

Conceptual Model of the Impact of Artificial Intelligence on Innovative Circular Business Models

Ali Mohammad Mirzaei *

Master's in Business Administration (MBA), Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran

Abstract

This study conducts an integrative systematic review aimed at elucidating the causal mechanisms linking artificial intelligence (AI) capabilities to innovation in circular business models. During the search process, more than 50 relevant publications from 2015–2025 were identified and screened, from which 12 high-quality and thematically aligned articles were ultimately selected for in-depth analysis. The analytical procedure comprised three stages: (1) screening and selecting studies based on thematic and methodological criteria; (2) iterative reading and in-depth content analysis to extract constructs, relationships, and causal mechanisms; and (3) theoretical synthesis to develop a unified conceptual architecture. The synthesized findings indicate that AI's perceptive, predictive, and prescriptive capacities activate dynamic capabilities through three primary mechanisms, which in turn drive innovation in the value creation, delivery, and capture components of circular business models. Such innovations enable circularity pathways and, through information feedback loops and reinforcement learning, generate temporal dynamics and cumulative advantage. In addition to detailing the inputs, outputs, and suggested measurement indicators for each construct, the article makes three theoretical and practical contributions: (i) translating AI capabilities into explicit and testable mechanisms within the dynamic capabilities framework; (ii) integrating fragmented insights from the circular economy, dynamic capabilities, and AI literature into a single mechanistic framework; and (iii) offering actionable guidance for managers and policymakers regarding the necessary infrastructures and boundary conditions for implementing AI-enabled circular business models. This framework provides a foundation for future empirical research, policy design, and the development of product life-cycle management platforms.

Keywords: Artificial intelligence, dynamic capabilities, circular business models, circular economy, business model innovation, circularity pathways.

* Corresponding author: ali.m.mirzaei20@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Circular business models (CBMs) aim to decouple economic growth from resource consumption through reuse, regeneration, and closed-loop value systems. In this context, artificial intelligence (AI) emerges as a transformative enabler that enhances the adaptive, analytical, and learning capacities of organizations. Despite growing interest, theoretical clarity on *how* AI capabilities drive innovation in CBMs remains limited. This research addresses that gap by developing a conceptual model explaining the causal mechanisms that link AI's perceptive, predictive, and prescriptive capabilities to innovation in the design, delivery, and capture of circular value.

Methodology

The study adopts an integrative systematic review design conducted in three iterative phases. First, a structured literature search identified over 50 publications (2015–2025), from which 12 high-quality and thematically aligned studies were selected based on methodological rigor and conceptual relevance. Second, in-depth qualitative content analysis was applied to extract constructs, relationships, and causal mechanisms among AI, dynamic capabilities (DCs), and circular innovation. Finally, theoretical triangulation was performed to validate the alignment of emerging themes with established frameworks such as the dynamic capabilities theory, circular economy literature, and business model innovation research.

Findings

Analyses revealed three primary causal mechanisms through which AI enables CBM innovation. AI's perceptive capabilities enhance sensing and data-driven recognition of circular opportunities; predictive capabilities support simulation and forecasting for resource efficiency; and prescriptive capabilities optimize decision-making and reconfiguration processes. These mechanisms collectively activate dynamic capabilities that foster innovation in the creation, delivery, and **capture** of value cycles. The mechanisms produce reinforcing feedback loops, generating cumulative advantage and temporal learning dynamics that support long-term circularity.

Discussion and Conclusion

The proposed conceptual model illustrates how AI and dynamic capabilities interact within circular ecosystems, transforming static value propositions into adaptive innovation architectures. It integrates fragmented insights from AI, circular economy, and strategic management into a single mechanistic framework. The discussion highlights the need for cross-disciplinary integration to bridge technical AI functionalities with managerial capabilities, governance, and sustainability goals. Furthermore, the study proposes indicators for empirically measuring AI-enabled dynamic capabilities and their influence on circular innovation outcomes.

The research contributes theoretically by translating AI's abstract technological potential into *testable mechanisms* within the dynamic capabilities framework. Practically, it provides actionable guidance for managers and policymakers seeking to design AI-enabled circular systems. The study underscores that the successful implementation of such models requires not only technological infrastructure but also organizational learning structures and supportive institutional conditions. The proposed conceptual model thus serves as a foundation for future empirical research, policy design, and the development of AI-driven circular business platforms that operationalize sustainability through intelligence and adaptability.



مدل مفهومی تأثیر هوش مصنوعی بر نوآوری مدل‌های کسب‌وکار چرخشی

علی محمد میرزائی*

کارشناسی ارشد رشته مدیریت کسب و کار (MBA)، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵

چکیده

این مطالعه با هدف تبیین سازوکارهای علی پیونددهنده ظرفیت‌های هوش مصنوعی با نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی، یک مرور نظام‌مند تلفیقی انجام شده است. در مرحله جست‌وجو، بیش از ۵۰ مقاله مرتبط منتشرشده در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۵ شناسایی و غربال شدند و در نهایت ۱۲ مقاله کلیدی بر اساس معیارهای تمرکزی و کیفیتی برای تحلیل عمیق انتخاب گردیدند. فرآیند تحلیل در سه مرحله اجرا شد: غربالگری و انتخاب مقالات بر اساس محورهای موضوعی و روش‌شناختی؛ بازخوانی و تحلیل محتوای عمقی برای استخراج سازه‌ها، روابط و مکانیسم‌های علی؛ تلفیق نظری برای ساخت یک معماری مفهومی یکپارچه. بر اساس تلفیق یافته‌ها، مدل مفهومی پیشنهادی نشان می‌دهد که ظرفیت‌های ادراکی، پیش‌بینی‌کننده و تجویزی هوش مصنوعی از طریق سه مکانیسم اصلی، قابلیت‌های پویا را فعال کرده و در نتیجه نوآوری در خلق، ارائه و کسب ارزش مدل‌های کسب‌وکار چرخشی را شکل می‌دهند. این نوآوری‌ها مسیرهای چرخشی را فعال کرده و با حلقه‌های بازخورد اطلاعاتی و یادگیری تقویتی، پویایی زمان‌مند و مزیت تجمعی پدید می‌آورند. مقاله ضمن تشریح ورودی/خروجی هر سازه و پیشنهاد شاخص‌های اندازه‌گیری، سه دستاورد نظری-کاربردی دارد: تبدیل توان‌های هوش مصنوعی به سازوکارهای مشخص و قابل‌آزمون در چارچوب قابلیت‌های پویا؛ یکپارچه‌سازی دیدگاه‌های پراکنده در ادبیات اقتصاد چرخشی، قابلیت‌های پویا و هوش مصنوعی در یک چارچوب مکانیکی؛ ارائه راهنمایی‌های عملی برای مدیران و سیاست‌گذاران درباره زیرساخت‌ها و شرط‌های مرزی لازم برای پیاده‌سازی مدل‌های کسب‌وکار چرخشی مبتنی بر هوش مصنوعی. این چارچوب می‌تواند مبنای مطالعات تجربی بعدی، طراحی سیاست و توسعه پلتفرم‌های مدیریت چرخه عمر محصول باشد.

کلیدواژه: هوش مصنوعی، قابلیت‌های پویا، مدل‌های کسب‌وکار چرخشی، اقتصاد چرخشی، نوآوری مدل کسب‌وکار، مسیرهای چرخشی.

۱- مقدمه

گذار از نظام خطی تولید و مصرف به سمت اقتصاد چرخشی، به عنوان یکی از تحولات بنیادین سده اخیر، ضرورت بازآفرینی الگوهای خلق، ارائه و کسب ارزش را در بنگاه‌ها برجسته ساخته است. در چنین بستری، سازمان‌ها به فناوری‌های داده‌محور برای شناسایی فرصت‌های چرخشی، کاهش عدم قطعیت و طراحی مدل‌های کسب‌وکار مقاوم در برابر فشارهای محیطی و مقرراتی متوسل می‌شوند. در میان این فناوری‌ها، هوش مصنوعی به دلیل توانایی در استخراج الگوهای نهفته، پیش‌بینی رفتارهای سیستمی و ارائه تصمیمات تجویزی، به یک توانمندی تحول‌آفرین تبدیل شده است. [۱][۲]

با این حال، بهره‌گیری از هوش مصنوعی در نوآوری مدل‌های کسب‌وکار چرخشی تنها یک موضوع فناورانه نیست؛ بلکه مستلزم درک سازوکارهایی است که از طریق آن‌ها قابلیت‌های ادراکی، پیش‌بینی‌کننده و تجویزی هوش مصنوعی می‌توانند به فرصت‌سازی، کاهش ریسک، بازیگربندی منابع و خلق ارزش چرخشی منجر شوند. در سال‌های اخیر، ادبیات مدیریت و اقتصاد چرخشی بر قابلیت‌های پویا به‌عنوان لنز قدرتمند برای توضیح چگونگی سازگاری بنگاه‌ها در شرایط پیچیده تأکید کرده است. اما پیوند میان قابلیت‌های هوش مصنوعی و سازوکارهای پویا، به ویژه در بستر اقتصاد چرخشی، هنوز به‌طور نظام‌مند تبیین نشده است. [۳]

مرور پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات یا بر کاربردهای فنی و عملیاتی هوش مصنوعی در چرخه عمر محصول تمرکز دارند، یا پیامدهای کلی تحول دیجیتال را در مدل‌های کسب‌وکار بررسی می‌کنند. با این حال، آنچه در این میان غایب است، یک چارچوب علی‌روشن است که نشان دهد هوش مصنوعی دقیقاً چگونه و از طریق چه مکانیسم‌هایی نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی را ممکن می‌سازد؛ این در حالی است که فهم این مکانیسم‌ها برای طراحی مداخلات مدیریتی، سرمایه‌گذاری فناورانه و سیاست‌گذاری عمومی امری ضروری است. [۴][۵]

از این رو، شکاف اصلی پژوهش در عدم وجود یک مدل مفهومی منسجم و مبتنی بر شواهد نهفته است که بتواند: (۱) ظرفیت‌های مختلف هوش مصنوعی را به‌صورت سازه‌های قابل تعریف و قابل اندازه‌گیری تبیین کند؛ (۲) مکانیسم‌های علی‌پیونددهنده این ظرفیت‌ها با قابلیت‌های پویا را آشکار سازد؛ و (۳) نشان دهد که این مکانیسم‌ها چگونه به نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی منجر می‌شوند. مطالعه حاضر با تکیه بر یک مرور نظام‌مند تلفیقی و تحلیل عمیق مقالات منتخب، درصدد است این شکاف را پر کرده و یک چارچوب نظری یکپارچه برای تبیین نقش هوش مصنوعی در نوآوری مدل‌های کسب‌وکار چرخشی ارائه دهد. [۶]

۲. مرور ادبیات

۲-۱. بنیان‌های نظری اقتصاد چرخشی و مدل‌های کسب‌وکار چرخشی

اقتصاد چرخشی در دهه‌های اخیر به‌عنوان یکی از رویکردهای کلیدی برای مواجهه با چالش‌های زیست‌محیطی و فشار بر منابع مطرح شده است. در این میان، مدل‌های کسب‌وکار چرخشی به‌عنوان سازوکار اجرایی اقتصاد چرخشی نقش محوری دارند و جریان ارزش را بازطراحی می‌کنند. [۲]

با وجود اهمیت این مدل‌ها، ادبیات نشان می‌دهد که پژوهش‌های اولیه این حوزه عمدتاً به تعریف مفهومی مدل‌های کسب‌وکار چرخشی و ضرورت بازآرایی ارزش پرداخته‌اند و هنوز سازوکارهای پویای خلق ارزش به‌طور کامل روشن نشده‌اند. علاوه بر این، مطالعات مکرراً تأکید کرده‌اند که پیاده‌سازی مفهومی مدل‌های کسب‌وکار چرخشی بدون داده‌های معتبر، شاخص‌های معتبر و ابزارهای تحلیلی قابل اتکا دشوار است و همین مسئله یکی از موانع اصلی گذار چرخشی محسوب می‌شود. [۲]

۲-۲. نقش فناوری‌های دیجیتال در تقویت شفافیت و تصمیم‌سازی چرخشی

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که فناوری‌های دیجیتال از جمله اینترنت اشیاء، سنسورها و دارایی‌های هوشمند، پایه لازم برای درک وضعیت محصول، جریان مواد و الگوهای مصرف را فراهم می‌کنند. Rossi و همکاران نشان می‌دهند که دارایی‌های هوشمند قادرند داده‌های چرخه عمر را کمی‌سازی و تصمیم‌گیری چرخشی را تسهیل کنند، امری که زیربنای بسیاری از استراتژی‌های اقتصاد چرخشی است [۸]. همچنین Ranta و همکاران توضیح می‌دهند که دیجیتالی‌سازی می‌تواند نوآوری در مدل کسب‌وکار را امکان‌پذیر کند، به‌ویژه از طریق سرویس‌محوری و همکاری شبکه‌ای میان بازیگران زنجیره ارزش [۹]. با وجود این شواهد، بخش عمده ادبیات دیجیتالی‌سازی، نقش هوش مصنوعی را به‌صورت سطحی یا عملیاتی (مانند نگهداشت پیش‌بینانه یا پایش وضعیت) بررسی کرده و کمتر به پیامدهای ساختاری و استراتژیک هوش مصنوعی در تحول مدل کسب‌وکار پرداخته است. [۱]

۳-۲. ظهور نقش هوش مصنوعی در گذار چرخشی

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی نقش سه توان ادراکی، پیش‌بینی و تجویزی هوش مصنوعی را به‌عنوان محرک‌های بالقوه اقتصاد چرخشی معرفی کرده‌اند. مطالعات Özsoy و Umar استدلال می‌کنند که هوش مصنوعی قادر است محدودیت‌های بنیادی اقتصاد چرخشی یعنی نبود داده معتبر، نبود تحلیل آینده‌نگری و نبود ابزارهای تصمیم‌گیری تجویزی را برطرف کند و مسیرهای چرخشی را فعال سازد. [۱۰] این یافته‌ها با شواهد دیگری هم‌راستا است که نشان می‌دهند هوش مصنوعی می‌تواند کیفیت داده، افق پیش‌بینی و قدرت تصمیم‌سازی را به شکل همزمان افزایش دهد و بنگاه‌ها را قادر سازد تا استراتژی‌های چرخشی را با ریسک کمتر و شفافیت بیشتر طراحی کنند. [۴] با این حال، این پژوهش‌ها اغلب کاربردمحور بوده‌اند و کمتر نشان می‌دهند که هوش مصنوعی چگونه از طریق مکانیزم‌های سازمانی به نوآوری مدل کسب‌وکار تبدیل می‌شود. [۱]

۴-۲. قابلیت‌های پویا به‌عنوان چارچوب تبیینی گذار چرخشی

ادبیات مدیریت به‌طور گسترده از قابلیت‌های پویا برای توضیح سازگاری سازمانی در شرایط پیچیده استفاده کرده است. سه فرآیند حس کردن، بهره‌گیری و تحول چارچوبی ارائه می‌کنند که توضیح می‌دهد چگونه سازمان‌ها فرصت‌ها را شناسایی، منابع را بسیج و ساختار ارزش را بازپیکربندی می‌کنند. پژوهش‌های اخیر در اقتصاد چرخشی استدلال می‌کنند که گذار چرخشی ذاتاً نیازمند فعال‌سازی قابلیت‌های پویا است؛ زیرا تغییر مدل کسب‌وکار، بازطراحی شبکه ارزش و اتخاذ تصمیمات بلندمدت نیازمند سازگاری سازمانی است. [۳] Shaker و چندین مطالعه مشابه نشان داده‌اند که هوش مصنوعی زمانی می‌تواند به ارزش چرخشی منجر شود که با منطق قابلیت‌های پویا همسو شده باشد. [۳] با وجود این، هنوز مشخص نیست که هوش مصنوعی چگونه و از طریق چه مکانیسم‌هایی این قابلیت‌ها را فعال می‌کند؛ شکافی که در ادبیات شما نیز به‌صراحت بیان شده است. [۲]

۵-۲. تلاش‌های ادغام سه حوزه هوش مصنوعی، قابلیت‌های پویا و مدل‌های کسب‌وکار چرخشی

مطالعات اخیر مانند Madanaguli و همکاران، He و همکاران و Sjödin و همکاران کوشیده‌اند نقش هوش مصنوعی را در سطح مدل کسب‌وکار تحلیل کنند. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی می‌تواند: طراحی مدل‌های سرویس‌محور را تسهیل کند؛ الگوهای خلق/ارائه/کسب ارزش را تغییر دهد؛ و تصمیم‌گیری چرخشی را از طریق داده و پیش‌بینی تقویت کند. [۶] اما با

وجود این پیشرفت‌ها، سه محدودیت مهم همچنان پابرجاست: (۱) فقدان مدل مفهومی مکانیکی که توضیح دهد ظرفیت‌های هوش مصنوعی چگونه در عمل به قابلیت‌های پویا تبدیل می‌شوند؛ (۲) نبود یکپارچگی نظری میان ادبیات هوش مصنوعی و قابلیت‌های پویا و اقتصاد چرخشی؛ (۳) غیبت تحلیل علی مسیرهای چرخشی در ارتباط با خروجی‌های هوش مصنوعی. [۱]

۲-۶. جمع‌بندی و تعریف شکاف پژوهش

بررسی ادبیات نشان می‌دهد که در حالی که نقش هوش مصنوعی در اقتصاد چرخشی مورد توجه قرار گرفته، همچنان یک مدل مفهومی جامع که بتواند ظرفیت‌های ادراکی، پیش‌بینی‌کننده و تجویزی هوش مصنوعی را به سازوکارهای پویا و مسیرهای نوآوری مدل کسب‌وکار چرخشی پیوند دهد، وجود ندارد. به علاوه، پژوهش‌ها غالباً داده‌ها، فناوری و مدل کسب‌وکار را به صورت جداگانه تحلیل کرده‌اند و کمتر کوشیده‌اند آن‌ها را در یک معماری علی واحد یکپارچه سازند. [۹] مطالعه حاضر با توسعه مدل AI-DC-CBMI دقیقاً در پاسخ به این شکاف طراحی شده و تلاش می‌کند نشان دهد که ظرفیت‌های هوش مصنوعی از طریق سه مکانیسم (غنی‌سازی داده، کاهش عدم قطعیت و بازیگربندی تجویزی) چگونه به فعال‌سازی قابلیت‌های پویا و در نهایت به نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی منجر می‌شوند. [۷]

۳. چارچوب نظری

اقتصاد چرخشی به عنوان یک پارادایم نوظهور در مدیریت پایداری، بر بازطراحی نظام‌های خلق، ارائه و کسب ارزش تأکید دارد و هدف آن کاهش فشار بر منابع، افزایش کارایی استفاده از مواد و ایجاد حلقه‌های بازگشت جریان‌های محصول است. در این چارچوب، مدل‌های کسب‌وکار چرخشی به عنوان ابزارهای کلیدی عملیاتی‌سازی اقتصاد چرخشی شناخته می‌شوند؛ ابزارهایی که سازمان‌ها از طریق آن‌ها می‌توانند الگوهای مصرف، جریان مواد و روابط ارزش را بازآرایی کنند و به شکل پایدارتر به خلق سود پردازند. ادبیات پژوهش نشان داده است که اگرچه اصول اقتصاد چرخشی در سطح نظری شناخته شده‌اند، اما پیاده‌سازی آن‌ها بدون وجود داده‌های دقیق، قابلیت‌های سازمانی توسعه‌یافته و سازوکارهای تحلیلی مناسب دشوار است و همین مسئله مانع اصلی گذار کسب‌وکارها محسوب می‌شود. [۲]

از سوی دیگر، تحول دیجیتال و ظهور فناوری‌های نسل چهارم صنعتی، به‌ویژه دارایی‌های هوشمند و سیستم‌های تحلیلی پیشرفته، زمینه‌ای فراهم کرده‌اند که از طریق آن می‌توان شکاف‌های اطلاعاتی و عملیاتی موجود در مسیر چرخشی را کاهش داد. جریان‌های داده‌ای که از طریق حسگرها، اینترنت اشیا، سیستم‌های نظارت بر چرخه عمر محصول و ابزارهای کلان‌داده تولید می‌شوند، نه تنها امکان مشاهده‌پذیری لحظه‌ای وضعیت محصول را فراهم می‌سازند، بلکه زمینه تحلیل آینده‌نگری و تصمیم‌گیری ساختاریافته را نیز ایجاد می‌کنند. پژوهش‌های موجود تأکید دارند که این نوع دارایی‌های هوشمند پیش‌نیازهای حیاتی برای طراحی و اجرای مدل‌های کسب‌وکار چرخشی هستند؛ به‌ویژه در مدل‌هایی که مبتنی بر خدمات، بازیافت پیشرفته، استفاده مجدد، به اشتراک‌گذاری یا قراردادهای مبتنی بر عملکرد هستند. [۸]

با این حال، بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال تنها یک جنبه از مسئله است. آنچه در سال‌های اخیر در ادبیات برجسته شده، نقش رو به تکامل هوش مصنوعی در مدیریت و تبدیل داده‌ها به تصمیمات ارزش‌آفرین است. هوش مصنوعی در قلب خود سه دسته توان متمایز ولی مکمل را در اختیار سازمان قرار می‌دهد: توان ادراکی، توان پیش‌بینی‌کننده و توان تجویزی. توان ادراکی امکان جمع‌آوری، پردازش و فهم الگوهای پنهان در داده‌ها را تقویت می‌کند و سازمان را قادر می‌سازد از وضعیت محصولات، تجهیزات و کاربران تصویر دقیقی به دست آورد. توان پیش‌بینی‌کننده افق زمانی تصمیم‌گیری را گسترش می‌دهد و با ایجاد آینده‌نگری احتمالی، عدم قطعیت را در سطحی کاهش می‌دهد که امکان طراحی مدل‌های کسب‌وکار جدید فراهم شود. توان

تجویزی فراتر از پیش‌بینی عمل می‌کند و با تحلیل سناریوها و پیامدها، بهترین اقدام ممکن را توصیه می‌کند و در برخی موارد حتی تصمیم را خودکارسازی می‌نماید. این سه توان به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند نگهداشت پیش‌بینانه، مدیریت چرخه عمر محصول، بهینه‌سازی جریان مواد و طراحی استراتژی‌های بازچرخانی اهمیت دارند، زیرا قادرند محدودیت‌های بنیادی داده‌ای و تحلیلی را برطرف کنند. [۴]

با وجود این ظرفیت‌ها، خود فناوری به‌تنهایی قادر به ایجاد نوآوری در مدل کسب‌وکار نیست. ادبیات مدیریت نوآوری نشان می‌دهد که فناوری تنها زمانی به نوآوری ساختاری منجر می‌شود که درون سازمان در قالب «قابلیت‌های پویا» نهادینه شود. نظریه قابلیت‌های پویا بیان می‌کند که سازمان‌ها باید سه فرآیند بنیادین را توسعه دهند: توانایی حس کردن فرصت‌ها و تهدیدها (Sense)، توانایی بهره‌گیری از آن‌ها از طریق تصمیمات و سرمایه‌گذاری‌ها (Seize)، و توانایی بازپیکربندی ساختارها، منابع و روتین‌ها در پاسخ به شرایط جدید (Transform). در حوزه مدل‌های کسب‌وکار چرخشی، این سه فرآیند اهمیت دوچندان دارند، زیرا پیاده‌سازی مدل‌های چرخشی مستلزم بازتعریف روابط ارزش، تغییر جریان‌های مالی، طراحی سازوکارهای بازگشت محصول و همکاری با شرکای جدید است؛ اموری که تنها در صورتی موفق خواهند بود که سازمان بتواند فرصت‌های چرخشی را به‌موقع شناسایی کرده، منابع مناسب اختصاص دهد و ساختارهای عملیاتی و شبکه ارزش خود را بازطراحی کند. [۳]

فناوری‌های هوش مصنوعی در همین نقطه وارد می‌شوند و نقش تسهیل‌کننده و شتاب‌دهنده پیدا می‌کنند. پژوهش‌ها به‌طور پیوسته نشان داده‌اند که ظرفیت‌های تحلیلی مبتنی بر هوش مصنوعی با تقویت توانایی سازمان در شناسایی الگوها، درک شرایط واقعی، تحلیل سناریوهای احتمالی و پیشنهاد اقدامات بهینه، فرآیندهای سه‌گانه قابلیت‌های پویا را توانمند می‌سازند. به عنوان مثال، سیستم‌های ادراکی مبتنی بر داده‌های چرخه عمر محصول، سازمان را قادر می‌سازند که فرصت‌های بازیافت، بازسازی یا استفاده مجدد را زودتر و دقیق‌تر تشخیص دهد؛ مدل‌های پیش‌بینی‌کننده افق زمانی تصمیم‌گیری را گسترش می‌دهند و با کاهش عدم قطعیت، امکان طراحی مدل‌های کسب‌وکار جدید فراهم می‌شود؛ و سیستم‌های تجویزی نیز راهبردهایی برای بهینه‌سازی جریان مواد، قیمت‌گذاری خدمات یا زمان‌بندی بازگشت محصول ارائه می‌دهند. [۵]

در کنار این عوامل سازمانی، مدل‌های کسب‌وکار چرخشی خود نیازمند سازوکارهای چندبعدی خلق، ارائه و کسب ارزش هستند. در این مدل‌ها، ارزش نه تنها از فروش محصول، بلکه از خدمات، طولانی‌کردن عمر کالا، بازیابی مواد و مشارکت در چرخه‌های بازگشت خلق می‌شود. معنای نوآوری در این مدل‌ها، بازطراحی کل منطق ارزش است: اگرچه ممکن است محصول همان محصول باقی بماند، اما روابط ارزش، جریان درآمد، مسئولیت‌های طرفین، قراردادهای خدماتی و حتی ساختار زنجیره تأمین دگرگون می‌شود. این نوآوری‌ها در نهایت مسیرهای چرخشی سه‌گانه Narrowing، Slowing و Closing را فعال می‌کنند و هر مسیر منطقی متفاوت برای بازآرایی ارزش و کاهش فشار بر منابع ارائه می‌دهد. [۷]

بنابراین، سه محور نظری یعنی ظرفیت‌های هوش مصنوعی، قابلیت‌های پویا و نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی در کنار یکدیگر یک بنیان تحلیلی واحد را تشکیل می‌دهند. با وجود آنکه مطالعات پیشین به صورت پراکنده به پیوند میان این محورها پرداخته‌اند، تاکنون یک مدل جامع که بتواند منطق درونی، روابط مسیرها، مکانیسم‌های علی و حلقه‌های بازخوردی آن‌ها را یکپارچه‌سازی کند، ارائه نشده است. همین خلا نظری ضرورت توسعه چارچوب مفهومی حاضر را شکل می‌دهد؛ چارچوبی که هدف آن توضیح روشن، عمیق و مکانیکی این است که چگونه ظرفیت‌های متفاوت هوش مصنوعی از طریق فعال‌سازی قابلیت‌های پویای سازمان منجر به نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی می‌شوند و چگونه این نوآوری‌ها مسیرهای چرخشی را تقویت می‌کنند و در نهایت پیامدهای چندبعدی چرخشی را پدید می‌آورند. [۹]

۴. روش‌شناسی

۴-۱. طراحی پژوهش

این پژوهش با هدف استخراج سازوکارهای علی و توسعه یک مدل مفهومی یکپارچه درباره چگونگی تأثیر ظرفیت‌های هوش مصنوعی بر نوآوری مدل‌های کسب‌وکار چرخشی، از رویکرد مرور ادبیات مفهومی نظام‌مند بهره گرفته است. این رویکرد مطابق با رویه‌های مطالعات مروری معتبر مانند (Chauhan et al. (2022 طراحی شد و متناسب با هدف پژوهش (که توسعه یک معماری مفهومی مکانیکی است نه تحلیل آماری) از منطق تحلیل تبیینی-استنتاجی استفاده گردید. [۱]

تمرکز مرور بر سه محور اصلی بوده است: (۱) ظرفیت‌های هوش مصنوعی؛ (۲) نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی؛ (۳) پیامدها و سازوکارهای میانجی که پیوند AI و CE را ممکن می‌سازند. بر این اساس، رویکرد پژوهش از ابتدا به گونه‌ای طراحی شد که بتواند الگوهای نظری، سازه‌های بین‌رشته‌ای و روابط علی را از دل ادبیات استخراج و در قالب یک مدل مفهومی قابل اتکا ادغام کند. [۳]

۴-۲. راهبرد جستجو و غربالگری مقالات

فرآیند جستجو و انتخاب مقالات براساس چارچوب PRISMA طراحی شد و در چهار گام انجام گرفت: شناسایی، غربالگری، ارزیابی کیفی و انتخاب نهایی. در تمام مراحل، هدف اصلی شناسایی مقالاتی بود که به صورت مستقیم به پیوند میان هوش مصنوعی، قابلیت‌های پویا و نوآوری مدل کسب‌وکار چرخشی پرداخته‌اند. [۱]

گام ۱: شناسایی اولیه منابع

جستجو در پایگاه‌های جامع ScienceDirect، SpringerLink، Emerald، Wiley و MDPI انجام گرفت. بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۵ انتخاب شد تا از یکسو پژوهش‌های آغازین ارتباط AI-CE و از سوی دیگر مطالعات مفهومی و مروری اخیر پوشش داده شود.

گام ۲: غربالگری اولیه

مقالات تکراری حذف شد و سپس عنوان، چکیده و واژگان کلیدی برای سنجش دعوت‌پذیری به مرور شدند. معیار غربالگری شامل ارتباط مستقیم با دست‌کم یکی از محورهای زیر بود: نقش AI در نوآوری یا مدیریت چرخه‌ عمر؛ نوآوری مدل‌های کسب‌وکار چرخشی؛ تأثیر دیجیتالی‌سازی بر اقتصاد چرخشی. مطالعاتی که تنها به فناوری‌هایی مانند IoT یا بلاکچین پرداخته بودند بدون پیوند نظری به CBM یا AI حذف شدند؛ این معیار مطابق با رویکرد مطالعات (Chauhan et al. (2022 اعمال شده است. [۱]

گام ۳: ارزیابی کیفی و معیارهای شمول

نسخه کامل مقالاتی که پس از غربالگری باقی ماندند بررسی شد. تنها مقالاتی انتخاب شدند که: یک سازه نظری یا مدل مفهومی مرتبط ارائه کرده باشند؛ به نقش AI در خلق، ارائه یا کسب ارزش اشاره کرده باشند؛ یا ضمن تحلیل CE، کاربرد مستقیم AI را بررسی کرده باشند. مطالعاتی مانند (Sjödin et al. (2023، (Madanaguli et al. (2024، (Shakir و Fallahi et al. (2023) (2025) نمونه‌هایی از مقالاتی‌اند که براساس این معیار واجد شرایط تشخیص داده شدند. [۳][۴][۵]

گام ۴: انتخاب نهایی و گردآوری مجموعه تحلیلی

در پایان این فرآیند، ۱۲ مقاله کلیدی انتخاب شد که این مقالات نماینده سه خوشه اصلی ادبیات بودند: نقش فناوری‌های دیجیتال در اقتصاد چرخشی؛ نقش هوش مصنوعی در مدل‌های کسب‌وکار و مدیریت چرخه‌ عمر؛ قابلیت‌های پویا و سازوکارهای سازمانی.

۳-۴. چارچوب تحلیل داده‌ها: تحلیل تماتیک-علی

فرآیند تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل تماتیک چندمرحله‌ای انجام شد که ترکیبی از رویکردهای قیاسی (برآمده از نظریه) و استقرایی (برآمده از متن) است. [۱]

مرحله ۱: آشنایی با داده‌ها

تمام ۱۲ مقاله بازخوانی شدند تا مفاهیم کلیدی، گزاره‌های نظری و روابط پیشنهادی شناسایی شوند.

مرحله ۲: کدگذاری باز (Open Coding)

گزاره‌های مفهومی مرتبط با AI، CE، و CBM به «کدهای اولیه» تبدیل شدند. نمونه کدها شامل مواردی مانند: پیش‌بینی‌گری AI در چرخه عمر؛ بازیگر بندی ارزش از طریق دیجیتال سازی؛ نقش قابلیت‌های پویا در Seize یا Transform.

مرحله ۳: کدگذاری محوری (Axial Coding)

کدهای اولیه در پنج تم مفهومی ادغام شدند: (۱) ظرفیت‌های هوش مصنوعی؛ (۲) قابلیت‌های پویا؛ (۳) سازوکارهای علی؛ (۴) مسیرهای نوآوری CBM؛ (۵) پیامدهای چرخشی.

مرحله ۴: کدگذاری گزینشی و استخراج سازوکارهای علی

در این مرحله روابط میان تم‌ها تحلیل و سه مکانیسم اصلی استخراج شد. این روابط مبنای مدل مفهومی AI-DC-CBMI قرار گرفتند، دقیقاً مطابق با منطق تحلیل مقالات منتخب.

مرحله ۵: اعتبارسنجی نظری (Theoretical Triangulation)

تم‌ها و روابط استخراج شده با چارچوب‌های نظری موجود (از جمله قابلیت‌های پویا، مدل‌های CBM و مسیرهای چرخشی) مقایسه شدند. این تطبیق هم‌راستایی ساختاری تم‌ها را تأیید کرد و مانع از سوگیری مفهومی شد.

۴-۴. پایایی و اعتبار تحلیل

برای اطمینان از انسجام و اعتبار یافته‌ها، چندین اقدام صورت گرفت:

- شفافیت فرآیند انتخاب منابع: تمام گام‌های جستجو، غربالگری و حذف منابع مستندسازی شد.
- ردیابی مفهومی: هر تم به منابع مشخص متصل گردید تا زنجیره استدلال مخدوش نشود.
- همسویی نظری: تم‌ها با مدل‌های موجود در مقالاتی مانند Chauhan et al. (2022) و Sjödin et al. (2023) تطبیق داده شدند. [۱][۵]

- تحلیل تکرار شونده: تحلیل چندباره و مقایسه میان‌متنی برای افزایش استحکام نظری انجام گرفت.
- جدول زیر مشخصات ۱۲ مقاله منتخب، روش پژوهش و یافته‌ها و مشارکت‌های کلیدی آن‌ها را نشان می‌دهد:

جدول ۱: مشخصات ۱۲ مقاله منتخب، روش پژوهش و یافته‌ها و مشارکت‌های کلیدی آن‌ها

ردیف	مشخصات مقاله	روش پژوهش	یافته‌ها و مشارکت‌های کلیدی
۱	Chauhan, C., Parida, V., & Dhir, A. (2022). <i>Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises</i> . <i>Technological Forecasting and Social Change</i> , 177, 121508.	مرور نظام‌مند	نشان می‌دهد فناوری‌های دیجیتال پیش‌نیاز حیاتی برای مدل‌های کسب و کار چرخشی هستند و شکاف‌های داده‌ای اصلی CE را مشخص می‌کند.
۲	Fallahi, S., Mellquist, A.-C., Mogren, O., Listo Zec, E., Algurén, P., & Hallquist, L. (2023). <i>Financing solutions for circular business models: Exploring the role of business ecosystems and artificial intelligence</i> . <i>Business Strategy and the Environment</i> , 32(6), 3233–3248.	مطالعه موردی چندگانه	نقش AI را در ایجاد شفافیت و کاهش ریسک در تأمین مالی مدل‌های

ردیف	مشخصات مقاله	روش پژوهش	یافته‌ها و مشارکت‌های کلیدی
			کسب و کار چرخشی نشان می‌دهد.
۳	He, S., Liu, X., Hou, Z., Zhou, L., & Zhang, M. (2025). <i>Understanding AI-enabled business model: An integrated bibliometric and systematic literature review</i> . SSRN Electronic Journal.	مرور نظام مند + کتاب‌سنجی	نقشه علمی مدل‌های کسب و کار مبتنی بر AI را ارائه می‌دهد و خلأهای نظری کلیدی را برجسته می‌کند.
۴	Madanaguli, A., Sjödin, D., Parida, V., & Mikalef, P. (2024). <i>Artificial intelligence capabilities for circular business models: Research synthesis and future agenda</i> . <i>Technological Forecasting and Social Change</i> , 200, 123189.	مرور مفهومی / تجمیعی	سه ظرفیت AI—ادراکی، پیش‌بینی‌کننده، تجویزی—را تعریف کرده و ارتباط آن‌ها با CBM‌ها را تبیین می‌کند.
۵	NuBholz, J. L. K. (2017). <i>Circular business models: Defining a concept and framing an emerging research field</i> . <i>Sustainability</i> , 9(10), 1810.	مفهوم‌پردازی نظری	یک چارچوب بنیادی برای تعریف CBM ارائه می‌دهد و منطق‌های Narrowing-Slowing-Closing را ایجاد می‌کند.
۶	Özsoy, T. (2023). <i>The role of artificial intelligence in facilitating the transition to a circular economy</i> . <i>İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi</i> , 11(2), 369–389.	مرور تحلیلی	توضیح می‌دهد AI چگونه محدودیت‌های داده‌ای CE را حل و مسیرهای چرخشی را با تحلیل و خودکارسازی تصمیم تقویت می‌کند.
۷	Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., & Väisänen, J.-M. (2021). <i>Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy—Multiple case study</i> . <i>Resources, Conservation and Recycling</i> , 164, 105155.	مطالعه موردی چندگانه	نقش فناوری‌های دیجیتال در ایجاد نوآوری مدل کسب و کار چرخشی را بررسی کرده و مسیرهای تحول دیجیتال—چرخشی را معرفی می‌کند.
۸	Rossi, J., Bianchini, A., & Guarnieri, P. (2020). <i>Circular economy model enhanced by intelligent assets from Industry 4.0: The proposition of an innovative tool to analyze case studies</i> . <i>Sustainability</i> , 12(17), 7147.	توسعه ابزار مفهومی	نشان می‌دهد دارایی‌های هوشمند چگونه امکان تحلیل کمی و قابل‌اعتماد چرخه عمر محصول را فراهم می‌کنند.
۹	Shakir, I. A. (2025). <i>Artificial intelligence and circular economy in practice: The role of dynamic capabilities at the organizational level</i> . Institute of Management Paper Series, Sant'Anna School of Advanced Studies.	تحلیل مفهومی	استدلال می‌کند AI تنها با فعال‌سازی قابلیت‌های پویا—Sense-Seize (Transform) می‌تواند به نوآوری چرخشی منجر شود.
۱۰	Sjödin, D., Parida, V., & Kohtamäki, M. (2023). <i>Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: Conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects</i> . <i>Technological Forecasting and Social Change</i> , 197, 122903.	مدل‌سازی مفهومی	چهارچوبی ارائه می‌دهد که تعامل AI، قابلیت‌های پویا و مدل‌های سرویتایزیشن چرخشی را نشان می‌دهد.
۱۱	Tutore, I., Parmentola, A., Costagliola di Fiore, M., & Calza, F. (2024). <i>A conceptual model of artificial intelligence effects on circular economy actions</i> . <i>Corporate Social Responsibility and Environmental Management</i> , 31(5), 4772–4782.	مدل‌سازی مفهومی	نقش AI در اقدامات کلیدی CE را تبیین کرده و سه سطح اثرگذاری: داده، تحلیل و تصمیم را معرفی می‌کند.
۱۲	Umar, M. B., Umar, S. I., Kurah, I. M., & Abdulhamid, A.-A. (2025). <i>Application of AI in the circular economy: Development finance institutions' role in resource optimization in the industry</i> . <i>Journal of Statistical Sciences and Computational Intelligence</i> , 1(2), 124–137.	تحلیل کاربردی	نشان می‌دهد AI چگونه می‌تواند در صنایع کم‌منبع، بهینه‌سازی مصرف مواد و تصمیم‌گیری چرخشی را ممکن سازد.

۴-۵. محدودیت‌های روش‌شناسی

با وجود رویکرد سیستماتیک، این پژوهش چند محدودیت دارد: تمرکز بر مقالات انگلیسی ممکن است برخی بینش‌های محلی را حذف کرده باشد؛ نبود داده‌های تجربی گسترده در برخی حوزه‌ها باعث می‌شود بخشی از تحلیل‌ها در سطح مفهومی باقی بماند؛ میان‌رشته‌ای بودن موضوع ممکن است باعث شود برخی حوزه‌های فرعی (مانند سیاست داده یا اقتصاد رفتاری) کمتر پوشش داده

شوند. این محدودیت‌ها در بخش نتیجه‌گیری مورد توجه قرار گرفته‌اند و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده ارائه شده است. [۱]

۵. توسعه مدل مفهومی

هدف این بخش ارائه یک تبیین مفهومی عمیق، مکانیکی و قابل‌آزمون از چگونگی تبدیل ظرفیت‌های هوش مصنوعی به نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی از طریق فعال‌سازی قابلیت‌های پویا است. مدل AI-DC-CBMI که در ادامه تشریح می‌شود، نه صرفاً مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها، بلکه یک «معماری علی سامانه‌ای» است: هر عنصر داده‌هایی دریافت می‌کند، آن‌ها را تبدیل و خروجی تولید می‌کند که به نوبه خود ورودی عنصر(های) بعدی می‌گردد. برای قابل‌داوری‌بودن، هر سازه تعریف می‌شود، ورودی‌ها و خروجی‌هایش مشخص می‌گردند، روابط مکانیکی و جهت‌دار تبیین شده و شواهد پشتیبان از ادبیات ارائه می‌شود. سپس گزاره‌های نظری توسعه‌یافته با شاخص‌های پیشنهادی اندازه‌گیری معرفی می‌شوند. [۵]

۱-۵. تعریف اجزا و منشأ ورودی‌ها/خروجی‌ها

مدل از سه لایه اساسی تشکیل شده است که هر کدام مجموعه‌ای از سازه‌ها را دربرمی‌گیرد: (الف) لایه ظرفیت‌های هوش مصنوعی (Perceptive, Predictive, Prescriptive)؛ (ب) لایه قابلیت‌های پویا (Sense, Seize, Transform) و لایه‌های سازمانی پشتیبان؛ و (ج) لایه نوآوری در مدل کسب‌وکار چرخشی و مسیرهای چرخشی (Narrowing, Slowing, Closing) که به پیامدهای چرخشی می‌انجامد. بین این لایه‌ها «روابط تبدیل» (transformational links) وجود دارد که در قالب سه مکانیسم اصلی مدل تعریف شده‌اند: Uncertainty Reduction → Feasibility Expansion؛ Data Enrichment → Opportunity Mapping؛ Prescriptive Optimization → Structural Reconfiguration. هر مکانیسم بیان می‌کند که چه ورودی‌ای دریافت و چه خروجی‌ای تولید می‌شود و چگونه آن خروجی سازه بعدی را فعال می‌کند. [۵]

در سطح عملیاتی، جریان اطلاعات/فرایند به این شکل است: حسگرها/سیستم‌ها (IoT، تراکنش‌ها، داده‌های عملکردی) به ظرفیت ادراکی وارد می‌شوند؛ ظرفیت ادراکی داده‌ها را غنی‌سازی و الگوها را استخراج می‌کند؛ خروجی ادراکی (الگوها، شاخص‌ها، سیگنال‌های هشدار) ورودی لایه پیش‌بینی‌کننده و لایه قابلیت‌های پویا (Sense) می‌شود؛ پیش‌بینی‌ها عدم قطعیت را کاهش می‌دهند و سناریوهای اقتصادی/عملیاتی ارائه می‌کنند که ورودی فرآیند Seize است؛ نهایتاً ظرفیت تجویزی پیشنهادی عملیاتی و پیکربندی شبکه را ارائه می‌دهد که فرآیند Transform را فعال می‌سازد و منجر به بازآرایی خلق/تحویل/کسب ارزش در قالب مدل‌های کسب‌وکار چرخشی می‌گردد. این جریان خطی به واسطه حلقه‌های بازخوردی (reinforcement loops) به صورت دورانی تقویت می‌شود و اطلاعات حاصل از اجرا (عملکرد اقتصادی، نرخ بازگشت، کیفیت مواد بازیافتی، رضایت مشتری) مجدداً به هوش مصنوعی بازمی‌گردد و فرایند را خودتقویت می‌سازد. [۱۱]

۲-۵. لایه اول: ظرفیت‌های هوش مصنوعی

۱-۲-۵. ظرفیت ادراکی (Perceptive AI)

ظرفیت ادراکی مجموعه توانایی‌های هوش مصنوعی است برای جمع‌آوری و پردازش داده‌های ساختارنیافته و ساختارمند مربوط به محصول، استفاده، محیط عملیاتی و جریان مواد، به گونه‌ای که نمایی دقیق و چندبعدی از وضعیت کنونی سیستم فراهم شود. ورودی‌ها شامل داده‌های حسگر، الگوهای عملکردی، تراکنش‌های مشتری، داده‌های لجستیک معکوس و داده‌های کیفی از شبکه شرکای اکوسیستم است. خروجی‌ها عبارت‌اند از نماهای وضعیت، شاخص‌های سلامت محصول، خوشه‌بندی‌های مصرف‌کننده و سیگنال‌های «فرصت» یا «ریسک» که برای مرحله Sense حیاتی هستند. [۵]

نقش در مدل: ظرفیت ادراکی «دید واقعی» سیستم را ایجاد می‌کند. بدون این دید، هیچ فرآیند بعدی (پیش‌بینی یا تجویز)

نمی‌تواند بر پایه نشانه‌های معتبر عمل کند. در عمل، ظرفیت ادراکی باعث می‌شود سازمان تشخیص دهد کدام محصولات برای محصول-به‌عنوان - خدمت مناسب‌اند، کدام بخش‌ها از زنجیره نیاز به مداخله دارند و کجا امکان بازیافت یا بازتولید وجود دارد. [۴] به‌عبارت دیگر، خروجی ادراکی «کشف فرصت» را فعال می‌سازد؛ ورودی اصلی برای مکانیسم \rightarrow Data Enrichment Opportunity Mapping.

نمونه شاخص‌های عملکردی پیشنهادی: نسبت داده‌های ساختارمند قابل‌استفاده بر کل داده‌ها؛ دقت طبقه‌بندی وضعیت محصول؛ درصد مواردی که الگوی خرابی زود هنگام تشخیص داده شده‌اند. این شاخص‌ها امکان آزمون گزاره اول را فراهم می‌آورند. [۵]

۲-۲-۵. ظرفیت پیش‌بینی‌کننده (Predictive AI)

ظرفیت پیش‌بینی‌کننده یعنی توانمندی تولید پیش‌بینی‌های کمی/احتمالی درباره متغیرهای حیاتی آینده (مانند عمر باقی‌مانده تجهیز، نرخ بازگشت، تقاضای بازار ثانویه، قیمت مواد) بر اساس الگوهای گذشته و شرایط کنونی. ورودی این سازه معمولاً خروجی ادراکی (نماهای وضعیت و الگوها) و داده‌های گذشته است. خروجی آن مجموعه سناریوهای ممکن و توزیع‌های احتمال است. [۶]

نقش در مدل: پیش‌بینی‌ها عدم قطعیت را کم می‌کنند و فضای امکان‌پذیری (feasibility space) را گسترش می‌دهند؛ به ویژه در تصمیم‌گیری‌هایی که نیاز به تخصیص سرمایه، قیمت‌گذاری خدمات یا تعهد قراردادی بلندمدت دارند. در مدل AI-DC-CBMI، ظرفیت پیش‌بینی‌کننده ورودی مستقیم فرآیند Seize است و امکان می‌دهد تصمیم‌گیران (یا سیستم‌های تجویزی) بر اساس برآوردهای ریسک و بازده اقدام به طراحی مدل‌های کسب‌وکار نو و قراردادهای مبتنی بر عملکرد کنند. [۶]

نمونه شاخص‌های عملکردی پیشنهادی: میانگین خطای پیش‌بینی عمر باقی‌مانده (RMSE)؛ دقت پیش‌بینی نرخ بازگشت اطلاعات تقویت‌شده تصمیم‌گیری. (increase in expected NPV under predicted scenarios). [۶]

۳-۲-۵. ظرفیت تجویزی (Prescriptive AI)

سطحی از هوش مصنوعی است که با تحلیل سناریوها و به‌کارگیری توابع هدف (مثال حداکثرسازی بازگشت سرمایه، حداقل‌سازی اثرات زیست‌محیطی)، بهترین اقدام یا سیاست را پیشنهاد می‌دهد و در برخی موارد به‌صورت خودکار آن را پیاده‌سازی می‌کند. ورودی شامل پیش‌بینی‌ها، قیود عملیاتی، ترجیحات راهبردی و معیارهای عملکرد است. خروجی شامل سیاست‌های عملیاتی، پارامترهای قرارداد، توصیه‌های شبکه‌سازی و برنامه‌های زمان‌بندی بازیابی/تعمیر است. [۶]

نقش در مدل: ظرفیت تجویزی محرک اصلی بازیگربندی ساختاری (Transform) است. این ظرفیت می‌تواند الگوی قراردادها، توزیع ریسک میان بازیگران، نظم‌دهی مجدد زنجیره تأمین و طراحی جریان‌های درآمدی جدید را پیشنهاد دهد و بدین ترتیب نوآوری مدل کسب‌وکار چرخشی را تحقق‌بخش نماید. همچنین این بخش منبع مهمی برای ایجاد حلقه‌های بازخورد خودکار است که با اجرای توصیه‌ها، داده جدید تولید و دقت مدل را افزایش می‌دهد. [۹]

نمونه شاخص‌ها: ارزش پیشنهادی تجویزی (درآمد/هزینه بهبود یافته نسبت به حالت پایه)، نرخ اجرای توصیه‌ها، سرعت همگرایی سیاست‌ها در فرایند یادگیری تقویتی. [۶]

۳-۵. لایه دوم: قابلیت‌های پویا (Dynamic Capabilities)

قابلیت‌های پویا در مدل ما به سه مؤلفه کلاسیک sense-seize-transform تفکیک می‌شوند، اما ویژگی مدل در این است که هر مؤلفه نه به‌صورت صرفاً توصیفی، بلکه به‌عنوان یک «پردازنده تصمیمی» که ورودی و خروجی‌های مشخص دارد، تبیین

می‌شود. [۳]

۳-۵-۱. آشکارسازی و معنابخشی (Sense)

مجموعه فعالیت‌ها/روتین‌هایی که سازمان از طریق آن به‌طور پیوسته محیط داخلی و خارجی را اسکن کرده، سیگنال‌های مرتبط با فرصت‌ها و تهدیدات را شناسایی و معنادار می‌سازد. ورودی: خروجی‌های ظرفیت ادراکی (نماهای وضعیت، الگوها). خروجی: مجموعه اولویت‌بندی‌شده فرصت‌ها/تهدیدات و پیشنهاد‌های اولیه برای ارزیابی اقتصادی یا طراحی تجربه. [۵]

مکانیک: ادراک الگوها منجر به تولید «پرچم‌های فرصت» می‌شود. مثال: شناسایی یک خوشه از محصولات با عمر باقی‌مانده بالا که برای محصول-به‌عنوان-خدمت مناسب‌اند که پس از اعتبارسنجی به فرآیند Seize ارسال می‌شوند. این مرحله شامل تحلیل ارزش بالقوه، تحلیل ذینفعان و تطبیق با قابلیت‌های سازمان است. [۴]

شاخص‌های اندازه‌گیری: سرعت کشف فرصت (time-to-detect)، نرخ اعتبارسنجی فرصت‌ها، نسبت فرصت‌های اجراشده به کشف‌شده. [۵]

۳-۵-۲. ارزیابی و جذب فرصت (Seize)

فعالیت‌های طراحی و انتخاب گزینه‌های راهبردی برای بهره‌گیری از فرصت‌های شناسایی‌شده؛ شامل طراحی پورتفولیوی محصول/خدمت، تعیین ساختار قیمت و ارزیابی اقتصادی. ورودی: سناریوها/پیش‌بینی‌های هوش مصنوعی، پرچم‌های فرصت از Sense. خروجی: تصمیمات راهبردی و تخصیص منابع (سرمایه، فناوری، شرکا). [۶]

مکانیک: Seize به‌عنوان مرز عملیاتی تصمیم‌گیری است که پیش‌بینی‌ها را به گزینه‌های ملموس تبدیل می‌کند. برای مثال، پیش‌بینی عمر باقی‌مانده می‌تواند منجر به تصمیم به راه‌اندازی قراردادهای محصول-به‌عنوان-خدمت برای یک زیرمجموعه از تجهیزات شود که از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد. این مرحله غالباً نیازمند تعامل میان مدیران، تیم‌های محصول و شرکای زنجیره تامین است. [۱۰]

شاخص‌ها: نرخ تبدیل فرصت به پروژه، NPV موردانتظار پروژه‌ها، میزان سرمایه تخصیص‌یافته به نوآوری‌های چرخشی. [۶]

۳-۵-۳. بازیکربندی و نهادینه‌سازی (Transform)

بازآرایی ساختارها، روتین‌ها، شبکه‌های شرکایی و سازوکارهای حکمرانی سازمانی برای اجرای مدل کسب‌وکار جدید. ورودی: سیاست‌های پیشنهادی توسط هوش مصنوعی، تصمیمات Seize. خروجی: معماری جدید خلق/تحویل/کسب ارزش (new CBM design)، قراردادهای و مجموعه‌ای از استانداردها و پروتکل‌های اجرایی. [۳]

مکانیک: Transform فرایندی است که در آن توصیه‌های تجویزی به اقدامات ساختاری و نهادی تبدیل می‌شوند؛ مثال: تبدیل شرکت از فروش محصول به ارائه «عملکرد به‌ازای-پرداخت» (function-as-a-service)، بازنگری حسابداری و شاخص‌های عملکرد و تنظیم پیمان‌نامه‌های نگهداری. نقش حیاتی این مرحله در تضمین پایداری نوآوری مدل کسب‌وکار است؛ در غیر این صورت، تصمیمات صرفاً موقتی خواهند ماند. [۳]

شاخص‌ها: درصد روتین‌های بازآرایی شده که نهادینه شده‌اند، مدت زمان تا رسیدن به بهره‌وری مدل جدید، تغییر در ترکیب درآمدی. [۳]

۴-۵. مکانیسم‌های میانی (تفصیلی)

پیش از این سه مکانیسم را نام بردیم؛ در اینجا آن‌ها را با گام‌های دقیق، مؤلفه‌های درگیر و بازتاب هر گام در لایه‌های بعدی تشریح

می‌کنم. [۵]

۵-۴-۱. مکانیسم ۱: Data Enrichment → Pattern Recognition → Opportunity Mapping

گام اول (غنی‌سازی داده‌ها): اتصال منابع داده مختلف (حسگرها، CRM، ERP، داده‌های لجستیک معکوس) و پاک‌سازی/یکپارچه‌سازی آن‌ها. این کار نیازمند زیرساخت داده و استانداردهای تبادل است. [۸]

گام دوم (شناسایی الگوها): الگوریتم‌های خوشه‌بندی، تشخیص آنومالی و استخراج ویژگی‌های مولد اطلاعات، الگوهای متراکم و سیگنال‌های قابل تفسیر را تولید می‌کنند. [۵]

گام سوم (نگاشت فرصت): خروجی الگوها (مثال: خوشه مشتریان با الگوی استفاده خاص یا گروهی از محصولات با نرخ خرابی مشابه) توسط فرایند Sense ارزیابی و به «نقشه فرصت» تبدیل می‌شود که شامل نوع فرصت (PSS, remanufacture, resale)، ذینفعان مرتبط و نیازهای اجرایی است. [۵]

پیامد: این مکانیسم شرح می‌دهد چرا ظرفیت ادراکی شرط لازم کشف فرصت‌های چرخشی است و چگونه داده به ورودی تصمیم‌سازی راهبردی تبدیل می‌شود. بسیاری از مطالعات موردی نشان داده‌اند که بدون این مرحله، طراحی مدل کسب‌وکار چرخشی مبتنی بر گمان و فرضیاتی غیرقابل اعتماد خواهد بود. [۴]

۵-۴-۲. مکانیسم ۲: Uncertainty Reduction → Feasibility Expansion

گام اول: تولید سناریوهای آینده (از طریق مدل‌های پیش‌بینی) و برآورد توزیع‌های احتمال متغیرهای کلیدی. [۶]

گام دوم (تحلیل حساسیت و سنجش ریسک): هر سناریو برای پارامترهای اقتصادی و عملیاتی آزمون می‌شود. [۶]

گام سوم: با کاهش عدم قطعیت، ترکیب‌هایی از گزینه‌های استراتژیک که قبلاً غیرقابل‌پذیر بودند تبدیل به گزینه‌هایی عملی‌پذیر می‌شوند (مثال: سرمایه‌گذاری در پلتفرم محصول-به‌عنوان-خدمت برای محصولات با عمر باقی‌مانده مشخص). [۹]

پیامد: این مکانیسم نشان می‌دهد چگونه پیش‌بینی‌های هوش مصنوعی نه فقط اطلاعات، بلکه «قابلیت تصمیم‌گیری» فراهم می‌آورند و بدین‌وسیله فرآیند Seize فعال می‌گردد. شواهد نشان می‌دهد تصمیماتی مانند تغییر ساختار درآمد یا ورود به بازارهای ثانویه معمولاً تنها در یک پنجره زمانی که عدم قطعیت به حداقل می‌رسد اتخاذ می‌شوند. [۶]

۵-۴-۳. مکانیسم ۳: Prescriptive Optimization → Structural Reconfiguration

گام اول: محاسبه سیاست‌های بهینه براساس هدف‌گذاری‌های متعدد (هزینه، کیفیت، اثر محیطی). [۶]

گام دوم: تولید بسته‌های عملیاتی شامل پروتکل‌ها، SLAها، تغییر در نقش‌های شرکا و طراحی مجدد زنجیره ارزش. [۳]

گام سوم: پیاده‌سازی و نهادینه‌سازی از طریق بازطراحی روتین‌ها و قراردادهای پیشرفته، حلقه یادگیری تقویتی سبب می‌شود سیاست‌ها به‌صورت پویا و براساس بازخوردها تنظیم شوند. [۶]

پیامد: این مکانیسم توضیح می‌دهد که چگونه خروجی هوش مصنوعی می‌تواند به تغییر ساختاری منجر شود (از تنظیم قیمت‌گذاری دینامیک تا تقسیم ریسک میان بازیگران). مطالعات نشان داده‌اند که بدون این مرحله، پیشنهادات هوش مصنوعی به‌طور محدود در فاز آزمایشی باقی می‌مانند و قابلیت جذب مقیاس را ندارند. [۳]

۵-۵. از نوآوری مدل کسب‌وکار تا مسیرهای چرخشی

وقتی قابلیت‌های پویا نوآوری در مدل کسب‌وکار را ایجاد می‌کنند، سه مسیر چرخشی با مکانیک مشخص فعال می‌شوند. در هر مسیر، نقش هوش مصنوعی، سازوکارهای قابلیت‌های پویا و خروجی‌های مشهود توضیح داده شده است. [۷]

۱,۵,۵. کاهش جریان مواد (Narrowing)

مکانیک: هوش مصنوعی با تحلیل عملکرد و مصرف، نقاط پرت و اتلاف مواد را شناسایی می‌کند (ادراکی)؛ پیش‌بینی تقاضا و رفتار مصرف‌کننده (پیش‌بینی‌کننده) موجب چیدمان دقیق‌تر تولید و ارسال می‌شود؛ تجویزها (تجویزی) نحوه بهینه تولید و بسته‌بندی را تعیین می‌کنند. قابلیت‌های پویا مسئول بهینه‌سازی فرآیندها، تخصیص بهینه منابع و تغییر طراحی محصول است. [۵]

نتایج مورد انتظار: کاهش شدت ماده به ازای واحد محصول، صرفه‌جویی هزینه و بهبود شاخص‌های محیطی. این مسیر به‌ویژه در صنایع سرمایه‌بر و asset-heavy اهمیت دارد. [۵]

۲-۵-۵. طولانی کردن عمر استفاده (Slowing)

مکانیک: ادراک وضعیت و پیش‌بینی عمر باقی‌مانده موجب می‌شود شرکت‌ها قراردادهای نگهداری پیش‌بین و محصول-به‌عنوان-خدمت را طراحی کنند. تجویزها زمان‌بندی تعمیرات، برنامه‌های نگهداری و قیمت‌گذاری عملکرد را تعیین می‌کنند. قابلیت‌های پویا مسئول طراحی مدل‌های قیمتی و شبکه خدماتی است که تضمین‌دهنده استمرار درآمد و طول عمر بیشتر محصولات اند. [۶]

نتایج مورد انتظار: افزایش میانگین طول عمر محصول، کاهش جریان شکست و ضایعات، و تغییر در ترکیب درآمد از فروش محصول به خدمات. این مسیر به‌ویژه در صنایع سرمایه‌بر و asset-heavy اهمیت دارد. [۶]

۳-۵-۵. بستن حلقه مواد (Closing)

مکانیک: هوش مصنوعی می‌تواند کیفیت قطعات پس از مصرف را تشخیص دهد، دسته‌بندی مواد را خودکار کند و بهترین مسیر بازیابی را پیشنهاد نماید. قابلیت‌های پویا با طراحی شبکه معکوس، شراکت با بازیافت‌کنندگان و بازتولیدکنندگان و ایجاد محرک‌های اقتصادی به بستن حلقه کمک می‌کند. این مسیر نیازمند همکاری میان بازیگران متعدد اکوسیستم است؛ هوش مصنوعی نقش هماهنگ‌کننده و عامل کاهش هزینه‌های اطلاعاتی را ایفا می‌کند. [۷]

نتایج مورد انتظار: افزایش نرخ بازیافت با ارزش افزوده، کاهش استخراج مواد اولیه و ایجاد بازارهای ثانویه. مطالعات نشان می‌دهند که این مسیر تا حد زیادی به وجود زیرساخت‌های لجستیک معکوس و بازار ثانویه بستگی دارد. [۷]

۶-۵-۵. حلقه‌های بازخورد، یادگیری تقویتی و پویایی زمان‌مند

یک ویژگی کلیدی مدل، تأکید بر بازخوردهای چندسطحی است. وقتی یک مدل کسب‌وکار چرخشی اجرا می‌شود، خروجی‌های اجرایی (عملکرد اقتصادی، نرخ بازگشت، کیفیت مواد بازیافتی، رفتار مشتری) به‌عنوان داده‌های جدید به لایه هوش مصنوعی بازمی‌گردند. این داده‌ها کیفیت ادراک را بهبود می‌بخشند، دقت پیش‌بینی را افزایش می‌دهند و سیاست‌های تجویزی را اصلاح می‌کنند. اگر سیستم‌ها به سطح یادگیری تقویتی برسند، آن‌ها قادر خواهند بود به‌صورت خودکار سیاست‌هایی را بهینه‌سازی کنند که هدف ترکیبی شامل سودآوری و شاخص‌های چرخشی را دنبال می‌کنند. این فرآیند باعث می‌شود تحول چرخشی مسیر وابسته و تقویتی (path-dependent reinforcement) شود: هرچه قدر مدل موفق‌تر اجرا شود، داده‌ها بهتر و سیاست‌ها قوی‌تر شده و مقیاس‌پذیری تسریع می‌شود. [۶][۱۱]

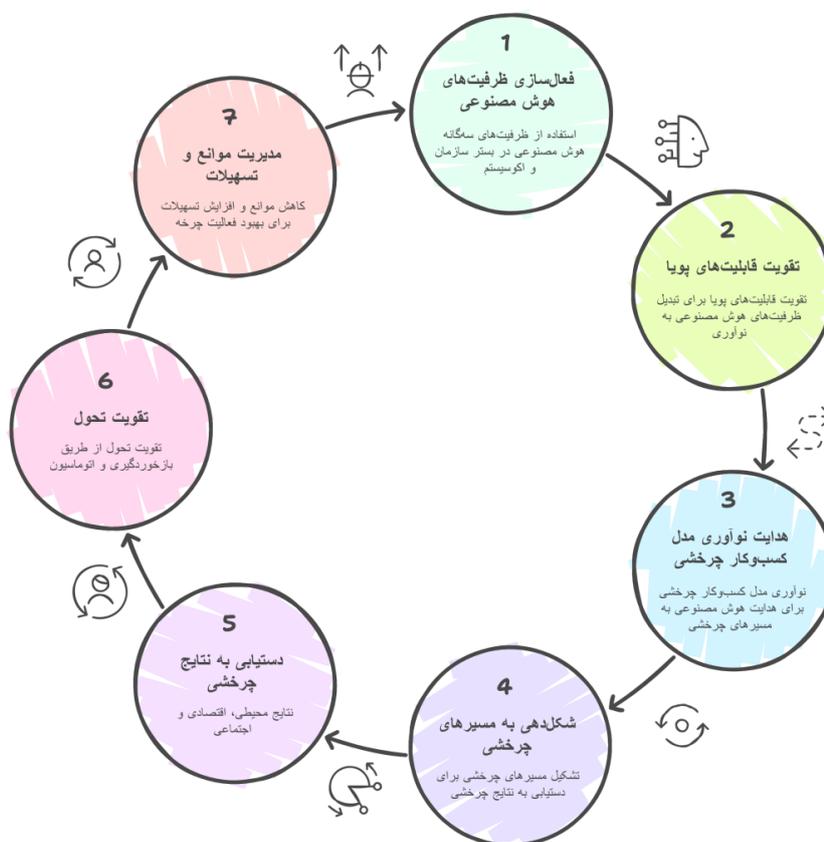
هشدار نظری: حلقه‌های بازخورد می‌توانند منجر به پیامدهای ناخواسته نیز شوند؛ به‌عنوان مثال، خودکارسازی تصمیمات قیمت‌گذاری ممکن است موجب رفتارهای بازاری نامطلوب یا تمرکز بر بخش‌های کم‌اثر محیطی شود اگر اهداف چندمعیاره به‌درستی لحاظ نشوند. بنابراین، طراحی تابع هدف در لایه تجویزی باید صریحاً شامل معیارهای محیطی/اجتماعی باشد تا از بروز نتایج نامطلوب جلوگیری شود. [۳]

۷-۵. شرایط مرزی (Boundary conditions) و تعدیل‌کننده‌ها

برای قضاوت نظری و آماده‌سازی آزمون‌های تجربی، لازم است شرایطی که نظریه تحت آن‌ها معتبر است مشخص شود. بر اساس سنتزی مقالات، شرایط مرزی کلیدی عبارت‌اند از: (۱) بلوغ دیجیتال و زیرساخت داده (data infrastructure)؛ (۲) وجود یا توسعه‌پذیری بازار ثانویه یا زیرساخت بازیافت/بازیابی؛ (۳) نوع محصول (محصولات asset-heavy و قابل‌ردیابی مناسب‌ترند)؛ (۴) قابلیت ردیابی چرخه عمر (traceability)؛ (۵) توانمندی‌های سازمانی پایه (مهارت‌های تحلیل داده، فرهنگ یادگیری)؛ و (۶) تدارکات و استانداردهای صنعتی که امکان همکاری میان بازیگران را فراهم سازد. [۱][۶] بیرون از این محدوده‌ها، روابط پیش‌بینی شده ممکن است ضعیف، معکوس یا نامشهود شوند. به‌عنوان مثال، در صنایعی که محصولات غیرقابل ردیابی یا بازار ثانویه وجود ندارد، مسیر Closing به‌طور چشمگیری تضعیف می‌شود. [۷]

۸-۵. خلاصه اجرایی مدل و نقاط قوت نظری

مدل AI-DC-CBMI یک چارچوب مکانیکی است که نشان می‌دهد هوش مصنوعی چگونه از طریق سه ظرفیت متمایز و سه مکانیسم، قابلیت‌های پویا را فعال نموده و نوآوری در مدل‌های کسب و کار چرخشی را موجب می‌شود؛ نوآوری‌ای که خود مسیرهای چرخشی را فعال و با حلقه‌های بازخورد تقویتی پویایی زمان‌مند را ایجاد می‌کند. نقطه قوت این مدل ترکیب تبیینی دقیق، تعیین ورودی/خروجی‌ها برای هر سازه و ارائه گزاره‌های قابل‌آزمون همراه با شاخص‌های پیشنهادی است. مدل نه صرفاً توصیفی، بلکه ساختاری و قابل‌سنجش است و می‌تواند مستقیماً مبنای مطالعات تجربی، طراحی آزمایش و توسعه پلتفرم‌های مدیریت چرخه عمر محصول قرار گیرد. [۵]



شکل ۱: تأثیر هوش مصنوعی در نوآوری کسب و کار گردشی

۶. بحث

مدل مفهومی AI-DC-CBMI که در این پژوهش توسعه یافت، با ارائه یک معماری علی و مکانیکی، شکاف میان ادبیات نوظهور هوش مصنوعی و ادبیات جاافتاده مدل‌های کسب‌وکار چرخشی را پر می‌کند. در حالی که مطالعات پیشین هر یک به صورت پراکنده به نقش فناوری‌های دیجیتال، دارایی‌های هوشمند یا ابزارهای تحلیلی در تقویت فرآیندهای چرخشی اشاره داشتند [۱]، آنچه در ادبیات غایب بود، یک توضیح واحد و یکپارچه درباره این بود که چگونه دقیقاً ظرفیت‌های هوش مصنوعی از طریق ساختارهای سازمانی ترجمه شده و به نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی تبدیل می‌شوند. این پژوهش نشان داد که این ترجمه فناورانه و سازمانی صرفاً از طریق مجموعه‌ای از سازوکارهای پویا و پیوسته رخ می‌دهد و نمی‌توان تأثیر هوش مصنوعی را بدون درک ساختارهای جذب و پردازش آن در سازمان تحلیل کرد. [۵]

۶-۱. روشن شدن نقش مکانیکی هوش مصنوعی در ایجاد ارزش چرخشی

یکی از مهم‌ترین یافته‌های بحث حاضر، تشریح دقیق نقش سه‌گانه ظرفیت‌های ادراکی، پیش‌بینی‌کننده و تجویزی هوش مصنوعی در شکل‌گیری نوآوری مدل کسب‌وکار است. اگرچه در برخی مطالعات اشاره‌هایی به این ظرفیت‌ها شده بود [۴]، اما این پژوهش برای نخستین بار نشان داد که این ظرفیت‌ها نقش مکمل و تسلسلی دارند و باید در چارچوب یک زنجیره علی درک شوند. ظرفیت ادراکی، داده‌ها را از وضعیت مبهم و پراکنده به الگوهای قابل‌استفاده تبدیل می‌کند؛ ظرفیت پیش‌بینی‌کننده افق تصمیم‌گیری را توسعه می‌دهد و عدم قطعیت را به حدی کاهش می‌دهد که مدل‌های چرخشی عملیاتی شوند؛ و ظرفیت تجویزی سازوکارهای بازپیکربندی ساختارهای ارزش را پیشنهاد کرده یا خودکار می‌سازد. [۶]

این سه‌گانه نه تنها سه سطح تحلیل متفاوت هستند، بلکه سه سطح «بنیادی از خلق ارزش» در مدل‌های چرخشی محسوب می‌شوند. مطالعات پیشین نشان داده بودند که مدل‌های چرخشی بدون داده‌های قابل‌اعتماد شکست می‌خورند [۱]؛ این پژوهش نشان می‌دهد که حتی فراتر از داده، الگوریتم‌هایی که بتوانند آینده را پیش‌بینی و مسیرهای بهینه را توصیه کنند، شرط اساسی گذار به مدل‌های کسب‌وکار چرخشی هستند. از این منظر، هوش مصنوعی به‌جای یک فناوری کمکی، به یک مباشرت تحلیلی برای چرخش تبدیل می‌شود. [۵]

۶-۲. تأیید و گسترش نظریه قابلیت‌های پویا در زمینه اقتصاد چرخشی

یافته‌ها نشان می‌دهد که نظریه قابلیت‌های پویا در زمینه اقتصاد چرخشی باید بازتعریف و تعمیق شود. در ادبیات سنتی، قابلیت‌های پویا به‌عنوان حس کردن، بهره‌گیری و تحول در نظر گرفته می‌شدند [۳]، اما این پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی نه تنها این سه فرآیند را تقویت می‌کند، بلکه ماهیت آن‌ها را تغییر می‌دهد. Sense در حضور ظرفیت‌های ادراکی هوش مصنوعی از فعالیتی انسانی-تفسیری به فعالیتی داده‌محور و الگوریتمیک تبدیل می‌شود و دقت و سرعت آن به شکل قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. Seize از فرآیندی مبتنی بر شهود مدیریتی به تصمیم‌سازی مبتنی بر سناریوهای پیش‌بینی‌شده تبدیل می‌شود و امکان طراحی مدل‌های خدمات‌محور یا بازتولیدمحور را که پیشتر بسیار پرریسک بودند فراهم می‌کند. [۶] Transform نیز از سطح ساختاردهی سازمانی به سطح بازپیکربندی شبکه‌های ارزش و قراردادهای منتقل می‌شود و هوش مصنوعی این بازپیکربندی را با توصیه‌ها و سیاست‌های تجویزی هدایت می‌کند. [۳]

بنابراین، مدل حاضر نشان می‌دهد که قابلیت‌های پویا در اقتصاد چرخشی باید به‌عنوان «قابلیت‌های داده‌شده-داده‌ساز» درک شوند؛ یعنی قابلیت‌هایی که نه تنها داده دریافت می‌کنند، بلکه از طریق اقداماتی که انجام می‌دهند داده‌های جدید تولید می‌کنند و بدین ترتیب سازمان را وارد چرخه‌های یادگیری تقویتی می‌سازند. [۱۱] این دگرگونی یک نوآوری نظری مهم در ادبیات

قابلیت‌های پویا محسوب می‌شود و مسیرهای جدیدی را برای تحقیقات آینده باز می‌کند. [۳]

۳-۶. نوآوری مدل کسب‌وکار چرخشی به‌عنوان خروجی یک زنجیره فناورانه-سازمانی

در بسیاری از پژوهش‌ها اشاره شده بود که فناوری‌های دیجیتال به نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار کمک می‌کنند [۱]، اما آنچه روشن نبود این بود که این کمک دقیقاً از چه طریق عملیاتی می‌شود. مدل AI-DC-CBMI نشان می‌دهد که نوآوری چرخشی نتیجه مستقیم «بازطراحی سه‌گانه ارزش» است: بازطراحی خلق ارزش (از طریق داده و اطلاعات)، بازطراحی ارائه ارزش (از طریق جریان‌های سرویس‌محور و شبکه‌محور)، و بازطراحی کسب ارزش (از طریق مدل‌های درآمدی جدید مانند محصول-به‌عنوان-خدمت، اشتراک‌گذاری و بازیافت ارزش افزوده). [۷]

این مدل توضیح می‌دهد که بدون فعال‌سازی قابلیت‌های پویا، ظرفیت‌های هوش مصنوعی به ایجاد نوآوری منجر نمی‌شوند. بسیاری از شرکت‌ها ممکن است داده و حتی هوش مصنوعی پیشرفته داشته باشند، اما اگر ساختارهای ارزش، روتین‌های اجرایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری آن‌ها متناسب با منطق چرخشی بازچینش نشود، هیچ تغییر پایداری رخ نخواهد داد. بنابراین، مدل حاضر نشان می‌دهد که شرط لازم برای مدل‌های کسب‌وکار چرخشی توانمندسازی فناوری است و شرط کافی بازپیکربندی سازمانی است. [۵]

۴-۶. فعال‌سازی مسیرهای چرخشی: اهمیت ترجمه مدل کسب‌وکار به نتایج محیطی

ادبیات مدل‌های کسب‌وکار چرخشی معمولاً سه مسیر چرخشی Narrowing، Slowing و Closing را به‌صورت مجزا بررسی می‌کرد [۷]، اما این پژوهش نشان می‌دهد که: (۱) این سه مسیر وابسته به نوع نوآوری‌اند نه وابسته به صنعت؛ (۲) هوش مصنوعی نقش متمایز در هر مسیر دارد؛ (۳) مسیرها اثر تجمعی و تقویتی دارند. [۷]

به‌عنوان مثال، در مسیر Narrowing، ادراک بهتر از مصرف واقعی و الگوی عملکرد منجر به بهینه‌سازی طراحی و بهره‌برداری می‌شود؛ در Slowing، پیش‌بینی عمر و توصیه‌های تعمیر موجب افزایش طول عمر و افزایش درآمد مبتنی بر خدمت می‌شود؛ در Closing، هوش مصنوعی کیفیت مواد بازیافتی را تشخیص داده و هزینه‌های اطلاعاتی مربوط به بازیافت پیشرفته را کاهش می‌دهد. [۵] این تحلیل نشان می‌دهد که هوش مصنوعی نه تنها تسهیل‌کننده مسیرهای چرخشی است، بلکه منطق انتخاب مسیر را نیز تغییر می‌دهد. بازارهایی که پیش‌تر به دلایل ریسک یا عدم قطعیت وارد مسیر Closing نمی‌شدند، اکنون با کمک هوش مصنوعی امکان ایجاد ارزش افزوده در بازیابی را پیدا می‌کنند. [۱۱]

۵-۶. اهمیت حلقه‌های بازخورد و پیامدهای نظری آن

وجود یک حلقه بازخورد قوی میان اجرای مدل و توسعه هوش مصنوعی یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش است. برخلاف مدل‌های خطی که جریان ارزش را از ورودی به خروجی تصور می‌کنند، مدل AI-DC-CBMI نشان می‌دهد که اجرای مدل کسب‌وکار چرخشی خود منبع داده است و داده بیشتر به معنای هوش مصنوعی بهتر و هوش مصنوعی بهتر به معنای نوآوری بیشتر است. این چرخه خودتقویتی پیامدهای نظری مهمی دارد: سازمانی که وارد مسیر چرخشی می‌شود با گذشت زمان رقابت‌پذیری‌اش افزایش می‌یابد (path-dependent advantage)؛ مدل‌های چرخشی مبتنی بر هوش مصنوعی مزیت‌های تجمعی ایجاد می‌کنند؛ خروج از مدل چرخشی برای رقبا دشوارتر می‌شود زیرا داده و یادگیری به‌آسانی قابل انتقال نیست. [۶]

این یافته با برخی شواهد موجود در ادبیات همخوانی دارد [۶]، اما برای نخستین بار با تبیین مکانیکی نشان می‌دهد که چرا این چرخه یک «مزیت پویا» ایجاد می‌کند. [۵]

۶-۶. نقش شرایط مرزی در فهم اعتبار و محدودیت‌های مدل

بحث نظری حاضر تأکید می‌کند که اثرات مدل به‌شدت به شرایط مرزی وابسته‌اند. مدل تنها زمانی اعتبار دارد که: داده قابل اعتماد و قابل ردیابی وجود داشته باشد؛ بازارهای ثانویه و زیرساخت بازیافت کافی باشد؛ مهارت‌های تحلیلی و فرهنگ یادگیری در سازمان وجود داشته باشد؛ زنجیره تأمین توانایی همکاری داشته باشد. [۱] در نبود این شرایط، پاره‌ای از روابط مدل ممکن است تضعیف یا حتی معکوس شوند. برای مثال، در صنایع با محصولات بسیار کوتاه‌عمر یا غیرقابل ردیابی، مسیر Slowing عملاً امکان‌پذیر نیست؛ یا در محیط‌هایی که بازار ثانویه شکل نگرفته است، مسیر Closing تنها با هزینه‌های زیاد اطلاعاتی قابل اجرا است. [۷]

این تحلیل نشان می‌دهد که مدل AI-DC-CBMI نمی‌تواند به‌طور یکسان در همه صنایع تعمیم یابد، بلکه باید با شرایط صنعت هم‌تراز شود. [۵]

۶-۷. نوآوری نظری و کاربردی مدل

جمع‌بندی بحث نشان می‌دهد که مدل مفهومی ارائه‌شده دست‌کم چهار نوآوری نظری دارد: ایجاد یک زنجیره علی دقیق و مکانیکی میان هوش مصنوعی، قابلیت‌های پویا و مدل‌های کسب‌وکار چرخشی که در هیچ‌یک از مطالعات پیشین به این سطح توسعه نیافته بود؛ تبدیل قابلیت‌های پویا از یک چارچوب توصیفی به یک سازوکار داده‌محور که با ظرفیت‌های هوش مصنوعی هم‌افزا می‌شود؛ توضیح نقش هوش مصنوعی در مسیرهای چرخشی به‌عنوان موتور انتخاب مسیر نه صرفاً عامل تسهیل‌کننده؛ تبیین حلقه‌های بازخورد و نقش یادگیری تقویتی هوش مصنوعی در ایجاد مزیت جمعی چرخشی. [۵]

از منظر کاربردی، مدل به مدیران نشان می‌دهد که برای ایجاد نوآوری چرخشی، سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی کافی نیست؛ بلکه نیازمند طراحی ساختارهای جذب، پردازش و بازیگربندی سازمانی نیز هست. در این معنا، ارزش مدل نه در ارائه یک مفهوم جدید، بلکه در «ایجاد نقشه عملی-علی برای تحول چرخشی» است. [۳]

۷. پیامدهای نظری و عملی

۷-۱. پیامدهای نظری

مدل مفهومی AI-DC-CBMI ارائه‌شده در این پژوهش، پیامدهای گسترده‌ای برای ادبیات هوش مصنوعی، قابلیت‌های پویا و مدل‌های کسب‌وکار چرخشی دارد. نخستین پیامد نظری، ایجاد یک معماری علی یکپارچه میان سه حوزه تا حدی گسسته پژوهش است: ادبیات هوش مصنوعی عمدتاً بر کارکردهای الگوریتمی و ارزش داده تمرکز داشت [۴]؛ ادبیات قابلیت‌های پویا بر سازوکارهای حس‌کردن، بهره‌گیری و بازیگربندی تأکید می‌کرد [۳]؛ و ادبیات مدل‌های چرخشی نیز مسیرهای چرخشی و معماری ارزش را مورد توجه قرار می‌داد. [۷] این پژوهش نشان می‌دهد که این سه حوزه نه‌جدا از هم، بلکه به صورت لایه‌هایی وابسته و پیوسته عمل می‌کنند که تنها در کنار یکدیگر می‌توانند تحول چرخشی را به‌طور پایدار فعال کنند. [۵]

از منظر نظری، این مدل نشان می‌دهد که ظرفیت‌های هوش مصنوعی باید به‌عنوان پیشایندهای مستقیم قابلیت‌های پویا فهمیده شوند. این دیدگاه با آنچه در برخی مطالعات پیشین به‌صورت پراکنده مطرح شده بود هم‌خوانی دارد [۴]، اما مدل حاضر نخستین بار آن را به‌شکل سامانه‌ای و مکانیکی صورت‌بندی می‌کند. این امر نظریه قابلیت‌های پویا را توسعه می‌دهد و آن را از چارچوبی مبتنی بر فرایندهای انسانی-مدیریتی به چارچوبی داده‌محور و الگوریتمی تبدیل می‌کند که در آن «حس‌کردن»، «بهره‌گیری» و «تحول» نه تنها بر مبنای رفتار سازمانی، بلکه بر پایه تحلیل‌های داده‌محور و یادگیری ماشینی انجام می‌شود. این جابه‌جایی معرف جبهشی مفهومی در نظریه قابلیت‌های پویا است و مسیرهای جدیدی را برای تحقیقات آینده باز می‌کند. [۳]

پیامد نظری مهم دیگر این پژوهش، بازتعریف سازوکارهای نوآوری مدل کسب‌وکار چرخشی است. در حالی که ادبیات

پیشین نشان می‌داد که مدل‌های چرخشی مبتنی بر اصول اقتصادی و زیست‌محیطی هستند [۷]، مدل حاضر نشان می‌دهد که این نوآوری‌ها در عمل تنها زمانی امکان‌پذیر می‌شوند که سازمان دارای ظرفیت‌های تحلیلی، پیش‌بینی و تجویزی کافی باشد. بنابراین، مدل کسب‌وکار چرخشی را باید نه صرفاً یک انتخاب استراتژیک، بلکه خروجی یک فرآیند تحلیلی پیچیده دید که در آن هوش مصنوعی نقش محرک اصلی را ایفا می‌کند. [۵]

پیامد نظری سوم این پژوهش، تبیین حلقه‌های بازخورد و یادگیری تقویتی است که در ادبیات پیشین عمدتاً نادیده گرفته می‌شد. مدل توسعه‌یافته نشان می‌دهد که سیستم چرخشی از طریق جمع‌آوری داده‌های جدید، ایجاد سیاست‌های بهتر و افزایش دقت پیش‌بینی خود را تقویت می‌کند. این امر پیامدی مهم برای ادبیات مدل‌های کسب‌وکار چرخشی دارد زیرا مدل‌های چرخشی را از سازوکارهای خطی به سازوکارهای «خودتقویت‌شونده» تبدیل می‌کند. [۶]

نهایتاً، این مدل پیامد نظری مهمی برای ادبیات اقتصاد چرخشی دارد: مدل نشان می‌دهد که مسیرهای چرخشی Narrowing، Slowing و Closing نه تنها پیامدهای نوآوری مدل کسب‌وکار هستند، بلکه خود بخشی از یک چرخه یادگیری سازمانی مبتنی بر هوش مصنوعی محسوب می‌شوند. به بیان دیگر، مدل چرخشی هوش مصنوعی را توانمند می‌سازد و هوش مصنوعی مدل چرخشی را تقویت می‌کند. این هم‌افزایی شالوده‌نظری مدل‌های آینده اقتصاد چرخشی مبتنی بر داده را شکل می‌دهد. [۷]

۲-۷. پیامدهای عملی

از منظر عملی، یافته‌های این پژوهش برای مدیران، سیاست‌گذاران و طراحان مدل‌های کسب‌وکار پیامدهای مستقیم و قابل اقدامی دارد. نخستین پیامد، ضرورت بازطراحی ساختار تصمیم‌گیری سازمان با محوریت داده و هوش مصنوعی است. مدل نشان می‌دهد که سازمان‌ها برای ایجاد نوآوری چرخشی نمی‌توانند تنها به اجرای ابزارهای فناوری بسنده کنند؛ بلکه باید سازوکارهای حس‌کردن، بهره‌گیری و تحول را در معماری تصمیم‌گیری خود نهادینه کنند. این بدان معناست که سازمان‌ها باید تیم‌های تحلیل داده، ساختارهای ارزیابی فرصت، سیستم‌های سناریوسازی و واحدهای بازپیکربندی مدل کسب‌وکار را در کنار یکدیگر توسعه دهند. [۳]

پیامد عملی مهم دیگر، نقش هوش مصنوعی در کاهش ریسک و کاهش هزینه‌های اطلاعاتی است. یکی از موانع اصلی توسعه مدل‌های چرخشی، عدم قطعیت در کیفیت مواد، دوام محصول، تقاضای بازار ثانویه و هزینه‌های جریان برگشتی است. [۱] مدل حاضر نشان می‌دهد که هوش مصنوعی با فراهم‌سازی پیش‌بینی‌های دقیق و توصیه‌های اجرایی، این موانع را تا حد زیادی برطرف می‌کند. این بینش می‌تواند مدیرانی را که در مواجهه با ریسک‌های مدل‌های چرخشی محتاطانند، به آزمایش مدل‌های محصول-به‌عنوان-خدمت، بازتولید یا بازیافت پیشرفته ترغیب کند. [۴]

سومین پیامد عملی این پژوهش، توجه به نقش حیاتی ظرفیت‌های تجویزی در پیاده‌سازی چرخشی است. بسیاری از سازمان‌ها ممکن است داده و حتی پیش‌بینی داشته باشند، اما بدون سیستم‌های تجویزی قادر به تصمیم‌گیری‌های عملیاتی در لحظه نیستند. مدل نشان می‌دهد که توصیه‌های تجویزی (چه در قالب الگوریتم‌های یادگیری تقویتی و چه در قالب سیستم‌های تصمیم‌یار) تنها ابزارهایی هستند که می‌توانند پلی میان تحلیل و عمل ایجاد کنند و مسیر تحول سازمانی را تسهیل کنند. [۳]

پیامد عملی چهارم، اهمیت بازپیکربندی روابط با شرکا و شبکه ارزش است. مسیر بستن حلقه به طور خاص نیازمند همکاری میان تولیدکنندگان، بازیافت‌کنندگان، ارائه‌دهندگان خدمات و زنجیره‌های تأمین است. [۱۵] مدل نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند نقش «هماهنگ‌کننده» میان این بازیگران را ایفا کرده و اطلاعات لازم برای هماهنگی جریان مواد، کیفیت و ظرفیت بازیابی را فراهم آورد. این یافته برای سیاست‌گذاران نیز اهمیت دارد زیرا نشان می‌دهد که توسعه زیرساخت‌های داده و استانداردهای تبادل اطلاعات نقش مهمی در موفقیت اکوسیستم‌های چرخشی دارد. [۹]

در نهایت، مدل این پیامد عملی را دارد که سازمان‌ها باید به چرخه‌های یادگیری پیوسته توجه کنند. اجرای یک مدل چرخشی پایان کار نیست، بلکه آغاز فرآیند یادگیری است. داده حاصل از اجرا باید به صورت سیستماتیک به مدل‌های هوش مصنوعی بازگردد و سازمان باید از این داده برای بهبود سیاست‌ها و تصمیمات بهره‌گیرد. شرکت‌هایی که این چرخه را ایجاد کنند، می‌توانند مزیت رقابتی پایدار مبتنی بر یادگیری و نوآوری مستمر به دست آورند. [۶]

۸. نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف توسعه یک مدل مفهومی جامع و عمیق برای تبیین سازوکارهای علی تأثیر هوش مصنوعی بر نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی انجام شد. بر اساس تحلیل نظام‌مند و تلفیقی دوازده مقاله معتبر، مدل AI-DC-CBMI ارائه شد که به روشنی نشان می‌دهد چگونه ظرفیت‌های ادراکی، پیش‌بینی‌کننده و تجویزی هوش مصنوعی از طریق فعال‌سازی قابلیت‌های پویا به بازیگر بندی خلق، ارائه و کسب ارزش در مدل‌های کسب‌وکار چرخشی منجر می‌شوند و در نهایت مسیرهای چرخشی را فعال کرده و پیامدهای چندبعدی چرخشی را ایجاد می‌کنند. [۵]

نتایج پژوهش نشان داد که هوش مصنوعی نه صرفاً یک ابزار فناورانه، بلکه یک «محرک تحلیلی ساختاری» برای تحول چرخشی است؛ محرکی که با تولید داده، تحلیل آینده‌نگری و توصیه‌های اجرایی، بستر لازم برای اتخاذ تصمیمات راهبردی و کاهش عدم قطعیت در مدل‌های چرخشی را فراهم می‌کند. ظرفیت‌های سه‌گانه هوش مصنوعی در تعامل با یکدیگر زنجیره‌ای تسلسلی و تکمیلی می‌سازند که در آن ظرفیت ادراکی فرصت‌ها را آشکار می‌کند، ظرفیت پیش‌بینی‌کننده امکان‌پذیری آن‌ها را افزایش می‌دهد و ظرفیت تجویزی منطق اجرایی و ساختاری لازم برای تحقق آن‌ها را فراهم می‌سازد. [۵]

نوآوری مدل کسب‌وکار چرخشی تنها زمانی به‌طور پایدار تحقق می‌یابد که سازمان بتواند قابلیت‌های پویا را برای حس کردن، بهره‌گیری و تحول سازوکارهای ارزش فعال کند. پژوهش حاضر نشان داد که این قابلیت‌ها بدون پشتیبانی تحلیلی هوش مصنوعی نه کامل عمل می‌کنند و نه می‌توانند بار تحول ساختاری را بر دوش بکشند. در مقابل، زمانی که این قابلیت‌ها با ظرفیت‌های هوش مصنوعی هم‌افزا می‌شوند، سازمان قادر می‌شود الگوهای ارزش را بازآفرینی کرده، مسیرهای چرخشی Slowing, Narrowing و Closing را فعال سازد و به ترکیبی از نتایج اقتصادی، محیطی و عملیاتی دست یابد. [۳]

از منظر گسترده‌تر، یافته‌ها بیانگر این نکته‌اند که تحول چرخشی فرایندی خطی نیست، بلکه یک چرخه یادگیری خودتقویتی است. اجرای مدل‌های چرخشی داده‌های جدید تولید می‌کند، این داده‌ها کیفیت پیش‌بینی و توصیه‌های هوش مصنوعی را ارتقا می‌دهند و این ارتقا سازمان را قادر می‌سازد تصمیمات بهینه‌تر اتخاذ کند و مدل را در مقیاس بزرگ‌تری پیاده‌سازی نماید. این چرخه تقویتی، مزیت پویای قابل توجهی ایجاد می‌کند و به ویژه برای سازمان‌هایی که زودتر وارد مسیر دیجیتالی چرخشی می‌شوند، مزیت رقابتی پایدار به همراه دارد. [۶]

با وجود قدرت تبیینی مدل، اعتبار و اثربخشی آن به شرایط مرزی وابسته است. نبود زیرساخت داده، فقدان بازارهای ثانویه، ساختارهای سنتی تصمیم‌گیری و نبود قابلیت‌های تحلیلی می‌تواند اثرات مدل را تضعیف یا محدود کند. بنابراین، برای بهره‌برداری کامل از مزایای مدل AI-DC-CBMI، سازمان‌ها باید به موازات توسعه فناوری، ظرفیت‌های سازمانی و بین‌سازمانی لازم برای جذب و تجسم ارزش چرخشی را نیز ایجاد کنند. [۱]

در مجموع، مدل ارائه‌شده یک پایه نظری محکم برای پژوهش‌های آتی فراهم می‌آورد و می‌تواند راهنمایی عملی برای سازمان‌هایی که قصد دارند از هوش مصنوعی برای طراحی یا توسعه مدل‌های کسب‌وکار چرخشی استفاده کنند. مسیرهای پیشنهادی برای آینده شامل آزمون تجربی روابط علی مدل، توسعه شاخص‌های سنجش ظرفیت‌های هوش مصنوعی در زمینه‌های چرخشی و مطالعه چگونگی کارکرد حلقه‌های بازخورد خودتقویتی در صنایع مختلف است. این پژوهش امیدوار است چارچوبی

فراهم کرده باشد که هم برای جامعه علمی و هم برای تصمیم‌گیران صنعتی در مسیر گذار به اقتصاد چرخشی مفید باشد. [۳]

منابع

- [1] Chauhan, C., Parida, V., & Dhir, A. (2022). *Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises*. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121508.
- [2] Nußholz, J. L. K. (2017). *Circular business models: Defining a concept and framing an emerging research field*. *Sustainability*, 9(10), 1810.
- [3] Shakir, I. A. (2025). *Artificial intelligence and circular economy in practice: The role of dynamic capabilities at the organizational level*. *Institute of Management Paper Series*, Sant'Anna School of Advanced Studies.
- [4] Fallahi, S., Mellquist, A.-C., Mogren, O., Listo Zec, E., Alguren, P., & Hallquist, L. (2023). *Financing solutions for circular business models: Exploring the role of business ecosystems and artificial intelligence*. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 3233–3248.
- [5] Madanaguli, A., Sjödin, D., Parida, V., & Mikalef, P. (2024). *Artificial intelligence capabilities for circular business models: Research synthesis and future agenda*. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123189.
- [6] Sjödin, D., Parida, V., & Kohtamäki, M. (2023). *Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: Conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects*. *Technological Forecasting and Social Change*, 197, 122903.
- [7] Tutore, I., Parmentola, A., Costagliola di Fiore, M., & Calza, F. (2024). *A conceptual model of artificial intelligence effects on circular economy actions*. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 31(5), 4772–4782.
- [8] Rossi, J., Bianchini, A., & Guarnieri, P. (2020). *Circular economy model enhanced by intelligent assets from Industry 4.0: The proposition of an innovative tool to analyze case studies*. *Sustainability*, 12(17), 7147.
- [9] Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., & Väisänen, J.-M. (2021). *Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy—Multiple case study*. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105155.
- [10] Özsoy, T. (2023). *The role of artificial intelligence in facilitating the transition to a circular economy*. *İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 369–389.
- [11] Umar, M. B., Umar, S. I., Kurah, I. M., & Abdulhamid, A.-A. (2025). *Application of AI in the circular economy: Development finance institutions' role in resource optimization in the industry*. *Journal of Statistical Sciences and Computational Intelligence*, 1(2), 124–137.
- [12] He, S., Liu, X., Hou, Z., Zhou, L., & Zhang, M. (2025). *Understanding AI-enabled business model: An integrated bibliometric and systematic literature review*. *SSRN Electronic Journal*.