Journal of Managerial Modelling in Sustainable Development Vol 2 (1). 149-165.

Journal of Managerial Modelling in Sustainable Development

Journal Homepage: http://MMSD.Semnan.ac.ir

ISSN: 3134-1403

Semnan University

Identification and Ranking of Green Productivity Criteria in the Tile Industry Using the Best-Worst Method (BWM)

Reza Soleymani-Damaneh *

Associate Professor of Industrial Management, Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

r.soleymani@vru.ac.ir

Faeze Hamidpour

M.Sc. Student in Industrial Management, Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

Hamidpour1@vru.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2026-07-28
Revised: 2026-10-04
Accepted: 2026-10-08

Keywords:
Green Productivity;
Tile Industry;
BWM;
MCDM;
Sustainable Development

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: In recent years, sustainable development and the management of the environmental impacts of industrial activities have become major concerns for policymakers and organizational managers. In this context, green productivity has emerged as a modern approach that integrates economic, environmental, and social objectives while seeking to improve productivity and efficiency and simultaneously reduce the environmental impacts of production activities. The ceramic tile industry, due to its high energy consumption, intensive use of natural resources, and generation of various pollutants, is considered one of the environmentally impactful industries. Therefore, identifying and evaluating the factors influencing green productivity in this industry can play a significant role in improving its sustainable performance. The present study aims to develop a decision-making model for evaluating green productivity and determining the relative importance of its influencing criteria in the ceramic tile industry.

Materials and Methods: This study is applied in terms of purpose and descriptive-survey in terms of methodology. In the first stage, a comprehensive review of the literature on green productivity was conducted to identify the relevant evaluation criteria. The extracted criteria were then reviewed by academic experts and industry specialists, and after refinement, nine final criteria were selected: access to financial resources, production efficiency, energy efficiency, economic development, environmental quality, reduction in natural resource consumption, green innovation, sustainable development, and environmental justice. Subsequently, the required data were collected through the Best–Worst Method (BWM) pairwise comparison questionnaire. After examining the consistency of expert judgments, the valid responses were analyzed using the mathematical model of BWM and LINGO software to determine the weights and priorities of the criteria.

Results: The findings revealed that environmental quality (weight = 0.260) is the most important criterion for evaluating green productivity in the ceramic tile industry. This was followed by reduction in natural resource

✉ Corresponding author.E-mail address r.soleymani@vru.ac.ir
https://orcid.org/0000-0001-6657-9172

consumption and green innovation, each with a weight of 0.156, ranking second. Energy efficiency and sustainable development, each with a weight of 0.104, were identified as moderately important criteria. Economic development, production efficiency, and access to financial resources ranked next, while environmental justice (weight = 0.026) received the lowest priority from the experts. Overall, the results indicate that experts place the greatest emphasis on environmental protection, efficient resource management, and the development of green technologies and innovations, whereas economic considerations are assigned lower priority.

Conclusion: The findings suggest that improving green productivity in the ceramic tile industry primarily depends on enhancing environmental quality, reducing natural resource consumption, and promoting green innovation. Accordingly, investing in clean technologies, optimizing energy and raw material consumption, developing environmentally friendly production processes, and supporting innovative activities can substantially improve green productivity. The decision-making model proposed in this study provides a practical framework for prioritizing managerial actions and formulating sustainable development policies in manufacturing industries. It can assist managers, planners, and policymakers in allocating resources more effectively and making informed strategic decisions.

Cite this article: Soleymani-Damaneh, R, & Hamidpour, F. (2026). Identification and Ranking of Green Productivity Criteria in the Tile Industry Using the Best-Worst Method (BWM). *Managerial Modelling in Sustainable Development, 2(1), 149-165*.

DOI: https://doi.org/ 10.22075/mmsd.2026.42142.1042

© 2025 authors retain the copyright and full publishing rights. Journal of Managerial Modelling in Sustainable Development 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).

مدل‌سازی مدیریتی در توسعه پایدار

Journal Homepage: http://MMSD.Semnan.ac.ir

ISSN: 3134-1403

شناسایی و رتبه‌بندی معیارهای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی با رویکرد بهترین-بدترین

رضا سلیمانی‌دامنه *

دانشیار مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

r.soleymani@vru.ac.ir

فائزه حمیدپور

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

hamidpour1@vru.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۶

واژه‌های کلیدی:

بهره‌وری سبز؛

توسعه پایدار؛

صنعت کاشی؛

تصمیم‌گیری چندمعیاره؛ روش بهترین-بدترین.

چکیده

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر، توجه به توسعه پایدار و مدیریت پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعتی به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران و مدیران سازمان‌ها تبدیل شده است. در این میان، بهره‌وری سبز به عنوان رویکردی نوین، تلفیقی از اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را دنبال می‌کند و تلاش دارد ضمن افزایش کارایی و بهره‌وری، آثار منفی فعالیت‌های تولیدی بر محیط زیست را کاهش دهد. صنعت کاشی و سرامیک به دلیل مصرف بالای انرژی، استفاده گسترده از منابع طبیعی و تولید انواع آلاینده‌ها، از جمله صنایع اثرگذار بر محیط زیست محسوب می‌شود. ازاین‌رو، شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر بهره‌وری سبز در این صنعت می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد پایدار آن ایفا کند. هدف پژوهش حاضر، طراحی یک مدل تصمیم‌گیری برای شناسایی معیارهای بهره‌وری سبز و تعیین اهمیت نسبی معیارهای مؤثر بر آن در صنعت کاشی است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش اجرا توصیفی-پیمایشی است. در مرحله نخست، با بررسی منابع علمی، مقالات و مطالعات مرتبط با بهره‌وری سبز، مجموعه‌ای از معیارهای مؤثر بر این مفهوم استخراج شد. سپس معیارهای شناسایی‌شده در اختیار خبرگان دانشگاهی و متخصصان صنعت قرار گرفت و پس از انجام اصلاحات لازم، نه معیار نهایی شامل دسترسی به منابع مالی، بازده تولید، کارایی انرژی، توسعه اقتصادی، کیفیت زیست‌محیطی، کاهش مصرف منابع طبیعی، نوآوری سبز، توسعه پایدار و عدالت زیست‌محیطی انتخاب شدند. در مرحله بعد، داده‌های موردنیاز از طریق پرسشنامه مقایسه‌های زوجی روش بهترین-بدترین (BWM) جمع‌آوری گردید. پس از بررسی سازگاری پاسخ‌ها، داده‌های معتبر با استفاده از مدل ریاضی روش بهترین-بدترین و نرم‌افزار لینگو تحلیل شدند و وزن و رتبه هر یک از معیارها تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج تحلیل نشان داد که معیار کیفیت زیست‌محیطی با وزن ۰/۲٦ مهم‌ترین عامل در ارزیابی بهره‌وری سبز صنعت کاشی است. پس از آن، معیارهای کاهش مصرف منابع طبیعی و نوآوری سبز هر دو با وزن ۰/۱۵٦ در رتبه دوم قرار گرفتند. همچنین معیارهای کارایی انرژی و توسعه پایدار با وزن ۰/۱۰٤ از اهمیت متوسطی برخوردار بودند. توسعه اقتصادی، بازده تولید و دسترسی به منابع مالی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در مقابل، عدالت زیست‌محیطی با وزن ۰/۰۲٦ کمترین اهمیت را از دیدگاه خبرگان کسب کرد. یافته‌ها بیانگر آن است که خبرگان بیشترین تأکید را بر حفاظت مستقیم از محیط زیست، مدیریت مصرف منابع و توسعه فناوری‌ها و نوآوری‌های سبز داشته‌اند و معیارهای اقتصادی در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می‌دهد که دستیابی به بهره‌وری سبز در صنعت کاشی بیش از هر چیز نیازمند تمرکز بر بهبود کیفیت محیط زیست، کاهش مصرف منابع طبیعی و توسعه نوآوری‌های سبز است. بنابراین، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، بهینه‌سازی مصرف انرژی و مواد اولیه، توسعه فرایندهای تولید سازگار با محیط زیست و حمایت از فعالیت‌های نوآورانه می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای بهره‌وری سبز ایفا کند. مدل ارائه‌شده در این پژوهش ابزاری مناسب برای اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی و تدوین سیاست‌های توسعه پایدار در صنایع تولیدی محسوب می‌شود و می‌تواند به مدیران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در تخصیص بهینه منابع و اتخاذ تصمیم‌های راهبردی کمک کند.

استناد: سلیمانی‌دامنه ، رضا و حمیدپور، فائزه. (۱٤۰۵). شناسایی و رتبه‌بندی معیارهای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی با رویکرد بهترین-بدترین. *مدل‌سازی مدیریتی در توسعه پایدار*، ۲(۱)، ۱٤۹-۱٦۵.

ناشر: دانشگاه سمنان

DOI: https://doi.org/10.22075/mmsd.2026.42142.1042

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، تشدید تغییرات اقلیمی، کاهش منابع طبیعی، افزایش مصرف انرژی و سخت‌گیرانه‌شدن الزامات زیست‌محیطی، ضرورت بازنگری در الگوهای سنتی تولید و توسعه صنعتی را بیش از پیش آشکار ساخته است. در چنین شرایطی توسعه پایدار به یکی از مهم‌ترین رویکردهای سیاست‌گذاران و بنگاه‌های اقتصادی تبدیل شده است، به گونه‌ای که ارتقای عملکرد اقتصادی دیگر صرفا بر افزایش تولید یا کاهش هزینه‌ها استوار نیست، بلکه کاهش مصرف منابع، کنترل آلاینده‌های زیست‌محیطی و ارتقای مسئولیت‌پذیری اجتماعی نیز به عنوان معیارهای اصلی موفقیت سازمان‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این چارچوب، بهره‌وری سبز به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای تحقق توسعه پایدار، تلفیقی از اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را دنبال می‌کند و تلاش دارد همزمان با افزایش بهره‌وری، آثار منفی فعالیت‌های تولیدی بر محیط زیست را کاهش دهد (ژائو و همکاران، ۲۰۲۵).

بهره‌وری سبز رویکردی فراتر از مفهوم سنتی بهره‌وری است و علاوه بر بهبود کارایی تولید، بر استفاده بهینه از منابع، کاهش ضایعات، توسعه فناوری‌های پاک، کاهش انتشار آلاینده‌ها و افزایش ارزش‌آفرینی پایدار تأکید دارد (کوی و همکاران، ۲۰۲۲). در همین راستا، مفهوم بهره‌وری کل عوامل سبز (GTFP[1]) نیز با در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر پیامدهای زیست‌محیطی توسعه یافته است تا ارزیابی جامع‌تری از عملکرد سازمان‌ها ارائه دهد. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که عواملی نظیر نوآوری سبز، تحول دیجیتال، توسعه فناوری‌های پاک، تجارت کربن و توسعه تجارت الکترونیک می‌توانند نقش مؤثری در ارتقای بهره‌وری سبز و تحقق رشد اقتصادی پایدار ایفا کنند. اهمیت بهره‌وری سبز تنها به ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی محدود نمی‌شود، بلکه ابعاد اجتماعی توسعه پایدار را نیز در بر می‌گیرد. این رویکرد از طریق بهبود سلامت نیروی کار، افزایش مسئولیت‌پذیری اجتماعی سازمان‌ها و ارتقای کیفیت زندگی نسل‌های حاضر و آینده، زمینه تحقق توسعه متوازن را فراهم می‌سازد (سیدهوم و همکاران، ۲۰۲۴). از این منظر، بهره‌وری سبز را می‌توان چارچوبی جامع دانست که میان رشد اقتصادی، حفاظت از محیط زیست و رفاه اجتماعی تعادل برقرار می‌کند.

صنعت کاشی و سرامیک یکی از صنایع مهم، انرژی‌بر و صادرات‌محور به شمار می‌رود که سهم قابل توجهی در اشتغال، ارزش افزوده صنعتی و صادرات غیرنفتی کشور دارد. با این حال، مصرف بالای انرژی، استفاده گسترده از مواد اولیه معدنی، تولید پسماند، انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و افزایش هزینه‌های تولید، این صنعت را با چالش‌های جدی در مسیر توسعه پایدار مواجه ساخته است. از سوی دیگر، افزایش قیمت حامل‌های انرژی، محدودیت منابع طبیعی و تشدید الزامات زیست‌محیطی، ضرورت حرکت به سوی تولید پاک و ارتقای بهره‌وری سبز را در این صنعت دوچندان کرده است. در چنین شرایطی، شناسایی عوامل مؤثر بر بهره‌وری سبز و تعیین میزان اهمیت هر یک از آن‌ها می‌تواند به مدیران و سیاست‌گذاران در تدوین راهبردهای بهبود عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی کمک کند.

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که پژوهش‌های متعددی به بررسی مفاهیمی همچون بهره‌وری سبز، بهره‌وری کل عوامل سبز، نوآوری سبز، تحول دیجیتال و توسعه پایدار پرداخته‌اند. با این حال، اغلب این مطالعات بر اندازه‌گیری بهره‌وری سبز یا بررسی اثر متغیرهای مختلف بر آن متمرکز بوده‌اند و کمتر پژوهشی به شناسایی و اولویت‌بندی نظام‌مند معیارهای مؤثر بر بهره‌وری سبز در سطح صنعت یا بنگاه پرداخته است. همچنین در صنعت کاشی و سرامیک ایران، چارچوب جامعی برای تعیین اهمیت نسبی معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مؤثر بر بهره‌وری سبز و پشتیبانی از تصمیم‌گیری مدیران وجود ندارد. این خلأ پژوهشی نشان می‌دهد که علاوه بر شناسایی معیارهای بهره‌وری سبز، تعیین اولویت آن‌ها نیز برای تخصیص بهینه منابع و تدوین سیاست‌های توسعه پایدار ضروری است. با توجه به ماهیت چندبعدی بهره‌وری سبز،

[1] Green Total Factor Productivity

ارزیابی آن مستلزم در نظر گرفتن همزمان معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی است؛ موضوعی که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. از میان این روش‌ها، روش بهترین بدترین (BWM[1]) به دلیل نیاز به تعداد کمتر مقایسات زوجی، سازگاری بالاتر قضاوت‌ها، کاهش بار شناختی خبرگان و دقت مناسب در محاسبه اوزان معیارها، یکی از کارآمدترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به شمار می‌رود (رضایی، ۲۰۱۶).

بر این اساس، هدف پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی و سرامیک ایران است. بدین منظور، ابتدا معیارهای بهره‌وری سبز بر اساس مرور نظام‌مند ادبیات و نظرات خبرگان استخراج شدند؛ سپس اهمیت نسبی آن‌ها با استفاده از روش بهترین بدترین تعیین گردید. انتظار می‌رود یافته‌های این پژوهش، ضمن غنای ادبیات بهره‌وری سبز، چارچوبی کاربردی برای مدیران، تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران صنعت کاشی و سرامیک در جهت ارتقای بهره‌وری، بهبود عملکرد زیست‌محیطی و تحقق اهداف توسعه پایدار فراهم آورد.

۲. پیشینه پژوهش

بهره‌وری سبز طی دو دهه اخیر به یکی از مهم‌ترین موضوعات پژوهشی در حوزه توسعه پایدار تبدیل شده است. این مفهوم با تأکید بر افزایش بهره‌وری اقتصادی همراه با کاهش مصرف منابع، کاهش انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط‌زیست، چارچوبی برای ایجاد تعادل میان رشد اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی فراهم می‌کند. در همین راستا، مطالعات اولیه عمدتاً بر توسعه مفاهیم و شاخص‌های اندازه‌گیری بهره‌وری سبز متمرکز بوده‌اند. گاندهی و همکاران (۲۰۰۶) بهره‌وری سبز را ابزاری برای ارزیابی هم‌زمان عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی معرفی کردند و نشان دادند که این رویکرد می‌تواند مدیران را در بهبود مستمر فرآیندهای تولید یاری دهد. همچنین دیندا (۲۰۰۴) با بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی بیان کرد که رشد اقتصادی بدون توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، پایداری بلندمدت را تضمین نمی‌کند. در ادامه، چن و گولی (۲۰۱۴) با معرفی مفهوم بهره‌وری کل عوامل سبز (GTFP) نشان دادند که لحاظ کردن خروجی‌های نامطلوب نظیر انتشار آلاینده‌ها، دقت سنجش بهره‌وری را نسبت به شاخص‌های سنتی افزایش می‌دهد.

با گسترش مطالعات، پژوهشگران به بررسی عوامل مؤثر بر ارتقای بهره‌وری سبز پرداختند. احمد (۲۰۱۷، ۲۰۱۸، ۲۰۲۰) نشان داد که توسعه فناوری، سرمایه انسانی، اقتصاد دانش‌بنیان و بهبود ساختار اقتصادی از مهم‌ترین محرک‌های افزایش بهره‌وری سبز و تحقق توسعه پایدار به شمار می‌روند. در همین راستا، کوی و همکاران (۲۰۲۲) با ارزیابی بهره‌وری سبز در کشورهای توسعه‌یافته نشان دادند که پیشرفت فناوری، توسعه تجارت بین‌الملل و گذار از انرژی‌های فسیلی به انرژی‌های پاک، بیشترین نقش را در افزایش بهره‌وری سبز ایفا می‌کنند. همچنین تائو و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست نشان دادند که پیشرفت فناوری سهم بیشتری نسبت به بهبود کارایی در رشد بهره‌وری سبز دارد و سرمایه‌گذاری در نوآوری‌های فناورانه می‌تواند دستیابی به توسعه پایدار را تسریع کند.

در سال‌های اخیر، توجه پژوهش‌ها بیش از گذشته به نقش نوآوری، فناوری‌های دیجیتال و تحول دیجیتال در ارتقای بهره‌وری سبز معطوف شده است. ژانگ و ویگن (۲۰۲۱) نشان دادند که کارایی نوآوری نسبت به شاخص‌های سنتی تحقیق و توسعه، معیار دقیق‌تری برای تبیین بهره‌وری سبز بوده و توسعه نظام‌های تأمین مالی سبز می‌تواند این رابطه را تقویت کند. لیو و همکاران (۲۰۲۲) نیز بیان کردند که ثبت اختراعات و نوآوری‌های فناورانه پیشرفته تأثیر مثبت و معناداری بر بهره‌وری سبز دارند و کیفیت نوآوری نقش تعیین‌کننده‌ای در تحقق توسعه پایدار ایفا می‌کند. افزون بر این، ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که استفاده از ربات‌های صنعتی، از طریق افزایش بهره‌وری انرژی، بهبود تخصیص منابع و توسعه فناوری‌های پاک، در مجموع موجب ارتقای بهره‌وری سبز می‌شود.

[1] Best Worst Method

هم‌زمان با توسعه اقتصاد دیجیتال، مطالعات متعددی به بررسی نقش فناوری‌های دیجیتال در بهبود بهره‌وری سبز پرداخته‌اند. لی و ایویانگ (۲۰۲۰) نشان دادند که توسعه اقتصاد دیجیتال تأثیر مثبت و معناداری بر رشد بهره‌وری کل عوامل سبز در صنعت تولید چین دارد و این اثر در مناطق کمتر توسعه‌یافته محسوس‌تر است. یو (۲۰۲۲) نیز بیان کرد که توسعه اینترنت از طریق ارتقای نوآوری فناورانه و بهبود ساختار صنعتی موجب افزایش بهره‌وری سبز صنایع می‌شود. لی، هه و یوان (۲۰۲۳) نیز دریافتند که توسعه دیجیتال علاوه بر اثر مستقیم بر بهره‌وری سبز، از طریق ارتقای سرمایه انسانی و بهبود ساختار صنعتی نیز این رابطه را تقویت می‌کند. همچنین ژانگ و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که دیجیتالی‌سازی بنگاه‌های تولیدی از طریق پیشرفت فناوری، بهینه‌سازی ساختار عوامل تولید و تقویت نوآوری، بهره‌وری سبز را به طور معناداری افزایش می‌دهد. در مطالعه‌ای دیگر، لین و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که تحول دیجیتال به‌طور مستقیم موجب ارتقای بهره‌وری کل عوامل سبز شده و روند دستیابی به توسعه پایدار را تسریع می‌کند. یو و همکاران (۲۰۲۵) نیز با بررسی زنجیره تأمین کشاورزی چین نشان دادند که دیجیتالی‌سازی از طریق بهبود مدیریت منابع، افزایش کارایی زنجیره تأمین، کاهش ضایعات و افزایش تاب‌آوری در برابر مخاطرات محیط‌زیستی، بهره‌وری سبز را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، وانگ و همکاران (۲۰۲۶) با بررسی ۲۵۲ شهر چین دریافتند که توسعه تجارت الکترونیک تأثیر مثبت و معناداری بر بهره‌وری سبز شهری دارد و نوآوری فناوری دیجیتال به عنوان متغیر میانجی، بخشی از این اثر را تبیین می‌کند.

علاوه بر فناوری، نقش سیاست‌های زیست‌محیطی نیز در ارتقای بهره‌وری سبز مورد توجه قرار گرفته است. ژانگ (۲۰۲۱) نشان داد که سیاست‌های اعتبار سبز از طریق تقویت تحقیق و توسعه زیست‌محیطی موجب افزایش بهره‌وری کل عوامل سبز می‌شوند. پنگ (۲۰۲۰) نیز بیان کرد که تشدید مقررات زیست‌محیطی، با تحریک نوآوری سبز و کاهش انتقال صنایع آلاینده، رشد بهره‌وری سبز را افزایش می‌دهد. همچنین هونگ‌بین و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که اجرای نظام تجارت انتشار کربن موجب ارتقای بهره‌وری سبز بنگاه‌ها شده و نوآوری سبز و بهبود تخصیص منابع مهم‌ترین سازوکارهای انتقال این اثر هستند. از سوی دیگر، سیدهوم و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که حمایت مدیریت، در کنار تولید سبز، نوآوری سبز و محصولات سبز، نقش مهمی در ارتقای بهره‌وری سبز و دستیابی به پایداری زیست‌محیطی ایفا می‌کند.

رادسر و همکاران (۱۴۰۴) با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر اندازه‌گیری اسلک و شاخص مالم‌کوئیست، تغییرات بهره‌وری و کارایی سبز صنایع ایران را در دوره ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ ارزیابی کردند. نتایج آنان نشان داد که عملکرد صنایع از نظر بهره‌وری و کارایی سبز متفاوت بوده و کاهش اسلک انرژی و پسماند و رفع عقب‌ماندگی فنی از جمله زمینه‌های مهم برای بهبود بهره‌وری سبز محسوب می‌شوند. این مطالعه نشان‌دهنده اهمیت بهره‌وری سبز در صنایع ایران است، با این‌حال، رویکرد آن بر اندازه‌گیری عملکرد و تغییرات بهره‌وری متمرکز است. در یکی از مطالعات داخلی اخیر، قسمت و همکاران (۱۴۰۴) شاخص‌های بهره‌وری سبز برای شرکت‌های دانش‌بنیان صنایع غذایی استان تهران را شناسایی و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) اولویت‌بندی کردند. نتایج نشان داد که مدیریت پسماند، مدیریت مصرف آب، مدیریت مصرف انرژی و مدیریت آلودگی هوا از مهم‌ترین شاخص‌های شناسایی‌شده بودند. با وجود ارزشمندی این یافته‌ها، مطالعه مذکور در بستر شرکت‌های دانش‌بنیان صنایع غذایی استان تهران انجام شده و از روش AHP برای اولویت‌بندی شاخص‌ها استفاده کرده است. بنابراین، تفاوت در ماهیت صنایع، شرایط عملیاتی و الزامات زیست‌محیطی می‌تواند موجب تفاوت در اهمیت نسبی معیارهای بهره‌وری سبز شود. ازاین‌رو، بررسی این معیارها در صنعت کاشی، که با موضوعاتی مانند مصرف انرژی و آب، تولید ضایعات و پیامدهای زیست‌محیطی فرایند تولید مواجه است، می‌تواند به تکمیل شواهد موجود در مطالعات داخلی کمک کند.

مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که بهره‌وری سبز مفهومی چندبعدی است که ابعاد اقتصادی، تولیدی و زیست‌محیطی را به‌طور هم‌زمان دربرمی‌گیرد و معیارهای متعددی برای بررسی آن در پژوهش‌های مختلف پیشنهاد شده است. با وجود این بخش قابل توجهی از مطالعات پیشین به بررسی بهره‌وری سبز، بهره‌وری کل عوامل سبز، نوآوری سبز، تحول دیجیتال و سیاست‌های زیست‌محیطی پرداخته‌اند، اما تمرکز عمده آن‌ها بر اندازه‌گیری بهره‌وری یا تحلیل اثر متغیرهای مختلف بر بهره‌وری سبز بوده است و کمتر به مسئله تعیین اهمیت نسبی معیارهای بهره‌وری سبز در بستر صنعت کاشی پرداخته‌اند. از سوی دیگر، اگرچه روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره در مطالعات مرتبط با پایداری و بهره‌وری مورد استفاده قرار گرفته‌اند، کاربرد روش بهترین بدترین برای اولویت‌بندی منسجم معیارهای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این خلا، ضرورت ارائه چارچوبی را ایجاد می‌کند که بتواند معیارهای مرتبط با بهره‌وری سبز را شناسایی و اهمیت نسبی آنها را بر اساس قضاوت خبرگان تعیین کند. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف شناسایی و وزن‌دهی معیارهای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی و تعیین اولویت نسبی آنها از دیدگاه خبرگان انجام شده است. نوآوری اصلی پژوهش در تمرکز بر بستر صنعت کاشی و استفاده از روش BWM برای تعیین اهمیت نسبی مجموعه‌ای از معیارهای اقتصادی، تولیدی و زیست‌محیطی مرتبط با بهره‌وری سبز است. نتایج پژوهش می‌تواند تصویری از اولویت‌های ادراک‌شده خبرگان فراهم کند و مبنایی برای توجه بیشتر پژوهش‌ها و تصمیم‌گیری‌های آتی در زمینه بهره‌وری سبز صنعت کاشی باشد.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش اجرا، توصیفی-پیمایشی است و با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است. هدف اصلی پژوهش، طراحی مدل تصمیم‌گیری برای شناسایی معیارهای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی و تعیین اهمیت نسبی معیارهای مؤثر بر آن است. فرآیند اجرای پژوهش در سه مرحله انجام شد. در مرحله نخست، با مطالعه نظام‌مند منابع علمی، مقالات معتبر داخلی و خارجی و گزارش‌های مرتبط با بهره‌وری سبز، معیارهای اولیه استخراج گردید. در مرحله دوم، فهرست معیارهای استخراج‌شده در اختیار خبرگان دانشگاهی و مدیران و کارشناسان صنعت کاشی قرار گرفت و پس از بررسی، اصلاح و حذف موارد تکراری، ۹ معیار نهایی تعیین شد. در مرحله سوم، اهمیت نسبی این معیارها با استفاده از روش بهترین-بدترین (BWM) محاسبه شد.

با توجه به ماهیت تخصصی پژوهش و با هدف اطمینان از اعتبار معیارهای شناسایی‌شده و وزن‌دهی آنها، خبرگان به‌صورت هدفمند و قضاوتی انتخاب شدند. معیارهای انتخاب خبرگان شامل داشتن سابقه فعالیت یا پژوهش مرتبط با بهره‌وری، مدیریت تولید، مدیریت محیط‌زیست، تولید سبز، مدیریت انرژی یا صنعت کاشی و سرامیک و برخورداری از تجربه حرفه‌ای یا علمی کافی در حوزه مرتبط با موضوع پژوهش بود. همچنین، به‌منظور بهره‌گیری هم‌زمان از دیدگاه‌های علمی و اجرایی، از خبرگان دانشگاهی و متخصصان شاغل در صنعت استفاده شد. در مجموع، ۱۰ پرسشنامه تکمیل گردید که دو پرسشنامه به دلیل بالابودن نرخ ناسازگاری حذف شد و در نهایت داده‌های ۸ خبره (۵ خبره صنعت و ۳ خبره دانشگاهی) در تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسشنامه روش بهترین-بدترین بود. این پرسشنامه پس از استخراج معیارها بر اساس ادبیات پژوهش طراحی شد و روایی محتوایی آن از طریق نظرخواهی از خبرگان دانشگاهی و متخصصان صنعت تأیید گردید. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، داده‌ها وارد نرم‌افزار LINGO شدند و مدل خطی روش بهترین-بدترین برای تعیین وزن بهینه معیارها حل شد. در این مرحله، نرخ سازگاری پاسخ‌های خبرگان نیز محاسبه شد و تنها پرسشنامه‌هایی که از سازگاری قابل قبول برخوردار بودند در تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. در نهایت، وزن نهایی و رتبه هر یک از معیارهای بهره‌وری سبز استخراج و مبنای تحلیل نتایج پژوهش قرار گرفت.

۱.۳. روش بهترین – بدترین

در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تعدادی گزینه باتوجه به تعدادی شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا بهترین گزینه انتخاب شود. براساس روش بهترین- بدترین (BWM) که توسط رضایی (۲۰۱۵، ۲۰۱۶) ارائه شده است، بهترین و بدترین شاخص توسط تصمیم گیرنده انتخاب شده و مقایسه زوجی بین هریک از این دو معیار (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد. سپس یک مسئله ماکسی‌مین (Max-Min) برای مشخص کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و خلق می‌گردد. روش بهترین – بدترین با تعداد مقایسات زوجی کمتر نسبت به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و با استفاده از یک مدل خطی وزن‌ها را محاسبه می‌کند. گام‌های روش بهترین-بدترین:

گام۱: مجموعه شاخصهای تصمیم‌گیری تعیین شود. در این گام، مجموعه شاخص‌ها به صورت $\{c_1, c_2, \ldots, c_n\}$ تعریف می‌شود که برای گرفتن یک تصمیم مورد نیاز است.

گام۲: بهترین (مهمترین، مطلوبترین) و بدترین (دارای کمترین اهمیت و کمترین مطلوبیت) شاخص را مشخص نمایید. در این مرحله تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را به طور کلی تعریف می‌کند و هیچ مقایسه‌ای در این مرحله صورت نمی‌گیرد.

گام۳: ارجحیت بهترین شاخص را نسبت به سایر شاخصها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بردار ارجحیت بهترین شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها به صورت $A_B = (a_{b1}, a_{b2}, \ldots, a_{bn})$ نمایش داده می‌شود. در بردار ذکر شده a_{Bj} نشان‌دهنده ارجحیت بهترین شاخص (B) نسبت به شاخص (j) است. واضح است که $a_{BB}=1$ است.

گام۴: ارجحیت همه شاخص‌ها را نسبت به بدترین شاخص با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بردار ارجحیت سایر شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص به صورت $A_W = (a_{1w}, a_{2w}, \ldots, a_{nw})^T$ نمایش داده می‌شود. در بردار ذکر شده، a_{jw} ارجحیت شاخص (j) نسبت به بدترین شاخص (w) می‌باشد، واضح است که $a_{ww}=1$ است.

گام۵: مقادیر بهینه وزن‌ها را بیابید $(w_1^*, w_2^*, \ldots, w_n^*)$. برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخصها، زوج‌های $\frac{w_B}{w_j} = a_{Bj}$ و $\frac{w_j}{w_w} = a_{jw}$ تشکیل شده، سپس برای برآورده کردن این شرایط در همه jها، باید راه حلی پیدا شود تا عبارات $\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|$ و $\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right|$ را برای همه j هایی که حداقل شده است، حداکثر نماید. با توجه به غیر منفی بودن وزن‌ها و مجموع اوزان می‌توان مدل را به صورت زیر فرموله کرد:

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| , \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \right\}$$

s.t

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0 \text{ , for all j}$$

می‌توان مدل فوق را به مدل زیر تبدیل کرد:

$$\min \xi$$

s.t.

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi, \text{ for all j}$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \xi, \text{ for all j}$$

$$\sum_j w_j = 1$$
$$w_j \geq 0 \text{ , for all j}$$

البته مدل خطی تابع فوق نیز به صورت زیر ارائه شده است:

$$\min \xi$$
s.t.
$$\left| w_B - a_{Bj}\, w_j \right| \leq \xi, \text{ for all j}$$
$$\left| w_j - a_{jw}\, w_w \right| \leq \xi, \text{ for all j}$$
$$\sum_j w_j = 1$$
$$w_j \geq 0 \text{ , for all j}$$

٤. یافته‌ها

در مرحله نخست پژوهش، به‌منظور شناسایی و استخراج معیارهای مؤثر بر بهره‌وری سبز، مرور نظام‌مند ادبیات انجام شد. برای این منظور، مطالعات مرتبط با بهره‌وری سبز و مفاهیم مرتبط با آن در پایگاه‌های علمی Scopus و Web of Science مورد جست‌وجو قرار گرفتند. راهبرد جست‌وجو با استفاده از ترکیبی از کلیدواژه‌های Green Productivity، Environmental Performance، Sustainable Production، Environmental Efficiency و ... و معادل‌های مرتبط آنها انجام شد. بازه زمانی جست‌وجو از ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۶ در نظر گرفته شد. معیارهای ورود مطالعات شامل ارتباط مستقیم با بهره‌وری سبز یا عوامل مؤثر بر آن، انتشار در مجلات علمی معتبر، برخورداری از متن کامل و ارائه شواهد یا شاخص‌های قابل استخراج مرتبط با موضوع پژوهش بود. همچنین مطالعات تکراری، مطالعات فاقد ارتباط مستقیم با موضوع، مقالاتی که اطلاعات کافی برای استخراج معیارها ارائه نمی‌کردند و منابع غیرعلمی از فرآیند بررسی حذف شدند. فرآیند انتخاب مطالعات در چند مرحله شامل شناسایی اولیه، حذف مطالعات تکراری، غربالگری عنوان و چکیده، بررسی متن کامل و انتخاب نهایی انجام شد. از مطالعات نهایی، معیارهای مرتبط استخراج و موارد مشابه یا هم‌پوشان ادغام شدند. جدول (۱) این معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. معیارهای بهره‌وری سبز

معیار	منبع
دسترسی به منابع مالی	وانگ و همکاران، (۲۰۲۲)، احمد (۲۰۲۰)، ژانگ و ویگن (۲۰۲۱)، لیو و همکاران (۲۰۲۲)
بازده تولید	تائو و همکاران (۲۰۱۶)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۳)، یو و همکاران (۲۰۲۵)، اموش و همکاران (۲۰۲۱)
کارایی انرژی	یو (۲۰۲۲)، کوی و همکاران، (۲۰۲۲)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۲)، یو و همکاران (۲۰۲۵)، سان و همکاران (۲۰۱۹)
توسعه اقتصادی	لی و ایویانگ (۲۰۲۰)، کوی و همکاران، (۲۰۲۲)، ژانگ و ویگن (۲۰۲۱)
کیفیت زیست محیطی	لی و ایویانگ (۲۰۲۰)، ژانگ (۲۰۲۱)، پنگ (۲۰۲۰)، هونگ‌بین و همکاران (۲۰۲۵)، اموش و همکاران (۲۰۲۱)
کاهش مصرف منابع طبیعی	یو (۲۰۲۲)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۲)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۳)، لی، هه و یوان (۲۰۲۳)
نواوری سبز	لی، هه و یوان (۲۰۲۳)، ژائو و همکاران (۲۰۲۵)، ژانگ (۲۰۲۱)، پنگ (۲۰۲۰)، هونگ‌بین و همکاران (۲۰۲۵)
توسعه پایدار	تائو و همکاران (۲۰۱۶)، لی و ایویانگ (۲۰۲۰)، پنگ (۲۰۲۰)، احمد (۲۰۲۰)، وانگ و همکاران (۲۰۲۶)
عدالت زیست محیطی	وانگ و همکاران، (۲۰۲۲)، احمد (۲۰۲۰)، لی، هه و یوان (۲۰۲۳)، هونگ‌بین و همکاران (۲۰۲۵)

برای اطمینان از روایی محتوایی شاخص‌های استخراج‌شده، از روش نسبت روایی محتوا (CVR) لاوشه[1] (۱۹۷۵) استفاده شد. در این مرحله، پرسشنامه‌ای شامل معیارهای شناسایی‌شده از ادبیات پژوهش (جدول ۱) تهیه شده و برای ۱۰ نفر از خبرگان ارسال شد. خبرگان میزان ضرورت هر معیار را در سه سطح ضروری، مفید ولی غیرضروری و غیرضروری ارزیابی کردند. نسبت روایی محتوا برای هر معیار با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$CVR = \frac{\left(Ne - N/2\right)}{N/2} \quad (۵)$$

N تعداد خبرگان و Ne تعداد خبرگانی است که معیار را ضروری تشخیص داده‌اند. مقادیر CVR به‌دست‌آمده برای هر معیار با حدنصاب لاوشه (برای ۱۰ خبره، ۰/۶۲) مقایسه شد. پس از تحلیل نتایج، تمامی معیارها دارای CVR بالاتر از ۰/۴۹ بودند و تایید شدند. در ادامه خبرگان بر اساس پرسشنامه روش بهترین — بدترین به مقایسه زوجی معیارها پرداختند. به‌منظور ارزیابی سازگاری قضاوت‌های خبرگان، پس از تکمیل پرسشنامه‌های BWM نرخ سازگاری (CR) برای هر یک از پاسخ‌دهندگان محاسبه شد. بر اساس معیار از پیش تعیین‌شده، پرسشنامه‌هایی که نرخ سازگاری آنها از آستانه پذیرش تعیین‌شده بیشتر بود، به‌عنوان پاسخ‌های ناسازگار شناسایی و از تحلیل نهایی کنار گذاشته شدند. از مجموع ۱۰ پرسشنامه تکمیل‌شده، ۸ پرسشنامه دارای سطح سازگاری قابل قبول بودند، در حالی که ۲ پرسشنامه به دلیل عبور نرخ سازگاری از آستانه پذیرش (۰/۲۵) حذف شدند. نرخ ناسازگاری این دو پرسشنامه ۰/۳۱ و ۰/۴۵ بود. حذف پرسشنامه‌های ناسازگار صرفا بر اساس معیار سازگاری از پیش تعیین‌شده انجام شد و وابسته به نتایج وزن‌دهی یا رتبه‌بندی معیارها نبود، بنابراین تلاش شد احتمال سوگیری ناشی از انتخاب پسینی پاسخ‌ها کاهش یابد. مدل BWM برای هر یک از خبرگان به صورت مستقل حل شد و سپس وزن‌های حاصل از خبرگان پذیرفته‌شده با استفاده از روش میانگین حسابی تجمیع شد. جدول ۲ نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها را با نرم‌افزار لینگو برای معیارها نشان می‌دهد.

جدول ۲. اوزان معیارها

معیار	وزن	رتبه
دسترسی به منابع مالی	۰.۰۵۲	۸
بازده تولید	۰.۰۶۳	۷
کارایی انرژی	۰.۱۰۴	۴
توسعه اقتصادی	۰.۰۷۸	۶
کیفیت زیست محیطی	۰.۲۶۰	۱
کاهش مصرف منابع طبیعی	۰.۱۵۶	۲
نواوری سبز	۰.۱۵۶	۲
توسعه پایدار	۰.۱۰۴	۴
عدالت زیست محیطی	۰.۰۲۶	۹

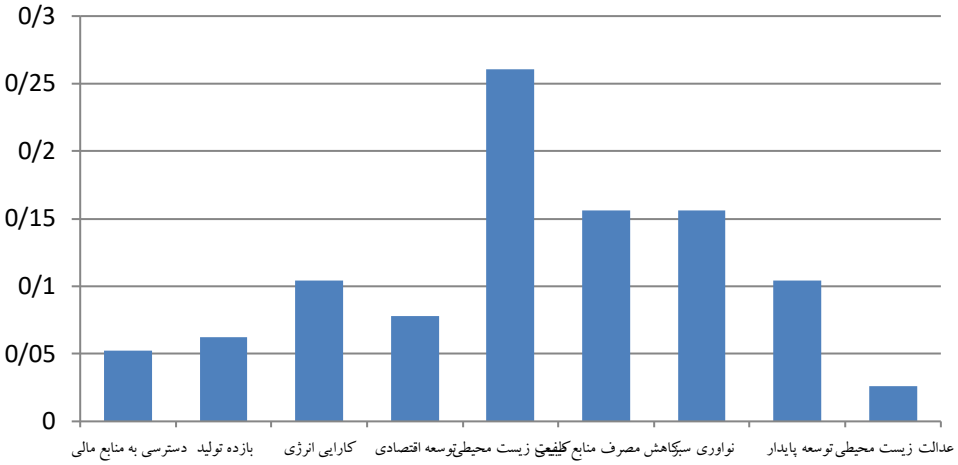
همان‌گونه که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، معیار کیفیت زیست‌محیطی با وزن ۰/۲۶ بیشترین اهمیت را در ارزیابی بهره‌وری سبز به خود اختصاص داده است. این یافته نشان می‌دهد که از دیدگاه خبرگان، بهبود کیفیت محیط زیست مهم‌ترین عامل تحقق بهره‌وری سبز در صنعت کاشی است. پس از آن، معیارهای کاهش مصرف منابع طبیعی و نوآوری سبز با وزن یکسان ۰/۱۵۶ در رتبه دوم قرار گرفته‌اند که بیانگر اهمیت مدیریت منابع و توسعه فناوری‌های سبز در افزایش بهره‌وری است. همچنین، معیارهای کارایی انرژی و توسعه پایدار هر یک با وزن ۰/۱۰۴ در رتبه چهارم قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهد

[1] Lawshe

که اگرچه بهینه‌سازی مصرف انرژی و توجه به توسعه پایدار از مؤلفه‌های مهم بهره‌وری سبز هستند، اما از دیدگاه خبرگان، تحقق این اهداف تا حد زیادی در گرو ارتقای کیفیت محیط زیست و استفاده بهینه از منابع طبیعی است. در مقابل، معیارهای توسعه اقتصادی، بازده تولید و دسترسی به منابع مالی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند و عدالت زیست‌محیطی با وزن ۰/۰۲۶ کمترین اهمیت را در میان معیارهای مورد بررسی کسب کرد. این موضوع نشان می‌دهد که خبرگان، در شرایط کنونی صنعت کاشی، اولویت بیشتری برای معیارهای محیط‌زیستی نسبت به ملاحظات اقتصادی و اجتماعی قائل هستند. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد که بیش از نیمی از وزن کل مدل به سه معیار کیفیت زیست‌محیطی، کاهش مصرف منابع طبیعی و نوآوری سبز اختصاص یافته است. این موضوع بیانگر آن است که دستیابی به بهره‌وری سبز در صنعت کاشی، بیش از هر چیز مستلزم سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، بهبود کیفیت محیط زیست و مدیریت بهینه منابع طبیعی است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش، طراحی مدل تصمیم‌گیری برای شناسایی و رتبه‌بندی معیارهای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی و تعیین اهمیت نسبی معیارهای موثر بر آن با استفاده از روش بهترین – بدترین بود. نمودار (۱) نتیجه رتبه‌بندی معیارها را نشان می‌دهد.



نمودار (۱). نتایج اولویت‌بندی معیارها

کیفیت زیست محیطی با کسب بیشترین وزن، مهم‌ترین و مسلط‌ترین فاکتور در کل مدل تصمیم‌گیری است. اختصاص بیش از یک چهارم از کل اهمیت به این معیار، نشان می‌دهد که هدف اصلی و دغدغه غالب، حفظ و ارتقای مستقیم سلامت اکوسیستم (مانند کیفیت هوا، آب و خاک) است. این وزن بالا به این معناست که هر سیاست یا پروژه‌ای، بیش از هر چیز دیگری، باید بر اساس تاثیر آن بر کیفیت محیط زیست سنجیده شود. در واقع، موفقیت در سایر معیارها (مانند توسعه اقتصادی یا حتی نوآوری) ارزشی نخواهد داشت اگر منجر به خدشه‌دار شدن این معیار اصلی شود. این یافته بیانگر آن است که از دیدگاه خبرگان، موفقیت صنعت کاشی در مسیر توسعه پایدار بیش از هر چیز به توانایی آن در کاهش آثار زیست‌محیطی فعالیت‌های تولیدی وابسته است. با توجه به مصرف بالای انرژی، استفاده گسترده از منابع طبیعی و تولید آلاینده‌ها در این صنعت، تمرکز بر ارتقای کیفیت محیط زیست می‌تواند زمینه‌ساز افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های ناشی از اتلاف منابع و بهبود جایگاه رقابتی بنگاه‌های تولیدی باشد.

کاهش مصرف منابع طبیعی در رتبه دوم قرار دارد و مکملی قوی برای معیار اول است. در حالی که کیفیت زیست محیطی بیشتر بر خروجی‌ها (مانند آلودگی) و وضعیت کلی محیط تمرکز دارد، این معیار مستقیما بر ورودی‌ها (مانند آب، مواد معدنی، انرژی‌های فسیلی) تأکید می‌کند. اولویت بالای این فاکتور نشان‌دهنده یک رویکرد جدی به سمت پایداری و کارایی منابع است. این مدل، راه‌حل‌هایی را ترجیح می‌دهد که ضایعات را به حداقل برسانند، بهره‌وری را افزایش دهند و فشار بر منابع محدود و تجدیدناپذیر طبیعی را کم کنند. نوآوری سبز که مشترکا در رتبه دوم قرار دارد نشان می‌دهد که راه رسیدن به دو هدف قبلی، از مسیر نوآوری سبز می‌گذرد. این تحلیل صرفاً بر حفاظت و محدود کردن تأکید ندارد، بلکه به طور فعال به دنبال راه‌حل است. اهمیت بالای نوآوری سبز نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) برای انرژی‌های پاک، فناوری‌های بازیافت پیشرفته، فرآیندهای تولید پاک و پایدار، به عنوان یک استراتژی کلیدی برای دستیابی به اهداف زیست‌محیطی و پایداری منابع در نظر گرفته می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که حرکت به سوی بهره‌وری سبز صرفاً از طریق کنترل آلودگی امکان‌پذیر نیست، بلکه نیازمند بهینه‌سازی مصرف منابع، استفاده از فناوری‌های پاک، توسعه محصولات سازگار با محیط زیست و بهبود مستمر فرایندهای تولید است. از این رو، سرمایه‌گذاری در نوآوری‌های زیست‌محیطی می‌تواند نقش مهمی در ارتقای عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی صنایع کاشی ایفا کند.

در نتیجه‌گیری نهایی، این ارزیابی یک جهت‌گیری استراتژیک بسیار روشن و قاطع را نشان می‌دهد. اولویت مطلق با پایداری زیست‌محیطی است. سه معیار برتر (کیفیت زیست محیطی، کاهش مصرف منابع، و نوآوری سبز) که مجموعاً بیش از نیمی از کل اهمیت (حدود ۵۵.۵ درصد) را در اختیار دارند، همگی مستقیماً به حفاظت از محیط زیست مرتبط هستند. این مدل به وضوح نشان می‌دهد که موفقیت، در درجه اول، نه با معیارهای سنتی اقتصادی (مانند بازده سرمایه یا توسعه اقتصادی) بلکه با میزان موفقیت در حفظ اکوسیستم سنجیده می‌شود. این تحلیل، راه رسیدن به این هدف را نیز از طریق نوآوری سبز می‌داند و در مقابل به جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی (مانند عدالت زیست‌محیطی) وزن بسیار کمتری اختصاص داده است. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دستیابی به بهره‌وری سبز در صنعت کاشی مستلزم اتخاذ رویکردی جامع است که در آن حفاظت از محیط زیست، مدیریت بهینه منابع طبیعی، توسعه فناوری‌های نوآورانه و بهبود مستمر فرایندهای تولید به صورت هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد. مدل تصمیم‌گیری ارائه‌شده می‌تواند به عنوان ابزاری کاربردی برای اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی و پشتیبانی از تصمیم‌گیری در مسیر تحقق توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که معیارهای کیفیت زیست‌محیطی، کاهش مصرف منابع طبیعی و نوآوری سبز بیشترین اهمیت را در ارزیابی بهره‌وری سبز صنعت کاشی دارند. این یافته با بخش قابل‌توجهی از ادبیات بهره‌وری سبز همسو است که نوآوری، بهبود فناوری و مدیریت بهینه منابع را مهم‌ترین محرک‌های ارتقای بهره‌وری سبز معرفی کرده‌اند. برای مثال، هونگ‌بین و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که سیاست‌های زیست‌محیطی از طریق تقویت نوآوری سبز و بهبود تخصیص منابع، بهره‌وری سبز بنگاه‌ها را افزایش می‌دهد. اگرچه پژوهش حاضر اثر سیاست‌های زیست‌محیطی را به‌طور مستقیم بررسی نکرد، اما قرار گرفتن معیارهای نوآوری سبز و کیفیت زیست‌محیطی در بالاترین اولویت‌ها بیانگر آن است که تحقق بهره‌وری سبز در صنعت کاشی نیز مستلزم توسعه فناوری‌های پاک، مدیریت کارآمد منابع و بهبود عملکرد زیست‌محیطی است.

یافته‌های این پژوهش همچنین با نتایج مطالعات لی و ایویانگ (۲۰۲۰)، یو (۲۰۲۲)، لی، هه و یوان (۲۰۲۳)، ژانگ و همکاران (۲۰۲۳)، یو و همکاران (۲۰۲۵) و وانگ و همکاران (۲۰۲۶) همخوانی دارد. این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تحول دیجیتال، اقتصاد دیجیتال، توسعه اینترنت، تجارت الکترونیک و فناوری‌های نوین از طریق تقویت نوآوری، بهینه‌سازی تخصیص منابع، افزایش بهره‌وری انرژی و ارتقای ساختار تولید، موجب افزایش بهره‌وری کل عوامل سبز می‌شوند. هرچند پژوهش حاضر نقش فناوری‌های دیجیتال را مستقیماً ارزیابی نکرده است، اما اولویت بالای معیارهای نوآوری سبز، بهره‌وری منابع و کیفیت زیست‌محیطی نشان می‌دهد که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و هوشمندسازی فرایندهای تولید می‌تواند یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای ارتقای بهره‌وری سبز در صنعت کاشی باشد.

از سوی دیگر، نتایج این پژوهش با مطالعات ژانگ و ویگن (۲۰۲۱)، لیو و همکاران (۲۰۲۲)، ژانگ (۲۰۲۱)، پنگ (۲۰۲۰)، تائو و همکاران (۲۰۱۶)، احمد (۲۰۲۰) و کوی و همکاران (۲۰۲۲) نیز سازگار است. این پژوهش‌ها به‌طور مشترک نشان می‌دهند که نوآوری فناورانه، تحقیق و توسعه زیست‌محیطی، پیشرفت فناوری، بهبود کارایی انرژی و استفاده بهینه از منابع، مهم‌ترین عوامل ارتقای بهره‌وری سبز هستند. نتایج پژوهش حاضر نیز همین دیدگاه را تأیید می‌کند؛ به‌گونه‌ای که معیارهای مرتبط با نوآوری سبز، مدیریت منابع، بهره‌وری انرژی و کیفیت زیست‌محیطی در میان مهم‌ترین معیارهای ارزیابی بهره‌وری سبز قرار گرفتند. این همگرایی نشان می‌دهد که صرف افزایش ظرفیت تولید نمی‌تواند به ارتقای بهره‌وری سبز منجر شود، بلکه بهبود فناوری، کاهش مصرف منابع و کاهش پیامدهای زیست‌محیطی باید به‌صورت هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد.

همچنین یافته‌های پژوهش حاضر با مبانی نظری ارائه‌شده توسط چن و گولی (۲۰۱۴) و گاندهی و همکاران (۲۰۰۶) همسو است. چن و گولی (۲۰۱۴) بر ضرورت لحاظ کردن خروجی‌های نامطلوب زیست‌محیطی در ارزیابی بهره‌وری تأکید کردند و گاندهی و همکاران (۲۰۰۶) نیز بهره‌وری سبز را حاصل تلفیق عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی دانستند. قرار گرفتن معیارهایی نظیر کیفیت زیست‌محیطی، کاهش مصرف منابع طبیعی و نوآوری سبز در بالاترین اولویت‌های این پژوهش، بیانگر آن است که ارزیابی بهره‌وری سبز در صنعت کاشی نیز باید فراتر از شاخص‌های صرفاً اقتصادی بوده و ابعاد زیست‌محیطی را به‌طور هم‌زمان در بر گیرد.

از منظر کاربردی، نتایج این پژوهش می‌تواند مدیران واحدهای تولیدی صنعت کاشی را در تدوین راهبردهای بهبود بهره‌وری سبز یاری کند. تمرکز بر کاهش مصرف انرژی و مواد اولیه، توسعه فناوری‌های پاک، استقرار نظام‌های مدیریت محیط زیست، نوسازی تجهیزات تولید، حمایت از نوآوری‌های فناورانه و سبز، استقرار و پایش استانداردهای زیست‌محیطی و سرمایه‌گذاری در تجهیزات کم‌مصرف از جمله اقداماتی است که بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌تواند بیشترین تأثیر را بر ارتقای بهره‌وری سبز داشته باشد. همچنین، نتایج پژوهش می‌تواند برای سیاست‌گذاران و نهادهای مسئول در طراحی مشوق‌های زیست‌محیطی، تدوین استانداردهای صنعتی و برنامه‌های حمایتی در راستای توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

این پژوهش نیز همانند سایر پژوهش‌ها با محدودیت‌هایی از جمله کم بودن تعداد خبرگان، تمرکز مطالعه بر صنعت کاشی و وابستگی نتایج به قضاوت خبرگان در تعیین اوزان معیارها همراه بود. یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، محدود بودن تعداد خبرگان مشارکت‌کننده در فرآیند وزن‌دهی معیارهاست. ازاین‌رو، نتایج حاصل از قضاوت ۸ خبره را نمی‌توان به‌صورت مستقیم و قطعی به کل صنعت کاشی ایران تعمیم داد. وزن‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش بیانگر

اهمیت نسبی ادراک‌شده معیارها از دیدگاه خبرگان منتخب است و لزوماً بیانگر دیدگاه تمامی فعالان صنعت کاشی کشور نیست. بنابراین، در تفسیر و استفاده از نتایج باید ویژگی‌های نمونه خبرگان و زمینه مطالعه مورد توجه قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با استفاده از تعداد بیشتری از خبرگان، با تنوع بیشتر از نظر موقعیت جغرافیایی، نوع و اندازه واحدهای تولیدی و سابقه تخصصی، نتایج این پژوهش را مورد آزمون و اعتبارسنجی قرار دهند. همچنین ترکیب دیدگاه خبرگان با داده‌های واقعی عملکرد کارخانه‌های کاشی می‌تواند به افزایش اعتبار تجربی و قابلیت تعمیم چارچوب پیشنهادی کمک کند. همچنین، به‌کارگیری سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند ANP، دیمتل، مدلسازی ساختاری تفسیری و نیز بررسی روابط علّی میان معیارهای بهره‌وری سبز می‌تواند به توسعه ادبیات این حوزه کمک کند. با توجه به اینکه پژوهش حاضر بر شناسایی و تعیین اهمیت نسبی معیارهای مؤثر بر بهره‌وری سبز در صنعت کاشی با استفاده از روش بهترین بدترین تمرکز دارد، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی چارچوب ارائه‌شده با استفاده از داده‌های واقعی کارخانه‌های صنعت کاشی اعتبارسنجی شود. در این راستا، می‌توان با جمع‌آوری داده‌های واقعی مربوط به معیارهای شناسایی‌شده، وضعیت بهره‌وری سبز کارخانه‌ها را ارزیابی و نتایج حاصل را با سایر روش‌های تصمیم‌گیری و ارزیابی عملکرد مقایسه کرد. همچنین استفاده از روش‌های مکمل مانند تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) می‌تواند امکان سنجش عملکرد و بهره‌وری سبز واحدهای تولیدی و بررسی میزان کاربردپذیری و قدرت تبیین معیارهای پیشنهادی پژوهش حاضر را فراهم سازد. چنین مطالعاتی می‌تواند ضمن بررسی قابلیت تعمیم مدل، اعتبار تجربی نتایج پژوهش حاضر را در شرایط واقعی صنعت افزایش دهد.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Reza Soleymani-Damaneh https://orcid.org/0000-0001-6657-9172

Faeze Hamidpour https://orcid.org/0009-0001-7205-4732

مراجع

رادسر، مرضیه، عزیزی، خسرو، فتح‌آبادی، مهدی و غلام‌ابری، امیر. (۱۴۰۴). اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری و کارایی سبز صنایع ایران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر اندازه‌گیری اسلک و شاخص مالکوم‌کوئیست. *پژوهش‌های اقتصاد صنعتی*، ۹، ۳۳. https://doi.org/10.30473/jier.2026.76602.1527.

قسمت، علی، رنگریز، حسن، خالقی‌فرقانی آرمین و شواخی، فروغ. (۱۴۰۴). شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های بهره‌وری سبز در شرکت‌های دانش‌بنیان صنایع غذایی. *مجله مطالعات مدیریت توسعه سبز*، ۴، ۴، ۱-۱۶. https://doi.org/10.22077/igdms.2024.7755.1152.

References

Zhao, X., Xu, S., Jiang, T., Liu, B. (2025). Digital economy's impact on green innovation efficiency: bottom-up or top-down?. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27, 367-388. https://doi.org/10.1007/s10098-024-02753-x.

Li, P., Ouyang, Y. (2020). Technical Change and Green Productivity. *Environmental Resource Economics*, 76, 271-298. https://doi.org/10.1007/s10640-020-00424-1.

Yu, B. (2022). The Impact of the Internet on Industrial Green Productivity: Evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 177. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121527.
Tao, F., Zhang, H., Hu, J. & Xia, X. H. (2016). Dynamics of green productivity growth for major Chinese urban agglomerations. *Applied Energy*, 196, 170-179. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.108.
Zhang, D. (2021). Green Credit Regulation, induced R&D and green productivity: Revisiting the porter Hypothesis. *International Review of Financial Analysis*, 75. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101723.
Peng, X. (2020). Strategic interaction of environmental regulation and green productivity growth in China: Green innovation or pollution refuge?. *Science of the Total Environment*, 732. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139200.
Luo, Y. Lu, Z., Salman, M. & Song, S. (2022). Impacts of heterogenous technological innovations on green productivity: An empirical study from 261 cities in China. *Journal of Cleaner Production*, 234. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130241.
Cui, L., Mu, Y., Shen, Z. & Wang, W. (2022). Energy transition, trade and green productivity in advanced economies. *Journal of Cleaner Production*, 361. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132288.
Zhang, Q., Zhang, F. & Mai, Q. (2022). Robot adoption and green productivity: Curse or Boon. *Sustainable Production and Consumption*, 234, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.025.
Ahmed, E. M. (2020). Modelling green productivity spillover effects on sustainability. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, Vol. 17 No. 3 pp. 257–267. https://doi.org/10.1108/WJSTSD-01-2020-0009.
Zhang, D. & Vigne, S. A. (2021). How does innovation efficiency contribute to green productivity? A financial constraint perspective. Journal of Cleaner Production, 280, Part 1. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124000.
Zhang, W., Xu, N., Li, C., Cui, X., Zhang, H. & Chen, W. (2023). Impact of digital input on enterprise green productivity: Micro evidence from the Chinese manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 414. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137272.
Lee, C. C., He, Z. W. & Yuan, Z. (2023). A pathway to sustainable development: Digitization and green productivity. *Energy Economics*, 124. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106772.
Hongbin, Y., Hongmei, Y., Cifuentes-Faura, J. and Rauf, A. (2025). The Role of Carbon Trading in Enhancing Enterprise Green Productivity and ESG Performance: A Quasi-Natural Evidence from China. *Business Strategy and the Environment*, 34, 1691-1707. https://doi.org/10.1002/bse.4076.
Yu, H., Qubi, W. & Luo, J. (2025). Digital Transformation in Agricultural Supply Chains Enhances Green Productivity: Evidence from Provincial Data in China. *Earth's Future*, 13. https://doi.org/10.1029/2025EF006089.
Wang, S., Liu, J., Xiao, B. & Zheng, Y. (2026). From digital circulation to green growth: the mediating role of digital technology innovation in e-commerce's impact on urban green productivity. *Electronic Commerce Research*, 19, 2. https://doi.org/10.1007/s10660-026-10096-6.
Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009.
Rezaei, J. (2016). Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method: some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126-130. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001.
Sidhoum, A. A., Philipp, M. & Fabian, F. (2024). Assessing the impact of agri-environmental payments on green productivity in Germany. *Ecological Economics*, 219(C). https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108150.
Chen, SH. & Golley, J. (2014). Green' productivity growth in China's industrial economy. *Energy Economics*, 44(C), 89-98. https://doi.org/ 10.1016/j.eneco.2014.04.002.
Sun, H., Li, M. & Xue, Y. (2019). Examining the Factors Influencing Transport Sector CO2 Emissions and Their Efficiency in Central China. *Sustainability*, 11(17): 4712. https://doi.org/10.3390/su11174712.
Ahmed, E. M. (2017). ICT and Human Capital Spillover Effects in Achieving Sustainable East Asian Knowledge-Based Economies. *Journal of Knowledge Economy*, 8, 1086–1112. https://doi.org/10.1007/s13132-016-0430-4.
Ahmed, E. M. (2018). Are bio-economy dimensions new stream of the knowledge economy?. *World Journal of Science Technology and Sustainable Development*, 15, 2, 142-155. https://doi.org/10.1108/WJSTSD-06-2017-0014.
Gandhi, M. D. N., Selladurai, V. & Santhi, P. (2006). Green productivity indexing: A practical step towards integrating environmental protection into corporate performance. *International Journal*

of Productivity and Performance Management, 55, 7, 594–606. https://doi.org/10.1108/17410400610702179.

Lin, Z., Yang, P., Zhu, Z., & Xia, M. (2025). Evaluating the impact of digital technology development on green total factor productivity: empirical evidence from Chinese cities. Information Technology for development, 16, 1–23. https://doi.org/10.1080/02681102.2025.2521273.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49, 4, 431-455. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011.

Omoush, M. (2021). The impact of green productivity strategy on environmental sustainability through measurement of the management support: A field study in industry sector in Jordan. *Management Science Letters*, 11(3), 737-746. https://doi.org/10.5267/j.msl.2020.10.033.