

# Akhlaq-i zīstī

## i.e., Bioethics Journal

2025; 15: e15

The Bioethics and Health  
Law InstituteMedical Ethics and Law  
Research CenterInternational Association  
of Islamic Bioethics

## An Assessment of the Biological and Health Risks of Locating Polluting Industries in Iran's Provinces and Ethically Oriented Solutions for Mitigation

Sayyed Mahdi Ghorayshiyani<sup>1</sup>, Hassan Dehghan Dehnavi<sup>2\*</sup>, Mahdi Akaberi Tafti<sup>3</sup>, Mohammad Taghi Honari<sup>4</sup>

1. Department of Industrial Management, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

2. Department of Industrial Management, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

3. Department of Economics, Maybod University, Yazd, Iran.

4. Department of Industrial Management, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

### ABSTRACT

**Background and Aim:** The particles and gases that constitute air pollution cause harmful health effects in humans. Evidence from various studies indicates that reducing air pollution levels leads to improved health outcomes. One reason countries resist reducing environmental pollutants is the decline in production levels due to reduced use of fossil fuels. Meanwhile, the concentration of polluting industries in some areas has resulted in environmental costs being imposed on polluted regions due to the deterioration of health indicators.

**Methods:** This article, with a broad perspective and irrespective of political issues, seeks to propose a model for the placement of industries aimed at enhancing health indicators to create the most favorable conditions. To achieve the research objectives, two models were utilized: a regional data input-output model and econometric analysis.

**Ethical Considerations:** In this research, ethical considerations in a library study including the authenticity of texts, honesty and trustworthiness, have been considered.

**Findings:** Based on the findings of the research, it can be stated that the way of setting up industries in the country is not in an optimal situation from the moral and economic point of view, because the most polluting areas are not likely to cause the most environmental damage and some areas have a much higher share of pollution per capita. They allocate themselves.

**Conclusion:** Based on the research findings, policymakers can adopt two strategies to reduce environmental costs and improve health indicators: the first strategy involves establishing restrictions on industrial placement in each region according to the distance of per capita emissions per unit area. In the second step, if any firm violates these regulations in any region, an environmental tax should be imposed in areas with higher density, and these taxes should be distributed among the citizens of that region to compensate for these costs or be allocated to infrastructure aimed at offsetting environmental costs.

**Keywords:** Environmental Data; Analysis of Polluting Industries; Environmental and Health Hazards

**Corresponding Author:** Hassan Dehghan Dehnavi; **Email:** [denavi2000@iau.ac.ir](mailto:denavi2000@iau.ac.ir)

**Received:** November 16, 2024; **Accepted:** May 17, 2025; **Published Online:** October 12, 2025

### Please cite this article as:

Ghorayshiyani S M, Dehghan Dehnavi H, Akaberi Tafti M, Honari M T. An Assessment of the Biological and Health Risks of Locating Polluting Industries in Iran's Provinces and Ethically Oriented Solutions for Mitigation. *Akhlaq-i zisti, i.e., Bioethics Journal*. 2025; 15: e15.



انجمن بین‌المللی اخلاق زیستی اسلامی      مرکز تحقیقات اخلاق و حقوق پزشکی      انستیتو اخلاق زیستی و حقوق سلامت

## مجله اخلاق زیستی

دوره پانزدهم، ۱۴۰۴

# بررسی وضعیت مخاطرات زیستی و بهداشتی استقرار صنایع آلاینده در استان‌های ایران و ارائه راهکارهایی اخلاق مدار برای رفع آن

سید مهدی قریشیان<sup>۱</sup>، حسن دهقان دهنوی<sup>۲\*</sup>، مهدی اکابری تفتی<sup>۳</sup>، محمد تقی هنری<sup>۴</sup>

۱. گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

۲. گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

۳. گروه اقتصاد، دانشگاه میبد، یزد، ایران.

۴. گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

### چکیده

**زمینه و هدف:** ذرات و گازهایی که آلودگی هوا را تشکیل می‌دهند، باعث اثرات مضر بهداشتی در انسان می‌شوند. شواهدی از مطالعات مختلف نشان می‌دهد که کاهش سطح آلودگی هوا منجر به بهبود نتایج سلامتی می‌شود. یکی از دلایلی که کشورها در مقابل کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی از خود مقاومت نشان می‌دهند، کاهش سطح تولیدات به واسطه کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی است این در حالی است که تجمع صنایع آلاینده در برخی از مناطق باعث شده هزینه‌های زیست‌محیطی به واسطه نامطلوب شدن شاخص‌های سلامت بر مناطق آلاینده تحمیل شود.

**روش:** این مقاله با نگاه کلی، فارغ از موضوعات سیاسی به دنبال الگویی است که با هدف ارتقای شاخص‌های سلامت، جایابی صنایع را به نحوی پیشنهاد می‌دهد که وضعیتی بهینه ایجاد شود. جهت دستیابی به اهداف تحقیق از دو الگوی داده ستانده منطقه‌ای و اقتصادسنجی استفاده شده است.

**ملاحظات اخلاقی:** در این تحقیق جنبه‌های اخلاقی در مطالعه کتابخانه‌ای شامل اصالت متون، صداقت و امانتداری رعایت شده است.

**یافته‌ها:** براساس یافته‌های تحقیق می‌توان بیان نمود که نحوه استقرار صنایع در کشور از نظر اخلاقی و اقتصادی در وضعیت بهینه قرار ندارد، زیرا آلاینده‌ترین مناطق بیشترین خسارت زیست‌محیطی را متحمل نمی‌شوند و برخی از مناطق به صورت سرانه سهم بسیار بالاتری از انتشار آلودگی را به خود اختصاص می‌دهند.

**نتیجه‌گیری:** براساس نتایج تحقیق سیاست‌گذاران جهت کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی، بهبود شاخص‌های سلامت و ارتقای اخلاق‌مداری زیستی دو راهکار می‌توانند استفاده نمایند: راهکار اول در هر منطقه با توجه به فاصله میزان سرانه انتشار آلاینده‌ها به ازای واحدهای سطح محدودیت‌های استقرار صنایع وضع گردد و در گام دوم در صورت تخطی هر بنگاه در هر منطقه مالیات آلاینده‌ها در مناطق با تراکم بالاتر وضع و این مالیات‌ها جهت جبران این هزینه‌ها بین شهروندان آن منطقه توزیع گردد و یا اینکه صرف زیرساخت‌های جبران هزینه‌های زیست‌محیطی گردد.

**واژگان کلیدی:** داده‌ستانده زیست‌محیطی؛ آمایش صنایع آلاینده؛ مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی

نویسنده مسئول: حسن دهقان دهنوی؛ پست الکترونیک: [denavi2000@iau.ac.ir](mailto:denavi2000@iau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷؛ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰

خواهشمند است این مقاله به روش زیر مورد استناد قرار گیرد:

Ghorayshiyani S M, Dehghan Dehnavi H, Akaberi Tafti M, Honari M T. An Assessment of the Biological and Health Risks of Locating Polluting Industries in Iran's Provinces and Ethically Oriented Solutions for Mitigation. Akhlaq-i zisti, i.e., Bioethics Journal. 2025; 15: e15.

## مقدمه

یکی از اصلی ترین مسائل زیست محیطی که در حال حاضر بسیاری از مناطق بزرگ جهان را به چالش کشیده، کیفیت نامناسب هوا است. سلامت زندگی انسان به شدت به کیفیت آب و هوا وابسته است (۱). افزایش جمعیت در شهرها، تردد وسایل نقلیه موتوری، استفاده نادرست از تجهیزات گرمایشی و گسترش شهرها، همگی به آلودگی هوا منجر می شوند. آلودگی هوا به طرق متفاوتی مانند ایجاد مه دودهای فتوشیمیایی، باران های اسیدی و دام انداختن آلاینده های در سطح زمین و ایجاد ازن تروپوسفری، وضعیت سلامتی بشر را به صورت جدی تهدید کرده و باعث ایجاد طیف گسترده ای از آثار بهداشتی حاد و مزمن می گردد. از جمله این اثرات می توان به بیماری های چشمی، اختلالات تنفسی، سرطانی، جهش های ژنی، تغییرات در انجام وظایف ارگان های مختلف بدن، افزایش بیماری و حتی فوت ناشی از بیماری های تنفسی و قلبی - عروقی اشاره کرد. علاوه بر این، آلاینده های هوا بر ساخت و سازها، گیاهان و رودها نیز تأثیرات مخربی خود گذاشت (۲). به استناد گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۲۰۲۰م)، هزینه های بهداشتی سالانه آلودگی هوا کشورهای توسعه یافته از جمله سوئیس، اتریش و فرانسه حدود ۳۰ میلیارد پوند است که باعث مرگ و میر ۶ درصد می گردد. پنجاه درصد از این آلودگی ناشی از وسایل حمل و نقل با سوخت های فسیلی است؛ بر این اساس، یکی از اقدامات بسیار مهم و مؤثر برای کنترل نمودن کیفیت هوا، اندازه گیری میزان واقعی آلاینده ها و تشریح کیفیت هوا در مقایسه با شرایط ایدئال است. برای این هدف می توان از شاخص هایی مثل شاخص استاندارد آلودگی هوا، شاخص کیفیت هوا (Air Quality Index AQI) و شاخص استاندارد آلودگی (Pollutant Standard Index) استفاده نمود. شاخص کیفیت هوا می تواند از داده های به دست آمده از تحلیل و ارزیابی کیفیت هوا در شهرهای مختلف استخراج شود و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار افراد قرار دهد. در نتیجه، شاخص کیفیت هوا ابزاری ضروری برای اطلاع رسانی در خصوص کیفیت هوا، تأثیر آلودگی بر تندرستی و روش های

حفاظتی در برابر آلودگی هوا محسوب می شود. به عبارت دیگر، این شاخص گزارشی روزانه از کیفیت هوا ارائه می دهد و مردم را از وضعیت هوا (پاک یا آلوده) مطلع می سازد و آثار سلامتی مربوط با آن را بیان می کند. شاخص کیفیت هوا برای پنج منبع آلودگی اصلی شامل دی اکسید نیتروژن، ازن، ذرات معلق، منواکسید کربن و دی اکسید گوگرد اندازه گیری می گردد. بر طبق گزارش منتشر شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۲۰۲۰م)، بیشتر از ۸۰۰ میلیون نفر از مردم دنیا در فضاهایی زندگی می کنند که میزان آلاینده ها بالاتر از استانداردهای کیفیت هوا است. کیفیت هوا بر زندگی و تنفس انسان تأثیر می گذارد. همان طور که وضعیت آب و هوا به طور مداوم تغییر می نماید، کیفیت هوا نیز می تواند در حال تغییر باشد. نظارت بر کیفیت هوا و مدیریت پایش در شهرهای مختلف، داده های مربوط به کیفیت هوا را به شاخص کیفیت هوا تبدیل می کند و اطلاعات مفیدی در اختیار عموم قرار می دهد (۱). علاوه بر پایش کیفیت هوا تحقیقات مختلفی در ایران و سایر کشورها در مورد اثرگذاری آلودگی بر اقتصاد و محیط زیست صورت گرفته است. با توجه به آنکه شاخص کیفیت هوا ابزاری حیاتی جهت اطلاع یابی از کیفیت هوا، نحوه تأثیر آلودگی بر سلامت و روش های محافظتی در برابر آلودگی است، در این تحقیق، ابتدا شاخص کیفیت هوا در سال های ۱۳۹۲ الی ۱۴۰۳ از سامانه پایش کیفیت هوا به تفکیک مناطق مختلف استخراج شده و به عنوان نماینده سطح سلامت مورد بررسی قرار گرفته است و پس از آن به بررسی سیاست های مختلف در خصوص واکنش به کیفیت هوا و سلامتی شهروندان پرداخته شده و در نهایت راهکارهایی بر مبنای رویکرد اخلاقی جهت رفع مشکلات این حوزه ارائه گردیده است.

۱. مفاهیم: مبانی اقتصاد محیط زیستی به عنوان شاخه ای از دانش اقتصادی مربوط به عصر کنونی است. هرچند توجه به موضوعات محیط زیست و منابع طبیعی سابقه زیادی دارد و به دوره آدم اسمیت مربوط می شود. براساس دیدگاه اقتصاددانان کلاسیک مانند آدم اسمیت، منابع طبیعی یکی از مهم ترین

اجزای ثروت کشور و رشد درآمد ملی به حساب می‌آیند و محدودیت در عرضه زمین عامل مؤثر شرایط اقتصادی است. زمین و به‌طور کلی فضای تولید از خیلی جنبه‌ها کمیاب است. با توجه به اینکه زمین یک نهاده‌ی مهم در فرآیند تولید است و قانون بازدهی نزولی نیز در آن مصداق دارد، اقتصاددانان کلاسیک به وجود ناپایداری در رشد اقتصادی باور داشتند، به‌طوری‌که چشم‌انداز سطح استاندارد زندگی عموم افراد جامعه چندان روشن ارزیابی نمی‌شد. این دیدگاه به‌طور مبسوط‌تر توسط توماس مالتوس (Thomas Malthus) در سال ۱۷۹۸ میلادی مطرح گردید. براساس این نظریه زمین میزان ثابتی است و افزایش جمعیت پیوسته و مثبت می‌باشد. بازده کاهشی در فعالیت‌های کشاورزی به این مفهوم است که تولید به ازای هر فرد در طی زمان کم می‌شود، بنابراین در زمان بیشتر سطح استاندارد زندگی اکثریت مردم تا سطح حداقل معیشت کم می‌شود. نحوه ورود منابع طبیعی به نظریه‌های رشد مدل‌های نئوکلاسیکی بعد از کامل شدن مطالعات دوره‌های گذشته طی دهه‌های ۱۹۶۰ الی ۱۹۷۰ صورت پذیرفت، به نحوی که سیاست‌گذاران اقتصادی به‌طور دقیق به بررسی مسئله بهره‌برداری بهینه و کارآمد منابع طبیعی پرداختند (۳). سابقه تحقیق در مورد برداشت بهینه منابع پایان‌پذیر به مطالعه‌ی هاتلینگ و گری (Hotelling & Gray) بازمی‌گردد. (۴). مطالعات این محققین پایه مطالعات عمومی‌تر و وسیع‌تر داسگوپتا (۵)، سولو (۶) و هاروتیک (۷) بود. این گروه از اقتصاددانان، الگوهای مربوط به درآمد ملی را با در نظر گرفتن نهاده‌هایی علاوه بر سرمایه و زمین -مانند منابع طبیعی پایان‌پذیر و پایان‌ناپذیر- ترکیب کردند. یک مطالعه اولیه در این موضوع به تجزیه و تحلیل آثار جانبی و ناتوانی بازار در تعیین قیمت مربوط است که توسط مارشال بیان شده است (۸). اولین تحقیق علمی دقیق در مورد آلودگی به‌عنوان یک مورد از اثرات جانبی توسط اقتصاددانی به نام پیگو انجام پذیرفته است. Pigou اقتصاددان انگلیسی (۱۹۲۰م). نظریه‌ای را بیان نموده است که براساس نتایج آن منابع آلودگی باید براساس مقدار نهایی معضلاتی که به محیط

زیست وارد می‌نمایند مالیات نیز پرداخت کنند؛ درواقع از نگاه کلی‌تر، پیگو بیان می‌کند که مالیات یا سوبسید به بنگاه‌ها با پیامدهای خارجی، انگیزه لازم را ایجاد می‌کند که محصول در سطحی تولید شود که به لحاظ اجتماعی بهترین باشد (۹). به عقیده پیگو، پیامدهای خارجی، ازجمله دلایل مهم وجود فاصله بین منفعت خالص شخصی و منفعت خالص اجتماعی است. براساس شاخص رفاهی پیگو، رفاه همه شهروندان زمانی حداکثر مقدار خودش می‌شود که منافع نهایی همگانی حاصل از تولید یا مصرف همگانی آن برابر با هزینه نهایی همگانی هر اقدام یا فعالیتی شود. پیگو بیان می‌کند که نظام مالیاتی می‌تواند منفعت خالص اجتماعی و شخصی را یک اندازه کند. در نظریه این اقتصاددان، مالیات می‌بایست با هزینه نهایی ایجادشده به وسیله آلودگی هر واحد تولید یکسان باشد؛ درنتیجه به دلیل اعمال مالیات بر بنگاه آلوده‌کننده محیط زیست، این بنگاه مجبور به کاهش سطح تولید است و درنتیجه آن تخصیص بهینه منابع تحقق می‌پذیرد. اگر نرخ مالیات بر آلودگی، یکسان نباشد و آلوده‌کنندگان محیط زیست با نرخ‌های مالیاتی مختلفی مواجه گردند، بنگاه‌ها، هزینه‌ها را از طریق جابه‌جایی فعالیت‌های اقتصادی از یک فعالیت یا صنعت با نرخ مالیات بیشتر، به فعالیت یا صنعت دیگر با نرخ مالیات کمتر، کاهش می‌دهند (۱۰).

**۲. شاخصه‌های زیست‌محیطی بین‌المللی:** شاخص‌های مختلفی توسط سازمان‌های جهانی برای ارزیابی جامع توسعه پایدار و محیط‌زیست ارائه شده است. ازجمله این شاخص‌ها می‌توان به الگوی زیست‌محیطی سازمان ملل (۱) که گزارش دوساله «چشم‌انداز جهانی محیط‌زیست» را منتشر می‌کند، برنامه توسعه سازمان ملل (UNDP) با گزارش منظم توسعه انسانی، و بانک جهانی با «گزارش توسعه جهانی» که بر محور محیط‌زیست و توسعه پایدار است، اشاره کرد. علاوه بر موارد بیان شده اطلاعاتی تحت عنوان اندازه‌گیری ارتقای وضعیت زیست‌محیطی مؤسسه بین‌المللی توسعه پایدار، مؤسسه نظارت جهانی، توسط مؤسسه منابع جهان و کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل انتشار یافته است (۱۱). هدف همه نهادهای فوق

بیان شاخص‌ها و معیارهایی برای شناسایی میزان دستیابی کشورها در دستیابی به توسعه پایدار و حفظ محیط زیست است. از مهم‌ترین این شاخص‌ها که در دنیای امروزی به صورت فراگیر ملاک مقایسه وضعیت زیست‌محیطی کشورها قرار می‌گیرد می‌توان به شاخص کیفیت هوا اشاره کرد. شاخص کیفیت هوا، اطلاعاتی جهت گزارش روزانه کیفیت هوا ارائه می‌کند. این شاخص مردم را نسبت به کیفیت هوا (پاک بودن یا آلوده بودن آن) مطلع می‌کند و آثار ایجادکننده بر سلامت مردم را بیان می‌کند. به عبارت دیگر شاخص کیفیت هوا به اثرگذاری سلامتی به واسطه تماس با هوای آلوده (ناسالم) را پیش‌بینی می‌کند. شاخص کیفیت هوا برای پنج آلاینده اصلی هوا یعنی ازن سطح زمین، دی‌اکسید نیتروژن، مونوکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق محاسبه می‌شود. نحوه اثرگذاری شاخص کیفیت هوا بر سطوح مختلف مرتبط با سلامت انسان به شش دسته به صورت زیر طبقه‌بندی شده است (۱۲).

خوب: اندازه شاخص کیفیت هوا در این وضعیت بین صفر و پنجاه است. در این وضعیت کیفیت هوای محیط دارای ریسک سلامتی ناچیز و یا بدون ریسک سلامتی و رضایت‌بخش است. این وضعیت با رنگ سبز نشان داده می‌شود. در کشور ما معمولاً این حالت، وضعیت «پاک» بیان می‌شود.

متوسط: میزان شاخص کیفیت هوا در این وضعیت بین پنجاه و یک و صد است. کیفیت هوا در این وضعیت قابل قبول می‌باشد؛ این وضعیت برای افراد بسیار کمی با خطر سلامتی همراه است به نحوی که افرادی که نسبت به دی‌اکسید نیتروژن ذرات معلق، و ازن حساسیت دارند ممکن است مشکلات تنفسی در آن‌ها ایجاد شود. این حالت با رنگ زرد نشان داده می‌شود. در کشور ما معمولاً به این حالت، وضعیت سالم گفته می‌شود.

ناسالم برای گروه‌های حساس: در این حالت وضعیت شاخص کیفیت هوا بین ۱۰۱ و ۱۵۰ قرار دارد. برای برخی از گروه‌های حساس ممکن است اثرات بهداشتی خاصی رخ دهد، اما برای اکثریت مردم مشکلی ایجاد نمی‌کند. این حالت با رنگ نارنجی نشان داده می‌شود.

ناسالم: میزان شاخص کیفیت هوا در این حالت بین ۱۵۱ و ۲۰۰ می‌باشد. در این وضعیت هر فردی ممکن است اثرات بهداشتی را تجربه نماید. گروه‌های حساس بیش از سایرین آثار جدی را بر سلامت خود تجربه می‌نمایند. این حالت را با رنگ قرمز نشان می‌دهند.

بسیار ناسالم: در این حالت شاخص کیفیت هوا بین ۲۰۱ و ۳۰۰ قرار می‌گیرد و هشدار برای سلامتی محسوب می‌شود و بدین معنی می‌باشد که در این وضعیت هر کسی ممکن است اثرات جدی سلامت را تجربه نماید. این حالت را به رنگ بنفش نشان می‌دهند.

خطرناک: در این حالت شاخص کیفیت هوا از سیصد بیشتر می‌باشد و خطری برای سلامت مردم به حساب می‌آید و بیانگر شرایط اضطراری است. در این وضعیت همه افراد جامعه در خطر عوارض ناشی از آلودگی هستند. این وضعیت با رنگ خرمایی نشان داده می‌شود (۱۲).

در طول چند دهه گذشته، کاهش در غلظت‌های محیطی برخی -و نه همه- آلاینده‌های کلیدی هوا به‌وضوح قابل‌اندازه‌گیری بوده است. این روند بهبود کیفی، به‌ویژه در اقتصادهای پیشرفته مشهود است. برای نمونه، ایالات متحده آمریکا (United States) که در این مقاله به‌عنوان مطالعه موردی از آن استفاده خواهد شد، شاهد کاهش معنادار در انتشار آلاینده‌گانی مانند مونوکسیدکربن، دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق بوده است. الگوهای مشابهی از کاهش موفقیت‌آمیز آلودگی هوا نیز در اتحادیه اروپا (European Union) و دیگر کشورهای توسعه‌یافته ثبت شده‌است (۱۳-۱۵).

در ایالات متحده، سازمان حفاظت از محیط زیست، نهاد فدرال اصلی مسئول انتشار و تنظیم استانداردهای آلودگی هوا است. این سازمان، استانداردهای ملی کیفیت هوای محیط را برای شش آلاینده معیار تعیین کرده است: سرب (Pb)، مونوکسید کربن (CO)، ازن (O<sub>3</sub>) - که به‌عنوان شاخصی برای اکسیدان‌های فتوشیمیایی حاصل از آلاینده‌های طبیعی و انسانی عمل می‌کند- دی‌اکسید نیتروژن (NO<sub>2</sub>) - به عنوان شاخصی برای اکسیدهای نیتروژن- دی‌اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>)- به عنوان شاخصی برای اکسیدهای گوگرد- و ذرات معلق

(PM). استانداردهای NAAQS (جدول ۱) بر اساس قرار می‌گیرند (۱۶).  
پیشرفت‌های علمی به‌طور دوره‌ای مورد بازبینی و به‌روزرسانی

جدول ۱. استانداردهای ملی کیفیت هوای محیط

| نوع آلاینده           | بازه زمانی            | سطح استاندارد اولیه |        | توضیحات                                                                       |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                       | µg/m <sup>3</sup>   | ppm    |                                                                               |
| مونواکسید کربن        | یک ساعت               | ۴۰۰۰۰               | ۳۵     | بیشتر از یک مرتبه در طول سال نمی‌تواند از حد مجاز بیشتر باشد                  |
|                       | هشت ساعت              | ۱۰۰۰۰               | ۹      |                                                                               |
| دی اکسید گوگرد        | یک ساعت               | ۱۹۶                 | ۰/۰۷۵  | پرسنتایل ۹۹ درصد حداکثر غلظت ساعتی طی روز در میانگین                          |
|                       | ۲۴ ساعت               | ۳۹۵                 | ۰/۱۴   | سه سال پیوسته                                                                 |
| دی اکسید ازت          | یک ساعت               | ۲۰۰                 | ۰/۱    | میانگین سالانه                                                                |
|                       | سالانه                | ۱۰۰                 | ۰/۰۵۳  |                                                                               |
| ذرات متعلق ۱۰ میکرون  | ۲۴ ساعت               | ۱۵۰                 |        | نمی‌تواند بیش از یک‌بار در سال از میانگین سه سال متوالی از حد مجاز بیشتر باشد |
| ذرات متعلق ۲/۵ میکرون | حداکثر ۲۴ ساعت        | ۳۵                  |        | پرسنتایل ۹۸ درصد در میانگین سه سال پشت سر هم                                  |
| ازن                   | حداکثر ۸ ساعت         | ۱۴۸                 | ۰/۰۷۰  | بیشتر از هشت ساعت پرخش است                                                    |
|                       | سالانه                | ۱۲                  | ۰/۰۰۵۷ | میانگین سالانه                                                                |
| سرب                   | میانگین سه‌ماهه چرخشی | ۰/۱۵                |        | تجاوز از سطح مجاز بسیار پرخش است                                              |
|                       | سالانه                | ۰/۵                 |        |                                                                               |
| بنزن                  | سالانه                | ۵                   |        |                                                                               |

جدول ۲. شاخص کیفیت هوا (شاخص کیفیت هوا) برای گزارش کیفیت روزانه هوا

| رنگ شاخص کیفیت هوا | مقدار شاخص کیفیت هوا | سطح آلودگی هوا            | پیامدهای سلامتی                                                                                                                                                                                        |
|--------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سبز                | ۵۰-۰                 | خوب                       | کیفیت هوا رضایت‌بخش در نظر گرفته می‌شود و آلودگی هوا خطر کمی دارد یا هیچ خطری ندارد.                                                                                                                   |
| زرد                | ۱۰۰-۵۱               | در حد متوسط               | کیفیت هوا قابل قبول می‌باشد؛ با این حال، برای برخی از آلاینده‌ها امکان دارد برای تعداد کمی از افرادی که به طور غیرعادی نسبت به آلودگی هوا حساس می‌باشند، یک نگرانی متوسط برای سلامتی در نظر گرفته شود. |
| نارنجی             | ۱۵۰-۱۰۱              | ناسالم برای گروه‌های حساس | اعضای گروه‌های حساس ممکن است اثرات سلامتی را تجربه کنند. عموم مردم به احتمال زیاد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند.                                                                                            |
| قرمز               | ۲۰۰-۱۵۱              | ناسالم                    | همه ممکن است شروع به تجربه اثرات سلامتی کنند. اعضای گروه‌های حساس ممکن است اثرات جدی‌تری بر سلامتی داشته باشند.                                                                                        |
| بنفش               | ۳۰۰-۲۰۱              | خیلی ناسالم               | هشدارهای بهداشتی: در این شرایط اضطراری کل جمعیت بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند.                                                                                                                         |
| خرمایی             | +۳۰۰                 | خطرناک                    | هشدار سلامت: همه ممکن است عوارض جدی‌تری برای سلامتی داشته باشند.                                                                                                                                       |

### ۳. ضرورت اتخاذ تدابیر جهت حفاظت محیط زیست در

برابر آلاینده‌ها: آلودگی زیست‌محیطی که به وسیله بشر صورت می‌گیرد به واسطه تولید و مصرف کالاها و خدمات است و اثرات جانبی در تولید و مصرف باعث ایجاد تخریب

محیط زیست و آلودگی می‌شود. عوامل زیادی از جمله ظرفیت محیط زیست در جذب، ترجیحات موجود در جامعه و تکنولوژی مورد استفاده بر میزان آلاینده‌ها و صدمات حاصل از آن اثرگذار است. میزان بهینه آلاینده‌ها نیز از مباحث اقتصادی



اسکوگارد ایدت (۲۰۰۵م). تمایل به پرداخت را با استفاده از نوع ترجیحات افراد نسبت به محیط زیست به طور مستقل محاسبه کرده است. در مدل وی دو کشور وجود دارد که به صورت  $A, B = z$  نشان داده شده است. در هر کشور سه نوع شهروند (i) وجود دارد: دوستداران محیط زیست (E)، مصرف کننده (C) و سرمایه داران (P). میزان آلودگی هوا در هر کشور با یک عدد نرمال می شود. تمام شهروندان دارای ترجیحات یکسان نسبت به کالاها و کیفیت زیست محیطی هستند، ولی میزان درآمد و سطح مواجهه با آلودگی در آنها مختلف است (۱۹).

کورینگان (۲۰۰۸م) به منظور بررسی خسارت آلودگی و پویایی آن از یک تابع مطلوبیت دو زمانی به صورت زیر بهره گرفته است:  $U(m_1, g_1) + \beta U(m_2, g_2)$  در این معادله  $m_t$  درآمد در دوره  $t$ ،  $g_t$  نشان دهنده کیفیت محیط زیست است،  $t = 1, 2$  و  $\beta$  فاکتور تنزیل می باشد. فرض گردیده است که اجرای سیاست های زیست محیطی موجب ارتقای کیفیت محیط می شود. به منظور محاسبه میزان پرداخت برای ارتقای کیفیت محیط زیست از معادله فوق نسبت به  $g$  مشتق گرفته شده و تمایل به پرداخت به صورت رابطه خطی زیر ارائه شده است.  $WTP_i = \beta' X_i - \gamma D_i^{Delay} + \varepsilon_i$  در معادله بیان شده  $X_i$  برداری است که نشان دهنده خصوصیات اقتصادی، اجتماعی،  $D_i^{Delay}$  بردار متغیر مجازی پتانسیل به عقب انداختن مصرف حال و  $\varepsilon_i$  ناظر بر پسماند می باشد (۲۰).

در این الگو اهداف اقتصادی و زیست محیطی جهت بالا بردن سطح زندگی یا افزایش ارزش حال مصرف طی زمان در نظر گرفته شده است. تابع مصرف در مدل به صورت تعمیم یافته لحاظ شده است به نحوی که خرید کالاها و خدمات بازاری و غیر بازاری مانند استراحت، امکانات فرهنگی و میزان بهره مندی از محیط زیست را نیز لحاظ نموده است. تابع رفاه اجتماعی، به تبعیت از هدف سه فرض دارد. فرض اول این است که رفاه اجتماعی تابعی مثبت از مصرف می باشد؛ فرض دوم: رفاه اجتماعی نهایی تابع نزولی از مصرف می باشد؛ و در نهایت فرض سوم مطلوبیت نهایی مصرف نسل حال دارای ارزش

مربوط به آلودگی است که مورد توجه قرار گرفته است. لذا لازم است با در نظر گرفتن خسارت آلودگی و پیامد کنترل، مقدار آلودگی بهینه اندازه گرفته شده و بررسی شود که آیا بدون ورود دولت به اقتصاد و آزادسازی قیمت ها این وضعیت دست یافتنی است یا ضرورت دارد دولت با اتخاذ تدابیر مناسب کارایی را به اقتصاد بازگرداند.

**۴. مطالعات گذشته:** در ادامه به بررسی مطالعاتی پرداخته خواهد شد که در آنها هزینه های اجتماعی آلودگی به صورت پرسش مستقیم از افراد محاسبه شده است. در اکثر این تحقیقات در مورد تمایل به پرداخت برای حذف یا کاهش آلودگی پرسش شده و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. یکی از اولین تحقیقات در این ارتباط به وسیله کمرون (۱۹۸۸م) صورت گرفته است، کمرون، تمایل به پرداخت را به صورت یک انتخاب با دو حالت تعریف می کند که فرد پرسش شونده  $i$  در صورتی که بله را انتخاب نماید ( $i = 1$ )، تمایل به افزایش کیفیت زیست محیطی داشته تا هزینه اعمال سیاست کاهش آلاینده را پرداخت کند ( $Y_i > 1$ ) و در غیر این صورت ( $i = 0$ ) فرد مزبور تمایل به پرداخت ندارد. بنابراین در صورتی که تمایل به پرداخت به صورت این معادله تعریف شود:  $WTP = \beta' X_i - \gamma D_i^{Delay} + \varepsilon_i$ ،  $X_i$  برداری است از خصوصیات اقتصادی و اجتماعی،  $D_i^{Delay}$  بردار متغیر مجازی است که نشان دهنده پتانسیل به تأخیر انداختن تصمیمات است و  $\varepsilon_i$  نیز جمله اخلاص می باشد. معادله فوق نشان می دهد که خصوصیات اقتصادی، اجتماعی و سلیقه بر تمایل به پرداخت برای بهبود کیفیت هوا اثر دارد (۱۷).

جان و پکینو (۱۹۸۸م) با بهره گیری از الگوی نسل های پیوسته، وضعیت زیستی را به عنوان یک منبع درآمد لحاظ نمودند که تمام می شود مگر آنکه در آن سرمایه گذاری صورت گیرد. هر دو مدل اشاره شده ارتباط بین سطح درآمد و آلودگی را به صورت  $U$  وارونه ارائه می دهند، به طوری که نقاط بهینه آن سطح مثبتی از سرمایه گذاری بر روی محیط زیست را نشان می دهند (۱۸).

بیشتری نسبت به همان مقدار مصرف در نسل آتی است؛ اهمیت نسبی نسل‌های متفاوت بستگی به نرخ ترجیحات زمانی دارد و فرض گردیده که ترجیحات زمانی مثبت است و نسل حاضر بر نسل‌های آتی ارجحیت دارند. بر این اساس هر منطقه یا استان با در نظر گرفتن محدودیت‌های اقتصادی و ژئوفیزیکی به دنبال ماکزیمم نمودن تابع هدف می‌باشد. میزان تولید کربن یا  $q(t)$  براساس واحد دلار بر تن به صورت معادله زیر بیان می‌شود.  $q(t) = 113 + 700[CumC(t)/6000]^4$  رابطه اشاره شده هزینه انرژی‌های فسیلی به دو جزء تقسیم می‌گردد. اولین بخش ( $\xi_1=113$ ) هزینه نهایی مستقل از تهی شدن منابع است. این قسمت نشان‌دهنده هزینه حال برداشت از انرژی‌های فسیلی است و قسمت دوم نشان‌دهنده یک تابع فزاینده است (۲۱).

علاوه بر موارد بیان‌شده تحقیقات مشابه دیگری نیز وجود دارد ولی تمایز اصلی تحقیق حاضر با سایر تحقیقات داخلی و بین‌المللی این است که با اعمال بعد فضا و منطقه‌ای نمودن جامعه امکان اثرگذاری سیاست‌های مختلف بر شرایط اقتصادی و محیط زیستی هر استان نیز قابل مشاهده می‌باشد. همچنین در تحقیق حاضر آثار اخلاقی سیاست‌های مختلف در حیطه انرژی بررسی شده است.

**۵. تراکم انتشار دی‌اکسید کربن، دگرگونی اقلیمی و خسارت اقتصادی ناشی از آن:** در الگوهای رشد رابطه تغییرات اقلیمی و ژئوفیزیکی لحاظ نشده است ولی از آنجا که هرچه میزان تراکم دی‌اکسید کربن در جو بیشتر شود، میزان جذب انرژی خورشید به وسیله آن نیز ارتقاء می‌یابد و باعث افزایش دمای کره زمین و ایجاد خسارت می‌شود؛ در این بخش از مطالعه ارتباط بین میزان تراکم دی‌اکسید کربن در اتمسفر و تغییرات اقلیمی (گرم شدن دمای زمین) در قالب معادلات آسیب بیان می‌شود. رابطه بین تراکم گازهای گلخانه‌ای و جذب انرژی  $F(t)$  از طریق محاسبات تجربی بر اساس مدل نوردهاوس (۲۰۱۴م.) به صورت زیر بیان شده است.  $F(t) = \eta \{ \log[M_{AT}/M_{AT}^{PI}] / \log(2) \} + O(t)$  در این معادله  $M_{AT}$  مقدار دی‌اکسید کربن در جو براساس واحد

میلیون تن و  $F(t)$  قدرت جذب انرژی تابش در مقیاس وات در هر مترمربع،  $O(t)$  جذب انرژی خورشیدی به وسیله سایر گازهای گلخانه‌ای را بیان می‌کند.  $M_{AT}^{PI}$  سطح تراکم دی‌اکسید کربن جو قبل از صنعتی شدن معادل ۲۸۰ سهم در میلیون در نظر گرفته شده است. در ادامه ارتباط بین جذب تابش خورشید و افزایش دما را نشان می‌دهد. افزایش جذب انرژی خورشیدی باعث گرم شده لایه‌های جو می‌شود و به واسطه گرم شدن سطح دریاها، اعماق دریاها نیز گرم می‌گردد. به دلیل وجود اینرسی حرارتی در لایه‌های مختلف، وقفه‌هایی در افزایش دمای کل سیستم وجود دارد، این وقفه‌ها را می‌توان به صورت زیر بیان نمود.  $T_{LO}(t) = T_{LO}(t-1) + \sigma_3[T(t-1) - T_{LO}(t-1)]$  به نحوی که  $T(t)$  میزان رشد متوسط دمای هوای جو و سطح دریاها،  $T_{LO}$  میزان رشد دما در اعماق دریاها،  $\lambda$  پارامتر بازخورد و  $\sigma_i$  ضریب انتقال حرارت در لایه‌های مختلف را نشان می‌دهد (۲۲).

## روش

برای دستیابی به اهداف تحقیق ابتدا با استفاده از جدول داده ستانده زیست کربن میزان انتشار دی‌اکسید کربن در کل کشور به تفکیک بخش‌های مختلف استخراج می‌شود و پس از آن با در نظر گرفتن شدت انتشار یکسان برای هر بخش و با استفاده از جدول داده - ستانده منطقه‌ای میزان انتشار دی‌اکسید کربن در وضعیت پایه اندازه‌گیری می‌شود. در نهایت میزان آسیب‌های زیست‌محیطی در این مقیاس تشریح شده و پس از آن با اعمال سیاست‌های مختلف تغییرات آسیب‌پذیری آلودگی بر سلامت تحلیل می‌شود.

**۱. محاسبه میزان انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن به تفکیک استان‌های مختلف با استفاده از داده - ستانده کربن:** براساس اطلاعات به دست آمده مهمترین متغیرهای اثرگذار بر شاخص آلودگی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن به واسطه مصرف انرژی است و مناطقی که سهم بالاتری از مصرف انرژی و در نتیجه آن انتشار گازهای گلخانه‌ای را داشتند به



## ۲. بررسی نحوه ساخت و تحلیل داده - ستانده

**زیست محیطی:** ابتدایی ترین الگوی داده ستانده محیط زیستی به وسیله میلر (۱۹۸۵م.) با اضافه کردن یک یا چند سطر به جدول داده ستانده ایجاد شد. در این حالت فرض می شود که فعالیت های تولیدی به نسبت ثابتی ایجاد آلاینده گی می کنند (۲۴). از آنجا که آلاینده های متفاوت توسط عوامل اقتصادی منتشر می شود در این تحقیق مانند سایر تحقیقات انتشار دی اکسید کربن به عنوان نماینده آلاینده ها در نظر گرفته می شود. براساس نتایج پژوهش صورت گرفته به وسیله هیأت بین دولتی تغییرات اقلیمی میزان جذب تابش خورشید به وسیله گاز دی اکسید کربن پنج برابر سایر گازهای گلخانه ای می باشد و در نتیجه بیشترین آسیب به واسطه افزایش دما به وسیله این گاز انجام می شود. بر این اساس در این مطالعه تنها هزینه اجتماعی انتشار دی اکسید کربن محاسبه می شود. بنابراین در ابتدا میزان گاز دی اکسید کربن منتشر شده به تفکیک استان های مختلف اندازه گیری می شود. به این منظور از معادله زیر استفاده شده است.

$$CO_2^t = \sum_j FC_{ij}^t \times NCV_j \times CC_j \times FCO_j \times M$$
 آن  $CO_2^t$  میزان انتشار دی اکسید کربن در استان  $i$  و دوره زمانی  $t$ ،  $FC_{ij}^t$  میزان مصرف سوخت  $j$  در استان  $i$  و دوره زمانی  $t$ ،  $NCV_j$  ارزش حرارتی خالص سوخت،  $CC_j$  موجودی کربن سوخت،  $FCO_j$  درصد احتراق کربن (تابع نوع سوخت) و  $M$  نسبت جرم مولکولی دی اکسید کربن به کربن (۴۴/۱۲) می باشد. سپس محاسبات انجام شده میزان انتشار دی اکسید کربن به تفکیک انواع سوخت به صورت جدول زیر ارائه می گردد (۲۵).

صورت معنی داری وضعیت شاخص آلودگی بالاتر و کیفیت زندگی پایین تری را تجربه نمودند. بنابراین جهت کاهش سطح شاخص آلودگی می بایست انتشار آلودگی در هر منطقه کاهش پیدا کند.

در طول چندین دهه گذشته، مشکلات محیط زیست بیشتر آشکار شده است؛ این مشکلات، به علت ترکیب عواملی همچون رشد اقتصادی، مصرف انرژی و فعالیت های صنعتی است. تولیدات اقتصادی به عنوان عامل اصلی آلودگی هوا در نظر گرفته می شوند. رشد تولیدات جهانی به همراه آگاهی بیشتر از آثار فعالیت اقتصادی بر محیط زیست، این چالش را به وجود می آورد که سطوح کنونی تولید نمی تواند بدون زیان رساندن به محیط زیست، حفظ شود. بر این اساس لازم است تا روش هایی برای حفاظت از محیط زیست، محدود نمودن یا جبران خسارت زیست محیطی در نظر گرفته شود. کیفیت منابع طبیعی به مقدار ماده آلوده کننده وارد شده به محیط و ظرفیت محیط رابطه دارد چراکه ظرفیت جذب محیطی دارای محدودیت است. افزایش تولیدات اقتصادی انبوهی از ضایعات و آلودگی های زیست محیطی را وارد محیط کرده که با توجه به حجم و نوع آلاینده های انتشار یافته، محیط زیست قدرت جذب اثرات منفی آن را از دست داده و همچنین مشکلات محیط زیستی خود عاملی برای مقید شدن رشد و توسعه کشورها گردیده است. در حال حاضر میزان انتشار آلاینده ها به نحوی است که محیط زیست توان پالایش و جذب آن را مانند گذشته ندارد و این موضوع منجر به بروز مشکلات محیط زیستی متعددی از قبیل سوراخ شدن لایه ازن، تغییرات اقلیم، گرم شدن جو، انقراض برخی گونه های گیاهی و جانوری و غیره گردیده است (۲۳).

جدول ۳. ضرایب انتشار دی اکسید کربن برحسب مقدار سوخت استفاده شده و ارزش حرارتی هر سوخت

| انواع سوخت    | CO2 (gr/Liter) | CO2 (Gg/Pj) |
|---------------|----------------|-------------|
| گاز طبیعی     | ۱۸۹۷/۹         | ۵۵/۸۲۰      |
| گاز مایع      | ۱۴۲۶/۶         | ۶۲/۴۳۶      |
| بنزین         | ۲۲۸۹/۸         | ۶۸/۶۰۷      |
| بنزین هواپیما | ۲۳۵۹/۴         | ۶۸/۲۴۴      |
| نفت سفید      | ۲۵۵۶/۶         | ۷۰/۷۸۵      |

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| بنزین دیزل | ۲۶۸۴/۷ | ۷۳/۳۲۶ |
| نفت سنگین  | ۳۰۰۱/۳ | ۷۶/۷۹۳ |

با ضرب کردن مقادیر جدول بالا در میزان مصرف سوخت‌های فسیلی مختلف در هر استان، میزان انتشار دی‌اکسید کربن به تفکیک مناطق مختلف اندازه‌گیری می‌شود.

۳. **جامعه آماری:** در این مطالعه اطلاعات ۳۱ استان ایران به همراه فرمانطقه بررسی شده است. به منظور محاسبه شاخص کیفیت هوا از رابطه زیر استفاده می‌شود. پارامترهای مورد استفاده در رابطه مزبور بر اساس جدولی که نقاط شکست برای شاخص کیفیت هوا را نشان می‌دهند، به دست می‌آید.

$$I_P = \frac{I_{Hi} - I_{LO}}{BP_{Hi} - BP_{LO}} (C_P - BP_{LO}) + I_{LO}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان کیفیت محیط زیست دارای آستانه‌ای است که تجاوز از آن آثار خطرناکی خواهد

داشت و صدمات جبران‌ناپذیری برای محیط زیست و موجودات زنده به‌خصوص انسان خواهد داشت.

#### یافته‌ها

به منظور دستیابی به نتایج تحقیق با استفاده از ضرایب انتشار و میزان مصرف حامل‌های انرژی مختلف میزان آلودگی در مناطق مختلف ایران محاسبه شده و در ادامه ارتباط شاخص آلودگی با میزان انتشار آلاینده، تولید ناخالص ملی، تراکم انتشار برحسب مساحت و سرانه انتشار در ایران به تفکیک استان‌ها ارائه می‌گردد.

جدول ۴. بررسی ارتباط بین شاخص آلودگی و متغیرهای اقتصادی با متغیر وابسته شاخص آلودگی

| نام متغیر              | شیب       | انحراف معیار                   | آماره تی  | خطای آماه |
|------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|
| C                      | ۶۳/۳۷۲۶۵  | ۲۵/۹۵۴۰۹                       | ۲/۴۴۱۷۲۱  | ۰/۰۲۹۷    |
| ?_GDP                  | ۰/۱۴۶۹۱۵  | ۰/۱۱۲۵۲۳                       | ۱/۳۰۵۶۴۰  | ۰/۲۱۴۳    |
| ?_CO2                  | ۴/۷۴E-۰۶  | ۱/۴۹E-۰۶                       | ۳/۱۸۳۲۳۷  | ۰/۰۰۷۲    |
| ?_POP/?_SPACE          | ۰/۰۰۰۲۹۷  | ۰/۰۰۰۱۲۳                       | ۲/۴۱۱۴۱۲  | ۰/۰۳۱۴    |
| ?_NDAYS DUST           | -۰/۲۹۶۲۹۳ | ۰/۴۷۸۱۰۵                       | -۰/۶۱۹۷۲۳ | ۰/۵۴۶۱    |
| Fixed Effects (Period) |           |                                |           |           |
| ۱۳۹۴-C                 | -۹/۸۷E-۱۵ |                                |           |           |
| آماره R <sup>2</sup>   | ۰/۴۶۷۶۸۰  | آماره R <sup>2</sup> تعدیل شده |           | ۰/۳۰۳۸۹۰  |
| آماره F                | ۲/۸۵۵۳۵۵  | آماره دوربین واتسون            |           | ۳/۶۵۰۷۷۳  |
| خطای آماره F           | ۰/۰۶۷۰۶۵  |                                |           |           |

جدول فوق ارتباط بین میزان انتشار دی‌اکسید کربن و شاخص آلودگی که به‌طور مستقیم بر سلامت شهروندان اثرگذار است را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده شاخص آلودگی با افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در مناطق ایران در دوره ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۲ به صورت معنی‌دار افزایش می‌یابد.

براساس اطلاعات جدول فوق می‌توان تأیید نمود که مناطق با سطح انتشار آلودگی (CO<sub>2</sub>) بیشتر، شاخص آلودگی بالاتری نیز داشته‌اند. همچنین مناطقی که دارای تولید ناخالص بالاتر

و مصرف انرژی بالاتری بوده‌اند به صورت معنی‌داری شاخص‌های آلودگی بیشتری را تجربه نموده‌اند. علاوه بر موارد فوق مناطق با تراکم جمعیت بالاتر (POP/SPACE) شاخص انتشار آلودگی بالاتری داشته‌اند. این الگو می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای تعیین آمایش بهینه استقرار صنایع در سطح استان‌ها در کشور مورد استفاده قرار بگیرد.

## بحث

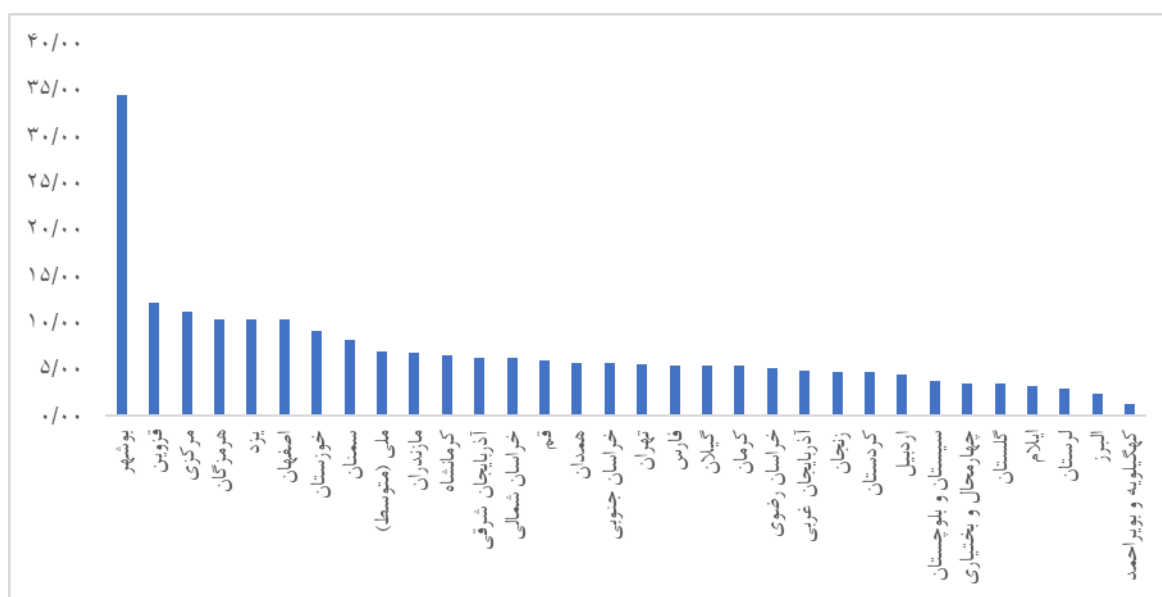
در استان‌های مختلف ایران سطح انتشار آلاینده‌های جوی متفاوت و خسارت‌های ایجادشده به واسطه آن نیز غیریکسان می‌باشد؛ بر این اساس، تحقیق حاضر به دنبال آزمون ارتباط بین میزان خسارت و انتشار بوده و بررسی می‌گردد که آیا

اخلاق زیست محیطی در این زمینه وجود دارد یا خیر؟ به این منظور در ادامه با استفاده از جدول داده ستانده میزان انتشار مستقیم و غیر مستقیم دی‌اکسید کربن، متوسط شاخص آلودگی ۱۳۹۲ الی ۱۴۰۳ محاسبه شده و میزان رعایت اخلاق زیستی مورد آزمون قرار می‌گیرد.

جدول ۵. میزان انتشار مستقیم و غیر مستقیم آلاینده و میزان شاخص آلودگی در استان‌های ایران

| نام استان           | انتشار آلاینده | جمعیت   | سرانه آلاینده | آماره تی |
|---------------------|----------------|---------|---------------|----------|
| بوشهر               | ۳۵۶۴۶۷۱۵       | ۱۰۳۲۹۴۹ | ۳۴/۵۱         | ۲۶/۹۸    |
| قزوین               | ۱۴۶۵۱۲۷۲       | ۱۲۰۱۵۶۵ | ۱۲            | ۵/۱۱     |
| مرکزی               | ۱۵۹۲۷۸۴۹       | ۱۴۱۳۹۵۹ | ۱۱/۲۶         | ۴/۲۰     |
| ⋮                   | ⋮              | ⋮       | ⋮             | ⋮        |
| لرستان              | ۵۲۵۳۷۹۲        | ۱۷۵۴۲۴۳ | ۲/۹۹          | -۳/۹۰    |
| البرز               | ۵۹۰۱۰۲۳        | ۲۴۱۲۵۱۳ | ۲/۴۵          | -۴/۴۳    |
| کهگیلویه و بویراحمد | ۸۸۹۴۴۸         | ۶۵۸۶۲۹  | ۱/۳۵          | -۵/۵۱    |

سرانه آلاینده براساس جدول فوق به صورت نمودار زیر ارائه می‌گردد.



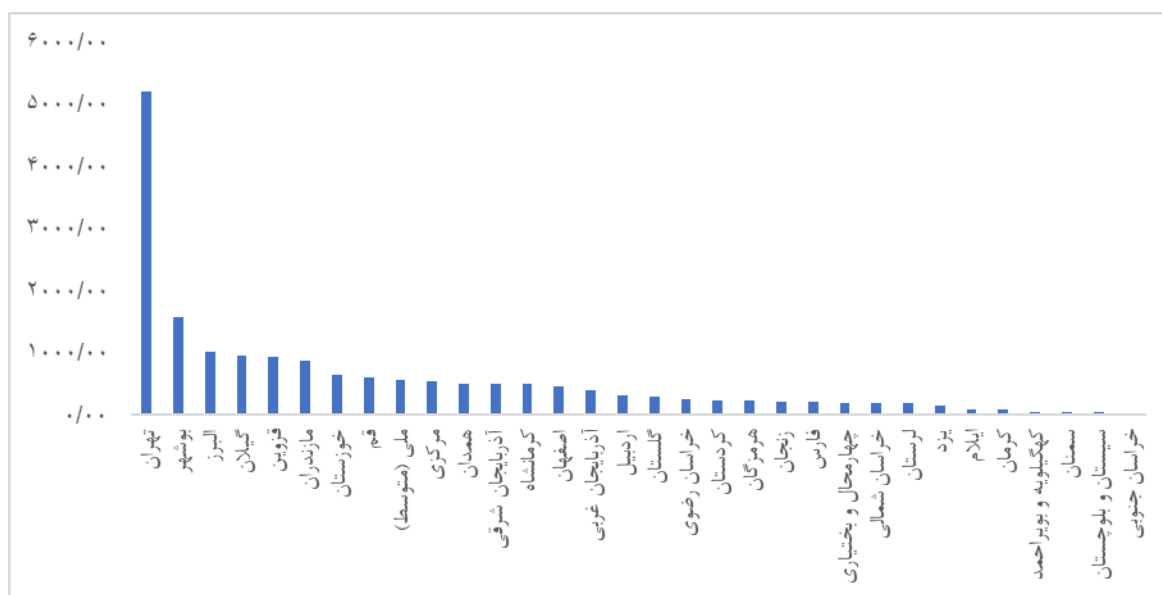
نمودار ۱. سرانه انتشار مستقیم و غیر مستقیم آلاینده در استان‌های ایران

براساس جدول و نمودار فوق استان‌های مختلف ایران براساس شاخص میزان انتشار آلودگی سرانه عدالت را رعایت ننوده‌اند و برخی استان‌ها به‌طور مستقیم و غیر مستقیم آلاینده‌های زیست‌محیطی داشته‌اند، به نحوی که در استان‌های بوشهر، قزوین،

مرکزی، هرمزگان، یزد، اصفهان و خوزستان به‌طور معنی‌داری سرانه انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی بالاتر از میانگین در کل کشور بوده است.

جدول ۶. آماره تی اختلاف سرانه دی اکسید کربن در استان های مختلف ایران

| نام استان         | انتشار آلاینده | مساحت  | تراکم آلودگی | رتبه | آماره تی |
|-------------------|----------------|--------|--------------|------|----------|
| تهران             | ۶۷۷۳۶۳۴        | ۱۲۹۸۱  | ۵۲۲۰/۹۹      | ۱    | ۲۸/۲۰    |
| بوشهر             | ۳۵۶۴۶۷۱۵       | ۲۲۷۱۳  | ۴۴/۱۵۶۹      | ۲    | ۶/۰۶     |
| البرز             | ۵۹۰۱۰۲۳        | ۵۸۳۳   | ۱۰۱۱/۶۶      | ۳    | ۲/۶۸     |
| ⋮                 | ⋮              | ⋮      | ⋮            | ⋮    | ⋮        |
| سمنان             | ۵۱۸۴۰۹۴        | ۹۷۴۹۱  | ۵۳/۱۸        | ۳۰   | -۳/۱۳    |
| سیستان و بلوچستان | ۹۴۶۳۲۳۶        | ۱۸۰۷۲۶ | ۵۲/۳۶        | ۳۱   | -۳/۱۳    |
| خراسان جنوبی      | ۳۷۳۷۱۸۰        | ۱۵۱۱۹۳ | ۲۴/۷۲        | ۳۲   | -۳/۳۰    |



نمودار ۲. تراکم انتشار دی اکسید کربن در استان های مختلف ایران

در پایان در خصوص محدودیت های این تحقیق باید گفت، بزرگترین محدودیت تحقیق حاضر عدم امکان دستیابی به اطلاعات میزان انتشار آلودگی بخش های مختلف بود بنابراین به ناچار می بایست به صورت غیرمستقیم و با استفاده از میزان مصرف انرژی و ضرایب انتشار میزان آلاینده گی هر بخش محاسبه می شد که این امر باعث ایجاد خطای محاسباتی می گردد. همچنین سطح ارزش افزوده بخش های مختلف در استان های ایران به صورت سالانه منتشر نمی گردد و امکان دریافت اطلاعات به روز را با مشکل مواجه می سازد.

براساس جدول و نمودار فوق استان های مختلف ایران براساس شاخص میزان انتشار آلودگی به ازای هر کیلومتر مربع نیز عدالت را رعایت ننوده اند و برخی استان ها به طور مستقیم و غیر مستقیم آلاینده گی بیشتری به لحاظ معنی داری داشته اند، به نحوی که در استان های تهران، بوشهر، البرز، گیلان و قزوین به طور معنی دار انتشار آلاینده گی به ازای واحد مساحت به طور معنی دار بالاتر از میانگین کشور بوده است، این در حالی است که در برخی از استان ها مانند سمنان، سیستان و بلوچستان و خراسان جنوبی تراکم آلودگی به طور معنی دار کمتر از متوسط کشوری بوده است. این وضعیت لزوم اجرای سیاست های کنترلی مناسب در این زمینه را آشکار می سازد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به دنبال بررسی اثرگذاری سیاست‌های مختلف زیست‌محیطی بر میزان مشکلات و آسیب‌های ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای به تفکیک به مطالعه استان‌های مختلف در ایران پرداخته شده است. محدودیت اصلی تحقیق فقدان اطلاعات میزان انتشار آلودگی است و جهت دستیابی به این اطلاعات از روش غیر مستقیم با استفاده از میزان مصرف انرژی و ضرایب انتشار استفاده شد. بدین‌منظور ابتدا با استفاده از جداول داده - ستانده منطقه‌ای کرین میزان انتشار مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسید کربن به تفکیک استان‌های ایران استخراج گردید و پس از آن با استفاده از الگوی اقتصادسنجی تلفیقی ارتباط معنی‌دار بین انتشار دی‌اکسید کربن و شاخص آلودگی در دوره زمانی ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۲ مورد تأیید قرار گرفت. پس از آن میزان آلودگی سرانه برحسب جمعیت و برحسب مساحت محاسبه شد و مشخص گردید که برخی از استان‌ها به‌طور معنی‌دار بیش از متوسط کشور آلودگی ایجاد نموده‌اند؛ این در حالی که هزینه‌های انتشار آلودگی از منطقه فراتر رفته و سایر استان‌ها نیز متضرر می‌شوند. این امر موجب برهم خوردن عدالت در حیطه استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی و زیان ناشی از آن می‌شود؛ به نحوی که در برخی از مناطق مانند بوشهر، قزوین و مرکزی سرانه انتشار آلودگی مستقیم و غیر مستقیم بالایی دارند و نسبت به جمعیت در این مناطق از منابع زیستی بیشتری نسبت به سایر استان‌ها استفاده شده است. این امر در شرایطی که هزینه‌های ایجاد شده به واسطه آن نیز بالا باشد مانع اخلاقی نخواهد داشت ولی می‌توان ملاحظه نمود که در مناطقی مانند تهران، بوشهر و البرز بیشتر تراکم و هزینه آلودگی بر شهروندان تحمیل شده است. بر این اساس می‌بایست با اتخاذ سیاست‌های بهتر زمینه حرکت عدالت زیستی در کشور به سمت اخلاق‌مداری فراهم آید. شناخته‌شده‌ترین سیاست در این زمینه اعمال مالیات درونی بر سوخت‌های فسیلی است که استفاده‌کننده متقبل آثار خارجی نیز می‌گردد. لازم به ذکر است که با توجه به شرایط خاص ایران و وجود سرریزهای تورمی به واسطه

افزایش قیمت حامل‌های انرژی پیشنهاد می‌گردد که نحوه استقرار صنایع آلاینده و اعطای مجوز تأسیس صنایع جدید می‌بایست به نحوی باشد که سرانه انتشار آلودگی بر حسب جمعیت یا مساحت به سمت متوسط حرکت کند و سازمان‌های مسئول در زمینه آلودگی این دو شاخص را به‌عنوان مبنای تصمیم‌گیری آمایشی در نظر بگیرند. در این صورت نه تنها میزان انتشار آلاینده‌ها و شاخص آلودگی کاهش می‌یابد بلکه مخاطرات زیستی کمتری نیز ایجاد می‌شود.

### تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافع احتمالی را در رابطه با تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله اعلام نکرده‌اند.

### تشکر و قدردانی

ابراز نشده است.

### تأمین مالی

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

### ملاحظات اخلاقی

در پژوهش حاضر جنبه‌های اخلاقی مطالعه کتابخانه‌ای شامل اصالت متون، صداقت و امانتداری رعایت شده است.

### بیانیه هوش مصنوعی

نویسندگان اعلام می‌دارند که در فرایند تحقیق، نگارش و ویرایش این مقاله، از هیچ‌گونه ابزار هوش مصنوعی استفاده نشده است.

## References

1. World Health Organization. WHO results report 2022–2023: delivering impact in every country. Geneva: World Health Organization; 2023.
2. Zhan C, Xie M, Lu H, Liu B, Wu Z, Wang T, et al. Impacts of urbanization on air quality and the related health risks in a city with complex terrain. *Atmos Chem Phys*. 2023;23(1):771-788.
3. Malthus TR. An essay on the principle of population. 2 vols in 1. New York: Cosimo Inc; 2011. p. 5-11.
4. Gray L, Hotelling H. A comment. *J Environ Econ Manag*. 1986; 13(3): 292-294.
5. Dasgupta PS, Heal GM. The optimal depletion of exhaustible resources. *Rev Econ Stud*. 1974; 41(Symposium): 3-28.
6. Solow RM. On the intergenerational allocation of natural resources. *Scand J Econ*. 1986; 88(1): 141–149.
7. Hartwick JM. Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *Am Econ Rev*. 1977; 67(5): 972–974.
8. Marshall A. Principles of economics. 8th ed. London: Macmillan; 1920.
9. Pigou AC. The economics of welfare. London: Macmillan; 1920.
10. Perman R, Ma Y, Common M, Maddison D, McGilvray J. Natural resource and environmental economics. 4th ed. Harlow: Pearson Education; 2012.
11. World Resources Institute. Climate finance is a top story to watch in 2025. Washington (DC): WRI; 2025.
12. Gebara CH, Thammaraksa C, Hauschild M. Selecting indicators for measuring progress towards sustainable development goals at the global, national and corporate levels. *Sustain Prod Consum*. 2024; 44: 151-165.
13. Liu D. Value evaluation system of ecological environment damage compensation caused by air pollution. *Environ Technol Innov*. 2021; 22: 101384.
14. Duffney PF, Stanek LW, Brown JS. Air pollution: sources, regulation, and health effects. Research Triangle Park (NC): U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development; 2024.
15. United States Environmental Protection Agency. Climate change indicators in the United States. 4th ed. EPA 430-R-16-004. Washington (DC): EPA; 2016.
16. Kelly RC. Welfare economics explained: theory, assumptions, and criticism. Investopedia. Updated June 26, 2024. Available from: <https://www.investopedia.com>
17. Cameron S. The economics of crime deterrence: a survey of theory and evidence. *Kyklos*. 1988; 41(2): 301-323.
18. John A, Pecchenino R. An overlapping generations model of growth and the environment. *Econ J*. 1994; 104(427): 1393-1410.
19. Aidt TS. The rise of environmentalism, pollution taxes and intra-industry trade. *Econ Gov*. 2005; 6: 1-12.
20. Corrigan R. Environmental impacts and assessment inadequacies. *Disabil Rehabil*. 2008; 30(19): 1466-1471.
21. Stein BS. Economists favor pricing pollution so consumers face the full social marginal cost. *Econ Policy*. 2022; 14(4): 80-110.
22. Nordhaus WD. Research papers using the revised DICE and RICE models. New Haven (CT): Yale University; 2014.
23. Perman R, Ma Y, Common M, Maddison D, McGilvray J. Natural resource and environmental economics. 4th ed. Harlow: Pearson Education; 2012.
24. Miller RE, Blair PD. Input–output analysis: foundations and extensions. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2009.
25. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Sixth assessment report. Cambridge: Cambridge University Press; 2022.