone data: Geography of social inequity in South Korea. *PloS one*, 15(4), e0231079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231079>
- Jeon J, Kim S, Kang GH, Suh K. Analysis of Emergency Medical Vulnerability and Survival Rates Following Real-Time Traffic Information. *Applied Sciences*. 2020; 10(18):6492. <https://doi.org/10.3390/app10186492>
- Zhu, S., Jiang, Y., Zhang, J., Dai, Q., & Yang, X. (2024). Evaluating the effect of urban flooding on spatial accessibility to emergency shelters based on social sensing data. *Transactions in GIS*, 28, 23–39. <https://doi.org/10.1111/tgis.13127>
- Cui P, You Z, Shi Q, Feng L. Research on the Factors Influencing the Epidemic Resilience of Urban Communities in China in the Post-Epidemic Era. *Buildings*. 2024; 14(9):2838. <https://doi.org/10.3390/buildings14092838>
- Wang, Z., Cheng, J., & Xu, C. (2024). Earthquake scenario-specific framework for spatial accessibility analysis (SAA) of emergency shelters: a case study in Xichang City, Sichuan Province, China [Original Research]. *Frontiers in Earth Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1376900>
- Vidal, J.B., Kirchmaier, T., 2018. The Effect of Police Response Time on Crime Clearance Rates. *Rev. Econ. Stud.* 85 (2 (303)), 855–891. <https://www.jstor.org/stable/26543905>.
- Blackwell, T.H., Kaufman, J.S., 2002. Response time effectiveness: comparison of response time and survival in an urban emergency medical services system. *Acad. Emerg. Med.* 9 (4), 288–295.
- Challands, N., 2010. The Relationships Between Fire Service Response Time and Fire Outcomes. *Fire Technol.* 46, 665–676. <https://doi.org/10.1007/s10694-009-0111-y>.
- Erath, A., Birdsall, J., Axhausen, K.W., Hajdin, R., 2009. Vulnerability Assessment Methodology for Swiss Road Network. *Transp. Res. Rec.* 2137 (1), 118–126. <https://doi.org/10.3141/2137-13>.