Journal of Geographical Urban Planning Research

Journal Hopepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir

Institute of Geography

Research Paper

Spatio-temporal analysis of fire accidents in Ardabil in 2015-2019

Hassan Mahmoodzadeh [a*], Sepideh Nouri [b], Alireza Mohammadi [b]

[a]. *Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Environmental Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
[b]. *Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Social Sciences,Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.*

ARTICLEINFO

Keywords:
Spatial Analysis,
Fire,
Ardabil,
GIS.

Received:
27 August 2022
Received in revised form:
6 November 2022
Accepted:
25 January 2023
pp.101-117

ABSTRACT

The article has studied the fire incidents that happened in Ardabil city during the five-year period of 1394-1398 with the approach of time-space analysis. In order to reduce the risks and damages caused by fire for citizens, it is necessary to adopt preventive measures and optimal allocation of resources, space-time analyzes of this phenomenon. The number of 2894 fire incidents have been mapped and analyzed in terms of time, space. Radar charts in Excel and spatio-temporal analysis techniques in the geographic information system (GIS) environment have been used to perform the desired analysis. Important parameters such as the date and time of the accidents, the number of dead and injured, and the address of the place of the accidents, have been used for analysis.The study shows that the Spatio-temporal patterns of fires vary depending on the time, types and causes. The results show that most fires occur in residential units and open and green spaces, the most common causes of which are intentional arson and vandalism. The peak of fires is right in the afternoon, at 13:00, and on Tuesdays, Thursdays and Fridays, and in the fourth week of each month, they have the highest frequency of fires. According to this study, summer has the highest number of fires. The pattern of spatial distribution is cluster type and the intensity of fire incidents is higher in the central parts of the suburbs. In addition, the results of cluster analysis show that in the study area, fire incidents with large amounts or it is rarely accumulated in the form of hot or cold clusters. Finally, based on the research findings, suggestions for improving the management and prevention of fire accidents are presented.

Citation: Mahmoodzadeh, H., Nouri, S., & Mohammadi, A. (2022). Spatio-temporal analysis of fire accidents in Ardabil in 2015-2019. *Journal of Geographical Urban Planning Research, 10* (4), 101-117.

http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2023.348371.1732

∗. Corresponding author (Email: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir)
Copyright © 2022 The Authors. Published by University of Tehran. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

In order to face the problems, threats and damages caused by urban structural fire incidents, it is necessary to investigate, recognize, analyze and interpret the reasons and their temporal and spatial dynamics. Analyzing the space-time patterns of fire incidents is one of the important steps in the prevention and reduction of damages and crisis management. This recognition requires the use of appropriate tools such as GIS and space-time analyzes in GIS, which help decision makers to improve their resource allocation by recognizing critical areas and distribution patterns of fire incidents, and make appropriate decisions for incident management and crisis management. This research has been conducted with the aim of analyzing spatio-temporal fire patterns by considering the types, location, time and causes using the city of Ardabil as a case study. Therefore, conducting this research can be used to prevent damages and risks caused by fire. The main goal of this research is the spatial and temporal analysis of fire incidents in Ardabil city. We have tried to find answers to these questions: 1- What are the main causes of fire incidents? What is the hourly, daily and monthly pattern of fire incidents distribution? Which areas of the city have the highest spatial density of fire incidents? Which areas of the city have a critical situation in terms of accidents? What is the spatial distribution of fire incidents (regular, scattered, clustered)?

Methodology

The data used in this research includes 2,894 incidents that were collected from April 1, 2014 to April 29, 2018 by the fire department and security services of Ardabil municipality. The data were recorded traditionally and manually, and therefore, in the first step, these data were entered into the EXCEL software. Important parameters such as the date and time of the accidents, the number of dead and injured and the address of the place of the accidents have been used for analysis. Therefore, three categories of related techniques have been used for space-time analysis. The first category is the radar charts for the temporal analysis of fires. The second category is the multi-distance spatial cluster analysis technique to determine the spatial distribution pattern. From the third category, the kernel density estimation technique is selected to determine and identify the critical zones, and the hot spot technique is chosen to analyze clusters and non-clusters as well. It has been used to help identify neighborhoods and areas with the highest concentration or the lowest concentration of incidents.

Results and discussion

The study shows that the spatio-temporal patterns of fire are different depending on the time, their types and causes. The results show that most of the fires happened in residential units (888 cases) and open and green spaces (565 cases), the most common cause of which is deliberate arson and vandalism with 44.47%. According to this study, summer has the highest number of fire incidents. The pattern of spatial distribution is of cluster type and the density of fire incidents is higher in the central parts and spots of the outskirts of the city. In addition, the results of the cluster analysis show that fire incidents with high value (194.54) or low value (0.0) are significantly accumulated in the studied area in the form of hot or cold clusters.

Conclusion

The analysis of the intensity of the spatial density of fires using the Kernel method showed that the intensity of the spatial density of fires is completely different and dynamic based on the cause of the fires. For example, while accidents caused by deliberate and vandalistic actions are scattered throughout the city, accidents caused by children's play are more concentrated in the central part of the city. In addition, the results of the hot spot method showed that the spatial distribution pattern of fires in Ardabil city is of high cluster type. That each group of fires formed a spatial clustering according to the type and cause of the fires. The concentration intensity of this clustering is high in some areas and low in others. The

most important clusters have been formed in the central, northern and southern areas of the city.

Funding
There is no funding support.

Authors' Contribution
All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest
Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری

Journal Homepage:www.jurbangeo.ut.ac.ir

مقاله پژوهشی

تحلیل فضایی زمانی سوانح آتش‌سوزی در سطح شهر اردبیل در دوره زمانی سال‌های ۱۳۹۴–۱۳۹۸

حسن محمودزاده[۱] – گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز

سپیده نوری – گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

علیرضا محمدی – گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
تحلیل فضایی–زمانی، آتش‌سوزی، شهر اردبیل، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۶/۰۵

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۱/۰۸/۱۵

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۱۱/۰۵

صص. ۱۱۷–۱۰۱

چکیده

رویکرد پژوهش تحلیل فضا زمانی، حوادث آتشسوزی اتفاق افتاده در شهر اردبیل را طی دوره پنج‌ساله ۱۳۹۴–۱۳۹۸ موردمطالعه قرار داده است. برای کاهش خطرات و آسیبهای ناشی از آتش‌سوزی برای شهروندان، اتخاذ اقدامات پیشگیرانه و اختصاص بهینه منابع، تحلیلهای فضا زمانی این پدیده، ضروری است. تعداد ۲۸۹۴ مورد حادثه آتشسوزی، ازنظر زمانی، فضایی، نقشهبرداری و تحلیل‌شده‌اند. از نمودارهای راداری در اکسل و فنون تحلیل فضا– زمانی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیای (GIS) برای انجام تحلیلهای موردنظر استفاده‌شده است. پارامترهای مهمی مانند تاریخ و زمان وقوع حوادث، تعداد فوت‌شدگان و مصدومان و آدرس محل وقوع حوادث، برای تحلیل استفاده‌شده است. مطالعه نشان میدهد که الگوهای فضایی–زمانی آتش‌سوزی بسته به زمان، انواع و علل آن‌ها متفاوت است. نتایج نشان می‌دهد که بیشتر آتش‌سوزی‌ها در واحدهای مسکونی با (۸۸۸ مورد) و فضاهای باز و سبز (۵۶۵ مورد) اتفاق افتاده است که بیشترین عامل وقوع آن‌ها آتش زدن عمدی و وندالیسم با ۴۴/۴۷ درصد می‌باشد. اوج آتش‌سوزی درست بعدازظهر، ساعت ۱۳:۰۰ و روزهای سه‌شنبه، پنج‌شنبه و جمعه و در هفته چهارم هرماه بالاترین فراوانی آتش‌سوزی رادارند طبق این مطالعه، تابستان دارای بیشترین تعداد حوادث آتش‌سوزی است. الگوی پراکنش فضایی، از نوع خوشه‌ای بوده و شدت تراکم حوادث آتش‌سوزی در بخش‌های مرکزی و لکه‌هایی از حاشیه شهر بیشتر است همچنین نتایج تحلیل خوشه‌ها نشان می‌دهد به‌طور قابل‌توجهی در محدوده موردمطالعه حوادث آتش‌سوزی با ارزش زیاد (۱۹۴/۵۴) و یا ارزش کم (۰/۰) به‌صورت خوشه‌های داغ و یا سرد تجمع یافته است در پایان‌بر مبنای یافته‌های پژوهش، پیشنهادهایی برای بهبود مدیریت و پیشگیری از حوادث آتش‌سوزی ارائه‌شده‌اند.

استناد: محمودزاده، حسن؛ نوری، سپیده و محمدی، علیرضا. (۱۴۰۱). تحلیل فضایی زمانی سوانح آتش‌سوزی در سطح شهر اردبیل در دوره زمانی سال‌های ۱۳۹۴–۱۳۹۸. *مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۰ (۴)، ۱۱۷–۱۰۱.

http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2023.348371.1732

۱ . نویسنده مسئول

Email: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir

مقدمه

برای مواجهه با مشکلات، تهدیدها و آسیب‌های ناشی از حوادث آتش‌سوزیِ ساختاریِ شهری، بررسی، شناخت، تحلیل و تفسیرِ دلایل و دینامیک زمانی و فضایی آن‌ها ضروری است (Ceyhan et al., 2013:230, Kiran & Corcoran 2017; 67). تحلیل الگوهای فضا زمانی حوادث آتش‌سوزی، یکی از گام‌های مهم پیشگیری و کاهش آسیب‌ها و مدیریت بحران است (Bulai et al., 2019: 90). این شناخت مستلزم استفاده از ابزارهای مناسب مانند GIS و تحلیل‌های فضا زمانی در GIS است که به تصمیم گیران کمک می‌کنند تا با شناخت پهنه‌های بحرانی و الگوهای توزیع حوادثِ آتش‌سوزی، تخصیص منابع خود را بهبود دهند و برای مدیریت حوادث و مدیریت بحران، تصمیمات مناسبی بگیرند (Ferreira et al., 2016:740). تا پیش از سال ۱۳۷۹ اغلب تحقیقات، به حوادث آتش‌سوزی در محیط‌های طبیعی پرداخته‌اند. لیکن حوادث آتش‌سوزی ساختاریِ شهری با استفاده از تحلیل فضا زمانی از ۱۳۷۹ به این‌سو، موردتوجه بیشتری قرارگرفته است (Corcoran et al., 2011:67) که در ادامه به‌صورت خلاصه به آن‌ها اشاره‌شده است.

آگبولا و فالولا[1] (۲۰۲۱) در مقاله‌ای در شهر ابدان در جنوب غربی نیجریه با استفاده از سابقه آتش‌سوزی ۱۲ ساله، وقوع آتش‌سوزی را بررسی می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد بیشترین آتش‌سوزی‌ها در فصول جشن و تعطیلات مدرسه اتفاق می‌افتد. همچنین بین متوسط شرایط آب و هوایی و تعداد موارد آتش‌سوزی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. توزیع انواع حوادث آتش‌سوزی ازنظر مکانی در مناطق مختلف شهری توزیع متفاوت دارد اما دراین‌بین آتش‌سوزی مسکونی با درصد بالا در هسته شهر متمرکزشده‌اند. سینگ و همکاران[2] (۲۰۲۱) در مقاله‌ای در شهر ناگپور در کشور هند به تجزیه‌وتحلیل زمانی–مکانی آتش‌سوزی برای یک دهه از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد مناطق مرکزی بالاترین تجمع آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده‌اند و توزیع مکانی آتش‌سوزی بیشتر در مناطق تجاری و متعاقب آن مسکونی و صنعتی اتفاق می‌افتد که علت اصلی آتش‌سوزی‌ها اغلب اتصال کوتاه برق و نشت سیلندر گاز و به دنبال آن ناشناخته هست. همچنین توزیع زمانی نشان می‌دهد که حداکثر وقوع آتش‌سوزی در بعدازظهرهای پنجشنبه در ساعات گرم ظهر تا ۵ بعدازظهر و ساعات بیداری فعالیت‌های انسانی تا ساعت ۱۰ شب رخ می‌دهد. وانگ و همکاران[3] (۲۰۲۰) درمقاله‌ای در شهر سانفرانسیسکو در ایالت کالیفرنیا با استفاده از مجموعه داده ۱۰ ساله (۲۰۱۰–۲۰۱۹) به بررسی پویایی فضایی–زمانی حوادث آتش‌سوزی شهری پرداختند. نتایج نشان داد آتش‌سوزی بیشتر در ماه‌های سردتر یا ماه‌های گرم‌تر اتفاق می‌افتد و بیش از نیمی از آتش‌سوزی‌ها در طول ۱ بد از ظهر تا ۱۰ شب رخ می‌دهد. لیووهمکاران[4](۲۰۱۹) در مقاله‌ای در شهر لودی در ایتالیا به تجزیه‌وتحلیل خطر آتش‌سوزی با استفاده از داده‌های حوادث آتش‌سوزی از سال ۲۰۱۶–۲۰۱۴ پرداختند. نتایج نشان داد خطرات بالا و متوسط عمدتاً در مناطق پرجمعیت توزیع‌شده است. علاوه بر این، درنتیجه فعالیت‌های انسانی، تعداد بیشتر آتش‌سوزی‌های در ساعات ۱۲: ۰۰–۱۸: ۰۰ بوده است. چتری و همکاران[5](۲۰۱۸) در مقاله‌ای درکوئیزلند در استرالیا به بررسی الگوهای فضایی –زمانی داده‌های ۱۱ ساله آتش‌سوزی‌های مسکونی پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تنوع مکانی و زمانی قابل‌توجهی در توزیع آتش‌سوزی‌های مسکونی وجود دارد. حوادث آتش‌سوزی مسکونی بیشتر در داخل شهر و مناطق محروم‌تر رخ می‌دهد و خطر آتش‌سوزی در مواقع خاصی از سال، در

1 . Agbola and Falola
2 . Singh, Sabnani
3 . Wang
4 . Liu
5 . Chhetri

محله‌هایی با ضعف بیشتر، در طول رویدادهای مهم ورزشی و تعطیلات مدارس افزایش می‌یابد. بالاهادیا و تریلانز[1] (۲۰۱۷) در مقاله‌ای در ماینیلای فیلیپین به تجزیه‌وتحلیل مکانی و زمانی الگوی حوادث آتش‌سوزی از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد بیشتر علت آتش‌سوزی مرتبط بااتصال برق است. همچنین الگوی روزانه تغییرات زیادی نشان نمی‌دهد، بیشترین حوادث از ساعت ۴ بعدازظهر تا ۸ بعدازظهر به‌ویژه گزارش می‌شود. الگوی ماهانه نشان می‌دهد که در ماه‌های تابستان تعداد آتش‌سوزی‌های بیشتری در مقایسه با بقیه ماه‌ها به‌جز ماه سپتامبر وجود دارد. پوپلینسکی و همکاران[2](۲۰۱۷) حوادث آتش‌سوزی اتفاق افتاده در شهر برنو (جمهوری چک) طی ۲۴ هفته از ۷ آوریل تا ۲۰ سپتامبر در سال ۲۰۱۳ را تحلیل فضایی کرده‌اند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهند که حوادث آتش‌سوزی در نواحی جمعیتی و ساختمانی پرتراکم و نواحی با وضعیت اجتماعی پایین، بیشتر است. نتایج پژوهش چنگ و همکاران[3](۲۰۱۵) نشان می‌دهد که مواد اشتعال‌زا مثل گاز، یکی از عوامل مهم در میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر خطر آتش‌سوزی‌اند. واسیلیوسکاس و بکونیته[4](۲۰۱۵) حوادث آتش‌سوزی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۰ شهر ویلنیوس (لتوانی) را تحلیل می‌کنند. آن‌ها نتیجه می‌گیرند که علل و شدت حوادث آتش‌سوزی شهری تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی و اجتماعی اقتصادی است و نقصان در لوازم الکترونیکی، یکی از عوامل اصلی در وقوع آتش‌سوزی است. ووشکه و همکاران[5](۲۰۱۳) حوادث آتش‌سوزی اتفاق افتاده بین سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۴ در شهر سوری (کانادا) را تحلیل می‌کنند. نتیجه نشان می‌دهد که در نواحی مختلف شهر زمان و مکان وقوع حوادث، تفاوت‌های معناداری با یکدیگر دارند. برای مثال، بیشترین تعداد آتش‌سوزی‌های شهر بین ساعات ۲۰-۱۳ اتفاق میافتد. همچنین در ماه‌های (ژوئن و اکتبر) فراوانی آتش‌سوزی بیشتر است؛ و توجه به ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی محله‌ها برای فهم عوامل آتش‌سوزی‌ها، مهم است.

از بررسی کاملِ سوابق پژوهش چند نتیجه مهم به دست آوردیم که شامل این موردند: الف) الگوهای فضایی- زمانی حوادث آتش‌سوزی در هر شهر بسیار پویا و متغیرند، ب) نوع، عامل و زمان وقوع حوادث، در خوشه‌بندی فضایی آن‌ها، نقش دارد، پ) شدت حوادث، از ویژگی‌های محیطی (مثل دما، رطوبت و غیره)، اجتماعی (مثل تراکم جمعیت)، اقتصادی (مثل درآمد) و کالبدی (مثل کیفیت ساختمان‌ها) تأثیر می‌پذیرد، ج) اغلب حوادث، غیرعمدی‌اند، ح) شدت حوادث در برخی از نواحی شهری (مثل مرکز شهر)، بیشتر است. همچنین، بررسی سوابق نشان داد که اغلب آن‌ها به تحلیل حوادث آتش‌سوزی در شهرها و مناطق کشورهای پیشرفته مثل آمریکا، کانادا، استرالیا و مشابه آن‌ها متمرکزشده‌اند و کمتر به حوادث آتش‌سوزی در شهرهای کشورهای درحال‌توسعه پرداخته‌شده است (Yao & Zhang, 2016:28). در مورد شهرهای ایران، پژوهشی با رویکرد تحلیل فضا زمانی حوادث آتش‌نشانی، انجام‌نشده است یا به‌ندرت انجام‌شده است (Ghajari et al., 2017:23) و تصمیم گیران شهری در اقدامات خود به این رویکرد، توجه نکرده‌اند. علاوه بر این، تنها چند مطالعه وجود دارد که از تکنیک‌های مکانی-زمانی برای مطالعه و توصیف حوادث آتش‌سوزی در کشورهای درحال‌توسعه یا توسعه‌نیافته استفاده کرده‌اند. هیچ مطالعه تجربی در ایران وجود ندارد که از تکنیک‌های GIS برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های حوادث آتش‌سوزی شهری استفاده کند. ازاین‌رو، این پژوهش با هدف تحلیل الگوهای آتش فضایی- زمانی با در نظر گرفتن انواع، مکان، زمان و علل با استفاده از شهر اردبیل به‌عنوان مطالعه موردی انجام‌شده است. لذا، انجام این پژوهش می‌تواند در پیشگیری از آسیب‌ها و خطرات ناشی از آتش‌سوزی، مورداستفاده قرار گیرد.

1 . Balahadia and Trillanes
2 . Popelínský
3 . Cheng
4 . Vasiliauskas & Beconytė
5 . Wuschke

هدف اصلی این پژوهش تحلیل فضایی و زمانی حوادث آتش‌سوزی در شهر اردبیل است. تلاش کرده‌ایم تا به این پرسش‌ها پاسخ‌هایی بیابیم:۱- عوامل اصلی وقوع حوادث آتش‌سوزی کدام‌اند؟۲-الگوی ساعتی، روزانه و ماهانه، توزیع حوادث آتش‌سوزی چگونه است؟۳-کدام نواحی شهر دارای بیشترین شدت تراکم فضایی حوادث آتش‌سوزی‌اند؟ ۴- کدام پهنه‌های شهر ازنظر وقوع حوادث، وضعیت بحرانی دارند؟ ۵- توزیع فضایی حوادث آتش‌سوزی، چه الگویی (منظم، پراکنده، خوشه‌ای) دارد؟ باقی مقاله شامل این بخش‌ها است: بخش ۲ شامل مواد و روش‌ها است که در آن محدوده مطالعه، داده‌ها و تکنیک‌های استفاده‌شده در پژوهش، شرح داده‌شده‌اند. یافته‌ها در بخش ۳ نمایش داده‌شده‌اند. بخش ۴ نتیجه‌گیری مقاله است.

مبانی نظری

زندگی شهری در کنار آسایش و رفاهی که برای شهرنشینان فراهم آورده است، در درون خود حوادث و خطرات بسیاری دارد که جان و مال افراد را تهدید می‌کند (Makui et al., 2019). اولین تغییر تعیین‌کننده با آغاز انقلاب صنعتی، مسئله افزایش-جمعیت شهرها بود (Beal-Neves et al., 2020). افزایش جمعیت، رشد بیش‌ازحد شهرها و درنتیجه افزایش پاره‌ای از مراکز سرویس‌دهی عمومی ازجمله عواملی هستند که ایمنی شهرها را در مقابله با خطر آتش‌سوزی تهدید می‌کند (Diaz et al., 2020).

در زمان‌های گذشته باوجوداینکه اکثریت ساختمان‌های شهری غالباً در برابر وقوع آتش‌سوزی مقاوم نبودند، ولی به علت کمبود مواد سوختی و اشتعال‌پذیر، مانند بنزین، نفت، گاز و برق و عدم تراکم زیاد وسایل و مواد و کالاهای موجود در آن‌ها، خطر آتش‌سوزی در آن‌ها به‌مراتب کمتر از این زمان حال بوده است. از طرفی به خاطر عدم تراکم کم ساختمانی، در شرایط معمولی، آتش‌سوزی به‌ندرت گسترش پیدا می‌کرد (روستا ۱۳۹۵). استفاده هر چه بیشتر از فنّاوری جهت رفاه ساکنان شهرها موجب گردید بیشتر از دستاوردهای عناصر خطرزا همچون پمپ‌بنزین‌ها، ایستگاه‌های تقلیل فشار، گاز و نفت، سیستم‌های برق استفاده شود که هر یک از عوامل فوق از کانون‌های عمده خطر و منشأ ایجاد حوادث آتش‌سوزی در شهرها هستند (Rush et al., 2020). از دیگر موارد اینکه، مصالح مختلف و سبک‌های گوناگونی که در ساختن ساختمان‌های شهری به‌کاررفته است، موجب گردیده تا مقاومت آن‌ها در مقابل آتش‌سوزی یکسان نباشد. به‌عنوان‌مثال استفاده از چوب، نوع مبلمان هنگامی‌که در معرض حرارت قرار گیرند خواص اولیه خود را ازدست‌داده و آسیب می‌بینند (روستا ۱۳۹۹). ازاین‌رو همه افراد به‌ویژه کودکان، سالمندان، و همه مکان‌های پرخطر مانند منازل، دفاتر، مدارس کارخانه‌ها در معرض این خطر خانمان‌سوز و جان‌سوز قرار دارند (Zhang et al., 2020).

اگرچه جلوگیری از آتش‌سوزی به‌طور کامل امکان‌پذیر نیست، اما کاهش آسیب‌های آن‌ها با مدیریت مؤثر آتش‌سوزی همیشه امکان‌پذیر است (Ceyhan, et al., 2013:232) و دانشمندان به‌ضرورت مدیریت آن واقف هستند (Song, et al., 2017:38).

نگرش سنتی درزمینه مدیریت بحران آتش‌سوزی، بر این باور بود که مدیران بحران در انتظار خراب شدن امور می‌نشینند و پس از بروز ویرانی سعی می‌کنند تا ضرر ناشی از خرابی‌ها را محدود سازند، ولی به‌تازگی نگرش به این موضوع عوض‌شده است. بر اساس معنای اخیر، همواره باید مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های عملی (قبل از وقوع بحران، مقابله در حین وقوع و بازسازی بعدازآن)، برای مواجهه با تحولات احتمالی آینده در داخل سازمان‌ها تنظیم شود

(تقوایی و کریمی،۱۳۹۰:۲۹).

مرحله قبل از وقوع

مجموعه اقدام‌هایی است که باهدف جلوگیری از وقوع حادثه آتش‌سوزی یا کاهش آثار زیان‌بار آن، سطح خطرپذیری جامعه را ارزیابی نموده و بامطالعه و اقدام لازم سطح آن را تا حد قابل‌قبول کاهش می‌دهد. درواقع مرحله پیشگیری و کاهش اثر بحران آتش‌سوزی شامل برنامه‌های بلندمدت یا میان‌مدت قبل از وقوع آتش است (ویکی جین، ۱۴۰۰). ازجمله آموزش همگانی در مورد اصول پیشگیری از آتش‌سوزی، رعایت استانداردها در مورد نگهداری و انتخاب محل صنایع و آزمایشگاه‌های خطرناک، به حداقل رساندن کاربرد مصالح ساختمانی قابل اشتغال در ساختمان‌های مسکونی، اداری و صنعتی، نصب شیرهای آتش‌نشانی و کپسول‌های آتش‌خاموش‌کن و منابع ذخیره آب در مکان‌های مناسب، برگزاری مانورو...

مرحله مقابله در حین وقوع

در مرحله مقابله، کلیه خدمات موردنیاز آسیب‌دیدگان و بازماندگان، توسط سازمان‌های همکار و مسئول انجام خواهند شد. ازجمله دریافت اطلاعات مربوط به وقوع حریق توسط ستاد فرماندهی. ارزیابی وضعیت محل حادثه، وسعت درگیری منطقه و نوع مواد خطرناک احتمالی. اعزام نیروهای مستقر در ایستگاه‌های منطقه به محل حادثه، ارزیابی وضعیت محل حادثه، وسعت درگیری منطقه و نوع مواد خطرناک احتمالی، ممانعت از ورود افراد آموزش ندیده و فاقد تجهیزات ایمنی به منطقه حادثه و.....

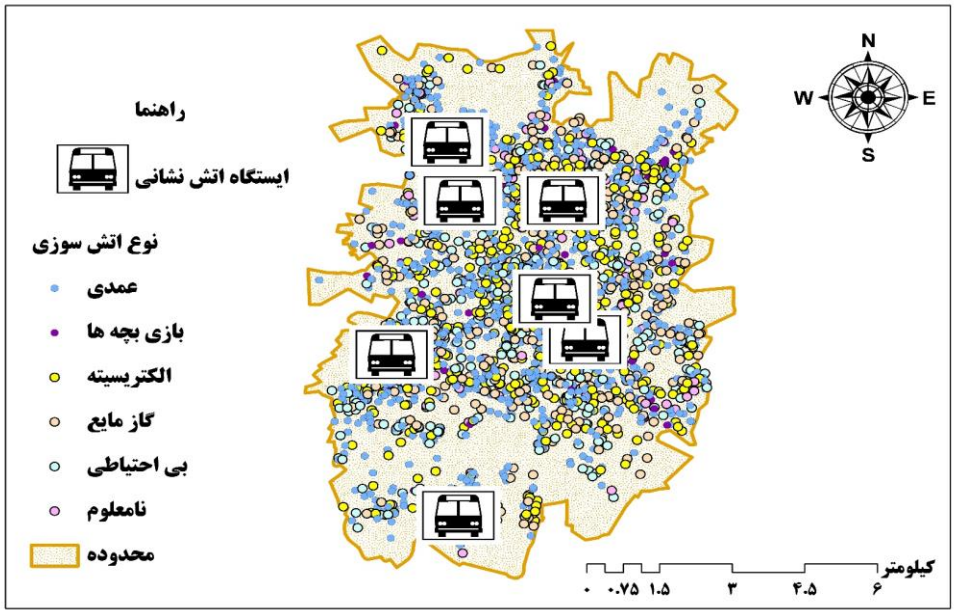
مرحله بازسازی بعد از وقوع

اقدامات مربوط به مرحله بازسازی بایستی بلافاصله بعد از وقوع آتش و اتمام عملیات مقابله انجام گیرند. ازجمله بازسازی و ایجاد پایگاه‌های عملیاتی مربوط به امور آتش‌نشانی و مواد خطرناک، آلودگی‌زدایی از تجهیزات مورداستفاده ازجمله لباس‌های محافظ، وسایط نقلیه و غیره، بازسازی راکتورها، صنایع شیمیایی و محل ذخیره مواد خطرناک با رعایت استانداردهای ایمنی، سازمان‌دهی و هماهنگی مجدد بین سازمان‌های مسئول و همکار و غیره.

با توجه به اینکه بلایای آتش‌سوزی اساساً ماهیتی فضایی دارند و از نزدیک با فعالیت‌های انسانی و محیط فیزیکی و همچنین عوامل جمعیتی و اقتصادی ارتباط دارد (Guldåker, Per-Olof et al. 2021:22). امروزه علوم اطلاعات مکانی (GIS) با استفاده از ایجاد و جمع‌آوری داده‌های مکانی–غضایی نقشی اساسی در مدیریت آتش‌سوزی بازی می‌کند (Li, et al.2019:37). عمده کاربردهای فناوری (GIS) در مدیریت بحران در آتش‌سوزی به سه بخش تقسیم می‌گردد که عبارت‌اند پیش از بحران: در این بخش بیشتر درزمینه های کمک به آمادگی در برابر بحران و بهنگام سازی اطلاعات، مکان‌یابی مراکز تخلیه و پیش‌بینی و شبیه‌سازی بحران بکار می‌آید. حین بحران: در این بخش بیشتر درزمینه شناخت بحران، مدیریت نیروی انسانی، مدیریت اشیاء و وسایل، مدیریت منطقه و مدیریت مصالح و بازسازی به کار می‌آید و بعد از بحران: در این بخش بیشتر درزمینه کمک به بازسازی مناطق بحران‌زده و شناخت عوامل بحران به کارمی آید (منصوری و همکاران، ۱۳۹۰:۶۷).

محدوده مطالعه

شهر اردبیل با جمعیت ۵۲۹۳۷۴ نفر (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) و مساحت ۷۵/۵ km^2 مرکز استان اردبیل در شمال غرب ایران و هم‌مرز کشور آذربایجان است. از کل مساحت شهر، ۳۸/۵۰Km^2 معادل ۵۱٪ شامل کاربری مسکونی، ۱۲/۰۸Km^2 معادل ۱۶٪ شامل شبکه معابر، ۱۳,۵۹Km2 معادل ۱۸٪ شامل زمین‌های خالی و مخروبه، ۴,۵۳ Km^2 معادل ۶٪ کاربری‌های مربوط به کاربری‌های خدماتی، صنعتی و تجاری و ۸۰.Km226 معادل ۹٪ باقیمانده، مربوط به سایر کاربری‌ها مثل آموزشی، اداری، بهداشتی، فضای سبز و تجهیزات شهری است. تراکم ناخالص جمعیتی شهر ۷,۰۱۱ نفر در Km^2 و تراکم خالص جمعیتی ۲۰,۰۵۲ نفر در Km^2 برآورد شده است (Maghsoodi Tilaki, 2015:128). شهر اردبیل به ۵ منطقه و ۴۴ محله تقسیم‌شده است که مبنای ارائه خدمات توسط شهرداری‌اند. وظیفه مدیریت حوادث آتش‌سوزی بر عهده سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری اردبیل است. در شهر ۷ ایستگاه آتش‌نشانی فعال وجود دارد که زیر نظر این سازمان، خدمات ارائه می‌کنند (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری اردبیل،۱۴۰۰). مطابق استانداردهای شهری، به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر، یک ایستگاه آتش‌نشانی موردنیاز است. بنابراین ۳ ایستگاه دیگر برای شهر نیاز است.



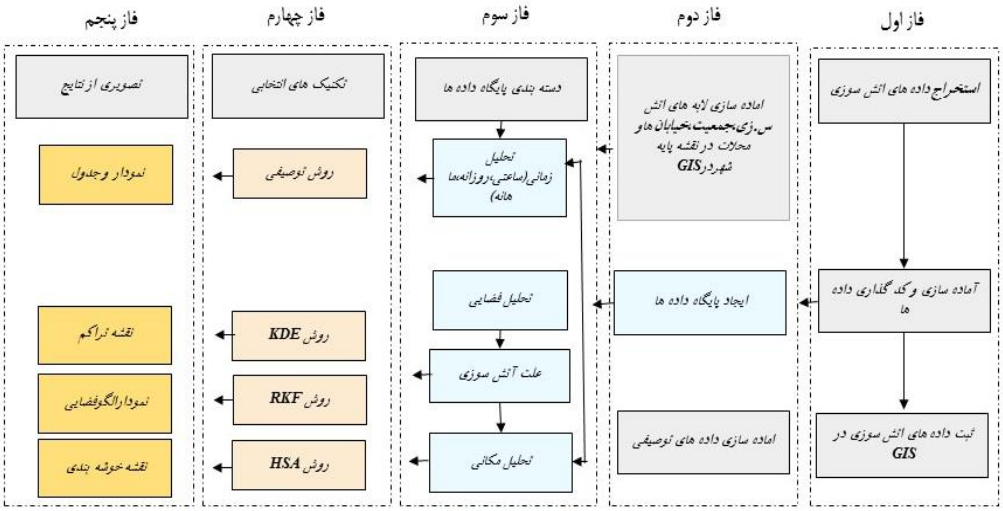
شکل ۱: محدوده پژوهش

روش پژوهش

داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش شامل ۲۸۹۴ مورد حادثه است که از ۱ فروردین ۱۳۹۴ تا ۲۹ فروردین ۱۳۹۸ توسط سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری اردبیل اخذ شده‌اند. داده‌ها به‌صورت سنتی و دستی ثبت‌شده بودند و لذا در گام نخست این داده‌ها در نرم‌افزارEXCEL وارد شدند. ازآنجایی‌که در داده‌های اخذشده از اداره آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری اردبیل (۳ نوع حادثه) مثل آتش‌سوزی خانه، خودرو، مغازه و غیره و (۱۱) علت برای وقوع حوادث (مثل نشت گاز، آتش زدن عمدی، بی‌احتیاطی و غیره) ثبت‌شده بود که مجدداً داده‌ها دسته‌بندی شدند. پارامترهای مهم دیگر مانند تاریخ و زمان وقوع حوادث، تعداد فوت‌شدگان و مصدومان و آدرس محل وقوع حوادث، برای تحلیل

استفاده‌شده‌اند. در گام دوم، داده‌ها کدگذاری مجدد شدند و برای مثال زمان وقوع حوادث، گروه‌بندی شد. در گام چهارم، مکان دقیق وقوع حوادث با استفاده از آدرس‌های واقعی، در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.5 بر روی نقشه شهر، ژئوکُد شدند. در گام آخر، داده‌های واردشده در اکسل و داده‌های واردشده در Arc GIS به یکدیگر متصل شدند و پایگاه داده‌های حوادث برای انجام تحلیل‌های فضا زمانی، تشکیل شد. علاوه بر داده‌های اخذشده مربوط به حوادث آتش‌سوزی، برخی دیگر از داده‌ها مثل نقشه مرز محله‌های شهر، داده‌های جمعیتی، داده‌های مربوط به کاربری زمین و سایر داده‌ها از شهرداری اردبیل، اخذ شدند و در پایگاه GIS، استفاده شدند. برای انجام تحلیل‌ها از نرم‌افزار GIS استفاده‌شده است.

اگرچه استفاده از فنون سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تحلیل حوادث آتش‌سوزی، جوان است (Corcoran et al, 2011:71). لیکن طی سال‌های اخیر، GIS ابزارهای قدرتمندی را برای جمع‌آوری، پردازش، تحلیل داده‌های مربوط به حوادث آتش‌سوزی در اختیار پژوهشگران و تصمیم گیران قرار داده است.(Ferreira et al. 2016: 740) . روش‌ها و ابزارهای مربوط به تحلیل‌های فضا زمانی در GIS، به تصمیم گیران، برنامه‌ریزان، مدیران و سازمان‌های مرتبط با مدیریت بحرانِ آتش‌سوزی، برای کاهش آسیب‌های آتش‌سوزی‌های احتمالی و تخصیص بهینه منابع، تصمیمات کمک کرده است (ESRI, 2021; Abdalla, 2016). با توجه به اهداف اصلی پژوهش حاضر، در این مطالعه یک روش تحقیق چندمرحله‌ای را اتخاذ می‌کند که در شکل نشان داده‌شده است.



شکل ۲. روش تحقیق

لذا از سه دسته فنون مربوط برای تحلیل فضا زمانی استفاده‌شده است. دسته اول، نمودارهای رادار گونه برای تحلیل زمانی آتش‌سوزی‌ها دسته دوم تکنیک تحلیل خوشه فضایی چند فاصله‌ای برای تعیین الگوی پراکنش فضایی از دسته سوم تکنیک تخمین تراکم کرنل برای تعیین و شناسایی پهنه‌های بحرانی انتخاب‌شده است و تکنیک لکه‌های داغ برای تحلیل خوشه و نا خوشه‌ها و نیز کمک به شناسایی محله‌ها و پهنه‌های دارای بیشترین تمرکز یا کمترین تمرکز حوادث استفاده‌شده است. در ادامه فنون استفاده‌شده، به‌طور خلاصه معرفی‌شده‌اند.

تحلیل خوشه فضایی چند فاصله‌ای یا تابع k ریپلی[1]

مقدار آماره RK نشان می‌دهد که در یک محدوده جغرافیایی، عارضه‌های نقطه‌ای به‌صورت تصادفی، همگن یا خوشه‌ای توزیع‌شده‌اند (عسگری، ۱۳۹۰: ۳۹). این روش ازنظر ریاضی در معادله زیر خلاصه‌شده است

$$L(d) = \frac{\sqrt{A \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1 \, j \neq i}^{n} k(i,j)}}{\pi n(n-1)}$$

مقدار K به‌دست‌آمده از اجرای روش، نشان می‌دهد که حوادث دارای چه نوع الگوی فضایی‌اند. چنانچه ارزش‌های مربوط به مقادیر مشاهده‌شده (خط قرمز)، بیشتر از ارزش‌های مقادیر پیش‌بینی‌شده (خط آبی) باشند، الگوی توزیع از نوع خوشه‌ای خواهد بود (بلیانی و حکیم دوست،۶۲:۱۳۹۳). ازآنجایی‌که بهتر است این ابزار برای نقاط استفاده گردد. نویسندگان در این پژوهش از این روش برای تعیین و تحلیل الگوی توزیع فضایی نقاط حوادث آتش‌سوزی در شهر اردبیل استفاده نموده‌اند.

تکنیک تخمین تراکم کرنل[2]

روش کرنل، پهنه‌های جغرافیایی با بالاترین و یا کمترین حجم حوادث آتش‌سوزی را در یک نقشه سطحی تراکم هموار به‌صورت پهنه‌های بحرانی و غیر بحرانی، نمایش می‌دهد (عسگری،۴۱:۱۳۹۱). با توجه به این‌که داده‌های آتش‌سوزی حجیم و ناهمگن هستند، برآورد کرنل می‌توانند مدلی پیوسته و واقعی‌تر را از الگوهای نقاط کانونی در آتش‌سوزی شهری ارائه دهد. ازنظر ریاضی، شدت تراکم کرنل به‌صورت معادله زیر تعریف‌شده است:

فرمول (۲)

$$\pi_r(z) = \frac{1}{n\tau} + \sum_{i=1}^{n} k(\frac{(z - z_i)}{\tau}$$

تکنیک لکه‌های داغ

در آمار فضایی شناسایی و کشف الگوها و روندهای موجود در داده‌های فضایی از اهمیت زیادی برخوردار است چرا که قبل از انجام هرگونه تحلیل و تهیه نقشه در آمار فضایی باید بدانیم که داده‌ها چگونه در فضا خوشه‌بندی‌شده‌اند و یا توزیع آن‌ها از چه قاعده‌ای پیروی می‌کند بدین منظور یکی از فنون نقشه‌کشی خوشه‌ها تحلیل لکه‌های داغ است و قبلاً توسط برخی پژوهشگران برای تحلیل حوادث آتش‌سوزی استفاده‌شده است ((Guldåker and Hallin, 2014:4. بر اساس تحلیل لکه‌های داغ می‌توان دریافت که آیا مقادیر زیاد و یا کم یک متغیر به‌صورت فضایی خوشه‌بندی‌شده‌اند یا خیر در واقع در لکه‌های داغ هدف پیدا کردن نواحی که دارای مقادیر غیرمنتظره بالا نسبت به سایر متغیرها می‌باشند است. این شاخص که به اماره گیتس اورد چی استار نیز مشهور است به‌صورت معادله زیر قابل ارزیابی است (بلیانی و حکیم دوست،۱۶۵:۱۳۹۳)

فرمول (۴)

$$G_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_{i,j} - x \sum_{j=1}^{n} w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^{n} w_{i,j}^2 - [\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}]2}{n-1}}}$$

آماره G_i درواقع همان z-score است. مقدار z-score بین ۲,۵+ و ۲,۵- متغیر است. این خوشه می‌تواند بر اساس ارزش

1 . Ripley's K-function 'RK'
2 . Kernel density estimation (KDE)

های پایین یا بالا، خوشه‌های Hot Spot و خوشه‌های Cold Spot را به وجود آورد (گری،۱۳۹۱:۳۴).

یافته‌ها

نوع و علل حوادث آتش‌سوزی

پردازش داده‌های مربوط به ۲۸۹۴ مورد حادثه آتش‌سوزی نشان می‌دهند که به‌طور متوسط سالانه، ۶۰۰ مورد حادثه آتش‌سوزی در این شهر اتفاق افتاده است و براثر آن، به‌طور میانگین، سالانه ۲۸ نفر مصدوم و ۵ نفر کشته‌شده‌اند. همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد، علل وقوع حوادث در ۶ گروه (ستون ۱). شامل عمدی و وندالیسم (۱۲۸۷ مورد)، بازی بچه‌ها (۵۰ مورد)، نقص مکانیکی و الکتریکی (۵۳۸ مورد)، نشت گاز و مواد قابل اشتعال (۴۵۱ مورد)، بی‌احتیاطی (۴۴۰ مورد) و علل نامعلوم (۱۲۸ مورد)، دسته‌بندی‌شده است. همچنین نوع حوادث در ۷ گروه (ردیف ۱) شامل آتش‌سوزی در فضای تجاری (۲۶۸ مورد)، فضاهای باز و عمومی (۵۶۵ مورد)، فضاهای عمومی واداری (۳۹۱ مورد)، مسکونی (۸۸۸ مورد)، تجهیزات شهری (۶۰ مورد) خودروها (۴۹۶ مورد) و انبار و کارگاهی (۲۲۶ مورد) دسته‌بندی‌شده است. طبق یافته‌ها، آتش زدن عمدی و وندالیسم با سهم ۴۴,۴۷٪ بیشترین عامل وقوع آتش‌سوزی ساختاری در شهر اردبیل است. بیشتر آتش‌سوزی‌ها در واحدهای مسکونی ۳۰/۶۸٪ و فضاهای باز و سبز ۱۹/۵۲٪ اتفاق افتاده است.

جدول ۱. آمار مربوط به نوع و علت وقوع حوادث آتش‌سوزی در شهر اردبیل

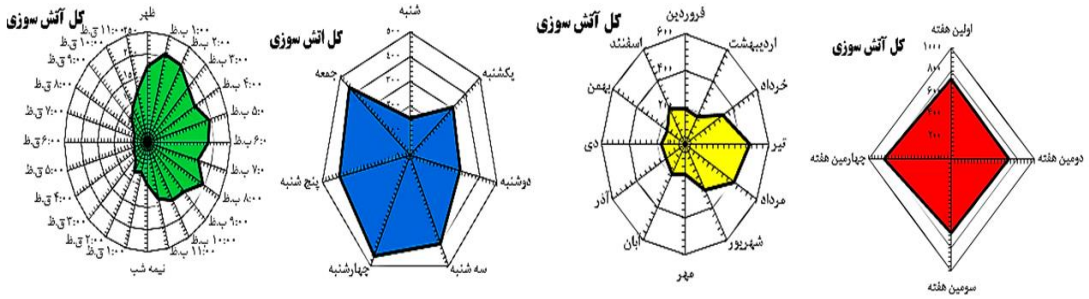
علل/ نوع حوادث	تجاری	فضای باز و سبز	اماکن عمومی و اداری	مسکونی	تجهیزات شهری	خودرو	انباری و کارگاهی	جمع کل	درصد
عمدی	۶۴	۴۸۶	۲۹۲	۲۱۶	۴۵	۱۰۶	۷۸	۱۲۸۷	۴۴/۴۷
بازی بچه‌ها	۰	۱۱	۴	۲۹	۰	۳	۳	۵۰	۱/۷۳
الکتریسیته	۶۱	۹	۳۳	۱۶۲	۹	۲۳۷	۲۷	۵۳۸	۱۸/۵۲
گاز مایع	۵۷	۱۱	۱۸	۲۴۰	۲	۱۰۳	۲۰	۴۵۱	۱۵/۵۸
بی‌احتیاطی	۶۷	۲۰	۳۳	۲۲۸	۴	۳۴	۵۴	۴۴۰	۱۵/۲۰
نامعلوم	۱۹	۲۸	۱۱	۱۳	۰	۱۳	۴۴	۱۲۸	۴/۴۲
جمع کل	۲۶۸	۵۶۵	۳۹۱	۸۸۸	۶۰	۴۹۶	۲۲۶	۲۸۹۴	۱۰۰
درصد (ستون)	۹/۲۶	۱۹/۵۲	۱۳/۵۱	۳۰/۶۸	۲/۰۷	۱۷/۱۴	۷/۸۱	۱۰۰	-

تحلیل زمانی حوادث آتش‌سوزی

نمودارهای رادار گونه (radar type plots) در شکل‌های ۲، الگوهای ساعتی، روزانه، هفتگی و ماهانه وقوع حوادث در اردبیل را نشان می‌دهند .شکل ۲(الف) نشان می‌دهد که توزیع اتفاقات در ساعات شبانه‌روز، متغیرند .تعداد حوادث از ساعت ۱ ق.ظهر تا ۱۰ ق.ظهر کمترین فراوانی را دارد و به‌تدریج از ساعت ۱۰ ق.ظهر افزایش می‌یابد و در ساعت ۱ ب.ظهر به نقطه اوج می‌رسد. شکل ۲(ب) نشان می‌دهد که فراوانی اتفاقات آتش‌سوزی در روزهای سه‌شنبه، پنج‌شنبه و جمعه بیشتر از سایر روزهای هفته است. شکل ۲(ج) نشان می‌دهد که بیشترین حوادث در ماه‌های خرداد تا شهریور (تابستان و کمترین حوادث) در ماه‌های مهر تا اسفند سه ماه پاییز و کل زمستان اتفاق می‌افتند. در سه ماه تابستان مدارس شهر تعطیل می‌شوند و کودکان و نوجوانان در ماه‌های تابستان فرصت بیشتری برای آتش زدن دارند. با توجه به

توریستی بودن شهر اردبیل و حضور مسافران تابستانی، اغلب منازل، مسافرخانه‌ها، هتل‌ها و یا خیابان‌ها شلوغ می‌شوند. از طرف دیگر اغلب نوجوانان، در تعطیلات تابستانی هستند و در بیرون از منزل در خیابان‌ها، پارک‌ها و فضاهای عمومی به سر می‌برند و نظارت کمتری از سوی والدین بر آن‌ها وجود دارد. همچنین، در این ماه‌ها، به دلیل حضور مردم در خیابان ها و پارک‌ها، امکان آتش‌سوزی‌های عمدی و یا ناشی از بی‌احتیاطی در فضاهای باز، سبز و عمومی افزایش می‌یابد و

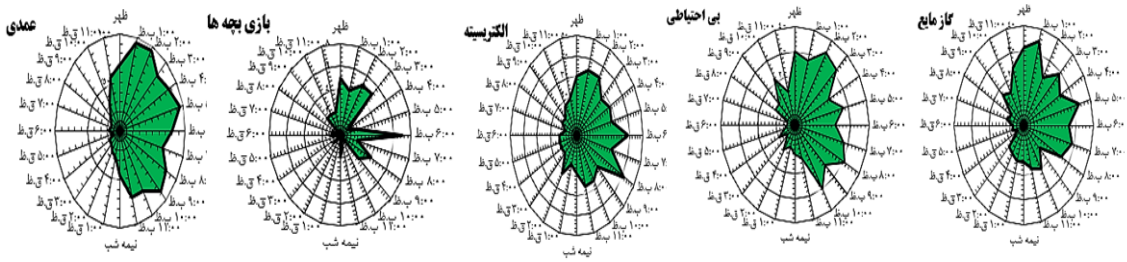
زمینه برای وقوع حوادث در این ماه‌ها بیشتر می‌شود. علاوه بر این برخی از آتش‌سوزی‌ها در این ماه‌ها، از آتش زدن عمدی زباله‌ها ناشی می‌شود که گاهی موارد منجر به آسیب زدن به سطل‌های زباله و یا منازل و کارگاه‌ها می‌شود.. همچنین شکل ۲(د) نشان می‌دهد که فراوانی تعداد حوادث، در هفته چهارم هرماه بیشتر است.



شکل ۳. تحلیل زمانی حوادث آتش‌سوزی (معلوم و نامعلوم)

الگوی توزیع ساعتی آتش‌سوزی‌ها

شکل ۳ الگوی ساعتی حوادث آتش‌سوزی را با ذکر دلایل آن‌ها نشان می‌دهد .این شکل نشان می‌دهد که بیشتر حوادث ناشی از آتش‌سوزی عمدی و وندالیستی، در بین ساعت‌های ۱۱ ق.ظهر تا ۱۱ شب رخ می‌دهند و در ساعت ۵ ب.ظهر به اوج می‌رسند. برخی از این آتش‌سوزی‌ها، مربوط به آتش زدن عمدی زباله‌ها، درختان و یا فضاهای عمومی است. آتش‌سوزی‌های ناشی از بازی بچه‌ها به طرز معناداری در ظهر، ۲ ب.ظهر و ۶ ب.ظهر به اوج می‌رسد. در این زمان ها، کودکان در خانه و بیدار هستند و نوجوانان در مسیر رفت‌وآمد از مدارس به خانه‌ها هستند و از فضاهای عمومی عبور می‌کنند. آتش‌سوزی‌های ناشی از نواقص مکانیکی و الکتریکی، در ظهر تا ۶ ب.ظهر و ۸ شب و حوادث ناشی از بی احتیاطی در ظهر تا ۱۰ شب و حوادث ناشی از نشت گاز و مایعات قابل اشتعال، در ساعت ۱ ب.ظهر و ۸ شب به اوج می رسد. به نظر می‌رسد، افزایش فعالیت‌هایی مثل آشپزی و شست‌وشو در منازل و کارگاه‌ها و استفاده از لوازم برقی و گازی، از دلایل افزایش حوادث در ساعات ۱ ب.ظهر، ۲ ب.ظهر و ۸ شب هستند.

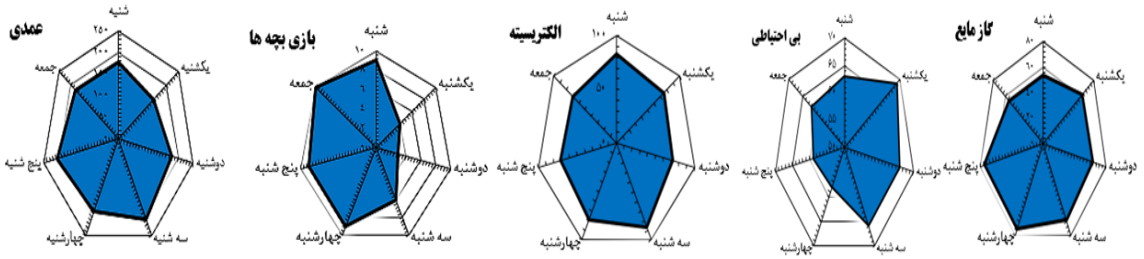


شکل ٤. الگوی توزیع ساعتی آتش‌سوزی‌ها با ذکر عوامل

الگوی توزیع روزانه آتش‌سوزی‌ها

شکل ۴ الگوی توزیع روزانه حوادث آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. بر اساس نمودارهای راداری، حوادث آتش‌سوزی عمدی و وندالیستی در روزهای سه‌شنبه و پنجشنبه بیشتر از سایر روزها است. بیشترین تعداد آتش‌سوزی‌های ناشی از بازی بچه‌ها، در روزهای چهارشنبه پنج‌شنبه و جمعه اتفاق افتاده است. به‌خصوص در این روزها اغلب بچه‌ها در خانه هستند. فراوانی حوادث آتش‌سوزی ناشی از نقص مکانیکی و الکتریکی، نشت گاز و مایعات قابل اشتعال، تقریباً در اغلب روزهای هفته توزیع‌شده‌اند شکل ۴، همچنین نشان می‌دهد که بیشترین تعداد حوادث ناشی از بی‌احتیاطی در روزهای

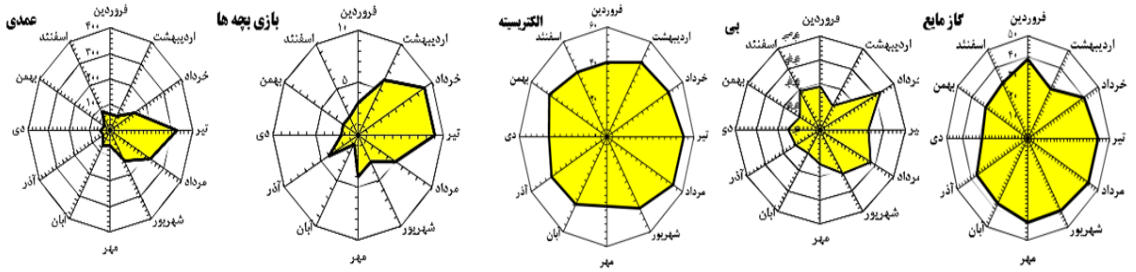
یکشنبه، دوشنبه و سه‌شنبه اتفاق افتاده‌اند.



شکل ۵. الگوی توزیع روزانه آتش‌سوزی‌ها با ذکر عوامل

الگوی توزیع ماهانه آتش‌سوزی‌ها

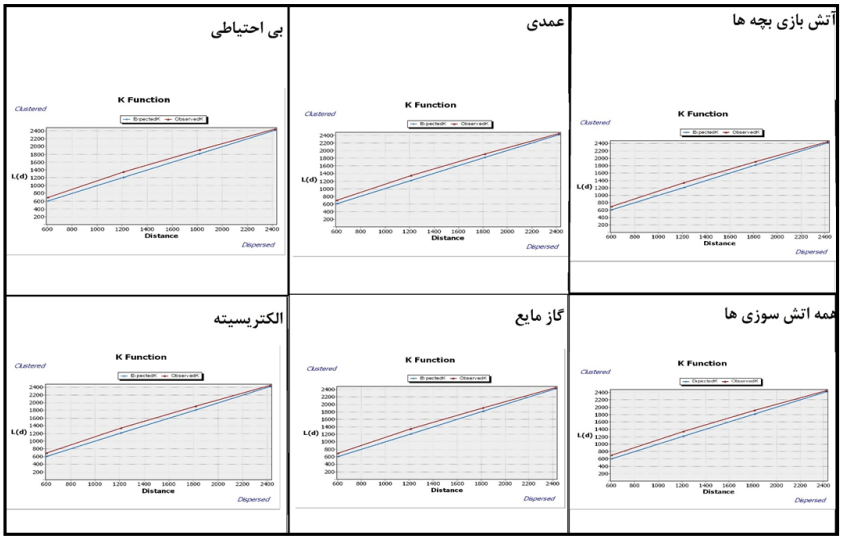
شکل ۵ الگوی توزیع ماهانه حوادث آتش‌سوزی را نشان می‌دهد .بر اساس نمودارهای رادار گونه، در ماه‌های تابستان که دمای هوا بالاست، حوادث ناشی از آتش زدن عمدی و وندالیستی در ماه (تیر) و آتش‌سوزی ناشی از بازی بچه‌ها، در ماه (خرداد و تیر) و همچنین آتش‌سوزی در اثر بی‌احتیاطی در ماه (خرداد و مرداد) به بیشترین حد می‌رسند. حوادث ناشی از نقص لوازم الکتریکی و مکانیکی در ماه‌های بهار و تابستان بیشتر است و به‌تدریج با کاهش فعالیت‌های اقتصادی، در ماه‌های زمستان کمتر می‌شود. البته به خاطر استفاده از لوازم گرمایشی، میزان حوادث در برخی ماه‌ها مثل ماه بهمن، مجدداً افزایش می‌یابد. بیشترین فراوانی حوادث ناشی از نشت گاز و مایعات قابل اشتعال در ماه‌های تابستان است. در تابستان، فعالیت کارگاه‌ها و فضاهای تجاری بیشتر از فصول پاییز و زمستان می‌شود. حوادث ناشی از بی‌احتیاطی در اواخر بهار بیشترین فراوانی را دارد و در ماه خرداد میزان این نوع از حوادث افزایش می‌یابد.



شکل ٦. الگوی توزیع ماهانه آتش‌سوزی‌ها با ذکر عوامل

تحلیل فضایی حوادث

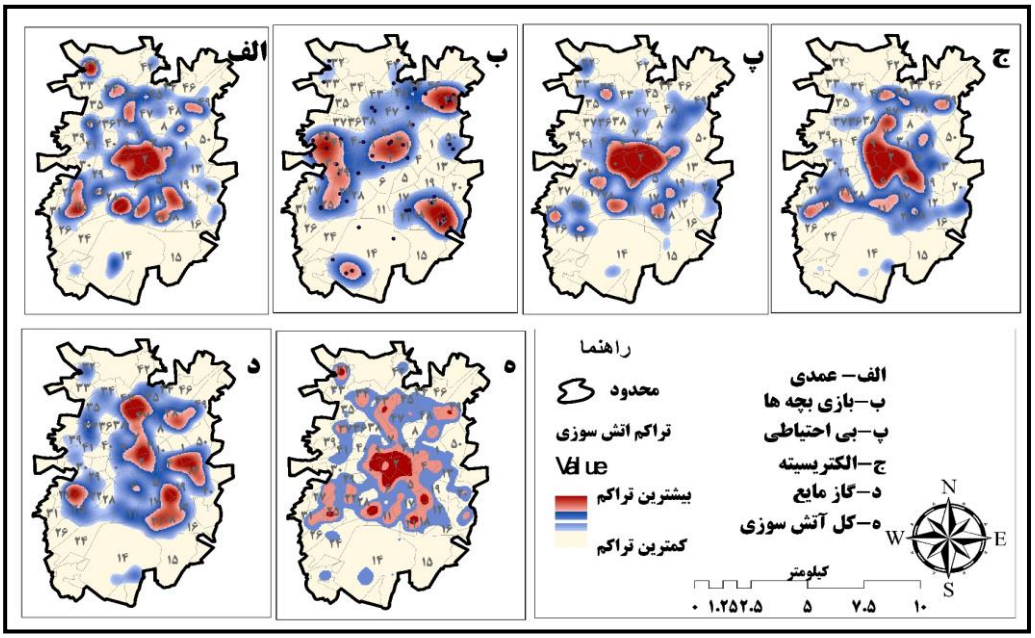
تحلیل الگو توزیع آتش‌سوزی شکل‌های ۶، الگوی پراکنش حوادث آتش‌سوزی در اردبیل را با ذکر دلایل نشان می دهند. نتایج تحلیل الگوی فضایی به روش Replyes K-Function که خروجی آن به‌صورت نمودار نمایش داده می‌شود نشان می‌دهد که مقدار k مشاهده‌شده (خط قرمز) توزیع عوارض بالاتر از مقدار منتظره (خط آبی) است. درنتیجه، الگوی توزیع فضایی آتش‌سوزی از نوع خوشه‌ای است. به عبارت روشن، به‌صورت خوشه‌ای در شهر پراکنده‌شده‌اند.



شکل ۷. الگوی فضایی پراکنش حوادث آتش‌سوزی در اردبیل را با ذکر دلایل

تخمین شدت تراکم حوادث آتش‌سوزی

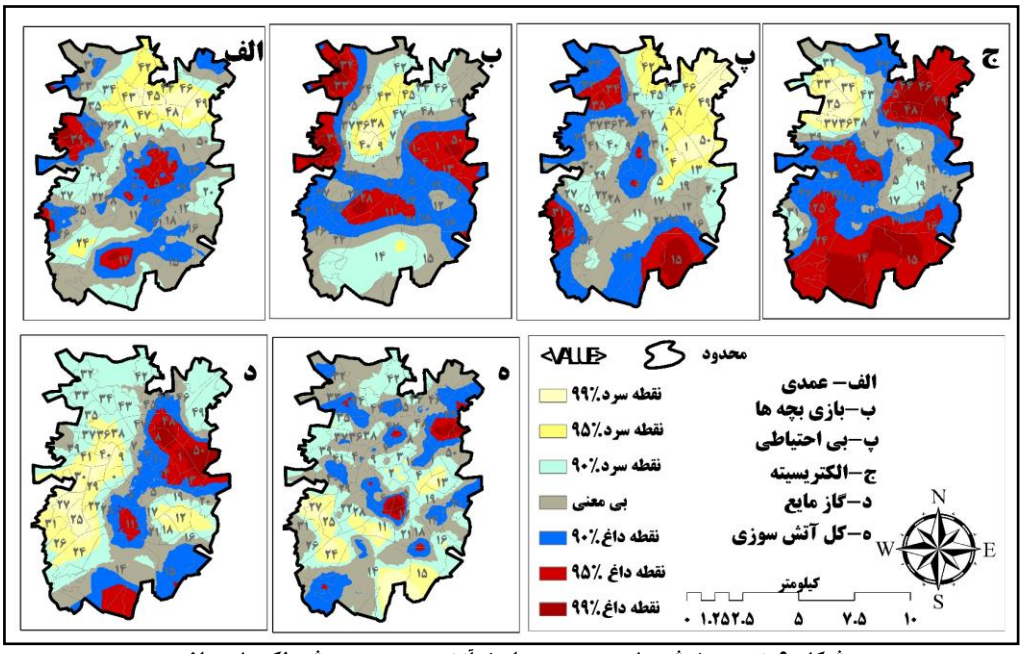
تحلیل مکانی تراکم نقطه‌ای حوادث آتش‌سوزی به تفکیک عوامل به روش کرنل شکل ۷ نشان می‌دهد که بخش مرکزی و لکه‌هایی از حاشیه شهر دارای بیشترین تراکم نقطه‌ای از حوادث آتش‌سوزی هستند به عبارت روشن، نزدیکی وقوع آتش‌سوزی در این قسمت از شهر به یکدیگر، بیش از سایر قسمت‌های شهر بوده که بارنگ قرمز نمایش داده‌شده است. این نواحی از شهر علاوه بر شرایط اقتصادی- اجتماعی پایین، ازنظر فعالیت‌های ساختمانی، تراکم جمعیتی و ساختمانی مناطق پرتراکم شهر محسوب می‌شوند. که اغلب در ساختمان آن‌ها از مصالح بی‌دوام استفاده‌شده است همچنین در این نواحی شهری کیفیت کالبدی ساختمان‌ها بسیار پایین است و جمعیت سالخورده و کودکان در آن مناطق بالا است. با توجه به نقشه تخمین تراکم کرنل نواحی قرارگرفته در محدوده رنگ قرمز می‌تواند به‌عنوان بلوک‌های مستعد و آسیب‌پذیر در برابر آتش‌سوزی معرفی گردد.



شکل ۸. تراکم نقطه‌ای مجموع حوادث آتش‌سوزی به روش کرنل

تعیین خوشه‌های حوادث آتش‌سوزی

تحلیل لکه‌های داغ برای کلیه حوادث آتش‌سوزی با ذکر عوامل تهیه گردید (شکل ۸). امتیاز و یا آماره Z محاسبه‌شده نشان می‌دهد که در محدوده موردمطالعه حوادث آتش‌سوزی با مقادیر زیاد و یا کم به‌صورت خوشه‌های داغ و یا سرد تجمع یافته است. اماره Z مثبت بر روی نقشه که به‌صورت مثبت و به رنگ قرمز می‌باشند مقادیر بالا و خوشه‌های با لکه داغ را تشکیل داده هرچقدر مقدار امتیاز مربوط ازنظر عددی و دامنه رنگ موردنظر از قرمز به زرد کاسته می‌شود دارای معنی‌داری کمتر و لکه‌های سرد بوده است. نواحی که تمرکز نقاط داغ ۹۹ درصد هستند به‌عنوان نواحی حادثه‌خیز معرفی می‌گردد.



شکل ۹. تعیین خوشه‌های مجموع حوادث آتش‌سوزی به روش لکه‌های داغ

بحث

این مطالعه با استفاده از داده‌های تاریخی در مورد حوادث آتش‌سوزی بین سال‌های ۱۳۹۴ – ۱۳۹۸ و تکنیک‌های GIS برای کشف الگوهای مکانی، زمانی آتش‌سوزی در شهر اردبیل انجام شد. یافته‌های این مطالعه تا حد زیادی از مطالعات قبلی در این زمینه پشتیبانی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد الگوهای مکانی– زمانی آتش‌سوزی در طول زمان و در فضا متفاوت و معنی‌دار است. نتایج با مطالعات ووشکه و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر اینکه در نواحی مختلف شهر زمان و مکان وقوع حوادث، تفاوت‌های معناداری با یکدیگر دارند، همسو است. همچنین آتش زدن عمدی و وندالیسم با سهم ۴۴/۴۷٪ بیشترین عامل وقوع آتش‌سوزی در شهر اردبیل است. علل اصلی آتش‌سوزی در پارک‌ها و فضاهای باز عمدی وندالیسم هست. بیشتر آتش‌سوزی‌ها در واحدهای مسکونی ۳۰/۶۸٪ و فضاهای باز و سبز ۱۹/۵۲٪ اتفاق افتاده است. این یافته تا حدی از یافته‌های آگبولا و فالولا (۲۰۲۱) حمایت می‌کند. در این مطالعه، الگوهای توزیع حوادث آتش‌سوزی بسته به علل و انواع آتش‌سوزی متفاوت و اوج آتش‌سوزی درست بعدازظهر، ساعت ۱۳:۰۰ است که ناشی از فعالیت‌های پخت‌وپز و تهیه غذا است که در آن از سوخت‌های الکتریکی و قابل اشتعال مانند گاز، نفت سفید برای پخت‌وپز استفاده می‌شود. این نتیجه تحقیق با نتایج سینگ و همکاران (۲۰۲۱) وانگ و همکاران (۲۰۲۰) لیووهمکاران (۲۰۱۹) ووشکه و همکاران (۲۰۱۳) همسو است. طبق این مطالعه، تابستان دارای بیشترین تعداد حوادث آتش‌سوزی است که می‌تواند با

تعطیلات مدارس و جلسات اوج گردشگری مرتبط باشد. آتش‌سوزی‌ها در این فصل معمولاً در پارک‌ها و فضاهای باز ۲۴ ساعته رخ می‌دهند و اغلب عمدی هستند، مانند سوزاندن بوته‌ها، آتش‌سوزی در سطل‌های زباله، سایر مواد خشک مانند شاخه‌ها/شاخه‌های موجود در پارک‌ها. گذشته از آن. همچنین روزهای سه‌شنبه، پنج‌شنبه و جمعه در هفته چهارم هرماه بالاترین فراوانی آتش‌سوزی رادارند نتایج از یافته‌های آگبولا و فالولا (۲۰۲۱) بالاهادیا و تریلانز (۲۰۱۷) پشتیبانی می‌کند. نتیجه قابل‌توجهی که در این مطالعه یافت شد تمرکز حوادث آتش‌سوزی تا حد زیادی در داخل شهر و در مناطق محروم‌تر است به عبارتی آتش‌سوزی در این بخش‌ها در کنار هم قرار دارند و بلوک‌های واقع در محیط مرکزی و پیرامونی در برابر آتش‌سوزی آسیب‌پذیرتر هستند. این بخش هسته قدیمی و اولیه شکل‌گیری شهر، بافت اولیه و فرسوده شهر (مرکز اصلی تجاری و بازرگانی شهر)، حاشیه و سکونت غیررسمی و روستاهای ادغام‌شده در شهر را شامل می‌شوند، این یافته با نتایج پوپلینسکی و همکاران (۲۰۱۷) لیووهمکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

از دیرباز حادثه آتش‌سوزی مشکل اصلی مدیریت شهری و توسعه پایدار شهری بوده است علاوه بر عوامل انسانی و اجتماعی، وقوع آتش‌سوزی‌های شهری تا حد زیادی تحت تأثیر محیط فیزیکی شهری است؛ بنابراین، حوادث آتش‌سوزی به‌طور یکنواخت در مناطق شهری توزیع نمی‌شوند و در عوض در مکانه‌ای قابل پیش‌بینی و خاص رخ می‌دهند. امروزه تجزیه‌وتحلیل زمین فضایی GIS، ابزار بسیار قدرتمندی جهت تجمیع و ادغام اطلاعات از منابع مختلف برای ارزیابی آتش‌سوزی در مقیاس‌های شهری و منطقه‌ای ارائه می‌دهد. در این تحقیق، با استفاده از انواع مختلف داده‌های فضایی سعی در تحلیل فضا زمانی، حوادث آتش‌سوزی اتفاق افتاده در شهر اردبیل، طی دوره پنج‌ساله ۱۳۹۸-۱۳۹۴ نموده‌ایم. مطالعه نشان می‌دهد که الگوهای فضایی-زمانی آتش‌سوزی بسته به زمان، انواع و علل آن‌ها متفاوت است. در مقایسه با سایر شهرهای جهان توسعه‌یافته، شباهت‌ها و همچنین تفاوت‌هایی در الگوهای آتش‌سوزی در اردبیل مشاهده می‌شود. یافته‌های توصیفی ما نشان دادند که علل وقوع حوادث در شهر به ۶ گروه عمدی و وندالیسم، بازی بچه‌ها، نقص مکانیکی و الکتریکی، نشت گاز و مواد قابل اشتعال، بی‌احتیاطی دسته‌بندی‌شده است. آتش زدن عمدی و وندالیستی مهم‌ترین عامل آتش‌سوزی در شهر اردبیل‌اند. بیشتر آتش‌سوزی‌ها در واحدهای مسکونی و فضاهای باز و سبز اتفاق افتاده است. تحلیل زمانی آتش‌سوزی‌ها با استفاده از چارت‌های راداری شکل نشان داد که بیشتر آتش‌سوزی‌های شهر اردبیل بعدازظهرها ساعت ۱۳:۰۰ اتفاق افتاده‌اند. در طول هفته، آتش‌سوزی‌ها در روزهای سه‌شنبه (وسط هفته) و پنجشنبه و جمعه (اواخر هفته) به بیشترین مقدار خود می‌رسند و هفته چهارم از ماه‌های سال، تعداد آتش‌سوزی‌ها افزایش می‌یابند. یافته‌ها نشان دادند که در تابستان که دمای هوا و میزان فعالیت‌ها در شهر افزایش می‌یابد و خانوارهای زیادی با هدف گردش به شهر می‌آیند و نیز در ماه فروردین به خاطر آغاز تعطیلات و جشن‌های نوروزی در ایران و سرمای شدید هوا، تعداد آتش‌سوزی‌ها بیشتر می‌شود. تحلیل شدت تراکم فضایی آتش‌سوزی‌ها با استفاده از روش کرنل نشان داد که شدت تراکم فضایی آتش‌سوزی‌ها بر اساس علت وقوع آتش‌سوزی‌ها، کاملاً متفاوت و پویا است. برای مثال درحالی‌که حوادث ناشی از اقدامات عمدی و وندالیستی در سطح شهر پراکنده‌شده‌اند، حوادث ناشی از بازی بچه‌ها، در بخش مرکزی شهر تراکم بیشتری دارند. همچنین نتایج روش لکه داغ نشان داد که الگوی توزیع فضایی آتش‌سوزی‌ها در شهر اردبیل از نوع خوشه‌ای بالا است. که هر گروه از آتش‌سوزی‌ها متناسب با نوع و علت آتش‌سوزی‌ها، تشکیل خوشه‌بندی فضایی داده‌اند. شدت تمرکز این خوشه‌بندی در برخی نواحی بالا و در برخی نیز پایین است. مهم‌ترین خوشه‌ها در نواحی مرکزی، شمالی و جنوبی شهر، شکل‌گرفته‌اند.

با توجه به هدف پژوهش که تحلیل فضایی حوادث آتش‌سوزی بود و یافته‌های بخش‌ها مطابق با پرسش‌های پژوهش نتایج این مطالعه می‌توانند بینش‌های ارزشمندی در مورد برآورد خطر آتش‌سوزی و مدیریت خدمات آتش‌نشانی ارائه دهد و در شناسایی عواملی که باعث افزایش خطر آتش‌سوزی می‌شوند، به‌ویژه ازنظر پیشگیری مفید باشند. نتایج شواهد تجربی را برای حمایت از تصمیم‌گیری عملیاتی و استراتژیک ارائه می‌دهد. در مورد تخصیص منابع از نظر ایجاد ایستگاه های آتش‌نشانی جدید یا اعزام نیروی کار اضافی به مناطق آسیب‌پذیرتر. بهبود دسترسی به شیلنگ‌های آتش‌نشانی. توصیه‌هایی برای تدوین استراتژی‌های پیشگیری، مانند کمپین‌های آموزشی هدفمند جغرافیایی برای افزایش آگاهی از خطر آتش‌سوزی و انجام اقداماتی برای کاهش خطر آتش‌سوزی ارائه شد. دسترسی به داده‌های دقیق، کافی و به‌روز آتش‌سوزی و همچنین ادغام آن‌ها با داده‌های سرشماری و برنامه‌ریزی در یک دانه‌بندی فضایی دقیق‌تر، نه‌تنها بینش عمیق‌تری را در مورد شناسایی الگوهای مکانی–زمانی ارائه می‌کند، بلکه روندها و تغییرات آینده را نیز پیش‌بینی می‌کند. بنابراین، آینده‌پژوهی روابط بین حوادث آتش‌سوزی و متغیرهای اجتماعی–اقتصادی و محیطی ساخته‌شده را با استفاده از مدل‌های رگرسیون اکتشافی و جغرافیایی بررسی و درنهایت، خطر آتش‌سوزی بالقوه را می‌توان در محیط‌های مختلف شهری شبیه‌سازی کرد و سناریوهای مختلفی را برای اطلاع‌رسانی برنامه‌ریزی و مدیریت بحران آتش‌نشان داد.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی ندارد.

منابع

بیلانی، یداله؛ حکیم دوست، سیدیاسر؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۹۳). *اصول و مبانی پردازش داده‌های مکانی (فضایی) با استفاده از روش‌های تحلیل فضایی*. چاپ اول، تهران: آزاد پیما.

تقوایی، مسعود و کریمی، هادی. (۱۳۹۰). نقش آموزش و مشارکت شهروندان در کنترل حریق‌های شهری به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بحران شهری. *فضای جغرافیایی*، ۱۱(۳۶)، ۲۵–۴۶.

سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری اردبیل (۱۴۰۰).

عسگری، علی. (۱۳۹۰). *تحلیل‌های آمار فضایی با آرک جی‌ای اس*. چاپ اول، تهران: انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری.

مجتهدزاده، غلامحسین و روستا، مجید. (۱۳۹۹). *مدیریت ایمنی محیط شهری*. کتاب سبز ۱۴۰۰ سازمان شهرداری و دهیاری کشور.

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). *سرشماری عمومی نفوس و مسکن، نتایج تفصیلی سرشماری استان اردبیل، مطالعات جمعیتی به تفکیک شهرستان، شهرستان اردبیل، شهر اردبیل*.

منصوری، نبی‌اله؛ نظری، رحیم؛ نصیری، پروین و قراگوزلو، علیرضا. (۱۳۹۰). تدوین برنامه مدیریت بحران آتش‌سوزی جنگل با تکنولوژی GIS & RS. *کاربرد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی*، ۲(۳)، ۶۳–۷۳.

وی. کی. جین. (۱۴۰۰). سازمان‌های آتش‌نشانی و آتش‌سوزی. *صنعت حفاظت*، ۱۱(۸۲)، ۱–۴۵

References

Agbola, S. B., & Falola, O. J. (2021). Seasonal and locational variations in fire disasters in Ibadan, Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 54*, 102035.

Ardebil Municipality Fire and Safety Services (2022). [In Persian].

Asgari, A. (2011). *Spatial Statistics Analysis with Arc GIS*. First Edition, Tehran: Municipal

Information and Communication Technology Publications. [In Persian].

Balahadia, F. F., & Trillanes, A. O. (2017, July). Improving fire services using Spatio-temporal analysis: Fire incidents in manila. *In 2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP) (pp. 1-5). IEEE.*

Beal-Neves, M., Vogel Ely, C., Westerhofer Esteves, M., Blochtein, B., Lahm, R.A., Quadros, E.L. & Abreu Ferreira, P.M. (2020). The influence of urbanization and fire disturbance on plant-floral visitor mutualistic networks. *Diversity, 12*(4), 1-41.

Bilany, Y., Hakimdost, S.Y., & Alijani, B. (2014). *Principles and Principles of Spatial Data Processing Using Spatial Analysis Methods.* First Edition, Tehran: Azad Pima. [In Persian].

Bulai, A.-T., Roşu, L., & Bănică, A. (2019). Patterns of urban fire occurrence in Iasi City (Romania). *Present Environment and Sustainable Development (2),* 87-102.

Ceyhan, E., Ertuğay, K., & Düzgün, Ş. (2013). Exploratory and inferential methods for Spatio-temporal analysis of residential fire clustering in urban areas. *Fire safety journal, 58,* 226-239.

Cheng, L., Li, S., Ma, L., Li, M., & Ma, X. (2015). Fire spread simulation-using GIS: Aiming at urban natural gas pipeline. *Safety science, 75,* 23-3

Chhetri, P., Corcoran, J., Ahmad, S., & Kiran, K. C. (2018). Examining Spatio-temporal patterns, drivers and trends of residential fires in South East Queensland, Australia. *Disaster Prevention and Management, 27* (5), 586-603

Corcoran, J., Higgs, G., & Higginson, A. (2011). Fire incidence in metropolitan areas: A comparative study of Brisbane (Australia) and Cardiff (United Kingdom). *Applied Geography, 31*(1), 65-75.

Diaz, L. B., He, X., Hu, Z., Restuccia, F., Marinescu, M., Barreras, J. V., & Rein, G. (2020). Meta-review of fire safety of lithium-ion batteries: Industry challenges and research contributions. *Journal of The Electrochemical Society*, *167*(9), 090559.

ESRI (2021). *Arc GIS 10.3 Tutorials*

Ferreira, T. M., Vicente, R., da Silva, J. A. R. M., Varum, H., Costa, A., & Maio, R. (2016). Urban fire risk: Evaluation and emergency planning. *Journal of Cultural Heritage, 20,* 739-745.

Ghajari, Y. E., Alesheikh, A. A., Modiri, M., Hosnavi, R., & Abbasi, M. (2017). Spatial modelling of urban physical vulnerability to explosion hazards using GIS and fuzzy MCDA. *Sustainability, 9*(7), 1274.

Guldåker, N., & Hallin, P. O. (2014). Spatio-temporal patterns of intentional fires, social stress and socio-economic determinants: A case study of Malmö, Sweden. *Fire Safety Journal, 70,* 71-80.

Guldåker, N., Hallin, P. O., Klubien, M. T., & Nilsson, J. (2021). *Residential Fires in Metropolitan Areas-Living Conditions and Fire Prevention.*

Iran Statistics Center. (2016). *Population and Housing Census, Detailed Results of Ardebil Province Census, Democratic Studies by Ardebil City, Ardebil City.* [In Persian].

Kiran, K. C. (2015). Temporal and spatial patterns of fire incident response time: a case study of residential fires in Brisbane. *7th State of Australian Cities Conference, 9-11 December 2015, Gold Coast, Australia.*

Li, G., Kessler, J., Cheramy, J., Wu, T., Poopari, M. R., Bouř, P., & Xu, Y. (2019). Transfer and Amplification of Chirality Within the "Ring of Fire" Observed in Resonance Raman Optical Activity Experiments. *Angewandte Chemie, 131*(46), 16647-16650.

Li, Y., & Rong, W. (2021, May). Analysis of Subway Fire Accident Based on Bayesian Network. *In Journal of Physics: Conference Series, 1910(1), 012039, IOP Publishing.*

Maghsoodi Tilaki, M.J. & Hedayati, M. (2015). Exploring barriers to the implementation of city development strategies (CDS) in Iranian cities: A qualitative debate. *Journal of Place*

Management and Development, 8(2), 123-141.

Makui, A., Ashouri, F. & Barzinpour, F. (2019). Assignment of injuries and medical supplies in urban crisis management. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering, 6*(3), 232-250

Mansouri, Nabi., Nazari, R., Nasiri, P., Gharaguzloo, A. (2011). Developing a forest fire crisis management program with GIS & RS technology. *Application of Geographic Information System and System in Planning, 2*(3), 73-63. [In Persian].

Mojtahedzadeh, Gh., & Rousta, M. (2021). *Urban environment safety management*. Green Book of 1400 Municipal and Dehydration Organization. [In Persian].

Popelínský, J., Vachuda, J., & Veselý, O. (2017). Geographical modelling based on spatial differentiation of fire brigade actions: A case study of Brno, Czech Republic. Bulletin of Geography. *Socio-economic Series, 35*(35), 81-92.

Rush, D., Bankoff, G., Cooper-Knock, S. J., Gibson, L., Hirst, L., Jordan, S., & Walls, R. S. (2020). Fire risk reduction on the margins of an urbanizing world. *Disaster Prevention and Management: An International Journal, 35*(53), 91-102

Singh, P. P., Sabnani, C. S., & Kapse, V. S. (2021). Hotspot Analysis of Structure Fires in Urban Agglomeration: A Case of Nagpur City, India. *Fire, 4*(3), 1- 38.

Song, C., Kwan, M. P., Song, W., & Zhu, J. (2017). A comparison between spatial econometric models and random forest for modeling fire occurrence. *Sustainability, 9*(5), 819.

Taqami, M., Karimi, H. (2011). The Role of Citizens' Education and Participation in Urban Fire Controls for Planning and Management of Urban Crisis. *Geographical Space, 11* (36), 25-46. [In Persian].

Vallières, R. D. (2018). Pourquoi tant de malls à Téhéran?. Éléments d'économie politique des centres commerciaux en République islamique (1987-2017). *EchoGéo, (45*), 1-12.

W. K. J. (2022). Fire and Fire Organizations. *Protection Industry, 11* (82),1-45. [In Persian].

Wang, Z., Zhu, G., Zhou, Y., Chu, T., Chai, G., & Tian, Z. (2020, April). Spatial and Temporal Analyses of Fire Incidents in San Francisco from 2010 to 2019. *In 2020 IEEE 5th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA) (537-541). IEEE.*

Wuschke, K., Clare, J., & Garis, L. (2013). Temporal and geographic clustering of residential structure fires: A theoretical platform for targeted fire prevention. *Fire Safety Journal, 62*, 3-12.

www.esri.com.

Yao, J., & Zhang, X. (2016). Spatial-temporal dynamics of urban fire incidents: a case study of Nanjing, China. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 63-69.*

Zhang, X., Yao, J., Sila-Nowicka, K., & Jin, Y. (2020). Urban fire dynamics and its association with urban growth: Evidence from Nanjing, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 9*(4), 218.