

Research Article

The Moderating Role of Digital Economy Infrastructure on the Relationship between Human Development and Urban-Rural Income Gap in Iran

Mostafa Shamsoddini^{*1} , Samineh Ghasemifar¹ 

1. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management, Economics and Accounting, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

Received 22 May 2026

Revise 18 July 2026

Accepted 30 July 2026

Publish 23 September 2026

Abstract

This study investigates the moderating role of digital economy infrastructure in the relationship between human development and the urban–rural income gap in Iran. Given the spatial and regional nature of provincial data and the presence of spillover effects across provinces, a spatial econometric approach is employed. To this end, data from 31 Iranian provinces over the period 2011–2024 (14 years) are analyzed using the Spatial Durbin Model (SDM). The findings reveal that: (1) human development has a significant negative relationship with the urban–rural income gap (-0.325); (2) digital economy infrastructure directly reduces the income gap (-0.184); (3) more importantly, the interaction effect between human development and the digital economy is positive and statistically significant (0.142), indicating the moderating role of the digital economy. This finding implies that, in provinces with stronger digital infrastructure, the observed gap-reducing effect of human development is weakened, suggesting a substitution effect rather than a complementary effect; and (4) spatial spillover effects are significant, indicating that improvements in human development and digital infrastructure in one province also contribute to reducing the income gap in neighboring provinces. Based on these findings, the study recommends balanced investment in human development and digital infrastructure, greater attention to regional spillover effects, and the design of complementary spatial policies.

Keywords: Urban-Rural Income Gap, Human Development, Digital Economy, Spatial Durbin Model (SDM)

JEL Classification: R12, O15, C33, O33

* **Corresponding Author:** Mostafa Shamsoddini **E-mail:** m.shamsoddini@hormozgan.ac.ir **Tel:** +9876333711000-267

Cite This Article (APA): Shamsoddini, M. & Ghasemifar, S. (2026). The Moderating Role of Digital Economy Infrastructure on the Relationship between Human Development and Urban-Rural Income Gap in Iran. *Journal of Economic Policies and Research*, 5(3), 167-210. <https://doi.org/10.22034/jepr.2026.145929.1363> [In Persian].

Homepage of this Article: https://jepr.uok.ac.ir/article_64657.html?lang=en



© The Author(s), 2026. *Economic Policies and Research*, Published online by University of Kurdistan. This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Introduction

Income inequality between urban and rural areas represents a fundamental challenge to Iran's economic development. According to the Statistical Center of Iran, the ratio of urban to rural per capita income has exceeded 2.5 in some years. Over the past decade, Iran has experienced two significant developments: improvements in human development indicators and the rapid expansion of digital economy infrastructure. The key question is whether these trends have reduced or widened the urban–rural income gap and whether digital economy infrastructure can moderate the relationship between human development and income inequality.

The theoretical literature on the relationship between human development and income inequality yields mixed results. The Kuznets curve theory predicts that inequality initially increases and subsequently decreases as development progresses, whereas Sen's capability approach argues that human development directly reduces inequality. The role of digital technologies in income inequality is similarly twofold: some studies emphasize the digital divide and the potential for digitalization to exacerbate inequality, whereas others highlight digital empowerment and its potential to reduce inequality.

Previous studies have paid relatively limited attention to the spatial dimension of this phenomenon. Iranian provinces exhibit substantial spatial heterogeneity due to geographical, cultural, and economic differences, while spillover effects between neighboring provinces may play a role in either widening or narrowing the income gap. New economic geography emphasizes that economic phenomena are not randomly distributed across space but instead tend to form spatial clusters. Three major mechanisms of spatial spillovers between provinces can be identified: trade spillovers, migration spillovers, and digital spillovers.

The theoretical core of this study is the moderating role of digital infrastructure in the relationship between human development and the income gap. Two theoretical scenarios are conceivable: a complementary effect, in which the digital economy enhances the effectiveness of investments in education and health, and a substitution effect, in which the digital economy can replace some of the functions of traditional human development. Based on this framework, four hypotheses are formulated: (1) human development has a negative effect on the income gap; (2) digital economy infrastructure has a negative effect on the income gap; (3) the interaction effect between human development and the digital economy on the income gap is significant; and (4) spatial spillover effects are significant.

Methodology

The study covers 31 provinces of Iran over the period 2011–2024 (14 years). The dependent variable is the urban–rural income gap, measured as the ratio of urban to rural household income. The main independent variable is the Human Development Index (HDI), comprising life expectancy, education, and per capita income. The moderating variable is the Digital Economy Infrastructure Index (DIG), constructed using Principal Component Analysis (PCA) based on five components: internet penetration, fixed broadband, e-government, smartphone penetration, and the value of e-commerce transactions. The control variables include the unemployment rate, government investment, industrial value added, the urbanization rate, population concentration, and inflation.

Moran's I statistic is calculated to examine spatial autocorrelation. The results are positive and statistically significant for all years, with an average value of approximately 0.39, indicating a clustered spatial distribution of the income gap and supporting the use of spatial econometric models. Spatial K-means clustering with a contiguity constraint identifies four distinct clusters: developed urban–digital provinces (6 provinces), industrial–developing provinces (7 provinces), traditional–rural provinces with a moderate income gap (9 provinces), and deprived provinces with a severe income gap (9 provinces).

The spatial LM tests indicate that the model should include the spatial lag of the dependent variable, while the Hausman test supports the use of provincial fixed effects. Accordingly, the Spatial Durbin Model (SDM) with provincial and year fixed effects is selected as the main model. The SDM incorporates both the spatial lag of the dependent variable and spatial lags of the

independent variables. Estimation is performed using Maximum Likelihood Estimation (MLE), and the direct and indirect (spillover) effects are calculated using the effects matrix.

Results and Discussion

The SDM estimation results show that the coefficient of human development is negative and statistically significant (-0.325), confirming Hypothesis 1 that increased human development significantly reduces the income gap. The coefficient of digital economy infrastructure is also negative and statistically significant (-0.184), confirming Hypothesis 2 that improvements in digital infrastructure contribute to reducing the income gap.

The most important finding is the positive and statistically significant interaction coefficient between human development and the digital economy (0.142), indicating a substitution effect rather than a complementary effect. In other words, in provinces with stronger digital infrastructure, the gap-reducing effect of human development is weakened. To illustrate this result more clearly, the net effect of human development on the income gap is calculated at different levels of digital infrastructure. In provinces with low levels of DIG, the gap-reducing effect is strong (-0.467), whereas in provinces with high levels of DIG, the effect is very weak (-0.041).

The spatial autocorrelation coefficient indicates strong spatial dependence. The spillover effects of human development (-0.162) and digital infrastructure (-0.112) are negative and statistically significant, indicating that improvements in these variables in neighboring provinces contribute to reducing the income gap in the target province. The decomposition of effects shows that the total effect of human development (-0.480) is approximately 34% greater than the direct effect (-0.318), highlighting the considerable importance of spatial spillovers.

Among the control variables, the urbanization rate and population concentration are statistically significant. Provinces with higher levels of urbanization have smaller income gaps, as rural areas in these provinces have effectively become more urbanized. By contrast, provinces in which the population is concentrated in one or two major cities exhibit larger income gaps, as remote rural areas remain deprived of access to services.

Conclusion

This study investigates the moderating role of digital economy infrastructure in the relationship between human development and the urban–rural income gap in Iran. The findings show that both human development and digital economy infrastructure have direct negative effects on the income gap. The most important finding is the positive and statistically significant moderating effect, indicating the presence of a substitution effect across Iranian provinces. In provinces with stronger digital infrastructure, the gap-reducing effect of human development is weakened. This finding is consistent with studies conducted in developing countries, and factors such as the growth of online education platforms, the development of rural e-commerce, and the expansion of digital financial services help explain this substitution effect. The high degree of spatial autocorrelation in the income gap indicates that income inequality in Iran is spatially clustered.

Based on the findings, policy recommendations at the national level include balanced investment in human development and the digital economy, with priority given to education and health in rural areas; the use of the digital economy as a compensatory policy in provinces with low levels of human development; targeted digital development in rural areas, particularly through online education and agricultural e-commerce; and reform of the rural ICT financing system.

At the regional level, based on the spatial clustering results, the establishment of a regional digital hub and investment in high-speed rural internet are recommended for the deprived southeastern cluster. For the central cluster, the transfer of digital policy packages from leading provinces to peripheral provinces is recommended. For provinces characterized by a High–Low spatial pattern, strengthening digital infrastructure for rural tourism is recommended.

Additional information

Authors' Contributions

All Authors Contributed Equally to The Writing of The Article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Financial Support

The authors received no financial support for the research and publication of this article.

Acknowledgements

The authors also extend their appreciation to all individuals whose constructive comments and guidance contributed to improving the quality of this article.

ORCID

- | | |
|---|---|
|  Mostafa Shamsoddini | https://orcid.org/0000-0001-5855-7512 |
|  Samineh Ghasemifar | https://orcid.org/0000-0001-6005-6370 |

مقاله پژوهشی

نقش تعدیلی زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال بر رابطه بین توسعه انسانی و شکاف درآمد شهری و روستایی در ایران

مصطفی شمس‌الدینی^{۱*}، ثمینه قاسمی فر^۲  

۱. استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

چکیده

پژوهش حاضر باهدف بررسی نقش تعدیلی زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال بر رابطه بین توسعه انسانی و شکاف درآمدی بین مناطق شهری و روستایی در ایران انجام شده است. باتوجه به ماهیت فضایی - منطقه‌ای داده‌های استانی و وجود اثرات سرریز بین استان‌ها، از رویکرد اقتصادسنجی فضایی استفاده شده است. بدین منظور، داده‌های ۳۱ استان ایران برای دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۳ (۱۴ سال) گردآوری و با استفاده از مدل دوربین فضایی (SDM) برآورد شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که: (۱) توسعه انسانی با شکاف درآمدی همبستگی منفی معناداری دارد (۰/۳۲۵-): (۲) زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال به طور مستقیم شکاف درآمدی را کاهش می‌دهند (۰/۱۸۴-): (۳) مهم‌تر آنکه، اثر تعاملی توسعه انسانی و اقتصاد دیجیتال مثبت و معنادار است (۰/۱۴۲) که نشان‌دهنده نقش تعدیلی اقتصاد دیجیتال است؛ به این معنا که در استان‌هایی با زیرساخت دیجیتال قوی‌تر، ارتباط کاهشی مشاهده‌شده میان توسعه انسانی و شکاف درآمدی تضعیف می‌شود (اثر جانشینی به جای مکملی)؛ (۴) اثرات سرریز فضایی معنادار بوده و نشان می‌دهد که بهبود توسعه انسانی و زیرساخت دیجیتال در یک استان، بر کاهش شکاف درآمدی استان‌های هم‌جوار نیز تأثیر مثبت دارد. بر اساس یافته‌ها، پیشنهادهای سیاستی شامل سرمایه‌گذاری متوازن در توسعه انسانی و زیرساخت دیجیتال، توجه به اثرات سرریز منطقه‌ای و طراحی سیاست‌های مکمل فضایی ارائه شده است.

واژگان کلیدی: شکاف درآمد شهری - روستایی، توسعه انسانی، اقتصاد دیجیتال، مدل دوربین فضایی (SDM)

طبقه‌بندی JEL: R12, O15, C33, O33

* نویسنده مسئول: مصطفی شمس‌الدینی آدرس رایانامه: m.shamsoddini@hormozgan.ac.ir تلفن تماس: ۰۷۶۳۳۳۷۱۱۰۰ - ۲۶۷

استناد به مقاله (APA): شمس‌الدینی، مصطفی و قاسمی فر، ثمینه. (۱۴۰۵). نقش تعدیلی زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال بر رابطه بین توسعه انسانی و شکاف درآمد شهری و روستایی در ایران. *نشریه سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی*، ۵(۳)، ۱۶۷-۲۱۰.

<https://doi.org/10.22034/jepr.2026.145929.1363>

https://jepr.uok.ac.ir/article_64657.html

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه:

۱. مقدمه

نابرابری درآمدی بین مناطق شهری و روستایی، یکی از پایدارترین و چالش‌برانگیزترین مسائل توسعه اقتصادی در ایران معاصر است (بهدانی و محتشمی، ۱۴۰۳). داده‌های مرکز آمار ایران نشان می‌دهد که نسبت درآمد سرانه شهری به روستایی در طول دهه ۱۳۹۰ نه تنها کاهش نیافته، بلکه در برخی سال‌ها به بیش از ۲/۵ برابر نیز رسیده است. این شکاف پایدار، پیامدهای گسترده‌ای فراتر از اقتصاد دارد و به‌عنوان تهدیدی برای انسجام اجتماعی، پایداری جمعیتی و امنیت ملی مطرح شده است (سیف و همکاران، ۱۴۰۳؛ Litwin, 2021؛ شمس‌الدینی، ۱۴۰۵). در سال‌های اخیر، دو تحول ساختاری در کشور ایران رخ داده که هر یک به نوبه خود می‌توانند بر این شکاف تأثیرگذار باشند: نخست، بهبود تدریجی شاخص توسعه انسانی (HDI) شامل افزایش امید به زندگی، گسترش پوشش آموزشی و رشد درآمد سرانه (حاتمی شامیر و همکاران، ۱۴۰۲). دوم، توسعه شتابان زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال شامل نفوذ اینترنت، پهنای باند، دولت الکترونیک و تجارت الکترونیک (کیان‌پور و حاجیان، ۱۴۰۳). با این حال، پرسش اساسی که کمتر مورد توجه قرار گرفته این است که این دو روند چگونه در تعامل با یکدیگر بر شکاف درآمدی تأثیر می‌گذارند؟ به عبارت دقیق‌تر، آیا زیرساخت‌های دیجیتال، رابطه بین توسعه انسانی و شکاف درآمدی را تقویت می‌کنند (اثر مکملی) یا آن را تضعیف می‌کنند (اثر جانشینی)؟

پاسخ به این پرسش از چند جهت دارای اهمیت نظری و سیاستی است. از منظر نظری، ادبیات موجود عمدتاً به بررسی جداگانه رابطه توسعه انسانی و نابرابری (رحمان مرانه و همکاران، ۲۰۲۵؛ Martínez et al., 2020) یا رابطه اقتصاد دیجیتال و نابرابری (Xiao et al., 2024; Khan et al., 2024; Zhao & Shao, 2025) پرداخته است. با این حال، نقش تعاملی و تعدیلی این دو متغیر بر یکدیگر، به‌ویژه در بستر کشورهای در حال توسعه با ساختارهای نهادی ضعیف، کمتر مورد کاوش قرار گرفته است. بر اساس نظریه قابلیت‌های آمارتیا سن، توسعه انسانی از طریق افزایش توانمندی‌های افراد (آموزش، سلامت و مشارکت) به کاهش نابرابری منجر می‌شود (Fukuda-Parr & Cid-Martinez, 2019). اما در عصر دیجیتال، پرسش این است که آیا زیرساخت‌های دیجیتال این مسیر را هموار می‌کنند (با ارائه خدمات آنلاین آموزشی و درمانی به مناطق محروم) یا آن را دور می‌زنند (با ایجاد فرصت‌های درآمدی مستقل از سرمایه‌گذاری سنتی در آموزش و سلامت)؟ این مسئله، هسته اصلی نظری پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهد.

از منظر تجربی و سیاستی، در ایران، سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای در سال‌های اخیر در هر دو حوزه توسعه انسانی (مانند طرح تحول سلامت، توسعه مدارس روستایی) و زیرساخت دیجیتال (مانند طرح ملی پهنای باند، دولت الکترونیک) صورت گرفته است. با این حال، ارزیابی هم‌زمان این دو سرمایه‌گذاری و تأثیر متقابل آنها بر شکاف درآمدی، به‌عنوان یک خلأ پژوهشی بارز، همچنان مغفول مانده است. مطالعات پیشین در ایران یا به رابطه مستقیم شکاف دیجیتال و شکاف درآمدی پرداخته‌اند (عیسی‌زاده روشن و پورفرج، ۱۳۹۷) و یا به نقش شهرنشینی در نابرابری (کفیلی و همکاران، ۱۴۰۳)، اما هیچ‌کدام به بررسی نقش تعدیلی زیرساخت دیجیتال بر رابطه توسعه انسانی و شکاف درآمدی نپرداخته‌اند.

علاوه بر این، بعد فضایی این پدیده نیز در پژوهش‌های داخلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. استان‌های ایران به دلیل تفاوت‌های چشمگیر در ساختار اقتصادی، سطح توسعه‌یافتگی، دسترسی به زیرساخت‌ها و کیفیت نهادی، دارای ناهمگونی فضایی قابل توجهی هستند (راه‌پیما و غلامی، ۱۴۰۰). اثرات سرریز بین استان‌های هم‌جوار نیز می‌تواند در تشدید یا کاهش شکاف درآمدی نقش داشته باشد؛ به گونه‌ای که برای مثال، بهبود زیرساخت دیجیتال در استان تهران نه تنها بر شکاف درآمدی در این استان تأثیر می‌گذارد، بلکه از طریق زنجیره‌های تأمین، تجارت بین استانی و جریان‌های مهاجرتی، بر استان‌های هم‌جوار نظیر البرز، قم و مرکزی نیز اثرگذار است. این ویژگی، ضرورت به کارگیری رویکرد اقتصادسنجی فضایی را دوچندان می‌کند.

باتوجه به خلأهای نظری و تجربی فوق، پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به سه پرسش اصلی است:

۱. آیا توسعه انسانی با شکاف درآمد شهری - روستایی در استان‌های ایران همبستگی منفی معناداری دارد؟
۲. آیا زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال به طور مستقیم و غیرمستقیم (از طریق تعدیل رابطه توسعه انسانی و شکاف درآمدی) بر این شکاف مؤثر هستند و جهت این تعدیل به سمت اثر مکملی است یا اثر جانشینی؟
۳. آیا اثرات سرریز فضایی (تأثیر متغیرهای هر استان بر استان‌های هم‌جوار) در این رابطه معنادار است و الگوی خوشه‌بندی فضایی استان‌ها چگونه است؟

۲. ادبیات پژوهش

۲-۱. مبانی نظری

مبانی نظری این پژوهش بر اساس رویکرد نظریه محوری در مدل‌سازی سازماندهی شده است؛ به این معنا که هر نظریه‌ای که در این بخش معرفی می‌شود، مستقیماً به یک یا چند متغیر مدل تجربی (اثر تعاملی) متصل می‌شود و مکانیسم علی مشخصی را برای ورود به مدل ارائه می‌دهد.

۲-۱-۱. نظریه‌های توسعه و نابرابری منطقه‌ای

الف) نظریه منحنی کوزنتس^۱: تحلیل داده‌های تاریخی کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته، الگوی U-وار را برای رابطه بین توسعه اقتصادی و نابرابری درآمدی پیشنهاد می‌کنند (هاشمی و همکاران، ۱۴۰۳؛ Younsi & Bechtini, 2020). بر این اساس، در مراحل اولیه توسعه (گذار از کشاورزی به صنعت)، نابرابری افزایش می‌یابد و سپس با تکامل توسعه و گسترش آموزش و خدمات اجتماعی، نابرابری کاهش می‌یابد (Makhlouf & Lalley, 2023). شواهد تجربی در مورد اعتبار منحنی کوزنتس برای مناطق درون یک کشور (مانند استان‌های ایران) متفاوت و نیازمند بررسی فضایی است (غبیشاوی و همکاران، ۱۴۰۰). نظریه منحنی کوزنتس، وجود یک رابطه غیرخطی (U-شکل) بین توسعه و نابرابری را پیش‌بینی می‌کند. در مدل تجربی این پژوهش، متغیر توسعه انسانی به عنوان شاخص ترکیبی توسعه (شامل درآمد، آموزش و سلامت) در نظر گرفته شده است و ضریب منفی آن نشان‌دهنده قرارگیری استان‌های ایران در بخش نزولی منحنی کوزنتس (مرحله کاهش نابرابری) است.

1. Kuznets Curve

ب) رویکرد قابلیت‌های آمارتیا سن^۱: ناوارو^۲ (۲۰۲۰) استدلال می‌کند که توسعه باید به‌عنوان گسترش آزادی‌های واقعی تعریف شود و شاخص‌های عینی مانند درآمد سرانه به‌تنهایی ناکافی هستند. از این منظر، سرمایه‌گذاری در آموزش و سلامت (اجزای اصلی شاخص توسعه انسانی^۳) مستقیماً قابلیت‌های افراد روستایی را افزایش داده و به کاهش شکاف درآمدی کمک می‌کند (Liu et al., 2025). این رویکرد بر سه کانال علی تأکید دارد: (۱) افزایش بهره‌وری نیروی کار از طریق بهبود سلامت و مهارت‌ها؛ (۲) افزایش توانایی مذاکره و دسترسی به بازار از طریق سواد و آگاهی؛ (۳) کاهش آسیب‌پذیری در برابر شوک‌ها از طریق تنوع‌بخشی به منابع درآمد. این نظریه، پایه اصلی فرضیه اول پژوهش را تشکیل می‌دهد. متغیر توسعه انسانی در مدل تجربی دقیقاً برای آزمون این فرضیه که سرمایه‌گذاری در قابلیت‌های انسانی، شکاف درآمدی را کاهش می‌دهد، به کار گرفته شده است. به‌عبارت‌دیگر، اگر ضریب توسعه انسانی منفی و معنادار باشد، تأییدی تجربی بر نظریه قابلیت‌ها در بستر ایران محسوب می‌شود.

ج) نظریه نهادگرایان جدید^۴: علاوه بر مؤلفه‌های سنتی سرمایه‌گذاری در آموزش و سلامت، ادبیات توسعه نهادی بر نقش کیفیت حکمرانی و ثبات سیاسی در تعدیل رابطه بین توسعه و نابرابری تأکید دارد (Dossou et al., 2025). بر اساس رویکرد نهادگرایان جدید، نهادهای کارآمد با کاهش هزینه‌های مبادله و ایجاد شفافیت، توزیع عادلانه‌تری از منافع حاصل از رشد را تضمین می‌کنند. درغیاب نهادهای فراگیر، حتی افزایش سرمایه‌گذاری در توسعه انسانی نیز ممکن است به گروه‌های خاص (معمولاً در مناطق شهری) تخصیص یابد و شکاف درآمدی را تشدید کند. از این منظر، ناهمگونی نهادی میان استان‌های ایران (تفاوت در ظرفیت اجرایی، شفافیت بودجه و کیفیت مدیریت استانی) می‌تواند تبیین‌کننده بخشی از وابستگی فضایی مشاهده‌شده در شکاف درآمدی باشد. این نظریه، توجیه‌کننده استفاده از اثرات ثابت استانی در مدل تجربی است. اثرات ثابت استانی، تمام ویژگی‌های ثابت در طول زمان هر استان (از جمله کیفیت نهادی، ظرفیت اجرایی و ساختار مدیریتی) را کنترل می‌کند و امکان جداسازی اثر واقعی توسعه انسانی و اقتصاد دیجیتال از اثرات نهادی را فراهم می‌آورد.

د) نظریه قطب‌های رشد: کاربرد مدل تودارو - هریس^۵ در پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که مهاجرت روستا - شهر عمدتاً ناشی از تفاوت در درآمد موردانتظار (نه درآمد جاری) است. در این مدل، بهبود توسعه انسانی در مناطق روستایی (از طریق افزایش بهره‌وری و اشتغال) می‌تواند مهاجرت را کاهش دهد و شکاف درآمدی را بهبود بخشد (Tese & Aga, 2024). نظریه قطب‌های رشد، توضیح مکمل دیگری برای الگوی فضایی نابرابری در ایران ارائه می‌دهد (موسوی و بایرام‌زاده، ۱۴۰۳). براین‌اساس، توسعه اقتصادی به طور یکنواخت در همه نقاط اتفاق نمی‌افتد، بلکه در قطب‌هایی مانند کلان‌شهرها متمرکز می‌شود و از طریق اثرات قطب‌زدگی (جذب منابع از مناطق پیرامونی) می‌تواند در مراحل اولیه شکاف منطقه‌ای را افزایش دهد. این نظریه، پایه‌گذار فرضیه چهارم

1. Amartya Sen's Capability Approach

2. Navarro (2020)

3. Human Development Index

4. New Institutional Economics

5. Todaro-Harris

پژوهش (وجود اثرات سرریز فضایی) است. اگر استان‌های پیشرو (قطب‌ها) از طریق سرریزهای مثبت (تجاری، مهاجرتی و دانشی) به استان‌های پیرامونی کمک کنند، ضریب خودهمبستگی فضایی مثبت و ضرایب سرریز منفی و معنادار خواهند بود. در مقابل، اگر اثر قطب‌زدگی (جذب منابع از پیرامون) غالب باشد، سرریزها منفی (تشدیدکننده شکاف) خواهند بود؛ بنابراین، مدل تجربی به طور مستقیم این دو سناریوی متضاد را مورد آزمون قرار می‌دهد.

۲-۱-۲. اقتصاد دیجیتال و نابرابری: فرصت‌ها و تهدیدها

ادبیات اولیه اقتصاد دیجیتال عمدتاً بر شکاف دسترسی به فناوری‌های اطلاعاتی تأکید داشت (Deng et al., 2023). از این منظر، زیرساخت دیجیتال ضعیف در مناطق روستایی می‌تواند شکاف درآمدی را تشدید کند. مطالعات تجربی در ایران نیز نشان داده است که نفوذ اینترنت در مناطق شهری به طور معناداری بالاتر از مناطق روستایی است (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۶). این کانال، بخشی از اثر مستقیم اقتصاد دیجیتال بر شکاف درآمدی را توجیه می‌کند. با کاهش شکاف دسترسی (افزایش زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال)، روستاییان به اطلاعات بازار، خدمات آنلاین و فرصت‌های شغلی جدید دسترسی پیدا می‌کنند و درآمد آنها افزایش می‌یابد. در مقابل، برخی مطالعات نشان می‌دهد که فناوری‌های دیجیتال با کاهش هزینه‌های مبادله، دسترسی به بازارهای جدید و ارائه خدمات آنلاین (آموزش، سلامت، بانکداری) می‌تواند فرصت‌های برابری ایجاد کنند (ملک‌شاهی و همکاران، ۱۴۰۲). این کانال نیز بخشی از اثر مستقیم اقتصاد دیجیتال بر شکاف درآمدی را توجیه می‌کند. کاهش هزینه‌های مبادله به معنای افزایش سود خالص تولیدکنندگان روستایی و نزدیک شدن درآمد آنها به سطح شهری است.

در زمینه روستایی، تجارت الکترونیک روستایی و بازاریابی آنلاین محصولات کشاورزی از جمله نمونه‌های موفق هستند (Danang et al., 2025). ظهور اقتصاد پلتفرمی، جنبه جدیدی به رابطه دیجیتال و نابرابری افزوده است. از یک سو، پلتفرم‌ها با کاهش هزینه‌های جستجو و ایجاد بازارهای فراگیر، فرصت‌های درآمدی جدیدی برای تولیدکنندگان روستایی (عرضه مستقیم محصولات کشاورزی) و ارائه‌دهندگان خدمات محلی ایجاد کرده‌اند. از سوی دیگر، الگوریتم‌های پلتفرم‌ها به دلیل عدم شفافیت و سوگیری جغرافیایی (اولویت‌دادن به نقاط شهری پرتراکم) می‌توانند شکاف درآمدی را تشدید کنند. این کانال، هم اثر مستقیم اقتصاد دیجیتال و هم اثر تعدیلی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در مناطقی که پلتفرم‌ها فرصت‌های شغلی جدید ایجاد می‌کنند، اقتصاد دیجیتال به کاهش شکاف کمک می‌کند؛ اما در مناطقی که پلتفرم‌ها منابع را به سمت شهرها جذب می‌کنند، ممکن است اثر اقتصاد دیجیتال معکوس شود.

مطالعات جدیدتر، مفهوم شکاف دیجیتال را از سطح دسترسی به سطح مهارت و بهره‌وری ارتقا داده‌اند (Aleca & Mihai, 2025). بر این اساس، حتی در صورت وجود زیرساخت فیزیکی یکسان، تفاوت در سواد دیجیتال، نگرش به فناوری و توانایی استفاده مولد از ابزارهای دیجیتال می‌تواند شکاف درآمدی را بازتولید کند. در زمینه روستایی ایران، حتی در استان‌هایی که اینترنت روستایی نفوذ یافته، نبود مهارت‌های دیجیتال پایه مانع از تبدیل

دسترسی به فرصت شغلی و درآمدی می‌شود. این کانال، نقش تعدیلی اقتصاد دیجیتال بر رابطه توسعه انسانی و شکاف درآمدی را توجیه می‌کند. در استان‌هایی که شاخص توسعه انسانی بالا است (سطح سواد و مهارت عمومی بالاست)، افراد توانایی بیشتری برای استفاده مولد از ابزارهای دیجیتال دارند و بنابراین اقتصاد دیجیتال اثربخشی بیشتری در کاهش شکاف دارد؛ اما در استان‌هایی که سواد دیجیتال پایین است، صرفاً وجود زیرساخت کافی نیست و اقتصاد دیجیتال نمی‌تواند جانشین کمبود مهارت‌های پایه شود (اثر جانشینی). در ایران، به دلیل کیفیت پایین آموزش در مناطق روستایی، پدیده جانشینی غالب شده است که در بخش یافته‌ها به تفصیل تحلیل می‌شود.

۲-۱-۳. جغرافیای اقتصادی و اثرات سرریز فضایی

جغرافیای اقتصادی جدید بر این نکته تأکید دارد که پدیده‌های اقتصادی در فضا به طور تصادفی توزیع نشده‌اند، بلکه الگوهای خوشه‌ای دارند (Harris & Menzel, 2023). در زمینه پژوهش حاضر، سه مکانیسم عمده برای اثرات سرریز فضایی بین استان‌ها قابل‌شناسایی است:

۱. سرریز تجاری: بهبود توسعه انسانی در استان A (مثلاً افزایش مهارت نیروی کار) می‌تواند از طریق زنجیره تأمین و تجارت بین استانی، بهره‌وری استان B را نیز افزایش دهد.
 ۲. سرریز مهاجرتی: کاهش شکاف درآمدی در استان A (از طریق بهبود شرایط روستایی) می‌تواند فشار مهاجرت به استان هم‌جوار B را کاهش دهد و به طور غیرمستقیم به کاهش شکاف در B کمک کند.
 ۳. سرریز دیجیتال: زیرساخت دیجیتال یک استان (مانند مراکز داده، پلتفرم‌های تجارت الکترونیک) می‌تواند به استان‌های هم‌جوار خدمات ارائه دهد و اثرات مثبت آن فراتر از مرزهای اداری گسترش یابد.
- علاوه بر سه مکانیسم سنتی، یک مکانیسم جدیدتر به نام سرریز نهادی یا یادگیری سیاستی در ادبیات جغرافیای اقتصادی جدید ظهور کرده است. براین‌اساس، استان‌های هم‌جوار با مشاهده موفقیت یا شکست سیاست‌های توسعه (مثلاً سیاست‌های کاهش شکاف درآمدی در استان همسایه) می‌توانند بدون تحمل هزینه آزمون و خطا، سیاست‌های مشابه را اقتباس یا اصلاح کنند (Ahmad & Law, 2024). این ملاحظات نظری، ضرورت استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی را توجیه می‌کند.

۲-۱-۴. مکانیسم‌های علیت معکوس

علی‌رغم غنای چارچوب نظری، امکان وجود علیت معکوس در رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته قابل‌انکار نیست؛ به‌عنوان مثال، استان‌هایی که به دلایل تاریخی یا جغرافیایی از شکاف درآمدی کمتری برخوردار بوده‌اند، احتمالاً منابع بیشتری برای سرمایه‌گذاری در آموزش، سلامت و زیرساخت‌های دیجیتال در اختیار داشته‌اند (موسوی و بایرام‌زاده، ۱۴۰۳). همچنین، کاهش شکاف درآمدی به‌خودی‌خود می‌تواند با ایجاد تقاضا برای خدمات دیجیتال و آموزش عالی، به بهبود شاخص‌های توسعه انسانی (HDI) و زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) منجر شود (اثر بازخوردی). این مسئله تحت عنوان هم‌راستایی درون‌زا در ادبیات اقتصادسنجی فضایی مطرح شده است (Le Gallo & Fingleton, 2021)؛ بنابراین، هرگونه تفسیر علی از ضرایب برآوردشده نیازمند احتیاط و کنترل آماری پیشرفته است.

۲-۲. پیشینه پژوهش

عیسی‌زاده روشن و پورفرج (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای برای استان‌های ایران طی دوره زمانی (۱۳۸۹-۱۳۹۴) با استفاده از روش‌های علیت گرنجری، حداقل مربعات معمولی تعدیل شده^۱ (FMOLS) و گشتاور تعمیم‌یافته^۲ (GMM) برای داده‌های پانل نشان دادند که علیت دوطرفه بین شکاف دیجیتالی و شکاف درآمدی در کوتاه‌مدت و بلندمدت در کل استان‌های ایران وجود دارد. همچنین، پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات (کاهش شکاف دیجیتالی) سبب کاهش نابرابری درآمد (کاهش شکاف درآمدی) می‌شود و در مقابل، افزایش شکاف درآمدی مانع پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات (افزایش شکاف دیجیتالی) می‌گردد.

کفیلی و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای برای استان‌های ایران طی دوره زمانی (۱۳۷۶-۱۳۹۷) با استفاده از آزمون علیت گرنجری پانلی^۳ مبتنی بر رویکرد بوت‌استرپ^۴ نشان دادند که در سطح ۹۰ درصد اطمینان، علیت از نرخ شهرنشینی به اختلاف درآمدی برای ۹ استان برقرار است، اما علیت از اختلاف درآمدی به نرخ شهرنشینی فقط برای چهار استان برقرار است. عدم معنی‌داری علیت از نرخ شهرنشینی به نابرابری درآمدی حاکی از آن است که افزایش بعد شهری نمی‌تواند توجیه‌کننده تفاوت بالای درآمدی بین مناطق شهری و روستایی در استان‌های ایران باشد و عدم علیت از تفاوت درآمدی به رشد شهرنشینی نشان می‌دهد که علت گسترش شهرنشینی را باید در عللی فراتر از تفاوت درآمدی جستجو کرد.

شمس‌الدینی (۱۴۰۵) در مطالعه‌ای برای مراکز ۳۱ استان ایران طی دوره زمانی (۱۳۸۰-۱۴۰۲) با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی^۵ و مدل خودرگرسیون فضایی - زمانی^۶ (STAR) نشان داد که توسعه شهری در ایران از وابستگی فضایی قوی (ضریب $p=0/351$) و اینرسی زمانی (ضریب $\varphi=0/285$) برخوردار است که به ترتیب حاکی از تأثیرپذیری هر استان از شرایط استان‌های همسایه و تداوم اثرات سیاست‌های توسعه در طول زمان است. بودجه عمرانی و تولید ناخالص استانی بیشترین تأثیر مثبت و رشد جمعیت اثر منفی ضعیفی بر توسعه شهری داشته‌اند. نتایج حاکی از تشکیل خوشه‌های فضایی توسعه است که در آن استان‌های مرکزی به‌عنوان قطب‌های پیشرفته و استان‌های مرزی شرقی و جنوبی به‌عنوان مناطق محروم شناسایی شده‌اند.

یانگ و هوانگ^۷ (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای برای استان‌های چین طی دوره (۲۰۱۳-۱۹۹۷) با استفاده از داده‌های پانل نشان دادند که در سطح ملی و منطقه‌ای، نابرابری سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی تأثیر مثبت و معناداری بر شکاف درآمد شهری - روستایی دارد. همچنین، نابرابری سرمایه‌گذاری در مهاجرت در سطح ملی بیشترین تأثیر را دارد، درحالی‌که نابرابری سرمایه‌گذاری در سلامت در منطقه شرقی و نابرابری سرمایه‌گذاری در آموزش در مناطق مرکزی و غربی بیشترین تأثیر را بر شکاف درآمدی دارند.

-
1. Fully Modified Ordinary Least Squares
 2. Generalized Method of Moments
 3. Panel Granger Causality Test
 4. Bootstrap
 5. Spatial Econometrics
 6. Spatial-Temporal Autoregressive
 7. Yang & Huang (2017)

وانگ و همکاران^۱ (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای برای مناطق شهری و روستایی چین طی دوره زمانی (۱۹۹۵-۲۰۱۷) با استفاده از روش شاخص توسعه انسانی تعدیل‌شده^۲ و لگاریتمی میانگین وزنی^۳ (LMDI) نشان دادند که شکاف سطح توسعه بین مناطق شهری و روستایی در چین ابتدا روند U معکوس داشته است؛ از نظر اثر عاملی، دوره افزایش شکاف ناشی از افزایش اختلاف در شاخص سلامت، آموزش و درآمد بوده، اما پس از سال ۲۰۱۱ به دلیل کاهش شدید شکاف سطح درآمدی، شکاف شهر - روستا وارد دوره همگرایی شده است. از منظر ویژگی‌های تکامل فضایی، ضریب تغییرات کلی کشور روند نزولی داشته و درجه تعادل فضایی به تدریج افزایش یافته است.

مائورو^۴ (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای برای ایالات متحده آمریکا طی دوره زمانی (۲۰۰۰-۲۰۱۳) با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی و کنترل خودهمبستگی فضایی^۵ ناشی از روابط جغرافیایی بین مشاهدات نشان داد که تحرک مطلق و نسبی (تحرک درآمدی^۶) هر دو تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی دارند. همچنین، اثرات نهایی تحرک مطلق و نسبی بر رشد اقتصادی حدود ۲۰ درصد بیشتر از برآوردهای حداقل مربعات معمولی^۷ (OLS) است؛ این یافته‌ها تأیید می‌کنند که دسترسی به فرصت‌ها به‌عنوان یک عامل حیاتی در توسعه اقتصادی محلی نقش دارد.

سوسنو^۸ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای برای استان‌های جزیره جاوه در اندونزی (۲۰۱۵-۲۰۱۹) با استفاده از شاخص‌های ویلیامسون^۹، موران^{۱۰}، محلی خودهمبستگی فضایی^{۱۱}، نقشه خوشه‌ای و علیت گرنجر نشان داد که سطح نابرابری درآمدی در هر استان جزیره جاوه بر اساس شاخص ویلیامسون در رده نابرابری بالا قرار دارد و دارای مقدار خودهمبستگی منفی (الگوی پراکنده) است. همچنین، خودهمبستگی مبتنی بر نقشه خوشه‌ای نشان می‌دهد که الگوی پیوندهای خوشه‌ای (خوشه‌بندی و تأثیرگذاری متقابل) وجود دارد که دارای مقدار نقطه - بالا بوده و مناطقی قابل‌شناسایی هستند که می‌توانند به‌عنوان مناطق همکاری برای توسعه مورد استفاده قرار گیرند.

جیانگ و جین^{۱۲} (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای برای مناطق مختلف چین (۲۰۱۷-۲۰۲۲) با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی فضایی و تحلیل مسیر^{۱۳} نشان دادند که توسعه زیرساخت اقتصاد دیجیتال به طور مؤثر شکاف درآمدی شهر - روستا را کاهش می‌دهد (ضریب ۰/۱۰۹-). این اثر کاهشی عمدتاً در شکاف درآمد دستمزدی (۰/۱۲۸-) و شکاف درآمد خالص دارایی (۰/۳۲۱-) بین ساکنان شهری و روستایی منعکس می‌شود. از نظر اثر سرریز فضایی، مسیر «زیرساخت اقتصاد دیجیتال - گردش زمین روستایی - شکاف درآمدی» تقریباً برابر با مسیر «زیرساخت اقتصاد دیجیتال - شهرنشینی جمعیت ساکن - شکاف درآمدی» است.

1. Wang et al. (2020)
2. Adjusted Human Development Index
3. Logarithmic Mean Divisia Index
4. Mauro (2022)
5. Spatial Autocorrelation
6. Income Mobility
7. Ordinary Least Squares
8. Suseno (2023)
9. Williamson Index
10. Moran's I
11. Local Indicators of Spatial Association
12. Jiang & Jin (2024)
13. Path Analysis Method

الکا و میهای^۱ (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای برای کشورهای عضو اتحادیه اروپا طی دوره زمانی (۲۰۲۳-۲۰۱۵) با استفاده از رگرسیون خطی و رگرسیون پانل با اثرات ثابت^۲ نشان دادند که مهارت‌های دیجیتال نقش مهمی در افزایش اثربخشی سرمایه انسانی ایفا می‌کنند. باین‌حال، تغییرات در توسعه زیرساخت دیجیتال و آمادگی نیروی کار در میان کشورهای عضو اتحادیه اروپا، چالش‌هایی را برای بهره‌وری کلی نیروی کار ایجاد می‌کند. این مطالعه نتیجه می‌گیرد که سرمایه‌گذاری‌های استراتژیک در زیرساخت دیجیتال به همراه بهبود مهارت‌های دیجیتال نیروی کار به‌عنوان ستون اصلی رقابت‌پذیری اقتصادی محسوب می‌شوند.

ژو و لیو^۳ (۲۰۲۶) در مطالعه‌ای برای استان‌های چین طی دوره زمانی (۲۰۲۳-۲۰۱۱) با استفاده از رویکرد آزمون‌های اثرات فضایی و متغیر آستانه‌ای^۴ نشان دادند که ساخت روستای دیجیتال به‌طور کلی شکاف درآمدی شهر - روستا را به‌طور معناداری کاهش می‌دهد و این اثر از طریق افزایش سطح شهرنشینی، تسریع اشتغال و ترویج مصرف اجتماعی محقق می‌شود. آزمون‌های اثر فضایی حاکی از آن است که ساخت روستای دیجیتال دارای اثر سرریز فضایی است؛ به‌طوری که ساخت آن در یک استان، شکاف درآمدی شهر - روستا را در استان‌های هم‌جوار نیز کاهش می‌دهد. همچنین، با در نظر گرفتن سطح سرمایه انسانی به‌عنوان متغیر آستانه‌ای، اثر ساخت روستای دیجیتال بر شکاف درآمدی شهر - روستا دارای ویژگی U معکوس است.

لیانگ و لیو^۵ (۲۰۲۶) در مطالعه‌ای برای ۳۰ منطقه چین طی دوره زمانی (۲۰۲۲-۲۰۱۱) با استفاده از روش تحلیل میانجی^۶ (شامل توسعه اشتغال غیرکشاورزی، ارتقای نوآوری تکنولوژیکی و بهبود ساختار صنعتی) نشان دادند که زیرساخت دیجیتال به‌طور معناداری شکاف درآمدی شهر - روستا را کاهش می‌دهد. این اثر کاهشی در مرکز چین و در استان‌هایی با سطح توسعه اقتصادی بالاتر به‌طور قابل‌توجهی قوی‌تر است. همچنین، لایه کاربردی زیرساخت دیجیتال به‌مراتب اثربخشی بیشتری نسبت به لایه ساخت فیزیکی دارد.

لی و همکاران^۷ (۲۰۲۶) در مطالعه‌ای برای ۳۰ استان چین طی دوره زمانی (۲۰۲۰-۲۰۱۱) با استفاده از روش تاپسیس با وزن‌دهی آنتروپی برای اندازه‌گیری سطح توسعه فناوری اطلاعات و مدل اثرات پانلی نشان دادند که سطح اطلاعاتی‌سازی به‌طور معناداری شکاف درآمد شهری - روستایی را کاهش می‌دهد. همچنین، سطح اطلاعاتی‌سازی به‌طور غیرمستقیم از طریق پیشرفت تکنولوژیکی بر شکاف درآمدی تأثیر می‌گذارد.

لی و ونگ^۸ (۲۰۲۶) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های پانل خانوار چین و شاخص توسعه دیجیتال روستایی طی دوره زمانی (۲۰۲۰-۲۰۱۱) نشان دادند که توسعه دیجیتال روستایی به‌طور معناداری نابرابری درآمد روستایی را کاهش می‌دهد. بهبود سرمایه انسانی، تسهیل انتقال زمین، اشتغال غیرکشاورزی و مشارکت مالی به‌عنوان کانال‌های کلیدی این اثر شناسایی شدند.

1. Aleca & Mihai (2025)

2. Fixed Effects Panel Regression

3. Xu & Liu (2026)

4. Spatial Effects and Threshold Variable

5. Liang & Liu (2026)

6. Mediation Analysis Method

7. Li et al. (2026)

8. Li & Weng (2026)

وو و همکاران^۱ (۲۰۲۶) در مطالعه‌ای برای ۳۱ استان چین طی دوره زمانی اجرای سیاست پهن‌بند (۲۰۱۳-۲۰۲۳) با استفاده از روش یادگیری ماشین دوگانه^۲ و مدل‌های میانجی و تعدیلگر^۳ نشان دادند که ساخت شهرهای نمونه پهن‌بند، درآمد شهری را حدود ۸/۳ درصد و درآمد روستایی را حدود ۹/۸ درصد افزایش و شکاف درآمدی شهر - روستا را حدود ۰/۰۴ درصد کاهش داده است. همچنین، افزایش نیروهای مولد جدید اثر مثبت کاربردهای اینترنت بر نابرابری درآمدی را تقویت می‌کند. مهاجرت نیروی کار به سمت اشتغال غیرکشاورزی، کانال اساسی تأثیر زیرساخت دیجیتال بر نابرابری شهر - روستا است و تجهیزات دیجیتال از طریق تسهیل این انتقال، به برابری بیشتر بین شهر و روستا منجر می‌شود.

۲-۳. جمع‌بندی ادبیات و نوآوری پژوهش

بر اساس مرور پیشینه، سه خلأ پژوهشی اصلی قابل‌شناسایی است. نخست در سطح بین‌المللی، بیشتر مطالعات به بررسی جداگانه رابطه توسعه انسانی و نابرابری یا اقتصاد دیجیتال و نابرابری پرداخته‌اند و مطالعات معدودی که به اثر تعاملی توجه کرده‌اند (مانند Jiang & Jin, 2024)، عمدتاً بر چین متمرکز بوده‌اند و تعمیم نتایج آنها به ایران باتوجه به تفاوت‌های نهادی و ساختاری با محدودیت مواجه است. دوم در سطح ایران، هیچ مطالعه‌ای به بررسی نقش تعدیلی زیرساخت دیجیتال بر رابطه توسعه انسانی و شکاف درآمدی با رویکرد فضایی نپرداخته است. سوم از حیث روش‌شناختی، مطالعات داخلی از تجزیه اثرات به مستقیم و غیرمستقیم برای متغیر تعاملی و نیز خوشه‌بندی فضایی با محدودیت هم‌جواری استفاده نکرده‌اند. از این‌رو، هسته نظری اصلی این پژوهش، نقش تعدیلی زیرساخت دیجیتال بر رابطه توسعه انسانی و شکاف درآمدی است. در این زمینه دو سناریوی نظری اثر مکملی و جانشینی با توجه به جدول (۱) قابل‌تصور است.

جدول ۱: سناریوهای نظری پژوهش

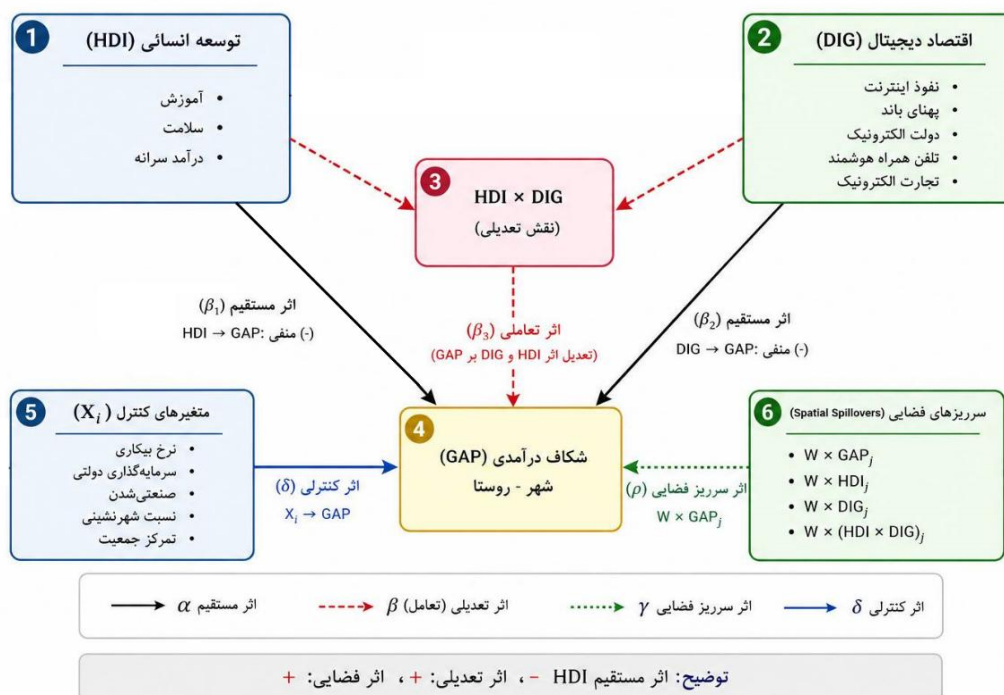
سناریو	مکانیسم	پیش‌بینی	نماد
اثر مکملی ^۴	اقتصاد دیجیتال، اثربخشی سرمایه‌گذاری در آموزش و سلامت را افزایش می‌دهد (از طریق آموزش آنلاین، سلامت از راه دور و دسترسی به بازارهای دانش).	در استان‌های با اقتصاد دیجیتال قوی‌تر، تأثیر منفی شاخص توسعه انسانی بر شکاف درآمدی قوی‌تر می‌شود.	$\beta < 0$
اثر جانشینی ^۵	اقتصاد دیجیتال می‌تواند جایگزین برخی از کارکردهای توسعه انسانی سنتی شود؛ به‌طوری که گروه‌های کم‌بهره بدون نیاز به سرمایه‌گذاری گسترده در آموزش رسمی، از فرصت‌های دیجیتال بهره‌مند شوند. در این حالت، در حضور دیجیتال، نیاز به شاخص توسعه انسانی برای کاهش شکاف کمتر می‌شود.	در استان‌های با اقتصاد دیجیتال قوی‌تر، تأثیر منفی شاخص توسعه انسانی بر شکاف درآمدی ضعیف‌تر می‌شود.	$\beta > 0$

منبع: یافته‌های پژوهش.

1. Wu et al. (2026)
2. Double Machine Learning
3. Mediation and Moderation Models
4. Supplemental effect
5. Replacement effect

با وجود ارائه دو سناریوی نظری (اثر مکملی در برابر جانشینی)، سؤال اساسی این است که در بستر کشور ایران کدام سناریو محتمل‌تر است؟ بر اساس شواهد نظری و ساختاری، سه دلیل برای ترجیح سناریوی جانشینی وجود دارد. اول، در ایران، نهادهای آموزشی و بهداشتی در مناطق روستایی عمدتاً دولتی و متمرکز هستند و انعطاف‌پذیری پایینی دارند. در مقابل، پلتفرم‌های دیجیتال (آموزش آنلاین، سلامت از راه دور، تجارت الکترونیک) به سرعت رشد کرده‌اند و می‌توانند خدمات را با هزینه کمتر و دسترسی آسان‌تر به روستاییان ارائه دهند؛ بنابراین، فناوری‌های دیجیتال در ایران نه تنها مکمل، بلکه تا حدی جانشین خدمات سنتی دولتی شده‌اند. دوم، نرخ بازده سرمایه‌گذاری در آموزش رسمی در مناطق روستایی ایران به دلیل کیفیت پایین مدارس، به تدریج کاهش یافته است. در مقابل، پلتفرم‌های یادگیری آنلاین با ارائه محتوای مهارت‌محور و بازارمحور، امکان افزایش بهره‌وری روستاییان را با هزینه فرصت کمتر فراهم کرده‌اند. این امر، جانشینی نسبی آموزش رسمی توسط یادگیری دیجیتال را توجیه می‌کند. سوم، در مناطقی با نهادهای ضعیف آموزشی، زیرساخت دیجیتال به عنوان یک تساوی‌کننده فرصت‌ها عمل می‌کند و اثر مزیت‌های اولیه سرمایه‌گذاری در آموزش رسمی را کاهش می‌دهد. این امر با شرایط ایران که نهادهای دولتی کارایی لازم را در مناطق روستایی ندارند، همخوانی دارد.

جهت‌گیری این پژوهش باتوجه به ادبیات موجود و نیز شرایط خاص ایران (شکاف دیجیتال عمیق و نابرابری منطقه‌ای بالا) به صورت تجربی تعیین می‌شود و فرضیه صفر مبتنی بر عدم وجود اثر تعدیلی است. از این رو، شکل (۱)، مدل مفهومی پژوهش و مسیرهای علی متغیرهای پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش

منبع: یافته‌های پژوهش.

بر اساس چارچوب نظری پژوهش، فرضیه‌های زیر تدوین می‌شوند:

- فرضیه اول: توسعه انسانی با شکاف درآمدی همبستگی منفی معناداری دارد ($\beta_1 < 0$).
- فرضیه دوم: زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال تأثیر منفی و معناداری بر شکاف درآمدی دارند ($\beta_2 < 0$).
- فرضیه سوم: اثر تعاملی توسعه انسانی و اقتصاد دیجیتال بر شکاف درآمدی معنادار است؛ جهت‌گیری آن (مثبت یا منفی) باتوجه به ادبیات و شرایط ایران به صورت تجربی تعیین می‌شود ($H_3: \beta_3 \neq 0$).
- فرضیه چهارم: اثرات سرریز فضایی معنادار بوده و نشان می‌دهند که پدیده شکاف درآمدی و عوامل تعیین‌کننده آن، توزیع فضایی خوشه‌ای دارند.

بنابراین، نوآوری این پژوهش عبارت است از کشف اثر تعدیلی زیرساخت اقتصاد دیجیتال بر رابطه توسعه انسانی و شکاف درآمدی در ایران که نشان‌دهنده اثر جانشینی به جای اثر مکملی است؛ به این معنا که در استان‌هایی با زیرساخت دیجیتال قوی‌تر، تأثیر کاهش‌دهنده توسعه انسانی بر شکاف درآمدی تضعیف می‌شود. افزون بر این، نوآوری‌های روش‌شناختی پژوهش شامل استفاده از مدل دوربین فضایی (SDM)^۱ به همراه تجزیه اثرات به مستقیم و غیرمستقیم برای تفکیک تأثیرات درون‌استانی و بین‌استانی و خوشه‌بندی کی - میانگین فضایی با محدودیت هم‌جواری برای شناسایی چهار خوشه مجزای توسعه در ایران است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳-۱. جامعه آماری و داده‌ها

جامعه آماری پژوهش شامل ۳۱ استان ایران در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ (۱۴ سال) است. انتخاب این دوره زمانی بر سه مبنا استوار است: نخست، دسترسی به داده‌های هزینه - درآمد خانوار برای تمام استان‌ها از سال ۱۳۹۰ در مرکز آمار ایران؛ دوم، توسعه شتابان زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)^۲ در ایران از اوایل دهه ۱۳۹۰ (طرح ملی توسعه پهنای باند، دولت الکترونیک^۳، تجارت الکترونیک^۴)؛ و سوم، دوره نسبتاً پایدار از نظر اقتصادی در مقایسه با سال‌های قبل و بعد.

جدول ۲ تعاریف عملیاتی متغیرهای پژوهش و منابع داده را ارائه می‌کند. متغیر وابسته، شکاف درآمدی (GAP)، به صورت نسبت میانگین درآمد خانوارهای شهری به روستایی در هر استان اندازه‌گیری شده است. توسعه انسانی (HDI) به عنوان متغیر مستقل و زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) به عنوان متغیر تعدیل‌گر، به ترتیب بر اساس شاخص استاندارد UNDP و روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) محاسبه شده‌اند. همچنین، متغیرهای نرخ بیکاری، سهم سرمایه‌گذاری دولتی، سهم ارزش افزوده صنعت، نسبت شهرنشینی، ضریب تمرکز جمعیت و تورم به عنوان متغیرهای کنترلی در الگو وارد شده‌اند. داده‌های پژوهش از مرکز آمار ایران، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات گردآوری شده‌اند.

1. Spatial Durbin Model
 2. Information and Communications Technology
 3. Electronic Government
 4. Electronic Commerce

جدول ۲: تعریف عملیاتی متغیرهای پژوهش و منابع داده

نوع متغیر	نام متغیر	نماد	تعریف عملیاتی	روش ساخت	منبع داده
وابسته	شکاف درآمدی	GAP	نسبت میانگین درآمد خانوارهای شهری به میانگین درآمد خانوارهای روستایی در هر استان (کفیلی و همکاران، ۱۴۰۳)	$\left(\frac{Income_{urban}}{Income_{rural}}\right)$	مرکز آمار ایران
مستقل	توسعه انسانی	HDI	شاخص ترکیبی شامل سه مؤلفه: امید به زندگی در بدو تولد (سلامت)، میانگین سال‌های تحصیل و سال‌های موردانتظار تحصیل (آموزش)، و درآمد سرانه به قیمت‌های ثابت (رفاه اقتصادی) (Wang et al., 2020)	میانگین هندسی مؤلفه‌ها (UNDP)	مرکز آمار ایران بانک مرکزی ایران
تعدیل‌گر	زیرساخت اقتصاد دیجیتال	DIG	شاخص ترکیبی از پنج مؤلفه: نفوذ اینترنت (% خانوارها)، تعداد خطوط پهنای باند ثابت به ازای هر ۱۰۰ نفر، درصد دستگاه‌های اجرایی دارای پنجره واحد دولت الکترونیک، ضریب نفوذ تلفن همراه هوشمند، و ارزش معاملات تجارت الکترونیک استانی (کیان‌پور و حاجیان ۱۴۰۳؛ Deng et al., 2023)	تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)	مرکز آمار ایران وزارت ارتباطات
کنترلی	نرخ بیکاری	Unemp	نسبت جمعیت بیکار به کل نیروی کار در هر استان	محاسبه مستقیم	مرکز آمار ایران بانک مرکزی ایران
کنترلی	سهم سرمایه‌گذاری دولتی	GovInv	نسبت سرمایه‌گذاری انجام‌شده توسط بخش عمومی (دولت) به تولید ناخالص داخلی هر استان	محاسبه مستقیم	
کنترلی	سهم ارزش افزوده صنعت	IndVal	نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به تولید ناخالص داخلی هر استان	محاسبه مستقیم	
کنترلی	نسبت شهرنشینی	Urban	نسبت جمعیت ساکن در مناطق شهری به کل جمعیت استان	محاسبه مستقیم	
کنترلی	ضریب تمرکز جمعیت	PopConc	شاخص هرفیندال	محاسبه مستقیم	
کنترلی	تورم	Inflation	درصد تغییرات شاخص قیمت مصرف‌کننده نسبت به سال پایه	محاسبه مستقیم	

منبع: یافته‌های پژوهش.

۳-۲. آزمون‌های خودهمبستگی فضایی

پیش از برآورد مدل، باید ماتریس وزن فضایی $W(31 \times 31)$ تعریف شود که ساختار مجاورت بین استان‌ها را مشخص می‌کند. در این پژوهش از سه نوع ماتریس برای بررسی استحکام نتایج استفاده می‌شود:

الف- ماتریس مجاورت دو وجهی (اصلی): اگر دو استان مرز مشترک داشته باشند (حتی مرز نقطه‌ای)، $w_{ij} = 1$ ، در غیر این صورت صفر است. این ماتریس به صورت $W_{ij} = w_{ij} / \sum_j w_{ij}$ (نرمال‌سازی ردیفی) استاندارد می‌شود تا مجموع هر سطر برابر ۱ شود.

ب- ماتریس فاصله معکوس: قدرمطلق اثرگذاری بین استان‌ها با فاصله i و j نسبت عکس دارد. فاصله بر حسب کیلومتر بین مراکز استان‌ها محاسبه می‌شود: $w_{ij} = 1/d_{ij}$ برای $i \neq j$ و $w_{ii} = 0$.

ج- ماتریس ترکیبی اقتصادی - جغرافیایی: در این ماتریس که به‌تازگی در ادبیات اقتصادسنجی فضایی مطرح شده (Gan et al., 2021)، علاوه بر فاصله جغرافیایی، شباهت اقتصادی (بر اساس تولید ناخالص داخلی سرانه نسبی) نیز در نظر گرفته می‌شود:

$$w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \times \left| \frac{GDP_i}{GDP_i + GDP_j} \right| \quad (1)$$

جهت بررسی توزیع فضایی شکاف درآمدی در ایران شاخص موران (I) به‌صورت رابطه (۲) محاسبه شده است (Chen, 2021):

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

که در آن N تعداد استان‌ها (۳۱) و x_i شکاف درآمدی در استان i است.

در جدول ۳ شاخص موران برای شکاف درآمدی (GAP) در سال‌های منتخب محاسبه شده است. شاخص موران برای تمام سال‌ها مثبت و از نظر آماری معنادار است ($p < 0.01$). این بدان معناست که توزیع فضایی شکاف درآمدی در ایران تصادفی نیست، بلکه خوشه‌ای است؛ استان‌هایی با شکاف درآمدی مشابه (چه بالا، چه پایین) در مجاورت یکدیگر قرار دارند. مقدار $I \approx 0.39$ بیانگر خودهمبستگی فضایی متوسط تا قوی است و ضرورت استفاده از مدل‌های فضایی را تأیید می‌کند (تأیید اولیه فرضیه چهارم). مقدار I در سال ۱۳۹۹ به اوج ۰/۴۲۸ می‌رسد که با سال‌های ابتدایی شیوع کرونا و تشدید نابرابری‌های منطقه‌ای هم‌زمان است. پس از آن در سال ۱۴۰۳ به ۰/۳۷۶ کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده تعدیل نسبی خوشه‌بندی فضایی است.

جدول ۳: شاخص موران برای شکاف درآمدی (GAP) در سال‌های منتخب

سال	شاخص موران I	E[I]	انحراف معیار	آماره Z	احتمال
۱۳۹۰	۰/۳۴۲	-۰/۰۳۳	۰/۱۲۶	۲/۹۸	۰/۰۰۳
۱۳۹۳	۰/۳۸۵	-۰/۰۳۳	۰/۱۲۱	۳/۴۵	۰/۰۰۱
۱۳۹۶	۰/۴۱۲	-۰/۰۳۳	۰/۱۱۸	۳/۷۷	۰/۰۰۰
۱۳۹۹	۰/۴۲۸	-۰/۰۳۳	۰/۱۱۵	۴/۰۱	۰/۰۰۰
۱۴۰۳	۰/۳۷۶	-۰/۰۳۳	۰/۱۲۴	۳/۳۰	۰/۰۰۱
میانگین ۱۴ ساله	۰/۳۸۷	-۰/۰۳۳	۰/۱۲۰	۳/۵۰	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش.

نتایج آزمون علیت گرنجر نشان می‌دهد که علیت از توسعه انسانی (HDI) به شکاف درآمدی (GAP) در ۲۲ استان از ۳۱ استان تأیید می‌شود، درحالی‌که علیت معکوس (از شکاف درآمدی به توسعه انسانی) فقط در ۹ استان معنادار است. این یافته، اگرچه قطعی نیست، اما جهت قوی‌تری را از توسعه انسانی به سمت کاهش شکاف نشان می‌دهد.

منبع: یافته‌های پژوهش.

1. Elbow Method
2. Davies–Bouldin Index

جدول ۴: نتایج خوشه‌بندی K-Means فضایی

نام خوشه	استان‌ها	ویژگی اصلی	GAP	HDI	DIG
توسعه‌یافته شهری - دیجیتال	تهران، البرز، اصفهان، یزد، سمنان، قم	شهری شدن کامل، روستاهای اطراف به شهر متصل، زیرساخت دیجیتال خوب	۱/۳۲	۰/۸۷	۱/۸۴
صنعتی - درحال توسعه	مرکزی، فارس، خوزستان، قزوین، کرمانشاه، همدان، زنجان	قطب‌های صنعتی دوم، روستاهای صنعتی، شکاف متوسط روستا - شهر	۱/۸۴	۰/۷۹	۰/۴۲
روستایی - سنتی با شکاف متوسط	خراسان رضوی، آذربایجان شرقی، مازندران، گیلان، گلستان، اردبیل، کردستان، لرستان، ایلام	اقتصاد روستایی و کشاورزی، دسترسی محدود به دیجیتال، مهاجرت به شهرها	۲/۴۵	۰/۷۱	-۰/۵۳
محروم با شکاف شدید	سیستان و بلوچستان، کهگیلویه و بویراحمد، هرمزگان، کرمان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، آذربایجان غربی	دورافتادگی جغرافیایی، کمبود زیرساخت، محاصره فضایی فقر	۳/۲۴	۰/۵۸	-۱/۱۲

منبع: یافته‌های پژوهش.

خوشه اول (توسعه‌یافته شهری - دیجیتال) شامل ۶ استان است. این استان‌ها پایین‌ترین شکاف درآمدی (میانگین ۱/۳۲)، بالاترین سطح توسعه انسانی (۰/۸۷) و قوی‌ترین زیرساخت اقتصاد دیجیتال (۱/۸۴) را دارند. ویژگی کلیدی این خوشه، شهری شدن کامل ساختار اقتصادی است؛ به گونه‌ای که روستاهای این استان‌ها عملاً به شهرک‌های صنعتی یا خوابگاه تبدیل شده‌اند و درآمد آن‌ها تفاوت چشمگیری با شهرها ندارد. زیرساخت دیجیتال در این استان‌ها به حدی توسعه‌یافته است که اثر جانشینی مثبت (تضعیف اثر توسعه انسانی بر شکاف درآمدی) در آن‌ها مشاهده می‌شود.

خوشه دوم (صنعتی - درحال توسعه) با ۷ استان در رتبه دوم قرار دارد. میانگین شکاف درآمدی در این خوشه ۱/۸۴ (شکاف متوسط - پایین) و میانگین شاخص توسعه انسانی برابر ۰/۷۹ (متوسط - بالا) است. شاخص زیرساخت اقتصاد دیجیتال با مقدار ۰/۴۲ در سطح متوسط قرار دارد. این استان‌ها قطب‌های صنعتی دوم کشور محسوب می‌شوند و روستاهای صنعتی در حاشیه شهرهای بزرگ آن‌ها شکل گرفته است. شکاف درآمدی در این خوشه عمدتاً ناشی از روستاهای دور از مرکز استان است، نه کل مناطق روستایی.

خوشه سوم (روستایی - سنتی با شکاف متوسط) شامل ۹ استان است. میانگین شکاف درآمدی در این خوشه به ۲/۴۵ می‌رسد (شکاف متوسط - بالا)، درحالی‌که شاخص توسعه انسانی در سطح متوسط (۰/۷۱) و زیرساخت اقتصاد دیجیتال منفی (-۰/۵۳) است. اقتصاد این استان‌ها عمدتاً بر پایه کشاورزی سنتی، دامداری و گردشگری فصلی استوار است. دسترسی محدود به اینترنت پهن‌بند در روستاها، عدم وجود پلتفرم‌های تجارت الکترونیک روستایی، و مهاجرت نیروی کار جوان به شهرهای بزرگ از مهم‌ترین دلایل تداوم شکاف درآمدی در این خوشه است. شایان‌ذکر است که این خوشه بیشترین وسعت جغرافیایی را دارد و الگوی پیرامون نزدیک به مرکز را نشان می‌دهد.

خوشه چهارم (محروم با شکاف شدید) با ۹ استان بحرانی‌ترین وضعیت را دارد. میانگین شکاف درآمدی (GAP) در این خوشه ۳/۲۴ (بیش از سه برابر درآمد شهری نسبت به روستایی)، میانگین شاخص توسعه انسانی ۰/۵۸ و میانگین شاخص زیرساخت اقتصاد دیجیتال منفی ۱/۱۲ است. ویژگی اصلی این خوشه، دورافتادگی جغرافیایی و محاصره فضایی فقر است؛ به این معنا که نه تنها خود استان از زیرساخت‌های اساسی محروم است، بلکه استان‌های هم‌جوار نیز وضعیت مشابهی دارند و بنابراین هیچ سرریز مثبتی از همسایگان دریافت نمی‌کند. در این استان‌ها، اثر جانشینی مثبت مشاهده شده در سطح ملی (تضعیف اثر توسعه انسانی توسط زیرساخت اقتصاد دیجیتال) صدق نمی‌کند، زیرا سطح زیرساخت اقتصاد دیجیتال به آستانه حداقلی لازم برای جانشینی نرسیده است. به عبارت دیگر، در این خوشه توسعه انسانی و اقتصاد دیجیتال هر دو ضعیف هستند و مکمل یکدیگر عمل نمی‌کنند.

۳-۳. مدل پژوهش و روش برآورد

مدل پایه (بدون اثرات فضایی) که رابطه بین توسعه انسانی، اقتصاد دیجیتال و شکاف درآمدی را با در نظر گرفتن اثر تعدیلی بررسی می‌کند، به صورت رابطه ۳ است که در پژوهش بافور و آپیه^۱ (۲۰۲۵) نیز استفاده شده است.

$$GAP_{it} = \beta_0 + \beta_1 HDI_{it} + \beta_2 DIG_{it} + \beta_3 (HDI_{it} \times DIG_{it}) + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

که در آن، GAP_{it} شکاف درآمدی در استان i و سال t ، HDI_{it} شاخص توسعه انسانی، DIG_{it} شاخص زیرساخت اقتصاد دیجیتال، $HDI_{it} \times DIG_{it}$ اثر تعاملی (نقش تعدیلی)، X_{it} بردار متغیرهای کنترلی، μ_i اثرات ثابت استانی، λ_t اثرات ثابت سالانه و ε_{it} جمله خطا است.

در مدل پایه β_1 اثر مستقیم توسعه انسانی (HDI) بر شکاف درآمدی (GAP) (پیش‌بینی: منفی)، β_2 اثر مستقیم زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) بر شکاف درآمدی (GAP) (پیش‌بینی: منفی) و β_3 اثر تعدیلی (باتوجه به همبستگی مثبت توسعه انسانی و زیرساخت اقتصاد دیجیتال، جهت‌گیری آن از نظر تئوری مبهم است) است. از آنجا که $\partial GAP / \partial HDI = \beta_1 + \beta_3 DIG$ و $\beta_1 < 0$ ، علامت و معناداری β_3 نشان می‌دهد که آیا وقتی شاخص زیرساخت اقتصاد دیجیتال بالا است، اثر کاهشی توسعه انسانی (منفی) قوی‌تر ($\beta_3 < 0$) یا ضعیف‌تر ($\beta_3 > 0$) می‌شود. این همان «اثر تعدیلی» است.

پیش از برآورد هر یک از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی، تعریف ماتریس وزن فضایی ضروری است. این ماتریس که با W نمایش داده می‌شود، یک ماتریس $N \times N$ (در این پژوهش 31×31) است که ساختار مجاورت و شدت ارتباط بین واحدهای مکانی (استان‌ها) را کمی‌سازی می‌کند. در حقیقت، ماتریس وزن فضایی، نقشه روابط بین استان‌ها را به زبانی قابل فهم برای مدل‌های رگرسیونی ترجمه می‌کند و مشخص می‌سازد که تغییرات در هر استان، چگونه بر استان‌های دیگر تأثیر می‌گذارد. در این پژوهش، برای اطمینان از استحکام نتایج نسبت به تعریف هم‌جواری، از سه نوع ماتریس فضایی استفاده شده است که هر یک جنبه متفاوتی از ارتباطات فضایی را مدل‌سازی می‌کنند.

الف- ماتریس مجاورت دووجهی: این ماتریس ساده‌ترین و رایج‌ترین تعریف هم‌جواری است. در این رویکرد، ساختار ارتباطات به صورت «همه یا هیچ» تعریف می‌شود و فاقد درجه‌بندی شدت است. این ماتریس، بر اساس فرض تأثیرپذیری استان‌ها از همسایگان مستقیم خود استوار است. در این پژوهش، ماتریس مرز مشترک به عنوان ماتریس اصلی و مبنا برای انتخاب مدل نهایی و تفسیر ضرایب به کار گرفته شده است.

ب- ماتریس فاصله معکوس: در این رویکرد، شدت ارتباط بین دو استان با فاصله جغرافیایی بین آنها نسبت عکس دارد. فاصله بر حسب کیلومتر بین مراکز استان‌ها (شهرهای مرکزی) محاسبه می‌شود. این ماتریس، فرض کاهش تأثیر با افزایش فاصله را مدل‌سازی می‌کند. استفاده از این ماتریس به عنوان آزمون استحکام، به ما امکان می‌دهد بررسی کنیم که آیا نتایج مدل، صرفاً به تعریف همسایه مرزی وابسته است یا خیر. اگر ضرایب در این ماتریس نیز هم‌جهت و معنادار باقی بمانند، اعتماد به استحکام نتایج افزایش می‌یابد.

ج- ماتریس ترکیبی اقتصادی - جغرافیایی: این ماتریس که در ادبیات اقتصادسنجی فضایی جدید مطرح شده است، علاوه بر فاصله جغرافیایی، شباهت اقتصادی بین استان‌ها را نیز در نظر می‌گیرد. منطق این رویکرد آن است که دو استان ممکن است فاصله فیزیکی زیادی داشته باشند، اما به دلیل شباهت‌های ساختاری (همچون سطح توسعه صنعتی، اندازه بازار و تخصص‌های منطقه‌ای)، ارتباطات اقتصادی قوی‌تری نسبت به دو استان نزدیک اما ناهمگن داشته باشند. ماتریس ترکیبی اقتصادی - جغرافیایی، واقع‌گرایانه‌ترین تعریف از ارتباطات فضایی را ارائه می‌دهد، زیرا هم‌زمان هر دو بعد فاصله فیزیکی و شباهت اقتصادی را در نظر می‌گیرد. استفاده از این ماتریس به عنوان سومین آزمون استحکام، به ما امکان می‌دهد بررسی کنیم که اگر ارتباطات اقتصادی (و نه صرفاً مجاورت جغرافیایی) به عنوان مبنای سرریز در نظر گرفته شود، نتایج پژوهش تا چه حد پایدار می‌مانند.

پس از محاسبه مقادیر اولیه هر سه ماتریس، همه آنها با استفاده از روش نرمال‌سازی ردیفی به گونه‌ای استاندارد شدند که مجموع هر سطر برابر با ۱ باشد. این کار، قابلیت مقایسه ضرایب فضایی برآورد شده با هر سه ماتریس را فراهم می‌کند.

بالین حال، به دلیل وجود اثرات فضایی، مدل اصلی این پژوهش با الهام از مطالعه لو و ژو^۱ (۲۰۲۲)، مدل دوربین فضایی (SDM) است که هم اثر تأخیر فضایی متغیر وابسته ($\rho W GAP$) و هم اثر تأخیر فضایی متغیرهای مستقل ($\theta W HDI$, $\theta W DIG$, $\theta W (HDI \times DIG)$ و θWX) را در نظر می‌گیرد. لذا، مدل اصلی به صورت رابطه ۴ تصریح شده است.

$$GAP_{it} = \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} GAP_{jt} + \beta_1 HDI_{it} + \beta_2 DIG_{it} + \beta_3 (HDI_{it} \times DIG_{it}) + \theta_1 \sum_{j=1}^N w_{ij} HDI_{jt} + \theta_2 \sum_{j=1}^N w_{ij} DIG_{jt} + \theta_3 \sum_{j=1}^N w_{ij} (HDI_{jt} \times DIG_{jt}) + \gamma X_{it} + \phi \sum_{j=1}^N w_{ij} X_{jt} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

که در آن، ρ ضریب خودهمبستگی فضایی متغیر وابسته (سرریز شکاف درآمدی از استان‌های همسایه)، w_{ij} عنصر ماتریس وزن فضایی (ماتریس 31×31 با مجموع هر سطر = ۱)، $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ضرایب سرریز فضایی متغیرهای مستقل و ϕ ضرایب سرریز فضایی متغیرهای کنترلی هستند.

جدول ۵: مقایسه مدل‌های اقتصادسنجی فضایی و مبنای انتخاب SDM

معیار	مدل SAR	مدل SEM	مدل SAC	مدل SDM
اجزای فضایی	فقط Wy	فقط $W\varepsilon$	$Wy + W\varepsilon$	$Wy + WX + W\varepsilon$
قابلیت تشخیص سرریز	محدود (همه در ρ)	ندارد	محدود	بالا (تفکیک γ و θ)
پوشش تئوریک	سرریزهای تعمیم‌یافته	وابستگی خطای فضایی	هر دو	جامع (حالت کلی)

منبع: Floch & Le Saout, (2018)

بر اساس مقایسه جدول ۵، مدل کلی‌تری است و SAR و SEM حالت‌های خاصی از آن هستند. همچنین در SDM امکان محاسبه اثر مستقیم و غیرمستقیم (سرریز) جداگانه برای هر متغیر مستقل وجود دارد؛ لذا باتوجه به پیچیدگی رابطه (توسعه انسانی، زیرساخت اقتصاد دیجیتال و اثر تعاملی) و احتمال سرریز هر یک، روش SDM مناسب‌ترین انتخاب خواهد بود.

باتوجه به ساختار داده‌های پانل (۳۱ استان، ۱۴ سال، $N > T$) و وجود اثرات ثابت استانی و سالانه، از روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) با اثرات ثابت برای مدل دوربین فضایی (SDM) استفاده می‌شود (Atikah et al., 2021). در مدل SDM، به دلیل وجود جمله تأخیر فضایی ($\rho W GAP$)، ضرایب β به‌تنهایی نشان‌دهنده اثر نهایی نیستند. ماتریس اثرات برای یک متغیر مستقل به‌صورت رابطه ۵ محاسبه می‌شود (Debary & Ertur, 2019).

$$S_k(W) = (I - \rho W)^{-1} (I\beta_k + W\theta_k) \quad (5)$$

که در آن I ماتریس واحد (۳۱×۳۱)، β_k ضریب مستقیم متغیر k و θ_k ضریب سرریز فضایی متغیر k است. اثرات مستقیم میانگین عناصر قطر اصلی ماتریس $S_k(W)$ و اثرات غیرمستقیم یا سرریز میانگین مجموع عناصر غیرقطری هر سطر خواهد بود.

یکی از نوآوری‌های روش‌شناختی این پژوهش، مدل‌سازی سرریز فضایی اثر تعدیلی از طریق متغیر $W(HDI \times DIG)$ در چارچوب مدل SDM است. به‌عبارت دیگر، این متغیر نشان می‌دهد که آیا ترکیب توسعه انسانی و زیرساخت دیجیتال در استان‌های هم‌جوار، بر شکاف درآمدی استان هدف تأثیر می‌گذارد یا خیر. بر اساس ادبیات نظری و تجربی، چهار مکانیسم اصلی برای توجیه این سرریز قابل‌شناسایی است.

مکانیسم اول سرریز دانش دیجیتال: دانش به‌عنوان یک کالای عمومی، به‌راحتی در فضا منتشر می‌شود و مرزهای اداری نمی‌توانند مانع از جریان آن شوند. در زمینه پژوهش حاضر، زمانی که یک استان به ترکیب موفق از سرمایه انسانی (HDI بالا) و زیرساخت دیجیتال (DIG بالا) دست می‌یابد، دانش حاصل از این ترکیب (مانند روش‌های نوین آموزش آنلاین، الگوهای موفق تجارت الکترونیک کشاورزی، و مدل‌های اثربخش دولت الکترونیک) از طریق کانال‌های مختلف به استان‌های هم‌جوار منتقل می‌شود. این سرریز دانش می‌تواند بدون نیاز به سرمایه‌گذاری مجدد در هر دو مؤلفه، اثر تعدیلی مشابهی را در استان‌های هم‌جوار ایجاد کند. به‌عبارت دیگر، استان‌های پیرامونی می‌توانند از تجربه ترکیبی استان‌های پیشرو بهره‌مند شوند و اثر جانشینی (مکملی) را با هزینه کمتری تجربه کنند. شواهد تجربی از کشور چین نشان می‌دهد که سرریز دانش دیجیتال، نقشی کلیدی در کاهش شکاف درآمدی منطقه‌ای ایفا کرده است (Xu & Liu, 2026).

مکانیسم دوم سرریز زنجیره تأمین و بازار: بر اساس نظریه قطب‌های رشد، بهبود بهره‌وری در یک منطقه از طریق زنجیره‌های تأمین و جریان‌های تجاری به مناطق هم‌جوار منتقل می‌شود. در این پژوهش، ترکیب توسعه انسانی و زیرساخت اقتصاد دیجیتال در استان A (مثلاً از طریق افزایش مهارت‌های دیجیتال نیروی کار و ایجاد پلتفرم‌های تجارت الکترونیک) می‌تواند تقاضا برای محصولات و خدمات استان‌های هم‌جوار را افزایش دهد، یا از طریق زنجیره تأمین، بهره‌وری آن استان‌ها را ارتقا بخشد. به‌ویژه در ایران که استان‌ها به لحاظ اقتصادی به یکدیگر وابسته هستند (استان‌های صنعتی مواد اولیه از استان‌های هم‌جوار تأمین می‌کنند)، این سرریز از اهمیت بالایی برخوردار است (موسوی و بایرام‌زاده، ۱۴۰۳).

مکانیسم سوم سرریز الگوسازی و یادگیری سیاستی: این مکانیسم که در ادبیات جدید جغرافیای اقتصادی با عنوان سرریز نهادی معرفی شده است (Ahmad & Law, 2024)، بر این نکته تأکید دارد که استان‌های هم‌جوار با مشاهده موفقیت یا شکست سیاست‌های توسعه در استان‌های پیشرو، می‌توانند بدون تحمل هزینه آزمون و خطا، سیاست‌های مشابه را اقتباس یا اصلاح کنند. در زمینه پژوهش حاضر، اگر استان A سیاست موفق برای ترکیب سرمایه‌گذاری در توسعه انسانی و زیرساخت دیجیتال (باهدف کاهش شکاف درآمدی) اجرا کند، استان‌های هم‌جوار B و C از این تجربه یاد می‌گیرند و سیاست‌های مشابهی را با هزینه کمتر و کارایی بالاتر پیاده‌سازی می‌کنند. در نتیجه، اثر تعدیلی مشاهده‌شده در استان A، به‌صورت سرریز و با تأخیر، در استان‌های هم‌جوار نیز ظاهر می‌شود.

مکانیسم چهارم سرریز مهاجرتی و جریان نیروی کار ماهر: مهاجرت نیروی کار عمدتاً ناشی از تفاوت در درآمد موردانتظار است. زمانی که ترکیب توسعه انسانی و زیرساخت اقتصاد دیجیتال در استان A منجر به کاهش شکاف درآمدی و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید در مناطق روستایی این استان می‌شود، فشار مهاجرت از روستاهای استان A به شهرهای استان A کاهش می‌یابد. اما این اثر می‌تواند به استان هم‌جوار B نیز سرایت کند: کاهش مهاجرت از استان A به استان B (به دلیل بهبود شرایط روستایی در A) باعث کاهش عرضه نیروی کار ارزان در استان B و در نتیجه افزایش دستمزدها در بخش‌های کم‌مهارت استان B می‌شود که به نوبه خود شکاف درآمدی در استان B را کاهش می‌دهد (Tese & Aga, 2024). این مکانیسم غیرمستقیم، نشان می‌دهد که چگونه ترکیب توسعه انسانی و زیرساخت اقتصاد دیجیتال در یک استان، از طریق تغییر الگوهای مهاجرتی، می‌تواند بر شکاف درآمدی استان‌های هم‌جوار تأثیر بگذارد.

بر اساس چهار مکانیسم فوق، انتظار می‌رود که متغیر $\theta W(HDI \times DIG)$ (سرریز فضایی اثر تعدیلی) از نظر آماری معنادار باشد. جهت آن نیز به جهت اثر تعدیلی در سطح درون‌استانی (β_3) وابسته است؛ اگر اثر جانشینی در سطح درون‌استانی حاکم باشد ($\beta_3 > 0$)، انتظار می‌رود که سرریز آن نیز مثبت باشد، زیرا مکانیسم‌های فوق (دانش، زنجیره تأمین، الگوسازی و مهاجرت) جهت سرریز را هم‌راستا با جهت اثر اصلی حفظ می‌کنند. این پیش‌بینی نظری، در بخش یافته‌ها (جدول ۱۰ و ۱۱) مورد آزمون تجربی قرار می‌گیرد.

با درک محدودیت ذاتی مدل‌های داده‌های تابلویی فضایی در مواجهه با علیت معکوس، پژوهش حاضر راهبرد استفاده از متغیرهای ابزاری درون‌زا برای مدل‌های فضایی با اثرات ثابت را برای کاهش این مخاطره اتخاذ کرده است. بدین منظور، وقفه‌های زمانی مرتبه اول و دوم متغیرهای توسعه انسانی و زیرساخت اقتصاد دیجیتال به‌عنوان ابزار برای $HDI_{i,t}$ و نیز وقفه‌های مکانی متغیرهای مستقل به‌عنوان ابزارهای جایگزین استفاده شده‌اند. نتایج آزمون سارگان - هانسن با احتمال ۰/۱۸۳ نشان می‌دهد که ابزارها معتبر بوده و مشکل هم‌بستگی ابزار با جملات خطا وجود ندارد.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. آمار توصیفی

نتایج آمارهای توصیفی در جدول ۶ نشان می‌دهد که به طور متوسط در ایران، درآمد خانوارهای شهری بیش از دوبرابر خانوارهای روستایی است. حداکثر شکاف (۳/۸۲) مربوط به استان‌های محروم با اقتصاد تک‌محصولی (مانند سیستان و بلوچستان، کهگیلویه و بویراحمد) است و حداقل شکاف (۱/۰۸) مربوط به استان‌های توسعه‌یافته با روستاهای صنعتی (مانند تهران، البرز، اصفهان) است؛ الگویی که می‌تواند حاکی از یک رابطه غیرخطی و نیازمند تحلیل فضایی باشد. ضریب تغییرات بالای سرمایه‌گذاری دولتی (۱/۳۱)، تمرکز جمعیت (۰/۶۸) و توسعه انسانی (۰/۱۱) نشان‌دهنده تفاوت عمیق ساختاری بین استان‌هاست. سهم واریانس بین استانی برای بیشتر متغیرها بیش از ۵۰ درصد است که بیانگر آن است که تفاوت‌ها عمدتاً بین استان‌هاست نه درون یک استان در طول زمان. این امر می‌تواند دلیلی قوی برای استفاده از مدل فضایی با اثرات ثابت استانی باشد. همچنین انحراف معیار بالای زیرساخت اقتصاد دیجیتال (۰/۹۴) نشان می‌دهد که این شاخص به‌شدت نابرابر توزیع شده است. استان‌های تهران، اصفهان و البرز بیشترین امتیاز (تا ۲/۸۶) و استان‌های سیستان و بلوچستان، کردستان و کهگیلویه و بویراحمد کمترین امتیاز را (تا ۱/۴۲) دارند. این نابرابری دیجیتال، فرضیه تعدیلی پژوهش را تقویت می‌کند.

جدول ۶: آمار توصیفی متغیرهای پژوهش (۱۳۹۰-۱۴۰۳)

متغیر	میانگین	میان	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات	IOC*
شکاف درآمدی	۲/۱۸۴	۲/۰۶۵	۰/۴۵۲	۱/۰۸	۳/۸۲	۰/۲۰۷	بین استانی: ۶۲٪
توسعه انسانی	۰/۷۶۲	۰/۷۷۴	۰/۰۸۴	۰/۵۴۰	۰/۸۹۶	۰/۱۱۰	بین استانی: ۷۰٪
زیرساخت اقتصاد دیجیتال	۰/۰۰۰	-۰/۱۴۵	۰/۹۴۲	-۱/۴۲۳	۲/۸۶۱	—	بین استانی: ۷۸٪
نرخ بیکاری	۱۲/۶۴	۱۱/۸۰	۴/۸۷	۵/۲۰	۲۸/۴۰	۰/۳۸۵	بین استانی: ۵۵٪
سرمایه‌گذاری دولتی	۸/۴۲	۵/۸۰	۱۱/۰۴	۱/۲۰	۹۴/۳۰	۱/۳۱۲	بین استانی: ۸۵٪
ارزش افزوده صنعت	۲۶/۸۰	۲۴/۵۰	۱۲/۶۰	۶/۲۰	۶۴/۸۰	۰/۴۷۰	بین استانی: ۶۸٪
نسبت شهرنشینی	۰/۶۸۴	۰/۶۹۲	۰/۱۳۸	۰/۴۰۵	۰/۹۹۸	۰/۲۰۲	بین استانی: ۵۸٪
تمرکز جمعیت	۰/۱۲۴	۰/۰۹۸	۰/۰۸۴	۰/۰۳۴	۰/۴۲۵	۰/۶۷۷	بین استانی: ۹۰٪
نرخ تورم	۱۸/۴۲	۱۶/۸۰	۸/۹۴	۷/۲۰	۴۲/۵۰	۰/۴۸۵	بین استانی: ۴۰٪

* نکته: سهم واریانس بین استانی از کل واریانس (نشان‌دهنده ناهمگونی فضایی)
منبع: یافته‌های پژوهش.

در جدول ۷ ماتریس همبستگی پیرسون برای متغیرهای پژوهش گزارش شده است. براساس نتایج این تحقیق، همبستگی منفی و نسبتاً قوی بین توسعه انسانی (HDI) و شکاف درآمدی (GAP) (-0.58) شواهد اولیه برای فرضیه اول پژوهش (تأثیر کاهشی توسعه انسانی بر شکاف درآمدی) را فراهم می‌کند. استان‌هایی با شاخص توسعه انسانی بالاتر به طور سیستماتیک شکاف درآمدی کمتری دارند. همبستگی منفی بین زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) و شکاف درآمدی (GAP) (-0.42) نشان می‌دهد که زیرساخت اقتصاد دیجیتال بیشتر با شکاف درآمدی کمتر همراه است. با این حال، همبستگی مثبت قوی بین توسعه انسانی (HDI) و زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) (0.65) وجود دارد که بیانگر هم‌راستایی توسعه انسانی و دیجیتال است که این هم‌خطی باید در مدل‌سازی کنترل شود. همچنین همبستگی منفی بین نسبت شهرنشینی (Urban) و شکاف درآمدی (GAP) (-0.35) قابل توجه است. براساس نتایج، استان‌های با شهرنشینی بالا (تهران، البرز) شکاف کمتری دارند، احتمالاً به دلیل آنکه در این استان‌ها روستاهای شهری شده، با درآمد نزدیک شهری وجود دارد که این موضوع نیازمند بررسی فضایی است.

جدول ۷: ماتریس همبستگی پیرسون

متغیر	GAP	HDI	DIG	Unemp	GovInv	IndVal	Urban	PopConc	Inflation
GAP	۱/۰۰								
HDI	-0.58	۱/۰۰							
DIG	-0.42	-0.65	۱/۰۰						
Unemp	-0.32	-0.24	-0.18	۱/۰۰					
GovInv	-0.08	0.15	0.22	0.04	۱/۰۰				
IndVal	-0.18	-0.21	0.28	-0.21	0.12	۱/۰۰			
Urban	-0.35	-0.44	-0.51	-0.14	0.18	-0.29	۱/۰۰		
PopConc	-0.24	-0.31	-0.18	0.18	-0.06	-0.22	-0.42	۱/۰۰	
Inflation	0.11	-0.06	-0.08	0.05	0.02	-0.03	-0.04	0.07	۱/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش.

۴-۲. آزمون‌های مقدماتی

قبل از تخمین مدل اصلی پژوهش، در این قسمت آزمون‌های مقدماتی LM و هاسمن برای تشخیص مدل انجام پذیرفته است. بر اساس نتایج جدول (۸)، هر دو آزمون LM و R-LM معنادار هستند، اما Robust LM (خطا) با احتمال 0.338 معنادار نیست. این نتیجه قویاً نشان می‌دهد که مدل باید شامل $WGAP$ (تأخیر فضایی) باشد، اما شواهد کافی برای WE وجود ندارد. اگرچه آزمون‌های Robust LM در جدول (۸)، مدل SAR را به عنوان نقطه شروع پیشنهاد می‌کنند، اما سه معیار اصلی برای انتخاب نهایی SDM تعیین‌کننده بوده‌اند: اول، آزمون

LR (SDM vs SAR) با آماره ۱۵/۴۲ و احتمال ۰/۰۰۴ فرض تقلیل را رد می‌کند (جدول ۱۴). دوم، هدف نظری پژوهش (تفکیک سرریز متغیرهای مختلف) ایجاب می‌کند که مدلی باقابلیت شناسایی جداگانه اثرات سرریز (SDM) به کار گرفته شود. سوم، معیار AIC در مدل SDM نسبت به SAR بهبودیافته است (جدول ۱۴)؛ بنابراین، با وجود حمایت اولیه آزمون‌های LM از SAR، شواهد قوی‌تری از سوی آزمون‌های LR و معیارهای اطلاعاتی برای انتخاب SDM وجود دارد. بنابراین، بر اساس نتایج جدول (۹) در تمام مدل‌ها، اثرات ثابت استانی ترجیح داده می‌شود. همچنین از اثرات ثابت سالانه برای کنترل شوک‌های کلان (مثل تحریم‌ها، کرونا، نوسانات ارزی) استفاده می‌شود.

جدول ۸: آزمون LM فضایی برای انتخاب مدل

آزمون	آماره	درجه آزادی	احتمال	تصمیم
LM (تأخیر فضایی)	۳۲/۴۵	۱	۰/۰۰۰	رد H_0 : اثر $WGAP$ دارد.
LM (خطای فضایی)	۱۸/۶۲	۱	۰/۰۰۰	رد H_0 : اثر WE دارد.
Robust LM (تأخیر)	۱۳/۸۳	۱	۰/۰۰۰	با حضور خطای فضایی، تأخیر دارد.
Robust LM (خطا)	۰/۹۲	۱	۰/۳۳۸	با حضور تأخیر، خطا معنادار نیست.

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۹: آزمون هاسمن برای انتخاب اثرات ثابت یا تصادفی

نوع مدل	آماره	احتمال	تصمیم
غیر فضایی (OLS)	۴۲/۸۴	۰/۰۰۰	اثرات ثابت استانی
SAR (اثر ثابت)	۳۸/۱۵	۰/۰۰۲	اثرات ثابت استانی
SEM (اثر ثابت)	۳۶/۴۰	۰/۰۰۳	اثرات ثابت استانی

منبع: یافته‌های پژوهش.

۴-۳. برآورد مدل پژوهش

نتایج برآورد مدل‌های پژوهش در جدول ۱۰ گزارش شده است. بر اساس نتایج، هم‌راستا با فرضیه اول پژوهش، استان‌هایی با توسعه انسانی بالاتر به طور سیستماتیک شکاف کمتری را تجربه می‌کنند؛ هرچند جهت علیت این رابطه نیازمند پژوهش‌های شبه‌تجربی آتی است. این یافته با نظریه قابلیت‌های آمارتیاسن و نظریه رشد درون‌زا^۱ در پژوهش فودوکاپار و سیدمارتینز^۲ (۲۰۱۹) همسو است. به عبارت دیگر، افزایش یک انحراف معیار در شاخص توسعه انسانی^۳ (۰/۰۸۴ واحد) شکاف درآمدی را به میزان $0.084 \times 0.325 \approx 0.027$ واحد کاهش می‌دهد که معادل کاهش ۱/۲۵ درصدی شکاف نسبت به میانگین است.

1. Endogenous growth theory
2. Fukuda-Parr & Cid-Martinez (2019)
3. Human Development Index

در تبیین اقتصادی این یافته، سرمایه‌گذاری در آموزش، قابلیت شناختی روستاییان را افزایش می‌دهد و آنان را قادر می‌سازد تا اطلاعات بازار را بهتر پردازش کنند، با واسطه‌ها مذاکره کنند و به مشاغل غیرکشاورزی با درآمد بالاتر دست یابند. همچنین بهبود سلامت، قابلیت فیزیکی نیروی کار روستایی را افزایش داده و بهره‌وری در فعالیتهای کشاورزی و دامداری را بالا می‌برد. در ایران، استان‌های با توسعه انسانی بالا نه تنها از مدارس و مراکز بهداشتی بهتری برخوردارند، بلکه الگوی معیشتی روستاهای آن‌ها از کشاورزی سنتی به صنایع تبدیلی، گردشگری و خدمات دانش‌بنیان تغییر یافته است که خود به نزدیک شدن درآمد روستاییان به سطح شهری منجر شده است. از منظر ارزش اقتصادی، افزایش یک انحراف معیار در شاخص توسعه انسانی با کاهش ۱/۲۵ درصدی شکاف نسبت به میانگین همراه است که باتوجه به جمعیت روستایی ایران، به معنای افزایش قابل توجه رفاه نسبی و کاهش فشار مهاجرت به شهرهاست.

جدول ۱۰: نتایج برآورد مدل‌های فضایی (متغیر وابسته: GAP)

متغیر	مدل OLS	مدل SAR	مدل SEM	مدل SDM
توسعه انسانی	-۰/۳۵۲ *** (۰/۰۶۴)	-۰/۳۱۸ *** (۰/۰۵۲)	-۰/۳۰۴ *** (۰/۰۴۸)	-۰/۳۲۵ *** (۰/۰۴۴)
زیرساخت اقتصاد دیجیتال	-۰/۲۰۵ ** (۰/۰۷۸)	-۰/۱۸۹ * (۰/۰۷۲)	-۰/۱۷۶ * (۰/۰۶۸)	-۰/۱۸۴ *** (۰/۰۶۵)
اثر تعاملی	۰/۰۸۵ * (۰/۰۵۴)	۰/۱۱۲ * (۰/۰۴۸)	۰/۱۲۸ * (۰/۰۴۵)	۰/۱۴۲ *** (۰/۰۴۲)
نرخ بیکاری	۰/۱۲۶ * (۰/۰۵۸)	۰/۱۰۵ (۰/۰۵۴)	۰/۰۹۴ (۰/۰۵۲)	۰/۱۰۰ (۰/۰۵۲)
سرمایه‌گذاری دولتی	-۰/۰۴۲ (۰/۰۳۱)	-۰/۰۳۸ (۰/۰۲۸)	-۰/۰۳۵ (۰/۰۲۷)	-۰/۰۳۹ (۰/۰۲۸)
ارزش افزوده صنعت	-۰/۰۸۶ (۰/۰۴۵)	-۰/۰۷۲ (۰/۰۴۲)	-۰/۰۶۴ (۰/۰۴۰)	-۰/۰۶۸ (۰/۰۴۱)
نسبت شهرنشینی	-۰/۳۵۴ ** (۰/۱۱۸)	-۰/۳۲۶ ** (۰/۱۱۲)	-۰/۳۱۸ ** (۰/۱۰۸)	-۰/۳۳۵ ** (۰/۱۰۵)
تمرکز جمعیت	۰/۳۱۸ * (۰/۰۹۲)	۰/۲۰۴ * (۰/۰۸۶)	۰/۱۹۵ * (۰/۰۸۲)	۰/۲۰۰ * (۰/۰۸۴)
نرخ تورم	۰/۰۲۸ (۰/۰۲۲)	۰/۰۲۴ (۰/۰۱۹)	۰/۰۲۲ (۰/۰۱۸)	۰/۰۲۵ (۰/۰۱۹)
پارامترهای فضایی				
ρ (تاخیر فضایی GAP)	-	۰/۳۴۸ ** (۰/۱۱۲)	-	۰/۳۷۵ ** (۰/۱۰۸)
Λ (خودهمبستگی خطا)	-	-	۰/۲۹۵ * (۰/۱۲۴)	-
θ_{HDI}	-	-	-	-۰/۱۸۵ * (۰/۰۶۲)
θ_{DIG}	-	-	-	-۰/۱۲۲ * (۰/۰۵۴)
$\theta_{HDI \times DIG}$	-	-	-	۰/۱۰۴ * (۰/۰۴۸)
آماره‌های تشخیصی				
Log-likelihood	-۴۸۲/۳۰	-۴۵۶/۷۲	-۴۵۸/۴۰	-۴۵۲/۱۸
AIC	۹۸۸/۶۰	۹۳۹/۴۴	۹۴۲/۸۰	۹۳۴/۳۶
BIC	۱۰۱۲/۸۰	۹۶۸/۲۰	۹۷۱/۶۰	۹۶۸/۵۰
R-squared	۰/۶۲۵	۰/۶۵۴	۰/۶۴۸	۰/۶۷۳

نکته: خطاهای استاندارد مقاوم در داخل پرانتز. *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

منبع: یافته‌های پژوهش.

بر اساس فرضیه دوم پژوهش، ضریب منفی تأثیر زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) بر شکاف درآمدی نشان می‌دهد که بهبود زیرساخت اقتصاد دیجیتال نیز به کاهش شکاف درآمدی کمک می‌کند، هرچند اثر آن کوچک‌تر از شاخص توسعه انسانی (HDI) است. این یافته با دیدگاه توانمندسازی دیجیتال در پژوهش خان و همکاران (۲۰۲۴) همخوانی دارد. کاهش شکاف درآمدی توسط زیرساخت دیجیتال از سه کانال اقتصادی قابل تبیین است. کانال اول کاهش هزینه‌های مبادله است. به طوری که اینترنت و پلتفرم‌های تجارت الکترونیک، واسطه‌های غیرضروری بین تولیدکننده روستایی و مصرف‌کننده شهری را حذف می‌کنند و سود حاصل از فروش را به جیب کشاورزان می‌ریزند. کانال دوم دسترسی به خدمات است که از این طریق آموزش آنلاین و سلامت از راه دور، شکاف دسترسی روستاییان به خدمات باکیفیت را پر می‌کنند و بدون نیاز به مهاجرت، فرصت را به مناطق محروم می‌آورند. کانال سوم ایجاد مشاغل جدید است که در آن اقتصاد پلتفرمی و کار از راه دور، فرصت‌های شغلی جدیدی (فروش صنایع دستی، خدمات گردشگری روستایی، دورکاری) برای روستاییان ایجاد کرده است که پیش از این وجود نداشت. همچنین، اثر کوچک‌تر زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) نسبت به توسعه انسانی (HDI) نشان می‌دهد که در ایران، زیرساخت دیجیتال هنوز به بلوغ کافی نرسیده و سرمایه‌گذاری در آن باید به‌عنوان مکمل (نه جایگزین) توسعه انسانی دیده شود؛ اما اثر شبکه‌ای آن به این معناست که با گسترش جغرافیایی و افزایش کاربران، ارزش آن به طور تصاعدی افزایش خواهد یافت.

هم‌راستا با فرضیه سوم پژوهش، برای متغیر اثر تعدیلی، ضریب تعاملی مثبت و معنادار است. این یافته نشان می‌دهد که در استان‌هایی که زیرساخت اقتصاد دیجیتال قوی‌تری دارند، تأثیر منفی توسعه انسانی (HDI) بر شکاف درآمدی ضعیف‌تر است. به عبارت دیگر، اثر جانشینی به جای اثر مکملی حاکم است. برای تبیین بهتر اثر تعدیلی رابطه (۶) به شکل زیر تفصیل شده است.

$$\partial GAP / \partial HDI = \beta_1 + \beta_3 DIG = -0.325 + 0.142 \times DIG \quad (۶)$$

بر اساس رابطه (۶)، در استان‌ها با زیرساخت اقتصاد دیجیتال پایین (مثلاً -۱ انحراف از میانگین) $\partial GAP / \partial HDI \approx -0.467$ بوده که نشان‌دهنده اثر قوی کاهشی است؛ در استان‌ها با زیرساخت اقتصاد دیجیتال متوسط (مثلاً ۰): $\partial GAP / \partial HDI = -0.325$ بوده و نشان‌دهنده اثر خنثی است؛ همچنین در استان‌ها با زیرساخت اقتصاد دیجیتال بالا (مثلاً ۲+) $\partial GAP / \partial HDI \approx -0.041$ خواهد شد که بیانگر اثر بسیار ضعیف یا حتی خنثی است. در تبیین این یافته لازم به ذکر است به احتمال زیاد در استان‌هایی که از قبل زیرساخت دیجیتال قوی دارند (تهران، البرز، اصفهان)، فناوری‌های دیجیتال جانشین برخی کارکردهای توسعه انسانی سنتی شده‌اند. به‌عنوان مثال پلتفرم‌های آموزش آنلاین و تجارت الکترونیک به افراد کم‌بهره اجازه می‌دهند بدون سرمایه‌گذاری گسترده در آموزش رسمی از فرصت‌ها بهره‌مند شوند. در نتیجه اقتصاد دیجیتال به‌عنوان یک تساوی‌کننده فرصت‌ها عمل می‌کند و اثر مزیت‌های اولیه توسعه انسانی را کاهش می‌دهد. این مسئله، یافته‌ای نوآورانه و مهم برای سیاست‌گذاری ملی است؛ در ایران، توسعه دیجیتال به‌عنوان یک سیاست جبرانی می‌تواند در مناطقی که توسعه انسانی در کوتاه‌مدت قابل ارتقا نیست، مؤثر باشد.

پدیده جانشینی (به‌جای مکملی) در ایران ریشه در چهار عامل ساختاری دارد. عامل اول (ناکارآمدی نهادهای دولتی) است. مدارس و مراکز بهداشتی روستایی ایران عمدتاً دولتی، متمرکز و با انعطاف‌پذیری پایین هستند؛ کیفیت آموزش در بسیاری از روستاها پایین و معلمان مجرب تمایل به کار در شهرها دارند. در چنین شرایطی، پلتفرم‌های آموزش آنلاین با ارائه محتوای باکیفیت و هزینه کمتر، جانشین ارزان‌تری برای آموزش رسمی ناکارآمد شده‌اند. عامل دوم رشد پلتفرم‌های تجارت الکترونیک کشاورزی است. پلتفرم‌های فروش مستقیم محصولات کشاورزی، کارکردهای مدیریتی و بازاریابی را که قبلاً نیازمند مهارت‌های پیچیده (و محصول توسعه انسانی) بود، به یک رابط کاربری ساده واگذار کرده‌اند. عامل سوم خدمات مالی دیجیتال است. کیف پول‌ها و وام‌های خرد آنلاین، نیاز به سواد مالی و حقوقی پیشرفته را کاهش داده و دسترسی روستاییان به اعتبارات را تسهیل کرده‌اند. عامل چهارم یادگیری مهارت‌محور است. محتوای آموزشی آنلاین در ایران عمدتاً مهارت‌محور و بازارمحور است و روستاییان می‌توانند بدون طی کردن سال‌ها تحصیلات رسمی، وارد بازار کار با درآمد بالا شوند. این عوامل موجب شده‌اند که ابزار دیجیتال در استان‌های پیشرو (مانند تهران و البرز) تا حد زیادی جانشین کارکردهای سنتی توسعه انسانی شود و اثر کاهشی شاخص توسعه انسانی را تضعیف کند.

همچنین در راستای فرضیه چهارم پژوهش ضریب اثرات فضایی (۰/۳۷۵) نشان می‌دهد که خودهمبستگی فضایی قوی در مدل وجود دارد؛ به‌طوری که افزایش یک‌واحدی در میانگین وزنی شکاف درآمدی استان‌های هم‌جوار، شکاف درآمدی استان هدف را ۰/۳۷۵ واحد افزایش می‌دهد. همچنین θ_{DIG} و θ_{HDI} منفی و معنادار هستند؛ به این معنا که بهبود توسعه انسانی و زیرساخت اقتصاد دیجیتال در استان‌های هم‌جوار، به کاهش شکاف درآمدی در استان هدف کمک می‌کند (سرریز مثبت).

وابستگی فضایی قوی شکاف درآمدی در ایران، نشان می‌دهد که این پدیده صرفاً یک مسئله درون‌استانی نیست، بلکه یک پدیده منطقه‌ای و خوشه‌ای است که از سه کانال اصلی سرایت می‌کند. کانال اول زنجیره تأمین و تجارت بین استانی است. بهبود توسعه انسانی و دیجیتال در استان‌های صنعتی (مانند اصفهان، تهران، فارس) از طریق افزایش تقاضا برای مواد اولیه و محصولات واسطه‌ای، درآمد استان‌های هم‌جوار را نیز بالا می‌برد و به کاهش شکاف آنها کمک می‌کند. کانال دوم جریان‌های مهاجرتی است. کاهش شکاف درآمدی در یک استان، فشار مهاجرت از روستاهای آن استان به شهرها را کاهش می‌دهد و این امر به نوبه خود عرضه نیروی کار ارزان در استان‌های هم‌جوار را کاهش داده و دستمزدها را در آن مناطق افزایش می‌دهد. کانال سوم الگوسازی و سرریز نهادی است. استان‌های هم‌جوار با مشاهده موفقیت سیاست‌های کاهش شکاف در استان همسایه، می‌توانند بدون تحمل هزینه آزمون و خطا، سیاست‌های مشابه را اقتباس کنند. در ایران، استان‌های توسعه‌یافته (مانند تهران و اصفهان) با ایجاد الگوهای موفق در زمینه آموزش آنلاین، تجارت الکترونیک و گردشگری دیجیتال، عملاً به‌عنوان قطب‌های دانش عمل کرده و سرریزهای مثبتی به استان‌های هم‌جوار ارسال می‌کنند. نادیده‌گرفتن این سرریزها، منجر به کم‌برآوردی ۳۴ درصدی اثر کل شاخص توسعه انسانی (HDI) بر کاهش شکاف درآمدی می‌شود که نشان می‌دهد تحلیل‌های غیر فضایی، تصویر ناقصی از واقعیت ارائه می‌دهند.

برای درک صحیح مقدار تأثیر هر متغیر در مدل SDM (به دلیل جمله $\rho W GAP$)، باید اثر مستقیم و غیرمستقیم (سرریز) محاسبه شود. نتایج تجزیه اثرات کل به مستقیم و غیرمستقیم در جدول (۱۱) گزارش شده است. بر اساس نتایج، افزایش توسعه انسانی در استان i به طور مستقیم شکاف درآمدی همان استان را کاهش می‌دهد (اثر مستقیم -0.318)؛ افزایش توسعه انسانی در استان‌های هم‌جوار نیز شکاف درآمدی استان i را کاهش می‌دهد (اثر غیرمستقیم/سرریز -0.162). این امر به دلیل سرریزهای دانش، تجارت بین استانی و زنجیره‌های تأمین است. در ایران، استان‌های توسعه‌یافته‌تر (مانند اصفهان و تهران) به استان‌های پیرامونی کمک می‌کنند (هرچند ممکن است نابرابری را نیز تشدید کنند، اما اثر کل مثبت است). افزایش یک انحراف معیار در شاخص توسعه انسانی در کل منطقه (با در نظر گرفتن سرریزها) شکاف درآمدی را به میزان $0.048 \times 0.04 \approx 0.00192$ واحد کاهش می‌دهد که معادل $8/3$ درصد نسبت به میانگین است (اثر کل -0.480)؛ بنابراین تحلیل غیر فضایی (که فقط اثر مستقیم -0.318 را نشان می‌داد) اثر کل را حدود 34 درصد کم کرده است.

برای زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) نیز الگوی مشابه توسعه انسانی قابل مشاهده است؛ اما اندازه اثرات کوچک‌تر است. اثر کل زیرساخت اقتصاد دیجیتال (-0.288) حدود 60 درصد اثر کل شاخص توسعه انسانی است. این امر نشان می‌دهد که در ایران، توسعه انسانی هنوز موتور قوی‌تری برای کاهش نابرابری منطقه‌ای است. همچنین برای اثر تعدیلی ($HDI \times DIG$)، اثر مستقیم مثبت (0.138) به این معناست که در استان‌های با زیرساخت اقتصاد دیجیتال بالا، تأثیر شاخص توسعه انسانی بر شکاف درآمدی ضعیف‌تر است. اثر غیرمستقیم مثبت (0.095) بیانگر آن است که بالابودن زیرساخت اقتصاد دیجیتال در استان‌های هم‌جوار نیز اثر تعدیلی مثبت دارد؛ یعنی اگر استان‌های اطراف دیجیتالی باشند، تأثیر شاخص توسعه انسانی در استان هدف نیز تضعیف می‌شود؛ این امر نشان‌دهنده یک هماهنگی منطقه‌ای در مکانیسم جانشینی است.

جدول ۱۱: تجزیه اثرات (کل، مستقیم و غیرمستقیم) بر اساس مدل SDM

متغیر	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم (سرریز)	اثر کل
توسعه انسانی	-0.318^* (0.048)	-0.162^* (0.054)	-0.480^{***} (0.078)
زیرساخت اقتصاد دیجیتال	-0.176^* (0.062)	0.112^* (0.048)	-0.288^{***} (0.084)
اثر تعاملی	0.138^* (0.046)	0.095^* (0.036)	0.233^{***} (0.062)
نرخ بیکاری	0.098 (0.054)	0.062 (0.042)	0.160 (0.084)
سرمایه‌گذاری دولتی	-0.036 (0.028)	-0.024 (0.022)	-0.060 (0.042)
ارزش افزوده صنعت	-0.065 (0.042)	-0.044 (0.036)	-0.109 (0.064)
نسبت شهرنشینی	-0.324^{**} (0.108)	-0.218^* (0.094)	-0.542^{***} (0.142)
تمرکز جمعیت	0.193^* (0.084)	0.134^* (0.062)	0.326^{**} (0.112)
نرخ تورم	0.022 (0.021)	0.014 (0.018)	0.036 (0.032)

نکته: خطاهای استاندارد بوت‌استرپ (۱۰۰۰ تکرار) در داخل پرانتز. $*** p < 0.001$, $** p < 0.01$, $* p < 0.05$
منبع: یافته‌های پژوهش.

به صورت کلی در بین متغیرهای کنترلی تنها نسبت شهرنشینی و تمرکز جمعیت معنادار شده‌اند. استان‌های با شهرنشینی بالاتر شکاف کمتری دارند که امری منطقی است: در این استان‌ها، روستاها عملاً شهری شده‌اند و درآمد آنها افزایش یافته است. همچنین استان‌هایی که جمعیت در یک یا دو شهر متمرکز شده است شکاف بیشتری دارند، زیرا روستاهای دورافتاده از خدمات محروم می‌مانند. نسبت شهرنشینی با ضریب $-0/335$ - نشان می‌دهد که شهرنشینی در ایران به معنای واقعی روستایی‌زدایی است. در استان‌های با شهرنشینی بالا (تهران، البرز، اصفهان)، روستاها عملاً به حومه‌های شهری یا شهرک‌های صنعتی تبدیل شده‌اند و از نظر دسترسی به خدمات زیرساختی، شبکه حمل‌ونقل، بازار کار و فرصت‌های شغلی با شهرها تفاوت چندانی ندارند. این امر موجب نزدیک شدن درآمد روستاییان به سطح شهری می‌شود. در مقابل، ضریب مثبت تمرکز جمعیت ($0/200$) نشان می‌دهد که الگوی قطب - پیرامون در ایران همچنان فعال است. استان‌هایی که جمعیت در یک یا دو شهر بزرگ متمرکز شده است (مانند کرمان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان)، روستاهای دورافتاده از خدمات و فرصت‌های اقتصادی محروم می‌مانند و شکاف درآمدی به حداکثر می‌رسد. این الگو نشان می‌دهد که سیاست‌های تمرکززدایی جمعیت و توسعه متوازن منطقه‌ای در ایران با شکست مواجه شده است و نیاز به بازنگری اساسی در تخصیص منابع و سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی در مناطق محروم وجود دارد.

با توجه به اینکه متغیر زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) دارای توزیع نرمال نیست و واریانس بالایی دارد، در ادامه اثر نهایی توسعه انسانی بر شکاف درآمدی در سه سطح کلیدی (صدک ۲۵، ۵۰ و ۷۵) محاسبه شده است. نتایج تحلیل اثرات نهایی نشان می‌دهد که با افزایش سطح زیرساخت اقتصاد دیجیتال، اثر کاهشی شاخص توسعه انسانی بر شکاف درآمدی به طور سیستماتیک تضعیف می‌شود (از $-0/346$ به $-0/149$). این الگوی کاهشی، شاهد قوی‌تری برای اثر جانشینی فراهم می‌کند.

جدول ۱۲: تحلیل اثرات نهایی در سطوح مختلف زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG)

سطح DIG	مقدار DIG	اثر نهایی	خطای استاندارد	تفسیر
پایین (صدک ۲۵)	$-0/980$	$-0/346 = (-0/980) \times 0/142 + 0/325$	$0/052$	اثر کاهشی قوی
متوسط (میانگین)	$0/000$	$-0/325$	$0/044$	اثر کاهشی متوسط
بالا (صدک ۷۵)	$1/240$	$-0/149 = 1/240 \times 0/142 + 0/325$	$0/056$	اثر کاهشی ضعیف

منبع: یافته‌های پژوهش.

با حل معادله $\partial GAP / \partial HDI = 0$ ، نقطه آستانه‌ای محاسبه می‌شود که در آن اثر توسعه انسانی بر شکاف درآمدی به صفر می‌رسد ($2/29$)؛ سپس این آستانه در توزیع واقعی زیرساخت اقتصاد دیجیتال استان‌ها بررسی شده است. نتایج تحلیل جدول (۱۳) نشان می‌دهد که اثر جانشینی کامل (خنثی شدن کامل اثر توسعه انسانی) فقط در دو استان تهران و البرز که بالاترین سطح زیرساخت دیجیتال را دارند، مشاهده می‌شود. برای اکثریت استان‌ها (بیش از ۹۳ درصد)، اثر توسعه انسانی همچنان کاهشی است، هرچند با شدت‌های متفاوت. این یافته، استنتاج اثر جانشینی را محافظه کارانه‌تر و واقع‌بینانه‌تر می‌کند.

جدول ۱۳: توزیع استان‌ها بر اساس آستانه اثر جانشینی

محدوده DIG	وضعیت اثر HDI بر GAP	تعداد استان‌ها	درصد استان‌ها	نمونه استان‌ها
DIG < 2.29	اثر کاهشی (HDI شکاف را کم می‌کند)	۲۹ استان	۹۳/۵٪	اکثریت استان‌ها
DIG ≥ 2.29	اثر خنثی یا افزایشی	۲ استان	۶/۵٪	تهران (۲/۸۶)، البرز (۲/۴۲)

منبع: یافته‌های پژوهش.

۳-۴. آزمون‌های تشخیصی و استحکام نتایج

جدول (۱۴)، نتایج آزمون‌های تشخیصی برای مدل SDM را نشان می‌دهد. نتایج آزمون‌های تشخیصی و استحکام در قالب پنج دسته قابل تحلیل است. دسته اول (آزمون‌های انتخاب مدل): بر اساس آزمون‌های LR، مدل SDM به طور معناداری بر مدل‌های SAR و SEM ترجیح داده می‌شود ($p < 0.05$). آزمون والد نیز معناداری هم‌زمان سرریزهای فضایی متغیرهای مستقل را تأیید می‌کند. آزمون هاسمن تعمیم‌یافته نیز برتری اثرات ثابت استانی را نشان می‌دهد؛ بنابراین مدل SDM با اثرات ثابت استانی و سالانه به عنوان مدل نهایی پژوهش انتخاب می‌شود.

جدول ۱۴: آزمون‌های تشخیصی برای مدل نهایی

آزمون	آماره	احتمال	نتیجه
LR (SDM vs SAR)	۱۵/۴۲	۰/۰۰۴	رد فرض تقلیل SDM به SAR ← SDM ترجیح دارد.
LR (SDM vs SEM)	۱۲/۱۸	۰/۰۱۶	رد فرض تقلیل SDM ← SAR ترجیح دارد.
Wald ($\theta_{HDI} = \theta_{DIG} = 0$)	۱۰/۸۴	۰/۰۱۳	سرریزهای X باهم معنادار هستند.
Hausman (تعمیم‌یافته فضایی)	۳۲/۵۶	۰/۰۰۱	اثرات ثابت استانی ترجیح دارد.
Moran's I (پسماندهای مدل SDM)	۰/۰۵۲	۰/۳۸۴	عدم وجود خودهمبستگی فضایی باقیمانده
Pesaran's CD	۱/۰۸	۰/۲۸۰	عدم وجود وابستگی مقطعی در پسماندها
تعدیل شده R-squared (درونی)	۰/۶۷۳	-	قدرت تبیین خوب
حذف استان‌های پرت (اثر مستقیم HDI)	-۰/۲۹۶	۰/۰۰۰	ضرایب پس از حذف پرت‌ها پایدار باقی مانده‌اند.
حذف استان‌های پرت (اثر تعدیلی)	۰/۱۲۶	۰/۰۰۶	اثر تعدیلی مثبت همچنان معنادار است.
دوره اول (۱۳۹۰-۱۳۹۶) اثر کل HDI	-۰/۴۵۲	۰/۰۰۰	نقش HDI معنادار است.
دوره دوم (۱۳۹۷-۱۴۰۳) اثر کل HDI	-۰/۵۱۸	۰/۰۰۰	نقش HDI پررنگ‌تر شده است.
شاخص تایل (اثر کل HDI)	-۰/۴۲۶	۰/۰۰۰	نتایج نسبت به تعریف نابرابری مقاوم است.
DIG _{Simple} (اثر تعدیلی HDI×DIG)	۰/۲۱۲	۰/۰۰۰	اثر تعدیلی مثبت با شاخص ساده‌تر نیز تأیید شد.
کنترل اثر کرونا (متغیر مجازی)	۰/۰۸۴	۰/۰۴۲	کرونا به طور میانگین شکاف درآمدی را افزایش داده است.
رویکرد بیزی	[۰/۰۸۴, ۰/۱۹۶]	-	نتایج با روش MLE همپوشانی کامل دارد.

منبع: یافته‌های پژوهش.

دسته دوم (آزمون‌های تشخیصی پایه): آزمون موران بر روی پسماندهای مدل SDM ($I=0.052, p=0.384$) نشان می‌دهد که مدل توانسته است خودهمبستگی فضایی موجود در داده‌ها را به‌خوبی جذب کند و پسماندها فاقد خودهمبستگی فضایی معنادار هستند. همچنین آزمون وابستگی مقطعی پسران^۱ ($CD=1.08, p=0.280$) حاکی از عدم وجود وابستگی مقطعی باقیمانده در پسماندهاست که نشان‌دهنده کفایت مدل در کنترل وابستگی‌های بین استانی است. مقدار تعدیل‌شده آماره R^2 برابر با ۰/۶۷۳ نشان می‌دهد که مدل از قدرت تبیین خوبی برخوردار است.

دسته سوم (استحکام نسبت به حذف استان‌های پرت): حذف استان‌های پرت (تهران، البرز، سیستان و بلوچستان و کهگیلویه و بویراحمد) نشان داد که ضرایب اصلی و اثر تعدیلی، همچنان معنی‌دار باقی می‌مانند. دسته چهارم (استحکام نسبت به دوره زمانی و تعریف متغیرها): تقسیم دوره به دو زیر دوره ۱۳۹۶-۱۳۹۰ و ۱۴۰۳-۱۳۹۷ نشان داد که در دوره دوم (هم‌زمان با تشدید تحریم‌ها و همه‌گیری کرونا)، اندازه ضرایب توسعه انسانی (HDI) و زیرساخت اقتصاد دیجیتال (DIG) افزایش یافته است که بیانگر نقش تثبیت‌کنندگی توسعه انسانی و زیرساخت دیجیتال در شرایط بحران است. همچنین استفاده از شاخص‌های جایگزین نابرابری (تایل^۲) و تعریف‌های جایگزین زیرساخت اقتصاد دیجیتال (میانگین ساده) نشان داد که نتیجه اصلی پژوهش (اثر تعدیلی مثبت و معنادار) نسبت به تعریف متغیرها مقاوم است.

دسته پنجم (استحکام نسبت به شوک‌های ساختاری و روش برآورد): کنترل اثر همه‌گیری کرونا با متغیر مجازی نشان داد که کرونا به طور متوسط شکاف درآمدی را افزایش داده است. همچنین برآورد مدل با رویکرد بیزی، فواصل اطمینان ۹۵٪ برای ضریب تعدیلی را در بازه $[۰/۰۸۴, ۰/۱۹۶]$ نشان داد که با نتایج روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) همپوشانی کامل دارد.

این یافته‌ها استحکام نتایج را در برابر شوک‌های ساختاری و روش برآورد تأیید می‌کند. در ادامه برای آزمون حساسیت و استحکام نتایج، ماتریس‌های فضایی جایگزین در نظر گرفته شده‌اند. بر اساس نتایج جدول (۱۵)، با تغییر ماتریس وزن فضایی، نتایج نسبت به انتخاب ماتریس اولیه مقاوم هستند. هر سه ماتریس اثر منفی و معنادار شاخص توسعه انسانی (مستقیم و غیرمستقیم) را نشان می‌دهند.

جدول ۱۵: استحکام نتایج نسبت به ماتریس وزن فضایی (اثر کل HDI بر GAP)

نوع ماتریس	اثر مستقیم (HDI)	اثر غیرمستقیم (HDI)	شاخص موران (پسماند)
مرز مشترک	-۰/۳۱۸	-۰/۱۶۲	۰/۳۸ ($p=۰/۰۵۲$)
فاصله معکوس	-۰/۳۲۵	-۰/۱۴۰	۰/۲۴ ($p=۰/۰۶۴$)
اقتصادی - جغرافیایی	-۰/۳۰۶	-۰/۱۸۵	۰/۴۱ ($p=۰/۰۴۸$)

منبع: یافته‌های پژوهش.

همچنین به‌عنوان آزمون استحکام، مدل پژوهش با روش GMM سیستمی^۱ آرلانو - باور/بوندل (که برای داده‌های N بزرگ و T کوچک طراحی شده و به طور خاص درون‌زایی را کنترل می‌کند) نیز برآورد شده است. ضرایب شاخص توسعه انسانی در این مدل (۰/۲۹۸-) از نظر اندازه و معناداری بسیار نزدیک به مدل اصلی SDM (۰/۳۲۵-) است. این هم‌گرایی، اطمینان ما را نسبت به عدم سوگیری شدید ناشی از علیت معکوس افزایش می‌دهد، هرچند آن را به طور کامل رد نمی‌کند. برای ارائه تحلیل عمیق‌تر و بررسی همپوشانی شاخص توسعه انسانی و شکاف درآمدی، مدل پژوهش با تفکیک مؤلفه‌های شاخص توسعه انسانی نیز برآورد شده که در آن، تأثیر هر یک از سه مؤلفه اصلی شاخص توسعه انسانی (سلامت، آموزش و درآمد) به‌صورت جداگانه بر شکاف درآمدی بررسی شده است. این کار به ما امکان می‌دهد تا سهم هر مؤلفه را در کاهش شکاف درآمدی تفکیک کنیم. بر اساس نتایج جدول (۱۶)، تفکیک مؤلفه‌های شاخص توسعه انسانی نشان می‌دهد که مؤلفه‌های آموزش و سلامت (که مستقل از درآمد هستند)، هر یک به‌تنهایی سهم قابل‌توجهی در تبیین کاهش شکاف درآمدی دارند و این اثر صرفاً ناشی از هم‌پوشانی درآمدی نیست.

جدول ۱۶: تأثیر تفکیک‌شده مؤلفه‌های شاخص توسعه انسانی بر شکاف درآمدی (GAP)

مؤلفه شاخص توسعه انسانی	ضریب اثر مستقیم	ضریب اثر کل
شاخص سلامت	-۰/۱۵۲	-۰/۲۰۴
شاخص آموزش	-۰/۱۸۴	-۰/۲۶۲
شاخص درآمد	-۰/۲۹۸	-۰/۴۱۸

منبع: یافته‌های پژوهش.

همچنین، به‌منظور استحکام‌بخشی به ادعای اثر جانشینی، مجموعه‌ای از آزمون‌های تکمیلی انجام شد. اول، آزمون جوهانسون نشان داد که اثر توسعه انسانی بر شکاف درآمدی برای استان‌هایی با زیرساخت اقتصاد دیجیتال بالاتر از ۲/۲۹ از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌شود. دوم، آزمون والد فرضیه عدم وجود اثر تعدیلی را رد می‌کند ($\chi^2=11.46$, $p=0.000$). سوم، آزمون چاو فضایی تفاوت معنی‌دار در ضریب توسعه انسانی بین گروه‌های با زیرساخت اقتصاد دیجیتال بالا و پایین را تأیید می‌کند ($F=7.84$, $p=0.005$). این آزمون‌ها نشان می‌دهند که نتیجه‌گیری درباره اثر جانشینی مبتنی بر شواهد آماری مستحکمی است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر باهدف بررسی نقش تعدیلی زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال بر رابطه بین توسعه انسانی و شکاف درآمد شهری - روستایی در ۳۱ استان ایران طی دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۳ انجام شد و با بهره‌گیری از مدل دوربین فضایی (SDM) و رویکرد اثرات ثابت، یافته‌های معناداری حاصل گردید. اولین یافته پژوهش حاکی از آن است که توسعه انسانی با شکاف درآمدی همبستگی منفی معناداری دارد که با نتایج مطالعات پیشین از جمله یانگ و

1. System-Generalized Method of Moments (SYS-GMM)

هوانگ (۲۰۱۷) و وانگ و همکاران (۲۰۲۰) همسو است. دومین یافته نشان می‌دهد که زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال به طور مستقیم شکاف درآمدی را کاهش می‌دهد که این نتیجه با پژوهش‌های لی و همکاران (۲۰۲۶) و ژو و لیو (۲۰۲۶) همخوانی دارد.

سومین و مهم‌ترین یافته پژوهش، کشف اثر تعدیلی مثبت و معنادار توسعه انسانی و اقتصاد دیجیتال است که نشان‌دهنده وجود اثر جانشینی به جای اثر مکملی در استان‌های ایران است. این یافته بدین معناست که در استان‌هایی با زیرساخت دیجیتال قوی‌تر، تأثیر کاهش‌دهنده توسعه انسانی بر شکاف درآمدی ضعیف‌تر می‌شود. این نتیجه با مطالعات انجام‌شده در کشورهای درحال توسعه نظیر لی و ونگ (۲۰۲۶) در مورد نقش توسعه دیجیتال روستایی در دستیابی به رفاه عمومی هماهنگی دارد. در مقابل، در پژوهش‌هایی مانند آلکا و میهای (۲۰۲۵) در کشورهای توسعه‌یافته مانند اروپا معمولاً اثر مکملی گزارش شده است که در آن‌ها زیرساخت دیجیتال اثربخشی سرمایه انسانی را افزایش می‌دهد. در ایران، عواملی همچون ساختار سنتی آموزش در مناطق روستایی، رشد سریع پلتفرم‌های آموزش آنلاین که امکان یادگیری ارزان و در دسترس را فراهم کرده‌اند، توسعه تجارت الکترونیک روستایی از طریق پلتفرم‌های جدید که به کشاورزان و تولیدکنندگان اجازه می‌دهد بدون نیاز به تحصیلات عالی محصولات خود را به بازار شهری عرضه کنند، و همچنین گسترش خدمات مالی دیجیتال که دسترسی روستاییان به اعتبارات را تسهیل کرده است، تبیین‌کننده این اثر جانشینی هستند.

چهارمین یافته پژوهش حاکی از وجود خودهمبستگی فضایی بالای شکاف درآمدی است که نشان می‌دهد نابرابری درآمدی در ایران به صورت خوشه‌ای توزیع شده است. این یافته با نتایج پژوهش‌های سوسنو (۲۰۲۳) و مائورو (۲۰۲۲) همسو است. در ایران، چهار خوشه اصلی شناسایی شد. این خوشه‌بندی نشان می‌دهد که سیاست‌های کاهش شکاف درآمدی در ایران نمی‌تواند یکسان و سراسری باشد. برای خوشه اول، سیاست مکمل دیجیتال (تقویت بیشتر زیرساخت اقتصاد دیجیتال) اثر چندانی ندارد؛ برای خوشه دوم، سرمایه‌گذاری هدفمند در روستاهای صنعتی میانی مؤثر است؛ برای خوشه سوم، اولویت با توسعه اینترنت روستایی و آموزش دیجیتال است؛ و برای خوشه چهارم، نیاز به یک بسته سیاستی ترکیبی شامل زیرساخت فیزیکی (راه، برق، آب)، توسعه انسانی پایه (مدارس، مراکز سلامت) و سپس زیرساخت دیجیتال وجود دارد و این سه باید هم‌زمان اجرا شوند. در مجموع، نتایج این پژوهش دلالت‌های سیاستی مهمی از جمله نیاز به سرمایه‌گذاری هم‌زمان در توسعه انسانی و دیجیتال، استفاده از اقتصاد دیجیتال به عنوان سیاست جبرانی در استان‌های با توسعه انسانی پایین، هدف‌گذاری توسعه دیجیتال در مناطق روستایی با اولویت آموزش آنلاین و تجارت الکترونیک کشاورزی، اصلاح نظام تأمین مالی فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) روستایی، و طراحی سیاست‌های منطقه‌ای مبتنی بر فضا و هماهنگی برای شکستن خوشه‌های فقر دارد.

قابل ذکر است که پژوهش حاضر با چند محدودیت اساسی مواجه است که باید در تعمیم نتایج موردتوجه قرار گیرد. استفاده از داده‌های استانی (۳۱ استان) به جای داده‌های شهرستانی منجر به پنهان ماندن تنوع درون‌استانی می‌شود. به عنوان مثال، در استان پهنواری مانند کرمان، مرکز استان (شهر کرمان) از شکاف درآمدی

کمی برخوردار است؛ اما روستاهای دورافتاده در شهرستان‌های کهنوج و منوجان از شکاف بسیار بالایی رنج می‌برند. میانگین‌گیری در سطح استان، این تفاوت‌های مهم را پنهان می‌کند. شاخص زیرساخت اقتصاد دیجیتال در این پژوهش با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) ساخته شد. اگرچه این روش رایج است، اما وزن‌های بهینه برای هر مؤلفه تعیین نشده و ممکن است مؤلفه‌ای مانند ارزش معاملات تجارت الکترونیک که در استان‌های پیشرو بسیار بالاست، وزن بیش از حدی دریافت کرده باشد. همچنین دوره زمانی پژوهش (۱۳۹۰-۱۴۰۳) شامل شوک‌های بزرگی مانند اعمال تحریم‌های بین‌المللی، بحران کرونا و نوسانات شدید ارزی است. اگرچه اثرات ثابت سالانه تا حدی این شوک‌ها را کنترل کرده است، اما اثرات متفاوت این شوک‌ها در استان‌های مختلف به طور کامل لحاظ نشده است.

بر اساس یافته‌های پژوهش و باتوجه به ماهیت فضایی پدیده شکاف درآمدی، توصیه‌های سیاستی در سه سطح قابل‌دسته‌بندی است. در سطح ملی: (۱) سرمایه‌گذاری هم‌زمان در توسعه انسانی و اقتصاد دیجیتال ضروری است، زیرا هر دو اثر مستقیم و منفی بر شکاف درآمدی دارند؛ بااین‌حال، باتوجه به اندازه بزرگ‌تر اثر توسعه انسانی در مقایسه با زیرساخت اقتصاد دیجیتال، اولویت با سرمایه‌گذاری در آموزش و سلامت در مناطق روستایی است. (۲) باتوجه به اثر جانشینی مثبت، اقتصاد دیجیتال می‌تواند به‌عنوان یک سیاست جبرانی در استان‌های با توسعه انسانی پایین مورد استفاده قرار گیرد؛ به این معنا که در کوتاه‌مدت که افزایش سطح توسعه انسانی دشوار است، سرمایه‌گذاری در زیرساخت دیجیتال می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین عمل کند. (۳) هدف‌گذاری توسعه دیجیتال در مناطق روستایی باید با اولویت آموزش آنلاین (تجهیز مدارس روستایی به اینترنت پرسرعت، تولید محتوای بومی) و تجارت الکترونیک کشاورزی (ایجاد سکوی فروش مستقیم، آموزش بازاریابی آنلاین به کشاورزان) انجام شود. (۴) اصلاح نظام تأمین مالی فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) روستایی از طریق تخصیص یارانه اینترنت بر اساس میزان محرومیت (توسعه انسانی پایین‌تر، یارانه بالاتر)، حذف عوارض ضمنی تجارت الکترونیک بین استانی، و ایجاد صندوق توسعه دیجیتال روستایی در اولویت قرار دارد. در سطح منطقه‌ای و مبتنی بر خوشه‌بندی فضایی: (۵) برای خوشه جنوب شرق که با محاصره فقر مواجه است، ایجاد هاب دیجیتال منطقه‌ای در استان کرمان یا زاهدان، سرمایه‌گذاری در اینترنت روستایی پرسرعت (فیبر نوری تا روستاهای پرجمعیت)، و آموزش مهارت‌های دیجیتال پایه (به‌ویژه برای زنان روستایی که سهم مهمی در تولیدات کشاورزی و صنایع دستی دارند) توصیه می‌شود. (۶) برای خوشه مرکزی استفاده از ظرفیت استان‌های پیشرو برای انتقال بسته سیاستی دیجیتال (شامل دانش فنی، محتوای آموزشی، زیرساخت) به استان‌های پیرامونی از طریق شکل‌گیری کنسرسیوم تجارت الکترونیک روستایی متشکل از استان‌های مرکزی و همچنین ایجاد مشوق‌های مالی برای شرکت‌های دانش‌بنیانی که خدمات خود را به روستاهای استان‌های محروم گسترش می‌دهند، پیشنهاد می‌شود. (۷) برای استان‌های با الگوی High-Low، تقویت زیرساخت دیجیتال گردشگری روستایی (بوم‌گردی آنلاین، رزرواسیون اینترنتی اقامتگاه‌های بومی، بازاریابی دیجیتال صنایع دستی) و راه‌اندازی سکوی فروش مستقیم محصولات کشاورزی به مصرف‌کنندگان شهری (حذف واسطه‌ها) در اولویت است. (۸) برای استان‌های Low-High که با وجود هم‌جواری با استان‌های پیشرو، از زیرساخت دیجیتال ضعیفی برخوردارند، باید علت اصلی عقب‌ماندگی (که احتمالاً شکاف

دیجیتال نهادی است نه صرفاً زیرساختی) بررسی و موانع نهادی (از جمله قوانین محدودکننده، عدم هماهنگی بین دستگاه‌های اجرایی، کمبود نیروی متخصص فناوری اطلاعات و ارتباطات) رفع شود. در مجموع، یافته‌های این پژوهش از نظر سیاستی راهنمای عملی برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها و اصلاحات نهادی در مناطق مختلف ایران ارائه می‌دهد.

باتوجه‌به یافته‌ها و محدودیت‌های پژوهش حاضر، چندین مسیر برای تحقیقات آینده قابل پیشنهاد است. اول، استفاده از مدل‌های پویای فضایی که می‌تواند پویایی‌های تعدیل شکاف درآمدی در طول زمان را آشکار کند و نشان دهد که آیا شکاف درآمدی استان‌ها به سمت همگرایی حرکت می‌کنند یا واگرایی؛ دوم، تفکیک شکاف دیجیتال به ابعاد دسترسی و مهارت؛ سوم، استفاده از معیارهای جایگزین شکاف منطقه‌ای به‌جای نسبت درآمد شهری به روستایی (که حساس به مقادیر پرت و تفاوت‌های درون توزیعی است)؛ چهارم، تحلیل علی با روش متغیرهای ابزاری طبیعی و پنجم، انجام مطالعات کیفی و ترکیبی و انجام مطالعات موردی عمیق در روستاهای منتخب از استان‌های با خوشه‌های مختلف.

توضیحات تکمیلی

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در نگارش مقاله سهم و نقش یکسان داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافع در این پژوهش وجود ندارد.

حامی مالی

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

سپاسگزاری (تقدیر و تشکر)

نویسندگان از تمامی افرادی که با نظرات سازنده و راهنمایی‌های خود در بهبود کیفیت این مقاله نقش داشته‌اند، تشکر می‌کنند.

شناسه اُرکید (ORCID)

<https://orcid.org/0000-0001-5855-7512>

<https://orcid.org/0000-0001-6005-6370>

مصطفی شمس‌الدینی

ثمینه قاسمی‌فر



منابع و مأخذ

- بهدانی، زهرا و محتشمی برزادران، غلامرضا. (۱۴۰۳). تحلیل نابرابری درآمد در استان‌های ایران: رتبه‌بندی و مقایسه با استفاده از شاخص‌های مختلف. پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۳۲ (۱۱۲)، ۱۴۶-۱۹۷.
<http://dx.doi.org/10.61186/qjerp.32.112.146>
- حاتمی شامیر، مسلم، بابکی، روح اله و الیاس پور، بهنام. (۱۴۰۲). نقش وفور منابع طبیعی و سرمایه انسانی در توسعه مالی ایران (رهیافت خود توضیح با وقفه‌های توزیعی). بررسی مسائل اقتصاد ایران، ۱۰ (۲۰)، ۱۳۵-۱۶۵.
<https://doi.org/10.30465/ce.2024.45669.1890>
- راهپیم، عبدالمجید و غلامی، بهادر. (۱۴۰۰). بررسی چالش‌های فضایی توسعه شهری و اثرات آن برای امنیت ملی ایران. پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، ۵۳ (۲)، ۶۳۷-۶۵۲.
<https://doi.org/10.22059/jhgr.2020.297525.1008078>
- رحمان مرانه، دلشاد، زروکی، شهریار، جعفری صمیمی، احمد و موتمنی، مانی. (۱۴۰۵). تحلیل اثر نامتقارن بی‌ثباتی اقتصادی بر فقر خانوار و نابرابری درآمد در ایران. سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی، ۵ (۱)، ۹۷-۱۳۶.
https://jepr.uok.ac.ir/article_64255.html
- سلمانی، بهزاد، ذوالقدر، حمید و شکری، مصطفی. (۱۳۹۶). بررسی عوامل اقتصادی مؤثر بر نفوذ اینترنت در ایران با استفاده از رگرسیون فازی. نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۴ (۳)، ۹۱-۱۱۶.
https://eco.j.tabrizu.ac.ir/article_6754.html
- سیف، غزال، جلالی اسفندآبادی، سید عبدالمجید و زاینده‌رودی، محسن. (۱۴۰۳). بررسی اثر نامتقارن صادرات نفت بر تولید ناخالص داخلی، بیکاری و توزیع درآمد در ایران (رویکرد مدل گشتاورهای تعمیم‌یافته GMM). بررسی مسائل اقتصاد ایران، ۱۱ (۲۱)، ۲۷۱-۲۹۲.
<https://doi.org/10.30465/ce.2024.49706.1977>
- شمس‌الدینی، مصطفی. (۱۴۰۵). تحلیل فضایی - زمانی کیفیت توسعه شهری در مراکز استان‌های ایران: نقش زیرساخت‌ها، حاکمیت و عوامل اجتماعی - اقتصادی. اقتصاد شهری، ۱۱ (۱)، ۱۳-۲۸.
<https://doi.org/10.22108/ue.2025.146943.1328>
- عیسی‌زاده روشن، یوسف و پورفرج، علیرضا. (۱۳۹۷). بررسی رابطه علی بین شکاف دیجیتال و شکاف درآمدی در استان‌های ایران. سیاست‌های راهبردی و کلان، ۶ (۲۲)، ۱۰۱-۱۲۰.
https://www.jmsp.ir/article_59871.html
- غیبشای، فاضل، اکبری، احمد، دادرس مقدم، امیر و حسینی، سید مهدی. (۱۴۰۰). شهرنشینی، آلودگی آب و رشد اقتصادی در استان‌های ایران با رهیافت پانل فضایی. مجله آب‌وفاضلاب، ۳۲ (۶)، ۴۸-۵۷.
<https://doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106>
- کفیلی، وحید، ذبیحی دان، محمد سعید و خداپرست شیرازی، جلیل. (۱۴۰۳). علیت بین شهرنشینی و شکاف درآمدی مناطق شهری و روستایی استان‌های ایران: علیت گرنجری پانلی مبتنی بر رویکرد بوت استرپ. برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱۴ (۵۴)، ۲۳-۱۳.
<https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.27985.3896>
- کیان‌پور، سعید و حاجیان، محسن. (۱۴۰۳). بررسی و رتبه‌بندی شاخص زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال در استان‌های ایران. مطالعات زیست‌بوم اقتصاد نوآوری، ۴ (۱)، ۱۰۵-۱۲۴.
<https://doi.org/10.22111/innoeco.2024.49481.1108>

- ملک‌شاهی، طاهره، داودی، پرویز و صمصامی، حسین. (۱۴۰۲). تأثیر ابزار پرداخت الکترونیک بر بخش حقیقی اقتصاد ایران: رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی. *اقتصاد و الگوسازی*، ۱۴(۱)، ۳۵-۸۱.
<https://doi.org/10.48308/jem.2023.229419.1795>
- موسوی، میر نجف و بایرام‌زاده، نیما. (۱۴۰۳). تحلیل فضایی روند نابرابری‌های منطقه‌ای در ایران. *اطلاعات جغرافیایی*، ۳۳(۱۳۱)، ۱۰۵-۱۲۵.
<https://doi.org/10.22131/SEPEHR.2024.2017054.3039>
- هاشمی، شکوه السادات، حافظی، بهار و شریفی رنانی، حسین. (۱۴۰۳). اثر آستانه‌ای حکمرانی خوب بر برابری جنسیتی در ایران با تأکید بر نابرابری درآمدی. *سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی*، ۳(۳)، ۴۸-۷۶.
<https://doi.org/10.22034/jep.2024.141744.1148>

References

- Ahmad, M., & Law, S. H. (2024). Financial development, institutions, and economic growth nexus: A spatial econometrics analysis using geographical and institutional proximities. *International Journal of Finance & Economics*, 29(3), 2699-2721.
<https://doi.org/10.1002/ijfe.2791>
- Aleca, O. E., & Mihai, F. (2025). The role of digital infrastructure and skills in enhancing labor productivity: Insights from Industry 4.0 in the European Union. *Systems*, 13(2), 113.
<https://doi.org/10.3390/systems13020113>
- Atikah, N., Widodo, B., Rahardjo, S., Mardijah, Kholifia, N., & Afifah, D. L. (2021). The efficiency of Spatial Durbin Model (SDM) parameters estimation on advertisement tax revenue in Malang City. *Journal of Physics: Conference Series*, 1821(1), 012012.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1821/1/012012>
- Baffour Gyau, E., Li, Y., & Appiah, M. (2025). Global digital transformation: Discovering the impact of digitalization on income inequality in OECD countries, the moderating role of globalization. *Economic Change and Restructuring*, 58(1), 6.
<https://doi.org/10.1007/s10644-024-09843-2>
- Behdani, Z., Mohtashami, G. (2025). Analysis of income inequality in Iranian provinces: ranking and comparison using various indices. *Economic Research and Policies*, 32(112), 146-197.
<http://dx.doi.org/10.61186/qjerp.32.112.146> [In Persian]
- Chen, Y. (2021). An analytical process of spatial autocorrelation functions based on Moran's index. *PloS one*, 16(4), e0249589. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249589>
- Danang, S., Setlight, D. F. F., & Rumintja, F. O. (2025). Innovative Design of an Effective E-Commerce Web Model for Optimizing the Distribution of Agricultural Products in Rural Areas. *Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics*, 8(3), 14960-14985.
<https://doi.org/10.31538/ijse.v8i3.8740>
- Debarsy, N., & Ertur, C. (2019). Interaction matrix selection in spatial autoregressive models with an application to growth theory. *Regional Science and Urban Economics*, 75, 49-69.
<https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2019.01.002>
- Deng, X., Guo, M., & Liu, Y. (2023). Digital economy development and the urban-rural income gap: Evidence from Chinese cities. *Plos one*, 18(2), e0280225.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280225>

- Dossou, T. A. M., Kambaye, E. N., Berhe, M. W., & Asongu, S. A. (2025). Moderating effect of ICT on the relationship between governance quality and income inequality in sub-Saharan Africa. *Information development*, 41(2), 445-464. <https://doi.org/10.1177/02666669231170396>
- Eisazadeh, Y., Porfaraj, A. (2018). Investigating the causal relationship between digital divide and income divide in Iran's provinces. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies*, 6(22), 101-120. https://www.jmsp.ir/article_59871.html [In Persian]
- Floch, J. M., & Le Saout, R. (2018). Spatial econometrics-common models. *Handbook of spatial analysis: Theory and practical application with R*, 149-177. <https://www.insee.fr/en/information/3635545>
- Fukuda-Parr, S., & Cid-Martinez, I. (2019). Capability approach and human development. In *The Palgrave handbook of development economics: Critical reflections on globalisation and development*, Springer International Publishing, 441-468. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14000-7_13
- Gan, T., Yang, H., Liang, W., & Liao, X. (2021). Do economic development and population agglomeration inevitably aggravate haze pollution in China? New evidence from spatial econometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 5063-5079. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10847-4>
- Ghobaishavi, F., Akbari, A., Dadras Moghadam, A., & Hoseini, S. (2022). Urbanization, water pollution and economic growth in provinces of Iran with spatial panel approach. *Journal of Water and Wastewater*, 32(6), 48-57. <https://doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106> [In Persian]
- Harris, J. L., & Menzel, M. P. (2023). Entrepreneurial ecosystems and clusters: How can economic geographers advance debates for regional development?. *Progress in Human Geography*, 47(6), 813-832. <https://doi.org/10.1177/03091325231205091>
- Hashemi, S. A., Hafezi, B., & Sharifi renani, H. (2024). Threshold effect of good governance on gender equality in Iran with emphasis on income inequality. *Economic Policies and Research*, 3(3), 48-76. <https://doi.org/10.22034/jepr.2024.141744.1148> [In Persian]
- Hatami Shamir, M., Babaki, R., & Elyaspour, B. (2024). The Impact of Abundance of Natural Resources and Human Capital on Financial Development of Iran (Auto Regression Distributed Lag Approach). *Journal of Iranian Economic Issues*, 10(20), 135-165. <https://doi.org/10.30465/ce.2024.45669.1890> [In Persian]
- Jiang, C., & Jin, B. (2024). Does the development of digital economy infrastructure reduce the urban-rural income gap? Theoretical experience and empirical data from China. *Kybernetes*, 53(2), 600-619. <https://doi.org/10.1108/K-12-2022-1744>
- Kafili, V., Zabihidan, M., & Khodaparast shirazi, J. (2024). Causality between urbanization and urban-rural income gap in Iranian provinces: Granger causality causality based on Bootstrap approach. *Regional Planning*, 14(54), 13-22. <https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.27985.3896> [In Persian]
- Khan, A. A., Ahmad, Z., Abbas, R., & Ahmad, M. (2024). Economic empowerment: The role of digital financial inclusion in boosting gross national income in upper-income countries. *Review of Education, Administration & Law*, 7(1), 01-17. <https://doi.org/10.47067/real.v7i1.362>

- Kian Poor, S., & Hajian, M. (2024). Reviewing and ranking of the digital economy infrastructure index in Iran's provinces. *Innovation Economic Ecosystem Studies*, 4(1), 105-124. <https://doi.org/10.22111/innoeco.2024.49481.1108> [In Persian]
- Le Gallo, J., & Fingleton, B. (2021). Endogeneity in spatial models. In *Handbook of regional science* (pp. 2237-2265). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60723-7_122
- Li, H., Tian, H., & Rabbi, M. A. (2026). The impact of informatization on the urban-rural income gap: An empirical investigation of China. *Information Development*, 42(1), 206-220. <https://doi.org/10.1177/02666669231210839>
- Li, W., & Weng, J. (2026). Intensify or Alleviate? The Impact of Rural Digital Development on Rural Income Inequality: Evidence From the Chinese Household Level. *Journal of International Development*, 38(1), 71-87. <https://doi.org/10.1002/jid.70041>
- Liang, K., & Liu, W. (2026). Digital infrastructure and urban-rural income gap: Empirical evidence from China. *International Review of Economics & Finance*, 105003. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2026.105003>
- Litwin, D. (2021). The Urban-Rural Divide: Spatial Inequalities and Backlash in the Investment Treaty Regime. *The Italian Yearbook of International Law Online*, 30(1), 131-153. <https://doi.org/10.1163/22116133-03001008>
- Liu, S., Zhang, Y., Liu, Y., & Wang, N. (2025). The impact of higher education investment on the urban-rural income gap: An analysis of mediating and threshold effects based on data from China's eight major comprehensive economic zones. *Plos one*, 20(6), e0326059. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326059>
- Lu, Y., & Zhu, S. (2022). Digital economy, scientific and technological innovation, and high-quality economic development: A mediating effect model based on the spatial perspective. *PloS one*, 17(11), e0277245. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277245>
- Makhlouf, Y., & Lalley, C. (2023). Education expansion, income inequality and structural transformation: Evidence from OECD countries. *Social indicators research*, 169(1), 255-281. <https://doi.org/10.1007/s11205-023-03161-2>
- Malekshahi, T., Davoodi, P., & Samsami, H. (2023). The impact of electronic payment instrument on real sector of Iran's economy: A DSGE approach. *Journal of Economics and Modelling*, 14(1), 35-81. <https://doi.org/10.48308/jem.2023.229419.1795> [In Persian]
- Martínez-Navarro, D., Amate-Fortes, I., & Guarnido-Rueda, A. (2020). Inequality and development: is the Kuznets curve in effect today?. *Economia Politica*, 37(3), 703-735. <https://doi.org/10.1007/s40888-020-00190-9>
- Mauro, J. A. (2022). Spatial awareness: Examining the impact of income mobility on local economic growth under spatial autocorrelation. *Quarterly Review of Business Disciplines*, 8(4), 345-363. <https://www.qrbd.org/QRBD/Articles/QRBD8-4-Article5.pdf>
- Mousavi, M., & Bayramzadeh, N. (2024). Spatial analysis of the trend of regional inequalities in Iran. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data*, 33(131), 105-125. <https://doi.org/10.22131/SEPEHR.2024.2017054.3039> [In Persian]

- Navarro, V. (2020). Development and quality of life: A critique of Amartya Sen's development as freedom. In *The Political Economy of Social Inequalities*, Routledge, 461-474. <https://doi.org/10.4324/9781315231051>
- Rahman Maraneh, D., Zaroki, S., Jafari Samimi, A., & Motameni, M. (2026). Analyzing the asymmetric effect of economic instability on household poverty and income inequality in Iran. *Economic Policies and Research*, 5(1), 97-136. https://jepr.uok.ac.ir/article_64255.html [In Persian]
- Rahpeyma, A., & Gholami, B. (2021). Exploring the spatial challenges of urban development and its impacts For the national security of Iran. *Human Geography Research*, 53(2), 637-652. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2020.297525.1008078> [In Persian]
- Salmani, B., Zolghadr, H., & Shokri, M. (2017). The economic factors affecting internet diffusion in Iran using the fuzzy regression. *Applied Theories of Economics*, 4(3), 91-116. https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_6754.html [In Persian]
- Seif, G., Jalae Esfand abadi, S. A., & Zayanderoodi, M. (2024). Investigating the asymmetric effect of oil export on GDP, unemployment and income distribution in Iran (GMM approach). *Journal of Iranian Economic Issues*, 11(21), 271-292. <https://doi.org/10.30465/ce.2024.49706.1977> [In Persian]
- Shamsoddini, M. (2026). A spatio-temporal analysis of urban development quality in Iran's provincial capitals: the role of infrastructure, governance, and socioeconomic factors. *Urban Economics*, 11(1), 13-28. <https://doi.org/10.22108/ue.2025.146943.1328> [In Persian]
- Suseno, D. A. (2023). Analysis of Spatial Autocorrelation and Causality GRDP and Income Inequality in Java. *Efficient: Indonesian Journal of Development Economics*, 6(1), 73-83. <https://doi.org/10.15294/efficient.v6i1.57599>
- Tese, A. A., & Aga, M. K. (2024). The effects of rural: urban migration on migrant's livelihood. *International Journal of Sociology and Humanities*, 6(1), 40-48. <https://doi.org/10.33545/26648679.2024.v6.i1a.76>
- Wang, M., Kang, W., & Zhang, R. (2020). The gap between urban and rural development levels narrowed. *Complexity*, 2020(1), 4615760. <https://doi.org/10.1155/2020/4615760>
- Wu, X., Liu, W., Luo, Q., Zhang, H., & Gao, M. (2026). New quality productive forces as a catalyst: moderating the impact of digital infrastructure on urban-rural income inequality in China. *China Agricultural Economic Review*, 1-21. <https://doi.org/10.1108/CAER-05-2025-0208>
- Xiao, A., Xu, Z., Skare, M., Qin, Y., & Wang, X. (2024). Bridging the digital divide: the impact of technological innovation on income inequality and human interactions. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-18. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03307-8>
- Xu, J., & Liu, H. (2026). How Does the Digital Village Construction Affect the Urban–Rural Income Gap: Empirical Evidence from China. *Agriculture*, 16(2), 278. <https://doi.org/10.3390/agriculture16020278>
- Yang, X., & Huang, W. C. (2017). Human capital investment inequality and rural–urban income gap: Evidence from China. In *Advances in Pacific Basin Business Economics and Finance*, 151-172. <https://doi.org/10.1108/S2514-465020170000001007>

- Younsi, M., & Bechtini, M. (2020). Economic growth, financial development, and income inequality in BRICS countries: does Kuznets' inverted U-shaped curve exist?. *Journal of the Knowledge Economy*, 11(2), 721-742. <https://doi.org/10.1007/s13132-018-0569-2>
- Zhao, L., Ye, J., & Shao, K. (2025). Digital empowerment and economic equity: Exploring the impact of household digital capability on income inequality. *Telecommunications Policy*, 103038. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2025.103038>