



Research paper

(Received 3 Sep. 2025

Accepted 30 Dec. 2025)

## **Exploratory Factor Analysis of the Causes of Urban Fires and Incidents (Case Study: Mashhad Metropolis)**

Hasan Salmani Bideskan<sup>1\*</sup>, Ahmad Gaeini<sup>2</sup>, Hossein Eghbali<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD student, EyvaneKey University, EyvaneKey, Iran

<sup>2</sup> Assistant professor, Imam Hossein University Tehran, Iran.

<sup>3</sup> Assistant professor, EyvaneKey University, EyvaneKey, Iran.

### **Abstract**

**Background and Objective:** This research was conducted to identify the origin and latent causes affecting the occurrence of fires and incidents in the Mashhad metropolis. Given the importance of urban safety, understanding the factor structure of urban fires and incidents can help design effective safety programs and preventive solutions.

**Methods:** The present study is descriptive-analytical and was conducted using the Exploratory Factor Analysis (EFA) method. This research first utilized the statistical fire and incident data recorded by the Mashhad Fire Department from 2016 to 2024. Data related to the causes and origins of fires were categorized into 25 different variables with a sample size of 110 cases, and data related to urban incidents (other than fires) were categorized into 21 variables with a sample size of 64 cases. The sample adequacy and suitability of the correlation matrix for the fire section were confirmed with  $KMO=0.888$  and Bartlett's test  $\chi^2(300)=2314.183$ ,  $p<0.001$ , and for the urban incidents section with  $KMO=0.816$  and Bartlett's test  $\chi^2(210)=1000.476$ ,  $p<0.001$ . To determine the number of factors, a combination of the eigenvalue-greater-than-1 criterion, scree plot, and theoretical interpretability was used.

**Findings:** The exploratory factor analysis identified five main factors for the fire category, which together explain 70.75% of the variance. The main factors include: Heat from electrical distribution grid components and electrical appliance issues (46.96%), Human carelessness and high-risk behaviors (8.13%), Ignition of flammable liquids and gases (5.97%), and High-risk daily activities (5.07%).

For the urban incidents (rescue) category, five factors were also identified, covering a total of 74.14% of the variance. The main factors include: Entrapment in enclosed spaces, elevators, and pinching of body parts (39.412%), Structural hazards, building debris, and indirect falls (14.658%), Flooding incidents and water/sewage infrastructure events (8.838%), and Urban gas incidents and respiratory poisoning (6.074%).

**Keywords:** Fire, Incidents, Exploratory Factor Analysis, Urban Safety, Mashhad

\*Corresponding Author: Hasan Salmani Bideskan

Email: [ha.salmani.b59@gmail.com](mailto:ha.salmani.b59@gmail.com)

Phone: 09155062219

Doi: 10.48306/juem.2025.544896.1096



مقاله پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۱۲

## تحلیل عاملی اکتشافی علل وقوع آتش سوزی و حوادث شهری

( مطالعه موردی : کلانشهر مشهد )

حسن سلمانی بیدسکان<sup>۱\*</sup>، احمد گائینی<sup>۲</sup>، حسین اقبالی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه ایوان کی، ایوان کی، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه ریاضی کاربردی، دانشگاه امام حسین، تهران، ایران

<sup>۳</sup> استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه ایوان کی، ایوان کی، ایران

### چکیده:

زمینه و هدف: این پژوهش با هدف شناسایی منشا و علل پنهان مؤثر بر وقوع آتش سوزی و حوادث در کلانشهر مشهد انجام شده است. با توجه به اهمیت ایمنی شهری، درک ساختار عاملی علل وقوع حریق و حوادث شهری می تواند به طراحی برنامه های ایمنی و راهکارهای پیشگیرانه مؤثر کمک کند.

روش بررسی: تحقیق حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی است که با روش تحلیل عاملی اکتشافی انجام شده است. در این تحقیق ابتدا از داده های آماری ثبت شده علل حریق و حوادث سازمان آتش نشانی شهر مشهد طی سالهای ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۳ استفاده شد. داده های مربوط به علل و منشا وقوع آتش سوزی در ۲۵ مولفه مختلف و تعداد ۱۱۰ مورد نمونه و داده های مربوط به حوادث شهری (غیر از آتش سوزی) در ۲۱ مولفه و تعداد ۶۴ مورد نمونه دسته بندی گردیدند. کفایت نمونه و مناسب بودن ماتریس همبستگی در بخش آتش سوزی با  $KMO=0.888$  و آزمون بارتلت  $\chi^2(300)=2314.183, p<0.001$  و آزمون بارتلت  $\chi^2(210)=1000.476, p<0.001$  نیز مورد تأیید قرار گرفت. برای تعیین تعداد عوامل از ترکیب معیار مقدار ویژه بزرگتر از ۱، نمودار اسکری و تفسیرپذیری نظری استفاده شد.

یافته ها: تحلیل عاملی اکتشافی، پنج عامل اصلی برای دسته آتش سوزی ها شناسایی کرد که در مجموع ۷۰٫۷۵٪ از واریانس را تبیین می کنند. عوامل اصلی شامل گرمای اجزای شبکه توزیع برق و مشکلات الکتریکی و وسائل برقی (۴۶٫۹۶٪)، بی احتیاطی و رفتارهای پرخطر انسانی (۸٫۱۳٪)، اشتعال مایعات و گازهای قابل اشتعال (۵٫۹۷٪) و فعالیت های روزانه پریسک (۵٫۰۷٪) بودند. در دسته حوادث شهری (امداد و نجات) نیز پنج عامل شناسایی شد که در مجموع ۷۴٫۱۴٪ واریانس را پوشش می دادند. عوامل اصلی شامل محبوس شدن در فضاهای بسته، آسانسور و گیرکردن اعضای بدن (۳۹٫۴۱۲٪)، مخاطرات سازه ای، آوار ساختمان و سقوط های غیرمستقیم (۱۴٫۶۵۸٪)، حوادث آب گرفتگی و اتفاقات زیرساخت آب و فاضلاب شهری (۸٫۸۳۸٪) و حوادث گاز شهری و مسمومیت های تنفسی (۶٫۰۷۴٪) بودند.

**کلمات کلیدی:** آتش سوزی، حوادث، تحلیل عاملی اکتشافی، ایمنی شهری، مشهد

## ۱- مقدمه

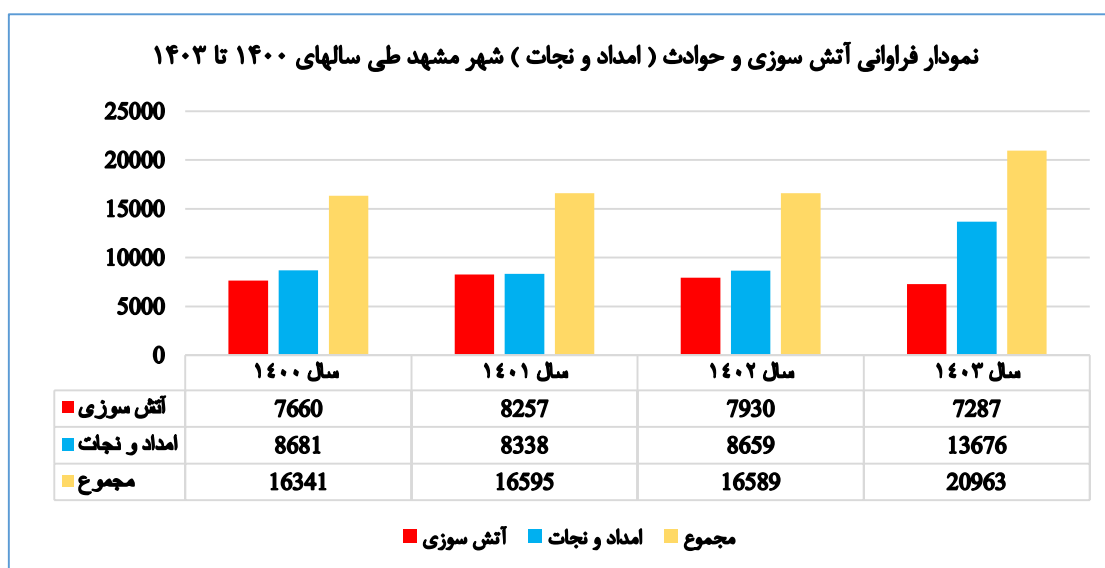
شهرها به عنوان مراکز اصلی تجمع جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، همواره در معرض خطرات و تهدیدات مختلفی قرار دارند. یکی از این تهدیدات که می‌تواند تأثیرات مخرب گسترده‌ای بر زیرساخت‌های شهری و زندگی ساکنان داشته باشد، خطرات حریق و حوادث شهری است. حوادثی مانند آتش‌سوزی، انفجارها، سقوط سازه‌ها و سایر مخاطرات در محیط‌های شهری، علاوه بر تهدید جان انسان‌ها، می‌تواند خسارات مالی سنگینی به زیرساخت‌ها، اموال عمومی و خصوصی وارد کند و روند توسعه پایدار شهرها را مختل نماید. افزایش تاب آوری شهری به عنوان یکی از ارکان برنامه ریزی و توسعه شهری تنها از طریق شناسایی دقیق ابعاد و معیارهای مختلف آسیب پذیری، تجزیه و تحلیل کلی و اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه ممکن است که لازمه آن اتخاذ رویکردی یکپارچه در مدیریت آسیب پذیری شهری است. [۱]

گسترش شتابان شهرنشینی، تراکم بالای جمعیت، و فرسودگی زیرساخت‌های شهری، شرایطی را فراهم کرده‌اند که احتمال وقوع حوادثی نظیر آتش‌سوزی، انفجار، و سایر بحران‌های شهری به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. بافت‌های فرسوده و فقدان برنامه‌ریزی پیشگیرانه در برخی مناطق، آن‌ها را به کانون‌های بالقوه خطر تبدیل کرده‌اند. [2]

قابل ذکر است در کشور ما سالیانه حدود ۳۰۰۰ نفر در اثر آتش‌سوزی کشته شده و بالغ بر میلیاردها تومان خسارت بر جامعه تحمیل می‌شود. [۳]

با این حال بررسی‌های مختلف حاکی از این است که قریب ۸۰ - ۷۵ درصد آتش‌سوزی‌ها قابل پیش‌بینی و پیش‌گیری هستند و در بقیه موارد با مجهز شدن به مؤثرترین ادوات و تجهیزات آتش‌نشانی روز که همواره در حال تحول و تکامل است، می‌توان میزان خسارات را به حداقل ممکن تقلیل داد. [۴]

کلانشهر مشهد به واسطه وجود بارگاه نورانی حضرت علی بن موسی الرضا علیه السلام سالانه پذیرای میلیون‌ها زائر از داخل و خارج از کشور است، امکانات وسیعی شامل فرودگاه بین‌المللی فعال با پروازهای متعدد داخلی و خارجی، دومین ایستگاه پر تردد و فعال قطار کشور بعد از شهر تهران، پایانه مدرن مسافربری و شبکه حمل و نقل برون شهری و درون شهری، وجود بزرگراه و جاده‌های مناسب، بیشترین تعداد هتل‌ها و مهمان‌پذیرها در سطح کشور بصورتی که که آمار اماکن اقامتی مشهد حدود ۳۰۰۰ مورد (که بیش از ۵۱٪ اماکن اقامتی کشور را شامل می‌شود)، ۳۳۰ مورد اماکن تجاری بزرگ و بیش از ۱۲۶۰۰۰ صنف با فعالیتهای متنوع و... در شهر مشهد و وجود جاذبه‌های طبیعی، تاریخی و گردشگری، سالانه پذیرای بطور میانگین ۲۷ میلیون زائر داخلی و ۲ میلیون زائر خارجی می‌باشد که این رشد همه‌جانبه شهر مشهد باعث بروز بیش از ۲۰۰۰۰ مورد آتش‌سوزی و حوادث مختلف در سال ۱۴۰۳ گردیده به طوری که تعداد ماموریت‌های اعزامی سازمان آتش‌نشانی مشهد بیش از ۷۰۰۰ مورد عملیات اطفاء حریق، بیش از ۱۳۰۰۰ مورد عملیات امداد و نجات بوده است. (شکل ۱: داده‌های آماری حریق و حوادث شهر مشهد)



شکل ۱. نمودار فراوانی آتش‌سوزی و حوادث (امداد و نجات) شهر مشهد طی سالهای ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۳

با توجه به آمار و ارقام فوق و روند افزایشی حریق و حوادث شهر مشهد و تعداد بالای اماکن پرخطر در کلانشهرهایی مانند مشهد، تحلیل داده های حریق و حوادث سالیانه می تواند به طور مستقیم به بهبود فرآیند تصمیم گیری در حوزه مدیریت شهری و ایمنی شهری منجر شود. بررسی داده های مربوط به حوادث آتش سوزی گذشته و تعیین فراوانی وقوع حریق و حوادث در مناطق مختلف شهری، تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر فراوانی حریق و حوادث در هر محیط، تحلیل مکان وقوع حریق ها و حوادث و فراوانی وقوع آنها در سطح شهر و همچنین زمان رسیدن ماموران آتش نشانی به محل حادثه، از مهم ترین مسایل در زمینه برنامه ریزی و سیاست گذاری های ایمنی شهری، افزایش آمادگی سازمانهای امدادی و بحران مدار، پیشگیری از وقوع و بهبود اثربخشی خدمات امداد رسانی و کاهش تلفات و خسارات حوادث می باشند.

این تحقیق با هدف بررسی دقیق علل و منشا وقوع حوادث و حریق ها در مناطق ۱۳ گانه شهر مشهد، از داده های عملیاتی سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی شهرداری مشهد طی بازه زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۳ بهره گرفته است. نقطه قوت این تحقیق استفاده از بانک اطلاعاتی جامع و داده های واقعی حریق و حوادث شهر مشهد و نیز بررسی کلیه طیف عملیات های اعزامی در دو دسته مختلف و مجزا حریق و حوادث (امداد و جات) در فضاهای مختلف شهری شامل کاربرهای مسکونی، تجاری و اماکن تجمعی، زیارتی و تفریحی، صنعتی و کارگاهی و ... می باشد.

همچنین در این تحقیق سعی گردیده علاوه بر رفع ضعف پژوهش های قبلی مرتبط در دسترسی به داده های عملیاتی واقعی و جامع، با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی یک مبنای علمی برای شناسایی اولویت های علل وقوع حریق و حوادث شهری ایجاد گردد که قطعاً با اقداماتی همچون برنامه ریزی در خصوص آموزش های ایمنی شهروندان و افزایش سطح توانمندی و آگاهی آنان به اقدامات پیشگیرانه، بهبود کیفیت ایمنی بناها و افزایش فرآیندهای نظارتی، کنترل، سرویس و نگهداری دوره ای تجهیزات ایمنی ساختمان ها می توان در کنترل و کاهش تعداد حریق و حوادث و همچنین خسارات جانی و مالی ناشی از آن موثر و چاره ساز واقع شد.

## ۲- پیشینه تحقیق

در این بخش به بررسی تطبیقی و مطالعه تعدادی از تحقیقات و مقالات خارجی و داخلی مرتبط با موضوع تحقیق می پردازیم. (Balahadia, F.F, et al., 2017) در مقاله ای به تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی حوادث آتش سوزی مختلف در شهر مانیلا از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ پرداخته اند. در این پژوهش فراوانی وقوع حوادث آتش سوزی بر اساس کد علت های مختلف در بازه های زمانی ساعتی، روزانه، فصلی و سالانه بررسی شده است. نتایج نشان داده اند که حوادث آتش سوزی ناشی از خرابی در اتصالات الکتریکی در فاصله زمانی ۴ تا ۸ عصر دارای بیشترین فراوانی وقوع هستند. همچنین فصل تابستان دارای بیشترین تعداد آتش سوزی می باشد. عوامل در نظر گرفته شده در این پژوهش عبارتند از: اتصالات الکتریکی ناقص، ته مانده سیگار، حوادث مربوط به گاز مایع یا گاز، خرابی مکانیکی، آتش سوزی های عمدی، آتش سوزی وسایل و لوازم منزل و گرمای بیش از حد. [5]

(Liu, D., Z. Xu, and C. Fan, 2019) در پژوهشی به تحلیل ریسک آتش سوزی در مناطق مختلف شهر چانگشای استان هونان چین پرداختند. آنها به این منظور از داده های آتش سوزی سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۷ استفاده کردند. بررسی داده ها نشان می دهد که بیشترین آتش سوزی ها (حدود ۳۴,۵ درصد) در عصر و در فاصله زمانی ساعت ۱۲ تا ۱۸ بوقوع پیوسته است. همچنین اتصالات الکتریکی، بی دقتی در استفاده، سیگار، خودسوزی، ماشین آلات، دلایل عمدی و رعدوبرق مهترین علت های وقوع آتش سوزی معرفی شده اند. [6] (Lee, H.-G., Son, U.-N., et al., 2023) در مقاله ای با عنوان «مروری بر فناوری های پیشگیری از آتش سوزی بر اساس علت حریق: انتخاب علل بر اساس آمار آتش سوزی در جمهوری کره» به تحلیل آماری علل وقوع آتش سوزی ها و ارائه راهکارهای پیشگیرانه مبتنی بر فناوری پرداختند. این مطالعه با استناد به داده های ملی آتش سوزی کره جنوبی در بازه زمانی ۱۹۹۶-۲۰۲۱ نشان می دهد که ۶۲,۷ درصد از آتش سوزی ها در ساختمان ها رخ داده و مهم ترین علل به ترتیب شامل سهل انگاری (حدود ۵۰ درصد)، عوامل الکتریکی (۲۷,۴ درصد) و عوامل مکانیکی (۱۰,۵ درصد) بوده است. نویسندگان با طبقه بندی علل، سه محور اصلی برای تحلیل روندهای پژوهشی پیشگیری از آتش سوزی معرفی می کنند: پیشگیری از طریق تشخیص آتش و نشت گاز، پیشگیری در لوازم برقی و

<sup>1</sup> Manila

<sup>2</sup> Changsha

<sup>3</sup> Hunan

پیشگیری در سیستم‌های الکتریکی نسل جدید (شامل سیستم‌های فتوولتائیک، سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی و پیل‌های سوختی هیدروژنی). در هر بخش، فناوری‌های نوین مانند حسگرهای گاز، تشخیص تصویری حریق، الگوریتم‌های تشخیص قوس الکتریکی و روش‌های تشخیص فرار حرارتی در باتری‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این مقاله در نهایت چهار جهت‌گیری آینده برای پژوهش‌های پیشگیری از آتش‌سوزی ارائه می‌دهد: انتخاب سامانه تشخیص مبتنی بر ارزیابی ریسک، بهبود قابلیت اطمینان سامانه تشخیص، راه‌اندازی سامانه کنترل و پیشگیری از حریق و تقویت آموزش ایمنی متناسب با گروه‌های مختلف جمعیتی. این پژوهش بر لزوم یکپارچه‌سازی فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات و توسعه سامانه‌های هوشمند برای پاسخ فعالانه در شرایط اضطراری تأکید می‌کند [7].

(Omar, M., Mahmoud, A., & Abdul Aziz, S. B., 2023) در مقاله‌ای با هدف شناسایی عوامل حیاتی موثر بر حوادث آتش‌سوزی در ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه در امارت شارجه و یافتن راه حل‌هایی که به کاهش صدمات و مرگ و میر ناشی از حادثه آتش‌سوزی کمک می‌کند، پژوهشی انجام دادند. در این پژوهش سه دسته عامل اصلی یعنی عوامل مدیریتی، عوامل انسانی و عوامل فنی شد و عوامل حیاتی موثر بر ساختمان‌های بلند در امارت شارجه شناسایی شدند که عبارتند از: مقررات آتش‌نشانی، مقررات اجرایی آتش‌نشانی، بررسی حادثه، سرعت امداد و نجات، رفتار انسانی، عدم وجود دانش مناسب، آموزش آتش‌نشانی، فرهنگ سازی آتش‌نشانی، طراحی اتوبوس، آتش‌نشانی. [8]

(Bismark Ackah, et al., 2024) در پژوهشی به بررسی عمیق و چندبعدی مشکل آتش‌سوزی در ساختمان‌های مسکونی کشور غنا پرداخته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد مشکلات الکتریکی مانند سیم‌کشی فرسوده و اضافه‌بار برق، استفاده نایمن از گاز مایع و سوخت‌های اشتعال‌زا از علل اصلی آتش‌سوزی هستند. از سوی دیگر، نگرش‌های خطرناک ساکنان شامل خوش‌بینی غیرواقع‌بینانه، اولویت دادن مسائل اقتصادی بر ایمنی و عدم آگاهی کافی، موجب تشدید خطرات شده است. این تحقیق سطح پایین رعایت ایمنی را نیز تأیید می‌کند که شامل نبود تجهیزات اولیه مانند کپسول آتش‌نشانی و آشکارساز دود، نبود برنامه تخلیه اضطراری و تغییرات غیراصولی در ساختمان است. این مقاله نتیجه می‌گیرد که حل این بحران نیازمند یک رویکرد یکپارچه شامل آموزش همگانی، تقویت و اجرای مقررات ساختمانی و اجباری کردن تجهیزات ایمنی اولیه است. [9]

در داخل ایران هم تحقیقاتی مرتبط با موضوع این تحقیق انجام شده است که در ادامه تعدادی از این تحقیقات به طور خلاصه مورد بررسی قرار گرفته است.

(رامین صدیقی، ۱۳۹۷) در پژوهشی با هدف بررسی تأثیر عوامل مختلف بر بروز حریق در اماکن مسکونی، تجاری و صنعتی به بررسی و تبیین عوامل مؤثر بر ایمنی شهری پرداخته است. یافته‌های این پژوهش در خصوص علل وقوع آتش‌سوزی‌ها عبارت است از: - حریق‌های عمدی: تأثیر مستقیم و قابل توجه بر بروز آتش‌سوزی در اماکن مسکونی، تجاری و صنعتی، حریق‌های ناشی از پدیده‌های طبیعی (مانند زلزله و صاعقه): ارتباط قوی با وقوع حریق در ساختمان‌های شهری، بی‌احتیاطی انسان: عاملی بسیار مؤثر در بروز آتش‌سوزی، مخصوصاً در اماکن صنعتی و مسکونی و اشکالات فنی (مانند فرسودگی تجهیزات و مشکلات زیرساختی): عامل اصلی بروز حریق در اماکن تجاری و صنعتی. در نهایت این پژوهش پیشنهادات زیر را مطرح می‌کند: ۱ - افزایش آگاهی شهروندان درباره پیشگیری از آتش‌سوزی ۲ - بازبینی و تقویت استانداردهای ایمنی ساختمان‌ها، مخصوصاً در مناطق با خطر بالا ۳ - نظارت دقیق بر رعایت مقررات ایمنی در اماکن تجاری و صنعتی ۴ - توسعه سیستم‌های تشخیص و اطفای حریق هوشمند در ساختمان‌های شهری. [10]

(عادل زاده، م. س. م. شیبیری، ۱۳۹۸) در پژوهشی با استفاده از رویکرد تحلیل عاملی به شناسایی ریسک حریق در ساختمان‌های بلند پرداختند. یافته‌های تحقیق نشان داد که هفت ریسک اصلی به نام‌های ریسک عوامل فاجعه‌ساز، ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان، ریسک تیپ اطفاء حریق، ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق، ریسک رفتار انسانی، ریسک عملکرد حریق ساختمان و ریسک تخلیه ایمنی حریق شناسایی و تایید شدند. در زمینه ریسک عوامل فاجعه‌ساز نویسندگان بیان کرده‌اند که فقدان سیستم حفاظت رعدوبرق، تراکم ساکنین، ارتفاع ساختمان، عمر ساختمان، تجهیزات الکتریکی، کاربری ساختمان و شرایط آب و هوایی منطقه بر وقوع آتش‌سوزی تأثیر گذارند. [11]

(محمودزاده، ح.، نوری، س.، و محمدی، ع. ۱۴۰۱) در پژوهشی به تحلیل فضایی-زمانی ۲۸۹۴ مورد حادثه آتش‌سوزی در شهر اردبیل طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ پرداخته‌اند. روش اصلی تحقیق، استفاده از تکنیک‌های تحلیل فضایی در محیط GIS، از جمله

تحلیل خوشه‌ای چندفاصله‌ای<sup>۱</sup>، تخمین تراکم کرنل<sup>۲</sup> و تحلیل لکه‌های داغ<sup>۳</sup> بوده است. همچنین از نمودارهای راداری برای تحلیل الگوهای زمانی استفاده شد. یافته‌ها نشان می‌دهد الگوی کلی توزیع فضایی حوادث از نوع خوشه‌ای است و تراکم حوادث در بخش‌های مرکزی و برخی لکه‌های حاشیه‌ای شهر بیشتر است. از نظر علل وقوع، «عمدی و وندالیسم» با سهم ۴۷/۴۴ درصد مهم‌ترین عامل بود و بیشتر حوادث در «واحدهای مسکونی» (۶۸/۳۰ درصد) و «فضاهای باز و سبز» (۵۲/۱۹ درصد) رخ داده است. نتایج این مطالعه می‌تواند در شناسایی مناطق پرخطر، تخصیص بهینه منابع و تدوین برنامه‌های پیشگیری و مدیریت بحران برای سازمان‌های آتش‌نشانی و شهرداری مورد استفاده قرار گیرد. [12]

(لطف عطا، عیناز، و امیری، بیتا. ۱۴۰۲) در پژوهشی به تحلیل فضایی-زمانی حوادث آتش‌سوزی در بافت شهری مشهد پرداختند. با استفاده از داده‌های ۵۶۳۷ حادثه آتش‌سوزی در بازه زمانی ۱۳۹۹-۱۳۹۵ و به کارگیری تکنیک‌های پیشرفته آماری و تحلیل‌های فضایی، نتایج نشان می‌دهد که الگوی فضایی حوادث به صورت خوشه‌ای است و کانون‌های اصلی آتش‌سوزی در مناطق مرکزی، پرتراکم و قدیمی شهر (به ویژه مناطق ۱، ۸ و ۱۱) واقع شده‌اند. مهم‌ترین علل وقوع آتش‌سوزی، مشکلات مرتبط با سیم‌کشی و سیستم برق، وسایل گرمایشی و بی‌احتیاطی شناسایی شدند. این مطالعه نتیجه می‌گیرد که عوامل کالبدی-فضایی (مانند فرسودگی بافت، تراکم جمعیت و کاربری اراضی) و عوامل انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای در وقوع و توزیع مکانی-زمانی آتش‌سوزی‌های شهری دارند و لزوم مدیریت یکپارچه ریسک با تمرکز بر نوسازی بافت‌های فرسوده، نظارت بر تاسیسات برق و گاز و آموزش شهروندی را خاطر نشان می‌سازد. [13]

حال در جدول زیر به بررسی تطبیقی و مقایسه‌ای تحقیقات و پژوهش‌های فوق می‌پردازیم. (جدول ۱)

جدول ۱: جدول مقایسه‌ای تحقیقات پیشین خارجی و داخلی

نویسنده / سال پژوهش	کشور	دوره زمانی	روش تحقیق	یافته‌های کلیدی (علل اصلی آتش‌سوزی)
Balahadia et al. (2017)	مانیلا، فیلیپین	2011-2015	تحلیل آماری زمانی-مکانی	مشکلات الکتریکی و برقی، ته‌مانده سیگار، گاز
Liu et al. (2019)	چانگشا، چین	2011-2017	تحلیل ریسک و آمار توصیفی	اتصالات الکتریکی، بی‌دقتی، سیگار
Lee et al. (2023)	کره جنوبی	1996-2021	تحلیل آماری ملی	سهل‌انگاری (۵۰٪)، عوامل الکتریکی (27.4%)
Omar et al. (2023)	شارجه، امارات	نامشخص	شناسایی عوامل حیاتی (مدیریتی، انسانی، فنی)	مقررات، رفتار انسانی، آموزش، طراحی ساختمان
Ackah et al. (2024)	غنا	نامشخص	بررسی عمیق چندبعدی	سیم‌کشی فرسوده، نگرش‌های خطرناک ساکنان، نبود تجهیزات
(۱۳۹۷) رامین صدیقی	ایران	۱۳۹۷	تبیین عوامل مؤثر	حریق عمدی، پدیده‌های طبیعی، بی‌احتیاطی، اشکالات فنی
(۱۳۹۸) عادل زاده و شبیری	ایران	۱۳۹۸	تحلیل عاملی	هفت ریسک اصلی حریق (عوامل فاجعه‌ساز، تجهیزات، رفتار انسانی و ...)
(۱۴۰۱) محمودزاده و همکاران	اردبیل، ایران	1394-1398	تحلیل فضایی-زمانی (GIS)	عوامل عمدی و وندالیسم (۴۴،۴۷٪)، واحدهای مسکونی
(۱۴۰۲) لطف عطا و امیری	مشهد، ایران	1395-1399	تحلیل فضایی-زمانی و آماری	مشکلات برق، وسایل گرمایشی، بی‌احتیاطی

<sup>1</sup> Ripley's K-function

<sup>2</sup> Kernel Density

<sup>3</sup> Hot Spot Analysis

## ۲-۱- تحلیل انتقادی پیشینه تحقیق

با بررسی تطبیقی و انتقادی تحقیقات پیشین در حوزه علل آتش‌سوزی و حوادث شهری، می‌توان به نقاط قوت، ضعف‌ها و شکاف‌های پژوهشی موجود پی برد. این ارزیابی، ضرورت و اهمیت تحقیق حاضر را آشکار می‌سازد.

### ۱. نقاط قوت و یافته‌های مشترک در پیشینه تحقیق:

- تأیید عوامل کلان: عمده تحقیقات داخلی و خارجی بر نقش محوری "مشکلات الکتریکی" (اتصالات، سیم‌کشی فرسوده، اضافه‌بار) و "عوامل انسانی" (سهل‌انگاری، بی‌احتیاطی) به عنوان دو رکن اصلی وقوع آتش‌سوزی اتفاق نظر دارند ( لطف عطا و امیری ۱۴۰۲, Lee et al., 2023; Balahadia et al., 2017).
- توسعه چارچوب‌های تحلیلی: تحقیقاتی مانند عادل زاده و شبیری (۱۳۹۸) و Omar et al. (۲۰۲۳) با به کارگیری رویکردهایی مانند تحلیل عاملی و شناسایی عوامل مدیریتی، انسانی و فنی، گام‌هایی بلند در جهت یافتن ساختار و طبقه‌بندی علل برداشته‌اند.
- اهمیت تحلیل‌های فضایی-زمانی: پژوهش‌های داخلی مانند محمودزاده و همکاران (۱۴۰۱) و لطف عطا و امیری (۱۴۰۲) به خوبی نشان داده‌اند که الگوی وقوع حوادث، خوشه‌ای بوده و در بافت‌های فرسوده، مرکزی و پرتراکم شهری متمرکز است. این یافته بر لزوم در نظرگیری بُعد مکانی در مدیریت ریسک تأکید دارد.

### ۲. شکاف‌ها و محدودیت‌های پژوهش‌های پیشین:

- عدم تمرکز بر ساختارهای پنهان علل: اگرچه برخی پژوهش‌ها (مانند صدیقی، ۱۳۹۷) به فهرست کردن علل پرداخته‌اند، اما کمتر از روش‌های آماری پیشرفته مانند تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) برای کشف و استخراج عوامل پنهان و ساختارهای زیربنایی حاکم بر مجموعه پیچیده‌ای از علل وقوع استفاده کرده‌اند. این امر منجر به درکی سطحی و فهرست‌وار شده است.
- غفلت از تحلیل یکپارچه حوادث شهری: تمرکز اکثر قریب به اتفاق تحقیقات بر پدیده آتش‌سوزی بوده و بخش عمده‌ای از مأموریت‌های سازمان‌های آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهری، یعنی حوادث امداد و نجات (مانند محبوس‌شدگی، ریزش، آب‌گرفتگی، گازگرفتگی) را نادیده گرفته‌اند. تحلیل این حوادث در کنار آتش‌سوزی، تصویر جامع‌تری از مخاطرات شهری ارائه می‌دهد.
- ضعف در پیوند یافته‌ها با راهکارهای عملیاتی بومی: با وجود ارائه راهکارهای فناورانه در تحقیقاتی مانند Lee et al. (2023)، اغلب فاصله بین یافته‌های پژوهشی و راهکارهای اجرایی و بومی متناسب با شرایط خاص شهرهای ایران (از نظر اقتصادی، فرهنگی و مدیریتی) احساس می‌شود.
- تحقیق حاضر با آگاهی از شکاف‌های فوق، با رویکردی نوآورانه به تحلیل همزمان و مقایسه دو دسته اصلی از مأموریت‌های سازمان آتش‌نشانی، یعنی آتش‌سوزی و حوادث امداد و نجات می‌پردازد. استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی بر روی یک بانک اطلاعاتی گسترده و جامع (۸۰,۰۰۰ مورد حریق و حادثه) از کلانشهر مشهد، امکان کشف ساختارهای پنهان و عوامل اصلی را فراهم می‌سازد. این پژوهش تنها به ارائه یک فهرست از علل بسنده نکرده، بلکه با دسته‌بندی کمی و تعیین سهم هر عامل در تبیین واریانس، اولویت‌بندی علمی و دقیقی برای مداخلات ارائه می‌دهد.

## ۳- روش شناسی تحقیق

در این تحقیق ابتدا از داده‌های آماری ثبت شده کدهای علل حریق و حوادث سازمان آتش‌نشانی شهر مشهد طی سالهای ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۳ (مجموعاً حدود ۵۰۰۰۰ مورد آتش‌سوزی و ۳۰۰۰۰ مورد حادثه امداد و نجات) استفاده گردیده است. داده‌های ثبتی مربوط به علل و منشأ وقوع آتش‌سوزی در ۲۵ مولفه مختلف (هر مولفه در واقع مربوط به یک کد علت حریق تعریف شده در سامانه اطلاعات عملیاتی سازمان آتش‌نشانی شهر مشهد می‌باشد) و تعداد ۱۱۰ مورد نمونه (هر نمونه مقدار فراوانی وقوع حریق با کد علت های مشخص حریق در یک ماه از سال طی سالهای ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۳ می‌باشد) و داده‌های مربوط به حوادث شهری (غیر از آتش

سوزی) در ۲۱ مولفه ( هر مولفه در واقع یک کد علت حادثه امداد و نجات تعریف شده در سامانه اطلاعات عملیاتی سازمان آتش نشانی شهر مشهد می باشد) و تعداد ۶۴ مورد نمونه ( هر نمونه مقدار فراوانی وقوع حادثه امداد و نجات با کد علت مشخص حادثه در یک ماه از سال طی سالهای ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۳ می باشد) دسته بندی گردیدند. سپس از این مجموعه داده ها به عنوان متغیرهای روش تحلیل عاملی اکتشافی جهت شناسایی الگوها و ساختار عوامل موثر بر حریق و حوادث شهری استفاده گردید که در ادامه به بیان مراحل روش انجام تحقیق پرداخته شده است.

تحلیل عاملی اکتشافی یک روش آماری چندمتغیره است که برای شناسایی ساختارهای زیربنایی (عوامل یا سازه های پنهان) در میان مجموعه های از متغیرهای مشاهده پذیر استفاده میشود. این روش به پژوهشگران کمک میکند تا ابعاد اصلی پرسشنامه ها یا مجموعه داده ها را کشف و متغیرها را در عوامل مرتبط دسته بندی کنند. [۱۴]

تحلیل عاملی اکتشاف معمولاً زمانی استفاده می شود که هدف پژوهشگران کشف الگوها یا ساختارهای زیربنایی در یک مجموعه داده بدون از پیش تعریف کردن یک مدل خاص است که آن را برای تولید فرضیه ها و درک روابط پیچیده مناسب می سازد. [۱۵] علاوه بر این، تحلیل عاملی اکتشافی زمانی ارزشمند است که محققان بخواهند تعداد متغیرها را به مجموعه کوچکتری از عوامل کاهش دهند که ساختار داده ها را به طور موثر توضیح می دهد. [۱۶]

اجرای یک تحلیل عاملی اکتشافی معتبر، مستلزم طی کردن گام‌های متوالی و دقیقی است که در ادامه به تفصیل به آن پرداخته شده است. (شکل ۲)



شکل ۲. نمودار فرآیند روش تحلیل عاملی اکتشافی

### ۳-۱- گامهای اجرای تحلیل عاملی اکتشافی :

۱. تعیین مناسب بودن داده ها :

برای تحلیل عاملی قبل از اجرای EFA، باید بررسی شود که داده ها برای این تحلیل مناسب هستند. این کار با استفاده از دو شاخص اصلی انجام می شود :

• آزمون کایزر- مایر- اولکین<sup>۲</sup>: مقدار این شاخص بین ۰ تا ۱ است و مقادیر بالاتر از ۰,۶ نشان دهنده کفایت نمونه گیری هستند. [۱۷]

<sup>1</sup> Exploratory Factor Analysis – (EFA)

<sup>2</sup> Kaiser-Meyer-Olkin-(KMO)

• آزمون بارتلت<sup>۱</sup>: این آزمون معناداری ( $p < 0.05$ ) نشان میدهد که همبستگی های بین متغیرها برای تحلیل عاملی مناسب هستند. [۱۸]

۲. تعیین روش استخراج عوامل: روشهای مختلفی برای استخراج عوامل وجود دارد، از جمله:

• تحلیل مؤلفه های اصلی<sup>۲</sup>: در صورتی که هدف کاهش داده ها باشد.

• تحلیل عاملی محورهای اصلی: زمانی که هدف کشف ساختارهای پنهان است. [۱۹]

۳. تعیین تعداد عوامل استخراج شده: برای تعیین تعداد عوامل بهینه از معیارهای زیر استفاده می شود:

• معیار کیزر<sup>۳</sup>: حفظ عوامل با مقادیر ویژه<sup>۴</sup> بیشتر از ۱

• نمودار اسکری<sup>۵</sup>: انتخاب عوامل قبل از نقطه شکست در نمودار

• تحلیل موازی<sup>۶</sup>: مقایسه مقادیر ویژه داده های واقعی با داده های تصادفی [۲۰]

۴. روش چرخش عوامل برای تفسیرپذیری بهتر عوامل، از روشهای چرخش استفاده می شود:

• چرخش واریماکس<sup>۷</sup>: برای عوامل ناهمبسته

• چرخش ابلیمین<sup>۸</sup>: برای عوامل همبسته [۲۱]

تفسیر عوامل و نامگذاری آنها پس از چرخش، بارهای عاملی<sup>۹</sup> بررسی می شوند. معمولاً بارهای عاملی بالاتر از ۰,۴ معنادار در نظر

گرفته می شوند هر عامل بر اساس متغیرهایی که بیشترین بار را روی آن دارند، نامگذاری می شود. [۲۲]

#### ۴- نتایج تحقیق

این تحقیق با هدف شناسایی منشا و علل مؤثر بر وقوع آتش سوزی و حوادث در کلان شهر مشهد و شناسایی الگوها و ساختارهای پنهان علل وقوع این حوادث انجام شده است. با توجه به اهمیت ایمنی شهری، درک ساختار عاملی حریق و حوادث شهری می تواند به طراحی برنامه های ایمنی و راهکارهای پیشگیرانه مؤثر، افزایش سطح توانمندی و آگاهی شهروندان به اقدامات پیشگیرانه، بهبود کیفیت ایمنی بناها و افزایش فرآیندهای نظارتی، کنترل، سرویس و نگهداری دوره ای تجهیزات ایمنی ساختمان ها کمک کند. در ادامه نتایج تحلیل عاملی اکتشافی علل وقوع دسته آتش سوزی و دسته حوادث (امداد و نجات) در کلانشهر مشهد که با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی و در محیط نرم افزار **spss-26** انجام گردیده، ارائه می گردد.

#### ۴-۱- نتایج تحلیل عاملی اکتشافی علل آتش سوزی (حریق)

۱ - بررسی کفایت نمونه گیری و آزمون بارتلت<sup>۱</sup>:

آزمون کایزر- مایر- اولکین<sup>۱</sup> مقدار **KMO** برابر با **۰,۸۸۸** است که نشان دهنده کفایت بالای نمونه گیری برای تحلیل عاملی

است. آزمون بارتلت<sup>۲</sup> این آزمون برای بررسی وجود همبستگی بین متغیرها استفاده شده است. نتایج نشان می دهد: مقدار

کای اسکوئر (۲۳۱۴,۱۸۳) با درجه آزادی (۳۰۰) و سطح معنی داری (۰,۰۰۰) حاکی از آن است که ماتریس همبستگی برای تحلیل

عاملی مناسب است. (جدول ۲)

<sup>1</sup> Bartlett's Test of Sphericity

<sup>2</sup> Principal Component Analysis - (PCA)

<sup>3</sup> Kaiser's Criterion

<sup>4</sup> Eigenvalues

<sup>5</sup> Scree Plot

<sup>6</sup> Parallel Analysis

<sup>7</sup> Varimax

<sup>8</sup> Oblimin

<sup>9</sup> Factor Loadings

<sup>1</sup> Bartlett's Test of Sphericity <sup>0</sup>

<sup>1</sup> Kaiser-Meyer-Olkin <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bartlett's Test of Sphericity <sup>2</sup>

جدول ۲. مقادیر کفایت نمونه‌گیری و آزمون بارتلت عوامل آتش سوزی (حریق)

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		<b>0.888</b>
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	<b>2314.183</b>
	df	<b>300</b>
	Sig.	<b>0.000</b>

۲- واریانس تبیین‌شده توسط عوامل<sup>۱</sup>

تحلیل عاملی با روش اکتشافی انجام شده و ۵ عامل استخراج شده‌اند که مجموعاً ۷۰,۷۵۳٪ از واریانس کل را تبیین می‌کنند. (جدول ۳)

جزئیات هر عامل:

- عامل ۱: ۴۶,۹۵۷٪ از واریانس را تبیین می‌کند (قوی‌ترین عامل).
- عامل ۲: ۸,۱۳۳٪ از واریانس.
- عامل ۳: ۵,۹۷۴٪ از واریانس.
- عامل ۴: ۵,۰۷۱٪ از واریانس.
- عامل ۵: ۴,۶۱۷٪ از واریانس.

جدول ۳. مقادیر واریانس تبیین‌شده توسط عوامل دسته آتش سوزی (حریق)

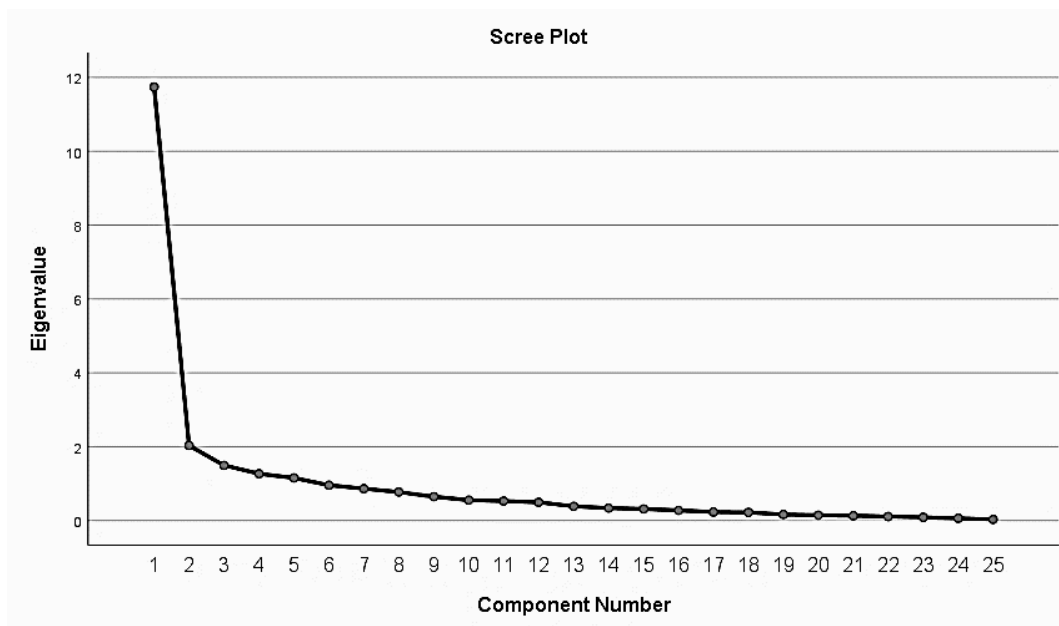
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared			Rotation Sums of Squared		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	11.739	46.957	46.957	11.739	46.957	46.957	11.695	46.780	46.780
2	2.033	8.133	55.090	2.033	8.133	55.090	1.732	6.927	53.707
3	1.494	5.974	61.065	1.494	5.974	61.065	1.601	6.403	60.110
4	1.268	5.071	66.136	1.268	5.071	66.136	1.354	5.415	65.525
5	1.154	4.617	70.753	1.154	4.617	70.753	1.307	5.228	70.753
6	.957	3.830	74.583						
25	.032	.129	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

۳- نمودار سنگ ریزه<sup>۲</sup> نیز کاهش شیب مقدار ویژه را پس از عامل ۵ نشان می‌دهد که تأیید می‌کند استخراج ۵ عامل مناسب است. (شکل ۳)

<sup>1</sup> Total Variance Explained

<sup>2</sup> Scree Plot



شکل ۳. نمودار سنگ ریزه Scree Plot عوامل آتش سوزی (حریق)

۴- ماتریس مؤلفه‌ها و ماتریس چرخش یافته<sup>۲</sup>

برای تفسیر بهتر عوامل، از چرخش Quartimax با نرمالیزاسیون کایزر استفاده شده است. نتایج ماتریس چرخش یافته و تفسیر عوامل در جدول زیر بیان گردیده است. (جدول ۴)

جدول ۴. نتایج ماتریس چرخش یافته عوامل آتش سوزی (حریق)

ردیف	عنوان عامل	درصد واریانس تبیین شده	متغیرها (مؤلفه ها)	بار عاملی متغیر	تفسیر عامل
عامل ۱	گرمای اجزای شبکه توزیع برق و مشکلات الکتریکی تجهیزات و وسایل برقی	۴۶,۷۸۰	اتصال سیم های برق	۰,۹۲۵	این عامل نشان دهنده نقش مهم مشکلات شبکه توزیع برق و تجهیزات و وسایل الکتریکی در وقوع آتش سوزی است. برجستگی این عامل می تواند بازتابی از ترکیب سنی ساختمان ها، توسعه شتابان شهری، و استفاده گسترده از وسایل برقی غیر استاندارد و نگهداری نامتوازن باشد. تراکم بالای جمعیت و حضور کاربری های تجاری-کارگاهی در محلات مسکونی، احتمال کشیدن بار اضافی از شبکه برق و استفاده از چندراهی های غیر استاندارد را افزایش می دهد.
			افتادن شی داغ یا آتشزا بر روی مواد قابل اشتعال	۰,۹۰۵	
			اشکالات در سیستم وسایل برقی	۰,۸۷۵	
			کشیدن بار اضافی از شبکه برق	۰,۸۴۴	
			جرقه زدن وسایل برقی	۰,۷۹۳	
عامل ۲		۶,۹۲۷	روشن کردن آتش توسط معنادین	۰,۷۹۳	این عامل به رفتارهای پرخطر کودکان و سهل انگاری افراد معتاد و دارای اختلال

<sup>1</sup> Component Matrix

<sup>2</sup> Rotated Component Matrix

روانی و بی احتیاطی در خاموش کردن ته مانده سیگار روشن اشاره دارد. مداخله‌های آموزشی هدفمند، کنترل محیطی و سیاست‌های حمایتی اجتماعی در این دسته موثرترند.	۰,۷۷۶	آتش زدن عمدی توسط افراد با اختلالات شناختی/روانی	بی احتیاطی و رفتارهای پرخطر انسانی	
	۰,۷۶۱	روشن ماندن سیگار		
	۰,۶۶۹	بازی کردن بچه‌ها با کبریت و مواد آتش زا		
این عامل بر نقش مواد قابل اشتعال (گازها و مایعات) در آتش‌سوزی تأکید دارد و نشان می‌دهد کنترل یکپارچه ایمنی سوخت‌ها در منازل و کسب‌وکارها (بازرسی دوره‌ای اتصالات گاز، استانداردسازی انبارش مایعات قابل اشتعال، تهویه) اولویت دارد.	۰,۸۶۴	نشت یا چکیدن مایعات قابل اشتعال	۶,۴۰۳	عامل ۳
	۰,۸۰۴	نشت گازهای قابل اشتعال		
	۰,۶۷۲	اشتعال بخار مایعات قابل اشتعال		
این عامل فعالیت‌های معمولی مانند آشپزی یا دفع زباله و ضایعات را به عنوان عوامل خطر برجسته می‌کند. آشپزی، سوزاندن زباله، این عامل ترکیب "رفتارهای عادی ولی پرریسک" است. مداخلات مبتنی بر پیام‌رسانی عمومی، برچسب‌های هشدار، و دستورالعمل‌های خانگی و محل کار برای کاهش ریسک در این دسته اهمیت دارد.	۰,۹۳۶	سوزاندن ضایعات	۵,۴۱۵	عامل ۴
	۰,۸۵۰	افروختن آتش در فضای سبز		
	۰,۷۸۸	آشپزی (وسایل پخت و پز)		
	۰,۷۵۲	سوزاندن زباله		
این عامل به حریق‌های غیرعمدی مانند تصادفات یا اصطکاک مکانیکی مربوط می‌شود. واژگونی خودرو، اصطکاک و تصادفات منجر به حریق شاخص‌اند. این عامل پیوندی با ایمنی ترافیکی، نگهداری مکانیکی و استانداردسازی عملیات‌های صنعتی/کارگاهی دارد.	۰,۶۶۳	تصادفات خودرو منجر به حریق	۵,۲۲۸	عامل ۵
	۰,۶۲۰	ایجاد اصطکاک		
	۰,۴۹۹	واژگونی خودرو		

#### ۴-۲- تحلیل عاملی اکتشافی علل حوادث شهری (امداد و نجات)

۱ - بررسی کفایت نمونه‌گیری و آزمون بارتلت

آزمون کایزر- مایر- اولکین<sup>۱</sup> KMO : مقدار KMO برابر با ۰.۸۱۶ است که نشان‌دهنده کفایت بالای نمونه‌گیری برای تحلیل عاملی است .

آزمون بارتلت<sup>۲</sup>: این آزمون برای بررسی وجود همبستگی بین متغیرها استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد: مقدار کای اسکوئر (۱۰۰۰.۴۷۶) با درجه آزادی (۲۱۰) و سطح معنی‌داری (۰,۰۰۰) حاکی از آن است که ماتریس همبستگی برای تحلیل عاملی مناسب است. (جدول ۵)

<sup>۱</sup> Kaiser-Meyer-Olkin

<sup>۲</sup> Bartlett's Test of Sphericity

جدول ۵. مقادیر کفایت نمونه‌گیری و آزمون بارتلت عوامل حوادث شهری (امداد و نجات)

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		<b>0.816</b>
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	<b>1000.476</b>
	df	<b>210</b>
	Sig.	<b>0.000</b>

۲- واریانس تبیین شده توسط عوامل<sup>۱</sup>

تحلیل عاملی با روش اکتشافی انجام شده و ۵ عامل استخراج شده‌اند که مجموعاً ۷۴.۱۴٪ از واریانس کل را تبیین می‌کنند. (جدول

۶)

جزئیات هر عامل:

- عامل ۱: ۳۹.۴۱۲٪ از واریانس را تبیین می‌کند (قوی‌ترین عامل).
- عامل ۲: ۱۴.۶۵۸٪ از واریانس.
- عامل ۳: ۸.۸۳۸٪ از واریانس.
- عامل ۴: ۶.۰۷۴٪ از واریانس.
- عامل ۵: ۵.۵۸۱٪ از واریانس.

جدول ۶. مقادیر واریانس تبیین شده توسط عوامل دسته حوادث شهری (امداد و نجات)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8.276	39.412	39.412	8.276	39.412	39.412	5.805	27.642	27.642
2	3.078	14.658	54.070	3.078	14.658	54.070	3.521	16.769	44.411
3	1.856	8.838	62.908	1.856	8.838	62.908	2.812	13.391	57.801
4	1.275	6.074	68.981	1.275	6.074	68.981	1.924	9.161	66.962
5	1.172	5.581	74.562	1.172	5.581	74.562	1.596	7.600	74.562
6	1.000	4.761	79.324						
7	.744	3.545	82.869						

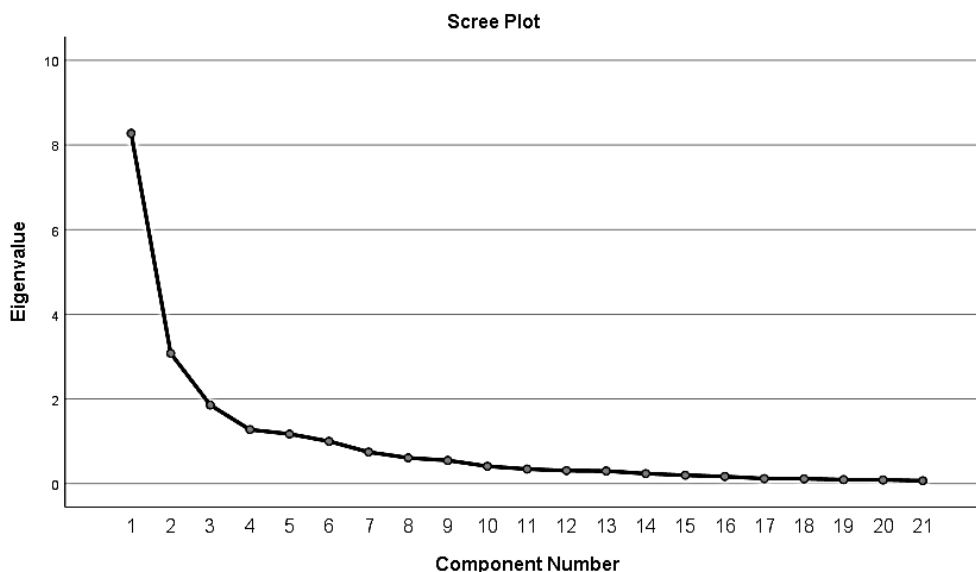
Extraction Method: Principal Component Analysis.

۳- نمودار سنگ ریزه آئیز کاهش شیب مقدار ویژه را پس از عامل ۵ نشان می‌دهد که تأیید می‌کند استخراج ۵ عامل مناسب است.

(شکل ۴)

<sup>1</sup> Total Variance Explained

<sup>2</sup> Scree Plot



شکل ۴. نمودار سنگ ریزه Scree Plot عوامل حوادث شهری (امداد و نجات)

۴- ماتریس مؤلفه‌ها و ماتریس چرخش یافته<sup>۲</sup>

برای تفسیر بهتر عوامل، از چرخش Quartimax با نرمالیزاسیون کایزر استفاده شده است. نتایج ماتریس چرخش یافته به صورت زیر تفسیر می‌شود: (جدول ۷)

جدول ۷. نتایج ماتریس چرخش یافته عوامل حوادث شهری (امداد و نجات)

تفسیر عامل	بار عاملی متغیر	متغیرها (مؤلفه‌ها)	درصد واریانس تبیین شده	عنوان عامل	تعداد
این عامل خوشه‌ای از مأموریت‌های امداد و نجات شهری با محوریت «محبوس‌شدگی/گرفتاری» و «مداخلات فوری انسانی» را نشان می‌دهد. وجود «اقدام به خودکشی» و «تصادف خودرو» کنار «محبوسی»ها، به شباهت عملیاتی (واکنش فوری، تخصص نجات، تجهیزات رهاسازی) اشاره دارد	0.895	محبوس شدن افراد	27.642	حوادث محبوس‌شدگی و امداد نجات انسانی	عامل ۱
	0.877	اقدام به خودکشی			
	0.856	تصادف رانندگی یا واژگون شدن خودرو			
	0.782	محبوسی در آسانسور			
	0.780	عملیات نجات حیوانات محبوس			
	0.765	گیر کردن اعضای بدن			
	0.667	گیر کردن حلقه/زیورآلات			
	0.800	آوار/ریزش ساختمان	16.769		عامل ۲

<sup>1</sup> Component Matrix

<sup>2</sup> Rotated Component Matrix

این عامل بر «ناپایداری محیطی/سازه‌ای» و رخدادهایی که به صورت ثانویه می‌توانند به محبوس‌شدگی یا آسیب منجر شوند متمرکز است: آوار و ریزش ساختمان، فرونشست زمین، سقوط اجسام، خطرات آبی آزاد. وجه مشترک: خطر ساختاری/محیطی با ابعاد عملیات ایمن‌سازی.	غرق شدن در سدها/برکه‌ها/رودخانه‌ها	۰,۷۹۰	مخاطرات سازه‌ای/محیطی و سقوط‌های غیرمستقیم	
	سقوط اجسام از ارتفاع	۰,۷۱۶		
	سقوط در کانال/ریزش کانال	۰,۶۵۶		
	ریزش/افروکش زمین و چاه فاضلاب	۰,۵۷۲		
خوشه‌ای از رخدادهای مرتبط با شبکه آب/فاضلاب، آب‌گرفتگی به علت بارندگی و سیلاب شهری، نشست زمین و پیامدهای زیرساختی که عملیات پمپاژ، مهار آب، ایمن‌سازی معبر و بازیابی وسیله نقلیه را می‌طلبد.	آب‌افتادگی در معابر و خانه‌ها	۰,۸۵۷	حوادث آب‌گرفتگی و اتفاقات زیرساخت آب/فاضلاب	عامل ۳
	نشست آب یا فاضلاب	۰,۷۶۲		
	سقوط وسایط نقلیه در گودال	۰,۷۳۶		
عامل مشخص برای رخدادهای مرتبط با گاز (نشست، انفجار بدون شعله، مسمومیت CO)، نیازمند تجهیزات پایش گاز، تهویه، ایمن‌سازی منبع.	گازگرفتگی منواکسیدکربن	۰,۷۴۸	حوادث گاز شهری و مسمومیت‌های تنفسی	عامل ۴
	انفجار گاز بدون حریق	۰,۵۰۴		
تمرکز بر رخدادهای «سقوط عمودی» در انسان/اشیا و شرایطی که دسترسی عمودی، مهار و طناب‌کشی، تثبیت صحنه ضرورت دارد. «سقوط در چاه» و سقوط درختان به علت باد و طوفان‌های شدید.	سقوط از ارتفاع/بلندی	۰,۷۴۹	حوادث سقوط ارتفاع و حفره‌ها، خطر اجسام معلق	عامل ۵
	سقوط در چاه	۰,۵۱۰		
	سقوط درختان یا خطر سقوط	۰,۴۴۸		

## ۵- جمع بندی و پیشنهادات

تحقیق حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی است که با روش تحلیل عاملی اکتشافی<sup>۱</sup> انجام شده است. در این تحقیق ابتدا از داده‌های آماری ثبت شده کدهای علل حریق و حوادث سازمان آتش‌نشانی شهر مشهد طی سالهای ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۳ (مجموعاً حدود ۵۰۰۰۰ مورد آتش‌سوزی و ۳۰۰۰۰ مورد حادثه امداد و نجات) استفاده گردیده است. داده‌های ثبتی مربوط به علل و منشا وقوع آتش‌سوزی در ۲۵ مولفه مختلف (هر مولفه در واقع یک کد علت حریق ثبت شده در سامانه اطلاعات عملیاتی سازمان آتش‌نشانی شهر مشهد می‌باشد) و تعداد ۱۱۰ مورد نمونه (هر نمونه مقدار فراوانی وقوع حریق با کد علت مشخص حریق در یک ماه از سال طی سالهای ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۳ می‌باشد) و داده‌های مربوط به حوادث شهری (غیر از آتش‌سوزی) در ۲۱ مولفه (هر مولفه در واقع یک کد علت حادثه امداد و نجات ثبت شده در سامانه اطلاعات عملیاتی سازمان آتش‌نشانی شهر مشهد می‌باشد) و تعداد ۶۴ مورد نمونه (هر نمونه مقدار فراوانی وقوع حادثه امداد و نجات با کد علت مشخص حادثه در یک ماه از سال طی سالهای ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۳ می‌باشد) دسته بندی

<sup>۱</sup> Exploratory Factor Analysis – (EFA)

گردیدند. کفایت نمونه و مناسب بودن ماتریس همبستگی در بخش آتش سوزی با  $KMO=0.888$  و آزمون بارتلت  $\chi^2(210)=1000.476$  و  $p<0.001$  و در بخش حوادث شهری با  $KMO=0.816$  و آزمون بارتلت  $\chi^2(300)=2314.183$ ،  $p<0.001$  نیز مورد تأیید قرار گرفت. برای تعیین تعداد عوامل از ترکیب معیار مقدار ویژه بزرگتر از ۱، نمودار اسکری و تفسیرپذیری نظری استفاده شد.

با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی، پنج عامل اصلی برای آتش سوزی ها شناسایی کرد که در مجموع ۷۵٫۷٪ از واریانس را تبیین می کنند. عوامل اصلی شامل اجزای شبکه توزیع برق و مشکلات الکتریکی وسایل برقی (۴۶٫۹٪)، بی احتیاطی و رفتارهای پرخطر انسانی (۸٫۱۳٪)، اشتعال مایعات و گازهای قابل اشتعال (۵٫۹۷٪) و فعالیت های روزانه پرریسک (۵٫۰۷٪) بودند. در دسته حوادث شهری نیز پنج عامل شناسایی شد که در مجموع ۷۴٫۱۴٪ واریانس را پوشش می دادند. عوامل اصلی شامل محبوس شدن در فضاهای بسته، آسانسور و گیرکردن اعضای بدن (۳۹٫۴۱۲٪)، مخاطرات سازه‌ای، آوار ساختمان و سقوط های غیرمستقیم (۱۴٫۶۵۸٪)، حوادث آب گرفتگی و اتفاقات زیرساخت آب/فاضلاب (۸٫۸۳۸٪) و حوادث گاز شهری و مسمومیت های تنفسی (۶٫۰۷۴٪) بودند.

پیشنهادات این تحقیق شامل یافته‌های کلیدی زیر در دو بخش مجزا علل وقوع آتش سوزی (حریق) و حوادث شهری است که می توان از آنها در سیاست گذاری و برنامه ریزی های عملیاتی بلند مدت، میان مدت و سالیانه سازمان آتش نشانی مشهد و همچنین سایر شهرهای ایران استفاده نمود. (جداول ۸ و ۹)

جدول ۸. پیشنهادات مربوط به دسته عوامل آتش سوزی های شهری (حریق)

ردیف	عنوان موضوع	پیشنهادات و راهکارهای اجرایی
۱	ایمنی شبکه توزیع برق و وسایل و تجهیزات و وسایل برقی	<ol style="list-style-type: none"> <li>افزایش نظارت بر ایمنی سیم کشی و تجهیزات برقی.</li> <li>بازرسی دوره‌ای سیم کشی در ساختمان‌های قدیمی؛ الزام صدور گواهی سلامت الکتریکی هنگام نقل و انتقال ملک.</li> <li>نصب محافظ نشتی جریان (RCD) و فیوزهای مناسب؛ استانداردسازی چند راهی‌ها و سیم‌های رابط.</li> <li>برنامه‌های آگاهی‌رسانی درباره خطر اضافه بار و استفاده هم‌زمان از وسایل پرمصرف.</li> </ol>
۲	کاهش بی احتیاطی و رفتارهای پرخطر انسانی	<ol style="list-style-type: none"> <li>آموزش خانوارها درباره نگهداری کبریت/فندک دور از دسترس کودکان؛ کمپین‌های مدرسه‌محور.</li> <li>آموزش عمومی برای کاهش سهل انگاری (به ویژه در مورد کودکان و معتادین).</li> <li>راهبردهای کاهش آسیب در نقاط پرخطر شهری و همکاری میان آتش نشانی، خدمات اجتماعی و پلیس.</li> </ol>
۳	مدیریت ایمنی سوخت‌ها و مایعات و گازهای قابل اشتعال	<ol style="list-style-type: none"> <li>بازرسی دوره‌ای اتصالات گاز شهری؛ نصب هشداردهنده‌های گاز در فضاهای بسته.</li> <li>کنترل دقیق تر مواد قابل اشتعال در محیط‌های شهری.</li> <li>دستورالعمل‌های انبارش و انتقال ایمن مایعات قابل اشتعال در کارگاه‌ها و مغازه‌ها.</li> </ol>
۴	ایمنی فعالیت‌های روزمره پر ریسک	<ol style="list-style-type: none"> <li>دستورالعمل‌های آشپزی ایمن، به ویژه برای اجاق‌های فرسوده؛ ممنوعیت و جایگزین‌های سوزاندن زباله.</li> <li>ارتقای فرهنگ ایمنی در فعالیت‌های روزمره مانند آشپزی و دفع زباله.</li> <li>سیاست‌های کنترل سیگار در اماکن پرریسک و کمپین‌های هشدار عمومی.</li> </ol>

<p>۱. استانداردسازی نگهداری خودرو و تجهیزات مکانیکی در کاربری‌های مجاور مسکونی.</p> <p>۲. آموزش کارگاهی درباره اصطکاک، جرقه و منابع اشتعال؛ هماهنگی با برنامه‌های ایمنی ترافیک</p>	پیشگیری از حوادث صنعتی، مکانیکی و تصادفات خودرویی	۵
<p>۱. تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های جدید برای ایمنی ساختمان‌ها و اماکن عمومی، لزوم بازنگری در قوانین شهری برای کاهش ریسک حریق و حوادث</p> <p>۲. نیاز سنجی و اولویت بندی خرید و جانمایی خودروهای آتش نشانی و تجهیزات فنی در ایستگاه‌های آتش نشانی مناطق مختلف شهری</p> <p>۳. تخصیص بهینه منابع مالی، تجهیزات و نیروی انسانی در ایستگاه‌های آتش نشانی شهری</p> <p>۴. استفاده در طرح‌های مکان‌یابی ساخت و توسعه ایستگاه‌های عملیاتی آتش نشانی</p> <p>۵. طراحی سیستم‌های اطلاع‌رسانی عمومی برای کاهش زمان واکنش در حوادث</p> <p>۶. توسعه سامانه‌های پایش و هشدار سریع و فناوری‌های جدید مانند هوش مصنوعی برای پایش لحظه‌ای خطرات</p> <p>۷. ارتقاء فرهنگ ایمنی: اجرای برنامه‌های آموزشی گسترده و مستمر</p>	پیشنهادات مدیریتی، سیاستی و قانونی	۶

جدول ۹. پیشنهادات مربوط به دسته عوامل حوادث (امداد و نجات) شهری

ردیف	عنوان موضوع	پیشنهادات و راهکارهای اجرایی
۱	حوادث محبوس‌شدگی و امداد نجات انسانی (محبوس شدن افراد، خودکشی، تصادف، گرفتاری در آسانسور یا اشیاء)	<p>۱. آموزش همگانی شهروندی:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>اجرای کمپین‌های رسانه‌ای در مورد خطرات بازی کودکان در فضاهای بسته (یخچال، ماشین لباسشویی، جعبه‌های بزرگ).</li> <li>آموزش استفاده ایمن از آسانسور و اقدامات اولیه در هنگام محبوس شدن (استفاده از دکمه اخبار، حفظ آرامش).</li> <li>نصب برچسب‌های هشداردهنده روی زیورآلات حلقوی در مورد خطر گیر کردن به اجسام.</li> </ul> <p>۲. مداخلات تخصصی:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>افزایش تعداد واحدهای روانشناختی و خطوط بحران برای پیشگیری از اقدام به خودکشی.</li> <li>نصب موانع فیزیکی (مانند نرده و توری محافظ) در پل‌ها، ساختمان‌های بلند و ایستگاه‌های مترو.</li> <li>تمرین دوره‌ای عملیات نجات برای آتش‌نشانان در سناریوهای مختلف محبوس‌شدگی (خودرو، آسانسور، زیر آوار).</li> </ul>
۲	مخاطرات سازه‌ای/محیطی و سقوط‌های غیرمستقیم (ریزش ساختمان، غرق‌شدگی، سقوط اجسام، ریزش کانال و چاه)	<p>۱. نظارت و کنترل سازه‌ها:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>تقویت نظام بازرسی و ایمن‌سازی ساختمان‌های قدیمی و ناپایدار به‌ویژه قبل از فصل باران.</li> <li>الزام به نصب حفاظ‌های مناسب (داربست، توری) در پروژه‌های ساختمانی برای جلوگیری از سقوط مصالح.</li> <li>نصب علائم هشداردهنده قوی و حصارکشی در اطراف چاه‌ها، گودال‌ها و مناطق در حال حفاری.</li> </ul>

<p>۲. آموزش ایمنی عمومی:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>آموزش شنا و مهارت‌های نجات غریق به ویژه به کودکان و نوجوانان.</li> <li>نصب تابلوهای هشدار "خطر غرق‌شدگی" در اطراف سدها، رودخانه‌ها و برکه‌های طبیعی.</li> <li>هشدار به شهروندان درباره دور ماندن از ساختمان‌های در حال تخریب و دیواره‌های سست به هنگام بارندگی.</li> </ul>		
<p>۱. مدیریت زیرساخت و پیشگیری:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>لایروبی و بازرسی دوره‌ی شبکه‌های زهکشی و فاضلاب قبل از فصل پرباران.</li> <li>نقشه‌برداری و پوشش ایمن تمامی گودال‌ها و چاله‌های خطرناک در معابر.</li> <li>استفاده از مصالح مناسب و اجرای استاندارد در پروژه‌های عمرانی برای جلوگیری از نشست و شکستگی لوله‌ها.</li> </ul> <p>۲. آموزش رانندگان و شهروندان:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>اطلاع‌رسانی درباره خطر رانندگی در معابر آب‌گرفته و نحوه برخورد با سیلاب ناگهانی.</li> <li>آموزش روش‌های گزارش‌دهی سریع نشت آب و فاضلاب به مراکز مربوطه.</li> </ul>	<p>حوادث آب‌گرفتگی و اتفاقات زیرساخت آب/فاضلاب (آب‌گرفتگی معابر، نشت آب و فاضلاب، سقوط خودرو در گودال)</p>	۳
<p>۱. نصب تجهیزات هشداردهنده:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>اجباری کردن نصب حسگرهای تشخیص نشت گاز و آشکارساز CO در تمامی واحدهای مسکونی، اداری و تجاری، به‌ویژه در اماکن دارای وسایل گازسوز.</li> <li>توزیع گسترده و حتی یارانه‌ای این حسگرها هشداردهنده خانوارهای کم‌درآمد.</li> </ul> <p>۲. آموزش همگانی:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>اجرای کمپین‌های گسترده رسانه‌ای درباره علائم مسمومیت با CO (سردرد، سرگیجه، حالت تهوع) و ضرورت تهویه مناسب هنگام استفاده از بخاری‌های گازسوز و آبگرمکن.</li> <li>آموزش "مهارت‌های اولیه‌ی ایمنی گاز" به شهروندان: نحوه بستن شیر اصلی گاز، خودداری از روشن کردن کلید برق در هنگام نشت گاز، و خروج فوری از محل.</li> <li>تأکید بر سرویس دوره‌ای وسایل گازسوز توسط تکنسین‌های مجاز.</li> </ul>	<p>حوادث گاز شهری و مسمومیت‌های تنفسی (گازگرفتگی با مونوکسیدکربن (CO)، انفجار گاز)</p>	۴
<p>۱. ایمن‌سازی محیط:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>نصب نرده و حفاظ محکم در پشت بام‌ها، بالکن‌ها، پنجره‌های ساختمان‌های بلند و هرگونه ارتفاع بدون محافظ.</li> <li>هرس دوره‌ای و اصولی درختان بلند و خشکیده در معابر، پارک‌ها و اماکن عمومی.</li> <li>پوشاندن کامل و ایمن تمامی چاه‌های فاضلاب، صعنتی و آب در سطح شهر.</li> </ul> <p>۲. آموزش شغلی و عمومی:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>اجباری کردن دوره‌های آموزش کار در ارتفاع برای کارگران ساختمانی، نظافتچیان نما و تمامی مشاغل مرتبط.</li> <li>استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (هارنس، کلاه ایمنی) در تمامی فعالیت‌های با خطر سقوط.</li> <li>آموزش به خانواده‌ها درباره نظارت بیشتر بر کودکان و دور نگه داشتن آنها از کناره‌های پرتگاه‌ها، پشت بام و مناطق در حال ساخت و ساز.</li> </ul>	<p>حوادث سقوط ارتفاع و حفره‌ها، خطر اجسام معلق (سقوط از ارتفاع، سقوط در چاه، سقوط درخت)</p>	۵
<ul style="list-style-type: none"> <li>ایجاد سامانه یکپارچه مدیریت خطر شهری: توسعه یک پلتفرم دیجیتال که داده‌های حوادث را با لایه‌های اطلاعاتی شهر (مانند نقشه سازه‌های فرسوده، شبکه فاضلاب، ایستگاه‌های گاز) تلفیق کند تا بتوان حوادث را پیش‌بینی و از آنها پیشگیری کرد.</li> </ul>	<p>پیشنهادات مدیریتی، سیاستی و قانونی</p>	۶

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ادغام آموزش ایمنی در مدارس: گنجاندن دروس کاربردی "آمادگی در برابر حوادث" و "ایمنی شهری" در مقاطع مختلف تحصیلی.</li> <li>• تقویت همکاری بین‌سازمانی: همکاری جدی‌تر سازمانهایی چون آتش‌نشانی، شهرداری، آب و فاضلاب، گاز، هلال احمر و نیروی انتظامی برای اجرای برنامه‌های پیشگیرانه و پاسخ به موقع.</li> </ul>	
--	--

## ۶- منابع

۱. پایاب، مهسا. (۱۴۰۴). بررسی وضعیت آسیب پذیری ساختمان ها و زیرساخت ها در برابر مخاطرات طبیعی (20685)، ماهنامه گزارش های کارشناسی مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی. [doi: 10.22034/report.mrc.2025.1404.33.2.2068533\(2\), 20685](https://doi.org/10.22034/report.mrc.2025.1404.33.2.2068533(2), 20685)
2. Power, M. (2023). Riskwork: Essays on the Organizational Life of Risk Management. Oxford University Press.
۳. ارزیابی ریسک حریق ( هاشم ستاره ، علیرضا کوهپای ) انتشارات فن آوران سال ۱۳۹۱ نوبت دوم
۴. مرجانی، سید عباس. (۱۳۹۲). شناسایی و معرفی عمده ترین عوامل طبیعی و غیر طبیعی آسیب رسان به کتابخانه ها: توصیه ها و راهبردها، شمسه: نشریه الکترونیکی سازمان کتابخانه ها، موزه ها و مرکز اسناد آستان قدس رضوی، 5 (شماره ۱۸ بهار ۱۳۹۲)، ۲۰-۱.
5. Balahadia, F.F. and A.O. Trillanes. Improving fire services using spatio-temporal analysis: Fire incidents in manila. in 2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP). 2017. IEEE. [DOI:10.1109/TENCONSpring.2017.8070013](https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2017.8070013)
6. Xia, Z., et al., *Detecting urban fire high-risk regions using colocation pattern measures*. Sustainable cities and society, 2019. **49**: p. 101607. [DOI:10.1016/j.scs.2019.101607](https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101607)
7. Lee, H.-G., Son, U.-N., Je, S.-M., Huh, J.-H., & Lee, J.-H. (2023). Overview of Fire Prevention Technologies by Cause of Fire: Selection of Causes Based on Fire Statistics in the Republic of Korea. Processes, 11(1), 244. [DOI: 10.3390/pr11010244](https://doi.org/10.3390/pr11010244)
8. Omar, M., Mahmoud, A., & Abdul Aziz, S. B. (2023). *Critical Factors Affecting Fire Safety in High-Rise Buildings in the Emirate of Sharjah, UAE*. Fire, 6(2), 68. <https://doi.org/10.3390/fire6020068>
9. Ackah, Bismark., et al., (202۴). Residential fire safety in Ghana a comprehensive analysis of fire incident causes user attitudes and safety compliance, <https://doi.org/10.1108/PM-09-2024-0104>
۱۰. صدیقی، رامین، ۱۳۹۷، بررسی و تبیین عوامل موثر بر ایمنی شهری مورد مطالعه: سازمان آتشنشانی و خدمات ایمنی شهر تبریز. <https://civilica.com/doc/821248>
۱۱. عادل زاده، م. س. م. شبیری، شناسایی ریسک های حریق برای ساختمان های بلند: یک رویکرد تحلیل عاملی. نشریه علمی-پژوهشی شهر ایمن، ۱۳۹۸.
۱۲. محمودزاده، ح.، نوری، س.، و محمدی، ع. (۱۴۰۱). تحلیل فضایی-زمانی سوانح آتش‌سوزی در سطح شهر اردبیل در دوره زمانی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۴. مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۰(۴)، ۱۱۷-۱۰۱ (DOI): <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2023.348371.1732>

۱۳. لطف عطا، عیناز، و امیری، بیتا. (۱۴۰۲). تحلیل فضایی-زمانی وقوع آتش‌سوزی در بافت شهری: مطالعه موردی شهر مشهد. مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۱(۲)، ۲۳۹-۲۵۷.

<https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2023.356982.1746>

14. Fabrigar, L. R., & Wegener, D. T. (2012). Exploratory factor analysis. Oxford University Press.
15. Douglas, D., Gunzler., Adam, T., Perzynski., Adam, C., Carle. (2021). Exploratory Factor Analysis. [doi: 10.1201/9780203701133-11](https://doi.org/10.1201/9780203701133-11)
16. Sürücü, L., Yıkılmaz, İ., & Maşlakçı, A. (2022). Exploratory factor analysis (EFA) in quantitative researches and practical considerations. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 13(2), 947-965.
17. Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39 (1), 31-36.
18. Bartlett, M. S. (1954). A note on the multiplying factors for various chi-square approximations. *Journal of the Royal Statistical Society*, 16 (2), 296-298.
19. Costello, A. B., & Osborne, J. W. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 10 (7), 1-9.
20. Hayton, J. C., Allen, D. G., & Scarpello, V. (2004). Factor retention decisions in exploratory factor analysis: A tutorial on parallel analysis. *Organizational Research Methods*, 7 (2), 191-205.
21. Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson.
22. Stevens, J. P. (2012). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. Routledge.