Geographical planning of space quarterly journal

Online ISSN: 2538-4821

Journal Homepage: gps.gu.ac.ir

Research Paper

Modeling the Drivers of Air Pollution in Tehran City

Seyed Ali Taghizadeh Diva [1], Abdolrassoul Salmanmahiny [2] ✉, Hamidreza Fallah Lajimi [3]

1. *Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*
Email: satdiva@gmail.com
2. (Corresponding Author) *Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*
Email: mahini@gau.ac.ir
3. Department of Industrial Management, Faculty of Economic and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
Email: lajim1363@gmail.com

ARTICLEINFO

Keywords:
Drivers,
Air Pollution,
Modeling, Interpretive-Structural Modeling,
Tehran.

Article History:
Received:
25 December 2023
Received in revised form:
24 February 2024
Accepted:
6 April 2024
Available online:
30 April 2024
pp. 151-16349

ABSTRACT

The main aim of this research was to model the drivers of air pollution in Tehran using the Interpretive-Structural Modeling approach. For this, drivers causing air pollution in Tehran were determined by referring to experts' opinions and using the interpretative structural approach. Then, the influence and dependence of the drivers were assessed using the MICMAC Model. According to the results, the general policies of the government at seventh level located at the lowest level, followed by government interventions on the sixth level, the officials supporting the environment and research and development on the fifth level, innovations in urban management on the fourth level, monitoring the production of pollutants and population growth in the third level, reforming the consumption pattern on the second level, and finally, the number of vehicles, energy price, quality of industries, and clean energy investment were placed at the one level. This research used a structural-interpretive approach, a soft research method in operations, to understand and structure the problem and answer the research question. Furthermore, influential and dependent driving forces were identified so that any change in influential driving forces would lead to changes in dependent driving forces, and the tangible effects of changes on dependent driving forces would be demonstrated. These drivers were used to solve the air pollution problem and pave the way to reaching favorable air quality conditions in Tehran.

Citation: Taghizadeh Diva, S. A., Salmanmahiny, A., Fallah Lajimi, H. (2024). Modeling the Drivers of Air Pollution in Tehran City. *Geographical planning of space quarterly journal, 14* (1), 151-163.
http://doi.org/10.30488/GPS.2023.406594.3662

© The Author(s)
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Publisher: Golestan University Press

Extended Abstract

Introduction

The main purpose of this research is to model the drivers of air pollution in Tehran with an Interpretive-Structural Modeling approach. This study used a soft operations research method to identify and structure the problem from a structural-interpretive perspective. In order to achieve this goal, the identified drivers causing air pollution in Tehran city were determined by referring to experts' opinions and using the interpretative structural approach. Then, the power of influence and the degree of dependence were analyzed using MICMAC. Furthermore, influential and dependent driving forces were identified so that any change in influential driving forces would lead to changes in dependent driving forces, and the tangible effects of changes on dependent driving forces would be demonstrated.

Methodology

Interpretive Structural Modeling (ISM) is a widely used method introduced by Warfield (1973) for analyzing complex relationships between elements involved in a problematic situation. ISM is one of the system design methods, especially for management systems. Researchers use the ISM method to create an observable, organized, and well-defined model of an uncertain and complex system based on the experience and expertise of specialists. In other words, this technique helps effectively identify relationships between specific elements in a system. The process begins by identifying variables and then extracting background relationships between variables using the experience and knowledge of experts, ultimately creating a multi-level structural model. This approach is interpretive in that experts decide which variables are related to each other and how. It is structural in that it extracts the overall structure of a complex set of variables based on their relationships. It is also a modeling method that shows specific relationships between variables and the overall structure in a graphical model. The analysis is conducted as a guided step-by-step process and is considered an interactive learning process. This technique systematically structures a set of different elements into a comprehensive system model. ISM structures systems in an easily understandable way. The advantages of the ISM approach include simplifying a complex system with various variables into a simplified model, providing an interpretive view of goals, easy identification of the system structure, comprehensibility for a wide range of users, a tool for integrating various expert opinions, and its applicability in studying complex and diverse systems. Its disadvantages include considering a limited number of variables to create an interpretive-structural model.

Results and discussion

According to the interpretive-structural model, the drivers of air pollution in Tehran are driven by government policies at the seventh level, the lowest level affecting all other drivers. In other words, achieving this level sets the stage for achieving the sixth level. The driver of government intervention at the sixth level is affected by government policies and affects other drivers. At the fifth level, environmental support and research and development officials are located, which are affected by government policies and interventions and affect other drivers. Innovation in urban management is located at the fourth level, which is affected by government policies, government intervention, environmental support, research and development, and other drivers. Monitoring pollutant production and population growth is located at the third level, which is affected by government policies, government intervention, environmental support, research and development, and other drivers. The second level involves modifying consumption patterns, which are affected by government policies, government intervention, environmental support, research and development, monitoring pollutant production and population growth, and innovation in urban management. It affects the number of vehicles, energy carrier prices, industrial quality, and investment in clean energy. Finally, at the first level, the number of vehicles, energy carrier prices, industrial quality, and investment in clean energy are affected by government policies,

government intervention, environmental support, research and development, monitoring pollutant production, population growth rate, and modification of consumption patterns. In other words, achieving higher levels depends on achieving lower levels. Based on the influence and dependence analysis chart, innovation in urban management (C1), environmental support officials' performance (C2), government policies (C3), government intervention (C4), research and development (C6), and population growth (C10) were identified as key or influential drivers that any change in these drivers will cause changes in other drivers. Drivers of pollutant production monitoring (C8), energy carrier prices (C7), investment in clean energy (C12), industrial quality (C9), number of vehicles (C5), and consumption pattern modification (C11) are classified as dependent drivers that influential drivers influence and any changes in influential drivers will have a tangible impact on these drivers.

Conclusion

The results could be used to solve the air pollution problem and pave the way to reach a favorable air quality situation in Tehran.

Funding

student grant, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Grant/Award Number: 9721194501

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مجله آمایش جغرافیایی فضا

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۱-۲۵۳۸

Journal Homepage: gps.gu.ac.ir

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران*

سید علی تقی‌زاده دیوا [۱]، عبدالرسول سلمان ماهینی [۲]✉، حمیدرضا فلاح لاجیمی [۳]

۱- گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
Email: fereshtehcheraghipur@gmail.com

۲- نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
Email: mhesam@guilan.ac.ir

۳- گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. **Email:** mhesam@guilan.ac.ir

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
آلودگی هوا،
پیشران،
مدل‌سازی،
ساختاری تفسیری،
تهران.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۰/۰۴
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۱/۱۸
تاریخ چاپ:
۱۴۰۳/۰۲/۱۱
صص. ۱۶۳-۱۵۱

چکیده

هدف از پژوهش حاضر مدل‌سازی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران با رویکرد ساختاری_ تفسیری است. به‌منظور رسیدن به این هدف، پیشران‌های شناسایی‌شده ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران با رجوع به نظر خبرگان و استفاده از رویکرد ساختاری_ تفسیری در ابعاد جدیدی سطح‌بندی شد و روابط میان آن‌ها مشخص گردید و سپس نسبت به تجزیه‌وتحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی با استفاده از ابزار MICMAC اقدام شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پیشران‌ها، در هفت سطح دسته‌بندی شد به شکلی که تحقق سطح بالاتر منوط به تحقق سطح پایین‌تر است. نتایج نشان داد که سیاست‌های کلی دولت در سطح هفتم و در پایین‌ترین سطح قرار دارد و به ترتیب در سطوح بعدی دخالت‌های دولت، مسئولان پشتیبان محیط‌زیست، تحقیق و توسعه، نوآوری در مدیریت شهری، نظارت بر تولید آلاینده‌ها، نرخ رشد جمعیت، اصلاح الگوی مصرف قرار گرفتند و بالاخره در سطح اول تعداد وسایل نقلیه، قیمت حامل‌های انرژی، کیفیت صنایع، سرمایه‌گذاری انرژی پاک قرار گرفتند. در این تحقیق برای شناخت و ساختاردهی به مسئله و نیز پاسخ به سؤال پژوهش از رویکرد ساختاری_تفسیری که از روش‌های نرم تحقیق در عملیات است، استفاده‌شده است. همچنین پیشران‌های اثرگذار و وابسته شناسایی شد به‌طوری‌که هرگونه تغییر بر روی پیشران‌های اثرگذار باعث تغییر بر روی پیشران‌های وابسته خواهد شد و نمود عینی تغییرات بر روی پیشران‌های وابسته بروز خواهد کرد. از نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق می‌توان برای شناسایی ذینفعان و تأثیرگذاران بر مسئله و وظایف آن‌ها و نیز اولویت‌بندی در سیاست‌گذاری‌ها کلان در جهت حل مسئله آلودگی هوا و نیل به سمت وضعیت مطلوب در شهر تهران استفاده کرد.

استناد: تقی‌زاده دیوا، سید علی؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول و فلاح لاجیمی، حمیدرضا. (۱۴۰۳). مدل‌سازی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۴ (۱)، ۱۶۳-۱۵۱.

http://doi.org/10.30488/GPS.2023.406594.3662

© نویسندگان

ناشر: انتشارات دانشگاه گلستان

*. این مقاله برگرفته رساله سید علی تقی‌زاده دیوا در رشته مهندسی محیط‌زیست با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان می‌باشد.

مقدمه

با رشد شهرنشینی و افزایش فعالیت‌های صنعتی، مشکلات محیطزیستی بیشتری در زندگی بشر نمایان شد. یکی از اثرات مستقیم توسعه شهرها دگرگونی‌های محیطی همانند کاهش تهویه هوا، افزایش آلودگی هوا، افزایش جزیره حرارتی است (صفرزاد و یوسفی، ۱۴۰۱: ۳۹۱). آلودگی هوا یکی از معضلات مهم در شهرهای بزرگ تبدیل‌شده است که هرساله تعداد قابل‌توجهی از ساکنان شهرها را با مشکلات جسمی و روحی مختلف روبرو می‌کند و می‌تواند تأثیرات جبران‌ناپذیری بر سلامت شهروندان داشته باشد (دهنوی‌ئیلاق و عباسپور، ۱۴۰۱:۴۴۳). امروزه جمعیتی که در مناطق شهری زندگی می‌کنند از تمامی ادوار تاریخ بشر بیشتر است و روند افزایشی شهرنشینی غیرقابل‌بازگشت است (ایمانی و همکاران، ۱۴۰۱: ۴۱۰). ازاین‌رو، در کلان‌شهر تهران نیز آلودگی هوا به‌عنوان یک عامل محیطزیستی مهم موردتوجه جامعه و مدیران قرارگرفته است (صفرزاد و یوسفی، ۱۴۰۱:۳۹۳). در اسناد بالادستی کشور توجه ویژه به حفظ محیطزیست و سلامت از طریق برخورداری از هوای پاک مورد تأکید قرارگرفته است که یکی از مصادیق آن بهره‌مندی از هوای پاک است (ماده ۳۹ قانون برنامه ششم توسعه، ماده ۱۹۳ قانون برنامه پنجم توسعه). این مهم میسر نخواهد شد مگر اینکه سیاست‌گذاران، تصمیم‌گیرندگان، نقش‌آفرینان و عموم مردم در یک ساختار هماهنگ در راستای کنترل آلودگی هوا تلاش مجدانه‌ای داشته باشند و از برنامه‌ها و سیاست‌های تعیین‌کننده هوای پاک حمایت کنند. اما به‌رغم تصویب و اجرای سیاست‌ها و اقدامات متعدد هنوز کیفیت هوای کلان‌شهرها به‌خصوص تهران در حد رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت و یا استانداردهای ملی قرار نگرفته است (پیغمبرزاده و همکاران، ۱۴۰۰: ۷۱).

بدون شک حل بحران آلودگی هوا در شهر تهران یک مسئله پیچیده، با حضور بازیگران اثرگذار متعدد است که نیازمند تدوین برنامه عملیاتی جهت دستیابی به هدف است (دشتی و همکاران، ۲۴:۱۳۹۹) که خود نیازمند ساختاردهی مناسب مسئله است. جهت شناخت و مدیریت مسئله آلودگی هوا، لازم است تا ضمن شناسایی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا به دسته‌بندی و تعیین روابط میان آن‌ها بپردازیم. هدف از این پژوهش مدل‌سازی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران با رویکرد ساختاری_تفسیری با مشارکت خبرگان است.

در زمینه آلودگی هوا مطالعات متعددی انجام‌شده است که می‌توان به تعدادی از آن‌ها اشاره کرد. پیغمبرزاده و همکاران (۱۴۰۰) با ارائه مدلی بومی در جهت اجرای سیاست‌های پیشگیری و کنترل آلودگی هوا در ایران با استفاده از روش تحقیق آمیخته پرداختند و ۹۰ شاخص، ۲۳ مؤلفه و ۷ بعد اصلی را ارائه دادند و در ادامه شبکه مضامین و در نهایت مدل بومی اجرای سیاست‌های پیشگیری و کنترل آلودگی هوا را پیشنهاد نمودند. عبدالمجید سودمندی (۱۳۹۹) به بررسی ایرادها و نقاط ضعف قانون هوای پاک در مقایسه با قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا پرداخت و مسئله آلودگی هوا را بر اساس نقاط قوت و ضعف قوانین موضوعی موردبررسی قرار داد. بیات و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی و تحلیل اقتصادی هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در شهر تهران پرداخت. دشتی و همکاران (۱۳۹۹) به تجزیه‌وتحلیل ذینفعان کلیدی پروژه کنترل آلودگی هوا در شهر تهران در طول چرخه حیات پروژه پرداختند و ۱۲ بازیگر کلیدی از میان ۲۳ بازیگر شناسایی‌شده توسط خبرگان را جدا نمودند. برومندکاخکی و زاهدی مطلق (۱۳۹۷) با تحلیل اسناد و محتوای نظرات کارشناسان، دلایل ناکارآمدی سیاست‌های کاهش آلودگی هوا را ذکر و راهکارهایی در جهت حل مسئله با شرایط بومی ارائه دادند. هگر و صراف[1](۲۰۱۸) بیشترین سهم آلودگی هوا در شهر تهران را ناشی از ذرات معلق و ناوگان خودروهای سنگین شامل اتوبوس‌ها و کامیون‌ها به دلیل عمر بالا و فناوری قدیمی و عامل اصلی تولید ذرات معلق معرفی کردند. فنگ و لیائو[2]

1. Heger & Sarraf
2. Feng& Liao

(۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی قوانین، طرح‌ها و سیاست‌های پیشگیری و کنترل آلودگی هوا در چین پرداختند. آن‌ها معضل آلودگی هوا در چین را از چشم‌انداز قانون‌گذاری، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مربوط به نقص در قوانین و مسائل بالقوه یکپارچگی میان قوانین، طرح‌ها و سیاست‌ها می‌دانند. حسامی[1](۲۰۱۵) پژوهشی در مورد آلودگی هوا، چالش‌ها و راهکارها در شهر تهران انجام داد و مهم‌ترین راهکارهای مدیریتی جهت حل معضل آلودگی هوا را معرفی کرد. از رویکرد ساختاری تفسیری در زمینه‌های گوناگونی از جمله مدیریت، فناوری، آینده‌پژوهی، توسعه زیرساخت سبز استفاده‌شده است. در مطالعه‌ای بیات و همکاران (۱۳۹۸) به طراحی الگوی ایدئولوژی سازمانی با رویکرد ساختاری_تفسیری کل گرایانه فازی[2]پرداختند. سعیدی و همکاران[3](۲۰۲۲) به مدل‌سازی کنترل رواناب‌های در کلان‌شهر تهران با رویکرد ساختاری_ تفسیری پرداختند. در مطالعه دیگری از مزایای مدل‌سازی ساختاری_ تفسیری برای یافتن عوامل کلیدی که باعث ایجاد سیل از دریاچه‌های یخچالی می‌شوند استفاده شد (Trivedi et al., 2021). شهابی و همکاران[4](۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به ترکیب روش‌شناسی سیستم‌های نرم با مدل‌سازی ساختاری_ تفسیری و دینامیک سیستم برای تنظیم شبکه علم و فناوری رسمی در ایران پرداختند و از رویکرد مدل‌سازی ساختاری_ تفسیری برای طراحی یک مدل مفهومی استفاده شد. راوت و همکاران[5](۲۰۱۷) به شناسایی عوامل حیاتی موفقیت شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین پایدار در صنایع نفت و گاز با رویکرد ساختاری_ تفسیری پرداختند و از این رویکرد برای ایجاد روابط متقابل میان پیشران‌ها استفاده شد.

مدل‌سازی ساختاری_تفسیری از دهه ۱۹۸۰ توسط وارفیلد[6](1973) وارد مباحث علمی شده است اگرچه در این مدت ابعاد مختلف آن توسط دانشمندان و محققان موردبررسی قرارگرفته است اما بررسی پژوهش‌های انجام‌شده توسط نگارندگان پیرامون مسئله نشان می‌دهد که پژوهشی در خصوص آلودگی هوا با استفاده از رویکرد ساختاری_تفسیری صورت نگرفته است. از مزایای استفاده از روش ساختاری_تفسیری، شناخت و ساختاردهی مسائل نرم است که با رجوع به نظر خبرگان و ذینفعان به دست می‌آید و در مورد مسائلی کاربرد دارد که داده کافی در مورد آن وجود ندارد. ازاین‌رو، در این پژوهش با رجوع به نظر خبرگان نسبت به ارائه ساختار مفهومی و نیز سطح‌بندی و اولویت‌بندی مسئله آلودگی هوا پرداخته‌شده است. و در پی پاسخ به این سؤال است که روابط میان پیشران‌های کلیدی ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران چگونه است؟

مبانی نظری

از چالش‌های پیش رو شهرها، توجه به پایداری است. بر اساس تعریف چاپین[7]محیط پایدار شهری با پیوند میان جوامع زنده و غیر زنده معنا پیدا می‌کند (Chapin et al.,2002:6). مواجه شهرها با چالش‌های محیطی در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی منجر به تدوین استراتژی‌های حفاظت جهانی (WCS[8]) توسط اتحادیه بین‌المللی حفاظت از محیط‌زیست (IUCN[9]) گردید (UNEP, 2016:30).

امروزه چالش‌های جدیدی گریبان گیر مدیریت شهری است که در کنار روند شتابان افزایش جمعیت و تقاضای برای منابع و خدمات، لزوم تأمل و تغییر را در نوع مناسبات با مردم و محیط ضروری ساخته است (برک پور و اسدی، ۱۳۸۸:

1. Hessami
2. Total Fuzzy Interpretative Structural Modeling (TFISM)
3. Saeedi et al
4. Shahabi et al
5. Raut et al
6. Warfield
7. Chapin
8. World Conservation Strategy
9. International Union for Conservation of Nature

۵۶). مقوله‌ای که نیازمند بازبینی و تحول در روابط و ساختارهاست. نگاه جدید به مسائل و چالش‌ها و نحوه حل آن‌ها و نیز نحوه مواجهه و ارتباط با بازیگران مختلف عرصه سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی در شهرهاست (Haus & Klausen, 2010: 257).

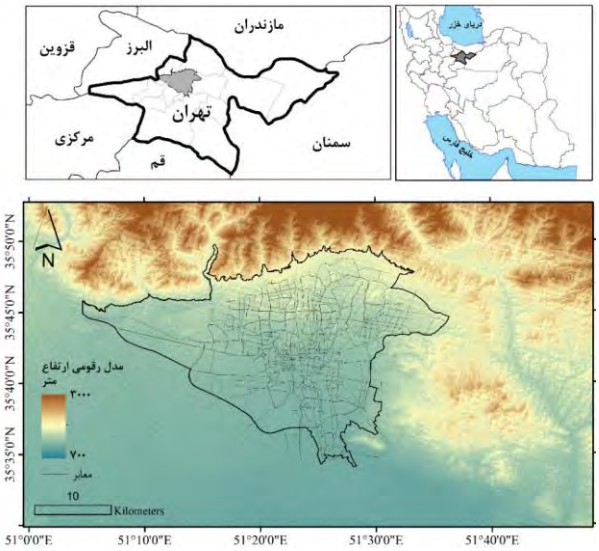
مدل‌سازی ساختاری_ تفسیری[1]مدلی پرکاربرد است که توسط, وارفیلد (1973) برای تحلیل روابط پیچیده بین عناصر درگیر در یک موقعیت مشکل‌ساز معرفی شد. مدل‌سازی ساختاری_ تفسیری یکی از روش‌های طراحی سیستم‌ها، به‌ویژه سیستم‌های مدیریتی است (آذر، ۱۳۹۲). در واقع محققان روش ISM را برای رسیدن به یک مدل قابل‌مشاهده، منظم و به‌خوبی تعریف‌شده از یک سیستم نامشخص و پیچیده بر اساس تجربه و دانش متخصصان به کار می‌برند (Gholami et al. 2020). به‌عبارت‌دیگر، ISM روشی است که به شناسایی روابط بین عناصر خاص در یک سیستم به‌طور مؤثر کمک می‌کند (Shahabi et al., 2020). این تکنیک با شناسایی متغیرها آغاز و سپس روابط زمینه‌ای بین متغیرها را با استفاده از تجربه و دانش خبرگان مشخص و در نهایت مدل ساختاری چند سطحی ایجاد می‌کند. این روش تفسیری است؛ بدین معنا که بر اساس قضاوت خبرگان تصمیم گرفته می‌شود که کدام متغیرها و چگونه با هم در ارتباط می‌باشند. ساختاری است؛ بدین معنا که ساختار کلی از یک مجموعه پیچیده از متغیرها را بر اساس ارتباطات، استخراج می‌کند و همچنین، یک روش مدل‌سازی است؛ به این معنا که روابط ویژه متغیرها و همچنین ساختار کلی را در یک مدل گرافیکی نشان می‌دهد. این تجزیه‌وتحلیل به‌صورت یک‌روند مرحله‌ای هدایت می‌شود و یک فرایند یادگیری تعاملی محسوب می‌شود. در این تکنیک، مجموعه‌ای از عناصر متفاوت در قالب یک مدل سیستماتیک جامع ساختاردهی می‌شوند. مدل‌سازی ساختاری_ تفسیری سیستم‌ها را به‌گونه‌ای ساختاردهی می‌کند که به‌سادگی قابل‌درک باشد (آذر، ۱۳۹۲).

از مزایای رویکرد ISM می‌توان به تبدیل یک سیستم پیچیده با متغیرهای مختلف به یک مدل ساده‌شده، ارائه تفسیری از اهداف، شناسایی آسان ساختار سیستم (Raut et al., 2017)، قابل‌درک برای طیف گسترده‌ای از کاربران، ابزاری جهت یکپارچه‌سازی نظرات مختلف خبرگان، کاربرد آن در مطالعه سیستم‌های پیچیده و متنوع اشاره کرد و از معایب آن می‌توان تعداد محدودی از متغیرها را برای ایجاد مدل ساختاری_ تفسیری در نظر گرفت، نام برد (آذر، ۱۳۹۲).

محدوده موردمطالعه

تهران به‌عنوان پایتخت کشور و بزرگ‌ترین شهر آن، در زمره یکی از سی کلان‌شهر بزرگ دنیا محسوب می‌شود. شهر تهران بیش از ۶۰۰ کیلومترمربع مساحت دارد (امینی ورکی و همکاران، ۱۴۰۲). کلان‌شهر تهران با حدود ۹ میلیون نفر، پرجمعیت‌ترین شهر ایران می‌باشد. شهر تهران واقع در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است (رشیدی، ۱۳۹۸). از دید ناهمواری‌های طبیعی، تهران به دو ناحیه دشتی و کوهپایه‌ای البرز تقسیم می‌گردد. گستره کنونی آن از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتدادیافته است. تهران دارای اقلیم نیمه‌خشک است (عباس مفرد و همکاران، ۱۴۰۰). آلودگی هوا در شهر تهران، در برخی از روزهای سال به مرز پرخطر برای تمامی گروه‌ها می‌رسد (توانایی مروی و همکاران، ۱۴۰۲). در شکل ۱ موقعیت شهر تهران ارائه‌شده است.

1. Interpretive Structural Modeling (ISM)



شکل ۱. موقعیت شهر تهران

روش پژوهش

هدف اصلی پژوهش، مدل‌سازی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران با استفاده از رهیافت ساختاری_تفسیری است. پژوهش حاضر از نظر روش‌شناختی از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش توصیفی_تحلیلی است. پیشران‌های شناسایی‌شده در مراحل قبل با استفاده از روش ارزیابی اثرات متقاطع و نرم‌افزار MICMAC صورت گرفته است. در این پژوهش ابزار جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت مصاحبه و پرسشنامه دودویی است و اطلاعات از خبرگان و متخصصان دریافت و تحلیل‌شده است. برای انتخاب تیم ISM، چون هدف تعمیم نتایج نیست، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. معیار انتخاب خبرگان، تسلط نظری، تجربه، تمایل، توانایی مشارکت در پژوهش و در دسترس بودن آن‌ها بود. تعداد خبرگان مشارکت‌کننده ۱۱ نفر انتخاب شد که در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. اطلاعات خبرگان مشارکت‌کننده در تیم ISM

خصوصیات خبرگان		تعداد خبرگان
جنسیت	مرد	۸
	زن	۳
سن	زیر ۲۵ سال	–
	۳۵-۲۵ سال	۵
	۴۵-۳۵ سال	۲
	بیش از ۴۵ سال	۴
وضعیت اشتغال	کارمند	۱
	عضو هیئت‌علمی دانشگاه	۶
	دانشجوی دکتری	۳
	سایر	۱
رشته تحصیلی	محیط‌زیست	۷
	مهندسی بهداشت محیط	۱
	عمران محیط‌زیست	۲
	شهرسازی	۱
سابقه اشتغال	کمتر از ۵ سال	۲
	۶ تا ۱۰ سال	۴
	بیش از ۱۰ سال	۵

یافته‌ها

مراحل اجرای روش مدل‌سازی ساختاری_ تفسیری:

مرحله اول: شناسایی متغیرهای مرتبط با مسئله

این متغیرها را می‌توان با رجوع به ادبیات تحقیق، مطالعات گذشته و یا از طریق دریافت نظرات خبرگان به‌وسیله پرسش‌نامه به دست آورد. در این پژوهش، پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران که با رویکرد ارزیابی اثرات متقاطع و نرم‌افزار MICMAC شناسایی شدند، مورداستفاده قرار گرفت. پیشران‌های مورداستفاده در این پژوهش عبارت‌اند از نوآوری در مدیریت شهری، مسئولان پشتیبان محیط‌زیست، سیاست‌های کلی دولت‌ها، دخالت دولت، تعداد وسایل نقلیه، تحقیق و توسعه، قیمت حامل‌های انرژی، نظارت بر تولید آلاینده‌ها، کیفیت صنایع، نرخ رشد جمعیت، تأثیر الگوی مصرف و سرمایه‌گذاری در انرژی پاک به‌عنوان مهم‌ترین پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران هستند که برای مدیریت مؤثر آلودگی هوا در شهر تهران، در گام اول باید به این ۱۲ پیشران یادشده توجه نمود.

مرحله دوم: تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری

در این مرحله متغیرها به‌صورت دودویی با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند و پاسخ‌دهندگان با استفاده از نمادهای جدول ۲ به تعیین روابط متغیرها می‌پردازند. در جدول ۳ ماتریس خود تعاملی ساختاری نمایان است.

جدول ۲. روابط مفهومی در تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری

نماد	مفهوم نماد
V	عامل سطر می‌تواند زمینه‌ساز عامل ستون باشد.
A	عامل ستون می‌تواند زمینه‌ساز عامل سطر باشد.
X	بین عامل سطر و ستون ارتباط دوطرفه وجود دارد.
O	هیچ نوع ارتباطی میان این دو عنصر وجود ندارد.

جدول ۳. ماتریس خود تعاملی ساختاری

	نوآوری	مسئولان	سیاست‌های کلی دولت	دخالت دولت	وسایل نقلیه	تحقیق و توسعه	قیمت انرژی	نظارت بر تولید آلاینده‌ها	کیفیت صنایع	رشد جمعیت	الگوی مصرف	سرمایه‌گذاری در انرژی پاک
نوآوری در مدیریت شهری		A	A	A	V	A	V	V	V	O	V	V
مسئولان پشتیبان محیط‌زیست			A	V	V	X	V	V	V	O	V	V
سیاست‌های کلی دولت				V	V	V	V	V	V	V	V	V
دخالت دولت					V	V	V	V	V	V	V	V
تعداد وسایل نقلیه						A	X	A	O	A	A	A
تحقیق و توسعه							V	V	V	O	V	V
قیمت انرژی								V	V	O	X	X
نظارت بر تولید آلاینده‌ها									V	O	V	V
کیفیت صنایع										O	V	V
رشد جمعیت											V	V
الگوی مصرف												X
سرمایه‌گذاری در انرژی پاک												

مرحله سوم: ایجاد ماتریس دسترسی اولیه

در این مرحله ماتریس خود تعاملی ساختاری به یک ماتریس دو دویی تبدیل می‌شود و ماتریس دسترسی اولیه به دست می‌آید. در این ماتریس به‌جای نمادهای X، A، O،V ارقام ۰ و ۱ قرار داده شد. جایگذاری ۰ و ۱ بر اساس قواعد چهارگانه زیر صورت می‌گیرد (Mangla et al., 2014)

- درصورتی‌که ورودی (i,j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد v باشد؛ ورودی (i,j) در ماتریس دستیابی عدد ۱ و ورودی (j,i) عدد ۰ خواهد بود.
- درصورتی‌که ورودی (i,j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد A باشد؛ ورودی (i,j) در ماتریس دستیابی عدد ۰ و ورودی (j,i) عدد ۱ خواهد بود.
- درصورتی‌که ورودی (i,j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد X باشد؛ ورودی (i,j) در ماتریس دستیابی عدد ۱ و ورودی (j,i) عدد ۱ خواهد بود.
- درصورتی‌که ورودی (i,j) در ماتریس خود تعاملی ساختاری نماد O باشد؛ ورودی (i,j) در ماتریس دستیابی عدد ۰ و ورودی (j,i) عدد ۰ خواهد بود.

بر اساس این قواعد، ماتریس دسترسی اولیه برای پیشران‌های مربوطه در جدول ۴ ارائه‌شده است.

جدول ٤. ماتریس دسترسی اولیه

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
C1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
C2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
C3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C4	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
C6	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
C7	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1
C8	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
C10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
C11	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
C12	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1

مرحله چهارم: سازگاری ماتریس دستیابی

در این مرحله ممکن است تناقضاتی بین نتایج ماتریس‌های دسترسی اولیه وجود داشته باشد. به‌عنوان‌مثال، اگر جزء A بر مؤلفه B و جزء B بر مؤلفه C تأثیر بگذارد، مطمئناً مؤلفه A بر مؤلفه C تأثیر خواهد داشت. برای حل این روابط متناقض، از رابطه ۱ استفاده شد (Azar et al., 2019).

رابطه ۱ $SSIM = BooleanA^n = A^{n-1}$

همان‌گونه که در رابطه ۱ نشان داده‌شده است ماتریس پایدار شده حاصل‌ضرب ماتریس اولیه در خودش به شکل صفر و یک است. این ضرب آن‌قدر ادامه می‌یابد تا حاصل‌ضرب ماتریس در خودش تغییر نکند. در این حالت می‌توان گفت ماتریس پایدار شده است و تناقض‌های موجود در ماتریس از بین رفته است (Saeedi et al., 2022). سازگاری ماتریس دستیابی با وارد کردن انتقال‌پذیری در روابط متغیرها، به‌وسیله نرم‌افزار R انجام شد و ماتریس دستیابی نهایی به دست آمد که در جدول ۵ نمایان است.

جدول ۵. ماتریس دسترسی نهایی به همراه درایه‌های تغییریافته با رنگ سبز

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	نفوذ
C1	1	0	0	0	1	0	*1*	1	1	0	1	1	7
C2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9
C3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
C4	1	*1*	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
C5	0	0	0	0	1	0	1	*1*	*1*	0	0	*1*	5
C6	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9
C7	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	*1*	1	6
C8	0	0	0	0	1	0	*1*	1	1	0	1	1	6
C9	0	0	0	0	*1*	0	*1*	0	1	0	1	1	5
C10	0	0	0	0	1	0	*1*	0	*1*	1	1	1	6
C11	0	0	0	0	1	0	*1*	0	1	0	1	1	5
C12	0	0	0	0	1	0	1	*1*	*1*	0	1	1	6
وابستگی	5	4	1	2	12	4	12	9	12	3	11	12	

مرحله پنجم: تعیین سطح و اولویت‌بندی متغیرها

پس از دستیابی به ماتریس نهایی، جمع هر سطر میزان نفوذ هر جزء را نشان می‌دهد درحالی‌که جمع هر ستون میزان وابستگی آن را نشان خواهد داد (Gholami et al. 2020) با در نظر گرفتن روابط ماتریس دسترسی نهایی، می‌توان مجموعه‌های ورودی و مجموعه‌های خروجی از مؤلفه‌ها را برای هر جزء استخراج کرد. مجموعه‌های ورودی برای مؤلفه A شامل اجزای خاصی است که بر تحقق مؤلفه A تأثیر می‌گذارد، درحالی‌که مجموعه خروجی مؤلفه A شامل مؤلفه‌هایی است که تحت تأثیر مؤلفه A هستند. متغیرهای مشترک نیز به اشتراک بین معیارهای ورودی و خروجی گفته می‌شود. جدول ۶ روابط پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران مشتمل بر مجموعه معیارهای ورودی، خروجی و مشترک را نشان می‌دهد.

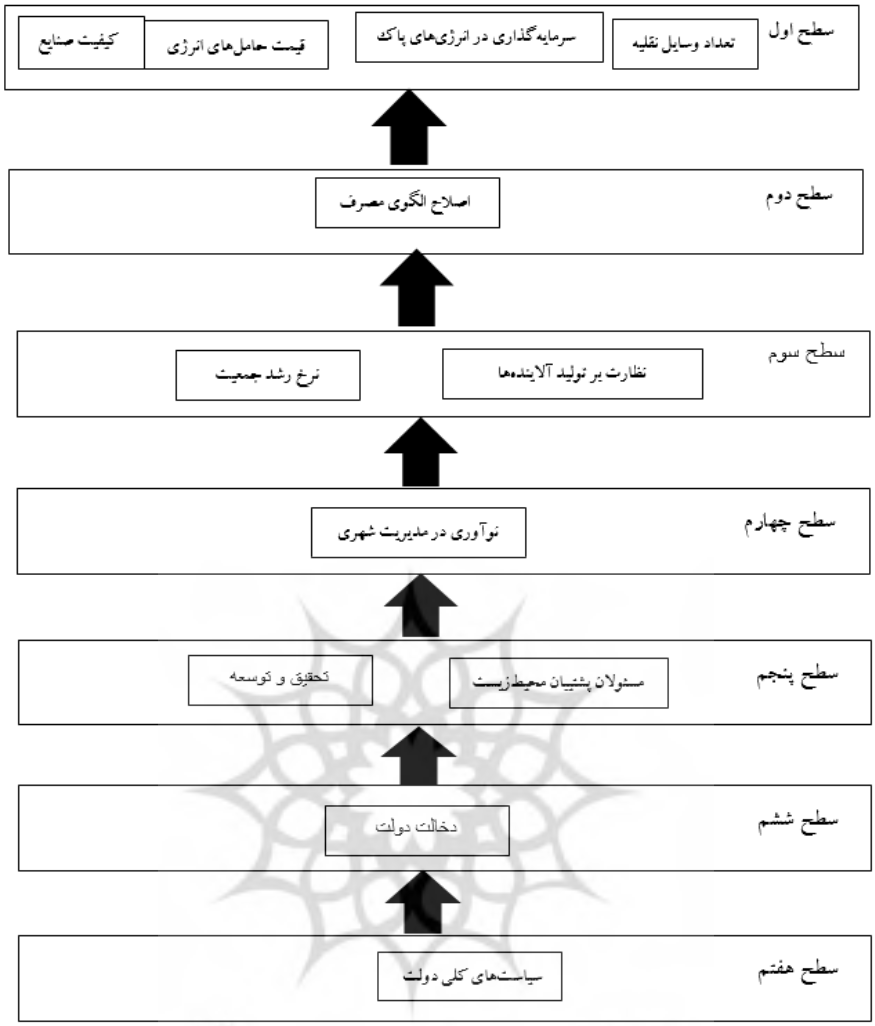
جدول ٦. روابط پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران مشتمل بر مجموعه معیارهای ورودی، خروجی و مشترک

نام مؤلفه	مجموعه مؤلفه‌های ورودی	مجموعه مؤلفه‌های خروجی	مجموعه مؤلفه‌های مشترک	سطح اثرگذاری
نوآوری در مدیریت شهری	۱،۵،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۱،۲،۳،۴،۶	۱	۴
عملکرد مسئولان پشتیبان محیط‌زیست	۱،۲،۵،۶،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۲،۳،۴،۶	۲،۶	۳
سیاست‌های کلی دولت	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۳	۳	۱
دخالت دولت‌ها	۱،۲،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۳،۴	۴	۲
تعداد وسایل نقلیه	۵،۷،۸،۹،۱۲	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۵،۷،۸،۹،۱۲	۷
تحقیق و توسعه	۱،۲،۵،۶،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۲،۳،۴،۶	۲،۶	۳
قیمت حامل‌های انرژی	۵،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۵،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۷
نظارت بر تولید آلاینده‌ها	۵،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۱۲	۵،۷،۸،۱۲	۵
کیفیت صنایع	۵،۷،۹،۱۱،۱۲	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۵،۷،۹،۱۱،۱۲	۷
رشد جمعیت	۵،۷،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۳،۴،۱۰	۱۰	۵
الگوی مصرف	۵،۷،۹،۱۱،۱۲	۱،۲،۳،۴،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۷،۹،۱۱،۱۲	۶
سرمایه‌گذاری در انرژی پاک	۵،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۵،۷،۸،۹،۱۱،۱۲	۷

مرحله ششم: ترسیم مدل

بر اساس اطلاعات مجموعه مؤلفه‌های ورودی، خروجی و مشترک که در مرحله قبل توضیح داده شد، مدل نهایی روابط

بین پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران ترسیم و در شکل ۲ ارائه شد.



شکل ۲. مدل ساختاری تفسیری پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران

مرحله هفتم: تجزیه‌وتحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی

محور عمودی، میزان تأثیرگذاری یک متغیر و محور افقی میزان تأثیرپذیری یا وابستگی یک متغیر از سایر متغیرها را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار، متغیرها را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد:

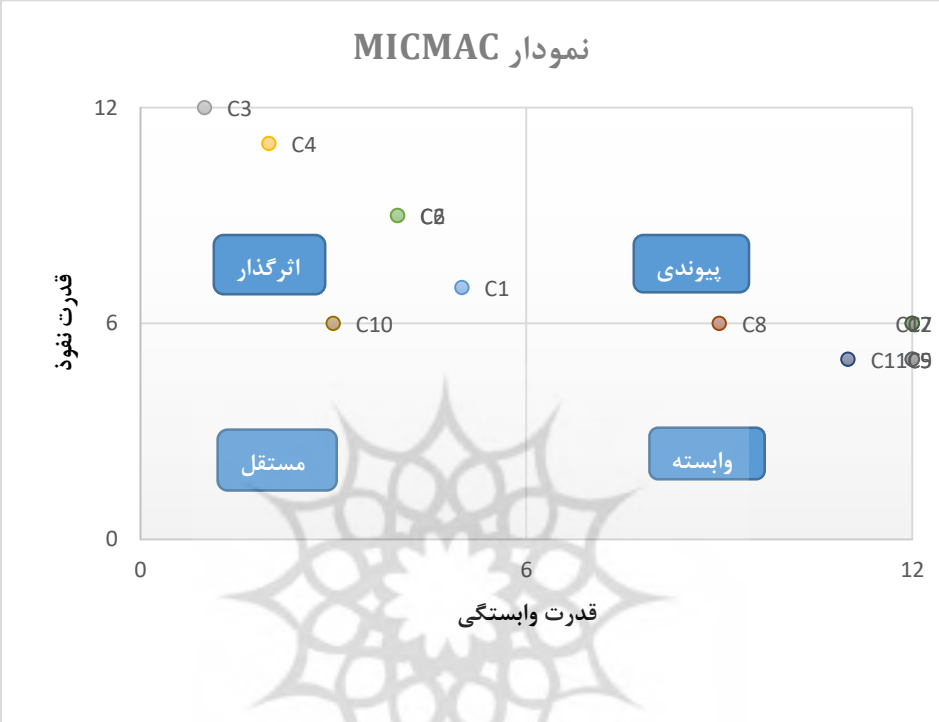
۱-متغیرهای مستقل که نه تأثیری بر متغیرهای دیگر دارند و نه تأثیری می‌پذیرند. این متغیرها مستقل عمل می‌کنند که در این خوشه ما هیچ متغیری نداریم.

۲-متغیرهای وابسته که تحت تأثیر متغیرهای اثرگذار و پیوندی هستند. که شامل نظارت بر تولید آلاینده‌ها (C8)، قیمت حامل‌های انرژی (C7)، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک (C12)، کیفیت صنایع (C9)، تعداد وسایل نقلیه (C5)، اصلاح الگوی مصرف (C11) است.

۳-متغیرهای اثرگذار که بسیار تأثیرگذار بر سامانه هستند و تأثیرپذیری آن‌ها اندک است. این گروه از متغیرها به دلیل تأثیرگذاری زیاد بر سایر متغیرها، طبیعتاً مورد اهمیت هستند که شامل نوآوری در مدیریت شهری (C1)، عملکرد مسئولان

پشتیبان محیطزیست (C2)، سیاست‌های کلی دولت (C3)، دخالت دولت (C4)، تحقیق و توسعه (C6)، رشد جمعیت (C10) است.

۴-متغیرهای پیوندی این متغیرها هم تأثیرگذاری و هم تأثیرپذیر هستند، به همین دلیل متغیرهای ناپایدار محسوب می‌شوند که هر تغییری بر آن‌ها می‌تواند تأثیری بر بقیه داشته باشد که در این خوشه ما هیچ متغیری نداریم که در شکل ۳ تجزیه‌وتحلیل میک‌مک قدرت نفوذ و میزان وابستگی ارائه‌شده است.



شکل ۳. تجزیه‌وتحلیل میک‌مک قدرت نفوذ و میزان وابستگی

بحث

با توجه به اهمیت موضوع پژوهش حاضر، تلاش شده است تا نسبت به سطح‌بندی و نیز اولویت‌بندی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا و نیز تعیین روابط میان آن‌ها با رویکرد ساختاری_ تفسیری اقدام شود. بدین منظور ۱۲ پیشران استفاده‌شده در این پژوهش با استفاده از رویکرد ارزیابی اثرات متقاطع و نرم‌افزار MICMAC شناسایی‌شده بود، استفاده شد. بر اساس شکل ۳ نوآوری در مدیریت شهری (C1)، عملکرد مسئولان پشتیبان محیطزیست (C2)، سیاست‌های کلی دولت (C3)، دخالت دولت (C4)، تحقیق و توسعه (C6)، رشد جمعیت (C10) جز پیشران‌های کلیدی یا اثرگذار مسئله شناسایی شدند که هرگونه تغییر بر روی این پیشران‌ها باعث تغییر بر سایر پیشران‌ها می‌شود. و پیشران‌های نظارت بر تولید آلاینده‌ها (C8)، قیمت حامل‌های انرژی (C7)، سرمایه‌گذاری در انرژی پاک (C12)، کیفیت صنایع (C9)، تعداد وسایل نقلیه (C5)، اصلاح الگوی مصرف (C11) در گروه پیشران‌های وابسته قرارگرفته‌اند که تحت تأثیر پیشران‌های اثرگذار قرار می‌گیرند و هرگونه تغییر در پیشران‌های اثرگذار، نمود عینی خود را بر روی این پیشران‌ها بروز می‌دهد.

همان‌طور که از شکل ۲ مدل ساختاری_ تفسیری پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا در شهر تهران نمایان است پیشران سیاست‌های کلی دولت در سطح هفتم قرار دارد یعنی پایین‌ترین سطح که بر تمامی پیشران‌های دیگر اثر می‌گذارد.

به‌بیان‌دیگر، تحقق این سطح زمینه‌ساز تحقق سطح ششم می‌باشد. پیشران دخالت‌های دولت در سطح ششم قرارگرفته است که از سیاست‌های کلی دولت اثر می‌پذیرد و بر دیگر پیشران‌ها اثر می‌گذارد. در سطح پنجم مسئولان پشتیبان محیطزیست و تحقیق و توسعه قرار دارند که از سیاست‌های کلی دولت و دخالت‌های دولت اثر می‌پذیرند و بر دیگر پیشران‌ها اثر می‌گذارند. در سطح چهارم نوآوری در مدیریت شهری قرار دارد که از سیاست‌های کلی دولت، دخالت‌های دولت، مسئولان پشتیبان محیطزیست و تحقیق و توسعه اثر می‌پذیرند و بر دیگر پیشران‌ها اثر می‌گذارند. در سطح سوم نظارت بر تولید آلاینده‌ها و رشد جمعیت قرار دارد که از سیاست‌های کلی دولت، دخالت‌های دولت، مسئولان پشتیبان محیطزیست، تحقیق و توسعه و نوآوری در مدیریت شهری تأثیر می‌پذیرد و بر دیگر پیشران‌ها تأثیر می‌گذارد. در سطح دوم اصلاح الگوی مصرف قرار دارد که از سیاست‌های کلی دولت، دخالت‌های دولت، مسئولان پشتیبان محیطزیست، تحقیق و توسعه، نوآوری در مدیریت شهری، نظارت بر تولید آلاینده‌ها و رشد جمعیت تأثیر می‌پذیرد و بر تعداد وسایل نقلیه، قیمت حامل‌های انرژی، کیفیت صنایع و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک تأثیر می‌گذارد و بالاخره در سطح اول تعداد وسایل نقلیه، قیمت حامل‌های انرژی، کیفیت صنایع و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک قرار دارد که از سیاست‌های کلی دولت، دخالت‌های دولت، مسئولان پشتیبان محیطزیست، تحقیق و توسعه، نوآوری در مدیریت شهری، نظارت بر تولید آلاینده‌ها، نرخ رشد جمعیت و اصلاح الگوی مصرف تأثیر می‌پذیرد. به عبارتی تحقق سطح بالاتر منوط به تحقق سطح پایین‌تر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای شناخت و ساختاردهی به مسئله و نیز پاسخ به سؤال پژوهش از رویکرد ساختاری_تفسیری که از روش‌های نرم تحقیق در عملیات است، استفاده‌شده است که این چارچوب با مدل مفهومی استفاده‌شده توسط سعیدی و همکاران (۲۰۲۱) و بیات و همکاران (۱۳۹۸) مشابهت دارد. در مواجهه با مسائل نرم، محققان به دنبال فهم کلی از چارچوب مسئله هستند که به نظر می‌رسد بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق چارچوب کلی مسئله شناسایی شد. از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان به‌عنوان اولویت‌بندی در سیاست‌گذاری‌ها و نیز برنامه‌ریزی در جهت حل مسئله آلودگی هوا و نیل به سمت وضعیت مطلوب در شهر تهران استفاده کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

این تحقیق بخشی از رساله دکتری با عنوان مدل‌سازی پیشران‌های ایجادکننده آلودگی هوا با رویکرد سیستمی در شهر تهران است که توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان حمایت‌شده است (شماره گرنت ۹۷۲۱۱۹۴۵۰۱). بدین‌وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه

علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تشکر و قدردانی می‌شود.

تقدیر و تشکر

منابع

آذر، عادل. (۱۳۹۲). *تحقیق در عملیات نرم*. تهران: انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.

بـــرک پـــور، ناصـــر و اســـدی، ایـــرج.(۱۳۸۹). *مـــدیریت و حکمروایی شهری*. چاپ اول، تهران، انتشارات دانشـگاه هنر.

حبیبی، آرش و آفریدی، صنم. (۱۴۰۱). *تصمیم‌گیری چند شاخصه*. تهران: انتشارات نارون.

References

Abbasmofrad, A., Hamzeh, F., Moradi, O., & Bahari, N. (2021). Investigating the Relationship between Air Pollution and Security with the Mediating Role of Nanotechnology in the Metropolis of Tehran. *Environment and Interdisciplinary Development*, *6*(74), 48-59. **[**in Persian**]** doi: 10.22034/envj.2022.314515.1158

Abedi, A., & Shawakhi, A. R. (2010). The Comparison between Quantitative and Qualitative Research in Behavioral Science. *Strategy*, *18*(1), 153-168. [in Persian]

Amini Varaki, S., Sasanpour, F., Behrouzinia, T., & Fasihi, H. (2023). Analyzing the effects of pandemic crisis (Covid-19) on redefining urban spaces The Case study of Tehran City. *Geographical planning of space quarterly journal*, *13* (1), 135-153. http://doi.org/10.30488/GPS.2022.314251.3474

Azar, A., Khosravani, F., & Jalali, R. (2019). Soft operational research: Problem structuring approaches. Tehran: Industrial Management Organization. (In Persian).

bayat, A., meisamlatifi, M., moradi, M., & Slambolchi, A. (2019). Designing of organizational ideology pattern with a fuzzy TISM approach. *Public Organizations Management*, *7*(3), 63-76. [in Persian] doi: 10.30473/ipom.2019.42380.3324

Bayat, R., Hassanvand, M. S., & Daroudi, R. (2020). Economic analysis of the cost of air pollution deaths in Tehran. *Urban Economics and Planning*, *1*(3), 188-197. [in Persian] doi: 10.22034/UE.2020.09.03.06

Borumand Kakhki, A., & Zahedi Motlagh, H. (2018). Survival level for urban naked body; dress or tie?. *Strategic Studies of public policy*, *8*(27), 329-345. [in Persian]

Chapin F.S., III, Matson P.A., Mooney H.A. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. First ed, SpringerVerlag, New York.

Dashti, M., Shahbazi, M., Azar, A., & Maleki, M. (2020). Life cycle of the Tehran air pollution control project: an stakeholder analysis approach. *Modiriat-e- farda*, *64*(19), 23-38. [in Persian]

Dehnavi eelagh, M., & Ali Abbaspour, R. (2023). Estimation of Missing Values in Time Series of Air Pollution Data in Tehran City. *Journal of Environmental Studies*, *48*(4), 439-459. [in Persian] doi: 10.22059/jes.2022.339422.1008287

Feng, L., & Wenjie, L. (2016). Legislation, Plans and Policies for Prevention and Control of Air Pollution In China: Achievements, Challenges and Improvements. *Journal of Cleaner Production, 112*.

Gholami, H., Bachok, M. F., Saman, M. Z. M., Streimikiene, D., Sharif, S., & Zakuan, N. (2020a). An ISM approach for the barrier analysis in implementing green campus operations: Towards higher education sustainability. Sustainability (Switzerland), 12(1). https://doi.org/10.3390/su12010363

Gholami, H., Bachok, M. F., Saman, M. Z. M., Streimikiene, D., Sharif, S., & Zakuan, N. (2020b). An ISM Approach for the Barrier Analysis in Implementing Green Campus Operations:

Towards Higher Education Sustainability. *Sustainability*, *12(*1), 363.

Haus, M., & Jan Erling, K. (2010). Urban leadership and community involvement: ingredients for good governance. Urban Affairs Review. 47: 2, United States.

Heger, M., & Sarraf, M. (2018). Air Pollution in Tehran: Health Costs, Sources, and Policies.

Hessami, Zohreh (2015). "Air Pollution – Challenges and Solutions".

Imani, A., Zoghi, A., & Keshavarz, S. (2023). Building and Validating the Smart Government Model with an Environmental Approach. *Environmental Researches*, *13*(26), 405-427. **[**in Persian**]** doi: 10.22034/eiap.2023.170592

Mangla, S., Madaan, j., Sarma, P., & Gupta, M. (2014). Multi-objective decision modelling using interpretive structural modelling for green supply chains. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 17(2), 1-17.

Peyghambarzadeh, S., Alvani, S., Amirkabiri, A., & Rabiee_Mondjin, M. (2021). Introducing a Native Model to Ensure the Implementation of Air Pollution Prevention and Control Policies in Iran; Study Case: Tehran. *Majlis and Rahbord*, *28*(105), 69-98. [in Persian] doi: 10.22034/mr.2021.436

Rashidi, F. (2019). Air pollution tolerant Species in city green area. *Journal of Natural Environment*, *72*(2), 251-261. [in Persian] doi: 10.22059/jne.2018.257832.1521

Raut, R. D., Narkhede, B., & Gardas, B. B. (2017). To identify the critical success factors of sustainable supply chain management practices in the context of oil and gas industries: ISM approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 33–47.

Saeedi, I., Mikaeili Tabrizi, A. R., Bahremand, A., & Salmanmahiny, A. (2022). A soft systems methodology and interpretive structural modeling framework for Green infrastructure development to control runoff in Tehran metropolis. *Natural Resource Modeling*, e12339.

Safarrad, T., & Yousefi, Y. (2022). Investigation of Air Pollution in Tehran According Wind And Precipitation Conditions. *Journal of Environmental Studies*, *48*(3), 387-402. [in Persian] doi: 10.22059/jes.2022.343398.1008320

Shahabi, A., Azar, A., Radfar, R., & Asadifard, R. A. (2020). Combining Soft Systems Methodology with Interpretive Structural Modeling and System Dynamics for Network Orchestration: Case Study of the Formal Science and Technology Collaborative Networks in Iran. *Systemic Practice and Action Research*, *33*(4), 453–478. https://doi.org/10.1007/s11213-019-09490-z

Soudmandi, A. (2020). Irregularities and Weaknesses of the Clean Air Act Compared to the Prevention of Air Pollution Act. *Public Law Researsh*, *22*(68), 141-170. [in Persian] doi: 10.22054/qjpl.2021.12223

Tavanaei Marvi, L., Behzadfar, M., & Mofidi Shemirani, S. M. (2023). Survey the factors affecting the future situation of housing in Tabriz metropolis. Geographical planning of space quarterly journal, 13 (1), 1-19. http://doi.org/10.30488/GPS.2023.363475.3584

Trivedi, A., Chauhan, A., & Singh, S. P. (2021). Analyzing glacial lake outburst flood triggers for sustainable disaster risk mitigation: an interpretive structural modelling based approach. Management of Environmental Quality: An International Journal.

United Nations Environment Programme (UNEP), 2016. UN Environment launches 2016 Annual Report online, Available at: http://web.unep.org/annualreport /2016/index.php?page=0andlang=en

Warfield, J. N. (1973). An assault on complexity (Issue 3). Battelle, Office of Corporate Communications.