

ORIGINAL ARTICLE

Environmental Sustainability in University Campuses: Extending Forward-Looking Strategies through Interpretive-Structural Modeling

*Iman Saeedi¹, Hanieh Shokri²

1. Assistant Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

2. Undergraduate Student, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

Correspondence:

Iman Saeedi

Email: Isaeedi@malayeru.ac.ir

Received: 28.Jan.2025

Received in revised form: 13.Jun.2025

Accepted: 27.Jun.2025

How to cite:

Saeedi, I., & Shokri, H., (2025). Environmental Sustainability in University Campuses: Extending Forward-Looking Strategies through Interpretive-Structural Modeling. *Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 14(1), 9-24.

(DOI: [10.30473/EE.2025.71522.2745](https://doi.org/10.30473/EE.2025.71522.2745))

ABSTRACT

The main objective of this research is to identify environmental sustainability indicators and then provide a model of the relationships between these indicators in academic environments. Initially, a comprehensive review of the scientific literature related to environmental sustainability in universities was conducted. Then, using the fuzzy Delphi method, the opinions of experts in the fields of natural resources and the environment were gathered to identify the criteria effective for establishing sustainability. A questionnaire was designed in which experts evaluated the impact of each indicator on environmental sustainability. After data analysis, Interpretive-Structural Modeling (ISM) was employed to determine the relationships between the indicators. The results indicated that a total of 13 indicators serve as a basis for creating environmental sustainability within the study area. The indicators of student and staff participation, support for research projects, and environmental policy-making are positioned at the first level of the ISM. The second level of the model includes the indicators of using native plants, utilizing sustainable materials, reducing building energy consumption, and decreasing waste production. Based on the findings of this research, the third and fourth levels relate to addressing potential risks regarding both energy issues and natural disasters. At these levels, components for water conservation and preparedness for natural disasters are introduced, while energy conservation is presented at the third level. At the fifth level, the components of waste reuse and renewable energy sources are included, and the final level of the model consists of control and monitoring mechanisms.

KEYWORDS

Green University, Environmental Education, Delphi Method, Environmental Policy-Making, Sustainable Development, University Campus.



Introduction

Universities play a crucial role in advancing sustainability by integrating environmental awareness, policy development, and research into their operations (Gholami et al., 2020). As centers of learning and innovation, they foster essential knowledge and practices that shape sustainable communities and influence global environmental strategies (Johnson & Castleden, 2011). The concept of a “green university” has gained momentum, emphasizing the adoption of resource-efficient strategies, ecological campus designs, and policies that promote long-term sustainability (Sugiarto et al., 2022). Sustainable university campuses function as living laboratories, demonstrating best practices in energy conservation, waste management, and biodiversity enhancement, thereby inspiring students and faculty to actively engage in environmental stewardship (Lau et al., 2014).

Academic institutions are increasingly recognized as key contributors to sustainability through interdisciplinary research and stakeholder engagement (Saeedi & Goodarzi, 2020). Universities, by embedding sustainability principles within curricula, infrastructure, and governance, empower future decision-makers to address environmental challenges effectively (Fissi et al., 2021). Several studies highlight the importance of policy-driven initiatives, including campus-wide waste reduction programs and energy-efficient architectural designs, as fundamental strategies for advancing sustainability (Güneş et al., 2014; Peters & D’Penna, 2020). While international models for sustainable campuses vary, common themes include holistic resource management, educational campaigns, and the integration of sustainability within institutional culture (Ribeiro et al., 2021).

Environmental sustainability in university campuses is a multifaceted issue that requires attention to ecological, social, and economic factors (Leal Filho et al., 2021). Previous research underscores the necessity of balancing infrastructure development with environmental considerations, particularly through the use of renewable energy, sustainable materials, and native vegetation in campus planning (Darabi & Saeedi, 2019). Moreover, fostering active participation among students and faculty is critical to institutionalizing sustainability practices and ensuring their long-term success (Disterheft et al., 2012). Strategies such as structured sustainability frameworks, stakeholder involvement, and technological innovations contribute significantly to achieving sustainable academic environments

(Finlay & Massey, 2012).

The present study aims to develop a structured model that identifies and connects key sustainability indicators within university settings using interpretive structural modeling (ISM). By incorporating expert opinions through the fuzzy Delphi method, this research evaluates the interdependencies among sustainability criteria and prioritizes actionable strategies for ecological resilience. Through systematic analysis, the study offers insights into optimizing sustainability initiatives and provides practical recommendations for universities striving to become environmentally responsible institutions. The primary objectives of this study are:

1. To identify and validate essential environmental sustainability indicators within university settings.
2. To establish interrelations between indicators using ISM to inform structured policymaking.
3. To provide a scalable framework for enhancing sustainability efforts in academic institutions.

Methodology

This study employed a systematic multi-stage methodology to identify and model environmental sustainability indicators within university campuses. Initially, an extensive literature review was conducted to extract relevant sustainability criteria, ensuring alignment with both global academic perspectives and the specific environmental conditions of Malayer University. The research then proceeded with expert consultations, utilizing the fuzzy Delphi method to refine the selected indicators. Through structured questionnaires, seven experts specializing in environmental sciences, urban planning, and resource management evaluated the significance of each criterion using a Likert scale ratings, providing a quantitative basis for screening influential variables.

Following indicator selection, interpretive structural modeling (ISM) was applied to analyze the interdependencies between sustainability criteria. A structured self-interaction matrix (SSIM) was developed, wherein experts assigned relational values to each indicator pair based on predefined logical connections. The SSIM was then transformed into a binary matrix, and contradictions within the relational data were systematically resolved. This hierarchical modeling approach allowed the research to categorize sustainability indicators into multiple structured levels, prioritizing key environmental

strategies for academic institutions. By evaluating reachability and antecedent sets, critical factors influencing environmental stability were identified.

To ensure validity and consistency in qualitative research, the study adopted rigorous evaluation techniques, including continuous expert engagement and comparative cross-validation of responses (Whittemore et al., 2001). The iterative refinement process enabled the researchers to minimize biases and enhance methodological robustness. The final interpretive structural model provided a clear visualization of hierarchical relationships among sustainability indicators, offering actionable insights for universities seeking to implement environmental resilience strategies. Through this structured approach, the study effectively bridges theoretical sustainability frameworks with practical applications for green campus development.

Results

The study identified and structured key environmental sustainability indicators within the studied university campus using a multi-method approach. Through expert analysis and the fuzzy Delphi method, thirteen significant criteria were selected, encompassing themes such as energy conservation, waste management, and environmental policymaking. Findings indicated that student and staff participation, support for research projects, and institutional environmental policies form the foundational level of sustainability strategies, underscoring their critical role in fostering an eco-conscious academic culture. These primary indicators create an enabling framework for subsequent sustainability efforts, ensuring long-term ecological resilience in university settings.

The second hierarchical level in the interpretive-structural model (ISM) consists of operational strategies, including the use of native plants, sustainable building materials, reduction of campus energy consumption, and minimization of waste production. Previous research has indicated that these elements directly support practical sustainability applications, promoting resource efficiency and reducing environmental footprints (Lau et al., 2014). This level demonstrates the importance of integrating nature-based solutions and eco-friendly infrastructure into campus development plans to reinforce sustainable resource use and ecological awareness among university stakeholders.

At the third and fourth hierarchical levels, the study identified critical risk management strategies

related to water conservation and disaster preparedness. Efficient water management emerged as a core component of long-term sustainability, supported by previous research on the role of native vegetation in reducing water consumption (Saeedi & Goodarzi, 2020). Additionally, institutional readiness for natural disasters was highlighted as an essential factor, reinforcing the need for adaptive planning in university settings. These findings emphasize the necessity of establishing resilience measures that can mitigate environmental risks while maintaining sustainable campus operations.

The fifth level of the ISM model addressed advanced sustainability measures, including waste reuse and the adoption of renewable energy sources. These strategies were found to be contingent on achieving stability in lower-tier indicators, indicating the progressive nature of sustainability initiatives. The transition from basic environmental management to advanced renewable energy integration reflects the systematic approach required to achieve comprehensive campus sustainability (Goodarzi et al., 2019). The results suggest that universities should prioritize foundational sustainability elements before advancing toward large-scale environmental innovations.

Finally, the highest level of the ISM framework encompasses monitoring and control mechanisms, ensuring the effective implementation and continuous refinement of sustainability efforts. The study underscores the importance of consistent oversight and policy evaluation in maintaining long-term environmental resilience within academic institutions (Whittemore et al., 2001). By establishing structured monitoring frameworks, universities can optimize sustainability strategies, refine their implementation over time, and ensure alignment with evolving environmental priorities. These findings provide actionable insights for academic institutions seeking to institutionalize sustainability and reduce their ecological footprints.

Integrating sustainability principles within university campuses requires a multi-dimensional approach that balances environmental conservation, stakeholder participation, and institutional policies. The study confirms that environmental policymaking, student engagement, and research support form the foundation for sustainability, reinforcing previous findings on the crucial role of community involvement (Too & Bajracharya, 2015). By prioritizing these elements, universities can cultivate an eco-conscious culture that fosters proactive environmental stewardship and knowledge-driven decision-making.

Furthermore, embedding sustainability concepts within university governance ensures continuity and amplifies the effectiveness of broader ecological initiatives (Disterheft et al., 2012).

The hierarchical model developed in this study underscores the progressive nature of sustainability implementation, where foundational policies facilitate subsequent ecological enhancements. Findings indicate that employing native vegetation, sustainable materials, and energy-efficient infrastructure significantly contribute to campus environmental resilience (Lau et al., 2014). Aligning these strategies with institutional frameworks strengthens their long-term viability and fosters interdisciplinary collaborations. In particular, energy management and waste reduction efforts complement existing sustainability frameworks, demonstrating the necessity of integrating various sustainability dimensions to optimize environmental benefits (Saeedi & Goodarzi, 2020).

Risk mitigation remains an essential component of sustainable campus development, with water conservation and disaster preparedness emerging as critical factors in resilience planning. The study highlights the interconnectedness of sustainability and institutional safety, emphasizing the role of adaptive strategies in minimizing environmental vulnerabilities (Whittemore et al., 2001). Universities that incorporate early-warning systems and disaster preparedness measures not only protect campus infrastructure but also reinforce ecological safeguards that enhance long-term sustainability outcomes. These findings advocate for a proactive approach to environmental risk management, ensuring institutional readiness for unforeseen ecological disruptions.

Advanced sustainability measures, such as renewable energy integration and waste reutilization, constitute the upper levels of the interpretive structural model. The study reveals that universities should first stabilize foundational sustainability initiatives before transitioning to more advanced ecological interventions (Goodarzi et al., 2019). The progressive structuring of these

initiatives indicates that environmental transformation within academic institutions requires a phased and strategic approach. Policymakers and administrators must allocate resources accordingly, ensuring that incremental sustainability advancements align with institutional capacities and environmental objectives.

Finally, continuous monitoring and evaluation mechanisms play a pivotal role in reinforcing sustainability commitments within university environments. Establishing structured oversight frameworks ensures accountability, refines sustainability strategies, and adapts them to emerging ecological challenges (Whittemore et al., 2001). By maintaining an iterative approach, universities can enhance their sustainability efforts, bridging the gap between policy formulation and practical execution. The study concludes that sustainability within academic institutions is a dynamic and evolving process, requiring persistent engagement, structured interventions, and adaptive strategies to ensure long-term ecological resilience.

Conclusion

This study highlights the essential components of environmental sustainability within university campuses, emphasizing the hierarchical relationships between key indicators. The findings confirm that student and staff participation, research support, and environmental policymaking are foundational to fostering a sustainable academic environment. The interpretive structural model (ISM) reveals that sustainability initiatives must progress from fundamental engagement strategies toward advanced measures such as renewable energy adoption and waste reutilization. Moreover, continuous monitoring and adaptive governance play a critical role in ensuring the long-term success of sustainability efforts. By structuring these initiatives into a systematic framework, this research provides universities with actionable strategies to enhance ecological resilience and integrate sustainability into institutional operations effectively.

«مقاله پژوهشی»

پایداری محیطی در فضاهای دانشگاهی: بسط راهبردهای پیش‌رو با مدل‌سازی ساختاری-تفسیری

*ایمان سعیدی^۱، هانیه شکری^۲

۱. استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

نویسنده مسئول:

ایمان سعیدی

رایانامه: Isaeeedi@malayeru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶

استناد به این مقاله:

سعیدی، ایمان و شکری، هانیه. (۱۴۰۴). پایداری محیطی در فضاهای دانشگاهی: بسط راهبردهای پیش‌رو با مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار، ۱۴(۱)، ۹-۲۴.

(DOI: [10.30473/EE.2025.71522.2745](https://doi.org/10.30473/EE.2025.71522.2745))

چکیده

هدف اصلی این تحقیق شناسایی شاخص‌های پایداری محیط‌زیستی و سپس ارائه یک مدل از ارتباطات بین این شاخص‌ها در محیط‌های دانشگاهی است. ابتدا مرور جامع از متون علمی مرتبط با پایداری محیط‌زیستی در دانشگاه‌ها انجام شد. سپس، با استفاده از روش دلفی فازی، نظرات خبرگان در زمینه منابع طبیعی و محیط‌زیست جمع‌آوری گردید تا معیارهای مؤثر در ایجاد پایداری شناسایی شوند. پرسشنامه‌ای طراحی شد که در آن خبرگان به ارزیابی تأثیر هر شاخص بر پایداری محیط‌زیست پرداختند. پس از تحلیل داده‌ها، مدل‌سازی ساختاری-تفسیری برای تعیین روابط بین شاخص‌ها بکار گرفته شد. نتایج نشان داد که مجموعاً ۱۳ شاخص به‌عنوان مبنا در خلق پایداری محیطی در محدوده مطالعاتی دارای اثر می‌باشند. شاخص‌های مشارکت دانشجویان و کارمندان، حمایت از طرح‌های تحقیقاتی و سیاست‌گذاری محیط‌زیستی، در سطح اول مدل ساختاری-تفسیری قرار دارند. سطح دوم مدل نیز به شاخص‌های استفاده از گیاهان بومی، استفاده از مصالح پایدار، کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها و کاهش میزان تولید زباله اختصاص دارد. بر مبنای نتایج این تحقیق، سطح سوم و چهارم نقش مقابله با مخاطرات احتمالی چه در بحث انرژی و یا بلایای طبیعی را دارند، به‌طوری‌که در این سطوح مؤلفه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و آمادگی در مواجهه با بلایای طبیعی معرفی شده است و در سطح سوم نیز صرفه‌جویی در مصرف انرژی ارائه شده است. در سطح پنجم مؤلفه‌های استفاده مجدد از پسماند و منابع انرژی تجدید پذیر قرار دارد و سطح آخر مدل نیز کنترل و نظارت جای دارد.

واژه‌های کلیدی

دانشگاه سبز، آموزش محیط‌زیست، روش دلفی، سیاست‌گذاری محیط‌زیستی، توسعه پایدار، محوطه‌های دانشگاهی.



مقدمه

دانشگاه‌ها در تمامی کشورها به‌عنوان قطب‌های دانش، تحقیق و نوآوری شناخته می‌شوند که آگاهی محیط‌زیستی، توسعه سیاست‌ها و الگوهای توسعه پایدار را هدایت می‌کنند و نقش مهمی در ایجاد جامعه‌ای پایدار بر عهده دارند (Gholami et al., 2020). دانشگاه‌ها به‌عنوان مراکز یادگیری و تحقیق، فرصت منحصر به فردی برای آموزش و توانمندسازی مدیران، متخصصان و شهروندان آینده به‌وسیله مواجهه با دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای رسیدگی به چالش‌های محیطی مبرم و ترویج توسعه پایدار دارند. امروزه تحقیقات میان‌رشته‌ای منجر به مشارکت جامعه، دولت و صنعت شده است (Johnson & Castleden, 2011)؛ بنابراین، دانشگاه‌ها می‌توانند به دستیابی راه‌حل‌های پایدار، سیاست‌گذاری‌های درست و فناوری‌هایی که از جامعه پایدارتر حمایت می‌کنند، کمک کنند.

در این بین محیط‌های دانشگاهی نقشی مهم در خلق تفکر توسعه پایدار در جامعه ایفا می‌کنند. هنگامی که دانشگاه‌ها پایداری را در محیط‌های دانشگاهی خود در اولویت قرار می‌دهند، نه تنها تعهد خود را به مراقبت از محیط‌زیست نشان می‌دهند، بلکه فعالانه در ایجاد یک جامعه پایدار مشارکت می‌کنند (Sugiarto et al., 2022). پردیس‌های دانشگاهی را می‌توان به‌عنوان آزمایشگاه‌های زنده‌ای نگریست که بهترین شیوه‌های پایداری را به نمایش می‌گذارند و نمونه‌های ملموسی از راه‌حل‌هایی را نشان می‌دهند که محیط‌های انسان‌ساخت می‌توانند ردپای محیطی خود را کاهش دهند، بهره‌وری منابع را ارتقا دهند و فرهنگ پایداری را در بین دانشجویان، اساتید و کارکنان تقویت کنند (Lau et al., 2014). با تلفیق مفاهیم مربوط به توسعه پایدار در محوطه‌های دانشگاهی، دانشگاه‌ها می‌توانند الهام‌بخش و آموزش‌دهنده افراد در مورد اهمیت حفاظت از محیط‌زیست، برابری اجتماعی و دوام اقتصادی باشند و بدین شکل پایه و اساس یک جامعه پایدارتر را ایجاد کنند (Saeedi & Goodarzi, 2020).

در این بین توجه به مباحث مربوط به پایداری محیط‌زیستی در دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی دارای اهمیت زیادی است چراکه این فضاها به‌عنوان الگوهایی از توجه به نوآوری-های دوستدار محیط‌زیست و حفاظت مسئولانه از محیط طبیعی عمل می‌کنند. محیط‌های پایدار دانشگاهی می‌توانند با ادغام سیاست‌های محیط‌زیست محور در برنامه‌های دانشگاهی،

فرهنگ توجه به پایداری محیط‌زیستی را تقویت کنند (Fissi et al., 2021; Güneş et al., 2014). این محیط‌ها همچنین نقش مهمی در ارتقای بهره‌وری انرژی، کاهش ضایعات، شیوه‌های ساختمان سبز، حمل‌ونقل پایدار و گنجاندن پایداری در برنامه‌های درسی دانشگاهی، تجهیز دانش‌آموزان به دانش و مهارت‌ها برای حمایت از محیط‌زیست دارند (Peters & D’Penna, 2020; Ribeiro et al., 2021; Sugiarto et al., 2022)؛ بنابراین، توجه به سیاست‌های توسعه پایدار در محوطه‌های دانشگاهی را می‌توان به موضوعی چندوجهی تشبیه کرد که مطالعات مختلف جنبه‌های متفاوت آن را مورد بررسی قرار داده‌اند.

در ارتباط با کاربست مبانی توسعه پایدار و پایداری محیطی در فضاهای دانشگاهی مطالعات مختلفی صورت گرفته است. در اینجا مروری بر متون علمی در این موضوع خواهیم داشت. برخی محققان در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های ارزیابی بصری ادراک دانشجویان در مورد توسعه فضاهای باز دانشگاهی بدون چمن و برنامه‌ریزی پایداری منابع آب را به‌عنوان بخشی از سیاست‌های خلق محیط‌های دانشگاهی پایدار مورد مطالعه قرار دادند (Johnson & Castleden, 2011). نتایج این تحقیق نشان داد دانشجویان ابتکارات حفاظت از منابع آب را در محیط‌های دانشگاهی ارزشمند می‌دانند و علاقه‌مند به شرکت در فعالیت‌های مربوط به پایداری محیط‌زیستی هستند که می‌تواند منظر دانشگاهی را تغییر دهد و به پایداری نزدیک کند.

در یک مطالعه مروری، سه بعد اصلی توسعه پایدار در محیط‌های دانشگاهی شناسایی شد (Sugiarto et al., 2022): بعد رفتاری، ابزارهای یادگیری و آموزشی و تأسیسات فیزیکی. در بعد رفتاری، دانشگاه‌ها با اجرای برنامه‌های بازیافت، کمپین‌های صرفه‌جویی در انرژی و گزینه‌های حمل‌ونقل پایدار، رفتارهای دوستدار محیط‌زیست را در میان دانشجویان و کارکنان ترویج می‌دهند. بعد ابزارهای یادگیری شامل ادغام مفاهیم پایداری در برنامه درسی و ارائه دوره‌های متمرکز بر پایداری است. در بعد تأسیسات فیزیکی، دانشگاه‌ها باید در ساختمان‌های کارآمد، منابع انرژی تجدیدپذیر و سیستم‌های مدیریت پسماند سرمایه‌گذاری کنند تا اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهند.

همچنین نتایج یک مطالعه نشان می‌دهد که موضوعات تحقیقاتی برجسته در راستای پایدار محیط‌های دانشگاهی مشتمل بر دانشگاه‌های خنثی از نظر کربن، فناوری‌های

پسایندها نیز نظام آموزشی پایدار؛ نظام پژوهشی پایدار و هم‌راستایی جامعه با دانشگاه‌ها در حل مشکلات محیط‌زیست دارای بیشترین اولویت بودند (Pouranjenar et al., 2022).

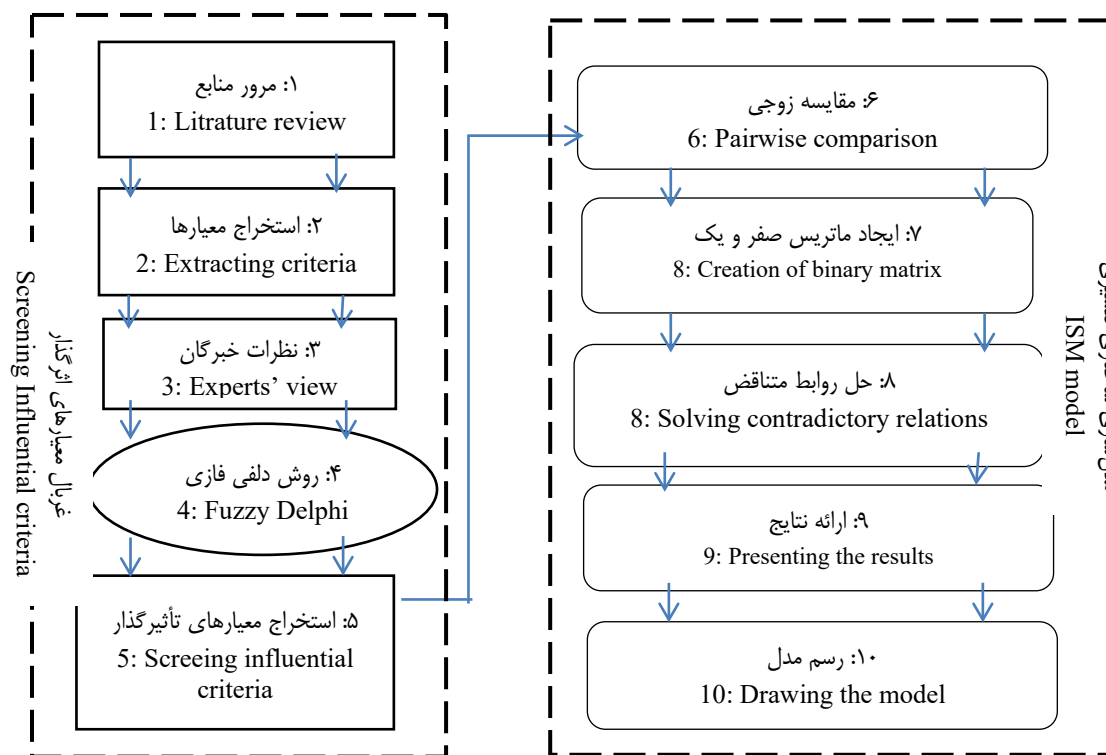
دانشگاه ملایر یک از دانشگاه‌های مهم در غرب کشور است که توسعه بالایی در دو دهه اخیر را تجربه کرده است. به نظر می‌رسد توجه به مباحث مربوط به پایداری محیط‌زیستی این دانشگاه دارای اهمیت بالایی است چراکه بدین شکل می‌توان الگویی از توجه به نوآوری‌های دوستدار محیط‌زیست و حفاظت مسئولانه از محیط طبیعی به وجود آورد و تصمیم‌گیران آینده را با لزوم توجه به سیاست‌های محیط‌زیست محور در برنامه‌های دانشگاهی آشنا کرد؛ بنابراین در این تحقیق هدف در گام اول دستیابی به شاخص‌های خلق پایداری محیط‌زیستی و سپس دستیابی به مدل ساختاری-تفسیری از روابط این شاخص‌ها در دانشگاه ملایر بوده است.

روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی پژوهش بر مبنای هدف تحقیق ذکر شده، در شکل ۱ نشان داده شده است.

هوشمند دانشگاه، مدیریت مواد غذایی و پسماند و حمل‌ونقل پایدار است (Leal Filho et al., 2021). تحقیقات آینده باید به حوزه‌های کمتر مطالعه‌شده مانند برنامه‌ریزی دانشگاه کارآمد از نظر انرژی، زیرساخت‌های سبز و سیستم‌های فتوولتائیک بپردازند.

در ایران نیز مطالعات مختلفی در ارتباط با راهکارهای خلق پایداری در محوطه‌های دانشگاهی ارائه شده است. این مطالعات تلاش دارند محیط‌های دانشگاهی مختلف در ایران را پایدارتر کنند. به‌عنوان مثال نتایج مطالعه‌ای نشان داد که معیارهای دستیابی به پایداری در محیط‌های دانشگاهی هشت دسته مختلف هستند که مشتمل بر آموزش پایدار، تحقیقات، نیازهای عملیاتی، پایداری اجتماعی، پایداری اقتصادی و هویت و دیپلماسی آموزشی می‌شود (Darabi et al., 2019). یافته‌های پژوهش در مطالعه‌ای دیگر در رابطه با جستجوی پیش‌آیندها و پس‌آیندهای خلق دانشگاه دوستدار محیط‌زیست حاکی از استخراج ۷ پیش‌آیند و ۷ پس‌آیند بود که از میان پیش‌آیندها به ترتیب وجود زیرساخت‌های حمایتی، قانونی و سیاست‌گذاری توسعه پایدار، سازمان‌دهی الزامات ایدئولوژیک، ساختاری، محیطی، کارکردی، مدیریتی و ارزیابی پایدار و وجود بستر حمایتی دولتی و نظام تأمین مالی پایدار و از میان



شکل ۱. مراحل انجام تحقیق حاضر

Figure 1. Steps in Conducting the Present Research

دلفی فازی با استفاده از میانگین، نظرات کارشناسان را که به صورت اعداد فازی مثلثی (l, m, u) بیان شده‌اند، با محاسبه میانگین هر مؤلفه به صورت جداگانه ترکیب می‌کند. در این روش، میانگین اعداد فازی مثلثی l ها، m ها و u ها به ترتیب محاسبه می‌شوند. نتیجه نهایی یک عدد فازی مثلثی جدید است که میانگین نظرات همه کارشناسان را نشان می‌دهد. رابطه (۱)، (۲) و (۳) شیوه محاسبه میانگین اعداد فازی مثلثی را نشان می‌دهد.

رابطه (۱) روش محاسبه l ها

$$l = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}$$

رابطه (۲) روش محاسبه m ها

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$$

رابطه (۳) روش محاسبه n ها

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{n}$$

در این فرمول‌ها: n تعداد کارشناسان است. l_i, m_i, u_i به ترتیب کمترین، محتمل‌ترین و بیشترین مقدار نظر کارشناس i ام است؛ و l, m و n نیز عدد فازی مثلثی حاصل از میانگین‌گیری است. در نهایت برای محاسبه مقدار قطعی ارزش فازی هر معیار جهت غربال‌گری نهایی مقادیر l, m و n محاسبه شده با هم جمع می‌شوند.

همان‌گونه که در شکل ۲ مشخص است، مراحل روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری در پنج مرحله به کار گرفته شد. پنج مرحله مدل‌سازی ساختاری تفسیری نیز شامل مقایسه زوجی و تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری (SSIM) تبدیل روابط SSIM به ماتریس صفر و یک، حل روابط متناقض، دستیابی به قابلیت دسترسی، مقدمات و مجموعه‌های تقاطع و ترسیم نمودار سلسله مراتبی است. مراحل ذکر شده به تفضیل در ادامه توضیح داده شده است.

در ابتدا یک پرسشنامه مبتنی بر ساختار مدل‌سازی ساختاری تفسیری طراحی شد. بخش اصلی پرسشنامه یک ماتریس بود که در آن عنوان هر ستون و سطر با شاخص‌های غربال شده از مرحله قبل پر شده بود. بر اساس روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری، چهار نماد (A, V, X و O) برای نشان دادن انواع روابط بین دو شاخص اعمال می‌شود. نویسندگان از آماره مد برای دستیابی به یک SSIM یکپارچه استفاده کردند.

در ابتدا، مروری بر متون معتبر علمی با هدف رسیدن به شاخص‌های پایداری محیطی در محیط‌های دانشگاهی مرتبط بود، انجام شد. در این مرحله، سعی شد مطالعاتی با هدف ارزیابی یا ایجاد پایداری در فضاهای دانشگاهی انجام شده بود، مورد بررسی قرار گیرند؛ بنابراین شاخص‌های اولیه‌ای که بیشترین ارتباط را با موضوع پایداری محیط‌زیست در فضاهای دانشگاهی داشتند، استخراج شدند. همچنین در روند انتخاب شاخص‌ها سعی شد آنهایی انتخاب شوند که برای ورود به غربال‌گری مناسب باشند، استانداردهایی که در متون علمی معتبر بیشتر تکرار شده بودند و با شرایط جغرافیایی، اقلیمی و واقعیت‌های منطقه مورد مطالعه همخوانی داشتند.

سپس، معیارهای انتخابی با شرایط محیطی و واقعیت‌های اقلیمی، اجتماعی-اقتصادی در دانشگاه ملایر مورد تطبیق قرار گرفت و معیارهای مرتبط از بین معیارهای فاقد ارتباط مناسب انتخاب و بقیه از لیست اولیه حذف شدند.

در مرحله بعدی، با استفاده از روش دلفی فازی و نظرسنجی از خبرگان، شاخص‌های مؤثر در ایجاد پایداری محیط‌زیست در فضای دانشگاه ملایر شناسایی شدند. برای این منظور، ابتدا یک پرسشنامه تحقیقاتی با استفاده از مقیاس لیکرت طراحی شد. ساختار سؤالات به گونه‌ای بود که از خبرگان پرسیده شد، چقدر معیار X را در ایجاد پایداری محیط‌زیست در دانشگاه ملایر مؤثر می‌دانند؟ بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم. در کل، ۷ خبره متخصص در زمینه منابع طبیعی و محیط‌زیست، معماری منظر، کشاورزی، برنامه‌ریزی شهری و منابع آب که با شرایط محیطی دانشگاه آشنا بودند، در فرآیند تکمیل پرسشنامه مشارکت داشتند. پس از دریافت پاسخ‌های پرسشنامه خبرگان، روش دلفی فازی برای فیلتر کردن معیارها و رسیدن به معیارهای مؤثر در ایجاد پایداری محیط‌زیست دانشگاه استفاده شد.

روش دلفی فازی یک تکنیک تحقیقاتی است که برای جمع‌آوری دیدگاه‌ها و دانش افراد به کار می‌رود. این روش برای تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده استفاده می‌شود و با استفاده از الگوریتم‌های فازی، داده‌های ناقص و نامشخص را با استفاده از خروجی‌های فازی مدل می‌کند.

روش دلفی فازی با هدف غربال‌گری، با در نظر گرفتن پیش‌فرض‌های متنوعی در متون علمی توضیح داده شده است که یکی از معتبرترین آنها روش دلفی فازی با استفاده از میانگین است (Habibi et al., 2015). در این تحقیق از مبنای میانگین برای محاسبات بهره گرفته شده است. روش

کیفی این تحقیق و روش نمونه‌برداری غیر تصادفی و هدفمند، ارزیابی روایی و پایایی با استفاده از روش‌های کمی میسر نیست. محققان مختلف در رابطه ارتقاء روایی و پایایی در مطالعات کیفی نظراتی دارند. در مطالعه‌ای که توسط ویت‌مور^۱ و همکاران (۲۰۰۱) در رابطه با روش‌های ارتقاء روایی و پایایی در مطالعات کیفی صورت گرفت، رهنمودهایی مطرح گردید که تبعیت از آنها منجر به خلق تلاش آگاهانه‌ای جهت ارتقاء روایی و پایایی در این مطالعه شد.

این رهنمودها مشتمل بر چهار دسته کلی برای اطمینان از اعتبار در پژوهش‌های کیفی است که شامل پنج مرحله ملاحظات طراحی^۲، تولید داده^۳، تحلیل^۴ و ارائه^۵ است. در شروع برای افزایش اعتبار در ملاحظات طراحی، پرسش‌کننده این اطمینان را مطرح کرد که پاسخ‌دهندگان دارای آزادی در بیان نظرات خود هستند. در رهنمود دوم، شیوه جمع‌آوری داده‌های موردنیاز در این مطالعه، توجه به راهنمای طراحی در جمع‌آوری داده‌ها مشخص است. در رهنمودهای دسته سوم، در بخش تحلیل داده‌ها، استفاده از طیف وسیع خبرگان آگاه به موضوع تحقیق تأییدکننده این است که همه پاسخ‌دهندگان دارای آگاهی و تجربه نسبت به موضوع این مطالعه هستند. در آخر، در بخش رهنمودهای ارائه، تلاش شد توضیحات بسط یافته در ارتباط با موارد مطرح‌شده ارائه شود که خود یکی از تکنیک‌های ایجاد روایی در بخش ارائه است (Whittemore et al., 2001).

مفهوم پایایی در تحقیقات با روش‌های کیفی به دلیل تفاوت در طبیعت مطالعات کیفی می‌تواند تا حدودی چالش‌برانگیز باشد. به‌طور کلی، مفهوم پایایی در مطالعات کیفی با سازگاری ارتباط دارد (Leung, 2015)؛ بنابراین در تحقیق حاضر، پایایی از طریق مقایسه و بحث مداوم نتایج این تحقیق بین محققین و تجزیه تحلیل عمیق اطلاعات دریافتی تضمین شد (Glaser, 1965; Leung, 2015).

یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از مرور منابع و تطبیق آن با شرایط دانشگاه ملایر حاکی از آن بود که شاخص‌های بالقوه اثرگذار در خلق پایداری

استفاده از آماره مد در مدل‌سازی ساختاری تفسیری برای ایجاد یک SSIM یکپارچه در تحقیقات قبلی گزارش شده است (Prasad & Suri, 2011; Sarikhani et al., 2020).

در مرحله بعد، برای تبدیل ماتریس یکپارچه به یک ماتریس دسترسی اولیه (ماتریس صفر و یک) با استفاده از ۰ و ۱، از جدول ۱ استفاده شد. ممکن است تناقضاتی بین نتایج ماتریس‌های دسترسی اولیه وجود داشته باشد. به‌عنوان مثال، اگر شاخص A بر شاخص B و شاخص B بر شاخص C تأثیر بگذارد، مطمئناً شاخص A بر شاخص C تأثیر می‌گذارد. برای حل این روابط متناقض، از معادله ۱ استفاده شد (Azar et al., 2019).

$$\text{معادله ۱: } \text{SIM} = \text{Boolean}(A^{n-1} = A^n)$$

جدول ۱. دستورالعمل برای تبدیل SSIM به ماتریس دسترسی اولیه

Table 1. Instructions for Converting the SSIM to the Initial Reachability Matrix

سلول (i,j) در ماتریس دسترسی اولیه Cell (i,j) in the initial access matrix	سلول (j,i) در ماتریس دسترسی اولیه Cell (j,i) in the initial access matrix
V	1
A	0
X	1
O	0

در ماتریس دستیابی نهایی، جمع هر سطر قدرت محرکه و جمع هر ستون قدرت وابستگی هر جزء را نشان می‌دهد. با بررسی روابط این ماتریس، مجموعه‌های دستیابی و مقدماتی برای هر شاخص استخراج می‌شوند؛ مجموعه دستیابی برای شاخص A شامل اجزایی است که بر تحقق آن تأثیر می‌گذارند و مجموعه مقدماتی شامل شاخص‌هایی است که تحت تأثیر آن قرار دارند. تلاقی این دو مجموعه مشخص می‌کند که چه شاخص‌هایی به سطح بالای سلسله‌مراتب ISM تعلق دارند و این شاخص‌ها از بررسی حذف می‌شوند. این فرآیند برای شناسایی اجزای سطوح قبلی تکرار می‌شود تا در نهایت تمامی اجزا در سطوح مختلف دسته‌بندی و روابط بین این سطوح تعیین گردد.

روایی در تحقیقات کیفی نشان‌دهنده مناسب بودن ابزارها، فرآیندها و داده‌ها است (Leung, 2015). با توجه به ماهیت

1. Whittemore
2. Design consideration
3. Data generation
4. Analytic
5. Presentation

اجرای اصول دانشگاه سبز و استفاده از فناوری‌های پایدار در ساختمان‌ها و تجهیزات دانشگاه، نیز می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم برای خلق پایداری محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گیرد. این موارد مشتمل بر استفاده از منابع انرژی پاک، مصرف بهینه منابع و کاهش اثرات محیط‌زیستی است. شاخص‌های مرتبط با آموزش و ارتقاء آگاهی: ارائه آموزش‌های مرتبط با محیط‌زیست به اعضای دانشگاه و ایجاد آگاهی و همکاری از سوی آنها، نیز می‌تواند به‌عنوان یک دسته شاخص مهم برای پایداری محیط‌زیستی در فضای دانشگاهی مورد توجه قرار گیرد. این موارد مشتمل بر آموزش و ترویج رفتارهای پایدار و حفاظت از محیط‌زیست است.

پس از دستیابی به شاخص‌های ذکر شده، در ادامه پرسشنامه‌ای محقق ساخته بر مبنای طیف لیکرت تهیه شده و میزان اثر هر شاخص را در خلق پایداری محیط‌زیستی محدوده مورد مطالعه مورد نمره دهی توسط خبرگان قرار گرفت. جدول ۲ اطلاعات توصیفی پرسشنامه خبرگان را نشان داده است.

محیطی مشتمل بر ۳۲ شاخص می‌باشند که در پنج دسته زیر قابل تقسیم هستند. شاخص‌های مرتبط با مصرف انرژی: ارزیابی میزان مصرف انرژی در دانشگاه و اتخاذ اقدامات برای کاهش آن، از جمله معیارهای مهم در پایداری محیط‌زیستی است. این شامل استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر، بهره‌وری انرژی و استفاده از فناوری‌های صورت گرفته می‌شود. شاخص‌های مرتبط با مدیریت پسماند: ارزیابی و بهبود مدیریت پسماندها در دانشگاه، از دیگر معیارهای مهمی است که می‌تواند برای اندازه‌گیری پایداری محیط‌زیستی در فضای دانشگاهی ملایر مورد استفاده قرار گیرد. این شاخص‌ها شامل جداسازی، بازیافت و کاهش تولید پسماندها می‌شود. شاخص‌های مربوط به استفاده از منابع طبیعی: ارزیابی میزان استفاده از منابع طبیعی مانند آب‌وخاک در دانشگاه ملایر، نیز از دسته شاخص‌های مهم برای پایداری محیط‌زیستی است. این شامل مدیریت مصرف آب، حفظ منابع آبی و خاکی و کاهش آلودگی زیستی می‌شود. شاخص‌های توجه به اصول دانشگاه سبز:

جدول ۲. اطلاعات توصیفی پرسشنامه خبرگان

Table 2. Descriptive Information of the Expert Questionnaire

شاخص Indicator	تعداد ۱ Number of 1's	تعداد ۲ Number of 2's	تعداد ۳ Number of 3's	تعداد ۴ Number of 4's	تعداد ۵ Number of 5's	تعداد pها Number of p's	تعداد کل Total number	درصد پرسش‌دهی Percentage of filling
معیار Criteria	11	43	96	109	39	0	298	100

با این نتایج ۱۳ متغیر به‌عنوان متغیر تأیید شده انتخاب شدند که در مرحله بعد بکار گرفته شدند.

جدول ۳ نتایج شاخص‌های غربال شده از تحلیل پرسشنامه خبرگان با استفاده از روش دلفی فازی را نشان می‌دهد. مطابق

جدول ۳. نتایج حاصل از روش دلفی فازی در غربال معیارها

Table 3. Results of the Fuzzy Delphi Method for Criteria Screening

نام متغیر Variable name	معیارها Criteria	خیلی کم Very low	کم Low	متوسط Medium	زیاد High	خیلی زیاد Very high	مجموع Sum	مقدار قطعی Definite Value
A1	صرفه‌جویی در مصرف آب Water conservation	0	1	1	3	2	7	3.56
A2	کاهش میزان تولید زباله Reducing waste generation	0	0	3	2	2	7	3.92
A3	استفاده مجدد از پسماندها Reusing waste	0	0	3	3	1	7	3.88
A4	منابع انرژی تجدیدپذیر Renewable energy sources	0	0	2	5	0	7	3.56

نام متغیر Variable name	معیارها Criteria	خیلی کم Very low	کم Low	متوسط Medium	زیاد High	خیلی زیاد Very high	مجموع Sum	مقدار قطعی Definite Value
A5	کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها Reducing energy consumption in buildings	0	0	3	4	0	7	3.51
A6	استفاده از مصالح پایدار Using sustainable materials	0	0	3	4	5	7	6.35
A7	آمادگی در مواجهه با بلایای طبیعی Preparing for natural disasters	0	0	4	2	1	7	3.83
A8	استفاده از گیاهان بومی Using native plants	0	1	1	4	1	7	3.52
A9	سیاست‌گذاری محیط‌زیستی Environmental policymaking	0	1	1	4	1	7	3.52
A10	صرفه‌جویی در مصرف انرژی Saving energy consumption	0	0	3	4	0	7	3.51
A11	حمایت از طرح‌های تحقیقاتی Supporting research projects	0	0	4	2	1	7	3.83
A12	مشارکت دانشجویان و کارمندان Student and staff participation	0	1	2	2	2	7	3.51
A13	کنترل و نظارت Control and monitoring	0	0	4	1	2	7	3.87

درروش تحقیق ذکر شد، مجموعه دسترس‌پذیری شامل اجزایی است که می‌تواند بر یک شاخص خاص تأثیر بگذارد، درحالی‌که مجموعه پیشین شامل اجزایی است که یک شاخص خاص ممکن است بر آن تأثیر بگذارد.

بر مبنای راهبردهای ذکرشده درروش تحقیق ماتریس نهایی تهیه شد و مبنایی برای دستیابی به مجموعه‌های دستیابی و مجموعه‌های پیشین برای هر شاخص شناسایی شدند که در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که

جدول ۴. مجموعه‌های دستیابی، پیشین و اشتراک مجموعه‌ها همراه با سطح‌بندی شاخص‌ها

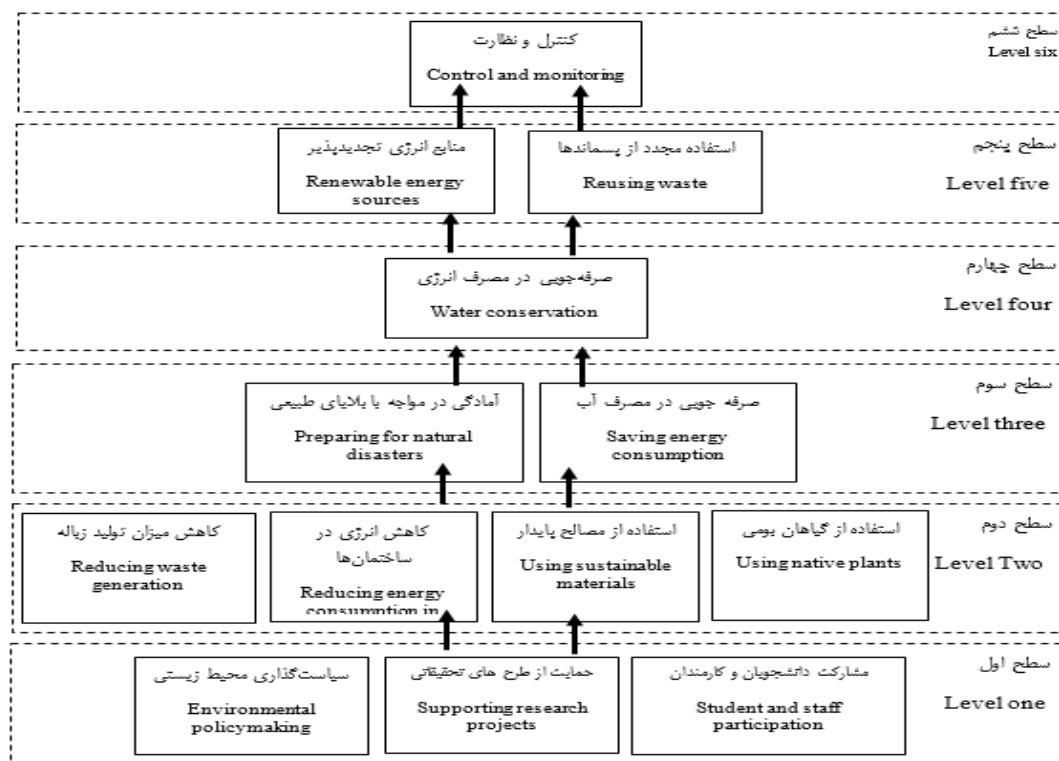
Table 4. Reachability, Antecedent, and Intersection Sets with Index Levels

نام متغیر Variable name	مجموعه دستیابی Reachability sets	مجموعه پیشین Antecedent sets	اشتراک مجموعه‌ها Intersection sets	سطح Level
A1	A1 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A11 A12	A1 A6 A8 A10 A13	A1 A6 A8	3
A2	A2 A9 A11 A12	A2 A13	A2	2
A3	A3 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12	A3 A13	A3	5
A4	A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12	A1 A4 A5 A6 A8 A10 A13	A4 A5 A6 A8 A10	5

سطح	اشتراک مجموعه‌ها	مجموعه پیشین	مجموعه دستیابی	نام متغیر
Level	Intersection sets	Antecedent sets	Reachability sets	Variable name
2	A4 A5 A6 A7 A8	A1 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A10 A13	A4 A5 A6 A7 A8 A9 A11 A12	A5
2	A1 A4 A5 A6 A8 A10	A1 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A10 A13	A1 A4 A5 A6 A8 A9 A10 A11 A12	A6
3	A5 A7	A1 A3 A4 A5 A7 A10 A13	A5 A6 A7 A9 A11 A12	A7
2	A1 A4 A5 A6 A8	A1 A3 A4 A5 A6 A8 A10 A13	A1 A4 A5 A6 A8 A9 A11 A12	A8
1	A9 A11 A12	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12 A13	A9 A11 A12	A9
4	A4 A6 A10	A3 A4 A6 A10 A13	A1 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12	A10
1	A9 A11 A12	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12 A13	A9 A11 A12	A11
1	A9 A11 A12	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12 A13	A9 A11 A12	A12
6	A13	A13	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12 A13	A13

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، توسعه داده شد.

بر اساس اطلاعات مجموعه دستیابی، مجموعه پیشین و دستورالعملی که در بخش روش توضیح داده شد، ISM نهایی



شکل ۲. مدل نهایی ساختاری-تفسیری از راهبردهای خلق پایداری محیطی

Figure 2. Final Interpretive-Structural Model of Strategies for Environmental Sustainability

بحث و نتیجه‌گیری

کاربست مفاهیم توسعه پایدار در محیط‌های دانشگاهی جهت خلق پایداری محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی برای پایداری محیطی و یادگیری بسیار دارای اهمیت است. محیط‌های پایدار دانشگاه کارایی و پیچیدگی طبیعت را در خود ادغام می‌کنند، مناظر آسیب‌دیده از توسعه انسانی را احیا می‌کنند، تنوع زیستی را افزایش می‌دهند، سلامت انسان را ارتقا می‌دهند و در عین حفظ جذابیت ظاهری، امکان بهره‌برداری اقتصادی را نیز فراهم می‌کنند. فرآیند توجه به خلق پایداری محیطی در دانشگاه‌ها افراد را تشویق می‌کند تا در حوزه‌های تأثیرگذار خود تغییرات ایجاد کنند که به‌طور جمعی منجر به بهبود قابل توجه در کارایی انرژی، کاهش پسماند و حفظ منابع می‌شود. در این بین، مهندسان محیط‌زیست نقش کلیدی در اعمال راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت برای حفاظت، مدیریت و احیای پایدار اکوسیستم‌های طبیعی یا اصلاح‌شده دارند که پایداری اکولوژیکی، کیفیت، سلامت، حافظه جمعی، میراث، فرهنگ و عدالت سرزمینی را مورد توجه قرار می‌دهند.

همان‌گونه که گفته شد، هدف این تحقیق دستیابی به مدلی ساختاری-تفسیری از روابط بین مؤلفه‌های اثرگذار در خلق پایداری محیط‌های دانشگاهی است. در گام اول دستیابی به شاخص‌های اثرگذار در خلق پایداری محیط‌زیستی از بین موارد متعدد هدف عملیاتی قرار گرفت. این مهم با استفاده از مرور منابع، تهیه پرسشنامه خبرگان و غربال معیارها با استفاده از روش دلفی انجام پذیرفت. در گام بعد، هدف درک روابط بین این شاخص‌ها در قالب مدلی تصویری به شکلی بود که به این سؤال پاسخ دهد که جهت حرکت به سمت توجه به پایداری محیط‌زیستی در فضای دانشگاهی مطالعه شده توجه به چه شاخص‌هایی اولویت است. مدل‌سازی ساختاری-تفسیری نیز در گام دوم مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج این تحقیق نشان داد شاخص‌های «مشارکت دانشجویان و کارمندان»، «حمایت از طرح‌های تحقیقاتی» و «سیاست‌گذاری محیط‌زیستی» در سطح اول مدل ساختاری-تفسیری قرار دارند. این نشان‌دهنده نقش پایه‌ای و اساسی این شاخص‌ها در خلق محیط پایدار است؛ بنابراین در خلق فضای دانشگاهی پایدار باید این عوامل در اولویت قرار گیرند. به بیان دیگر، تحقق شاخص‌های پایداری در سطح‌های دوم و سوم وابسته به تحقق این سه شاخص است. این نتایج با مطالعات برخی محققان سازگار است که جوامع محلی را

دارای اهمیت بالا در روند خلق پایداری محیطی در محیط‌های دانشگاهی معرفی کرده است (Too & Bajracharya, 2015). مشارکت به‌عنوان یک پیش‌نیاز اساسی برای دستیابی به توسعه پایدار تلقی می‌شود. در چارچوب دانشگاه، مفهوم مشارکت به دانش‌آموزان و اساتید نیز اشاره دارد و به جامعه نهادی این فرصت را می‌دهد که فرآیند تحول نهادی را به سمت پردیس پایداری شکل دهد (Disterheft et al., 2012).

مطابق با مدل پیشنهادی در شکل ۳، سطح دوم مؤلفه‌های «استفاده از گیاهان بومی»، «استفاده از مصالح پایدار»، «کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها» و «کاهش میزان تولید زباله» قرار دارد. مطابق با ساختار مدل پیشنهادی، تحقق این مؤلفه‌ها وابسته به کاربری عملی مؤلفه‌های سطح اول است و تحقق این دسته مؤلفه‌ها نیز راه را برای به واقعیت رساندن مؤلفه‌های سطح سوم هموار می‌نماید. برای تحقق سطح دوم یکی از ایده پردازی‌ها می‌تواند خلق پایداری فضای باز دانشگاه با استفاده از گونه‌های بومی و مصالح پایدار همچنین تلاش برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و کاهش میزان تولید زباله باشد. تحقق این امور را می‌توان با مشارکت دانشجویان و کارمندان، حمایت از طرح‌های تحقیقاتی و تدوین سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی تسریع بخشید که در سطح اول مدل به آنها اشاره شده است.

مقایسه شاخص‌های معرفی‌شده در سطح دوم مدل با مطالعات پیشین نشان‌دهنده اهمیت آنها است. به‌عنوان مثال سعیدی و دارابی در مطالعه‌ای استفاده از گیاهان بومی را رویکردی طبیعت‌محور در محیط‌های شهری جهت نیل به پایداری معرفی کردند (Darabi & Saeedi, 2019). در مطالعه‌ای دیگر گیاهان بومی گزینه مناسبی جهت کاهش هزینه‌های نگهداری و بهبود اثرات روانشناسی در پردیس‌های دانشگاهی معرفی شد (Lau et al., 2014). همچنین مفهوم محیط‌های دانشگاهی اکولوژیک رویکردی نوین در توسعه فضاهای دانشگاهی است که سه محور مهم آن استفاده از گونه‌های گیاهی بومی، مصالح پایدار و کاهش مصرف انرژی است (Finlay & Massey, 2012).

بر مبنای نتایج این تحقیق، مؤلفه‌های معرفی‌شده در سطح سوم و چهارم نقش مقابله با مخاطرات احتمالی چه در بحث انرژی و یا بلایای طبیعی را دارند، چنانچه در این سطوح مؤلفه‌های «صرفه‌جویی در مصرف آب» و «آمادگی در مواجهه با بلایای طبیعی» معرفی شده است و در سطح سوم نیز

مؤلفه در این سطح نشان‌دهنده این است که در تمامی سطح-ها، این مدل نیازمند کنترل و نظارت بر انجام درست اقدام‌ها، تصحیح و ادامه مسیر است؛ بنابراین نظارت و کنترل، شاخصی بالادست برای تمامی مؤلفه‌های پنج سطح پیشین است.

باین‌حال، این روش نیز محدودیت‌هایی دارد. یکی از این محدودیت‌ها وابستگی روابط میان معیارها به دانش و تجربه خبرگان پرسش شده است. همچنین، نتایج حاصل از این روش فاقد اعتبارسنجی آماری هستند؛ اما در مطالعه حاضر، با رفع تناقضات میان پاسخ‌های خبرگان در ماتریس سازگاری، می‌توان به اعتبار نسبی نتایج دست‌یافت. سایر محدودیت‌های تحقیق شامل عدم دسترسی به داده‌های گسترده‌تر و تنوع جغرافیایی در انتخاب نمونه‌ها است که ممکن است نتایج را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، پیشنهاد می‌شود که مطالعات آتی با گنجاندن دانشگاه‌های بیشتر و تنوع در روش‌های تحقیق، به بررسی تأثیرات بلندمدت این شاخص‌ها بر پایداری محیط‌زیستی بپردازند. بررسی تأثیر عوامل اجتماعی و فرهنگی نیز می‌تواند به غنای نتایج کمک کند و راهکارهای جدیدی برای تقویت مشارکت جامعه دانشگاهی در برنامه‌های محیط‌زیستی ارائه دهد.

برای افزایش استحکام و اعتبار نتایج مدل ساختاری-تفسیری و همچنین بررسی تغییرپذیری آن‌ها، پیشنهاد می‌شود که جامعه آماری مطالعه گسترده‌تر شود و این پژوهش با مشارکت تعداد بیشتری از متخصصان کشوری از مناطق مختلف و رشته‌های مرتبط با موضوع (در اینجا پایداری محیطی در محیط‌های دانشگاهی) تکرار گردد. این اقدام می‌تواند به تقویت و اعتبارسنجی بیشتر نتایج حاصل از مدل ساختاری-تفسیری کمک کند. به‌طور کلی، این مدل می‌تواند به‌عنوان چارچوبی برای خلق پایداری محیطی در فضاهای دانشگاهی مورداستفاده قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

تحقیق حاصل بخشی از پروژه علمی تدوین‌شده در درس کارورزی نویسنده دوم در رشته علوم و مهندسی محیط‌زیست است که در این دانشگاه با راهنمایی و مشاوره نویسنده مسئول انجام پذیرفته است. بدین‌وسیله از حمایت دانشگاه ملایر تشکر به عمل می‌آید.

«صرفه‌جویی در مصرف انرژی» ارائه شده است. با رجوع متون علمی، مشهود است که پیش‌زمینه‌های چنین تصمیم-گیری‌هایی در سطح اول و دوم ارائه شده است. به‌عنوان مثال استفاده از گونه‌های گیاهی بومی خود یکی از پیش‌زمینه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب می‌باشد (Saeedi & Goodarzi, 2020; Sugiarto et al., 2022) و یا استفاده از مصالح پایدار نوعی آمادگی برای مواجهه با بلایای طبیعی در محیط‌های دانشگاهی محسوب می‌شود (Sugiarto et al., 2022). همچنین کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها امتداد راه صرفه‌جویی در مصرف انرژی است.

در سطح پنجم مدل پیشنهادی برای خلق پایداری محیطی در فضاهای دانشگاهی مؤلفه‌های «استفاده مجدد از پسماند» و «منابع انرژی تجدیدپذیر» قرار دارد. این راهبردها در سطح بالاتری از مؤلفه‌هایی مانند کاهش مصرف انرژی و کاهش میزان تولید زباله قرار دارند. این خود تأکید کننده بر این دیدگاه است که در ابتدا لازم است شرایط وضع موجود را به ثبات رساند و درصدد اصلاح آن برآمد و سپس دست به اقدام‌های عملیاتی در راستای بازیافت و دستیابی به منابع انرژی تجدیدپذیر زد. قرارگیری این دو شاخص در سطح بالای م‌دسازی ساختاری-تفسیری تأکید کننده این دیدگاه است که در ابتدا لازم است اثرات منفی به محیط را متوقف و یا حداقل کاهش داد و در ادامه اقدام به جایگزینی اقدام‌های برخلاف سیاست‌های محیط‌زیستی با راهبردهای ایده آل عمل کرد (Goodarzi et al., 2019).

یافته‌های تحقیق می‌تواند به‌طور کاربردی در محدوده مطالعاتی دانشگاه ملایر به کار گرفته می‌شود. همچنین این یافته‌ها می‌تواند به‌عنوان یک چارچوب عملی برای ارتقاء پایداری محیط‌زیستی در دانشگاه‌ها مورداستفاده قرار گیرند. با شناسایی ۱۳ شاخص کلیدی، این دانشگاه می‌تواند برنامه‌های محیط‌زیستی خود را بهبود بخشد و از طریق مشارکت فعال دانشجویان و کارکنان، سیاست‌گذاری‌های مؤثرتری را در راستای پایداری پیاده‌سازی کند. به‌ویژه، تأکید بر استفاده از گیاهان بومی و مصالح پایدار می‌تواند به کاهش مصرف انرژی و تولید زباله کمک کند. همچنین، این مدل ساختاری-تفسیری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار راهنما برای دیگر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی در جهت دستیابی به اهداف پایداری محیط‌زیستی عمل کند. در سطح آخر مدل ساختاری تفسیری مؤلفه «کنترل و نظارت» قرار دارد. قرارگیری این

References

- Azar, A., Khosravani, F., & Jalali, R. (2019). "Soft operational research: Problem structuring approaches." *Tehran: Industrial Management Organization*. [In Persian]
- Darabi, H., & Saeedi, I. (2019). "The Design of Resilient Green Spaces towards Adapting with Climate Change, Case Study Behesht Boulevard, Borujerd." *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(9), 209–219. [In Persian]
- Darabi, S., Azizi, N., Salimi, J., & Shirabegi, N. (2019). "Elements and Dimensions of Sustainability in Iran's Higher Education System, and Comparison of Public and Non-Governmental Academic Approaches." *Iranian Journal of Educational Sociology*, 2(3), 12–26. [In Persian]
<https://doi.org/10.29252/ijes.2.3.12>
- Disterheft, A., da Silva Caeiro, S. S. F., de Miranda Azeiteiro, U. M., & Leal Filho, W. (2012). "Implementing Sustainability at the Campus—Towards a Better Understanding of Participation Processes within Sustainability Initiatives." *Journal of Environmental Research*, 20(5), 20–29.
- Finlay, J., & Massey, J. (2012). "Eco-campus: Applying the ecocity model to develop green university and college campuses." *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(2), 150–165.
<https://doi.org/10.1108/14676371211211836>
- Fissi, S., Romolini, A., Gori, E., & Contri, M. (2021). "The path toward a sustainable green university: The case of the University of Florence." *Journal of Cleaner Production*, 279, 123655.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123655>
- Gholami, H., Bachok, M. F., Saman, M. Z. M., Streimikiene, D., Sharif, S., & Zakuan, N. (2020). "An ISM approach for the barrier analysis in implementing green campus operations: Towards higher education sustainability." *Sustainability*, 12(1), 363.
<https://doi.org/10.3390/su12010363>
- Glaser, B. G. (1965). "The constant comparative method of qualitative analysis." *Social Problems*, 12(4), 436–445. <https://doi.org/10.2307/798843>
- Goodarzi, M., Haghtalab, N., Saeedi, I., & Moore, N. J. (2019). "Structural and functional improvement of urban fringe areas: toward achieving sustainable built–natural environment interactions." *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789.
<https://doi.org/10.1007/s10668-019-00511-4>
- Güneş, S. G., Şahin, S., C., A., Yıldırım Kaya, N., & E., I. (2014). "The Importance of Creating Sustainable Campuses In Higher Education." In *3rd International Congress on Urban and Environmental Issues and Policies* Published by Aksaray University.
- Habibi, A., Jahantigh, F. F., & Sarafrazi, A. (2015). "Fuzzy Delphi Technique for Forecasting and Screening Items." *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, 5(2), 130.
<https://doi.org/10.5958/2249-7307.2015.00036.5>
- Johnson, L., & Castleden, H. (2011). "Greening the campus without grass: using visual methods to understand and integrate student perspectives in campus landscape development and water sustainability planning." *Area*, 43(3), 353–361.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2011.01001.x>
- Lau, S. S. Y., Gou, Z., & Liu, Y. (2014). "Healthy campus by open space design: Approaches and guidelines." *Frontiers of Architectural Research*, 3(4), 452–467.
<https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.06.006>
- Leal Filho, W., Will, M., Shiel, C., Paço, A., Farinha, C. S., Orlovic Lovren, V., Avila, L. V., Platje, J., Sharifi, A., & Vasconcelos, C. R. P. (2021). "Towards a common future: revising the evolution of university-based sustainability research literature." *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 28(6), 503–517.
<https://doi.org/10.1080/13504509.2021.1881651>
- Leung, L. (2015). "Validity, reliability, and

- generalizability in qualitative research.” *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 4(3), 324. <https://doi.org/10.4103/2249-4863.161306>
- Peters, T., & D’Penna, K. (2020). “Biophilic design for restorative university learning environments: A critical review of literature and design recommendations.” *Sustainability* (Switzerland), 12(17), 7064. <https://doi.org/10.3390/su12177064>
- Pouranjenar, G., Salarzehi, H., Tabavar, A. A., & Yaghoubi, N. M. (2022). “Exploring the Antecedents and Consequences of a Sustainable and Environmentally Friendly University Based on a Mixed Approach.” *Environmental Education and Sustainable Development*, 10(3), 9–27. [In Persian]. <https://doi.org/10.30473/EE.2022.60444.2408>
- Prasad, U. C., & Suri, R. K. (2011). “Modeling of continuity and change forces in private higher technical education using total interpretive structural modeling (TISM).” *Global Journal of Flexible Systems Management*, 12(3), 31–39. <https://doi.org/10.1007/BF03396605>
- Ribeiro, J. M. P., Hoeckesfeld, L., Dal Magro, C. B., Favretto, J., Barichello, R., Lenzi, F. C., Secchi, L., De Lima, C. R. M., & De Andrade, J. B. S. O. (2021). “Green Campus Initiatives as sustainable development dissemination at higher education institutions: Students’ perceptions.” *Journal of Cleaner Production*, 312, 127671. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127671>
- Saeedi, I., & Goodarzi, M. (2020). “Rainwater harvesting system: a sustainable method for landscape development in semiarid regions, the case of Malayer University campus in Iran.” *Environment, Development and Sustainability*, 22(2), 1579–1598. [In Persian]. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0218-8>
- Sarikhani, Y., Shojaei, P., Rafiee, M., & Delavari, S. (2020). “Analyzing the interaction of main components of hidden curriculum in medical education using interpretive structural modeling method.” *BMC Medical Education*, 20, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02094-5>
- Sugiarto, A., Lee, C.-W., & Huruta, A. D. (2022). “A systematic review of the sustainable campus concept.” *Behavioral Sciences*, 12(5), 130. <https://doi.org/10.3390/bs12050130>
- Too, L., & Bajracharya, B. (2015). “Sustainable campus: engaging the community in sustainability.” *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(1), 57–71. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2013-0080>
- Whittemore, R., Chase, S. K., & Mandle, C. L. (2001). “Pearls, pith, and provocation: Validity in Qualitative Research.” *Qualitative Health Research*, 11(4), 522–537.