Journal of Strategic Value Chain Management

Journal homepage: **https://svcm.semnan.ac.ir/**

ISSN: 3092-6386

Semnan University

Unveiling the Role of New Technologies of the Fourth Industrial Revolution in Improving the Sustainable Supply Chain Performance of Knowledge-Based Companies: Does Circular Economy Practices Help?

Mohsen Eynali

Ph.D in public Management, decision and public policy making, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran. M_eynali@semnan.ac.ir

Hooshmand Bagheri Garbollagh*

Assistant Prof., Department of Business Management, Faculty of Economics and Management, Urmia University, Urmia, Iran. H.bagheri@urmia.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:2024-08-19
Revise:2024-10-22
Accepted: 2025-01-03

Keywords:
Adoption of internet of things;
Adoption of artificial intelligence;
Circular economy;
Sustainable supply chain performance;
Knowledge-based companies.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: Sustainability is widely recognized as a pervasive phenomenon that underpins the operations and performance of businesses. Therefore, the main goal of the current research is to examine the role of the adoption of the Internet of Things and artificial intelligence on the performance of the sustainable chain with the mediating role of circular economy practices.

Materials and Methods: The current research is based on the purpose of applied research and also based on how to obtain the required data; it is a descriptive and correlational research. The statistical population of the research includes experts, managing directors, supply chain, marketing and sales, and production and operations of knowledge-based companies active in the science and technology park of Urmia city. 40 companies were selected by simple random sampling method and 120 questionnaires were distributed among managers (three questionnaires for each knowledge-based company). The data collection tool was a standard questionnaire whose validity was confirmed by experts and its reliability was estimated using Cronbach's alpha coefficient. Structural equation modeling was used to analyze the research data.

Results: The findings of the research showed that the adoption of the Internet of Things and artificial intelligence has a positive and meaningful effect on the performance of the sustainable supply chain. In addition, the adoption of the Internet of Things and artificial intelligence has a positive and significant effect on circular economy practices. Also, the research results show that there was a positive and significant effect between circular economy practices and sustainable supply chain performance

* Corresponding author.
E-mail address: H.bagheri@urmia.ac.ir
https://orcid.org/0009-0001-6555-5037

Conclusion: Based on the results, the circular economy has a great potential to achieve sustainability goals; because it can significantly reduce waste and ultimately improve the company's sustainability performance. Also, the circular economy can minimize the consumption of natural resources without affecting consumption.

Cite this article as:

Eynali, M. & Bagheri Garbollagh, H. (2024). Unveiling the Role of New Technologies of the Fourth Industrial Revolution in Improving the Sustainable Supply Chain Performance of Knowledge-Based Companies: Does Circular Economy Practices Help? *Journal of Strategic Value Chain Management*, 1(2), 41-60.

DOI: https://doi.org/10.22075/svcm.2025.35066.1008

© 2024 authors retain the copyright and full publishing rights. Journal of Strategic Value Chain Management Published by **Semnan University Press**.

This is an open access article under the CC-BY-4.0 license. (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مدیریت زنجیره ارزش راهبردی

https://svcm.semnan.ac.ir

ISSN: 3092-6386

رونمایی از نقش فناوری‌های نوین انقلاب صنعتی چهارم در بهبود عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدارِ شرکت‌های دانش‌بنیان: آیا شیوه‌های اقتصاد مدور کمک می‌کند؟

محسن عین‌علی

دکتری تخصصی مدیریت دولتی، گرایش تصمیم‌گیری و خط‌مشی‌گذاری عمومی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

m_eynali@semnan.ac.ir

هوشمند باقری قره‌بلاغ*

استادیار، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

h.bagheri@urmia.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵

واژه‌های کلیدی:
پذیرش اینترنت اشیاء؛
پذیرش هوش مصنوعی؛
اقتصاد مدور؛
عملکرد پایدار زنجیرهٔ تأمین؛
شرکت دانش‌بنیان.

چکیده

سابقه و هدف: پایداری به طور گسترده به عنوان یک پدیده فراگیر که زیربنای عملیات و عملکرد کسب و کارها است، شناخته شده است. از این‌رو، هدف اصلی پژوهش حاضر واکاوی نقش پذیرش اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی بر عملکرد زنجیرهٔ پایدار با نقش میانجی شیوه‌های اقتصاد مدور است.

روش: تحقیق حاضر بر اساس هدف یک تحقیق کاربردی و همچنین بر اساس چگونگی به دست آوردن داده‌های موردنیاز، از نوع تحقیقات توصیفی و همبستگی می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شامل کارشناسان، مدیران عامل، زنجیرهٔ تأمین، بازاریابی و فروش و تولید و عملیات شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در پارک علم و فناوری شهر ارومیه می‌باشند. تعداد ٤٠ شرکت به صورت روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب گردید و تعداد ۱۲۰ پرسشنامه بین مدیران (هر شرکت دانش‌بنیان سه پرسشنامه) توزیع گردید. ابزار گردآوری اطلاعات، پرسشنامه استاندارد است. برای تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از مدل‌سازی معادلات ساختاری بهره گرفته شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که پذیرش اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار تأثیر مثبت و معنادار دارند. افزون براین، پذیرش اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی بر شیوه‌های اقتصاد مدور تأثیر مثبت و معنادار دارند. همچنین، نتایج پژوهش بیانگر این است که بین شیوه‌های اقتصاد مدور و عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار تأثیر مثبت و معناداری یافت شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج، اقتصاد مدور از پتانسیل بسیار خوبی برای دستیابی به اهداف پایداری برخوردار است؛ زیرا می‌تواند زباله‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش دهد و در نهایت عملکرد پایداری

شرکت را بهبود دهد. همچنین اقتصاد مدور می‌تواند مصرف منابع طبیعی را بدون تأثیر بر مصرف به حداقل برساند.

استناد: عین‌علی، محسن و باقری قره بلاغ، هوشمند. (۱٤۰۳). رونمایی از نقش فناوری‌های نوین انقلاب صنعتی چهارم در بهبود عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدارِ شرکت‌های دانش بنیان: آیا شیوه‌های اقتصاد مدور کمک می‌کند؟ مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی، ۱(۲)، ٤۱-٦۰.

DOI: https://doi.org/10.22075/svcm.2025.35066.1008

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

پایداری بر مدیریت کسب و کار تأثیر گذاشته و بیشتر بر روی شیوه‌های اقتصاد مدور تمرکز کرده است. برای دستیابی به توسعه پایدار، قابلیت‌های زنجیره تامین با کمک اقتصاد مدور، پتانسیل پاسخگویی به نگرانی‌های زیست‌محیطی را دارد. اقتصاد مدور مستلزم ادغام فعالیت‌های اقتصادی و رفاه محیطی است که منجر به عملکردهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی بالاتری می‌شود (ویسز[1] و همکاران، ۲۰۲۳). در عین حال، فن‌آوری‌های مدرن نقش مهمی در تسهیل شیوه‌های اقتصاد مدور دارند. این مطالعه به ویژه استدلال می‌کند که پذیرش فناوری‌های جدید می‌تواند نقش مهمی در حمایت از الگوی اقتصاد مدور ایفا کند. به عنوان مثال، توسعه شبکه‌های دیجیتال برای تسهیل جریان اطلاعات در مورد فرآیند زنجیره تأمین می‌تواند زباله‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش دهد و تصمیم‌گیری را به سمت اقتصاد مدور بهبود بخشد (ویگ[2] و همکاران، ۲۰۲۴). از این‌رو، بررسی نقش پذیرش فناوری در اجرای سیستم اقتصاد مدور و دستیابی به اهداف توسعه پایدار شرکت‌ها به شدت موردنیاز است (باکل[3] و همکاران، ۲۰۲۱). تحقیقات در مورد اقتصاد مدور به دلیل حوزه دانش کاربردی آن و تأثیر آن بر شیوه عملکرد جهانی پایدارتر رشد قابل توجهی داشته است و مفهوم اقتصاد مدور نشان‌دهنده تغییر قابل توجهی در نحوه اداره شرکت‌ها است. مدیریت زنجیره تامین پایدار عبارت است از ادغام استراتژیک، شفاف و دستیابی به اهداف اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی یک سازمان در هماهنگی سیستماتیک فرآیندهای تجاری کلیدی بین سازمانی برای بهبود عملکرد بلندمدت اقتصادی هر شرکت و زنجیره تامین آن. بنابراین، نیاز به ادغام رفاه محیطی و فعالیت‌های اقتصادی دارد که منجر به بهبود عملکرد اجتماعی- محیطی و اقتصادی می‌شود (مالهوترا[4]، ۲۰۲۳). در اقتصادهای نوظهور، شرکت‌ها مدت‌هاست که در تلاش برای تقویت موقعیت‌های رقابتی خود با دستیابی به پایداری در زنجیره تامین از طریق فعالیت‌های مختلف مانند ساخت سیستم‌های اطلاعاتی، فرمول‌بندی شبکه‌های چابک و اتخاذ فناوری‌های پیشرفته هستند (کارماکر[5] و همکاران، ۲۰۲۳). در میان پیشرفت‌های تکنولوژیکی در بسیاری از صنایع، مدیریت زنجیره تامین توجه ویژه‌ای را از سوی سازمان‌هایی که به دنبال کارایی زنجیره تامین هستند، جلب کرده است. تمرکز بر زنجیره‌های تامین، حرکتی به سمت پذیرش و توسعه گسترده‌تر پایداری است، زیرا زنجیره تامین محصولات را از تهیه مواد خام تا تحویل به مشتریان در نظر می‌گیرد. پایداری زنجیره تامین از افزایش آگاهی عمومی از جنبه‌های اجتماعی و سبز و تقویت قوانین و مقررات زیست‌محیطی در کشورهای توسعه یافته ناشی شده است (سیورینگ[6] و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، با تغییرات اقلیمی جهانی، هم تولیدکنندگان و هم مشتریان به طور فزاینده‌ای از ستون پایداری آگاه هستند، که باعث می‌شود فعالیت‌های تولیدی در سراسر زنجیره‌های تامین سازگارتر با محیط زیست باشد و گذار از زنجیره‌های تامین کلاسیک به زنجیره‌های تامین پایدار تغییر کند. شرکت‌ها تامین‌کنندگان خود را تحت فشار قرار داده‌اند تا استانداردهای سازمان بین‌المللی استانداردسازی را اجرا کنند. بنابراین، مدیریت زنجیره تامین پایدار به دنبال ادغام موضوع پایداری در مدیریت کلی زنجیره تامین، با تمرکز بر شیوه‌های اقتصادی، اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی است. هم دانشگاهیان و هم متخصصان استدلال کرداند که بهبود عملکرد زنجیره تامین پایدار ناشی از دستیابی به پایداری در زنجیره تامین است. به عبارت دیگر، زنجیره

[1] Weisz
[2] Whig
[3] Bockel
[4] Malhotra
[5] Karmaker
[6] Seuring

تامین پایدار به نفع محیط‌زیست و جامعه است و می‌تواند عملکرد مالی بلندمدت شرکت را با کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی بهبود بخشد. به طور کلی، برای دستیابی به سطوح عملکرد زنجیره تامین پایدار، باید از روندهای تکنولوژیکی فعلی پیروی کرد، از آنچه در جبهه تحول دیجیتال در حال وقوع است آگاه بود، و در عین حال، به طور مناسب بر تعالی عملیاتی تمرکز کرد. این امر ارزیابی و درک عملکرد کلی زنجیره تامین پایدار را هم از منظر عملی و هم از منظر نظری ضروری می‌کند (جونید[1] و همکاران، ۲۰۲۲). به بیان دیگر، هدف کلی مدیریت زنجیره تامین پایدار، افزایش عملکرد زنجیره تامین است که با اهداف توسعه پایدار مرتبط است. با این حال، دستیابی به چنین اهدافی با توجه به پیچیدگی فرآیندهای تصمیم‌گیری و بروز مبادلات بین شاخص‌های دخیل در انتخاب تصمیم‌گیرندگان چالش برانگیز است (اوبراهیم[2] و همکاران، ۲۰۲۳).

از سوی دیگر، در عصر تحول دیجیتال، سازمان‌ها با چالش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی متعددی روبرو هستند که ممکن است رقابت‌پذیری آن‌ها را محدود کند. در محیط پویای کسب و کار، تمرکز بر روی بکارگیری شیوه‌های پایداری که می‌تواند سازمان‌ها و شرکت‌ها را به مزیت‌های رقابتی پایدار برساند، برای مدیران و ذینفعان مفید است. عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده در نظر گرفته می‌شود که نشان‌دهندهٔ میزان تعهد شرکت‌ها و سازمان‌ها به استانداردهای پایدار است، که در دهه‌های گذشته به یک امر مهم و وسواس برای مدیران تبدیل شده است (یو[3] و همکاران، ۲۰۲۳). این استانداردها نگرش سهامداران را تغییر داده است که خواستار توجه به محیط‌زیست و اجتماعی همراه با بازده اقتصادی هستند که جوهرهٔ موفقیت عملیات تجاری محسوب می‌شود. با این حال، طراحی و توسعه شرکت‌ها برای قابلیت‌های پایدار آن‌ها مستلزم چندین عامل موفقیت حیاتی است که نقش مهمی در اتخاذ و بکارگیری شیوه‌های پایدار سازمانی و تولیدی مانند حمایت از مدیریت و فرهنگ سازمانی و اتخاذ فناوری جدید که سطح عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار را بهبود می‌بخشد، ایفا می‌کند (پراساد[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

هدف مدیریت زنجیره تأمین دیجیتالی کردن فرآیند کسب‌وکار، ادغام ذینفعان و دارایی‌های مختلف برای اطمینان از هماهنگی محصولات با نیازهای مشتری و دستیابی به اهداف مرتبط با مزیت رقابتی کل سیستم است (هلو و هائو[5]، ۲۰۲۲). شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که حداقل ۵۰ درصد از شرکت‌های جهانی زیرساخت‌های فناوری اطلاعات خود را با فناوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی تطبیق خواهند داد و عملیات زنجیره تأمین خود را تا سال ۲۰۲۳ متحول خواهند کرد (پانیتا[6]، ۲۰۱۸). از طرفی دیگر، ظهور فناوری صنعتی دیجیتال جدید، معروف به صنعت چهارم، تأثیر مثبتی بر عملکرد پایدار زنجیره تأمین دارد. انبارها بخش اساسی زنجیره تأمین هستند. آن‌ها برای ذخیره محصولات و مدیریت سطح موجودی استفاده می‌شوند. یک سیستم مدیریت انبار سالم می‌تواند منجر به کاهش هزینه و همچنین بهبود رضایت مشتری شود. مدل‌های سنتی مدیریت انبار برای نیازهای روزافزون بازار امروزی کارآمدتر و نامناسب شده‌اند. در دهه‌های گذشته، فناوری اطلاعات و ارتباطات برای مدیریت انبار مورد استفاده قرار گرفته است (مصطفی[7] و همکاران، ۲۰۱۹). شرکت‌های دانش‌بنیان با تدوین پروژه‌های مشخص، درصدد هستند تا با توسعه اینترنت اشیا، ابرداده‌ها و هوشمندسازی که از مؤلفه‌های

[1] Junaid
[2] Oubrahim
[3] Yu
[4] Prasad
[5] Helo & Hao
[6] Panetta
[7] Mostafa

مگاترندی است، تحول دیجیتال را اجرایی کنند تا کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری تحقق یابد. شایان ذکر است که یکی از اهداف مهم شرکت‌های دانش بنیان، اقتصاد مدور است تا با تکیه بر تکنولوژی و روش‌های بازچرخانی، منابع محدود را برای آیندگان حفظ کند. دوم، شرکت‌های دانش بنیان نیروی اصلی اقتصاد ملی، منطقه‌ای و جهانی هستند. از آن‌جایی‌که این شرکت‌ها می‌توانند به تحول شرایط زیست‌محیطی کمک کنند، جدیت در اعمال استانداردهای زیست‌محیطی می‌تواند زمینه را برای تجاری‌سازی محصولات این شرکت‌ها ایجاد کند. علی‌رغم مطالعات متعدد در مورد اهمیت هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در تحقیقات تولیدی که به سازمان‌ها در کاهش هزینه، افزایش سرعت تولید و توسعه خدمات یا محصولات جدید در پاسخ به تغییرات در نیازهای مصرف‌کنندگان کمک می‌کند؛ مطالعات در مورد استفاده از این دو فناوری در ارتقای فرآیندهای زنجیرهٔ تأمین پایدار، به ویژه عملکرد پایدار، هنوز بسیار محدود است. به همین دلیل و به منظور اتخاذ تدابیری در جهت افزایش استفاده از این دو فناوری نوظهور، این پژوهش بر شناسایی روابط بین این دو فناوری با عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار متمرکز شده است. از این‌رو، برای پر کردن شکاف‌های فوق، باید به سوالات زیر پاسخ داده شود:

۱) پذیرش فناوری اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی چه تأثیری بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار و شیوه‌های اقتصاد مدور دارد؟

۲) چگونه شیوه‌های اقتصاد مدور عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار را برای شرکت‌های دانش‌بنیان در اقتصادهای نوظهور ارتقا می‌دهند؟

۲. مروری بر مبانی نظری پژوهش

۱.۲. پذیرش فناوری‌های اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی

استفاده از فناوری‌های نوظهور در شرکت‌های تولیدی تأثیر قابل توجهی بر افزایش عملکرد پایدار زیست‌محیطی دارد. اینترنت اشیاء را می‌توان به عنوان ترکیبی جدید از ماشین‌های فیزیکی با امکانات دیجیتالی که در آن ماشین‌ها، کامپیوترها و افراد ارتباط و تعامل دارند تعریف کرد. شبکه‌های اینترنت اشیاء ارتباطات شبکه را با تمام حسگرها و اشیاء در مدیریت زنجیرهٔ تأمین پایدار و در محیط تولید بهبود می‌بخشد که امکان افزایش کنترل و جلوگیری از مشکلات معمول در خطوط تولید را فراهم می‌کند (کورالو[1] و همکاران، ۲۰۲۲). عملکرد اصلی اینترنت اشیاء برقراری ارتباط داده‌ها از طریق اتصال به اینترنت است، اما این نوع اتصال یکی از فرم‌های پیشرفته پلتفرم در نظر گرفته می‌شود که به راحتی چیزهایی را تسهیل می‌کند که بیشتر قابل تشخیص، شناسایی و قرار گرفتن در پلتفرم جهانی هستند. اینترنت اشیاء همچنین به عنوان یک شبکه کار دیجیتال تعریف می‌شود که اشیاء مناسب را برای اتصال داده‌ها به هم متصل می‌کند که قابلیت‌هایی را به عملکرد آن اضافه می‌کند. با این حال، مطالعات نشان دادند که عملکردهای اینترنت اشیاء با یکپارچه‌سازی مدیریت زنجیرهٔ تأمین پایدار بالقوه برای افزایش عملکرد پایداری همکاری می‌کنند. عملکرد پایدار همچنین به جریان محصولات، کالاها و خدمات

[1] Corallo

برای تقویت مدیریت زنجیرهٔ تأمین سبز اشاره دارد که شاید قابلیت‌های شبکه اینترنت اشیاء را افزایش دهد (بوتا[1] و همکاران، ۲۰۱۶).

یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که استفاده از فناوری هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء تأثیر قابل‌توجهی بر یکپارچه‌سازی فرآیندهای محیطی و مدیریت زنجیرهٔ تأمین پایدار دارد. این مطالعات همچنین تأکید کرد که یکپارچه‌سازی فرآیندهای زیست‌محیطی و مدیریت زنجیرهٔ تأمین پایدار تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد پایدار زیست‌محیطی دارند (لی[2] و همکاران، ۲۰۲۳). برای دستیابی به مزایای مدیریت زنجیره تأمین پایدار، کسب‌وکارهای متعددی اهمیت کاربردهای انقلاب صنعت چهارم بویژه فناوری‌های اینترنت اشیاء را در ارائه توانایی بهبود مدیریت زنجیره تأمین پایدار تشخیص داده‌اند. فناوری اینترنت اشیاء همچنین مدیریت زنجیره تأمین پایدار را بهبود می‌بخشد و امکان کنترل بلادرنگ تمام عملیات در محیط تولید را فراهم می‌کند (آسیف[3] و همکاران، ۲۰۲۲).

از طرفی دیگر، هوش مصنوعی یک ویژگی مهم است که عملکردهای مختلف را برای رشد پایدار کسب و کار توسعه می‌دهد و مهمترین جنبه مورد توجه اهداف خاص و کارکردهای مختلف است و تأثیر گسترده‌تری بر بخش‌های مختلف صنایع دارد (وامبا[4]، ۲۰۲۲). پذیرش هوش مصنوعی به طور قابل توجهی بر مدیریت زنجیرهٔ تأمین پایدار، نوجویی سبز و عملکرد پایدار تأثیر می‌گذارد. به طور مشابه، یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که هوش مصنوعی می‌تواند مستقیماً با پرداختن به عدم تقارن اطلاعاتی و سایر مسائل، زنجیرهٔ تأمین پایدار و اقتصاد واقعی را ارتقاء دهد. همچنین می‌تواند به طور غیرمستقیم سطوح سرمایه انسانی و قابلیت‌های حکمرانی دولت را ارتقاء دهد (پینگ[5] و همکاران، ۲۰۲۳). در واقع، اتخاذ فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در سراسر زنجیره‌های تامین، یک پیش‌نیاز کلیدی برای سازمان‌ها برای برآوردن نیازهای بازار موجود در تلاش برای یک مزیت رقابتی است. این امر در لزوم تغییر از یک زنجیره تامین سنتی به یک زنجیره تامین پایدار و دیجیتالی بهبود یافته منعکس شده است. این دگرگونی توسط چرخه‌های عمر کوتاه‌تر محصول، تغییر پویایی بازار، منابع محدود و چالش‌های رقابت جهانی انجام می‌شود (آگیرون[6] و همکاران، ۲۰۲۰). با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، شرکت‌ها می‌توانند با هوشمند کردن فرآیندهای داخلی، کارایی عملیاتی را افزایش داده و عملکرد کلی زنجیرهٔ تأمین پایدار را افزایش دهند (شارما[7] و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، شواهد پژوهشی بیان می‌کند که فناوری‌های اطلاعاتی زمینه را برای یک شرکت ایجاد می‌کند تا با پیاده‌سازی منابع فناوری اطلاعات قبل از رقبا، به مزیت‌های محرک اول دست یابد و در نتیجه مانعی حفاظتی از رقبا ایجاد کند. در این راستا، شرکت‌هایی که از فناوری‌های نوین استفاده می‌کنند، می‌توانند بر مزایای تکمیلی که منجر به دستیابی به مزیت‌های رقابتی و عملکرد پایدار می‌شود، تسلط پیدا کنند (کارماکر و همکاران، ۲۰۲۳). جاخار[8] و همکاران (۲۰۱۸) بر این باور است که اصول اقتصاد مدور شیوه‌های پیشرفته‌ای هستند که با استفاده از منابع فکری و فیزیکی ایجاد می‌شوند. اتخاذ پلتفرم‌های دیجیتال برای حمایت از اقتصاد مدور در زنجیره تامین شرکت‌ها نه تنها به استراتژی داخلی سازمان، بلکه به محیط خارجی نیز بستگی دارد. به عبارت دیگر، پلتفرم‌های دیجیتال

[1] Botta
[2] Li
[3] Asif
[4] Wamba
[5] Peng
[6] Ageron
[7] Sharma
[8] Jakhar

مجموعه‌ای از چندین فناوری مانند پایگاه‌های داده، محاسبات ابری، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، محاسبات بصری (داشبورد) و الگوریتم‌های محاسباتی هستند. این پلتفرم‌ها می‌توانند به شرکت‌ها اجازه دهند فرآیندهای خود را تغییر دهند و انعطاف‌پذیرتر و قابل تنظیم‌تر شوند تا به عملکرد تجاری پایدار دست یابند و ریسک را کاهش دهند. مطالعات نشان می‌دهد که بررسی تأثیر پذیرش فناوری (یعنی پلتفرم‌های دیجیتال) بر عملکرد پایداری شرکت و شیوه‌های اقتصاد مدور به ویژه در کشورهای در حال توسعه، موردنیاز است (رودریگوز- اسپیندولا[1] و همکاران، ۲۰۲۲).

۲.۲. شیوه‌های اقتصاد مدور و عملکرد زنجیره تامین پایدار

شیوه‌های اقتصاد مدور یک مدل تجاری و اقتصادی در حال ظهور است که به کسب‌وکارها این امکان را می‌دهد تا با افزایش ارزش از طریق حفظ و تجدید منابع، به محض اینکه محصول به پایان عمر مفید خود رسید، الگوی استفاده از منابع کارآمدتر را اتخاذ کنند. رویه‌های اقتصاد مدور برای بهبود عملکرد شرکت با افزایش استفاده مجدد از محصول و جریان بسته و در عین حال به حداقل رساندن تلفات انرژی، انتشار، آلودگی و هزینه‌ها مشاهده می‌شوند (بای[2] و همکاران، ۲۰۲۰). اقتصاد مدور فرآیند تبدیل منابع محیطی به محصولات و خدمات قابل استفاده متنوع است که در نهایت در بین مصرف‌کنندگان، شرکت‌ها و بازارها پخش می‌شود. اقتصاد مدور مدل کسب و کار خطی سنتی را با استفاده از اصول کاهش، استفاده مجدد و بازیافت به مدور (طراحی، تهیه، تولید، مصرف و بازیابی) تغییر می‌دهد (خداپرستی و باقری قره‌بلاغ[3]، ۲۰۲۳). شرکت‌های دانش بنیان نقش کلیدی در اجرای اقتصاد مدور دارند. از این‌رو، برای درک جنبه‌های تأثیرگذار بر اجرای شیوه‌های پایدار و اینکه کدام جنبه‌ها برای تسهیل انتقال آن‌ها باید تقویت شوند، به تحقیق نیاز است. این بخش تجزیه و تحلیلی از ادبیات پایداری و به ویژه تأثیر شیوه‌های اقتصاد مدور را برای افزایش عملکرد پایداری ارائه می‌دهد. هدف اصلی اقتصاد مدور کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری انرژی و منابع است. با مشارکت همه ذینفعان، اقتصاد مدور به عنوان یک فلسفه مدرن تکامل یافت که نگرانی‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی شرکت‌ها را به حداکثر می‌رساند تا جامعه را به سمت پایداری بالاتر سوق دهد. برخی از محققان و دست اندرکاران اقتصاد مدور استدلال کردند که اقتصاد مدور به طور ضمنی عناصر پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی را در بر می‌گیرد (ژو[4] و همکاران، ۲۰۲۳).

عملکرد زنجیره تامین پایدار مفهومی است که با ادغام اقدامات مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی در عملیات زنجیره تامین، کارایی و اثربخشی فرآیندهای زنجیره تامین را در یک محیط پویا اندازه‌گیری و ارزیابی می‌کند (ویگ و همکاران، ۲۰۲۴). این یک معیار چند بعدی در نظر گرفته می‌شود که باید به طور مداوم مفهوم‌سازی و درک شود. پایداری در عملیات زنجیره تامین یک موضوع بسیار نوظهور برای شرکت‌ها در نظر گرفته شده است، زیرا کمبود منابع مستلزم اتخاذ استراتژی‌های توسعه پایدار برای دستیابی به عملکرد پایدار است (دیپو و راوی[5]، ۲۰۲۱). این امر باعث افزایش تمرکز بر استراتژی پایدار از سوی ذینفعانی شده است که مایل به محافظت از محیط‌زیست در برابر آلودگی و حفظ یک اکوسیستم متعادل هستند. بنابراین، عملکرد زنجیره تامین پایدار برای شرکت‌ها برای کاهش اثرات منفی بر کارکنان، تامین‌کنندگان،

[1] Rodríguez-Espíndola
[2] Bai
[3] Khodaparasti & Bagheri Garbollagh
[4] Zhou
[5] Deepu & Ravi

مشتریان، محیط‌زیست و جامعه بسیار مهم است (سارکیس[1] و همکاران، ۲۰۲۱). توسعه عملکرد زنجیره تامین پایدار به عنوان یک ساختار چند بعدی با مرتبه بالاتر، عملکرد پایدار را افزایش داده و یک دستورالعمل اجرایی ارائه می‌کند که منجر به مزیت‌های رقابتی می‌شود. این مفهوم شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا آن را در چشم‌انداز، استراتژی و عملیات ادغام کنند تا به نتایج پایدار دست یابند. هر استراتژی مدیریت زنجیره تامین که خواهان حفظ مزیت رقابتی است باید تمام ابعاد عملکرد زنجیره تامین پایدار (جنبه‌های مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی) را با جهت‌گیری قدرتمند و قابل مشاهده‌تر در استراتژی کسب و کار بگنجاند (استرومپلیس و کوپاناکی[2]، ۲۰۲۲). رکن اقتصادی بر عملکرد مالی و سودآوری سازمان تمرکز دارد. شاخص‌های عملکرد اجتماعی شامل سلامتی کارکنان، شرایط کاری، رضایت، ایمنی، سلامت و راستگویی است (نری[3] و همکاران، ۲۰۲۱). ستون اجتماعی تأثیر سازمان را بر مردم و جوامع، از جمله موضوعاتی مانند حقوق بشر، شیوه‌های کار و رفاه اجتماعی در نظر می‌گیرد. در عین حال، شاخص‌های عملکرد زیست‌محیطی شامل مصرف انرژی و آب، استفاده از دارایی و دفع زباله می‌شود. ستون زیست‌محیطی تأثیر سازمان را بر جهان طبیعی، از جمله موضوعاتی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضایعات و استفاده از منابع ارزیابی می‌کند. از این‌رو، سازمان‌ها باید اهداف مالی را با اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی هماهنگ کنند تا یک بررسی جامع از عملکرد پایداری خود انجام دهند و بتوانند عملکرد کلی کسب و کار خود را بهبود بخشند (کاگنو[4] و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین، اقتصاد مدور منجر به حفظ و بهینه‌سازی منابع موجود می‌شود و به تبدیل منابع زیست‌محیطی به محصولات و خدمات مختلف قابل استفاده در میان شرکت‌ها، مصرف‌کنندگان و بازارها کمک می‌کند. برای به حداکثر رساندن نحوه استفاده از منابع و مواد موجود در بازار و کاهش مصرف مواد خام و ضایعات مرتبط، کسب‌وکارها علاقه‌مند به اتخاذ روش‌های اقتصاد مدور هستند که به فناوری‌ها و مدل‌های تجاری برای طول عمر، تجدیدپذیری، استفاده مجدد و تعمیر کمک می‌کند. اقتصاد مدور لازم است تا بنگاه‌های تولیدی را قادر سازد تا محصولات و خدمات خود را با سازگاری با محیط‌زیست، نوآورانه و پویا و ایجاد فرصت‌های تجاری پایدار ارائه دهند. یک زنجیره تامین مدور همه‌کاره به کاهش ضایعات کمک می‌کند و تاثیر مثبتی بر مدل کسب و کار دارد (کوهی‌زاده[5] و همکاران، ۲۰۲۳). درک بیشتر در مورد تأثیر کلی شیوه‌های اقتصاد مدور بر ابعاد عملکرد پایداری در شرکت‌ها مهم است. بر این اساس، می‌توان استدلال کرد که شیوه‌های اقتصاد مدور رابطه مثبتی با عملکرد زنجیره تامین پایدار شرکت دارد.

شرکت‌های دانش‌بنیان درصدد هستند تا با توسعه فناوری‌های دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم تحول دیجیتال را اجرایی کنند تا کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری تحقق یابد. پُر واضح است که یکی از اهداف مهم شرکت‌های دانش بنیان، اقتصاد مدور است تا با تکیه بر تکنولوژی و روش‌های بازچرخانی، منابع محدود را برای آیندگان حفظ کند. همچنین، شرکت‌های دانش بنیان نیروی اصلی اقتصاد ملی، منطقه‌ای و جهانی هستند. از آن‌جایی‌که این شرکت‌ها می‌توانند به تحول شرایط زیست‌محیطی کمک کنند، جدیت در اعمال استانداردهای زیست‌محیطی می‌تواند زمینه را برای تجاری‌سازی محصولات این شرکت‌ها ایجاد کند. علی‌رغم مطالعات متعدد در مورد اهمیت هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در تحقیقات تولیدی که به سازمان‌ها در کاهش هزینه، افزایش سرعت تولید و توسعه خدمات یا محصولات جدید در پاسخ به تغییرات

[1] Sarkis
[2] Stroumpoulis & Kopanaki
[3] Neri
[4] Cagno
[5] Kouhizadeh

در نیازهای مصرف‌کنندگان کمک می‌کند؛ مطالعات در مورد استفاده از این دو فناوری در ارتقای فرآیندهای زنجیرهٔ تأمین پایدار، به ویژه عملکرد پایدار، هنوز بسیار محدود است. بنابراین باتوجه به سوابق مطالعات انجام شده و ادبیات فوق، می‌توان فرضیه‌ها و مدل مفهومی پژوهش را پیشنهاد نمود:

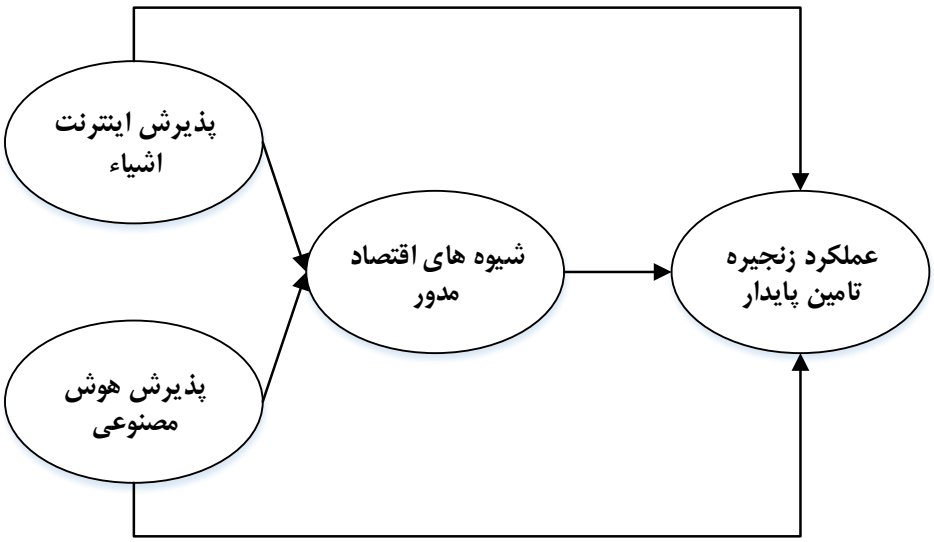
فرضیهٔ اول: پذیرش اینترنت اشیاء تأثیر مثبت بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار دارد.

فرضیهٔ دوم: پذیرش هوش مصنوعی تأثیر مثبت بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار دارد.

فرضیهٔ سوم: پذیرش اینترنت اشیاء تأثیر مثبت بر شیوه‌های اقتصاد مدور دارد.

فرضیهٔ چهارم: پذیرش هوش مصنوعی تأثیر مثبت بر شیوه‌های اقتصاد مدور دارد.

فرضیهٔ پنجم: شیوه‌های اقتصاد مدور تأثیر مثبت بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار دارد.



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش کاربردی و از جنبه ماهیت و روش؛ توصیفی- پیمایشی است. به منظور جمع‌آوری اطلاعات از مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی استفاده شده و ابزار گردآوری اطلاعات پرسشنامهٔ استاندارد است. جامعه آماری پژوهش شامل مدیران عامل، کارشناسان، مدیران زنجیرهٔ تأمین، مدیران بازاریابی و فروش و مدیران تولید و عملیات شرکت‌های دانش بنیان فعال در پارک علم و فناوری شهر ارومیه می‌باشند. تعداد ۴۰ شرکت به صورت روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب گردید و تعداد ۱۲۰ پرسشنامه بین مدیران (هر شرکت دانش‌بنیان فعال سه پرسشنامه) توزیع گردید. شایان ذکر است که براساس فرمول جامعه آماری محدود کوکران با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعداد نمونه آماری بالغ بر ۴۰ شرکت گردید. ابزار گردآوری داده‌ها نیز پرسشنامه است. برای اطمینان از میزان پایایی متغیرهای پژوهش، از ضریب آلفای کرونباخ بهره گرفته شد. نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد پایایی پرسشنامه مناسب است، چرا که تمامی ضرایب بدست آمده بالاتر از ۰/۷ می‌باشد. داده‌ها با استفاده از بسته نرم‌افزار آماری برای علوم اجتماعی[1](SPSS) کدگذاری شدند. پس

[1] Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

از فرآیندهای کدگذاری، داده‌ها در یک فایل مقادیر جدا شده با فرمت کاما (CSV) که با ابزار تحلیلی سازگار است (نرم‌افزار Smart-Pls$_2$) ذخیره شدند.

همچنین، مطالعه حاضر معیار کفایت نمونه‌گیری کایزر، مایر و اولکین (Kaiser Meyer-Olkin) را در مورد مناسب بودن حجم نمونه برای تحلیل عاملی، اتخاذ کرد. میزان sig کمتر از ۵ درصد محاسبه شده است و شاخص KMO ۰/۷۴۶ بدست آمده است و این میزان عدد برای این شاخص، نشان از کفایت مناسب نمونه‌گیری برای انجام تحلیل عاملی اکتشافی می‌باشد. پس از بررسی کامل ادبیات موجود، مقیاس‌های به کار رفته در این مطالعه انتخاب شد. سپس، با بهره‌گیری از مطالعه‌ای، از روش Q-Sort برای تعیین اینکه آیا طبقه‌بندی پانل متخصص سازه‌ها با ادبیات مطابقت دارد یا خیر، استفاده شد. پژوهشگران یک جلسه مقدماتی با اساتید دانشگاهی (۳ تن از گروه اساتید مدیریت و کارآفرینی) برای اطمینان از اعتبار آیتم‌های اندازه‌گیری سازه برگزار کردند. متخصصان توانستند متغیرها را بر اساس چهار سازه نظری مرتب کنند که نشان‌دهنده اعتبار صوری و محتوایی سازه‌های نظری است. علاوه بر این، مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای، از ۱ (کاملاً مخالفم) تا ۵ (کاملاً موافقم)، برای اندازه‌گیری همه آیتم‌ها اتخاذ شد. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، تمام آیتم‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری سازه‌ها از ادبیات اقتباس شده‌اند (منبع هر سازه در جدول ۲ قید شده است).

۱.۳. تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) استفاده شده است. تجزیه و تحلیل PLS شامل دو مرحله است: مدل اندازه‌گیری و برآورد مدل ساختاری. توالی این دو مرحله تضمین می‌کند که موارد مربوط به سازه‌ها قبل از رسیدن به نتیجه‌ای در مورد روابط بین سازه‌ها معتبر و قابل اعتماد هستند. حداقل مربعات جزئی برای مطالعات ساخت نظریه اکتشافی که محرک‌های یک سازه را شناسایی می‌کند، مناسب است. در جدول ۱، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه مورد بررسی ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه مورد بررسی

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی		درصد فراوانی
سمت	مدیر	۳۷/۹
	کارشناس	۶۲/۱
بازار محصولات	داخلی	۶۹/۸
	داخلی و خارجی	۳۰/۲
سابقهٔ فعالیت شرکت (سال)	کمتر از ۱ سال	۱۱/۳
	۱-۲	۲۷/۸
	۳-۴	۱۹/۱
	بیش از ۵ سال	۴۱/۸
نوع فعالیت	تولیدی	۴۶/۳
	خدماتی	۵۳/۷

برای ارزیابی برازش مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری، ارزیابی شاخص‌های سنجش و اعتبار مدل از شاخص‌های میانگین واریانس استخراج شده، پایایی ترکیبی، آلفای کرونباخ و ضریب تعیین استفاده شده است که در جدول ۲ نشان داده شد.

جدول۲. شاخص‌ها و برازش مدل ساختاری پژوهش

گویه‌ها	λ	AVE	CR	α
پذیرش اینترنت اشیاء	–	۰/۶۰۲	۰/۸۸۰	۰/۸۲۸
بنظرم شرکت ما ابزارها و نرم‌افزارهای موردنیاز برای کارکرد سیستم‌های اینترنت اشیاء را در صورت نیاز دارد	۰/۵۱۵	Wael Al-Khatib, 2023		
شرکت ما می‌تواند از فناوری‌های اینترنت اشیاء برای نظارت بر جریان مواد از مبدا به مکان‌های توزیع استفاده کند.	۰/۹۱۴			
بنظرم با استفاده از فناوری اینترنت اشیاء بهره‌وری و عملکرد پایدار بهبود پیدا می‌کند.	۰/۷۷۵			
بنظر من استفاده از فناوری اینترنت اشیاء حس لذت‌بخشی را به همراه دارد.	۰/۸۱۴			
بنظرم استفاده از فناوری اینترنت اشیاء می‌تواند به بهبود تشخیص و حضور ذهن انسان کمک کند.	۰/۸۲۴			
پذیرش هوش مصنوعی	–	۰/۶۴۷	۰/۸۸۲	۰/۸۲۶
بنظر من هوش مصنوعی می‌تواند به شرکت ما کمک کند تا محصول و خدمات خود را به طور مشخص طراحی کنیم.	۰/۷۱۰	Benzidia et al., 2021		
بنظر من هوش مصنوعی می‌تواند زنجیره‌های تأمین را مدیریت و بهینه کند و هزینه‌های حمل و نقل را کاهش دهد.	۰/۸۰۳			
بنظر من هوش مصنوعی پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از تقاضای موجود انجام می‌دهد.	۰/۸۵۱			
بنظر من هوش مصنوعی با سنجش دقیق پیش‌بینی‌های بازاریابی، فرآیند تصمیم‌گیری استراتژیک را تسریع می‌کند.	۰/۸۴۷			
شیوه‌های اقتصاد مدور	–	۰/۶۳۹	۰/۸۴۰	۰/۷۰۳
ما خط مشی‌ها و اقداماتی را برای دفع به موقع ماشین‌آلات و تجهیزات داریم.	۰/۸۹۶	Khodaparasti & Bagheri Garabollagh, 2023		
ما از مواد بازیافتی به عنوان ورودی در فرآیندهای خود استفاده می‌کنیم.	۰/۹۱۳			
در مرحله طراحی، ما امکان استفاده مجدد از محصولات را پس از رسیدن به هدف اولیه خود در نظر می‌گیریم.	۰/۹۵۱			
ما برای طراحی زیست‌محیطی محصولات/خدمات با مشتریان/تامین‌کنندگان کار می‌کنیم.	۰/۹۰۵			
عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار	–	۰/۶۵۵	۰/۹۰۲	۰/۸۴۶
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند محصولات بدون نقص را به مشتریان نهایی تحویل دهد	۰/۴۱۷	Malhotra, 2023		
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند خدمات ارزش افزوده را به مشتریان نهایی ارائه دهد	۰/۶۱۷			
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند سفارشات دیرهنگام و ناقص را به مشتریان نهایی حذف کند	۰/۴۶۱			
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند به سرعت به مشکلات مشتریان نهایی پاسخ دهد	۰/۴۲۶			

زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند محصولات را به‌موقع، به مشتریان نهایی تحویل دهد	۰/۷۲۵	
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند مقادیر دقیقی را به مشتریان نهایی برساند	۰/۸۶۷	
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند محموله‌هایی با اندازه متغیر را به مشتریان نهایی تحویل دهد	۰/۷۵۴	
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند اندازه‌های کوچک و مورد حمل را به مشتریان نهایی تحویل دهد	۰/۸۲۹	
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند هزینه کل محصول را برای مشتریان نهایی به حداقل برساند	۰/۸۰۶	
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند انواع ضایعات را در سراسر زنجیره تامین به حداقل برساند	۰/۷۶۴	
زنجیره تامین اولیه این شرکت می‌تواند موجودی ایمنی کانال را در سراسر زنجیره تامین به حداقل برساند	۰/۵۸۸	

مدل اندازه‌گیری انعکاسی برای تایید روایی و پایایی مدل ارزیابی می‌شود. همانطور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که مدل اندازه‌گیری، تمام معیارهای کیفیت و پایایی را برآورده می‌کند. اول، همه بارهای عاملی بالاتر از ۰/۴، پایایی ترکیبی بالاتر از ۰/۷ و مقادیر میانگین واریانس استخراج شده بالاتر از ۰/۵ هستند. روایی واگرا وقتی در سطح قابل قبول است که میزان میانگین واریانس استخراج شده برای هر سازه بیشتر از واریانس اشتراکی آن سازه و سازه‌های دیگر در مدل باشد. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، مقادیر موجود بر روی قطر اصلی ماتریس، از کلیه مقادیر موجود در ستون مربوطه بزرگتر است.

جدول ۳. روایی واگرا (فورنل-لارکر)

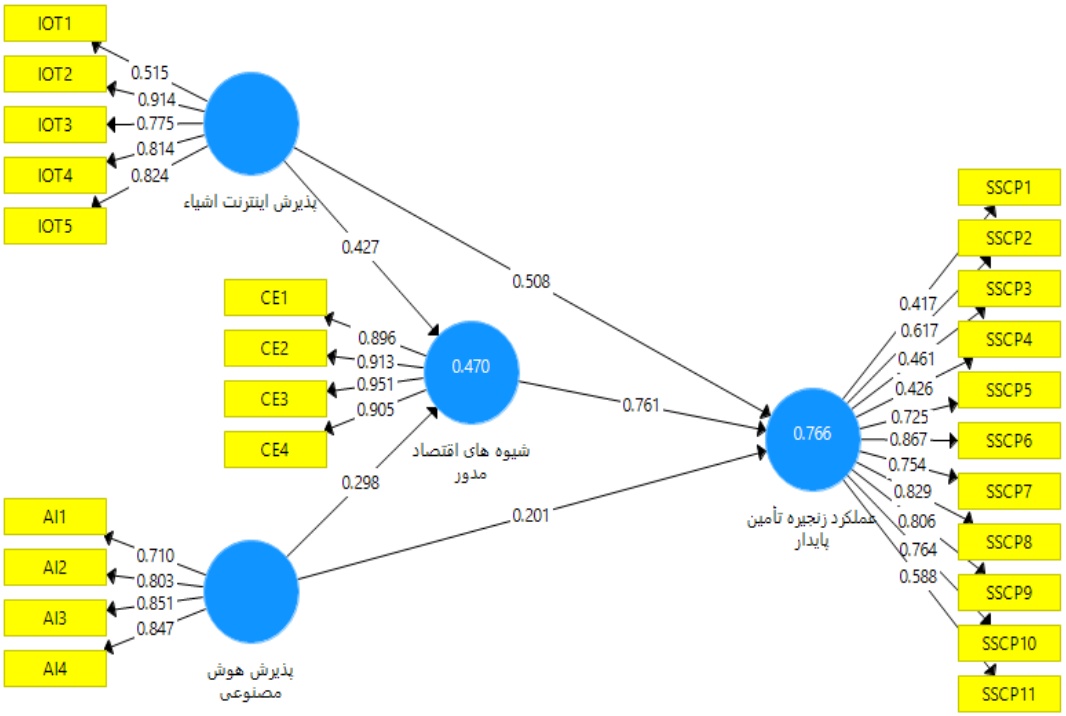
متغیرهای پژوهش	۱	۲	۳	4
۱- پذیرش اینترنت اشیاء	۰/۷۷۵			
۲- پذیرش هوش مصنوعی	۰/۷۰۷	۰/۸۰۴		
۳- شیوه‌های اقتصاد مدور	۰/۵۶۲	۰/۶۴۴	۰/۷۹۹	
۴- عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار	۰/۴۱۸	۰/۴۹۸	۰/۵۸۹	۰/۸۰۹

مدل ساختاری این مطالعه از طریق ضریب تعیین (R^2)، ارتباط پیش‌بینی‌کننده (Q^2)، آزمون نیکویی برازش (GOF) و آزمون فرضیه‌ها ارزیابی می‌شود. مقادیر R^2 به‌دست‌آمده برای سازه‌های درون‌زا نشان می‌دهد که مدل پژوهش ۴۷٪ از شیوه‌های اقتصاد مدور و ۷۶٪ از عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار شرکت را شرح می‌دهد. مقادیر Q^2 به دست آمده نشان می‌دهد که مدل دارای ارتباط پیش‌بینی کافی است، زیرا مقادیر بالاتر از آستانه ۰.۰۰۰ هستند. با توجه به اینکه مدل تمام معیارها را دارد، می‌توان پیشنهاد داد که مدل ساختاری خوب است. شاخص GOF در مدل PLS، راه حلی برای بررسی برازش کلی مدل است. مقدار مناسب برای این شاخص، بین صفر تا یک در نظر گرفته شده است. مقادیر نزدیک به یک کیفیت مناسب مدل را نشان می‌دهد. این شاخص توانایی پیش‌بینی کلی مدل را بررسی می‌کند و نشان می‌دهد که مدل آزمایش شده در پیش‌بینی متغیرهای مکنون درونزا موفق بوده است یا خیر. برای بررسی برازش مدل کلی، از معیار

GOF استفاده می‌شود که ۰/۱ به عنوان مقادیر ضعیف، ۰/۲۵ مقادیر متوسط و ۰/۳۶ مقادیر قوی برای سنجش اعتبار مدل‌های PLS در نظر گرفته شده است. با توجه به مقدار به دست آمده برای برازش مدل کلی به میزان ۰/۶۲۶ برازش بسیار مناسب مدل کلی تأیید می‌شود (جدول ۴).

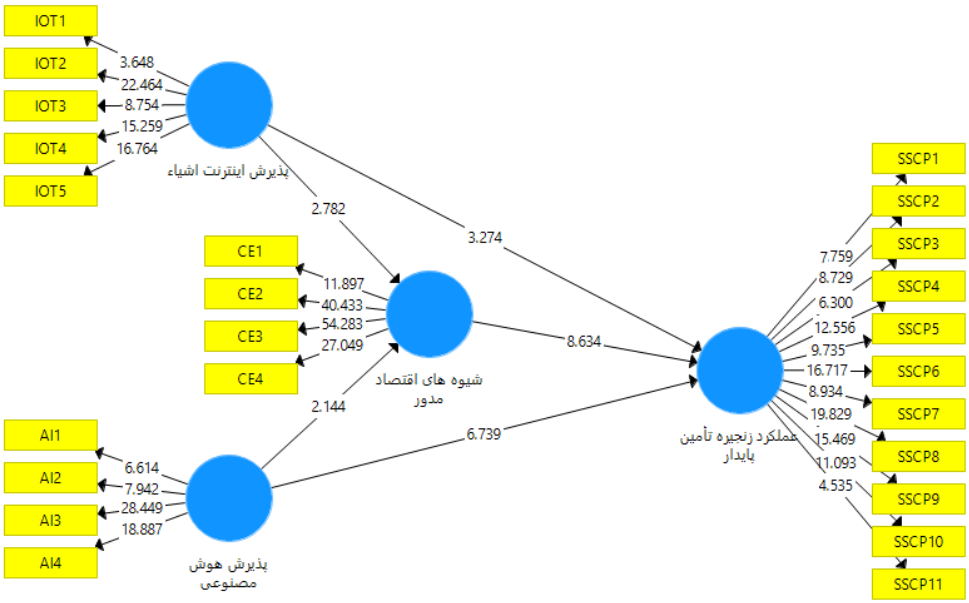
جدول ٤. نتایج برازش کلی مدل

متغیرها	ضریب تعیین	Q^2	مقادیر اشتراکی
پذیرش اینترنت اشیاء	–	–	۰/۶۰۲
پذیرش هوش مصنوعی	–	–	۰/۶۴۷
شیوه‌های اقتصاد مدور	۰/۴۷۰	۰/۴۸۷۴	۰/۶۳۹
عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار	۰/۷۶۶	۰/۵۱۰۲	۰/۶۵۵
میانگین	۰/۶۱۸	–	۰/۶۳۵
$GOF = \sqrt{\overline{Communalities} \times \overline{R^2}} = \sqrt{0.635 \times 0.618} = 0.626$			



شکل ۲. ضرایب مسیر (تخمین استاندارد) فرضیه‌های پژوهش

شکل ۲ خروجی نرم‌افزار را در حالت تخمین ضرایب مسیر و ضرایب تعیین (R^2) نشان می‌دهد. اعداد روی مسیرها نشان‌دهنده ضریب مسیر، اعداد داخل دوایر برای متغیرهای درون‌زا؛ مقدار ضریب تعیین را نشان می‌دهد و اعداد روی فلش‌های متغیرهای پنهان، بیانگر بارهای عاملی است.



شکل ۳. معناداری ضرایب مسیر (مقادیر T-value)

در شکل ۳، اعداد مشخص شده بر روی فلش‌ها نشان‌دهنده مقادیر T-value می‌باشد. جهت آزمون فرضیه‌های مدل پژوهش در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقادیر بزرگ‌تر و مساوی قدر مطلق ۱/۹۶، به معنای وجود ارتباط مستقیم بین دو متغیر است. خلاصه نتایج مربوط به آزمون فرضیه‌ها در جدول ۵ گزارش شده است. همچنین از روش بوت استرپینگ[1] برای آزمون و تایید اعتبار فرضیه‌های پژوهش با استفاده از ضریب بتا و آماره t استفاده شد.

جدول۵. نتایج آزمون فرضیه‌ها

مسیر	β	f^2	P Values	T Statistics	نتیجه
پذیرش اینترنت اشیاء بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار	۰/۵۰۸	۰/۳۳۴	۰/۰۰۰	۳/۲۷۴	☑تأیید
پذیرش هوش مصنوعی بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار	۰/۲۰۱	۰/۲۸۰	۰/۰۰۰	۶/۷۳۹	☑تأیید
پذیرش اینترنت اشیاء بر شیوه‌های اقتصاد مدور	۰/۴۲۷	۰/۳۹۷	۰/۰۰۰	۲/۷۸۲	☑تأیید
پذیرش هوش مصنوعی بر شیوه‌های اقتصاد مدور	۰/۲۹۸	۰/۳۲۵	۰/۰۰۰	۲/۱۴۴	☑تأیید
شیوه‌های اقتصاد مدور بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار	۰/۷۶۱	۰/۶۲۴	۰/۰۰۰	۸/۶۳۴	☑تأیید

آزمون f^2، نشان می‌دهد کدام یک از متغیرهای مستقل (سازهٔ برونزا) اثر بیشتری در اندازه‌گیری آن متغیر وابسته (سازه درون‌زا) دارد. نتایج مقادیر f^2 با سه مقدار اثر ضعیف (۰/۰۲)، اثر متوسط (۰/۱۵) و اثر قوی (۰/۲۵) سنجیده می‌شود. نتایج جدول ۵ گویای تأیید این امر است که شیوه‌های اقتصاد مدور اثر قوی بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار دارند. همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است، تمامی فرضیه‌های پیشنهادی پشتیبانی می‌شوند.

[1] Bootstrapping

٤. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر بررسی نقش پذیرش اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار با نقش میانجی شیوه‌های اقتصاد مدور در شرکت‌های دانش‌بنیان است. ابتدا، نتایج فرضیهٔ اول و دوم نشان داد که پذیرش اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی تأثیر مثبت بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار دارد. یافته‌های این مطالعه با نتایج پژوهش احمد[1] و همکاران (۲۰۲۳) و کارماکر و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد. می‌توان استدلال نمود که راه‌حل‌های اینترنت اشیاء برای صنعت دانش‌بنیان نه تنها برای صاحب شرکت، مشتری و جامعه سودمند است، بلکه باید مسئولیت اجتماعی کسب و کار را نیز انجام دهد. اینترنت اشیاء همچنین می‌تواند به مقابله با چالش مکرر تاخیرهای غیرمنتظره در زنجیره تأمین کمک کند. با استفاده از برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیاء مدیران زنجیره تأمین جهانی می‌توانند وسایل نقلیه را تغییر مسیر دهند و تنظیماتی را در سیستم‌های تحویل خودکار انجام دهند. همچنین، اینترنت اشیاء به شرکت‌ها کمک می‌کند تا مدیریت زنجیرهٔ تأمین سبز خود را بهبود بخشند. استفاده از اینترنت منجر به مزایای بلندمدت و بهبود روابط با تأمین‌کننده و افزایش عملکرد پایدار شرکت می‌شود. زنجیره تأمین در جابجایی محصولات در فواصل وسیع و حمایت از اتصال بین سهامداران مختلف مانند تأمین‌کنندگان مواد خام، تولیدکنندگان، خرده‌فروشان، شرکت‌های لجستیک و مصرف‌کنندگان بسیار مهم است. بنابراین، یک زنجیره تأمین موثر و کارآمد به این معنی است که این اتصالات را می‌توان با دقت، سریع و حداقل هزینه انجام داد. عوامل حیاتی موفقیت برای زنجیره تأمین عبارتند از به اشتراک‌گذاری اطلاعات، یکپارچه‌سازی فرآیند و همکاری. بنابراین، زنجیره تأمین باید دیجیتالی شود و به طور فزاینده‌ای به فناوری در قالب هوش مصنوعی و حسگرها در سراسر زنجیره تأمین وابسته شود و این به آن‌ها امکان می‌دهد تا داده‌ها را در زمان واقعی جمع‌آوری کنند. علاوه براین، از هوش مصنوعی می‌توان برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی تقاضا، بهینه‌سازی لجستیک و مسیرهای حمل و نقل و شناسایی ناکارآمدی‌ها در عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار استفاده کرد. این می‌تواند منجر به بهبود پاسخگویی به تغییرات تقاضا، کاهش زمان تحویل و هزینه کمتر شود. از طرفی دیگر، تأثیر هوش مصنوعی بر شیوه‌های پایدار در صنعت دانش‌بنیان به طور فزاینده‌ای قابل توجه است، زیرا کسب‌وکارها به دنبال راه‌های نوآورانه‌ای برای کاهش ردپای محیطی خود و در عین حال افزایش تجربه مشتری هستند. هوش مصنوعی با قابلیت‌های پیش‌بینی و اتوماسیون خود، صنعت را متحول می‌کند و منجر به عملیات کارآمدتر و شیوه‌های پایدار می‌شود.

نتایج فرضیهٔ سوم و چهارم نشان داد که پذیرش اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی بر شیوه‌های اقتصاد مدور تأثیر مثبت و معناداری دارد. نتایج مطالعه حاضر در این فرضیه‌ها با یافته‌های مطالعه مالهوترا (۲۰۲۳) همسویی دارد. می‌توان استدلال نمود که استفاده از فناوری جدید در کسب و کار و جامعه با شیوه‌های اقتصاد مدور همراه است. درک و بکارگیری فناوری جدید می‌تواند به شرکت‌های دانش بنیان کمک کند تا پتانسیل پلتفرم‌های دیجیتال را برای حمایت از نوآوری و عملکرد پایدار درک کنند. این نتیجه با دیدگاه مبتنی بر منابع سازگار است، زیرا از این ایده حمایت می‌کند که استفاده از قابلیت‌های داخلی با ذهنیت پایداری می‌تواند منجر به درک بهتر همه اعضای شرکت از مزایای بالقوه شود. علاوه بر این، فناوری نوظهور می‌تواند شیوه‌های اقتصاد مدور را امکان‌پذیر کند. فناوری‌های نوظهور همچون بلاک‌چین از سیستم‌های اطلاعاتی پشتیبانی می‌کند و می‌تواند عملکرد اقتصاد مدور را افزایش دهد. علاوه بر این، محققان تأیید کرده‌اند که پذیرش فناوری، اتخاذ شیوه‌های اقتصاد مدور مانند افزایش کاهش ضایعات و استفاده از بازیافت و غیره را ممکن می‌سازد که به

[1] Ahmad

نوبه خود عملکرد پایداری شرکت را افزایش می‌دهد (باکل[1] و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، نتایج فرضیهٔ پنجم نشان داد که شیوه‌های اقتصاد مدور به شدت و به طور مثبتی بر عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار شرکت‌های دانش‌بنیان تأثیر می‌گذارد. بنابراین، نتایج تجزیه و تحلیل برای مجموعه داده فعلی به طور کامل با پیشنهادات در مطالعات نظری و تجربی قبلی در این استدلال که شیوه‌های اقتصاد مدور عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار شرکت را افزایش می‌دهد، همسو است (مالهوترا، ۲۰۲۳). نتایج به وضوح نشان داد که از طریق ترکیبی از شیوه‌های مدیریت ناب، نوآوری فرآیند پایدار و بهینه‌سازی منابع، یعنی کاهش مصرف، عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار شرکت‌های درگیر در شیوه‌های اقتصاد مدور افزایش می‌یابد. با این حال، برای دستیابی به عملکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار بالاتر، شرکت‌های دانش بنیان باید شیوه‌های سازگار با محیط زیست را اتخاذ کنند، که نه تنها تأثیر منفی بر اقلیم را کاهش می‌دهد، بلکه برای رشد اقتصادی و جامعه مفید خواهد بود. طبق گزارشی که توسط مطبوعات اتحادیه اروپا[2] گردآوری شده است، کاهش مصرف منابع منجر به ۱.۴ الی ۲ میلیون فرصت شغلی جدید خواهد شد. بنابراین، اقتصاد مدور منجر به عملکرد پایداری در زنجیره تامین شرکت‌های دانش‌بنیان می‌شود، زیرا علاوه بر بهره‌وری اقتصادی، رفاه محیطی و اجتماعی را تقویت می‌کند.

در راستای تحقق یافته‌های پژوهش پیشنهادهایی برای مدیران شرکت‌های دانش‌بنیان ارائه می‌گردد: نخست، صنعت دانش‌بنیان باید بر تحول دیجیتال تاکید کند. در ایجاد هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین پایدار، داده‌ها مهمترین عامل هستند. دوم، در فرآیند همکاری با تأمین‌کنندگان اصلی، تأمین‌کنندگان باید به عنوان سهامداران مهم در هوش مصنوعی، مدیریت زنجیره تأمین پایدار را برای هماهنگ کردن انتظارات و ایجاد اثر هم‌افزایی در نظر بگیرند. در نهایت، یک صنعت بزرگ باید مسئولیت ارتقای پیشرفت صنعتی و توسعه نفوذ بر اکوسیستم را بر عهده بگیرد. هوش مصنوعی، مدیریت زنجیره تأمین پایدار را تحت تأثیر ذینفعان خارجی قرار می‌دهد تا منجر به تغییرات عمده در اقدامات پایداری و الزامات هوش مصنوعی در زنجیره تأمین شود و بر پیاده‌سازی و استراتژی‌های عملکرد پایدار تاثیر بگذارد. صنعت دانش-بنیان باید نگرش مثبت خود را نسبت به هوش مصنوعی و عملکرد پایدار حفظ کند تا به طور مؤثر عملکرد زیست‌محیطی را افزایش دهد. مهمتر از آن، مدیران باید توجه ویژه‌ای به اندازه‌گیری عملکرد فعالیت‌های اقتصاد مدور داشته باشند. منطق این است که اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد، شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا عملیات ناکارآمد خود را شناسایی کرده و پیشرفت‌های قابل توجهی را دنبال کنند. مدیران همچنین می‌توانند شرکای بالادستی و پایین دستی خود را برای اندازه گیری و ارزیابی عملکردشان راهنمایی و تشویق کنند که می‌تواند نقشی اساسی در دستیابی به مزایای عملکرد برتر داشته باشد. علاوه بر این، مدیران باید بر شناسایی و حذف فعالیت‌های بدون ارزش افزوده در عملیات و فرآیندهای خود تمرکز کنند.

از جمله محدودیت‌ها در انجام پژوهش حاضر را می‌توان کمبود منابع علمی و تحقیقاتی انجام شده توسط سایر پژوهشگران با این موضوع (نبود پژوهش‌های کاربردی در کشور در این زمینه) و عدم دسترسی به برخی از مدیران جهت تکمیل پرسشنامه را نام برد. دوم، این مطالعه بر شرکت‌های دانش بنیان متمرکز است، اگرچه شرکت‌های دانش بنیان نیروی اصلی اقتصاد ملی و جهانی هستند، شرکت‌های کوچک و متوسط نیز باید در زمینه‌های مختلف بیشتر مورد مطالعه قرار گیرند تا ببینیم چگونه عوامل زمینه‌ای بر یافته‌های تحقیق تأثیر می‌گذارد.

[1] Bockel
[2] European Union press

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع نداریم.

منابع

Ageron, B., Bentahar, O., & Gunasekaran, A. (2020, July). Digital supply chain: challenges and future directions. In *Supply chain forum: An international journal*. 21(3), 133-138.

Ahmad, H., Hanandeh, R., Alazzawi, F., Al-Daradkah, A., ElDmrat, A., Ghaith, Y., & Darawsheh, S. (2023). The effects of big data, artificial intelligence, and business intelligence on e-learning and business performance: Evidence from Jordanian telecommunication firms. *International Journal of Data and Network Science*, *7*(1), 35-40.

Asif, S., Saini, M. N., Singh, K., & Yadav, S. (2022). Impact of internet of things (iot) on supply chain management and its benefits in tourism industry. *Journal of harbin institute of technology*, *54*(6), 313-322.

Bai, C., Sarkis, J., Yin, F., & Dou, Y. (2020). Sustainable supply chain flexibility and its relationship to circular economy-target performance. *International Journal of Production Research*, *58*(19), 5893-5910.

Benzidia, S., Makaoui, N., & Bentahar, O. (2021). The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance. *Technological forecasting and social change*, *165*, 120557.

Böckel, A., Nuzum, A. K., & Weissbrod, I. (2021). Blockchain for the circular economy: analysis of the research-practice gap. *Sustainable Production and Consumption*, *25*, 525-539.

Botta, A., De Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future generation computer systems*, *56*, 684-700.

Cagno, E., Neri, A., Howard, M., Brenna, G., & Trianni, A. (2019). Industrial sustainability performance measurement systems: A novel framework. *Journal of Cleaner Production*, *230*, 1354-1375.

Corallo, A., Lazoi, M., Lezzi, M., & Luperto, A. (2022). Cybersecurity awareness in the context of the Industrial Internet of Things: A systematic literature review. *Computers in Industry*, *137*, 103614.

Deepu, T. S., & Ravi, V. (2021). Supply chain digitalization: An integrated MCDM approach for inter-organizational information systems selection in an electronic supply chain. *International Journal of Information Management Data Insights*, *1*(2), 100038.

Helo, P., & Hao, Y. (2022). Artificial intelligence in operations management and supply chain management: An exploratory case study. *Production Planning & Control*, *33*(16), 1573-1590.

Junaid, M., Zhang, Q., & Syed, M. W. (2022). Effects of sustainable supply chain integration on green innovation and firm performance. *Sustainable Production and Consumption*, *30*, 145-157.

Karmaker, C. L., Al Aziz, R., Ahmed, T., Misbauddin, S. M., & Moktadir, M. A. (2023). Impact of industry 4.0 technologies on sustainable supply chain performance: The mediating role of green supply chain management practices and circular economy. *Journal of Cleaner Production*, *419*, 138249.

Khodaparasti, R. B., & Bagheri Garabollagh, H. (2023). Examining circular economy practices and sustainability performance in knowledge-based companies in Iran. *Amfiteatru Economic*, *25*(62), 196-212.

Kouhizadeh, M., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2020). Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. *Production Planning & Control*, *31*(11-12), 950-966.

Li, S., Younas, M. W., Zahid, R. M., & Maqsood, U. S. (2023). Driving sustainable Development: The impact of Artificial Intelligence on Environmental, Social, and Governance (ESG) Performance. *Social, and Governance (ESG) Performance (July 24, 2023)*.

Malhotra, G. (2023). Impact of circular economy practices on supply chain capability, flexibility and sustainable supply chain performance. *The International Journal of Logistics Management*. 35(5), 1500-1521.

Mostafa, N., Hamdy, W., & Alawady, H. (2019). Impacts of internet of things on supply chains: a framework for warehousing. *Social sciences*, *8*(3), 84.

Neri, A., Cagno, E., Lepri, M., & Trianni, A. (2021). A triple bottom line balanced set of key performance indicators to measure the sustainability performance of industrial supply chains. *Sustainable Production and Consumption*, *26*, 648-691.

Oubrahim, I., Sefiani, N., & Happonen, A. (2023). The influence of digital transformation and supply chain integration on overall sustainable supply chain performance: An empirical analysis from manufacturing companies in Morocco. *Energies*, *16*(2), 1004.

Panetta, K. (2018). Gartner predicts 2019 for supply chain operations. *Gartner Predicts*, 1-10.

Peng, G., Han, M., & Yuan, H. (2023). Artificial Intelligence Drives the Coordinated Development of Green Finance and the Real Economy: Empirical Evidence from Chinese Provincial Level. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-39.

Prasad, D. S., Pradhan, R. P., Gaurav, K., & Sabat, A. K. (2020). Critical success factors of sustainable supply chain management and organizational performance: an exploratory study. *Transportation research procedia*, *48*, 327-344.

Rodríguez-Espíndola, O., Cuevas-Romo, A., Chowdhury, S., Díaz-Acevedo, N., Albores, P., Despoudi, S., & Dey, P. (2022). The role of circular economy principles and sustainable-oriented innovation to enhance social, economic and environmental performance: Evidence from Mexican SMEs. *International Journal of Production Economics*, *248*, 108495.

Sarkis, J., Kouhizadeh, M., & Zhu, Q. S. (2021). Digitalization and the greening of supply chains. *Industrial Management & Data Systems*, *121*(1), 65-85.

Seuring, S., Aman, S., Hettiarachchi, B. D., de Lima, F. A., Schilling, L., & Sudusinghe, J. I. (2022). Reflecting on theory development in sustainable supply chain management. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, *3*, 100016.

Sharma, M., Kumar, A., Luthra, S., Joshi, S., & Upadhyay, A. (2022). The impact of environmental dynamism on low-carbon practices and digital supply chain networks to enhance sustainable performance: An empirical analysis. *Business Strategy and the Environment*, *31*(4), 1776-1788.

Sharma, U., & Gupta, D. (2021, July). Analyzing the applications of internet of things in hotel industry. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1969(1) 012041. IOP Publishing.

Stroumpoulis, A., & Kopanaki, E. (2022). Theoretical perspectives on sustainable supply chain management and digital transformation: A literature review and a conceptual framework. *Sustainability*, *14*(8), 4862.

Wamba, S. F. (2022). Impact of artificial intelligence assimilation on firm performance: The mediating effects of organizational agility and customer agility. *International Journal of Information Management*, *67*, 102544.

Weisz, E., Herold, D. M., & Kummer, S. (2023). Revisiting the bullwhip effect: how can AI smoothen the bullwhip phenomenon? *The International Journal of Logistics Management*, *34*(7), 98-120.

Whig, P., Remala, R., Mudunuru, K. R., & Quraishi, S. J. (2024). Integrating AI and Quantum Technologies for Sustainable Supply Chain Management. In *Quantum Computing and Supply Chain Management: A New Era of Optimization* (pp. 267-283). IGI Global.

Yu, Y., Xu, J., Huo, B., Zhang, J. Z., & Cao, Y. (2023). The impact of supply chain social responsibility on sustainable performance. *Journal of Cleaner Production*, *385*, 135666.

Zhou, B., Siddik, A. B., Zheng, G. W., & Masukujjaman, M. (2023). Unveiling the role of green logistics management in improving SMEs' sustainability performance: do circular economy practices and supply chain traceability matter? *Systems*, *11*(4), 198.