



Journal of Econometric Modelling

Journal homepage: <https://jem.semnan.ac.ir/?lang=en>



Research Article

The impact of artificial intelligence on the added value of selected industrial activities in Iran

Seyed Saleh Akbar Mousavi

Assistant Professor at Institute for Trade Studies and Research

salehmousavi68@gmail.com

Mansour Asgari (Corresponding Author)

Associate Professor at Institute for Trade Studies and Research

ma.asgari@gmail.com

PAPER INFO

Paper history:

Received: 29. 01. 2025

Revised: 15. 04. 2025

Accepted: 06. 05. 2025

JEL Classification:

L60, O31, J21, M51

Keywords:

Artificial Intelligence,
Industrial Activities,
Value-added,
labor.

ABSTRACT

This study aims to investigate the impact of artificial intelligence on value added in 10 selected industrial sectors in Iran (focusing on labor), disaggregated by the two-digit ISIC codes (Revision 4), over the period 2017-2021 using a panel data approach. To do this, four models with different labor inputs were estimated. The results showed that the lowest elasticity of value added in the selected industries towards artificial intelligence (model with simple labor) was 0.19, and the highest elasticity of value added in these industries towards artificial intelligence (model with technician labor) was 0.25. Consequently, industries utilizing a more skilled workforce experience a greater impact of artificial intelligence on value-added. Therefore, developing effective policies and strategies to benefit from the advantages of AI-based advancements in the country's industries and using more skilled labor familiar with up-to-date technologies is recommended.

© 2023 Published by Semnan University Press. All rights reserved.

تاثیر هوش مصنوعی بر ارزش افزوده رشته فعالیت‌های

منتخب صنعتی در ایران^۱

سید صالح اکبر موسوی

استادیار موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی

salehmousavi68@gmail.com

منصور عسگری (نویسنده مسئول)

دانشیار موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی

ma.asgari@gmail.com

نوع مقاله: علمی - پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶

چکیده

هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیرات هوش مصنوعی بر ارزش افزوده ۱۰ رشته فعالیت صنعتی منتخب در ایران (با محوریت نیروی کار)، به تفکیک کدهای دو رقمی ISIC ویرایش چهارم در طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۷، با استفاده از رویکرد پانل دینا است. برای تحقق این هدف، چهار مدل با نیروی کارهای مختلف تخمین زده شد. نتایج نشان داد که کمترین کشش ارزش افزوده صنایع منتخب نسبت به هوش مصنوعی (مدل با نیروی کار ساده) ۰/۱۹ و بیشترین کشش ارزش افزوده این صنایع نسبت به هوش مصنوعی (مدل با نیروی کار تکنسین) ۰/۲۵ است. در نتیجه اثرگذاری هوش مصنوعی بر ارزش افزوده صنایعی که از نیروی کار ماهرتر استفاده می‌کند، بیشتر از سایر صنایع است. از این رو، تدوین سیاست‌ها و استراتژی‌های مؤثر برای بهره‌مندی صحیح از مزایای پیشرفت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در صنایع کشور و همچنین استفاده از نیروی کار ماهرتر و آشنا به فناوری‌های به‌روز توصیه می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: M51, J21, O31, L60

کلید واژه‌ها: هوش مصنوعی، فعالیت‌های صنعتی، ارزش افزوده، نیروی کار

^۱. مقاله حاضر مستخرج از پیشنهاد گزارشی پژوهشی در موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی است.

۱. مقدمه

جهان امروز در پرتو فناوریهای نوین، هر روز با پدیدههای خارقالعاده روبهرو می‌شود که بر تمامی شئون زندگی و زیست انسان و جوامع مؤثر است. یکی از این فناوریها، که با هوشمندتر کردن حیات و زندگی روزمره انسان، با سرعت زیاد در حال رشد و تکامل بوده، هوش مصنوعی^۱ (AI) است. هوش مصنوعی اصطلاحی است که برای اولین بار توسط جان مک کارتی^۲، پروفیسور برجسته دانشگاه استنفورد، در سال ۱۹۵۵ ابداع و توسط وی به عنوان علم و مهندسی ساخت ماشینهای هوشمند تعریف شد. به عبارت ساده‌تر، در بسیاری از تحقیقات، انسانها ماشینها را برنامه‌ریزی می‌کنند تا به شیوه‌ای هوشمندانه رفتار کنند؛ اما امروزه، بر ماشین‌هایی تأکید می‌شود که حداقل تا حدودی مانند انسان‌ها می‌توانند یاد بگیرند.

هوش مصنوعی با پیشرفت‌های سریع خود در سال‌های اخیر، این پتانسیل را دارد که صنایع، جوامع و اقتصادها را متحول نماید. هوش مصنوعی طیفی از فناوریها و برنامه‌های کاربردی را در بر می‌گیرد که هوش انسانی را شبیه‌سازی کرده و وظایف را به طور مستقل انجام می‌دهد (سبا و نگپاه^۳، ۲۰۲۴). از آنجایی که کشورها برای ارتقا اشتغال، رشد و توسعه اقتصادی تلاش می‌کنند، تعامل بین هوش مصنوعی و حکمرانی و تأثیر آن بر اشتغال و رشد، به موضوع مهمی تبدیل شده است. درک پویایی بین این متغیرها، برای تدوین سیاست‌ها و استراتژی‌های مؤثر جهت بهره‌مندی صحیح از مزایای پیشرفت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی ضروری است.

هوش مصنوعی برنامه‌های مفیدی را در اختیار جوامع قرار خواهد داد که تغییرات سریع آن، می‌تواند فرصت‌های بسیاری برای بهبود بخش‌های اقتصادی و اجتماعی فراهم نماید. هوش مصنوعی می‌تواند موجب بهره‌وری بیشتر در کسب‌وکارها شده و کارآمدی دولت‌ها را افزایش دهد. همچنین می‌تواند در حل چالش‌های جهانی مانند تغییرات آب و هوایی و کمبود دسترسی به آموزش و خدمات بهداشتی با کیفیت، مؤثر واقع شود.

تسریع پیشرفت در هوش مصنوعی و اتوماسیون، فرصت‌هایی را برای مشاغل، اقتصاد و جوامع ایجاد می‌کند. به طور خلاصه، هوش مصنوعی با تأثیرگذاری بر روی بسیاری از حوزه‌ها، استفاده از منابع را در سراسر جهان بهبود بخشیده و در نتیجه هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. همچنین

1. Artificial Intelligence (AI)

2. John McCarthy

3. Saba and Ngpah

می‌تواند فرآیندهای پیچیده را خودکار کند و با قابلیت تحلیل و پیش‌بینی، موجب بهبود دقت، کیفیت و اثربخشی تصمیم‌گیری‌ها شود.

با این حال، هوش مصنوعی نگرانی‌های اجتماعی و اخلاقی را نیز به وجود آورده است. از این رو، برای ترویج و ارتقا سامانه‌های قابل‌اعتماد هوش مصنوعی، نیاز به سیاست‌های ملی و سازمان‌های مرتبط جهت حفاظت از حریم خصوصی دیجیتال است. همچنین، برای پشتیبانی از کسب‌وکارهای کوچک و متوسط و ایجاد رقابت در محیط کسب‌وکار، اکوسیستم‌های قابل‌فعالیت هوش مصنوعی می‌توانند مفید باشند و از طریق مشارکت در بهره‌وری، به رشد اقتصادی کمک کنند. در کل می‌توان گفت هوش مصنوعی در حال حاضر در مسیر پیشرفت است و دولت‌ها باید با آن سازگار شوند.

با توجه به اینکه هوش مصنوعی قرار است شیوه زندگی و کار انسان را متحول کند، از این رو، این سؤال به ذهن می‌رسد که این فناوری‌ها چقدر بر مشاغل، مصرف‌کنندگان و به طور کلی اقتصاد تأثیر خواهند داشت؟ کارمندان می‌خواهند بدانند هوش مصنوعی برای شغل و درآمدشان چه معنایی دارد؟ در حالی که صاحبان کسب‌وکارها می‌پرسند چگونه می‌توانند در فرصت‌هایی که هوش مصنوعی ارائه می‌دهد سرمایه‌گذاری کنند و این سرمایه‌گذاری در کجاها باید انجام شود؟ در همین راستا، با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه حاضر در نظر دارد تأثیر هوش مصنوعی را بر ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی منتخب در ایران، به تفکیک کدهای دو رقمی ISIC ویرایش چهارم، در طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۷، با استفاده از مدل‌سازی میکرو پانل دیتا^۱ مورد بررسی قرار دهد.

در همین راستا، این تحقیق در شش بخش سازمان‌دهی شده است. در ادامه، در بخش دوم، مبانی نظری تحقیق بیان می‌شود. در بخش سوم، به برخی از مهم‌ترین مطالعات تجربی خارجی و داخلی اشاره شده است. در بخش بعدی، مدل تحقیق و روش برآورد آن توضیح داده می‌شود. در بخش پنجم، یافته‌های تحقیق ارائه شده و نتایج به صورت دقیق مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت در بخش پایانی، نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی ارائه خواهد شد.

^۱. Micro Panel Data

۲. مبانی نظری

هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک فناوری دگرگون‌کننده، پتانسیل بالایی برای تغییر چشم‌انداز اقتصادی جهان دارد. با وجود اینکه هنوز در مراحل اولیه توسعه خود قرار دارد، اما تأثیرات آن در حال حاضر، در صنایع مختلف قابل مشاهده است. در همین راستا، مجموعه ادبیات موجود در زمینه هوش مصنوعی عمدتاً حول موضوعاتی مانند رشد و توسعه اقتصادی، اشتغال، بهره‌وری کل عوامل تولید، نوآوری فنی، توزیع درآمد و مدل ادغام صنعتی است. در سطح کلان، تأثیر هوش مصنوعی بر رشد اقتصادی از طریق افزایش بهره‌وری، نوآوری، و سرمایه‌گذاری قابل توجه است. مطالعات نشان می‌دهند که کشورهایی که در زمینه هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری بیشتری انجام می‌دهند، رشد اقتصادی بالاتری را نیز تجربه می‌کنند.

اخیراً تعداد فزاینده‌ای از مطالعات، تأثیر هوش مصنوعی بر رشد را مدنظر قرار دادند. به عنوان مثال، گریتر و مایکلز^۱ (۲۰۱۸) بهره‌وری کل عوامل تولید را به عنوان یک کانال انتقال مهم شناسایی کردند که از طریق آن هوش مصنوعی بر رشد تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، اعجم اغلو و رستروپو^۲ (۲۰۱۸) بیان کردند که هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که به طور مؤثر به چالش‌های ناشی از پیری جمعیت رسیدگی کند و رشد اقتصادی را از طریق افزایش بهره‌وری کل عوامل تولید، افزایش دهد. این افزایش بهره‌وری از طریق خودکارسازی فرآیندها، بهبود تصمیم‌گیری، و بهینه‌سازی تخصیص منابع امکان‌پذیر است. به عنوان مثال، موسسه جهانی مک-کیزنی^۳ پیش‌بینی می‌کند که هوش مصنوعی تا سال ۲۰۳۰، می‌تواند تا ۱۳ تریلیون دلار به تولید ناخالص داخلی جهانی اضافه کند.

از طرفی، با ظهور یادگیری عمیق و یادگیری ماشین نیز، هوش مصنوعی به سرعت کاربردهایی را در حوزه‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی پیدا کرده است. این ادغام فراگیر هوش مصنوعی، ظرفیت آن را برای نفوذ در جامعه، استفاده از منابع و تقویت رشد مستمر افزایش داده است (ژائو^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). مزایای بالقوه آن در زمینه‌هایی مانند اتوماسیون، تجزیه و تحلیل داده‌ها و تصمیم‌گیری، آن را به ابزاری قدرتمند برای افزایش بهره‌وری، کارایی، نوآوری و رفاه انسان تبدیل

1. Graetz and Michaels

2. Acemoglu and Restrepo

3. McKinsey Global Institute

4. Zhao

کرده است (ماکریداکیس^۱، ۲۰۱۷؛ سابا و پريتوريس^۲، ۲۰۲۴). به عنوان مثال، هوش مصنوعی در حوزه نوآوری می‌تواند به توسعه محصولات و خدمات جدیدی منجر شود که قبلاً امکان‌پذیر نبوده‌اند. برای مثال، خودروهای خودران، دستیارهای مجازی و سیستم‌های تشخیص پزشکی مبتنی بر هوش مصنوعی از جمله این موارد هستند. همچنین هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های علمی و ارائه بینش‌های جدید، فرآیند تحقیق و توسعه را تسریع کند. برای مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند در کشف داروهای جدید و توسعه مواد پیشرفته مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، هوش مصنوعی تعاملات انسانی و شیوه‌های تجاری را متحول کرده و به طور بالقوه، انقلاب صنعتی چهارم را شعله‌ور می‌کند (لو^۳، ۲۰۲۱).

امروزه پتانسیل بالای هوش مصنوعی در جهت تسریع رشد اقتصادی، باعث جذب سرمایه‌گذاری‌های بزرگ در این حوزه شده است. این سرمایه‌گذاری‌ها به توسعه بیشتر هوش مصنوعی و گسترش کاربردهای آن کمک می‌کنند. از طرفی، سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی نیازمند ایجاد زیرساخت‌های لازم مانند مراکز داده، شبکه‌های ارتباطی پرسرعت و نیروی کار متخصص است. این زیرساخت‌ها می‌توانند به رشد اقتصادی در سایر بخش‌ها نیز کمک کنند. هوش مصنوعی همچنین از طریق تغییر در بازار کار، می‌تواند در رشد تاثیرگذار باشد. در همین راستا، هوش مصنوعی می‌تواند مشاغل جدیدی را در زمینه‌هایی مانند توسعه، استقرار و نگهداری سیستم‌های هوش مصنوعی و همچنین مشاغلی که نیاز به تعامل انسان و هوش مصنوعی دارند، خلق کند. در همین زمینه، اسمیت و اندرسون^۴ (۲۰۱۴) دریافتند که ۴۸ درصد از کارشناسان فناوری معتقدند ربات‌ها می‌توانند جایگزین اکثر نیروی کار استاندارد شوند و برای بسیاری از افراد، به جز کارگران بسیار ماهر، خطر بیکاری را به دنبال داشته باشند.

با گسترش استفاده از هوش مصنوعی، مهارت‌های مورد نیاز در بازار کار نیز تغییر خواهد کرد. تقاضا برای مهارت‌های فنی و تحلیلی افزایش خواهد یافت، در حالی که تقاضا برای مهارت‌های تکراری و یدی کاهش پیدا خواهد کرد. از این رو، هوش مصنوعی ممکن است منجر به کاهش نیروی کار کم‌مهارت در برخی مشاغل شود. در این خصوص، اعجم اغلو و رستریو (۲۰۱۸) نیز

1. Makridakis

2. Saba and Pretorius

3. Lu

4. Smith and Anderson

استدلال کردند که هوش مصنوعی مشاغل جدید و پیچیده‌ای را ایجاد می‌کند؛ اما مشاغل فشرده سنتی را نیز حذف خواهد کرد.

با توجه به اینکه هوش مصنوعی در چند سال اخیر، و به ویژه از سال ۲۰۲۳ به بعد، بیشتر نمود پیدا کرده، لذا داده و اطلاعات چندانی از آن در دسترس محققان نیست. اما با ظهور این پدیده، مؤسسات پژوهشی و دانشگاهی سعی در فرموله کردن و تعریف شاخصی برای آن هستند تا بتوانند کشورها را به لحاظ برخورداری از این پدیده، رتبه‌بندی کنند. به عنوان مثال، می‌توان به دانشگاه استنفورد^۱ و مؤسسه آکسفورد انسایتس^۲ اشاره کرد. در داخل کشور نیز، دانشگاه صنعتی شریف گزارشی را با عنوان «شاخص هوش مصنوعی ایران ۱۴۰۳» که شباهت‌های زیادی را با گزارش‌های دانشگاه استنفورد و مؤسسه آکسفورد انسایتس دارد، منتشر کرده است.

دانشگاه استنفورد جهت محاسبه شاخص هوش مصنوعی، یک پروژه مستقل هوش مصنوعی انسان‌محور (HAI^۳) را تعریف کرده که شامل ۹ فصل تحقیق و توسعه، عملکرد فنی، اخلاق، اقتصاد، علوم و پزشکی، آموزش، سیاست و حکمرانی، تنوع و افکار عمومی (به ترتیب) است. این شاخص توسط کمیته ناظر و هدایت‌کننده هوش مصنوعی و همچنین یک گروه بین‌رشته‌ای متشکل از کارشناسان جوامع دانشگاهی و صنعتی راهبری می‌شود.

شاخصی هم که مؤسسه آکسفورد انسایتس محاسبه و از سال ۲۰۱۸ به بعد به شکل سالانه منتشر می‌کند، شاخص آمادگی دولت در زمینه هوش مصنوعی^۴ نام دارد. این شاخص کشورها را بر اساس میزان آمادگی دولت‌هایشان برای استفاده از هوش مصنوعی در خدمات عمومی رتبه‌بندی می‌کند و برای پاسخ به این پرسش مهم تهیه شده است که دولت‌ها چگونه می‌توانند از انقلاب هوش مصنوعی بهره ببرند؟ شاخص مذکور از سه رکن (۱) دولت (۲) بخش فناوری و (۳) داده و زیرساخت تشکیل شده است. رکن دولت شامل ۴ بعد چشم‌انداز، حکمرانی و اخلاق، ظرفیت دیجیتال و تطبیق‌پذیری است که در مجموع ۱۲ شاخص برای تعریف این ابعاد معرفی شده است. رکن بخش فناوری دارای ۳ بعد بلوغ، ظرفیت نوآوری و سرمایه انسانی است که این رکن نیز ۱۵ شاخص برای تعریف ابعاد فوق در نظر گرفته است. در نهایت، رکن داده و زیرساخت نیز شامل ۳

1. Stanford University

2. Oxford Insights

3. Human-centered Artificial Intelligence (HAI)

4. Government AI Readiness Index

بعد زیرساخت، در دسترس بودن داده‌ها و گستردگی و همه‌گیری داده‌ها است که برای تعریف آنها در مجموع ۱۲ شاخص تعریف شده است. مقدار هر رکن جداگانه محاسبه شده و کشورها بر اساس امتیاز کسب شده در هر رکن، رتبه‌بندی می‌شوند. در نهایت نیز شاخص کل آمادگی دولت در زمینه هوش مصنوعی، از میانگین حسابی ساده سه رکن فوق بدست می‌آید.^۱

بر اساس گزارش سال ۲۰۲۳ آکسفورد انسایتس، کشور ایران به لحاظ وضعیت شاخص آمادگی دولت در زمینه هوش مصنوعی، رتبه ۹۴ را از بین ۱۹۳ کشور مورد بررسی به خود اختصاص داده است. این در حالی است که جایگاه ایران در سال ۲۰۲۲، از بین ۱۸۱ کشور مورد بررسی، ۷۵ بوده است. در بین کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا نیز، جایگاه ایران به لحاظ شاخص هوش مصنوعی در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳، به ترتیب ۱۲ و ۱۳ بوده است.

با توجه به فرصت‌ها و چالش‌های ارائه شده توسط هوش مصنوعی، اخیراً تعدادی از تلاش‌های بین‌المللی با هدف توسعه استراتژی‌های هوش مصنوعی چندجانبه اعلام شده است. این ابتکارات چندجانبه در زمینه هوش مصنوعی نشان می‌دهد که سازمان‌ها رویکردهای مختلفی را برای مقابله با کاربردهای عملی هوش مصنوعی و مقیاس‌بندی آن راه‌حل‌ها برای حداکثر تأثیر جهانی در پیش می‌گیرند. بسیاری از کشورها برای تدوین هنجارهای هوش مصنوعی جهانی به سازمان‌های بین‌المللی روی می‌آورند، در حالی که برخی دیگر به مشارکت یا توافق‌نامه‌های دوجانبه می‌پردازند.

همان‌طور که گفته شد هوش مصنوعی در بسیاری از موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما حقیقت این است که استراتژی هوش مصنوعی هر کشور است که اولویت‌های سرمایه‌گذاری خود را شناسایی کرده و سپس تعیین می‌کند که هوش مصنوعی چگونه می‌تواند در دستیابی به اهداف توسعه پایدار کمک کند. برای اینکه بتوان سیاست‌گذاری مناسبی در این حوزه داشت، ابتدا باید با شناخت این حوزه، وضعیت کشور را در ابعاد مختلف تأثیرگذار در این حوزه شناسایی و تحلیل کرد.

^۱. برای مطالعه بیشتر در خصوص این شاخص، به آخرین گزارش منتشره آن رجوع کنید.

۳. مطالعات تجربی

در این بخش مطالعات خارجی و داخلی مرتبط با موضوع، با جزئیات بیشتری مرور شده است.

۳-۱. مطالعات خارجی

آگیون^۱ و همکاران (۲۰۱۸)، در مطالعه خود از بیماری هزینه بامول^۲ و مدل‌های زیر^۳ برای بررسی تأثیر بالقوه هوش مصنوعی بر روند رشد استفاده کردند. آنها هوش مصنوعی را در عملکرد تولید ادغام کرده و نتیجه گرفتند که هوش مصنوعی بسته به معرفی آن، می‌تواند به طور موقت یا دائم رشد را تسریع کند.

بندری^۴ (۲۰۱۹)، در مطالعه خود، اثرات رشد درآمد از طریق هوش مصنوعی را برای ۳۹۱ کسب‌وکار کوچک در کشورهای در حال توسعه بررسی کرد. یافته‌های این مطالعه بر اهمیت هوش مصنوعی در مشاغل کوچک تأکید داشته و نشان داد که استفاده از برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی می‌تواند نتایج مطلوبی را از نظر رشد درآمد به همراه داشته باشد.

چادری^۵ و همکاران (۲۰۲۲)، تأثیر استفاده از هوش مصنوعی در صنایع تولیدی را مورد بررسی قرار دادند. بدین‌منظور، داده‌های مورد نیاز از طریق ۱۰۰ پرسشنامه از کارخانه‌های تولیدی پیشرو در ۴ کشور جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که تکامل هوش مصنوعی به طور مستقیم با کیفیت تصمیم‌گیری کارکنان برای بهبود عملکرد صنعت مرتبط است. جنبه‌های مرتبط با اشتباهات انسانی در تصمیم‌گیری‌های آنی، ممکن است به طور بالقوه خط تولید را مختل کرده و مشکلات جدی برای دوام بنگاه ایجاد کند. سه فرضیه در این پژوهش آزمون شد که نتایج آن بیانگر شواهد قطعی در مورد اثرات مثبت استفاده از هوش مصنوعی در بخش تولید بوده است. همچنین تجزیه و تحلیل یک نمونه تصادفی ساده با نرم‌افزار SPSS نشان داد که تأثیر هوش مصنوعی در تولیدات کوچک و بهبود بهره‌وری در سطح کارخانه، مثبت بوده است.

آلداسورو^۶ و همکاران (۲۰۲۴)، در مطالعه خود، تأثیر هوش مصنوعی را بر اشتغال، تولید و تورم بخشی و کل در کوتاه‌مدت و بلندمدت بررسی کردند. محققین شاخصی را از مواجهه صنعت با

1. Aghion

2. Baumol's Cost Disease

3. Zeira's Models

4. Bandari

5. Chaudhuri

6. Aldasoro

هوش مصنوعی، برای کالبره کردن یک مدل چندبخشی اقتصاد کلان ایجاد کردند. همچنین هوش مصنوعی را به عنوان افزایش دائمی در بهره‌وری مدل‌سازی کردند که برحسب بخش‌ها متفاوت بوده است. نتایج نشان داد که هوش مصنوعی به طور قابل توجهی تولید، مصرف و سرمایه‌گذاری را در کوتاه مدت و بلندمدت افزایش می‌دهد. همچنین واکنش تورم به طور کلی به پیش‌بینی خانوارها و بنگاه‌ها از تأثیر هوش مصنوعی بستگی دارد. اگر آنها بهره‌وری بالاتر در آینده را پیش‌بینی نکنند، پذیرش هوش مصنوعی در ابتدا کاهش‌دهنده تورم خواهد بود. با گذشت زمان، نیروهای تعادل عمومی از طریق اثرات تقاضا منجر به تورم متوسط می‌شود. در مقابل، زمانی که خانوارها و بنگاه‌ها بهره‌وری بالاتری را در آینده پیش‌بینی کنند، تورم بلافاصله افزایش می‌یابد. علاوه بر این، میزان قرار گرفتن اولیه یک بخش در معرض هوش مصنوعی، ارتباط کمی با افزایش بلندمدت تولید آن دارد. با این حال، تولید بخش‌های تولیدکننده کالاهای مصرفی، به دلیل اثرات ثانویه از طریق ارتباطات بین بخش‌ها، دو برابر بیشتر از بخش‌های تولیدکننده کالاهای سرمایه‌ای رشد می‌کند؛ این در حالی است که افزایش بهره‌وری کل در هر دو بخش یکسان است.

سابا و نگپاه^۱ (۲۰۲۴)، طی پژوهشی، تأثیر هوش مصنوعی را بر اشتغال و رشد اقتصادی در کشورهای بریکس، با در نظر گرفتن نقش تعدیل‌کننده حکمرانی کلی و همچنین شاخص‌های خاص حکمرانی مانند حکمرانی سیاسی، نهادی و اقتصادی انجام دادند. بدین‌منظور از داده‌های پنج کشور عضو بریکس در طی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲ و روش خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی تقویت شده مقطعی^۲ (CS-ARDL) استفاده کردند. در این مطالعه دو مدل برآورد شد. یافته‌های این مطالعه حاکی از وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها در هر دو مدل اشتغال و رشد بوده است. همچنین نتایج علیت برای متغیرهای اصلی مدل، در مدل‌های اشتغال و رشد متفاوت بوده است. بر اساس نتایج بدست آمده، این مطالعه توصیه می‌کند که دولت‌ها و سیاست‌گذاران بریکس، ائتلاف هوش مصنوعی را در سیستم‌های حاکمیتی خود، برای ارتقا اشتغال و تحریک رشد در کوتاه‌مدت و بلندمدت، اولویت‌بندی و تقویت کنند.

لیو^۳ و همکاران (۲۰۲۴)، در مطالعه‌ای، به بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر موقعیت زنجیره ارزش جهانی در صنایع تولیدی پرداختند. بدین‌منظور، محققین از داده‌های ۶۱ کشور و منطقه، طی

^۱. Saba and Ngepah

^۲. Cross-Sectional Augmented Autoregressive Distributed Lag (CS-ARDL)

^۳. Liu

سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ استفاده کردند. نتایج تخمین مدل به روش پانل دیتا نشان داد که هوش مصنوعی به طور قابل توجهی موقعیت زنجیره ارزش جهانی بخش صنعتی را بهبود می‌بخشد. به طوری که، این نتیجه حتی پس از آزمون‌های تحلیل حساسیت و درون‌زایی نیز پابرجاست. نتایج آزمون ناهمگنی در سطح ملی نشان داد که در کشورهای در حال توسعه برخلاف کشورهای توسعه‌یافته، هوش مصنوعی تأثیر قوی‌تری بر پیشبرد موقعیت زنجیره ارزش جهانی در صنایع تولیدی دارد. همچنین نتایج آزمون مذکور در سطح صنعت نیز نشان داد که هوش مصنوعی نقش مهمی در ارتقای زنجیره ارزش جهانی صنایع تولیدی با تکنولوژی بالا، متوسط و پایین دارد.

۳-۲. مطالعات داخلی

شیری و فطرس^۱ (۱۴۰۲)، در مطالعه خود به پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی و نرخ بیکاری، و تأثیر آنها بر یکدیگر با استفاده از هوش مصنوعی پرداختند. بدین‌منظور، محققین از داده‌های فصلی ۱۳۸۵-۱۴۰۱ اقتصاد ایران و روش یادگیری ماشین مبتنی بر رگرسیون استفاده کردند. همچنین نتایج بدست آمده با روش مذکور، با روش ARIMA نیز مقایسه شد. نتایج نشان داد که به لحاظ معیارهای ارزیابی پیش‌بینی، مقادیر پیش‌بینی شده دارای دقت مناسبی است و بیانگر آن است که تکنیک‌های هوش مصنوعی هم می‌توانند دو شاخص اقتصادی مذکور و تأثیر متقابل آنها بر یکدیگر را پیش‌بینی کنند.

با توجه به مرور ادبیات موضوع، می‌توان گفت مطالعه‌ای در زمینه تأثیر هوش مصنوعی بر تولید (و در کل تأثیر آن بر اقتصاد) تاکنون انجام نشده است، لذا مطالعه حاضر از این حیث دارای نوآوری است. همچنین در بین مطالعات خارجی نیز، تأثیر هوش مصنوعی بر صنایع خاصی نظیر شیمیایی، هوانوردی، صنعت و ... به صورت موردی انجام شده است، اما در مطالعه حاضر، تأثیر هوش مصنوعی بر ارزش افزوده ۱۰ صنعت منتخب در قالب پانل دیتا بررسی می‌شود، که این مورد نیز یکی دیگر از نوآوری‌های مطالعه حاضر نسبت به مطالعات خارجی است.

۴. روش‌شناسی تحقیق

هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر ارزش افزوده ۱۰ فعالیت صنعتی منتخب در

^۱. در بین مطالعات داخلی، تنها این مطالعه (آن هم تا حدی مرتبط) در خصوص هوش مصنوعی و تولید انجام شده است.

طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۷ است. بدین منظور، مدل تحقیق به پیروی از سابا و نگپاه^۱ (۲۰۲۴) به شکل زیر معرفی می‌شود:^۲

$$LOutVal_{it} = f(LA_{it}, LFDI_t, LFixInv_{it}, LLab_{j,it}, Pra/Gov_{it}) \quad , \quad \begin{cases} i = 1, \dots, 10 \\ t = 1397, \dots, 1400 \\ j = 1, \dots, 4 \end{cases} \quad (۱)$$

در ادامه متغیرهای مدل تعریف می‌شود:

ارزش افزوده تولید (LOutVal): ارزش افزوده فعالیت صنعتی کارگاه برابر با مابه‌التفاوت ارزش ستانده و ارزش نهاده فعالیت صنعتی است.

هوش مصنوعی (LAI): برای این متغیر، از شاخص آمادگی دولت در زمینه هوش مصنوعی^۳ به‌عنوان پراکسی استفاده شده است. این شاخص از سه رکن دولت، بخش فناوری، داده و زیرساخت تشکیل شده و شاخص کل، میانگین حسابی این سه رکن است.

سرمایه‌گذاری خارجی (LFDI): این متغیر جریان‌های خالص ورودی از سرمایه‌گذاران خارجی را برحسب درصدی از GDP نشان می‌دهد^۴.

تشکیل سرمایه ثابت (LFixInv): تشکیل سرمایه ثابت در هر رده از دارایی‌های ثابت، ارزش خرید یا تحصیل اموال سرمایه‌ای، منهای ارزش فروش یا واگذاری همان نوع دارایی‌ها توسط تولیدکنندگان است. اموال سرمایه‌ای تولید شده توسط تولیدکننده برای استفاده خود نیز، تشکیل سرمایه محسوب می‌شود (سامانه تعاریف و مفاهیم آماری مرکز آمار ایران، ۱۴۰۳).

نیروی کار (LLab): این متغیر بیانگر تعداد نیروی کار شاغل در بخش تولیدی صنایع منتخب است که به کارگران ساده (Lab1)، کارگران ماهر (Lab2)، تکنسین‌ها (Lab3) و مهندسين (Lab4) تقسیم می‌شود.

نسبت خصوصی به دولتی بودن صنایع (Pri/Gov): این متغیر نشان‌دهنده نحوه مدیریت بنگاه‌های صنعتی بوده که به دو صورت خصوصی و عمومی اداره می‌شوند. از این رو، تعداد

^۱. Saba and Ngepah

^۲. لازم به ذکر است که مطالعه سابا و نگپاه (۲۰۲۴) در سطح کشورهای بریکس انجام شده بود، که در این مطالعه این مدل برای صنایع مختلف ایران برآورد شده است. همچنین در مطالعه مذکور، مدل‌های متعددی با متغیرهای کنترلی مختلف برآورده شده بود؛ اما در مطالعه حاضر، با توجه به محدودیت در دسترسی به داده‌ها و هدف تحقیق، تنها از مدل پایه آن جهت برآورد استفاده شده است.

^۳. Government AI Readiness Index

^۴. این متغیر برای تمامی مقاطع، یکسان در نظر گرفته شده است.

بنگاههای با مدیریت خصوصی به تعداد بنگاههای صنعتی با مدیریت عمومی (دولتی) تقسیم شده است.^۱

نمونه تحقیق شامل ۱۰ صنعت منتخب بر اساس کدهای دو رقمی ISIC ویرایش چهارم بوده که شامل (۱) تولید فرآوردههای غذایی (کد ۱۰)، (۲) تولید انواع آشامیدنیها (کد ۱۱)، (۳) تولید منسوجات (کد ۱۳)، (۴) تولید پوشاک (کد ۱۴)، (۵) تولید چوب و فرآوردههای چوب و چوبپنبه - به جز مبلمان - ساخت کالا از حصیر و مواد حصیربافی (کد ۱۶)، (۶) چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده (کد ۱۸)، (۷) تولید داروها و فرآوردههای دارویی شیمیایی و گیاهی (کد ۲۱)، (۸) ساخت محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری (کد ۲۶)، (۹) تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر (کد ۲۹) و (۱۰) تولید مبلمان (کد ۳۱) است. صنایع مذکور به دلیل ملموس‌تر بودن استفاده از هوش مصنوعی در آنها نسبت به صنایع دیگر، انتخاب شده‌اند. همچنین به دلیل اینکه صنایع با مقیاس بزرگتر، از فناوری و تجهیزات بیشتری نسبت به صنایع با مقیاس کوچکتر بهره‌مند هستند، لذا کارگاههای صنعتی بزرگ و ۵۰ نفر کارکن و بیشتر به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شده است.^۲ داده‌های مورد نیاز برای متغیرهای مدل ۱ به جز متغیر سرمایه‌گذاری خارجی، از جداول آماری کارگاههای صنعتی ۵۰ نفر کارکن و بیشتر، منتشره از سوی مرکز آمار ایران (۱۴۰۳)، طی سالهای ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ جمع‌آوری شده است. داده‌های متغیر سرمایه‌گذاری خارجی نیز از پایگاه شاخص توسعه جهانی^۳ بانک جهانی (۲۰۲۴) اخذ شده‌است. تمامی متغیرها به جز متغیر نسبت خصوصی به دولتی بودن صنایع، به شکل لگاریتم طبیعی در مدل حضور دارند. با توجه به اینکه داده‌های ۱۰ صنعت در طی ۴ سال جمع‌آوری شده، لذا روش برآورد مدل پانل دیتا خواهد بود. اما با توجه به اینکه تعداد مقاطع و سال پایین است، مدل به صورت میکرو پانل خواهد بود. در ادامه، روش‌شناسی داده‌های پانل به شکل مختصر توضیح داده می‌شود. مدل پانل با بیش از یک متغیر توضیحی به صورت زیر است:

^۱. در مدل سابا و نگپاه (۲۰۲۴)، متغیر نحوه حکمرانی بین کشورها مطرح بوده و در مطالعه حاضر نیز، متغیر نحوه حکمرانی و مدیریت بنگاههای صنعتی، به صورت نسبت خصوصی به دولتی بودن صنایع تعریف شده است.

^۲. کارگاههای صنعتی به شکل کارگاههای ۱ تا ۹ نفر کارکن، ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، بین ۱۰ تا ۴۹ نفر کارکن و ۵۰ نفر کارکن و بیشتر تقسیم‌بندی می‌شوند.

^۳. World Development Indicators (WDI)

$$Y_{it} = \alpha\mu_i + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (2)$$

که در آن، Y_{it} متغیر وابسته، X_{kit} مشاهده‌ای از متغیر توضیحی k ام در مقطع i و در زمان t و u_{it} جملات خطاست. μ_i احتیاج به توضیح بیشتری دارد. μ_i شامل تمامی تفاوت‌ها و ویژگی‌های منحصر به فرد درون گروهی است. به عنوان مثال، ممکن است هر صنعت نسبت به صنعت دیگر دارای ویژگی‌های خاصی باشد که متفاوت از بقیه است. μ_i خود شامل یک جزء عرض از مبدا و مجموعه‌ای از تمام متغیرهای خاص هر صنعت است. این متغیرهای خاص هر گروه، خود شامل دو بخش قابل مشاهده و غیر قابل مشاهده است.

اثرات ثابت^۱

همان‌طور که گفته شد تفاوت‌های درون گروهی به دو قسمت مشاهده شده و غیر قابل مشاهده تقسیم‌بندی می‌شوند. حال اگر μ_i شامل متغیرهای غیر قابل مشاهده باشد و با متغیر توضیحی X_{it} همبستگی داشته باشد؛ در این حالت، برای هر صنعت یک عرض از مبدا α_i خواهیم داشت:

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (3)$$

در رابطه فوق، α_i به جای متغیرهای غیر قابل مشاهده μ_i قرار داده شده است. در این حالت، این عرض از مبدا در طول دوره مورد مطالعه ثابت است. اما از هر گروهی به گروه دیگر تغییر می‌کند. به عبارت دیگر، برای هر صنعت در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۷ ثابت است؛ اما از هر صنعتی به صنعت دیگر متفاوت خواهد بود.

اثرات تصادفی^۲

اگر μ_i ها که شامل تفاوت‌های غیر قابل مشاهده است، با متغیر توضیحی X_{it} همبستگی نداشته باشد؛ در این حالت، این تفاوت‌ها تصادفی بوده و مدل به شکل زیر خواهد بود:

$$Y_{it} = \alpha + \varepsilon_i + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (4)$$

در اینجا، به جای μ_i ، عبارت $\alpha + \varepsilon_i$ قرار داده شده است. α برای همه صناعت‌ها یکسان بوده و تصادفی نیست. اما ε_i جزء تصادفی است که مختص هر صنعت است. بنابراین، زمانی که

۱. Fixed Effects

۲. Random Effects

تفاوت‌های غیر قابل مشاهده با متغیر توضیحی همبستگی داشته باشند؛ اثرات ثابت و اگر با متغیر توضیحی همبستگی نداشته باشند، اثرات تصادفی خواهد بود. برای انتخاب بین مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی، باید از آزمون هاسمن^۱ استفاده کرد. در صورتی که فرضیه صفر آزمون هاسمن مبنی بر مدل اثرات ثابت رد شود، در این صورت مدل اثرات تصادفی انتخاب خواهد شد. همچنین قبل از انجام آزمون هاسمن، می‌بایست از آزمون F لیمر به منظور انتخاب بین مدل با داده‌های پانل و مدل با داده‌های آمیخته^۲ استفاده کرد (حقیقت و اکبر موسوی، ۲۰۱۹).

۵. یافته‌های تحقیق

در این بخش یافته‌های تحقیق ارائه می‌شود. ابتدا آزمون ریشه‌واحد برای بررسی ایستایی متغیرهای تحقیق انجام شده، سپس آزمون‌های مربوط به انتخاب نوع داده‌ها و نوع مدل برآوردی انجام می‌شود. در نهایت نیز، ۴ مدل مختلف که در هر یک از آنها، یکی از انواع نیروی کار کارگران ساده، کارگران ماهر، تکنسین‌ها و مهندسین به کار رفته، برآورد می‌شود.

۵-۱. آزمون ریشه‌واحد هریس - تاوالیس^۳

با توجه به اینکه داده‌ها از نوع پانل متوازن هستند، لذا باید از آزمون‌هایی که بدین منظور در ادبیات موضوع مطرح هستند استفاده شود. آزمون‌هایی که برای پانل‌های متوازن طراحی شدند بر این فرض استوار هستند که پارامتر اتورگرسیو برای تمام واحدهای مقطعی یکسان است. در مطالعه حاضر از آزمون ریشه‌واحد هریس-تاوالیس (HT) برای بررسی ایستایی متغیرهای تحقیق استفاده شده است. تفاوت این آزمون با آزمون لوین، لین و چو^۴ (LCC) در این است که در این آزمون، باید T (دوره زمانی) نسبت به N (تعداد مقاطع) کوچک باشد. آزمون مذکور به اصطلاح برای میکروپانل‌ها طراحی شده است. نتایج آزمون ریشه واحد HT برای متغیرهای تحقیق در جدول ۱ آمده است. بر اساس نتایج این جدول، تمامی متغیرهای تحقیق در حالت سطح ایستا بوده و ریشه‌واحد ندارند.

1. Hausman Test

2. Pooled Data

3. Harris-Tzavalis

4. Levin-Lin-Chu

جدول ۱: نتایج آزمون ریشه‌واحد هریس-تاوالیس (HT)

متغیرها	آماره آزمون	مقدار بحرانی	ارزش احتمال
ارزش افزوده تولید (LOutVal)	-۰/۱۹۵۹	-۳/۲۵۸۵	۰/۰۰۰۶
هوش مصنوعی (LAI)	۰/۰۰۰۰	-۲/۱۸۷۴	۰/۰۱۴۴
سرمایه‌گذاری خارجی (LFDI)	۰/۰۰۰۰	-۲/۱۸۷۴	۰/۰۱۴۴
تشکیل سرمایه ثابت (LFixInv)	-۰/۲۷۹۳	-۳/۷۱۴۶	۰/۰۰۰۱
کارگران ساده (LLab1)	-۰/۵۶۷۲	-۵/۲۸۸۹	۰/۰۰۰۰
کارگران ماهر (LLab2)	۰/۲۱۲۲	-۱/۶۲۷۲	۰/۰۵۲۲
تکنسین‌ها (LLab3)	-۰/۵۲۱۳	-۵/۰۳۸۳	۰/۰۰۰۰
مهندسين (LLab4)	-۰/۰۴۴۵	-۲/۴۳۰۷	۰/۰۰۷۵
نسبت خصوصی به دولتی بودن صنایع (Pri/Gov)	۰/۱۴۰۳	-۱/۴۲۰۴	۰/۰۷۷۷

منبع: یافته‌های تحقیق

۵-۲. آزمون‌های F لیمر، هاسمن، بروش-پاگان و استقلال مقاطع

بعد از انجام آزمون ریشه‌واحد و اطمینان از ایستاد بودن تمامی متغیرهای تحقیق، باید نوع داده‌ها به لحاظ تلفیقی و پانل بودن مشخص شود. همان‌طور که در بخش روش‌شناسی تحقیق نیز گفته شد، این کار توسط آزمون F لیمر انجام می‌شود. در جدول ۲، نتایج آزمون مذکور ارائه شده است. با توجه به اینکه ارزش احتمال این آزمون برای هر یک از مدل‌ها، زیر ۰/۰۵ است، لذا فرضیه صفر آزمون مبنی بر مدل با داده‌های تلفیقی رد شده و مدل با داده‌های پانل تایید می‌شود.

سپس در گام بعدی، می‌بایست یکی از مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی پانل را با استفاده از آزمون هاسمن انتخاب کرد. در صورت رد فرضیه صفر آزمون هاسمن، مدل اثرات تصادفی تایید خواهد شد. در غیر این صورت، باید مدل را به روش اثرات ثابت تخمین زد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲، ارزش احتمال آزمون هاسمن برای هر چهار مدل تحقیق، کمتر از ۰/۰۵ است؛ لذا مدل اثرات تصادفی تایید می‌شود.

حال که داده‌های پانل و مدل اثرات تصادفی تایید شده است، می‌بایست آزمون بروش-پاگان را

برای اطمینان از تلفیقی بودن داده‌ها در مقابل اثرات تصادفی انجام داد^۱. در صورت رد فرضیه صفر آزمون مبنی بر داده‌های تلفیقی، مدل با اثرات تصادفی تایید خواهد شد. بر این اساس، طبق نتایج جدول ۲، فرضیه صفر آزمون مذکور برای تمامی مدل‌های تحقیق رد شده، و بدین ترتیب تصادفی بودن اثرات تایید می‌شود. اکنون می‌توان مدل تحقیق را به شیوه اثرات تصادفی پانل تخمین زد.

در نهایت، آزمون آخر مربوط به بررسی مستقل بودن هر یک از مقاطع (۱۰ صنعت منتخب) از یکدیگر است. فرضیه صفر این آزمون، بیانگر وجود استقلال در بین مقاطع است. با توجه به نتایج جدول ۲، مقدار ارزش احتمال آزمون برای تمامی مدل‌ها از ۰/۰۵ بیشتر بوده و فرضیه صفر رد نشده است. بدین ترتیب، مستقل بودن مقاطع از یکدیگر تایید می‌شود.

جدول ۲: نتایج آزمون F لیمر، آزمون هاسمن و آزمون بروش-پاگان

نوع مدل	آزمون F لیمر		آزمون هاسمن		آزمون بروش-پاگان		آزمون استقلال مقاطع	
	آماره آزمون	ارزش احتمال	آماره آزمون	ارزش احتمال	آماره آزمون	ارزش احتمال	آماره آزمون	ارزش احتمال
مدل ۱	۳۶/۴۴	۰/۰۰۰۰	۴/۶۲	۰/۴۶۳۶	۱۹/۹۸	۰/۰۰۰۰	-۱/۳۷۷	۰/۱۶۸۵
مدل ۲	۳۴/۱۵	۰/۰۰۰۰	۲/۹۴	۰/۷۰۹۱	۱۹/۳۶	۰/۰۰۰۰	-۱/۳۰۱	۰/۱۹۳۴
مدل ۳	۱۵/۴۳	۰/۰۰۰۰	۴/۱۶	۰/۵۲۶۸	۳۰/۸۶	۰/۰۰۰۰	-۱/۳۱۶	۰/۱۸۸۳
مدل ۴	۳۱/۷۶	۰/۰۰۰۰	۶/۷۶	۰/۲۳۹۳	۳۴/۵۱	۰/۰۰۰۰	-۰/۷۸۴	۰/۴۳۳۲

منبع: یافته‌های تحقیق

۵-۳. تخمین مدل

در این قسمت نتایج تخمین مدل به روش اثرات تصادفی در جدول ۳ ارائه شده است^۲. چهار مدل که در آنها متغیر نیروی کار متفاوت بوده، برآورد شده است.

جدول ۳: نتایج تخمین مدل

متغیرها	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ۴
---------	-------	-------	-------	-------

^۱. لازم به ذکر است در صورت انتخاب مدل اثرات ثابت، نیازی به این آزمون نبود.

^۲. لازم به ذکر است که دو مدل ۱ و ۲، دارای خودهمبستگی مرتبه اول بوده و بعد از رفع این مشکل، مدل به روش GLS تخمین زده شده است.

۷/۴۲۳۶*** (۴/۶۴)	۶/۵۹۴۰*** (۴/۰۰)	۳/۷۹۸۷ (۱/۴۸)	۵/۰۷۵۱** (۱/۹۲)	عرض از مبدا (C)
۰/۲۴۳۵*** (۱۱/۲۱)	۰/۲۵۵۱*** (۱۰/۷۵)	۰/۲۰۸۵*** (۵/۳۷)	۰/۱۹۱۰*** (۵/۰۰)	هوش مصنوعی (LAI)
-۱/۳۶۴۴*** (-۱۲/۱۱)	-۱/۰۱۰۰*** (-۸/۴۰)	-۰/۸۱۵۱*** (-۴/۴۱)	-۰/۸۶۷۱*** (-۴/۶۵)	سرمایه‌گذاری خارجی (LFDI)
۰/۱۸۳۵*** (۵/۲۰)	۰/۱۱۵۵*** (۲/۷۰)	۰/۴۶۴۸*** (۹/۷۶)	۰/۴۹۹۸*** (۱۱/۶۲)	تشکیل سرمایه ثابت (LFixInv)
۰/۹۱۰۴ (۰/۵۸)	۲/۰۴۹۷ (۱/۲۵)	۱/۷۵۳۴ (۰/۶۷)	۱/۱۹۴۲ (۰/۴۵)	نسبت خصوصی به عمومی بودن (Pri/Gov)
			۰/۴۲۱۳*** (۶/۱۴)	کارگران ساده (LLab1)
		۰/۵۷۱۷*** (۶/۲۸)		کارگران ماهر (LLab2)
	۰/۹۶۰۲*** (۱۰/۸۴)			تکنسین‌ها (LLab3)
۰/۸۲۵۲*** (۱۰/۰۲)				مهندسين (LLab4)
۱۱/۴۵ (۰/۲۴۶۱)	۹/۰۳ (۰/۴۳۴۲)	-۵۸/۶۷ (۱/۰۰۰۰)	۱۵/۳۴ (۰/۰۸۲۱)	آزمون ناهمسان واریانس
۲/۰۶۹ (۰/۱۸۴۱)	۲/۷۵۱ (۰/۱۳۱۶)	۶/۷۲۷ (۰/۰۲۹۰)	۶/۷۹۰ (۰/۰۲۸۵)	آزمون خودهمبستگی
۱۶۳۰/۱۶ (۰/۰۰۰۰)	۱۴۷۰/۷۰ (۰/۰۰۰۰)	۹۶۸/۲۵ (۰/۰۰۰۰)	۱۰۱۹/۴۰ (۰/۰۰۰۰)	آماره والد

منبع: یافته‌های تحقیق

*** معنی‌داری در سطح ۱٪ و ** معنی‌داری در سطح ۵٪

اعداد داخل پرانتز برای ضرایب، نشان‌دهنده آماره Z، و اعداد داخل پرانتز برای آزمون‌های تشخیص، نشان‌دهنده ارزش احتمال آنها است.

همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، ۴ مدل بر اساس نیروی کارهای مختلف تخمین زده شده است. در تمامی مدل‌ها، همه متغیرهای تحقیق به جز نسبت خصوصی به عمومی بودن بنگاه‌ها، در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و علامت مورد انتظار را نیز دارند. لازم به ذکر است با توجه به اینکه تمامی متغیرهای مدل به جز متغیر نسبت خصوصی به دولتی بودن صنایع، به شکل لگاریتمی

هستند، لذا تفسیر متغیرها به صورت کشش خواهد بود. بر این اساس، در مدل ۱، که از متغیر نیروی کار ساده در آن استفاده شده، متغیر هوش مصنوعی با ضریب ۰/۱۹۱۰ بر ارزش افزوده صنایع منتخب مؤثر است. به طوری که افزایش یک درصدی در هوش مصنوعی، می‌تواند ارزش افزوده صنایع منتخب را بیش از ۰/۱۹ درصد افزایش دهد. در مدل‌های ۲، ۳ و ۴ که به ترتیب از نیروی کار ماهر، تکنسین‌ها و مهندسین استفاده شده، تأثیرگذاری متغیر هوش مصنوعی بر ارزش افزوده صنایع منتخب نیز بیشتر شده است. به طوری که در مدل ۳ با نیروی کار تکنسین، ضریب هوش مصنوعی برابر ۰/۲۵۵۱ و برای مدل ۴ با نیروی کار مهندس، برابر با ۰/۲۴۳۵ بوده است. با توجه به مثبت بودن ضرایب برآوردی برای متغیر هوش مصنوعی، یک درصد افزایش در آن، میزان ارزش افزوده صنایع منتخب را بر حسب مدل‌های ۳ و ۴، به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۲۴ درصد افزایش خواهد داد که بیشتر از دو مدل ۱ و ۲ است. این موضوع نشان می‌دهد که هوش مصنوعی در صناعی که از نیروی کار ماهرتر استفاده می‌کند، میزان اثرگذاری آن بر ارزش افزوده به مراتب بیشتر می‌شود.

۶. نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی پدیده جدیدی محسوب می‌شود که مزایا و معایب فراوانی در تمام شئون زندگی بشر، چه از لحاظ اقتصادی و چه از لحاظ اجتماعی دارد. این مزایا شامل ساده‌سازی، صرفه‌جویی در زمان، حذف جهت‌گیری‌ها و خودکار کردن کارهای تکراری می‌شود. همچنین برخی از معایب آن شامل اجرای پرهزینه، از دست رفتن مشاغل، کمبود احساسات و خلاقیت است. همان طور که سیستم‌های هوش مصنوعی به طور فزاینده‌ای پیچیده می‌شوند، پتانسیل استفاده و سوء استفاده از آنها نیز افزایش خواهد یافت.

با توجه به اهمیت موضوع، در مطالعه حاضر به بررسی تأثیرات هوش مصنوعی بر ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی ایران (با محوریت نیروی کار) به تفکیک کدهای دو رقمی ISIC ویرایش چهارم در طی دوره ۱۳۹۷-۱۴۰۰ پرداخته شد. نتایج نشان داد زمانی که صنایع از نیروی کار ساده استفاده می‌کنند، متغیر هوش مصنوعی با ضریب ۰/۱۹۱۰ بر ارزش افزوده صنایع منتخب مؤثر است. به طوری که افزایش یک درصدی در هوش مصنوعی، می‌تواند ارزش افزوده صنایع منتخب را بیش از ۰/۱۹ درصد افزایش دهد. با به کارگیری نیروی کار ماهر، تکنسین‌ها و

مهندسين، تأثیرگذاری متغیر هوش مصنوعی بر ارزش افزوده صنایع منتخب نیز بیشتر می‌شود. به‌طوری که با نیروی کار تکنسین، ضریب هوش مصنوعی برابر ۰/۲۵۵۱ و با به‌کارگیری نیروی کار مهندس، برابر با ۰/۲۴۳۵ بوده است. با توجه به مثبت بودن ضرایب برآوردی برای متغیر هوش مصنوعی، یک درصد افزایش در آن، میزان ارزش افزوده صنایع منتخب را بر حسب نیروهای کار تکنسین و مهندس به‌ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۲۴ درصد افزایش خواهد داد که بیشتر از به‌کارگیری نیروهای کار ساده و ماهر است. این موضوع نشان می‌دهد که میزان اثرگذاری هوش مصنوعی بر ارزش افزوده صنایعی که از نیروی کار ماهرتر استفاده می‌کند، به مراتب بیشتر است.

تجزیه و تحلیل وضعیت ایران به لحاظ شاخص‌های بین‌المللی هوش مصنوعی نظیر شاخص موسسه آکسفورد اینسایتس، نشان داد که کشور ایران در این حوزه وضعیت مطلوبی ندارد. این امر ناشی از میزان بالای عدم توازن زیرشاخص‌ها در آمادگی جهت استقرار هوش مصنوعی در ایران است که می‌تواند نشان‌دهنده عدم توجه و دقت دولت در سرمایه‌گذاری و فراهم کردن شرایط و زیرساخت‌های لازم جهت بهره‌مندی از مزایای هوش مصنوعی باشد؛ خود این موضوع نیز، منجر به دریافت خدمات عمومی بسیار ضعیف‌تر از این مزیت در آینده خواهد شد. با مقایسه وضعیت ایران با کشورهای منطقه خاورمیانه در این حوزه، به نظر می‌رسد ظرفیت دانشی مناسبی برای توسعه حوزه هوش مصنوعی در کشور فراهم است و لذا می‌توان از این ظرفیت در جهت توسعه و پیشرفت کشور در فناوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی بهره برد. بر این اساس پیشنهادات ذیل ارائه می‌شود:

۱. تدوین استراتژی ملی هوش مصنوعی و ایجاد یک نهاد متولی برای آن.
۲. تدوین برنامه‌های سیاستی برای تجاری‌سازی دانش تولید شده در کشور.
۳. حمایت از ظرفیت‌ها و کسب و کارهای دانش بنیان و فناوری حوزه هوش مصنوعی.
۴. شناسایی شرکت‌های بزرگ توانمند در حوزه هوش مصنوعی و تشویق آنها به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه.

فهرست منابع:

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American economic review*, 108(6), 1488-1542.
- Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2018). Artificial intelligence and economic growth. In *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 237–282). University of Chicago Press.
- Aldasoro, I., Doerr, S., Gambacorta, L., & Rees, D. (2024). The impact of artificial intelligence on output and inflation (No. 1179). Bank for International Settlements.
- Bandari, V. (2019). The impact of artificial intelligence on the revenue growth of small businesses in developing countries: an empirical study. *Reviews of Contemporary Business Analytics*, 2(1), 33-44.
- Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at work. *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768.
- Haghighat, J., & Akbar Mousavi, S. S. (2019). *Applied econometrics with JMulTi, EViews 10 and Stata 15.1 softwares*, Noorelm publications, Tehran, Iran. (In Persian)
- Krishnan, L. R. K. (2022). Impact of Using AI in Manufacturing Industries. *Journal of the International Academy for Case Studies*, 28.
- Liu, J., Jiang, X., Shi, M., & Yang, Y. (2024). Impact of artificial intelligence on manufacturing industry global value chain position. *Sustainability*, 16(3), 1341.
- Lu, C. H. (2021). The impact of artificial intelligence on economic growth and welfare. *Journal of Macroeconomics*, 69, 103342.
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60.
- Oxford Insights (2019). *Government AI Readiness Index*. Canada.
- Oxford Insights (2020). *Government AI Readiness Index*. Canada.
- Oxford Insights (2021). *Government AI Readiness Index*. Canada.
- Oxford Insights (2022). *Government AI Readiness Index*. Canada.
- Oxford Insights (2023). *Government AI Readiness Index*. Canada.
- Saba, C. S., & Ngepah, N. (2024). The impact of artificial intelligence (AI) on employment and economic growth in BRICS: Does the moderating role of governance Matter?. *Research in Globalization*, 8, 100213.

- Saba, C. S., & Pretorius, M. (2024). The impact of artificial intelligence (AI) investment on human well-being in G-7 countries: Does the moderating role of governance matter?. *Sustainable Futures*, 7, 100156.
- Shiri, M. & Fotros, M. H. (2024). Application of artificial intelligence in predicting GDP and unemployment rate, and their mutual impact on the economy of Iran. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 12(48), 107-132.
- Smith, A., & Anderson, J. (2014). *AI, Robotics, and the Future of Jobs*. Pew Research Center, 6.
- Statistical Centre of Iran. (2024). *Definitions and Concepts: Fixed Capital Formation*, Tehran, Iran. (In Persian)
- Statistical Centre of Iran. (2024). *Statistical tables of industrial firms with 50 or more employees by province and activity*, Tehran, Iran (In Persian).
- The World Bank, *World Development Indicators*, Available: <https://databank.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/1ff4a498/Popular-Indicators> (Accessed, August 2024).
- Zhao, P., Gao, Y., & Sun, X. (2022). How does artificial intelligence affect green economic growth?—Evidence from China. *Science of The Total Environment*, 834, 155306.