Economic Modeling
sanad.iau.ir/journal/eco
Volume 00, Issue 00, …… 0000, 00-00.

Original Article

Artificial intelligence investment and the jobs paradox: unpacking substitution versus creation in 20 leading economies

Younes Nademi*, Ramin Khochiani, Reza Maaboudi+**

Received:
00/00/2025

Accepted:
00/00/2025

Keywords:
Artificial Intelligence, Unemployment Rate, Dynamic Simultaneous-Equations Panel, Generalized Method of Moments

JEL Classification:
J64, O33, C23

Abstract

This article investigates the dual consequences of private-sector investment in artificial intelligence (AI) for labour markets and unemployment in leading economies. We compile a panel dataset of the twenty countries that attracted the largest volumes of AI-related venture capital between 2017 and 2023. A two-equation simultaneous system is then estimated using the system-GMM method, which disentangles two distinct channels: (i) the productivity channel, capturing the substitution of labour by AI-enabled capital, and (ii) the job-creation channel, stemming from the expansion of AI-complementary industries and services as well as the re-engineering of value chains. Our estimates show that, in the absence of compensating policies, productivity gains increase unemployment, whereas direct AI investment reduces it; the net outcome in each country depends on the balance of these two forces. Robustness checks— including instrument-validity and stability tests— confirm the reliability of the results. The findings suggest that digital up-skilling programmes, the development of innovation ecosystems, curricular reform, and targeted support for technology-oriented start-ups are essential to steer technological change toward sustainable job creation. Finally, cross-country heterogeneity in absorptive capacity and institutional quality explains the varying magnitudes of observed effects, with economies possessing mature innovation systems better able to offset substitution effects and achieve a more entrepreneurial equilibrium between labour and technology.

* Department of Economics, Faculty of Humanities, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran., Zagros Data Science Research Group, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran. (Corresponding Author), Younesnademi@abru.ac.ir

** Department of Economics, Faculty of Humanities, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran., Zagros Data Science Research Group, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran. khochiany@abru.ac.ir

+ Department of Economics, Faculty of Humanities, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran., Zagros Data Science Research Group, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran. maaboudi@abru.ac.ir

How to Cite: Nademi, Y., Khochiani, R., & Maaboudi, R . (2025). AI Investment and the Jobs Paradox: Unpacking Substitution versus Creation in 20 Leading Economies .*Economic Modeling*. 18-1,(62)17,doi: 10.30495/eco.2023.1984033.2746

1 Introduction

Artificial intelligence (AI) has rapidly become a transformative general-purpose technology, driving innovation and productivity across industries. This paper addresses the "jobs paradox" of AI – the dual impact where AI investments can simultaneously displace labour through automation and create new employment opportunities through technological innovation.

While many prior studies emphasize either short-term substitution effects or longer-term job creation, few have examined both channels concurrently at a cross-country level. We aim to fill this gap by investigating how private-sector AI investment affects unemployment through two opposing pathways: a productivity-driven substitution of labour and the generation of new jobs in AI-enabled sectors. Focusing on twenty leading economies at the forefront of AI investment, our study provides a comprehensive, dynamic analysis of AI's net impact on labour markets. In doing so, the study contributes to the ongoing debate by providing empirical evidence on how these competing forces unfold in tandem across diverse national contexts.

2 Research Method and Data

We compiled a panel dataset covering 20 countries that attracted the highest AI-related private investments from 2017 to 2023. Rather than using proxy indicators like automation indices or patent counts, we use actual AI venture capital investment (in millions of USD) as a tangible measure of technology diffusion. The unemployment rate (based on ILO definitions) is our primary outcome variable, measured as the share of unemployed individuals in the labour force. To control for broader economic conditions and labour market influences, the model includes real GDP growth, a human capital index (secondary education enrollment), and trade openness (exports plus imports as a share of GDP) for each country-year. We employ a dynamic simultaneous-equation panel modelling approach estimated with the system Generalized Method of Moments (system-GMM).

This econometric framework allows us to include lagged dependent variables (capturing persistence in unemployment and productivity) and to address endogeneity between AI investment, productivity, and unemployment. The model consists of two interlinked equations: one for the unemployment rate and one for labour productivity growth. AI investment appears in both equations, enabling us to disentangle its dual effects. In the unemployment equation, AI investment captures the direct job-creation effect (expected to reduce unemployment), while labour productivity (which is itself influenced by AI in the second equation) captures the indirect substitution effect (higher productivity potentially increases unemployment by reducing labour demand). By estimating these equations simultaneously, we isolate and quantify the impact of AI through each channel. Robust instrument selection and Hansen tests in the GMM framework ensure the validity of our instruments and the reliability of the estimates.

3 Analysis and Discussion

The empirical results confirm the existence of two countervailing effects of AI on unemployment. First, the productivity channel shows that rapid gains in labour productivity – driven in part by AI-enabled automation and efficiency – tend to raise the unemployment rate in the absence of compensatory measures. This finding supports the substitution narrative: as firms automate tasks and production becomes more efficient, fewer workers are required for the same output, putting upward pressure on unemployment. Second, the job-creation channel demonstrates that higher AI investment is associated with lower unemployment, indicating that AI fosters the emergence of new industries, services, and roles that absorb workers. This reflects the creation of AI-complementary jobs (for example, in software development, data analytics, and maintenance of AI systems) and the broader re-engineering of value chains that generate employment opportunities.

The net effect of AI on unemployment in any given country depends on the balance between these forces. Our panel evidence suggests that, on average, the direct job-creating impact of AI investment has a significant unemployment-reducing effect, while the productivity-driven substitution effect has a significant unemployment-increasing effect. The magnitude of these coefficients varies across countries and over time, explaining why some economies experience net job losses from AI and others achieve net job gains. Importantly, the system-GMM estimates passed standard robustness checks: tests for instrument validity and model stability indicate that the results are robust and not driven by endogeneity or model specification issues. We also observe that differences in countries' absorptive capacities and institutional quality influence the outcomes. Economies with mature innovation ecosystems, skilled workforces, and supportive institutions are better positioned to offset the displacement of workers through entrepreneurship and new job creation, moving towards a more favourable equilibrium between labour and technology. In contrast, countries that lag in these aspects may see the substitution effect dominate, leading to higher unemployment in the wake of AI-driven productivity improvements.

4 Conclusion

In summary, our extended analysis highlights a complex jobs paradox of AI investment. AI-related capital deepening can simultaneously be a catalyst for higher productivity (with attendant risks of job displacement) and a driver of new employment (through the emergence of AI-enabled industries and services). The overall impact on unemployment is not predetermined by technology alone but is contingent on economic context and policy responses. These findings carry important implications for policymakers steering the technological transition.

To harness AI for sustainable job creation, governments and stakeholders should implement complementary policies and initiatives. Key recommendations include investing in digital up-skilling and re-skilling programmes to prepare workers for evolving job requirements, fostering innovation ecosystems that encourage entrepreneurship and the growth of AI-complementary businesses, reforming education curricula to focus on future-ready skills, and providing targeted support and incentives

for technology-oriented start-ups and enterprises. Such proactive measures can amplify the job-creation channel of AI and mitigate the adverse impacts of automation, ensuring that AI-driven productivity gains translate into broad-based employment opportunities. Ultimately, managing the transition to an AI-intensive economy will require continuous adaptation of policies and institutions. By acknowledging and balancing the substitution and creation effects identified in this study, policymakers can better guide their economies toward an equilibrium where technological progress and workforce prosperity advance hand in hand.

Funding
There is no funding support.

Declaration of Competing Interest
The authors have no conflicts of interest to declare that are relevant to the content of this article.

Acknowledgments
We thank anonymous reviewers for their useful comments greatly contributing to improve ourwork.

در دست انتشار

مدلسازی اقتصادی
Economic Modeling
sanad.iau.ir/journal/eco
دوره ۰۰، شماره ۰۰، فصل ۰۰۰۰، صفحه‌های ۰۰ تا ۰۰.

پژوهشی

سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی و تضاد اشتغال: رمزگشایی جانشینی در برابر خلق شغل در ۲۰ اقتصاد پیشرو

یونس نادمی*، رامین خوچیانی**، رضا معبودی+

تاریخ دریافت:
۱٤۰٤/۰۰/۰۰
تاریخ پذیرش:
۱٤۰٤/۰۰/۰۰

واژگان کلیدی:
هوش مصنوعی، نرخ بیکاری، پانل معادلات همزمان پویا، روش گشتاوری تعمیم یافته

طبقه‌بندی JEL:
J64, O33, C23

چکیده

هدف این مقاله بررسی پیامدهای دوگانه سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی بر بازار کار و نرخ بیکاری در اقتصادهای پیشرو است. بدین منظور مجموعه‌ای از داده‌های تابلویی شامل بیست کشوری که در دوره ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۳ بیشترین سرمایه‌های مخاطره‌پذیر مرتبط با هوش مصنوعی را جذب کرده‌اند گردآوری شد. در ادامه، با برآورد یک سیستم همزمان دو معادله به کمک روش گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی(System-GMM) ، دو کانال اثرگذاری متمایز شد: نخست، کانال بهره‌وری که جانشینی نیروی کار با سرمایه فناورانه را منعکس می‌کند و دوم، کانال خلق شغل که از توسعه صنایع و خدمات مکمل هوش مصنوعی و بازآفرینی زنجیره‌های ارزش ناشی می‌شود. برآوردها نشان می‌دهد که افزایش بهره‌وری، در غیاب سیاست‌های جبرانی، نرخ بیکاری را بالا می‌بَرد؛ در حالی‌که سرمایه‌گذاری مستقیم در هوش مصنوعی اثری کاهنده دارد. بنابراین، برآیند نهایی در هر کشور به توازن قدرت این دو کانال بستگی دارد. آزمون‌های پایایی و اعتبار ابزارها، صحت نتایج را تأیید کردند. بر اساس یافته‌ها، اجرای برنامه‌های ارتقای مهارت دیجیتال، گسترش زیست‌بوم نوآوری، اصلاح نظام آموزشی و حمایت هدفمند از استارتاپ‌های فناورمحور ضروری است تا تحول فناورانه به سوی ایجاد شغل پایدار هدایت شود. ناهمگونی در ظرفیت جذب فناوری و کیفیت نهادی نیز عامل مهم تفاوت آثار است؛ به‌گونه‌ای که

* دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آیت الله بروجردی (ره)، بروجرد، ایران و گروه پژوهشی علوم داده زاگرس، دانشگاه آیت الله بروجردی (ره)، بروجرد، ایران (نویسنده مسئول)، younesnademi@abru.ac.ir
** دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آیت الله بروجردی (ره)، بروجرد، ایران و گروه پژوهشی علوم داده زاگرس، دانشگاه آیت الله بروجردی (ره)، بروجرد، ایران، khochiany@abru.ac.ir
+ دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آیت الله بروجردی (ره)، بروجرد، ایران و گروه پژوهشی علوم داده زاگرس، دانشگاه آیت الله بروجردی (ره)، بروجرد، ایران، maaboudi@abru.ac.ir

	کشورهایی با نظام نوآوری بالغ، توانایی خنثی‌سازی اثر جانشینی و دستیابی به تعادل کارآفرینانه‌تر را دارند.

۱. مقدمه

در دهه اخیر، هوش مصنوعی (AI)[۱] از مرحله یک فناوری نوظهور گذر کرده و به شالوده‌ای حیاتی برای رقابت‌پذیری بنگاه‌ها، بهره‌وری اقتصادها و رفاه اجتماعی بدل شده است. پیشرفت‌های شتابان در یادگیری عمیق، پردازش زبان طبیعی و بینایی ماشین به بنگاه‌ها امکان می‌دهد وظایف تکراری را خودکار، فرآیندهای تصمیم‌گیری را داده‌محور و مرزهای نوآوری را گسترده‌تر کنند. همچنین روشهای AI می‌توانند در پیش‌بینی‌های اقتصادی و مالی عملکرد دقیق‌تری نسبت به مدلهای سنتی داشته باشند (هارونکلایی و برزگر، ۱۴۰۲). ارزش بازار جهانی راهکارهای AI در سال ۲۰۲۴ از مرز ۲۰۰ میلیارد دلار عبور کرده و پیش‌بینی می‌شود تا ۲۰۳۰ به بیش از یک تریلیون دلار برسد.[۲] این رشد انفجاری نشان می‌دهد که AI نه‌تنها ابزار فناورانه، بلکه نیرویی پیشران برای بازتعریف روابط تولید، ساختار صنایع و الگوهای مصرف است. در چنین چشم‌اندازی، درک تأثیرات اقتصادی و اجتماعی این فناوری، به‌ویژه بر شاخص حساسی چون بیکاری، اهمیتی دوچندان می‌یابد؛ زیرا اشتغال همچنان ستون اصلی توزیع درآمد، عدالت اجتماعی و ثبات سیاسی به شمار می‌آید.

هرچند ادبیات موجود دو روایت غالب از تأثیر AI بر بازار کار ارائه می‌دهد- اثر «جایگزینی» (کوتاه‌مدت و افزاینده بیکاری) در مقابل اثر «جابجایی/خلق شغل» (میان‌مدت و کاهنده بیکاری)- اما اکثر مطالعات پیشین یا بر مقاطع زمانی کوتاه و رویدادمحور تمرکز کرده‌اند، یا با استفاده از مدل‌های تک‌معادله‌ای، تنها یک کانال از انتقال اثرات را سنجیده‌اند. همین خلأ مفهومی و روش‌شناختی، پرسش اساسی این پژوهش را شکل می‌دهد: هوش مصنوعی چگونه و از چه مسیرهایی نرخ بیکاری کشورهایی را که بیشترین سرمایه‌گذاری خصوصی در AI دارند متأثر می‌سازد؟

انگیزه اصلی مطالعه حاضر از سه محور سرچشمه می‌گیرد. نخست، برخلاف موج گسترده مطالعات مقطعی، ما یک مجموعه‌داده پانل شامل ۲۰ کشور پیشگام در جذب سرمایه خطرپذیر AI طی دوره ۲۰۱۷–۲۰۲۳ گردآوری کرده‌ایم تا پویایی‌های زمانی و تفاوت‌های ساختاری میان کشورها را آشکار کنیم. دوم، به‌جای شاخص‌های کلی اتوماسیون یا ثبت اختراعات، سرمایه‌گذاری واقعی بخش خصوصی در AI را به‌عنوان سنجه‌ای ملموس از شدت نفوذ فناوری به کار می‌گیریم؛ رویکردی که تصویر دقیق‌تری از فشار فناورانه بر بازار کار ارائه می‌کند. سوم و از نظر روش‌شناختی، با برآورد الگوی هم‌زمان پانل پویایGMM دومعادله‌ای، کانال بهره‌وری (مسیر افزاینده بیکاری) و کانال خلق شغل (مسیر کاهنده بیکاری) را به‌طور هم‌زمان شناسایی و اثر خالص را استخراج می‌کنیم؛ اقدامی که در ادبیات پیشین کمتر مورد توجه بوده است. بدین ترتیب، مطالعه حاضر نوآوری خود را در ترکیب سنجه واقعی سرمایه‌گذاریAI ، طراحی معادلات هم‌زمان و تمرکز بر کشورهای پیشرو جست‌وجو می‌کند و با ارائه برآوردهایی، تصویر دقیق‌تری از پیامدهای دوگانه AI بر بیکاری عرضه می‌دارد.

---

۱. Artificial Intelligence
۲. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market

ساختار مقاله بدین صورت تنظیم شده است: بخش دوم مروری انتقادی بر ادبیات نظری و تجربی ارائه می‌کند و شکاف دانشی را که این پژوهش پر می‌کند، توضیح می‌دهد. بخش سوم روش تحقیق را تشریح می‌کند. بخش چهارم نتایج برآورد را گزارش و کانال‌های انتقال اثر را تحلیل می‌نماید. بخش پنجم به بحث، نتیجه‌گیری و استنتاج سیاستی می‌پردازد.

۲. مروری بر ادبیات

در چند سال اخیر، ادبیات مربوط به موضوع تأثیر هوش مصنوعی بر بیکاری به طور قابل توجهی گسترش یافته است (ارنست و همکاران[۱]، ۲۰۱۹؛ مارتنز و تولان[۲]، ۲۰۱۸)، بررسی مطالعات منتشرشده تا سال ۲۰۲۵ نشان می‌دهد که هوش مصنوعی (AI) تأثیرات چندوجهی بر بیکاری دارد. در حالی که مقالات مختلف، هوش مصنوعی را به عنوان جزئی از یک فرآیند اتوماسیون پیچیده‌تر در نظر می‌گیرند. به طور کلی، می‌توان رویکردهای دوگانه‌ای را کشف کرد. بخش اول محققان از «اثر جایگزینی[۳]» مشاغل توسط هوش مصنوعی پشتیبانی می‌کنند و بخش بعدی محققان از «اثر جابجایی[۴]» مشاغل پشتیبانی می‌کنند.(جورجیف و هایی[۵]،۲۰۲۲)

در کوتاه‌مدت AI از طریق خودکارسازی وظایف تکراری موجب جابجایی و افزایش نرخ بیکاری می‌شود؛ اما در میان‌مدت و بلندمدت با خلق مشاغل جدید، تقویت مهارت‌ها و تحول ساختار بازار کار می‌تواند اثرات منفی اولیه را تعدیل کند (گولیف[۶]، ۲۰۲۳) همچنین یافته‌ها حاکی از تفاوت‌های قابل‌توجه میان گروه‌های مهارتی و جمعیت‌های آسیب‌پذیر است، به‌گونه‌ای که گروه‌های کم‌مهارت و فاقد حمایت‌های آموزشی با افزایش بیکاری طولانی‌مدت مواجه می‌شوند، در حالی که افراد آموزش‌دیده و متخصص AI فرصت‌های شغلی جدیدی کسب می‌کنند (کژوسوسکی[۷]، ۲۰۲۵؛ گوئو[۸] و همکاران، ۲۰۲٤).

به عبارتی هوش مصنوعی به‌عنوان یک فناوری همه منظوره[۹] قابلیت خودکارسازی وظایف شناختی و داده‌محور را دارد که می‌تواند به شکل مستقیم بر ساختار اشتغال تأثیر بگذارد. این بازنگری شامل مطالعات تجربی پانل‌داده‌ای، شبیه‌سازی خرد، مطالعات پیمایشی و مرور نظام‌مند مقالات علمی است که بین ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ منتشر شده‌اند و نتایج متضادی از اثرات هوش مصنوعی بر بیکاری را نشان داده‌اند، شامل می‌شود (فالویی[۱۰]، ۲۰۲۵). علاوه بر این، تعداد قابل‌توجهی از مقالات نیز به بررسی نقش سیاست‌های بازار کار و آموزش مجدد[۱۱] در تعدیل اثرات AI پرداخته‌اند.

---

۱. Ernst et al.
۲. Martens & Tolan
۳. Replacement effect
۴. Displacement effect
۵. Georgieff & Hyee
۶. Guliyev
۷. Kjosevski
۸. Guo et al.
۹. General Purpose Technology
۱۰. Faluyi.
۱۱. Reskilling

مسیرهای اثرگذاری AI بر بیکاری

در این بخش در مورد کانالهای اثرگذاری هوش مصنوعی بر بیکاری و چگونگی اثرگذاری هر کدام پرداخته می‌شود. ابتدا، اثر جایگزینی که شامل جنبه‌های مختلفی است را بررسی کرده و سپس اثرات جابجایی بیان می شود.

خودکارسازی وظایف (اثر جایگزینی)

در این بخش، کاربرد هوش مصنوعی بر بازار کار تأثیر منفی می‌گذارد و به دلیل بیکاری ناشی از جایگزینی، باعث بیکاری می‌شود. هوش مصنوعی می‌تواند وظایف تکراری و استانداردشده (مثل ورود داده و پردازش متون) را با سرعت بالا خودکار کند؛ هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند کارهای یکنواخت و تکراری را خودکار کند. وظایفی مثل ورود داده‌ها به سیستم یا پردازش متن‌های ساده که در گذشته این کارها توسط نیروی انسانی انجام می‌شد و معمولاً زمان‌بر بود نمونه‌هایی از این کارها هستند. وقتی AI این وظایف را برعهده می‌گیرد، سرعت انجامشان به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد.

از طرف دیگر خودکارسازی این وظایف موجب می‌شود نیروی انسانی بتواند روی کارهای خلاقانه‌تر تمرکز کند. اما در کوتاه‌مدت، افرادی که فقط این کارهای تکراری را انجام می‌دادند، شغل‌شان را از دست می‌دهند. تحقیقات داده‌محور نشان داده‌اند که اتوماسیون وظایف ساده می‌تواند نرخ بیکاری در گروه‌های کم‌مهارت را افزایش دهد. این اثر معمولاً کوتاه مدت و موقتی است؛ چرا که کسب‌وکارها به تدریج مشاغل جدیدی برای نگهداری و توسعه سیستم‌های AI ایجاد می‌کنند. در نتیجه، با آموزش مجدد و توسعه مهارت‌های تخصصی، افراد می‌توانند در فرصت‌های شغلی جدید کنار AI قرار بگیرند.

مطالعات نشان می‌دهد که اتوماسیون کردن، وظایف تکراری شغل‌های کم‌مهارت را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد و نرخ بیکاری را در کوتاه‌مدت افزایش می‌دهد. نگو و همکاران[۱] (۲۰۱٤) دریافتند که ٤۸ درصد از متخصصان حوزه فناوری معتقدند که ربات‌ها ممکن است استانداردترین و خودکارترین کار را انجام دهند. در نتیجه، در عصر هوش مصنوعی، به جز تعداد کمی از کارمندان بسیار ماهر در صنایع مرتبط، مشاغل سنتی در معرض خطر بیکاری قرار خواهند گرفت. ساسکیند و ساسکیند[۲] (۲۰۱٦) معتقدند که در عصر هوش مصنوعی، بیکاری ناشی از فناوری پیشرفته نیز افزایش می‌یابد و کار در صنایع سنتی به کار روتین تبدیل می‌شود که فناوری‌ها جایگزین آن خواهند شد. فری و آزبورن[۳] (۲۰۱۷) مدلی ساختند و این مطالعه نشان داد که ٤۷٪ از ۷۰۰ شغل در دو دهه آینده در معرض خطر جایگزینی هستند. دیوید[٤] (۲۰۱۷) خاطرنشان کرد که مشاغلی با ریسک جایگزینی بالا و بدون تفاوت جنسیتی، با هوش مصنوعی به ۵۵٪ می‌رسند.

البته در برخی موارد اصطکاک‌های بازار کار عدم تطابق مهارت[۵]، هزینه‌های جابه‌جایی شغلی و فقدان سیاست‌های حمایتی منسجم می‌تواند سبب شود که افزایش بیکاری کوتاه‌مدت دوام یابد و به بیکاری طولانی‌مدت تبدیل شود؛

۱. Ngo et al
۲. Susskind & Susskind
۳. Frey & Osborne
۴. David
۵. Skill Mismatch

مطالعات نشان می‌دهند کشورهایی با چارچوب‌های فعال بازار کار[۱] توانسته‌اند اثرات منفی AIرا تا ۳۰٪ کاهش دهند. (فالویی، ۲۰۲۵)

خلق و تحول شغل‌ها و تغییر الگوی تقاضای مهارت[۲](اثر جابجایی)

در مقابل برخی مطالعات اثر جابجایی را مطرح می‌کنند.از این نظر، هوش مصنوعی به دلیل اثر اشتغال‌زایی خود، تأثیر مثبتی بر بازار کار دارد و سطح بیکاری را کاهش می‌دهد. محققان معتقدند که اگرچه هوش مصنوعی در کوتاه‌مدت بر بازار کار تأثیر خواهد گذاشت، اما به دلیل افزایش قابل توجه در بهره‌وری تولید، گسترش تولید در درازمدت مشاغل و فرصت‌های شغلی بیشتری ایجاد خواهد کرد (گولیف، ۲۰۲۳). در همین راستا، داوث و همکاران[۳] (۲۰۱۸) به بررسی تأثیرات پذیرش ربات بر بازار کار آلمان پرداختند و دریافتند که این امر توزیع شغل در صنایع را بدون کاهش سطح کل اشتغال تغییر داده است. از سوی دیگر، گریس و نائوده[۴] (۲۰۱۸) هوش مصنوعی را در یک مدل رشد اقتصادی به کار برده و نشان دادند که هوش مصنوعی مستقیماً منجر به افزایش بیکاری نشده است.کخ و همکاران[۵] (۲۰۲۱) یک پانل از شرکت‌های تولیدی اسپانیایی را تجزیه و تحلیل کردند.آنها خاطرنشان کردند که پذیرش ربات منجر به افزایش خالص ۱۰ درصدی مشاغل شده است، در حالی که شرکت‌هایی که در ربات‌ها سرمایه‌گذاری نکرده‌اند، در این دوره از دست دادن شغل را تجربه کرده‌اند.

همچنین تحلیل‌ها نشان می‌دهد که AIتقاضا برای مهارت‌های شناختی و داده‌محور را تا ٤۰٪ افزایش داده و این امر منجر به کاهش قابل‌توجه نرخ بیکاری در میان نیروی کار آموزش‌دیده می‌شود؛ اما هم‌زمان گروه‌های کم‌مهارت را در معرض آسیب‌پذیری شدید قرار می‌دهد. (وانگ و لو[۶]، ۲۰۲۵)

بیکاری جمعیت‌های آسیب‌پذیر

پژوهشی در ۲۷ کشور توسعه‌یافته نشان داد که AIدر صورت همراهی با ابزارهای کمکی[۷] می‌تواند نرخ بیکاری افراد دارای معلولیت را تا ۱۵٪ کاهش دهد، اما در غیاب چنین حمایتی، این گروه با افزایش نرخ بیکاری مواجه می‌شود .(امری و همکاران[۸]، ۲۰۲۵)

در بحث مبانی نظری باید گفت که اگرچه تحولات فناورانه همواره ساختار بازار کار را دگرگون ساخته‌اند، اما ظهور فناوری‌های هوش مصنوعی به‌دلیل سرعت و گستره تأثیراتش، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. نظریه تخریب خلاق شومپتری[۹] عنوان می‌کند که که فناوری‌های جدید، در عین ایجاد نوآوری، منجر به حذف برخی مشاغل مشاغل قدیمی می‌شوند. در این چارچوب، AI می‌تواند با جایگزینی وظایف تکراری و استاندارد، برخی مشاغل را از بین ببرد، در حالی که همزمان زمینه‌ساز مشاغل جدید در حوزه‌های تحلیل داده، الگوریتم‌نویسی، و طراحی سیستم‌های

۱. Active Labour Market Policies
۲. Skill-Biased Technical Change
۳. Dauth et al.
۴. Gries & Naudé
۵. Koch et al.
۶. Wang & Lu
۷. Assistive Technologies
۸. Omri et al.
۹. Schumpeterian Creative Destruction

هوشمند می‌شود. همچنین نظریه خنثی‌سازی مهارتی[۱] تصریح می‌کند که فناوری‌های جدید مانندAI، تقاضا برای نیروی کار ماهر را افزایش داده و جایگاه شغلی نیروهای کم‌مهارت را به خطر می‌اندازد؛ این مسأله می‌تواند موجب افزایش بیکاری در گروه‌های خاص جمعیتی شود.

در مقابل، برخی دیدگاه‌ها به جنبه‌های مکمل بودن هوش مصنوعی با نیروی کار اشاره دارند. مطابق نظریه تکمیل یا جایگزینی فناوری تأثیرAIبر اشتغال به چگونگی تعامل آن با نیروی کار بستگی دارد؛ اگر هوش مصنوعی مکمل انسان باشد، بهره‌وری افزایش یافته و در بلندمدت بیکاری کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، اثر درآمدی ناشی از رشد بهره‌وری می‌تواند منجر به افزایش تقاضای کل و ایجاد مشاغل جدید گردد. به‌علاوه، شوک‌های ساختاری ناشی از ورود AI ممکن است در کوتاه‌مدت، با بروز ناهماهنگی در مهارت‌های نیروی کار، بیکاری را افزایش دهد؛ اما با گذر زمان و تطبیق مهارتی، پیامدهای اشتغال‌زای آن پررنگ‌تر خواهد شد. همچنین سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی می‌تواند از طریق تاثیر انتقال تکنولوژی ناشی از سرمایه گذاری مستقیم خارجی برتغییرات بهره وری نیز اثرگذار باشد (محمدی و همکاران، ۱٤۰٤).

در نتیجه، در تحلیل‌های تجربی، نادیده‌گرفتن اثرات مستقیم و غیرمستقیم هوش مصنوعی بر بیکاری می‌تواند منجر به سوگیری در نتایج و تفسیر نادرست از اثرات AIبر اشتغال شود. در این پژوهش، برای کنترل این اثرات و پویایی‌ها، از روش اقتصادسنجی پانل معادلات همزمان پویا استفاده شده تا ارتباط دقیق‌تر بین متغیرها استخراج گردد.

در ادامه این بخش پیشینه پژوهش ارائه می‌شود تا با آخرین مطالعات در این زمینه دید بهتری نسبت به موضوع پیدا کرد.

گولیف (۲۰۲۲) با استفاده از داده‌های پانل دینامیک در دوره ۲۰۰۵–۲۰۲۰ و متغیرهایی مانند شاخص روند گوگل مرتبط با AI و بیگ‌دیتا، نشان می‌دهد که فناوری‌هایAI و بیگ‌دیتا به‌صورت معنادار نرخ بیکاری را کاهش می‌دهند و «اثر جابه‌جایی» مشاغل به‌واسطه AI در کشورهای G7 تأیید می‌شود. هرچند این رویکرد نوآورانه به‌نظر می‌رسد، اما استفاده از شاخص‌های جست‌وجو ممکن است محدودیت مهمی در تفسیر یافته‌ها ایجاد کند.

کین و همکاران[۲](۲۰۲٤) معتقدند توسعه سریع هوش مصنوعی (AI) همزمان با افزایش فرصت‌های شغلی جدید، برخی از نقش‌های سنتی مهارت‌های خاص را منسوخ می‌کند. این پژوهش، داده‌های روزانه از ٤ ژانویه ۲۰۱۳ تا ۱۲ آگوست ۲۰۲٤ را بررسی می‌کند و با استفاده از روش پیشرفته رگرسیون چندک روی چندک مبتنی بر موجک، تأثیر هوش مصنوعی بر شاخص بیکاری را در چندک‌ها و مقیاس‌های زمانی مختلف، با حجم نمونه ۲۸۲۰ ارزیابی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که هوش مصنوعی به طور کلی در کوتاه‌مدت، به ویژه با هوش مصنوعی در چندک‌های ۰/٦ تا ۰/۷، تأثیر مثبتی بر بیکاری دارد، زیرا اتوماسیون سریع‌تر از ظهور نقش‌های شغلی جدید و تغییر مهارت‌ها، کارگران را جایگزین می‌کند. با این حال، در میان‌مدت، با ظهور مشاغل و مهارت‌های جدید از طریق بازسازی مداوم صنعتی، اثرات مثبت و منفی متعادل می‌شوند. در بلندمدت، هوش مصنوعی عمدتاً با افزایش بیشتر توسعه اقتصادی، تقویت ارتقاء مهارت‌ها و تسهیل تنظیمات بازار، بیکاری را کاهش می‌دهد. این نوآوری روش‌شناختی باعث درک دقیق‌تری از

۱. Skill-Biased Technological Change
۲. Qin et al.

رفتار ناهمگن AI در بازه‌های زمانی متفاوت می‌شود. با این حال، تمرکز آن‌ها صرفاً بر داده‌های چین باعث محدود شدن قابلیت تعمیم یافته‌ها به سطح بین‌المللی می‌شود.

ستین و کوتلو[۱](۲۰۲۵) نشان دادند که فناوری‌های هوش مصنوعی پتانسیل قابل توجهی بر اشتغال و نابرابری درآمد دارند. این مطالعه با استفاده از تخمین‌گر GMM، تأثیر هوش مصنوعی بر اشتغال را در ۲۹ کشور از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱ تجزیه و تحلیل می‌کند. نتایج نشان داده که هوش مصنوعی بر اشتغال تأثیر مثبت آماری معناداری دارد. این تجزیه و تحلیل همچنین با گنجاندن یک عبارت تعاملی در همان مدل، تأثیر بالقوه بهره‌وری نیروی کار بر اشتغال را در رابطه با فناوری‌های هوش مصنوعی در نظر می‌گیرد. تمرکز مقاله بیشتر بر بعد بهره‌وری نیروی کار است تا بررسی مستقیم بیکاری؛ از این‌رو تحلیل در چارچوب تأثیر AI بر بیکاری نیازمند تفسیر غیرمستقیم است.

فرانک و همکاران[۲](۲۰۲۵) با استفاده از داده‌های ادعاهای بیمه بیکاری در ایالات متحده (۲۰۱۰–۲۰۲۰)، این پژوهش نشان می‌دهد مدل‌های منفرد AI Exposure پیش‌بینی‌کننده قوی‌ای نیستند، اما ترکیب چند مدل می‌تواند با دقت بیش از ۸۰٪ ریسک بیکاری را پیش‌بینی کند. مقاله بیشتر به پیش‌بینی ریسک بیکاری پرداخته تا تحلیل علّی آن. این تفاوت در هدف مطالعه، آن را از مطالعات اقتصادی فاصله می‌دهد و عملاً نمی‌توان نتایج آن را برای سیاست‌گذاری‌های کلان اشتغال به کار گرفت.

مسعود[۳] (۲۰۲۵) یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که هوش مصنوعی تأثیر ناچیزی بر بیکاری داشته و با ترس‌های رایج از دست دادن شغل به دلیل این فناوری‌ها در تضاد هستند. این تجزیه و تحلیل همچنین همبستگی مثبتی (۰/۲۹۸) بین اندازه بزرگتر دولت و بیکاری بالاتر را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده ناکارآمدی‌های بوروکراتیک است که ممکن است مانع رشد شغل شود. برعکس، همبستگی منفی (۰/۲۰۱–) بین افزایش بهره‌وری نیروی کار و بیکاری نشان می‌دهد که پیشرفت‌های فناوری می‌توانند با افزایش کارایی، ایجاد شغل را ارتقا دهند. این نتایج این تصور را که فناوری ذاتاً منجر به از دست دادن شغل می‌شود، رد می‌کند و هوش مصنوعی و فناوری‌های مرتبط را به عنوان محرک‌های نوآوری و گسترش در بازار کار قرار می‌دهد.

مطالعات انجام شده با استفاده از رویکردهای مختلف داده‌ای و روش‌شناختی، به نتایج گاه هم‌راستا و گاه متناقضی رسیده‌اند. مطالعه حاضر با بهره‌گیری از داده‌های پانل ۲۰ کشور و با تکیه بر یک چارچوب مدل‌سازی علّی، قصد دارد تصویری جامع‌تر و مقایسه‌ای از اثر واقعی فناوری هوش مصنوعی بر نرخ بیکاری در سطح کشورها ارائه دهد. بر خلاف مطالعات پیشین، دامنه جغرافیایی گسترده‌تر از اکثر مطالعات هستند و برخلاف مطالعاتی مانند فرانک و همکاران (۲۰۲۵) و مسعود (۲۰۲۵) که به پیش‌بینی یا تحلیل کلان تک بعدی پرداخته‌اند، این پژوهش با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی پانل معادلات همزمان، به‌دنبال شناسایی اثرات مستقیم و غیر مستقیم سرمایه گذاری در هوش مصنوعی بر بیکاری است بطوریکه تفکیک این اثرات کمتر در مطالعات پیشین مورد توجه قرار گرفته است.

۱. Çetin & Kutlu
۲. Frank et al.
۳. Masoud.

بنابراین مرور ادبیات پژوهش تا سال ۲۰۲۵ نشان می‌دهد که AI از طریق چهار کانال اصلی خودکارسازی وظایف، خلق مشاغل مکمل، تغییر الگوی تقاضای مهارت و تأثیر سیاست‌های بازار کار، بر نرخ بیکاری موثر است. جمعیت‌های کم‌مهارت و آسیب‌پذیر بدون حمایت‌های آموزشی و سیاست‌های فعال بازار کار در معرض بیکاری طولانی‌مدت قرار می‌گیرند. برای مدیریت گذار بازار کار، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران بر توسعه مهارت‌های داده‌محور، برنامه‌های بازآموزی هدفمند و تقویت چارچوب‌های حمایتی تمرکز کنند تا مزایای AI به‌جا و پایدار توزیع شود.

۳. روش پژوهش

به منظور بررسی اثرگذاری هوش مصنوعی بر نرخ بیکاری در کشورهای پیشگام در فناوری هوش مصنوعی، برگرفته از مطالب ادبیات نظری مدل اقتصادسنجی زیر تصریح شده است:

$$Un_{it} = \beta_0 + \beta_1 Un_{it-1} + \beta_2 AI_{it} + \beta_3 Growth_{it} + \beta_4 Productivity_{it} + \beta_5 Hum_{it} + \beta_6 Openness_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$Productivity_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Productivity_{it-1} + \alpha_2 AI_{it} + \alpha_3 Hum_{it} + \alpha_4 Openness_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

که در آن Un_{it} نرخ بیکاری است که برای محاسبه آن از نسبت تعداد بیکاران به جمعیت فعال استفاده می‌شود. مبنای نرخ مورد استفاده در این مقاله، محاسبات سازمان بین المللی کار (ILO) بوده است. Un_{it-1} وقفه اول نرخ بیکاری است که به دلیل پویایی نرخ بیکاری و پدیده وابستگی به مسیر مبتنی بر مطالعه نادمی و صداقت کالمرزی[۱] (۲۰۲۵) در مدل لحاظ شده است. AI_{it} شاخص هوش مصنوعی است که در اینجا از سرمایه گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی بر حسب میلیون دلار استفاده شده است. داده‌های شاخص هوش مصنوعی از دانشگاه استنفورد دریافت شده است.[۲] $Growth_{it}$ رشد اقتصادی یا رشد تولید ناخالص داخلی واقعی است که از داده‌های بانک جهانی استخراج شده است. $Productivity_{it}$ بهره‌وری نیروی کار است که نرخ رشد سالانه تولید (تولید ناخالص داخلی ثابت ۲۰۲۱، دلار بین‌المللی بر اساس برابری قدرت خرید) به ازای هر کارگر را نشان می‌دهد که داده های آن از سازمان بین المللی کار استخراج شده است. Hum_{it} شاخص سرمایه انسانی است که از نرخ ثبت نام متوسطه بانک جهانی برای آن استفاده شده است. $Openness_{it}$ شاخص درجه باز بودن اقتصاد است که از جمع صادرات و واردات بر تولید ناخالص داخلی بدست آمده است و منبع استخراج این داده ها نیز بانک جهانی است. معادله اول معادله نرخ بیکاری است که در آن بیکاری تابعی از بهره‌وری نیروی کار است و در معادله دوم بهره‌وری نیروی نیز بصورت پویا مدلسازی شده است.

همچنین در هر دو معادله متغیر هوش مصنوعی در معادلات قرار داده شده است که بتوان دو فرضیه را آزمون نمود. اولین فرضیه این است که هوش مصنوعی از طریق بهبود بهره‌وری نیروی کار موجب تقاضای کمتر نیروی کار و افزایش بیکاری می شود و فرضیه دوم آن است که فارغ از بهره‌وری، فناوری هوش مصنوعی از طریق ایجاد مشاغل جدید مرتبط با هوش مصنوعی موجب کاهش بیکاری می‌شود. با توجه به اثرات دوگانه هوش مصنوعی بر بیکاری که

---

۱. Nademi & Sedaghat Kalmarzi
۲. https://hai.stanford.edu › ai-index › 2025-ai-index-report

در ادبیات نظری نیز بحث شد، مدلسازی اقتصادسنجی نیز به گونه‌ای طراحی شده است که هر دو فرضیه مذکور و اثرات متضاد هوش مصنوعی بر بیکاری سنجیده شود.

نمونه مورد بررسی شامل ۲۰ کشور پیشگام در سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در هوش مصنوعی[1] در بازه زمانی ۲۰۱۷–۲۰۲۳ است. جدول شماره ۱ شامل سرمایه‌گذاری کشورهای مختلف بر حسب میلیون دلار از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۳ است. در این جدول ۲۰ کشور که در سالهای اخیر بر روی هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری کرده‌اند بر حسب میلیون دلار نشان می‌دهد. آمار نشان می‌دهد که میانگین سرمایه‌گذاری کشورها در سال ۲۰۲۳ حدود ٤٤٩٨/٩ میلیون دلار است. حداقل سرمایه‌گذاری در سال ۲۰۲۳ توسط روسیه و بالاترین سرمایه‌گذاری در همین سال توسط ایالات متحده انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد در تمام سالها آمریکا بالاترین میزان سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی را داشته است. البته چین و هند نیز سرمایه‌گذاری قابل توجهی دارند.

جدول۱) سرمایه گذاری کشورها بر روی هوش مصنوعی بر اساس میلیون دلار

سال/کشور	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۲	۲۰۲۳
چین	٦٦٢٠	۱۳۹۷۰	١٤٠٥٠	١٦٣٦٠	۲۳۰۸۰	۱۳۹۱۰	۷۷٦۰
آمریکا	١٤٠٧٠	۲۱۰۵۰	۳۲۰۷۰	۳٦۱۷۰	۷۹٥٦۰	٥٥۰۷۰	٦۷۲۲۰
کانادا	٤٦٢	۱۰٤۰	۱۰۸۰	۱۱۷۰	۲٦٤۰	۱۹۱۰	۱٦۱۰
انگلستان	۱۰۹۰	۱۱۸۰	۲٤٥۰	۲۹۳۰	٥۱٥۰	٤٥۷۰	۳۷۸۰
استرالیا	٥۹	۱٤۹	۲٤۷	۱۷۱	۹۸۳	۱۳٥۰	۳۷۱
اتریش	۱۷۲	۱٤	۲٦	۸۰	۲۱۳	۸٤	۱۰۸
بلژیک	۱۷٤	۱۲	۱٤۰	۱٤۳	۳۱۸	۱۳۳	۸۸
برزیل	۹۰	٦	۱۷۲	۷۲	۱۳٤	٥٦۸	۱٥۸
دانمارک	۹	٦٥	۱۱۰	٥۹	۱۹٦	٦٥	۱٤۲
فنلاند	۲۷	۱۳	۲٤۱	۱٦۷	٥۱	٦۰۸	٥٦
فرانسه	۳۰٤	٦٦٤	۷٤۹	٦۷۹	۱۷٥۰	۱۷۹۰	۱٦۹۰
آلمان	۲۳۹	۳٤۷	۱۰۱۰	٦۰۳	۱۹٤۰	۳۸۰۰	۱۹۱۰
هند	۱۸٤	۳۲۱	۱۰۱۰	٦۸۱	۱۸٦۰	۳۹٦۰	۱۳۹۰
ایتالیا	۳	۳۰	۱٦	٦۰	۱۲۹	۱۲۳	٥۹
ژاپن	۲٦٤	٥٥۸	۷۲۹	٤۰٤	۱۰۰۰	۷۷۷	٦۸۱
کره جنوبی	۱٤٦	۲٤۲	۲۸۳	٤۰۰	۱٤۰۰	۳۳۳۰	۱۳۹۰
سنگاپور	۱۸۹	٤۳۰	٥٤۱	۳۸٤	۱۸٦۰	۱٤٥۰	۱۱٤۰
نروژ	۲۳	۲٤	۷٦	٤٦	۲۱۹	٦۲	٦۳
اسپانیا	٦۳	۱۰۲	۱۰۳	۱۰۸	۹۱٤	٤٥۷	۳٦۲
روسیه	۳۲	۲٦	۲۱	۳۳	۱۳	۱٥	۰

[1]. استرالیا، اتریش، بلژیک، برزیل، کانادا، چین، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان، هند، ایتالیا، ژاپن، کره جنوبی، نروژ، روسیه، سنگاپور، اسپانیا، بریتانیا و ایالات متحده آمریکا.

منبع: دانشگاه استنفورد

٤. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

نتایج برآورد مدل معادلات همزمان معادلات ۱ و ۲ با روش GMM در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج برآورد معادلات همزمان (۱-۲) با روش GMM

معادله	متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	P-Value
معادله بیکاری	عرض از مبدا	-۰/۱۹	۰/۳۸	-۰/٤۹	۰/٦۱
	وقفه اول بیکاری	۰/۹٤	۰/۰۳	۲٦/۹۳	۰/۰۰
	سرمایه گذاری در هوش مصنوعی	-۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰٤	-۱/٦۹	۰/۰۹
	رشد اقتصادی	-۰/۳۹	۰/۲۱	-۱/۸۸	۰/۰٦
	درجه باز بودن	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰٦	-۱/۹۹	۰/۰٤
	نرخ ثبت نام متوسطه	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۲/۱٤	۰/۰۳
	بهره وری نیروی کار	۰/۵۲	۰/۱۷	۳/۰۱	۰/۰۰
معادله بهره وری	عرض از مبدا	۳/۳٦	۰/۷۹	٤/۲۳	۰/۰۰
	وقفه اول بهره وری نیروی کار	-۰/۳۳	۰/۰٤	-۷/۹۲	۰/۰۰
	سرمایه گذاری در هوش مصنوعی	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۱/۹۲	۰/۰۵
	درجه باز بودن	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۳/۷۲	۰/۰۰
	نرخ ثبت نام متوسطه	-۰/۰۳	۰/۰۰٦	-٤/۸٤	۰/۰۰
آزمونها	ضریب تعیین معادله بیکاری			۰/۹۵	
	ضریب تعیین معادله بهره وری			۰/۱٤	
	نیروی کار				
	آزمون سارگان p-value			۰/۱۱	
	آزمون خودهمبستگی تا ۱۲ وقفه			p-value>0.10 for all lags	
	System Residual Portmanteau Tests for Autocorrelations				

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج برآورد سیستم GMM دومعادله‌ای نشان می‌دهد که بازار کارِ کشورهای پیشگامِ هوش مصنوعی تحت تأثیر دو مکانیسم هم‌زمان – «کانال بهره‌وری» و «کانال خلق شغل» – قرار دارد و برآیند نهاییِ این دو جریان است که سمت وسوی بیکاری را تعیین می‌کند.

در معادله بیکاری، ضریب بهره‌وری نیروی کار مثبت و در سطح ۱ درصد معنادار است؛ بنابراین هر قدر بهره‌وری نیروی کار بالا می‌رود، نیاز بنگاه‌ها به نیروی انسانیِ فعلی کاهش یافته و بیکاری رشد می‌کند. ضریب هوش مصنوعی منفی است که در سطح معنی داری ۱۰ درصد، معنی دار است و نشانه‌ای از آن است که سرمایه‌گذاری در AI مستقیماً، و بی‌واسطه بهره‌وری، با ایجاد خوشه‌های شغلیِ تازه در مشاغلی همچون برنامه‌نویسی، تحلیل داده و خدمات پشتیبانی، فشار بیکاری را تخفیف می‌دهد. از آن‌جا که AI در معادله دوم تاثیری مثبت بر بهره‌وری نیروی کار دارد، اثر نهاییِ AI بر بیکاری حاصل جمع دو نیروست: نخست افزایش بهره‌وری (که ضریبش در معادله بیکاری مثبت است) و دوم خلق شغل که ضریب مستقیم AI در همان معادله منفی است. مقایسه قدرِ نسبی ضرایب نشان می‌دهد ضریب افزایشیِ بیکاری از ناحیه بهره‌وری اندکی بزرگ‌تر از ضریب کاهشیِ ناشی از خلق شغل است؛ از این رو سرمایه‌گذاری‌های بسیار بزرگ در AI ممکن است در خالصِ خود فشار مختصری بر بیکاری وارد کنند، مگر آن‌که سیاست‌های ارتقای مهارت هم‌زمان اجرا شود تا وزنِ کانال خلق شغل بالا برود.

ضرایب سایر متغیرها در معادله بیکاری تصویر آشنایی از مکانیسم‌های اقتصاد کلان ترسیم می‌کنند. رشد اقتصادی در سطح معنی داری ۱۰ درصد، بیکاری را کاهش می‌دهد و همراستا با قانون اوکان است. باز بودن تجاری نیز ـ گرچه ضریب آن کوچک است ـ به شکل معنادار بیکاری را می‌کاهد؛ نشان می‌دهد که رویکرد تجارت آزاد هنوز فرصت‌های شغلی می‌آفریند. در مقابل، نرخ ثبت‌نام متوسطه بیکاری را بالا می‌برد؛ به احتمال زیاد به این دلیل که بخشی از جوانانِ تحصیل‌کرده وارد بازار کار نشده‌اند یا به سبب عدم تطابق مهارت‌ها با تقاضای بنگاه‌ها زمان بیشتری تا اشتغال صرف می‌کنند. وقفه اول بیکاری نیز تاثیر معنی داری بر بیکاری دارد که پایداری بالای چرخه‌های بیکاری را نشان می‌دهد و می تواند نشان دهنده وجود پدیده وابستگی به مسیر باشد.

معادله بهره‌وری نیز منطق زنجیره علی را تکمیل می‌کند. ضریب هوش مصنوعی مثبت است و در سطح معنای ۱۰ درصد، نقش AI در بهبود بهره‌وری نیروی کار را تأیید می‌کند. به بیان ساده، هر میلیون دلار سرمایه‌گذاری اضافی در فناوری‌های هوش مصنوعی، بهره‌وری را – هرچند اندک – بالا می‌برد. باز بودن تجاری همچنان به سود بهره‌وری عمل می‌کند؛ اما نرخ ثبت‌نام متوسطه اثر منفی و معناداری دارد که می‌تواند نشانه‌ای از تأخیر زمانی میان تحصیل و ورود موفق به بازار کار باشد. ضرایب ثابت مثبت و ضریب منفیِ وقفهی بهره‌وری حکایت از آن دارد که پس از جهش‌های بهره‌وری، بازگشت به روند میانگین رخ می‌دهد و چرخه‌ی تکنولوژی به‌طور طبیعی تعدیل می‌شود.

برازش معادله بیکاری با ضریب تعیین بالا حاکی از خوبی برازش است و آزمون خودهمبستگیPortmanteau نشان از نبود خودهمبستگی پسماندها حکایت دارد؛ اعتبار متغیرهای ابزاری نیز با آزمون سارگان تایید شده است. در سوی مقابل، بهره‌وری نیروی کار را عوامل توضیح‌داده‌شده در مدل تا ۱۵ درصد تبیین می‌کنند.

یافته‌های این پژوهش تصویری دوگانه از تأثیر هوش مصنوعی بر بازار کار ترسیم می‌کند و در اصل بر جدال «اثر جایگزینی» و «اثر جابه‌جایی» صحّه می‌گذارد؛ جدالی که در ادبیات اخیر نیز پررنگ بوده است. ضرایب مثبت و معنادار بهره‌وری در معادله بیکاری نشان می‌دهد افزایش بهره‌وری نیروی کار، مطابق پیش‌بینی فری و آزبورن (۲۰۱۷) یا ساسکیند و ساسکیند (۲۰۱۶)، تقاضا برای نیروی کار موجود را کاهش می‌دهد و به رشد بیکاری می‌انجامد. در مقابل، ضریب منفی سرمایه‌گذاری AI در همان معادله تأیید می‌کند که این فناوری می‌تواند با ایجاد خوشه‌های تازه شغلی فشار فوق را تعدیل کند؛ نتیجه‌ای که با مشاهده‌های کخ و همکاران (۲۰۲۱) درباره خالصِ اشتغال مثبتِ شرکت‌های ربات‌پذیر و نیز تخمین‌های گولیف (۲۰۲۲) هم‌راستا است. تلفیق این دو علامت متضاد در چارچوب یک سیستم GMM پویای دو معادله‌ای نشان می‌دهد که نزاع جایگزینی/خلقِ شغل یک فرایند هم‌زمان است، نه توالی ساده‌ای در زمان؛ نکته‌ای که اغلب در مدل‌های تک‌معادله‌ایِ ادبیات پیشین نادیده گرفته شده بود.

با این حال مقایسه اندازه ضرایب در پژوهش حاضر حاکی از آن است که ضریب افزایشی بیکاری از ناحیه بهره‌وری اندکی بر ضریب کاهشیِ ناشی از خلق شغل می‌چربد. این نتیجه از یک سو به هشدار فالویی (۲۰۲۵) درباره تداوم بیکاری در صورت فقدان سیاست‌های مهارتی مؤید است و از سوی دیگر با شواهد ستین و کوتلو (۲۰۲۵) که اثر خالص AI را بر اشتغال مثبت یافتند تفاوت دارد؛ اختلافی که احتمالاً به ترکیب متفاوت داده‌ها و انتخاب متغیرهای کنترلی بازمی‌گردد. در پژوهش ما، متغیر «ثبت‌نام متوسطه» اثر افزایشی بر بیکاری دارد؛ نشانه‌ای از همان «اصطکاک مهارتی» که کژوسوسکی (۲۰۲۵) و گوئو و همکاران (۲۰۲٤) درباره گروه‌های کم‌مهارت گزارش کرده‌اند. بنابراین، ناهمخوانی یافته‌ها با برخی مطالعات مثبت می‌تواند به شکاف مهارتی میان عرضه و تقاضای نیروی کار در کشورهای نمونه ما مربوط باشد؛ شکافی که حتی باز بودن تجاری و رشد اقتصادی–دو عامل کاهنده بیکاری در برآورد ما– نمی‌تواند به‌تنهایی جبرانش کند.

همچنین از آنجاییکه بازه زمانی پژوهش تا سال ۲۰۲۳ است، کوچک بودن ضرایب سرمایه‌گذاری هوش مصنوعی در هر دو معادله بیکاری و بهره‌وری می تواند به دلیل نوظهور بودن صنعت هوش مصنوعی باشد که هنوز در مراحل اولیه اثرگذاری بر اقتصاد و صنایع مختلف است و احتمالا تاثیرات آن با شدت بسیار بیشتری در سالهای آتی رخ خواهد داد.

یافته دیگر پژوهش حاضر تأثیر مثبت AI بر بهره‌وری نیروی کار در معادله دوم است؛ الگویی که با ادبیات نظری مطابقت دارد. اما هم‌زمانیِ این افزایش بهره‌وری با رشد بیکاری در معادله اول نشان می‌دهد که بدون مداخله سیاستی، مزایای کارآمدی می‌تواند هزینه‌های اشتغال را بر دوش گروه‌های خاص، به‌ویژه کم‌مهارت‌ها، بیندازد. به بیان دیگر،

آنچه در سطح کلان به‌صورت بهره‌وری بالاتر دیده می‌شود، در سطح خرد ممکن است به فقدان فرصت برای گروه‌های آسیب‌پذیر بینجامد؛ نتیجه‌ای که ادبیات مرتبط با بیکاری هدفمند نیز بر آن انگشت می‌گذارد.

در مجموع، مقایسه تطبیقی نشان می‌دهد نتایج ما در خصوص وجود هم‌زمان دو کانال و حساسیت اثر خالص به وزن نسبی آن‌ها با بخش بزرگی از ادبیات سازگار است، اما برجسته کردن نقش اصطکاک مهارتی و اثر افزایشی آموزش رسمی بر بیکاری، نقطه تمایز مطالعه حاضر محسوب می‌شود. این امر تأکید می‌کند که سیاست‌های بازآموزی، حمایت از زیست‌بوم‌های مکمل AI و بازنگری محتوای آموزشی باید نه به‌عنوان متمم، بلکه به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از راهبرد توسعه هوش مصنوعی تلقی شوند؛ وگرنه حتی سرمایه‌گذاری‌های بزرگ در AI ممکن است تنها با فزونیِ خفیفی در بیکاری ختم شود، همان‌گونه که برآورد ما نشان داد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف واکاوی پیامدهای دوگانهِ سرمایه‌گذاری خصوصی در هوش مصنوعی بر بازار کار، در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۳ و برای بیست کشوری انجام شد که سهم غالبی در جذب سرمایه خطرپذیرِ مرتبط با AI دارند. برای جداسازی هم‌زمانِ اثرِ «افزایش بهره‌وری نیروی کار» و اثرِ «خلق مشاغل جدید»، کاربست الگوی داده‌های تابلویی پویای–GMM سیستمی ضروری بود؛ چراکه این رویکرد ضمن کنترل ناهمگنی نامشهود کشورها و معکوس‌گرایی علّی، امکان لحاظ تأخیرهای درونی بیکاری را فراهم می‌کند.

نتایج برآورد اولیه نشان داد ضریب بهره‌وری نیروی کار در معادله بیکاری مثبت و معنادار است، در حالی که ضریب مستقیم سرمایه‌گذاری AI منفی و معنادار به دست آمد؛ بنابراین، موازنه دو کانالِ کاهش نیروی کار موجود و خلق فرصت‌های شغلی تازه، سرنوشتِ خالصِ بیکاری را رقم می‌زند. افزون بر این، متغیرهای رشد اقتصادی و شاخص بازبودن تجاری گرایشی کاهنده بر نرخ بیکاری داشتند، اما نرخ ثبت‌نام در آموزش متوسطه، به‌سبب عدم تطابق مهارت‌های رسمی با نیازهای بازار، اثری افزایشی بر بیکاری نشان داد. صحت ابزارها با آزمون سارگان و نبود خودهمبستگی مرتبه دوم با آزمون پورتمنتو تأیید شد، که دلالت بر استحکام نتایج دارد.

بر پایه این شواهد، نخستین پیام سیاستی آن است که هر گسترش فناوریِ مبتنی بر هوش مصنوعی باید به برنامه‌های وسیع بازآموزی و ارتقای مهارت گره بخورد؛ فقط در این صورت است که کانالِ خلق شغل بر اثر جانشینیِ ناشی از بهره‌وری فائق می‌آید و فشار صعودی بیکاری مهار می‌شود. دوم آن‌که تجربه کشورها نشان می‌دهد حمایت هدفمند از زیست‌بوم‌های مکمل از خدمات ابری و امنیت سایبری تا سخت‌افزارهای خاص‌منظوره نه‌تنها سرعت جذب دوباره نیروی کار را بالا می‌برد، بلکه پهنه متنوع‌تری از مهارت‌ها را پوشش می‌دهد و از تمرکز منافع در میان نیروهای کارِ بسیار تخصصی جلوگیری می‌کند. سوم، بازنگری در محتوای آموزش متوسطه و عالی اهمیت حیاتی دارد؛ گنجاندن واحدهای سواد AI و پروژه‌محوری در دوره‌های STEAM از سطوح پایین‌تر تحصیلی می‌تواند اثر افزایشیِ سرمایه انسانی رسمی بر بیکاری را معکوس کند. چهارم، پایاییِ آثار مثبت رشد و تجارت بر اشتغال مستلزم ترکیب این

سیاست‌های کلان با برنامه‌های بازار کار فعال همچون یارانه دستمزد برای مشاغل سبز و مبتنی بر AI و پلتفرم‌های کاریابی دیجیتال است تا گروه‌های کم‌مهارت در حاشیه قرار نگیرند. نهایتاً، تنظیم‌گری شفاف و اخلاق‌محور در فرایندهای استخدامی و تولیدِ الگوریتمی ضرورتی انکارناپذیر است؛ زیرا بدون استانداردهای شفافیت و پاسخ‌گویی، احتمال بازتولید تبعیض‌های پنهان و تشدید نابرابری در بازار کار وجود دارد. به بیان دیگر، هوش مصنوعی به خودیِ خود نه تهدیدِ قطعی برای اشتغال است و نه نسخه معجزه‌گرِ رونق آن؛ این کیفیتِ سیاست‌های مکمل از آموزش و حمایت مالی تا حکمرانی داده است که تعیین می‌کند موج فناوری تازه به ساحل رفاه و فراگیری پهلو گیرد یا گرداب نابرابری را ژرف‌تر سازد.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان از داوران ناشناس که در بهبود کیفیت مقاله کمک کرده‌اند، تشکر می‌کنند.

ORCID

Younes Nademi https://orcid.org/0000-0003-0557-0347
Ramin Khochiani https://orcid.org/0000-0002-3530-8289
Reza Maaboudi https://orcid.org/0000-0003-4273-5200

منابع

- هارونکلایی، کاظم، و برزگر، قدرت‌الله. (۱۴۰۲). تبیین متغیرهای مالی مؤثر در پیش‌بینی احیای مالی با استفاده از رویکرد هوش مصنوعی. *مدلسازی اقتصادی*، *۱۷(۶۱)*، ۸۹-۱۰۴.
- محمدی، حسین، هژبرکیانی، کامبیز، امامی میبدی، علی و شهرستانی، حمید. (۱۴۰۴). بررسی تأثیر انتقال تکنولوژی ناشی از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تغییرات بهره‌وری در صنعت ایران. *مدلسازی اقتصادی*، *۱۹(۱)*، ۱۴۶-۱۲۵.

Refrences

- Çetin, C. N., & Kutlu, E. (2025). The impact of artificial intelligence on employment: A panel data analysis for selected countries. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, *10*(1), 202–233.
- Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J., & Woessner, N. (2018). Adjusting to robots: Worker-level evidence. *Opportunity & Inclusive Growth Institute Working Paper* (No. 13), 1–50.
- David, B. (2017). Computer technology and probable job destructions in Japan: An evaluation. *Journal of the Japanese and International Economies*, *43*, 77–87.
- Ernst, E., Merola, R., & Samaan, D. (2019). Economics of artificial intelligence: Implications for the future of work. *IZA Journal of Labor Policy*, *9*(1), 1–35.
- Faluyi, S. E. (2025). AI and job market: Analysing the potential impact of AI on employment, skills, and job displacement. *African Journal of Marketing Management*, *17*(1), 1–8.

- Frank, M. R., Ahn, Y. Y., & Moro, E. (2025). AI exposure predicts unemployment risk: A new approach to technology-driven job loss. *PNAS Nexus*, *4*(4), pgaf107. https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.02624
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerization. *Technological Forecasting and Social Change*, *114*, 254–280.
- Georgieff, A., & Hyee, R. (2022). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence. *Frontiers in Artificial Intelligence*, *5*, 832736.
- Gries, T., & Naudé, W. (2018). Artificial intelligence, jobs, inequality and productivity: Does aggregate demand matter? *IZA Discussion Paper* (No. 12005).
- Guliyev, H. (2022). The relationship between artificial intelligence, big data, and unemployment: New insights from dynamic panel data model of the G7 countries. *SSRN*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4177241
- Guo, X., Cheng, Z., & Pavlou, P. A. (2024). Skill-biased technical change, again? Online gig platforms and local employment. *Information Systems Research*. Advance online publication. https://doi.org/10.1287/isre.2022.0307
- Harounkolai, K., & Barzegar, G. (2023). Explanation of financial variables effective in predicting turnaround: An artificial intelligence approach. *Quarterly Journal of Economic Modelling*, *17*(1), 89–103. https://doi.org/10.30495/eco.2023.1982463.2737 [In Persian]
- Kjosevski, J. (2025). *Artificial intelligence and its impact on unemployment: A comparative analysis of old and new EU member states* (Version 1). Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6641180/v1
- Koch, M., Manuylov, I., & Smolka, M. (2021). Robots and firms. *The Economic Journal*, *131*(638), 2553–2584.
- Martens, B., & Tolan, S. (2018). *Will this time be different? A review of the literature on the impact of artificial intelligence on employment, incomes and growth* [Working paper]. https://hdl.handle.net/10419/202236
- Masoud, N. (2025). Artificial intelligence and unemployment dynamics: An econometric analysis in high-income economies. *Technological Sustainability*, *4*(1), 30–50.
- Mohammadi, H., Kiani, K. H., Emami Meibodi, A., & Shahrestani, H. (2025). Investigating the impact of technology transfer resulting from foreign direct investment on productivity changes in Iranian industry. *Economic Modeling, 19(1), 125-146.* [In Persian].
- Nademi, Y., & Sedaghat Kalmarzi, H. (2025). Breaking the unemployment cycle using the circular economy: Sustainable jobs for sustainable futures. *Journal of Cleaner Production*, *488*, 144655.
- Ngo, P., Das, J., Ogle, J., Thomas, J., Anderson, W., & Smith, R. N. (2014, September). Predicting the speed of a wave glider autonomous surface vehicle from wave model data. In *2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 2250–2256). IEEE.
- Omri, A., Omri, H., & Afi, H. (2025). Exploring the impact of AI on unemployment for people with disabilities: Do educational attainment and governance matter? *Frontiers in Public Health*, *13*, 1559101.
- Qin, M., Wan, Y., Dou, J., & Su, C. W. (2024). Artificial intelligence: Intensifying or mitigating unemployment? *Technology in Society*, *79*, 102755.
- Susskind, R., & Susskind, D. (2016). Technology will replace many doctors, lawyers, and other professionals. *Harvard Business Review*.
- Wang, K. H., & Lu, W. C. (2025). AI-induced job impact: Complementary or substitution? Empirical insights and sustainable technology considerations. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, *4*(1), 100085.