Journal Website

Article history:
Received 21 January 2026
Revised 15 May 2026
Accepted 23 May 2026
Initial Publication 03 June 2026
Final Publication 21 March 2027

Dynamic Management and Business Analysis

Volume 6, Issue 1, pp 1-17

E-ISSN: 3041-8933

Population Growth and Pollution in Post-1990 India: Evidence from a Bivariate ARDL Analysis

Ali. Asadi-khamami[1], Maziar. Mozaffari-foularti[2*], Ehsan. Rasoulinezhad[3], Nahid. Pourrostami[4]

[1] Ph.D. Student, Department of Indian Subcontinent Studies, Faculty of World Studies, University of Tehran, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Department of South and Southeast Asian Studies, Faculty of World Studies, University of Tehran, Tehran, Iran
[3] Associate Professor, Department of Transregional and Global Studies, Faculty of World Studies, University of Tehran, Tehran, Iran
[4] Associate Professor, Department of South and Southeast Asian Studies, Faculty of World Studies, University of Tehran, Tehran, Iran

*** Corresponding author email address**: mmfalarti@ut.ac.ir

A r t i c l e I n f o

Article type:
Original Research

How to cite this article:
Asadi-Khamami, A., Mozaffari-Foularti, M., Rasoulinezhad, E., & Pourrostami, N. (2027). Population Growth and Pollution in Post-1990 India: Evidence from a Bivariate ARDL Analysis. *Dynamic Management and Business Analysis*, *6*(1), 1-17.
https://doi.org/10.61838/dmbaj.362

© 2027 the author(s). Published by Knowledge Management Scientific Association. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License.

A B S T R A C T

Objective: The aim of this study was to examine the short-run and long-run relationship between population growth and carbon dioxide emissions in India after the 1990 economic reforms using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model and critical ethnographic analysis.

Methods and Materials: This study employed a mixed-methods approach integrating econometric analysis with critical ethnographic research. In the quantitative section, annual time-series data for India from 1990 to 2023 were collected from sources including the World Bank, the International Monetary Fund, and the International Labour Organization. Per capita carbon dioxide emissions were considered as the primary indicator of environmental pressure, while total population was used as the main explanatory variable. Following ADF and KPSS unit root tests, a bivariate ARDL model was applied to estimate both short-run and long-run relationships among the variables. Bounds testing, lag-length selection based on the Akaike Information Criterion (AIC), and the Error Correction Model (ECM) were also conducted. In the qualitative section, ethnographic fieldwork was carried out in March 2025 in the cities of Calangute, Mumbai, Pune, Delhi, and Jaipur. Data were collected through direct observation, informal interviews, and documentation of urban environmental conditions.

Findings: The ARDL results indicated that total population growth in India did not have a statistically significant or stable long-run relationship with CO_2 emissions, and the long-run population elasticity was not statistically significant ($\beta = 1.26$, $p = 0.14$). The error correction term was also statistically insignificant, suggesting the absence of a stable long-run equilibrium between the variables. However, evidence showed that urban population concentration had a positive association with increased pollution emissions in both the short and long run. Ethnographic findings further revealed substantial differences among cities. Delhi and Mumbai experienced severe environmental pressure and high pollution levels, whereas Pune demonstrated more balanced environmental conditions due to relatively stronger infrastructure management and urban planning. Overall findings suggested that environmental outcomes were influenced less by total population size itself and more by urban concentration, infrastructure capacity, governance quality, and development policies.

Conclusion: The findings demonstrated that population growth alone is not the primary determinant of environmental pollution in India, and its effects are mediated through urbanization, infrastructure systems, energy consumption patterns, and governance quality.

Keywords: *Population dynamics, pollution, sustainable development, India, urbanization, ARDL, ethnography.*

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The relationship between population growth, urbanization, and environmental sustainability has become one of the central concerns of contemporary development studies. Rapid demographic expansion, industrialization, and increasing energy consumption have intensified environmental pressures in many developing economies, particularly in countries experiencing accelerated urban transformation (Steffen et al., 2015; United Nations, 2015). India represents one of the most significant cases in this regard. Since the economic liberalization reforms initiated in the early 1990s, the country has undergone substantial demographic, economic, and spatial transformations. India's population increased from approximately 870 million in 1990 to more than 1.4 billion in recent years, while the country simultaneously emerged as one of the world's largest economies (Asadikhomami, 2025; World Bank, 2023). This rapid expansion has been accompanied by intense urban growth, increased industrial activity, and rising energy demand, all of which have contributed to escalating environmental pressures.

Urbanization has become a defining feature of India's post-1990 development trajectory. Major metropolitan areas such as Delhi and Mumbai have expanded dramatically, while medium-sized cities have also experienced significant demographic growth (Angel et al., 2021). These changes have generated economic opportunities but have simultaneously increased greenhouse gas emissions, traffic congestion, air pollution, waste generation, and pressure on urban infrastructure. Reports on air quality and urban environmental conditions indicate that several Indian cities regularly experience hazardous levels of pollution, particularly particulate matter emissions and carbon-intensive energy use (Central Pollution Control, 2023; World Health Organization, 2023). Consequently, understanding the relationship between demographic expansion and environmental degradation in India has become increasingly important for both national planning and global climate governance.

Theoretical debates regarding population and environmental change have long been divided between neo-Malthusian and adaptive perspectives. Malthus argued that population tends to grow faster than the resources required to sustain it, leading eventually to environmental and social crises (Malthus, 1798). Neo-Malthusian scholars later expanded this argument by emphasizing the ecological consequences of rapid demographic growth, particularly in contexts where institutional and technological capacities remain limited (Bongaarts & Sinding, 2011; Ehrlich & Ehrlich, 2013). From this perspective, population pressure is viewed as a major driver of environmental degradation and resource depletion (Crist et al., 2017).

In contrast, Boserup proposed that population pressure could stimulate technological innovation and institutional adaptation rather than environmental collapse (Boserup, 1965, 1981). According to this view, societies are capable of responding to demographic stress through improvements in productivity, technological change, and resource management. Subsequent studies also demonstrated that environmental outcomes depend not only on population size but also on governance structures, technological systems, and patterns of consumption (Netting, 1993).

Another important theoretical framework is the Environmental Kuznets Curve (EKC), which proposes a nonlinear relationship between economic growth and environmental degradation. According to the EKC hypothesis, pollution tends to increase during the early stages of industrialization but may

eventually decline as societies invest in cleaner technologies and stronger environmental institutions (Grossman & Krueger, 1995; Stern, 2004). India presents an important case for evaluating this framework because the country combines rapid economic growth with increasing investments in renewable energy and environmental regulation.

Recent environmental research has also emphasized that ecological impacts are shaped by multiple interacting drivers rather than population alone. Frameworks such as STIRPAT highlight the importance of technology, affluence, and institutional structures in shaping environmental outcomes (York et al., 2003). Therefore, the relationship between demographic growth and pollution cannot be understood as a purely linear process. Instead, environmental pressures emerge through interactions among urban concentration, infrastructure capacity, governance quality, and economic development patterns.

Based on these debates, the present study investigates whether population growth alone can explain changes in carbon dioxide emissions in post-1990 India. The study combines econometric analysis using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model with critical ethnographic field observations in selected Indian cities. By integrating quantitative and qualitative evidence, the study seeks to provide a multidimensional understanding of how demographic changes interact with environmental pressures in contemporary India.

Methods and Materials

The study employed a mixed-methods research design integrating econometric time-series analysis with critical ethnographic fieldwork. The quantitative component relied on annual national-level data covering the period from 1990 to 2023, corresponding to the post-liberalization era in India. Carbon dioxide emissions per capita were used as the primary environmental indicator, while total population served as the main explanatory variable. Additional macro-level indicators related to urbanization, economic growth, and energy consumption were also considered during the broader analytical process. Variables were transformed into logarithmic form where appropriate to improve model estimation and interpretability.

To examine both short-term and long-term relationships between population growth and environmental pressure, the study employed the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) approach. Stationarity tests, including the Augmented Dickey–Fuller (ADF) and KPSS procedures, were conducted to determine the order of integration of variables. Following confirmation that variables were integrated at either I(0) or I(1), ARDL bounds testing and error correction modeling were performed. Lag selection was based on Akaike and Schwarz information criteria, and diagnostic tests were conducted to evaluate model stability and specification adequacy.

The qualitative component consisted of critical ethnographic fieldwork conducted in March 2025 in five Indian cities: Calangute, Mumbai, Pune, Delhi, and Jaipur. These sites were selected to represent different forms of urban development, demographic concentration, and environmental stress. Data collection included direct observation of urban environments, informal conversations with residents and local stakeholders, and documentation of public infrastructure, waste systems, transportation conditions, and visible pollution patterns. Field notes were systematically recorded and later interpreted alongside the econometric findings to provide contextual understanding of the lived realities associated with demographic and environmental change.

Findings

E-ISSN: 3041-8933

The unit root tests demonstrated that most variables were nonstationary at levels but became stationary after first differencing, confirming the appropriateness of the ARDL framework. The selected ARDL specification was ARDL(1,3), based on minimum information criterion values. Cointegration testing suggested limited evidence of a stable long-run relationship between total population and carbon dioxide emissions.

Long-run coefficient estimates indicated a positive but statistically insignificant relationship between total population and CO_2 emissions. Although population growth was associated with increasing environmental pressure, the estimated elasticity lacked statistical precision, suggesting that population alone does not sufficiently explain long-term emission dynamics in India. Error correction results also revealed weak and statistically insignificant adjustment toward long-run equilibrium. Short-run coefficients for population variables fluctuated across lags and did not demonstrate consistent significance.

One notable finding concerned the significant negative coefficient associated with the 2020 dummy variable, reflecting the temporary reduction in emissions during the COVID-19 pandemic due to lower industrial activity and transportation demand. This result highlighted the importance of structural economic conditions in shaping environmental outcomes.

The ethnographic findings provided additional insight into the spatial and institutional dimensions of environmental pressure. Delhi exhibited the most severe environmental conditions, characterized by intense air pollution, congestion, and infrastructure stress. Mumbai also demonstrated strong environmental pressure linked to high population density and transportation emissions. In contrast, Pune showed relatively better waste management systems and more effective urban planning, despite continued demographic growth. Calangute revealed how seasonal tourism-generated population inflows could produce significant environmental strain even in smaller urban settings. Jaipur represented an intermediate case in which environmental pressures were increasing alongside urban expansion but had not yet reached the intensity observed in larger metropolitan centers.

Overall, the combined findings suggested that environmental degradation in India is not determined simply by population size. Instead, the environmental consequences of demographic growth depend heavily on urban concentration, infrastructure quality, governance capacity, and technological adaptation.

Discussion and Conclusion

The findings of this study provide a nuanced interpretation of the relationship between population growth and environmental degradation in post-1990 India. While the results partially support neo-Malthusian concerns regarding demographic pressure and ecological stress, they do not support the argument that population growth alone mechanically determines environmental outcomes. The weak long-run relationship between total population and CO_2 emissions suggests that environmental degradation is mediated by broader structural and institutional conditions.

The ethnographic observations strongly demonstrated that environmental pressure becomes most severe when demographic concentration interacts with inadequate infrastructure and weak urban governance. Cities such as Delhi and Mumbai reflected conditions consistent with neo-Malthusian expectations, where population concentration exceeds environmental carrying capacity and institutional adaptation remains insufficient. However, the case of Pune illustrated that institutional responses,

infrastructure investment, and urban planning can mitigate the environmental consequences of demographic growth.

These findings also align with Boserupian perspectives emphasizing adaptation and innovation. Population growth may create environmental stress, but it can also stimulate technological and institutional responses capable of reducing ecological damage. Investments in renewable energy, waste management systems, and sustainable transportation in some Indian cities suggest that demographic expansion does not inevitably produce environmental collapse.

The results further support elements of the Environmental Kuznets Curve framework. India appears to be undergoing a transitional phase in which economic growth initially intensified pollution but is now increasingly accompanied by environmental regulation and technological modernization. Nevertheless, this transition remains uneven across regions and cities, indicating that progress toward sustainable development depends heavily on governance quality and policy implementation.

The study also highlights the importance of spatial analysis in environmental research. Urban concentration, rather than total population size alone, emerged as the central mechanism linking demographic change to pollution. This finding reinforces broader environmental research emphasizing the role of urban systems, consumption patterns, and infrastructure networks in shaping ecological outcomes.

In conclusion, the environmental future of India will depend less on demographic size itself and more on how demographic change is managed through urban planning, technological development, and environmental governance. Sustainable development in rapidly urbanizing societies requires integrated policies that address population dynamics, infrastructure capacity, and environmental protection simultaneously. The findings suggest that population growth should not be interpreted as an isolated environmental threat but rather as a process whose consequences are shaped by institutional, technological, and spatial conditions.

E-ISSN: 3041-8933

شاپای الکترونیکی: ۸۹۳۳-۳۰۴۱

مدیریت پویا و تحلیل کسب و کار

دوره ۶، شماره ۱، صفحه ۱۷-۱

وبسایت مجله

تاریخچه مقاله
دریافت شده در تاریخ ۱ بهمن ۱۴۰۴
اصلاح شده در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۵
پذیرفته شده در تاریخ ۲ خرداد ۱۴۰۵
اولین انتشار در تاریخ ۱۲ خرداد ۱۴۰۵
انتشار نهایی در تاریخ ۱ فروردین ۱۴۰۶

رشد جمعیت و آلودگی در هند پس از سال ۱۹۹۰: شواهدی از تحلیل دو متغیره ARDL

علی اسدی‌خمامی[۱]، مازیار مظفری فلارتی*[۲]، احسان رسولی‌نژاد[۳]، ناهید پوررستمی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مطالعات شبه قاره هند، دانشکده مطالعات جهان، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۲] استادیار، گروه مطالعات جنوب و شرق آسیا، دانشکده مطالعات جهان، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۳] دانشیار، گروه مطالعات فرامنطقه‌ای و جهانی، دانشکده مطالعات جهان، دانشگاه تهران ، تهران، ایران
[۴] دانشیار، گروه مطالعات جنوب و شرق آسیا، دانشکده مطالعات جهان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: mmfalarti@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

پژوهشی اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

اسدی‌خمامی، علی.، مظفری فلارتی، مازیار.، رسولی‌نژاد، احسان.، و پوررستمی، ناهید. (۱۴۰۶). رشد جمعیت و آلودگی در هند پس از سال ۱۹۹۰: شواهدی از تحلیل دو متغیره ARDL. *مدیریت پویا و تحلیل کسب و کار*، ۶(۱)، ۱۷-۱.

© ۱۴۰۶ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده(گان) است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY 4.0) صورت گرفته است.

چکیده

هدف: هدف این پژوهش، بررسی رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت میان رشد جمعیت و انتشار دی‌اکسیدکربن در هند پس از اصلاحات اقتصادی ۱۹۹۰ با استفاده از مدل خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) و تحلیل قوم‌نگارانه انتقادی بود. **روش‌شناسی:** این مطالعه با رویکرد روش ترکیبی انجام شد و از تحلیل اقتصادسنجی و پژوهش قوم‌نگارانه انتقادی به‌صورت تلفیقی بهره گرفت. در بخش کمی، داده‌های سری زمانی سالانه هند طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ از منابعی همچون بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول و سازمان بین‌المللی کار استخراج شد. انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص فشار زیست‌محیطی و جمعیت کل به‌عنوان متغیر توضیحی اصلی در نظر گرفته شد. پس از انجام آزمون‌های ریشه واحد ADF وKPSS ، مدل ARDL دو متغیره برای برآورد روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان متغیرها به‌کار رفت. آزمون کرانه‌ها، انتخاب طول وقفه بر اساس معیار AIC و مدل تصحیح خطا نیز اجرا شدند. در بخش کیفی، پژوهش قوم‌نگارانه در مارس ۲۰۲۵ در شهرهای کالانگوت، بمبئی، پونا، دهلی و جیپور انجام شد و داده‌ها از طریق مشاهده مستقیم، مصاحبه‌های غیررسمی و مستندسازی محیط‌های شهری گردآوری شدند. **یافته‌ها:** نتایج مدل ARDL نشان داد که رشد کل جمعیت در هند رابطه بلندمدت معنادار و پایداری با انتشار CO_2 ندارد و کشش بلندمدت جمعیت از نظر آماری معنادار نبود (β=۱.۲۶، p=۰.۱۴). همچنین جمله تصحیح خطا از نظر آماری معنادار نشد که بیانگر نبود تعادل بلندمدت پایدار میان متغیرها بود. با این حال، شواهد نشان دادند که تمرکز جمعیت شهری در کوتاه‌مدت و بلندمدت با افزایش انتشار آلاینده‌ها ارتباط مثبت دارد. یافته‌های قوم‌نگارانه نیز تفاوت قابل‌توجهی میان شهرها نشان دادند؛ به‌گونه‌ای که دهلی و بمبئی با فشار شدید زیست‌محیطی و آلودگی بالا مواجه بودند، در حالی که پونا به دلیل مدیریت بهتر زیرساخت‌ها و برنامه‌ریزی شهری، شرایط زیست‌محیطی متعادل‌تری داشت. نتایج کلی حاکی از آن بود که پیامدهای زیست‌محیطی بیش از آن‌که تابع اندازه کلی جمعیت باشند، به تمرکز شهری، ظرفیت زیرساخت‌ها، کیفیت حکمرانی و سیاست‌های توسعه وابسته‌اند. **نتیجه‌گیری:** یافته‌های پژوهش نشان دادند که رشد جمعیت به‌تنهایی عامل تعیین‌کننده آلودگی زیست‌محیطی در هند نیست و تأثیر آن از طریق شهرنشینی، زیرساخت‌ها، نظام‌های انرژی و کیفیت حکمرانی میانجی‌گری می‌شود.

کلیدواژگان: *پویایی جمعیت، آلودگی، توسعه پایدار، هند، شهرنشینی، ARDL، قوم‌نگاری*

مقدمه

رابطه میان رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی در دهه‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین موضوعات پژوهشی در حوزه علوم اجتماعی، اقتصاد محیط‌زیست و سیاست‌گذاری توسعه تبدیل شده است. افزایش سریع جمعیت جهانی، گسترش شهرنشینی، مصرف گسترده انرژی‌های فسیلی و تشدید فشار بر منابع طبیعی، نگرانی‌های عمیقی درباره آینده زیست‌محیطی جهان ایجاد کرده‌اند (Steffen et al., 2015; United Nations, 2015). در این میان، کشورهای در حال توسعه که هم‌زمان با رشد اقتصادی سریع و افزایش جمعیت مواجه‌اند، بیش از سایر کشورها در معرض بحران‌های زیست‌محیطی قرار دارند. هند به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین اقتصادهای نوظهور جهان و پرجمعیت‌ترین کشور جهان، نمونه‌ای برجسته از این وضعیت محسوب می‌شود. این کشور از اوایل دهه ۱۹۹۰ و پس از اجرای اصلاحات آزادسازی اقتصادی، شاهد تحولات گسترده‌ای در ساختار اقتصادی، الگوهای شهرنشینی و روندهای جمعیتی بوده است (Asadikhomami, 2025; World Bank, 2023).

رشد جمعیت در هند طی سه دهه گذشته با سرعت قابل‌توجهی ادامه یافته است. جمعیت این کشور از حدود ۸۷۰ میلیون نفر در سال ۱۹۹۰ به بیش از ۱.۴ میلیارد نفر در سال‌های اخیر رسیده است و این تغییرات همراه با گسترش شدید مناطق شهری، توسعه صنعتی و افزایش مصرف انرژی بوده است (World Bank, 2023). شهرنشینی سریع در کلان‌شهرهایی نظیر دهلی، بمبئی و بنگلور نه‌تنها ساختار اقتصادی کشور را متحول کرده، بلکه فشار بی‌سابقه‌ای بر محیط زیست، منابع آب، کیفیت هوا و سامانه‌های مدیریت پسماند وارد ساخته است (Angel et al., 2021; Central Pollution Control, 2023). در بسیاری از مناطق شهری هند، زیرساخت‌های خدماتی نتوانسته‌اند همگام با رشد جمعیت توسعه یابند و این مسئله منجر به تشدید مشکلاتی نظیر آلودگی هوا، ازدحام ترافیکی، کاهش کیفیت آب و افزایش بیماری‌های مرتبط با محیط زیست شده است (World Health Organization, 2023).

بحث درباره رابطه میان جمعیت و محیط زیست سابقه‌ای طولانی در ادبیات نظری دارد. نخستین چارچوب تأثیرگذار در این حوزه به نظریه مالتوسی بازمی‌گردد. توماس رابرت مالتوس استدلال می‌کرد که جمعیت با نرخی سریع‌تر از منابع غذایی و طبیعی رشد می‌کند و در نتیجه، افزایش جمعیت به‌طور اجتناب‌ناپذیر به بحران‌های اقتصادی و زیست‌محیطی منجر خواهد شد (Malthus, 1798). این دیدگاه بعدها در قالب نظریه‌های نئومالتوسی گسترش یافت و پژوهشگران جدیدتر بر این باور بودند که رشد کنترل‌نشده جمعیت، فشار شدیدی بر اکوسیستم‌ها، منابع طبیعی و ظرفیت زیست‌محیطی زمین وارد می‌کند (Bongaarts & Sinding, 2011; Ehrlich & Ehrlich, 2013). بر اساس این دیدگاه، افزایش جمعیت جهانی یکی از عوامل اصلی تخریب محیط زیست، تغییرات اقلیمی و کاهش تنوع زیستی محسوب می‌شود (Crist et al., 2017).

در مقابل، برخی نظریه‌پردازان دیدگاه متفاوتی ارائه داده‌اند. استر بوزروپ در نظریه خود استدلال می‌کند که فشار جمعیتی لزوماً به بحران منجر نمی‌شود، بلکه می‌تواند محرکی برای نوآوری، تغییرات فناورانه و سازگاری نهادی باشد (Boserup, 1965, 1981). از این منظر، جوامع انسانی قادرند در مواجهه با افزایش جمعیت، از طریق توسعه فناوری، اصلاح ساختارهای اقتصادی و بهبود نظام‌های مدیریتی، بهره‌وری منابع را افزایش دهند و فشارهای زیست‌محیطی را کنترل کنند. پژوهش‌های بعدی نیز نشان داده‌اند که در برخی کشورها، رشد جمعیت هم‌زمان با پیشرفت‌های فناورانه و ارتقای زیرساخت‌های شهری، به بهبود کارایی انرژی و کاهش نسبی شدت انتشار آلاینده‌ها منجر شده است (Netting, 1993). این دیدگاه به‌ویژه در مورد اقتصادهای نوظهور اهمیت دارد؛ زیرا نشان می‌دهد پیامدهای زیست‌محیطی رشد جمعیت تا حد زیادی به کیفیت حکمرانی، ظرفیت نهادی و مسیر توسعه اقتصادی وابسته است.

E-ISSN: 3041-8933

یکی دیگر از چارچوب‌های نظری مهم در این حوزه، فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی است. این نظریه بیان می‌کند که رابطه میان توسعه اقتصادی و تخریب محیط زیست به‌صورت غیرخطی است؛ به این معنا که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، آلودگی و تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد، اما پس از رسیدن به سطح مشخصی از درآمد و توسعه نهادی، روند آلودگی کاهش پیدا می‌کند (Grossman & Krueger, 1995; Stern, 2004). بر اساس این دیدگاه، کشورهای در حال توسعه در ابتدا به دلیل صنعتی‌شدن سریع و استفاده گسترده از انرژی‌های فسیلی با افزایش آلودگی مواجه می‌شوند، اما در مراحل بعدی با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، توسعه مقررات زیست‌محیطی و ارتقای آگاهی عمومی، قادر خواهند بود فشارهای زیست‌محیطی را کاهش دهند. مطالعات انجام‌شده در اقتصادهای نوظهور نشان داده‌اند که تحقق این الگو به شدت وابسته به ساختار حکمرانی، نوع رشد اقتصادی و میزان سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار است (Shafik, 1994; Stern, 2004).

هند در موقعیتی قرار دارد که می‌تواند آزمونی مهم برای این نظریه‌ها باشد. این کشور از یک‌سو با رشد سریع جمعیت، افزایش مصرف انرژی و گسترش شهرنشینی مواجه است و از سوی دیگر، سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجهی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، حمل‌ونقل پایدار و سیاست‌های کنترل آلودگی انجام داده است (Central Pollution Control, 2023; World Bank, 2023). با این حال، شدت و پراکندگی آلودگی در مناطق مختلف هند متفاوت است. شهرهایی مانند دهلی و بمبئی همچنان با بحران شدید آلودگی هوا و ازدحام زیرساختی مواجه‌اند، در حالی که برخی شهرهای متوسط مانند پونا موفق شده‌اند از طریق مدیریت بهتر شهری و توسعه زیرساخت‌ها بخشی از فشارهای زیست‌محیطی را کنترل کنند (Angel et al., 2021; World Health Organization, 2023). این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که رابطه میان جمعیت و محیط زیست رابطه‌ای ساده و خطی نیست و عوامل ساختاری و نهادی نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری پیامدهای زیست‌محیطی دارند.

در دهه‌های اخیر، پژوهشگران تلاش کرده‌اند با استفاده از مدل‌های تحلیلی مختلف، پیچیدگی رابطه میان جمعیت، اقتصاد و محیط زیست را توضیح دهند. یکی از مدل‌های مهم در این زمینه، چارچوب STIRPAT است که به تحلیل نیروهای محرک تغییرات زیست‌محیطی می‌پردازد. این مدل نشان می‌دهد که اثرات زیست‌محیطی نه‌تنها به اندازه جمعیت، بلکه به سطح مصرف، فناوری و ساختارهای اقتصادی وابسته‌اند (York et al., 2003). بر اساس این دیدگاه، دو کشور با جمعیت مشابه می‌توانند پیامدهای زیست‌محیطی کاملاً متفاوتی داشته باشند، زیرا نوع مصرف انرژی، فناوری‌های مورد استفاده و کیفیت سیاست‌گذاری در آن‌ها متفاوت است. این چارچوب تحلیلی برای مطالعه هند اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا رشد اقتصادی و جمعیتی این کشور با تغییرات عمیق در الگوهای مصرف، شهرنشینی و صنعتی‌شدن همراه بوده است.

در کنار مباحث نظری، روش‌شناسی پژوهش درباره رابطه جمعیت و محیط زیست نیز تحول یافته است. بسیاری از مطالعات جدید علاوه بر تحلیل‌های کمی، از رویکردهای کیفی و قوم‌نگارانه برای بررسی تجربه زیسته شهروندان در مواجهه با بحران‌های زیست‌محیطی استفاده می‌کنند (Madison, 2019). این رویکردها امکان درک عمیق‌تری از نحوه تجربه آلودگی، فشارهای شهری و نابرابری‌های زیست‌محیطی را فراهم می‌کنند. در هند، بسیاری از خانوارهای کم‌درآمد در مناطقی زندگی می‌کنند که بیشترین مواجهه را با آلودگی هوا، آب و پسماند دارند و در عین حال کمترین دسترسی را به خدمات زیربنایی دارند (World Health Organization, 2023). بنابراین، تحلیل صرفاً آماری بدون توجه به واقعیت‌های اجتماعی و فضایی، نمی‌تواند تصویر کاملی از پیامدهای رشد جمعیت ارائه دهد.

از نظر روش‌های اقتصادسنجی نیز، استفاده از مدل خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) در سال‌های اخیر گسترش یافته است. این مدل به دلیل توانایی تحلیل روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان متغیرها و قابلیت استفاده در نمونه‌های کوچک، برای مطالعات محیط‌زیستی و جمعیتی بسیار مناسب شناخته می‌شود (Nkoro & Uko, 2016). پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که مدل ARDL

می‌تواند در تحلیل پویایی‌های بلندمدت میان جمعیت، مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها نتایج قابل اعتمادی ارائه دهد. استفاده از این روش در مطالعه حاضر به پژوهش امکان می‌دهد تا بررسی کند آیا رشد جمعیت در هند به‌تنهایی قادر به توضیح تغییرات انتشار CO_2 است یا اینکه عوامل دیگری همچون شهرنشینی، ساختار اقتصادی و ظرفیت نهادی نقش مهم‌تری ایفا می‌کنند.

افزون بر این، بحران‌های زیست‌محیطی معاصر در چارچوب جهانی توسعه پایدار نیز اهمیت ویژه‌ای یافته‌اند. سازمان ملل متحد در دستورکار توسعه پایدار ۲۰۳۰ بر ضرورت ایجاد تعادل میان رشد اقتصادی، عدالت اجتماعی و حفاظت از محیط زیست تأکید کرده است (United Nations, 2015). همچنین مفهوم «مرزهای سیاره‌ای» بیان می‌کند که فعالیت‌های انسانی در حال نزدیک شدن به ظرفیت‌های بحرانی اکوسیستم زمین هستند و ادامه روندهای فعلی می‌تواند پیامدهای غیرقابل بازگشتی برای محیط زیست جهانی به همراه داشته باشد (Steffen et al., 2015). در این زمینه، هند به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و یکی از مهم‌ترین اقتصادهای در حال رشد جهان، نقش تعیین‌کننده‌ای در آینده زیست‌محیطی جهان خواهد داشت.

با توجه به اهمیت فزاینده مسئله جمعیت و محیط زیست در هند و خلأ موجود در پژوهش‌هایی که هم‌زمان از تحلیل اقتصادسنجی و رویکرد قوم‌نگارانه استفاده کرده باشند، مطالعه حاضر تلاش می‌کند رابطه میان رشد جمعیت و انتشار دی‌اکسیدکربن در هند پس از سال ۱۹۹۰ را با استفاده از مدل ARDL و پژوهش میدانی قوم‌نگارانه انتقادی بررسی کند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد روش ترکیبی و با تلفیق تحلیل اقتصادسنجی و قوم‌نگاری انتقادی طراحی و اجرا شد تا بتواند رابطه میان رشد جمعیت و فشارهای زیست‌محیطی در هند پس از اصلاحات اقتصادی سال ۱۹۹۰ را در دو سطح کلان و خرد مورد بررسی قرار دهد. در بخش کمی، مطالعه از نوع کاربردی و مبتنی بر داده‌های سری زمانی سالانه بود که بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ را پوشش می‌داد. این دوره زمانی به‌دلیل هم‌زمانی با اصلاحات آزادسازی اقتصادی هند، رشد سریع شهرنشینی، توسعه صنعتی و افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی انتخاب شد. جامعه آماری بخش کمی شامل کل اقتصاد ملی هند در دوره مورد مطالعه بود و واحد تحلیل، داده‌های سالانه کلان اقتصادی و زیست‌محیطی کشور محسوب می‌شد. در بخش کیفی، پژوهش قوم‌نگارانه انتقادی در مارس ۲۰۲۵ در پنج شهر کالانگوت، بمبئی، پونا، دهلی و جیپور انجام شد. این شهرها به‌صورت هدفمند انتخاب شدند تا طیفی متنوع از محیط‌های شهری هند را از نظر تراکم جمعیتی، شدت شهرنشینی، توسعه اقتصادی و سطح فشار زیست‌محیطی نمایندگی کنند. در جریان پژوهش میدانی، مشاهده مستقیم محیط‌های شهری، تعاملات اجتماعی، زیرساخت‌های خدماتی و وضعیت آلودگی هوا، آب و پسماند انجام شد. همچنین مصاحبه‌های غیررسمی با ساکنان محلی، فعالان اجتماعی، کارکنان شهری و کسبه انجام گرفت تا تجربه زیسته شهروندان از فشارهای محیط‌زیستی و جمعیتی مورد بررسی قرار گیرد. رویکرد قوم‌نگارانه انتقادی به پژوهش امکان داد تا فراتر از روابط آماری، نحوه تجربه واقعی شهرنشینی و آلودگی در زندگی روزمره مردم تحلیل شود. تمامی مراحل گردآوری داده‌ها با رعایت اصول اخلاق پژوهش انجام شد و هیچ‌گونه اطلاعات هویتی از مشارکت‌کنندگان ثبت نگردید.

در بخش کمی، داده‌های مورد نیاز از پایگاه‌های معتبر بین‌المللی استخراج شدند. داده‌های مربوط به انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن، رشد جمعیت، درصد شهرنشینی، مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی از پایگاه شاخص‌های توسعه جهانی بانک جهانی، پایگاه صندوق بین‌المللی پول و پایگاه داده سازمان بین‌المللی کار گردآوری شدند. انتشار سرانه CO_2 به‌عنوان شاخص اصلی فشار زیست‌محیطی در نظر گرفته شد، زیرا یکی از شناخته‌شده‌ترین شاخص‌های سنجش آلودگی و تغییرات اقلیمی در مطالعات اقتصاد محیط‌زیست محسوب می‌شود. جمعیت کل کشور نیز به‌عنوان متغیر مستقل اصلی انتخاب شد تا میزان تأثیر آن بر تغییرات زیست‌محیطی مورد آزمون قرار گیرد. برای افزایش دقت مدل و امکان

E-ISSN: 3041-8933

تفسیر کشش‌ها، برخی متغیرها به فرم لگاریتم طبیعی تبدیل شدند. علاوه بر داده‌های اقتصادسنجی، در بخش کیفی از ابزار مشاهده میدانی ساختاریافته، ثبت یادداشت‌های میدانی، مستندسازی محیطی و مصاحبه‌های غیررسمی استفاده شد. در مشاهده میدانی، شاخص‌هایی نظیر تراکم ترافیک، وضعیت حمل‌ونقل عمومی، کیفیت هوا، نحوه مدیریت پسماند، وضعیت فاضلاب شهری، تراکم ساختمانی و میزان دسترسی به زیرساخت‌های خدماتی مورد توجه قرار گرفتند. پژوهشگر همچنین از طریق حضور مستقیم در محله‌ها، مراکز عمومی، خیابان‌ها و مناطق پرتراکم شهری، به بررسی نحوه مواجهه شهروندان با مسائل زیست‌محیطی پرداخت. یادداشت‌های قوم‌نگارانه به‌صورت روزانه ثبت شدند تا توصیف جامعی از شرایط اجتماعی و محیطی شهرهای مورد مطالعه فراهم شود. این ترکیب از ابزارهای کمی و کیفی موجب شد پژوهش بتواند هم الگوهای کلان آماری و هم واقعیت‌های زیسته محیط‌های شهری هند را به‌صورت هم‌زمان تحلیل کند.

تحلیل داده‌ها در دو بخش کمی و کیفی انجام شد. در بخش اقتصادسنجی، ابتدا ویژگی‌های آماری متغیرها بررسی شد و آزمون‌های ریشه واحد دیکی–فولر تعمیم‌یافته (ADF) و KPSS برای تعیین درجه همگرایی متغیرها مورد استفاده قرار گرفتند تا اطمینان حاصل شود متغیرها از مرتبه I(۰) یا I(۱) هستند و هیچ متغیری از مرتبه I(۲) نیست. پس از تأیید شرایط لازم، مدل خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) برای بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان رشد جمعیت و انتشار CO_2 به‌کار گرفته شد. انتخاب این مدل به دلیل مناسب بودن آن برای نمونه‌های کوچک، قابلیت استفاده از متغیرهای با درجات متفاوت همگرایی و امکان برآورد هم‌زمان روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت صورت گرفت. در ادامه، آزمون کرانه‌ها برای بررسی وجود هم‌انباشتگی میان متغیرها اجرا شد و طول وقفه بهینه مدل با استفاده از معیارهای آکائیک (AIC) و شوارتز (SIC) تعیین گردید. همچنین مدل تصحیح خطا (ECM) برای بررسی سرعت بازگشت متغیرها به تعادل بلندمدت برآورد شد. به‌منظور ارزیابی پایداری و اعتبار مدل، آزمون‌های تشخیصی مربوط به خودهمبستگی، ناهمسانی واریانس و پایداری ساختاری نیز اجرا شدند. در بخش کیفی، داده‌های قوم‌نگارانه با استفاده از تحلیل مضمون تفسیری مورد بررسی قرار گرفتند. یادداشت‌های میدانی، مشاهدات و روایت‌های ثبت‌شده چندین بار مرور شدند و سپس بر اساس مفاهیم اصلی مرتبط با فشار جمعیتی، کیفیت زیرساخت‌ها، الگوهای آلودگی، شیوه‌های حکمرانی و سازگاری شهری کدگذاری شدند. در نهایت، مضامین اصلی استخراج و با یافته‌های اقتصادسنجی تلفیق شدند تا تصویری جامع و چندبعدی از رابطه میان جمعیت، شهرنشینی و آلودگی در هند ارائه شود.

یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های حاصل از تحلیل اقتصادسنجی و مشاهدات قوم‌نگارانه پژوهش ارائه می‌شود. هدف اصلی تحلیل، بررسی چگونگی ارتباط میان رشد جمعیت، شهرنشینی و فشارهای زیست‌محیطی در هند پس از اصلاحات اقتصادی ۱۹۹۰ بود. برای این منظور، ابتدا ویژگی‌های آماری متغیرها و ایستایی آن‌ها بررسی شد، سپس مدل خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) برای تحلیل روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان متغیرها برآورد گردید. علاوه بر نتایج کمی، داده‌های قوم‌نگارانه نیز به‌منظور تفسیر عمیق‌تر پویایی‌های شهری و زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفتند تا تصویری جامع از تجربه زیسته آلودگی و فشار جمعیتی در شهرهای مختلف هند ارائه شود.

جدول ۱

نتایج آزمون‌های ریشه واحد (ADF و KPSS)

متغیر	ADFدر سطح(p-value)	KPSSدر سطح	ADFدر تفاضل اول(p-value)	KPSSدر تفاضل اول
$lnCO_2$	۰.۹۲۷۴	۰.۷۸۵۵	۰.۰۲۰۴	۰.۱۲۵۲
$lnCO_2pc$	۰.۹۸۱۲	۰.۷۷۹۶	۰.۰۲۲۴	۰.۰۷۳۹
lnGDP	۰.۹۷۸۰	۰.۸۰۹۵	۰.۰۰۰۰	۰.۰۷۹۲
lnEnergy	۰.۹۶۷۸	۰.۷۵۵۳	۰.۱۷۳۱	۰.۱۳۶۰
Urban_pct	۰.۹۹۸۷	۰.۸۰۶۹	۰.۸۹۶۲	۰.۷۳۸۶
lnPOP	۰.۴۴۵۳	۰.۸۰۲۶	۰.۹۸۹۱	۰.۷۸۱۲

نتایج آزمون‌های ریشه واحد نشان داد که اغلب متغیرهای مورد مطالعه در سطح دارای ناایستایی هستند و پس از تفاضل‌گیری مرتبه اول به وضعیت ایستا نزدیک می‌شوند. مقادیر بالای احتمال در آزمون ADF در سطح و مقادیر نسبتاً بالای آزمون KPSS بیانگر وجود ریشه واحد در متغیرها بود. با این حال، پس از اعمال تفاضل اول، متغیرهایی نظیر انتشار CO_2 و تولید ناخالص داخلی به سطح معناداری آماری رسیدند. این یافته‌ها نشان دادند که متغیرها از درجات متفاوت همگرایی برخوردارند و در نتیجه استفاده از مدل ARDL برای تحلیل روابط میان آن‌ها مناسب و قابل توجیه است. همچنین نتایج تأیید کردند که هیچ‌یک از متغیرها از مرتبه I(۲) نیستند و شرایط لازم برای اجرای آزمون کرانه‌ها و تحلیل هم‌انباشتگی برقرار است.

جدول ۲

نتایج انتخاب مدل ARDL و آزمون هم‌انباشتگی

شاخص	مقدار / نتیجه	توضیح
ساختار وقفه منتخب	ARDL(۱,۳)	انتخاب‌شده بر اساس معیار آکائیک
AIC	-۱۳۸.۶	کمترین مقدار میان مدل‌های رقیب
BIC	-۱۲۸.۵	تأیید مدل فشرده‌تر
آماره انگل–گرنجر	-۴.۷۳	معنادار در سطح ۱ درصد

نتایج انتخاب مدل نشان داد که ساختار ARDL(۱,۳) بهترین برازش را برای داده‌های پژوهش فراهم می‌کند. مقادیر پایین معیارهای AIC و BIC نشان‌دهنده مناسب بودن طول وقفه انتخاب‌شده بود. همچنین آزمون انگل–گرنجر وجود هم‌انباشتگی میان متغیرها را تا حدی تأیید کرد و بیانگر آن بود که نوعی ارتباط بلندمدت میان متغیرهای جمعیت و انتشار آلاینده‌ها وجود دارد، هرچند این رابطه از نظر قدرت و پایداری در ادامه تحلیل‌ها محدود ارزیابی شد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که بخشی از تغییرات زیست‌محیطی در هند را می‌توان در چارچوب تحولات جمعیتی و ساختاری اقتصاد پس از اصلاحات اقتصادی تفسیر کرد.

جدول ۳

ضرایب بلندمدت مدل ARDL

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آمارهt	سطح معناداری
lnPOP	۱.۲۶	۰.۸۴	۱.۴۹	۰.۱۴

E-ISSN: 3041-8933

نتایج ضرایب بلندمدت نشان داد که جمعیت کل اثر مثبتی بر انتشار CO_2 دارد، اما این اثر از نظر آماری معنادار نیست. ضریب ۱.۲۶ بیانگر آن است که با افزایش جمعیت، انتشار آلاینده‌ها نیز تمایل به افزایش دارد، ولی مقدار احتمال بالاتر از ۰.۰۵ نشان می‌دهد که این رابطه از پایداری و دقت کافی برخوردار نیست. این یافته حاکی از آن است که رشد جمعیت به‌تنهایی نمی‌تواند تغییرات زیست‌محیطی هند را توضیح دهد و عوامل دیگری نظیر مصرف انرژی، کیفیت زیرساخت‌ها، تمرکز شهری و سیاست‌های زیست‌محیطی نقش مهم‌تری در شکل‌گیری روندهای آلودگی ایفا می‌کنند. در نتیجه، فرضیه‌های مبتنی بر جبر جمعیتی به‌تنهایی برای توضیح الگوهای انتشار آلاینده‌ها در هند کافی نیستند.

جدول ۴

نتایج مدل تصحیح خطا (ECM)

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آمارهt	سطح معناداری
ثابت	-۰.۸۳۱۵	۳.۰۸۸	-۰.۲۶۹	۰.۷۹۰
ΔlnPOP(t)	-۶.۶۶۲۱	۱۳.۰۶۹	-۰.۵۱۰	۰.۶۱۵
ΔlnPOP(t−۱)	۱۷.۷۷۰۸	۳۲.۱۷۷	۰.۵۵۲	۰.۵۸۶
ΔlnPOP(t−۲)	-۳۲.۵۸۵۹	۳۸.۳۱۰	-۰.۸۵۱	۰.۴۰۳
ΔlnPOP(t−۳)	۲۱.۴۷۲۰	۱۸.۰۳۱	۱.۱۹۱	۰.۲۴۵
D۲۰۲۰	-۰.۱۴۷۵	۰.۰۲۵	-۵.۸۹۴	۰.۰۰۰
ECT(t−۱)	-۰.۲۱۷۷	۰.۱۴۶	-۱.۴۹۰	۰.۱۴۰

نتایج مدل تصحیح خطا نشان داد که ضرایب کوتاه‌مدت جمعیت در اغلب وقفه‌ها معنادار نیستند و نوسانات جمعیتی در کوتاه‌مدت تأثیر پایدار و دقیقی بر انتشار آلاینده‌ها ندارند. همچنین جمله تصحیح خطا دارای ضریب منفی بود که از نظر نظری نشانه بازگشت به تعادل بلندمدت محسوب می‌شود، اما سطح معناداری آن نشان داد که سرعت تعدیل به تعادل بلندمدت ضعیف و ناپایدار است. در مقابل، متغیر مجازی سال ۲۰۲۰ اثر منفی و معناداری بر انتشار آلاینده‌ها داشت که احتمالاً ناشی از کاهش فعالیت‌های اقتصادی و حمل‌ونقل در دوره همه‌گیری کووید-۱۹ بوده است. این نتایج تأکید می‌کنند که تغییرات زیست‌محیطی در هند بیشتر تحت تأثیر شوک‌های ساختاری، تحولات اقتصادی و سیاست‌های مدیریتی قرار دارند تا صرفاً تغییرات جمعیتی کوتاه‌مدت.

جدول ۵

مقایسه یافته‌های قوم‌نگارانه در شهرهای مورد مطالعه

شهر	وضعیت آلودگی هوا	وضعیت مدیریت پسماند	فشار زیرساختی	الگوی کلی
کالانگوت	متوسط	ضعیف	متوسط	فشار ناشی از گردشگری
بمبئی	بالا	تحت فشار	بسیار بالا	تراکم شدید شهری
پونا	متوسط	نسبتاً مطلوب	کنترل‌شده	سازگاری نهادی
دهلی	بسیار بالا	بحرانی	بسیار بالا	فشار زیست‌محیطی شدید
جیپور	رو به افزایش	متوسط	در حال افزایش	مرحله گذار شهری

یافته‌های قوم‌نگارانه نشان دادند که شدت فشارهای زیست‌محیطی در شهرهای مختلف هند تفاوت قابل‌توجهی دارد و این تفاوت‌ها بیش از آن‌که به اندازه کلی جمعیت وابسته باشند، به ظرفیت زیرساخت‌ها، شیوه حکمرانی شهری و الگوهای توسعه اقتصادی مرتبط هستند.

دهلی و بمبئی شدیدترین وضعیت آلودگی و ازدحام زیرساختی را نشان دادند، در حالی که پونا به‌دلیل مدیریت بهتر حمل‌ونقل و خدمات شهری شرایط متعادل‌تری داشت. کالانگوت نمونه‌ای از فشار زیست‌محیطی ناشی از گردشگری فصلی بود و جیپور نیز در مرحله‌ای میانی از گذار شهری قرار داشت. این یافته‌ها تأیید می‌کنند که تمرکز فضایی جمعیت و کیفیت مدیریت شهری نقش کلیدی در تبدیل فشارهای جمعیتی به بحران‌های زیست‌محیطی دارند و رابطه میان جمعیت و آلودگی رابطه‌ای ساده و خطی نیست.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطه میان رشد جمعیت و فشارهای زیست‌محیطی در هند پس از اصلاحات اقتصادی ۱۹۹۰ انجام شد و تلاش کرد با تلفیق تحلیل اقتصادسنجی و مشاهدات قوم‌نگارانه، تصویری چندبعدی از این رابطه ارائه دهد. یافته‌های پژوهش نشان دادند که اگرچه رشد جمعیت و شهرنشینی در هند هم‌زمان با افزایش فشارهای زیست‌محیطی رخ داده‌اند، اما جمعیت به‌تنهایی قادر به توضیح کامل تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن نیست و این رابطه تحت تأثیر عوامل ساختاری، نهادی و اقتصادی قرار دارد. نتایج مدل ARDL نشان داد که رابطه بلندمدت میان جمعیت کل و انتشار CO_2 از نظر آماری پایدار و معنادار نیست، هرچند در برخی دوره‌های زمانی آثار کوتاه‌مدت مثبت مشاهده شد. این یافته حاکی از آن است که فشارهای زیست‌محیطی در هند بیشتر از آن‌که صرفاً ناشی از اندازه جمعیت باشند، به الگوهای تمرکز شهری، مصرف انرژی، ساختار زیرساختی و کیفیت حکمرانی وابسته‌اند.

یافته‌های پژوهش تا حدی با دیدگاه‌های نئومالتوسی همخوانی دارند. نظریه مالتوس و رویکردهای نئومالتوسی بر این باورند که رشد جمعیت در شرایط محدودیت منابع طبیعی می‌تواند به تخریب محیط زیست و بحران‌های اجتماعی منجر شود (Bongaarts & Sinding, 2011; Ehrlich & Ehrlich, 2013; Malthus, 1798). مشاهدات قوم‌نگارانه در دهلی و بمبئی نیز این مسئله را تأیید می‌کنند. در این شهرها، تراکم شدید جمعیت، ازدحام ترافیکی، فشار بر سامانه‌های حمل‌ونقل، مصرف بالای انرژی و ضعف نسبی زیرساخت‌های زیست‌محیطی منجر به تشدید آلودگی هوا و افزایش فشار بر منابع شهری شده است. کیفیت پایین هوا، تراکم زیاد ساختمان‌ها، حجم بالای پسماند و ضعف مدیریت فاضلاب نشان می‌دهد که رشد سریع جمعیت شهری در برخی مناطق هند از ظرفیت زیرساخت‌ها فراتر رفته است (Central Pollution Control, 2023; World Health Organization, 2023). این وضعیت به‌ویژه در کلان‌شهرهایی که رشد شهری بدون توسعه متناسب خدمات عمومی رخ داده، قابل مشاهده است.

با این حال، یافته‌های پژوهش حاضر از دیدگاه‌های جبرگرایانه صرف فاصله می‌گیرند. اگرچه رشد جمعیت می‌تواند فشارهای زیست‌محیطی را افزایش دهد، اما نتایج نشان دادند که این رابطه به‌شدت تحت تأثیر بستر نهادی و کیفیت سیاست‌گذاری قرار دارد. این مسئله با نظریه بوزروپ همخوانی دارد. بوزروپ استدلال می‌کرد که فشار جمعیتی می‌تواند به نوآوری و سازگاری نهادی منجر شود و جوامع از طریق توسعه فناوری و بهبود مدیریت منابع قادر به کنترل آثار منفی رشد جمعیت خواهند بود (Boserup, 1965, 1981). شواهد مربوط به شهر پونا از این دیدگاه حمایت می‌کند. در این شهر، علی‌رغم رشد جمعیت و توسعه شهری، سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل عمومی، بهبود مدیریت پسماند و استفاده از برنامه‌ریزی شهری نسبتاً منسجم موجب شده است که فشارهای زیست‌محیطی نسبت به کلان‌شهرهایی مانند دهلی کمتر باشد. این یافته نشان می‌دهد که رشد جمعیت لزوماً به تخریب محیط زیست منجر نمی‌شود و در صورت وجود حکمرانی مؤثر و زیرساخت‌های مناسب، امکان کنترل پیامدهای زیست‌محیطی وجود دارد.

یافته‌های این پژوهش همچنین از چارچوب منحنی کوزنتس زیست‌محیطی حمایت نسبی می‌کنند. بر اساس این نظریه، آلودگی در مراحل اولیه توسعه اقتصادی افزایش می‌یابد، اما در مراحل بعدی با ارتقای فناوری و توسعه مقررات زیست‌محیطی کاهش پیدا می‌کند

E-ISSN: 3041-8933

(Grossman & Krueger, 1995; Stern, 2004). نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که در هند، رشد اقتصادی پس از اصلاحات اقتصادی ۱۹۹۰ با افزایش مصرف انرژی و تشدید انتشار آلاینده‌ها همراه بوده است، اما هم‌زمان سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه حمل‌ونقل عمومی و گسترش سیاست‌های زیست‌محیطی نیز افزایش یافته است (World Bank, 2023). این وضعیت می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که برخی مناطق هند در حال نزدیک شدن به نقطه عطف منحنی کوزنتس هستند، هرچند این روند در سراسر کشور یکنواخت نیست. تفاوت میان شهرهایی مانند دهلی و پونا نشان می‌دهد که تحقق الگوی EKC وابسته به کیفیت حکمرانی و ظرفیت نهادی است و به‌صورت خودکار رخ نمی‌دهد.

از سوی دیگر، یافته‌های پژوهش حاضر با چارچوب STIRPAT نیز همخوانی دارند. این مدل تأکید می‌کند که آثار زیست‌محیطی تنها تابع اندازه جمعیت نیستند، بلکه فناوری، ساختار اقتصادی و الگوهای مصرف نیز نقش تعیین‌کننده دارند (York et al., 2003). در مطالعه حاضر، مشاهده شد که تمرکز جمعیت شهری، شدت مصرف انرژی و توسعه صنعتی در برخی شهرها اثر بیشتری بر آلودگی داشتند تا خودِ رشد جمعیت. به عبارت دیگر، شهرهایی با ساختار اقتصادی متکی بر صنایع سنگین و حمل‌ونقل پرمصرف، فشار زیست‌محیطی بیشتری تجربه می‌کنند، حتی اگر نرخ رشد جمعیت آن‌ها مشابه سایر مناطق باشد. این مسئله نشان می‌دهد که الگوهای توسعه شهری و نوع رشد اقتصادی، نقش مهمی در تبدیل فشارهای جمعیتی به بحران‌های زیست‌محیطی ایفا می‌کنند.

نتایج پژوهش حاضر همچنین با مطالعات جهانی درباره مرزهای سیاره‌ای و توسعه پایدار سازگار هستند. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که رشد بی‌رویه مصرف انرژی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند ظرفیت اکولوژیکی زمین را تهدید کند (Steffen et al., 2015). در همین راستا، دستورکار توسعه پایدار سازمان ملل بر ضرورت ایجاد تعادل میان رشد اقتصادی، عدالت اجتماعی و حفاظت از محیط زیست تأکید می‌کند (United Nations, 2015). یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهند که هند در موقعیتی حساس قرار دارد؛ زیرا هم‌زمان با نیاز به تداوم رشد اقتصادی و پاسخ به تقاضای جمعیت رو به افزایش، باید مسیر توسعه خود را به سمت الگوهای کم‌کربن و پایدار هدایت کند. اگرچه سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و سیاست‌های محیط‌زیستی در سال‌های اخیر افزایش یافته، اما ادامه روند فعلی شهرنشینی بدون توسعه زیرساخت‌های پایدار می‌تواند فشارهای زیست‌محیطی را تشدید کند.

یکی از یافته‌های مهم پژوهش حاضر، اهمیت بُعد فضایی در رابطه میان جمعیت و آلودگی بود. تحلیل‌های اقتصادسنجی نشان دادند که جمعیت کل کشور اثر معنادار و پایداری بر انتشار آلاینده‌ها ندارد، اما زمانی که جمعیت در مناطق شهری متراکم متمرکز می‌شود، فشارهای زیست‌محیطی افزایش می‌یابند. این یافته با مطالعات مربوط به توسعه شهری جهانی همسو است که نشان می‌دهند شهرها اصلی‌ترین مراکز تولید آلودگی و مصرف انرژی هستند (Angel et al., 2021). تمرکز فعالیت‌های اقتصادی، حمل‌ونقل، صنایع و مصرف انرژی در شهرها موجب می‌شود که شهرنشینی به یکی از مهم‌ترین عوامل شکل‌دهنده پیامدهای زیست‌محیطی تبدیل شود. در هند، رشد سریع کلان‌شهرها و توسعه نامتوازن زیرساخت‌ها موجب شده است که بسیاری از شهرها با بحران‌های زیست‌محیطی مزمن مواجه شوند.

یافته‌های قوم‌نگارانه نیز نقش مهمی در تفسیر نتایج کمی داشتند. استفاده از رویکرد قوم‌نگاری انتقادی امکان بررسی تجربه زیسته شهروندان را فراهم کرد و نشان داد که پیامدهای زیست‌محیطی در میان گروه‌های مختلف اجتماعی به‌صورت نابرابر توزیع می‌شوند (Madison, 2019). خانوارهای کم‌درآمد که اغلب در مناطق متراکم و کم‌برخوردار شهری زندگی می‌کنند، بیشترین مواجهه را با آلودگی هوا، کیفیت پایین آب و ضعف خدمات عمومی دارند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که مسئله محیط زیست در هند صرفاً یک مسئله فنی یا اقتصادی نیست، بلکه ابعاد اجتماعی و عدالت‌محور نیز دارد. بنابراین، سیاست‌های زیست‌محیطی باید علاوه بر کاهش آلودگی، به کاهش نابرابری‌های فضایی و اجتماعی نیز توجه کنند.

همچنین نتایج پژوهش حاضر بر اهمیت سیاست‌گذاری یکپارچه تأکید می‌کنند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که کنترل آلودگی و مدیریت پیامدهای رشد جمعیت نیازمند هماهنگی میان سیاست‌های اقتصادی، جمعیتی، شهری و زیست‌محیطی است (Crist et al., 2017; United Nations, 2015). در هند، بخشی از مشکلات زیست‌محیطی ناشی از نبود هماهنگی میان برنامه‌ریزی شهری و توسعه جمعیتی است. رشد سریع مناطق شهری بدون توسعه هم‌زمان حمل‌ونقل عمومی، زیرساخت‌های پسماند و سامانه‌های انرژی پاک، موجب تشدید فشارهای محیطی شده است. بنابراین، توسعه پایدار در هند مستلزم آن است که پیش‌بینی‌های جمعیتی به‌صورت جدی در سیاست‌گذاری شهری و زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرند.

از نظر روش‌شناختی نیز، نتایج پژوهش نشان دادند که استفاده از مدل ARDL برای تحلیل رابطه میان جمعیت و آلودگی مناسب بوده است. این مدل توانست روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت را به‌طور هم‌زمان بررسی کند و محدودیت‌های ناشی از درجات متفاوت همگرایی متغیرها را کاهش دهد (Nkoro & Uko, 2016). تلفیق این روش با داده‌های قوم‌نگارانه نیز موجب شد که تحلیل‌ها صرفاً به روابط آماری محدود نشوند و زمینه اجتماعی و فضایی نتایج نیز مورد توجه قرار گیرد. این رویکرد ترکیبی می‌تواند الگویی مفید برای مطالعات آینده در حوزه جمعیت و محیط زیست باشد.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهند که رابطه میان جمعیت و آلودگی در هند رابطه‌ای پیچیده، چندبعدی و وابسته به بستر است. رشد جمعیت به‌تنهایی عامل اصلی بحران‌های زیست‌محیطی نیست، بلکه نحوه مدیریت شهرنشینی، کیفیت زیرساخت‌ها، ساختار اقتصادی و ظرفیت نهادی تعیین می‌کنند که آیا فشار جمعیتی به تخریب محیط زیست منجر خواهد شد یا زمینه‌ای برای نوآوری و توسعه پایدار فراهم می‌کند. این نتایج نشان می‌دهند که آینده زیست‌محیطی هند بیش از آن‌که به کنترل صرف جمعیت وابسته باشد، به کیفیت حکمرانی و مسیر توسعه اقتصادی و شهری وابسته است.

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، استفاده از داده‌های کلان ملی در بخش اقتصادسنجی بود که امکان بررسی تفاوت‌های دقیق میان ایالت‌ها و شهرهای مختلف هند را محدود می‌کرد. همچنین پژوهش میدانی قوم‌نگارانه در بازه زمانی نسبتاً کوتاهی انجام شد و به همین دلیل امکان مشاهده تغییرات بلندمدت رفتارهای اجتماعی و محیطی وجود نداشت. علاوه بر این، پژوهش حاضر عمدتاً بر انتشار CO_2 تمرکز داشت و سایر شاخص‌های زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، تنوع زیستی یا آلودگی صوتی به‌صورت مستقیم مورد بررسی قرار نگرفتند.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده از داده‌های منطقه‌ای و شهری برای تحلیل دقیق‌تر تفاوت‌های فضایی در هند استفاده کنند و اثر متغیرهایی مانند مصرف انرژی، نوع صنایع، الگوهای حمل‌ونقل و کیفیت حکمرانی شهری را به‌صورت جداگانه بررسی نمایند. همچنین انجام مطالعات تطبیقی میان هند و سایر اقتصادهای نوظهور می‌تواند به درک بهتر نقش سیاست‌های توسعه‌ای در مدیریت پیامدهای زیست‌محیطی رشد جمعیت کمک کند. استفاده از پژوهش‌های قوم‌نگارانه بلندمدت و مطالعات ترکیبی نیز می‌تواند شناخت عمیق‌تری از تجربه زیسته شهروندان در مواجهه با بحران‌های زیست‌محیطی فراهم آورد.

از نظر کاربردی، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که سیاست‌گذاران باید تمرکز بیشتری بر توسعه زیرساخت‌های پایدار شهری، گسترش حمل‌ونقل عمومی، مدیریت پسماند و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشند. همچنین لازم است برنامه‌ریزی شهری و سیاست‌های جمعیتی به‌صورت یکپارچه طراحی شوند تا رشد شهرها بدون افزایش شدید فشارهای زیست‌محیطی امکان‌پذیر باشد. ارتقای آگاهی عمومی درباره مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست، تقویت نظارت زیست‌محیطی و حمایت از فناوری‌های پاک نیز می‌تواند نقش مهمی در کاهش آثار منفی شهرنشینی و رشد جمعیت ایفا کند.

E-ISSN: 3041-8933

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

Angel, S., Lamson-Hall, P., Blei, A. M., Parent, J., & Galarza, S. (2021). Trajectories of global urban expansion: 1990–2014. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(30), e2018155118. https://doi.org/10.1073/pnas.2018155118

Asadikhomami, A. (2025). *Assessment of impacts of population on sustainable economic growth of post-1990 India* University of Tehran].

Bongaarts, J., & Sinding, S. (2011). Population policy in transition in the developing world. *Science*, *333*(6042), 574-576. https://doi.org/10.1126/science.1207558

Boserup, E. (1965). *The conditions of agricultural growth: The economics of agrarian change under population pressure*. Aldine.

Boserup, E. (1981). *Population and technological change: A study of long-term trends*. University of Chicago Press.

Central Pollution Control, B. (2023). *Annual report on municipal solid waste and air and water quality in India*.

Crist, E., Mora, C., & Engelman, R. (2017). The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. *Science*, *356*(6335), 260-264. https://doi.org/10.1126/science.aal2011

Ehrlich, P. R., & Ehrlich, A. H. (2013). Can a collapse of global civilization be avoided? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *280*(1754), 20122845. https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2845

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, *110*(2), 353-377. https://doi.org/10.2307/2118443

Madison, D. S. (2019). *Critical ethnography: Method, ethics, and performance* (3 ed.). SAGE Publications.

Malthus, T. R. (1798). *An essay on the principle of population*. J. Johnson.

Netting, R. M. (1993). *Smallholders, householders: Farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture*. Stanford University Press.

Nkoro, E., & Uko, A. K. (2016). Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration technique: Application and interpretation. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, *5*(4), 63-91.

Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: An econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, *46*(Supplement), 757-773.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223), 1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855

Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, *32*(8), 1419-1439. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://sdgs.un.org/2030agenda

World Bank. (2023). *World development indicators*. https://databank.worldbank.org

World Health Organization. (2023). *Ambient air pollution database and country statistics*. https://www.who.int

York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, *46*(3), 351-365. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00188-5

E-ISSN: 3041-8933