

Original Article

Artificial Intelligence in the Context of Digital Transformation: A Diagnostic Reappraisal of Concepts and Applications

Mohammad Mahdi Ghaemi Nia ^{1*}, Sepehr Asadian Feili ², Shirin Amirifard ³

1. Assistant Professor, Faculty of Governance, University of Tehran, Tehran, Iran (*Corresponding Author).
m.ghaeminia@ut.ac.ir

2. Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
sepehr.asadianfeili@iau.ir

3. Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
shirin.amirifard@iau.ir

Received: Jul. 07, 2025; Revised: Aug. 05, 2025; Accepted: Aug. 11, 2025

DOI: [10.48308/jpap.2025.240557.1487](https://doi.org/10.48308/jpap.2025.240557.1487)

Abstract

Purpose: The primary objective of this article is to provide precise answers and establish a robust foundation for a deeper understanding of the concepts and applications of artificial intelligence within the context of digital transformation. This is achieved by addressing questions regarding the concept of intelligentization and its distinction from the implementation of artificial intelligence, the relationship of automation with these concepts, the general stages and priorities in implementing intelligent models, and ultimately, the nature of digital transformation from the perspective of its relationship with intelligence and intelligentization.

Design/ methodology/ approach: The research in this study was conducted using the "qualitative content analysis" method, which serves as a framework for data analysis. This method, in the present article, with its systematic yet flexible mechanism, is shaped by an emphasis on social phenomenological narratives and focuses on extracting themes, patterns, and latent concepts from textual data. Generally, this method aims to interpret social phenomena to understand the context, hidden intentions, and semantic structures within documents. The textual data for this research were obtained by reviewing a collection of over 50 books, articles, reports, and specialized scientific texts related to digital transformation, intelligentization, and artificial intelligence, as well as their conceptual understanding and functionality, with additional use of the MAXQDA software.

Research Findings: The article, in its findings section, presents a dual perspective on the phenomenon of digital transformation, addressing ambiguities, redefining concepts, roles, functions, and some fundamental characteristics. First, it examines the technical evolution, starting with a detailed exploration of the digital transformation trajectory, from its precursor in the first industrial revolution, namely "mechanization," to the recognition of "automation," "artificial intelligence," and "intelligentization." It provides a summary of the historical growth trajectory, the characteristics of each, and the subtle differences between them, primarily focusing on understanding the technical features of the stages of digital transformation. The second perspective focuses on analyzing changes in processes, not from the perspective of technical events, but from the transformations in mechanisms and capabilities achieved in businesses and industries, succinctly explaining the stages from digitization to digital transformation. These two perspectives complement each other clearly, providing an accurate portrayal of the defined concepts.

Limitations & Consequences: One of the limitations affecting the progress of this research was the time constraint, given the volume of literature and concerns related to the article's objective, which naturally hindered conducting a comprehensive study and presenting an ideal conceptual framework. Therefore, prioritizing concepts from the perspective of addressing fundamental issues in this field was



Copyright: © 2025 by the authors. Published by Shahid Beheshti University. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

adopted, and as evident in the article's concluding section, broader exploration and extending the research to more complex layers of the discussion domain have been strongly recommended for defining future steps. Another significant limitation, given the qualitative nature of the research based on content data analysis, was the access to the full text of some documents and articles, which in practice led to suboptimal utilization of the details and in-depth layers of certain theories. Nevertheless, the current research endeavored to maximize the use of available resources, and concurrently, efforts were made to establish connections with research colleagues at leading global universities to access some of these resources.

Practical Consequences: The research team believes that the output of this study can lead to restructuring and organizing the perceptual layers regarding some fundamental concepts related to artificial intelligence and digital transformation for audiences in the country at all three levels of governance, academia, and industry. It is evident that this will foster greater intellectual convergence and lay a more effective foundation for developmental and promotional programs in the targeted domain.

Innovation or value of the Article: The focus on a deeper understanding, achieved through simplifying and organizing the highly complex mechanisms of some fundamental concepts in the field of artificial intelligence and digital transformation, can be considered the originality of this article.

Paper Type: Original Paper

Keywords: AI, Smartening, Automation, Digitization, Digitalisation, Digital Transformation.

How to Cite: Ghaemi Nia, Mohammad Mahdi; Asadian Feili, Sepehr, Amirifard, Shirin (2025). Artificial Intelligence in the Context of Digital Transformation: A Diagnostic Reappraisal of Concepts and Applications. *Public Adm Perspect.*, 16(2), 80-103 (In Persian).

مقاله پژوهشی

هوش مصنوعی در بستر تحول دیجیتال: بازنامی آسیب‌شناختی در درک مفاهیم و کاربردها

محمد مهدی قائمی نیا^{۱*}، سپهر اسدیان فیلی^۲، شیرین امیری فرد^۳

۱. استادیار، دانشکده حکمرانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (*نویسنده مسئول).

m.ghaemini@ut.ac.ir

۲. واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

sepehr.asadianfeili@iau.ir

۳. واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

shirin.amirifard@iau.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰

DOI: [10.48308/jpap.2025.240557.1487](https://doi.org/10.48308/jpap.2025.240557.1487)

چکیده

هدف: هدف اصلی مقاله، یافتن پاسخ دقیق و ارائه مبنایی متقن جهت درک هرچه عمیق‌تر مفاهیم و کاربردهای هوش مصنوعی در بستر تحول دیجیتال است که از طریق پاسخ به پرسش‌هایی در خصوص مفهوم هوشمندسازی و تفاوت آن با پیاده‌سازی هوش مصنوعی، نسبت اتوماسیون با این مقولات، مراحل کلی و تقدم و تاخرهای پیاده‌سازی مدل‌های هوشمند و در نهایت چبستی تحول دیجیتال از منظر نسبت با هوش و هوشمندسازی، حاصل خواهد گشت.

طراحی / روش‌شناسی / رویکرد: تحقیق این پژوهش، بر اساس روش «تحلیل کیفی محتوا» انجام شده که به عنوان چارچوبی برای تحلیل داده‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. این روش در مقاله حاضر، با برخورداری از سازوکار نظام‌مند ولی انعطاف‌پذیر خود، با تأکید بر پی‌رنگ پدیدارشناسی‌های اجتماعی شکل گرفته، بر استخراج مضامین، الگوها و مفاهیم پنهان در داده‌های متنی متمرکز می‌باشد. این روش به طور کلی، بر آن است تا با نگاهی تفسیری به مقولات اجتماعی، به فهم زمینه و بافتار، نیات پنهان و ساختارهای معنایی درون اسناد بپردازد. داده‌های متنی این تحقیق، بر اساس بررسی مجموعه‌ای شامل بیش از ۵۰ کتاب، مقاله، گزارش و متون علمی و تخصصی در رابطه با مقوله تحول دیجیتال، هوشمندسازی و هوش مصنوعی و درک مفاهیم و نوع کارکرد آنها و با بهره‌گیری تکمیلی از نرم‌افزار MAXQDA بدست آمده است.

یافته‌های پژوهش: مقاله در بخش یافته‌های خود، نگاهی از دو زاویه را به پدیده تحول دیجیتال، حل ابهامات و بازتبیین مفاهیم، جایگاه‌ها، کارکردها و برخی ویژگی‌های اساسی آن، ارائه نموده است: ابتدا سیر تطور فنی و سپس سیر تطور صنعت. تطور نوع اول، با آغاز تدقیق در سیر تحول دیجیتال، از پیش زمینه آن در انقلاب صنعتی اول، یعنی «مکانیزاسیون»، به بازشناسی «اتوماسیون»، «هوش مصنوعی» و «هوشمندسازی» اختصاص یافته و خلاصه‌ای از مسیر رشد تاریخی و ویژگی‌های هر یک و نیز نقاط ظریف مربوط به برخی تفاوت‌های میان آنها را پیش روی نهاده و در واقع، بیشتر ناظر بر فهم ویژگی‌های فنی مراحل تحول دیجیتال به پیش می‌رود. اما تطور دوم، متمرکز بر تحلیل تغییرات فرایندها، نه از جنس رخدادهای فنی، بلکه از جنس تحولات مکانیزم‌ها و قابلیت‌های حاصل شده در کسب‌کارها و صنایع است که به تبیین موجز مراحل رقومی‌سازی تا تحول دیجیتال می‌پردازد. این دو زاویه نگاه، به نحوی روشن، به صورت مکمل یکدیگر در ارائه تصویری صحیح نسبت به مقولات تعریف شده، عمل می‌نماید.

محدودیت‌ها و پیامدها: یکی از محدودیت‌های حاکم بر پیشبرد این پژوهش، محدودیت زمانی با توجه به حجم ادبیات و دغدغه‌های مرتبط با مسئله هدف مقاله بود که طبعاً مانع از انجام یک پژوهش همه‌جانبه و ارائه یک چارچوب ایده‌آل مفهومی می‌گشت. لذا اولویت‌بندی مفاهیم، از منظر پرداخت به مباحث بنیادین این حوزه، در دستور کار قرار گرفت و همان‌گونه که در بخش انتهایی مقاله نیز قابل مشاهده است،



کاوش وسیع‌تر و امتداد پژوهش به لایه‌های پیچیده‌تر قلمرو بحث، به طور جدی برای تعریف گام‌های آتی، پیشنهاد گردیده است. محدودیت جدی بعدی، با توجه به ماهیت تحلیل کیفی پژوهش که مبتنی بر تحلیل داده‌های محتوایی انجام می‌گشت، دسترسی به متن کامل برخی مستندات و مقالات بود که در عمل، منجر به عدم بهره‌گیری مطلوب از جزئیات و لایه‌های تفصیلی برخی نظریات می‌گشت. با این حال تلاش پژوهش حاضر بر این بوده که از ظرفیت منابع موجود، استفاده حداکثری گشته و به موازات آن، ارتباط‌گیری با برخی از همکاران پژوهشگر در دانشگاه‌های مطرح جهان، جهت امکان دسترسی به برخی از منابع، در دستور کار قرار گیرد.

پیامدهای عملی: باور تیم پژوهشی مقاله بر این است که خروجی این تحقیق، می‌تواند منجر به ساختاربندی مجدد و نظم‌بخشی به لایه‌های ادراکی در خصوص برخی مفاهیم بنیادین مرتبط هوش مصنوعی و تحول دیجیتال، برای مخاطبان کشور، در هر سه سطح حکمرانی، دانشگاهی و صنعتی گردد. بدیهی است که این مهم، زمینه همگرایی بیشتر فکری و پی‌ریزی موثرتر برنامه‌های توسعه‌ای و ترویجی در قلمرو هدف را فراهم خواهد نمود.

ابتکار یا ارزش مقاله: تمرکز بر فهم عمیق‌تر، از رهاورد توجه به ساده‌سازی و نظم‌بخشی به تصویر سازوکار بسیار پیچیده برخی مفاهیم بنیادین حوزه هوش مصنوعی و تحول دیجیتال را می‌توان به عنوان ابتکار این مقاله برشمرد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلمات کلیدی: هوشمندسازی، اتوماسیون، رقومی‌سازی، دیجیتالی‌سازی، تحول دیجیتال، هوش مصنوعی

استناددهی: قائمی‌نیا، محمد مهدی، اسدیان فیلی، سپهر؛ امیری‌فرد، شیرین (۱۴۰۴). هوش مصنوعی در بستر تحول دیجیتال: بازتاملی آسیب‌شناختی در درک مفاهیم و کاربردها. چشم‌انداز مدیریت دولتی، ۱۶(۲)، ۸۰-۱۰۳.

بحران درک مفاهیم بنیادین در مسیر تحول دیجیتال ایران

در عصر انقلاب صنعتی چهارم، تحول دیجیتال^۱ به عنوان پارادایمی اجتناب‌ناپذیر برای بقا و رقابت‌پذیری اقتصادها شناخته می‌شود. هوش مصنوعی (Verhoef et al., 2021; Schwab, 2017). با این حال، تجربه جهانی در این خصوص، نشانگر چالش‌های جدی از منظر در بستر تحول پیاده‌سازی این رویکرد مهم در سطح شرکت‌ها، صنعت و دولت است، به نحوی که گزارش‌های منتشر شده توسط شرکت‌های دیجیتال ... مطرح مشاوره مدیریتی همچون بی سی جی^۲ و مک کینزی^۳ حاکی از آمار شکست حدود ۷۰ درصدی اینگونه طرح‌ها در مرحله اجرا می‌باشد (BCG, 2020; McKinsey & Company, 2019)؛ آماري که به طور تفصیلی و دقیق، در آثاری همچون «چرا تحول دیجیتال شکست می‌خورد؟» (Saldanha, 2019) مورد تبیین آسیب‌شناختی و چاره‌جویی‌های متناسب و اقتضایی واقع گردیده است.

ماجرای پیشبرد امر تحول دیجیتال در ایران نیز با چالش‌های ساختاری عمیقی مواجه بوده است که بخش قابل توجهی از آن نه به محدودیت‌های فنی، بلکه به سوءتفاهم‌های مفهومی پایه‌ای رایج در این زمینه بازمی‌گردد. به عنوان نمونه، بسیاری از فعالان و ذینفعان - از سیاست‌گذاران تا مجریان - مفاهیمی چون «رقومی‌سازی»^۴، «دیجیتالی‌سازی»^۵ و «تحول دیجیتال»^۶ را به کرات به جای یکدیگر به کار برده و یا ماهیت میان‌رشته‌ای و استراتژیک آن را نادیده گرفته‌اند. عدم درک واحد و البته صحیح از مقولات ذیل فرایندهای «خودکارسازی»^۷، «هوشمندسازی» و «هوش مصنوعی» و جایگاه و موقعیت کاربرد مناسب هریک از آنها در مسیر توسعه سیستمی و تحول دیجیتال شرکت‌ها و صنایع، از چالش‌های دیگر در این راستا می‌باشد. لذا این‌گونه سوءتفاهم‌ها و ناسازگاری‌های ذهنی و مفهومی نه تنها در سطح نظری، بلکه در طراحی راهبردها، تخصیص منابع و ارزیابی پروژه‌ها کاملاً تبلور یافته و منجر به طراحی راهبردهای ناکارآمد و بسیار هزینه‌زا شده و نتایج نامطلوب ذیل را به همراه داشته است:

- **اتلاف منابع ملی:** بخش عمده‌ای از اساتید و نخبگان فن، واقفند که اجرای پروژه‌های پراکنده تحت عنوان «تحول دیجیتال» بدون درک لایه‌های سازمانی، فرهنگی و اکوسیستمی آن طی دهه گذشته، سالانه میلیاردها تومان بودجه عمومی را در ایران به هدر داده است (مثال: پروژه‌های شکست‌خورده دولت الکترونیک با تمرکز صرف بر اسکن اسناد).
- **شکاف بین انتظار و واقعیت:** تقلیل تحول دیجیتال به «خرید سخت‌افزار» یا «توماسیون اداری»، ناکامی در دستیابی به اهداف کلان مانند چابکی سازمانی، نوآوری باز یا مدل‌های درآمدی جدید را تضمین می‌کند.
- **فقدان چارچوب بومی:** کپی‌برداری سطحی از الگوهای غربی بدون تطبیق با الزامات اقتصاد ایران (مثل تحریم‌ها، زیرساخت‌های ناهمگون، قوانین متعارض) تشدیدکننده شکاف مفهومی است.

¹ Digital Transformation

² BCG (Boston Consulting Group)

³ McKinsey&Company

⁴ Digitization

⁵ Digitalization

⁶ Digital Transformation

⁷ Automation

- **پیامدهای اجتماعی:** نادیده گرفتن مؤلفه‌های انسانی تحول (فرهنگ دیجیتال، مقاومت در برابر تغییر، شکاف مهارتی) منجر به بی‌اعتمادی عمومی و کاهش پذیرش فناوری شده است. (Izadyar, 1403; Koushki et al., 1400; Way2Pay, 1401; Zare, 1398)

لذا این مقاله بر آن است تا با تاملی جدی در ادبیات هوشمندسازی و تحول دیجیتال، به تبیین دقیق برخی مفاهیم کلیدی در این زمینه پرداخته و مسیری را به منظور درک ماهیت هریک جهت بهره‌گیری در مسیر تحول دیجیتال کسب‌وکارها چه از منظر صنعت و چه از زوایه نگاه حکمرانی کلان فراهم آورد. این مهم از طریق جستار در پرسش‌های ذیل، به عنوان پرسش‌های اصلی تحقیق، به پیش رفته است.

- ۱- هوشمندسازی دقیقاً به چه معناست و چه تفاوتی با پیاده‌سازی هوش مصنوعی دارد؟
- ۲- اتوماسیون در چه نسبتی با مکانیزاسیون و این دو در چه ارتباطی با هوشمندسازی و هوش مصنوعی قرار دارد؟
- ۳- پیاده‌سازی مدل‌های هوشمند در شرکت‌ها شامل چه مراحل کلی و تقدم و تاخرهایی است؟
- ۴- تحول دیجیتال دقیقاً چیست و در چه نسبتی با مفاهیم حوزه هوش و هوشمندسازی قرار دارد؟

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

دنیای امروز، دو مقوله تحول دیجیتال و هوش مصنوعی را به عنوان دو نیروی محوری در بازتعریف سازمان‌ها، اقتصادها و جوامع آن، به نظاره نشسته است. از یک سو، تحول دیجیتال به معنای تلفیق فناوری‌های دیجیتال در بسیاری از حوزه‌های کسب‌وکار یا جامعه، عملیات مربوط به ارائه ارزش و تعاملات ذی‌نفعان را به نحوی جدی دگرگون ساخته (Vial, 2019) و از سوی دیگر، هوش مصنوعی به عنوان زیرمجموعه‌ای از این فناوری‌ها، سیستم‌ها را قادر به انجام وظایفی ساخته که عموماً در سطحی بسیار فراتر از سطح بهره‌گیری از هوش انسانی، تحقق می‌یابد، هر چند که اغلب در لایه‌های بنیادین خود، مستلزم بنای بر هوش انسانی است (Russell & Norvig, 2020). اما نکته قابل تامل، آن است که هرچند هم‌گرایی هوش مصنوعی و تحول دیجیتال توجهات علمی فراوانی را برانگیخته، اما فقدان وضوح مفهومی پیرامون ماهیت و اصطلاحات رایج هریک، چالش‌هایی را هم برای نظریه^۱ و هم برای عمل^۲ ایجاد کرده است. به عنوان نمونه، مفهوم تحول دیجیتال، هرچند به طور گسترده‌ای مورد بحث واقع شده، اما تعریف آن همچنان محل مناقشه است.

به عنوان نمونه، وسترن و همکاران (۲۰۱۴) تحول دیجیتال را بکارگیری فناوری برای بهبود رادیکال عملکرد یا گستره سازمانی می‌دانند که بر کارایی عملیاتی و مزیت رقابتی تأکید دارد و در مقابل، ویال (۲۰۱۹) دیدگاهی کل‌نگرتر اتخاذ کرده و تحول دیجیتال را فرایندی توصیف می‌کند که با بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال، سازوکارهای کسب‌وکار، فرهنگ و تجربیات مشتری را برای پاسخ به نیازهای متغیر بازار، ایجاد یا اصلاح می‌کند. این دیدگاه، ابعاد فنی-اجتماعی^۳ دنیای فناوری‌های دیجیتال، شامل فرهنگ سازمانی و مشارکت ذی‌نفعان را برجسته می‌سازد.

اما شاید در این میان، بتوان یکی از جالب‌ترین نظریات را به راجرز (۲۰۲۳) نسبت داد که به صراحت، قلمرو تعریف مرزهای تحول دیجیتال را بسیار فراتر از بکارگیری فناوری تصویر کرده و بر این باور است که تحول دیجیتال اساساً نه در مورد فناوری، که متمرکز بر استراتژی، رهبری و مسیرهای نوین تفکر در کسب‌وکار است. به عقیده او تحول دیجیتال یک روش بسیار خاص برای

¹ Theory

² Practice

³ Sociotechnical

ترادیدی یک کسب‌وکار شکل‌یافته^۱ جهت رشد و رونق در دنیای سرشار از تغییرات دیجیتال است. وی در همان فصول آغازین کتاب پر فروش خود تحت عنوان «نقشه راه تحول دیجیتال»^۲ بر سه نکته بنیادین به شرح ذیل تأکید دارد:

«نخست آنکه تحول دیجیتال درباره کسب‌وکار است و نه فناوری. تلاش‌های تحول دیجیتال، اغلب مبتنی بر فناوری‌های هدفی که باید به کار گرفته شوند (از قبیل هوش مصنوعی، بلاک‌چین، رباتیک، رایانش ابری و غیره) تعریف می‌شود. اگرچه به طور قطع، فناوری بخشی از اجرای هر استراتژی دیجیتالی است که پی‌ریزی می‌شود، اما چارچوب هر نوع تحول دیجیتال، بر اساس [مولفه‌های] کسب‌وکار، کارکنان و مشتریان است که شکل می‌یابد - و نه حول لیستی از فناوری‌هایی که باید مورد بهره‌برداری واقع شود.

دوم، تحول دیجیتال، درباره تغییر یک سازمان موجود است و نه خلق یک استارت‌آپ. ماموریت استارت‌آپ، جستجوی یک مدل کسب‌وکار سودده و سپس رشدبخشی به سازمانی جدید به عنوان پشتوانه توسعه آن است. اما یک کسب‌وکار مستقر و شکل‌یافته، خود دارای هر دو مولفه مدل کسب‌وکار و سازمان - متشکل از کارکنان، مشتریان، انواع محصول، شبکه‌های توزیع، شرکا و فرهنگ و روش انجام کار قوام یافته‌ای است ...

سوم، تحول دیجیتال، یک فرایند مستمر است؛ نه پروژه‌ای با تاریخ شروع و پایان، چرا که انقلاب دیجیتال (شامل پیدایش اینترنت، تغییرات به سمت استفاده از گوشی‌همراه و یا رایانش ابری) صرفاً یک تغییر ساده نبوده که به یکباره رخ داده و ما را ناچار به پذیرش نماید. انقلاب دیجیتال، یک شتاب مستمر در تغییر بوده که مبتنی بر امواج موفق فناوری‌های نوین شکل یافته و به سمت بازخلق رفتارهای مشتری، مدل‌های کسب‌وکار و سامانه‌های اقتصادی تا آینده به پیش خواهد رفت.» (Rogers, 2023, pp. 6-7)

از مفهوم تحول دیجیتال که عبور کنیم، ماجرای مفهوم هوش مصنوعی نیز مستثنای از واگرایی‌های تعریف شده و به تبع آن، کژتابی‌های مرسوم در ادراک و روش اجرا نیست. ابهامات و اختلاف نظرهای موجود بر سر تعریف مرزهای هوش مصنوعی و تفاوت آن با هوشمندسازی و یا اتوماسیون و اولویت‌یندی‌های ناظر بر هر یک در ادبیات مرتبط، مورد اشاره‌های فراوان واقع شده است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- بحث‌های گوناگون در خصوص چالش‌های تعریف هوش مصنوعی از منظر میزان یا نوع تفاوت با هوشمندسازی و اتوماسیون (Davenport & Bean, 2025; Davenport & Ronanki, 2018; Kitsios & Kamariotou, 2021)
- تاملات مختلف در مرزهای تعریف فناوری‌های زیرساختی هوش مصنوعی همچون یادگیری ماشین^۳، یادگیری عمیق^۴، پردازش زبان طبیعی^۵ و یا سطوح پیشرفت آن در لایه‌های موسوم به عمومی^۶، تخصصی^۷ و فرابشری^۸ و نیز هوش مصنوعی عاملیت‌محور^۹ (Bewersdorff et al., 2023; Nasscom, 2025; Rashid & Kausik, 2024)

¹ Established

² The Digital Transformation Roadmap

³ Machine Learning

⁴ Deep Learning

⁵ Natural Language Processing (NLP)

⁶ Artificial General Intelligence (AGI)

⁷ Artificial Narrow Intelligence (ANI)

⁸ Artificial Super Intelligence (ASI)

⁹ Agentic Artificial Intelligence

- واکاوی دغدغه‌ها و ابهامات گسترده و گاه نظریه‌های متضاد مربوط به نسبت هوش مصنوعی با مغز انسان، از دو زاویه نگاه میزان تقلید و قابلیت تفریق (Agoston, 2024; Goldman, 2023; Infosys, 2017; Kurzweil, 2024)

اما طبعاً در ادامه نیز مشاهده می‌گردد که تلفیق زمینه‌ای دو محور فوق، یعنی هوش مصنوعی و تحول دیجیتال، به نوبه خود، فضایی آکنده از پرسش‌هایی جدی را در خصوص چگونگی پیش‌بری این دو، به موازات و شرایط لازم و ملزوم یکدیگر، پیش روی نهاده است که از آن جمله می‌توان به کاوش‌ها و تحلیل‌های چندلایه در مورد چگونگی اقتباس هوش مصنوعی در مسیر کسب و کارهای مختلف، چه از منظر بلوغ سازمانی و چه از زاویه نگاه اثر منفی بر میزان اشتغال و کسب درآمد منصفانه نیروی انسانی و نیز چگونگی تعریف و طراحی گام‌های استراتژیک توسعه و بازآرایی سازمان، اشاره داشت. (Aldoseri et al. 2024, Reynolds, B. 2025; Davenport & Bean, 2025; Gibson, 2024; Kitsios & Kamariotou, 2021; Lamarre et al., 2024; McKinsey & Company, 2025; Mikalef & Gupta, 2021; Verhoef et al., 2021)

مواردی از این دست، صرفاً خلاصه‌ای از رئوس مباحث متنوع قلمرو امروز تحول دیجیتال در نسبت با هوش مصنوعی بوده و بدیهی است که هر بخش از آن، مستلزم تعمق و تفصیل فراوان در مفاهیم و نقطه‌نظرهای مرتبط می‌باشد. لیکن مقصود غایی این مقاله، با توجه به محدودیت مجال، تنها ارائه تصویری روشن در خصوص برخی ارکان مفهومی و نگرشی این حوزه است که در پاسخ به پرسش‌های اصلی تحقیق، بدست خواهد آمد.

روش‌شناسی

روش تحقیق به کار گرفته شده در این پژوهش، روش «تحلیل کیفی محتوا»^۱ بوده که به عنوان چارچوبی برای تحلیل داده‌ها مورد استفاده واقع گردیده است. تحلیل کیفی محتوا روشی نظام‌مند و انعطاف‌پذیر در پژوهش‌هایی است که با پی‌رنگ پدیدارشناسی‌های اجتماعی شکل گرفته و از جمله کارکردهای آن، تفسیر معنایی متون نوشتار است که بر استخراج مضامین، الگوها و مفاهیم پنهان در داده‌های متنی متمرکز می‌باشد.^۲ در واقع، برخلاف رویکردهای کمی محتوا که بر شمارش و طبقه‌بندی ظاهری کلمات تکیه دارد، تحلیل کیفی محتوا با نگاهی تفسیری و عمیق‌تر، به فهم زمینه و بافتار^۳، نیات پنهان و ساختارهای معنایی درون اسناد می‌پردازد. (Bryman, 2012)

در این تحقیق، داده‌های متنی مورد تحلیل برآمده از مجموعه‌ای شامل بیش از ۵۰ کتاب، مقاله، گزارش و متون علمی و تخصصی در رابطه با مقوله تحول دیجیتال، هوشمندسازی و هوش مصنوعی و درک مفاهیم و نوع کارکرد آنها بوده که لیست آنها در جدول پیوست قابل مشاهده است. این اسناد نوعاً به یکی از روش‌های ذیل مورد انتخاب واقع گردیدند:

- بر اساس آشنایی و تجربه تیم تحقیق با منابع مهم، مطرح و کلیدی مرتبط با موضوع مقاله
- مبتنی بر روش گلوله برفی^۴ (Bryman, 2012)، به این ترتیب که با مطالعه هر منبعی، پیشنهادات ارائه شده در آن منبع جهت مطالعات بیشتر و یا تفصیلی‌تر، بررسی و منابع جدید مورد تحلیل قرار می‌گرفت.
- از طریق جستجوی اینترنتی در گوگل اسکالر^۵ مبتنی بر کلیدواژگان مرتبط

^۱ Qualitative Content Analysis (QCA)

^۲ گونه‌های دیگر آن، از جمله «تحلیل مصاحبه» و «تحلیل سایت» و «تحلیل محتوای صوتی و تصویری» نیز در نوع خود مفید و پرکاربرد است.

^۳ context

^۴ Snowball

^۵ Google Scholar

فرایند تحلیل در چند مرحله کلیدی انجام پذیرفت:

۱. **مطالعه اولیه:** مطالعه عمیق و مکرر متون جهت درک کلی محتوا.
۲. **کدگذاری اولیه:** استخراج واحدهای معنادر (کدها) از متون به صورت باز و بدون پیش فرض.
۳. **ایجاد مقوله‌ها:** سازمان‌دهی کدهای مشابه در قالب مقوله‌های مفهومی منسجم.
۴. **تحلیل تماتیک:** کشف ارتباطات بین مقوله‌ها و شکل‌دهی به «تم‌های» اصلی (themes) که بیانگر ایده‌های کلیدی موجود در داده‌ها هستند.
۵. **تفسیر نهایی:** استنتاج معنا، ارائه روایتی تحلیلی و پاسخ به پرسش‌های تحقیق بر اساس تم‌های استخراج شده.

هوش مصنوعی
در بستر تحول
دیجیتال ...

۸۸ | صفحه

به منظور افزایش اعتبار تحلیل، پیش از هر چیز، اعتبار مقالات و مستندات منتخب به معنی انتشار آنها در مجلات و یا سایت‌های معتبر تخصصی بین‌المللی بود که مورد اولویت قرار گرفته و تکرر آنها در این مسیر نیز مؤید اشباع نظری پژوهش می‌باشد. در گام بعد، تحلیل‌ها توسط پژوهشگران این مقاله، به طور مستقل انجام و نتایج حاصل و اختلافات جزئی موجود، از طریق بحث جمعی حل شد. در ضمن، شایان ذکر است که بخش عمده‌ای از فرایند تحلیل توسط نرم افزار MAXQDA انجام گردید که این خود، موجب کاهش خطاهای ناشی از سوگیری‌های شناختی انسانی نیز می‌گشت. این ابزار که با توجه به حجم بالای محتوای مورد مطالعه تحقیق، به همراه ابزار AI Assist آن مورد استفاده واقع شد، با پشتیبانی از روش‌های تحلیل محتوای کیفی (مانند تحلیل تماتیک و گراند تئوری)، امکان کدگذاری چندلایه و ایجاد یادداشت‌های تحلیلی، ردیابی ارتباط بین مفاهیم و نیز مدیریت حجم انبوهی از داده‌ها را برای محقق تسهیل می‌کند. این مهم از طریق ویژگی‌هایی مانند *ابزار جستجو*^۱، *کاوشگر وابستگی‌های کد*^۲ و *خلاصه‌سازی خودکار*^۳ انجام گشته و استنتاج‌های مبتنی بر داده را دقیق‌تر و اعتبار تحلیلی پژوهش را تقویت می‌نماید. (Kuckartz & Rädiker, 2019)

لازم به ذکر است که این رویکرد به تحلیل متون و مقالات مرتبط با فضای تحقیق مقاله، منجر به نیل به مزایای ذیل گشت که نوعاً در ادبیات روش تحقیق، تحت عنوان مزایای کلیدی روش تحلیل کیفی محتوا مورد اشاره قرار می‌گیرد:

- عمق فهم که امکان کشف لایه‌های پیچیده معنایی، تناقض‌ها، و مفاهیم ضمنی در متون را فراهم می‌کند.
- *انعطاف‌پذیری روش تحقیق* که قابلیت تطبیق با انواع متون (علمی، اداری، تاریخی، رسانه‌ای و...) و پرسش‌های تحقیق متنوع را فراهم می‌آورد.
- *شفافیت روش* که با ثبت مراحل کدگذاری و تحلیل، امکان بازبینی و اعتبارسنجی فرایند تحقیق را فراهم می‌آورد.
- *تأکید بر بافتار* که معناسازی را در بافت اجتماعی، فرهنگی یا تخصصی متن، مورد توجه جدی قرار می‌دهد.
- *عدم نیاز به داده‌های کمی میدانی* که به‌طور خاص در مطالعاتی مانند این پژوهش که مبتنی بر اسناد موجود هستند، منجر به روشی کارآمد و مقرون‌به‌صرفه‌تر می‌گردد.
- *قابلیت ترکیب با نظریه* که امکان پیوند عمیق یافته‌ها با چارچوب‌های نظری موجود را تسهیل می‌کند.
- *قابلیت بالای تعامل با پیچیدگی* از منظر مواجهه با موضوعات چندبعدی که نیاز به تحلیل تفسیری دارند.

¹ Query Tool

² Code Relations Browser

³ Automatic Summarization

تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

پیاده‌سازی مدل QCA بر فضای ادبیات غالب حوزه تحول دیجیتال و هوشمندسازی، با واکاوی نظام‌مند بیش از ۵۰ مقاله (به شرح جدول پیوست) و اجرای مراحل کدگذاری (استخراج واحدهای معنا) تا ایجاد مقوله‌ها (به شرح نمونه جداول ۱ و ۲ ذیل)، منجر به یافته‌هایی گشت که در ادامه و در قالب تعریف‌شده، تفصیل و تشریح می‌گردد. همانگونه که مشاهده می‌گردد، جدول ۱ دربردارنده مقولات (کدهای مشابه) استخراج شده است که در ۹ محور تبیینی جای گرفته و جدول ۲ نیز در بردارنده نمونه استخراج واحدهای معنا و کشف مقولات است (بدیهی است که با توجه به حجم واحدهای معنا، امکان درج تمامی آنها در این مجال وجود نداشت).

جدول ۱. مفاهیم و مقولات

ردیف	مفهوم	مقولات (محورهای تبیینی)
۱	اتوماسیون	(۱) اتکای به دیجیتالی‌سازی (۲) استفاده از الگوریتم (۳) نقش داده
۲	هوش مصنوعی	(۴) تصمیم‌گیری (۵) یادگیری ماشین (۶) یادگیری عمیق
۳	مراحل تحول دیجیتال	(۷) رقمی‌سازی (۸) دیجیتالی‌سازی (۹) تحول دیجیتال (در کسب‌وکار)

جدول ۲. نمونه‌ای از استخراج واحدهای معنا و کشف مقولات

ردیف	واحد معنا	مقوله	تعداد
۱	نمونه عبارات دربردارنده مفهوم یا تبیین «اتوماسیون»: "اتوماسیون فرآیند رباتیک (RPA) استفاده از ربات‌های نرم‌افزاری برای خودکارسازی وظایف بسیار تکراری و روتین است که معمولاً توسط کارکنان دانشی انجام می‌شود." (Accenture, 2016) "اتوماسیون با مدیریت کارهای تراکنشی، مدیران مالی (CFO) را برای ایفای نقش‌های استراتژیک آزاد می‌کند." (Vanmali, 2017) "رباتیک در صنعت بیمه، پردازش داده‌های ادعایی و شناسایی تقلب را ساده‌سازی می‌کند" (Tarquini, 2018)	اتکای به دیجیتالی‌سازی استفاده از الگوریتم نقش داده	۳۵ ۲۵ ۳۰
۲	نمونه عبارات دربردارنده مفهوم یا تبیین «هوش مصنوعی»:		

۴۲	تصمیم‌گیری	"یادگیری عمیق به مدل‌های محاسباتی با چندین لایه پردازش امکان می‌دهد تا نمایش‌هایی از داده‌ها با سطوح مختلف انتزاع یاد بگیرند." (LeCun, Bengio & Hinton, 2015)
۵۳	یادگیری ماشین	"سه نوع کاربرد تجاری هوش مصنوعی: اتوماسیون فرآیند، بینش شناختی و تعامل شناختی" (Davenport & Ronanki, 2018)
۶۱	یادگیری عمیق	"استراتژی «تقویت»—استفاده از هوش مصنوعی برای تکمیل توانمندی‌های انسانی—در حوزه‌های پیچیده عملکرد بهتری نسبت به اتوماسیون کامل دارد." (Davenport & Kirby, 2016)
		"آغاز سفر هوش مصنوعی نیازمند هم‌راستا کردن فناوری با نتایج استراتژیک کسب‌وکار است." (Durgess, 2018)
		نمونه عبارات دربردارنده مراحل تحول دیجیتال: ۳
۱۹	رقومی‌سازی	"رقومی‌سازی: تبدیل متن، تصاویر یا صدا به فرمت دیجیتال که قابل پردازش توسط کامپیوتر باشد." (OED, 2016)
۱۵	دیجیتالی‌سازی	
۱۰	تحول دیجیتال (در کسب‌وکار)	
		"دیجیتالی‌سازی با ادغام ربات‌های نرم‌افزاری در فرآیندهای انسان‌محور، جریان‌های کاری را بازمهندسی می‌کند." (Kristian, 2018)
		"تحول دیجیتال فراتر از اتوماسیون است—این تحول با ترکیب هوش مصنوعی، داده‌ها و عملیات بازطراحی شده، جریان‌های ارزش جدیدی ایجاد می‌کند." (Davenport & Ronanki, 2018)

تحلیل کامل واحدهای معنا (در بافتار متون هریک)، منجر به ادراکات نظام‌مندی همچون شرح ذیل می‌گردد.

زاویه نگاه تطور فنی: هوشمندسازی؛ از مکانیزاسیون تا هوش مصنوعی

بررسی‌های انجام شده نشان داد که برخلاف تصور رایج، تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای بین مفاهیم «مکانیزاسیون»، «اتوماسیون»، «هوشمندسازی» و «هوش مصنوعی» وجود دارد که تدقیق در هریک از آنها، لازمه درک صحیح ماهیت و کارکردشان در فرایند تحول دیجیتال می‌باشد. آنچه در ذیل می‌آید، تفصیل ویژگی‌های هریک از این موارد است:

- **مکانیزاسیون (یا ماشینی‌سازی):** این فرایند که نقطه جدی آغازین آن را می‌توان وقوع انقلاب صنعتی اول در اواخر قرن هجدهم دانست، متمرکز بر ورود انواع ماشین‌آلات مکانیکی و حتی الکتریکی به فرایندهای صنعتی بوده است. این دستگاه‌ها معمولاً در ابتدا به عنوان ابزاری جهت تسهیل و ارتقای سرعت یا کیفیت کار در اختیار انسان قرار گرفته ولی به مرور و با پیشرفت، جایگزین بسیاری از فعالیت‌های انسانی شدند. ورود کمباین‌های اولیه به صنعت کشاورزی، دستگاه‌های نخ‌ریسی به صنعت نساجی و نوارنقاله به صنعت خودرو مثال‌های بارزی از این دست هستند. با این وصف، شاید بتوان مکانیزاسیون را نه از جنس تحول دیجیتال، بلکه صرفاً زمینه‌سازی جهت آغاز آن دانست.

- **اتوماسیون (یا خودکارسازی):** وجه تمایز جدی اتوماسیون با مکانیزاسیون را باید تنها در یک مورد دانست و آن هم «تبادل داده دیجیتال» ولو در حداقل میزان ممکن خود می‌باشد. مثال‌هایی از جنس گیت‌های ورودی مترو جهت چک بلیط مسافران یا ورودی خوردوها به محوطه‌های تعریف‌شده، دستگاه‌های خودپرداز بانکی و غیره، همگی از ساده‌ترین نمونه‌های اتوماسیون محسوب می‌شوند. اما باید توجه داشت که اتوماسیون در نسخه‌های پیشرفته خود، وارد پردازش مفصل و حتی تحلیل داده شده و این ماجرا تا بدانجا پیش می‌رود که حتی مرز اتوماسیون با هوش مصنوعی برای بسیاری مبهم گشته و بخش عمده‌ای از فناوری‌های آن، به اشتباه از نوع هوش مصنوعی انگاشته می‌شوند. به عنوان نمونه، بسیاری هنوز نیز بر این باورند که چت‌بات‌ها لزوماً مبتنی بر هوش مصنوعی شکل گرفته و فعالیت می‌نمایند، حال آنکه اغلب اینگونه نیست! لذا نکته‌ای که در این میان شایان ذکر می‌نماید، تاکید بر ویژگی کلیدی نسخه‌های پیشرفته اتوماسیون می‌باشد که عبارت است از به‌کارگیری الگوریتم‌های پیچیده در دریافت، پردازش و تحلیل داده‌ها، با این تفاوت که این الگوریتم‌ها کاملاً از پیش توسط انسان تعریف شده و برخلاف الگوریتم‌های هوش مصنوعی، از امکان خودیادگیری^۱ برخوردار نیستند؛ هرچه هست، فرمول‌ها، روش‌ها و الگوریتم‌هایی است که حتی در پیشرفته‌ترین نوع خود، توسط انسان تعریف و در پردازنده‌های آنها بارگذاری شده است. در همین راستا، تبیین بیشتر فناوری‌هایی از قبیل زیر نیز مهم می‌نماید:
- درباره RPA (خودکارساز رایبک فرایند): این فناوری به عنوان یکی از فناوری‌های مطرح در سطح پیشرفته اتوماسیون، مورد استفاده قرار می‌گیرد. فناوری RPA در این سطح، همان‌گونه که از نام آن برمی‌آید، به خودکارسازی وظایف تکراری و مبتنی بر قوانین از پیش تعریف شده، با استفاده از نرم‌افزار (مانند ورود داده، پر کردن فرم‌ها، پردازش ایمیل، خلاصه‌سازی متون و ...) اختصاص دارد. اما نسخه‌ها امروزی وارد سطح پیشرفته‌تری شده و به مرور در حال ادغام با هوش مصنوعی در لایه‌های مختلف شده و از قابلیت‌های مختلف آن مانند پردازش زبان طبیعی، یادگیری ماشین و غیره جهت جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل و طبقه‌بندی اسناد بهره می‌برند.
- درباره ERP: این فناوری نیز از جمله فناوری‌هایی بوده که بر اساس هوشمندسازی شکل گرفته، چرا که اصولاً مبتنی بر دو اصل مکانیزه کردن فرایندها توأم با تبادل داده‌ها بوده و این ترکیب را بر اساس فرمول‌ها و الگوریتم‌های از پیش تعریف شده، به پیش می‌برده است. اما باید توجه داشت که این فناوری نیز به فراخور ویژگی‌های خود، از هرگونه داده‌ای که منجر به ارتقای کیفیت و سرعت آن گردد، استقبال کرده و لذا مستعد ادغام روزافزون با هوش مصنوعی گشته و در همین مسیر به پیش می‌رود.
- درباره Power BI: این نرم‌افزار و موارد مشابه آن نیز مستثنای از این قاعده و روال نبوده و با ریشه‌دوانی قابل توجه در فناوری هوشمندسازی به قدرت قابل توجهی در استفاده از داده مبتنی بر داده‌های ساختاریافته (مانند پایگاه‌های داده، صفحات گسترده) و گردشهای کاری از پیش تعریف‌شده دست یافته و به مرور به بلوغ مناسبی جهت بهره‌گیری از یادگیری ماشین و یادگیری عمیق رسیده‌اند. اما این نرم‌افزارها در حالی که سالیان متمادی به ارائه تحلیل‌ها و گزارش‌های هوشمند و توصیفی از داده‌های موجود می‌پرداختند، مدتی است که در نسخه‌های امروزی خود، مجهز به فناوری‌های هوش مصنوعی گشته و وارد حیطه گزارش‌های تجویزی و پیش‌بینی‌کننده نیز شده‌اند.

¹ Self-learning

- **هوش مصنوعی:** هرچند، هوش مصنوعی در بدو پیدایش خود، با موضوع توانایی تقلید از ذهن انسان پا به عرصه نهاد، اما پس از افول جدی این رویکرد در پایان قرن گذشته که از آن تحت عنوان «زمستان هوش مصنوعی»^۱ یاد می‌شود، نقطه توسعه موفق قلمرو هوش مصنوعی را باید مقطع ورود «یادگیری ماشین»^۲ به الگوریتم‌های دریافت و پردازش داده‌ها دانست^۳. از این منظر، وجه تمایز این مرحله با فناوری اتوماسیون، در این است که دستگاه مجهز به هوش مصنوعی، به رغم شروع با الگوریتم‌های از پیش تعریف شده، از این قابلیت برخوردار می‌گردد که به تدریج با یادگیری از فرایندهای محاسباتی قبل، خود به بهبود یا خلق روش‌ها و الگوریتم‌ها پرداخته و این مسیر را تا جایی که پیش می‌برد که در مراحل متعاقب آن، حتی دیگر امکان کشف و تحلیل الگوریتم‌های جدید به کار گرفته شده در آن، توسط انسان به مرور دشوار و ناممکن می‌گردد.

هوش مصنوعی، قلمرو دیگری نیز دارد که از آن تحت عنوان «یادگیری عمیق»^۴ یاد می‌شود که تفاوت آن با مرحله قبل در این است که این فناوری، دیگر نیازی به هیچگونه الگوریتم از پیش تعریف شده‌ای نداشته و صرفاً متکی به دریافت داده‌های فراوان یا همان «کلان‌داده»^۵ است تا با بررسی و برقراری روابط فراوان بین آنها با توجه به سرعت و امکانپذیری بالا، به شکل‌دهی و تعریف الگوریتم‌های متعدد و ارائه انواع تحلیل و پیشنهادهایی دقیق از جنس تصمیم‌سازی یا حتی تصمیم‌گیری بپردازد.

خلاصه‌ای از نکات تفصیلی فوق را می‌توان در جدول ۳ مشاهده نمود:

جدول ۳. سطح فنی تطور فناوری‌ها و ویژگی‌ها

نیاز به نظارت انسان	نقش داده و الگوریتم تحلیل داده	ویژگی	سطح فنی تطور فناوری
زیاد	موضوعیت ندارد	ماشینی‌سازی به معنی جایگزین شدن فعالیت انسانی با فعالیت انواع دستگاه‌ها و ماشین‌ها	مکانیزاسیون
کم	پردازش و تحلیل داده با الگوریتم‌های از پیش تعریف شده	دریافت و پردازش داده به همراه ماشینی‌سازی تسهیل تحلیل و نقش تصمیم‌سازی	اتوماسیون
رو به صفر	الگوریتم‌های یادگیرنده در سه لایه دریافت، پالایش و تحلیل داده	استقلال افزایشی در تحلیل داده یادگیری مستمر ماشین یادگیری عمیق پرننگ شدن تجویز در تصمیم‌گیری استقلال در تصمیم‌گیری	هوش مصنوعی

¹ AI winter

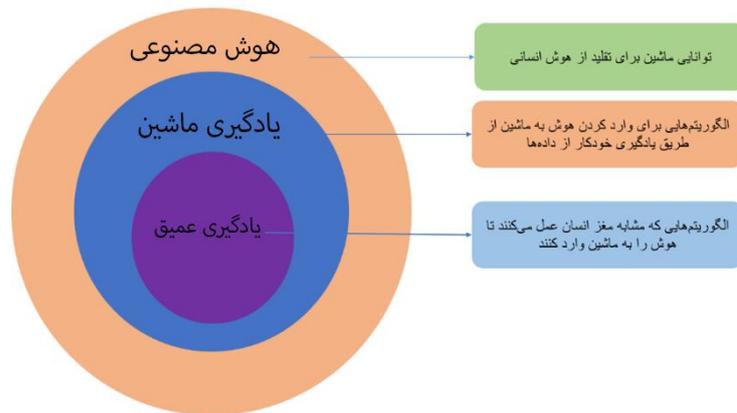
² Machine learning

^۳ برای مطالعه مستقل این موضوع، رجوع شود به مواردی نظیر ساریکایا (۲۰۲۴) و توسی و همکاران (۲۰۲۱)

⁴ Deep learning

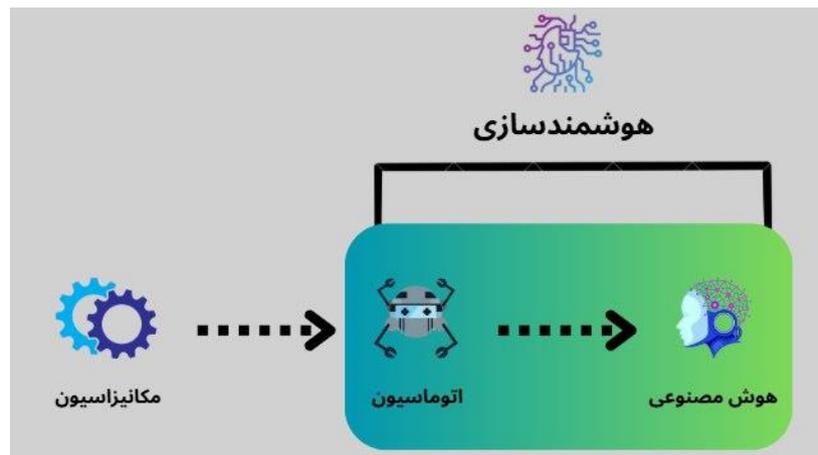
⁵ Big Data

شکل ۱ نیز با لحاظ دوران پیدایش هوش مصنوعی، نمایانگر لایه‌های مختلف آن است که مورد تفصیل واقع شد:



شکل ۱. لایه‌های مختلف هوش مصنوعی (Medium, 2024)

- **هوشمندسازی:** نکته‌ای که در این بخش شایان تامل می‌نماید، تبیین دقیق مفهوم هوشمندسازی و جایگاه آن در نظام تحول دیجیتال، با توجه به تمامی تفصیلهای فوق‌الذکر می‌باشد که این مهم از دو منظر مورد مذاقه قرار می‌گیرد.
- (۱) **تعریف مصطلح:** مفهوم هوشمندسازی در اصطلاح بین‌الملل، بیشتر با مرحله اتوماسیون گره خورده و این دو مفهوم مدام، ما به ازای یکدیگر به کار رفته‌اند. اما در کشور ما و به دلیل پرنرنگ شدن مقوله هوش مصنوعی تا پیش از بلوغ فناوری‌های نسل اتوماسیون، شاهد ابهام فراوانی در تلقی‌های ذهنی نسبت به این مفهوم هستیم، به نحوی که در انواع برنامه‌های سیاستی کشور در خصوص هوشمندسازی صنایع مختلفی همچون معدن، پتروشیمی، حمل‌ونقل و ... نظاره‌گر واگرایی و عدم انسجام فراوانی در ذهنیت مدیران و کارشناسان مربوطه نسبت به درک این مفهوم، تفاوت آن با هوش مصنوعی و اقتضائات فناورانه هر یک هستیم. این ابهام، ضرورت ارائه تعریف دقیق‌تری از هوشمندسازی را می‌نمایاند.
- (۲) **تعریف دقیق:** واقعیت آن است که هوشمندسازی به معنی دقیق آن، متناظر با هیچ یک از فناوری‌های فوق نبوده، بلکه طیفی است به وسعت «اتوماسیون تا مراحل مختلف پیاده‌سازی هوش مصنوعی» که می‌بایستی بسته به شرایط، نیاز، بلوغ و اقتضائات محیط، قلمرو درست آن انتخاب و مورد اجرا قرار گیرد. به عبارت کامل‌تر، در بسیاری از موارد، هوشمندسازی یک محیط صنعتی، صرفاً منحصر به پیاده‌سازی اتوماسیون بوده و اساساً نه نیازمند ورود به هوش مصنوعی است و نه از اساساً از نظر بلوغ، امکان آن وجود دارد. لذاست که بسیاری از مصادیقی که در خصوص تحول دیجیتال پروژه‌های بزرگ هوشمندسازی صنایع بزرگ فوق‌الذکر تا همین دهه پیش وجود داشته، صرفاً در چارچوب اتوماسیون بوده و حتی پس از اوج‌گیری فناوری‌های هوش مصنوعی در دهه کنونی، شاهد ورود محدود آنها به این عرصه بوده‌ایم. شکل ۲ تصویرگر این تلقی است.



شکل ۲. جایگاه هوشمندسازی

از زاویه نگاه تطور صنعتی (کسب و کار): از رقومی سازی تا تحول دیجیتال

تحول دیجیتال و پیاده سازی آن در مسیر هوشمندسازی صنعت، از زاویه دیگری نیز محل تامل صاحب نظران این عرصه بوده که لازم است مورد تبیین واقع شود تا بتواند متناسب با اقتضائات محیط مورد بهره گیری قرار گیرد:

- مرحله رقومی سازی (digitization): برای وصف دقیق این مرحله باید گفت که رقومی سازی در واقع، مرحله ای است مختص تبدیل کردن داده های دستی و آنالوگ به دیجیتال. به عبارت کامل تر، مادامی که داده ها دیجیتال نگشته باشند، مقدمات هرگونه تحقق تحول دیجیتال، ناقص بوده و این امر به وقع نخواهد پیوست.
- مرحله دیجیتالی سازی (digitalization): این مرحله، پس از عبور از رقومی سازی و فراهم آمدن زمینه تحولات بیشتر است که قابلیت پیاده سازی داشته و به دیجیتالی سازی فرایندهای موجود می پردازد. به بیان روشن تر آنچه هدف این مرحله است، خلق تحول در مدل کسب و کار نیست و صرفا فرایندهای کسب و کار موجود است که تا حد ممکن دیجیتالی می شود.
- مرحله تحول دیجیتال (digital transformation): جنس این مرحله، نه دیجیتالی کردن داده ها و نه تمرکز بر دیجیتالی کردن فرایندها، که تمرکز بر تحول در مدل کسب و کار است، متناسب با اقتضائات و بافتارهای صنعت. در واقع، طی این مرحله است که بسیاری از ارکان و سازوکارهای کسب و کار تغییر یافته و اساسا مدل نوینی متناسب با شرایط جدی خلق می گردد. شایان ذکر است که مدل های موسوم به «نوآوری های گسلا»^۱ نوعا در این مرحله است که رخ می دهد.

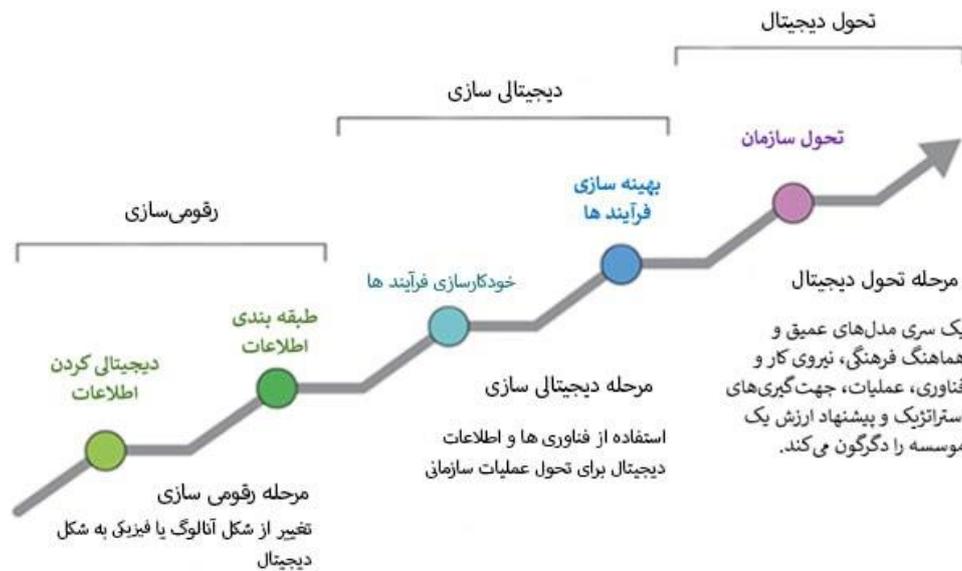
به عنوان مثال، شرکت نتفلیکس^۲ را به عنوان اولین و بزرگترین شبکه نمایش خانگی در نظر بگیرید. این شرکت در سال های آغازین خود در اواخر قرن گذشته، به عنوان یک ویدئو کلپ، تمرکز و خلق ارزش متمایز خود را بر ثبت دیجیتال تمامی داده های کسب و کار خود اعم از مشخصات و سوابق مشتریان، فیلم های ویدئوی موجود و حساب های پرداختی (رقومی سازی) قرار داده و از این طریق، زمینه دیجیتالی سازی کلیه فرایندهای اجاره فیلم های ویدئویی یعنی از مشاهده لیست و ثبت درخواست و پرداخت توسط مشتریان گرفته تا ارسال و دریافت پستی دی وی دی ها توسط خود شرکت را فراهم ساخت. اما اوج موفقیت نتفلیکس را باید در مرحله سوم آن دانست که به مرور با خلق یک رویکرد گسلا در کسب و کار، تجربه ای موفق از یک تحول دیجیتال را رقم زد، بدین

¹ Disruptive innovations

² Netflix

معنی که فعالیت کنونی این شرکت دیگر نه تنها شباهت خاصی به ساروکار ویدئوکلپ آنلاین ندارد، بلکه مولد سبک و مفهومی جدید از خدمات اشتراک محتوای ویدئویی تحت عنوان «شبکه نمایش خانگی» بوده که در فاصله کوتاهی، منجر به خلق فضای رقابتی نوین و بسیار جذابی نیز گشته است.

شکل ذیل، به خوبی تبیین‌کننده ماهیت و تفاوت‌های مفاهیم و مراحل سه‌گانه چین تطوری است:



شکل ۳. تفاوت مراحل مختلف تحول دیجیتال (Reinitz, 2020)

بحث و نتیجه‌گیری

مقاله حاضر مبتنی بر این باور اساسی نگاشته شد که گام اول در پیاده‌سازی تحول دیجیتال در هر صنعت یا سازمانی، فهم دقیق نسبت به مفاهیم، چارچوب و اهداف مرتبط در این خصوص است که عدم آشنایی مطلوب در خصوص این مقولات، یکی از چالش‌های موجود در پیشبرد چنین برنامه‌هایی در کشور ما چه در لایه حکمرانی، چه در سطح صنعت و چه در رده شرکت‌ها و کسب‌وکارهای کوچک بوده است. چه آنکه بارها در خصوص پیشبرد انواع برنامه‌های کلان یا نیمه‌کلان تحول دیجیتال و پیاده‌سازی مدل‌های هوشمند و برخوردار از مکانیزم‌های پیشرفته هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف کشور شنیده شده و لیکن نتایج حاصل، فاصله معناداری تا نقطه مطلوب مدنظر داشته است. به باور این مقاله و از منظر آسیب‌شناختی موضوع، یکی از ریشه‌های جدی مسئله فوق‌الذکر عدم اهتمام مکفی و متمرکز بر مقوله شناخت عمیق مفاهیم و سطوح مختلف مقولات تحول دیجیتال و هوش مصنوعی به عنوان جدی‌تری مصداق امروزی آن بوده است. در واقع، در میان منابعی که در این رابطه به زبان فارسی نگاشته شده‌اند، به دشواری بتوان به پاسخ نظام‌مندی در خصوص پرسش این تحقیق دست یافت. این منابع ارزشمند، عمدتاً همانگونه که در قسمت آغازین مقاله گذشت، یا از منظر نقد کلی به ماجرای هوش و هوشمندسازی در کشور پرداخته و یا اشاره‌هایی بخشی، به صنعتی خاص و چالش‌های مربوط به تحول دیجیتال در آن صنعت در کشور ایران داشته‌اند که البته این خود، محل تامل و بحث فراوان است که می‌تواند موضوعی برای تحقیقات آتی به ویژه با رنگ و بوی کنکاش‌های عمیق جامعه‌شناختی، مدیریتی، اقتصادی

و رفتاری در نظر گرفته شود. اما دغدغهٔ مربوط به منابع موجود بین‌المللی از این حیث شاید به نوعی در نقطهٔ مقابل قرار داشته باشد. یعنی آنکه، شرح تفصیلی فراوان و جزءنگرانه به بخش‌های گوناگون و زوایای متکثر قلمرو تحول دیجیتال، نظام‌بخشی به مدل‌های ذهنی در خصوص سازوکار این حیطهٔ بفرنج و درهم‌تنیده را به ویژه برای مخاطب فارسی‌زبان دشوار می‌نماید. لذا در مجموع، ارزش افزوده مقاله حاضر را باید در تمرکز بر استخراج چارچوبی ساختاریافته برای مخاطبانی دانست که نوعاً در فضای محتوایی موجود

هوش مصنوعی دانشگاهی و پژوهشی کشور، کمتر امکان دستیابی به تصویری منسجم در خصوص ارکان و مفاهیم کلیدی و کارکردی در بستر تحول دیجیتال و هوش مصنوعی را داشته‌اند.

دیجیتال ...

این پژوهش، مبتنی بر جستاری عمیق در منابع مرتبط و با هدف ارائه مبنایی متقن و قابل اتکا در خصوص مفهوم و جایگاه برخی ابعاد کلیدی هوشمندسازی و تحول دیجیتال پی‌ریزی شده و به تبیین سطوح آن از دو منظر تطور فنی و تطور صنعت پرداخته است:

۹۶ | صفحه

- زاویه نگاه تطور فنی با هدف تبیین دقیق مفاهیم مکانیزاسیون، اتوماسیون، هوش مصنوعی (و مقولهٔ هوشمندسازی) که به نوعی دربردارندهٔ سیر تاریخی و رشد تدریجی این فناوری‌ها در بستر قرون و اعصار گذشته بوده و سعی در بیان ویژگی‌ها و تفاوت‌های ظریف هر یک از مراحل و مفاهیم مذکور دارد. شاخص‌هایی کلیدی همچون میزان دیجیتالی‌سازی، کاهش نقش نیروی انسانی، استفاده از داده و نیز سطح یادگیرندگی الگوریتم‌های به کار گرفته شده، در این محور، مورد تبیین واقع گردید.

- زاویه نگاه تطور صنعت که از زاویه نگاه بلوغ سازمانی و صنعتی در خصوص امکان پذیرش و به کارگیری فناوری‌های دیجیتال در قالب مراحل رقومی‌سازی، دیجیتالی‌سازی و تحول دیجیتال در صنعت، سعی در کندوکاو تحلیلی ماجرا داشته است. هدف اصلی این لایه، جلب توجه به واقعیت مهم بلوغ دیجیتال کسب‌وکار یا صنعت و اهمیت درک این مهم در امکان‌سنجی اجرا و تدوین برنامه‌های تحولی بوده است.

صد البته پرسش‌هایی نیز در این مجال، می‌تواند مورد طرح و واکاوی قرار گیرد، از جمله آنکه آیا قالب‌های دیگری برای تبیین مفاهیم و دستیابی به اهداف مقاله، قابل تصور بوده یا خیر، و یا اینکه آیا محتوای ارائه شده، کفایت تمامی مقاصد این پژوهش را می‌نماید؟

پاسخ به این موارد را باید در محورهای ذیل جستجو نمود::

نخست، این تحقیق نیز همچون هر پژوهشی با محدودیتی خاص خود مواجه بوده است که از آن جمله می‌توان به محدودیت‌های زمانی و حجمی با توجه به گسترهٔ ادبیات و دغدغه‌های مرتبط با مسئله هدف مقاله اشاره نمود که طبعاً مانع از انجام یک پژوهش همه‌جانبه و ارائه یک چارچوب کامل و ایده‌آل مفهومی می‌گشت. محدودیت اثرگذار بعدی، با توجه به ماهیت تحلیل کیفی پژوهش که مبتنی بر تحلیل داده‌های محتوایی انجام می‌گشت، دسترسی به متن کامل برخی مستندات و مقالات بود که در عمل، امکان بهره‌گیری مطلوب از جزئیات و لایه‌های تفصیلی برخی از نظریات را نیز سلب می‌نمود. صد البته نیز که تلاش پژوهش حاضر بر این بوده که از ظرفیت منابع موجود، استفاده حداکثری گشته و به موازات آن، ارتباط‌گیری با برخی از همکاران پژوهشگر در دانشگاه‌های مطرح جهان، جهت امکان دسترسی به برخی از منابع، در دستور کار قرار گیرد.

دوم، پژوهش حاضر بیشتر از آنکه تأکید بر تبیین قالب داشته باشد، نظر بر بازنشانی منظم ارکان و مفاهیم موضوع هدف در ذهن مخاطبان خود دارد و از این نظر، نه تنها اصراری بر محدودسازی به قالب بحث نداشته، بلکه صرفاً به ارائه محتوای خود مبتنی بر چارچوبی پرداخته که از انعطاف مناسبی جهت هرگونه تکمیل و اصلاحی برخوردار است.

در نهایت، بدیهی است که آنچه ارائه شد، به هیچ عنوان کفایت درک مناسب و پیش‌بری موفق تحول دیجیتال را ننموده و صرفاً به عنوان یک مرحلهٔ بنیادین، سعی بر فراهم‌سازی زمینه‌ای جهت امتداد و تعمیق بیشتر در این خصوص داشته است. اساساً، شایان ذکر است که ماجرای ادراک جامع ابعاد تحول دیجیتال و پی‌ریزی ارکان و بخش‌های مختلف آن، امروزه خود تبدیل به یک علم و مهارتی دانشی و تجربی گشته و منجر به تولید گزارش‌ها، چارچوب‌ها و متدولوژی‌های متنوعی در سطح حرفه‌ای این حیطه به ویژه در عصر نفوذ روزافزون هوش مصنوعی گشته است. از جمله چنین رویکردهایی که به صورتی جدی و حرفه‌ای شکل گرفته و به پیش می‌رود، می‌توان به مقولاتی همچون «سنجش بلوغ دیجیتال» (Tiechert, 2019; OECD, 2022)، «سنجش بلوغ هوش مصنوعی» (UNDP, 2024)، «استراتژی‌ها، گام‌ها و چک لیست‌های پیش‌بری هوش مصنوعی» (Gartner, 2022; Cognitive View, 2025) و «نقشه راه تحول دیجیتال» (Rogers, 2016 & 2023) اشاره نمود. از این روست که پیشنهاد پایانی این نوشتار، واكوی و توسعهٔ عمیق‌تر اینگونه مباحث، با نگاهی بوم‌شناختی و به فراخور اقتضائات صنایع، کسب‌وکارها و سازمان‌های علمی کشور، چه در لایهٔ پژوهش‌های بنیادین و چه در سطح تدوین برنامه‌ها و استراتژی‌های متناسب و کارکردی می‌باشد؛ مسیری که پیشبرد آن هم در سطح حکمرانی کلان فناوری در کشور و هم در لایهٔ ارتقای کیفیت و رقابت‌پذیری صنعت، امری لازم می‌نماید.

پیوست ۱:

لیست منابع تحلیل شده

عنوان منابع تحلیل شده (به ترتیب حروف الفبا)
A brief history of AI: how to prevent another winter (Toosi et al., 2021)
A deductive approach to program synthesis (Manna & Waldinger, ۱۹۸۰)
A Discipline of Programming (Dijkstra, ۱۹۷۶)
A fast learning algorithm for deep belief nets (Hinton et al., 2006)
A new approach to automating services (Lacity & Willcocks, 2016)
A review on Machine Learning Techniques (Sandhya et al., ۲۰۱۶)
Algorithm theories and design tactics (Smith et al., ۱۹۹۰)
An integrative evaluation framework for intelligent decision support systems (Phillips-Wren, et al., ۲۰۰۹)
<i>Analyzing qualitative data with MAXQDA</i> . Springer (Kuckartz & Rädiker, 2019)
Are the robots really coming? (Lacity, ۲۰۱۵)
Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making (Jarrahi, 2018)
Artificial intelligence for the real world (Davenport & Ronanki, ۲۰۱۸)
Artificial Intelligence RPA Capabilities (UiPath, ۲۰۲۰)
Assessing Robotic Process Automation Potential (Jalonen, ۲۰۱۷)
Attention is all you need (Vaswani et al., 2017)
<i>Automation in Agriculture: Is the Time Ripe for Widespread Automation as a Sequel to Mechanization?</i> (Morgan, 1965)
Barriers and Impact of Mechanisation and Automation in Construction to Achieve Better Quality Products (Kamaruddin et al., 2016)
Comparison of Mechanized and Automated Technologies in the Scope of Cumulative Energy in Sustainable Milk Production (Mazur et al., 2024)
Considering RPA? (Galusha, ۲۰۱۸)
Context-dependent pre-trained deep neural networks for large-vocabulary speech recognition (Dahl et al., 2011)
Data management in automation systems (Meyer, 2015)

-
- Deep learning (LeCun et al., ۲۰۱۵)
- Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups (Hinton et al., 2012)
- Defining Enterprise RPA (Burnett et al., 2018)
- Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa (Infopédia, 2020)
- Economic Impacts of Mechanization or Automation on Horticulture Production Firms: Sales, Employment, and Workers' Earnings, Safety, and Retention (Posadas, 2012)
- Evaluating and Developing Methods to Assess Business Process Suitability for Robotic Process Automation (Agaton et al., 2018)
- Extending bpm for modeling choreographies (Decker et al., 2007)
- Generating sequences with recurrent neural networks (Graves, 2013)
- Generative adversarial nets (Goodfellow et al., 2014)
- Getting Robots Right: How to Avoid the Six Most Damaging Mistakes in Scaling-up Robotic Process Automation (Accenture, ۲۰۱۶)
- Human-Computer Interaction and Role Allocation in Information Intensive Work Processes: Robotic Process Automation in Financial Administration Work (Ruissalo, ۲۰۱۸)
- Imagenet classification with deep convolutional neural networks (Krizhevsky et al., 2017)
- Impact of robotics, RPA and AI on the insurance industry: challenges and opportunities (Lamberton et al., ۲۰۱۷)
- Improving Indirect Procurement Process by Utilizing Robotic Process Automation (Lintukangas, ۲۰۱۷)
- Intelligent Decision Making: An AI-Based Approach (Forward) (Burstein, ۲۰۰۸)
- Introduction to Robotic Process Automation: A Primer (The Institute for Robotic Process Automation, ۲۰۱۵)
- Just how smart are smart machines? (Davenport & Kirby, ۲۰۱۶)
- Learning representations by back-propagating errors (Rumelhart et al., ۱۹۸۶)
- Let the robots do it! (Asquith & Horsman, ۲۰۱۹)
- Machine Learning (Mitchell, 2013)
- Machine Learning Algorithms (Dey, ۲۰۱۶)
- Mechanisation and Automation Technologies Development in Work at Construction Sites.* (Sobotka & Pacewicz, 2017)
- Model-agnostic meta-learning for fast adaptation of deep networks (Finn, et al., 2017)
- Neural machine translation by jointly learning to align and translate (Bahdanau et al., 2014)
- Neural Netw. (Schmidhuber, 2015)
- Outlier detection techniques for wireless sensor networks (Zhang et al., ۲۰۱۰)
- Practical robotics in insurance – the future is here already (Tarquini, ۲۰۱۸)
- Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding (Devlin et al., 2019)
- Reducing the dimensionality of data with neural networks (Hinton & Salakhutdinov, 2006)
- Robotic process automation at Telefonica O۲ (Lacity & Willcocks, ۲۰۱۶)
- Robotic Process Automation of Office Work: Benefits, Challenges and Capability Development (Kristian, ۲۰۱۸)
- Robotic software will help CFOs to play a more strategic role (Vanmali, ۲۰۱۷)
- Stacked capsule autoencoders (Kosiorek et al., 2019)
- Starting an AI journey. In: The Executive Guide to Artificial Intelligence (Durgess, ۲۰۱۸)
- The Cycles of AI Winters: A Historical Analysis and Modern Perspective (Sarikaya, 2024)
- The RPA Market Will Reach ۲۹ Billion By ۲۰۲۱ (Forrester, 2018)
- Unified Modeling Language (UML) (OMG, 2011)
- Unsupervised domain adaptation by backpropagation. In Proceedings of Intern (Ganin & Lempitsky, 2015)
- Web Services Business Process Execution Language (OASIS, 2017)
- Web services choreography description language version 1.0. World Wide Web Consortium (Kavantzias et al., 2004)
- Web Services Description Language (W3C, 2001)
- What is RPA? A Revolution in Business Process Automation (Boulton, ۲۰۱۷)
- XQuery 1.0: An XML Query Language (W3C, 2010)
-

1. Accenture. (2016). Getting robots right: How to avoid the six most damaging mistakes in scaling-up robotic process automation. <https://www.accenture.com/>
2. Agaton, B., & Swedberg, G. (2018). Evaluating and developing methods to assess business process suitability for robotic process automation [Unpublished manuscript].
3. Agoston, D. V. (2024). Of artificial intelligence, machine learning, and the human brain: Celebrating Miklos Palkovits' 90th birthday. *Frontiers in Neuroanatomy*, 18, Article 1374864. <https://doi.org/10.3389/fnana.2024.1374864>
4. Aldoseri, A., Al-Khalifa, K. N., & Hamouda, A. M. (2024). AI-powered innovation in digital transformation: Key pillars and industry impact. *Applied Sciences*, 14(2), Article 809. <https://doi.org/10.3390/app14020809>
5. Asquith, A., & Horsman, G. (2019). Let the robots do it! Taking a look at robotic process automation and its potential application in digital forensics. *Forensic Science International: Reports*, 1, Article 100007. <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2019.100007>
6. Bahdanau, D., Cho, K., & Bengio, Y. (2014). Neural machine translation by jointly learning to align and translate. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1409.0473>
7. Boston Consulting Group. (2020). Flipping the odds of digital transformation success. <https://web-assets.bcg.com/c7/20/907821344bbb8ade98cbe10fc2b8/bcg-flipping-the-odds-of-digital-transformation-success-oct-2020.pdf>
8. Bewersdorff, A., Zhai, X., Roberts, J., & Nerdel, C. (2023). Myths, mis- and preconceptions of artificial intelligence: A review of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, Article 100143. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100143>
9. Boulton, C. (2017). What is RPA? A revolution in business process automation. *Computerworld Hong Kong*. <https://www.computerworld.com.hk/>
10. Bryman, A. (2012). *Social research methods* (4th ed.). Oxford University Press.
11. Burnett, S., Aggarwal, M., Modi, A., & Bhadola, S. (2018). Defining enterprise RPA. Everest Group Research. <https://www.everestgrp.com/>
12. Burstein, F. (2008). Foreword. In P. J. Phillips-Wren, N. Ichalkaranje, & L. C. Jain (Eds.), *Intelligent decision making: An AI-based approach* (pp. v–vii). Springer-Verlag.
13. Cognitive View. (2025). 3-step roadmap for your responsible AI journey. <https://blog.cognitiveview.com/3-step-roadmap-for-your-responsible-ai-journey/>
14. Dahl, G. E., Yu, D., Deng, L., & Acero, A. (2012). Context-dependent pre-trained deep neural networks for large-vocabulary speech recognition. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 20(1), 30–42. <https://doi.org/10.1109/TASL.2011.2134090>
15. Davenport, T. H., & Bean, R. (2025). Five trends in AI and data science for 2025. *MIT Sloan Management Review*. <https://sloanreview.mit.edu/>
16. Davenport, T. H., & Kirby, J. (2016). Just how smart are smart machines? *MIT Sloan Management Review*, 57(3), 21–25.
17. Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108–116.
18. Decker, G., Kopp, O., Leymann, F., & Weske, M. (2007). BPEL4Chor: Extending BPEL for modeling choreographies. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS)* (pp. 296–303). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICWS.2007.68>
19. Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics* (pp. 4171–4186). <https://arxiv.org/abs/1810.04805>
20. Dey, A. (2016). Machine learning algorithms: A review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 7(3), 1174–1179.
21. Dijkstra, E. W. (1976). *A discipline of programming*. Prentice-Hall.
22. Durgess, A. (2018). Starting an AI journey. In *The executive guide to artificial intelligence* (pp. 1–20). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74557-2_1

23. Emmert-Streib, F., Yli-Harja, O., & Dehmer, M. (2020). Artificial intelligence: A clarification of misconceptions, myths and desired status. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3, Article 524339. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.524339>
24. Finn, C., Abbeel, P., & Levine, S. (2017). Model-agnostic meta-learning for fast adaptation of deep networks. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1703.03400>
25. Forrester. (2018). The RPA market will reach \$2.9 billion by 2021. <https://www.forrester.com/report/The+RPA+Market+Will+Reach+29+Billion+By+2021/-/E-RES137229>
26. Galusha, B. (2018). Considering RPA? Database Trends and Applications, 31(6), 44–45.
27. Ganin, Y., & Lempitsky, V. (2015). Unsupervised domain adaptation by backpropagation. In *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning* (pp. 1180–1189). <http://proceedings.mlr.press/v37/ganin15.html>
28. Gartner. (2022). Gartner webinar: Top strategic technology trends for 2022. <https://www.gartner.com/en/webinar/729419/1637467>
29. Goldman, B. (2023). Experts weigh in: AI vs. the human brain. *Stanford Medicine Magazine*, (3). <https://stanmed.stanford.edu/experts-weigh-ai-vs-human-brain>
30. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 2672–2680). <https://papers.nips.cc/paper/2014/file/5ca3e9b122f61f8f06494c97b1afccf3-Paper.pdf>
31. Graves, A. (2013). Generating sequences with recurrent neural networks. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1308.0850>
32. Hinton, G. E., Osindero, S., & Teh, Y.-W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural Computation*, 18(7), 1527–1554. <https://doi.org/10.1162/neco.2006.18.7.1527>
33. Hinton, G., Deng, L., Yu, D., Dahl, G., Mohamed, A.-R., Jaitly, N., Senior, A., Vanhoucke, V., Nguyen, P., Sainath, T., & Kingsbury, B. (2012). Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups. *IEEE Signal Processing Magazine*, 29(6), 82–97. <https://doi.org/10.1109/MSP.2012.2205597>
34. Hinton, G., & Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks. *Science*, 313(5786), 504–507. <https://doi.org/10.1126/science.1127647>
35. Infopédia. (2020). Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa. <https://www.infopedia.pt/>
36. Infosys. (2023). AI: Where the human brain goes for inspiration. <https://www.infosys.com/insights/ai-automation/ai-where-human-brain-goes.html>
37. Izadyar, M. (2024). Review of the digital transformation path in Iranian industries (in Persian). *Peyvast*, (123).
38. Jalonen, H. (2017). Assessing robotic process automation potential [Master's thesis, Tampere University of Technology].
39. Jarrahi, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, 61(4), 577–586. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.007>
40. Kamaruddin, S. S., Mohammad, M. F., & Mahbub, R. (2016). Barriers and impact of mechanisation and automation in construction to achieve better quality products. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 222, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.197>
41. Kanagalabalu, R. (2022). AI vs ML vs DL. *Medium*. <https://medium.com/@kanagalabalu04/ai-vs-ml-vs-dl-95653baf35d>
42. Kitsios, F., & Kamariotou, M. (2021). Artificial intelligence and business strategy towards digital transformation: A research agenda. *Sustainability*, 13(4), Article 2025. <https://doi.org/10.3390/su13042025>
43. Kosiorek, A., Sabour, S., Teh, Y. W., & Hinton, G. (2019). Stacked capsule autoencoders. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 15512–15522). <https://papers.nips.cc/paper/2019/file/3de568f8597b94bda53149c7d7f5958c-Paper.pdf>
44. Koushki, A., Hashemi, S. A., Saemi, M., & Bakhshi, F. S. (2021). Challenges and obstacles of digital transformation in organizations, and the role of digital leadership in overcoming barriers (in Persian). *Civilica*. <https://civilica.com/doc/1486837/>

45. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84–90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
46. Kristian, S. (2018). Robotic process automation of office work: Benefits, challenges and capability development [Master's thesis, Aalto University].
47. Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2019). *Analyzing qualitative data with MAXQDA*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15671-8>
48. Kurzweil, R. (2024). *The singularity is nearer: When we merge with AI*. Penguin Publishing Group.
49. Lacity, M., & Willcocks, L. (2016). A new approach to automating services. *MIT Sloan Management Review*, 58(1), 41–49.
50. Lacity, M., & Willcocks, L. (2016). Robotic process automation at Telefónica O2. *MIS Quarterly Executive*, 15(1), 21–35.
51. Lacity, M., Willcocks, L., & Yan, A. (2015). Are the robots really coming? Service automation survey findings. *Pulse Magazine*, 17, 14–21.
52. Lambertson, C., Brigo, D., & Hoy, D. (2017). Impact of robotics, RPA and AI on the insurance industry: Challenges and opportunities. *Journal of Financial Perspectives*, 4(1), 1–16.
53. Larson, E. J. (2021). *The myth of artificial intelligence*. Harvard University Press.
54. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
55. Lintukangas, A. (2017). Improving indirect procurement process by utilizing robotic process automation [Master's thesis, Lappeenranta University of Technology].
56. Manna, Z., & Waldinger, R. (1980). A deductive approach to program synthesis. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 2(1), 90–121. <https://doi.org/10.1145/357094.357098>
57. Mazur, K. E., Barwicki, J., & Tseiko, V. (2024). Comparison of mechanized and automated technologies in the scope of cumulative energy in sustainable milk production. *Sustainability*, 16(2), Article 906. <https://doi.org/10.3390/su16020906>
58. McKinsey & Company. (2019). Why do most transformations fail? A conversation with Harry Robinson. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/transformation/our%20insights/why%20do%20most%20transformations%20fail%20a%20conversation%20with%20harry%20robinson/why-do-most-transformations-fail-a-conversation-with-harry-robinson.pdf>
59. McKinsey & Company. (2025). The state of AI: How organizations are rewiring to capture value. <https://www.mckinsey.com/>
60. Meyer, A. (2015). Data management in automation systems. *Journal of Automation Technology*, 12(3), 1–15.
61. Mikalef, P., & Gupta, M. (2021). Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. *Information & Management*, 58(3), Article 103434. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103434>
62. Mitchell, M. (2019). *Artificial intelligence: A guide for thinking humans*. Farrar, Straus and Giroux.
63. Mitchell, T. M. (2013). *Machine learning*. McGraw-Hill Education.
64. Morgan, K. E. (1965). Automation in agriculture: Is the time ripe for widespread automation as a sequel to mechanization? *Journal of the British Institute of Agricultural Engineers*, 20(4), 251–259. <https://doi.org/10.1177/003072706500400605>
65. Nasscom, R. (2025). Digital enterprise 2025: Advancing to an AI-first reality. <https://www.nasscom.in/>
66. OASIS. (2007). Web Services Business Process Execution Language, Version 2.0. <https://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/wsbpel-v2.0.html>
67. Object Management Group. (2011). Unified Modeling Language (UML), Version 2.4.1. <https://www.omg.org/spec/UML/2.4.1>

68. OECD. (2022). Digital transformation maturity model. Forum on Tax Administration: Tax Administration Maturity Model Series. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/>
69. OED Online. (2016). Digitization, n. In Oxford English Dictionary. Oxford University Press. <https://www.oed.com/>
70. Phillips-Wren, G., Ichalkaranje, N., & Jain, L. C. (2009). An integrative evaluation framework for intelligent decision support systems. *European Journal of Operational Research*, 195(3), 642–652. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.001>
71. Posadas, B. C. (2012). Economic impacts of mechanization or automation on horticulture production firms: Sales, employment, and workers' earnings, safety, and retention. *HortTechnology*, 22(3), 388–401. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.22.3.388>
72. Prov International. (n.d.). Top 5 benefits of robotics process automation (RPA) software. <https://www.provintl.com/blog/top-5-benefits-of-robotics-process-automation-rpa-software>
73. Rashid, A. B., & Kausik, M. A. K. (2024). AI revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications. *Hybrid Advances*, 7, Article 100277. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100277>
74. Reinitz, B. (2020). Consider the three Ds when talking about digital transformation. *EDUCAUSE Review*. <https://er.educause.edu/blogs/2020/6/consider-thethree-ds-when-talking-about-digital-transformation>
75. Reynolds, B. (2025). The state of artificial intelligence in 2025. BayTech Consulting. <https://www.baytechconsulting.com/>
76. Rogers, D. L. (2016). The digital transformation playbook: Rethink your business for the digital age. Columbia Business School Publishing.
77. Rogers, D. L. (2023). The digital transformation roadmap: Rebuild your organization for continuous change. Columbia Business School Publishing.
78. Ruissalo, J. (2018). Human–computer interaction and role allocation in information intensive work processes: Robotic process automation in financial administration work [Master's thesis, Aalto University].
79. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533–536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>
80. Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
81. Saldanha, T. (2019). Why digital transformations fail: The surprising disciplines of how to take off and stay ahead. Berrett-Koehler Publishers.
82. Sandhya, N. D., & Raina, C. K. (2016). A review on machine learning techniques. *International Journal of Recent Trends in Computing and Communication*, 4(3), 395–399.
83. Sarikaya, F. (2024). The cycles of AI winters: A historical analysis and modern perspective. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14015032>
84. Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85–117. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
85. Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.
86. Smith, D. R., & Lowry, M. R. (1990). Algorithm theories and design tactics. *Science of Computer Programming*, 14(2–3), 305–321. [https://doi.org/10.1016/0167-6423\(90\)90023-3](https://doi.org/10.1016/0167-6423(90)90023-3)
87. Sobotka, A., & Pacewicz, K. (2017). Mechanisation and automation technologies development in work at construction sites. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 251(1), Article 012046. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/251/1/012046>
88. Tarquini, T. (2018). Practical robotics in insurance – The future is here already. In *The InsurTech book* (pp. 231–235). Wiley.
89. The Institute for Robotic Process Automation. (2015). Introduction to robotic process automation: A primer. <https://www.irpaa.com/>
90. Tiechert, R. (2019). Digital transformation in agriculture: Opportunities and challenges. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(6), 1673–1687. <https://doi.org/10.11118/actaun201967061673>
91. Toosi, A., Bottino, A., Saboury, B., Siegel, E., & Rahmim, A. (2021). The cycles of AI winters: A historical analysis and modern perspective. *PET Clinics*, 16(4), 449–469. <https://doi.org/10.1016/j.cpet.2021.06.005>
92. UiPath. (2020). Artificial intelligence RPA capabilities. <https://www.uipath.com/>

93. UNDP. (2024). Artificial intelligence readiness assessment (AIRA). <https://www.undp.org/>
94. Vanmali, K. (2017). Robotic software will help CFOs to play a more strategic role. *Accountancy SA*, 16–17.
95. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 5998–6008). <https://papers.nips.cc/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf>
96. Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
97. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
98. W3C. (2001). Web Services Description Language (WSDL) 1.1. <https://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>
99. W3C. (2010). XQuery 1.0: An XML query language (2nd ed.). <https://www.w3.org/TR/2010/REC-xquery-20101214/>
100. Way2Pay. (2022). Why have we fallen behind the global digital transformation process? (in Persian). <https://way2pay.ir/303233/>
101. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.
102. Zare, M. (2019). Why digital transformation plans fail? (in Persian). <https://www.zoomit.ir/business/341879-big-reasons-digital-transformations-fail/>
103. Zhang, D., & Lu, G. (2020). The future of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) in engineering. *Engineering*, 6(3), 212–214. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.11.012>
104. Zhang, Y., Chen, Y., & Wang, J. (2010). Outlier detection techniques for wireless sensor networks: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 12(2), 159–170. <https://doi.org/10.1109/SURV.2010.021510.00088>