



The University of Tehran Press

## Air Pollution Governance System: Application of Organizational Network Analysis of Clean Air Law Enforcement

Saeed Ramezani<sup>1</sup> | Majid Rahimi<sup>2</sup>

1. PhD Student, Agricultural Promotion and Education, Faculty of Economics and Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: [ramezani.saeed@ut.ac.ir](mailto:ramezani.saeed@ut.ac.ir)

2. Corresponding Author, PhD, Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: [rahimi74@ut.ac.ir](mailto:rahimi74@ut.ac.ir)

### ARTICLE INFO

**Article type:**  
Research Article

**Article History:**  
Received October 27, 2023  
Revised December 09, 2023  
Accepted December 12, 2023  
Published online 24 March 2024

**Keywords:**  
*Clean air law,*  
*Air pollution governance,*  
*Network analysis,*  
*Cooperation and coordination,*  
*Power concentration.*

### ABSTRACT

Air pollution is a significant environmental challenge that has been constantly increasing over recent years and public awareness and concern about its impacts on human health and ecosystems have been grown. Air pollution can originate from natural sources or human activities and it has serious effects on human health, including respiratory and cardiovascular diseases, and also harms the environment. This research focuses on air pollution governance and organizational network analysis in implementing clean air laws. Therefore, government and non-governmental entities related to the clean air laws have been identified and their relationships modeled using information extraction and natural language processing methods. Then, a network of relationships among these entities is constructed, and various network indicators were used to analyze the characteristics and properties of the network. Moreover, centrality measures were utilized to measure the micro-level features of the network. Lastly, the governance regime of air pollution based on clean air laws is examined using network density and concentration indicators. The results indicate that the network density index estimated a very low level of cooperation, coordination, and organizational coherence with an 8% rate. Additionally, the network in-degree centralization index at a the rate of 57.22% suggests a high concentration of power within the organization sector. In this manner, the governance system of air pollution in Iran appears to be both centralized and disorganized, with a lack of coordination and cooperation between different sectors evident in the organizational network. More importantly, the actions of the clean air law are not implemented without collaboration with others, and the air pollution governance system is inefficient. To improve this system, multiple measures are needed, including enhancing monitoring, promoting collaboration and resource allocation, raising public awareness, and ensuring necessary resources. Additionally, all organizations and society should collaborate in reducing air pollution to achieve a significant improvement in air quality and environmental protection.

**Cite this article:** Ramezani, S. & Rahimi, M. (2024). Air pollution governance system: Application of organizational network analysis of clean air law enforcement. *Natural Resources Governance*. 1 (1), 39-49. Doi: 10.22059/jnrg.2024.367281.1005



© Saeed Ramezani, Majid Rahimi.

**Publisher:** The University of Tehran Press.



## نظام حکمرانی آلودگی هوا: کاربرد تحلیل شبکه‌سازمانی در اجرای قانون هوای پاک

سعید رضانی<sup>۱</sup> | مجید رحیمی<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی دکتری، ترویج و آموزش کشاورزی پایدار، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: [ramezani.saeed@ut.ac.ir](mailto:ramezani.saeed@ut.ac.ir)

۲. نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکتری، علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: [rahimi74@ut.ac.ir](mailto:rahimi74@ut.ac.ir)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

#### نوع مقاله:

پژوهشی

#### تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۵

#### کلیدواژه:

تحلیل شبکه،

تمرکز قدرت،

حکمرانی آلودگی هوا،

قانون هوای پاک،

همکاری و هماهنگی.

آلودگی هوا یکی از چالش‌های مهم محیط زیستی است که همواره رو به افزایش بوده است. آگاهی عمومی و نگرانی درباره تأثیرات آلودگی هوا بر سلامت انسان و اکوسیستم‌ها افزایش یافته است. منشأ آلودگی هوا ممکن است منابع طبیعی یا فعالیت‌های انسانی باشد. آلودگی هوا تأثیرات جدی بر سلامت انسان دارد، از جمله بیماری‌های تنفسی و قلبی - عروقی و به محیط زیست نیز آسیب می‌رساند. این پژوهش بر حکمرانی آلودگی هوا و تحلیل شبکه‌سازمانی در اجرای قوانین هوای پاک تمرکز دارد. نهادهای دولتی و غیردولتی مرتبط با قانون هوای پاک شناسایی و روابط بین آنها با استفاده از روش‌های استخراج اطلاعات و پردازش زبان طبیعی مدل‌سازی شد. سپس شبکه‌روابط بین این نهادها ساخته شد و با استفاده از شاخص‌های مختلف شبکه، خصوصیات و مشخصات شبکه تحلیل شد. همچنین از شاخص‌های مرکزیت استفاده شد تا ویژگی‌های سطح خرد شبکه را اندازه‌گیری کنند. در انتها، رژیم حکمرانی آلودگی هوا بر اساس قانون هوای پاک با استفاده از شاخص‌های تراکم و تمرکز شبکه بررسی شد. نتایج نشان داد که شاخص تراکم شبکه با میزان ۸ درصد، همکاری و هماهنگی و انسجام سازمانی شبکه بسیار کمی را برآورد کرده است. شاخص تمرکز ورودی شبکه با ۵۷/۲۲ درصد نیز نشان‌دهنده تمرکز زیاد قدرت در اختیار یک سازمان بوده است. بر این اساس، نظام حکمرانی آلودگی هوا در ایران متمرکز ناهماهنگ است و همکاری و هماهنگی ضعیفی در شبکه روابط کنشگران وجود دارد. اقدامات قانون هوای پاک بدون همکاری دیگران اجرا نشده است و نظام حکمرانی آلودگی هوا کارآمد نیست. برای بهبود این نظام، به تدابیر متعددی از جمله بهبود نظارت، ارتقای همکاری و تقسیم منابع، آگاهی‌بخشی عمومی و تأمین منابع نیاز است. همچنین همه نهادهای جامعه باید در کاهش آلودگی هوا همکاری کنند تا بهبود چشمگیری در کیفیت هوا و حفاظت از محیط زیست ایجاد شود.

استناد: رضانی، سعید و رحیمی، مجید (۱۴۰۳). نظام حکمرانی آلودگی هوا: کاربرد تحلیل شبکه‌سازمانی در اجرای قانون هوای پاک. نشریه حکمرانی منابع طبیعی، ۱ (۱) ۳۹-۴۹.

© سعید رضانی، مجید رحیمی ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

Doi: 10.22059/jnrg.2024.367281.1005



## ۱. مقدمه

آلودگی هوا یکی از مشکلات مهم محیط زیستی است که به‌طور گسترده در سراسر جهان رخ می‌دهد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۸) و همه‌گیری آن در دهه‌های اخیر سبب شده است که آگاهی اجتماعی و نیز نگرانی‌ها درباره تأثیرات آن بر سلامت انسان و اکوسیستم‌ها افزایش یابد (Manisalidis et al., 2020). آلودگی هوا تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ذرات معلق، گازهای مسموم و ترکیبات شیمیایی است که به‌صورت طبیعی (مانند آتشفشان‌ها یا گرده گیاهان) یا از طریق فعالیت‌های انسانی (مانند حرکت وسایل نقلیه، صنایع و تولیدات صنعتی) پدید می‌آید (Das et al., 2021).

بر اهمیت مدیریت آلودگی هوا در سلامت جامعه و حفظ تعادل محیط زیستی همواره تأکید شده است. تحقیقات فراوان نشان داده است که آلودگی هوا ممکن است اثرهای جدی بر سلامت انسان داشته باشد، از جمله افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های تنفسی، بیماری‌های قلبی-عروقی، تأثیرات مستقیم بر سیستم ایمنی بدن و حتی مرگ زودرس. افزون بر این، آلودگی هوا تأثیر چشمگیری بر محیط زیست نیز دارد؛ مانند کاهش کیفیت آب و خاک، اختلال در رشد و نمو گیاهان و جانوران و نیز تخریب لایه ازن در جو زمین (Feng et al., 2019).

آلودگی هوا چالشی جهانی محسوب می‌شود که تأثیری عمده بر سلامت انسان و محیط زیست دارد (حمیدی و همکاران، ۱۴۰۱). به این مسئله به‌صورت وسیع در تحقیقات جهانی توجه شده است تا بتوان حکمرانی مناسبی برای کاهش آثار آلودگی هوا تعیین کرد. پژوهش‌های حکمرانی آلودگی هوا در تحقیقات جهانی به‌منظور آشنایی با راهکارها، سیاست‌ها و تجارب موفق در حوزه مدیریت آلودگی هوا مطالعه و تحلیل شده است (Wang et al., 2023; Yan et al., 2020). این پژوهش‌ها بر اساس اهمیت جنبه‌های مختلف مانند تأثیرات آلودگی هوا بر سلامت و تأثیرات آن در سطوح مختلف فضاهای زیستی انجام گرفته است (Tainio et al., 2021).

در این زمینه، دستاوردهای تحقیقات جهانی نشان می‌دهد که بیشتر موارد به راهبردهای مؤثر در حکمرانی آلودگی هوا پرداخته‌اند (Yang et al., 2021; Kou et al., 2022). برخی از موضوعاتی که در این تحقیقات بررسی شده‌اند عبارت است از استفاده از منابع انرژی پاک و پایدار (Mehmood, 2021)، بهبود فناوری‌های صنایع و وسایل نقلیه (Huang et al., 2022)، ارائه سیاست‌های سازنده و قوانین سختگیرانه برای کاهش آلودگی هوا (Chu et al., 2023) و همچنین ترویج فرهنگ حفاظت محیط زیست در جامعه (Baloch et al., 2023). در نتیجه تحقیقات جهانی در حوزه حکمرانی آلودگی هوا، منبعی غنی از دانش و راهکارهای عملی برای کاهش آلودگی هوا و بهبود کیفیت هوای مناطق مختلف جهان محسوب می‌شود (Ren et al., 2023). آلودگی هوا به‌منزله یکی از چالش‌های جدی در ایران نیز در دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه بوده است. شهرهای بزرگ ایران با پراکندگی جمعیت زیاد، صنایع سنگین و ترافیک شدید، با مسئله آلودگی هوا روبه‌رو هستند (کنعانی ممان و همکاران، ۱۴۰۱؛ حمیدی و همکاران، ۱۴۰۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که آلودگی هوای شهرها و مناطق صنعتی ایران تأثیرات نامطلوب جدی بر سلامت انسان و محیط زیست دارد (آقاشریعتمداری و همکاران، ۱۳۹۶؛ Sun et al., 2022). حکمرانی آلودگی هوا در ایران نیازمند اقدامات قاطع و سیاست‌های مؤثر است تا بهبود کیفیت هوا و حفظ سلامت جامعه تضمین شود.

در سال‌های اخیر، برخی از تحقیقات درباره مدیریت آلودگی هوا در ایران صورت گرفته است. بهبود کیفیت هوا و کاهش آلودگی در ایران به منابع و دستاوردهایی مانند مستندسازی شاخص‌های آلودگی هوا (رهسپار طلوعی و همکاران، ۱۴۰۰)، ترویج سوخت‌های پاک و انرژی‌های نو (حقایقی، ۱۳۹۷؛ عسگری و همکاران، ۱۴۰۱)، تعیین محدودیت‌های حداکثر مجاز تراکم خودروها (عدل و همکاران، ۱۴۰۱) و تحقیقات گسترده در زمینه اثرهای آلودگی هوا بر سلامت عمومی (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۴) و غیره از جمله این موارد هستند.

با توجه به این مسائل، در این پژوهش به بررسی و تحلیل حکمرانی آلودگی هوا در ایران با توجه به قانون هوای پاک پرداخته شد. این بررسی به‌منظور شناخت بهتر چالش‌ها و موانع موجود در حکمرانی آلودگی هوا در ایران انجام گرفت و در آن راهکارها و سیاست‌های بهبود کیفیت هوا و کاهش آلودگی در ایران بررسی شد. بدین منظور از روش تحلیل شبکه روابط سازمانی و بررسی قانون هوای پاک استفاده شد. تحلیل شبکه به‌منزله ابزاری قدرتمند برای تحلیل نظام‌های پیچیده و متشکل از عوامل متعدد، در

بسیاری از زمینه‌ها به کار گرفته می‌شود (Rahimi et al., 2023). در حوزه حکمرانی هوا نیز به استفاده از تحلیل شبکه به‌عنوان رویکردی نوین و کارآمد توجه شده است (Li, 2023; Nagel et al., 2022). به‌منظور تحلیل و بررسی آثار نظام حکمرانی هوا در ایران، می‌توان از تحلیل شبکه استفاده کرد و به عوامل مختلف در این نظام پرداخت.

در نتیجه در این پژوهش، به بررسی کاربرد تحلیل شبکه در تحلیل نظام حکمرانی هوا و به‌ویژه تحلیل قانون هوای پاک ایران پرداخته شده است. قانون هوای پاک ایران که با هدف مدیریت و کاهش آلودگی هوا و بهبود کیفیت هوای محیط زیست تدوین شده است، شامل مجموعه‌ای از قوانین، مقررات و سیاست‌هاست که تأثیر زیادی بر حکمرانی هوا در ایران دارد. یکی از راهکارهای کاربرد تحلیل شبکه در تحلیل قانون هوای پاک ایران، شناخت و تحلیل روابط متقابل بین نهادهای مرتبط با نظام حکمرانی هواست. با استفاده از شبکه‌های مفهومی، ساختاری و اجتماعی، می‌توان تأثیر هر یک از این نهادها در ارتقای کیفیت هوا را بررسی کرد و به‌صورت گسترده‌تری فهمید که چگونه کارکردها و تعاملات این سازمان‌ها می‌تواند به بهبود حکمرانی هوا در ایران کمک کند.

با استفاده از تحلیل شبکه در تحلیل نظام حکمرانی هوا و قانون هوای پاک ایران، این پژوهش به بهبود فهم و شناخت عوامل مؤثر و تقویت همکاری بین نهادهای مختلف در این زمینه کمک می‌کند (Rahimi et al., 2021). این تحقیق با هدف بررسی و تحلیل نظام حکمرانی آلودگی هوا در مقیاس کشور ایران تمرکز دارد و هدف اصلی آن، شناخت بهتر چالش‌ها و موانع موجود در حکمرانی آلودگی هوا و ارائه راهکارهای مؤثر برای بهبود کیفیت هوا در سطح ایران است. این تحقیق بر مبنای تحلیل شبکه و بررسی روابط و تأثیرات بین کنشگران مختلف در حکمرانی آلودگی هوا انجام گرفته است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. جمع‌آوری داده‌ها

در ابتدا، نهادهای دولتی و غیردولتی تحت بررسی که در قانون هوای پاک نامبرده شده‌اند شناسایی شدند. برای این منظور، به بررسی قانون هوای پاک پرداخته شده است. قانون هوای پاک، در تاریخ ۲۵ تیرماه سال ۱۳۹۶ توسط مجلس شورای اسلامی جمهوری اسلامی ایران تصویب و به تأیید شورای نگهبان رسیده است. این قانون با هدف جلوگیری از آلودگی هوا و حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست در نظر گرفته شده است. این قانون مشتمل بر ۳۴ ماده و ۳۹ تبصره، تعریف‌ها و مقرراتی را برای رعایت آن توسط اشخاص و سازمان‌ها ارائه می‌دهد. همچنین سازمان حفاظت محیط زیست مسئول نظارت بر اجرای این قانون معرفی شده است.

با استفاده از روش‌های استخراج اطلاعات و پردازش زبان طبیعی، اطلاعات مربوط به روابط نهادهای دولتی و غیردولتی که از سند قانون هوای پاک استخراج شده‌اند ساختاردهی شدند (Debnath et al., 2021). این فرایند شامل تحلیل متن، تجزیه پاراگراف‌ها به جملات و موجودیت‌ها و تخصیص برچسب به موجودیت‌هاست (Kumar et al., 2022). بر اساس اطلاعات ساختاردهی شده، شبکه روابط بین نهادهای دولتی و غیردولتی مرتبط با قانون هوای پاک ساخته شد. در این شبکه، نهادها به‌عنوان گره‌ها نمایش داده می‌شوند.

### ۲.۲. تحلیل شبکه

پس از ساخت شبکه روابط، ماهیت و خصوصیات شبکه تحت بررسی تحلیل پذیر خواهد شد. در این مرحله از محاسبه شاخص‌های سطح خرد و کلان شبکه استفاده شد. این شاخص‌ها شامل اندازه‌گیری‌های مختلف سطح کلان مانند تراکم شبکه، تمرکز شبکه، میانگین فاصله ژئودزیک، دوسویگی و انتقال‌پذیری روابط و همچنین شاخص‌های سطح خرد مرکزیت درجه ورودی و خروجی، مرکزیت بینایی و همچنین مرکزیت مجاورت می‌شوند (Rahimi et al., 2021).

شاخص تراکم شبکه در تحلیل شبکه اجتماعی یکی از مهم‌ترین معیارهاست که در بررسی روابط میان افراد در شبکه‌های اجتماعی استفاده می‌شود. این شاخص نسبت تعداد رابطه‌های موجود در شبکه به تعداد ممکن رابطه‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. شاخص تمرکز شبکه در تحلیل شبکه‌های اجتماعی کمک می‌کند تا بتوان نحوه تمرکز و اتصالات درون شبکه را درک کرد.

همچنین میانگین فاصله ژئودزیک، میانگین کوتاه‌ترین مسیرهای ممکن بین تمام جفت از اعضای شبکه را محاسبه می‌کند. این شاخص نشان می‌دهد که چقدر اعضای شبکه از همدیگر فاصله دارند. دوسویگی نسبت تعداد روابط دوطرفه به کل روابط را نشان می‌دهد. این شاخص میزان همبستگی در برابر رابطه دوسویه را نمایش می‌دهد. انتقال‌پذیری روابط نیز نسبت تعداد رابطه‌های سه‌طرفه به کل رابطه‌ها را نشان می‌دهد. این شاخص نشان می‌دهد که در چه میزان روابط درون شبکه به صورت مثلث‌های سه‌طرفه شکل می‌گیرند (Moghfeli et al., 2023).

در تحلیل شبکه‌های اجتماعی، برای اندازه‌گیری ویژگی‌های سطح خرد مرکزیت افراد و تعاملات درون شبکه، از شاخص‌هایی مانند مرکزیت درجه ورودی و خروجی، مرکزیت بینابینی و مرکزیت مجاورت استفاده می‌شود (Deng et al., 2023). شاخص مرکزیت درجه ورودی تعداد روابط ورودی یا روابطی را که به یک گره خاص از شبکه وارد می‌شود نشان می‌دهد. این شاخص بیانگر حد تأثیر و قدرت دریافت فرد در شبکه است. شاخص مرکزیت درجه خروجی تعداد روابط خروجی یا روابطی را که از یک گره به سمت دیگری از شبکه می‌رود نمایش می‌دهد. این شاخص نشان‌دهنده میزان نفوذ و تأثیر یک فرد در شبکه است. شاخص مرکزیت بینابینی در واقع میزان تأثیر و کنترل یک عضو در انتقال اطلاعات و ارتباطات درون شبکه را نشان می‌دهد. فردی با مرکزیت بینابینی زیاد به طور معمول درون‌گرا بوده و قادر به پخش و کنترل اطلاعات بین افراد و گروه‌هاست. همچنین شاخص مرکزیت مجاورت میزان نزدیکی یا دسترسی یک فرد به دیگر اعضای شبکه را نشان می‌دهد. وجود مرکزیت مجاورت زیاد نشان‌دهنده دسترسی آسان یک فرد به منابع و اطلاعات در شبکه است.

پس از محاسبه شاخص‌های شبکه تحت بررسی، رژیم نظام حکمرانی آلودگی هوا براساس قانون هوای پاک بررسی شد. بدین منظور از دو شاخص تراکم و تمرکز شبکه استفاده شد (Rahimi et al., 2023). رژیم‌های حکمرانی می‌توانند بر اساس سطح هماهنگی و مرکزیت در نظام سیاسی دسته‌بندی شوند (Brisbois, 2020). در رژیم متمرکز ناهماهنگ، قدرت و تصمیم‌گیری‌ها در دستگاه حکومت به طور یکنواخت و به روشی هماهنگ توزیع می‌شوند. در این رژیم، جنبش‌ها و تحولات مختلف در نظام سیاسی از هم مستقل عمل می‌کنند و کمبود هماهنگی بین اجزای سیستم ایجاد می‌شود. رژیم متمرکز هماهنگ، به معنای وجود قدرت و تصمیم‌گیری مرکزی است که نظام سیاسی را هدایت می‌کند، اما هماهنگی بین اجزا در حد مناسبی است. در این رژیم، عملکرد ساختاری و توزیع قدرت هماهنگ شده است؛ در صورتی که اقدامات مختلف با توجه به سیاست‌های مرکزی انجام می‌گیرد.

در رژیم چندپاره، قدرت و تصمیم‌گیری‌ها بین چند نهاد سیاسی، اجتماعی یا قومی تقسیم می‌شود، در صورتی که هماهنگی مناسبی در بین آنها وجود ندارد. هر نهاد در این رژیم برخی از صلاحیت‌ها و قدرت‌ها را داراست و این توازن بین اجزا می‌تواند به عنوان ویژگی اصلی رژیم چندپاره تلقی شود. در رژیم چندمرکزی، قدرت و تصمیم‌گیری‌ها بین چندین کنشگر به صورت قدرت قطعی و مستقل تقسیم می‌شود. در این رژیم، هر کنشگر قدرت خود را دارد و عملکرد مستقلی نسبت به کنشگرهای دیگر اجرا می‌کند.

### ۳. نتایج

در این پژوهش قانون نظام حکمرانی آلودگی هوا با تأکید بر اجرای قانون هوای پاک بررسی شد. بدین منظور ابتدا کنشگران مذکور در این قانون مشخص شده و سپس روابط بین آنها بر اساس ماده و تبصره‌های قانون هوای پاک استخراج شد. بدین ترتیب که کنشگران به عنوان گره‌ها و روابط بین آنها بر اساس ماده و تبصره ذکر شده در قانون هوای پاک به عنوان روابط بین آنها در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از روش تحلیل شبکه اجتماعی، شبکه مستخرج یا شبکه حکمرانی آلودگی هوا تحلیل شد. بدین ترتیب که بر اساس شاخص‌های سطح کلان شبکه (جدول ۱)، شاخص تراکم شبکه با ۸ درصد دارای مقدار کمی بود که نشان‌دهنده همکاری و هماهنگی کم در بین کنشگران است.

همچنین بر اساس شاخص تمرکز شبکه، در هر دو حالت تمرکز ورودی و خروجی، مقداری بیشتر از ۵۰ درصد را شاهد بوده‌ایم؛ به طوری که در شاخص تمرکز ورودی این مقدار بیشتر یعنی ۵۷/۲۲ درصد بوده است. بدین ترتیب میزان تمرکز قدرت در این شبکه مقدار زیادی محاسبه شده است. شاخص دوسویگی پیوندها با ۲۵/۴۲ درصد و انتقال‌پذیری روابط با ۵/۵۱ درصد دارای مقادیر بسیار کم بوده‌اند که ممکن است نشان‌دهنده پایداری کم و نبود توازن در شبکه حکمرانی آلودگی هوا باشد. در این شبکه شاخص

میانگین فاصله زئودزیک نیز با میزان ۲/۳۱۴ دارای مقدار زیادی است که نشان‌دهنده سرعت اندک گردش اطلاعات و دانش در بین کنشگران حاضر در نظام حکمرانی آلودگی هواست.

به‌منظور تحلیل شبکه حکمرانی آلودگی هوا بر اساس قانون هوای پاک و تعیین کنشگران کلیدی در این شبکه، از شاخص‌های سطح خرد استفاده شد. بدین ترتیب بر اساس جدول ۲، نهاد سازمان حفاظت محیط زیست با مرکزیت درجه ورودی ۶۳/۳ دارای بیشترین میزان این شاخص است و در نتیجه کلیدی‌ترین نهاد در شبکه حکمرانی آلودگی هوا بر اساس قانون هوای پاک شناخته می‌شود. همچنین کنشگر سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت کشور با مرکزیت درجه خروجی به ترتیب ۵۶/۷ و ۲۶/۷، کنشگران دارای بیشترین تأثیرگذاری بر نهادهای دیگر در شبکه حکمرانی آلودگی هوا شناخته می‌شود.

به‌طور کلی، کنشگرانی که بعد از سازمان حفاظت محیط زیست دارای بیشترین قدرت در شبکه حکمرانی آلودگی هوا هستند، عبارت‌اند از مجلس شورای اسلامی، وزارت کشور و وزارت راه و شهرسازی. همچنین کنشگرانی که بعد از سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت کشور دارای مرکزیت درجه خروجی بیشتری هستند و تأثیرگذاری بیشتری بر دیگر کنشگران دارند عبارت‌اند از سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و وزارت راه و شهرسازی، مناطق آزاد تجاری-صنعتی و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات.

جدول ۱. شاخص‌های سطح کلان شبکه حکمرانی آلودگی هوا

شاخص	میزان شاخص (درصد)	توضیحات
تراکم شبکه	۸	میزان همکاری و هماهنگی، میزان انسجام سازمانی
تمرکز شبکه	۵۷/۲۲	ساختار الگوی روابط (ساختار بسته: تمرکز زیاد، ساختار پراکنده: تمرکز کم) و
تمرکز درجه خروجی	۵۰/۳۳	تصدی‌گری مشارکتی
دوسویگی	۲۵/۴۲	میزان پایداری در هر شبکه و میزان همکاری متقابل
انتقال‌پذیری	۵/۵۱	میزان پایداری، توازن و تعادل شبکه
میانگین فاصله زئودزیک	۲/۳۱۴	سرعت گردش و تبادل اطلاعات، وحدت، اتحاد، یگانگی و یکپارچگی کنشگران

جدول ۲. شاخص‌های سطح خرد مرکزیت درجه ورودی و خروجی

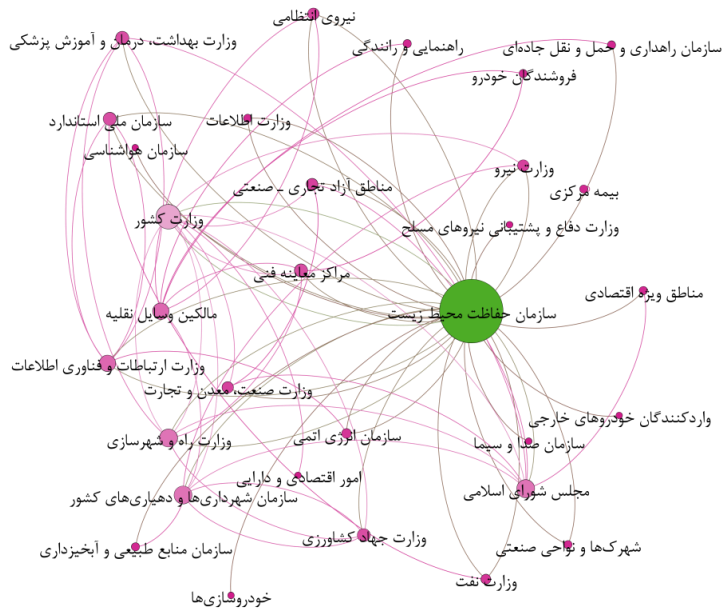
کنشگر	مرکزیت درجه ورودی	کنشگر	مرکزیت درجه خروجی	مرکزیت درجه خروجی	مرکزیت درجه ورودی
سازمان حفاظت محیط زیست	۶۳/۳	سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای	۵۶/۷	۳/۳	۳/۳
سازمان هواشناسی	۳/۳	فروشندگان خودرو	۰	۳/۳	۳/۳
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی	۱۰	مالکان وسایل نقلیه	۶/۷	۲۰	۳/۳
مناطق آزاد تجاری-صنعتی	۰	بیمه مرکزی	۱۳/۳	۰	۰
مناطق ویژه اقتصادی	۰	مجلس شورای اسلامی	۶/۷	۰	۲۶/۷
شهرک‌ها و نواحی صنعتی	۳/۳	امور اقتصادی و دارایی	۳/۳	۰	۳/۳
وزارت کشور	۱۳/۳	وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح	۲۶/۷	۰	۳/۳
نیروی انتظامی	۶/۷	وزارت اطلاعات	۶/۷	۳/۳	۳/۳
وزارت صنعت، معدن و تجارت	۱۰	سازمان انرژی اتمی	۳/۳	۳/۳	۶/۷
سازمان ملی استاندارد	۱۰	وزارت نفت	۶/۷	۶/۷	۳/۳
خودروسازی‌ها	۰	وزارت نیرو	۳/۳	۳/۳	۱۰
واردکنندگان خودروهای خارجی	۰	وزارت جهاد کشاورزی	۳/۳	۱۰	۶/۷
راهنمایی و رانندگی	۶/۷	سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری	۰	۳/۳	۳/۳
مراکز معاینه فنی	۱۰	سازمان صدا و سیما	۶/۷	۳/۳	۰
وزارت راه و شهرسازی	۱۳/۳		۱۳/۳		
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور	۱۰	وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات	۱۶/۷	۱۳/۳	۱۰

بر اساس جدول ۳ و نتایج مربوط به شاخص‌های مرکزیت بینابینی و مجاورت، نهاد سازمان حفاظت محیط زیست با ۵۱/۲ درصد دارای بیشترین مرکزیت بینابینی و با ۴۷/۶ درصد دارای بیشترین مرکزیت مجاورت هستند. پس از آن وزارت کشور و مالکان وسایل نقلیه با مرکزیت بینابینی ۱۱/۵ و ۵/۵ دارای بیشترین مرکزیت بینابینی بوده و دارای تأثیر و کنترل انتقال اطلاعات و ارتباطات درون شبکه زیاد هستند. کنشگر وزارت کشور با ۳۸ درصد، کنشگر سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و مجلس شورای اسلامی با ۳۶/۶ درصد، وزارت راه و شهرسازی با ۳۶/۱ درصد و مراکز معاینه فنی با ۳۵/۷ درصد دارای بیشترین مرکزیت مجاورت پس از سازمان حفاظت محیط زیست و در نتیجه دارای دسترسی آسان‌تری به منابع و اطلاعات در شبکه آلودگی هوا نسبت به دیگر کنشگران هستند.

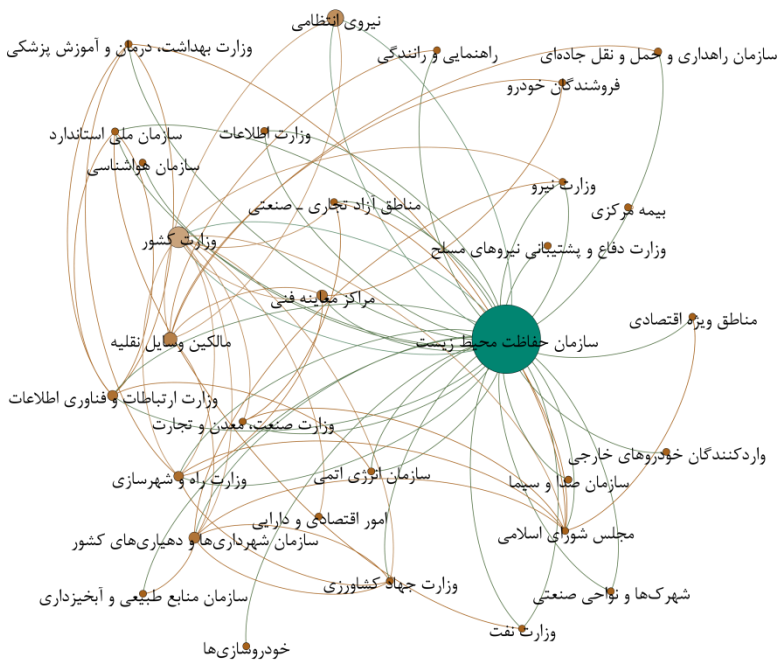
در شکل‌های ۱ و ۲، موقعیت هندسی کنشگران شبکه روابط آلودگی هوا بر اساس دو شاخص مرکزیت درجه و مرکزیت بینابینی آورده شده است. اندازه گره‌ها نشان‌دهنده میزان هر شاخص است و روابط بین کنشگران در این شبکه نیز با خطوط منحنی نشان داده شده است. در شکل ۳ رژیم حکمرانی آلودگی هوا بررسی شده است که نتایج نشان می‌دهد رژیم غالب نظام حکمرانی آلودگی هوا، رژیم متمرکز ناهماهنگ است که نشان‌دهنده همکاری و هماهنگی کم و همچنین تمرکز قدرت زیاد در بین کنشگران این شبکه است.

جدول ۳. شاخص‌های سطح خرد مرکزیت بینابینی و مرکزیت مجاورت

مرکزیت مجاورت	مرکزیت بینابینی	کنشگر	مرکزیت مجاورت	مرکزیت بینابینی	کنشگر
۳۴/۱	۰/۴	سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای	۴۷/۶	۵۱/۲	سازمان حفاظت محیط زیست
۲۸	۰	فروشنندگان خودرو	۳۳	۰	سازمان هواشناسی
۳۰/۳	۵/۵	مالکان وسایل نقلیه	۳۴/۱	۰/۲	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
۰	۰	بیمه مرکزی	۳۴/۵	۰	مناطق آزاد تجاری - صنعتی
۳۶/۶	۰	مجلس شورای اسلامی	۳۳/۳	۰	مناطق ویژه اقتصادی
۲۸	۰	امور اقتصادی و دارایی	۳۳	۰	شهرک‌ها و نواحی صنعتی
۳۳	۰	وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح	۳۸	۱۱/۵	وزارت کشور
۳۳	۰	وزارت اطلاعات	۳۴/۱	۷/۸	نیروی انتظامی
۳۳/۳	۰	سازمان انرژی اتمی	۳۴/۵	۰	وزارت صنعت، معدن و تجارت
۳۳/۳	۰	وزارت نفت	۳۳/۷	۰/۱	سازمان ملی استاندارد
۳۴/۵	۰	وزارت نیرو	۳۳	۰	خودروسازی‌ها
۳۴/۹	۰/۱	وزارت جهاد کشاورزی	۳۳	۰	واردکنندگان خودروهای خارجی
۳۳/۷	۰	سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری	۳۴/۱	۰	راهنمایی و رانندگی
۳۲/۹	۰	سازمان صدا و سیما	۳۵/۷	۳	مراکز معاینه فنی
۳۴/۱	۲/۶	وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات	۳۶/۱	۲/۲	وزارت راه و شهرسازی
			۳۶/۶	۳/۴	سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

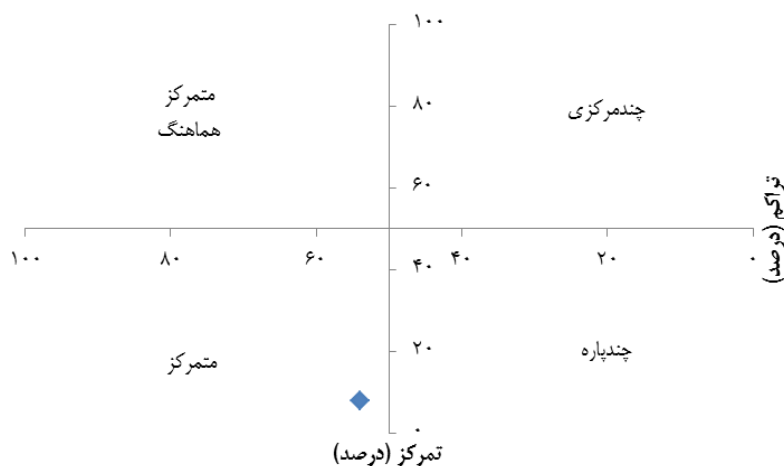


شکل ۱. موقعیت هندسی کنشگران شبکه حکمرانی آلودگی هوا، اندازه گره‌ها نشان دهنده مرکزیت درجه



شکل ۲. موقعیت هندسی کنشگران شبکه حکمرانی آلودگی هوا، اندازه گره‌ها نشان دهنده مرکزیت بینابینی





شکل ۳. شناسایی رژیم حکمرانی آلودگی هوا بر اساس شاخص تراکم و تمرکز شبکه

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، به بررسی و تحلیل حکمرانی آلودگی هوا در ایران با استفاده از تحلیل شبکه‌ی سازمانی و تمرکز بر قانون هوای پاک پرداخته شده است. آلودگی هوا به‌منزله‌ی چالشی جهانی با تأثیرات جدی بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست در تحقیقات جهانی بررسی شده است. پژوهشگران همواره به مشکلات و تأثیرات منفی آلودگی هوا بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست توجه داشته‌اند. از طرفی اهمیت مدیریت آلودگی هوا در حفظ سلامت جامعه و تعادل محیط زیستی آن نیز در پژوهش‌هایی بررسی شده است. در نتیجه تحقیقات جهانی متعددی در حوزه حکمرانی آلودگی هوا به‌منظور آشنایی با راهکارها و تجارب موفق در مدیریت آلودگی هوا انجام پذیرفته است.

در ایران نیز آلودگی هوا یکی از چالش‌های جدی به‌شمار می‌رود. به‌طوری که شهرهای بزرگ ایران با جمعیت زیاد مانند شهر تهران، با صنایع سنگین و ترافیک شدید، با مشکل آلودگی هوای شدیدی روبه‌رو هستند. از این‌رو حکمرانی آلودگی هوا در ایران نیازمند اقدامات قاطع و سیاست‌های مؤثر است تا بهبود کیفیت هوا و حفظ سلامت جامعه تضمین شود. در پژوهش حاضر، از روش تحلیل شبکه‌ی سازمانی برای بررسی حکمرانی آلودگی هوا و به‌ویژه قانون هوای پاک در ایران استفاده شد. این روش امکان شناخت و تحلیل روابط متقابل بین نهادهای مرتبط با حکمرانی هوا را فراهم می‌کند (Rahimi et al., 2021).

بررسی قانون هوای پاک در ایران نشان می‌دهد که این قانون مبنایی قوی برای حکمرانی آلودگی هوا در ایران است (Heydari et al., 2019). قانون هوای پاک این امکان را فراهم می‌کند که استانداردهای کیفیت هوا تعیین شود و اقدامات لازم برای کاهش آلودگی انجام گیرد. همچنین، قانون مذکور واحدهای تولیدی و صنعتی را متعهد می‌کند که اقداماتی برای کاهش آلودگی هوا انجام دهند و متخلفان را نیز مجازات می‌کند. با این حال، در عمل، اجرای قانون هوای پاک در ایران با چالش‌هایی روبه‌رو است. مشکلاتی مانند نقص و ناکارآمدی نظارت، تعامل نامناسب بین نهادهای مختلف مرتبط، نبود ابزارهای کافی برای جمع‌آوری داده‌های آلودگی هوا و نبود آگاهی کافی در بین جامعه می‌تواند به تحقق نیافتن هدف‌های قانونی منجر شود (Li et al., 2023).

نتایج همچنین نشان داد که نظام حکمرانی آلودگی هوا با تأکید بر قانون هوای پاک، دارای رژیم متمرکز ناهم‌هنگ است، به‌طوری که تمرکز قدرت در شبکه روابط کنشگران این نظام، تنها در اختیار سازمان حفاظت محیط زیست است؛ درحالی که همکاری و هماهنگی بین این سازمان و کنشگران دیگر بسیار اندک است. این یافته با نتایج پژوهش مقفلی و همکاران (۲۰۲۳) و رحیمی و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد. بر این اساس اقدامات تعریف‌شده در قانون هوای پاک که بر عهده سازمان حفاظت محیط زیست است، بدون همکاری و هماهنگی با دست‌اندرکاران دیگر مطرح در این قانون، اجراپذیر است و نمی‌توان این نظام حکمرانی آلودگی هوا را کارآمد دانست (Fattahi et al., 2016; Feng et al., 2019). همچنین این سازمان دارای بیشترین شاخص مرکزیت بینابینی است که نشان‌دهنده رابطه مستقیم این سازمان با دیگر سازمان‌ها در شبکه نظام حکمرانی آلودگی

هواست؛ این مهم را می‌توان یک فرصت در نظر گرفت، به طوری که این سازمان می‌تواند با تشکیل کمیته‌ها و کارگروه‌های فعال و مشارکت دادن بقیه کنشگران، سبب برقراری ارتباط مستقیم بین آنها در شبکه شود و با توزیع قدرت و افزایش همکاری و هماهنگی، رژیم نظام حکمرانی آلودگی هوا به سمت چندمرکزی با عملکردی بهتر حرکت کند.

بدین ترتیب به منظور بهبود نظام حکمرانی آلودگی هوا در ایران، به تدابیر و اقدامات متعددی نیاز است. بهبود نظام نظارتی و ارتقای همکاری و هماهنگی بین نهادهای ذی‌نفع و همچنین توزیع قدرت معقولانه در بین آنها از اقدامات لازم است. ایجاد آگاهی و توجه‌های عمومی برای جامعه و تأمین منابع کافی برای اعمال و اجرای قوانین نیز ضرورت دارد. در نهایت، برای مواجهه با چالش آلودگی هوا و بهبود نظام حکمرانی آن، ضرورت دارد که همه نهادها و جامعه به طور جدی و متعهدانه در جهت کاهش آلودگی هوا همکاری کنند. توجه به این مسئله از اهمیت زیادی برخوردار است و با تلاش و همکاری همه می‌توان به بهبود چشمگیری در کیفیت هوا و حفاظت از محیط زیست دست یافت.

## منابع

- Adl, M., Mahmoudi, L., Azizi, S., & Taherianfar, A. (2022). Analysis and evaluation of noise pollution in Karaj city. *Journal of Environmental Science and Technology*, 24(10), 133-144. (In Persian)
- Aghasariatmadari, Z., & Kamali, S. (2018). Evaluation of the effects of atmospheric pollutants on the performance of Angstrom- Prescott equation in estimating solar radiation (Case Study: Karaj). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(5), 1053-1061. (In Persian)
- Asgari, A., Mashadi, A., & Arashpour, A. (2022). Reflections on the Interaction between the Council for the Protection of the Rights of the Treasury (Public Rights) and the Court of Administrative Justice. *Political Sociology of Iran*, 5(6), (In Persian)
- Baloch, Q. B., Shah, S. N., Iqbal, N., Sheeraz, M., Asadullah, M., Mahar, S., & Khan, A. U. (2023). Impact of tourism development upon environmental sustainability: A suggested framework for sustainable ecotourism. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 5917-5930.
- Brisbois, M. C. (2020). Decentralised energy, decentralised accountability? Lessons on how to govern decentralised electricity transitions from multi-level natural resource governance. *Global Transitions*, 2, 16-25.
- Chu, Z., Bian, C., & Yang, J. (2023). From fabrication to consolidation of China's political blue-sky: How can environmental regulations shape sustainable air pollution governance?. *Environmental Policy and Governance*, 33(1), 31-43.
- Das, S., Pal, D., & Sarkar, A. (2021). Particulate matter pollution and global agricultural productivity. *Sustainable Agriculture Reviews 50: Emerging Contaminants in Agriculture*, 79-107.
- Debnath, R., Bardhan, R., Reiner, D. M., & Miller, J. R. (2021). Political, economic, social, technological, legal and environmental dimensions of electric vehicle adoption in the United States: A social-media interaction analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, 111707.
- Deng, Y., Liu, Z., Song, L., Ni, G., & Xu, N. (2023). Exploring the metro construction accidents and causations for improving safety management based on data mining and network theory. *Engineering, construction and architectural management*.
- Fattahi, M., Esari, A., Sadeghi, H., & Asgharpour, H. (2016). Empirical Analysis of the Relationship between Air Pollution and Public Health Expenditures - A Dynamic Panel Data Approach. *Economic Modelling*, 9(31), 43-60. (In Persian)
- Feng, Y., Ning, M., Lei, Y., Sun, Y., Liu, W., & Wang, J. (2019). Defending blue sky in China: Effectiveness of the "Air Pollution Prevention and Control Action Plan" on air quality improvements from 2013 to 2017. *Journal of Environmental Management*, 252, 109603.
- Haghighayeghi, S. M. (2018). Biofuel; To a cleaner land. *Delta*, 1(2), 26-29. (In Persian)
- Hamidi, F., Afshari, M., & Mashhadi, A. (2022). Mechanisms to guarantee the right to clean air in Iran and the European Union. *Sustainability, Development & Environment*, 3(3), 51-66.
- Heydari, A., Kolahi, M., Javaid, M., & Tagvi, N. (2019). Principles of air pollution. *Agricultural Education and Natural Resources Research Publications*, 208 p. (In Persian)
- Huang, Y., Lee, C. K., Yam, Y. S., Mok, W. C., Zhou, J. L., Zhuang, Y., ... & Chan, E. F. (2022). Rapid detection of high-emitting vehicles by on-road remote sensing technology improves urban air quality. *Science advances*, 8(5), eabl7575.
- Kanaani Maman, S., & Mamdoohi, A. (2023). Identification of some sources of heterogeneity in value of travel time of Tehran LEZ users. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 54(11), 4101-4118. (In Persian)
- Kou, P., Han, Y., & Qi, X. (2022). The operational mechanism and effectiveness of China's central environmental protection inspection: Evidence from air pollution. *Socio-Economic Planning Sciences*, 81, 101215.
- Kumar, A., & Starly, B. (2022). "FabNER": information extraction from manufacturing process science domain literature using named entity recognition. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 33(8), 2393-2407.
- Li, J. (2023). Structural Characteristics and Evolution Trend of Collaborative Governance of Air Pollution in "2+26" Cities from the Perspective of Social Network Analysis. *Sustainability*, 15(7), 5943.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in public health*, 8, 14.
- Mehmood, U. (2021). Contribution of renewable energy towards environmental quality: The role of education to achieve sustainable development goals in G11 countries. *Renewable Energy*, 178, 600-607.
- Moghfeli, Z., Ghorbani, M., Rezvani, M. R., Khorasani, M. A., Azadi, H., & Scheffran, J. (2023). Social capital and farmers' leadership in Iranian rural communities: Application of social network analysis. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(5), 977-1001.
- Nagel, M., & Bravo-Laguna, C. (2022). Analyzing multi-level governance dynamics from a discourse network perspective: the debate over air pollution regulation in Germany. *Environmental Sciences Europe*, 34(1), 1-18.

- Rahimi, M., Ghorbani, M., & Azadi, H. (2023). Structural characteristics of governmental and non-governmental institutions network: case of water governance system in Kor River basin in Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 25(7), 7029-7045.
- Rahimi, M., Malekian, A., & Alambeigi, A. (2021). Determining the mode and regime of the water governance in the face of environmental changes from the perspective of institution and local stakeholders. *Journal of Range and Watershed Management*, 74(1), 81-102.
- Rahsepartolooei, G., Habib, F., & Zarabadi, Z. S. S. (2021). Development of City Prosperity Model in Neighborhoods of Tehran with Emphasis on Quality of Life Component. *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(9), 61-76.
- Ren, S., Hao, Y., & Wu, H. (2023). Digitalization and environment governance: does internet development reduce environmental pollution?. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(7), 1533-1562.
- Sun, H., Zhang, Z., & Liu, Z. (2022). Does air pollution collaborative governance promote green technology innovation? Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(34), 51609-51622.
- Tainio, M., Andersen, Z. J., Nieuwenhuijsen, M. J., Hu, L., De Nazelle, A., An, R., ... & de Sá, T. H. (2021). Air pollution, physical activity and health: A mapping review of the evidence. *Environment international*, 147, 105954.
- Wang, P., Liu, D., Mukherjee, A., Agrawal, M., Zhang, H., Agathokleous, E., ... & Feng, Z. (2023). Air pollution governance in China and India: *Comparison and implications*. *Environmental Science & Policy*, 142, 112-120.
- Yan, Y., Zhang, X., Zhang, J., & Li, K. (2020). Emissions trading system (ETS) implementation and its collaborative governance effects on air pollution: The China story. *Energy Policy*, 138, 111282.
- Yang, Y., Zhao, L., Wang, C., & Xue, J. (2021). Towards more effective air pollution governance strategies in China: A systematic review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126724.