

“Research article”

Analyzing the environmental ideas of knowledgeable citizens toward the realization of a creative city in Tabriz

Heydar Beheshti Asl¹, Morteza Mirgholami², Karim Hosseinzadeh Dalir^{3,*}

¹Department of Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran

²Department of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Islamic Art University, Tabriz, Iran

³Department of Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding author: 1378715101@iau.ac.ir

(Received: 7 June 2025, Accepted: 13 July 2025)

Abstract

The realization of a creative city necessitates the systematic integration of social, cultural, and environmental innovation. This study, focusing on the metropolis of Tabriz, analyzes the ideas of knowledgeable citizens to explain the role of the environment as a key component in the creative city model. Out of 2,254 ideas collected through participatory calls, environment-related submissions were categorized and evaluated into 14 semantic clusters. These included themes such as water resource management, education, ecosystem regeneration, ecological design, pollution control, and the green economy. The findings indicate that, although these ideas ranked in the mid-range in terms of numerical frequency, they received the highest average scores on indicators such as innovation, long-term sustainability, alignment with upstream documents, and scientific grounding. Final discourse analysis revealed that the citizens of Tabriz regard the environment not merely as a technical concern but as a foundation for urban creativity, collective participation, spatial justice, and the regeneration of ecological identity. Based on this analysis, a conceptual model of the environmental-creative city of Tabriz was developed. This model integrates the three domains of citizen discourse, institutional innovation, and ecological infrastructure within a unified framework aimed at realizing a sustainable and creative urban ecosystem. Finally, recommendations are offered for leveraging public capacities in urban policymaking.

Conflict of interest: None declared

Keywords: Creative city, Environmental innovation, Citizen participation, Sustainable urban ecosystem, Tabriz



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

فصلنامه آلودگی های محیطی و توسعه پایدار شهری

دوره ۲، شماره ۱، پیاپی ۵

بهار ۱۴۰۴، صفحات ۱۴-۱

«مقاله پژوهشی»

تحلیل ایده های زیست محیطی شهروندان در راستای تحقق شهر خلاق تبریز

حیدر بهشتی اصل^۱، مرتضی میرغلامی^۲، کریم حسین زاده دلیر^{۳*}

^۱ دانشجوی دکتری شهرسازی، گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

^۲ استاد گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی، تبریز، ایران

^۳ استاد گروه برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: 1378715101@iaau.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۷، پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۴/۲۲)

چکیده

تحقق شهر خلاق مستلزم پیوند نظام مند میان نوآوری اجتماعی، فرهنگی و زیست محیطی است. پژوهش حاضر با تمرکز بر کلان شهر تبریز، به تحلیل ایده های شهروندان دانشی با هدف تبیین جایگاه محیط زیست به مثابه یکی از مؤلفه های کلیدی در الگوی شهر خلاق می پردازد. از میان ۲۲۵۴ ایده گردآوری شده از طریق فراخوان های مشارکتی، ایده های مرتبط با حوزه زیست محیطی در قالب ۱۴ خوشه معنایی شامل محورهایی چون مدیریت منابع آب، آموزش، بازآفرینی زیست بوم ها، طراحی اکولوژیک، مقابله با آلودگی و اقتصاد سبز دسته بندی و ارزیابی شدند. یافته ها نشان دادند که اگرچه این ایده ها از نظر فراوانی عددی در رتبه های میانی قرار دارند، اما از حیث شاخص هایی مانند نوآوری، پایداری بلندمدت، هم راستایی با اسناد بالادستی و پشتوانه علمی، بالاترین میانگین امتیاز را کسب کرده اند. تحلیل گفتمان نهایی نشان داد که شهروندان تبریزی محیط زیست را نه فقط به مثابه یک مسئله فنی، بلکه به عنوان بستری برای خلاقیت شهری، مشارکت جمعی، عدالت فضایی و بازآفرینی هویت اکولوژیک درک می کنند. بر پایه این تحلیل، مدل مفهومی شهر خلاق زیست محیطی تبریز ارائه شد که سه حوزه گفتمان شهروندی، نوآوری نهادی و زیرساخت اکولوژیکی را در ساختاری یکپارچه برای تحقق اکوسیستم شهری پایدار و خلاق سامان می دهد. در پایان، پیشنهادهایی برای بهره برداری از ظرفیت های مردمی در سیاست گذاری شهری ارائه شده است.

واژه های کلیدی: شهر خلاق، نوآوری زیست محیطی، مشارکت شهروندی، اکوسیستم شهری پایدار، تبریز

مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد پرشتاب شهرنشینی، تخریب زیست‌محیطی، گسترش مصرف‌گرایی و گسست از فرآیندهای طبیعی، شهرها را به یکی از کانون‌های اصلی بحران اکولوژیک در جهان بدل کرده است. بنا بر گزارش بانک جهانی^۱ در سال ۲۰۲۳، بیش از ۵۵ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و این رقم تا سال ۲۰۵۰ به ۷۰ درصد خواهد رسید (۱). به موازات آن، گزارش برنامه اسکان بشر ملل متحد^۲ (۲۰۲۲)، هشدار می‌دهد که کیفیت زیست‌محیطی در بسیاری از کلانشهرهای در حال توسعه، به شدت رو به افول است و ثبات اکولوژیک این شهرها در معرض تهدید قرار دارد (۲). ایران نیز با نرخ شهرنشینی بیش از ۷۵ درصد در سال ۲۰۲۱، با بحران‌هایی مشابه از جمله آلودگی هوا، کاهش منابع طبیعی، رشد سکونت‌گاه‌های غیررسمی و توسعه فیزیکی ناپایدار روبه‌روست (۳). شهر تبریز به عنوان یکی از قطب‌های فرهنگی، تاریخی و صنعتی شمال غرب کشور، طی دو دهه گذشته با روند فزاینده‌ای از تنزل شاخص‌های زیست‌محیطی مواجه شده است. چنین وضعیتی، ضرورت بازنگری در سیاست‌گذاری زیست‌محیطی شهری و بهره‌گیری از رویکردهای نوین مشارکتی را دوجندان می‌سازد.

در این چارچوب، مفهوم «شهر خلاق» به عنوان رویکردی بین‌رشته‌ای و تحول‌آفرین در ادبیات توسعه شهری مطرح شده است. در این رویکرد بر تلفیق مؤلفه‌هایی نظیر نوآوری، سرمایه فرهنگی، مشارکت شهروندی، فناوری‌های نوین، حکمرانی شفاف و

پایداری محیط‌زیستی تأکید دارد (۶-۴). نظریه‌پردازانی چون لندری (۴) و فلوریدا (۵) بر اهمیت ظرفیت خلاق انسانی و زیرساخت‌های فرهنگی-اکولوژیک در خلق جوامع نوآورانه تأکید می‌کنند. همچنین، چارچوب یونسکو برای شبکه شهرهای خلاق^۳، یکی از ارکان اساسی توسعه را پایداری زیست‌محیطی و گسترش زیرساخت‌های اکولوژیک معرفی می‌کند (۷).

شهرهایی همچون کپنهاگ، سئول، بارسلونا و ونکوور نشان داده‌اند که با توسعه زیرساخت‌های سبز، اقتصاد چرخشی و جلب مشارکت مردمی، می‌توان به تحقق الگوی شهر خلاق پایدار دست یافت (۸ و ۹). در همین راستا، پژوهش کومار^۴ در شهرهای اروپایی، نقش فضاهای سبز شهری را در تقویت تعاملات خلاقانه و سرزندگی فرهنگی برجسته می‌سازد و بر تلفیق مؤلفه‌های فرهنگی و محیط‌زیستی در ارزیابی ظرفیت خلاق شهرها تأکید دارد (۱۰).

در ایران نیز مطالعات متعددی به بررسی پیوند میان محیط‌زیست و توسعه شهری پرداخته‌اند. از جمله پژوهش امیرسروری و رمضانی که نشان داده است ارتقای کیفیت زیست‌محیطی در تبریز، می‌تواند منجر به جذب طبقه خلاق، توسعه نوآوری و افزایش جذابیت شهری شود (۱۱). با این حال، مطالعاتی نظیر موسوی و شمس (۱۲) نشان می‌دهند که در مقایسه با سایر ابعاد شهر خلاق، بعد زیست‌محیطی در برنامه‌ریزی شهری ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، یافته‌های پژوهش‌هایی نظیر شریفی (۱۳)، محمودی و همکاران (۱۴) و مدنی و همکاران

³ UCCN⁴ Kumar¹ World Bank² UN-Habitat

(۱۵) بر اهمیت عدالت زیست محیطی، فناوری های نوین و مشارکت مردمی در تقویت تاب آوری محیطی تأکید کرده اند.

با وجود گسترش مفاهیمی چون شهر خلاق، شهر هوشمند و تاب آور، همچنان خلأ یک رویکرد تلفیقی مبتنی بر مشارکت دانشی شهروندان در سیاست گذاری زیست محیطی در کشور احساس می شود (۱۷-۱۱). تبریز، با برخورداری از پیشینه تاریخی در مدیریت منابع طبیعی، حضور نهادهای دانشگاهی و کنشگران مدنی، ظرفیت بالقوه ای برای آزمون الگوی شهر خلاق زیست محیطی دارد. پژوهش حاضر، با تکیه بر تحلیل بیش از ۲۲۵۰ ایده شهروندی، به واکاوی خوشه های مفهومی و گفتمانی در حوزه زیست محیطی پرداخته و تلاش دارد راهکارهایی نوآورانه برای مدیریت شهری پایدار ارائه دهد.

چارچوب نظری تحقیق

چارچوب مفهومی این مطالعه مبتنی بر تلفیق سه رویکرد نظری اصلی است:

- **نظریه های شهر خلاق و نوآوری شهر:** نظریه های مبتنی بر شهر خلاق بر نقش محوری سرمایه فرهنگی، دانشی و مشارکتی در تولید نوآوری های شهری تأکید دارند (۵ و ۴). در این رویکرد، شهر نه تنها محل مصرف منابع، بلکه بستری برای تولید معنا، نوآوری، و ارزش اجتماعی است. شاخص هایی چون تنوع فرهنگی، حمایت از صنایع خلاق، مشارکت شهروندی، و تعاملات چندسطحی نهادها، از جمله

مؤلفه های اصلی در نظریه پردازی شهر خلاق به شمار می روند (۶ و ۱۸). با پیشرفت نظریه های توسعه پایدار، مفهوم شهر خلاق پایدار^۳ شکل گرفت که در آن، بُعد زیست محیطی به عنوان یکی از اضلاع حیاتی توسعه شهری تلقی می شود (۷ و ۱۹).

- **برنامه ریزی زیست محیطی شهری^۴ و بوم شناسی شهری:** این حوزه مفهومی بر طراحی سیاست ها، فضاها و زیرساخت هایی تمرکز دارد که با اکوسیستم های بومی شهر سازگار بوده و تاب آوری آن را در برابر بحران های اقلیمی افزایش می دهد. مفاهیمی چون زیرساخت سبز، عدالت محیطی، طراحی حساس به اقلیم و بازآفرینی اکولوژیکی، در این چارچوب جای می گیرند (۸ و ۲۰). به طور خاص، بوم شناسی شهری به مطالعه تعامل میان ساختار کالبدی، کنش های انسانی و فرایندهای اکولوژیکی در محیط شهری می پردازد و از منظر زیست محیطی، الگوی پایداری را در مقیاس شهری دنبال می کند (۲۱).

- **تحلیل گفتمان زیست محیطی مشارکت محور:** با ظهور پارادایم های برنامه ریزی مشارکتی^۵ و نوآوری اجتماعی^۶، رویکردهای تحلیلی به نقش شهروندان در تولید دانش و معنا، وارد حوزه سیاست گذاری محیط زیستی شده اند. در این چارچوب، تحلیل گفتمان به منظور فهم روایت های شکل گرفته پیرامون بحران های زیست محیطی، پیشنهاد های مردمی، بازنمایی منافع ذی نفعان و شیوه های بازاندیشی در مفهوم توسعه شهری به کار می رود (۲۴-۲۲). گفتمان

³ Sustainable Creative City

⁴ Urban Environmental Planning

⁵ Urban Ecology

⁶ Participatory Environmental Discourse Analysis

⁷ Participatory Planning Paradigm

⁸ Social Innovation Paradigm

¹ Creative City Theory

² Urban Innovation Theory

مشارکت‌محور زیست‌محیطی، شهروندان را نه تنها به عنوان مخاطب سیاست، بلکه به مثابه خالق معنا و کنشگر تغییر در نظر می‌گیرد (۲۵).

بر اساس چارچوب نظری، مطالعه حاضر به تحلیل گفتمان‌های مشارکتی پیرامون محیط‌زیست، ارزیابی نمرات کیفی ایده‌ها در هفت شاخص کلیدی (نوآوری، پایداری، اثربخشی، اجراپذیری، هم‌راستایی با اسناد، مشارکت و پشتوانه علمی) و تدوین راهبردهای عملی برای تلفیق این ایده‌ها در فرایندهای مدیریت شهری می‌پردازد.

سؤال محوری تحقیق این است که: ایده‌های زیست‌محیطی شهروندان دانشی تبریز چه الگوهای گفتمانی و مفهومی را در راستای تحقق شهر خلاق نمایندگی می‌کنند و چگونه می‌توان از آن‌ها در سیاست‌گذاری زیست‌محیطی شهری استفاده نمود؟

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نوع مطالعات کاربردی با رویکرد ترکیبی^۱ (کمی-کیفی) است و با هدف شناسایی ظرفیت‌های مشارکتی برای ارتقای حکمرانی زیست‌محیطی در شهر تبریز انجام شده است. چارچوب نظری تحقیق، متأثر از نظریه‌های شهر خلاق، بوم‌شناسی شهری، و مشارکت اجتماعی در سیاست‌گذاری محیطی است (۴، ۲۶ و ۲۷). از نظر راهبرد، پژوهش با بهره‌گیری از تلفیق روش‌های تحلیل محتوای کیفی^۲، تحلیل مضمون^۳، ارزیابی چندمعیاره^۴ و تحلیل گفتمان طراحی شده است (۳۱-۲۸).

جامعه پژوهش، ترکیبی از گروه‌های نهادی، دانشگاهی، مردمی و متخصصانی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در فرآیند مشارکت برای تحقق شهر خلاق در تبریز حضور داشته‌اند. بخش عمده داده‌ها از طریق فراخوان رسمی در بستر پیام‌رسان واتساپ برای بیش از هزار مخاطب از اقشار مختلف جمع‌آوری شده‌اند. مشارکت‌کنندگان شامل فعالان حوزه‌های فرهنگی، اجتماعی، علمی، اقتصادی، محیط‌زیستی، هنرمندان، کسبه، دانشگاهیان و نخبگان محلی بوده‌اند.

در گام اول، ایده‌های دریافتی در چهارده بعد موضوعی دسته‌بندی شدند که شامل ابعاد فضایی، کالبدی و زیرساختی، فرهنگی و هنری، تاریخی و خاص منطقه‌ای، اجتماعی و جامعه‌محور، فناوری و هوشمندسازی، اقتصادی و کارآفرینی، آموزشی و دانشی، حکمرانی و نهادی، زیست‌محیطی و اکولوژیکی، گردشگری، معنوی و هویتی، دیپلماسی شهری و بین‌المللی، خانوادگی و روانی و اقلیمی و طبیعی منطقه‌ای است. سپس، تمرکز تحلیل بر ایده‌های زیست‌محیطی قرار گرفت که از نظر تعداد، تنوع و اهمیت مفهومی، جایگاه برجسته‌ای در میان سایر حوزه‌ها داشتند.

در گام بعد، برای ارزیابی کارآمدی ایده‌ها، از تکنیک ارزیابی چندمعیاره با استفاده از طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای استفاده شد. معیارهای مورد نظر شامل نوآوری، اثربخشی، مقبولیت اجتماعی، قابلیت اجرا، هم‌راستایی با اسناد بالادستی و پشتوانه علمی بوده‌اند.

¹ Mixed-Method Research Approach

² Qualitative Content Analysis

³ Thematic Analysis

⁴ Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)

نتایج و بحث

یافته‌های این پژوهش، بر پایه تحلیل محتوای ۲۲۵۴ ایده شهروندان دانشی تبریز پیرامون تحقق شهر خلاق با تمرکز ویژه بر ابعاد زیست محیطی و اکولوژیکی، نشان می‌دهد که این دسته از ایده‌ها جایگاهی برجسته در میان سایر ابعاد چهارده‌گانه خلاقیت شهری دارند. تحلیل آماری توزیع ایده‌ها برحسب این ابعاد (مطابق جدول (۱)) بیانگر سهم معنادار بعد زیست محیطی در کنار سایر ابعاد چون فرهنگی، اجتماعی، فضایی و فناورانه است. نکته حائز اهمیت آن است که بسیاری از این ایده‌ها دارای خصلتی چند بعدی هستند و در مرز میان حوزه‌های زیست محیطی، اجتماعی، فناورانه و فضایی قرار می‌گیرند. این ویژگی، بیانگر شکل‌گیری نگاهی پایدار محور، میان‌رشته‌ای و آینده‌نگر در ذهنیت شهروندان دانشی تبریز است.

(۳۲). هر ایده توسط تیمی از متخصصان امتیازدهی شد و نتایج در قالب رتبه‌بندی نهایی تحلیل گردید. تحلیل کیفی ایده‌ها با کدگذاری اولیه و استخراج مفاهیم کلیدی آغاز شد. سپس از طریق تحلیل مضمون، مضامین اصلی در سطح کلان شناسایی گردیدند و با بهره‌گیری از تحلیل خوشه‌ای، پیوندهای معنایی میان آن‌ها کشف شد (۳۳). در گام نهایی، از روش تحلیل گفتمان به منظور تبیین روایت‌های پنهان در پس ایده‌ها بهره گرفته شد. مفاهیمی نظیر مسئولیت‌پذیری، هویت زیست محیطی و عدالت فضایی، چارچوب معنایی تحلیل را شکل دادند (۲۲). برای افزایش اعتبار یافته‌ها، از روش سه‌سوسازی داده‌ها^۱ استفاده شد که شامل مقایسه داده‌ها با اسناد رسمی، مطالعات پیشین و نظرات خبرگان بود. بدین ترتیب، تلاش شد تا تلفیقی معتبر از دیدگاه‌های مردمی و مبانی نظری برای ارائه الگوی بومی شهر خلاق زیست محیطی در تبریز فراهم گردد.

جدول (۱): ابعاد چهارده‌گانه تحلیل ایده‌های شهروندی در راستای تحقق شهر خلاق

ردیف	بُعد	شرح مفهومی مختصر	تعداد	درصد از کل
۱	بعد فضایی و کالبدی و زیرساختی	شامل زیرساخت‌های فیزیکی، طراحی شهری، حمل و نقل، فضاهای باز و زیرساخت‌های زیستی	۲۱۱۰	۱۶/۳۸٪
۲	بعد فرهنگی و هنری	هنرهای مردمی، خلاقیت فرهنگی، برنامه‌های هنری مشارکتی	۱۹۴۵	۱۴/۰۳٪
۳	بعد تاریخی و خاص منطقه‌ای	حفاظت از میراث ملموس و ناملموس، تجربه‌های محلی و ویژگی‌های خاص منطقه‌ای	۱۷۶۰	۱۱/۲۷٪
۴	بعد اجتماعی و جامعه‌محور	تأکید بر تعاملات اجتماعی، سرمایه اجتماعی، مشارکت و عدالت اجتماعی	۱۷۵۱	۱۱/۱۴٪
۵	بعد فناوری و هوشمندسازی	بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، شهر هوشمند، داده‌محوری و IoT	۱۶۶۵	۹/۸۶٪
۶	بعد اقتصادی و کارآفرینی	اشتغال‌زایی، کسب‌وکارهای خلاق، اقتصاد محلی، استارت‌آپ‌ها و نوآوری اقتصادی	۱۵۴۵	۸/۰۸٪

^۱ Data Triangulation

ادامه جدول (۱):

۷	بعد آموزشی و دانشی	آموزش خلاق، ظرفیت‌سازی دانشی، یادگیری شهری و ارتباط با دانشگاه	۱۴۳۸	۶/۵٪
۸	بعد حکمرانی و نهادی	نظام تصمیم‌گیری، مشارکت نهادهای محلی، شفافیت و سازوکارهای شهری	۱۳۴۰	۵/۰۴٪
۹	بعد زیست‌محیطی و اکولوژیکی	حفاظت از محیط زیست، منابع طبیعی، تغییر اقلیم، پسماند و پایداری اکولوژیکی	۱۳۸۰	۴/۱۵٪
۱۰	بعد گردشگری	ظرفیت‌سازی برای گردشگری فرهنگی، طبیعی، تاریخی و اقتصاد تجربه‌محور	۱۳۷۹	۴/۱۴٪
۱۱	بعد معنوی و هویتی	پیوند با ارزش‌های معنوی، فرهنگ اسلامی-ایرانی، کرامت انسانی و معنا بخشی به فضاها	۱۳۶۴	۳/۹۲٪
۱۲	بعد دیپلماسی شهری و بین‌المللی	پیوندهای فراشهری، شبکه‌های بین‌المللی، همکاری‌های فرهنگی و جهانی‌سازی محلی	۱۲۰۸	۳/۰۹٪
۱۳	بعد خانوادگی و روانی	سلامت روان، کیفیت زندگی خانوادگی، فضاها و فراغت و نشاط اجتماعی	۱۰۹۳	۱/۳۸٪
۱۴	بعد اقلیمی و طبیعی منطقه‌ای	توجه به ویژگی‌های جغرافیایی، منابع آبی، کوهستانی، اقلیم تبریز	۱۰۶۹	۱/۰۳٪

در ادامه‌ی یافته‌های پژوهش، تحلیل نمرات تخصصی ایده‌های زیست‌محیطی به‌عنوان گام دوم ارزیابی، به بررسی دقیق کیفیت ایده‌های مرتبط با بعد زیست‌محیطی از منظر هفت شاخص کلیدی می‌پردازد. بر پایه داورهای انجام‌شده توسط تیمی از متخصصان شهری، میانگین نمرات اختصاص‌یافته به ایده‌های زیست‌محیطی نسبت به سایر ابعاد، از سطح بالاتری برخوردار است. در جدول (۲)، میانگین نمرات هریک از شاخص‌ها برای ایده‌های زیست‌محیطی در مقایسه با میانگین کل ایده‌ها ارائه شده است.

جدول (۲): تحلیل نمرات تخصصی ایده‌های زیست‌محیطی در مقایسه با میانگین کل ایده‌ها

ردیف	شاخص ارزیابی	میانگین نمره ایده‌های زیست‌محیطی	میانگین نمره کل ایده‌ها
۱	نوآوری و خلاقیت	۴/۵۷	۴/۵۶
۲	اثربخشی در حل چالش‌ها	۴/۶۹	۴/۶۶
۳	قابلیت اجرا	۴/۳۲	۴/۱۹
۴	پایداری بلندمدت	۴/۷۹	۴/۶
۵	مشارکت‌پذیری	۴/۵	۴/۶۲
۶	انطباق با اسناد بالادستی	۴/۷۲	۴/۷۶
۷	پشتوانه علمی یا تجربی	۴/۷۶	۴/۶۵

یافته‌های جدول (۲) نشان می‌دهد که ایده‌های زیست‌محیطی در شاخص‌هایی نظیر پایداری بلندمدت، اثربخشی و پشتوانه علمی، نمراتی بالاتر از میانگین کل ایده‌ها کسب کرده‌اند. این امر گویای آن

است که شهروندان دانشی، در مواجهه با مسائل محیط زیستی، نگاهی عمیق، راهبردی و مبتنی بر شواهد علمی اتخاذ کرده اند. از سوی دیگر، گرچه نمره شاخص مشارکت پذیری در ایده های زیست محیطی اندکی پایین تر از میانگین کل است، اما همچنان در سطح بالا باقی مانده و بیانگر قابلیت درگیرسازی گروه های مختلف اجتماعی در اجرای این ایده ها است. از جمله ایده های شاخص با نمره بالا می توان به بام های سبز هوشمند، استفاده از آب خاکستری در آبیاری فضای سبز، و کمربند سبز روستایی با قابلیت خودکفایی اشاره کرد که هم در پایداری و هم در قابلیت اجرا، نمرات ممتازی کسب کرده اند. در مقابل، ایده هایی چون ایجاد نقشه صوتی بازار یا درختان مصنوعی شهری به رغم نوآوری بالا، در شاخص هایی نظیر امکان پذیری و مشارکت پذیری، نمرات کمتری داشته اند.

در مجموع، تحلیل تخصصی نمرات نشان می دهد که ایده های زیست محیطی نه تنها در حوزه نظری خلاقانه و نوآورانه اند، بلکه در اجرا نیز پتانسیل بالایی برای اثرگذاری و ماندگاری دارند. این نتایج ضرورت توجه مضاعف سیاست گذاران به ظرفیت های زیست محیطی در فرآیند تحقق شهر خلاق را آشکار می سازد.

در مرحله سوم تحلیل، تمرکز پژوهش بر خوشه بندی معنایی ایده های زیست محیطی بود که با هدف سازمان دهی محتوای متنوع ایده ها در قالب

مجموعه ای منسجم، قابل تحلیل و اجرایی صورت گرفت. خوشه بندی معنایی در این مطالعه با رویکرد عملیاتی، برنامه محور و سیاست پژوهانه انجام شد.

فرآیند تحلیل مضمون ایده ها منجر به استخراج ۱۴ خوشه مفهومی اصلی شد که هر کدام بازتاب دهنده نوع خاصی از دغدغه های شهروندان دانشی در ارتباط با محیط زیست شهری، کیفیت زندگی، و آینده پایدار تبریز هستند. این خوشه ها از سطوح محلی تا کلان شهری را در بر گرفته و شامل مضامینی چون منابع آب، فضای سبز، فناوری سبز، عدالت زیست محیطی، طراحی معماری پایدار و انرژی های تجدیدپذیر می شوند.

ویژگی های متمایز این خوشه ها عبارت اند از:

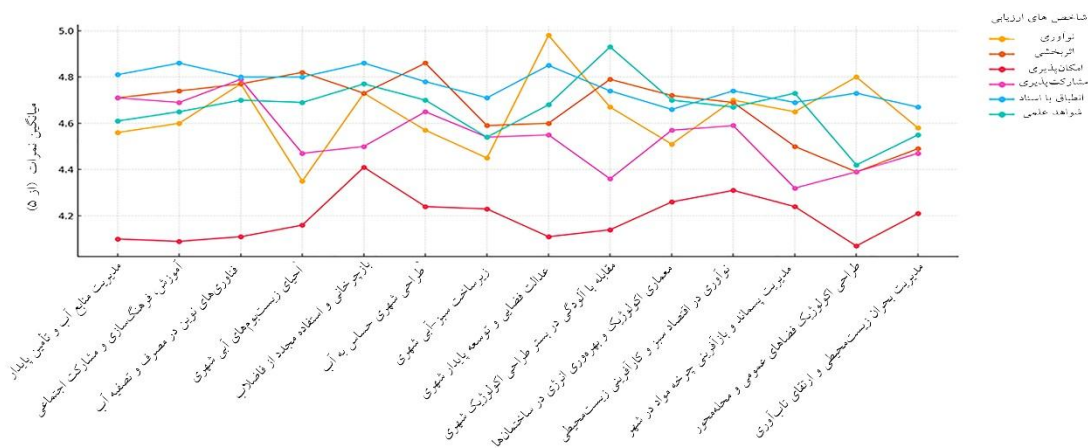
- ۱- تجمع ایده های هم راستا با دغدغه های مشخص شهروندی؛
 - ۲- پوشش سطوح مختلف سیاست گذاری از خرد محله ای تا فرا شهری؛
 - ۳- برخورداری از تنوع موضوعی و تلفیق چندبعدی (فناوری، فرهنگی، آموزشی، اجتماعی)؛
 - ۴- قابلیت اتصال به پروژه های اجرایی، برنامه های توسعه پایدار و سند های راهبردی شهری.
- در ادامه و در جدول (۳)، توصیف منسجم و ساخت یافته ای از این ۱۴ خوشه ارائه شده است و به عنوان دستاوردی کلیدی تحقیق و بستری برای طراحی بسته های سیاستی در تحقق شهر خلاق زیست محیطی تبریز تلقی می گردد.

جدول (۳): تحلیل خوشه‌های گفتمان زیست‌محیطی شهروندان دانشی تبریز

ردیف	عنوان خوشه	الگوهای فکری و محتوایی	دغدغه‌ها و حساسیت‌های اصلی	نمونه ایده‌های برتر	نتیجه‌گیری و پیشنهاد سیاستی
۱	مدیریت منابع آب و تأمین پایدار	مدیریت پایدار منابع کمیاب	کمبود منابع، هدررفت، عدالت آبی	استفاده از ژئوممبران، برداشت آب باران	تأسیس سامانه هوشمند بارش، آموزش مصرف
۲	آموزش و فرهنگ‌سازی و مشارکت اجتماعی	مشارکت مردمی، آگاهی جمعی	کم‌توجهی عمومی، کمبود سواد اکولوژیک	مدارس سبز، جشنواره محله‌ای پاک	کمپین رسانه‌ای و تقویم زیست‌محیطی تبریز
۳	فناوری در تصفیه و مصرف آب	بهره‌گیری از هوش مصنوعی، IoT	اتلاف منابع، نبود زیرساخت هوشمند	آبیاری با سنسور، اپ آگاهی آبی	سامانه اپلیکیشن مشارکتی آب شهروندان
۴	احیای زیست‌بوم‌های آبی شهری	حفظ رودخانه، احیای اکوسیستم	خشکیدگی مه‌ران‌رود، آلودگی	تصفیه طبیعی، تالاب مصنوعی، باغچه کناری	پروژه زیست‌بومی مه‌ران‌رود
۵	بازيافت فاضلاب و استفاده مجدد	بازچرخانی و پایداری چرخه آب	نبود سیستم بازیافت خانگی	تصفیه آب خاکی، بازچرخانی خانگی	الزام مجتمع‌ها به نصب سامانه بازیافت
۶	طراحی شهری حساس به آب	هم‌سازی معماری با اقلیم و آب	طراحی نامتناسب، سیلابی شدن	بام سبز، زهکشی سبز، دیوار سبز	کد الزامی برای طراحی اکولوژیک شهری
۷	زیرساخت سبز-آبی شهری	تلفیق فضای سبز و آبی	گسست زیست‌محیطی، توسعه نابسامان	رینگ سبز، رودرمانی شهری، پارک خطی	سیاست یکپارچه زیرساخت سبزآبی منطقه‌ای
۸	عدالت محیطی و توسعه پایدار	دسترسی برابر به منابع	تبعیض فضایی، حاشیه‌نشینی	پارک برای سالمندان، سهمیه منابع	عدالت مکانی در توسعه سبز
۹	مقابله با آلودگی هوا	زیست‌پذیری، سلامت جمعی	آلودگی خودرو، گردوغبار، گرما	درختان مقاوم، خیابان نفوذپذیر، طراحی افق	برنامه تنفس تبریز، اصلاح کالبدی
۱۰	معماری اکولوژیک و انرژی	ساختمان هوشمند، مصرف بهینه	اتلاف انرژی، معماری ناپایدار	پنل خورشیدی، دیوار عایق، نور طبیعی	حمایت مالی از ساخت بوم‌سازگار
۱۱	اقتصاد سبز و نوآوری	اشتغال سبز، کارآفرینی زیستی	بیکاری، فقدان انگیزه کار خلاق	استارت‌آپ محیط‌زیستی، شتاب‌دهنده	مرکز نوآوری زیست پایدار در تبریز
۱۲	مدیریت پسماند و بازیافت	تفکیک در مبدأ، بازیافت خلاق	آلودگی زباله، نبود فرهنگ	ایستگاه QR، آموزش تفکیک	بسته بازیافت پاک تبریز
۱۳	طراحی اکولوژیک فضاهای شهری	فضای باز پایدار و خلاق	ازدحام، کاهش آرامش شهری	کوچه اجتماعی، صندلی دوستی	بازطراحی فضاهای محله‌ای با رویکرد زیستی
۱۴	مدیریت بحران و تاب‌آوری شهری	آمادگی اقلیمی و اجتماعی	زلزله، خشکسالی، سیل	پناهگاه اضطراری، سنسور لرزه	سیاست تاب‌آوری در طراحی شهری

در شکل (۱) میانگین امتیازات تخصصی برای هر خوشه معنایی مرتبط با ایده‌های زیست‌محیطی، به تفکیک ۷ شاخص ارزیابی اصلی آورده شده است که

می‌تواند مبنایی برای اولویت‌بندی اجرایی و سیاستی در تحقق شهر خلاق زیست‌محیطی تبریز باشد.



شکل (۱): تحلیل خوشه های ایده های زیست محیطی شهروندان دانشی تبریز

از سوی دیگر، خوشه تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب به دلیل نمرات بالای آن در شاخص های پایداری ۴/۸۶ و پشتوانه علمی ۴/۷۷، به خوبی نمایانگر ماهیت دانش محور و مستند ایده های ارائه شده در این حوزه است؛ نتیجه ای که با یافته های شریفی درباره نقش فناوری در ارتقای تاب آوری و پایداری زیرساخت های شهری تطابق دارد (۱۳).

در بعد مشارکت پذیری، خوشه هایی چون مدیریت منابع آب و تأمین پایدار و مدیریت هوشمند و نوآوری در مصرف آب به ترتیب با امتیازهای ۴/۷۱ و ۴/۷۹ در جایگاه نخست قرار گرفته اند؛ این امر حاکی از تمایل شهروندان به ارائه راهکارهای جامعه محور و فناورانه برای مدیریت منابع زیست محیطی است. این یافته ها از نظر رویکرد تحلیلی، با پژوهش مدنی و همکاران هم راستا هستند که تأکید دارد مشارکت مردمی می تواند در صورت حمایت نهادی، موتور محرکه سیاست های زیست محیطی شهری باشد (۱۵).

در عین حال، برخی خوشه ها مانند طراحی اکولوژیک فضاهای شهری با وجود اصالت و تازگی ایده ها، در شاخص های امکان پذیری و شواهد علمی نمرات پایین تری کسب کرده اند (۴/۰۷ و ۴/۴۲). این

تحلیل نمرات تخصصی خوشه های معنایی نشان می دهد که تنوع تم محور ایده ها با کیفیت ارزیابی رابطه ای مستقیم دارد. خوشه عدالت فضایی و سیاست گذاری محیط زیستی در توسعه پایدار شهری با میانگین نمره ۴/۹۸ در شاخص نوآوری، بالاترین امتیاز را در میان تمام خوشه ها کسب کرده است. این یافته نشان می دهد که دغدغه های زیست محیطی همراه با رویکرد عدالت محور، در ذهنیت شهروندان دانشی با نوآوری ساختاری پیوند خورده اند. این نتیجه با یافته های محمودی و همکاران که تأکید دارند سیاست های محیط زیستی در مناطق کمتر برخوردار باید به عدالت فضایی و اجتماعی توجه ویژه ای داشته باشد، هم راستا است (۱۴).

همچنین، خوشه طراحی شهری حساس به آب و زیرساخت سبز که در شاخص اثربخشی امتیاز ۴/۸۶ را به دست آورده، نشان دهنده اهمیت فزاینده عناصر طراحی اکولوژیکی در پاسخ به چالش های محیطی شهری است. این تحلیل با مطالعه کومار همخوانی دارد، آنجا که زیرساخت سبز به عنوان بستری برای تحقق هم زمان اهداف زیست محیطی، فرهنگی و اجتماعی معرفی شده است (۱۰).

امر نشان می‌دهد که بخشی از ایده‌ها هنوز نیازمند تقویت جنبه‌های اجرایی و تبیین علمی برای ادغام در ساختارهای رسمی هستند؛ نکته‌ای که در تحلیل‌های ترکیبی کومار و امیرسروری نیز به‌عنوان چالش میان خلاقیت مفهومی و قابلیت اجرای نهادی مطرح شده است (۱۰ و ۱۱).

به‌طور کلی، تفاوت خوشه‌ها در نمرات نشان می‌دهد که تلفیق نوآوری با مشارکت و شواهد علمی، معیار تعیین‌کننده در ارتقای کیفیت ایده‌ها بوده است. این تحلیل همچنین می‌تواند راهنمایی مهم برای اولویت‌بندی مداخله‌های شهری، سرمایه‌گذاری، و تدوین سیاست‌های خلاقانه در تبریز باشد.

در گام چهارم تحلیل، تمرکز پژوهش بر فراتر رفتن از خوشه‌های موضوعی و ورود به لایه‌های معنایی، ارزشی و مفهومی ایده‌هاست. به بیان دیگر، تحلیل گفتمان زیست‌محیطی، روایتی ساختاری از نحوه شکل‌گیری معنا، دغدغه و نگاه جامعه دانشی تبریز به نقش محیط زیست در تحقق شهر خلاق ارائه می‌دهد.

تحلیل گفتمان‌های زیست‌محیطی شهروندان تبریز مطابق جدول (۴) نشان می‌دهد که مشارکت‌های مردمی در حوزه محیط‌زیست فقط محدود به بیان مشکلات یا درخواست خدمات نیست، بلکه از انسجام مفهومی، چندلایگی معنایی و پیوندهای راهبردی با ابعاد مختلف شهر خلاق برخوردار است. گفتمان‌هایی نظیر زیست‌محیطی - خلاق، تاب‌آوری اکولوژیک، منظر سبز، فناوری هوشمند محیطی و عدالت زیست‌محیطی، بازتاب‌دهنده درک عمیق شهروندان از چالش‌ها و ظرفیت‌های زیست‌محیطی شهر هستند و حاکی از آن است که شهروندان دانشی تبریز با تلفیق خلاقانه نوآوری، فرهنگ، دانش بومی، فناوری و هویت شهری، به دنبال بازتعریف نقش محیط‌زیست در حکمرانی شهری، طراحی فضایی و آینده‌سازی هستند. این تحلیل نشان می‌دهد که تقویت ظرفیت‌های نهادی برای شنیدن و عملیاتی کردن این گفتمان‌ها، می‌تواند به شکل‌گیری سیاست‌های مشارکت‌محور، نوآورانه و پایدار برای تحقق شهر خلاق زیست‌محیطی بینجامد.

جدول (۴): تحلیل گفتمان‌های زیست‌محیطی شهروندان دانشی تبریز

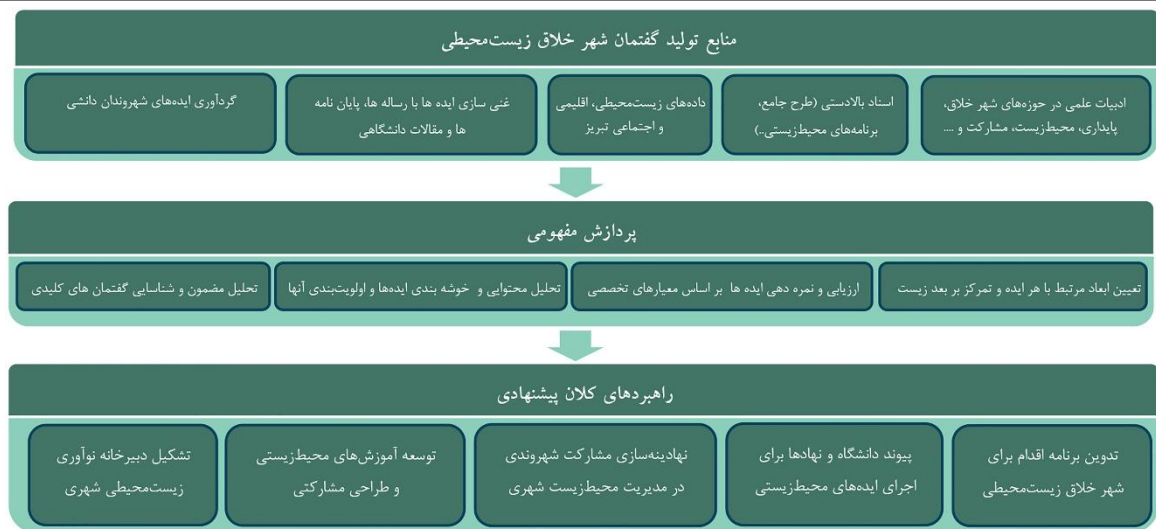
ردیف	عنوان گفتمان زیست‌محیطی	ویژگی‌های گفتمان	مثال‌های کلیدی از ایده‌ها	سطح تحلیل
۱	گفتمان زیست‌محیطی-خلاق	تلفیق محیط زیست با فناوری، نوآوری و معماری پایدار	احداث بام‌های سبز خورشیدی، طراحی پل‌های سبز با کاربرد فرهنگی، پارک‌های تصفیه‌ای، اجرای «ابردرخت مصنوعی» برای تولید انرژی و خنک‌سازی	طراحی شهری نوآورانه
۲	گفتمان تاب‌آوری محیطی	تأکید بر بازسازی طبیعت شهری در برابر بحران‌ها و مخاطرات اقلیمی	احیای رودخانه آجی‌چای با پوشش گیاهی بومی، توسعه کمربند سبز برای مقابله با گردوغبار، طراحی پارک‌های اسفنجی، مقابله با جزایر گرمایی شهری	مدیریت خطر و اقلیم
۳	گفتمان مشارکت‌محور محیط زیست	پیوند محیط زیست با شهروندی، آموزش و مسئولیت‌پذیری اجتماعی	شبکه همیاران محیط‌زیست، مدارس سبز، کارت سبز برای شهروندان کم‌مصرف، باغ‌های مشارکتی در محلات، موزه زیست‌بوم شهری، شبکه شهروند-پژوهشگر	فرهنگی و اجتماعی

ادامه جدول (۴):

۴	گفتمان منظر اکولوژیک	بازتعریف فضاهای سبز به عنوان زیرساخت اکولوژیک و عنصر هویت بخش شهری	طراحی کریدورهای سبز متصل میان پارک‌ها، پیوند باغ‌های تاریخی با مسیرهای پیاده‌راه، توسعه منظر سبز در معابر و فضاهای عمومی	فضایی و زیبایی‌شناسی
۵	گفتمان اقتصاد سبز و چرخشی	پیوند بازیافت، تولید انرژی و اشتغال با رویکرد محیط‌زیستی	راه‌اندازی مرکز هنر بازیافتی، تبدیل پسماند به بیوگاز، کمپوست محله‌ای، مشوق‌های مالی برای تفکیک زباله، ساخت مبلمان شهری از مواد بازیافتی، بازیافت آب خاکستری	اقتصادی و بهره‌ور
۶	گفتمان سیاست‌گذاری محیطی	ادغام ملاحظات زیست محیطی در سیاست‌های شهری، مقررات و اسناد بالادستی	اجرای مالیات سبز، ایجاد مقررات منطقه‌بندی اکولوژیک، الزام توسعه‌دهندگان به رعایت سرانه فضای سبز، توسعه شهرهای اقماری سبز، توسعه حمل و نقل عمومی	حکمرانی شهری
۷	گفتمان محیط زیست-هویت فرهنگی	بازتعریف طبیعت به عنوان بخشی از هویت تاریخی- فرهنگی شهر	احیای باغ‌های سنتی، طراحی مساجد سبز با نمادپردازی فرهنگی، پیوند زیرساخت سبز با مسیرهای تاریخی، توسعه اکوتوریسم در روستاهای اطراف تبریز	هویت و میراثی
۸	گفتمان فناوری هوشمند محیط زیستی	بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال، هوشمند و داده‌محور برای نظارت، تصفیه و کاهش آلودگی‌ها دسترسی برابر به منابع	حسگرهای کیفیت هوا، زهکشی هوشمند، اپلیکیشن‌های هشدار آلودگی، سیستم‌های آبیاری با داده‌های هواشناسی، سیستم هوشمند مصرف انرژی، پلتفرم داده‌محور شهر سبز	فناورانه و هوشمند
۹	گفتمان عدالت زیست محیطی	طبیعی، فضای سبز و کیفیت محیط در تمام مناطق شهری و حاشیه‌ای	توسعه فضای سبز در سکونتگاه‌های غیررسمی، جایجایی صنایع آلاینده از مناطق فقیرنشین، بازطراحی معابر حاشیه‌ای، مدارس سبز محله‌ای در مناطق کم‌برخوردار	عدالت فضایی و اجتماعی
۱۰	گفتمان بین‌نسلی محیط زیستی	نگاه بلندمدت به محیط زیست در آموزش، توسعه محله‌ها، ساختارهای شهری و فرهنگ‌سازی برای نسل آینده	مدارس طبیعت، آموزش محیط‌زیستی از مقطع ابتدایی، محله‌های سبز خودکفا، طرح‌های حفظ منابع برای نسل آینده، موزه‌های آموزشی زیست‌بوم	آموزشی و آینده‌نگر

زیست محیطی تبریز طراحی مطابق شکل (۲) ارائه شده
است.

بر پایه تحلیل محتوایی، نمرات کیفی، و
گفتمان‌های شناسایی شده، مدل مفهومی شهر خلاق



شکل (۲): مدل مفهومی شهر خلاق زیست محیطی تبریز بر پایه تحلیل ایده‌های شهروندان دانشی

جمع بندی و پیشنهادها

یافته‌های این پژوهش نشان داد که ایده‌های زیست محیطی شهروندان دانشی تبریز، با وجود سهم کمتر عددی نسبت به سایر ابعاد شهر خلاق، دارای غنای مفهومی بالا، نوآوری‌های کاربردی، قابلیت اجرای قابل توجه، پیوند عمیق با شاخص‌های پایداری و عدالت محیطی هستند. تحلیل گفتمان‌های معناشناختی و خوشه‌های محتوایی استخراج شده، بیانگر شکل‌گیری نوعی خودآگاهی جمعی و نظام فکری پیچیده درباره رابطه محیط زیست و خلاقیت شهری است که می‌تواند مبنای بازنگری در سیاست‌گذاری‌های شهری قرار گیرد. این ایده‌ها از طراحی فضاهای سبز هوشمند و بازآفرینی رودخانه‌ها تا عدالت زیست محیطی و کارآفرینی سبز را دربرمی‌گیرند و واجد ظرفیت بالایی برای نهادینه‌سازی مشارکت شهروندی در توسعه شهری هستند. بر همین اساس، پیشنهاد می‌شود که شهرداری تبریز در تعامل با دانشگاه‌ها، نهادهای مدنی و گروه‌های داوطلب محیط زیستی، سازوکاری نهادمند برای پالایش، توسعه

و پیگیری اجرای ایده‌های برتر ایجاد نماید. همچنین، پژوهش‌های آتی می‌توانند با تمرکز بر مقایسه تطبیقی میان شهرهای خلاق ایران و جهان، ظرفیت‌های بومی شده بیش‌تری را برای سیاست‌گذاری اکولوژیک شهری ارائه دهند و پیوند میان گفتمان‌های مردمی، فناوری‌های نوین و حکمرانی شهری را تعمیق بخشند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافع برای اعلام ندارند.

منابع

- [1] World Bank, 2023, Urban development report, (Available online: <https://www.worldbank.org>).
- [2] UN-Habitat., 2022, World cities report: Envisaging the future of cities, United Nations Human Settlements Programme, (Available online: <https://unhabitat.org/world-cities-report-2022-envisaging-the-future-of-cities>).
- [3] Statistical Center of Iran, 2021, National Census Report, (Available online: <https://www.amar.org.ir>). (in Persian)
- [4] Landry, C., 2000, The creative city: A toolkit for urban innovators. 1st Edition, Earthscan Publications Ltd.
- [5] Florida, R., 2003, The rise of the creative class: And how it's transforming work, leisure, community and everyday life. United States: Hazard Press.

- framework for member cities, (Available online: <https://en.unesco.org/creative-cities/monitoring-and-reporting>).
- [20] Newman, P., Jennings, I., 2008, Cities as sustainable ecosystems: Principles and practices. Island Press.
- [21] Forman, R.T.T., 2014, Urban ecology: Science of cities. Cambridge University Press.
- [22] Hajer, M.A., 1995, The politics of environmental discourse: Ecological modernization and the policy process. Oxford University Press.
- [23] Fischer, F., 2003, Reframing public policy: Discursive politics and deliberative practices. Oxford University Press.
- [24] Dryzek, J.S., 2005, The politics of the earth: Environmental discourses. 2nd Edition, Oxford University Press.
- [25] Healey, P., 1997, Collaborative planning: Shaping places in fragmented societies. UBC Press.
- [26] Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., Grove, J.M. (2004). Resilient cities: Meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. *Landscape and Urban Planning*, 69, 369.
- [27] Fischer, F., 2000, Citizens, experts, and the environment: The politics of local knowledge. Duke University Press.
- [28] Graneheim, U.H., Lundman, B., 2004, Qualitative content analysis in nursing research: Concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse Education Today*, 24, 105.
- [29] Braun, V., Clarke, V., 2006, Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3, 77.
- [30] Munda, G., 2004, Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research*, 158, 662.
- [31] Fairclough, N., 1995, Critical discourse analysis: The critical study of language. Taylor & Francis.
- [32] Saaty, T.L., 1980, The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill.
- [33] Saldana, J., 2016, The coding manual for qualitative researchers. 3rd Edition, SAGE Publications.
- [6] Evans, G., 2009, Creative cities, creative spaces and urban policy. *Urban Studies*, 46, 1003.
- [7] UNESCO Creative Cities Network (UCCN), 2021, Guidelines for candidate cities, (Available online: <https://en.unesco.org/creative-cities>).
- [8] Beatley, T., 2000, Green urbanism: Learning from European cities. Island Press.
- [9] Benedict, M.A., McMahon, E.T., 2012, Green infrastructure: Linking landscapes and communities. Island Press.
- [10] Kumar, V., Vuillienet, A., 2021, Urban nature: Does green infrastructure relate to the cultural and creative vitality of European cities?. *Sustainability*, 13, 8052.
- [11] Amirsarvari, S., Ramazani, M.E., 2023, Assessment of the environmental capability of Tabriz city in the formation of a creative city. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 23(70), 109. (in Persian)
- [12] Mousavi, S.M., Shams, M., 2024, Planning for the realization of a creative city with a sustainable urban development approach. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 13(50), 6. (in Persian)
- [13] Sharifi, A., 2016, A critical review of selected tools for assessing community resilience. *Ecological Indicators*, 69, 629.
- [14] Mahmoudi Kordi, Z., Rezazadeh, H., Sadat Sharegh, Z.S., 2023, Analyzing the environmental democracy in international law and Iran's legal system, *International Law Review*, 40(69), 183.
- [15] Madani, K., AghaKouchak, A., Mirchi, A., 2016, Iran's socio-economic drought: Challenges of a water-bankrupt nation. *Iranian Studies*, 49, 997.
- [16] Ghoreishi, G.S., Parsi, H.R., Nourian, F., 2021, An analytical review on the theory of smart resilient city and its applicability. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, 25(4), 55. (in Persian)
- [17] Lotfian, S., Nasri Fakhrdavid, S., 2018, Environmental policy in Iran: Challenges and solutions. *Political Quarterly*, 48(1), 97. (in Persian)
- [18] Ratiu, D.E., 2013, Creative cities and/or sustainable cities: Discourses and practices. *City, Culture and Society*, 4, 125.
- [19] UNESCO Creative Cities Network (UCCN), 2025, Monitoring and reporting

“Research article”

Investigating the relationship between Schwartz’s value orientations and the environmental behaviours of citizens in Tabriz

Hassan Ahmadzadeh^{1,*}, Hossein Maleki²

¹Department of Geography and Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran

²Department of Social Communication Sciences, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Corresponding author: h_ahmadzadeh@iaut.ac.ir

(Received: 20 April 2025, Accepted: 28 June 2025)

Abstract

Environmental issues, including the preservation of nature, carry profound social and cultural implications, positioning environmental protection as a fundamental concern of our era. A key question in the context of human interaction with nature is the extent to which individuals’ environmental values correlate with their behaviors toward the environment. This study aimed to investigate the relationship between Schwartz's value orientations and the environmental behaviors of citizens in Tabriz. Employing a survey method, the research targeted individuals aged 15 to 64 in Tabriz (1,125,534 people), from which a sample of 364 participants was selected using a multi-stage cluster sampling technique. Data were collected through a questionnaire and analysed using SPSS software. The findings indicated a slightly above-average level of environmental behaviors (56.25%), a slightly below-average level of self-oriented values (44.46%), an average level of ecocentric values (52.3%), and a higher-than-average level of altruistic values (63.8%). Bivariate analysis revealed a significant relationship between environmental behaviors and self-oriented values (negative), ecocentric values (positive), altruistic values (positive), economic capital (positive), and gender (favoring women). However, no significant relationship was found between environmental behaviors and either age or education. Among the independent variables included in the regression model, self-oriented, ecocentric, and altruistic values, along with economic capital, remained statistically significant. Collectively, these variables accounted for 30.4% of the total variance in the dependent variable, environmental behaviors.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Environmental behaviors, Self-oriented values, Ecocentric values, Altruistic values, Tabriz



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
فصلنامه آلودگی‌های محیطی و توسعه پایدار شهری

دوره ۲، شماره ۱، پیاپی ۵

بهار ۱۴۰۴، صفحات ۴۰-۱۵

«مقاله پژوهشی»

بررسی رابطه بین جهت‌گیری‌های ارزشی (شوارتز) و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان شهر تبریز

حسن احمدزاده^{۱*}، حسین ملکی^۲

^۱دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

^۲دانشجوی دکتری علوم ارتباطات اجتماعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: h_ahmadzadeh@iaut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱، پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۴/۰۷)

چکیده

امروزه مسائل زیست‌محیطی از جمله حفظ محیط زیست، عمیقاً مفهوم اجتماعی و فرهنگی دارد و حفاظت و حراست محیط زیست از موضوعات اساسی عصر کنونی به شمار می‌رود. در همین راستا یکی از موضوعات مطرح در تعامل انسان با طبیعت این پرسش است که چه ارتباطی بین ارزش‌های محیط زیستی افراد و رفتار آنان با محیط زیست وجود دارد؟ بر همین اساس تحقیق حاضر با هدف بررسی رابطه بین جهت‌گیری‌های ارزشی (شوارتز) و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان شهر تبریز صورت گرفت. روش تحقیق از نوع پیمایشی بوده و جامعه آماری شامل تمامی افراد ۱۵ تا ۶۴ شهر تبریز (۱۲۵۵۳۴ نفر) است که ۳۶۴ نفر از آن‌ها به شیوه نمونه‌گیری خوشه‌ای چند مرحله‌ای برای مطالعه انتخاب شده‌اند. داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه‌ها جمع‌آوری و توسط نرم افزار SPSS تحلیل شدند. نتایج تحقیق نشان داد که میانگین درصدی رفتارهای زیست‌محیطی اندکی بالاتر از متوسط (۵۶/۲۵ درصد)، میانگین درصدی ارزش‌های خودمحورانه کمی پایین‌تر از متوسط (۴۴/۴۶ درصد)، میانگین درصدی ارزش‌های زیست‌محیطی در حد متوسط (۵۲/۳ درصد) و میانگین درصدی ارزش‌های نوع دوستانه بالاتر از متوسط (۶۳/۸ درصد) می‌باشد. نتایج روابط دو متغیره تحقیق نیز حاکی از آن بود که رابطه بین ارزش‌های خودمحورانه (به شکل منفی)، ارزش‌های زیست‌محورانه (به شکل مثبت)، ارزش‌های نوع دوستانه (به شکل مثبت)، سرمایه اقتصادی (به شکل مثبت) و جنس (به نفع زنان) با رفتارهای زیست‌محیطی معنادار می‌باشد. اما بین سن و تحصیلات با رفتارهای زیست‌محیطی رابطه معناداری یافت نشد. از میان متغیرهای مستقل وارد شده بر مدل رگرسیونی، رفتارهای زیست‌محیطی، متغیرهای ارزش‌های خودمحورانه، زیست‌محورانه، نوع دوستانه و سرمایه اقتصادی در مدل باقی مانده‌اند که متغیرهای مذکور در مجموع توانستند ۳۰/۴ درصد از کل تغییرات متغیر وابسته (رفتارهای زیست‌محیطی) را تبیین نمایند.

واژه‌های کلیدی: رفتارهای زیست‌محیطی، ارزش‌های خودمحورانه، ارزش‌های زیست‌محورانه، ارزش‌های نوع دوستانه، شوارتز، تبریز

مقدمه

امروزه محیط زیست در سطح ملی و هم‌چنین در سطح جهانی در معرض تهدیدهای فراوانی قرار گرفته است. افزایش انواع آلودگی‌ها، گرم شدن درجه حرارت کره زمین، کاهش بسیاری از منابع طبیعی و ازدیاد جمعیت از جمله مواردی هستند که محیط زیست انسانی را با مشکل‌های زیادی روبرو ساخته و گاهی مانند مسأله آب، حالت بحرانی نیز به خود گرفته‌اند. کره زمین در حال گرم‌تر شدن است و جنگل‌های بسیاری از بین رفته یا در حال از بین رفتن هستند. لایه اوزون که از کره زمین را در برابر آثار مخرب اشعه ماوراء بنفش نور خورشید، محافظت می‌کند، هر روزه نازک‌تر می‌شود و احتمال بروز بسیاری از بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. از بین رفتن جنگل‌ها و افزایش بیابان‌ها امکان زندگی و کشت محصولات کشاورزی را هر چه بیش‌تر با مشکل روبرو می‌سازد. هجوم مردم به شهرها و تکیه هر چه بیش‌تر بر تولید صنعتی نیز مشکلات فراوان از جمله آلودگی هوا، آلودگی آب و کاهش کیفیت مسکن را به دنبال داشته است (۱).

کشور ما در سال ۲۰۱۴ در تولید گازهای گلخانه‌ای رتبه نهم را داشت. در دهه‌های گذشته ۱۲ تالاب خشک شده است و ۸۴ تالاب در حالت بحرانی قرار دارد؛ یک دوازدهم از فرسایش خاک جهان در سال ۲۰۱۸ مربوط به کشور ماست و بر پایه گزارش شاخص عملکرد محیط زیستی سال ۲۰۲۲، از بین ۱۸۰ کشور جهان رتبه ۱۳۳ را دارد؛ نگرش محیط زیستی و به تبع آن رفتارهای محیط زیستی از اهمیت بالایی برای حفظ تنوع زیستی برخوردارند و در این بین، نقش قشر جوان و تحصیل‌کرده به سان مدیران و

کنشگران آینده جامعه، در حفظ محیط زیست و رفتار مسئولانه در این زمینه مهم‌تر است (۲).

در واقع رشد سریع شهرنشینی، تولید آلودگی‌ها را به شدت افزایش داده است به طوری که بسیاری از کشورها و کلان شهرها و حتی شهرهای بزرگ و متوسط در کنترل و کاهش آن دچار مشکل شده‌اند. از طرفی، رشد بی‌رویه جمعیت در کشورهایی که توانایی کم‌تری با توجه به ملزومات اقتصادی و فنی خود دارند، کنترل آلودگی‌ها را با مشکل بیش‌تری مواجه می‌سازد. معضل رشد شهری، از دهه پایانی قرن بیستم به قدری افزایش پیدا کرده است که علی‌رغم گسترش خارج از وصف زیرساخت‌های شهری، مدیریت‌های کلان اقتصادی و اجتماعی نمی‌توانند پاسخگوی نیازهای بشر امروز باشند (۳). محیط زیست شهری مانند همه محیط‌هایی که زندگی در آن‌ها جریان دارد در فعالیت‌های انسان تأثیر گذاشته و از آن متأثر می‌گردد و به دلیل شمار جمعیت زیادی که در آن درگیرند این تأثیر متقابل اگر مخرب باشد فجایع زیست‌محیطی به بار خواهد آورد.

شهروندی زیست‌محیطی، مفهومی است چندبعدی از تکالیف و وظایف (فردی و اجتماعی) که شهروندان را به مسائل زیست‌محیطی در ابعاد مختلف (آگاهی زیست‌محیطی، نگرش زیست‌محیطی، رفتار زیست‌محیطی، مصرف مسئولانه و پایدار، نگرانی زیست‌محیطی و اخلاق زیست‌محیطی) حساس‌تر کرده و به گسترش مطالبات شهروندی زیست‌محیطی و رفتارهای مطلوب زیست‌محیطی در ابعاد فردی و اجتماعی، فرهنگی و سیاسی و مادی و فرامادی منجر شده است (۴).

مسائل و مشکلات زیست محیطی یک معضل جهانی است و مختص یک منطقه یا یک کشور نیست. زیرا، همه اجزای طبیعت در وابستگی متقابل با یکدیگر قرار دارند، تخریب و آسیب زدن به جزئی از آن، کل طبیعت و محیط زیست را به مخاطره می اندازد (۵). در واقع، رشد و سلامت تمام موجودات زنده اعم از انسان ها، حیوانات و گیاهان به طبیعت وابسته است و برهم خوردن تعادل محیط زیست به ایجاد اختلال در تمام ابعاد اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و ... می انجامد (۶). نگرش زیست محیطی ترکیبی از باورها و هیجان هایی است که شخص را پیشاپیش آماده می کند تا به محیط زیست به شیوه مثبت یا منفی نگاه کند و خود در پیوند با عوامل گوناگونی مورد تحلیل قرار می گیرد (۲).

رفتار زیست محیطی، رفتارهای افراد در محیط خانه، محل کار و شهر است که با توجه به ملاحظات زیست محیطی و با نیت زیست محیطی انجام می شود. به عقیده لی و همکاران^۱ از لحاظ مفهومی، رفتار محیط زیستی به اعمال واضح و قابل مشاهده اشاره دارد که توسط فرد و در پاسخ به محیط زیست انجام می شود. بررسی نگرش و رفتارهای زیست محیطی از این رو اهمیت دارد که با انجام آن ها به این پرسش پاسخ داده می شود که تا چه میزان باورهای زیست محیطی به بروز رفتارهای متناسب با آن ها می انجامد (۷).

رفتار شهروندان در برخورد با محیط زیست اطرافشان عامل مهمی در کاهش مخاطرات زیست محیطی در حیات شهری است (۷). هنگامی که سطح فرهنگی مورد مطالعه قرار می گیرد، فردگرایی و جمع گرایی برای نشان دادن پایان در مقابل یک زنجیره

در نظر گرفته می شوند، و فرهنگ ها اغلب به عنوان یکی از دو جهت گیری فردی گرایی یا جمع گرایی در جهت خود شرح داده می شوند (۸). با این حال، تحقیقات نشان می دهد فردگرایی و جمع گرایی می توانند در فرهنگ، بصورت مشابه وجود داشته باشند و یک فرد ممکن است گرایش های فردی و جمعی را با هم در اختیار داشته باشد. اینگلهارت معتقد است زمانی که جامعه به رفاه مادی می رسد ارزش های فرامادی مانند ارزش های زیست محیطی تعمیم می یابد و علم ارزش عمومی در جامعه پیدا می کند. ارزش ها نیز تعیین کننده رفتار انسان ها هستند. غالباً گفته می شود که نگرش و رفتارهای زیست محیطی با ارزش های فرد ارتباط دارند. ارزش ها اهداف یا معیارهای مهم در زندگی شخصی هستند که نقش مرجع و راهنما را برای فرد ایفاء می کنند. همین طور آنها پایه و اساسی برای شکل گیری نگرش و اصول راهنمای رفتار محسوب می شوند؛ به عبارتی دیگر، افراد بر حسب ارزشی که امور برایشان دارد، رفتار می کنند. در رابطه با مسائل زیست محیطی، در جایی که بین منافع فردی و جمعی تضاد بوجود می آید، ارزش ها نقش مهمی دارند. رفتار حامی محیط زیست برگرفته از ارزش هایی است که فراتر از منافع خود هستند. یکی از راهکارهای اجتناب از آسیب رساندن به محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن، تغییر رفتار انسان ها به سمت و سوی ابعاد طبیعت گرایانه است این در حالی است که دستیابی به تغییرات رفتاری درباره موضوعی خاص، در ابتدا نیازمند ایجاد تغییر در نگرش افراد نسبت به همان موضوع است. بنابراین، درک نگرش های زیست محیطی هدف اساسی و اولیه محققان در

¹ Lee et al

دستیابی به بینش‌های جدید در راستای کمک به تحقیقات در زمینه رفتارهای زیست‌محیطی است. مطالعات سیرز نشان می‌دهد که چهار سطح تغییر در فرد وجود دارد. ابتدا دانش فرد می‌باید تغییر پیدا کند (آموزش)، این تغییر در دانش موجب تغییر نگرش و تغییر نگرش موجب تغییر رفتار فردی و تغییر ترتیب فردی موجب تغییر رفتار گروهی می‌شود، بدین ترتیب تغییر نگرش فرد نسبت به دانش فردی وی به زمان بیش‌تری نیاز دارد. تغییر در نگرش فرد می‌تواند بر رفتار وی و در نهایت بر رفتار گروهی (اجتماعی و سازمانی) وی تأثیر گذارد. بحث‌های زیست‌محیطی امروزه در محافل علمی و حتی سیاسی پر سر و صداترین و جدی‌ترین بحث‌هایی است که مطرح می‌شوند، احساس خطر بزرگی که بشر امروز می‌کند این است که تعادل محیط زیست به هم خورده است و این روند اگر ادامه یابد بدون تردید حیات بشر را نابود خواهد کرد. هدف نهایی حفاظت محیط زیست در رابطه با محیط اجتماعی، توسعه و افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی در سطح جامعه و نیز تقویت فرهنگ زیست‌محیطی در سطوح مختلف اجرایی می‌باشد (۱).

منظور از نظام ارزشی عوامل و عناصری است که اکثر افراد جامعه برای آن اهمیت و اعتبار قائل‌اند و می‌تواند نیازهای مادی و معنوی آنان را برآورد. از دیدگاه برخی صاحب‌نظران، این نظام ارزشی به ارزش‌های اولیه یا مادی (مربوط به نیازهای زیستی افراد) و دیگری ارزش‌های ثانویه یا فرامادی (دربدارنده ارزش‌های اجتماعی و اخلاقی) دسته‌بندی می‌شود؛ به‌گونه‌ای که نظام کلی ارزش‌ها از هر دو نوع متأثر است (۹). ارزش‌های فرامادی عبارت است از

معیارهای مطلوب مربوط به امور و نیازهای غیرمادی؛ و ارزش‌های مادی عبارت است از امور و مسائل ایمنی و مادی در جامعه. اولویت‌های ارزشی افراد نیز متفاوت است که این موضوع بر رفتارها و کنش‌های اجتماعی افراد تأثیر می‌گذارد. یکی از نیازهای اولیه و مهم، امنیت اجتماعی است که هم از سطوح نیازهای مادی تأثیر می‌پذیرد؛ و هم بر سطوح دیگر نظام ارزشی اثر می‌گذارد (۱۰).

با توجه به مطالب فوق، بسیاری از تهدیدات زیست‌محیطی، تخریب منابع و آلوده‌سازی محیط پیامد رفتار انسانی است. تنها تغییر در رفتار انسانی می‌تواند این مشکلات زیست‌محیطی را کاهش دهد. جهت تغییر در رفتار شناسایی عوامل مؤثر بر رفتار گام نخست است. در تحقیق حاضر سعی بر این است جهت‌گیری‌های ارزشی مؤثر بر رفتار زیست‌محیطی بر اساس تحقیقات پیشین و نظریه‌های معاصر جامعه‌شناسی محیط زیست و روان‌شناسی محیط زیست مورد مطالعه قرار گرفته و راهکارهایی برای سوق دادن رفتارهای شهروندان به سمت رفتارهای مسئولانه در برابر محیط زیست ارائه گردد. برای تحقق هدف پژوهش این منظور پاسخ به سؤال زیر ضروری می‌نماید:

آیا بین جهت‌گیری‌های ارزشی (شوارتز) و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان شهر تبریز رابطه‌ای وجود دارد؟

با توجه به مطالب فوق هدف اصلی پژوهش حاضر مطالعه جهت‌گیری‌های ارزشی مؤثر بر رفتار زیست-محیطی بر اساس تحقیقات پیشین و نظریه‌های معاصر جامعه‌شناسی محیط زیست و روان‌شناسی محیط زیست و ارائه راهکارهایی برای سوق دادن رفتارهای

شهروندان به سمت رفتارهای مسئولانه در برابر محیط زیست است.

مبانی نظری

- رفتارهای زیست محیطی

محققان چندین دسته بندی از مجموعه عوامل مؤثر بر رفتار زیست محیطی ارائه کرده اند. استرن^۱ (۲۰۰۰) چهار نوع متغیر علی مؤثر بر رفتار زیست محیطی را مطرح می کند:

- عوامل نگرشی، شامل هنجارها، باورها و ارزش ها: این عوامل، زمینه عمومی را برای نیت زیست محیطی فراهم می کنند که آن هم به نوبه خود می تواند تمامی رفتارهای زیست محیطی فرد را تحت تأثیر قرار دهد.

- عوامل زمینه ای، شامل تأثیرات بین فردی، انتظارات اجتماع، تبلیغات، قوانین حکومتی، سایر عوامل قانونی و نهادی، هزینه ها و انگیزه های گذرا، دشواری فیزیکی برخی از رفتارها، قابلیت ها و محدودیت های فراهم شده توسط تکنولوژی و محیط مصنوع، میزان دسترسی به امکانات مورد نیاز برای رفتار، و ویژگی های مختلف زمینه وسیع اجتماعی، اقتصادی و سیاسی.

- قابلیت های شخصی، شامل دانش و مهارت ها: داشتن وقت کافی برای انجام رفتار، قابلیت های عمومی و منابعی نظیر سواد، پول و قدرت و موقعیت اجتماعی، متغیرهای جمعیت شناختی نظیر سن، تحصیلات، نژاد و درآمد می توانند معرف های خوبی برای این قابلیت های شخصی باشند.

- عادت و راه رفت، عادت به روش عملکرد استاندارد، یک عامل کلیدی مؤثر بر رفتار معنادار و سازمان یافته زیست محیطی است (۷).

- آگاهی زیست محیطی

یکی از مهم ترین عواملی که باعث می شود مردم نسبت به حفظ محیط زیست بی توجه باشند «بی اطلاعی» آن هاست. همه خطرهای زیست محیطی بر اثر مداخله انسان پدید آمده است و اکولوژیست ها بیش تر معتقد به نادانی بشر هستند تا زیرکی او. آگاهی دادن به افراد باید هدفمند، هماهنگ و وحدت یافته باشد.

ریچارد بارت، بنیانگذار جامعه «آشنایی معنوی بانک جهانی» معتقد است اگر توسعه اقتصادی کمکی در جهت تکامل آگاهی نباشد، به هیچ دردی نمی خورد. چالش پیش روی ما عبارت از ایجاد شرایط فیزیکی لازم برای تکامل آگاهی است. بسیاری از تحقیقات دانش زیست محیطی، افراد را به عنوان عاملی مؤثر بر رفتارهای مسئولانه افراد نسبت به محیط زیست بررسی کرده اند. هاینز^۲، هانگرفورد^۳ و تمر^۴ در یک فراتحلیل (۱۹۸۷-۱۹۶۸) از ۱۲۸ مطالعه تجربی برای تعیین رفتارهای زیست محیطی دریافت اند دانش و مهارت های خوب رفتارهای زیست محیطی را پیش بینی می کنند (۱۱).

- نگرش زیست محیطی

یکی از دلایل اصلی بررسی نگرش ها این است که بتوان رفتار اشخاص را پیش بینی کرد. این فرض که نگرش های شخص تعیین کننده رفتارهای اوست، در تفکر غربی ریشه دارد و در موارد بسیار این فرض صادق هم هست. تحقیقات نشان می دهد رابطه بین نگرش و رفتار پیچیده تر از آن است که تصور می شود. تحقیق مشهور لاپیر در دهه ۱۹۳۰ نشان داد رفتار را

³ Hungerford

⁴ Tomera

¹ Stern

² Hines

عوامل متعدد دیگری به جز نگرش‌ها رقم می‌زنند و این عوامل بر همسازی نگرش و رفتار نیز اثر دارند. یکی از عوامل واضح در این زمینه، میزان اجباری است که در موقعیت وجود دارد: ما اغلب باید به شیوه‌هایی عمل کنیم که با احساس یا باورمان همساز نیست. فشارهای همسالان و هم‌قطاران نیز می‌تواند تأثیر مشابهی بر رفتار اعمال کند.

به طور کلی، نگرش‌ها در صورتی بهترین پیش‌بینی‌کننده رفتارند که:

(الف) نیرومند و همساز باشند؛

(ب) ارتباطی ویژه با رفتار داشته باشند؛

(ج) برخاسته از تجربه مستقیم فرد باشند تا نگرش‌هایی که از راه خواندن و شنیدن درباره موضوعی شکل گرفته باشند؛

(د) از کسانی صادر شوند که آگاهی بیش‌تری از نگرش‌های خود دارند.

در این صورت احتمال دارد که همسازی نگرش - رفتار بیش‌تری نشان دهند (۱۲).

در سال ۱۹۷۵ الگویی برای توضیح رابطه بین نگرش و رفتار با عنوان «عمل بخردانه» ارائه گردید، که بعدها این نظریه مورد تجدید نظر قرار گرفت و با عنوان نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده بسط داده شد.

اصطلاح عمل بخردانه به این معنی است که اکثر رفتارها به این دلیل انجام می‌شود که مردم به نتایج اعمال خود فکر می‌کنند و برای حصول به پاره‌ای از نتایج و پرهیز از برخی دیگر دست به انتخاب منطقی می‌زنند. این تئوری از دو عنصر اصلی تشکیل شده است، بخش شخصی و بخش اجتماعی که ترکیب

آن‌ها پیش‌بینی‌کننده یک قصد رفتاری است، قصدی که در نهایت مشخص‌کننده رفتار است عنصر شخصی این الگو شامل نگرش فرد درباره رفتاری معین است و عنصر اجتماعی آن، معیارهای ذهنی را در بر می‌گیرد (۱۳).

به اعتقاد برایت‌وایت^۱ (۱۴) منظور از نظام ارزشی، مجموعه ارزش‌های مرتبط به هم می‌باشند که رفتار و کردار فرد را نظم می‌بخشد و غالباً بدون آگاهی فرد شکل می‌گیرند، به بیان دیگر، عبارت است از ترتیب هرمی مجموعه‌ای از ارزش‌ها، که فرد یا افراد جامعه بدان پایبند هستند و بر رفتار فرد یا افراد بدون آگاهی آنان بدان حاکم است. راکیچ^۲ بیان می‌کند نظام ارزشی به مثابه سازمان ثابتی از عقاید مرتبط و ساختار پایداری است که در شرایط متغیر واجد ثبات و دوام است. در حقیقت، تعامل مجموعه ارزش‌های انسان به ایجاد نظام ارزشی می‌انجامد که در آن ارزش‌ها به گونه‌ای سلسله‌مراتبی نظام می‌یابند و بر اساس نوع ارتباط و ساختاری که واجد آن هستند نظام‌های ارزشی متفاوتی به وجود می‌آورند و در این نظام ارزشی، ارزش‌های متعارض و رقیب و ارزش‌های مکمل هر دو وجود دارند. راکیچ نظام ارزشی را چنین تعریف می‌کند: «نظم‌دهی باورها و عقاید فرد که دارای ثبات نسبی است و همچنین ترجیح دادن هدفی از اهداف موجود یا رفتاری از رفتارهایی که فرد را به این هدف می‌رساند» (۱۵).

شوارتز^۳ (۱۶) نیز پس از اعمال تغییراتی در مفهوم‌پردازی ارزش‌ها از دیدگاه راکیچ (۱۹۷۳) و ابداع روش‌شناسی خویش، نظریه ارزش‌های انسانی

^۱ Braitwaite

^۲ Rokeach

^۳ Schwartz

از الگوهای رفتاری و عادات فردی در سراسر زندگی است که در پی فرایند جامعه‌پذیری به وجود آمده است» سبک زندگی، مجموعه‌ای هماهنگ از همه رفتارها و فعالیت‌های یک فرد معین در جریان زندگی روزمره است که مستلزم مجموعه‌ای از عادات و جهت‌گیری‌ها و بنابراین برخوردار از نوعی وحدت است (۱۷).

پیشینه تحقیق

میرفردی و سلامتیان (۲) در پژوهشی به مطالعه عوامل مؤثر بر نگرش محیط‌زیستی دانشجویان دانشکده‌های علوم انسانی دانشگاه شیراز پرداختند. نتایج نشان داد بین نگرش محیط‌زیستی دانشجویان زن و مرد تفاوت معناداری وجود ندارد. بین متغیرهای نگرش زیست‌محیطی و میزان استفاده از منابع آگاهی محیط‌زیستی دانشجویان رابطه معناداری وجود نداشت، اما بین نگرش زیست‌محیطی دانشجویان مرد با توجه به وضعیت تأهل تفاوت معناداری وجود داشت و مردان مجرد از نگرش قوی‌تری برخوردار بودند. بین متغیر مسئولیت‌پذیری اجتماعی و متغیر وابسته رابطه مستقیم و معناداری وجود داشت. بین نگرش محیط‌زیستی کل دانشجویان و دانشجویان زن با توجه به مقطع تحصیلی تفاوت معناداری وجود داشت و دانشجویان کارشناسی ارشد از نگرش محیط‌زیستی قوی‌تری برخوردار بودند. نتیجه اینکه تفاوت‌های جنسیتی در نگرش زیست‌محیطی تنها در پیوند با برخی از ویژگی‌های اجتماعی و زمینه‌ای قابل توجه است. نتایج آزمون رگرسیون چند متغیره نشان داد به ترتیب متغیرهای مسئولیت‌پذیری اجتماعی و وضعیت تأهل (مجرد بودن) بیش‌ترین اثر را بر نگرش محیط‌زیستی دانشجویان داشتند. در مجموع،

بنیادین را تدوین نمود. تحلیل‌هایی که در بیش از دویست نمونه متعلق به بیش از شصت کشور در سراسر جهان به انجام رسیده است، جهان‌شمول بودن تقریبی گونه‌های ارزشی- انگیزشی و ساختار مدور روابط بین آن‌ها را در نظریه ارزشی شوارتز تأیید کرده‌اند.

- اولویت (نظام) ارزشی

تعریف نظری: عوامل و عناصری که اکثر افراد جامعه برای آن‌ها اهمیت و اعتبار قائل‌اند و می‌توانند نیازهای مادی و معنوی افراد جامعه را برآورند.

از دیدگاه برخی صاحب‌نظران، این نظام ارزشی به ارزش‌های اولیه یا مادی (مربوط به نیازهای زیستی افراد) و دیگری ارزش‌های ثانویه یا فرامادی (دربارنده ارزش‌های اجتماعی و اخلاقی) دسته‌بندی می‌شوند؛ به گونه‌ای که نظام کلی ارزش‌ها از هر دو نوع متأثر است (۱۰).

تعریف عملیاتی: اولویت‌های ارزشی افراد در پژوهش حاضر بر اساس نظریه اینگلهارت در ۲ بعد و نیز بر اساس نظریه شوارتز در ۱۰ بعد در نظر گرفته شده است که به تفکیک گویه‌هایشان در جدول (۱) قابل مشاهده است. بر این اساس، پاسخگویان میزان اهمیت آن‌ها را در یک طیف ۷ درجه‌ای (کاملاً بااهمیت، بااهمیت، تاحدودی بااهمیت، بی تفاوت، تاحدودی بی‌اهمیت، بی‌اهمیت، کاملاً بی‌اهمیت) اولویت‌بندی نموده‌اند.

- سبک زندگی

سازمان بهداشت جهانی، سبک زندگی را این گونه تعریف می‌کند: «اصطلاح سبک زندگی به روش زندگی مردم و بازتابی کامل از ارزش‌های اجتماعی، طرز برخورد و فعالیت‌ها اشاره دارد. همچنین ترکیبی

متغیرهای وارد شده به رگرسیون چندگانه ۴۸ درصد از تغییرهای متغیر وابسته را تبیین نموده‌اند. به طور کلی، گونه‌ای از همگرایی و تمایززدایی جنسیتی در نگرش دانشجویان زن و مرد به محیط زیست وجود دارد.

فرج‌زاده و همکاران (۱۸) تحقیقی در مورد تحلیل عوامل تولید محتوا و سواد زیست‌محیطی انجام دادند. یافته‌های تحقیق نشان داد که شهروندان در مورد نگرش و سبک زندگی زیست‌محیطی به وضعیت مطلوب نزدیک شده‌اند و در مورد دانش زیست‌محیطی نمره متوسط دارند. همچنین نتایج تحقیق نشان داد با افزایش دانش زیست‌محیطی، میزان تولید محتوا نیز افزایش می‌یابد.

زارع و همکاران (۴) تحقیقی با هدف مطالعه رابطه، بین مصرف‌گرایی و جهت‌گیری‌های ارزشی با شهروندی زیست‌محیطی در بین شهروندان تبریزی انجام دادند. در این تحقیق، از روش پیمایشی و از ابزار پرسش‌نامه محقق ساخته جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز استفاده گردید. جامعه آماری ساکنان بین ۱۵-۶۴ سال کلان شهر تبریز به تعداد ۴۰۷ نفر بر اساس فرمول نمونه‌گیری کوکران تعیین و به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای، برای مطالعه انتخاب شدند. نتایج نشان داد که بین میزان مصرف‌گرایی و شهروندی زیست‌محیطی همبستگی معنی‌دار و منفی (۰/۴۸-) وجود دارد و بین میزان جهت‌گیری ارزشی با شهروندی زیست‌محیطی همبستگی معنی‌دار و منفی (۰/۵۴-) وجود دارد.

پورشه‌سواری و سرمدی (۱۹) در پژوهشی به بررسی رابطه ارزش‌های محیط‌زیستی با عزت‌نفس و متغیرهای جمعیت شناختی پرداختند. روش پژوهش

توصیفی تحلیلی از نوع همبستگی بوده که با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای چندمرحله‌ای تعداد ۴۸۷ نفر از دانشجویان دانشگاه پیام نور شهر کرمان به‌عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب شدند. نتایج تحقیق نشان داد که ارزش‌های محیط‌زیستی اولویت اول ارزشی دانشجویان نبوده است. همچنین در بین ارزش‌های محیط‌زیستی بر اساس جنسیت و وضعیت تأهل تفاوت معنی‌داری وجود داشته است و بین جهت‌گیری ارزشی محیط‌زیستی و عزت‌نفس همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشته است.

مهدوی و همکاران (۲۰) در تحقیقی با عنوان «تحلیل رفتار زیست‌محیطی عشایر پیش و پس از اجرای طرح جایکا مطالعه موردی: بخش بازفت استان چهارمحال و بختیاری» به این نتیجه دست یافتند که رفتار زیست‌محیطی عشایر پس از اجرای طرح جایکا نسبت به قبل به‌طور مشخصی بهبود یافته است؛ به‌طوری‌که میانگین رفتارهای زیست‌محیطی عشایر در پیش از اجرای طرح جایکا، ۱/۹ و در پس از اجرای آن، ۳/۴۶ به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد تفاوت معناداری در رفتارهای اجتماعی و فرهنگی زیست‌محیطی عشایر، پیش و پس از اجرای طرح جایکا وجود دارد.

سروستانی (۲۱) تحقیقی را با عنوان «ارزش‌ها و رفتارهای دوستدار محیط زیست: مطالعه‌ای در پارک‌های جنگلی استان گلستان» با هدف تبیین ارتباط متقابل جهت‌گیری‌های ارزشی نسبت به محیط زیست و رفتارهای دوست‌دار محیط زیست در پارک‌های جنگلی انجام داد. بدین منظور، با استفاده از روش تحقیق توصیفی و فن پیمایش، تعداد ۳۰۰ نفر از مراجعه‌کنندگان به پارک‌های جنگلی استان گلستان با

روش نمونه گیری تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در بین مراجعه کنندگان پارک های جنگلی، جهت گیری ارزشی غیرانسان محور نسبت به محیط زیست، قوی تر از انسان محوری است و سن و جنسیت تأثیری در آن ندارد. همچنین، بین ارزش های غیر انسان محور (شامل زیست بوم محوری و خدمات محوری) و رفتارهای دوست دار محیط زیست یک ارتباط مثبت و معنی دار وجود دارد، در حالی که ارتباط معنی داری بین این رفتارها با انسان محوری وجود ندارد.

فره مند و همکاران (۲۲) مقاله ای را تحت عنوان «بررسی عوامل اجتماعی مؤثر بر رفتارهای زیست محیطی (مورد مطالعه: شهروندان شهر یزد) نگارش کرده اند. نتایج مقاله مذکور بیانگر آن بود که بین متغیرهای سن، آگاهی زیست محیطی، فردگرایی، رضایت از زندگی، و رفتارهای زیست محیطی رابطه معناداری وجود دارد. همچنین بین زنان و مردان در رفتارهای زیست محیطی تفاوت معناداری وجود دارد. مختاری ملک آبادی و همکاران (۷) در تحقیقی به تحلیل و بازشناسی رفتارهای زیست محیطی شهری بین شهروندان اصفهانی پرداختند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که رفتار زیست محیطی شهروندان اصفهانی نسبت به دهه قبل رفتارهایی مسئولانه تر شده است. ارتباط افراد با طبیعت مهم ترین عامل پیش بینی کننده رفتار زیست محیطی از بین دیگر عوامل مورد بررسی می باشد. افراد مسن و زنان رفتارهایی مانند تفکیک زباله و استفاده از حمل و نقل دوست دار محیط زیست

را بیش تر از مردان انجام می دهند. موقعیت اجتماعی- اقتصادی پیش بینی کننده استفاده افراد از حمل و نقل دوست دار محیط زیست و خرید زیست محیطی است که البته رابطه اول منفی است بدین گونه که افراد با موقعیت اجتماعی و اقتصادی بالاتر کم تر از حمل و نقل دوست دار محیط زیست استفاده می کنند. زنان از حمل و نقل دوست دار محیط زیست بیش تر استفاده می کنند و در زمینه تفکیک زباله از مبدأ نیز رفتار مطلوب تری دارند.

بالا و همکاران^۱ (۲۳) در پژوهشی درباره حساسیت، نگرش و دانش محیطی در بین ۴۱۱ نفر از شهروندان هند به این نتیجه رسیدند که دانش محیط زیستی و حساسیت محیط زیستی بر نگرش محیط زیستی اثر معناداری دارند.

کائور و همکاران^۲ (۲۴) در پژوهشی با موضوع نگرش محیط زیستی مصرف کنندگان محصولات سبز به این نتیجه رسیدند که نگرش محیط زیستی، سن و درآمد بر رفتار مصرف محصولات سبز اثرگذار است.

کیان و همکاران^۳ (۲۵) با بررسی عوامل مؤثر بر دانش و نگرش محیط زیستی ۱۱۸ نفر از ساکنان شهر بینجا در چین به این نتیجه رسیدند که نگرش و دانش محیط زیستی با سن رابطه معناداری دارند و با توجه به جنسیت و وضع تأهل دارای تفاوت معناداری هستند. پرایمس^۴ و همکاران (۲۶) پژوهشی را با عنوان چگونه تئوری ارزش های انسانی شوارتز مدل رفتاری آنها را تحت تأثیر قرار می دهد؟ انجام دادند. این مطالعه نشان می دهد که انواع انگیزشی ارزش های

¹ Bala et al

² Kaur et al

³ Qian et al

⁴ Primc et al

جغرافیایی وسیعی در کل جهان و یا چندین کشور انجام شده و علاوه بر مطالعه رابطه جنبه‌های مختلف زندگی اجتماعی و دگرگونی فرهنگی، از روش‌های پیچیده آماری و فراتحلیل استفاده کرده و به نقد و بررسی پژوهش‌های قبلی پرداخته‌اند.

چارچوب نظری پژوهش

در زمینه بررسی و تبیین ساختار و اولویت‌های نظام ارزش‌ها، نظریه‌های متعددی مطرح شده است. فلاسفه ارزش‌ها را بر اساس آنچه در یک اجتماع یا اجتماعات انسانی با ارزش تلقی می‌شود، مورد بررسی قرار داده‌اند. روان‌شناسان در سطوحی خرد، تأثیر و تأثرات عوامل شناختی و نظام ارزش‌ها را تحلیل نموده‌اند. جامعه‌شناسان در سطوحی کلان، اهمیت و نتایج ارزش‌ها در نظام اجتماعی و فرهنگی جامعه را تحلیل نموده‌اند.

اینگلهارت در نظریه مادی-فرامادی خود عامل مؤثر بر اولویت‌ارزشی را وضعیت اجتماعی-اقتصادی حاکم بر زندگی کنونی و سال‌های قبل از بلوغ می‌داند. نظریه مادی-فرامادی اینگلهارت بر دو فرضیه استوار است؛ بر اساس فرضیه کمیابی، اولویت‌های ارزشی بازتاب تحولات و ویژگی‌های محیط اقتصادی-اجتماعی است و بر اساس فرضیه اجتماعی‌شدن، مناسبات میان وضعیت اقتصادی-اجتماعی و اولویت‌های ارزشی یک رابطه مبتنی بر تطابق نیست. بلکه یک تأخیر محسوس در این میان وجود دارد. اینگلهارت با ترکیب دو فرضیه بالا حکم می‌کند که، نظریه مادی-فرامادی ارزش‌ها بر این دلالت دارد که فرایند دگرگونی ارزش‌ها از آثار دوره‌ای (بازتاب

اندازه‌گیری شده به‌طور فردی توسط شوارتز (نوع-دوستی [BE]، جهانی‌گرایی [UN]، خودهدایتی [SD]) پیش‌بینی‌کننده‌های رفتارهای دوست‌دار محیط زیست افراد هستند، در حالی که مفهوم‌سازی او از پست‌مادی‌گرایی، تناسب بهتری با مدل نسبت به نمرات پست‌مادی‌گرایی کشوری اینگلهارت دارد. نتایج همچنین یافته‌های قبلی را تأیید می‌کند که ارزش‌های پست‌مادی‌گرا می‌توانند رفتارهای دوست‌دار محیط زیست را از طریق انگیزش، کنترل رفتاری ادراک‌شده و نیت‌ها تحریک کنند. مطالعه آنها نشان می‌دهد که نگرش‌های دوست‌دار محیط زیست در طول ده سال تغییرات قابل توجهی نداشته‌اند، حتی با وجود افزایش چالش‌های زیست‌محیطی و پایداری در سطح جهانی به طرز شگفت‌انگیزی، میانگین چندین متغیر تهدید ادراک‌شده حتی کاهش یافته است.

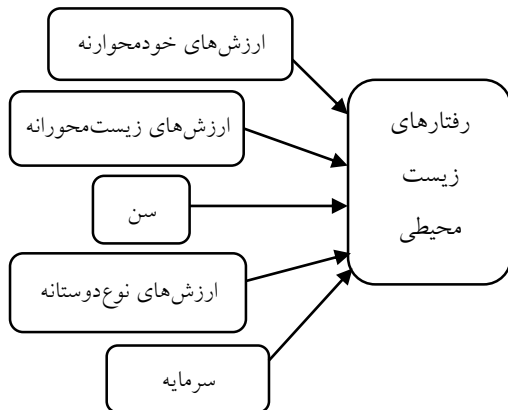
حسینان و همکاران^۱ (۲۷) با بررسی رابطه دانش و نگرش محیط زیستی ۱۱۰ نفر از شهروندان سریلانکایی به این نتیجه رسیدند که بین دانش و نگرش محیط زیستی ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد.

لوپز و همکاران^۲ (۲۸) با بررسی تفاوت جنسیتی نگرش زیست‌محیطی شهروندان ۱۱ کشور اروپایی به این نتیجه رسیدند که بین نگرش محیط زیستی زنان و مردان تفاوت معناداری وجود دارد. با ارزیابی پژوهش‌های خارجی می‌توان به گستردگی استفاده از ارزش‌های فرهنگی اینگلهارت و شوارتز به‌عنوان دو رویکرد جهان‌شمول برای مطالعه ارزش‌های فرهنگی پی برد. از سوی دیگر، اکثر این تحقیقات در گستره

^۱ Hasanain et al

^۲ López et al

توانایی این نظریات در توضیح و تبیین تغییرات ارزشی در جوامع مختلف و نیز جامعیت نظریات شوارتز در تبیین نظام ارزش‌ها، از آن‌ها به عنوان چارچوب نظری تحقیق حاضر استفاده شده است.



شکل (۱): مدل تحلیلی تحقیق

روش‌شناسی

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و به لحاظ نحوه انجام، پیمایشی است. از نظر گردآوری داده‌ها یک بررسی پیمایشی - میدانی است. ابزار گردآوری اطلاعات، پرسش‌نامه محقق ساخته برای رفتارهای زیست‌محیطی و پرسش‌نامه استاندارد برای نظریه ارزشی شوارتز می‌باشد. برای ارزیابی روایی ابزار پژوهش، از روایی صوری و محتوایی استفاده شد. این فرآیند از طریق أخذ نظرات خبرگان و متخصصان حوزه‌های مرتبط انجام شد. پایایی آن با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه و تأیید شد. که مقدار آن بالاتر از ۰/۷ به دست آمد. جامعه آماری تحقیق حاضر، شامل کلیه شهروندان ۶۴-۱۵ سال شهر تبریز می‌باشد و حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۳۶۴ نفر برآورد شده است. داده‌های مورد نیاز از طریق پرسش‌نامه با مراجعه مستقیم به نمونه‌های انتخابی از شهروندان تبریزی جمع‌آوری شد.

نوسان‌های کوتاه‌مدت در محیط اقتصادی-اجتماعی) که بر آثار بلندمدت نسل‌ها (بازتاب اوضاع غالب در طول سال‌های سازنده یک نسل معین) تحمیل می‌شود، تشکیل می‌گردد (۲۹).

بر اساس نظر شوارتز، ارزش‌ها، اهداف فراموقعیتی هستند که به عنوان اصول راهنما در خدمت زندگی فرد یا گروه قرار داشته و اهمیت متفاوتی دارند. بر اساس فرضیات شوارتز، با توجه به این‌که ارزش‌ها به عنوان اهداف در نظر گرفته می‌شوند، بنابراین ابعاد ارزشی و ارزش‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها براساس سه ملاک از هم تشخیص داده می‌شوند: نخست این‌که، ارزش‌ها ممکن است در خدمت منافع فردی یا جمعی باشند. دوم، ارزش‌ها ممکن است ارزش‌های ابزاری یا غایی باشند و سوم، ارزش‌ها در ارتباط با ۱۰ بعد انگیزشی هستند که برخاسته از سه نیاز اساسی بشر، یعنی نیازهای زیست‌شناختی، نیاز به تعامل اجتماعی و نیازهای اساسی و رفاهی هستند. ده بعد انگیزشی ارزش‌ها عبارت‌اند از: خیرخواهی، سنت، هم‌نوایی، امنیت، قدرت، موفقیت، برانگیختگی، لذت‌طلبی، خوداتکایی و جهان‌گرایی که با توجه به تحقیقات انجام‌شده شوارتز، در تمام فرهنگ‌ها وجود داشته و نسبتاً دارای معانی یکسانی است. هم‌چنین انواع ارزشی ده‌گانه در مجموع به دو بعد ارزش‌های جمع‌گرایانه (خیرخواهی، جهان‌گرایی، سنت، امنیت و هم‌نوایی) و ارزش‌های فردگرایانه (قدرت، استقلال، زندگی هیجان‌انگیز و لذت‌گرایی) تقسیم می‌شوند. مقیاس بررسی ارزش‌های شوارتز، شکل بسط‌یافته مقیاس ارزش‌های روکیج می‌باشد.

با توجه به اقبال وسیعی که در سطح محافل علمی از نظریات اینگلهارت شده است و در عین حال

جدول (۱): تعریف عملیاتی متغیر اولویت‌های ارزشی

مبنای تئوریکی	ابعاد	گویه‌ها
شوارتز	خیرخواهی	۱. اعتقاد به ارزش‌مند بودن خود؛ ۲. جبران یاری و کمک به دیگران؛ ۳. برای آسایش دیگران کار کردن؛ ۴. قابل اعتماد و قابل اتکاء بودن.
	جهان‌گرایی	۱. فرصت یکسان برای همه؛ ۲. جهانی در صلح و بدون جنگ؛ ۳. هماهنگی با طبیعت؛ ۴. اصلاح بی‌عدالتی‌ها؛ ۵. حفظ محیط‌زیست.
	جمع‌گرایانه	۱. تأکید بر معنویات؛ ۲. حفظ آداب و رسوم متداول؛ ۳. پذیرش سهم خود از زندگی؛ ۴. مؤمن و دین‌دار بودن.
	امنیت	۱. ثبات جامعه؛ ۲. حفاظت از کشور در برابر دشمن؛ ۳. حق داشتن حریم خصوصی در زندگی؛ ۴. تمیز و مرتب بودن.
	هم‌نوایی	۱. احساس این‌که دیگران به فکر من هستند؛ ۲. ادب داشتن و آداب دانی؛ ۳. احترام به والدین و بزرگ‌ترها؛ ۴. وظیفه‌شناس و مطیع بودن.
	قدرت	۱. توان کنترل و تسلط بر دیگران؛ ۲. تملک مادی و پول؛ ۳. حق رهبری و دستور دادن؛ ۴. حفظ ظاهر و وجهه خود.
	استقلال	۱. آزادی عمل و اندیشه؛ ۲. منحصر به فرد بودن؛ ۳. اتکا به خود و خودکفا بودن؛ ۴. انتخاب اهداف شخصی.
	لذت‌گرایی	۱. با خود در صلح و صفا بودن؛ ۲. ارضای امیال؛ ۳. لذت بردن از زندگی؛ ۴. خوش‌گذرانی.
فردگرایانه	انگیزش	۱. تجربه‌های جدید و جالب؛ ۲. زندگی متنوع و مملو از نوآوری و دگرگونی؛ ۳. حادثه‌جو بودن؛ ۴. کنجکاو بودن و علاقه‌مند به فهمیدن همه‌چیز.
	موفقیت	۱. مورد تأیید دیگران بودن؛ ۲. جاه‌طلب و سخت‌کوش بودن؛ ۳. کاردان، مؤثر و باکفایت بودن؛ ۴. موفق بودن در نیل به اهداف.

منبع: نگارنده با اقتباس از (۳۰)

در پژوهش حاضر، برای به‌دست آوردن پایایی، پس از انجام Pre-test، از تکنیک آلفای کرونباخ استفاده شده است و گویه‌هایی که موجب کاهش ضریب آلفای مقیاس شدند، حذف گردیدند. براساس نتایج جدول (۲)، آماره آلفای کرونباخ شاخص‌های مورد استفاده در تحقیق بالاتر از ۰/۷ می‌باشد که نشانگر پایایی قابل قبول شاخص‌های مذکور می‌باشد.

جدول (۲): ارزیابی پایایی شاخص‌های مورد استفاده در تحقیق

متغیرها	ضریب آلفای کرونباخ
رفتارهای زیست‌محیطی	۰/۸۴
ارزش‌های خودمحورانه	۰/۷۱
ارزش‌های زیست‌محورانه	۰/۷
ارزش‌های نوع‌دوستانه	۰/۷۴

در پژوهش حاضر با عنایت به سطوح سنجش متغیرها (اسمی دو و چندحالتی، رتبه‌ای و فاصله‌ای) داده‌ها در سه سطح تحلیل شده است. به عبارتی بعد از تعیین کردن وضعیت توزیع داده‌ها و نیز شکل توزیع با استفاده از جداول فراوانی و آماره‌های گرایش به مرکز و پراکندگی اقدام به تعیین نوع آزمون پارامتریک و یا غیر پارامتریک بر اساس سطح سنجش متغیرها شد. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها به این صورت است که پس از جمع‌آوری اطلاعات از طریق پرسش‌نامه، کدگذاری آن‌ها صورت گرفت. سپس با توجه به کدهای اختصاص یافته به هر متغیر و گزینه‌های مربوط به آن داده‌ها تعریف شده و وارد کامپیوتر شد. با انجام دستورالعمل‌های تغییر، تبدیل و اجرای داده‌ها و

در اینجا ابتدا با استفاده از آمار توصیفی، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی (دموگرافیک) مورد بررسی قرار گرفت و سپس با آزمون‌های آماری استنباطی فرضیه‌های پژوهش، سنجش و آزمون شد.

- یافته‌های توصیفی

یافته‌های توصیفی تحقیق نشان داد که ۷۸/۲ درصد پاسخگویان مرد (۱۹۴ نفر) و ۲۱/۸ درصد پاسخگویان نیز زن (۵۴ نفر) می‌باشد. دامنه سنی افراد مورد مطالعه بین ۱۵ تا ۶۳ سال قرار دارد و میانگین سنی آن‌ها ۳۸/۲۷ سال با انحراف استاندارد ۹/۲۳ است. طبق نتایج جدول مذکور، ۳۵/۲ درصد پاسخگویان (۱۲۸ نفر) دارای مدرک دیپلم، ۱۶/۲ درصد پاسخگویان (۵۹ نفر) دارای مدرک کاردانی، ۳۹/۳ درصد پاسخگویان (۱۴۳ نفر) دارای مدرک کارشناسی و ۹/۳ درصد پاسخگویان نیز (۳۴ نفر) دارای مدرک کارشناسی ارشد و یا بالاتر می‌باشند.

برای سنجش سرمایه اقتصادی از متغیرهای ارزش تقریبی وسیله نقلیه، مجموع درآمد خانواده در یک ماه، تعلق ذهنی طبقاتی، قیمت تقریبی هر متر واحد مسکونی استفاده شده است که اطلاعات توصیفی مربوط در ادامه ارائه می‌شود.

از ترکیب سؤال‌های ارزش تقریبی وسیله نقلیه، مجموع درآمد خانواده در یک ماه، تعلق ذهنی طبقاتی و قیمت تقریبی هر متر واحد مسکونی در همسایگی (همه گویه‌ها به دلیل متفاوت بودن سطح سنجش‌شان استاندارد شده‌اند) شاخص سرمایه اقتصادی ایجاد شد که در جدول (۳) آماره‌های مربوط به این شاخص ارائه شده است.

بر اساس اطلاعات توصیفی شاخص سرمایه اقتصادی، دامنه طیف مربوطه بین ۰ و ۳/۱۲ قرار دارد

ویرایش آن‌ها از طریق نرم‌افزار SPSS مورد پردازش قرار گرفته و سپس ستاده‌های کامپیوتر استخراج و توسط محقق تجزیه و تحلیل شد. در بخش آمار توصیفی جداول فراوانی و آماره‌های گرایش به مرکز و پراکندگی نظیر میانگین، انحراف معیار، واریانس و چولگی و کشیدگی و در بخش آمار استنباطی با توجه به سطح سنجش متغیرها از آزمون‌های مقایسه میانگین (t-Test و آنالیز واریانس یکطرفه) و r پیرسون و برای تحلیل‌های چند متغیره از رگرسیون خطی گام به گام استفاده شد. همچنین مدل مفهومی پژوهش در شکل (۱) مشخص شده است.

- فرضیه‌های تحقیق

- ۱- بین ارزش‌های خودمحرانه و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.
- ۲- بین ارزش‌های نوع دوستانه و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.
- ۳- بین ارزش‌های زیست‌محرانه و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.
- ۴- بین سرمایه اقتصادی و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.
- ۵- بین سن و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.
- ۶- رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز به تفکیک جنس متفاوت است.
- ۷- رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز به تفکیک سطح تحصیلات متفاوت است.

یافته‌ها

پس از گردآوری داده‌ها، محقق با استفاده از روش‌های مختلف آماری سعی دارد آن‌ها را در جهت اهداف پژوهش مورد بررسی و آنالیز آماری قرار دهد.

و میانگین سرمایه اقتصادی برابر با ۱/۴۵ (معادل ۴۶/۴۷ در یک مقیاس ۰-۱۰۰) با انحراف استاندارد ۰/۵۹ می‌باشد که با توجه به مقدار وسط طیف پاسخگویان مورد بررسی به لحاظ سرمایه اقتصادی اندکی پایین‌تر از حد متوسط می‌باشند. نزدیک بودن توزیع مقادیر این متغیر نرمال با توجه به آماره‌های چولگی و کشیدگی و انحراف معیارهای مربوطه، تأیید می‌شود.

بر اساس اطلاعات توصیفی جدول (۳) دامنه تغییرات شاخص ارزش‌های خودمحرانه (که از طریق محاسبه میانگین نمرات گویه‌ها به دست آمده) بین ۱ و ۵/۸۸ قرار دارد و میانگین ارزش‌های خودمحرانه پاسخگویان برابر با ۳/۱۷ (معادل ۴۴/۴۶ در یک مقیاس ۰-۱۰۰) و با انحراف استاندارد ۱/۰۱ است که نشان می‌دهد نمره ارزش‌های خودمحرانه پاسخگویان با توجه به دامنه تغییرات طیف مربوطه، اندکی پایین‌تر از حد وسط طیف قرار دارد. نزدیک بودن توزیع مقادیر این متغیر به یک توزیع نرمال با توجه به آماره‌های چولگی و کشیدگی و انحراف استانداردهای مربوطه تأیید می‌شود.

اطلاعات توصیفی دامنه تغییرات شاخص ارزش‌های زیست‌محرانه (که از طریق محاسبه میانگین نمرات گویه‌ها به دست آمده) بین ۲/۰۹ و ۵/۶۴ قرار دارد و میانگین ارزش‌های زیست برابر با ۳/۹۵ (معادل ۵۲/۳ در یک مقیاس ۰-۱۰۰) با انحراف استاندارد ۰/۶۶ است که نشان می‌دهد نمره ارزش‌های زیست‌محرانه پاسخگویان با توجه به دامنه تغییرات

طیف مربوطه، در حد وسط طیف قرار دارد. با توجه به آماره‌های چولگی و کشیدگی و انحراف استانداردهای مربوطه، توزیع مقادیر این متغیر به یک توزیع نرمال کاملاً نزدیک است.

بر اساس اطلاعات توصیفی جدول (۳) دامنه تغییرات شاخص ارزش‌های نوع‌دوستانه بین ۱ و ۶ قرار دارد و میانگین (که از طریق محاسبه میانگین نمرات گویه‌ها به دست آمده) این متغیر ۴/۱۹ (معادل ۶۳/۸ در یک مقیاس ۰-۱۰۰) و با انحراف استاندارد ۱/۳۱ است که نشان می‌دهد که نمره ارزش‌های نوع‌دوستانه با توجه به دامنه تغییرات طیف مربوطه، بالاتر از حد وسط طیف قرار دارد. نزدیک بودن توزیع مقادیر این متغیر به یک توزیع نرمال با توجه به آماره‌های چولگی و کشیدگی و خطاهای مربوطه تأیید می‌شود. اطلاعات توصیفی جدول (۳) نشان می‌دهد که دامنه تغییرات شاخص رفتارهای زیست‌محیطی بین ۱/۷۸ و ۵/۷۸ قرار دارد و میانگین رفتارهای زیست‌محیطی (که از طریق محاسبه میانگین نمرات گویه‌ها به دست آمده) برابر با ۴/۰۳ (معادل ۵۶/۲۵ در یک مقیاس ۰-۱۰۰) با انحراف استاندارد ۰/۸۹۹ است که نمایگر این است میانگین نمره رفتارهای زیست‌محیطی پاسخگویان با توجه به دامنه تغییرات طیف مربوطه، اندکی بالاتر از حد وسط طیف قرار دارد. توجه به آماره‌های چولگی و کشیدگی و خطای استانداردهای مربوط به آن‌ها نشان می‌دهد که توزیع مقادیر شاخص رفتارهای زیست‌محیطی تا حد زیادی نزدیک به یک توزیع نرمال است.

جدول (۳): آماره های توصیفی مربوط به شاخص سرمایه اقتصادی

شاخص	کمینه	میانگین		انحراف	چولگی		کشیدگی
		خطای	آماره		خطای	آماره	
		استاندارد		استاندارد	استاندارد		استاندارد
سرمایه اقتصادی	۰	۱/۴۵	۰/۰۲۹	۳/۱۲	۰/۰۵۹	۰/۰۴۲	۰/۲۴۶
ارزش های خودمحورانه	۱/۰۰	۳/۱۷	۰/۰۴۹	۵/۸۸	۱/۰۱	۰/۱۷۹	۰/۲۴۶
ارزش های زیست محورانه	۲/۰۹	۳/۹۵	۰/۰۳۲	۵/۶۴	۰/۶۶	-۰/۲۱۴	۰/۲۴۶
ارزش های نوع دوستانه	۱/۰۰	۴/۱۹	۰/۰۶۴	۶/۰۰	۱/۳۱	۰/۸۲۱	۰/۲۴۶
رفتارهای زیست محیطی	۱/۷۸	۴/۰۳	۰/۰۴۴	۵/۷۸	۰/۸۹۹	۰/۱۴۲	۰/۲۴۶

منبع: یافته های پژوهش

- آزمون های استنباطی

در این بخش فرضیه های مطرح شده مورد آزمون قرار می گیرند که در دو بخش تحلیل دو متغیره و تحلیل چند متغیره ارائه می شوند. با توجه به سطوح سنجش متغیرها و فرضیه های مطرح شده از آزمون های ضریب همبستگی پیرسون، تفاوت میانگین t-test با دو گروه مستقل و تحلیل واریانس یک طرفه (F) استفاده می شود.

- آزمون فرضیات

فرضیه اول: بین ارزش های خودمحورانه و رفتارهای زیست محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.

نتایج آزمون همبستگی r پیرسون بین ارزش های خودمحورانه و رفتارهای زیست محیطی در جدول (۴) ارائه شده است. طبق نتایج جدول مذکور رابطه بین ارزش های خودمحورانه و رفتارهای زیست محیطی با توجه به این که سطح معنی داری ضریب همبستگی مربوطه (۰/۰۰۴) کوچک تر از ۰/۰۵ است، به لحاظ آماری معنی دار می باشد. شدت همبستگی بین این دو متغیر نیز برابر با ۰/۲۸۰- و به صورت منفی است. بدین معنا که هر چقدر نمره ارزش های خودمحورانه

پاسخگویان بالا برود میزان نمره رفتارهای زیست-محیطی آنها پایین می آید. بنابراین فرضیه شماره ۱ تحقیق مبنی بر وجود رابطه معنادار بین ارزش های خودمحورانه و رفتارهای زیست محیطی صادق است. فرضیه دوم: بین ارزش های زیست محورانه و رفتارهای زیست محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.

طبق نتایج جدول (۴)، رابطه بین ارزش های زیست محورانه و رفتارهای زیست محیطی با توجه به این که سطح معنی داری ضریب همبستگی مربوطه (۰/۰۰۰) کوچک تر از ۰/۰۵ است، به لحاظ آماری معنی دار می باشد. شدت همبستگی بین این دو متغیر نیز برابر با ۰/۳۴۲ و به صورت مثبت می باشد. بدین معنا که هر چقدر نمره ارزش های زیست محورانه پاسخگویان افزایش یابد میزان نمره رفتارهای زیست محیطی آنها نیز بالا می رود. بنابراین فرضیه شماره ۲ تحقیق مبنی بر وجود رابطه معنادار بین ارزش های زیست محورانه و رفتارهای زیست محیطی صادق است.

فرضیه سوم: بین ارزش‌های نوع دوستانه و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.

طبق نتایج جدول (۴)، رابطه بین ارزش‌های نوع-دوستانه و رفتارهای زیست‌محیطی با توجه به این‌که سطح معنی‌داری ضریب همبستگی مربوطه (۰/۰۰۰) کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، به لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. شدت همبستگی بین این دو متغیر نیز برابر با ۰/۳۱۲ و به صورت مثبت است. بدین معنا که هر چقدر نمره ارزش‌های نوع‌دوستانه پاسخگویان بالا برود میزان نمره رفتارهای زیست‌محیطی آن‌ها پایین می‌آید. بنابراین فرضیه شماره ۳ تحقیق مبنی بر وجود رابطه معنادار بین ارزش‌های نوع‌دوستانه و رفتارهای زیست‌محیطی صادق است.

فرضیه چهارم: بین سرمایه اقتصادی و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد. طبق نتایج جدول (۴)، رابطه بین سرمایه اقتصادی و رفتارهای زیست‌محیطی با توجه به این‌که سطح معنی‌داری ضریب همبستگی مربوطه (۰/۰۱۴)

کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، به لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. شدت همبستگی بین این دو متغیر نیز برابر با ۰/۲۶۳ و به صورت مثبت می‌باشد. بدین معنا که هر چقدر سرمایه اقتصادی پاسخگویان افزایش یابد میزان نمره رفتارهای زیست‌محیطی آن‌ها نیز بالا می‌رود. بنابراین فرضیه شماره ۴ تحقیق مبنی بر وجود رابطه معنادار بین سرمایه اقتصادی و رفتارهای زیست‌محیطی صادق است.

فرضیه پنجم: بین سن و رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز رابطه وجود دارد.

نتایج آزمون همبستگی r پیرسون بین سن و رفتارهای زیست‌محیطی در جدول (۴) ارائه شده است. طبق نتایج جدول مذکور رابطه بین ارزش‌های نوع‌دوستانه و رفتارهای زیست‌محیطی با توجه به این‌که سطح معنی‌داری ضریب همبستگی مربوطه (۰/۰۸۴) بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است، به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین فرضیه شماره ۵ تحقیق مبنی بر وجود رابطه معنادار بین سن و رفتارهای زیست‌محیطی تأیید نمی‌شود.

جدول (۴): نتایج آزمون همبستگی بین سرمایه اقتصادی و رفتارهای زیست‌محیطی

رفتارهای زیست‌محیطی	تعداد	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری
ارزش‌های خودمحورانه	۳۶۴	-۰/۲۸۰	۰/۰۰۴
ارزش‌های زیست‌محورانه	۳۶۴	۰/۳۴۲	۰/۰۰۰
ارزش‌های نوع‌دوستانه	۳۶۴	۰/۳۱۲	۰/۰۰۰
سرمایه اقتصادی	۳۶۴	۰/۲۶۳	۰/۰۱۴
سن	۳۶۴	۰/۲۰۱	۰/۰۸۴

منبع: یافته‌های پژوهش

فرضیه ششم: رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز به تفکیک جنس متفاوت است.

برای سنجش معنی‌داری تفاوت میانگین رفتارهای زیست‌محیطی به تفکیک جنس افراد مورد مطالعه از آزمون t با دو گروه مستقل استفاده شده است.

جدول (۵): نتایج آزمون t رفتارهای زیست محیطی و جنس پاسخگویان

جنس پاسخگویان	تعداد	میانگین	انحراف معیار	t	درجه آزادی	Sig
مرد	۱۹۸	۳/۰۴	۰/۷۵۱	۴/۰۳۸	۳۶۲	۰/۰۰۰
زن	۱۸۶	۳/۹۲	۰/۸۷۳			

منبع: یافته های پژوهش

زیست محیطی بر اساس تحصیلات پاسخگویان برای مقایسه ارائه می شود و در ادامه، نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای پی بردن به معناداری تفاوت میانگین ارائه می گردد.

جدول (۶): میانگین رفتارهای زیست محیطی برحسب تحصیلات

سطح تحصیلات	تعداد	میانگین
دیپلم	۱۲۸	۳/۱۴
کاردانی	۵۹	۳/۲۹
کارشناسی	۱۴۳	۲/۹۵
کارشناسی ارشد و بالاتر	۳۴	۳/۳۷
کل	۳۶۴	۳/۱۸

منبع: یافته های پژوهش

بر اساس اطلاعات جدول (۶)، میانگین رفتارهای زیست محیطی برحسب تحصیلات متفاوت است و میانگین رفتارهای زیست محیطی در میان پاسخگویانی که تحصیلات آنها کارشناسی ارشد و بالاتر است، بیش تر از سایر پاسخگویان می باشد. پس از آن، به ترتیب پاسخگویان دارای تحصیلات کاردانی، دیپلم و کارشناسی به لحاظ رفتارهای زیست محیطی در رتبه های بعدی قرار دارند.

جدول (۷): نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (F) بین تحصیلات و رفتارهای زیست محیطی

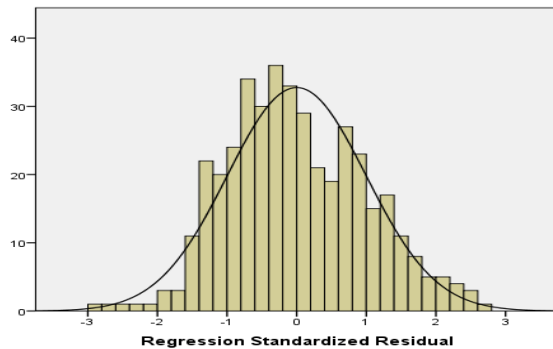
مجموع مجذورات	درجه آزادی	مجذور میانگین	F	Sig
واریانس بین گروهی	۳	۱۶/۲۶۳		
واریانس درون گروهی	۳۶۰	۱/۱۲۸	۲/۱۴۷	۰/۰۷۴
واریانس کل	۳۶۳			

منبع: یافته های پژوهش

نتایج جدول (۵) حاکی از آن است که میانگین نمرات پاسخگویان مرد و زن در رفتارهای زیست- محیطی با هم متفاوت است و میانگین پاسخگویان مرد (۳/۰۴) بیش تر از میانگین پاسخگویان زن (۳/۹۲) می باشد و میزان رفتارهای زیست محیطی در بین پاسخگویان زن بیش تر از پاسخگویان مرد می باشد. نتیجه آزمون لون حاکی از برابری واریانس های دو گروه مرد و زن می باشد؛ در نتیجه به سطح معنی داری t مربوط به قسمت برابری واریانس توجه می کنیم که با توجه به سطح معنی داری t به دست آمده، این تفاوت میانگین بین دو گروه جنسی به لحاظ آماری معنی دار (۰/۰۰۰) می باشد و فرضیه تفاوت میانگین رفتارهای زیست محیطی شهروندان تبریز به تفکیک جنسیت تأیید می شود.

فرضیه هفتم: رفتارهای زیست محیطی شهروندان تبریز به تفکیک تحصیلات متفاوت است. برای سنجش معنی داری تفاوت میانگین رفتارهای زیست محیطی به تفکیک تحصیلات پاسخگویان از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (F) استفاده شده است. در ابتدا جدول میانگین شاخص رفتارهای

باشد. در این نمودار باید به داده‌های پرت و شکل توزیع داده‌ها توجه شود که با توجه به شکل (۲) نرمال بودن توزیع داده‌ها تأیید می‌شود.



شکل (۲): نمودار توزیع هیستوگرام رفتارهای زیست‌محیطی (منبع: یافته‌های پژوهش)

یکی دیگر از پیش‌فرض‌های رگرسیون، عدم هم‌خطی بین متغیرهای مستقل است؛ یعنی متغیرهای مستقل نباید با یکدیگر همبستگی بالایی داشته باشند. آماره‌هایی که برای تشخیص میزان هم‌خطی به کار می‌روند تولرانس و عامل تورم واریانس (VIF) است. اطلاعات جدول (۸) حاکی از آن است که هر چهار متغیر باقیمانده در مدل رگرسیونی دارای مقدار تولرانس بالای $0/4$ (ارزش‌های خودمحرانه برابر با $0/94$ ، ارزش‌های زیست‌محرانه برابر با $0/91$ ، ارزش‌های نوع‌دوستانه برابر با $0/87$ و سرمایه اقتصادی برابر با $0/86$) و مقدار ضریب تحمل پایین‌تر از $2/5$ (ارزش‌های خودمحرانه برابر با $1/81$ ، ارزش‌های زیست‌محرانه برابر با $2/02$ ، ارزش‌های نوع‌دوستانه برابر با $2/14$ و سرمایه اقتصادی برابر با $2/17$) هستند. بنابراین بین متغیرهای مستقل باقی‌مانده در مدل رگرسیونی (ارزش‌های خودمحرانه، ارزش‌های زیست‌محرانه، ارزش‌های نوع‌دوستانه و

بر اساس نتایج جدول (۷) سطح معنی‌داری آزمون F مربوط به رفتارهای زیست‌محیطی و تحصیلات، کم‌تر از $0/05$ است در نتیجه اختلاف میانگین مربوطه معنی‌دار نمی‌باشد؛ به عبارت دیگر میانگین رفتارهای زیست‌محیطی برحسب تحصیلات حداقل در بین دو گروه تفاوت معنی‌داری ندارد. بنابراین فرضیه تفاوت میانگین رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان تبریز به تفکیک تحصیلات تأیید نمی‌شود.

- تحلیل چند متغیره (رگرسیون خطی گام به گام)

در تحقیق حاضر در تحلیلی چند متغیره و برای بررسی میزان تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل تأثیر گذار (ارزش‌های نوع‌دوستانه، ارزش‌های خودمحرانه، ارزش‌های زیست‌محرانه، سرمایه اقتصادی، سن، جنس و تحصیلات) بر متغیر وابسته (رفتارهای زیست‌محیطی) از رگرسیون خطی گام به گام استفاده شده است.

برای انجام تحلیل رگرسیون ابتدا باید پیش‌فرض‌های آن تأیید شود، برای همین در ابتدا به بررسی پیش‌فرض‌های رگرسیون پرداخته می‌شود و پس از تأیید آن‌ها، به تحلیل رگرسیونی رفتارهای زیست‌محیطی پرداخته می‌شود. که مهم‌ترین پیش‌فرض‌های رگرسیون شامل؛ نرمال بودن توزیع مقادیر متغیرها به ویژه متغیر وابسته، وجود رابطه خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل، استقلال خطاها، عدم هم‌خطی بین متغیرهای مستقل و توزیع نرمال مقادیر باقیمانده استاندارد رگرسیون می‌باشد که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

یکی از پیش‌فرض‌های رگرسیون این است که توزیع مقادیر متغیرهای مستقل و وابسته باید نرمال

سرمایه اقتصادی) رابطه هم خطی وجود ندارد و این پیش فرض تأیید می شود.

جدول (۸): آماره های هم خطی متغیرهای مستقل

متغیرها	آستانه	ضریب تحمل (VIF)	آماره استقلال خطاها
ارزش های خودمحورانه	۰/۹۴	۱/۸۱	۱/۸۴
ارزش های زیست محورانه	۰/۹۱	۲/۰۲	
ارزش های نوع دوستانه	۰/۸۷	۲/۱۴	
سرمایه اقتصادی	۰/۸۶	۲/۱۷	

منبع: یافته های پژوهش

شکل (۳) الگوی مشخصی وجود ندارد، این پیش فرض نیز تأیید می شود.

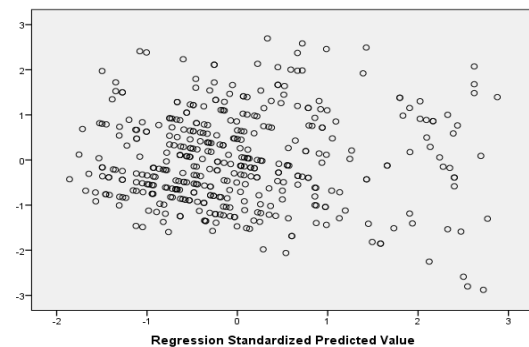
جدول (۹) به عنوان اولین خروجی آزمون رگرسیون چند متغیره، نشان می دهد که مقدار ضریب همبستگی ۰/۵۸۴ است که حاکی از آن است بین مجموعه متغیرهای مستقل و متغیر وابسته تحقیق (رفتارهای زیست محیطی) همبستگی متوسطی وجود دارد. مقدار ضریب تعیین تعدیل شده هم نشان می دهد ۳۰/۴ درصد از کل تغییرات متغیر وابسته (رفتارهای زیست محیطی)، وابسته به ۴ متغیر مستقل باقی مانده (ارزش های خودمحورانه، ارزش های زیست محورانه، ارزش های نوع دوستانه و سرمایه اقتصادی) در این معادله می باشد.

جدول (۹): ضریب همبستگی، ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده

ضریب همبستگی	مجدور ضریب همبستگی	ضریب تعیین تعدیل شده
۰/۵۸۴	۰/۳۱۵	۰/۳۰۴

منبع: یافته های پژوهش

جدول (۱۰) مربوط به آزمون معناداری تأثیرات کلی موجود در مدل رگرسیونی است. با توجه به سطح



شکل (۳): نمودار پراکنش رفتارهای زیست محیطی

منبع: یافته های پژوهش

استقلال خطاها در رگرسیون یکی دیگر از پیش فرض های رگرسیونی است که در جهت ارزیابی آن معمولاً از آماره دوربین و اتسون استفاده می شود. مقدار این آماره بین ۱/۵ تا ۲/۵ می باشد. با توجه به اینکه مقدار دوربین و اتسون طبق جدول (۸) برابر با ۱/۸۴ می باشد، فرض استقلال خطاها نیز تأیید می شود.

پیش فرض آخر در رگرسیون که بررسی یکسانی واریانس برای گروه های مورد بررسی است، به بررسی برابری واریانس متغیر وابسته در سراسر مقادیر متغیر مستقل می پردازد که به وسیله نمودار پراکنش به بررسی آن پرداخته شده است و با توجه به اینکه در

معنی‌داری آماره F که در سطح خطای کم‌تر از $0/01$ درصد قرار گرفته است، می‌توان نتیجه گرفت که تأثیرات ترکیبی ϵ متغیر مستقل بر متغیر وابسته به لحاظ بخشی از تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند.

جدول (۱۰): آزمون تحلیل واریانس

مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
۱۲/۵۷	۴	۸/۴۲		
۳۱/۱۹	۳۶۰	۰/۳۶۲	۴۴/۶	۰/۰۰۰
۴۳/۷	۳۶۴	-		

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۱۱) ضرایب رگرسیونی هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته را نشان می‌دهد. دقت در مقدار ضرایب رگرسیونی غیر استاندارد (B) مربوط به متغیر ارزش‌های زیست‌محورانه حاکی از آن است که یک واحد افزایش در نمره ارزش‌های زیست‌محورانه موجب می‌شود تا متغیر وابسته (رفتارهای زیست‌محیطی با ضریب $0/491$ افزایش یابد. یک واحد افزایش در نمره ارزش‌های نوع دوستانه باعث می‌شود تا رفتارهای زیست‌محیطی با ضریب $0/247$ افزایش یابد. این تأثیرات با توجه به سطح معناداری آزمون t مربوطه، تأثیر معناداری به لحاظ آماری می‌باشند.

جدول (۱۱): رگرسیون خطی چند متغیره رفتارهای زیست‌محیطی

متغیرهای مستقل	B	انحراف معیار	ضرایب استاندارد	Beta	آماره t	سطح معنی‌داری	همبستگی صفر	ضریب همبستگی ضریب همبستگی -	
								تفکیکی	نیمه تفکیکی
عرض از مبدا (ضریب ثابت)	۲/۹۴۱	۰/۳۲۷	-	-	۱۳/۸۱	۰/۰۰۰	-	-	-
زیست‌محورانه	۰/۴۹۱	۰/۱۳۴	۰/۳۸۶	۰/۳۸۶	۹/۳۲	۰/۰۰۰	۰/۵۲۸	۰/۴۹۲	۰/۴۴۲
نوع دوستانه	۰/۴۲۷	۰/۲۲۴	۰/۳۵۳	۰/۳۵۳	۷/۴۷	۰/۰۰۰	۰/۴۸۹	۰/۴۵۲	۰/۳۸۷
خودمحورانه	-۰/۳۹۴	۰/۱۴۱	-۰/۳۱۵	-۰/۳۱۵	-۵/۸۲	۰/۰۰۲	-۰/۴۱۲	-۰/۳۶۹	-۰/۲۹۸
سرمایه اقتصادی	۰/۲۴۷	۰/۱۳۵	۰/۲۴۳	۰/۲۴۳	۳/۹۸	۰/۰۲۴	۰/۲۸۰	۰/۲۴۵	۰/۲۲۱

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس آماره بتای استاندارد (Beta) مربوط به متغیرهای مستقل باقیمانده در مدل، متغیر ارزش‌های زیست‌محورانه (با بتای استاندارد $0/386$) تأثیر نسبی بالاتری در مقایسه با سایر متغیرها دارد. بعد از متغیر مذکور به ترتیب متغیرهای ارزش‌های نوع دوستانه (با بتای $0/353$)، ارزش‌های خودمحورانه (با بتای

استاندارد ۰/۳۱۵) و سرمایه اقتصادی (با بتای استاندارد ۰/۲۴۳) در رتبه های بعدی قرار دارند. همچنین لازم به ذکر است که متغیرهای سن و جنس به دلیل اینکه تأثیر معناداری در مدل رگرسیون نهایی رفتارهای زیست محیطی نداشتند، از مدل رگرسیونی مربوطه خارج شدند.

بحث و نتیجه گیری

توجه در مبانی نظری تحقیق حاکی از آن است که در مطالعه ارزش ها به مثابه عواملی که رفتار زیست محیطی را تعیین می بخشند، ارجاع های نظری بسیاری به کار گرفته می شود. به طور کلی، سه جهت گیری ارزشی در سه محور مطالعات زیست محیطی درخور توجه هستند: ۱) جهت گیری ارزشی خودمحورانه که افراد می کوشند در آن منافع شخصی را پررنگ کنند. ۲) جهت گیری ارزشی دیگرمحورانه که افراد در پی رفاه و آسایش انواع بشر هستند. ۳) جهت گیری ارزشی زیست مدارانه که تمرکز انسان ها بر گونه های غیرانسانی و سپهرهای زیستی دیگر است. بار (۲۰۰۷) معتقد است افراد خودمحور مانند محافظه کاران به احتمال کم تری رفتارهای حامی محیط زیست از خود نشان می دهند. مهم ترین این ها کاربرد مفهوم رفتار دیگرمحور است. این چارچوب نظری متعلق به شوارتز (۱۹۹۲) است. مطابق دیدگاه شوارتز، در هر فرهنگی ارزش ها در دو بعد طبقه بندی می شوند: یا نشأت گرفته از قطب خودمحوری تا قطب دیگرمحوری هستند؛ یا در بعد دوم که ارزش ها در دو سوی طیف باز بودن برای تغییر و محافظه کاری ارزیابی می شوند. طبقه بندی شوارتز (۱۹۹۲) در باب ارزش های انسانی نشان می دهد که ساختارهای انگیزشی انسان ها پایه ای برای گونه ارزشی مجزایی

هستند که دو بعد قابل شناسایی متمایز از هم دارند: بازبودن برای تغییر در مقابل محافظه کاری و خودافزایی در مقابل خودتعالی. در این پیوستار، چهار گونه ارزشی عام قابل شناسایی هستند: جهت گیری ارزشی خودتعالی مشتمل بر عام گرایی و خیرخواهی است؛ و جهت گیری ارزشی خودافزایی شامل تمایل به قدرت و نفع شخصی می باشد. استرن و همکارانش معتقدند که یکی از انواع محرک های ارزشی شوارتز یعنی عام گرایی پایه جهت گیری های ارزشی زیست-سپهر است. چنین روابطی بین ارزش های اجتماعی و زیست محور می تواند همچون پایه اجتماعی-زیست-محیطی در راه آزمودن ارزش های زیست محیطی به کار آید. افرادی که آمادگی بیش تری برای تغییر دارند، دیگرمحور هستند و با طبیعت احساس نزدیکی می کنند، احتمالاً رفتارهای حامی محیط زیست بیش تری از خود نشان می دهند (۳۱). نتایج نشان داد که ارزش های خودمحورانه با رفتارهای زیست محیطی رابطه معنادار و منفی دارد. این یافته تأییدی بر اهمیت دوری از ارزش خودمحور در بروز رفتارهای دوستدار محیط زیست است، به ویژه این که رفتارهای عمومی دوستدار محیط زیست با بعد زیست محوری در ارتباط مستقیم هستند که خود بیانگر اهمیت ارزش های خود-محور در تعامل مناسب با محیط زیست طبیعی است. بر همین اساس پیشنهاد می شود با راه اندازی انجمن ها و سازمان های غیردولتی در زمینه رفتارهای زیست-محیطی و دوری از رفتارهای خودمحوری که مخرب محیط زیست می باشد و تشویق افراد به عضویت در این اجتماعات، رفتارهای حامی محیط زیست ارتقا داده شود. زیرا قرار گرفتن فرد در گروه به دلیل تأثیر

جمع بر فرد می‌تواند به شکل‌گیری نگرش و رفتار در افراد کمک نماید.

طبق نتایج تحقیق ارزش‌های زیست‌محورانه و رفتارهای زیست‌محیطی رابطه معنادار و مثبتی دارند. این یافته نشان می‌دهد که با تقویت ارزش‌های زیست‌محورانه، مردم رفتارهای زیست‌محیطی مطلوب‌تری از خود نشان می‌دهند. بر همین اساس باید به نقش برجسته آموزش و پرورش و رسانه‌های جمعی در راستای فرهنگ‌سازی و بالا بردن ارزش‌های زیست‌محورانه نزد مردم تأکید کرد. در همین راستا برای ارتقای ارزش‌های زیست‌محورانه پیشنهاد می‌شود این امر از طریق آموزش‌های همگانی با استفاده از تولید برنامه‌های مفید و جذاب در رسانه‌های ارتباط جمعی و برگزاری دوره‌های آموزشی و همایش‌های زیست‌محیطی در شهر تبریز، انتشار کتابچه‌های آموزشی رایگان توسط شهرداری‌ها صورت پذیرد. همچنین برانگیختن حس ذاتی زیباشناسی و طبیعت‌گرایی از طریق انتشار آثار هنری خلق شده توسط تصویرگران و عکاسان طبیعت می‌تواند موجبات ارتقای شناخت ارزش‌های زیست-محورانه مردم را فراهم آورد.

بر اساس نتایج این پژوهش، ارزش‌های نوع‌دوستانه رابطه معنادار و مثبتی با رفتارهای زیست‌محیطی دارد. همچنین باید عنوان کرد که با افزایش ارزش‌های نوع‌دوستانه در بین مردم، خودمحوری کاهش می‌یابد و ارزش‌هایی که مربوط به هموعان و کل جامعه است، بالا می‌رود. باید اذعان داشت که با کاهش فردگرایی، می‌توان روحیه مشارکت و نوع‌دوستی را با فرهنگ‌سازی افزایش داد. باید در افراد جامعه مشارکت و کار جمعی و همچنین حس مسئولیت

اجتماعی و نوع‌دوستی تقویت شود تا آن‌ها به محیطی که در آن زندگی می‌کنند احساس تعلق بیش‌تری پیدا کنند و رفتارهای زیست‌محیطی بهتری داشته باشند.

طبق نتایج تحقیق بین سرمایه اقتصادی و رفتارهای زیست‌محیطی رابطه معنادار و مثبتی وجود دارد. در همین راستا باید اذعان داشت که پس‌انداز کردن عامل مهمی در رفتارهای مصرفی است. کیفیت و هزینه دو عامل مهم در تصمیم‌گیری برای خرید است. هزینه بالا مانع مهم تغییر رفتار مثبت است و صرفه‌جویی کردن محرک مهم برای تغییر رفتار؛ مثلاً در بحث صرفه‌جویی مصرف انرژی در خانه. هرچند محدودیت‌های خاصی به عنوان مانع وجود داد: پولی که پس‌انداز می‌شود، باید ارزش تلاش برای تغییر رفتار را داشته باشد و رفتار باید نتیجه پس‌انداز در کوتاه مدت باشد. همچنین موارد مربوط به مداخله سیاست‌گذاری در منابع حاکی از آن است که مقیاس‌های مالی می‌تواند انگیزه‌ای برای تغییر رفتار باشد، مانند: مالیات بر پلاستیک یا کاهش مالیات برای خودروهایی با سوخت پاک یا کم مصرف. بر همین اساس باید انگیزه‌های مالی و تشویق‌کننده در بین مردم در نظر گرفته شود. همچنین تدابیر اقتصادی از سوی مسئولان در کاهش محرومیت افراد می‌تواند یک عامل مهم در جهت رفتارهای زیست‌محیطی بهتر باشد زیرا همین رضایت به حوزه‌های دیگر از جمله محیط زیست هم تسری پیدا می‌کند و باعث انجام دادن رفتارهای زیست‌محیطی بهتر از سوی افراد جامعه می‌شود.

نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های تحقیقات استرن و دایتز (۳۲)، کلانتری و همکاران (۳۳) و عبداللهی (۳۴) تا حدودی همسو می‌باشد. همچنین باید اظهار

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

منابع

- [1] Haghighatian, M., 2014, Environmental behavior of the residents of the city of Esfahan and the effects of selected variables in it. Urban Regional Studies and Research, 6(23), 133. (in Persian)
- [2] Mirfardi, A., Salamatian, D., 2024, Investigating the factors influencing the environmental attitudes of the students of the humanities faculties of Shiraz University. Women's Studies Sociological and Psychological, 22(1), 101. (in Persian)
- [3] Golkar, F., Farahmand, A.R., 2010, Environmental Pollution. 1st Edition, Mandegar Publications, pp. 368. (in Persian)
- [4] Zare, B., Habibpour, K., Abededini, I., 2020, The relationship between consumerism and value orientations with environmental citizenship: Among the citizens of Tabriz. Journal of Economic & Developmental Sociology, 9(2), 73. (in Persian)
- [5] Sarmadi, M., Masoumifard, M., 2016, A study on the role of ICT-based education in decreasing environmental challenges (with emphasis on urban environment). Environmental Education and Sustainable Development, 4(2), 38. (in Persian)
- [6] Taherpour, M.S., Javidi, T., Bagheri, K., Naghizadeh, H., 2016, The bases, principles, and methods of training environmental citizens from an islamic perspective. Research in Islamic Education Issues, 24(30), 54. (in Persian)
- [7] Mokhtari Malek Abadi, R., Abdollahi, A., Sadeghi, H.R., 2014, An analysis and recognition of urban environmental behaviors (Case study: Isfahan City, year 1391). Research and Urban Planning, 5(18), 1. (in Persian)
- [8] Triandis, H.C., 2001, Individualism-collectivism and personality. Journal of Personality, 69, 907.
- [9] Yousefi, N., 2004, The generation gap: An empirical and theoretical study. Jihad

داشت که خودمحوری بسیاری از رفتارهای افراد را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد تا جایی که ممکن است نسبت به ارزش‌های اخلاقی و هنجارهای اجتماعی نیز بی‌تفاوت باشند. افراد خودمحور، خودخواه و خودبزرگ‌بین هستند که تمایلی به کارهای گروهی و هم‌گرایی ندارند و از مشارکت‌های عمومی محروم هستند.

همچنین براساس نتایج تحقیق، خانم‌ها نسبت به آقایان رفتار زیست‌محیطی مطلوب‌تری دارند. این یافته تحقیق با یافته تحقیق مختار ملک‌آبادی و همکاران (۷) همخوان است که این محققان در تحقیق خود به این نتیجه رسیده بودند که زنان رفتارهایی مانند تفکیک زباله و استفاده از حمل و نقل دوستدار محیط زیست را بیش‌تر از مردان انجام می‌دهند و در زمینه تفکیک زباله از مبداء نیز رفتار مطلوب‌تری دارند. همچنین این یافته با یافته تحقیق فرهمند و همکاران (۲۲) نیز همسو است که بر تفاوت زنان و مردان در رفتارهای زیست‌محیطی اذعان داشته‌اند. در نهایت طبق یافته‌های تحقیق، سرمایه اقتصادی رابطه معناداری با رفتارهای زیست‌محیطی دارد. این نتیجه نیز با نتایج تحقیق کلانتری و همکاران (۳۳) که به این نتیجه رسیده بودند، درآمد با رفتارهای زیست‌محیطی رابطه معنادار دارد، همخوان می‌باشد.

در پایان برای تقویت رفتارهای زیست‌محیطی شهروندان پیشنهاد می‌شود دوره‌های کوتاه مدت آموزش‌های زیست‌محیطی و رفتارهای دوستدار محیط زیست برای شهروندان، دانش‌آموزان، دانشجویان، کارکنان ادارات مختلف برگزار شود. همچنین برای تقویت رفتارهای زیست‌محیطی مثبت بسته‌های انگیزشی متنوع در نظر گرفته شود.

- study: Bazoft sector of Chaharmahal & Bakhtiari Province). *Spatial Planning*, 9(4), 83. (in Persian)
- [21] Abedi-Sarvestani, A., 2015, Values and pro-environmental behaviors: A study in Golestan Province forest parks. *Geography and Environmental Planning*, 26(3), 329. (in Persian)
- [22] Farahmand, M., Shokohifar, K., Sayarkhalaj, H., 2014, A study of social factor affecting environmental behavior of residents of the city of Yazd. *Urban Sociological Studies (Urban Studies)*, 4(10), 109. (in Persian)
- [23] Bala, R., Singh, S., Sharma, K.K., 2023, Relationship between environmental knowledge, environmental sensitivity, environmental attitude and environmental behavioural intention—a segmented mediation approach. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(1), 119.
- [24] Kaur, B., Gangwar, V.P., Dash, G., 2022, Green marketing strategies, environmental attitude, and green buying intention: A multi-group analysis in an emerging economy context. *Sustainability*, 14(10), 6107.
- [25] Qian, C., Yu, K., Gao, J., 2019, Understanding environmental attitude and willingness to pay with an objective measure of attitude strength. *Environment and Behavior*, 53(2), 119.
- [26] Primc, K., Ogorevc, M., Slabe-Erker, R., Bartolj, T., Murovec, N., 2021, How does Schwartz's theory of human values affect the proenvironmental behavior model?. *Baltic Journal of Management*, 16, 276.
- [27] Hasnain, A., Raza, S.H., Qureshi, U.S., 2020, The impact of personal and cultural factors on green buying intentions with mediating roles of environmental attitude and eco-labels as well as gender as a moderator. *South Asian Journal of Management Sciences*, 14(1), 1.
- [28] López-Bonilla, J.M., Reyes-Rodríguez, M.d.C., López-Bonilla, L.M., 2020, Interactions and relationships between personal factors in pro-environmental golf tourist behavior: A gender analysis. *Sustainability*, 12(1), 332.
- [29] Inglehart, R., 1997, *Modernization and post-modernization: Cultural, economic and political chang in 43 societies*. Princeton University Press.
- Daneshgahi Humanities and Social Sciences Research Institute Publications. (in Persian)
- [10] Zare-Shahabadi, A., Torkan, R., 2015, An evaluation of relationship between social security and value system of adolescent (Case study: Students of Yazd University). *Journal of Iranian Social Studies*, 9(1), 103. (in Persian)
- [11] Nisbet, E.K., Zelenski, J.M., Murphy, S.A., 2009, The nature relatedness scale: Linking individuals' connection with nature to environmental concern and behavior. *Environment and Behavior*, 41, 715.
- [12] Atkinson, R.L., Atkinson, R.C., Smith, E.E., Bem, D.J., Nolen-Hoeksema, S., 2000, *Hilgard's introduction to psychology*. 13th Edition, pp. 764.
- [13] Esmaeili, F., 2008, A study of environmental attitudes of third-year high school students in Tehran. M.Sc. Thesis, Payame Noor University, Tehran Center. (in Persian)
- [14] Braithwaite, J., 1998, Restorative justice. In: *The handbook of crime and punishment*. Tonry, M.H. (Editor), Oxford University Press, pp. 323–344.
- [15] Rokeach, M., 1973, *The nature of human values*. Free Press.
- [16] Schwartz, S.H., 1992, Universals in the content and structure of values: Theoretical advances and empirical tests in 20 countries. In: *Advances in experimental social psychology*. Zanna, M.P. (Editor), 25, Academic Press, pp. 1–65.
- [17] Giddens, A., 1991, *Modernity and self-identity: Self and society in the late modern age*. Stanford University Press.
- [18] Farajzadeh-Gargari, M., Kordi, N., Jafari, A., 2021, Analysis of the elements of environmental literacy content preparation among the users of social networks in Tabriz. *Quarterly Scientific Journal of Audio-Visual Media*, 15(39), 173. (in Persian)
- [19] Poorshahsavari, F., Sarmadi, M., 2019, Relationship environmental values with self-esteem and demographic variables (Case study: Kerman Payame-Noor University students). *Environmental Education and Sustainable Development*, 7(3), 47. (in Persian)
- [20] Mahdavi, D., Alijani Alijanonad, R., Mohajer, R., 2020, Analysis of the environmental behaviour of nomads before and after the implementation of the JICA (Case

- [30] Darianpour, Z., 2007, Value structure and generational relation. Youths, Culture and Society Research, 1(1), 1. (in Persian)
- [31] Salehi S., Karimzadeh S., 2014, Investigating the impact of environmental values on environmental behavior (Study of Urmia urban areas). Social Problems of Iran, 5(2), 61. (in Persian)
- [32] Stern, P.C., Dietz, T., 1994, The value basis of environmental concern. Journal of Social Issues, 50(3), 65.
- [33] Kalantari, K., Fami, H.S., Asadi, A., Mohammadi, H.M., 2007, Investigating factors affecting environmental behavior of urban residents: A case study in Tehran City - Iran. American Journal of Environmental Sciences, 3, 67.
- [34] Abdollahi, A., 2004, A Study of environmental awareness, attitudes, and behaviors of Isfahan citizens. B.Sc. Thesis, Dehaghan Branch, Islamic Azad University. (in Persian)

“Research article”

Investigating the role of environmental pollution in urban health and ways to reduce it (Case study: Karaj city)

Marjan Badri*

Faculty of Natural Resources and Environment, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding author: marjan.badri@srbiau.ac.ir

(Received: 16 July 2025, Accepted: 30 July 2025)

Abstract

The expansion of cities, especially large ones, has led to the intensification of environmental pollution, and the city of Karaj is no exception. The growing pressure on the environment has resulted in various types of environmental pollution, resource degradation, and the reduction of natural spaces. Consequently, the demand for a healthy environment among Karaj residents has increased. The aim of the present study is to investigate environmental pollution in urban areas and explore solutions to reduce pollution in Karaj. This study adopts a mixed-methods approach (quantitative and qualitative) and is applied in nature. Data were collected through library research, fieldwork, and a standardized questionnaire comprising four main indicators and 47 items. The statistical population included residents over the age of 18 in Savjbolagh, Fardis, Nazarabad, and Eshtehard. Using a simple random sampling method and the Cochran formula, a total of 400 participants were selected. Structural equation modeling was employed to analyze the data with SPSS software. Analysis revealed that the statistical population lacks an adequate understanding of the impact of environmental pollution on urban health, indicating the need for authorities to implement strategies for pollution reduction. Results from the Friedman test showed that among the four neighborhoods studied, Fardis had the highest level of dissatisfaction (mean = 1.95), followed by Nazarabad (mean = 2.20), Savjbolagh (mean = 2.78), and Eshtehard (mean = 3.63). The environment of a region significantly affects the health and quality of life of its residents; therefore, considerable efforts must be made to reduce environmental pollution. Based on the findings, it is recommended that authorities take necessary measures, such as timely dredging of rivers, water sanitation, and increasing the number of medical centers to mitigate environmental pollution.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Pollution, Environment, Urban health, Karaj



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
فصلنامه آلودگی‌های محیطی و توسعه پایدار شهری

دوره ۲، شماره ۱، پیاپی ۵
بهار ۱۴۰۴، صفحات ۴۹-۴۱

«مقاله پژوهشی»

بررسی نقش آلودگی‌های محیط زیستی در حوزه سلامت شهری و راه‌های کاهش آن (مطالعه موردی: شهر کرج)

مرجان بدری*

دانشجوی دکتری تخصصی محیط زیست (برنامه‌ریزی)، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: marjan.badri@srbiau.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۲۵، پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۵/۰۸)

چکیده

گسترش شهرها و بویژه شهرهای بزرگ سبب تشدید آلودگی‌های زیست‌محیطی گردیده است. شهر کرج نیز از این قاعده مستثنی نبوده است. افزایش و شدت فشار وارده بر محیط زیست سبب بروز انواع آلودگی زیست‌محیطی، تخریب منابع و کاهش فضای طبیعی و به دنبال آن افزایش نیاز ساکنان شهر کرج به محیط‌زیستی سالم گشته است. هدف پژوهش حاضر بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی حوزه شهری و راه‌کارهایی برای کاهش آلودگی زیست‌محیطی در کرج می‌باشد. این پژوهش از نوع ترکیبی (کمی و کیفی) بوده و از نظر هدف کاربردی می‌باشد. روش‌های جمع‌آوری اطلاعات از طریق کتابخانه‌ای، میدانی و پرسش‌نامه و ابزار گردآوری اطلاعات با استفاده از پرسش‌نامه استاندارد با ۴ شاخص اصلی و ۴۷ گویه بوده است. جامعه آماری، ساکنان بالای ۱۸ سال ساوجبلاغ، فردیس، نظرآباد و اشتهارد می‌باشد که بر اساس روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و با استفاده از فرمول کوکران ۴۰۰ نفر به عنوان حجم نمونه پژوهش انتخاب شدند. برای تحلیل داده‌های پژوهش از معادلات ساختاری با کمک نرم افزارهای SPSS استفاده شده است. با تجزیه و تحلیل اطلاعات با نرم‌افزار SPSS مشخص گردید که آگاهی عمومی نسبت به تأثیرات آلودگی زیست‌محیطی بر سلامت جامعه شهری در سطح مطلوبی قرار ندارد. لذا، ارائه راهکارهای مؤثر توسط مسئولین ذی‌ربط جهت کاهش سطوح آلاینده‌ها و بهبود کیفیت زیست‌محیطی در مناطق شهری، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. نتایج حاصل از آزمون فریدمن نشان داد که از بین چهار مکان مورد بررسی، محله فردیس بیش‌ترین نارضایتی با میانگین (۱/۹۵) را دارا بود. محله نظرآباد با میانگین (۲/۲۰)، محله ساوجبلاغ با میانگین (۲/۷۸) و محله اشتهارد با میانگین (۳/۶۳) در رتبه‌های بعدی نارضایتی قرار داشتند. محیط زیست یک منطقه، تأثیر بسزایی بر سلامت و کیفیت زندگی ساکنان آن منطقه دارد. لذا باید تلاش بسیاری برای کاهش آلودگی زیست‌محیطی انجام گردد. براساس نتایج حاصل از پژوهش پیشنهاد می‌گردد که مسئولین زمینه‌های لازم همچون لایروبی به موقع رودخانه و بهداشتی کردن آب مصرفی، افزایش مراکز درمانی برای کاهش آلودگی زیست‌محیطی اتخاذ نمایند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، محیط زیست، سلامت شهری، کرج

مقدمه

آلودگی محیط زیست ناشی از هر نوع تغییرات در ساختار منابع محیطی به طوری که بهره بردن از آن در آینده میسر نباشد و حیات باقی موجودات زنده را به مخاطره بیندازد. انواع آلودگی زیست محیطی شامل: آلودگی صوتی، هوا، مغناطیسی، آب و خاک می باشد. امروزه با گسترش جمعیت و افزایش شهرنشینی و به تبع آن ظهور نیازهای گسترده شهروندان سبب ایجاد بحران‌های زیست محیطی زیادی در جوامع شهری می گردد که آدمی با آن دست و پنجه نرم می کند. بر همین اساس محیط زیست از عوامل تأثیرگذار سیر تکامل و همچنین روند گسترش جوامع امروزی می باشد (۱). زندگی مردم متأثر از محیط زندگی آنان است. از آلاینده‌ها می توان به عنوان تأثیرگذارترین شاخص بر سلامت شهروندان نام برد؛ به طوریکه این آلاینده‌ها در سال‌های آتی سبب مسمومیت، اختلال ژنتیکی و سرطان خواهند شد. ولی امروزه با تغییر ماهیت آلاینده‌ها از بیولوژیکی به شیمیایی، روند غالب بیماری‌ها از بیماری‌های عفونی و حاد به سمت بیماری‌های مزمن و غیرواگیر شیف‌ت پیدا کرده است. این تغییر اپیدمیولوژیک، نیازمند بازنگری در سیاست‌های بهداشتی و درمانی و تمرکز بر پیشگیری و مدیریت بیماری‌های مزمن است. از عواملی که در رویارویی انسان با آلاینده‌های محیط به وجود می آید، شامل مدت زمان مواجهه، نوع آلاینده، سطوح سلامتی و خصوصیات شخصی است (۲). باید تأکید کرد که اثر عوامل محیطی بر سلامت انسان غیر قابل اجتناب بوده و از این رو این عامل پیش از بیش باید مورد توجه قرار گیرد؛ زیرا کیفیت محیط زیست تأثیر بسیار زیادی در سلامت و کیفیت محیط زندگی افراد دارد.

همین‌طور می بایست به این نکته توجه کرد که شرایط محیطی به شیوه‌های گوناگون بر کیفیت زندگی شهروندان می تواند تأثیر بسزایی بگذارد و آنان را تحت عملکرد خودش قرار بدهد.

سلامت انسان‌ها می تواند تحت تأثیر عوامل مختلف به خطر افتد؛ عواملی چون: آلودگی آب، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، مواد خطرناک و همچنین از طریق اثرات غیرمستقیم هوا و آب، تحول در چرخه آب و غیره. عوامل زیست محیطی، در سلامت انسان‌ها نقش به سزایی دارند. پس افزایش کیفیت شاخص زیست محیطی بر سلامت جامعه نقش بسزایی دارد (۳-۵).

مقدسی و طاهری (۶) در پژوهش خود به بررسی پیامد اقتصادی و زیست محیطی مالیات بر آلودگی پرداختند و در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که برای حفاظت از محیط زیست، اخذ مالیات بر آلودگی، سیاست مطلوبی است.

فروید و رستمی (۷) در پژوهشی به تحلیل آلودگی زیست محیطی که تأکید بر آلودگی صوتی در تهران داشت پرداختند و به این نتیجه رسیدند که از بین آلودگی‌ها، آلودگی صوتی بیشترین آلودگی در محیط زیست را ایجاد می کند و می بایست راهکارهایی اتخاذ نمود تا مردم ساکن شهر از این آلودگی در امان باشند. کارگر ده بیدی و اسماعیلی (۸) پژوهشی درخصوص ارزیابی عوامل اقتصادی تأثیرگذار بر آلودگی زیست-محیطی انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد با بالا رفتن سرانه مصرف انرژی حدود ۱۰٪، سرانه نشر آلودگی حدود ۸٪ در بلند مدت و حدود ۶٪ در کوتاه مدت افزایش می یابد. همچنین با ۱۰٪ افزایش رشد شهرنشینی سرانه انتشار دی اکسید کربن در بلندمدت

حدود ۱/۲٪ و در کوتاه مدت حدود ۰/۸۶٪ افزایش می‌یابد. شاخص آزادسازی تجاری با اثرگذاری ناچیز، تأثیری منفی بر انتشار آلودگی دارد. پس، نمی‌توان ایران را به طور طبیعی از نگرانی-های زیست‌محیطی حفظ نمود و پیشنهاد می‌گردد در مقادیر درآمد بالاتر از ۲۳۰۰ دلار که آلودگی افزایش می‌یابد، با جدیت به دنبال روش کنترل آلودگی بود. از شاخص‌های شهری مطلوب و سالم می‌توان به امنیت، دسترسی به خدمات آموزشی- درمانی، رعایت استانداردهای مربوط به ساخت مسکن، تأسیسات و زیرساخت‌های شهری، برخورداری از آسایش، تأمین اجتماعی، دسترسی به خدمات شهری و برون شهری، امکانات و تسهیلات و سلامت اشاره نمود.

سالم زیستی به برخورداری از رفاه و تأمین کردن حداقل‌های زندگی وابسته است. درآمد مکفی، سطح سواد، مشارکت خانواده‌ها به دسترسی مناسب به شاخص‌های زندگی مطلوب، کمک بسزایی می‌تواند کند.

سلامت شهری از بُعدهای مختلف زیست‌محیطی، همچون برخورداری از امکانات بهداشتی، آموزشی، کیفیت زندگی اجتماعی و فردی و غیره قابل بررسی می‌باشد.

همواره ساکنان یک جامعه سالم بر این باورند که تنها نبود بیماری نشانه یک شهر مطلوب نمی‌تواند باشد؛ زیرا ساکنان یک شهر مطلوب باید از کیفیت زندگی بالا برخوردار باشند. پس شهر سالم فقط به دنبال فراهم ساختن شرایط درمانی و بهداشتی در سطوح بالا نیست بلکه بعد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را هم در نظر دارد و در پی تأمین کردن نیاز اساسی شهروندان، محیط زیست مطلوب و همچنین برقرار

ساختن تعادل بین این مؤلفه‌ها می‌باشد. در نتیجه شهروندان سالم کسانی می‌باشند که شهر را مثل موجودی با هویت بپندارند. شهر می‌بایست به عنوان یک محل زندگی مطلوب انسان، شرایط مطلوب آسایشی او را داشته باشد (۸-۱۰). پیاده‌روهای نامطلوب، آلودگی هوا، توزیع ناعادلانه خدمات و امکانات شهری علی‌الخصوص خدمات بهداشتی و درمانی، حمل و نقل عمومی، بازیافت نامناسب زباله‌ها، نبود آب آشامیدنی سالم، فقر، فقدان فاضلاب و ... نشان از عملکرد نامناسب و مشکلات محیط‌های شهری است. محدود بودن فضای سبز و دیگر فضاهای عمومی، آلودگی زیست‌محیطی موجود، پایین بودن کیفیت محیط شهری و دیگر مشکلات محیطی از عوامل تهدید سلامت انسان‌ها به شمار می‌رود (۱۵-۱۱). هدف اصلی این پژوهش بررسی نقش آلودگی‌های زیست‌محیطی در حوزه سلامت شهری و راه‌های کاهش آن (مطالعه موردی: ساوجبلاغ، نظرآباد، اشتهارد و فردیس) می‌باشد. از اهداف فرعی می‌توان به بررسی بیش‌ترین و کم‌ترین آلودگی زیست‌محیطی مناطق کرج و ارائه راهکارهای کاهش آلودگی زیست-محیطی حوزه شهری اشاره کرد. لذا این پژوهش به دنبال بررسی این سوال است که آلودگی زیست‌محیطی چه تأثیری بر سلامت شهری دارد؟ سؤالات فرعی پژوهش شامل این موارد هستند که کدام مناطق کرج بیش‌تر در معرض آلودگی زیست‌محیطی هستند؟ چه راهکارهای برای کاهش آلودگی زیست‌محیطی مناسب است؟

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع کاربردی است، زیرا در این پژوهش به بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی در

حوزه سلامت شهری با هدف بهبود شرایط می‌پردازیم. از نظر روش اجرا، پژوهش توصیفی-تحلیلی و تا حدی پیمایشی است؛ زیرا به گردآوری داده‌ها از طریق مشاهده، پرسش‌نامه و بررسی اسناد می‌پردازد. برای جمع‌آوری اطلاعات از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده می‌شود. در مرحله کتابخانه‌ای، منابع معتبر درباره آلودگی زیست‌محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله میدانی، از پرسش‌نامه جهت سنجش میزان رضایت و کیفیت زندگی ساکنان محلات استفاده می‌شود. جامعه آماری تحقیق، ساکنان محله‌های نظرآباد، ساوجبلاغ، اشتهارد و فردیس هستند. روش نمونه‌گیری به صورت تصادفی از افراد ساکن محلات مورد بررسی انجام می‌گیرد. حجم نمونه با توجه به فرمول کوکران ۳۶۵ نفر به دست آمد که به دلیل پایایی مطلوب تعداد ۴۰۰ نمونه و برای هر محله مورد بررسی صد پرسش‌نامه در نظر گرفته شد. برای

تحلیل داده‌های پژوهش نیز از نرم‌افزار آماری SPSS و از آزمون رتبه‌بندی فریدمن بهره گرفته می‌شود. روایی پرسش‌نامه از طریق بررسی محتوای آن توسط اساتید و متخصصان تأیید شد. همچنین برای اطمینان از پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد تا میزان هماهنگی درونی گویه‌ها پرسش‌نامه مشخص شود.

نتایج و بحث

جدول (۱): ضریب اعتبار پرسش‌نامه پژوهش

تعداد متغیر	آلفای کرونباخ
۴۷	۰/۸۸

منبع: یافته پژوهش

طبق جدول (۱)، ضریب آلفای کرونباخ پرسش‌نامه مورد استفاده در پژوهش ۰/۸۸ به دست آمد که نشان از اعتبار درونی مناسب سؤالات پرسش‌نامه است.

جدول (۲): آزمون رگرسیون آلودگی زیست‌محیطی در حوزه سلامت شهری

فرضیات	رگرسیون (ضریب مسیر)	P-value	T-value	شدت اثر	نتیجه
آلودگی زیست‌محیطی در سلامت شهری	۰/۶۸۲	۰/۰۰۰	۰/۵۲۸	بسیار زیاد	مورد تأیید

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس جدول (۲)، رابطه میان آلودگی زیست-محیطی و سلامت شهری است که رابطه مثبت و بسیار قوی است. به عبارتی با ضریب ۰/۶۸۲ نشان داد که آلودگی زیست‌محیطی بر سلامت شهری تأثیر به شدت بالا و معناداری دارد. از آزمون رتبه-بندی فریدمن برای بررسی اولویت‌بندی چهار محله فردیس، نظرآباد، ساوجبلاغ و اشتهارد استفاده شد.

از این آزمون زمانی استفاده می‌شود که با داده‌هایی در سطح نسبی، ترتیبی و فاصله‌ای مواجه باشیم و رده‌بندی دو طرفه برای آن بتوان تصور کرد. طبق آزمون فریدمن ۹ شاخص اندازه‌گیری شده در رتبه‌بندی محلات مورد پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

جدول (۳): رتبه‌بندی محلات با آزمون فریدمن

پاکیزگی محیطی	رفتار زیست‌محیطی	پوشش گیاهی	آلودگی هوا	آلودگی آب و خاک	آلودگی صوتی	آلودگی بصری	کالبدی- خدماتی	نظام سلامت شهری	متغیر
۲/۸۸	۷/۱۱	۳/۵۲	۲/۷۸	۳/۱۵	۲/۴۸	۳/۶۵	۳/۶۴	۳/۰۱	ساوجبلاغ
۲/۶۲	۸/۱۴	۲/۱۳	۲/۸۸	۲/۷۴	۳/۱۴	۳/۶۷	۱/۸۸	۲/۱۳	اشتهارد
۲/۲۸	۷/۵۴	۲/۴۴	۲/۵۱	۲/۵۱	۲/۰۴	۳/۵۱	۱/۷۵	۲/۳۶	نظرآباد
۱/۷۹	۷/۶۵	۲/۰۲	۲/۱۸	۲/۹۸	۱/۹۱	۳/۹۵	۱/۴۸	۲/۰۸	فردیس

منبع: یافته‌های پژوهش

رتبه آخر، از آلودگی زیست‌محیطی بیش‌تری برخوردار می‌باشد.

جدول (۴): رتبه‌بندی کلی شاخص پژوهش با استفاده از آزمون فریدمن در محلات پژوهش

رتبه‌بندی	محلات	میانگین کلی
الف	ساوجبلاغ	۳/۵۹
ب	اشتهارد	۲/۷۶
پ	نظرآباد	۲/۱۸
ت	فردیس	۱/۹۳

منبع: یافته‌های پژوهش

مطابق جدول (۴) ساوجبلاغ رتبه نخست و فردیس آخرین رتبه را به دست آورد. نقاط بحرانی شاخص‌های پژوهش در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): برآورد بحران شاخص در محلات مورد پژوهش

میانگین	آلودگی صوتی	آلودگی هوا	پاکیزگی محیطی	رفتار زیست- محیطی	پوشش گیاهی	آلودگی بصری	آلودگی آب و خاک	کالبدی خدماتی	نظام سلامت شهری	متغیر
۳/۵۹	۲/۵۷	۲/۷۸	۲/۸۸	۷/۱۱	۳/۵۲	۳/۶۳	۳/۱۵	۳/۶۴	۳/۰۱	ساوجبلاغ
۲/۷۸	۳/۱۴	۲/۹۸	۲/۶۲	۸/۱۴	۲/۱۳	۳/۶۷	۲/۷۲	۱/۸۸	۲/۱۳	اشتهارد
۲/۱۸	۲/۰۴	۲/۶۲	۲/۲۸	۷/۵۴	۲/۴۴	۳/۵۱	۲/۵۱	۱/۷۵	۲/۳۶	نظرآباد
۱/۹۳	۱/۹۲	۲/۳۷	۱/۸۲	۷/۶۸	۲/۰۲	۳/۹۵	۲/۹۸	۱/۴۶	۲/۰۸	فردیس

منبع: یافته‌های پژوهش

طبق جدول (۵)، شاخص‌های بحرانی در هر محله را می‌توان بدین ترتیب بیان کرد:

۱- محله ساوجبلاغ در شاخص پاکیزگی محیطی، آلودگی هوا و آلودگی صوتی در وضع نامناسب قرار دارد.

۲- محله اشتهارد در شاخص‌های آلودگی آب و خاک، آلودگی هوا، پوشش گیاهی، کالبدی خدماتی، پاکیزگی محیط و سلامت شهری در وضع نامطلوب ارزیابی می‌شود.

۳- محله نظرآباد در شاخص‌های آلودگی صوتی، آلودگی هوا، آلودگی آب و خاک، پاکیزگی محیطی، پوشش گیاهی، کالبدی خدماتی و سلامت شهر در وضع نامناسب قرار دارد.

۴- محله فردیس در شاخص‌های آلودگی صوتی، آلودگی هوا، آلودگی آب و خاک، پاکیزگی محیطی، پوشش گیاهی، کالبدی خدماتی و سلامت شهر در وضع نامطلوبی قرار دارد.

نتایج نشان داد که به طور خلاصه به جز دو شاخص رفتار زیست‌محیطی و آلودگی بصری، بقیه شاخص‌های پژوهش در وضع نامطلوبی قرار دارند.

نتیجه‌گیری

امروزه پژوهش درخصوص آلودگی زیست‌محیطی حوزه سلامت شهری از دغدغه اصلی شهروندان در مجامع جهانی، برنامه‌ریزان شهری و مدیران به حساب می‌آید؛ به طوری که می‌تواند حیات بشری را در صورت بی‌توجهی به خطر بیندازد. از جهتی، گسترش شهرها در کشورهای جهان سوم سبب تشدید آلودگی محیطی گشته است. به همین خاطر کرج از این قاعده مستثنی نبوده و در چند سال اخیر به خاطر موقعیت استراتژیکش از پرجمعیت‌ترین شهرها به شمار می‌آید

و طبیعتاً از آلودگی‌های زیست‌محیطی رنج می‌برد. این امر سبب افزایش و شدت فشار وارده بر محیط زیست گشته و در نتیجه به پدیدار شدن انواع آلودگی زیست-محیطی، کاهش فضای طبیعی و به دنبال آن شدت یافتن نیاز شهروندان کرجی به محیط‌زیستی سالم شده است. به همین منظور در این پژوهش به بررسی نقش آلودگی‌های زیست‌محیطی در حوزه سلامت شهری در سطح محلات اشتهارد، نظرآباد، ساوجبلاغ و فردیس و راه‌کارهای کاهش آن پرداخته شد. رشد و گسترش بی‌برنامه جوامع جهانی علی‌الخصوص در دهه اخیر، اگرچه پیشرفت زیادی را در عرصه‌های گوناگون به همراه داشته و آدمی را به آرامش نزدیک کرده، ولی رسیدن بشر به این دستاورد با رشد فزاینده تخریب محیط زیست و پایین آمدن کیفیت زندگی انسان‌ها و برهم خوردن تناسب و تعادل محیط زیست شده است و برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست، تمامی کشورها در تلاشند تا با برنامه‌ریزی درست و استفاده از روش‌های صحیح، آسیب‌های زیست‌محیطی را به حداقل رسانند. زیرا آلودگی زیست‌محیطی شاخص‌های سلامت عمومی را می‌تواند به شکل معنی‌داری، متأثر کرده و ضعیف نماید. به همین دلیل مباحث مربوط به تأثیر آلودگی زیست‌محیطی بر سلامتی جانداران، مورد توجه پژوهش‌گرها قرار گرفته است.

بر پایه یافته‌های پژوهش، مشخص شد که میان مباحث زیست‌محیطی و حوزه سلامت شهری با ضریب ۰/۶۸۲ رابطه مثبت و بسیار قوی وجود دارد. به عبارتی آلودگی زیست‌محیطی در حوزه سلامت شهری تأثیری معنی‌دار و شدت بالایی دارد. به همین دلیل لازم است تا سازمان‌های مربوطه و مسئولان برای

کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی تلاش مضاعف نمایند تا بتوانند رضایت ساکنان را به دست آورند. با نتایجی که از آزمون فریدمن به دست آمد مشخص شد از بین چهار محله مورد مطالعه به ترتیب فردیس، نظرآباد، ساوجبلاغ و اشتهارد بیش‌ترین میزان آلودگی زیست‌محیطی را دارند. متغیرهای بحرانی در هر محله بدین صورت است که محله فردیس در شاخص‌های پاکیزگی محیطی، آلودگی هوا و آلودگی صوتی در وضع نامناسب قرار دارد. محله نظرآباد در شاخص‌های آلودگی آب و خاک، آلودگی هوا، پوشش گیاهی، کالبدی خدماتی، پاکیزگی محیط و سلامت شهری در وضع نامطلوب ارزیابی می‌گردد. محله ساوجبلاغ نیز در شاخص‌های آلودگی صوتی، آلودگی هوا، پوشش گیاهی، آلودگی آب و خاک، پاکیزگی محیطی، کالبدی خدماتی و سلامت شهر در وضعیت نامطلوب قرار دارد. محله اشتهارد نیز در شاخص‌های آلودگی صوتی، آلودگی هوا، پوشش گیاهی، آلودگی آب و خاک، پاکیزگی محیطی، کالبدی خدماتی و سلامت شهر در وضعیت نامطلوبی قرار دارند. به طور کلی می‌بایست اذعان نمود که به جز دو شاخص رفتار زیست‌محیطی و آلودگی بصری، سایر شاخص‌های پژوهش در وضع نامطلوب قرار دارند. با استفاده از شاخص‌های بررسی شده و نتایج حاصله از تحلیل داده‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود تا تلاش و برنامه‌ریزی مسئولان برای سرمایه‌گذاری به منظور کاهش آلودگی‌های محیط زیست علی‌الخصوص آلودگی هوا محله‌های مورد بررسی انجام گردد. فراهم کردن زمینه لازم برای بهداشتی نمودن آب آشامیدنی در محله‌های مورد بررسی علی‌الخصوص در محلات اشتهارد و نظرآباد، تخریب مکان‌های فرسوده برای افزایش زیباسازی و

دلبستگی در محلات مورد بررسی، نظافت معابر و کوچه‌ها، لایروبی به موقع رودخانه‌ها برای جلوگیری از بوی نامطبوع، مشخص نمودن جایگاه ایستگاه تاکسی‌های عمومی و اتوبوس برای آسایش و دسترسی راحت شهروندان در محلات به ویژه در محله نظرآباد و فردیس، افزایش فضاها و تفریحی به منظور گذراندن اوقات فراغت، گسترش برنامه آموزش سلامت کودکان و خانواده‌ها در محله‌های مورد بررسی، علی‌الخصوص در محله نظرآباد و فردیس، گسترش مراکز درمانی، و در نهایت ایجاد بستر مناسب جهت تسهیل مشارکت ذینفعان محلی در فرآیند تصمیم‌گیری، به منظور ارتقاء کیفیت و پویایی اقدامات اجرایی در مناطق مورد مطالعه بسیار حائز اهمیت هستند. همچنین، یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، قابلیت به‌کارگیری در تدوین برنامه‌های جامع با هدف کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و متعاقباً بهبود سلامت شهروندان در این محلات را دارا می‌باشند.

منابع

- [1] Babaei Eliasi, M., Salaripour, A.A., 2023, Investigating the impact of environmental pollution on urban health with emphasis on social justice (Case study: Neighborhoods of Rasht city). Sustainable Development of Geographical Environment, doi: 10.48308/sdge.2023.232513.1138. (in Persian)
- [2] Latifpour Golandam, A., 2023, Studying the role of environmental education in reducing health risks. The 7th National Conference on New Researches in Counseling, Educational Sciences and Psychology of Iran, Population Association of Iran, 1 June, Tehran, Iran. (in Persian)
- [3] Abtahi, M., Saeedi, R., Boroujerdi, M.N.; Fakhraeefar, A., Bayat, A., Mokari, S., Aliasgari, F., Ankoti, A., Alizadeh, M., 2015, Public awareness, education and participation in solid waste management in Tehran. Journal of Health in the Field, 3(2), 7. (in Persian)

- [12] Hayati, H., Sayadi, M.H., 2012, Impact of tall buildings in environmental pollution. *Environmental Skeptics and Critics*, 1(1), 8.
- [13] Hofmann, M., Westermann, J.R., Kowarik, I., van der Meer, E., 2012, Perceptions of parks and urban derelict land by landscape planners and residents. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11, 303.
- [14] Organisation for Economic Co-operation and Development, 2011, OECD green growth studies. (Available online: https://www.oecd.org/en/publications/serials/oecd-green-growth-studies_g1g14154.html).
- [15] Kaiser, F., Wölfling, S., Fuhrer, U., 1999, Environmental attitude and ecological behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 19, 1.
- [4] Hosseini, S.S., 2023, Studying the role of environmental pollution on people's environmental behavior. 10th National Conference on Modern Studies and Research in the Field of Biology and Natural Sciences of Iran, Al Taha Institute of Higher Education, 10 September, Tehran, Iran. (in Persian)
- [5] Kianpour, K., Aghamiri, N., Mohammadi Roozbehani, M., 2014, Education as a step towards developing a culture of environmental protection. The 2nd National Conference on Environmental Research, Hegmataneh Environmental Assessment Association, 6 August, Hamedan, Iran. (in Persian)
- [6] Moghaddasi, R., Taheri, F., 2012, Economic and environmental impacts of pollution tax. *Journal of Agricultural Economics Research*, 4(3), 77. (in Persian)
- [7] Forouhid, A.A., Rostami, M., 2018, Analysis of environmental pollution with emphasis on noise pollution in Tehran. 8th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction. Danesh Pajhohan Pishroo Higher Education Institution, 11 December, Qom, Iran. (in Persian)
- [8] Kargar Dehbidi, N., Esmaeili, A.K., 2018, Assessing the effects of economic factors on environmental pollution in Iran. *Journal of Agricultural Economics Research*, 9(4), 85. (in Persian)
- [9] Eftekhari, A., Noori, J., Arjmandi, R., 2014, The effect of the environment on Tehran's central zone management (Case study: Municipal district 1 district 13). *Human and Environment*, 12(40), 39. (in Persian)
- [10] Gonzalez, C.G., 2011, An environmental justice critique of comparative advantage: Indigenous peoples, trade policy, and the Mexican neoliberal economic reforms. *University of Pennsylvania Journal of International Law*, 32, 723.
- [11] Khazraei Sholaifar, L., 2016, The effect of training in the use of plant-based disposable containers on reducing environmental pollution. 2nd International Conference on Environment and Natural Resources, Kharazmi Institute of Science and Technology, 17 February, Shiraz, Iran. (in Persian)

“Research article”

Environmental sustainability assessment of gasoline transportation in Tehran based on per capita carbon footprint and future scenario analysis

Reza Babaei¹, Behzad Norouzi², Delaram Garshasbi^{3,*}, Pourya Pirmoradi³

¹Department of Urban Planning, Qa.C., Islamic Azad University, Qazvin, Iran

²Department of Urban Planning, ShQ.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

³Department of Urban Planning, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding author: delaramgarshasbi@gmail.com

(Received: 31 May 2025, Accepted: 13 July 2025)

Abstract

Air pollution and carbon dioxide emissions, as major and destructive impacts of urban transportation, have directly contributed to global warming. Since air pollution resulting from the uncontrolled expansion of gasoline-based transportation is a significant issue in Tehran, assessing environmental sustainability through carbon footprint calculation is essential. Accordingly, this applied research adopts a mixed-method approach to evaluate the environmental sustainability of gasoline transportation in Tehran using the per capita carbon footprint index and to analyze future scenarios over the next 15 years. Initially, data on gasoline consumption in Tehran's urban transportation sector were collected using the library research method. Based on this data, the per capita carbon footprint from gasoline consumption was calculated to be 5.58 m² per person. Comparative analysis revealed that this figure is 12 times higher than the global standard and thus environmentally unsustainable. The study then identified key driving forces and analyzed scenarios using ScenarioWizard software. The catastrophic scenario projected that if the current trend continues until 2041 (1420 in the Iranian calendar), the per capita carbon footprint will increase by over 66%, reaching 11.52 m² more than 23 times the global standard. In contrast, the ideal scenario indicated that implementing appropriate policies could reduce the per capita ecological footprint to 0.25 m² (half the global standard) by 2041. This study is limited to the assessment of the per capita carbon footprint of gasoline transportation in Tehran and, in this regard, can serve as a model for future research addressing other environmental pollutants, transportation patterns, and urban areas.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Sustainable development, Sustainable mobility, Urban transportation, Ecological footprint



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
فصلنامه آلودگی های محیطی و توسعه پایدار شهری

دوره ۲، شماره ۱، پیاپی ۵

بهار ۱۴۰۴، صفحات ۶۶-۵۱

«مقاله پژوهشی»

ارزیابی پایداری زیست محیطی حمل و نقل بنزینی در تهران بر اساس سرانه رد پای کربن و بررسی سناریوهای پیش رو

رضا بابایی^۱، بهزاد نوروزی^۲، دلارام گرشاسبی^{۳*}، پوریا پیرمرادی^۳

^۱ دانشجوی دکتری شهرسازی، گروه شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری، گروه شهرسازی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد طراحی شهری، گروه شهرسازی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: delaramgarshasbi@gmail.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰، پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۴/۲۲)

چکیده

آلودگی هوا و انتشار کربن دی اکسید به عنوان یکی از آثار مخرب و عمده حمل و نقل شهری، به طور مستقیم به گرمایش جهانی منجر گردیده است. از آنجا که آلودگی هوای ناشی از گسترش بی رویه حمل و نقل بنزینی یکی از مسائل اصلی شهر تهران است، ارزیابی پایداری زیست محیطی از طریق محاسبه رد پای کربن ضروری است. از این رو تحقیق کاربردی حاضر با روش ترکیبی به ارزیابی پایداری زیست محیطی حمل و نقل بنزینی در تهران با استفاده از شاخص سرانه رد پای کربن پرداخته است و سناریوهای پیش رو را برای ۱۵ سال آینده مورد بررسی قرار داده است. این مقاله ابتدا از طریق روش کتابخانه‌ای داده‌های مربوط به مصرف بنزین در حمل و نقل شهری تهران را جمع آوری کرده و سپس سرانه رد پای کربن ناشی از مصرف بنزین در این شهر را محاسبه نموده که معادل ۵/۵۸ مترمربع برای هر نفر است. مقایسه‌ها نشان داد که این میزان ۱۲ برابر استاندارد جهانی و از نظر زیست محیطی ناپایدار است. این تحقیق در ادامه با تدوین پیشران‌ها به بررسی و تحلیل سناریو در نرم افزار سناریو ویزارد پرداخته است. سناریو فاجعه‌بار نشان داد که ادامه روند فعلی تا سال ۱۴۲۰ منجر به افزایش بیش از ۶۶ درصدی سرانه رد پای کربن خواهد شد و این شاخص به ۱۱/۵۲ مترمربع خواهد رسید که این میزان بیش از ۲۳ برابر استاندارد جهانی است. اما سناریو ایده آل نشان داد که با اجرای سیاست‌های مناسب می‌توان سرانه رد پای بوم‌شناختی را تا سال ۱۴۲۰ به ۰/۲۵ مترمربع (یک دوم استاندارد جهانی) کاهش داد. مقاله حاضر محدود به ارزیابی سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در تهران بوده است و از این حیث می‌تواند الگویی برای تحقیقات آتی جهت ارزیابی سایر آلاینده‌های محیط زیست، سایر الگوهای حمل و نقلی و سایر شهرها باشد.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، تحرک پایدار، حمل و نقل شهری، رد پای بوم‌شناختی

مقدمه

یکی از اصلی‌ترین دلایل گرمایش زمین و تغییرات آب و هوایی در دهه‌های اخیر، اثرات زیست‌محیطی ناشی از حمل و نقل در کلان‌شهرها است. اگر بپذیریم که کلان‌شهرها به‌عنوان محرک‌های اقتصاد جهانی عمل می‌کنند، در این صورت، سیستم حمل و نقل مسئول حفظ و کارآمد نگه داشتن این محرک‌ها است. در مقابل، عدم کارایی در سیستم حمل و نقل شهری می‌تواند منجر به عواقب زیست‌محیطی و پیامدهای منفی اقتصادی و اجتماعی شود که در نهایت به کاهش کارایی عملکرد شهر منتهی می‌گردد (۱). حمل و نقل به‌عنوان یکی از ارکان اساسی شهرها، نه تنها یک نیاز ضروری برای جابه‌جایی افراد و کالاها شناخته می‌شود، بلکه به‌عنوان یک مصرف‌کننده عمده انرژی و یک منبع اصلی آلودگی محیط زیست نیز مطرح است (۲). این سیستم معمولاً شامل انواع مختلف وسایل حمل و نقل می‌شود و با استفاده از روش‌های متنوع، امکان جابه‌جایی را فراهم می‌آورد (۳).

رشد اقتصادی و گسترش روابط تجاری جهانی به افزایش قابل توجهی در فعالیت‌های حمل و نقل منجر شده است. این افزایش فعالیت‌ها به بروز اثرات منفی خارجی متعددی مانند آلودگی صوتی، آلاینده‌های جوی و حوادث ناگهانی منجر می‌شود. علاوه بر این، حمل و نقل شهری به‌طور فزاینده‌ای مقادیر زیادی کربن دی‌اکسید منتشر می‌کند که تأثیر قابل توجهی بر تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی دارد (۴). شهر تهران نیز از این قاعده مستثنا نیست. در سال‌های اخیر، گسترش افقی، افزایش تراکم و رشد جمعیت در شهر تهران به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. این روند به دلیل مهاجرت‌های فزاینده به این کلان‌شهر،

به‌شدت تسریع شده و به‌تبع آن، تعداد سفرها و مصرف سوخت‌های فسیلی، نظیر بنزین، به طرز بی‌سابقه‌ای افزایش یافته است. تهران به‌عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین و پرتراکم‌ترین شهرهای جهان، در حال حاضر روزانه بیش از ۲۱ میلیون لیتر بنزین برای حمل و نقل مصرف می‌کند. این آمار نه تنها بیانگر چالش‌های مربوط به ترافیک و آلودگی هوا است، بلکه نشان‌دهنده فشار قابل توجهی بر منابع طبیعی و اکوسیستم‌های شهری است.

از این‌رو هدف اصلی این تحقیق ارزیابی پایداری زیست‌محیطی حمل و نقل بنزینی در تهران از طریق مقایسه سرانه رد پای کربن با استاندارد جهانی آن و بررسی سناریوهای پیش رو تا ۱۵ سال آینده است. تحلیل دقیق این موضوع می‌تواند به شناسایی نقاط ضعف و قوت سیستم حمل و نقل شهری کمک کرده و راهکارهای مؤثری برای کاهش اثرات منفی آن ارائه دهد. با توجه به چالش‌های موجود، نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنای تصمیم‌گیری برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری در راستای ایجاد یک سیستم حمل و نقل پایدار و کاهش اثرات مخرب آن بر محیط زیست و سلامت عمومی مورد استفاده قرار گیرد.

مفهوم حمل و نقل پایدار به یکی از موضوعات محوری در تحقیقات و مطالعات تبدیل شده است. بر اساس نظر کمیته تحقیقات حمل و نقل، حمل و نقل پایدار باید به ارزیابی پدیده‌های مرتبط و مؤثر بر حمل و نقل توجه کند، از جمله تأثیرات جوی، کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی، کیفیت هوای منطقه، تلفات و جراحات، ازدحام، تأثیرات بیولوژیکی و عدالت اجتماعی (۵). حمل و نقل پایدار از طریق بهبود کیفیت

هوا و افزایش امنیت و ایمنی، می تواند بهره‌وری را در سایر بخش‌ها نیز افزایش دهد (۶). به همین دلیل، شناسایی و ارزیابی شاخص‌های مربوط به حمل و نقل پایدار در شهرها ضروری است تا اطمینان حاصل شود که سیستم حمل و نقل به سمت پایداری حرکت می‌کند و در صورت لزوم از ابزارهای کنترلی مناسب استفاده شود (۲).

یکی از پرکاربردترین ابزارها برای ارزیابی پایداری زیست محیطی، شاخص رد پای بوم‌شناختی است. این شاخص به ارزیابی تقاضای انسان از طبیعت می‌پردازد و به عنوان ابزاری محاسباتی برای اندازه‌گیری فشار فعالیت‌های انسانی بر روی زیست‌کره عمل می‌کند (۷). رد پای بوم‌شناختی تقاضای انسان را با توانایی کره زمین در پاسخ به این تقاضاها مقایسه می‌کند و به این ترتیب، تأثیرات فعالیت‌های انسانی بر روی زمین را سنجش می‌کند (۸).

این شاخص به طور خاص مقدار ناحیه‌ای را مشخص می‌کند که برای جذب ضایعات و آلودگی تولیدشده توسط انسان نیاز است (۹) و به این سؤال پاسخ می‌دهد که چه میزان از ظرفیت تولیدی زیست‌کره تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است (۱۰-۱۲). به عبارت دیگر، رد پای بوم‌شناختی می‌تواند به وضوح نشان دهد که مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع طبیعی به طور مستقیم با اراضی اختصاص داده شده به هر یک از کاربری‌ها در سطح شهر، منطقه یا کشور مرتبط است و می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۳).

تجزیه و تحلیل رد پای بوم‌شناختی می‌تواند در مقیاس‌های مختلفی از جمله محصول، فرد، مؤسسه، شهر، کشور و حتی سطح جهانی انجام شود (۱۴). یکی از نسخه‌های مهم این شاخص، مساحت مورد نیاز برای جذب کربن تولیدشده توسط یک شهر یا کشور است. به طور کلی، یک رد پای بوم‌شناختی بزرگ‌تر نشان‌دهنده مصرف بالاتر منابع و بنابراین تأثیر منفی بیش‌تر بر محیط زیست است (۱۵).

در سال‌های اخیر، تحقیقات متعددی در زمینه ارزیابی پایداری زیست محیطی با استفاده از روش رد پای بوم‌شناختی انجام شده است. یکی از جدیدترین و مهم‌ترین این پژوهش‌ها، تحقیق نصیر موریس^۱ و همکاران در سال ۲۰۲۴ است که رد پای بوم‌شناختی در پردیس دانشگاه جوبا در سودان جنوبی را ارزیابی می‌کنند. بر اساس نتایج مطالعه، رد پای بوم‌شناختی سرانه آب، انرژی، حمل و نقل، غذا، زباله و زمین‌های ساخته شده در دانشگاه از نظر زیست محیطی پایدار بود (۱۶).

در تحقیق دیگری سیگتی^۲ و همکاران در سال ۲۰۲۳ یک الگوی محاسبه استاندارد و در دسترس برای اندازه‌گیری رد پای بوم‌شناختی کربن ناشی از مواد به کاررفته در پروژه‌های ساختمانی در مجارستان ارائه کرده‌اند. این مدل به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا مسیرهای توسعه شهری را با توجه به اثرات زیست محیطی آن‌ها تعیین کنند و به این ترتیب، به سمت توسعه پایدار حرکت نمایند (۱۷).

در پژوهش دیگری که توسط گیل^۳ و همکاران در سال ۲۰۲۳ انجام شد، تأثیر توسعه اقتصادی در پاکستان

² Szigeti

³ Gill

¹ Nasir Morris

بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ بر شاخص رد پای بوم‌شناختی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که توسعه اقتصادی در این دوره به افزایش مصرف انرژی منجر شده و در نتیجه، رد پای بوم‌شناختی در این کشور به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. این یافته‌ها بر اهمیت توجه به پایداری زیست‌محیطی در فرآیندهای توسعه اقتصادی تأکید می‌کند (۱۸).

تحقیقی مشابه توسط تمیتوپ دادا^۱ و همکاران در سال ۲۰۲۲ صورت گرفت که تأثیر توسعه اقتصادی بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ بر شاخص رد پای بوم‌شناختی کشورهای آفریقایی را بررسی کردند. این پژوهش نشان می‌دهد که بین توسعه اقتصادی رسمی و غیررسمی در این کشورها رابطه‌ای مستقیم وجود دارد که می‌تواند به درک بهتر از چالش‌های پایداری زیست‌محیطی در این مناطق کمک کند (۱۹).

در پژوهش دیگری، نان^۲ و همکاران در سال ۲۰۲۲ به تجزیه و تحلیل شاخص رد پای بوم‌شناختی انرژی در کشور چین بر اساس چرخه کربن پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که سرانه رد پای بوم‌شناختی انرژی در حال افزایش و سرانه ظرفیت زیستی انرژی در حال کاهش است. این تغییرات می‌تواند نشان‌دهنده چالش‌های جدی برای توسعه پایدار در چین باشد و ضرورت توجه به راهکارهای مؤثر در مدیریت انرژی را نمایان می‌کند (۲۰).

با توجه به این تحقیقات، به‌وضوح مشخص می‌شود که روش رد پای بوم‌شناختی به‌عنوان یک ابزار کمی با سازوکاری مشخص، قابلیت بالایی در ارزیابی پایداری

زیست‌محیطی دارد. پژوهش‌هایی که از این تکنیک بهره‌برداری کرده‌اند، به‌طورکلی کاربردی بوده و به‌صورت خاص به قلمرو مکانی و زمانی خود وابسته هستند. با این حال، علی‌رغم اهمیت بالای استفاده از حمل و نقل بنزینی در شهر تهران و این واقعیت که بسیاری از این وسایل نقلیه فاقد استانداردهای بین‌المللی هستند، تاکنون تحقیقی جامع برای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی این الگوی حمل و نقل و محاسبه سرانه رد پای بوم‌شناختی آن به انجام نرسیده است. این شکاف پژوهشی نیازمند توجه و بررسی جدی است و پژوهش حاضر تلاش می‌کند تا این خلأ را پر کند.

روش تحقیق

قلمرو پژوهش، شهر تهران، پرجمعیت‌ترین شهر و پایتخت کشور ایران، مرکز استان تهران و شهرستان تهران است. جمعیت تهران در سال ۱۴۰۳ معادل ۱۳ میلیون ۳۰۰ هزار نفر برآورد می‌گردد (۲۱). همچنین تهران ۷۳۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. گستره کنونی تهران از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتداد یافته است؛ این ارتفاع از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. تهران دارای شبکه متراکم بزرگراهی است و این شبکه به تعداد زیادی از خیابان‌ها و جاده‌ها متصل می‌شود. سفر با خودروی شخصی در تهران رایج است و شهروندان تمایل زیادی به استفاده از خودروی شخصی دارند. ترافیک تهران نیز وضعیت مناسبی ندارد و گاهی بحرانی خوانده شده است. شمار خودروها و وسایل نقلیه شخصی در شهر تهران به‌صورت روزافزون در حال افزایش است و این

¹ Temitope Dada

² Nan

موضوع به یکی از مشکلات مهم این کلان شهر تبدیل شده است. همچنین تهران از آلودگی هوا رنج می برد. عوامل آلودگی هوای تهران شامل عوامل جغرافیایی همانند اثر محصورکننده کوه ها، وسایل نقلیه نظیر خودروها و موتورسیکلت ها، سوخت خانه ها و آلودگی حاصل از کارخانه ها می شود. کیفیت پایین بنزین عرضه شده در ایران جزو اصلی ترین دلایل آلودگی هوای تهران است.

داده های مورد نیاز از جمله میزان مصرف بنزین حمل و نقل شهری در تهران با روش کتابخانه ای و از طریق مطالعه اسناد و گزارش های موجود و مراجعه به سازمان های مربوطه گردآوری گردیده است. سپس با استفاده از روش رد پای بوم شناختی ابتدا سرانه مصرف سوخت حمل و نقل بنزینی در تهران از طریق فرمول (۱) محاسبه گردیده است (۲۲):

$$E_{(1)} = \frac{s}{m} \quad (1)$$

بنزین مصرفی توسط حمل و نقل درون شهری تهران s
جمعیت شهر تهران m
سرانه مصرف روزانه بنزین برای هر نفر به لیتر E

در ادامه جهت محاسبه سرانه رد پای بوم شناختی کربن برای حمل و نقل بنزینی در تهران از فرمول (۲) استفاده گردیده است (۲۳):

$$EF = \frac{E \times 33,023 \times 10^{-9} \times 19.95}{1.8} \quad (2)$$

سوخت بنزین در یک لیتر، حدوداً ۳۳۰۲۳ واحد گرمایی بریتانیا^۱ تولید می کند. ۱۹/۹۵ تن کربن در هر میلیارد واحد گرمایی بریتانیا آزاد می شود (۱۳). سالانه برای جذب ۱/۸ تن کربن، یک هکتار زمین نیاز است (۲۴).

- سرانه یا متوسط رد پای بوم شناختی EF

رد پای بوم شناختی روش تلفیقی است که از ترکیب دو روش تفصیلی و قیاسی تشکیل شده است و از طریق محاسبات کمی به تجزیه و تحلیل پایداری زیست محیطی حمل و نقل بنزینی در تهران می پردازد. از این رو در ادامه به منظور ارزیابی میزان پایداری زیست محیطی حمل و نقل بنزینی در تهران، سرانه رد پای به دست آمده را با سرانه استاندارد جهانی که توسط سازمان جهانی محیط زیست و سازمان جهانی رد پا^۲ (GFN) ارائه شده، مقایسه شده است.

پس از آن، بر اساس داده های به دست آمده پیشران ها از طریق بررسی اسناد، برنامه ها، مقررات و نظر کارشناسان تدوین و تعریف گردیده است. در گام بعدی این پیشران ها با روش مقایسه زوجی در نرم افزار سناریو ویزارد^۳ بر اساس درصد اثرگذاری بر تولید کربن ارزیابی شده و چهار سناریو ایده آل، مطلوب، قابل قبول و فاجعه بار مشخص گردیده است. در نهایت نیز تحلیل هر یک از سناریوها ارائه شده است. نوآوری تحقیق حاضر در ترکیب و تلفیق ارزیابی زیست محیطی (تکنیک رد پای بوم شناختی) و آینده پژوهی (ارزیابی سناریو) برای حمل و نقل بنزینی در شهر تهران است که در جست و جوی صورت گرفته، مورد مشابهی یافت نشده است.

² Global Footprint Network

³ Scenario Wizard

¹ British Thermal Unit

نتایج و بحث

- محاسبه رد پای کربن وسایل نقلیه بنزین سوز

بر مبنای داده‌های به‌دست‌آمده روزانه ۲۱ میلیون لیتر بنزین در سیستم حمل و نقل شهر تهران مصرف می‌شود (۲۵). در جدول (۱) میزان مصرف روزانه بنزین و جمعیت شهر تهران ذکر گردیده است.

جدول (۱): میزان مصرف بنزین و جمعیت شهر تهران

میزان مصرف بنزین در شهر تهران	جمعیت شهر تهران در سال ۱۴۰۳
۲۱ میلیون لیتر	۱۴۴۲۵۰۰۰ نفر

بر این اساس سرانه مصرف بنزین وسایل نقلیه بنزین سوز در تهران از طریق زیر محاسبه گردیده است.

$$\frac{22000000}{14425000} = 1.52$$

در واقع، ۱/۵۲ لیتر سرانه مصرف روزانه بنزین وسایل نقلیه بنزین سوز، در شهر تهران است. با توجه به این‌که سوخت بنزین در یک لیتر، حدوداً ۳۳۰۲۳ واحد گرمایی بریتانیا تولید می‌کند که در نتیجه ۱۹/۹۵ تن کربن در هر میلیارد واحد گرمایی بریتانیا آزاد می‌شود. در نتیجه:

$$1.578 \times 33,023 \times 10^{-9} = 50,364.36 \times 10^{-9}$$

$$\rightarrow 50,364.36 \times 10^{-9} \times 19.95 = 10 \times 10^{-4}$$

با توجه به این نکته که سالیانه برای دفع هر ۱/۸ تن کربن، ده هزار مترمربع زمین موردنیاز است، بنابراین:

$$\frac{10.40 \times 10^{-4}}{1.8} = 5.58 \times 10^{-4} \text{ (ha)}$$

نتایج محاسبات در جدول (۲) ارائه گردیده است.

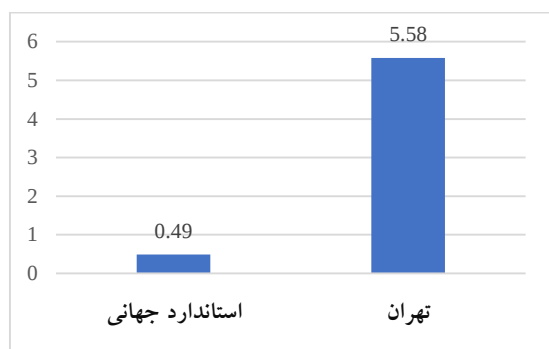
جدول (۲): نتایج محاسبات

سرانه رد پای کربن برای حمل و نقل بنزینی سرانه مصرف بنزین در شهر تهران	روزانه برای هر فرد
۵/۵۸ مترمربع برای هر نفر	۱/۵۲ لیتر

بنابراین، مقدار زمینی که به منظور تأمین سرانه روزانه مصرف بنزین وسایل نقلیه بنزین سوز در شهر تهران مورد نیاز است، برابر با ۵/۵۸ مترمربع برای هر نفر است. این در حالی است که استاندارد جهانی سرانه رد پای کربن وسایل نقلیه بنزین سوز ۰/۴۹ است (۲۶). در جدول (۳) و شکل (۱) سرانه رد پای کربن وسایل نقلیه بنزین سوز در شهر تهران برحسب مترمربع با استاندارد جهانی آن مقایسه شده است.

جدول (۳): مقایسه سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در

شهر تهران با استاندارد جهانی برحسب مترمربع	سرانه رد پای کربن برای حمل و نقل بنزینی استاندارد جهانی
در شهر تهران	در شهر تهران
۵/۵۸ مترمربع	۰/۴۹ مترمربع



شکل (۱): مقایسه سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در شهر تهران با استاندارد جهانی برحسب مترمربع

مقایسه سرانه رد پای کربن وسایل نقلیه بنزین سوز در شهر تهران با استاندارد جهانی که سازمان جهانی بوم‌شناختی ارائه داده است، نشان داد که این سرانه برای شهر تهران بسیار بالاتر از استاندارد جهانی (۱۲)

برابر) است. در نتیجه باید گفت که از نظر زیست محیطی با اختلاف زیادی ناپایدار است.

- تدوین پیشرانها

در این بخش ۶ مورد از محتمل ترین و اصلی ترین پیشرانها بر اساس مطالعات اسناد و منابع موجود شامل برنامه ها، مصوبات و مقررات در این حوزه و نظر کارشناسان استخراج گردیده است.

الف) افزایش تعداد خودروهای فرسوده

بنا بر اطلاعات به دست آمده از استانداری تهران در شهر تهران ۴۰ درصد از وسایل نقلیه فرسوده اند و تا سال ۱۴۲۰ تمام خودروهایی که امروز مورد استفاده قرار می گیرند فرسوده خواهند شد. با توجه به اینکه هر وسیله نقلیه فرسوده به طور میانگین تقریباً ۳۰ درصد بیش تر بنزین مصرف می کند (۲۷)، بنابراین با افزایش ۱۸ درصدی تولید کربن سرانه رد پای کربن به ۶/۵۸ مترمربع خواهد رسید.

ب) افزایش تعداد کل خودروها

همچنین در ۵ سال گذشته به طور میانگین سالانه ۵ درصد به تعداد کل وسایل نقلیه بنزین سوز از طریق واردات یا تولید افزوده می شود (۲۸). به عبارتی ۷۵ درصد به تعداد وسایل نقلیه بنزین سوز کنونی افزوده می شود که این میزان سرانه رد پای کربن کنونی را به ۹/۷۶ مترمربع افزایش خواهد داد.

پ) حذف وسایل نقلیه فرسوده تا سال ۱۴۲۰

اگر تا سال ۱۴۲۰ تمام وسایل نقلیه ای که به سن فرسودگی میانگین ۱۵ سال می رسند (تا سال ۱۴۲۰ پنجاه و چهار درصد از کل وسایل نقلیه بنزین سوز فرسوده خواهند بود) کنار گذاشته شوند، سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در شهر تهران ۴۰ درصد کمتر از وضع موجود خواهد بود یعنی ۳/۳۴ مترمربع.

ت) جایگزینی با وسایل نقلیه کم مصرف تا سال ۱۴۲۰

متوسط مصرف وسایل نقلیه بنزین سوز در ایران نزدیک سه برابر مصرف استاندارد جهانی است؛ در حال حاضر خودروها در ایران ۱۲ لیتر مصرف بنزین دارند (۲۹). اگر به جای تولید و واردات خودروهای پرمصرف کنونی متوسط سوخت تمام خودروهای جدید تولیدی و وارداتی به ۴ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر برسد، سرانه رد پای اکولوژیک هر وسیله نقلیه بنزین سوز جدید ۶۶ درصد کاهش پیدا می کند که با جایگزینی خودروهای کنونی با خودروهای کم مصرف رد پای کربن کنونی به ۱/۸۹ مترمربع تقلیل می یابد.

ث) جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا برای تمامی وسایل نقلیه بنزین سوز تا سال ۱۴۲۰

تغییر نوع استاندارد وسایل نقلیه بنزین سوز به یورو ۴ و یورو ۵، میزان کاهش آلاینده های تولیدی هر وسیله نقلیه تولیدی از ۲/۷ گرم گاز آلاینده به ۱/۱۸ گرم گاز آلاینده کاهش می یابد (۳۰) و این یعنی کاهش بیش از ۵۶ درصدی تولید کربن که در صورت وقوع این تغییر برای خودروهای کنونی رد پای کربن به ۲/۴۵ مترمربع کاهش می یابد.

ج) تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز تا سال ۱۴۲۰

با توجه به کاهش محسوس تعداد وسایل نقلیه بنزین سوز در گام اول نیاز به تقویت حمل و نقل عمومی برای جایگزینی است. همچنین مضاف بر این می توان از طریق تقویت الگوهای حمل و نقل سبز تعداد سفرها با وسایل نقلیه بنزین سوز را کاهش داد. در صورتی که تا سال ۱۴۲۰ سیاست های دولتی و مدیریت شهری، سیاست های تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز را به صورت عملی و جدی در دستور کار قرار دهند، به گونه ای که مجموع اقدامات آنها در نهایت و در افق ۱۴۲۰

موجب ارتقاء ۱۰۰ درصدی حمل و نقل عمومی با تأکید بر مترو و اتوبوس و توسعه حمل و نقل سبز گردد و همچنین موجب کاهش ۵۰ درصدی استفاده از وسایل نقلیه بنزین‌سوز شود، سرانه رد پای کربن وسایل نقلیه بنزین‌سوز در شهر تهران نیز بیش از ۵۰

درصد کاهش خواهد یافت و به ۲/۷۹ مترمربع خواهد رسید. در جدول (۴) میزان اثرگذاری هر پیشران بر سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی شهر تهران ارائه شده است:

جدول (۴): میزان اثرگذاری هر پیشران بر سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی شهر تهران

پیشران	الف	ب	پ	ت	ث	ج
درصد تأثیر	+۱۸٪	+۷۵٪	-۴۰٪	-۶۶٪	-۵۶٪	-۵۰٪
میزان تأثیر بر اساس وضع موجود (مترمربع)	+۰۰/۱	+۴/۱۸	- ۲/۲۳	-۳/۶۸	-۳/۱۲	-۲/۷۹

- ارزیابی سناریوها در نرم‌افزار سناریو ویزارد

در این مرحله سناریوهای پیش‌بینی شده را به منظور ارزیابی سناریوها بر اساس وقوع یا عدم وقوع هریک از پیشران‌ها، وارد نرم‌افزار سناریو ویزارد گردیده و با مقایسه‌ای زوجی میان آینده‌های ممکن، مناسب‌ترین

وضعیت شناسایی شده است. ملاک ارزیابی زوجی درصد تأثیرگذاری هریک از پیشران‌ها بر میزان تولید کربن بوده که نتایج آن در جدول (۵) قابل مشاهده است.

جدول (۵): ارزیابی سناریوها

شماره سناریو	۱
مقدار سازگاری	۲
امتیاز تأثیر کل	۳۲
ادامه روند موجود و افزایش بی‌رویه تولید و استفاده از خودرو	کنترل گردد
ادامه روند افزایش تعداد خودروهای فرسوده	مقابله گردد
جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا برای کیفیت بنزین و تمامی خودروها	تحقق یابد
حذف خودروهای فرسوده	تحقق یابد
جایگزینی خودروهای کم‌مصرف	تحقق یابد
تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز	تحقق یابد
شماره سناریو	۲
مقدار سازگاری	۲
امتیاز تأثیر کل	۲۷
ادامه روند موجود و افزایش بی‌رویه تولید و استفاده از خودرو	کنترل گردد
ادامه روند افزایش تعداد خودروهای فرسوده	مقابله گردد
جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا برای کیفیت بنزین و تمامی خودروها	تحقق یابد
حذف خودروهای فرسوده	تحقق یابد
جایگزینی خودروهای کم‌مصرف	تحقق یابد
تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز	تحقق نیابد

ادامه جدول (۵):

۳	شماره سناریو
۲	مقدار سازگاری
۲۳	امتیاز تأثیر کل
کنترل گردد	ادامه روند موجود و افزایش بی‌رویه تولید و استفاده از خودرو
مقابلہ گردد	ادامه روند افزایش تعداد خودروهای فرسوده
تحقق نیابد	جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا برای کیفیت بنزین و تمامی خودروها
تحقق یابد	حذف خودروهای فرسوده
تحقق یابد	جایگزینی خودروهای کم مصرف
تحقق نیابد	تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز
۴	شماره سناریو
۲	مقدار سازگاری
۰	امتیاز تأثیر کل
کنترل نگیرد	ادامه روند موجود و افزایش بی‌رویه تولید و استفاده از خودرو
مقابلہ نگیرد	ادامه روند افزایش تعداد خودروهای فرسوده
تحقق نیابد	جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا برای کیفیت بنزین و تمامی خودروها
تحقق نیابد	حذف خودروهای فرسوده
تحقق نیابد	جایگزینی خودروهای کم مصرف
تحقق نیابد	تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز

- تحلیل سناریوها

(۱) سناریوی ایده آل

در سناریوی ایده آل، فرض بر این است که تمامی پیشران‌های مؤثر بر کاهش رد پای کربن حمل و نقل بنزینی تا سال ۱۴۲۰ محقق شوند. این سناریو شامل کنترل روند موجود افزایش بی‌رویه تولید و استفاده از خودرو، مقابلہ با روند افزایش تعداد خودروهای فرسوده از طریق حذف آن‌ها، جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا برای کیفیت بنزین و تمامی خودروها، جایگزینی خودروهای کم مصرف و تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در حال حاضر ۴۰ درصد از وسایل نقلیه در تهران فرسوده هستند و هر وسیله نقلیه فرسوده تقریباً ۳۰ درصد بیشتر بنزین مصرف می‌کند که به افزایش ۱۸ درصدی تولید کربن

۶۰

منجر می‌شود. همچنین، متوسط مصرف سوخت وسایل نقلیه بنزین‌سوز در ایران نزدیک به سه برابر استاندارد جهانی است و با جایگزینی خودروهای کم مصرف با مصرف ۴ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر، می‌توان سرانه پای اکولوژیک هر وسیله نقلیه جدید را ۶۶ درصد کاهش داد. تغییر استاندارد آلاینده‌گی به یورو ۴ و ۵ نیز بیش از ۵۶ درصد از تولید کربن می‌کاهد. در این سناریو، با تحقق تمامی این اقدامات، پیش‌بینی می‌شود که سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در شهر تهران به ۰/۲۵ مترمربع خواهد رسید که نسبت به استاندارد جهانی ۵۰ درصد کم‌تر است. این وضعیت نه تنها پایداری زیست محیطی را به ارمغان می‌آورد، بلکه می‌تواند به بهبود کیفیت هوا و سلامت عمومی در کلان‌شهر تهران کمک شایانی نماید. تحقق این

سناریو نیازمند اراده قوی سیاسی، سرمایه‌گذاری کلان در زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی و سبز و اجرای سیاست‌های تشویقی و تنبیهی برای کاهش استفاده از خودروهای شخصی پرمصرف و فرسوده است.

۲) سناریوی مطلوب

سناریوی مطلوب، وضعیتی را ترسیم می‌کند که در آن برخی از پیشران‌های مثبت محقق می‌شوند، اما تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز به‌طور کامل تحقق نمی‌یابد. این سناریو شامل کنترل روند افزایش تعداد خودروها، مقابله با فرسودگی خودروها، جایگزینی استانداردهای روز اروپا، جایگزینی خودروهای کم‌مصرف و حذف خودروهای فرسوده است. بر اساس یافته‌ها، در ۵ سال گذشته به‌طور میانگین سالانه ۵ درصد به تعداد وسایل نقلیه بنزین‌سوز افزوده شده است که به معنای افزایش ۷۵ درصدی تعداد این وسایل تا افق ۱۴۲۰ است. در صورت حذف خودروهایی که به سن فرسودگی می‌رسند (حدود ۵۴ درصد کل وسایل نقلیه بنزین‌سوز)، سرانه رد پای کربن ۴۰ درصد کمتر از وضع موجود خواهد بود. با این حال، عدم تحقق کامل تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز که می‌تواند منجر به کاهش ۵۰ درصدی استفاده از وسایل نقلیه بنزین‌سوز شود، تأثیر مثبتی که این اقدامات می‌توانند داشته باشند را محدود می‌کند. با توجه به ارزیابی‌ها در این سناریو، سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در تهران ۰/۵۰ مترمربع و تقریباً برابر با استاندارد جهانی خواهد بود. این سناریو نشان‌دهنده بهبود قابل ملاحظه‌ای نسبت به وضعیت موجود است که برای دستیابی به پایداری کامل

زیست‌محیطی کافی است و کمترین چالش‌ها در زمینه آلودگی و مصرف انرژی وجود خواهد داشت.

۳) سناریوی قابل قبول

سناریوی قابل قبول، وضعیتی بینابین سناریوی مطلوب و فاجعه‌بار است که در آن تنها بخشی از پیشران‌های مثبت محقق می‌شوند و برخی اقدامات ضروری برای کاهش رد پای کربن به نتیجه نمی‌رسند. در این سناریو، کنترل روند افزایش تعداد خودروها و مقابله با فرسودگی آن‌ها، حذف خودروهای فرسوده و جایگزینی خودروهای کم‌مصرف محقق می‌شوند، اما جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا برای کیفیت بنزین و تمامی خودروها و همچنین تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز تحقق نمی‌یابند. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، جایگزینی خودروهای کم‌مصرف می‌تواند ۶۶ درصد از رد پای اکولوژیک هر وسیله نقلیه جدید بکاهد و حذف خودروهای فرسوده نیز تأثیر قابل توجهی در کاهش سرانه رد پای کربن دارد. با این حال، عدم ارتقاء استانداردهای آلاینده‌گی و عدم توسعه حمل و نقل عمومی باعث می‌شود که میزان کاهش کلی رد پای کربن محدودتر شود. طبق ارزیابی‌ها، در این سناریو سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در تهران ۰/۸۳ مترمربع خواهد بود که نسبت به استاندارد جهانی ۱/۷ برابر بیش‌تر است. این بدان معناست که با وجود بهبود بسیاری از روندها، وضعیت زیست‌محیطی همچنان نامطلوب خواهد بود اما با توجه به وضعیت کنونی آلودگی هوا و مصرف بالای سوخت در شهر تهران این تغییرات در مدت زمان ۱۵ سال قابل قبول خواهد بود. این سناریو لزوم توجه جدی‌تر به کلیه ابعاد پایداری حمل و نقل را نمایان می‌سازد.

۴) سناریوی فاجعه بار

سناریوی فاجعه بار، بدترین وضعیت ممکن را به تصویر می کشد که در آن هیچ یک از پیشران های مثبت برای کاهش رد پای کربن محقق نمی شوند. این سناریو شامل ادامه روند موجود و افزایش بی رویه تولید و استفاده از خودرو، ادامه روند افزایش تعداد خودروهای فرسوده بدون هیچ گونه اقدام مقابله ای، عدم جایگزین کردن استانداردهای روز اروپا، عدم حذف خودروهای فرسوده، عدم جایگزینی خودروهای کم مصرف و عدم تقویت حمل و نقل عمومی و توسعه حمل و نقل سبز است. یافته ها نشان می دهد که در صورت ادامه روند فعلی، تعداد خودروها، به طور فزاینده ای افزایش یافته و فرسودگی آنها نیز ادامه خواهد داشت که هر دو عامل به افزایش قابل توجه تولید کربن منجر می شوند. عدم ارتقاء استانداردها و عدم توسعه حمل و نقل عمومی نیز وضعیت را بدتر خواهد کرد. بر اساس ارزیابی ها، در

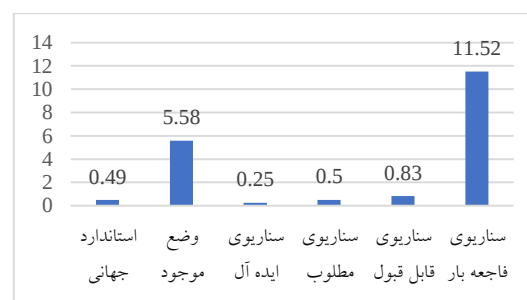
این سناریو سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی در تهران به ۱۱/۵۲ مترمربع خواهد رسید که بیش از ۲۳ برابر استاندارد جهانی و ۲ برابر وضع موجود خواهد بود. این وضعیت نه تنها به معنای آلودگی شدید هوا و پیامدهای جدی برای سلامت عمومی است، بلکه بار سنگینی را بر منابع طبیعی و اکوسیستم ها تحمیل می کند و به تشدید بحران های زیست محیطی، نظیر گرمایش جهانی دامن می زند. این سناریو هشدار جدی برای سیاست گذاران و جامعه است و نشان دهنده ضرورت اقدامات فوری و جامع برای تغییر مسیر به سمت پایداری است.

- مقایسه سناریوها

به منظور درک بهتر و مقایسه دقیق تر سناریوها و وضع موجود با یکدیگر در جدول (۶) و شکل (۲) سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی شهر تهران برای هریک ارائه شده است:

جدول (۶): مقایسه سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی شهر تهران در هریک از سناریوها

سناریوها	وضع موجود	سناریوی ایده آل	سناریوی مطلوب	سناریوی قابل قبول	سناریوی فاجعه بار استاندارد جهانی
سرانه رد پای کربن (مترمربع)	۵/۵۸	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۸۳	۱۱/۵۲
	۰/۴۹				



شکل (۲): مقایسه سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی شهر تهران در هریک از سناریوها

سناریوهای ایده آل، مطلوب و قابل قبول با سناریوی فاجعه بار وجود دارد که سیاست ها، اقدامات و برنامه های کنونی در زمینه حمل و نقل شهری، تولید خودرو و مصرف سوخت های فسیلی وقوع سناریوی فاجعه بار را تضمین می نماید.

بحث

این مقاله نشان داد که ارزیابی شاخص های زیست محیطی با استفاده از ابزارهای مناسب نظیر رد پای کربن، نه تنها به درک بهتر تأثیرات منفی

مقایسه سرانه رد پای کربن حمل و نقل بنزینی شهر تهران نشان می دهد که اختلاف بسیار زیادی بین

فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست کمک می‌کند بلکه می‌تواند راهگشای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری برای اتخاذ تصمیمات بهتر در راستای مدیریت منابع و بهینه‌سازی سیستم‌های حمل و نقل باشد. این ابزار، به‌ویژه در مناطق شهری که با چالش‌های خاصی همچون آلودگی شدید مواجه هستند، می‌تواند به تدوین سیاست‌های مؤثر و پایدار کمک کند.

نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل رد پای کربن در ارزیابی پایداری زیست‌محیطی وسایل نقلیه بنزین‌سوز در شهر تهران به‌وضوح نشان داد که سرانه رد پای بوم‌شناختی حمل و نقل بنزینی در این شهر به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از استاندارد جهانی است؛ لذا این شیوه حمل و نقل در وضعیت فعلی، پایدار محسوب نمی‌شود. علاوه بر این، پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که در صورت تداوم روند کنونی تا سال ۱۴۲۰، شاهد افزایش بیش از ۱۰۰ درصدی در سرانه رد پای کربن وسایل نقلیه بنزین‌سوز خواهیم بود که این افزایش به معنای سرانه‌ای بیش از ۲۳ برابر استاندارد جهانی است. این امر نه‌تنها برای محیط زیست شهر تهران، بلکه برای کره زمین نیز خطرآفرین خواهد بود.

به‌طورکلی مقایسه این یافته‌ها با نتایج تحقیقات مشابه در سایر مناطق و با استفاده از روش رد پای بوم‌شناختی همخوانی دارد که نشان می‌دهد روش رد پای بوم‌شناختی ابزاری کمی با سازوکاری مشخص برای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی است. تفاوت‌ها در نتایج این مقاله با سایر مقالات مشابه نیز نشان‌دهنده وابستگی کاربرد رد پای بوم‌شناختی به قلمرو مکانی و زمانی خاص خود است. اما به‌طور خاص تحقیقات

مشابهی که توسط نان^۱ و همکاران در چین (۲۰)، گیل^۲ و همکاران در پاکستان (۱۸)، نصیر موریس^۳ و همکاران در سودان جنوبی (۱۶)، و سیگتی^۴ و همکاران در مجارستان (۱۷)، انجام شده است، نشان می‌دهد که رد پای کربن در شهرهای کشورهای در حال توسعه مانند شهر تهران بسیار بیش‌تر از استاندارد جهانی است و این روند رو به افزایش است که بخش عمده آن مربوط به حمل و نقل شهری است. این امر موجب تشدید روند گرمایش زمین و تسریع روند تغییرات اقلیمی می‌گردد. از طرفی این تحقیقات نشان می‌دهد که کشورهایی نظیر چین، مجارستان و آفریقای جنوبی برخلاف ایران اقدامات جدی را جهت مقابله با افزایش رد پای کربن در دستور کار قرار دادند، از جمله تولید و استفاده از خودروهای برقی، گسترش و تقویت حمل و نقل عمومی و رعایت آخرین استانداردهای جهانی.

باید به این نکته توجه نمود که مقاله کاربردی حاضر با سه محدودیت اصلی مواجه بوده است:

- ۱- ارزیابی محدود به گاز گلخانه‌ای کربن
 - ۲- ارزیابی محدود به الگوی حمل و نقل بنزینی
 - ۳- ارزیابی محدود به شهر تهران
- اما می‌تواند الگویی برای تحقیقات آتی جهت ارزیابی سایر گازهای گلخانه‌ای نظیر متان و نیتروژن و یا سایر الگوهای حمل و نقلی نظیر خودروهای گازسوز و دیزل و یا سایر شهرهای پرجمعیت و پرتعداد کشور نظیر مشهد، اصفهان، کرج و تبریز باشد.

³ Nasir Morris

⁴ Szigeti

¹ Nan

² Gill

نتیجه گیری

سیستم‌ها و شیوه‌های حمل و نقلی ناپایدار پیامدهای زیست محیطی متعددی از جمله گرمایش زمین، تغییرات آب و هوایی، آلودگی هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی آب، آلودگی صوتی و جزایر حرارتی را به دنبال دارند که مستقیماً بر کیفیت زندگی انسان‌ها تأثیر می‌گذارند. این مسائل نه تنها به سلامت جسمی و روانی ساکنان مناطق شهری آسیب می‌زنند، بلکه می‌توانند به کاهش کیفیت زندگی افزایش هزینه‌های بهداشتی و کاهش بهره‌وری اقتصادی منجر شوند. این امر به نوبه خود، ضرورت فزاینده توجه به پایداری زیست محیطی را در مناطق شهری، به‌ویژه در راستای ارتقاء کیفیت زندگی انسان‌ها، نمایان می‌سازد. از این رو تحرک پایدار شهری به هدف اول سیاست‌گذاران و برنامه ریزان تبدیل گشته و رویکردهایی نظیر شهر ۱۵ دقیقه‌ای، شهر شاد، شهر سالم و شهر سبز در سالیان اخیر گسترش یافته‌اند تا جایی که شهرداران شهرهای بزرگی نظیر پاریس، بوگوتا و ملبورن این رویکردها را به عنوان اهداف اصلی کمپین‌های تبلیغاتی خود معرفی کرده‌اند (۳۱ و ۳۲). این در حالی است که در شهر تهران، علی‌رغم اهمیت بالای مسئله آلودگی هوا و مصرف سوخت‌های فسیلی، هنوز بسیاری از وسایل نقلیه، فاقد استانداردهای بین‌المللی هستند. این تحقیق نشان داد که چالش کنونی هر روز در حال عمیق‌تر شدن است که می‌تواند محیط زیست و سلامت شهروندان را با خطرات جدی و جبران‌ناپذیر مواجه کند. همچنین این امر موجب تشدید روند گرمایش زمین و تسریع روند تغییرات آب و هوایی می‌گردد. در همین راستا، تحقیق حاضر مسیرهایی را نشان داد

که چگونه می‌توان تا سال ۱۴۲۰ سرانه رد پای بوم‌شناختی وسایل نقلیه بنزین‌سوز در تهران را به سطحی کمتر از استاندارد جهانی رساند. این نتایج و روش تحقیق به‌کاررفته در این مقاله می‌تواند به‌عنوان الگو و مدلی کاربردی برای سایر کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار گیرد تا با کاهش سرانه رد پای بوم‌شناختی، الگوهای حمل و نقلی خود، به سمت دستیابی به توسعه‌ای پایدار حرکت کنند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

منابع

- [1] Hutchison, R., 2010, Encyclopedia of Urban Studies. SAGE Publications.
- [2] Alvarez-Risco, A., Del-Aguila-Arcentales, S., Rosen, M.A., 2020, Sustainable transportation in cities. In: Building sustainable cities: Social, economic and environmental factors. Alvarez-Risco, A., Rosen, M., Del-Aguila-Arcentales, S., Marinova, D. (Editors), Springer, pp. 149-165.
- [3] Martins, V.W.B., Anholon, R., Quelhas, O.L.G., 2019, Sustainable transportation methods. In: Encyclopedia of sustainability in higher education. Filho, W.L. (Editor), Springer, pp. 1847-1853.
- [4] Faulin, J., Grasman, S.E., Juan, A.A., Hirsch, P., 2019, Sustainable transportation: Concepts and current practices. Sustainable Transportation and Smart Logistics, Decision-Making Models and Solutions, 3.
- [5] Zhou, J., 2012, Sustainable transportation in the US: A review of proposals, policies, and programs since 2000. Frontiers of Architectural Research, 1, 150.
- [6] Davis, A., Whyte, B., 2020, Making the shift to sustainable transport in Scotland. Cities & Health Journal, 6, 267.
- [7] Meena, A.K., Yadav, T.K., 2019, What is ecological footprint and why is it important?. Agrobis Newsletter, 18(1), 25.
- [8] Wackernagel, M., Lin, D., Hanscom, L., Galli,

- ecological footprint based on the carbon cycle. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 11075.
- [21] TPSIS, 2024, Tehran population estimate. Tehran province statistical information system, National Planning and Budget Organization, (Available online: <https://amar.thmporg.ir/>). (in Persian)
- [22] Habibi, K., Rahimi Kake Joob, A., Abdi, M.H., 2012, Ecological footprint assessment of urban transportation; New approach for sustainability of urban transportation planning. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 2(5), 99. (in Persian)
- [23] Veysi, M.R., Pirmoradi, P., Garshasbi, D., 2023, Evaluation of environmental sustainability for urban transportation patterns of Bojnurd by ecological footprint technique. *Environment and Interdisciplinary Development*, 7(78), 86. (in Persian)
- [24] Pirmoradi, P., Garshasbi, D., Aghilimehr, L., 2022, Urban Design Toolkit, Academic Center for Education, Culture and Research, Alborz. (in Persian)
- [25] Yasemi, F., 2024, Average daily gasoline consumption in Tehran Province. *Tasnim News*, (Available online: <https://www.tasnimnews.com/fa/news/1403/07/14/317142>). (in Persian)
- [26] Barari, M., Razaviyan, M.T., Tavakoliniya, J., 2017, Evaluation of the ecological footprint to achieve urban green transport with the introduction of ASI strategy (Case study: City of Sari). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 7(22), 21. (in Persian)
- [27] Fini, A., 2024, 30 percent increase in fuel consumption in worn-out cars. *Ahar News*, 85773, (Available online: <https://www.aharnews.ir/?p=85773>). (in Persian)
- [28] Negahdari, B., 2024, Average growth of 15 percent in automobile production in the last 3 years. Research Center of the Islamic Consultative Assembly of Iran, 1805686, (Available online: <https://rc.majlis.ir/fa/news/show/1805686>). (in Persian)
- [29] Maddah Moravvej, S., 2022, Petroleum products refining and distribution company: Average domestic vehicle consumption is nearly 3 times the global standard consumption/Gasoline imports likely to begin next year. *Asriran*, 844141, (Available online: <https://www.asriran.com/fa/news/844141>).
- A., Iha, K., 2019, Ecological footprint. In: *Encyclopedia of ecology* (2nd Edition). Vol. 4, Fath, B. (Editor), Elsevier, pp. 270-282.
- [9] Yang, H., Gong, Z., Chen, C., Zhao, T., 2020, Ecological footprint of residential building in Xining. 4th International Conference on Environmental and Energy Engineering, 12-15 March, Sanya, China.
- [10] van den Bergh, J.C.J.M., Grazi, F., 2014, Ecological footprint policy? Land use as an environmental Indicator. *Journal of Industrial Ecology*, 18, 10.
- [11] Wackernagel, M., Hanscom, L., Lin, D., 2017, Making sustainable development goals consistent with sustainability. *Frontiers in Energy Research*, 5, 18.
- [12] Wackernagel, M., Rees, W.E., 1996, Our ecological footprint: Reducing human impact on the Earth. New Society Publishers.
- [13] Gottlieb, D., Kissinger, M., Vigoda-Gadot, E., Haim, A., 2012, Analyzing the ecological footprint at the institutional scale – The case of an Israeli high-school. *Ecological Indicators*, 18, 91.
- [14] Ortega-Montoya, C.Y., Johari, A., 2019, Urban ecological footprints. In: *Sustainable cities and communities*. Filho, W.L., Azul, A.M., Brandli, L., Özuyar, P.G., Wall, T. (Editors), Springer, pp. 812-824.
- [15] Morse, S., Vogiatzakis, I.N., 2014, Resource use and deprivation: Geographical analysis of the ecological footprint and Townsend index for England. *Sustainability*, 6, 4749.
- [16] Morris, D.N., Morjan, M.D., Woni, M.O. M., Many, C., Akec, J.A., 2024, Ecological footprint assessment for environmental sustainability at the University of Juba, South Sudan. *American Journal of Environmental Protection*, 13, 219.
- [17] Szigeti, C., Major, Z., Szabó, D.R., Szennay, Á., 2023, The ecological footprint of construction materials - A standardized approach from Hungary. *Resources*, 12, 15.
- [18] Gill, A.R., Riaz, R., Ali, M., 2023, The asymmetric impact of financial development on ecological footprint in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 30755.
- [19] Dada, J.T., Olaniyi, C.O., Ajide, F.M., Adeiza, A., Arnaut, M., 2022, Informal economy and ecological footprint: The case of Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 74756.
- [20] Nan, Y., Sun, R., Jing, L., Li, Y., 2022, Calculation and prediction of China's energy

<https://www.asriran.com/fa/news/844141>). (in Persian)

[30] Fazli, M., 2020, Assessment of environmental sustainability of the transportation system in the urban development plan of Karaj: Proposing improvement solutions, University of Mazandaran, Urban Planning Department. (in Persian)

[31] Pirmoradi, P., Garshasbi, D., Solgi, N., 2025, A critical review: The 15-minute city. Planning Practice & Research, 1.

[32] Pirmoradi, P., Garshasbi, D., Noormohammadi Lafmajan, M., 2025, Identifying factors influencing happy urban spaces in the megacities of developing countries. Cities & Health, 1.

“Research article”

Pilot design and modeling of the A₂O process for cell growth kinetics to increase the efficiency of organic and nutrient removal from Pardis city wastewater

Mojtaba Darzi Daronkola¹, Amir Hossein Mahvi^{2,*}, Bahman Ramavandi³, Seyed Enayat Hashemi³, Fazel Amiri¹

¹Department of Environmental Engineering, Water and Wastewater Department, Bu.C., Islamic Azad University, Bushehr, Iran

²Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health and Nutrition, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

*Corresponding author: ahmahvi@yahoo.com

(Received: 30 April 2025, Accepted: 13 May 2025)

Abstract

A₂O wastewater treatment is actually an upgrade of the activated sludge process with extensive aeration, where two anaerobic and anoxic units are added to remove nitrogen and phosphorus, and the sludge is returned from the settling tank to the anaerobic unit. There is also a return line from the aeration unit to the anoxic tank. Obviously, not all environmental conditions affecting substrate consumption and microbial growth rate may be possible, and controlling factors, such as pH and nutrients, is necessary to provide effective treatment. The rate of substrate consumption in biological systems can be modeled based on the Monod relationship for soluble substrates. Pilot design is based on hydraulic retention time (HRT) according to existing references. After launching the mentioned pilot with real wastewater, biological processes are used to create and maintain stable conditions in the reactors. In this study, raw wastewater, aeration pond, effluent, secondary sedimentation, and activated sludge were collected with 500 samples and the qualitative parameters of COD, BOD₅, TSS and VSS (as dependent variables) were measured. Hence, to measure organic parameters and solids, 100 samples were taken from each of these cases: the aeration tank, the returned activated sludge, the incoming raw sewage, the effluent sedimentation, and secondary sedimentation. In kinetic study, K_s was determined to be 27.9 g COD/m³, μ_H as 4.4 1/day, b_H as 0.0085 1/day and Y_H as gCOD XH / (gCOD SS) as 0.42. Based on the findings, the synthetic coefficients in the Lineweaver-Burk and Hanes models are suitable, but in the Hofstee model, the amount of K and K_d is lower than the optimal amount for the proper exploitation of the pilot. The efficiency coefficient and the growth rate were also found to be lower than the optimal level.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Kinetics coefficients, A₂O process, Organic matter, Nutrient



دوره ۲، شماره ۱، پیاپی ۵
بهار ۱۴۰۴، صفحات ۷۸-۶۷

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
فصلنامه آلودگی‌های محیطی و توسعه پایدار شهری

«مقاله پژوهشی»

جهت ضرایب سینتیکی رشد سلولی برای A_2O طراحی پایلوت و مدلسازی فرآیند افزایش راندمان حذف مواد آلی و مغذی از فاضلاب شهر پردیس

مجتبی درزی درونکلا^۱، امیرحسین محوی^{۲*}، بهمن رماوندی^۳، سید عنایت هاشمی^۳، فاضل امیری^۱

^۱ گروه مهندسی محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

^۲ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

^۳ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ahmahvi@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۱۰، پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۲/۲۳)

چکیده

تصفیه فاضلاب به روش A_2O در واقع شیوه ارتقایافته فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده است. در این روش برای حذف نیتروژن و فسفر دو واحد بی‌هوازی و آنوکسیک به آن اضافه می‌شود. برگشت لجن، از مخزن ته‌نشینی به واحد بی‌هوازی است. از واحد هوادهی، یک خط برگشت به آنوکسیک تانک وجود دارد. بدیهی است، بررسی تمام شرایط محیطی مؤثر، بر مصرف سوپسترا و سرعت رشد میکروبی ممکن است میسر نباشد. با این حال کنترل عواملی مانند pH و مواد مغذی برای فراهم کردن تصفیه مؤثر لازم است. سرعت مصرف سوپسترا را در سیستم‌های بیولوژیکی می‌توان بر مبنای رابطه موند برای سوپستراهای محلول مدلسازی نمود. طراحی پایلوت براساس میزان زمان ماند هیدرولیکی (HRT) مطابق با منابع موجود انجام شد. پس از راه‌اندازی پایلوت مذکور با فاضلاب واقعی بهره‌برداری فرآیندهای بیولوژیکی صورت می‌پذیرد تا شرایط پایدار (Steady State) در راکتورها ایجاد و حفظ گردد. در این پژوهش از فاضلاب خام، حوض هوادهی، پساب خروجی، ته‌نشینی ثانویه و لجن فعال برگشتی جمعاً ۵۰۰ نمونه برداشت شد و اقدام به اندازه‌گیری پارامترهای کیفی COD ، BOD_5 ، TSS و VSS (به عنوان متغیرهای وابسته) شد به این ترتیب که ۱۰۰ نمونه از تانک هوادهی، ۱۰۰ نمونه از لجن فعال برگشتی، ۱۰۰ نمونه از فاضلاب خام ورودی، ۱۰۰ نمونه از پساب خروجی، ۱۰۰ نمونه از ته‌نشینی ثانویه برای اندازه‌گیری پارامترهای آلی و جامدات برداشته شد. در بررسی سینتیکی، K_s به میزان $27/9 \text{ g COD/m}^3$ ، μ_H به میزان $1/4 \text{ (1/day)}$ ، b_H به میزان $0/0085 \text{ 1/day}$ و Y_H معادل $0/42 \text{ gCOD } X_H / \text{gCOD SS}$ تعیین گردید. مطابق نتایج به‌دست آمده، ضرایب سینتیکی در مدل‌های Hanes و Lineweaver-Burk مناسب بوده ولی در مدل Hofstee میزان K و K_d کم‌تر از میزان بهینه برای بهره‌برداری مناسب پایلوت به‌دست آمده است. همچنین ضریب بازدهی و میزان نرخ رشد پایین‌تر از میزان بهینه است.

واژه‌های کلیدی: ضرایب سینتیکی، فرایند A_2O ، مواد آلی، نوترینت

مقدمه

در سال‌های آغازین قرن بیستم، روش تصفیه بیولوژیکی ابداع شد. امروزه این روش، اساس موضوع تصفیه در سرتاسر جهان را شکل می‌دهد. این روش، شیوه ساده‌ای است که به وسیله باکتری‌ها در غلظت‌های بالای آنها در تانک‌ها رخ می‌دهد. این باکتری‌ها، به همراه برخی پروتوزوآها و سایر میکروب‌ها مجموعاً لجن فعال را تشکیل می‌دهند (۱). خط مشی این روش بسیار ساده است. باکتری‌ها، از مولکول‌های کربن‌دار آلی تغذیه می‌کنند. در نتیجه باکتری‌ها رشد می‌کنند و فاضلاب تصفیه می‌شود و پساب تصفیه شده به محیط پذیرنده تخلیه می‌شود (۲). فاضلاب خانگی عمدتاً از کربن آلی (هم به صورت محلول و هم به صورت ذرات معلق) تشکیل شده است. حدود ۶۰٪ از این کربن به شکل ذرات ریز هستند که کمتر از نصف آن‌ها قادر به ته‌نشینی می‌باشند (۳). ذرات با اندازه ۱ μm تا ۱۰۰ nm به صورت کلونیدی در مخلوط مایع باقی می‌مانند و در حین فرآیند تصفیه توسط فلوک‌های لجن فعال جذب می‌شوند (۴). بخش عمده مواد آلی، قابلیت تجزیه بیولوژیکی را دارند که شامل پروتئین‌ها، آمینو اسیدها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و اسیدهای چرب می‌شود. برای متوسط نسبت کربن به نیتروژن و فسفر (P:N:C) مقادیر مختلفی بیان شده‌اند که تقریباً ۵:۱۷:۱۰۰ یا ۶:۱۹:۱۰۰ می‌باشد (۵). این مقادیر، مقادیر ایده‌آل برای رشد باکتری‌های لجن فعال می‌باشند. این در حالی است که فاضلاب‌های صنعتی، ترکیبات متفاوتی دارند. برای رسیدن به نسبت درست

رشد میکروبی و انجام تصفیه در بهترین حالت لازم است که مواد مغذی به فاضلاب اضافه شود (۶).

از میان دسته‌بندی فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب، A_2O یکی از روش‌های مناسب و پرکاربرد برای تصفیه فاضلاب‌های حاوی نوترینت‌ها است. بخش عمده حذف نوترینت‌ها به واسطه بازچرخش متناوب لجن فعال در راکتورهای بی‌هوازی (anaerobic) و غیرهوازی (anoxic) صورت می‌پذیرد (۷). یکی از نگرانی‌های بزرگ در دنیای صنعتی امروز، وجود مقادیر بیش از اندازه نیتروژن و فسفر در فاضلاب‌های بهداشتی و صنعتی است که تهدیدی بزرگ برای سلامت انسان و سایر موجودات و طبیعت به شمار می‌روند. این ترکیبات یکی از منابع تغذیه باکتری‌ها و جلبک‌ها بوده و ورود آن‌ها به آب‌های سطحی می‌تواند زمینه را برای رشد و تکثیرشان فراهم کند (۸). به همین دلیل روش‌های متعددی برای حذف این ترکیبات ارائه شده است که از بهترین آن‌ها می‌توان به تصفیه فاضلاب به روش A_2O اشاره نمود. این روش ترکیبی از بخش‌های تصفیه بی‌هوازی، غیر-هوازی و هوازی (anaerobic, anoxic, aerobic) می‌باشد که تفاوت آن با AO در اضافه شدن واحد غیرهوازی است (۹).

تصفیه فاضلاب به روش A_2O در واقع شیوه ارتقایافته فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده می‌باشد که در آن برای حذف نیتروژن و فسفر دو واحد بی‌هوازی و آنوکسیک به آن اضافه شده است و برگشت لجن نیز از مخزن ته‌نشینی به واحد بی‌هوازی می‌باشد و از واحد هوادهی نیز یک خط برگشت به آنوکسیک تانک وجود دارد (روش A_2O همان فرآیند A/O می‌باشد که با اصلاح آن و اضافه کردن یک واحد

آنوکسیک جهت حذف نیتروژن فرآیند A_2O شکل گرفته است (۱۰). روابط سینتیکی مهم‌ترین معادله‌های ریاضی برای بررسی نرخ رشد میکروارگانیسم‌ها و مصرف سوپسترا در یک محیطی بیولوژیکی رشد می‌باشند (۳).

حذف نیتروژن و فسفر در تصفیه فاضلاب زمانی اهمیت پیدا می‌کند که منبع پذیرنده پساب تصفیه شده دریا، اقیانوس، رودخانه، دریاچه و یا به بیان عام آب‌های سطحی باشد؛ چرا که با ورود ترکیبات حاوی نیتروژن و فسفر به آب‌های سطحی که منبع مناسبی برای تغذیه جلبک‌ها و خزه‌ها هستند، جلبک‌ها و خزه‌ها رشد می‌کنند. این گیاهان آبی با مصرف اکسیژن محلول در آب باعث کاهش اکسیژن محلول در آب و مرگ آب‌زیان خواهند شد (۱۱). بدیهی است تمام شرایط محیطی موثر بر مصرف سوپسترا و سرعت رشد میکروبی ممکن است میسر نباشد. در این فرایند، کنترل عواملی مانند pH و مواد مغذی برای فراهم کردن تصفیه موثر لازم است. سرعت مصرف سوپسترا در سیستم‌های بیولوژیکی را می‌توان بر مبنای رابطه مونود برای سوپستراهای محلول مدل‌سازی کرد (۱۲).

محاسبه ضرایب سینتیکی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، جهت تعیین شرایط بهینه برای رشد میکروارگانیسم‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. بهینه‌سازی ضرایب سینتیکی تصفیه‌خانه فاضلاب در هر کشور یا شهر و یا هر منطقه می‌تواند بهره‌برداری صحیح از تصفیه‌خانه فاضلاب را به همراه داشته باشد (۱۳). تغییر پارامترهای کیفی پساب تصفیه خانه فاضلاب، بر پایه میزان ضرایب سینتیکی رشد میکروارگانیسم‌ها استوار است (۱۴). برای بررسی اینکه میزان تجزیه بار

آلی و تبدیل به بیومس سلولی چه میزان است، ارتباط بین میزان بار آلی و زمان ماند سلولی به‌دست آمد. جهت تعیین پارامترهای مدل مونود نمونه بیومس موجود در حوض هوادهی تصفیه‌خانه در یک پایلوت آزمایشگاهی در شرایط مختلف غلظت سوپسترا رشد داده شد و با استفاده از سه معادله ریاضی مستخرج از رابطه اصلی مونود، (Hanes, Lineweaver-Burk)، (Hofste)، ضرایب سینتیکی تعیین گردید. سپس با استفاده از اطلاعات موجود در این تصفیه‌خانه نتایج ضرایب سینتیکی حاصل از نتایج آزمایشگاهی با نتایج حاصل از راهبری تصفیه‌خانه شامل ضریب بازده رشد (Y)، ثابت نیمه اشباع (K_s)، نرخ حداکثر مصرف سوپسترا (K)، و ضریب خودخوری (K_d) مقایسه شد. بررسی موضوعی این فرآیند در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری پردیس، امکان‌سنجی اصلاح احجام بیوراکتورهای طراحی شده از طریق اندازه‌گیری و محاسبه ضرایب سینتیکی رشد کنسرسیوم میکروبی در پایلوت گارگاهی کنترل و اعمال تغییرات مناسب، به کمک متغیرهای مستقل و وابسته در پایلوت اصلاح شده را ممکن می‌کند (۴). ابهامات موجود در مطالعه شامل ارزیابی کیفیت سامانه تصفیه پس از اعمال تغییرات و اصلاحات ساختاری احجام بیوراکتورها از نتایج حاصل این تحقیق بود (۹). از این حیث مدل‌سازی سینتیکی فرآیند لجن فعال از طریق متغیرهای مختلف در بیوراکتورها صورت پذیرفت، مقادیر ضرایب عددی ثابت‌های بیوسینتیکی به عنوان متغیر شامل μ_{max} ، Y، k، K_d و K_s برای مواد آلی کربنی (BOD یا COD) با بکارگیری تجربیات آزمایشگاهی تعیین شد (۸). این مطالعه با هدف بررسی و تعیین ضرایب سینتیکی رشد سلولی و حذف مواد آلی و

کیفی COD ، BOD_5 ، TSS و VSS (به عنوان متغیرهای وابسته) شد. به این ترتیب که ۱۰۰ نمونه از تانک هوادهی، ۱۰۰ نمونه از لجن فعال برگشتی، ۱۰۰ نمونه از فاضلاب خام ورودی، ۱۰۰ نمونه از پساب خروجی، ۱۰۰ نمونه از ته‌نشینی ثانویه جهت اندازه‌گیری پارامترهای آلی و جامدات برداشته شد. نمونه‌برداری دو بار در هفته تکرار شد. کلیه شرایط نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها بر اساس آخرین روش ارائه شده در کتاب استاندارد متد ورژن ۲۰۰۷ انجام شد.



خانه فاضلاب شهر پردیس شکل (۱): نقشه هوایی تصفیه

پس از راه‌اندازی پایلوت با فاضلاب واقعی، بهره‌برداری از فرایندهای بیولوژیکی صورت گرفت تا شرایط پایدار (Steady State) در راکتورها ایجاد و حفظ گردد، پس از دستیابی به حالت پایدار، نمونه‌برداری و آزمایش‌های پیش‌بینی شده روزانه و هفتگی برای نظارت بر کیفیت پساب، تولید لجن و ویژگی‌های لجن انجام شد. شاخص‌های کنترلی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری، شامل: DO ، pH ، MLSS ، SVI ، SRT برای راهبری و بهره‌برداری صحیح و حفظ شرایط بهینه و پارامترهای اصلی چون COD ، TSS و BOD ، ازت و فسفر و ... پساب خروجی اندازه‌گیری شد. نتایج داده‌های کیفی در این سیستم با توجه بررسی‌های مشابه تغییرات جزئی قابل

مغذی از فاضلاب واقعی برای مدل‌سازی لجن فعال به روش A_2O انجام شد. پارامترهای کیفی فاضلاب شامل اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، اکسیژن خواهی شیمیایی، مواد معلق، اندازه‌گیری شده و راندمان حذف و ضرایب (K_s)، ضریب بازده رشد (Y) و حداکثر رشد بیوستتیک مانند نرخ حداکثر مصرف سوبسترا (K)، ضریب خود تخریب (K_d)، ثابت نیمه‌اشباع ویژه ($\mu_{\max}$) محاسبه گردید (۶).

مواد و روش‌ها

- مشخصات تحقیق

فرایند تصفیه فاضلاب شهر پردیس (شکل (۱)) از نوع فرایند لجن فعال به روش A_2O با قابلیت حذف نیتروژن و فسفر است. کیفیت پساب حاصل از این فرایند، مطابق با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران، جهت تخلیه به آب‌های سطحی و استفاده از آن در کشاورزی است که پس از جمع‌آوری توسط شبکه فاضلاب به طول ۲۳۶ km و تعداد ۶۸۱۲ منهول و خط انتقالی با قطر ۱۲۰۰ mm به ابتدای محدوده سایت تصفیه‌خانه وارد می‌شود. خط انتقال مذکور از نقطه ورود به تصفیه‌خانه شروع و به حوضچه مقسم مدول‌ها منتهی می‌شود. در حال حاضر این تصفیه‌خانه قادر به تصفیه فاضلاب جمعیتی معادل ۱۲۵۰۰۰ نفر با متوسط ظرفیت اسمی $24000 \text{ m}^3/\text{day}$ می‌باشد. حوض بی‌هوازی به منظور حذف بیولوژیکی فسفر، حوض انوکسیک برای حذف بیولوژیکی نیترات و حوض هوازی برای حذف ترکیبات کربنه در این فرایند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش از فاضلاب خام، حوض هوادهی، پساب خروجی، ته‌نشینی ثانویه و لجن فعال برگشتی جمعاً ۵۰۰ نمونه برداشت شد و اقدام به اندازه‌گیری پارامترهای

قبول می‌باشد. این شرایط با کنترل بارگذاری مواد آلی و ثابت بودن نرخ جریان‌های برگشتی مهیا می‌شود. پس از کنترل پایدار بهره‌برداری از پایلوت، متغیرهای وابسته مانند اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول (sCOD)، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی محلول پنج روزه ($sBOD_5$)، ازت، فسفر، جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS)، جامدات معلق فرار مایع مخلوط (MLVSS) مطابق با برنامه تعیین شده اندازه‌گیری شد. آزمایش‌هایی برای تعیین سن لجن در ۱۴ روز و زمان‌های ماند هیدرولیکی در ۹/۶ h انجام پذیرفت. در این مطالعه، میانگین زمان ماند سلولی و زمان ماند هیدرولیکی به عنوان متغیرهای مستقل کنترل کننده برای آهنگ رشد توده زیستی و بار آلی در راکتور هوادهی به کار گرفته شد. سن لجن با دفع روزانه حجم مشخصی از لجن از سامانه تعیین گردید.

فرایند حذف مواد آلی در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر پردیس مبتنی بر سیستم A_2O می‌باشد که ترکیبی از فرایندهای بی‌هوازی، آنوکسیک و هوازی است. در این تحقیق با توجه به محدودیت‌های اطلاعات موجود در تصفیه‌خانه و برای مقایسه بین روش‌های مختلف مدلسازی، صرفاً فرایندهای مختلف آنوکسیک و هوازی تصفیه با استفاده از مدل ASM_1 (مدل ASM_1 یکی از پرکاربردترین مدل‌های لجن فعال می‌باشد که مورد اقبال محققین واقع شده است. این مدل در سال ۱۹۸۷ توسط گروه IAWQ ارائه شد و نخستین مدل رسمی لجن فعال است) و با استفاده از اطلاعات اخذ شده در دوره زمانی یک‌ساله مدل شده است. با توجه به اطلاعات اخذ شده از تصفیه‌خانه، دمای اجرای مدل در $20^\circ C$ تنظیم شد. مدل ASM_1 شامل ۱۳ مولفه است که این مقادیر باید با

توجه به اطلاعات تصفیه‌خانه استخراج گردد. مؤلفه‌ها شامل pH ، دما، $MLVSS$ ، $MLSS$ ، BOD ، $rbCOD$ ، TSS ، نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی، نیتروژن آلی، فسفر کل، باکتری‌های هتروتروف، باکتری‌های اتوتروف هستند. اگرچه پارامترهای مواد محلول غیر قابل تجزیه (S_I) و مواد معلق غیر قابل تجزیه (X_I) فاقد ضریب هستند ولی مقادیر آن‌ها در نمونه فاضلاب در اندازه‌گیری‌های COD و VSS نمونه‌های خروجی حائز اهمیت است.

طراحی پایلوت بر اساس میزان زمان ماند هیدرولیکی (HRT) مطابق با منابع موجود طراحی و انجام شد. میزان جریان فاضلاب ورودی به پایلوت معادل $100 L/h$ ($2/4 m^3/day$) در نظر گرفته شد. زمان ماند حوض بی‌هوازی ۱ h و ۳۳ min، زمان ماند حوض آنوکسیک ۲ h، زمان ماند حوض هوادهی ۹ و ۳۶ min، زمان ماند حوض ته‌نشینی نهایی ۴ h و ۳۰ min در نظر گرفته شد.

- تعیین ضرایب مدل مونود

سرعت مصرف سوبسترا در فرایند هوازی بیولوژیکی با استفاده از معادله (۱) یعنی معادله مونود تعیین شد. در این معادله ضرایب را می‌توان با تغییر مصرف سوبسترای آلی در مقابل تولید بیومس محاسبه نمود.

$$r_{su} = -\frac{K_0 X S}{K_s + S} \quad (1)$$

در این رابطه:

r_{su} : سرعت تغییرات غلظت بیومس بدلیل مصرف آن ($g/m^3.d$)

K_0 : ماکزیمم مصرف سرعت ویژه سوبسترا بر حسب گرم سوبسترا بر گرم میکروارگانیسم در روز؛

در این مدل معادله اصلی مونود را می‌توان به

صورت معادله (۳) بیان کرد.

$$\frac{S}{K} = \frac{S}{K_0} + \frac{K_S}{K_0} \quad (3)$$

– مدل Hofstee

در این مدل معادله اصلی مونود در عبارت

$(K_S + S)/S$ ضرب شده و با ساده کردن عبارت در

نهایت رابطه زیر حاصل خواهد شد.

$$\frac{S}{K} = \frac{1}{K_0} \quad (4)$$

دیاگرام فرآیند پایلوت در شکل (۲) نمایش داده

شده است:

X: غلظت بیومس (g/m^3)

S: غلظت سوبسترای محدود کننده رشد در محلول

(g/m^3)

K_S : ثابت نیمه اشباع، غلظت سوبسترا در نصف

ماکزیمم سرعت ویژه مصرف سوبسترا (g/m^3).

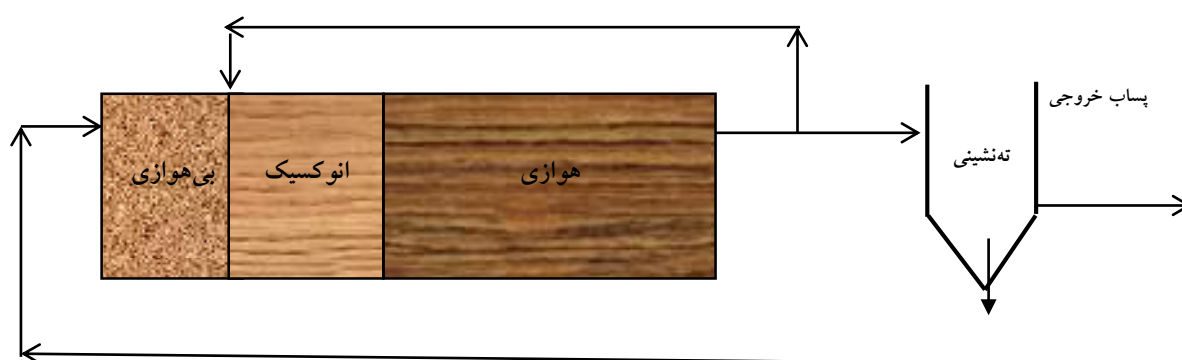
– مدل Lineweaver-Burk

در این مدل معادله اصلی مونود را می‌توان به

صورت معادله (۲) بیان کرد:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{K} \quad (2)$$

– مدل Hanes



شکل (۲): دیاگرام فرآیند

به تصفیه‌خانه در نمودار (۱) نشان داده شده است.

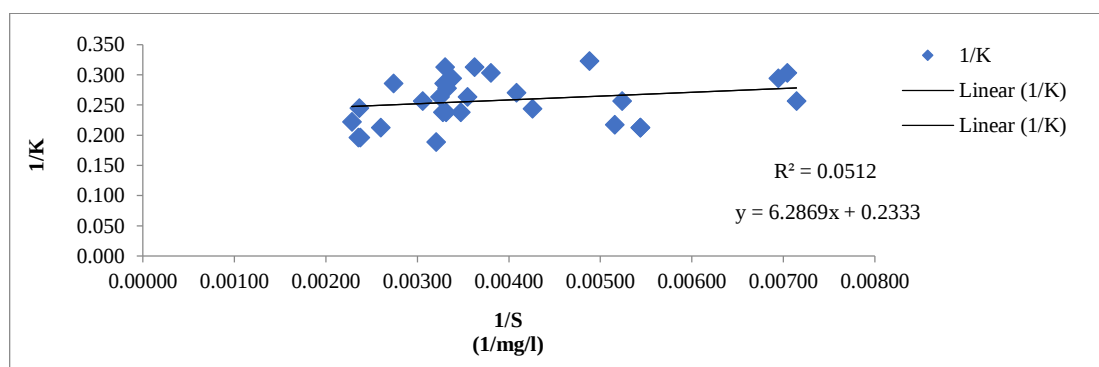
مقادیر K_0 و K_S برای ماه فروردین ۱۴۰۰ به ترتیب به

برابر با $4/28$ و $26/94$ به دست آمده است.

نتایج

رسم نمودار Lineweaver-Burk بر اساس

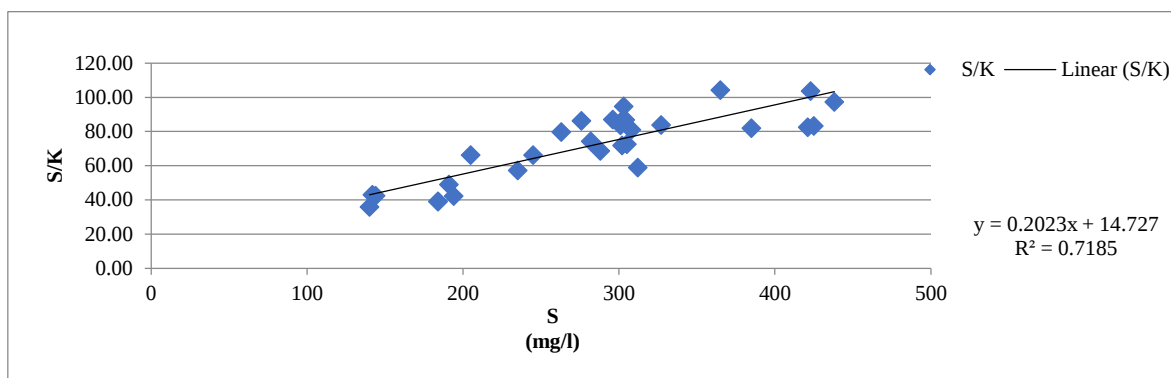
اطلاعات تغییرات غلظت بیومس و سوبسترای ورودی



نمودار (۱): تغییرات عکس غلظت بیومس و عکس ثابت معادله در تصفیه‌خانه واقعی

رسم نمودار Hanes بر اساس اطلاعات تغییرات غلظت بیومس و میزان سوبسترای ورودی به تصفیه-خانه در نمودار (۲) نشان داده است. همانطور که

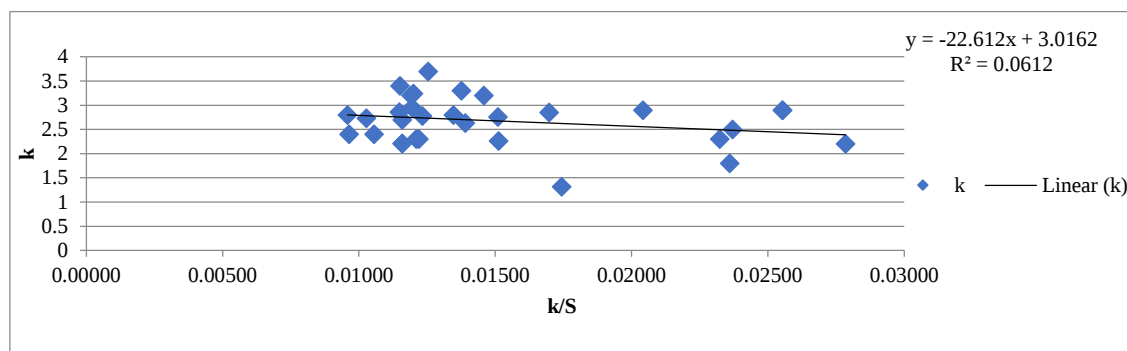
ملاحظه می‌شود مقادیر K_0 و K_S به ترتیب برابر با ۴/۹۴ و ۷۲/۷۹ به دست آمد.



نمودار (۲): تغییرات غلظت بیومس و سوبسترای ورودی به تصفیه‌خانه

رسم نمودار Hofstee براساس اطلاعات تغییرات غلظت بیومس و میزان سوبسترای ورودی به تصفیه‌خانه در نمودار (۳) نشان داده شده است.

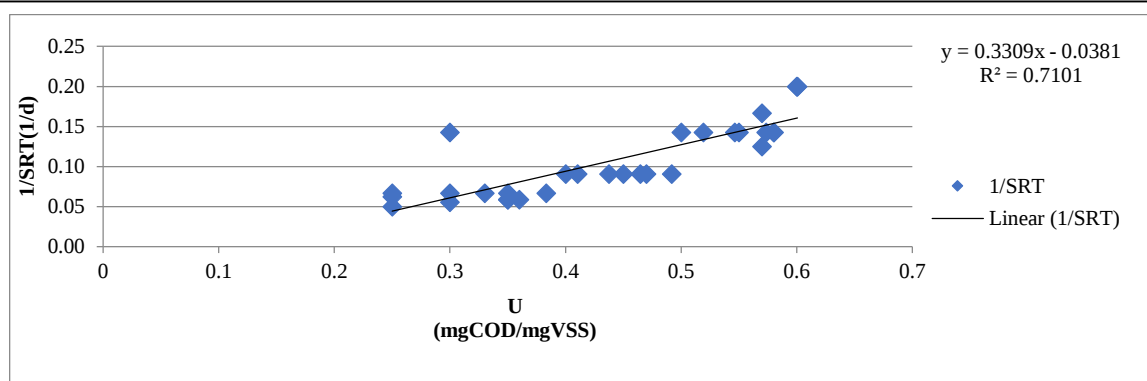
همانطور که ملاحظه می‌شود مقادیر K_0 و K_S به ترتیب برابر با ۳/۰۱ و ۲۲/۶۱۲ به دست آمده است.



نمودار (۳): تغییرات ثابت معادله و میزان سوبسترای ورودی به تصفیه‌خانه

با رسم نمودارهای $1/SRT$ در مقابل U ضرایب سینتیکی تعیین شد. با خطی کردن نمودار ذکر شده،

عرض از مبدأ این نمودار معرف K_d و شیب نشان دهنده Y می‌باشد.



نمودار (۴): تأثیر زمان ماند سلولی بر نرخ مصرف سوبسترا

ترتیب، علاوه بر این، مناسب‌ترین شرایط عملیاتی برای لجن فعال در بین SMBR ها OLR، $gCOD/L.day$ و 0.1 و 15 SRT روز بود. تحت این شرایط بهینه، راندمان حذف COD $92/8$ درصد و μ_{max} $1/day$ $3/708$ به دست آمد. جداول (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب مشخصات تصفیه‌خانه و غلظت پارامترهای مختلف در زمان تحقیق، نتایج ناشی از مدل ASM1 و مقایسه آن با مدل مونود و مشخصات پایلوت در فاصله زمانی تحقیق را نشان می‌دهند.

همان‌طور که از نمودار (۴) مشخص است مقدار Y برابر با 0.33 و K_d برابر با 0.03 است. علیزاد اقیانوس و همکاران (۸) در یک بررسی مشابه در نهایت به این نتایج دست یافتند که کیفیت کف در OLR $gCOD/L.day$ 0.3 در مقایسه با OLRهای بیش‌تر در همه SRTها بالاتر بود. مشخص شد که بازده (Y)، ضریب فروپاشی درون‌زا (k_d)، حداکثر نرخ رشد ویژه (μ_{max}) و ثابت اشباع (K_s) چهار SMBR در محدوده $1/day$ $3/1561$ ، mg/mg $232/55-73/53$ و $1/269-3/708$ $mgCOD/L$ و $145/8-2/57$ به

جدول (۱): مشخصات بهره‌برداری تصفیه‌خانه در فاصله زمانی انجام تحقیق

ردیف	محل	T (C)	pH	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD5 (mg/L)	COD (mg/L)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	SVI	DO
۱	میانگین	۲۳/۵	۷/۵	۸۵۶	۲۴۰/۹	۲۱۹	۳۸۴	-	-	-	-
۲	ورودی	۲۴-۲۳	۶/۵-۸	۹۶۰-۶۵۰	۱۹۵-۲۹۷	۱۸۷-۲۳۴	۳۳۹-۴۴۸	-	-	-	-
۳	مخزن	۲۲	۷/۸	-	-	-	-	۲۸۵۰	۲۱۵۰	۱۱۶	۳/۸
۴	هوادهی	۲۳-۲۱/۵	۸-۷/۵	-	-	-	-	۳۱۸۵-۲۴۳۵	۲۴۶۵-۱۹۵۵	۱۳۴-۹۳	۴/۳-۲/۹
۵	میانگین	۲۳/۲	۶/۸	۵۳۲	۱۴	۷/۵	۲۱	-	-	-	-
۶	خروجی	-۲۲/۸	-۶/۵	۶۰۵-۴۹۵	۱۸-۱۱	۹/۵-۴	۲۷-۱۷	-	-	-	-
	محدوده	۲۳/۶	۷/۲								

جدول (۲): نتایج ضرایب سینتیکی تعیین شده با استفاده از مدل ASM1 و مقایسه آن با نتایج مدل موند

توصیه محدوده شده توصیه مقدار و متکف شده ادی	توصیه محدوده شده توصیه مقدار و متکف شده ادی	آزمایشگاهی پایلوت از حاصل نتایج			نتایج بهره‌برداری تصفیه‌خانه	مدل ASM ₁	واحد	ضریب سینتیکی
		مدل Hofstee	مدل Hanes	مدل Lineweaver-Burk				
۲۵-۱۰۰	۲۰	۲۱/۴۹	۵۲/۰۲	۲۸/۹۲	۳۵/۴	۲۷/۹	g COD/m ³	K _s
۲-۱۰	۶	۲/۹۹	۴/۷۱	۴/۳۷	۳/۳۵	۴/۴	1/day	μ _H (k ₀)
۰/۰۶-۰/۱۵	۰/۰۶۲		۰/۰۱		۰/۰۱۵	۰/۰۰۸۵	1/day	b _H (k _d)
۰/۳-۰/۶	۰/۶۷		۰/۲۷		۰/۳۲	۰/۴۲	gCOD XH /(gCOD SS)	Y _H
۰/۰۸-۰/۲	۰/۰۸	-	-	-	-	۰/۰۸	-	f _p
-	۳	-	-	-	-	۲/۴	(g cell COD/ day)	k _h
-	۰/۰۳	-	-	-	-	۰/۰۲۵	(g cell COD/ day)	K _x

جدول (۳): مشخصات بهره‌برداری پایلوت در فاصله زمانی انجام تحقیق

ردیف	محل	T (°C)	pH	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD5 (mg/L)	COD (mg/L)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	SVI	DO
۱	میانگین	۲۴	۷/۵	۵۷۶	۱۶۴	۱۹۶	۲۸۹	-	-	-	-
۲	ورودی	۲۵-۲۳	۶/۵-۸	۴۲۵-۶۳۴	۱۳۵-۲۴۲	۱۶۲-۲۱۷	۲۴۳-۳۳۷	-	-	-	-
۳	میانگین	۲۳	۷/۸	-	-	-	-	۲۶۵۰	۱۹۶۰	۱۰۳	۳/۲
۴	مخزن	-۲۱/۵	-	-	-	-	-	۳۱۸۵-۲۴۳۵	۲۳۱۵-۱۸۲۰	۱۲۱-۸۰	-۲/۷
۵	هوادهی	۲۴	۸-۷/۵	-	-	-	-	-	-	-	۳/۹
۶	میانگین	۲۳/۵	۷	۴۸۹	۱۲	۶/۵	۱۹	-	-	-	-
۷	خروجی	-۲۲/۵	-۶/۵	۴۵۴-۵۱۹	۱۵-۱۰	۸-۴	۲۴-۱۷	-	-	-	-
۸	محدوده	۲۳/۴	۷/۲	-	-	-	-	-	-	-	-

بحث

SS $gCOD/0.42$ (برای بهره‌برداری تصفیه‌خانه
SS $gCOD/0.32$ و K_x برابر با $g\ cell$
COD.day 0.25 تعیین شد.

از طرف دیگر ضرایب سینتیکی رشد
میکروارگانیسم‌ها در محدوده توصیه شده مراجع قرار
داشته و به عبارت دیگر راهبری تصفیه‌خانه از لحاظ
راندمان حذف و شرایط بیولوژیکی انجام فرایند در
شرایط مطلوبی است. مقایسه بین اطلاعات اخذ شده
از تصفیه‌خانه و نتایج حاصل از مدل برای هر سه
پارامتر اندازه‌گیری شده در بخش یافته‌ها مشخص
است. همانطور که ملاحظه می‌شود، انطباق خوبی بین
نتایج اخذ شده از تصفیه‌خانه و مدل وجود دارد.

همان‌طور که ملاحظه شد همبستگی مناسبی برای
ضرایب سینتیکی فرایندهای بیولوژیکی بین نتایج
حاصل از بررسی رشد میکروارگانیسم‌ها در پایلوت
آزمایشگاهی، نتایج حاصل از بهره‌برداری و مدل
ASM₁ مشاهده می‌شود.

مطابق با جدول (۲)، ضرایب سینتیکی K_s برابر با
 $27/9\ gCOD/m^3$ (برای بهره‌برداری تصفیه‌خانه g
 $35/4\ COD/m^3$)، $\mu_H (k_0)$ به میزان $1/day\ 4/4$ (برای
بهره‌برداری تصفیه‌خانه برابر با $1/day\ 3/35$)، $b_H (k_d)$
به میزان $1/day\ 0.085$ (برای بهره‌برداری تصفیه‌خانه
برابر با $1/day\ 0.15$)، Y_H برابر با $gCOD\ XH$

بالاتر میزان ضریب بازدهی و نرخ رشد بالاتر خواهد شد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان همه نکات اخلاقی از جمله عدم سرقت ادبی، عدم انتشار مقاله در سایر نشریه‌ها، عدم تحریف داده‌ها و پرهیز از داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

قدردانی و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری تخصصی محیط زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوشهر با عنوان «طراحی پایلوت و مدل‌سازی فرآیند A_2O جهت ضرایب سینتیکی رشد سلولی برای افزایش راندمان حذف مواد آلی و مغذی از فاضلاب، مورد مطالعه: تصفیه‌خانه پردیس» و بدون کد است. نهایت تشکر و سپاس از کلیه مدیران آب و فاضلاب شرق استان تهران بابت همکاری، همیاری و هماهنگی در انجام این مطالعه را داریم.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

منابع

- [1] Naghizadeh, A., Mahvi, A.H., Vaezi, F., Naddafi, K., 2008, Evaluation of hollow fiber membrane bioreactor efficiency for municipal wastewater treatment. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering, 5(4), 257.
- [2] Bina, B., Mohammadi, F., Amin, M.M., Pourzamani, H.R., Yavari, Z., 2018, Evaluation of the effects of AlkylPhenolic compounds on kinetic coefficients and biomass activity in MBBR by means of respirometric techniques. Chinese Journal of Chemical Engineering, 26, 822.
- [3] Orhon, D., Cokgor, E.U., Insel, G., Karahan, O., Katipoglu, T., 2009, Validity of Monod kinetics at different sludge ages – Peptone biodegradation

اختلاف بین نتایج حاصل از اطلاعات تصفیه‌خانه و مدل با استفاده از میانگین مطلق خطا در ماه‌های مختلف بهره‌برداری، اندازه‌گیری شد که به ترتیب برای VSS، COD و sCOD معادل $6/8$ ، $4/3$ ، $8/9$ درصد اختلاف وجود داشت. نوشادی و همکاران (۱۵) در یک بررسی مشابه آزمایش‌های غلظت اکسیژن‌خواهی شیمیائی فاضلاب ورودی و خروجی و جامدات فرار مایع مخلوط شده، حین هوادهی و پس از ته‌نشینی را بر اساس استاندارد متد، برای ۲۸ بار راه‌اندازی پایلوت در ۲۸ روز انجام دادند. در این پژوهش ضریب فروپاشی درونی و ضریب بازدهی رشد به ترتیب معادل $0/1264$ 1/day و $0/6079$ gVSS/gCOD به‌دست آمد. حداکثر نرخ ویژه مصرف ماده غذایی و ثابت نیمه‌اشباع ماده غذایی به ترتیب $3/3467$ ، $25/305$ gCOD/m، میزان نرخ ویژه مصرف ماده غذایی یا ضریب بازدهی در تحقیق ما $0/27$ gCOD/gVSS.d است و ثابت نیمه‌اشباع K_s برابر با $27/9$ gCOD/m به‌دست آمده است این نتیجه، نشان می‌دهد که مواد آلی (COD) موجود در فاضلاب شهر پردیس قابلیت تجزیه‌پذیری بالاتری داشته است (sCOD).

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج به‌دست آمده ضرایب سینتیکی در مدل‌های Lineweaver-Burk و Hanes مناسب بوده ولی در مدل Hofstee میزان K و K_d کم‌تر از میزان بهینه جهت بهره‌برداری مناسب پایلوت به‌دست آمده است. همچنین ضریب بازدهی و میزان نرخ رشد، پایین‌تر از میزان بهینه است که نشان می‌دهد میزان بار آلی ورودی به پایلوت به علت ورودی نشتاب و روان آب سطحی بسیار رقیق شده است که در غلظت‌های

Journal of Environmental Health Science and Engineering, 19, 1681.

[14] Jones, E.R., van Vliet, M.T.H., Qadir, M., Bierkens, M.F.P., 2021, Country-level and gridded estimates of wastewater production, collection, treatment and reuse. *Earth System Science Data*, 13, 237.

[15] Noshadi, M., Ahadi, A. 2017, Determination of kinetic coefficients on Shiraz municipal wastewater treatment plant by batch reactor. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 47(2), 63. (in Persian)

under aerobic conditions. *Bioresource Technology*, 100, 5678.

[4] Lee, E., Zhang, Q., 2016, Integrated co-limitation kinetic model for microalgae growth in anaerobically digested municipal sludge centrate. *Algal Research*, 18, 15.

[5] Xu, F., Huang, Z., Miao, H., Ren, H., Zhao, M., Ruan, W., 2013, Identical full-scale biogas-lift reactors (BLRs) with anaerobic granular sludge and residual activated sludge for brewery wastewater treatment and kinetic modeling. *Journal of Environmental Sciences*, 25, 2031.

[6] Baeten, J.E., van Loosdrecht, M.C.M., Volcke, E.I.P., 2018, Modelling aerobic granular sludge reactors through apparent half-saturation coefficients. *Water Research*, 146, 134.

[7] Xu, J., Cheng, Z., Ren, C., Yi, L., Wei, W., Jin, H., Gou, L., 2022, Supercritical water gasification of oil-containing wastewater with a homogeneous catalyst: Detailed reaction kinetic study. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47, 25541.

[8] Alizad Oghyanous, F., Etemadi, H., Yegani, R., 2020, Foaming control and determination of biokinetic coefficients in membrane bioreactor system under various organic loading rate and sludge retention time. *Biochemical Engineering Journal*, 157, 107491.

[9] Karkare, M., Murthy, Z.V.P., 2012, Kinetic studies on agrochemicals wastewater treatment by aerobic activated sludge process at high MLSS and high speed agitation. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18, 1301.

[10] Lee, E., Cumberbatch, J., Wang, M., Zhang, Q., 2017, Kinetic parameter estimation model for anaerobic co-digestion of waste activated sludge and microalgae. *Bioresource Technology*, 228, 9.

[11] Paul, S.R., Das, R., Debnath, A., 2023, Sequential coagulation/flocculation and sonolytic oxidation using persulfate and hydrogen peroxide for real rubber processing industry wastewater treatment: Kinetic modelling and treatment cost analysis. *Materials Today: Proceedings*, 77, 247.

[12] Hu, Z., Wentzel, M.C., Ekama, G.A., 2003, Modelling biological nutrient removal activated sludge systems-a review. *Water Research*, 37, 3430.

[13] Rezvani Ghalhari, M., Schönberger, H., Askari Lasaki, B., Asghari, K., Ghordouei-Milan, E., Rezaei Rahimi, N., Yousefi, S., Vakili, B., Mahvi, A.H., 2021, Performance evaluation and siting index of the stabilization ponds based on environmental parameters: A case study in Iran.

“Research article”

Evaluation, comparison, and analysis of the exhaust pollutant emissions from Peugeot TU5 and XU7 internal combustion engines

**Mohammad Amin Argiv^{1,2}, Seyed Mohammad Reza Nazemosadat^{1,2,*}, Ahmad Afsari^{1,2},
Mohammad Mohammadi^{1,2}**

¹ Department of Mechanical Engineering, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

² Institute of Manufacturing Engineering and Industrial Technologies, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

*Corresponding Author: smr.nazemosadat@iau.ac.ir; reza_nazemosadat@yahoo.com

(Received: 11 May 2025, Accepted: 17 July 2025)

Abstract

Air pollution is one of the most critical environmental crises facing humanity today, with motor vehicles playing a major role. Therefore, assessing the emission levels of air pollutants from vehicles is more important than ever. This study aimed to evaluate the emissions of air pollutants from vehicles equipped with TU5 and XU7 engines through direct sampling of pollutant gases and modeling using the IVE software. Data related to the emission of CO, CO₂, NO_x, VOC, and HC gases were collected from 720 vehicles with these two engine types over a four-month period at the Shiraz vehicle inspection center, using a five-gas analyzer. Additionally, the amount of PM₁₀ particulate matter was estimated through modeling in the IVE software, based on fleet data, environmental conditions, and vehicle performance characteristics. Sampling was conducted under two conditions: when the vehicle was idling and when it was moving at an average speed of 10 km/h. The measured values were recorded, and all data were entered into the environment and fleet input files of the IVE software to extract emission factors of pollutants. The results from the vehicle inspection center showed that the TU5 engine, due to its more advanced design, performed better in reducing gaseous pollutants compared to the XU7 engine. Under idling conditions, emissions of CO and HC gases for both engine types were higher than under driving conditions. Moreover, the XU7 engine exhibited higher emissions of CO and NO_x compared to the TU5 engine. Modeling the emission factors using the IVE model revealed that the software overestimated CO and CO₂ emissions from gasoline vehicles compared to actual data, while for PM₁₀ and VOC pollutants, the measured values were higher than model predictions. TU5 vehicles performed better in reducing pollutants under driving conditions, but their emissions significantly increased under idling conditions. This study emphasizes the need to optimize and localize the IVE model to improve its predictive accuracy. The findings of this research can contribute to improved engine design, the adoption of advanced technologies, and the implementation of effective environmental policies to reduce air pollution and enhance urban life quality.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Evaluation, Emissions, Internal combustion engine, IVE model, Peugeot TU5 and XU7 engine



دوره ۲، شماره ۱، پیاپی ۵
بهار ۱۴۰۴، صفحات ۷۹-۱۰۳

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
فصلنامه آلودگی‌های محیطی و توسعه پایدار شهری

«مقاله پژوهشی»

سنجش، مقایسه و تحلیل میزان انتشار آلاینده‌های خروجی اگزوز موتورهای احتراق داخلی پژو TU5 و XU7

محمد امین آرگیو^۱، سید محمد رضا ناظم‌السادات^{۲،*}، احمد افسری^۳، محمد محمدی^۴

^۱ گروه مهندسی مکانیک، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

^۲ دانشکده مهندسی ساخت و فناوری‌های صنعتی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: smr.nazemosadat@iau.ac.ir; reza_nazemsadat@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱، پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۴/۲۶)

چکیده

در دنیای امروز، آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین بحران‌های زیست‌محیطی است که بشریت با آن مواجه است و وسایل نقلیه موتوری نقش عمده‌ای در آن دارند. بنابراین، نیاز به بررسی میزان انتشار آلاینده‌های هوا از وسایل نقلیه بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. این مطالعه با هدف ارزیابی انتشار آلاینده‌های هوا از وسایل نقلیه مجهز به موتورهای XU7 و TU5 از طریق نمونه‌برداری مستقیم از گازهای آلاینده و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار IVE انجام شد. برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به انتشار گازهای CO، CO₂، NO_x، VOC و HC از ۷۲۰ وسیله نقلیه با این دو نوع موتور طی چهار ماه در مرکز معاینه فنی خودرو شیراز، با استفاده از دستگاه آنالیزور پنج‌گاز نمونه‌برداری شد. همچنین، میزان ذرات معلق PM₁₀ از طریق مدل‌سازی در نرم‌افزار IVE و بر اساس داده‌های ناوگان، شرایط محیطی و ویژگی‌های عملکردی وسایل نقلیه برآورد گردید. نمونه‌برداری در دو حالت انجام شد: زمانی که وسیله نقلیه در حالت درجا و زمانی که با سرعت متوسط ۱۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کرد. مقادیر اندازه‌گیری‌شده، ثبت شدند و سپس تمام داده‌ها در دو فایل محیطی و ناوگان در نرم‌افزار IVE وارد شدند تا فاکتورهای انتشار آلاینده‌ها استخراج شوند. نتایج مرکز معاینه فنی خودرو نشان داد که موتور TU5 به دلیل طراحی پیشرفته‌تر، در کاهش آلاینده‌های گازی عملکرد بهتری نسبت به موتور XU7 دارد. در شرایط درجا، میزان انتشار گازهای CO و HC برای هر دو نوع موتور در مقایسه با شرایط حرکت بیش‌تر بود. همچنین، مشخص شد که موتور XU7 میزان انتشار CO و NO_x بیش‌تری نسبت به موتور TU5 دارد. مدل‌سازی عوامل انتشار با استفاده از مدل IVE نشان داد که این مدل میزان انتشار CO و CO₂ از خودروهای بنزینی را در مقایسه با داده‌های واقعی بیش از حد تخمین زده است، در حالی که برای آلاینده‌های PM₁₀ و VOC مقادیر واقعی بالاتر از برآوردهای مدل بودند. خودروهای TU5 در شرایط حرکتی عملکرد بهتری در کاهش آلاینده‌ها داشتند، اما در شرایط درجا میزان انتشار آن‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. این مطالعه بر لزوم بهینه‌سازی و تطبیق مدل IVE با شرایط محلی برای افزایش دقت پیش‌بینی آن تأکید می‌کند. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به بهبود طراحی موتور، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثر در جهت کاهش آلودگی هوا و ارتقای کیفیت زندگی شهری کمک کند.

واژه‌های کلیدی: سنجش، آلودگی، موتور احتراق داخلی، مدل IVE، موتور پژو TU5 و XU7

مقدمه

آلودگی هوا به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی جهان تبدیل شده است که سلامت انسان‌ها، حیوانات، و کل اکوسیستم را تهدید می‌کند. این مشکل به‌ویژه در کلان‌شهرهایی مانند تهران، که تراکم جمعیت و ترافیک بالاست، اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند. بر اساس گزارش‌های بین‌المللی، بیش از ۳۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی از وسایل نقلیه موتوری منتشر می‌شود، که این رقم در ایران به بیش از ۸۵ درصد در مناطق شهری می‌رسد. گزارش‌ها نشان می‌دهند که سهم منابع متحرک در ایجاد آلودگی هوای شهرهای مختلف ایران به ترتیب بین ۸۵ تا ۹۰ درصد است (۱). آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه شامل گازهای خطرناکی مانند مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO₂)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، و ذرات معلق می‌شود. این آلاینده‌ها اثرات مخربی بر سیستم تنفسی، قلبی-عروقی، و حتی سیستم عصبی انسان‌ها دارند. همچنین، این گازها نقش مستقیمی در تغییرات اقلیمی و افزایش گرمایش جهانی ایفا می‌کنند (۲). در کنار مشکلات بهداشتی، آلودگی هوا اثرات اقتصادی جبران‌ناپذیری نیز به همراه دارد. افزایش هزینه‌های درمانی، کاهش بهره‌وری نیروی کار، و آسیب به زیرساخت‌های شهری از جمله پیامدهای این معضل هستند. این امر لزوم استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تر در صنعت خودروسازی و تغییر سیاست‌های مرتبط با مدیریت حمل و نقل را آشکار می‌سازد.

آلودگی هوا نه‌تنها به سلامت انسان‌ها آسیب می‌رساند بلکه تأثیرات اقتصادی شدیدی نیز به همراه دارد. به‌عنوان مثال، در سال ۲۰۲۱ هزینه‌های درمانی

مرتبط با بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا در ایران به بیش از ۸ میلیارد دلار رسید. همچنین، کاهش بهره‌وری نیروی کار و آسیب به زیرساخت‌های شهری از دیگر پیامدهای اقتصادی آلودگی هواست. از نظر سلامتی، آلاینده‌هایی نظیر NO_x و ذرات معلق (PM 2.5) اثرات مستقیمی بر سیستم تنفسی و قلبی-عروقی دارند. تحقیقات نشان داده است که افزایش هر ۱۰ میکروگرم در مترمکعب از غلظت PM 2.5 می‌تواند خطر مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی را تا ۶ درصد افزایش دهد (۳).

در زمینه تکنولوژی موتور خودرو سواری، خودروهای مجهز به موتورهای TU5 و XU7 بیش‌ترین سهم را در خودروهای داخلی ایران دارند. موتور TU5 به دلیل طراحی پیشرفته‌تر و سیستم سوخت‌رسانی بهینه، توانسته است انتشار گازهای آلاینده را تا ۳۰ درصد کم‌تر از موتور XU7 کاهش دهد. برای مثال، موتور TU5 در شرایط استاندارد، حدود ۰/۱۸ گرم NO_x در هر کیلومتر تولید می‌کند، در حالی که این مقدار در موتور XU7 به ۰/۳۰ گرم می‌رسد. همچنین، مصرف سوخت موتور TU5 به‌طور میانگین ۶/۵ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر است که در مقایسه با مصرف ۸/۵ لیتری موتور XU7، بهره‌وری بیش‌تری نشان می‌دهد. با این حال، به دلیل گستردگی استفاده از موتور XU7، این موتور همچنان سهم قابل‌توجهی در تولید آلاینده‌های شهری دارد (۴).

در همین راستا، توجه به طراحی سازه‌ای خودرو و عوامل آیرودینامیکی نیز نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها دارد. در یک مطالعه مکمل، محمدی و همکاران در سال ۲۰۲۵، با بهره‌گیری از روش‌های عددی تحلیل المان محدود و

دینامیک سیالات محاسباتی، به ارزیابی جامع عملکرد سازه‌ای و آیرودینامیکی بدنه یک خودروی برقی پرداختند که نتایج آن می‌تواند مکمل تحلیل‌های آلاینده‌ی و مصرف سوخت باشد. یافته‌های آن پژوهش ضمن شناسایی نقاط بحرانی بدنه خودرو در برابر ارتعاشات و مقاومت هوا، راهکارهایی برای طراحی سبک‌وزن‌تر و پربازده‌تر ارائه داده است که از منظر زیست‌محیطی نیز می‌تواند در کاهش مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها مؤثر واقع شود (۵).

برای تحلیل دقیق میزان آلاینده‌های تولیدشده، استفاده از ابزارهای مدل‌سازی ضروری است. نرم‌افزار IVE^۱ یکی از پیشرفته‌ترین ابزارها در این زمینه است که امکان شبیه‌سازی آلاینده‌ها در شرایط مختلف عملکردی خودرو را فراهم می‌کند. به‌عنوان مثال، نتایج یک مطالعه در تهران نشان داد که استفاده از سوخت یورو ۴ و بهینه‌سازی سیستم سوخت‌رسانی می‌تواند تا ۴۰ درصد از تولید NOx بکاهد. علاوه بر این، داده‌های مدل‌سازی نشان داده‌اند که رانندگی پرشتاب و ناگهانی می‌تواند تا ۳ برابر میزان تولید CO₂ را افزایش دهد (۳).

در سال‌های اخیر مطالعات مختلفی به بررسی دقت و قابلیت‌های مدل IVE پرداخته‌اند. صابریان ثانی و همکاران^۲ در سال ۲۰۲۵ به مقایسه تحلیلی مدل‌های COPERT و IVE پرداختند و نشان دادند که مدل IVE در شرایط محدود داده‌ای، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، عملکرد بهتری دارد (۶). هافشا و همکاران^۳ نیز در سال ۲۰۲۵ با استفاده از مدل IVE در شهر باندا آچه، فاکتورهای انتشاری CO₂ را برای

وسایل نقلیه موتورسیکلت و سواری تخمین زدند و کاربرد موفق مدل در محیط‌های واقعی را تأیید کردند (۷). همچنین، یانگ و همکاران^۴ در سال ۲۰۲۵ با بررسی کامل فرآیند انتشار VOC در خودروها، اهمیت در نظر گرفتن انتشار تبخیری را در کنار انتشار اگزوزی نشان دادند و تأکید کردند که این عوامل باید در چارچوب مدل‌هایی نظیر IVE لحاظ شوند (۸).

هوی و همکاران^۵ در سال ۲۰۰۷، مدل بین‌المللی انتشار آلاینده‌های خودرو (IVE) را در چین ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که مدل IVE انتشار CO را به‌خوبی پیش‌بینی می‌کند، اما انتشار NO_x را تا ۱/۵ تا ۳/۵ برابر بیش از حد برآورد می‌کند. این یافته‌ها ضرورت اعمال اصلاحات در مدل IVE را برای پیش‌بینی دقیق‌تر آلاینده‌ها نشان داد (۹).

میرمحمودی و همکاران در سال ۲۰۱۶، به بررسی تأثیر تزریق همزمان گاز طبیعی و بنزین بر عملکرد و آلاینده‌ی موتورهای دوگانه‌سوز پرداختند. نتایج نشان داد که این ترکیب منجر به کاهش کلی آلاینده‌های NO_x، HC و CO₂ شده، اما تولید CO افزایش یافته است. این پژوهش نشان داد که مدل شبیه‌سازی‌شده به‌خوبی با داده‌های تجربی مطابقت دارد و تزریق همزمان قدرت و گشتاور موتور را کاهش می‌دهد (۱۰).

آدواگبا و همکاران^۶ در سال ۲۰۱۳، در این تحقیق، مقادیر آلاینده‌ی یک خودروی فولکس‌واگن مدل ۱۹۹۶ را در حالت‌های مختلف بررسی کردند. نتایج نشان داد که خودروهای فرسوده به دلیل عملکرد ضعیف موتور و سیستم احتراقی ناقص، آلاینده‌های

^۴ Yang et al.

^۵ Huiet al.

^۶ Aduagba et al.

^۱ International Vehicle Emissions

^۲ Saberiysani et al.

^۳ Hafsha et al.

CO، HC و NO را در سطوح بالاتری نسبت به استانداردهای یورو ۲ تولید می‌کنند. این مطالعه بر لزوم ارتقای استانداردهای آلاینده‌گی تأکید داشت (۱۱).

توماس و همکاران^۱ در سال ۲۰۲۳، در این پژوهش به بررسی امکان ادغام آزمایش‌های انتشار NO_x در فرآیندهای بازرسی فنی دوره‌ای (PTI) در اتحادیه اروپا پرداختند. نتایج نشان داد که روش‌های تست دور آرام و دور آرام بالا پتانسیل بالایی در شناسایی آلاینده‌ها دارند، اما برای کاهش انتشار واقعی، آزمایش‌های پیشرفته‌تر ضروری است (۱۲).

یوسفی و همکاران در سال ۲۰۱۶، در این مطالعه به بررسی آلاینده‌های خروجی از خودروهای پژو ۲۰۶، سمند معمولی، و سمند تاکسی در مشهد پرداختند. نتایج نشان داد که سمند معمولی و تاکسی میزان بیش‌تری آلاینده‌های HC و CO تولید می‌کنند، در حالی که پژو ۲۰۶ میزان بیش‌تری CO₂ تولید می‌کند. این تفاوت‌ها به مکانیسم احتراق سوخت در این خودروها مرتبط است (۱).

اشرفی و همکاران در سال ۲۰۱۸، با استفاده از مدل IVE، این مطالعه تأثیر گسترش خطوط اتوبوس‌های تندرو (BRT) بر آلودگی هوا را در تهران بررسی کردند. نتایج نشان داد که گسترش این خطوط موجب کاهش قابل‌توجه آلاینده‌هایی نظیر CO₂ و ترکیبات آلی فرار شد، اما برخی آلاینده‌ها مانند اکسیدهای نیتروژن کمی افزایش یافتند (۱۳).

دهقان و همکاران در سال ۲۰۱۹، در این پژوهش، میزان آلاینده‌گی خروجی اگزوز خودروهای سبک در شیراز را بررسی کردند. نتایج نشان داد که خودروهای قدیمی‌تر مانند پژو GLX و پژو پارس، میزان بیش‌تری

CO و HC تولید می‌کنند، اما تولید CO₂ با افزایش سال ساخت خودرو افزایش می‌یابد. این مطالعه اهمیت معاینه فنی منظم و ارتقای فناوری‌های موتور خودروها را برجسته کرد (۱۴).

صابریان ثانی و همکاران در سال ۲۰۲۴ با مقایسه انتشار واقعی آلاینده‌ها با مدل IVE نشان دادند که این مدل در برآورد برخی آلاینده‌ها مانند NO_x تا حدودی دقیق است، اما برای آلاینده‌های دیگر، به اعمال ضرایب تصحیح نیاز دارند (۱۵).

مادزیل و همکاران^۲ در سال ۲۰۲۱، در این پژوهش، با جایگزینی ۲۵ درصدی وسایل نقلیه موتوری با وسایل نقلیه الکتریکی در لهستان، منجر به کاهش ۳۰ درصدی غلظت PM₁₀ در طول جاده‌ها شد. این مطالعه مزایای ناوگان‌های الکتریکی در کاهش آلاینده‌ها را برجسته کرد (۱۶).

طاهرسارایی و همکاران در سال ۲۰۱۱، در پژوهشی به بررسی فاکتورهای انتشار آلاینده‌ها در خودروهای پژو ۴۰۵ در شهر ایلام پرداختند. این مطالعه نشان داد که حدود ۵۶/۷ درصد از کل بنزین مصرفی شهر ایلام توسط خودروهای پژو ۴۰۵ مصرف می‌شود و این میزان به تولید سالانه مقادیر قابل‌توجهی از آلاینده‌ها منجر شده است؛ به‌طوری‌که HC برابر با ۱/۹۸ تن، CO حدود ۱۶/۶۵ تن، CO₂ حدود ۱۷۲۶ تن و NO حدود ۷/۴۹ تن در سال تولید می‌شود. همچنین، محاسبات نشان داد که از مجموع ۳۱۵۲۲/۸۵۳ تن آلاینده‌های تولیدی توسط خودروهای فعال در این شهر، سهم پژو ۴۰۵ برابر با ۵/۷ درصد است. این پژوهش نشان داد که کاهش سن خودرو ارتباط مستقیمی با کاهش آلاینده‌ها دارد و عدم

² Mądziol et al.
۸۳

¹ Thomas et al.

انجام معاینه فنی طی یک سال منجر به افزایش حدود ۱۰ درصدی انتشار برخی آلاینده‌ها مانند HC شده است. مقایسه این آلاینده‌ها با استانداردهای آمریکایی نیز نشان داد که مقادیر آلاینده‌هایی مانند CO و NO حدود سه برابر بیش‌تر از حد استانداردهای تعریف‌شده پس از سال ۲۰۰۰ است (۱۷).

مجنونی و همکاران در سال ۲۰۲۳، در مطالعه‌ای به مقایسه آلاینده‌های ناشی از سوخت بنزین و گاز طبیعی در یک موتور دوگانه‌سوز پرداختند. این پژوهش نتایج تست‌های معاینه فنی روی موتور TU5 را ارائه می‌دهد که نشان داد درصد حجمی کربن مونوکسید خروجی از اگزوز در حالت بنزین ۷۰ درصد بیش‌تر از حالت گاز است و کربن دی‌اکسید نیز ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. با این حال، عدد لامبدا در حالت گاز برابر با ۱/۰۲ و در حالت بنزین ۱/۰۱۳ است که مقدار بنزین به عدد ایده‌آل نزدیک‌تر است. پژوهشگران پیشنهاد کردند که برای بهبود احتراق در حالت گاز، از تجهیزات خشک‌کن گاز طبیعی در جایگاه‌های عرضه سوخت استفاده شود تا رطوبت اضافی به مخزن خودرو وارد نشود (۱۸).

رضازاده در سال ۲۰۰۸، وضعیت انتشار گازهای آلاینده از خودروهای بنزینی در شهر قزوین را مطالعه و بررسی کرد. در این پژوهش، خروجی اگزوز ۶۳ خودرو از مدل‌های مختلف با پارامترهایی همچون HC، CO₂، CO، O₂ و NO اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که از نظر انتشار HC، خودروی شورلت بیش‌ترین میزان و تاکسی‌های پیکان کم‌ترین میزان را داشتند، درحالی‌که پژو ۲۰۶ از نظر هر دو شاخص HC و CO بهترین وضعیت را داشت. به‌طورکلی، ۷۷ درصد از خودروهای بررسی‌شده خروجی آلاینده‌های بالاتر از

حد استاندارد داشتند. تنظیم به‌موقع موتور به‌عنوان راهکاری مؤثر برای کاهش مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها پیشنهاد شد (۱۹).

شریعتی و همکاران در سال ۲۰۲۲، با استفاده از نرم‌افزار IVE، میزان تولید سالانه آلاینده‌های خودرویی در شهر کرمانشاه را تحلیل کردند. نتایج نشان داد که مونوکسید کربن ۶۹ درصد از کل آلاینده‌های تولیدشده از منابع متحرک را تشکیل می‌دهد و اکسیدهای نیتروژن با ۲۱ درصد سهم در رتبه دوم قرار دارند. درحالی‌که اکسیدهای گوگرد با ۰/۰۱۶ درصد کم‌ترین سهم را داشتند. میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن در فصول مختلف ثابت بوده و تنها در فصل تابستان به ۲۰۰ تن افزایش یافت. سهم خودروهای سواری ۳۷ درصد و کامیون‌ها ۳۶ درصد از آلاینده‌های نیتروژن را تشکیل می‌دادند، که نشان‌دهنده نقش بالای کامیون‌ها در آلودگی هوا است (۲۰).

خازینی و همکاران در سال ۲۰۱۹، میزان انتشار پراکندگی آلاینده‌های خودروهای سواری، تاکسی و اتوبوس در شهر تبریز را با استفاده از مدل‌های IVE و AERMOD مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که خودروهای سواری با ۹۴/۳ درصد بیش‌ترین سهم را در انتشار آلاینده‌ها داشتند. آلاینده‌های اصلی شامل CO، CH₄، NO_x و VOCs بودند که به ترتیب ۸۲/۸ درصد، ۱۱/۲۷ درصد، ۴/۱۸ درصد و ۱/۵۲ درصد از کل آلاینده‌ها را تشکیل دادند. در مجموع، مدل AERMOD تفاوت‌هایی در پیش‌بینی و اندازه‌گیری مقادیر آلاینده‌ها نشان داد، اما به‌عنوان ابزاری قابل اعتماد برای تحلیل پراکندگی آلاینده‌ها مورد استفاده قرار گرفت (۲۱).

بررسی‌های انجام شده در زمینه آلودگی هوای ناشی از وسایل نقلیه، چه در سطح داخلی و چه در سطح بین‌المللی، نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله نوع سوخت، فناوری موتور، کیفیت معاینه فنی، و الگوهای رانندگی تأثیر مستقیمی بر میزان تولید آلاینده‌ها دارند. تحقیقات بین‌المللی بر اهمیت استفاده از مدل‌های پیشرفته مانند IVE و به‌کارگیری فناوری‌های نوین برای کاهش آلاینده‌ها تأکید کرده‌اند، درحالی‌که مطالعات داخلی عمدتاً بر تحلیل آلاینده‌های تولیدی توسط خودروهای پرکاربرد داخلی و راهکارهای بهبود عملکرد آن‌ها متمرکز بوده است. با وجود تلاش‌های گسترده در این حوزه، همچنان شکاف‌های تحقیقاتی مهمی به چشم می‌خورد. از جمله این شکاف‌ها می‌توان به عدم تحلیل جامع تفاوت‌های عملکردی موتورهای پرکاربرد داخلی در شرایط واقعی و نبود داده‌های به‌روز در زمینه تأثیر فناوری‌های نوین بر کاهش آلاینده‌ها اشاره کرد. همچنین، نتایج متناقض در مقایسه مدل‌سازی‌ها با داده‌های واقعی، نیاز به تنظیم و اصلاح ضرایب مدل‌های موجود را برجسته می‌کند.

پژوهش حاضر درصدد است تا با استفاده از روش‌های تحلیلی و مدل‌سازی نرم‌افزاری دقیق، به درک عمیق‌تری از تأثیر نوع موتور، کیفیت سوخت، و شرایط عملکردی بر تولید آلاینده‌ها دست یابد. هدف این مطالعه ارائه راهکارهایی علمی و عملی برای کاهش آلاینده‌های خودرویی و بهبود کیفیت هوا است که بتواند به سیاست‌گذاران، مدیران شهری، و صنعت خودروسازی در اتخاذ تصمیمات مؤثر کمک کند.

با توجه به مشکلات گسترده ناشی از آلودگی هوا، نیاز به مطالعات جامع‌تر و دقیق‌تر درباره تأثیر نوع

موتور، کیفیت احتراق و شرایط عملکردی بر میزان انتشار آلاینده‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. این پژوهش با هدف تحلیل دقیق و مدل‌سازی میزان آلاینده‌های تولید شده توسط دو موتور TU5 و XU7 انجام شده است. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به سیاست‌گذاران، صنعت خودرو و متخصصان محیط زیست کمک کند تا راه‌حل‌های عملی و علمی برای کاهش آلودگی هوا و بهبود کیفیت زندگی ارائه دهند. در این پژوهش، از نرم‌افزار IVE برای مدل‌سازی دقیق میزان آلاینده‌های تولید شده توسط این موتورها استفاده شده است. این نرم‌افزار، که به‌طور گسترده در تحلیل‌های زیست‌محیطی و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف عملکردی خودروها به کار می‌رود، امکان ارزیابی دقیق شرایط مختلف رانندگی، نوع سوخت مصرفی و وضعیت نگهداری خودروها را فراهم می‌کند. به کمک این ابزار، می‌توان تأثیر عوامل مختلف را بر میزان انتشار آلاینده‌ها بررسی کرد و به نتایج علمی قابل‌اتکا دست یافت. این مطالعه نه تنها درک عمیق‌تری از وضعیت کنونی کیفیت هوا ارائه می‌دهد، بلکه در ارائه راهکارهای عملی برای کاهش آلودگی، بهبود سلامت عمومی و افزایش بهره‌وری اقتصادی نیز مؤثر خواهد بود. در نهایت، مدل‌سازی‌های انجام شده با نرم‌افزار IVE می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران شهری کمک کند تا تصمیمات بهتری در جهت کاهش آلودگی هوا و ارتقای کیفیت زندگی اتخاذ کنند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی میزان انتشار آلاینده‌های CO، CO₂، HC، SO₂، NO_x، VOC و ذرات معلق PM₁₀ از خروجی اگزوز خودروهای پژو مجهز به دو نوع موتور TU5 و XU7 انجام شد. این

پژوهش برای اولین بار در شهر شیراز با رویکردی میدانی و با نمونه‌برداری مستقیم از خروجی آلاینده‌ها در شرایط مختلف رانندگی، شامل حالت درجا و متحرک دور موتور، و همچنین با مدل‌سازی این آلاینده‌ها توسط نرم‌افزار IVE صورت پذیرفت. در این تحقیق، سیستم سوخت‌رسانی بنزین‌سوز به خودروهایی اشاره دارد که موتور آن‌ها به‌طور اختصاصی برای سوخت بنزین طراحی شده است. از سوی دیگر، خودروهایی که قابلیت استفاده از گاز طبیعی در کنار بنزین را دارند، به عنوان خودروهای پایه‌گازسوز شناخته می‌شوند. در این پژوهش، خودروهای پایه‌گازسوز به دو دسته تقسیم شدند: خودروهایی که بنزین سوخت غالب مصرفی آن‌ها است و خودروهایی که گاز طبیعی به عنوان سوخت غالب استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی تفاوت‌ها و شباهت‌های بین دو نوع موتور TU5 و XU7 و تحلیل میزان آلاینده‌های خروجی این دو نوع موتور، با تمرکز بر مشخصه‌های زیست‌محیطی و عملکردی آن‌ها است.

- مدل IVE

مدل IVE که در سال ۲۰۰۷ با حمایت سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا^۱ طراحی شد، با هدف اصلی ارائه یک ابزار ملی مناسب جهت تخمین مقادیر انتشار آلاینده‌ها مطابق با شرایط و وضعیت کشورهای مختلف توسعه یافته است. این برنامه، یک نرم‌افزار رایانه‌ای است که توسط گروه تحقیقاتی دانشگاه کالیفرنیا و مرکز تحقیقات فناوری‌های محیط زیست^۲ و با همکاری مرکز تحقیقات سیستم پایدار جهانی^۳

طراحی شده است (۲۲). هدف اصلی این نرم‌افزار، تحلیل مقادیر انتشار آلاینده‌ها در شرایط مختلف و ارائه مدلی قابل انطباق برای مقایسه انتشارات در وسایل نقلیه با مشخصات گوناگون است. این نرم‌افزار توانایی اعمال ضرایب انتشار و انطباق آن‌ها بر اساس شرایط کشورهای مختلف را دارد و تاکنون در مطالعات متعدد به‌عنوان مرجع برای تخمین میزان آلودگی استفاده شده است. مدل‌های مشابه نظیر COPERT IV، MOBILE و EMFAC در کنار این نرم‌افزار، برای بررسی و پیش‌بینی انتشار آلاینده‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲۲). در مطالعه‌ای دیگر، پیش‌بینی انتشار آلاینده‌ها از وسایل نقلیه متحرک در شهر تهران با استفاده از مدل IVE مورد بررسی قرار گرفت. هدف این تحقیق، تحلیل تأثیر فناوری‌های به کار رفته در خودروها، الگوهای رانندگی و شرایط هواشناسی بر انتشار آلاینده‌ها بود. این مدل توانست ارتباط معناداری بین پارامترهای ذکر شده و انتشار آلاینده‌ها ارائه دهد. بر اساس نتایج، متوسط انتشار روزانه آلاینده‌ها از وسایل نقلیه متحرک حدود ۱۵ تن تخمین زده شد، که سهم CO حدود ۸۴/۵ درصد و سهم NO_x حدود ۷/۷۵ درصد بود. علاوه بر این، آلاینده‌های VOC، SO_x و سایر آلاینده‌ها در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این نتایج نشان دهنده نقش مهم فناوری خودروها و تأثیر مستقیم پارامترهای شهری بر میزان انتشار آلاینده‌ها است (۲۳).

- موقعیت مکانی انجام تحقیق

این تحقیق در مرکز معاینه فنی خودرو واقع در استان فارس، شهر شیراز، جاده بوشهر انجام شده

³ Global Sustainable Systems Research (GSSR)

¹ EPA (Environmental Protection Agency)

² College of Engineering - Center for Environmental Research and Technology (CE-CERT)

است. این مرکز به دلیل موقعیت استراتژیک خود در یکی از شلوغ‌ترین نقاط شهر و در مسیر ورود و خروج خودروها به شهر شیراز از سمت جنوب انتخاب گردید. در این مرکز، روزانه ۵ نفر نیرو از ساعت ۷:۳۰ لغایت ۱۶:۳۰ به ارائه خدمات معاینه فنی مشغول هستند و به‌طور میانگین روزانه ۹۰ خودرو تحت بررسی قرار می‌گیرند. شایان ذکر است شهر شیراز، به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای ایران، با رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی، شاهد افزایش تعداد خودروها و به تبع آن افزایش آلودگی هوا است. جاده بوشهر به‌عنوان یکی از پرترددترین مناطق شهری، حجم بالای عبور و مرور خودروها را به خود اختصاص داده و این ویژگی، بررسی وضعیت آلاینده‌گی خودروها در این منطقه را بیش از پیش ضروری کرده است. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر این تردها بر کیفیت هوای منطقه انجام شد تا نقش حمل و نقل و آلودگی‌های ناشی از خودروها بر محیط زیست شهری شیراز مورد ارزیابی قرار گیرد.

- بررسی میزان انتشار آلاینده‌های هوا ناشی از خودرو پژو TU5 و XU7 در مرکز معاینه فنی خودرو

- دستگاه آنالیزور دود بیزپارت مدل پنج‌گاز

اولین آزمونی که پس از پذیرش خودرو در مرکز معاینه فنی انجام می‌شود، مربوط به اندازه‌گیری میزان آلاینده‌های تولیدی هوا شامل CO، CO₂ و HC است. این تست توسط دستگاه آنالیزور دود بیزپارت مدل پنج‌گاز ساخت کشور آلمان انجام می‌شود. در صورتی که نتایج آزمون با استانداردهای تعیین شده (مطابق جدول (۱)) مطابقت داشته باشد، خودرو مجاز به دریافت کارت معاینه فنی خواهد بود؛ در غیر این

صورت، فرصت اصلاح و مراجعه مجدد طی ۱۵ روز به مالک داده می‌شود.

این دستگاه با بهره‌گیری از حسگرهای شیمیایی پیشرفته، توانایی اندازه‌گیری مستقیم و دقیق پنج‌گاز اصلی را دارد که شامل: مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO₂)، هیدروکربن‌های نسوخته (HC)، اکسیژن (O₂) و اکسیدهای نیتروژن (NOx) می‌باشد. در این دستگاه، غلظت گاز CO₂ نیز همانند سایر گازها به‌صورت مستقیم و بدون نیاز به محاسبه، اندازه‌گیری می‌شود. این ترکیب تحت عنوان پنج‌گاز در استانداردهای جهانی معاینه فنی شناخته می‌شود. دستگاه فوق‌الذکر داده‌های حاصل از سنجش را به‌صورت آنی نمایش داده و امکان ثبت و تحلیل آن‌ها را از طریق نرم‌افزار اختصاصی بیزپارت فراهم می‌سازد.

لازم به ذکر است که دستگاه مورد استفاده در فواصل زمانی منظم، طبق برنامه رسمی شرکت سازنده، توسط کارشناسان مجاز کالیبره می‌گردد تا صحت عملکرد حسگرها حفظ شده و داده‌های خروجی از اعتبار لازم برخوردار باشند. اندازه‌گیری سایر گازها نظیر N₂O، NH₃، VOCs و همچنین ذرات معلق (PM₁₀) از طریق تلفیق داده‌های تجربی و استفاده از مدل بین‌المللی IVE انجام شده است. مدل IVE با بهره‌گیری از فاکتورهای انتشار معتبر و پارامترهای عملکردی وسایل نقلیه، تخمین دقیقی از مقادیر این آلاینده‌ها در شرایط واقعی ترافیک فراهم می‌کند. تصاویر و جزئیات مربوط به عملکرد این دستگاه در شکل‌های (۱-الف) و (۱-ب) نشان داده شده است.

جدول (۱): حدود مجاز آزمون‌های معاینه فنی و استاندارد (۲۳)

نوع آزمون	نوع گاز	حد استاندارد	واحد مورد اندازه‌گیری
گازهای منتشره از خودروهای کاربراتوری	O ₂	≤ ۳	%Vol
	HC	≤ ۴۰۰	ppm
	CO	≤ ۴	%Vol
گازهای منتشره از خودروهای انژکتوری	O ₂	≤ ۳	%Vol
	HC	≤ ۲۵۰	ppm
	CO	≤ ۰/۷	%Vol
شتاب ترمزگیری	-	> ۵۰	%
علم توازن بین محورها	-	> ۴۰	%
شتاب ترمز دستی	-	> ۱۲	%
کارایی کمک فنر	-	> ۴۰	%
اختلاف بین دو کمک	-	> ۵۰	%



(ب)



(الف)

شکل (۱): الف- نمای کلی دستگاه آنالیزور دود مدل پنج‌گاز، ب- صفحه نمایش دستگاه آنالیزور دود مدل پنج‌گاز

- شرایط مورد نیاز برای استفاده از دستگاه آنالیزور دود بیزپارت مدل پنج‌گاز

برای انجام دقیق آزمایش‌ها با دستگاه، ضروری است که دمای محیط در بازه +۵ تا +۴۰ سانتی‌گراد قرار داشته و دستگاه بر روی سطحی کاملاً صاف و پایدار مستقر شود. همچنین، آگزوز خودرو باید به‌طور کامل محکم و بدون نشتی باشد تا در هنگام اندازه‌گیری مشکلی ایجاد نشود. در زمان استفاده از دستگاه، نباید از ساسات دستی یا اتوماتیک استفاده کرد. درجه حرارت موتور باید بیش از ۱۱۰ سانتی‌گراد باشد تا نتایج اندازه‌گیری قابل اطمینان باشند. علاوه بر این، تنظیم دمای روغن موتور و قرار گرفتن آن در

محدوده مناسب از الزامات است. در حین انجام تست، دور موتور خودرو باید در حالت دور آرام قرار داشته باشد. در نهایت نیز می‌توان برای تعیین دور موتور از گیره القایی متصل به دستگاه استفاده نمود و گیره را به شمع وصل و نتیجه را روی مانیتور مشاهده کرد.

- روش جمع‌آوری داده‌ها

برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به میزان انتشار گازهای CO، CO₂ و HC از خودروهای مورد بررسی، ابتدا شرایط لازم برای کار با دستگاه آنالیزور دود (پنج گاز) فراهم شد. سپس، پروب انعطاف‌پذیر دستگاه مطابق شکل (۲) داخل آگزوز خودرو قرار گرفت. این فرآیند در شرایطی انجام شد که خودرو در وضعیت

درجا فعالیت می‌کرد. مقادیر اندازه‌گیری شده به صورت دستی در جدولی که از پیش آماده شده بود ثبت گردید. همچنین، سنجش آلاینده‌گی برای خودروهای بنزین سوز و خودروهای پایه گازسوز با سوخت بنزین و گاز به صورت جداگانه انجام شد. در ادامه، میزان انتشار گازهای CO، CO₂ و HC از خودروی پژو XU7 در سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف (بنزینی و پایه گازسوز با سوخت بنزین و گاز) در شرایط متحرک (سرعت متوسط ۱۰ کیلومتر در ساعت) با استفاده از جک سوسماری مطابق با مراحل فوق بررسی شد. لازم به ذکر است که در تمامی مراحل تغییر سوخت از بنزین به گاز در خودروهای پایه گازسوز و گازسوز، حداقل یک دقیقه زمان برای رسیدن سوخت به موتور خودرو در نظر گرفته شد. در نهایت، فرآیند جمع‌آوری داده‌ها مطابق با اهداف پژوهشی از مجموع ۷۲۰ خودرو انجام گرفت؛ شامل ۳۶۰ خودرو در وضعیت درجا و ۳۶۰ خودرو در وضعیت متحرک. این داده‌ها طی مدت چهار ماه از تاریخ ۱۴۰۲/۲/۱۰ تا ۱۴۰۲/۶/۱۰، به صورت روزانه و از ساعت ۷:۳۰ صبح لغایت ۱۶:۳۰ بعد از ظهر با مراجعه به مرکز معاینه فنی گردآوری شدند. همچنین، مقادیر NOx، VOC و ذرات معلق PM10 به صورت مستقیم اندازه‌گیری نشدند و به کمک مدل‌سازی در نرم‌افزار IVE و بر اساس اطلاعات ناوگان، شرایط محیطی و عملکردی وسایل نقلیه برآورد گردیدند.

در این پژوهش، فرآیند اندازه‌گیری یا برآورد آلاینده‌های خروجی وسایل نقلیه به دو روش مکمل انجام شده است. آلاینده‌های اصلی شامل مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO₂)، هیدروکربن‌های نسوخته (HC)، اکسیژن (O₂) و اکسیدهای نیتروژن

(NOx) با استفاده از دستگاه آنالیزور دود بیزپارت مدل پنج‌گاز ساخت کشور آلمان به صورت مستقیم و لحظه‌ای اندازه‌گیری گردیده‌اند. این دستگاه با برخورداری از حسگرهای الکتروشیمیایی دقیق و سامانه‌های کنترل کیفیت داخلی، امکان پایش هم‌زمان گازهای مذکور را فراهم نموده و به صورت دوره‌ای توسط کارشناسان فنی کالیبره می‌شود تا صحت عملکرد آن حفظ شود. در مقابل، آلاینده‌هایی نظیر دی‌نیتروژن اکسید (N₂O)، آمونیاک (NH₃)، ترکیبات آلی فرار (VOC)، بوتادین، فرمالدئید، استالدئید و ذرات معلق (PM10) به صورت مستقیم در مراکز معاینه فنی قابل سنجش نبوده‌اند. لذا، برآورد این آلاینده‌ها از طریق مدل‌سازی در نرم‌افزار IVE انجام شده است. این مدل با بهره‌گیری از داده‌های واقعی ناوگان، اطلاعات عملکردی خودرو (نظیر بار موتور، نوع سوخت، سرعت متوسط، دور موتور و...) و ضرایب انتشار استخراج شده از پایگاه‌های بین‌المللی مانند EMFAC و MOVES تخمین دقیقی از مقادیر آلاینده‌ها در شرایط واقعی رانندگی ارائه می‌دهد. برای مثال، مقادیر N₂O بر اساس ضرایب تبدیلی بین NOx و N₂O که در پایگاه داده مدل IVE تعریف شده‌اند محاسبه شده است. همچنین آلاینده‌هایی مانند بوتادین، فرمالدئید و استالدئید با استفاده از ضرایب پیش‌فرض انتشار وابسته به نوع موتور، ترکیب سوخت، دمای احتراق و بار وارده بر پیکرانه، مدل‌سازی شده‌اند. مدل IVE به دلیل اعتبار علمی و استفاده گسترده در مطالعات انتشار در بیش از ۳۰ کشور، ابزار قابل اعتمادی برای برآورد آلاینده‌هایی است که امکان سنجش میدانی آن‌ها وجود ندارد. در این تحقیق، ترکیب روش‌های تجربی و مدل‌سازی،

امکان تحلیل جامع‌تری از عملکرد زیست‌محیطی خودروهای مورد بررسی فراهم کرده است.



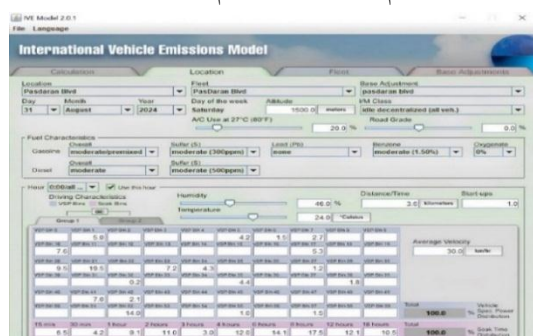
شکل (۲): نحوه قرارگیری پروب دستگاه آنالیزور دود (پنج‌گاز) در آگزوز خودرو در حالت درجا

- بررسی میزان انتشار آلاینده‌های هوای ناشی از خودرو
پژو توسط مدل IVE

در این مطالعه، از مدل IVE برای کمی‌سازی مقادیر آلاینده‌های تولیدی از خودروهای مجهز به موتور XU7 و TU5 استفاده شد. داده‌های مورد نیاز این مدل در قالب دو فایل با عناوین فایل محیطی^۱ و فایل ناوگان^۲ وارد شدند. اطلاعات مورد نیاز فایل محیطی شامل شرایط اقلیمی، کیفیت سوخت و الگوی رانندگی منطقه بوده و فایل ناوگان به جزئیات مشخصات فنی خودروها، تعداد و نوع سوخت مصرفی آنها اختصاص داشت. شکل (۳) نمایی از صفحه ورودی اطلاعات فایل محیطی و داده‌های مورد نیاز مدل IVE را نمایش می‌دهد. این مدل امکان پیش‌بینی میزان انتشار گازهای آلاینده مختلف از خودروها در شرایط مختلف رانندگی و محیطی را فراهم می‌کند.

فایل محیطی حاوی اطلاعات جامع و دقیقی درباره شرایط جغرافیایی، اقلیمی و ویژگی‌های سوخت منطقه مورد مطالعه می‌باشد. این داده‌ها شامل موقعیت جغرافیایی (مانند شیب و طول منطقه، ارتفاع از سطح دریا)، داده‌های هواشناسی (نظیر رطوبت

نسبی و دما)، نوع و ترکیب سوخت مصرفی (همچون مقدار بنزن و ترکیبات اکسیژن‌دار، درصد ترکیبات گوگرددار)، درصد استفاده از کولر، تعداد دفعات روشن شدن خودرو، الگوهای سیکل رانندگی، سرعت متوسط و مسافت طی شده توسط وسایل نقلیه است (شکل (۳)). در این پژوهش، رطوبت نسبی منطقه برابر با ۴۶ درصد، متوسط دما ۲۴ سانتی‌گراد، میزان بنزن موجود در بنزین ۱/۵ درصد حجمی و میزان گوگرد موجود در بنزین مصرفی ۳۰۰ ppm در نظر گرفته شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۵۰۰ متر ثبت شده و شیب جاده صفر درصد تعیین شد. همچنین سرعت متوسط خودروها برابر با ۳۰ کیلومتر بر ساعت تنظیم شد. سایر مشخصات محیطی و سوختی مطابق با داده‌های نمایش داده شده در نرم‌افزار IVE تنظیم گردید.



شکل (۳): نمایی از بخش ورود اطلاعات مربوط به فایل محیطی و داده‌های لازم برای اجرای مدل

به‌طور کلی، نرخ انتشار آلودگی‌های تولید شده از وسایل نقلیه با استفاده از داده‌های مربوط به منطقه خاصی در این مدل قابل محاسبه است. همان‌طور که در رابطه (۱) نشان داده شده است، پیش‌بینی میزان انتشار آلودگی در مدل IVE بر مبنای نرخ انتشار اولیه برای هر فناوری (B) و تعدادی ضرایب اصلاح (K) انجام می‌شود. لازم به ذکر است که در این رابطه، Q_t

² File-Fleet

¹ File Location

بیانگر نرخ انتشار آلودگی خودرو بر اساس واحد جرم در واحد زمان یا مسافت است (۲۴). ضرایب تصحیح مورد استفاده در نرم افزار IVE در جدول (۲) لیست شده است.

$$Q_t = B_t \times K_{1-t} \times K_{2-t} \times \dots \times K_{x-t} \quad (1)$$

در مدل IVE دو نوع نرخ انتشار پایه تعریف شده است: یکی مربوط به انتشار آلودگی در حین رانندگی و دیگری مربوط به انتشار هنگام استارت خودرو. رابطه (۲) نرخ انتشار پایه را با اضافه کردن جزئیات مربوط به حرکت و نوع الگوی رانندگی برای هر فناوری، وزن دهی می‌کند (۲۴).

$$Q_{\text{running}} = \frac{\sum f(t) \times \sum_d (Q(t) \times U_{ftp} \times f(dt) \times k(dt))}{U_c} \quad (2)$$

$$Q_{\text{start}} = \sum f(t) \times Q(t) \times \sum_d (f(dt) \times K(dt)) \quad (3)$$

در این معادله، داریم:

B_t : نرخ انتشار پایه برای هر نوع فناوری (در حالت استارت یا حرکت، بر حسب گرم بر کیلومتر).
 $Q(t)$: مقدار انتشار پیش‌بینی شده برای هر نوع فناوری (در حالت استارت یا حرکت، بر حسب گرم بر کیلومتر).

$f(t)$: نسبت تعداد سفرها برای فناوری مشخص.

$f(dt)$: نسبت زمان در هر نوع از سبک رانندگی یا

نسبت زمان سرد شدن موتور برای فناوری خاص.

U_{ftp} : سرعت متوسط در سیکل رانندگی استاندارد (بر

حسب کیلومتر بر ساعت).

U_c : سرعت متوسط در سیکل رانندگی خاص (این

مقدار به عنوان ورودی توسط کاربر در فایل محیطی

وارد می‌شود و بر حسب کیلومتر بر ساعت است).

ضریب مربوط به نوع رانندگی یکی از مهم‌ترین

ورودی‌ها در نرم‌افزار IVE محسوب می‌شود. این

ضریب از تابعی که وابسته به سرعت لحظه‌ای خودرو، تغییر ارتفاع، قدرت مشخصه خودرو^۱ (VSP)، تنش موتور^۲ و چگالی هوا است، به دست می‌آید. این پارامترها از داده‌های مرتبط با سیکل رانندگی استخراج می‌شوند. در مدل IVE، رابطه‌ای برای محاسبه VSP استفاده می‌شود که بر اساس وزن خودرو، ضریب درگ (کشیدگی) و دیگر عوامل طراحی شده و با دقت خوبی برای خودروهای سبک و متوسط اعتبار دارد. رابطه‌ای که برای محاسبه VSP استفاده می‌شود به صورت زیر است (۲۴):

$$VSP = v \times [1.1 a + 9.81 \times (\tan^{-1}(\sin(\text{grade}))) + 0.132] + (0.000302)v^3 \quad (4)$$

که در معادله (۴)، داریم:

$$\text{grade} = \frac{h_{t=0} - h_{t=-1}}{V_{(t=-1 \text{ to } 0 \text{ seconds})}} \quad (5)$$

سرعت (v) بر حسب متر بر ثانیه.

شتاب (a) بر حسب متر بر مجذور ثانیه.

ارتفاع (h) بر حسب متر.

فایل ناوگان شامل اطلاعات جامعی درباره ناوگان حمل و نقل شهری است. این اطلاعات شامل نوع وسایل نقلیه (مانند خودروهای سواری شخصی، تاکسی‌ها، اتوبوس‌ها، کامیون‌ها و موتورسیکلت‌ها)؛ نوع سوخت مانند گازوئیل، بنزین، پروپان، اتانول، LPG، CNG و سوخت‌های ویژه دیگر؛ سیستم‌های سوخت‌رسانی (مانند کاربراتوری، پاشش تک‌نقطه‌ای، پاشش چندنقطه‌ای، پیش‌تزریق، پاشش مستقیم و موتورهای دو زمانه یا چهار زمانه)؛ ویژگی‌های وسیله نقلیه (مانند سن خودرو، استاندارد محیط‌زیستی،

² Engine- Stress

¹ Vehicle Specific Power

شکل (۴): نمایی از صفحه ورودی اطلاعات فایل ناوگان

و داده‌های مورد نیاز مدل

الزامی است ذکر شود که جدول (۲) اطلاعات پایه و اولیه مورد نیاز جهت مدل‌سازی ضرایب انتشار آلاینده‌های هوای ناشی از آگروز خودروی پژو با استفاده از نرم‌افزار IVE را نمایش می‌دهد.

فناوری‌های به‌کاررفته در خودرو) و درصد توزیع وسایل نقلیه مورد نظر می‌باشد (شکل (۴)).

در مطالعه حاضر، خودروی مورد بررسی از نوع سواری بوده و سوخت‌های مورد استفاده شامل بنزین و گاز طبیعی فشرده (CNG) بوده‌اند. سیستم سوخت‌رسانی خودرو نیز با توجه به نوع آن به‌صورت انژکتوری برای خودروهای بنزین‌سوز و پایه گازسوز برای خودروهای گازسوز در نظر گرفته شد. استاندارد محیط‌زیستی خودروی مورد مطالعه برابر با یورو ۴ و مطابق با استانداردهای اروپایی بوده است. اطلاعات مربوط به سن خودرو نیز از طریق پرسش‌نامه‌هایی که توسط رانندگان و مالکان وسایل نقلیه تکمیل شده بود، جمع‌آوری گردید.

جدول (۲): اطلاعات ورودی به مدل IVE برای سنجش کمی میزان آلاینده‌های منتشر شده از خودروی پژو

اطلاعات ورودی مدل	اجزاء مدل
۱۵۰۰ متر	ارتفاع از سطح دریا
صفر درصد	شیب جاده
۲۴ سانتی‌گراد	دما
۴۶ درصد	رطوبت نسبی
بنزین و گاز	نوع سوخت مصرفی
۱/۵ درصد حجمی	مقدار بنزن
۳۰۰ ppm	میزان گوگرد
براساس پرسش‌نامه اولیه	درصد استفاده شده از کولر
براساس پرسش‌نامه اولیه	تعداد روشن شدن خودرو
براساس پیش‌فرض مدل (برای کشور چین)	دوره رانندگی
۳۰ کیلومتر بر ساعت	سرعت متوسط
براساس پرسش‌نامه اولیه	کل مسافت طی شده خودرو
سواری شخصی	نوع خودرو
بنزین و CNG	نوع سوخت مصرفی
انژکتوری و بنزین‌سوز و پایه گازسوز با سوخت گاز	سیستم سوخت‌رسانی
براساس پرسش‌نامه اولیه	مقدار سن خودرو
یورو ۴	استاندارد محیط زیست

فایل محیطی
(Location file)

فایل ناوگان
(Fleet file)

نتایج و بحث

- بررسی میزان انتشار آلاینده‌های هوای ناشی از خودرو پژو در مرکز معاینه فنی خودرو

- بررسی میزان گازهای خروجی از خودروی پژو مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف در وضعیت سکون (درجا) در این بخش، نتایج حاصل از برآورد آلاینده‌ها با استفاده از مدل بین‌المللی IVE ارائه شده است. کلیه نمودارهای شکل‌های (۶) تا (۱۰) بر اساس خروجی‌های نرم‌افزار IVE و مبتنی بر اطلاعات ناوگان، پارامترهای محیطی، کیفیت سوخت و رفتار رانندگی استخراج شده‌اند. این نمودارها نمایانگر تخمین مدل‌سازی شده هستند و نه مقادیر تجربی حاصل از اندازه‌گیری مستقیم در مراکز معاینه فنی. شکل‌های (۶)، (۷) و (۸) میزان انتشار گازهای CO، NO_x، ذرات معلق PM10 و آلاینده‌های VOC، سرب (Lead)، بنزن (Benzene) و آمونیاک (NH₃) از آگروز خودروهای پژو با موتورهای TU5 و XU7 را نشان می‌دهند. این خودروها مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف (بنزین‌سوز و پایه گازسوز با سوخت بنزین یا گاز) بوده و در شرایط کارکرد متفاوت مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده از ۷۲۰ خودروی پژو با این دو نوع موتور و سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف است.

بررسی‌ها نشان داد که از نظر میزان گازهای CO و ذرات معلق (PM10) خروجی از آگروز، هیچ تفاوت معناداری بین سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف وجود ندارد (شکل (۶)). با این حال، در مورد سایر گازهای خروجی از آگروز، مانند دی‌اکسید کربن (CO₂) و ترکیبات آلی فرار (VOC)،

در نهایت، با ورود تمام داده‌های لازم، مدل IVE به تحلیل اطلاعات پرداخته و میزان انتشار آلاینده‌های هوا را تخمین می‌زند. در این فرآیند، مقادیر مربوط به انتشار آلاینده‌های CO و CO₂ استخراج می‌شوند. در بخش محاسبات (Calculation) مدل IVE (شکل (۵))، پس از وارد کردن و تنظیم مشخصات مربوط به ناوگان مورد مطالعه در مراحل قبل، محاسبات مربوط به ناوگان برای بازه‌های زمانی یک ساعته و یک روزه و با واحد اندازه‌گیری مورد نظر انجام می‌شود. ساعت مورد استفاده نیز براساس زمان انجام آزمون و سنجش وارد می‌گردد.

میزان انتشار آلاینده‌ها در این مدل شامل سه حالت است: حالت استارت خودرو، حالت رانندگی و حالت جمع‌بندی این دو. در پایان این تحقیق، میزان انتشار آلاینده‌های مذکور برای خودروهای پژو مجهز به موتورهای XU7 و TU5 با سیستم‌های سوخت‌رسانی بنزین‌سوز و گازسوز (با سوخت گاز)، در شرایط عملی واقعی و داده‌های حاصل از مدل IVE، با یکدیگر مقایسه خواهد شد. این مقایسه به منظور دستیابی به برآورد دقیق‌تری از میزان انتشار آلاینده‌ها انجام می‌شود.

Criteria	Units	Start-ups
CO	g/km	1.0
VOC	g/km	1.0
VOC exp	g/km	1.0
NO _x	g/km	1.0
SO _x	g/km	1.0
PM	g/km	1.0

شکل (۵): نمایی از صفحه محاسبات (File Calculation) در

مدل IVE

تفاوت‌های معناداری مشاهده شد. بیش‌ترین میزان خروجی CO_2 مربوط به خودروهای مجهز به سیستم سوخت‌رسانی پایه گازسوز با سوخت بنزین است، در حالی که بیش‌ترین میزان VOC در خودروهای مجهز به سیستم پایه گازسوز با سوخت گاز ثبت شده است (شکل (۷)). در شرایط استارت و موتور سرد، آلاینده‌های تولیدی به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از شرایط عادی رانندگی بودند. مطابق نمودارهای مربوط به VOC و VOC Evap (شکل (۷))، در زمان استارت موتور، میزان VOC تبخیری به‌شدت افزایش یافت و این موضوع نقش مهمی در افزایش انتشار آلاینده‌ها در ساعات اولیه کارکرد موتور دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که سیستم احتراق در این شرایط حساسیت بالایی دارد. شکل (۸) میزان آلاینده‌های Benzene، Lead، NH_3 را در شرایط راه‌اندازی و کارکرد مقایسه می‌کند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان Benzene و NH_3 در شرایط کارکرد مشاهده می‌شود، در حالی که Lead مقدار بسیار کمی دارد و در هر دو حالت تقریباً برابر است. این نتایج تأکید می‌کنند که آلاینده‌های Benzene و NH_3 به‌شدت تحت تأثیر فرآیندهای احتراق و سوخت‌رسانی قرار می‌گیرند. بر اساس گفته سرحدی و همکاران در سال ۲۰۱۷، عواملی مانند میزان مناسب اکسیژن، درجه حرارت مناسب، وجود زمان کافی برای احتراق و اختلاط کامل سوخت با هوا در محفظه احتراق، نقش مهمی در انجام احتراق کامل سوخت ایفا می‌کنند. این فرآیند به تولید دی‌اکسید کربن (CO_2) منجر می‌شود. از سوی دیگر، احتراق ناقص زمانی رخ می‌دهد که شرایط فوق به‌صورت معکوس اتفاق بیفتد، یعنی میزان

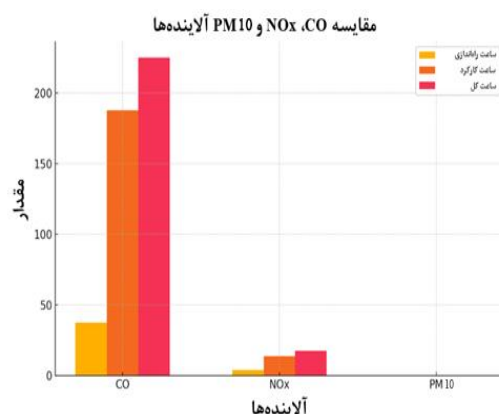
اکسیژن کافی نباشد، درجه حرارت مناسب فراهم نشود، زمان احتراق کوتاه باشد یا اختلاط سوخت با هوا به‌طور کامل صورت نگیرد. این شرایط موجب افزایش تولید هیدروکربن‌های نسوخته (HC) و مونوکسید کربن (CO) می‌شود (۲۳). در یک تحقیق که توسط فتاحی و همکارانش در سال ۲۰۱۰ انجام شد، به بررسی مزایای استفاده از خودروهای دوگانه‌سوز (بنزین و گاز طبیعی) در کاهش آلاینده‌های هوا پرداخته شد. در این مطالعه مشخص شد که عواملی مانند دمای داخل سیلندر، مصرف سوخت ویژه ترمزی، نسبت هوا به سوخت و ترکیبات شیمیایی سوخت، بر میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) تأثیرگذار هستند. همچنین نشان داده شد که سوخت‌هایی با نسبت کربن به هیدروژن کم‌تر، مقدار کم‌تری از این آلاینده تولید می‌کنند. بنابراین، گاز طبیعی که این ویژگی را دارد، در مقایسه با بنزین، آلودگی کم‌تری از نوع دی‌اکسید کربن ایجاد می‌کند (۲۵). نتایج حاصل از مقایسه میزان میانگین گازهای خروجی از اگزوز دو نوع خودرو، پژو ۲۰۶ با موتور TU5 و پژو ۴۰۵ با موتور XU7، که به سیستم‌های سوخت‌رسانی بنزین سوز و پایه گازسوز (با هر دو سوخت بنزین و گاز) مجهز بودند، در حالت سکون (درجا) و بر اساس استاندارد شماره ۹۱۸۱ مورد بررسی قرار گرفت. این استاندارد، حد مجاز آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها را تعیین کرده است و توسط ستاد معاینه فنی وزارت کشور، سازمان ترافیک و مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۸۹ تصویب و در سال ۱۳۹۰ بازنگری شده است. بررسی‌ها نشان داد که

میزان میانگین آلاینده‌گی تمام خودروهای مورد مطالعه، به‌طور کلی کمتر از حد استانداردهای تعیین شده در مراکز معاینه فنی خودروها بوده است. این نتایج در جدول (۳) ارائه شده‌اند. به عبارت دیگر، عملکرد این خودروها از نظر آلاینده‌گی، در شرایط آزمایش شده، از استانداردهای ملی پیروی می‌کند و حتی در برخی موارد بهبود قابل توجهی نسبت به حد مجاز نشان می‌دهد.

با این حال، با توجه به شکل‌های (۶) تا (۸)، مشخص شد که عملکرد موتور در خودروهای پژو با سیستم پایه گازسوز، نسبت به حالت بنزینی آن، از نظر میزان انتشار آلاینده‌های مذکور نامطلوب‌تر است. این موضوع نشان می‌دهد که خودروهای پژو در وضعیت سکون (درجا)، گزینه مناسبی برای دوگانه‌سوز شدن (استفاده از هر دو سوخت بنزین و گاز) نیستند و استفاده از سوخت گاز در این شرایط می‌تواند منجر به افزایش آلاینده‌گی شود.

جدول (۳): مقایسه میزان میانگین آلاینده‌های منتشر شده از آگروز خودروهای پژو مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف (بنزین‌سوز و پایه گازسوز) در وضعیت سکون (درجا)

نوع خودرو	HC (ppm)	CO (%Vol)
پژو مجهز به سیستم سوخت‌رسانی بنزینی	۱۴۷	۱
پژو مجهز به سیستم سوخت‌رسانی پایه گازسوز با سوخت بنزین	۲۱۰	۰/۹۸
پژو مجهز به سیستم سوخت‌رسانی پایه گازسوز با سوخت گاز	۲۱۱	۱/۰۴
استاندارد ۹۱۸۱ (براساس تجدید نظر سال ۹۰)	۲۵۰ <	۲/۵ <



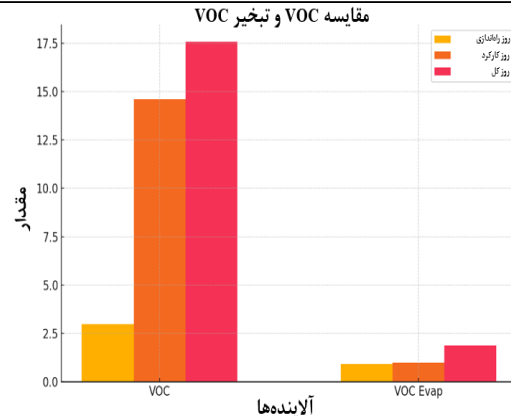
شکل (۶): خروجی مدل IVE جهت مقایسه میزان انتشار آلاینده‌های CO، NOx و ذرات معلق PM10 در شرایط استارت اولیه، زمان رانندگی و مجموع ساعات کارکرد خودروهای پژو ۲۰۶ و پژو ۴۰۵ مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف

نتایج حاصل از مقایسه میزان میانگین آلاینده‌های خروجی از آگروز خودروهای پژو ۴۰۵ مجهز به موتور XU7 و پژو ۲۰۶ مجهز به موتور TU5، با سیستم‌های سوخت‌رسانی بنزینی و پایه گازسوز (با سوخت بنزین و گاز)، در وضعیت سکون (درجا) نشان داد که خودروهای پایه گازسوز در این شرایط آلاینده‌گی بیش‌تری نسبت به خودروهای بنزین‌سوز تولید می‌کنند. بر اساس نمودارها، میزان میانگین آلاینده‌گی CO و HC در خودروهای پایه گازسوز به‌طور قابل توجهی بالاتر از خودروهای بنزین‌سوز است. این موضوع بیانگر آن است که عملکرد سیستم سوخت‌رسانی پایه گازسوز در این خودروها از نظر زیست‌محیطی بهینه نبوده و مطلوب نیست.

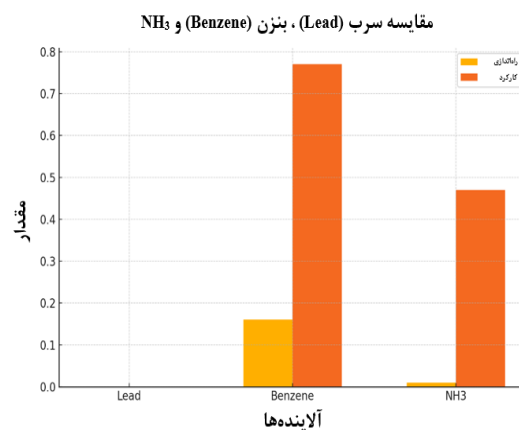
منجر به اتلاف انرژی و افزایش آلودگی هوا می‌شود. علاوه بر این، حذف مبدل کاتالیستی توسط برخی رانندگان خودروهای پایه گازسوز به منظور افزایش توان موتور، سبب افزایش چشمگیر آلاینده‌گی می‌شود (۲۶).

مبدل کاتالیستی، قطعه‌ای است که در سیستم خروجی موتور نصب شده و سه آلاینده مضر شامل CO، NO_x و HC را به ترکیبات بی‌ضرر تبدیل می‌کند. حذف این قطعه، تأثیر مستقیم و قابل توجهی بر افزایش آلاینده‌ها دارد و مانع از کاهش آلاینده‌گی خودرو می‌شود. از جمله عوامل کاهش کارایی مبدل کاتالیستی می‌توان به حرارت بالا، سمی شدن توسط مواد خروجی از موتور و ضربه‌های مکانیکی اشاره کرد.

یکی از مشکلات عمده خودروهای دوگانه‌سوز در ایران، عدم وجود سیستم مناسب برای سوزاندن بنزین باقی‌مانده در مسیر موتور هنگام تغییر سوخت از بنزین به گاز است. این موضوع منجر به احتراق ناقص و تولید آلاینده CO می‌شود. این مشکل نه تنها باعث افزایش آلاینده‌گی می‌شود، بلکه کارایی موتور را نیز کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه موتورهای پژو برای کار با سوخت گاز طراحی نشده‌اند، این خودروها هنگام استفاده از گاز، بازده کم-تری دارند (۲۶). استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت جایگزین برای خودروهای شهری به دلیل کاهش سایر آلاینده‌ها و ذرات معلق توصیه می‌شود. اما باید توجه داشت که بهبود طراحی موتورهای گازسوز، رفع مشکلات مربوط به تجهیزات دوگانه‌سوز و ارتقاء تکنولوژی تولید خودرو از جمله پیش‌نیازهای اصلی در این حوزه است.



شکل (۷): خروجی مدل IVE جهت مقایسه میزان انتشار ترکیبات آلی فرار (VOC) و تبخیر ترکیبات آلی فرار (VOC Evap) در شرایط استارت، رانندگی و مجموع ساعات روزانه خودروهای پژو ۲۰۶ و پژو ۴۰۵ مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف



شکل (۸): خروجی مدل IVE جهت مقایسه میزان انتشار آلاینده‌های سرب (Lead)، بنزن (Benzene) و آمونیاک (NH₃) در شرایط استارت و رانندگی برای خودروهای پژو ۲۰۶ و پژو ۴۰۵ مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف

بر اساس استانداردهای جهانی، هر مترمکعب گاز طبیعی باید معادل ۱/۳ لیتر بنزین انرژی تولید کند. با این حال، در ایران به دلیل عدم تطابق کیت‌های مورد استفاده (مجموعه تجهیزات مربوط به سیستم سوخت‌رسانی گاز طبیعی) با نوع خودرو، این مقدار به کم‌تر از ۰/۹ کاهش یافته است. این ناسازگاری

- بررسی میزان انتشار آلاینده‌های هوا از خودرو پژو

توسط مدل IVE

- بررسی میزان انتشار آلاینده‌های CO و CO₂ از خودرو پژو
مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف در وضعیت درجا

(سکون) با مدل IVE

شکل (۹) میزان آلاینده‌های ۳،۱-بوتادین^۱، استالدهید^۲ و فرمالدهید^۳ را در دو حالت راه‌اندازی و کارکرد موتور مقایسه می‌کند که توسط مدل IVE محاسبه شده است. نتایج نشان داد که در تمامی آلاینده‌ها، مقدار انتشار در حالت کارکرد بیش‌تر از حالت راه‌اندازی است. فرمالدهید بیش‌ترین مقدار انتشار را در هر دو حالت دارد، که نشان دهنده نقش مهم آن در انتشار گازهای مضر است. آلاینده ۳،۱-بوتادین کم‌ترین میزان انتشار را نشان می‌دهد، اما همچنان در حالت کارکرد موتور، مقدار آن افزایش قابل توجهی دارد. این داده‌ها نشان دهنده اهمیت توجه به آلاینده‌های فرمالدهید و استالدهید در طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های احتراق و سوخت‌رسانی خودروها هستند. شکل (۱۰) میزان انتشار سه آلاینده اصلی، یعنی دی‌اکسیدکربن (CO₂)، دی‌نیتروژن مونوکسید (N₂O) و متان (CH₄)، را در دو حالت راه‌اندازی و کارکرد موتور مقایسه می‌کند که توسط مدل IVE محاسبه شده است. نتایج نشان داد که انتشار گاز CO₂ به طور قابل توجهی در حالت کارکرد موتور بیش‌تر از راه‌اندازی است و سهم عمده‌ای در گازهای خروجی دارد. مقادیر N₂O و CH₄ بسیار پایین‌تر از CO₂ هستند، با این حال مقدار آن‌ها در حالت کارکرد بیش‌تر از راه‌اندازی است. این تفاوت در انتشار CO₂ نشان‌دهنده اهمیت بهینه‌سازی سیستم سوخت‌رسانی و

کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تغییرات اقلیمی است. این داده‌ها تأکید می‌کنند که گاز CO₂ بخش اصلی گازهای خروجی را تشکیل می‌دهد و نیازمند اقدامات مؤثر برای کاهش انتشار آن است. این در حالی است که بر اساس داده‌های استخراج شده از مرکز معاینه فنی، بیش‌ترین میزان انتشار گاز CO از خودروهای پایه گازسوز با سوخت گاز مشاهده شده است. این تفاوت نشان دهنده تأثیر عواملی نظیر فناوری موتور، کیفیت سوخت و نحوه مدل‌سازی است که در مدل IVE با استفاده از ضرایب انتشار و پارامترهای محیطی و رفتاری در نظر گرفته می‌شوند. این موضوع می‌تواند ناشی از احتراق کامل‌تر سوخت بنزین نسبت به گاز طبیعی در موتورهای مورد بررسی باشد. به‌علاوه، مدل‌سازی انجام‌شده توسط شفیع‌پور و عبدالحی در سال ۲۰۱۶ نیز تأیید می‌کند که مدل IVE با استفاده از پارامترهایی مانند فناوری خودرو، رفتار رانندگی، وضعیت سردشدگی موتور و کیفیت سوخت، می‌تواند میزان انتشار آلاینده‌ها را با دقت پیش‌بینی کند. در مجموع، داده‌های شکل‌های (۹) و (۱۰) نشان می‌دهند که در وضعیت کارکرد موتور در حالت درجا، خودروهای بنزین‌سوز میزان بیش‌تری از گازهای CO و CO₂ را نسبت به خودروهای پایه گازسوز تولید می‌کنند. این یافته با مطالعه‌های پیشین که نشان‌دهنده مزایای استفاده از گاز طبیعی در کاهش آلاینده‌های خروجی است، مطابقت دارد (۲۷).

³ Formaldehyde

¹ Butadiene

² Acetaldehyde

- مقایسه میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودرو پژو مجهز به انواع سیستم‌های سوخت‌رسانی در دور هایموتور مختلف در مرکز معاینه فنی خودرو و مدل IVE

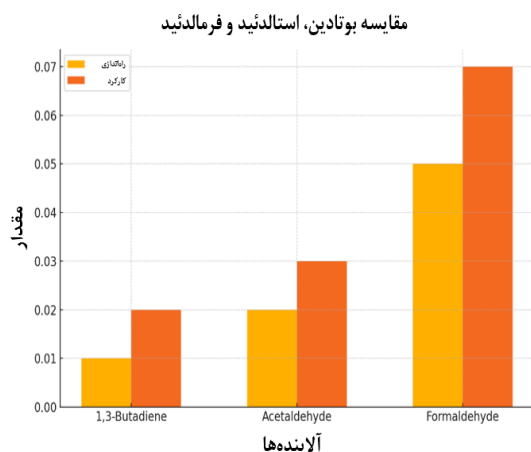
جدول (۳) و شکل‌های (۹) و (۱۰) نشان‌دهنده میزان گازهای خروجی شامل CO و CO₂ از اگزوز خودرو پژو مجهز به سیستم‌های سوخت‌رسانی بنزین‌سوز و پایه گازسوز با سوخت گاز در حالت‌های مختلف دور موتور هستند. داده‌های جدول و نمودارها مقایسه‌ای بین نتایج حاصل از اندازه‌گیری واقعی در مراکز معاینه فنی و برآوردهای مدل IVE ارائه می‌دهند. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از مدل IVE و مقایسه آن با نتایج حاصل از مراکز معاینه فنی، مشخص شد که میزان انتشار گاز CO برای خودروی بنزین‌سوز، طبق مدل IVE (شکل (۹))، بیش‌ترین مقدار را نشان می‌دهد. این در حالی است که در آزمایش‌های مراکز معاینه فنی، خودروی پایه گازسوز با سوخت گاز بیش‌ترین میزان انتشار CO را داشته است. این تناقض می‌تواند به عواملی همچون تنظیمات پیش‌فرض مدل IVE و شرایط خاص آزمایش در مراکز معاینه فنی مرتبط باشد. همچنین، در خصوص گاز CO₂، نتایج مدل IVE (شکل (۱۰)) نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان انتشار این گاز نیز از خودروی بنزین‌سوز حاصل شده است. این یافته‌ها با داده‌های واقعی مراکز معاینه فنی در حالت درجا (شکل‌های (۱) الی (۴)) تطابق دارد و نشان‌دهنده احتراق کامل‌تر سوخت بنزین نسبت به گاز طبیعی است.

مطالعات مشابه نیز چنین نتایجی را تأیید می‌کنند. به‌عنوان مثال، مطالعه Hui و همکاران (۹) نشان داده است که مقادیر انتشار CO در اندازه‌گیری‌های واقعی کمی بالاتر از مقادیر برآورد شده توسط مدل IVE است. این اختلاف می‌تواند ناشی از استفاده از داده‌های

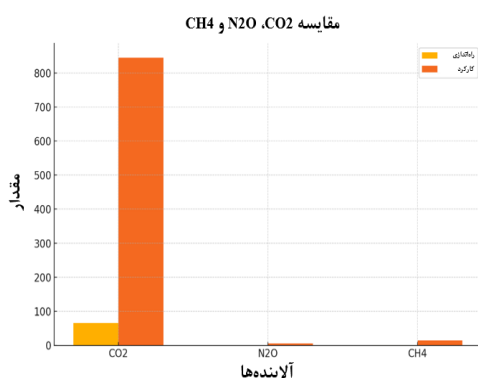
پیش‌فرض مرتبط با شرایط شهر شانگهای در مدل IVE باشد، چرا که اطلاعات کامل محلی برای تنظیم دقیق مدل در دسترس نبوده است. علاوه بر این، تفاوت‌هایی در شرایط محیطی نظیر دما، رطوبت، ارتفاع از سطح دریا و کیفیت سوخت مصرفی میان ایران و چین نیز می‌توانند از عوامل مؤثر بر اختلاف نتایج باشند. همچنین، شبیه‌سازی الگوی رانندگی واقعی توسط مدل IVE به دلیل شرایط آزمایش خودرو بر روی دستگاه جک سوسماری در مراکز معاینه فنی ممکن نیست و این مسئله منجر به ارائه نتایج متفاوت می‌شود. برای بهبود دقت مدل و دستیابی به نتایج بهتر، پیشنهاد می‌شود که عوامل انتشار پایه مدل IVE با استفاده از داده‌های مطالعات محلی تنظیم شوند تا برآوردهای مدل دقیق‌تر و به شرایط واقعی نزدیک‌تر شوند. Hui و همکاران (۹) استفاده از داده‌های واقعی مربوط به الگوی رانندگی، شرایط جاده و سرعت خودرو نیز می‌توانند به بهبود پیش‌بینی مدل کمک کنند. علاوه بر این، بهبود طراحی موتور خودروهای پایه گازسوز برای سازگاری بهتر با سوخت گاز طبیعی می‌تواند منجر به کاهش انتشار گازهای CO و CO₂ شود.

در نهایت، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مدل IVE در تخمین میزان انتشار گازهای CO و CO₂ برای خودروهای بنزین‌سوز، مقادیر بیش‌تری را نسبت به مقادیر واقعی ارائه می‌دهد. از سوی دیگر، در خودروهای پایه گازسوز، میزان انتشار واقعی بیش‌تر از تخمین مدل است. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، اصلاح و بهینه‌سازی تنظیمات مدل IVE و استفاده از داده‌های واقعی ضروری است.

نسبت به XU7 به‌ویژه در شرایط عملکرد واقعی و سکون خودرو به شمار می‌رود.



شکل (۹): خروجی مدل IVE جهت مقایسه میزان انتشار آلاینده‌های ۱،۳-بوتادین، استالدهید و فرمالدهید در دو حالت راه‌اندازی و کارکرد موتور



شکل (۱۰): خروجی مدل IVE جهت مقایسه میزان انتشار آلاینده‌های CO₂، N₂O و CH₄ در دو حالت راه‌اندازی و کارکرد موتور

برای ارزیابی دقیق‌تر تفاوت عملکرد دو نوع موتور TU5 و XU7 از نظر میزان تولید آلاینده‌ها، یک مقایسه آماری از میانگین مقادیر خروجی گازها و ذرات آلاینده تنظیم شده است. این تحلیل ترکیبی از داده‌های تجربی به‌دست‌آمده از مراکز معاینه فنی و نتایج حاصل از مدل‌سازی نرم‌افزار بین‌المللی IVE است. بر اساس اطلاعات جدول (۴)، موتور TU5 در بیش‌تر شاخص‌های آلاینده‌گی، عملکرد مطلوب‌تری از خود نشان داده است. به‌طور مشخص، در آلاینده‌های CO، HC، NO_x و VOC و ذرات معلق PM₁₀ مقادیر خروجی موتور TU5 به‌مراتب کم‌تر از XU7 گزارش شده است. این امر به طراحی بهینه‌تر، سیستم انژکتوری دقیق‌تر و فرآیند احتراق کامل‌تر در موتور TU5 نسبت داده می‌شود. در مقابل، مقدار گاز CO₂ در موتور TU5 اندکی بالاتر از XU7 است که این موضوع به عنوان نشانه‌ای از احتراق کامل‌تر سوخت تلقی می‌گردد؛ چرا که در یک احتراق کامل، بخش اعظم کربن موجود در سوخت به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود. از سوی دیگر، آلاینده‌هایی نظیر NH₃، بنزن و سرب در هر دو نوع موتور مقادیر نسبتاً مشابهی داشته و تفاوت معناداری در آن‌ها مشاهده نشده است. در مجموع، یافته‌های این تحلیل نشان می‌دهند که موتور TU5 از منظر زیست‌محیطی و تولید آلاینده‌ها، گزینه بهینه‌تری

جدول (۴): مقایسه آماری میانگین آلاینده‌های خروجی از موتورهای TU5 و XU7 بر اساس داده‌های تجربی و نتایج مدل IVE

آلاینده	XU7	TU5	تفسیر
CO	بیش‌تر	کم‌تر	TU5 طراحی بهینه‌تری دارد، احتراق کامل‌تر
HC	۲۱۰-۲۱۱ ppm	۱۴۷ ppm	نشان‌دهنده احتراق ناقص در XU7
NOx	۰/۳۰ g/km	۰/۱۸ g/km	TU5 حدود ۴۰ درصد کم‌تر آلاینده نیتروژن
CO ₂	کم‌تر	بیش‌تر	احتراق کامل‌تر در TU5، تولید CO ₂ بیش‌تر
VOC	بیش‌تر	کم‌تر	XU7 در حالت گازسوز VOC بیش‌تری دارد
PM10	بیش‌تر	کم‌تر	XU7 در حالت گازسوز ذرات بیش‌تری تولید می‌کند
NH ₃	تفاوت جزئی	تفاوت جزئی	تفاوت زیادی گزارش نشده
Benzene	تفاوت جزئی	تفاوت جزئی	مشابه در شرایط کارکرد
Lead	کم و تقریباً ثابت	کم و تقریباً ثابت	تأثیر خاصی ندارد

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یکی از چالش‌های مهم در کشور، مشکل آلودگی هوای کلان‌شهرها است که بخش عمده‌ای از آن ناشی از انتشار آلاینده‌ها توسط وسایل نقلیه متحرک می‌باشد. گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۶ بیان می‌کند که خسارات اقتصادی ناشی از آلودگی هوا در ایران به حدود ۳۰ میلیارد دلار می‌رسد، که این مقدار معادل ۲/۴۸ درصد از تولید ناخالص داخلی کشور است. این آمار برجسته، ضرورت جدی برای بررسی دقیق‌تر میزان انتشار آلاینده‌های هوای ناشی از منابع مختلف، به‌ویژه خودروها را آشکار می‌سازد.

در این راستا، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مقایسه میزان انتشار آلاینده‌های خودروهای سواری پژو مجهز به موتورهای XU7 و TU5، که به سیستم‌های سوخت‌رسانی مختلف مجهز هستند، در دوره‌های مختلف موتور انجام شده است. این ارزیابی شامل جمع‌آوری داده‌های عملی از مرکز معاینه فنی خودرو و مقایسه آن با نتایج حاصل از مدل‌سازی توسط نرم‌افزار IVE می‌باشد. این تحقیق به دنبال ارائه دیدگاهی دقیق‌تر درباره رفتار

آلاینده‌های خودروها در شرایط مختلف کارکردی است و می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی و کاهش آلودگی هوا مورد استفاده قرار گیرد.

بررسی‌های انجام‌شده در مرکز معاینه فنی نشان داد که بیش‌ترین میزان آلودگی در حالت درجا مربوط به خودروی پایه گازسوز با سوخت گاز می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که دوگانه‌سوز کردن پژو XU7 برای کاهش آلاینده‌های درجا، گزینه مناسبی نیست. همچنین، بررسی گازهای خروجی از اگزوز نشان داد که انتشار گازهای CO و HC در وضعیت درجا بیش‌تر از حالت متحرک بوده است، در حالی که میزان گاز CO₂ در حالت متحرک افزایش یافته است. مدل‌سازی نرم‌افزار IVE نشان داد که میزان انتشار آلاینده‌های CO و CO₂ در خودروی بنزین‌سوز به‌طور کلی بیش‌تر از خودروی پایه گازسوز است. این یافته‌ها با نتایج مراکز معاینه فنی در تضاد است؛ چرا که در حالت درجا، مراکز معاینه فنی کم‌ترین میزان انتشار CO را در خودروی بنزین‌سوز گزارش داده‌اند. از سوی دیگر، مدل IVE نشان داد که میزان آلاینده‌های

خودروها در حالت درجا نسبت به حالت متحرک بیش‌تر است که نیاز به بررسی دقیق‌تر این نتایج را نشان می‌دهد. مقایسه میان نتایج مدل IVE و مراکز معاینه فنی نشان داد که مدل IVE برای خودروی بنزین‌سوز مقادیر بیش‌تری از آلاینده‌های CO و CO₂ را تخمین می‌زند، در حالی که در مورد خودروی گازسوز، مقادیر واقعی مراکز معاینه فنی بیش‌تر از مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بود. این تفاوت می‌تواند ناشی از استفاده از داده‌های پیش‌فرض مدل برای کشور چین، اختلافات محیطی (دما، رطوبت، ارتفاع از سطح دریا) و همچنین شرایط آزمایش در مراکز معاینه فنی باشد.

به‌طور کلی، گازسوز کردن خودروی پژو XU7 می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای کاهش میانگین آلاینده‌گی در وضعیت متحرک باشد، به‌ویژه در مورد گازهای CO و HC. با این حال، نتایج مدل IVE نشان داد که میزان انتشار آلاینده‌های VOC و PM₁₀ در خودروهای گازسوز نیز می‌تواند در شرایط خاصی از برآوردهای اولیه بیش‌تر باشد. بنابراین، استفاده طولانی‌مدت از این خودروها در حالت درجا، به‌ویژه در شرایط تراکم بالا، ممکن است منجر به افزایش چشمگیر آلاینده‌هایی چون HC و ذرات معلق PM₁₀ شود. این یافته‌ها نیاز به تدوین قوانین بازدارنده، طراحی بهتر سیستم‌های سوخت‌رسانی و همچنین بررسی دقیق‌تر وضعیت VOC و ذرات معلق را نشان می‌دهد.

برای بهبود دقت پیش‌بینی‌های مدل IVE، ضروری است که این مدل با شرایط محلی ایران تطبیق یابد. این تطبیق شامل استفاده از داده‌های مربوط به ناوگان خودرویی کشور، نرخ انتشار پایه خودروها،

الگوهای رانندگی منطقه‌ای و شرایط محیطی خاص ایران است. چنین رویکردی می‌تواند به میزان چشمگیری بر دقت نتایج پیش‌بینی شده توسط این مدل تأثیرگذار باشد. همچنین، اندازه‌گیری میزان آلاینده‌گی خودروها باید در شرایط واقعی انجام شود؛ به این معنا که آزمایش‌ها باید در جاده‌های واقعی با در نظر گرفتن عواملی مانند شیب جاده، تغییرات شتاب خودرو و شرایط محیطی مانند دما و رطوبت صورت گیرد. این اقدام می‌تواند اختلاف میان نتایج واقعی و پیش‌بینی‌های مدل را کاهش دهد.

مطالعات بیش‌تری در زمینه مدت‌زمان مناسب استفاده از خودروهای گازسوز در حالت درجا نیز ضروری به نظر می‌رسد. استفاده طولانی‌مدت از این خودروها در حالت درجا ممکن است منجر به افزایش آلاینده‌گی شود، از این‌رو، بررسی دقیق‌تر این مسئله می‌تواند به تدوین راهکارهای مؤثری منجر شود. در این راستا، مدل‌های آماری دیگری نظیر AERMOD و SMOKE نیز می‌توانند برای ارزیابی دقیق‌تر میزان آلاینده‌گی خودروها و ارائه تخمین‌های بهتر در مطالعات آینده مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، طراحی موتورهای خودروها باید به گونه‌ای بهبود یابد که با سوخت گاز طبیعی سازگاری بیش‌تری داشته باشد. چنین طراحی‌هایی می‌توانند علاوه بر کاهش میزان آلاینده‌گی، بازده موتور را نیز افزایش دهند. همچنین، بهبود کیفیت سوخت‌های مصرفی و ارتقای فناوری تولید خودروها در کشور از دیگر عوامل مؤثر در کاهش آلودگی هوا محسوب می‌شود. این اقدامات می‌توانند تأثیر مثبتی بر کاهش آلاینده‌گی خودروهای پژو XU7 و TU5 داشته و دقت پیش‌بینی‌های مدل‌های نرم‌افزاری را نیز افزایش دهند. همچنین، استفاده از

[7] Hafsha, H.Y.S., Saleh, S.M., 2025, Estimation of CO₂ emission factors for motorcycle and passenger car use: The international vehicle emissions model in Banda Aceh. *Jurnal Serambi Engineering*, 10, 11590.

[8] Yang, X., Yao, D., Xu, R., Pian, Y., Liu, S., Liu, Y., 2025, Assessment of full-process VOCs emissions of on-road vehicles considering individual parking behaviors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 142, 104678.

[9] Hui, G., Qingyu, Z., Yao, S., Dahui, W., 2007, Evaluation of the international vehicle emission (IVE) model with on-road remote sensing measurements. *Journal of Environmental Sciences*, 19, 818.

[10] Mirmohamadi, A., Alyari Shoreh Deli, S., Kalhor, A., 2016, Studying simultaneous injection of natural gas and gasoline effect on dual fuel engine performance and emissions. *International Journal of Automotive Engineering*, 6, 2110.

[11] Aduagba, O.N., Amine, J.D., Oseni, M.I., 2013, Investigating emission values of a passenger vehicle in the idle mode and comparison with regulated values. *American Journal of Engineering Research*, 2(3), 13.

[12] Thomas, D., Sandhu, G.S., Nilsson, T., Bjurkvist, S., 2023, Investigating the incorporation of idle, high idle, and driving acceleration NO_x emissions tests into the periodic technical inspection procedures. *Atmosphere*, 14(3), 536.

[13] Ashrafi, K., Fatehi, S.M., Pootehrigi, M., 2018, Evaluating the effects of BRT system on traffic and air pollution by using IVE model and EMME/2 (Case study: Line 10 Azad University Return to Azadi Square). *Journal of Research in Environmental Health*, 4(3), 165. (in Persian)

[14] Dehghan, R., Abdolahi, S., Rahimi, M., Nejad Koorki, F., Amini, M., 2019, Investigation of exhaust pollutant emissions in light vehicles compared to technical examination standard and Euro 2: Case study in Shiraz city. *Iranian Journal of Health and Environment*, 12(3), 437. (in Persian)

[15] SaberiYansani, M., Rashidi, Y., Hashemi S.H., 2024, Comparison of the real emissions of domestic passenger cars with the IVE model. *Environmental Sciences*, 22(1), 39. (in Persian)

[16] Mądział, M., Campisi, T., Jaworski, A., Tesoriere, G., 2021, The development of strategies to reduce exhaust emissions from

مدل‌های مکمل برای شبیه‌سازی دقیق‌تر آلاینده‌هایی نظیر VOC و PM₁₀، می‌تواند در مطالعات آتی مورد توجه قرار گیرد تا برآورد آلاینده‌گی جامع‌تری فراهم شود.

تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافع برای اعلام ندارند.

منابع

[1] Yousefi Golboteh, R., Ramezani Moghadam, F., Mohammadi, M., Houshmand, S., Mohammadi, M., 2016, Measuring vehicle exhaust emissions from Peugeot 206, Samand and EL Samand in Mashhad. *Journal of Environmental Science and Technology*, 18(2), 63. (in Persian)

[2] Hosseini, S.S., 2023, Evaluation of the effects of air pollution on human health and the environment. 10th National Conference on Modern Studies and Research in the Field of Biology and Natural Sciences of Iran, Al Taha Institute of Higher Education, 10 September, Tehran, Iran. (in Persian)

[3] Dargahi, A., Golestanifar, H., Alavi, S., 2012, Study of the amount of pollutants emitted from the exhaust of cars in Kermanshah City and its impact on human health. 2nd National Conference on Health, Safety and Environment, Mahshahr Branch, Islamic Azad University, 14 November, Mahshahr, Iran. (in Persian)

[4] Montazeri, M., Naderpour, A., 2009, Simulation of fuel consumption and exhaust emissions in dual fuel Samand vehicle and verification with NEDC modal test results. *The Journal of Engine Research*, 15, 11. (in Persian)

[5] Mohammadi, M., Nazemosadat, S.M.R., Fazel, D., Lari, Y.B., 2025, An integrated approach for structural modeling, modal analysis, and aerodynamic evaluation of an electric vehicle body shell using finite element method and computational fluid dynamics. *Materials Today Communications*, 45, 112331.

[6] SaberiYansani, M., Rashidi, Y., Hashemi, S.H., 2025, Comparative analysis of COPERT and IVE models in road transport emission assessment. *Sustainable Earth Trends*, 5(3), 25.

- [24] Shafie-Pour, M., Tavakoli, A., 2013, On-road vehicle emissions forecast using IVE simulation model. *International Journal of Environmental Research*, 7(2), 367.
- [25] Fattahi, Y., Ahmadi, M., 2010, Dual-fueling of gasoline vehicles and its role in reducing air pollutants: A case study of the Pride vehicle. 3rd National Conference on Safety Engineering and HSE Management, Sharif University of Technology, 8 March, Tehran, Iran. (in Persian)
- [26] Fartookzadeh, H.R., Eshraghi, H., 2015, Dynamic modeling of the effect of dual-fuel vehicle policy on pollution production and energy consumption. *Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1), 1. (in Persian)
- [27] Shafipour, M., Abdollahi, S., 2017, Modeling the estimation of the emission of pollutants from mobile sources in one of the busiest streets in District 1 of Tehran. 5th National Conference on Air and Noise Pollution Management, Iran Clean Air Association, 29 January, Tehran, Iran. (in Persian)
- passenger cars in Rzeszow city—Poland. A preliminary assessment of the results produced by the increase of e-fleet. *Energies*, 14(4), 1046.
- [17] Taher Sarai, A., Mansouri, N., Jafari, Q., Seydi, F., 2011, Determination emission factors in Peugeot 405 car. 5th National Conference and Exhibition on Environmental Engineering, Tehran University, 20 November, Tehran, Iran. (in Persian)
- [18] Majnoui, O., Shakibaei, M., Sheikhzadeh, Q., 2023, Experimental investigation and comparison of gasoline and natural gas emissions in an internal combustion engine. 20th Fluid Dynamics Conference, Semnan University, 7 November, Semnan, Iran. (in Persian)
- [19] Rezazadeh, S., 2008, Investigating the status of air pollutant emissions in gasoline vehicles in Qazvin. 2nd Conference of Environmental Engineering, Tehran University, 19 May, Tehran, Iran. (in Persian)
- [20] Shariati, S., Ramezani, N., Fanaei, S.A., 2022, Investigating the annual production of large-scale automotive pollutants in Kermanshah city using IVE software. 9th Conference on Air and Noise Pollution Management, Tehran University, 19 February, Tehran, Iran. (in Persian)
- [21] Khazini, L., Jamshidi Kalajahi, M., Blond, N., 2019, Investigation of emissions and dispersion of pollutants from cars in Tabriz City. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 49(3), 23. (in Persian)
- [22] Mirshi, S., Enayati Ahangar, F., Hosseini, V., 2013, Studying the effect of driving patterns on the amount of pollution produced by vehicles in Tehran. 12th International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran Transportation and Traffic Organization, March, 18 February, Tehran, Iran. (in Persian)
- [23] Sarhadi, A., Mohammadi, M., Mohammadi, M., 2017, Effects of fuel type and fuel delivery system on pollutant emissions of Pride and Samand vehicles. *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*, 4(3), 767.