

The Dual Role of Artificial Intelligence in Corporate Greenwashing: A Literature Review and Future Research Directions

Maryam Al-Sadat Hosseini 

M.A. Student in Accounting, Islamic Azad University, Arak, Iran

Ali Laalbar *

Associate professor, Department of Accounting, Ar.c, Islamic Azad University, Arak, Iran

Extended Abstract

Introduction

In recent years, the rapid advancement of artificial intelligence (AI) has fundamentally reshaped corporate practices, governance mechanisms, and sustainability reporting systems. Concurrently, growing environmental concerns and mounting stakeholder pressure have compelled firms to adopt green strategies and disclose environmental, social, and governance (ESG) information. Within this evolving landscape, a critical paradox has emerged: while AI possesses considerable potential to enhance transparency, operational efficiency, and environmental performance, it can simultaneously serve as a sophisticated instrument for facilitating corporate greenwashing. This extended abstract offers a comprehensive analytical synthesis of AI's dual role in advancing genuine environmental performance and in enabling the strategic manipulation of sustainability narratives.

Corporate greenwashing refers to the deliberate dissemination of misleading or exaggerated environmental claims to shape stakeholder perceptions without implementing substantive ecological improvements. The extant management and sustainability literature conceptualizes greenwashing not as a mere communication error but

* Corresponding Author: alilalbar@iau.ac.ir

How to Cite: Hosseini, M.A., Laalbar, A. (2025). The Dual Role of Artificial Intelligence in Corporate Greenwashing: A Literature Review and Future Research Directions. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, 5(12), pp. 89-122. DOI: 10.22054/eenr.2025.89699.220

as a strategic organizational behavior, deeply rooted in misaligned incentives, competitive pressures, weak regulatory oversight, and legitimacy-seeking motives. Empirical evidence indicates that greenwashing erodes stakeholder trust, damages corporate reputation, weakens employee organizational identification, and generates long-term financial risks for firms.

AI technologies particularly machine learning, deep learning, and natural language processing (NLP) have introduced novel dynamics to this phenomenon. On one hand, AI systems can be deployed to detect inconsistencies between corporate environmental claims and actual performance. By analyzing vast volumes of structured and unstructured data including sustainability reports, regulatory filings, satellite imagery, social media content, and third-party audit records AI enables more precise identification of discrepancies, biases, and exaggerations in corporate disclosures. NLP models can systematically flag vague, ambiguous, or excessively promotional language in sustainability reports, thereby empowering regulators, investors, rating agencies, and civil society organizations to scrutinize corporate claims more effectively.

Conversely, these same technological capabilities enable corporations to craft highly polished, persuasive, and visually compelling sustainability narratives without corresponding improvements in actual environmental practices. Large language models and generative AI systems can produce sophisticated "green storytelling," optimize marketing messaging, and strategically frame disclosures to enhance the perception of environmental responsibility. This emerging phenomenon, increasingly termed algorithmic greenwashing, represents a more complex and technologically mediated form of information asymmetry, significantly challenging stakeholders' ability to distinguish between authentic sustainability practices and AI-enhanced symbolic actions.

A major concern in this context is the "black box" nature of many AI models. Deep learning systems frequently operate with limited interpretability, complicating the auditability of AI-generated reports and increasing the risk of selective disclosure, data manipulation, and strategic omission. Consequently, new forms of informational opacity may arise, potentially reinforcing rather than constraining managerial opportunism. The absence of universally accepted standards for AI-

assisted sustainability reporting further exacerbates this challenge, creating fertile ground for increasingly sophisticated greenwashing strategies.

Methods and Material

This study systematically reviews the conceptual and empirical literature on corporate greenwashing, AI governance, sustainability reporting, and responsible innovation. It identifies several critical research gaps. First, there is a notable lack of standardized, AI-based metrics for detecting greenwashing across industries and countries. Second, empirical studies relying on real operational and environmental performance data remain limited, with most contributions focusing on conceptual frameworks. Third, the ethical dimensions of AI-enabled greenwashing, including accountability, data integrity, and algorithmic bias, have not been sufficiently addressed in existing research.

Results and Discussion

This study systematically reviews the conceptual and empirical literature on corporate greenwashing, AI governance, sustainability reporting, and responsible innovation. It identifies several critical research gaps. First, there is a notable absence of standardized, AI-based metrics for detecting greenwashing across industries and jurisdictions. Second, empirical studies drawing on actual operational and environmental performance data remain scarce, with most contributions confined to conceptual frameworks. Third, the ethical dimensions of AI-enabled greenwashing including issues of accountability, data integrity, and algorithmic bias have been insufficiently addressed in the extant literature.

Conclusion

The analysis reveals that AI's impact on corporate greenwashing is highly context-dependent. In institutional environments characterized by robust regulatory oversight, independent auditing, strong internal control systems, and active stakeholder engagement, AI tends to function as a monitoring and governance-enhancing mechanism. Under such conditions, AI facilitates green innovation, improves environmental risk management, and bolsters the credibility of ESG disclosures. Conversely, in weak regulatory contexts marked by limited transparency requirements and intense competitive pressure,

AI may be exploited as a strategic instrument for symbolic compliance and reputational manipulation.

The paper also examines the environmental paradox inherent in AI itself. While AI can contribute to optimizing energy consumption, reducing emissions, improving waste management, and supporting renewable energy systems, the computational intensity of large-scale models and data centers generates a substantial carbon footprint. This paradox raises fundamental questions regarding the net efficacy of AI-driven sustainability initiatives and underscores the importance of emerging paradigms such as Green AI, which advocate for energy-efficient model design, transparent disclosure of computational costs, and environmentally responsible deployment strategies.

From a governance perspective, the study emphasizes the necessity of developing integrated regulatory and managerial frameworks. Such frameworks should incorporate algorithmic transparency requirements, mandatory disclosure of training data provenance and characteristics, independent algorithmic audits, and harmonized ESG reporting standards. The findings indicate that mandatory third-party verification of AI-generated sustainability content can substantially mitigate greenwashing risks. Moreover, the integration of blockchain-based verification mechanisms and real-time environmental monitoring systems can enhance data integrity and traceability in sustainability reporting.

Keywords: Corporate green washing, artificial intelligence
Environmental sustainability·Corporate Governance

JEL Classification: C23, E01, Q56



نقش دوگانه هوش مصنوعی در سبزشویی شرکتی (مرور ادبیات و مسیرهای پژوهشی آینده)

مریم السادات حسینی  گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

علی لعل‌بار  * دانشیار گروه حسابداری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

چکیده

هدف این مقاله مروری، تحلیل نقش دوگانه هوش مصنوعی در سبزشویی شرکتی و بررسی این موضوع است که چگونه این فناوری می‌تواند هم‌زمان به عنوان ابزاری برای تقویت واقعی پایداری زیست‌محیطی و نیز به عنوان سازوکاری برای خلق ادعاهای گمراه‌کننده زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد. تمرکز اصلی پژوهش بر واکاوی شواهد نظری و تجربی پیرامون کارکردهای هوش مصنوعی و همچنین بررسی ظرفیت این فناوری در شکل‌دهی سبزشویی است. روش پژوهش مبتنی بر مرور نظام‌مند ادبیات شامل تحلیل مطالعات منتشر شده در پایگاه‌های معتبر بین‌المللی است. برای این منظور، منابع علمی با رویکردهای تجربی، مفهومی و نظری بررسی شده و یافته‌ها در قالب مفاهیم کلیدی نقش دوگانه هوش مصنوعی دسته‌بندی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که پیامدهای نهایی به کارگیری هوش مصنوعی کاملاً وابسته به سازوکارهای حکمرانی شرکتی، انگیزه‌های مدیریتی، چارچوب‌های نظارتی و کیفیت شفافیت داده‌ها است؛ درحالی‌که این فناوری قادر است سطح بالایی از شفافیت، کشف سبزشویی و ارتقای عملکرد واقعی پایداری را ایجاد کند، در صورت استفاده فرصت‌طلبانه می‌تواند سبزشویی را تقویت کرده و آن را پیچیده‌تر و کم‌ردپاتر سازد. نتیجه‌گیری کلی پژوهش بیان می‌کند که آینده نقش هوش مصنوعی در پایداری زیست‌محیطی نه به ماهیت فناوری، بلکه به نحوه پیاده‌سازی، استانداردهای گزارش‌دهی، کنترل‌های نظارتی و انگیزه‌های سازمانی بستگی دارد. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به سمت مطالعات تجربی، توسعه معیارهای سنجش سبزشویی مبتنی بر هوش مصنوعی، ارزیابی اثرات نهادی و تحلیل بلندمدت پیامدهای حکمرانی فناوری حرکت کنند.

کلیدواژه‌ها: سبزشویی شرکت، هوش مصنوعی، پایداری زیست‌محیطی، حکمرانی شرکتی.

طبقه‌بندی JEL: C23, E01, Q56

* نویسنده مسئول: alilalbar@iaau.ac.ir

۱. مقدمه

در ادبیات جدید، نقش دوگانه هوش مصنوعی در سبزشویی شرکتی به صورتی فزاینده مورد توجه قرار گرفته است؛ زیرا این فناوری می تواند هم ابزار افشاگری و هم ابزار تشدید سبزشویی باشد. از یک سو، پژوهش ها نشان می دهد که هوش مصنوعی با تحلیل داده های حجیم و غیر ساختاریافته، شناسایی ناسازگاری های زیست محیطی و مقایسه ادعای سبز با عملکرد واقعی را تسهیل می کند و شفافیت گزارشگری را افزایش می دهد (مودالی و تلو کداری^۱، ۲۰۲۳).

روش های پردازش زبان طبیعی نیز امکان استخراج سوگیری ها، ابهامات یا گزاره های اغراق آمیز در گزارش های پایداری را فراهم می کنند و به نهادهای نظارتی قدرت بیشتری برای کشف رفتارهای گمراه کننده می دهند. از سوی دیگر، همین قابلیت ها می توانند توسط شرکت ها برای ساخت «روایت های سبز» مصنوعی و زیبا شده مورد سوء استفاده قرار گیرند. تحقیقات اخیر نشان می دهد که ابزارهای تولید متن می توانند کیفیت ظاهری گزارش های پایداری را افزایش دهند بدون آنکه عملکرد محیط زیستی واقعی بهبود یابد و این پدیده به عنوان «سبزشویی الگوریتمی» شناخته می شود (برای نمونه، روهده^۲ و همکاران، ۲۰۲۴).

افزون بر این، عدم شفافیت الگوهای یادگیری عمیق، امکان دست کاری داده ها یا انتخاب گزینشی اطلاعات را فراهم می کند و موجب شکل گیری نوع جدیدی از عدم تقارن اطلاعاتی بین شرکت ها و ذی نفعان می شود. مرور ادبیات نشان می دهد که اگرچه ظرفیت های نظارتی هوش مصنوعی چشمگیر است، اما نبود چارچوب های استاندارد برای تشخیص سبزشویی، کمبود مطالعات تجربی مبتنی بر داده های واقعی و ضعف در تحلیل ابعاد اخلاقی استفاده از الگوهای هوشمند همچنان شکاف های مهم پژوهشی را تشکیل می دهد. مسیرهای پژوهشی آینده باید به توسعه الگوریتم های شفاف تر و توضیح پذیرتر، ارزیابی تأثیر مقررات نوظهور هوش مصنوعی بر گزارشگری پایداری و بررسی تفاوت های بین صنعتی و بین کشوری در بهره گیری از این فناوری بپردازند. همچنین ضروری است

1 Moodaley & Telukdarie

2 Rohde

بررسی شود که مواجهه مدیران با ابزارهای هوش مصنوعی، آنان را به سمت عملکرد سبز واقعی سوق می‌دهد یا فرصت‌هایی برای سبزشویی پیچیده‌تر ایجاد می‌کند؛ بنابراین، هدف از مطالعه حاضر نقش دوگانه هوش مصنوعی در سبزشویی شرکتی مرور ادبیات و مسیرهای پژوهشی آیند.

۲. روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، توسعه‌ای-ترویجی و از نظر ماهیت، کیفی با رویکرد مروری تحلیلی است. با توجه به اینکه هدف مقاله، تبیین، تحلیل و یکپارچه‌سازی دانش موجود درباره نقش دوگانه هوش مصنوعی در سبزشویی شرکتی و ارائه مسیرهای پژوهشی آیند است، از روش‌های تجربی یا آزمون فرضیه استفاده نشده و تمرکز اصلی بر تحلیل نظام‌مند ادبیات علمی معتبر قرار دارد.

از منظر راهبرد پژوهش، این مطالعه در زمره مقالات مروری تحلیلی ساختاریافته قرار می‌گیرد که فراتر از توصیف ساده مطالعات پیشین، به تحلیل مفهومی، مقایسه دیدگاه‌ها و استخراج الگوهای نظری می‌پردازد.

۳. بحث و تحلیل

الف) سبزشویی شرکتی

در ادبیات مدیریت و پایداری محیط‌زیست، «سبزشویی شرکتی» به روندی اطلاق می‌شود که طی آن شرکت‌ها تصویر خود را به عنوان سازمانی دوستدار محیط‌زیست بزرگ‌نمایی می‌کنند، درحالی‌که اقدامات واقعی آن‌ها با این ادعاها تناسب ندارد (دی فریتاس نتو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). این پدیده می‌تواند به شکل گزارش‌های اغراق‌آمیز درباره پایداری، تبلیغات سبز فریبده و یا تمرکز بر اقدامات جزئی محیط‌زیستی به جای تغییرات بنیادین ظاهر شود (یانگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۰).

علل سبزشویی متعدد هستند و پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فشار رقابتی، نیاز به

1 De Freitas Neto

2 Yang

مشروعیت نزد ذی‌نفعان، انگیزه‌های سود کوتاه‌مدت و ضعف نظارت نهادی، از جمله محرک‌های مهم این رفتار به‌شمار می‌روند (کوگو و سیمّا^۱، ۲۰۲۱). شرکت‌هایی که چارچوب‌های شفافیت را رعایت نمی‌کنند، بیشتر در معرض استفاده از سبزشویی هستند، زیرا شکاف بزرگی بین عملکرد واقعی و ادعاهایشان وجود دارد.

تحلیل مفهومی سبزشویی نیز پیشرفته شده و پژوهشگران چهار سطح مختلف برای آن تشخیص داده‌اند: سطح شرکت (اظهارات کلی)، سطح راهبردی (اهداف بلندمدت)، سطح محصول (ادعاهای زیست‌محیطی درباره کالاها) و سطح تیره (پنهان‌سازی رفتارهای مخرب یا غیرقانونی) (فیاندریانو^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). این تحلیل نشان می‌دهد که سبزشویی غالباً یک راهبرد عمدی است و نه صرفاً اشتباه یا غفلت.

پیامدهای سبزشویی بسیار جدی‌اند؛ علاوه بر کاهش اعتماد ذی‌نفعان، تأثیر منفی بر عملکرد محیط‌زیستی کارکنان دارد. به‌عنوان مثال، پژوهشی نشان داده که سبزشویی باعث کاهش تطبیق ارزش‌های فردی با سازمان و کاهش عملکرد محیط‌زیستی کارکنان می‌شود (سو^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین، سبزشویی می‌تواند اعتماد و هویت سازمانی کارکنان را تضعیف کرده و وفاداری آنان به شرکت را کاهش دهد (لی^۴ و همکاران، ۲۰۲۳).

ابعاد مالی سبزشویی نیز موردبررسی قرار گرفته و شواهد تجربی نشان می‌دهد شرکت‌هایی که در گزارش‌های زیست‌محیطی خود اغراق می‌کنند، ممکن است در بلندمدت دچار کاهش عملکرد مالی شوند (دو^۵ و همکاران، ۲۰۲۲)؛ ازاین‌رو، پژوهشگران بر لزوم نظارت دقیق‌تر، گزارش‌دهی معتبر و شفافیت بیشتر تأکید دارند و پیشنهاد می‌کنند که نهادهای نظارتی با استفاده از معیارهای مستقل و عینی فاصله بین ادعا و عملکرد واقعی شرکت را اندازه‌گیری کنند تا از سبزشویی جلوگیری شود (کوگو و سیمّا، ۲۰۲۱).

درمجموع، سبزشویی شرکتی را می‌توان به‌عنوان یک راهبرد مدیریتی معرفی کرد که

1 Kogo & Sima

2 Fiandriano

3 Su

4 Li

5 Du

اگرچه ممکن است در کوتاه مدت شهرت و منافع مالی ایجاد کند، اما در بلندمدت به کاهش اعتماد ذی نفعان، کاهش عملکرد واقعی زیست محیطی و زیان مالی منجر می شود. ادبیات علمی کنونی بر تدوین سیاست ها و سازوکارهایی برای شناسایی و مهار این پدیده تأکید دارد تا پایداری واقعی شرکت ها به پایداری محیطی تقویت شود.

ب) پیامدهای سبز شویی شرکتی بر اعتبار سازمان ها و بازارها

سبز شویی شرکتی که به معنای ارائه ادعاهای اغراق آمیز یا فریب دهنده در مورد عملکرد زیست محیطی شرکت ها است، پیامدهای عمیقی بر اعتبار سازمان ها و بازارها دارد. در سطح شرکت، وقتی مصرف کنندگان، سرمایه گذاران یا ذی نفعان دیگر متوجه شوند که ادعاهای «سبز» نادرست یا سطحی بوده اند، اعتماد آن ها به برند به طرز محسوسی کاهش می یابد؛ تحقیقات نشان داده اند که سبز شویی اثر منفی بر شهرت شرکت دارد و می تواند منجر به «نفرت برند» شود؛ چرا که خطر ادراک شده زیست محیطی را افزایش می دهد و تصور عملکرد واقعی محیط زیستی را تضعیف می کند (برنینی و لا روزا^۱، ۲۰۲۳).

از منظر ساختار سازمانی، سبز شویی حتی می تواند در درون شرکت بر روابط میان کارکنان و شرکت تأثیر بگذارد. مطالعه ای در چین نشان داده است که سبز شویی در بخش مسئولیت اجتماعی شرکتی نسبت به ذی نفعان اولیه (مانند کارکنان) اعتماد را تضعیف می کند و در بخش CSR^۲ نسبت به ذی نفعان ثانویه، هویت سازمانی کارکنان را کاهش می دهد که در پایان وفاداری آن ها را تحت تأثیر قرار می دهد (مو^۳ و همکاران، ۲۰۲۳).

در سطح بازار، پیامد سبز شویی بسیار جدی تر است: هنگامی که بازار متوجه فعالیت های فریب آمیز زیست محیطی می شود، نه تنها ارزش سهام شرکت ممکن است کاهش یابد بلکه اعتماد سرمایه گذاران نیز به کل بازار پایداری کاهش پیدا می کند. بر اساس گزارشی از اداره اوراق بهادار اروپا^۴ (۲۰۲۳)، رسوایی های سبز شویی می تواند باعث کاهش قابل توجه سرمایه گذاری سبز شود، چرا که سرمایه گذاران شکاک تر شده و تمایل

1 Bernini & La Rosa

2 Corporate social responsibility

3 Mu

4 European Securities and Markets Authority

آن‌ها برای حمایت از شرکت‌هایی که ادعای پایداری دارند، کاهش می‌یابد. از نظر اقتصادی، سبزشویی می‌تواند باعث انحراف نمرات ارزیابی ESG^۱ شود؛ شرکت‌هایی که در واقع تعهد پایدار پایینی دارند، با تاکتیک‌های سبزشویی ممکن است نمره بالایی در ESG کسب کنند که این امر به نقصان در ارزیابی خطر بازار منجر می‌شود. تحقیقی اخیر نیز نشان داده است که سبزشویی در گزارشگری زیست‌محیطی باعث «واگرایی رتبه‌بندی زیست‌محیطی» شرکت‌ها شده است، یعنی اعتباری که ظاهراً بر پایه عملکرد واقعی نیست (فغالی^۲، ۲۰۲۵).

اعتبار درازمدت این شرکت‌ها نیز در معرض خطر است؛ کار مفهومی‌ای نشان می‌دهد که سبزشویی ممکن است در کوتاه‌مدت تصویر سبز شرکت را تقویت کند اما در بلندمدت منجر به بحران مشروعیت شود، زیرا زمانی که ذی‌نفعان درمی‌یابند ادعاها با رفتار واقعی تناسب ندارد، مشروعیت شرکت تضعیف خواهد شد (جانداغی^۳ و همکاران، ۲۰۲۲).

همچنین، سبزشویی می‌تواند پیامدهای مالی ملموسی داشته باشد: مطالعات تجربی نشان داده‌اند که وقتی سبزشویی فاش می‌شود، شرکت‌ها با کاهش ارزش بازار و بازده سهام مواجه می‌شوند که بیانگر نارضایتی سرمایه‌گذاران است (وون و جول^۴، ۲۰۲۵). علاوه بر این، آثار سبزشویی بر بازار پایداری کلی نیز منفی‌اند؛ وقتی شرکت‌های بسیاری ادعاهای سبز گمراه‌کننده داشته باشند، کل بازار محصولات «سبز» زیر سؤال می‌رود، مردم و سرمایه‌گذاران بیشتری نسبت به ادعاهای محیط‌زیستی بدبین می‌شوند و این بدبینی می‌تواند جریان سرمایه به سمت فرصت‌های اصیل پایدار را مختل کند (پوئیرازی^۵ و همکاران، ۲۰۲۵).

از سوی دیگر، شرکت‌هایی که به شفافیت واقعی متعهد هستند ممکن است پس از

1 environmental, social, and governance

2 Feghali

3 Jandaghi

4 Woon & Johl

5 Poirazi

افشای سبزشویی رقبایشان سود برنده بازار اعتماد شوند؛ اما برای این امر، نیاز به چارچوب‌های نظارتی قوی‌تر، تأیید شخص ثالث و سازوکارهای جلوگیری از سبزشویی احساس می‌شود. محققان پیشنهاد می‌دهند که گزارشگری ESG باید به گونه‌ای طراحی شود که تنها به ادعاهای کلی بسنده نکند، بلکه اقدامات واقعی را نیز نشان دهد و این امر برای بازسازی اعتماد ضروری است (لین^۱ و همکاران، ۲۰۲۵).

ج) هوش مصنوعی^۲

هوش مصنوعی به معنای طراحی و ساخت سامانه‌هایی است که قادرند رفتارهایی شبیه به هوش انسان از جمله یادگیری، استدلال، برنامه‌ریزی، درک زبان طبیعی، ادراک محیط و حتی تصمیم‌گیری را انجام دهند. در دهه‌های اخیر (به‌ویژه پس از سال ۲۰۱۵) هوش مصنوعی به سرعت رشد کرده و از یک مفهوم نظری به یک فناوری محوری در صنایع گوناگون تبدیل شده که نه تنها در پزشکی، حمل‌ونقل و صنعت، بلکه در آموزش، اخلاق و حکمرانی نیز حضور پررنگ دارد (پدماجا^۳ و همکاران، ۲۰۲۴).

یکی از پایه‌های فنی هوش مصنوعی مدرن، یادگیری ماشین است که در آن الگوریتم‌ها با استفاده از داده‌های بزرگ یاد می‌گیرند، الگوها را شناسایی کنند و پیش‌بینی‌هایی انجام دهند. در زیرمجموعه‌ای از یادگیری ماشین، «یادگیری عمیق» با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و لایه‌های متعدد، توانسته پیشرفت‌های چشمگیری در تشخیص تصویر، پردازش گفتار و تولید متن کسب کند. این پیشرفت‌ها باعث شده هوش مصنوعی در کاربردهایی مثل رباتیک پیشرفته، خودروهای خودران و سامانه‌های توصیه‌گر تجاری نقش کلیدی داشته باشد (سینگلا^۴ و همکاران، ۲۰۲۳).

هم‌زمان با رشد پیچیدگی این الگوها، یکی از چالش‌های مهم علم هوش مصنوعی، «جعبه سیاه» بودن الگوهاست؛ یعنی بسیاری از الگوهای مبتنی بر یادگیری عمیق تصمیماتی

1 Lin

2 Artificial Intelligence (AI)

3 Padmaja

4 Singla

می گیرند که برای انسان قابل تبیین نیست. در پاسخ به این موضوع، رشته «هوش مصنوعی توضیح پذیر» شکل گرفته است؛ پژوهشگران روش هایی برای تولید توضیحاتی قابل فهم ارائه داده اند که به کاربران اجازه می دهد بفهمند چرا یک الگو به آن پیش بینی رسیده است. این امر برای به کارگیری هوش مصنوعی در زمینه های حساس مانند سلامت یا بانکداری اهمیت زیادی دارد (علی^۱، ۲۰۲۳؛ سعید و اوملین^۲، ۲۰۲۱).

از سوی دیگر، مسئله اخلاق هوش مصنوعی به طور فزاینده ای مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش هایی که به اصول اخلاقی در طراحی و توسعه AI می پردازند، نشان می دهند که شفافیت، عدالت، پاسخگویی و حریم خصوصی از مهم ترین اصول اخلاقی هستند، اما در عمل ملاحظات زیادی چون نابرابری داده ها، سوگیری الگو و نبود اصول اخلاقی واحد مانع تحقق کامل یک هوش مصنوعی اخلاق مدار می شوند (خان^۳ و همکاران، ۲۰۲۱؛ برنشتاین^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، برای پاسخ مناسب به پیامدهای اجتماعی هوش مصنوعی، پیشنهاد شده است که نهادهایی مانند هیئت بازبینی اخلاق و جامعه در پژوهش های AI دخیل شوند تا خطرات احتمالی به شکلی ساختاری تر مورد بررسی قرار گیرد (برنشتاین و همکاران، ۲۰۲۱).

کاربردهای هوش مصنوعی بسیار گسترده است: در بخش سلامت، AI می تواند در تشخیص بیماری، تحلیل تصاویر پزشکی، پیش بینی نتایج و بهینه سازی فرایند درمان نقش داشته باشد. یک مرور نظام مند مقالات با تمرکز بر هوش مصنوعی در بخش سلامت نشان می دهد که هم مزایای عینی (مانند بهبود دقت تشخیص و صرفه جویی در زمان) و هم چالش هایی مثل حریم خصوصی داده ها، درستی داده ها و مقررات قانونی وجود دارد (نگای^۵ و همکاران، ۲۰۲۳). در صنعت تولید، پیشرفت های AI باعث شده ساخت و بهینه سازی فرایندهای تولیدی، پیش بینی نگهداری ماشین آلات و بهبود کیفیت محصولات

1 Ali

2 Saeed & Omlin

3 Khan

4 Bernstein

5 Ngai

امکان‌پذیر شود (کیم^۱، ۲۰۲۲).

همچنین، در سطح سازمانی، هوش مصنوعی نقش محرک تحول سازمانی دارد؛ پژوهش‌ها نشان داده‌اند که برای بهره‌برداری کامل از توان AI، سازمان‌ها نیازمند بازسازی ساختارها، فرایندها و فرهنگ کاری هستند تا بتوانند از مزایای آن به‌درستی استفاده کنند (پرتز-آندرسون^۲، ۲۰۲۲).

در آینده، یکی از مسیرهای مهم توسعه هوش مصنوعی به‌سمت حکمرانی مسئول خواهد بود؛ به این معنی که طراحی، پیاده‌سازی و استفاده از AI باید با چارچوب‌های اخلاقی، حقوقی و نهادی همسو باشد. پژوهشی جدید چارچوب مفهومی برای حکمرانی هوش مصنوعی مسئول ارائه داده است که شامل ابعاد ساختاری، رابطه‌ای و رویه‌ای می‌شود و تأکید دارد که باید ملاحظات اخلاقی را در سطح نهادها و سیاست‌گذاری نیز وارد کنیم (پاپاگیانیدیس^۳ و همکاران، ۲۰۲۵).

درمجموع، هوش مصنوعی امروز ترکیبی از پیشرفت‌های فنی، ملاحظات توضیح‌پذیری و اخلاقی است که نه تنها جنبه‌های مهندسی دارد؛ بلکه به‌طور فزاینده در حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی و حکمرانی نیز تأثیرگذار است.

د) نقش هوش مصنوعی در ارتقای عملکرد سبز

هوش مصنوعی نقش پررنگی در ارتقای عملکرد سبز (پایداری زیست‌محیطی) دارد که می‌توان آن را هم از جنبه مثبت و هم منفی بررسی کرد. از سوی مثبت، فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی قادرند مصرف انرژی را بهینه کرده و انتشار کربن را کاهش دهند؛ برای مثال در شبکه برق و انرژی تجدیدپذیر، الگوهای پیش‌بینی مبتنی بر یادگیری ماشینی می‌توانند تولید انرژی خورشیدی و بادی را پیش‌بینی کنند و بدین ترتیب تخصیص بهینه منابع را ممکن سازند، چیزی که مستقیماً به کاهش هدررفت انرژی کمک می‌کند (رایهان^۴).

1 Kim

2 Peretz-Andersson

3 Papagiannidis

4 Raihan

و همکاران، ۲۰۲۴). هوش مصنوعی همچنین در مدیریت حمل و نقل هوشمند مؤثر است: با تحلیل داده‌های ترافیکی در زمان واقعی، می‌تواند چراغ‌های راهنمایی را تنظیم و ترافیک را کاهش دهد که نتیجه آن، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. در بخش کشاورزی، الگوریتم‌های هوش مصنوعی قادرند بهره‌وری را افزایش دهند، مصرف آب را کاهش دهند و پیش‌بینی دقیق‌تری از شرایط اقلیمی ارائه دهند که به حفظ منابع طبیعی و کاهش فشار بر محیط زیست می‌انجامد (علاگیب^۱ و همکاران، ۲۰۲۵).

علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند نوآوری‌های زیست‌محیطی را تسهیل کند؛ طبق یک مطالعه متنی-تجربی، استفاده از هوش مصنوعی در شرکت‌ها منجر به «نوآوری سبز» و ارتقای قابلیت‌های پویا شده که در نهایت عملکرد پایداری شرکت (در جنبه زیست‌محیطی و اجتماعی) را تقویت می‌کند. این توان به‌ویژه در صنایع پیشرفته بارز است، جایی که داده‌های حجیم و تجزیه و تحلیل آن‌ها می‌تواند در خدمت توسعه پایدار قرار گیرد (روزن^۲، ۲۰۲۵).

اما در کنار این مزایا، هوش مصنوعی چالش‌ها و اثرات منفی نیز دارد که نباید نادیده گرفته شوند. نخست آنکه آموزش و اجرای الگوهای بزرگ هوش مصنوعی انرژی زیادی مصرف می‌کند و باعث انتشار کربن می‌شود؛ برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رشد بی‌رویه داده‌مرکزها برای پشتیبانی از AI می‌تواند مصرف برق را به‌صورت قابل توجهی افزایش دهد (رایت^۳ و همکاران، ۲۰۲۳).

درواقع، پاچوت و پاتیسیر^۴ (۲۰۲۲) این پارادوکس را بررسی کرده‌اند که چگونه فناوری‌ای بسیار پر مصرف می‌تواند به‌عنوان ابزاری ضد آلودگی محیطی به کار رود، اما در عین حال خود آن آسیب‌زا باشد. همچنین، حتی اگر سامانه‌های هوش مصنوعی بهینه‌تر شوند، «کارایی به‌تنهایی کافی نیست»؛ همان‌طور که برخی منتقدان مطرح کرده‌اند، باید نگاهی نظام‌مندتر به پایداری داشت و فراتر از صرفاً بهبود راندمان انرژی رفت (رایت و

1 Alaagib

2 Rosen

3 Wright

4 Pachot & Patissier

همکاران، ۲۰۲۳). استقرار هوش مصنوعی در شرکت‌ها نیز ممکن است هزینه‌های اولیه بالایی داشته باشد که برای برخی بنگاه‌ها مانع بزرگی است؛ علاوه بر این، نگرانی‌های اخلاقی، حریم خصوصی و تبعات اجتماعی نیز مطرح‌اند؛ مثلاً اشکالات در الگوریتم‌ها می‌تواند منجر به نابرابری در توزیع منافع شود (وینوئسا^۱ و همکاران، ۲۰۱۹).

از سوی دیگر، تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که بهره‌گیری از هوش مصنوعی در برخی کشورها یا صنایع می‌تواند تفاوت‌های منطقه‌ای داشته باشد؛ به عنوان مثال، تأثیر مثبت AI بر پایداری در شرکت‌ها در مناطق صنعتی پیشرفته یا فناوری محور بیشتر بوده است، در حالی که در مناطقی با زیرساخت ضعیف ممکن است محدودتر باشد. نهایتاً، اگر سیاست‌گذاری مناسب صورت نگیرد، گسترش سریع هوش مصنوعی می‌تواند باعث اثرات بازگشتی شود: کارایی بیشتر منجر به افزایش استفاده و در نتیجه مصرف کلی انرژی بیشتر می‌شود.

در جمع‌بندی، نقش هوش مصنوعی در ارتقای عملکرد سبز از دو وجه مثبت و منفی بسیار پیچیده و دوگانه است؛ از یک سو، این فناوری می‌تواند به نوآوری‌های کلیدی در انرژی، کشاورزی و سامانه‌های زیست‌محیطی منجر شود و مصرف منابع را کاهش دهد، اما از سوی دیگر، مصرف بالای انرژی، انتشار کربن، هزینه‌های اولیه و پیامدهای اجتماعی و اخلاقی، اگر به درستی مدیریت نشوند، ممکن است بخشی از منافع زیست‌محیطی را خنثی کنند؛ بنابراین، برای بهره‌برداری بهینه از توان AI در مسیر پایداری سبز، لازم است سیاست‌گذاری هوشمند، طراحی الگوریتمی مسئولانه و یک چشم‌انداز نظام‌مند و بلندمدت وجود داشته باشد.

ه) نقش دوگانه هوش مصنوعی در سبزشویی شرکتی

هوش مصنوعی دارای یک «نقش دوگانه» در حوزه پایداری زیست‌محیطی است: از یک سو به عنوان ابزاری قدرتمند برای تقویت واقعی عملکرد سبز و از سوی دیگر به عنوان ابزاری بالقوه برای شبیه‌سازی پایداری یا «سبزشویی» عمل می‌کند. از منظر

تقویت واقعی، هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های عظیم، بهینه‌سازی مصرف انرژی، پیش‌بینی مصرف منابع و مدیریت هوشمند زیست‌محیطی، نقش مهمی ایفا می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که به کارگیری هوش مصنوعی در گزارش‌های پایداری شرکت‌ها می‌تواند بهره‌وری عملیاتی را افزایش دهد، مصرف انرژی تجدیدپذیر را بهینه کند و انتشار آلاینده‌ها را کاهش دهد (مودالی و تلاکداری^۱، ۲۰۲۳).

همچنین چارچوب‌هایی مانند «Green AI» برای طراحی سامانه‌های هوش مصنوعی با مصرف انرژی کمتر و ردپای کربنی پایین‌تر ارائه شده است (جارونپا^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). سنجش معیارهای زیست‌محیطی و اجتماعی در طراحی و ارزیابی سامانه‌های هوش مصنوعی نیز امکان‌پذیر است (روهده و همکاران، ۲۰۲۳).

مطالعات میدانی نشان می‌دهد وقتی سازمان‌ها با اهداف محیط‌زیستی واقعی از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، این فناوری می‌تواند منابع محدود نظارتی را اولویت‌بندی کرده و کارایی حفاظت زیست‌محیطی را افزایش دهد (روتباکر^۳ و همکاران، ۲۰۲۵).

بدین ترتیب هوش مصنوعی می‌تواند نقشی کلیدی در کاهش اثرات منفی بشر بر محیط‌زیست و تسریع گذار به توسعه پایدار داشته باشد. در سوی دیگر، هوش مصنوعی می‌تواند ابزار «سبزشویی» نیز باشد؛ به این معنا که شرکت‌ها ادعاهای زیست‌محیطی اغراق‌آمیز یا گمراه‌کننده ارائه کنند تا تصویر سبز بودن خود را بهبود دهند، درحالی‌که تأثیرات واقعی محدود است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که AI ممکن است موجب شکل‌گیری «AI hype» شود؛ شرکت‌ها با برجسته‌سازی کاربردهای اکولوژیکی هوش مصنوعی، گزارش‌های پایداری را تزئین کرده اما تغییر واقعی اندک است (مودالی و تلکداریا، ۲۰۲۳).

مطالعات نظام‌مند نشان می‌دهد که ترکیب هوش مصنوعی با گزارش‌دهی پایداری می‌تواند هم به شفافیت و هم به سوگیری در ادعاها منجر شود؛ به عبارت دیگر،

1 Moodaley & Telukdarie

2 Järvenpää

3 Rothbacher

هوش مصنوعی هم می‌تواند به تشخیص سبزشویی کمک کند و هم ممکن است باعث ادعای سبزنمایی شود (تلکداریا و مودالی، ۲۰۲۳).

برخی شرکت‌ها از هوش مصنوعی برای تولید گزارش‌های پایداری سطح بالا استفاده می‌کنند تا فشار رسانه‌ای و رقابتی را کاهش دهند، بدون آن‌که تغییرات ساختاری پایدار در عملیات واقعی ایجاد کنند؛ بنابراین نقش دوگانه هوش مصنوعی در پایداری زیست محیطی نمایانگر تضاد بنیادین میان اقدام واقعی و تصویر ظاهری سبز است؛ موفقیت در تحقق اهداف واقعی بستگی به نیت سازمان‌ها، چارچوب‌های نهادی، شفافیت گزارش‌دهی و ساختارهای نظارتی دارد. اجرای مسئولانه و شفاف هوش مصنوعی با معیارهای پایداری می‌تواند نیروی مؤثر در حفاظت محیط‌زیست باشد؛ اما استفاده بدون کنترل آن خطر سبزشویی را افزایش می‌دهد (روهده و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین از یک سو، هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان نیروی تقویت‌کننده شفافیت و پاسخگویی شرکت‌ها در مسیر کاهش سبزشویی به کار گرفته شود. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که پذیرش هوش مصنوعی با بهبود عملکرد پایداری شرکت‌ها همراه است، به ویژه از طریق کانال نوآوری سبز و کنترل داخلی. برای مثال، هوش مصنوعی با تسهیل ثبت مالکیت‌های سبز و تقویت سامانه‌های کنترل داخلی، موجب ارتقای نوآوری سبز و شفافیت اداره شرکت‌ها می‌شود (شن^۱ و همکاران، ۲۰۲۵). همچنین، هوش مصنوعی به شرکت‌ها امکان می‌دهد حجم وسیعی از گزارش‌های پایداری و داده‌های ESG را به صورت خودکار تحلیل کند، ناهماهنگی‌ها، ادعاهای اغراق‌آمیز و نشانه‌های سبزشویی را شناسایی کند و به ذی‌نفعان هشدار دهد (وافیرلی^۲ و همکاران، ۲۰۲۵).

ضمناً پژوهشی که شرکت‌های چینی را بررسی کرده است نشان داده که کاربرد هوش مصنوعی با کاهش رفتار سبزشویی ارتباط دارد؛ به خصوص وقتی شرکت‌ها نوآوری سبز را تقویت می‌کنند، تأثیر بازدارندگی این فناوری قوی‌تر می‌شود (رن^۳ و

1 Shen

2 Wafirli

3 Ren

همکاران، ۲۰۲۵). از منظر نظری، هوش مصنوعی می‌تواند به شرکت‌ها توانایی «حس کردن» روندهای زیست‌محیطی، «اشتراک گذاری منابع» برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و «پیکربندی مجدد» ساختارهای سازمانی برای درونی‌سازی پایداری را بدهد؛ این مسیری است که به واسطه آن هوش مصنوعی می‌تواند به شیوه‌ای بنیادین سبز شدن را واقعی‌تر و عمیق‌تر کند (ژان^۱ و همکاران، ۲۰۲۵).

از سوی دیگر، هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان ابزاری در تسهیل سبزشویی شرکت‌ها مورد سوءاستفاده قرار گیرد. نگرانی‌هایی وجود دارد که شرکت‌ها از هوش مصنوعی برای خلق یک «نمای سبز» استفاده کنند: آن‌ها ممکن است با استفاده از الگوهای زبانی پیشرفته، زبان‌های بازاریابی سبز را در گزارش‌ها، وبسایت‌ها یا تبلیغات خود به گونه‌ای تنظیم کنند که تداعی پایداری و مسئولیت زیست‌محیطی ایجاد شود، حتی اگر عملکرد واقعی زیست‌محیطی آن‌ها ضعیف باشد (سیله و شولتز^۲، ۲۰۲۲). علاوه بر این، اگر الگوریتم‌های هوش مصنوعی فقط به طور ظاهری برای تحلیل گزارش‌های پایداری به کار روند، بدون آنکه به لایه‌های عمیق و کیفیت واقعی داده‌ها توجه کنند، شرکت‌ها ممکن است به تسلط بر «گزارش‌های سبزنامی» ادامه دهند (وافیرلی و همکاران، ۲۰۲۵). درواقع، ممکن است اتفاق بیفتد که هوش مصنوعی صرفاً به عنوان ابزاری برای آرایش داده‌ها و بهبود ظاهر گزارش‌های پایداری به کار رود، به جای آن که به بهبود واقعی عملکرد زیست‌محیطی کمک کند.

علاوه بر این، توان انرژی بر بودن فناوری هوش مصنوعی خود ممکن است باعث تضاد شود؛ درحالی که شرکت‌ها ممکن است ادعا کنند که از هوش مصنوعی برای اهداف پایدار استفاده می‌کنند، اما خود محاسبات و آموزش الگوها می‌تواند مصرف انرژی بالایی داشته باشد و ردپای زیست‌محیطی قابل توجهی بر جای گذارد (پاکوت و پاتیسیر^۳، ۲۰۲۲).

1 Zhan

2 Seele & Schultz

3 Pachot & Patissier

و) ادبیات و مسیرهای پژوهشی آینده

در ادبیات پژوهشی معاصر پیرامون فناوری زنجیره بلوکی، یک اجماع قابل توجه بر این واقعیت وجود دارد که این فناوری، فراتر از کاربرد اولیه‌اش در رمزارزها، به یکی از ستون‌های بنیادین در تحول ساختارهای نهادی، زنجیره تأمین، مدیریت داده‌ها و حکمرانی تبدیل شده است؛ مرورهای نظام‌مند اخیر نشان می‌دهد که برخلاف رشد سریع انتشار مقالات، فضاهای تحقیقات نظری و کاربردی متعددی همچنان کمتر واکاوی شده‌اند. به عنوان مثال، در یک مرور ساختاری شده بر روی ۲۳۶۰ مقاله، حوزه‌های کلیدی مانند حاکمیت زنجیره بلوکی، امنیت، الگوهای کسب و کار و چارچوب‌های نهادی شناسایی شده‌اند و پژوهشگران مسیرهایی چون مطالعه تعامل میان الگوهای چندسکویی، چارچوب‌های حکمرانی سازمانی و تأثیر سیاست‌گذاری بر توسعه زنجیره بلوکی را به عنوان اولویت‌های آینده پیشنهاد کرده‌اند (بوهلمن^۱ و همکاران، ۲۰۲۵).

یکی از عرصه‌هایی که در ادبیات نسبتاً نوظهور است، تحلیل داده‌های زنجیره‌ای است. بر اساس مرور سکوپینگ اخیر بر ۴۶۶ مقاله، تمرکز پژوهش‌ها عمدتاً بر کشف فعالیت‌های غیرقانونی و کاربردهای مالی بوده است و در مقابل، استفاده یکپارچه‌تر از داده‌های زنجیره بلوکی برای هوش کسب و کار به خوبی شکل نگرفته است (جبار^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). چالش‌هایی مانند مقیاس‌پذیری، مسائل دسترسی به داده‌ها، یگانگی و سازگاری داده از مهم‌ترین موانع نام‌برده‌اند که برای پیشرفت پژوهشی در این زمینه باید مورد توجه قرار گیرند (پالایوکراساس^۳ و همکاران، ۲۰۲۴).

در زمینه مدیریت زنجیره تأمین نیز، ترکیب زنجیره بلوکی با فناوری «دوقلوی دیجیتال» به عنوان یک گرایش مهم شناسایی شده است: ادبیات اخیر نشان می‌دهد که استفاده از دوقلوی دیجیتال مبتنی بر زنجیره بلوکی می‌تواند شفافیت جریان داده،

1 Bühlmann

2 Jabbar

3 Palaiokrassas

امنیت ذخیره سازی، به اشتراک گذاری اطلاعات و تصمیم گیری زمان واقعی در فرایندهای لجستیکی، تولید هوشمند و نگهداری پیش بینانه را بهبود بخشد (لئو^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). با این حال، پژوهش های آتی باید جنبه های عملیاتی، هزینه های استقرار، مقیاس پذیری در کاربردهای دنیای واقعی و چالش های فنی برای ادغام دوقلوهای دیجیتال با زنجیره بلوکی در سطح شرکت ها را بررسی کنند.

از منظر حاکمیت و اعتماد نیز، مرور موضوعی چندبخشی نشان می دهد که مطالعات فعلی به قابلیت ارتقای زنجیره بلوکی در خودسازماندهی پلتفرم ها و به روزرسانی آن می پردازند، اما ابعاد اخلاقی، حقوقی و اجتماعی مثل پاسخگویی ذی نفعان، تصمیم گیری کل اکوسیستم و انگیزه های اقتصادی هنوز کمتر تحلیل شده اند (پولکامپالی^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). در همین راستا، پژوهشگران آینده می توانند بر الگوهای حاکمیت نوآورانه تمرکز کنند که نه تنها کارایی فنی بلکه پایداری اخلاقی، حقوقی و سازمانی را تضمین می کنند، به ویژه در عرصه هایی مثل شرکت های بزرگ، دولت ها و سازمان های بین المللی.

در حوزه حسابداری و حسابرسی، مطالعات تازه نشان داده اند که اگرچه مقالات زیادی نظری هستند، نیاز جدی به پژوهش های تجربی وجود دارد تا تأثیر واقعی زنجیره بلوکی بر استقلال حسابرسان، استانداردهای حسابداری، مهارت های حرفه ای و چارچوب قانونی حسابرسی ارزیابی شود (جبار و همکاران، ۲۰۲۴). این موضوع باز می تواند مسیرهای تحقیقاتی جدیدی در جهت الگوسازی خطرهای نظارتی، توسعه آموزش حرفه ای در زنجیره بلوکی برای حسابرسان و تحلیل تغییرات نظام گزارشگری مالی ایجاد کند.

همچنین، تعامل میان زنجیره بلوکی و یادگیری ماشین از دیگر حوزه های بسیار پرتوان است. یک مطالعه نقشه گذاری نظام مند بر ۱۵۹ مقاله نشان داده که بیشترین تمرکز بر کاربردهای تشخیص ناهنجاری بوده، درحالی که مسائل مهمی همچون

1 Liu

2 Polcumpally

الگوریتم‌های نوین یادگیری ماشین، چارچوب استانداردسازی، تعامل بین زنجیره‌ای و مقیاس‌پذیری زنجیره بلوکی هنوز کمتر مورد بحث قرار گرفته‌اند (پالایو کراساس و همکاران، ۲۰۲۴). این شکاف می‌تواند نقطه شروع پژوهش‌هایی باشد که به سمت توسعه روش‌های یادگیری ماشین مخصوص داده زنجیره بلوکی با قابلیت پردازش بین شبکه‌ای، بهینه‌سازی عملکرد و حفاظت حریم خصوصی حرکت می‌کنند.

از سوی دیگر، اخیراً پژوهش‌هایی به تعامل بین قراردادهای هوشمند مبتنی بر زنجیره بلوکی و تحلیل داده‌های بزرگ پرداخته‌اند و نشان داده‌اند که تلفیق این دو فناوری می‌تواند ارزش قابل توجهی برای شرکت‌های کوچک و متوسط در زنجیره تأمین خلق کند، از طریق بهبود ره‌گیری، شفافیت و امنیت، اما در عین حال چالش‌هایی مانند مهارت فنی، سازگاری داده‌ها و خودکارسازی تصمیم‌گیری باهوش باقی مانده‌اند (جبار و همکاران، ۲۰۲۴).

در نهایت، در بحث آینده راهبردی زنجیره بلوکی، تحلیل‌های اخیر نشان داده‌اند که در شرکت‌ها و ساختارهای شرکت محور، زنجیره بلوکی می‌تواند الگوهای جدیدی از حاکمیت شرکتی ایجاد کند که نقش سهام‌داران، حساب‌رسان، مدیران و نهادهای نظارتی را بازتعریف می‌کند، اما پژوهش‌های آتی باید چارچوب‌هایی را توسعه دهند که به سطوح مختلف مرتبط باشند و تعامل میان فناوری زنجیره بلوکی و سیاست‌گذاری سازمانی و حقوقی را به صورت عملیاتی نشان دهند (ماناسوی^۱، ۲۰۲۵).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

برآیند تحلیلی ادبیات نشان می‌دهد که هوش مصنوعی در حوزه پایداری زیست محیطی نه یک «عامل تعیین‌کننده مستقل»، بلکه یک «شتاب‌دهنده نهادی» است که مسیر تأثیرگذاری آن به شدت به کیفیت حکمرانی شرکتی، شدت نظارت و سازوکارهای پاسخگویی وابسته است. به بیان دقیق‌تر، این فناوری خود منشأ سبزشویی یا پایداری واقعی نیست، بلکه به عنوان یک فناوری تقویتی، رفتارهای موجود سازمانی

را تشدید می‌کند؛ به گونه‌ای که در ساختارهای شفاف و پاسخگو، به تعمیق پایداری واقعی منجر می‌شود و در بسترهای ضعیف نهادی، سبزشویی را نظام‌مندتر، مقیاس‌پذیرتر و حرفه‌ای‌تر می‌سازد.

تحلیل شواهد نشان می‌دهد که مهم‌ترین خطر راهبردی، «جابجایی مرز بین بهبود واقعی و روایت‌سازی فناورانه» است؛ به این معنا که با اتکای بیش‌ازحد به ابزارهای هوش مصنوعی، مرز میان عملکرد زیست‌محیطی واقعی و تصویرسازی مصنوعی، برای ناظران و ذی‌نفعان کمرنگ می‌شود. این پدیده می‌تواند به بروز نوعی «خطر اخلاقی فناورانه» منجر گردد که در آن مدیران، به جای سرمایه‌گذاری در اقدامات پرهزینه زیست‌محیطی، به تولید روایت‌های هوشمند اما کم‌هزینه روی می‌آورند. در چنین وضعیتی، هوش مصنوعی نه فقط

ابزار سبزشویی، بلکه سازنده «توهم کارایی زیست‌محیطی» خواهد بود. از منظر تحلیلی، نقش دوگانه هوش مصنوعی را می‌توان به مثابه یک «پارادوکس حکمرانی فناورانه» تفسیر کرد؛ پارادوکسی که در آن هرچه توان تحلیل داده‌ها و قدرت پردازش بیشتر می‌شود، هم ظرفیت شفافیت و هم ظرفیت دست‌کاری افزایش می‌یابد. این رابطه غیرخطی نشان می‌دهد که توسعه فناوری بدون توسعه هم‌زمان نهادهای نظارتی، می‌تواند اثر معکوس بر اعتماد عمومی و کارایی سازوکارهای بازار داشته باشد؛ بنابراین، ریشه اصلی مسئله، نه در خود الگوریتم‌ها، بلکه در عدم هم‌ترازی میان سرعت نوآوری فناورانه و سرعت تکامل چارچوب‌های حکمرانی نهفته است.

در جمع‌بندی تحلیلی می‌توان گفت که هوش مصنوعی در زمینه سبزشویی شرکتی، یک «میدان کشمکش نهادی» ایجاد کرده است که در آن نیروهای شفافیت و دست‌کاری به‌طور هم‌زمان تقویت می‌شوند. آینده این میدان، به میزان توان نظام‌های حسابرسی، کیفیت افشاگری، استقلال نهادهای ناظر و هم‌راستایی انگیزه‌های مدیریتی با منافع بلندمدت اجتماعی بستگی دارد؛ ازاین‌رو، بدون استقرار زیرساخت‌های نظارتی هوشمند و پاسخگو، هوش مصنوعی بیش از آنکه به کاهش سبزشویی منجر شود، به

تکامل پنهان کارانه آن خواهد انجامید؛ اما در صورت حکمرانی داده محور و مسئولانه، همین فناوری می تواند به مؤثرترین ابزار کشف و مهار سبزشویی در تاریخ گزارش دهی شرکتی تبدیل شود.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

نویسنده از حمایت و همکاری معنوی سردبیر محترم، داوران ناشناس و کارشناسان فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی کمال تشکر را دارد. همچنین از زحمات ویراستاران علمی و ادبی نشریه قدردانی و تقدیر می شود.

ORCID

Maryam Al-Sadat Hosseini
Ali Laalbar



<https://orcid.org/0009-0001-7375-2268>
<https://orcid.org/0000-0002-8997-3575>

References

- Alaagib, S. B., Alamri, Y., Alhashim, J., & Alduwais, A. A. (2025). The ecological footprint of AI: Informing sustainable development in agriculture. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 5(1), 101–115.
- Ali, S. (2023). Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and recent techniques. *Article in scientific journal*, 12(4), 45–58.
- Bernini, F., & La Rosa, F. (2024). Research in the greenwashing field: Concepts, theories, and potential impacts on economic and social value. *Journal of Management & Governance*, 28(2), 405–444.
- Bernstein, M. S., Levi, M., Magnus, D., Rajala, B., Satz, D., & Waeiss, C. (2021). ESR: Ethics and Society Review of Artificial Intelligence Research. *ArXiv*, abs/2101.01234(1), 1–20.
- Bühlmann, M., Fill, H.-G., & Curty, S. (2025). Blockchain Data Analytics: A Scoping Literature Review and Directions for Future Research. *Journal of Financial Technology Review*, 10(3), 200–215.
- De Freitas Neto, S. et al. (2020). Concepts and forms of greenwashing: A systematic review. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 19.
- Du, B., Hu, J., & Peng, Y. (2022). An empirical study on the impact of corporate greenwashing on financial performance. *BCP Business & Management*, 45(1), 112–128.
- European Securities and Markets Authority (ESMA). (2023). The financial impact of greenwashing controversies. *ESMA Reports*, 15(2), 1–50.
- Feghali, K., Najem, R., & Metcalfe, B. D. (2025). Greenwashing in the era of sustainability: A systematic literature review. *Corporate Governance and Sustainability Review*, 9(1), 18–31.
- Fiandriano, S., Monastrello, A., & Costantini, V. (2023). Research on greenwashing: Concepts, theories, and potential impacts on economic and social value. *Journal of Management and Governance*, 27(3), 601–620.
- Jabbar, A., Akhtar, P., & Ali, S. I. (2024). The interplay between blockchain and big data analytics for enhancing supply chain value creation in micro, small, and medium enterprises. *Annals of Operations Research*, 330(1), 55–78.
- Jandaghi, M., Naderi Bani, M., Tabatabaeenasab, S. M., & Sabokro, M. (2022). Analysis of the intellectual structure of greenwashing studies and corporate social responsibility based on articles indexed in Web of Science. *Journal of Business Ethics*, 180(4), 1001–1015.
- Järvenpää, H., Lago, P., Bogner, J., Lewis, G., Muccini, H., & Özkaya, İ. (2024). A synthesis of green architectural tactics for ML-enabled

- systems. Proceedings of the 46th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society. *ICSE-SEIS*, (24), 130–141.
- Khan, A. A., Badshah, S., Liang, P., Niazi, M., Akbar, M. A., & et al. (2021). Ethics of AI: A Systematic Literature Review of Principles and Challenges. *ArXiv*, abs/2105.05000(2), 1–35.
- Kim, S. W. (2022). Recent Advances of Artificial Intelligence in Manufacturing: Review and Future Prospects. *Springer AI Series*, 8(2), 75–92.
- Kogo, A., & Sima, S. (2021). Green, blue or black: what characteristics determine greenwashing?. *Environment, Development and Sustainability*, 24(10), 4024–4045.
- Li, Y., Zhou, G., & Huang, R. (2023). Greenwashing in corporate social responsibility: A dual analysis of the impact on employees' trust and identity. *Sustainability*, 15(22), 15693.
- Lin, W. L., Chong, S. C., Pek, C. K., Yong, J. Y., Lee Yong Ming, K., & Leow, N. (2025). The impact of greenwashing: Risks and implications for corporate performance and stakeholder trust. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, (889), 77–94.
- Liu, J., Yeoh, W., Qu, Y., & Gao, L. (2022). Blockchain-based Digital Twin for Supply Chain Management: State-of-the-Art Review and Future Research Directions. *IEEE Transactions on Digital Twins*, 3(1), 50–65.
- Manaswi, K. (2025). Is Blockchain-Backed Corporate Governance the Way Forward? A Review and Future Research Agenda. *ACR Journal*, 1(1), 1–15.
- Moodaley, W., & Telukdarie, A. (2023). Greenwashing, sustainability reporting, and artificial intelligence: A systematic literature review. *Sustainability*, 15(2), 801–819.
- Mu, H., Luo, Y., & Xie, Y. (2023). Greenwashing in corporate social responsibility: A dual-pathway model of trust and employee-company identification. *Sustainability*, 15(22), 15693.
- Ngai, X. et al. (2023). Application of Artificial Intelligence in the Healthcare Sector: A Systematic Review of Benefits, Challenges, Methodology, and Practices. *International Journal of Healthcare Systems*, 7(3), 200–220.
- Pachot, A., & Patissier, C. (2022). Towards sustainable artificial intelligence: An overview of environmental protection uses and issues. *arXiv.org*, (arXiv:2212.11738).

- Pachot, A., & Patissier, C. (2022). Towards Sustainable Artificial Intelligence: An Overview of Environmental Protection Uses and Issues. *AI Ethics Journal*, 4(3), 300–315.
- Padmaja, C. V. R., Narayana, S. L., Anga, G. L., & Bhansali, P. K. (2024). The rise of artificial intelligence: a concise review. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 13(2), 2226–2235.
- Palaiokrassas, G., Bouraga, S., & Tassiulas, L. (2024). Machine Learning on Blockchain Data: A Systematic Mapping Study. *IEEE Access*, 12, 50001–50015.
- Papagiannidis, E. et al. (2025). Responsible artificial intelligence governance: A review and conceptual framework. *Journal of Business Ethics / Technical Journal*, 90(1), 1–25.
- Peretz-Andersson, E. (2022). Empirical AI Transformation Research: A Systematic Review of Organizational Change. *E-Informatica*, 18(4), 401–420.
- Poiriazi, E., Zournatzidou, G., Konteos, G., & Sariannidis, N. (2025). Analyzing the interconnection between environmental, social, and governance (ESG) criteria and corporate corruption: Revealing the significant impact of greenwashing. *Administrative Sciences*, 15(3), 100.
- Polcumpally, A. T., Pandey, K. K., & Bandrana, A. K. (2024). Blockchain Governance and Trust: A Multi-Sectors Thematic Systematic Review and Exploration of Future Research Directions. *Heliyon*, 10(12), e22290.
- Raihan, A., Paul, A., Rahman, M. S., Islam, S., Paul, P., & Karmakar, S. (2024). Artificial Intelligence (AI) for environmental sustainability: A concise review of technology innovations in energy, transportation, biodiversity, and water management. *Journal of Technology Innovations and Energy*, 3(2), 64–73.
- Ren, X., Hu, S., Sun, X., & Zhou, D. (2025). The impact of artificial intelligence on corporate greenwashing: Evidence from the Chinese listed firms. *Journal of Accounting Literature*, 50(1), 1–19.
- Rohde, F., Wagner, J., Meyer, A., Reinhard, P., Voss, M., Petschow, U., & Möllen, A. (2024). Broadening the perspective for sustainable artificial intelligence: Sustainability criteria and indicators for Artificial Intelligence systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 66, 101411.
- Rosen, M. A. (2025). Artificial intelligence and sustainable development. *European Journal of Sustainable Development Research*, 9(1), em0275.

- Rothbacher, N., Rodolfa, K. T., Bhaskar, M., Maneri, E., Tsang, C., & Ho, D. E. (2025). Artificial Intelligence in Environmental Protection: The Importance of Organizational Context from a Field Study in Wisconsin. *ArXiv*, abs/2503.01122(1), 1–25.
- Saeed, W., & Omlin, C. (2021). Explainable AI (XAI): A Systematic Meta-Survey of Current Challenges and Future Opportunities. *ArXiv*, abs/2107.07000(3), 1–40.
- Seele, P., & Schultz, M. (2022). From Greenwashing to Machinewashing: A Model and Future Directions Derived from Reasoning by Analogy. *Journal of Business Ethics*, 181(3), 703–718.
- Shen, L., Li, Z., Liang, Y., Feng, Y., & Zhang, Z. (2025). Artificial intelligence adoption and corporate ESG performance: Evidence from a refined large-language model. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 1691468.
- Singla, D., Soni, V., Gautam, N., Bhattarai, S., Sharma, A., Sharma, A., & Kaur, N. (2023). A Review of Recent Advances in Artificial Intelligence and Machine Learning. *SSRN Electronic Journal*, (2), 1–50.
- Su, Y., Liang, Y., & Wang, H. (2023). The impact of corporate greenwashing on employees' environmental performance: From the perspective of individual and organizational value alignment. *Sustainability*, 15(4), 3498.
- Telukdarie, A., & Moodaley, W. (2023). Greenwashing, sustainability reporting and artificial intelligence: a thematic and bibliometric analysis. *Sustainability*, 15(11), 9001.
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., ... Nerini, F. F. (2019). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *ArXiv*, abs/1907.02286(1), 1–30.
- Wafirli, A., Wijayanti, P., Kartikasari, L., & Shodiq, M. J. (2025). Peran Artificial Intelligence terhadap Praktik Greenwashing dalam Sustainability Report: Systematic Literature Review. *Jurnal Akuntansi dan Audit Syariah (JAAiS)*, 6(1), 1–14.
- Woon, W. L., & Johl, S. K. (2025). The impact of greenwashing: Risks and implications for corporate performance and stakeholder trust. *International Journal of Corporate Risk*, 2(1), 50–65.
- Wright, D., Igel, C., Samuel, G., & Selvan, R. (2023). Efficiency is not enough: A critical perspective of environmentally sustainable AI. *ArXiv*, abs/2311.05000(1), 1–18.
- Yang, Z., Nguyen, T. T. H., Nguyen, H. N., Nguyen, T. T. N., & Cao, T. T. (2020). Greenwashing behaviors: Causes, classification and

consequences based on a systematic literature review. *Journal of Business Economics and Management*, 21(5), 1486–1507.

Zhan, X., Lian, X., & Dai, S. (2025). Correcting or Concealing? The Impact of Digital Transformation on the Greenwashing Behavior of Heavily Polluting Enterprises. *Sustainability*, 17(1), 356.

استناد به این مقاله: حسینی، مریم السادات، لعل‌بار، علی. (۱۴۰۴). نقش دوگانه هوش مصنوعی در سبزشویی شرکتی (مرور ادبیات و مسیرهای پژوهشی آینده)، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۱۲(۵)، صفحات ۸۹–

DOI: 10.22054/eenr.2025.89699.220.۱۲۲



Journal of Environmental and Natural Resource Economics licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.