Research in Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 14, Issue 2, No. 33, Summer 2023
https://doi.org/10.22108/pom.2023.134879.1462

(Research paper)

Identifying and prioritizing ecosystem indicators using Fuzzy Delphi and Fuzzy DEMATEL approaches

Azadeh Rezaei
Department of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, rezaei.a@stu.yazd.ac.ir
Yahia Zare Mehrjerdi *
Department of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, yzare@yazd.ac.ir
Mohammad Saleh Owlia
Department of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, owliams@yazd.ac.ir
Hassan Khademizare
Department of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, hkhademiz@yazd.ac.ir

Purpose: This paper aims to propose an approach for identifying and prioritizing ecosystem indicators for effective ecosystem management. Specifically, fuzzy Delphi and fuzzy DEMATEL approaches are used to define ecosystem management goals and indicators, rank the importance of quality attributes in ecosystem management, and rank the effectiveness of each indicator in each pillar of ecosystem management. The ultimate goal is to provide a tool to decision-makers that can help in allocating resources more effectively and efficiently toward achieving sustainability.

Design/methodology/approach: The proposed approach involves a three-phase framework. Phase 1 involves identifying and determining the indicators affecting ecosystem management. This has been performed by studying theoretical articles, reviewing systematic literature, and searching previous studies to identify different indicators for each pillar of ecosystem management. A list of indicators and factors affecting each of the pillars of ecosystem management has been determined accordingly, and an initial categorization has been created using library studies. Phase 2 involves using a fuzzy Delphi method to rank the most important indicators in each pillar of ecosystem management. Experts have been asked to indicate their proposed indicators in a questionnaire based on fuzzy variables, and the degree of proportionality of the proposed factors. Phase 3 involves using a fuzzy DEMATEL approach to rank the effectiveness of each indicator in each pillar of ecosystem management. This approach handles imprecise or subjective data and can be replicated for different cities. Overall, this methodology aims to provide a comprehensive approach for identifying and prioritizing ecosystem indicators that can be used by decision-makers in environmental management and policy-making.

* Corresponding author
2423-6950 / © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Findings: Findings imply that the integrated approach of the Fuzzy Delphi Method and the Fuzzy DEMATEL can be used to identify and rank the importance of quality attributes in ecosystem management, and to rank the effectiveness of each indicator in each pillar of the ecosystem management. A total of 36 indicators were identified across four pillars of ecosystem management, i.e., economic, social, environmental and institutional. The results indicated that the most important indicators for each pillar were science and technology and innovation for the economic pillar; air quality, waste treatment and energy efficiency for the environmental pillar; poverty, health, and safety and security for the social pillar; and transparent sharing of information and political stability for institutional pillar. It was also found that there was a strong interrelationship between different pillars of ecosystem management. For example, the institutional pillar had serious effects on most of the other identified EM pillars. In addition, the economic pillar was the second most influential factor. Moreover, the institutional pillar profoundly influenced the environmental pillar. Finally, the economic pillar highly affected the environmental pillar, which doubled the complexity of ecosystem management.

Research limitations/implications: Several limitations and implications have been addressed for future research. The number of participating experts was limited, which could affect the results and limit the possibility of their summarization. Expert bias may have influenced the results of the study. Such limitations imply that further research with a larger and more diverse group of experts is necessary to validate and expand upon such findings. This study was limited in scope to a particular ecosystem or region and the identified indicators as a result may not apply and be generalizable to other ecosystems or regions. Based on the cause-and-effect relationships between the studied elements, a hypothesis can be expanded and validated using a larger sample. Future studies could replicate this methodology in different contexts to test its applicability and effectiveness.

Practical implications: Decision-makers in environmental management and policy-making can use the methodology presented in this study to identify and prioritize ecosystem indicators. By using an integration of the Fuzzy Delphi Method and the Fuzzy DEMATEL, decision-makers can identify the most important indicators for each pillar of ecosystem management and evaluate their effectiveness. This information can be used to allocate resources more effectively and efficiently toward achieving sustainability. Decision-makers could use this methodology to evaluate different ecosystem management practices and policies, and develop new policies or modify existing ones to better address the needs of different stakeholders. Overall, this study provides a useful tool for decision-makers in environmental management and policy-making by providing a comprehensive approach to identifying and prioritising ecosystem indicators.

Social implications: This study highlights the importance of considering social factors in ecosystem management. The study identifies several social indicators, such as poverty and material deprivation, education level, public awareness and training, gender equality, and social participation. By prioritizing such indicators in ecosystem management, decision-makers can ensure that the needs and perspectives of different stakeholders are taken into account. This can help to promote social equity and cohesion, which are important for achieving sustainable development. Furthermore, by involving a wide range of stakeholders in the decision-making process, including local communities and marginalized groups, decision-makers can ensure that ecosystem management policies are more inclusive and responsive to the needs of all members of society. Overall, this study highlighted the importance of considering social factors in ecosystem management and provides a useful framework for identifying and prioritizing social indicators.

Originality/value: The main contribution of this study is the application of the integrated approaches of the Fuzzy Delphi Method and the Fuzzy DEMATEL to identify and rank the importance of quality attributes in ecosystem management. This methodology is innovative because it allows decision-makers to handle imprecise or subjective data, which is often encountered in ecosystem management. The study provides a three-phase framework for identifying and prioritizing ecosystem indicators, which can be replicated for different cities. Findings indicated that science and technology, air quality, poverty, and transparent sharing of information were identified as the most important quality indicators in their respective pillars of ecosystem management alternatives. This implies that decision-makers and policymakers should consider allocating more resources toward improving such areas. Overall, this study provided a useful tool for decision-makers in environmental management and policy-making by providing a comprehensive approach to identifying and prioritizing ecosystem indicators.

Keywords: Ecosystem management, Ecosystem indicators, Fuzzy Delphi, Fuzzy DEMATEL

پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۴، شماره ۲، پیاپی ۳۳، تابستان ۱۴۰۲
دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۶ ص ۵۱-۸۲
https://doi.org/10.22108/pom.2023.134879.1462

(مقالهٔ پژوهشی)

شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم با استفاده از رویکردهای دلفی فازی و دیمتل فازی

آزاده رضایی[۱]، یحیی زارع مهرجردی*[۲]، محمدصالح اولیاء[۳]، حسن خادمی زارع[۴]

۱- دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران، rezaei.a@stu.yazd.ac.ir
۲- استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران، yzare@yazd.ac.ir
۳- استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران، owliams@yazd.ac.ir
۴-استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران، hkhademiz@yazd.ac.ir

چکیده: بررسی شرایط امروزی محیط‌زیست، نشان می‌دهد در دهه‌های اخیر، کرهٔ زمین به‌علت اقدامات مختلف بشر دچار زیان‌های جبرانی‌ناشدنی شده است. برای بیان اهداف مدیریت زیست‌بوم، لازم است شاخص‌های آن تعریف شود. هدف مدیریت زیست‌بوم، به‌عنوان یک پدیدهٔ چندبعدی، ادغام خرده‌سیستم‌های اقتصادی، محیط‌زیستی، اجتماعی و نهادی در یک کل، با مراقبت از تأثیر و تعامل متقابل آنهاست. بر این اساس، در این پژوهش، ابتدا با بررسی پیشینهٔ تحقیق به‌منظور شناسایی شاخص‌های مؤثر بر هریک از ارکان مدیریت زیست‌بوم، فهرستی از شاخص‌های تأثیرگذار و پراهمیت در هریک از ارکان اقتصادی- اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی مدیریت زیست‌بوم تعیین می‌شود. پس از دسته‌بندی اولیه، دو پرسش‌نامه طراحی شده است: یک پرسش‌نامهٔ طیفی برای ارزیابی شاخص‌های مؤثر بر مدیریت زیست‌بوم با روش دلفی فازی و یک پرسش‌نامه با استفاده از مقایسات زوجی میان چهار رکن اصلی مدیریت زیست‌بوم، با استفاده از تکنیک دیمتل فازی برای دستیابی به تحلیل دقیق‌تر در بررسی روابط علت و معلولی بین هریک از ارکان که خبرگان و متخصصان، آنها را تکمیل کرده‌اند. درنهایت، تحلیل‌ها نشان داد ارکان نهادی و اقتصادی به‌عنوان متغیرهای عامل و ارکان بسیار تأثیرگذار در نظر گرفته می‌شوند. همچنین، معلوم شد که ارکان محیطی و اجتماعی، یک اثر در نظر گرفته می‌شوند؛ درنتیجه، خبرگان شاخص علم و فناوری را در رکن اقتصادی، کیفیت هوا را در رکن زیست‌محیطی، فقر را در رکن اجتماعی و به اشتراک‌گذاری شفاف اطلاعات را در رکن نهادی، به‌عنوان تأثیرگذارترین شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم رتبه‌بندی کردند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زیست‌بوم، شاخص‌های زیست‌بوم، روش دلفی فازی، تکنیک دیمتل فازی

* نویسنده مسئول

2423-6950 / © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

مدیریت زیست‌بوم[۱] شامل تمام فعالیت‌های مورد نیاز برای توسعه و مدیریت اکوسیستم‌هاست. اگرچه پژوهش‌های منعکس‌کنندهٔ دانش رو به رشد، دربارهٔ چالش‌های منحصربه‌فرد عملکرد اکوسیستم است، درک محدودی از مدیریت زیست‌بوم از دیدگاه کلی، ازجمله هدف کلی، ساختارها و محدودیت‌های آن وجود دارد (گومز و همکاران[۲]، ۲۰۲۲). مجموعهٔ درخور توجهی از پژوهش‌ها، آثار هریک از شاخص‌ها را در ارکان اجتماعی و زیست‌محیطی در مدیریت زیست‌بوم، در طول زمان و مکان و تأثیرات میان ارکان را بررسی کرده‌اند (شافسما و همکاران[۳]، ۲۰۲۱).

در تصمیم‌گیری چندمعیاره[۴]، تصمیم‌گیرنده گهگاه از میان مجموعه‌ای از گزینه‌های متنوع، که به روشی یکسان بهینه‌اند، انتخاب می‌کند (چن و لین[۵]، ۲۰۲۲). تکنیک دیمتل[۶] (DEMATEL) روشی شناخته‌شده و گسترده در رویکرد تصمیم‌گیری برای حل مسائل پیچیده و درهم‌تنیده است (حسینی و همکاران[۷]، ۲۰۲۱). در چند دههٔ گذشته، حوزهٔ تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، مجدداً شتاب گرفته است (مونوز دیاز و همکاران[۸]، ۲۰۲۲). روش دلفی فازی[۹] (FDM) نظریهٔ فازی را با روش دلفی مرسوم ترکیب می‌کند (فارغ و همکاران[۱۰]، ۲۰۲۳؛ مارلینا و همکاران[۱۱]، ۲۰۲۲). این تکنیک برای غلبه بر ابهام در اجماع استفاده‌شده در روش دلفی و کاهش زمان بررسی، توسعه داده شد (بویی و همکاران[۱۲]، ۲۰۲۰).

برای پاسخگویی موفقیت‌آمیز به چالش‌های اکوسیستم، ابتدا باید شاخص‌ها شناسایی و تحلیل شوند؛ بنابراین، این مطالعه به‌طور خاص، سعی در پیشبرد پژوهش‌های مدیریت زیست‌بوم، با پاسخ به سؤالات تحقیق زیر دارد.

- مدل مدیریت زیست‌بوم از چه عوامل و شاخص‌هایی تشکیل شده است؟
- تأثیرگذارترین و مهم‌ترین شاخص‌ها برای هر رکن مدیریت زیست‌بوم چیست؟
- هریک از ارکان مدیریت زیست‌بوم چگونه می‌توانند بر یکدیگر تأثیر بگذارند؟

مشکلی که در این پژوهش بررسی شده است، فقدان یک رویکرد جامع برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مدیریت اکوسیستم است. مدیریت اکوسیستم یک پدیدهٔ پیچیده است که برای تضمین توسعهٔ پایدار به رویکردی جامع نیاز دارد. همچنین مدیریت اکوسیستم پدیده‌ای چندبعدی است که هدف آن ادغام زیرسیستم‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و نهادی در یک کل، با مراقبت از تعامل متقابل آنهاست. برای دستیابی به این امر، به تعریف اهداف مدیریت اکوسیستم نیاز است که این امر مستلزم شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های اکوسیستم است.

با این حال، هیچ اتفاق نظری دربارهٔ این وجود ندارد که کدام شاخص‌ها در هریک از ارکان اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و نهادی مدیریت اکوسیستم بیشترین اهمیت را دارند. این نبود اجماع، می‌تواند به رویکردی پراکنده در مدیریت اکوسیستم منجر شود که ممکن است در رسیدگی به علل ریشه ای مشکلات زیست‌محیطی ناکام باشد. علاوه بر این، تصمیم‌گیرندگان ممکن است بدون رویکرد سیستماتیک برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های اکوسیستم، به‌جای پایداری بلندمدت، بر دستاوردهای کوتاه‌مدت تمرکز کنند که این امر، به تخریب بیشتر محیط‌زیست منجر می‌شود؛ از این رو، این پژوهش بر آن است تا براساس دیدگاه کارشناسان و متخصصان دانشگاهی، رویکردی جامع را برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های اکوسیستم در اختیار

تصمیم‌گیرندگان قرار دهد. برای رفع این مشکل، مطالعه‌ای برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های اکوسیستم، با استفاده از رویکردهای دلفی فازی و دیمتل فازی انجام شد.

نتایج عملی این مطالعه، طیف گسترده‌ای از بینش را برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان، به‌منظور جلوگیری از خطرات اکوسیستم فراهم می‌کند. این مطالعه با ارائهٔ رویکردی جامع به تصمیم‌گیرندگان، برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های اکوسیستم، می‌تواند به آنها کمک کند تا رویکردی جامع‌تر و یکپارچه‌تر را برای مدیریت اکوسیستم اتخاذ کنند که این امر به توسعهٔ پایدارتر و حفاظت بهتر از محیط‌زیست منجر می‌شود. به‌طور خلاصه، این مطالعه با بررسی فقدان یک رویکرد جامع برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مدیریت اکوسیستم، به تلاش‌های مداوم برای تضمین توسعهٔ پایدار کمک می‌کند.

در این مقاله، به‌منظور پاسخ به سؤالات تحقیق، با ایجاد چارچوبی برای انتخاب شاخص‌ها، ارتباط بین ارکان EM را ارزیابی می‌کنیم. شاخص‌های تشکیل‌دهندهٔ مدیریت زیست‌بوم با استفاده از بازخورد دانشگاهیان شناسایی می‌شوند. چارچوب پژوهش ما بین ۴ رکن مدیریت زیست‌بوم، ازجمله ارکان اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و نهادی تمایز قائل می‌شود. روش دلفی فازی اهمیت عوامل و شاخص‌ها را بررسی می‌کند و توافق دربارهٔ عناصر ارزیابی براساس نظرهای کارشناسان به دست می‌آید. در مرحلهٔ بعد، از روش دیمتل فازی برای ارزیابی روابط متقابل بین هریک از ارکان EM استفاده شده است.

۲- مبانی نظری

EM براساس یک چشم‌انداز مشترک برای شرایط آینده است که نیازهای اکولوژیکی، اجتماعی-اقتصادی و نهادی را در بر می‌گیرد (کامرون دویت و همکاران[۱۳]، ۲۰۱۲). یک رویکرد مشارکتی، به نام مدل سه‌زمینه‌ای EM، دیدگاه‌های اکولوژیکی، اجتماعی-اقتصادی و نهادی را در جست‌وجوی راه‌حل‌های پذیرفتنی برای همه در نظر می‌گیرد (شکل ۱). این منطقه کانون اصلی برای مدیریت موفق زیست‌بوم است؛ مکانی که در آن سه منطقه با هم همپوشانی دارند و به بهترین وجه ارائه می‌شوند (مف و همکاران[۱۴]، ۲۰۰۲).

شکل ۱- سه رویکرد اصلی مدیریت زیست‌بوم

Fig. 1- Three major contexts of ecosystem management

به‌تازگی مطالعات مختلفی از روش دلفی فازی استفاده کردند، مانند بویی و همکاران (۲۰۲۰) از FDM برای تشخیص مدیریت زبالهٔ جامد پایدار استفاده کردند. پادیلا ریورا و همکاران[15] (۲۰۲۱) برای دستیابی به اهداف توسعهٔ پایدار، این روش را برای تعیین تأثیر شاخص‌های اجتماعی به کار بردند. وایشنوی و سورش[16] (۲۰۲۰) برای نشان‌دادن عدم قطعیت در برآورد آمادگی سازمانی در صنعت بهداشت و درمان از نظریهٔ فازی استفاده کردند. اولوگو و همکاران[17] (۲۰۲۱) تحقیقی را دربارهٔ درجه اهمیت شاخص‌های مؤثر بر مدیریت نگهداری پایدار، با اجرای مجموعه‌های فازی کروی اصلاح‌شدهٔ دلفی در صنعت نفت و گاز ارائه می‌کنند. سینگ و سارکار[18] (۲۰۲۰) در پژوهشی با توجه به مشکلات زیست‌محیطی که به‌طور مداوم در حال افزایش است، چارچوبی مبتنی بر دلفی فازی و دیمتل را برای توسعهٔ محصول پایدار در صنعت خودرو عرضه کرده‌اند.

تکنیک دیمتل یک ابزار کارآمد برای شناسایی اهمیت ویژگی‌ها و ساختار و روابط موجود بین پارامترها، فاکتورهایی را به گروه‌های علت و معلول تقسیم می‌کند که باعث ایجاد مشکلات می‌شوند (کوزو[19]، ۲۰۲۱). دیمتل فازی روابط علی و همچنین قدرت تأثیرگذاری بین عناصر را نشان می‌دهد؛ بنابراین برای شناسایی عوامل حیاتی در سیستم پیچیده، مناسب است (جیندال و همکاران[20]، ۲۰۲۱).

مدیریت زیست‌بوم، نگرانی‌های بیشتری برای بررسی دیدگاه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و سازمانی به دست آورده است. براساس پژوهش‌های پیشین، مؤلفه‌های بسیاری در EM در رویکردهای مختلف بررسی شده‌اند؛ اما رویکردهای پژوهشی محدودی با هدف درک تصمیم‌گیری‌های اتخاذشده توسط متخصصان براساس اهمیت و اولویت، به‌عنوان راهنما برای توصیه‌ها و فرآیند استفاده از EM انجام شده است؛ بنابراین، در این تحقیق، از روش ترکیبی شامل FDM و دیمتل فازی برای تحلیل روند تصمیم‌گیری متخصصان استفاده شده است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

در مواجهه با سیستم‌های پیچیده، چارچوبی جامع برای اطلاع مدیران از تصمیماتشان لازم است؛ بنابراین، این مطالعه با هدف تحلیل روابط علت‌ومعلولی در میان ارکان مدیریت زیست‌بوم و سپس شناسایی مهم‌ترین شاخص‌ها در هر رکن، از EM انجام شده است. روش پژوهشی این مطالعه برای یافتن مهم‌ترین رکن و شاخص‌ها در مدل EM، در شکل ۲ نشان داده شده است.

روش پژوهش در ۳ فاز و ۹ گام انجام می‌شود.

- **فاز اول:** شناسایی و تعیین شاخص‌های مؤثر بر مدیریت زیست‌بوم

گام ۱: با انجام مطالعات نظری و با مرور پژوهش‌های سیستماتیک و با جست‌وجو در مطالعات پیشین، شاخص های مختلف هریک از ارکان EM شناسایی خواهد شد.

گام ۲: لیستی از شاخص‌ها و عوامل تأثیرگذار بر هریک از ارکان مدیریت زیست‌بوم تعیین می‌شود.

گام ۳: ایجاد یک دسته‌بندی اولیه به کمک مطالعات کتابخانه‌ای. شاخص‌ها براساس تعداد تکرارشان در پیشینهٔ پژوهش، حذف عوامل دارای هم‌پوشانی و خلاصه‌سازی، فیلتر و گردآوری خواهند شد.

- **فاز ۲:** روش دلفی فازی و تجزیه و تحلیل گام به گام داده‌ها

گام ۴: تهیهٔ پرسش‌نامه برای شناسایی، دسته‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌ها و عوامل مؤثر.

گام ۵: تکمیل پرسش‌نامه توسط خبرگان دانشگاهی و متخصصان و انجام مصاحبه با آنها.

گام ۶: تعیین متغیرهای مدل براساس وزن شاخص‌های مؤثر و ارزیابی پرسش‌نامه‌ها با روش دلفی فازی.

- **فاز ۳:** رتبه‌بندی و اولویت‌دهی هریک از ارکان مدیریت زیست‌بوم با استفاده از تکنیک دیمتل فازی

گام ۷: تهیهٔ پرسش‌نامهٔ مقایسات زوجی برای اولویت‌دهی هر رکن EM.

گام ۸: تکمیل پرسش‌نامه توسط خبرگان دانشگاهی و متخصصان.

گام ۹: استفاده از تکنیک دیمتل فازی برای بررسی روابط علت و معلولی بین هریک از ارکان تعیین‌شدهٔ مدیریت زیست‌بوم.

شکل ۲- چارچوب پژوهش

Fig. 2- Study framework

برتری روش دلفی و تکنیک دیمتل در شرایط فازی، به چند دلیل بسیار به هم مرتبط‌اند:

- عدم قطعیت و ابهام: مدیریت اکوسیستم یک زمینهٔ پیچیده و چندوجهی است که عوامل زیادی در آن وجود دارد و می‌تواند بر سلامت و پایداری اکوسیستم‌ها تأثیر بگذارد. در چنین زمینه‌ای، روش دلفی می‌تواند برای کمک به استخراج و جمع‌آوری نظرهای متخصص دربارهٔ اینکه چه شاخص‌هایی در ارزیابی مدیریت اکوسیستم باید در نظر گرفته شوند، بسیار ارزشمند است. با استفاده از رویکرد دلفی، می‌توان ورودی گروهی متنوع از کارشناسان را جمع‌آوری کرد و دربارهٔ عواملی، که باید اولویت‌بندی شوند، اجماع ایجاد کرد
- شرایط فازی: شاخص‌های مدیریت اکوسیستم می‌توانند بسیار ذهنی باشند؛ اما تعیین کمیت دقیق آن دشوار است. منطق فازی یک ابزار ریاضی است که می‌تواند برای مدیریت داده‌های مبهم استفاده شود. با استفاده از رویکرد

دلفی فازی، می‌توان نظرهای متخصصان را دربارهٔ شاخص‌های مدیریت اکوسیستم به‌گونه‌ای دریافت کرد که عدم قطعیت و نبود دقت ذاتی را در داده‌ها تأیید کند. به‌طور مشابه، تکنیک دیمتل فازی می‌تواند برای اندازه‌گیری اهمیت نسبی ارکان مدیریت اکوسیستم به‌گونه‌ای استفاده شود که نبود دقت و مبهم‌بودن داده‌ها را به حساب آورد.

- اولویت‌بندی: هنگامی که مجموعه‌ای از شاخص‌های بالقوهٔ مدیریت اکوسیستم را با استفاده از رویکرد دلفی فازی شناسایی کردیم، در آن زمان می‌توان از تکنیک دیمتل برای اولویت‌بندی ارکان براساس اهمیت نسبی آنها استفاده کرد؛ این برای کمک به تمرکز تلاش‌های مدیریت، بر بحرانی‌ترین شاخص‌ها، بسیار ارزشمند است.

به‌طور خلاصه، روش دلفی فازی و تکنیک دیمتل فازی برای این پژوهش بسیار به هم مرتبط‌اند. این روش‌ها می‌توانند به ما در استخراج نظرهای متخصص، مدیریت شرایط فازی و اولویت‌بندی ارکان مدیریت اکوسیستم به روشی دقیق و سیستماتیک کمک کنند. همچنین روش دلفی فازی و تکنیک دیمتل فازی به‌طور گسترده در زمینه های مختلف تحقیقاتی مرتبط، ازجمله مدیریت زیست‌محیطی و پایداری استفاده شده است. در اینجا چند نمونه از مطالعات قبلی آورده شده است که از این روش‌ها یا روش‌های مشابه استفاده کرده‌اند: مطالعهٔ لین و همکاران[۲۱] (۲۰۲۰) از روش دلفی فازی برای شناسایی شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی پایداری کشاورزی در چین استفاده کردند. مطالعه‌ای که وانگ[۲۲] (۲۰۲۲) انجام داد، از یک رویکرد دلفی اصلاح‌شده برای اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری برای صنعت غذا و نوشیدنی استفاده کرد. مطالعهٔ آناستازیادو و همکاران[۲۳] (۲۰۲۱) از رویکرد دلفی فازی ترکیبی و AHP فازی برای اولویت‌بندی شاخص‌های توسعهٔ پایدار شهری در چین استفاده کرد. تحقیق ژانگ و همکاران[۲۴] (۲۰۲۳) تحلیل فازی دلفی و دیمتل را برای اولویت‌بندی شاخص‌های شهرنشینی پایدار در چین به کار برد. در مطالعهٔ اقبال و همکاران[۲۵] (۲۰۲۲) از یک رویکرد دلفی اصلاح‌شده برای شناسایی شاخص‌های کلیدی برای اندازه‌گیری اثربخشی مدیریت پسماند جامد در پاکستان استفاده شد. این مطالعات، ازجمله، کاربرد و انعطاف‌پذیری روش دلفی و دیمتل را در زمینه‌های مختلف و برای سؤالات پژوهشی مختلف نشان می‌دهد.

چندین دلیل برای استفاده از اعداد مثلثی و روش فازی در این پژوهش وجود دارد که در موارد زیر به آنها اشاره می‌شود:

- اعداد مثلثی روشی طبیعی برای نشان‌دادن ماهیت فازی بسیاری از پدیده‌های دنیای واقعی اند. بسیاری از واقعیت‌ها در دنیای واقعی مطلق نیستند، بلکه در یک طیف وجود دارند. اعداد مثلثی با تخصیص مقادیر به طیفی از نتایج ممکن، راهی را برای نمایش این طیف ارائه می‌کنند.

- اعداد فازی در شرایطی مفیدند که عدم قطعیت یا نبود دقت در داده‌ها وجود دارد. در این مطالعه، نویسندگان در شناسایی شاخص‌هایی می‌کوشند که بیشترین تأثیر را در مدیریت اکوسیستم دارند. عوامل زیادی وجود دارند که به پایداری اکوسیستم کمک می‌کنند و اندازه‌گیری همهٔ این عوامل با دقت مطلق امکان‌پذیر نیست. اعداد فازی به درک دقیق‌تری از چگونگی کمک این عوامل به پایداری کلی اکوسیستم اجازه می‌دهند.

- از اعداد مثلثی و روش فازی، معمولاً در تصمیم‌گیری و تحلیل ریسک استفاده می‌شود. در این مطالعه، نویسندگان در تلاش‌اند تا شاخص‌هایی را شناسایی کنند که تصمیم‌گیرندگان و مدیران باید بر آنها تمرکز کنند تا مشکلات اکوسیستم را رهگیری کنند. اعداد مثلثی و اعداد فازی به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا نتایج بالقوهٔ تصمیمات مختلف را درک کنند و خطرات و مزایای استراتژی‌های مختلف را بسنجند.

۳-۱- شناسایی و تعیین شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم

فاز اول شامل ۳ گام است. پس از مطالعهٔ مقالات زیر، ازجمله پژوهش کالیسیوگلو و بوگدانسکی[۲۶] (۲۰۲۱)، یوستاشیو و همکاران[۲۷] (۲۰۱۹)، گارسیا ملون و همکاران[۲۸] (۲۰۱۲)، لیو و همکاران[۲۹] (۲۰۱۲)؛ هاک و همکاران[۳۰] (۲۰۱۲)، کندیلی[۳۱] (۲۰۱۰)، دودی و همکاران[۳۲] (۲۰۰۹)، گولوسین و ایوانوویچ[۳۳] (۲۰۰۹)، کوتوال و همکاران[۳۴] (۲۰۰۸)، آلفسن و گریکر[۳۵] (۲۰۰۷)، فریزر و همکاران[۳۶] (۲۰۰۶)، چوی و سیراکایا[۳۷] (۲۰۰۶)، اسپانگنبرگ[۳۸] (۲۰۰۲)، سازمان ملل متحد[۳۹] (۲۰۰۱) و دورومی و لاووکس[۴۰] (۱۹۹۸) دربارهٔ تعیین شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم، خلاصهٔ شاخص‌های مهم و مؤثر در EM در پاسخ به سؤال پژوهشی «مدل مدیریت زیست‌بوم از چه عوامل و شاخص‌هایی تشکیل می‌شود؟» در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- شاخص‌های مدل مدیریت زیست‌بوم

Table 1- Indicators of the Ecosystem Management model

زیرسیستم اقتصادی(SS1)		زیرسیستم اجتماعی(SS3)	
I1	سرانه تولید ناخالص ملی، تولید، منابع طبیعی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	I18	سلامت، بهداشت و درمان
I2	حمل و نقل (بین‌المللی، داخلی)	I19	فقر، توزیع درآمد
I3	سرمایه‌گذاری	I20	اشتغال، توسعه نیروی کار
I4	عملکرد و توسعه اقتصادی، ثبات مالی، وابستگی اقتصادی	I21	آموزش، آگاهی عمومی و آموزش
I5	نوآوری، پذیرش و استفاده از فناوری‌های جدید	I22	جمعیت و نرخ رشد جمعیت
I6	ساختار تولیدی، ساختار اقتصادی پویا و توسعه	I23	کیفیت زندگی، رفاه، رفاه اقتصادی
I7	بهره‌وری منابع	I24	نرخ جرم
I8	علم و فناوری، علم برای توسعه پایدار	I25	برابری، انسجام اجتماعی
I9	دارایی‌های عمومی پایدار	I26	برابری جنسیتی، مشارکت زنان
		I27	میراث فرهنگی و آموزش فرهنگی
		I28	ایمنی و امنیت جامعه
		I29	نرخ مهاجرت
زیرسیستم زیست محیطی(SS2)		**زیرسیستم نهادی(SS4)**	
I10	کیفیت و کمیت آب	I30	سیاست‌ها و مقررات، اجرای سیاست، وجود خط مشی و چارچوب قانونی
I11	کیفیت هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب لایه ازن	I31	به اشتراک‌گذاری شفاف اطلاعات، جمع‌آوری دقیق داده‌ها
I12	تصفیه زباله (آب و زباله‌های جامد)، نرخ استفاده مجدد/ بازیافت	I32	مشارکت عمومی و سیاسی
I13	بهره‌وری انرژی، مصرف پایدار انرژی	I33	تشکیل نهادهای قوی، چارچوب‌های نهادی و قانونی
I14	مدیریت منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	I34	توسعه ظرفیت، ظرفیت‌سازی
I15	کنترل یکپارچه آلودگی	I35	تحریم‌ها
I16	میزان تخریب اکوسیستم، تغییرات آب و هوایی جهانی	I36	ثبات سیاسی
I17	حفاظت از تنوع زیستی		

۳-۲- روش دلفی فازی

در ادامه، فرآیند FDM استفاده‌شده در این مطالعه، شرح داده شده است.

۳-۲-۱- جمع‌آوری نظرها و داده‌ها از خبرگان و متخصصان

طیف گزینه‌های پرسش‌نامه «بسیار پراهمیت»، «پراهمیت»، «متوسط»، «کم‌اهمیت» و «بسیار کم‌اهمیت» بوده است (تسنگ و همکاران[۴۱]، ۲۰۲۲). نویسندگان پرسش‌نامه‌هایی را برای متخصصان مدیریت زیست‌بوم ارائه کردند تا نظرهای آنها را دربارهٔ اثربخشی شاخص‌های اکوسیستم جمع‌آوری کنند (پیوست ۱). در این مقاله، جامعهٔ هدف کارشناسان و متخصصان دانشگاهی‌اند که در مدیریت اکوسیستم دانش و تخصص دارند و بینش‌های ارزشمندی را دربارهٔ شاخص‌هایی ارائه دادند که برای هر رکن اکوسیستم مهم‌اند. هنگامی که جامعهٔ هدف مشخص شد، محققان برای ارتباط با آنها و دعوت از آنها برای شرکت در مطالعه، از روش‌های گوناگونی شامل ارسال ایمیل یا برقراری تماس تلفنی با شرکت‌کنندگان بالقوه برای توزیع پرسش‌نامه استفاده کردند. محققان هدف مطالعه را توضیح دادند و دستورالعمل‌های روشنی را برای تکمیل پرسش‌نامه‌ها ارائه کردند.

۳-۲-۲- ایجاد اعداد مثلثی فازی و تجمیع آنها

این روش ارزیابی‌های زبانی را به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌کند. بهترین رویکرد، استفاده از مجموعهٔ فازی مثلثی پنج نقطه‌ای است که در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲- اصطلاحات کلامی و TFNهای متناظر برای اهمیت وزن معیارها

Table 2- Linguistic representations and related Triangular Fuzzy Numbers

متغیرهای کلامی	اعداد فازی متناظر
بسیار پراهمیت	(۰/۷، ۰/۹، ۱)
پراهمیت	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)
متوسط	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
کم‌اهمیت	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
بسیار کم‌اهمیت	(۰، ۰/۱، ۰/۳)

برای محاسبهٔ عدد فازی هر شاخص (فرمول ۱) نشان داده شده است که اعداد فازی مثلثی $(\tilde{a})$ را به کار می‌برد و تمام نظرها و قضاوت‌های همهٔ i متخصص را به‌صورت زیر جمع‌آوری می‌کند:

$$\tilde{a}_j = \left(\min_i \{l_{ij}\}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} m_i, \max_i \{u_{ij}\} \right) = (l_j, m_j, u_j); i = 1,2,\dots,k; j = 1,2,\dots,n \quad (۱)$$

که در آن l_j، m_j و u_j کمترین مقدار، میانگین حسابی و بالاترین مقادیر عناصر اعداد فازی‌اند. شاخص‌های i و j به ترتیب خبرگان و ویژگی‌های کیفی را برمی‌شمارند (ابراهیمی و بریجلال[۴۲]، ۲۰۲۱).

۳-۲-۳- فازی‌زدایی داده‌ها

برای به دست آوردن وزن نهایی هر شاخص، عدد فازی هر شاخص ارزیابی باید با استفاده از روش مرکز ثقل، فازی‌زدایی شود. ما از روش مرکز ثقل ساده[۴۳] (SCGM) استفاده کرده‌ایم که رایج‌ترین روش برای ایجاد یک نتیجهٔ آزمودنی در فازی‌زدایی، برای دستیابی به اجماع دربارهٔ اهمیت متغیرهای شناسایی‌شده است که میانگین وزنی تابع عضویت را به شرح زیر محاسبه می‌کند (پادیلا ریورا و همکاران[۴۴]، ۲۰۲۱):

$$a_j = \frac{l_j + m_j + u_j}{3}, j = 1,2, \dots, k \quad (۲)$$

برای هر عدد فازی $\tilde{a}_j = (l_j, m_j, u_j)$؛ از این رو، a_j یک عدد غیرفازی شده است که نظر تجمیع‌شدهٔ همهٔ کارشناسان را دربارهٔ اثربخشی یک ویژگی کیفی نشان می‌دهد.

۳-۲-۴- غربالگری شاخص‌های ارزیابی

برای تعیین شاخص‌ها، باید مقدار آستانهٔ (α) را تعیین کرد تا شاخص‌های تأثیرگذارتر و مهم‌تر ازنظر گروه متخصصان انتخاب شوند. مقدار آستانه به مقیاس زبانی فازی و ترجیح کاربر بستگی دارد؛ به این معنی که هرچه سری مقیاس‌های زبانی فازی بیشتر باشد، α کوچک‌تر است و بالعکس (شن و همکاران[۴۵]، ۲۰۱۰). در این مطالعه، ما مقیاس ۵ فازی را اتخاذ کردیم؛ بنابراین، مقدار آستانه برای مقیاس فازی ۵ نقطه‌ای α = ۵/۶ است.

۳-۲-۵- انتخاب و تعیین شاخص‌ها

مرحلهٔ نهایی در FDM ایجاد فهرست نهایی شاخص‌ها براساس مقدار آستانه است. پس از فازی‌زدایی، منطق زیر ویژگی‌های کیفی نهایی را انتخاب می‌کند، به‌طوری که:

- اگر $a_j \geq \alpha$، فاکتور j به‌عنوان یک ویژگی کیفی برای مرحلهٔ بعد اضافه می‌شود.
- اگر $a_j < \alpha$، فاکتور j حذف می‌شود.

آستانهٔ کرونباخ α = ۵/۶ انتخاب شده است؛ یعنی اگر عدد فازی‌زدایی‌شدهٔ هر ویژگی کیفی، بزرگ‌تر یا مساوی ۵/۶ باشد، یک عامل ارزیابی واجد شرایط می‌شود و در غیر این صورت، حذف می‌شود. تکرارها تا زمانی ادامه می‌یابند که اختلاف بین میانگین مقدار هر ویژگی کیفی و مقدار تکرار قبلی کمتر یا مساوی ۰/۱ باشد (ابراهیمی و بریجلال، ۲۰۲۱).

۳-۳- تکنیک دیمتل فازی

قبل از اجرای روش دیمتل فازی، لازم است معیارهای ماتریس تصمیم‌گیری تکنیک دیمتل فازی تعیین شود؛ سپس برای حل و پیاده‌سازی تکنیک دیمتل فازی بر مدیریت زیست‌بوم و تعیین اولویت هریک از چهار رکن اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و نهادی می‌پردازیم (پیوست ۲). الگوریتم تکنیک دیمتل فازی اجراشده در این مطالعه، در زیر توضیح داده شده است:

گام ۱: ماتریس رابطهٔ مستقیم فازی را ایجاد کنید.

به‌منظور شناسایی مدل روابط بین n معیار، ابتدا یک ماتریس n × n تولید می‌شود؛ سپس از متغیر زبانی مطابق جدول ۳ در پنج مقیاس فازی استفاده می‌شود و متغیرهای فازی مثلثی مربوطه، محاسبه می‌شوند.

جدول ۳- رابطهٔ متناظر بین اصطلاحات زبانی و اعداد فازی

Table 3- The corresponding relations between fuzzy numbers and linguistic terms

اصطلاحات زبانی	اختصارات	اعداد فازی مثلثی
بدون تأثیر	NI	(۰، ۰ ، ۰/۲۵)
تأثیر بسیار کم	VL	(۰ ، ۰/۲۵ ، ۰/۵)
تأثیر کم	L	(۰/۲۵ ، ۰/۵ ، ۰/۷۵)
تأثیر زیاد	HL	(۰/۵ ، ۰/۷۵ ،۱)
تأثیر بسیار بالا	VH	(۰/۷۵ ،۱ ،۱)

برای تولید ماتریس رابطهٔ مستقیم z از میانگین حسابی همهٔ نظرهای خبرگان استفاده می‌شود.

$$z = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \tilde{z}_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{1n} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

گام ۲: ماتریس رابطهٔ مستقیم فازی را نرمال‌سازی کنید.

ماتریس رابطهٔ مستقیم فازی نرمال‌شده با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r}\right)$$

Where

$$r = \max_{i,j}\left\{\max_{i}\sum_{j=1}^{n} u_{ij}, \max_{j}\sum_{i=1}^{n} u_{ij}\right\} \quad i,j \in \{1,2,3,\dots,n\} \qquad (۳)$$

گام ۳: ماتریس کل رابطهٔ فازی را محاسبه کنید.

ماتریس کل رابطهٔ فازی با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{T} = \lim_{k\to+\infty}(\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}^k) \qquad (۴)$$

اگر هر عنصر از ماتریس کل رابطهٔ فازی به‌صورت $\tilde{t}_{ij} = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij})$ بیان شود، می‌توان آن را به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$[m''_{ij}] = x_m \times (I - x_m)^{-1} \qquad (۵)$$

به عبارت دیگر ابتدا ماتریس نرمال‌شدهٔ معکوس محاسبه و سپس از ماتریس I کم می‌شود؛ درنهایت، ماتریس نرمال‌شده در ماتریس حاصل، ضرب می‌شود.

گام ۴: فازی‌زدایی کنید.

روش CFCS ارائه‌شدهٔ اوپریکویک و تزنگ[۴۶] (۲۰۰۳) برای به دست آوردن یک مقدار قطعی از ماتریس کل رابطه استفاده شده است. مراحل روش CFCS به شرح زیر است:

$$l_{ij}^{n} = \frac{\left(l_{ij}^{t} - \min l_{ij}^{t}\right)}{\Delta_{min}^{max}}$$
$$m_{ij}^{n} = \frac{(m_{ij}^{t} - min\ l_{ij}^{t})}{\Delta_{min}^{max}}$$
$$u_{ij}^{n} = \frac{(u_{ij}^{t} - min\ l_{ij}^{t})}{\Delta_{min}^{max}} \qquad (۶)$$

So that

$$\Delta_{min}^{max} = \max u_{ij}^{t} - \min l_{ij}^{t}$$

محاسبهٔ مرزهای بالا و پایین مقادیر نرمال‌شده:

$$l_{ij}^{s} = {m_{ij}^{n}}\Big/{(1 + m_{ij}^{n} - l_{ij}^{n})}$$
$$u_{ij}^{s} = {u_{ij}^{n}}\Big/{(1 + u_{ij}^{n} - l_{ij}^{n})} \qquad (۷)$$

خروجی الگوریتم CFCS مقادیر دفازی شده است.

محاسبهٔ کل مقادیر دفازی‌شدهٔ نرمال‌شده:

$$x_{ij} = \frac{[l_{ij}^{s}(1 - l_{ij}^{s}) + u_{ij}^{s} \times u_{ij}^{s}]}{[1 - l_{ij}^{s} + u_{ij}^{s}]} \qquad (۸)$$

گام ۵: مقدار آستانه را تنظیم کنید.

مقدار آستانه باید برای محاسبهٔ ماتریس روابط داخلی به دست آید. بر این اساس، روابط جزئی نادیده گرفته می‌شود و نقشهٔ ارتباط شبکه[۴۷] (NRM) رسم می‌شود. فقط روابطی که مقادیر آنها در ماتریس T بیشتر از مقدار آستانه است، در NRM نشان داده می‌شوند. برای محاسبهٔ مقدار آستانهٔ روابط، کافی است مقادیر متوسط ماتریس T را محاسبه کنیم. پس از تعیین شدت آستانه، تمام مقادیر در ماتریس T، که کوچک‌تر از مقدار آستانه است، صفر می‌شوند؛ یعنی رابطهٔ علی ذکرشده در بالا، در نظر گرفته نمی‌شود.

گام ۶: خروجی نهایی و ایجاد نمودار رابطهٔ علی.

گام بعدی، یافتن مجموع هر سطر و هر ستون T است (در مرحلهٔ ۴). مجموع سطرها (D) و ستون‌ها (R) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$D = \sum_{j=1}^{n} T_{ij}$$
$$R = \sum_{i=1}^{n} T_{ij} \qquad (۹)$$

سپس، مقادیر D+R و D-R را می‌توان با D و R محاسبه کرد که در آن D+R نشان‌دهندهٔ درجه اهمیت فاکتور i در کل سیستم و D-R نشان‌دهندهٔ آثار خالصی است که عامل i به سیستم کمک می‌کند.

گام ۷: نتایج را تفسیر کنید.

با توجه به نمودارها و جداول، هریک از عوامل را می‌توان براساس جنبه‌های بردار افقی (D + R) و بردار عمودی (D-R) ارزیابی کرد.

۳-۴- روایی و پایایی پرسش‌نامه‌های پژوهش

مفهوم روایی به دقت ابزار اندازه‌گیری اشاره دارد و به این سؤال پاسخ می‌دهد که ابزار اندازه‌گیری تا چه حد خصیصهٔ مدنظر را می‌سنجد. یکی از روش‌های سنجش روایی پرسش‌نامه، روایی محتواست. اگر سؤالات پرسش‌نامه معرف ویژگی‌ها و مهارت‌های ویژهٔ مدنظر باشند، آزمون روایی محتوا دارد. معمولاً افراد متخصص در موضوع مطالعه‌شده، روایی محتوای یک آزمون را تعیین می‌کنند (سرمد و همکاران[۴۸]، ۲۰۰۷). در پرسش‌نامه‌های طراحی‌شده برای این پژوهش، برای ارتباط اجزای تشکیل‌دهنده با متغیرها، رابطهٔ محتوایی آنها با یکدیگر، واضح‌بودن و شکل ظاهری آنها، منطقی‌بودن و چیدمان آنها، از نظرهای خبرگان استفاده و روایی پرسش‌نامه‌ها تأیید شد. خبرگانی که نظرهایشان برای تأیید روایی پرسش‌نامه‌ها به کار برده شد، استاد راهنما و تعدادی از صاحب‌نظران حوزهٔ دانشگاهی بودند. همچنین از روش نسبت روایی محتوایی[۴۹] یا CVR استفاده شده است که روشی برای سنجش روایی پرسش‌نامه است. برای محاسبهٔ این نسبت، از دیدگاه‌های خبرگان و متخصصان دربارهٔ محتوای سنجش مدنظر بهره‌گیری می‌شود. اهداف آزمون و تعاریف عملیاتی مرتبط، به محتوای سؤالات پرسش‌نامه برای کارشناسان شرح داده می‌شود. پس از آن، از آنها درخواست می‌شود تا هریک از سؤالات را بر پایهٔ سه طیف «ضروری»، «مفید، ولی غیرضروری» و «ضرورتی ندارد» دسته‌بندی کنند. پس از گردآوری دیدگاه خبرگان با استفاده از رابطهٔ زیر، CVR محاسبه می‌شود:

$$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2} \qquad (۱۰)$$

در این فرمول n_e نشان‌دهندهٔ تعداد کارشناسانی است که گزینهٔ ضروری را انتخاب کرده‌اند و N بیانگر تعداد کل خبرگان است. حداقل CVR پذیرفتنی در روش لاوشه، براساس تعداد اعضای پانل تعیین می‌شود. هر چقدر اندازهٔ تعداد اعضای پانل بیشتر باشد، نسبت روایی محتوایی مورد نیاز برای باقی‌ماندن سؤال در پرسش‌نامه کمتر خواهد بود؛ بنابراین سؤالاتی که نسبت روایی محتوایی آنها حداقل CVR مورد نیاز کمتر شد، از پرسش‌نامه حذف شدند. برای تک تک سؤالات، نسبت روایی محتوا محاسبه شد. سؤالاتی که CVR آنها مساوی یا بیشتر از حداقل CVR مورد نیاز بودند، بی قید و شرط پذیرفته شدند و سؤالاتی که حداقل مقدار نسبت روایی را کسب نکردند، از پرسش‌نامه حذف شدند.

همچنین شاخص روایی محتوایی[۵۰] یا CVI نیز برای سنجش روایی پرسش‌نامه استفاده می‌شود. برای محاسبهٔ CVI از خبرگان خواسته می‌شود تا میزان ارتباط هر سؤال را با طیف چهار قسمتی لیکرت کاملاً مرتبط، مرتبط اما نیاز به بازبینی، غیر مرتبط و نیاز به بازبینی اساسی تعیین کنند. تعداد متخصصانی که گزینهٔ ۳ و ۴ را انتخاب کرده‌اند،

بر تعداد کل متخصصان تقسیم می‌کنیم، اگر مقدار به دست آمده کوچک‌تر از ۰/۷ بود، گویه رد می‌شود، چنانچه بین ۰/۷ تا ۰/۷۹ بود، نیاز به بازبینی دارد و چنانچه بزرگ‌تر از ۰/۷۹ بود، پذیرفتنی است. بعضی از سؤالات با توجه به نظر متخصصان، به اصلاح نیاز داشتند و با مختصری تغییر، جزء سؤالات پرسش‌نامه قرار گرفتند و برخی سؤالات حذف شدند. سرانجام پرسش‌نامه طی چندین مرحله ازلحاظ نحوهٔ سؤالات و محتوا بررسی و اصلاحات لازم انجام شد (لاوشه[۵۱]، ۱۹۷۵).

پایایی یک پرسش‌نامه، ثبات و هماهنگی منطقی پاسخ‌ها را در طی زمان، در پرسش‌نامه نشان می‌دهد. برای تعیین میزان پایایی باید از ضریب پایایی استفاده کرد. یکی از روش‌های برآورد ضریب پایایی و محاسبهٔ همسانی درونی اجزای تشکیل‌دهندهٔ پرسش‌نامه، روش آلفای کرونباخ است. گفته می‌شود اگر ضریب آلفای کرونباخ بیشتر از ۰/۷ باشد، آزمون از پایایی پذیرفتنی برخوردار است. با توجه به اینکه در این پژوهش، از دو پرسش‌نامه برای نظرسنجی از خبرگان استفاده شده است، الزامی به آزمون پایایی پرسش‌نامه وجود ندارد.

۴- یافته‌های پژوهش

جامعهٔ آماری پژوهش حاضر را خبرگان دانشگاهی و متخصصان آشنا به موضوع مدیریت زیست‌بوم تشکیل می‌دهند. با توجه به استفاده از FDM و تکنیک دیمتل فازی، دریافت و تجزیه و تحلیل اطلاعات از خبرگان و متخصصان امری ضروری است و معیارهای انتخاب کارشناسان، تسلط کامل بر موضوع، سابقهٔ کاری مرتبط، تمایل و توانایی برای شرکت در تحقیق و در دسترس بودن است.

۴-۱- تعیین شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم با استفاده از روش دلفی فازی

با توجه به بررسی پیشینهٔ تحقیق و مدل‌های موجود در حوزهٔ مدیریت زیست‌بوم، در گام اول، شاخص‌های پیشنهادی در قالب پرسش‌نامه براساس چهار رکن و ۳۶ شاخص برای کسب نظر خبرگان دانشگاهی براساس متغیرهای فازی طراحی شده است. همچنین از کارشناسان خواسته شد تا علاوه بر شاخص‌های شناسایی‌شدهٔ متناسب با شرایط EM، شاخص‌های پیشنهادی خود را در پرسش‌نامه مشخص کنند. نتایج نظرسنجی به دست آمده از پرسش‌نامهٔ دلفی در جدول ۴ بررسی و ارائه شده است که نتایج شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

۳۶ شاخص در اقدامات پیشنهادی اولیه انتخاب و پذیرفته شدند و توانستند به مقدار آستانهٔ α = ۵/۶ برسند. گفتنی است که بر شاخص‌های بررسی‌شده، اتفاق‌نظر وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد کارشناسان شاخص‌های I8 (علم و تکنولوژی) و I5 (نوآوری) را به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها در رکن اقتصادی، I11 (کیفیت هوا)، I12 (تصفیهٔ زباله) و I13 (بهره‌وری انرژی) را در رکن زیست‌محیطی، شاخص‌های I19 (فقر)، I18 (سلامت) و I28 (ایمنی و امنیت) را در رکن اجتماعی و I31 (اشتراک‌گذاری شفاف اطلاعات) و I36 (ثبات سیاسی) را در رکن نهادی به‌عنوان شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم رتبه‌بندی کردند.

جدول ۴- نتایج روش دلفی فازی با در نظر گرفتن ۴ رکن مدیریت زیست‌بوم

Table 4- The results of the fuzzy Delphi method considering ٤ pillars of EM

زیرسیستم اقتصادی (SS1)							زیرسیستم زیست‌محیطی (SS2)						
شاخص	ارزش فازی			مقدار دی‌فازی	وزن شاخص	رتبه	شاخص	ارزش فازی			مقدار دی‌فازی	وزن شاخص	رتبه
	L	M	U					L	M	U			
I1	۳	۳/۹۴۸۷	۵	۳/۹۷۴۳۵	0/11381	3	I10	۴	۴/۳۷۳۴	۵	۴/۴۳۶۷۲	0/13378	2
I2	۲	۳/۴۳۷۵	۵	۳/۴۶۸۷۷	0/09933	8	I11	۴	۴/۷۸۱۷	۵	۴/۶۴۰۸۸	0/13994	1
I3	۳	۳/۷۲۷۹	۵	۳/۸۶۳۹۶	0/11064	6	I12	۴	۴/۳۷۳۴	۵	۴/۴۳۶۷۲	0/13378	2
I4	۳	۳/۳۶۵۸	۴	۳/۴۳۲۹۳	0/0983	9	I13	۴	۴/۳۷۳۴	۵	۴/۴۳۶۷۲	0/13378	2
I5	۳	۴/۳۱۷۳	۵	۴/۱۵۸۶۸	0/11908	2	I14	۳	۳/۸۹۸۰	۵	۳/۹۴۹۰۲	0/11908	5
I6	۳	۳/۹۴۸۷	۵	۳/۹۷۴۳۵	0/11381	3	I15	۳	۳/۷۷۶۳	۴	۳/۶۳۸۱۷	0/10970	8
I7	۳	۳/۹۴۸۷	۵	۳/۹۷۴۳۵	0/11381	3	I16	۳	۳/۷۲۷۹	۵	۳/۸۶۳۹۹	0/11651	6
I8	۴	۴/۳۷۳۴	۵	۴/۴۳۶۷۲	0/12705	1	I17	۳	۳/۵۱۹۴	۵	۳/۷۵۹۷۴	0/11337	7
I9	۳	۳/۷۷۶۳	۴	۳/۶۳۸۱۸	0/10418	7							

زیرسیستم اجتماعی (SS3)							زیرسیستم نهادی (SS4)						
شاخص	ارزش فازی			مقدار دی‌فازی	وزن شاخص	رتبه	شاخص	ارزش فازی			مقدار دی‌فازی	وزن شاخص	رتبه
	L	M	U					L	M	U			
I18	۳	۳/۹۴۸۷	۵	۳/۹۷۴۳۵	0/08732	2	I30	۳	۳/۷۷۶۳۵	۴	۳/۶۳۸۱۷	0/13368	5
I19	۴	۴/۱۸۲۵۶	۵	۴/۳۴۱۲۷	0/09538	1	I31	۴	۴/۱۸۲۵۶	۵	۴/۳۴۱۲۷	0/15951	1
I20	۳	۳/۳۶۵۸۷	۴	۳/۴۳۲۹۳	0/07542	12	I32	۳	۳/۷۲۷۹۲	۵	۳/۸۶۳۹۵	0/14198	4
I21	۳	۳/۵۶۵۲	۴	۳/۵۳۲۶۰	0/07761	10	I33	۳	۴/۱۲۸۹۲	۵	۴/۰۶۴۴۵	0/14934	3
I22	۳	۳/۶۸۰۱۱	۵	۳/۸۴۰۰۵	0/08437	6	I34	۳	۳/۳۶۵۸۷	۴	۳/۴۳۲۹۳	0/12614	7
I23	۳	۳/۷۷۶۳۵	۴	۳/۶۳۸۱۷	0/07993	9	I35	۳	۳/۵۶۵۲	۴	۳/۵۳۲۶۰	0/12980	6
I24	۳	۳/۷۲۷۹۲	۵	۳/۸۶۳۹۵	0/08489	4	I36	۴	۴/۱۸۲۵۶	۵	۴/۳۴۱۲۷	0/15951	1
I25	۳	۳/۵۶۵۲	۴	۳/۵۳۲۶۰	0/07761	10							
I26	۳	۳/۷۲۷۹۲	۵	۳/۸۶۳۹۵	0/08489	4							
I27	۳	۳/۵۱۹۴۸	۵	۳/۷۵۹۷۴	0/08260	7							
I28	۳	۳/۹۴۸۷	۵	۳/۹۷۴۳۵	0/08732	2							
I29	۳	۳/۵۱۹۴۸	۵	۳/۷۵۹۷۴	0/08260	7							

۴-۲- بررسی رابطهٔ بین ارکان مدیریت زیست‌بوم با استفاده از دیمتل فازی

چهار رکن اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و نهادی برای ارزیابی ارکان EM توسط دیمتل فازی در نظر گرفته شده است. داده‌های اولیه براساس پاسخ کارشناسان و متخصصان دانشگاهی به پرسش‌نامهٔ مقایسهٔ زوجی جمع‌آوری شده است.

گام ۱: جدول۵ ماتریس رابطهٔ مستقیم را نشان می‌دهد که همان ماتریس مقایسهٔ زوجی خبرگان است.

جدول ۵- ماتریس رابطهٔ مستقیم

Table 5- The direct relation matrix.

	اقتصادی	زیست‌محیطی	اجتماعی	نهادی
اقتصادی	(0/000,0/000,0/000)	(0/650,0/900,1/000)	(0/700,0/950,1/000)	(0/600,0/850,1/000)
زیست‌محیطی	(0/450,0/700,0/950)	(0/000,0/000,0/000)	(0/450,0/700,0/900)	(0/300,0/550,0/800)
اجتماعی	(0/600,0/850,1/000)	(0/550,0/800,1/000)	(0/000,0/000,0/000)	(0/350,0/600,0/850)
نهادی	(0/700,0/950,1/000)	(0/500,0/750,0/950)	(0/550,0/800,1/000)	(0/000,0/000,0/000)

گام ۲: جدول ۶ نشان می‌دهد ماتریس رابطهٔ مستقیم فازی نرمال‌شده را می‌توان با استفاده از فرمول ۳ بـه دسـت آورد:

جدول ۶- ماتریس رابطهٔ مستقیم فازی نرمال‌شده

Table6- The normalized fuzzy direct-relation matrix

	اقتصادی	زیست‌محیطی	اجتماعی	نهادی
اقتصادی	(۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰)	(۰/۳۳۳ ،۰/۳۰۰ ،۰/۲۱۷)	(۰/۳۳۳ ،۰/۳۱۷ ،۰/۲۳۳)	(۰/۳۳۳ ،۰/۲۸۳ ،۰/۲۰۰)
زیست‌محیطی	(۰/۳۱۷ ،۰/۲۳۳ ،۰/۱۵۰)	(۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰)	(۰/۳۰۰ ،۰/۲۳۳ ،۰/۱۵۰)	(۰/۲۶۷ ،۰/۱۸۳ ،۰/۱۰۰)
اجتماعی	(۰/۳۳۳ ،۰/۲۸۳ ،۰/۲۰۰)	(۰/۳۳۳ ،۰/۲۶۷ ،۰/۱۸۳)	(۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰)	(۰/۲۸۳ ،۰/۲۰۰ ،۰/۱۱۷)
نهادی	(۰/۳۳۳ ،۰/۳۱۷ ،۰/۲۳۳)	(۰/۳۱۷ ،۰/۲۵۰ ،۰/۱۶۷)	(۰/۳۳۳ ،۰/۲۶۷ ،۰/۱۸۳)	(۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰ ،۰/۰۰۰)

گام ۳: جدول ۷ ماتریس رابطهٔ مستقیم فازی را نشان می‌دهد که با فرمول‌های ۴ و ۵ محاسبه شده است:

جدول ۷- ماتریس کل رابطهٔ فازی

Table 7- The fuzzy total-relation matrix

	اقتصادی	زیست‌محیطی	اجتماعی	نهادی
اقتصادی	(0/216,0/865,5/257)	(0/392,1/089,5/513)	(0/403,1/097,5/438)	(0/330,0/948,5/097)
زیست‌محیطی	(0/272,0/856,5/024)	(0/142,0/663,4/789)	(0/272,0/851,4/952)	(0/200,0/718,4/622)
اجتماعی	(0/339,0/969,5/303)	(0/328,0/955,5/309)	(0/172,0/743,4/987)	(0/237,0/798,4/880)
نهادی	(0/391,1/063,5/445)	(0/342,1/015,5/440)	(0/354,1/025,5/377)	(0/154,0/692,4/789)

گام ۴: جدول ۸ محاسبهٔ کل مقادیر قطعی نرمال‌شده را با استفاده از فرمول‌های ۶، ۷ و ۸ نشان می‌دهد:

جدول ۸- ماتریس کل رابطهٔ قطعی

Table 8- The crisp total-relation matrix

	اقتصادی	زیست‌محیطی	اجتماعی	نهادی
اقتصادی	1/595	1/81	1/804	1/628
زیست‌محیطی	1/559	1/369	1/543	1/38
اجتماعی	1/688	1/679	1/46	1/481
نهادی	1/78	1/743	1/739	1/382

گام ۵: در این مطالعه مقدار آستانه برابر با ۱/۶۰۳۱ است. تمام مقادیر موجود در ماتریس T که کوچک‌تر از ۱/۶۰۳۱ هستند، بر صفر تنظیم می‌شوند؛ یعنی رابطهٔ علی مذکور در نظر گرفته نمی‌شود. مدل روابط معنادار در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹- ماتریس روابط کل قطعی با در نظر گرفتن مقدار آستانه

Table 9- The crisp total- relationships matrix by considering the threshold value

	اقتصادی	زیست‌محیطی	اجتماعی	نهادی
اقتصادی	0	1/81	1/804	1/628
زیست‌محیطی	0	0	0	0
اجتماعی	1/688	1/679	0	0
نهادی	1/78	1/743	1/739	0

گام ۶: جدول ۱۰ خروجی نهایی را با استفاده از فرمول ۹ نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- خروجی نهایی

Table10- The final results

	R	D	D+R	D-R
اقتصادی	6/622	6/837	13/459	0/216
زیست‌محیطی	6/601	5/85	12/451	-0/751
اجتماعی	6/546	6/308	12/855	-0/238
نهادی	5/871	6/644	12/515	0/773

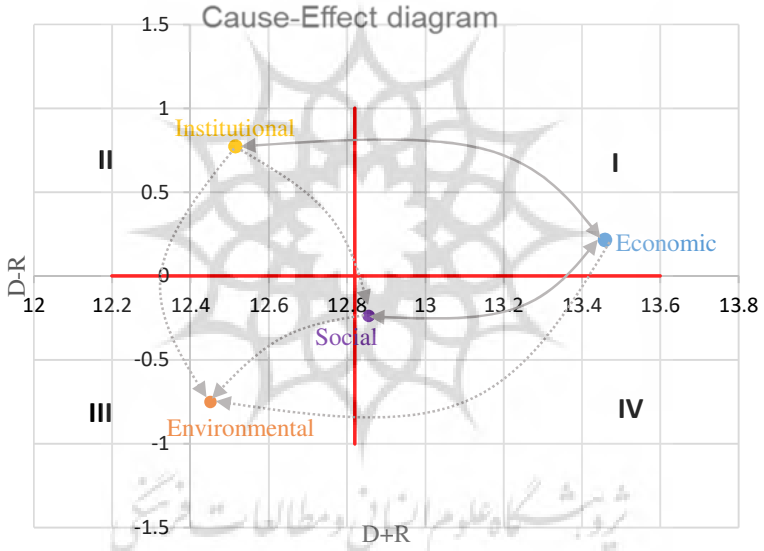
شکل ۳ مدل روابط معنادار را نشان می‌دهد. این مدل را می‌توان به‌صورت نموداری نشان داد که در آن مقادیر (D+R) در محور افقی و مقادیر (D-R) در محور عمودی قرار می‌گیرند. موقعیت و اثر متقابل هر عامل، با یک نقطه در مختصات (D+R, D-R) توسط سیستم مختصات تعیین می‌شود.

گام ۷: نتایج نشان می‌دهد عاملی که بیشترین تأثیر مستقیم و غیرمستقیم را دارد، رکن اقتصادی است؛ درحالی‌که رکن زیست‌محیطی عاملی است که کمترین تأثیر را بر عوامل دیگر دارد. ارکان اقتصادی و اجتماعی در موقعیتی بالاتر از میانگین قرار می‌گیرند. مقادیر کمتر از میانگین، ارکان نهادی و محیطی را مشخص می‌کند. مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار D+R را رکن اقتصادی به دست می‌آورد و نشان‌دهندهٔ نقش کلیدی آن در فرآیند تعیین تأثیر کل عوامل است.

اگر شکل کاهش‌یافتهٔ ماتریس تأثیر کل را (جدول ۸) تجزیه و تحلیل کنیم، درجهٔ اتصال متقابل هر عامل، کاملاً نشان داده می‌شود. پس از محاسبهٔ ماتریس T، جایی است که آستانهٔ تأثیر کل به‌عنوان میانگین برای همهٔ عناصر در ماتریس برآورد شد و مقدار آن را ۱/۶۰۳۱ قرار دادیم. براساس جدول ۹، تمامی عوامل با ارکان اقتصادی و نهادی رابطهٔ معناداری (۱/۶۰۳۱<) دارند و بیشترین برتری را از خود نشان می‌دهند. گروه علت (D-R > 0) شامل دو عامل، یعنی ارکان نهادی و اقتصادی است. تا حد زیادی، بالاترین ارزش رابطه، توسط ستون نهادی اتخاذ می‌شود و

ثابت می‌کند این عامل بیشترین تأثیر را بر دیگران می‌گذارد. رکن اقتصادی در جایگاه بعدی قرار می‌گیرد که کمترین تأثیر را بر عوامل دیگر دارد. عوامل دیگر، ارکان زیست‌محیطی و اجتماعی‌اند که بـه گـروه تـأثیر (D-R < 0) تعلـق دارند و تحت تأثیر عوامل علی‌اند. عاملی که در این گروه بیشترین تأثیر را می‌گیرد، عوامل اجتماعی و محیطی‌اند که کمتر از عوامل دیگر تأثیر می‌گیرند.

یک نقشهٔ روابط تأثیرگذار[۵۲] (IRM) که براساس D+R و D-R ایجاد شده است، دسته‌بنـدی نقـش عوامـل را در یک سیستم امکان‌پذیر می‌کند (شکل ۳). IRM با محاسبهٔ میانگین (D+R) و ۰ برای (D-R) به چهار مربع از I تا IV تقسیم می‌شود (میروسلاو–سویانک و همکاران[۵۳]، ۲۰۲۱). عواملی که در مربع I قرار دارند، عوامل اصـلی شناسـایی می‌شوند؛ زیرا رتبه و رابطهٔ بالایی دارند. عوامل در مربع II به‌عنوان عوامل محرک طبقه‌بنـدی مـی‌شـوند؛ زیـرا رتبـهٔ پایین دارند، اما رابطهٔ بالایی‌اند. همچنین عواملی که در مربع III قرار دارند، عوامل مسـتقل یـا گیرنـده‌هـای مسـتقل تعیین می‌شوند؛ زیرا رتبه و رابطهٔ پایینی دارند. علاوه بر این، فاکتورهایی که در مربع IV قرار دارند، ضریب تأثیر یـا گیرنده‌های درهم‌تنیده نامیده می‌شوند؛ زیرا با رتبهٔ بالا و رابطهٔ پایین نمایش داده می‌شوند.



شکل ۳- نمودار علت و معلولی و نقشهٔ رابطه تأثیرگذار (IRM) عوامل

Fig. 3- The cause-effect diagram and Influential Relation Map of the factors

پس از اعمال این طبقه‌بندی، می‌توان نتیجه گرفت که رکن اقتصادی متعلق به گـروه I، مهـم‌تـرین گـروه عوامـل است؛ زیرا بر عوامل دیگر تأثیر می‌گذارد و در عین حال، ارتباط معنی‌داری با آنها دارد. رکن نهادی متعلق بـه گـروه دوم، گروه عوامل مهم است و بیشتر بر عوامل دیگر تأثیر می‌گذارد، اما ارتباط ضعیفی با آنها دارد؛ بنابراین، می‌تـوان آن را در یک سیستم به‌عنوان یک علت مستقل در نظر گرفت. گروه III که گروه عوامل مستقل اسـت، شـامل رکـن زیست‌محیطی است. آنها آثارند (D-R < 0)، و در عین حال، ارتباط ضعیفی با عوامل دیگـر دارنـد. همچنـین عامـل باقی‌مانده، رکن اجتماعی متعلق به گروه چهارم و گروه عوامل غیرمستقیم است. آنها در عین حال کـه بـه‌شـدت بـا عوامل دیگر مرتبط‌اند، در گروه آثار عوامل مؤثر بر مدیریت زیست‌بوم قرار دارند.

همچنین از ماتریس T که در جدول۸ نشان داده شده است، برای رسم روابط بین عوامل در نمودار IRM نیز استفاده شد که در آن، فقط مقادیر بالاتر از مقدار آستانه نشان داده شده‌اند. ما از یک خط پیوسته برای نشان‌دادن یک رابطهٔ دو جهتهٔ درخور توجه استفاده کرده‌ایم، درحالی‌که یک خط نقطه‌چین، یک رابطهٔ یک طرفهٔ چشمگیر را نشان می‌دهد. همچنین اندازهٔ نماد با مقیاس تغییرات D+R مطابقت دارد. رکن اقتصادی رابطهٔ دوسویهٔ معناداری با ارکان نهادی و اجتماعی دارد.

به‌علاوه، در جدول ۱۱ ماتریس نفوذ خالص (*NeT*) را نشان داده‌ایم. عناصر در این جدول، نشان‌دهندهٔ تأثیر خالص یک عامل خاص است. این تأثیرات بین عوامل، ازطریق فرمول ۱۱ برای ارزیابی ارزش تأثیر یک عامل بر دیگری محاسبه می‌شوند.

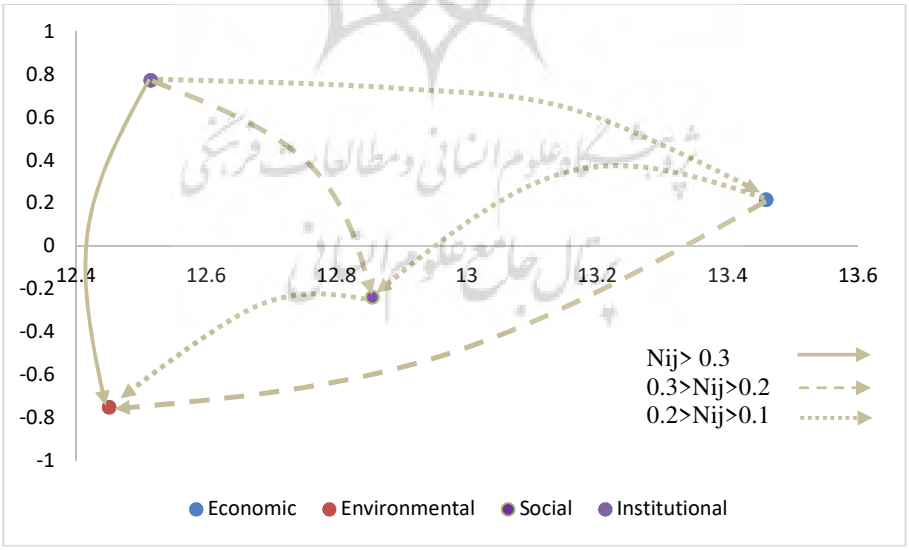
$$Net_{ij} = t_{ij} - t_{ji} \quad (۱۱)$$

جدول ۱۱- ماتریس نفوذ خالص (*NeT*)

Table 11- Net influence matrix (*NeT*)

	اقتصادی	زیست‌محیطی	اجتماعی	نهادی
اقتصادی		0/251	0/116	
زیست‌محیطی				
اجتماعی			0/136	
نهادی	0/152	0/363	0/258	

در ادامه، یک نمودار جهت‌دار غیرچرخه‌ای و نامتقارن به نام نقشهٔ تأثیر خالص کل با استفاده از ماتریس *NeT* (شکل ۴) ایجاد شده است.



شکل ۴- نقشهٔ تأثیر خالص کل

Fig. 4- The total NeT influence map

همان‌طور که در شکل ۴ منعکس شده است، نقشهٔ تأثیر خالص عامل کل توسعه‌یافته، قطعاً ماهیت علی ارکان اقتصادی و نهادی و ماهیت معلولی ارکان اجتماعی و زیست‌محیطی را تأیید می‌کند. اگرچه رکن اقتصادی به گروه علت تعلق دارد، تحت تأثیر رکن نهادی است.

۵- بحث

با توجه به شکل ۳ و جدول ۱۰، هریک از عوامل را می‌توان براساس جنبه‌های زیر ارزیابی کرد:

– بردار افقی (D + R) نشان‌دهندهٔ درجه اهمیت بین هر عامل در کل سیستم است. به عبارت دیگر، (D + R) هم تأثیر عامل i را بر کل سیستم و هم تأثیر عوامل دیگر سیستم را بر عامل نشان می‌دهد. ازنظر درجه اهمیت، رکن اقتصادی در رتبهٔ اول و رکن اجتماعی، نهادی و محیط‌زیستی در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

– بردار عمودی (D-R) میزان تأثیر یک عامل را بر سیستم نشان می‌دهد. به‌طور کلی، مقدار مثبت D-R یک متغیر علی را نشان می‌دهد و مقدار منفی D-R نشان‌دهندهٔ یک اثر است. در این پژوهش ازنظر میزان تأثیرگذاری، رکن اقتصادی و نهادی به‌عنوان یک متغیر علی[۵۴] و رکن محیط‌زیستی و اجتماعی به‌عنوان یک اثر[۵۵] در نظر گرفته شده است.

درنهایت با توجه به نتایج به‌کارگیری مدل تلفیقی FDM و تکنیک دیمتل فازی، به این نتیجه می‌رسیم که برای مدیریت بهتر اکوسیستم، توجه بیشتر به شاخص‌های مؤثر در ارکان علی ضروری است؛ درنتیجه، اشتراک شفاف اطلاعات و شاخص‌های ثبات سیاسی در رکن علی نهادی و شاخص‌های علم و فناوری و نوآوری در رکن علی اقتصادی، مؤثرتر از دیگر شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم‌اند. این نتیجه حاکی از آن است که تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران باید تخصیص منابع و بودجه بیشتری را برای بهبود علم و فناوری، کیفیت هوا، فقر و به اشتراک گذاری شفاف اطلاعات در نظر بگیرند.

همان‌طور که در جدول ۱۰ نشان داده شده است، رکن نهادی عمیقاً بر رکن محیطی تأثیر می‌گذارد. به‌علاوه، رکن اقتصادی به‌شدت بر رکن محیطی تأثیر می‌گذارد و پیچیدگی مدیریت زیست‌بوم را دو چندان می‌کند. با توجه به جدول ۱۱، رکن نهادی به‌شدت بر رکن اجتماعی تأثیر می‌گذارد. به‌علاوه، نتایج نشان داد که رکن نهادی می‌تواند به افزایش در رکن اقتصادی منجر شود. همچنین، رکن اقتصادی بر رکن اجتماعی و متعاقباً رکن اجتماعی بر رکن محیطی تأثیر می‌گذارد. درنتیجه، یافته‌های ما قویاً نشان می‌دهد که ارکان نهادی و اقتصادی هنوز تأثیرگذارترین عوامل EM هستند. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، تجزیه و تحلیل‌ها حاکی از یک اجماع روشن و واضح در بین متخصصان است که رکن زیست‌محیطی می‌تواند یک عامل بسیار آسیب‌پذیر باشد. براساس نتایج، در گروه علت، ارکان نهادی و اقتصادی تأثیرگذارترین عواملی‌اند که می‌توانند برای مدیریت زیست‌بوم مشکل‌ساز باشند و آن را به چالش بکشند.

مقایسهٔ این مطالعه با دیگر مطالعات مرتبط، برای درک بهتر مدیریت اکوسیستم و شاخص‌های آن و همچنین توانمندی‌ها و محدودیت‌های روش‌ها و رویکردهای مختلف مفید خواهد بود. برخی از جنبه‌های ممکن برای مقایسه عبارت‌اند از:

- روش‌شناسی: این مطالعه از روش دلفی فازی و تکنیک دیمتل فازی برای شناسایی و اعتبارسنجی شاخص‌های مؤثر بر مدیریت اکوسیستم استفاده کرد. مطالعهٔ میستری و برادی[۵۶] (۲۰۱۶)، نقشه‌برداری مشارکتی و مصاحبه با سهام‌داران محلی را برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری اکوسیستم در یک جامعهٔ روستایی در برزیل به کار برد. سانگ و چونگ[۵۷] (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای، از یک رویکرد تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی اثربخشی استراتژی‌های حفاظتی مختلف برای منطقهٔ غیرنظامی کره استفاده کردند. این مطالعات روش‌های جایگزینی را برای شناسایی و ارزیابی شاخص‌های مدیریت اکوسیستم نشان می‌دهند و می‌توانند تکنیک‌های دلفی فازی و دیمتل فازی استفاده شده در مطالعه را تکمیل کنند.
- شاخص‌ها: این مطالعه چندین شاخص را در ستون‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و نهادی شناسایی کرد. مطالعات دیگر ممکن است بر شاخص‌های مختلف متمرکز شده باشند یا از چارچوب‌های متفاوتی برای دسته‌بندی آنها استفاده کرده باشند. مایس و همکارانش[۵۸] (۲۰۱۶) در مطالعهٔ خود، یک گونه‌شناسی را از خدمات اکوسیستم و شاخص‌های آنها در سراسر اروپا براساس بررسی پژوهش‌ها و مشاورهٔ تخصصی ایجاد کردند. در مطالعهٔ دیگری که پاسکوال و همکاران[۵۹] (۲۰۱۷) انجام دادند، از یک نظرسنجی جهانی برای شناسایی مهم‌ترین خدمات اکوسیستمی و عواملی استفاده کردند که بر ارائهٔ آنها تأثیر می‌گذارند. این مطالعات نشان می‌دهند چگونه چارچوب‌ها و حوزه‌های مختلف تحلیل می‌توانند به مجموعه‌های متفاوتی از شاخص‌ها منجر شوند و مبادلات و هم‌افزایی بین خدمات مختلف اکوسیستم را برجسته کنند. مقایسهٔ شاخص‌های استفاده‌شده در مطالعات مختلف، می تواند دیدگاه وسیع‌تری را دربارهٔ عوامل موثر بر مدیریت اکوسیستم و اهمیت نسبی آنها ارائه دهد.
- یافته‌ها: این مطالعه نشان داد ارکان نهادی و اقتصادی نسبت‌به ارکان زیست‌محیطی و اجتماعی، تأثیر بیشتری در مدیریت اکوسیستم دارند. مطالعات دیگر بسته به تمرکز، روش‌شناسی و شاخص‌هایشان ممکن است به نتایج مشابه یا متفاوتی رسیده باشند. مطالعهٔ لیو و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی که تنوع و اتصال اجتماعی-اکولوژیکی را در اولویت قرار می‌دهند، در برابر اختلالات انعطاف‌پذیرترند و ازنظر خدمات اکوسیستمی نتایج بهتری دارند. پژوهش لاو و همکاران[۵] (۲۰۱۵) نشان داد تغییر کاربری زمین و تغییرات آب و هوایی، مهم‌ترین محرک‌های از دست دادن تنوع زیستی و کاهش خدمات اکوسیستمی در جنوب شرقی آسیا هستند. این مطالعات نشان می‌دهند چگونه زمینه‌ها و دیدگاه‌های مختلف می‌توانند به نتایج متفاوتی دربارهٔ محرک‌ها و نتایج مدیریت اکوسیستم منجر شوند. مقایسهٔ نتایج مطالعات مختلف می‌تواند به شناسایی الگوها و تغییرات در روابط بین مدیریت اکوسیستم و محرک‌های آن کمک کند.
- پیامدها: این مطالعه پیشنهاد کرد که تصمیم‌گیرندگان و مدیران می‌توانند از شاخص‌های شناسایی‌شده برای رسیدگی به مشکلات اکوسیستم استفاده کنند. مطالعات دیگر ممکن است براساس یافته‌های خود، مداخلات یا استراتژی‌های متفاوتی را پیشنهاد کرده باشند. سیتاس و همکارانش[۶۰] (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای از تحلیل سناریو برای بررسی مبادلات و هم‌افزایی بین حفاظت از تنوع زیستی و اهداف توسعهٔ انسانی در آفریقای جنوبی استفاده کردند. پژوهش دیگری که راکلشاوس و همکاران[۶۱] (۲۰۱۵) انجام دادند، چارچوبی را برای ادغام خدمات اکوسیستم در فرآیندهای تصمیم‌گیری در ایالات متحده پیشنهاد کرد. این مطالعات نشان می‌دهند که چگونه رویکردهای مختلف مدیریت اکوسیستم، می‌توانند پیامدهای متفاوتی را برای سیاست‌گذاری و حاکمیت داشته باشند و چگونه سناریوها

و چارچوب‌ها می‌توانند به ذی‌نفعان کمک کنند تا پیچیدگی چالش‌های مدیریت اکوسیستم را هدایت کنند. مقایسهٔ پیامدهای مطالعات مختلف، می‌تواند بینشی را دربارهٔ امکان‌سنجی و اثربخشی رویکردهای مختلف برای مدیریت اکوسیستم ارائه دهد.

۶- نتیجه‌گیری

در این مطالعه از یک چارچوب سه فازی استفاده شده است. در فاز اول، شاخص‌های مختلف مرتبط با مدیریت زیست‌بوم شناسایی و با بررسی پژوهش‌ها و نظر کارشناسان، نهایی می‌شوند. در فاز دوم، با استفاده از FDM، مهم‌ترین شاخص‌ها در هر رکن از EM رتبه‌بندی شده‌اند. در فاز سوم، از رویکرد دیمتل فازی برای تحلیل ارکان، برای درک اهمیت آنها و برای مدیریت زیست‌بوم استفاده و رابطهٔ علت‌ومعلولی بین عوامل ایجاد می‌شود.

تجزیه و تحلیل مدیریت زیست‌بوم با تکنیک دیمتل فازی نشان داد که رکن نهادی، تأثیرات جدی و مهمی را بر دیگر ارکان شناسایی‌شده دارد. همچنین، مشخص شد که رکن اقتصادی دومین عامل تأثیرگذار است. با استفاده از FDM، به ترتیب شاخص‌های علم و فناوری و نوآوری به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها در رکن اقتصادی، شاخص‌های کیفیت هوا، تصفیهٔ پسماند و بهره‌وری انرژی در رکن محیط‌زیست، شاخص‌های فقر، سلامت، ایمنی و امنیت در رکن اجتماعی و شاخص‌های اشتراک شفاف اطلاعات و ثبات سیاسی در رکن نهادی، مهم‌ترین و تأثیرگذارترین شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم شناسایی شده‌اند.

از نوآوری‌های این مطالعه که تمایز دقیق و روشنی را بین این مطالعه و هر مطالعهٔ مرتبط دیگری ایجاد می‌کند، ارائهٔ یک چارچوب مناسب برای تحلیل مدیریت زیست‌بوم، همچنین ترکیب رویکردهای دلفی فازی و دیمتل فازی است که در زمینهٔ مدیریت اکوسیستم نوآورانه است؛ زیرا امکان شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌ها را فراهم می‌کند. از دیگر نوآوری‌های این پژوهش، استفاده از مجموعه‌های فازی برای مقابله با ابهام نظرهای کارشناسان و ترکیب منطق فازی است؛ زیرا استفاده از منطق فازی در رویکردها می‌تواند به کنترل عدم قطعیت و نبود دقت ذاتی در شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مدیریت اکوسیستم کمک کند و به نتایج دقیق‌تر و مطمئن‌تری منجر شود. درنتیجه، با شناسایی و اولویت بندی مهم‌ترین شاخص‌ها، رویکردها می‌توانند به بهبود اثربخشی مدیریت اکوسیستم کمک کنند؛ زیرا تصمیم‌گیرندگان می‌توانند منابع و تلاش‌های خود را بر حوزه‌هایی متمرکز کنند که بیشترین اهمیت را دارند. همچنین استفاده از شاخص‌ها و رویکردهای استانداردشده، امکان مقایسهٔ بین اکوسیستم‌های مختلف را فراهم می‌کند و بینش‌هایی را دربارهٔ شباهت‌ها و تفاوت‌ها در نیازهای مدیریتی آنها ارائه می‌دهد. به‌علاوه استعلام نظر کارشناسان دربارهٔ تعیین روابط متقابل بین ارکان مدیریت زیست‌بوم و استفاده از دیدگاه‌های کارشناسان و دانشگاهیان برای شناسایی مهم‌ترین و تأثیرگذارترین شاخص‌های مدیریت زیست‌بوم، از دیگر نوآوری‌های این پژوهش است.

در حالی که شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مدیریت اکوسیستم با استفاده از رویکردهای دلفی فازی و دیمتل فازی می‌تواند مزایای متعددی داشته باشد، محدودیت‌هایی نیز برای تحقیق وجود داشت. این محدودیت‌ها عبارت‌اند از:

- تعداد متخصصان شرکت‌کننده: اگرچه در این مطالعه تعداد درخور توجهی از صاحب‌نظران و متخصصان برای پاسخ به پرسش‌نامه‌ها شرکت داشتند، با این حال تعداد محدود متخصصان می‌تواند به محدودیت امکان تعمیم نتایج منجر شود. در صورت افزایش تعداد و در دسترس بودن متخصصان، روش یکپارچه می‌تواند به‌عنوان چارچوبی برای توسعهٔ تجزیه و تحلیل‌ها عمل کند.
- سوگیری خبرگان: نتایج مطالعه ممکن است تحت تأثیر نظرها و سوگیری‌های کارشناسان درگیر در فرآیند شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌ها قرار گیرد.
- دامنهٔ محدود: محدودهٔ مطالعه ممکن است به یک اکوسیستم یا منطقهٔ خاص محدود شود و شاخص‌های شناسایی‌شده احتمالاً برای دیگر اکوسیستم‌ها یا مناطق اجراشدنی نباشد. براساس روابط علت‌ومعلولی بین ارکان مطالعه‌شده، می‌توان با استفاده از یک نمونهٔ بزرگ‌تر، یک فرضیه را گسترش داد و اعتبارسنجی‌اش کرد.
- فقدان داده‌های تجربی: شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌ها ممکن است براساس نظرهای متخصصان باشد تا داده‌های تجربی که می‌تواند به قضاوت‌های ذهنی منجر شود.
- چالش‌های جمع‌آوری داده‌ها: جمع‌آوری داده‌ها بر شاخص‌های شناسایی‌شده، ممکن است چالش‌برانگیز باشد؛ به‌ویژه در اکوسیستم‌هایی با منابع محدود یا جایی که داده‌ها کمیاب‌اند.
- پیچیدگی رویکردها: رویکردهای دلفی فازی و دیمتل فازی ممکن است پیچیده باشند و برای پیاده سازی به سطح بالایی از تخصص نیاز دارند که می‌تواند کاربرد آنها را در برخی زمینه‌ها محدود کند.

برای رفع این محدودیت‌ها و پیشبرد بیشتر تحقیق در این زمینه، برخی از پیشنهادهای آینده می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- مشارکت بیشتر ذی‌نفعان: علاوه بر کارشناسان، مشارکت دیگر ذی‌نفعان، مانند جوامع محلی، سازمان های غیردولتی و سازمان های دولتی می‌تواند دیدگاه های متنوعی را دربارهٔ مدیریت اکوسیستم ارائه و مشروعیت شاخص‌های شناسایی‌شده را افزایش دهد.
- استفاده از داده‌های تجربی: گنجاندن داده‌های تجربی در شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌ها می‌تواند عینیت نتایج را افزایش دهد.
- آزمایش شاخص‌های شناسایی‌شده: آزمایش شاخص‌های شناسایی‌شده در عمل می‌تواند بینشی راجع به اثربخشی و ارتباط آنها ارائه دهد و به اصلاح و بهبود رویکرد کمک کند.
- ساده‌سازی رویکردها: ساده‌سازی رویکردهای دلفی فازی و دیمتل فازی و در دسترس‌تر کردن آنها، می‌تواند پذیرش و کاربرد آنها را در طیف وسیع‌تری از زمینه‌ها افزایش دهد.
- ارزیابی تأثیر: ارزیابی تأثیر شاخص های شناسایی‌شده بر نتایج مدیریت اکوسیستم، شواهدی از اثربخشی آنها را ارائه می‌دهد و به بهبود شیوه‌های مدیریت اکوسیستم کمک می‌کند.

کمبود سرمایه‌گذاری و بودجه در علم و فناوری، تحولات اقتصادی را تضعیف کرده است؛ بنابراین، دولت‌ها باید شرایط مساعدی را ازطریق علم و فناوری و سیاست‌های نوآوری ایجاد و در عین حال بخش خصوصی را به نوآوری، انطباق و پذیرش تشویق کنند. هم‌زمان، دولت‌ها باید بر طراحی اکوسیستمی سرمایه‌گذاری کنند که سرمایه‌گذاری در علم و فناوری را تسهیل می‌کند؛ به‌گونه‌ای که نه‌تنها ابداع را تسریع کند، اجازه دهد نوآوری‌ها

سریع‌تر وارد بازار شوند. راه‌حل‌های پیشنهادی برای بهبود شاخص‌های زیست‌محیطی مانند کیفیت هوا، افزایش تولید سوخت‌های تجدیدپذیر و انرژی پاک، صرفه‌جویی و بهره‌وری انرژی و حمل‌ونقل سازگار با محیط‌زیست است. در رکن اجتماعی، ۵ راه مؤثر برای کاهش فقر در جهان، توسعه و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های رشد اقتصادی سریع و پایدار، ایجاد و بهبود دسترسی به مشاغل، توسعهٔ تدریجی سیستم‌های حمایت اجتماعی و دسترسی به فناوری و نوآوری بیان شده است. همچنین، دولت‌ها و دیگر ذی‌نفعان باید به‌طور مستمر، مراقب خطراتی باشند که امنیت ساکنان و شهروندانشان را در چهار حوزهٔ متقاطع امنیت فیزیکی، دیجیتال، اقتصادی و اجتماعی تهدید می‌کند. در رکن نهادی موفقیت عوامل اجرای شفافیت داده‌های باز، شامل جنبه‌های سیاسی و قانونی، جنبه‌های فنی و ارزیابی آمادگی و پیشرفت است.

References

Alfsen, K. & Greaker, M. (2007). From natural resources and environmental accounting to construction of indicators for sustainable development. *Ecological Economics*, 61(4), 600-610. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.017.

Anastasiadou, K. Gavanas, N. Pyrgidis, C. Pitsiava-Latinopoulou, M. (2021). Identifying and Prioritizing Sustainable Urban Mobility Barriers through a Modified Delphi-AHP Approach. *Sustainability*. 13(18), 10386. https://doi.org/10.3390/su131810386.

Bui, T. D., Tsai, F. M., Tseng, M. L., & Ali, M. H. (2020). Identifying sustainable solid waste management barriers in practice using the fuzzy delphi method. *Resources, Conservation and Recycling*, 154(4), https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104625

Calicioglu, Ö. & Bogdanski, A. (2021). Linking the bioeconomy to the 2030 sustainable development agenda: Can SDG indicators be used to monitor progress towards a sustainable bioeconomy? *New Biotechnology*, 61(6), 40-49. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.10.010.

Cameron Devitt, S.E., J. R. Seavey, S. Claytor, T. Hoctor, M. Main, O. Mbuya, R. Noss, C. Rainyn. (2012). *Florida Biodiversity Under a Changing Climate*. Florida Climate Task Force.

Chen, T. & Lin, C. (2022). An FGM decomposition-based fuzzy MCDM method for selecting smart technology applications to support mobile health care during and after the COVID-19 pandemic. *Applied soft computing*, 121(1), 108758. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.108758.

Choi, H.C. & Sirakaya, E. (2006). Sustainability indicators for managing community tourism. *Tourism Management*, 27(6), 1274-1289. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.05.018.

Doody, D. & Kearney, P. & Barry, J. & Moles, R. & O'Regan, B. (2009). Evaluation of the Q-method as a method of public participation in the selection of sustainable development indicators. *Ecological Indicators*, 9 (6), 1129-1137. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.12.011.

Dormoy, C. & Lavoux T. (1998). *Testing United Nations Indicators of Sustainable Development - Report produced by France: Summary of results*. Institut Francais De L'environnement.

Ebrahimi, S. & Bridgelall, R. (2021). A fuzzy Delphi analytic hierarchy model to rank factors influencing public transit mode choice: A case study. *Research in Transportation Business & Management*, 39, 100496. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100496.

Eustachio, J. Caldana, A., Liboni, L. & Martinelli, D. (2019). Systemic indicator of sustainable development: Proposal and application of a framework. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118383. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118383

Fareg, F., Zare Mehrjerdi, T., Saleh Owlia, M. (2023). Investigating the factors affecting customer satisfaction using fuzzy Delphi and system dynamics approaches. *Production and Operations Management University of Isfahan*, 13(4), 2423-6950. https://doi.org/10.22108/pom.2022.133407.1440.

Fraser, E., Dougill, A., Mabee, W., Reed, M. & McAlpine, P. (2006). Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. *Journal of Environmental Management*, 78(2), 114-127. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.009.

García-Melón, M., Gómez-Navarro, T. & Acuna-Dutra, S. (2012). A combined ANP-delphi approach to evaluate sustainable tourism. *Environmental Impact Assessment Review*, 34, 2012, 41-50. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.12.001.

Golusin, M. & Ivanović, O. (2009). Definition, characteristics and state of the indicators of sustainable development in countries of Southeastern Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130(1–2), 67-74. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.11.018.

Gomes, L., Facin, A., Leal, L., Zancul, E., Salerno, M. & Borini, F. (2022). The emergence of the ecosystem management function in B2B firms. *Industrial Marketing Management*, 102(2), 465-487. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.12.015.

Hak, T. Kovanda, J., Weinzettel, J. (2012). A method to assess the relevance of sustainability indicators: Application to the indicator set of the Czech Republic's Sustainable Development Strategy. *Ecological Indicators*, 17(2012), 46-57. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.034.

Hosseini, S., Paydar, M. M. & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2021). Recovery solutions for ecotourism centers during the Covid-19 pandemic: Utilizing Fuzzy DEMATEL and Fuzzy VIKOR methods. *Expert Systems with Applications*, 185(6), 115594. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115594.

Iqbal, A. Abdullah, Y. Nizami, A.S. Sultan, I.A. Sharif, F. (2022). Assessment of Solid Waste Management System in Pakistan and Sustainable Model from Environmental and Economic Perspective. *Sustainability*, 14(19), 12680. https://doi.org/10.3390/su141912680.

Jindal, A. Sharma, S. K., Sangwan, K. S. & Gupta, G. (2021). Modelling Supply Chain Agility Antecedents Using Fuzzy DEMATEL. *Procedia CIRP*, 98(2), 436-441. https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.130.

Kondyli, J. (2010). Measurement and evaluation of sustainable development: A composite indicator for the islands of the North Aegean region, Greece. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(6), 347-356. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.08.006.

Kotwal, P.C. Omprakash, M.D. Sanjay Gairola, Dugaya. D. (2008). Ecological indicators: Imperative to sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 8(1), 104-107. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.01.004.

Kuzu, A. (2021). Risk analysis of break-in-two accident of ships using fuzzy DEMATEL method. *Ocean Engineering*, 235(3), 109410. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109410.

Law, E. A., Bryan, B. A., Meijaard, E., Mallawaarachchi, T., Struebig, M. J., Wilson, K. A., ... & Possingham, H. P. (2017). Ecosystem services from a degraded peatland of Central Kalimantan: implications for policy, planning, and management. *Ecosystem Health and Sustainability*, 3(6), 1-17. https://doi.org/10.1890/13-2014.1.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x

Lin, C.J. Belis, T.T. Caesaron, D. Jiang, B.C. Kuo, T.C. (2020). Development of Sustainability Indicators for Employee-Activity Based Production Process Using Fuzzy Delphi Method. *Sustainability*, 12(16), 6378. https://doi.org/10.3390/su12166378.

Liu, C., Tzeng, G., Lee, M. (2012). Improving tourism policy implementation – The use of hybrid MCDM models. *Tourism Management*, 33(2), 413-426. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.05.002.

Liu, F. Dai, E. Yin, J. (2023). A Review of Social–Ecological System Research and Geographical Applications. *Sustainability*, 15(8), 6930. https://doi.org/10.3390/su15086930.

Maes, J., Liquete, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M. L., Barredo, J. I., et al. (2016). An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services*, 17(2016), 14-23. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.023.

Marlina, E., Hidayanto, A., & Purwandari, B. (2022). Towards a model of research data management readiness in Indonesian context: An investigation of factors and indicators through the fuzzy delphi method. *Library & Information Science Research*, 44(1), 101141. https://doi.org/10.1016/j.lisr.2022.101141.

Meffe, G., Nielsen, L., Knight, R., Schenborn, D. (2002). *Ecosystem Management: Adaptive, Community-Based Conservation*. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.

Mirosław-Świątek, D., Popielski, P., Śliwiński, P., Cwalina, T., Skutnik, Z. (2021). Analysis of factors influencing levee safety using the DEMATEL method. *PLOS ONE*, 16(9), e0255755. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255755.

Mistry, J. & Berardi, A. (2016). Bridging indigenous and scientific knowledge. *Science*, 352(6291), 1274-1275. https://doi.org/10.1126/science.aaf1160.

Muñoz Diaz, M., & Pineda, S., & Morales, J.M. (2022). A bilevel framework for decision-making under uncertainty with contextual information. *Omega*, 108(3), 102575. 10.1016/j.omega.2021.102575. https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102575.

Olugu, E., Mammedov, Y. D., Ee Young, J. C. & Yeap, P.S. (2021). Integrating Spherical fuzzy Delphi and TOPSIS technique to identify indicators for sustainable maintenance management in the Oil and Gas industry. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 10.1016. https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.11.003.

Opricovic, S. & Tzeng, G. (2003). Defuzzification within a Multicriteria Decision Model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11(5), 635-652. https://doi.org/10.1142/S0218488503002387

Padilla-Rivera, A., do Carmo, B.B.T., Arcese, G., Merveille, N. (2021). Social circular economy indicators: selection through fuzzy Delphi method. *Sustain. Prod. Consum*, 26(2021), 101–110. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.015.

Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., et al. (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26-27(2017), 7-16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006

Ruckelshaus, M., McKenzie, E., Tallis, H., Guerry, A., Daily, G., Kareiva, P., et al. (2015). Notes from the field: lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. *Ecological Economics*, 115(2015), 11-21. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.009.

Sarmad, Z., Bazargan, A., Hejazi, E. (2007). *Research methods in behavioral science*. Tehran: Agah press.

Schaafsma, M., Eigenbrod, F., Gross-Camp, N., Hutton, C., Nunan, F., Schreckenberg, K, et al. (2021). Trade-off decisions in ecosystem management for poverty alleviation. *Ecological Economics*, 187(C), 107103. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107103.

Shen, Y. C., Chang, S., Lin, G. T.R., Yu, H. (2010). A hybrid selection model for emerging technology. *Technol Forecast Soc Change*, 77(1), 151–166. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.05.001.

Singh, P.K., Sarkar, P. (2020). A framework based on fuzzy Delphi and DEMATEL for sustainable product development: a case of Indian automotive industry. *J. Clean. Prod*, 246(2020), 118991. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118991.

Sitas, N., Harmackova, Z. V., Anticamara, J. A., Arneth, A., Badola, R., Biggs, R.,et al. (2019). Exploring the usefulness of scenario archetypes in science-policy processes: experience across IPBES assessments. *Ecology and Society*, 24(3), 35. https://www.jstor.org/stable/26796993.

Song, J.Y. Chung, E.-S. (2017). A Multi-Criteria Decision Analysis System for Prioritizing Sites and Types of Low Impact Development Practices: Case of Korea. *Water*, 9(4), 291. https://doi.org/10.3390/w9040291

Spangenberg, J. H. (2002). Environmental space and the prism of sustainability: Frameworks for indicators measuring sustainable development. *Ecological Indicators*, 2(3), 295-309. https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00065-1

Tseng, Y., Huang, Y., Li, M. & Jiang, Y. (2022). Selecting Key Resilience Indicators for Indigenous Community Using Fuzzy Delphi Method. *Sustainability*, 14(4), 2018. https://doi.org/10.3390/su14042018.

United Nations. (2001). *Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies*. New York

Vaishnavi, V., Suresh, M. (2020). Assessment of healthcare organizational readiness for change: a fuzzy logic approach. *J. King Saud Univ. - Eng. Sci*, 34, (3), 189-197. https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.09.008.

Wang, R. (2022). Fuzzy-based multicriteria analysis of the driving factors and solution strategies for green infrastructure development in China. *Sustainable Cities and Society*, 82(3),103898. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103898.

Zhang, C. Tang, L. Zhang, J. (2023). Identifying Critical Indicators in Performance Evaluation of Green Supply Chains Using Hybrid Multiple-Criteria Decision-Making. *Sustainability*. 15(7), 6095. https://doi.org/10.3390/su15076095.

[1] Ecosystem Management
[2] Gomes et al.
[3] Schaafsma et al.
[4] Multi-Criteria Decision Making
[5] Chen and Lin
[6] Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory
[7] Hosseini et al.
[8] Muñoz Diaz et al.
[9] Fuzzy Delphi Method
[10] Fareg et al.
[11] Marlina et al.
[12] Bui et al.
[13] Cameron Devitt et al.
[14] Meffe et al.
[15] Padilla-Rivera et al.
[16] Vaishnavi and Suresh
[17] Olugu et al.
[18] Singh and Sarkar
[19] Kuzu
[20] Jindal et al.
[21] Lin et al.
[22] Wang
[23] Anastasiadou et al.
[24] Zhang et al.
[25] Iqbal et al.
[26] Calicioglu and Bogdanski
[27] Eustachio et al.
[28] García-Melón et al.
[29] Liu et al.
[30] Hak et al.
[31] Kondyli
[32] Doody et al.
[33] Golusin and Ivanović
[34] Kotwal et al.
[35] Alfsen and Greaker
[36] Fraser et al.
[37] Choi and Sirakaya
[38] Spangenberg
[39] United Nations
[40] Dormoy and Lavoux
[41] Tseng et al.
[42] Ebrahimi and Bridgelall

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[43] Simple Center of Gravity Method
[44] Padilla et al.
[45] Shen et al.
[46] Opricovic and Tzeng
[47] Network Relationship Map
[48] Sarmad et al.
[49] Content Validity Ratio
[50] Content Validity Index
[51] Lawshe
[52] Influential Relations Map
[53] Mirosław-Świątek et al.
[54] causal variable
[55] an effect
[56] Mistry & Berardi
[57] Song & Chung
[58] Maes et al.
[59] Pascual et al.
[60] Sitas et al.
[61] Ruckelshaus et al.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیوست ۱

پرسش‌نامه عوامل مؤثر بر هر بعد مدیریت اکوسیستم

با عرض سلام و ادب

احتراماً به‌منظور انجام پژوهشی در ارتباط با عوامل مؤثر بر هریک از ابعاد مدیریت اکوسیستم، از حضرتعالی به‌عنوان یک خبره، تقاضا می‌شود با در نظر گرفتن هدف تحقیق که پاسخ به این سؤال است «مدیریت زیست‌بوم چه ویژگی‌هایی دارد و سیاست‌های بهینهٔ مرتبط با ایجاد و حفظ مدیریت زیست‌بوم چگونه فرمول‌بندی می‌شوند؟» با ارائهٔ نظرها و پیشنهادهای ارزشمند خود، ما را در انجام هرچه بهتر این مطالعه، یاری فرمایید.

پیشاپیش از بذل توجه و زمان با ارزشی که صرف می‌فرمایید، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

سؤالات جمعیت‌شناختی

آخرین مدرک تحصیلی: رشتهٔ تخصصی:

درجهٔ علمی: میزان سابقهٔ کار:

		بسیار پراهمیت	پراهمیت	متوسط	کم اهمیت	بسیار کم اهمیت
	الف – با توجه به بعد «اقتصادی» مدیریت زیست بوم، اهمیت هریک از معیارهای زیر را مشخص کنید:					
۱.	سرانهٔ تولید ناخالص ملی، تولید، منابع طبیعی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	o	o	o	o	o
۲.	چگونگی حمل و نقل (داخلی/ بین‌المللی)	o	o	o	o	o
۳.	میزان سرمایه‌گذاری	o	o	o	o	o
۴.	عملکرد و توسعهٔ اقتصادی، ثبات مالی، میزان وابستگی اقتصادی	o	o	o	o	o
۵.	نوآوری/ پذیرش و استفاده از فناوری‌های جدید	o	o	o	o	o
۶.	ساختار تولیدی/ ساختار اقتصادی پویا و توسعهٔ پایدار	o	o	o	o	o
۷.	بهره‌وری منابع	o	o	o	o	o
۸.	علم و فناوری، علم برای توسعهٔ پایدار	o	o	o	o	o
۹.	میزان دارایی‌های عمومی پایدار	o	o	o	o	o
	چنانچه ازنظر شما لازم است فاکتورهای دیگری بررسی شود که در فوق به آن اشاره نشده است، در زیر اضافه کنید:					
	ب– با توجه به بعد «زیست محیطی» مدیریت زیست بوم اهمیت هریک از معیارهای زیر را مشخص کنید:					
۱۰.	کیفیت و کمیت آب قابل شرب	o	o	o	o	o
۱۱.	کیفیت هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب لایهٔ ازن	o	o	o	o	o
۱۲.	تصفیهٔ زباله (آب و زباله‌های جامد)، نرخ استفادهٔ مجدد، بازیافت	o	o	o	o	o
۱۳.	بهره‌وری انرژی، مصرف پایدار انرژی	o	o	o	o	o
۱۴.	مدیریت منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	o	o	o	o	o
۱۵.	کنترل یکپارچهٔ آلودگی	o	o	o	o	o
۱۶.	میزان تخریب اکوسیستم و تغییرات آب و هوایی جهانی	o	o	o	o	o
۱۷.	حفاظت از تنوع زیستی	o	o	o	o	o

چنانچه ازنظر شما لازم است فاکتورهای دیگری بررسی شود که در فوق به آن اشاره نشده است، در زیر اضافه کنید.

پ- با توجه به بعد «اجتماعی» مدیریت زیست‌بوم، اهمیت هریک از معیارهای زیر را مشخص کنید:

۱۸.	سلامت، بهداشت و درمان	o	o	o	o	o
۱۹.	چگونگی توزیع درآمد، فقر	o	o	o	o	o
۲۰.	اشتغال، توسعهٔ نیروی کار	o	o	o	o	o
۲۱.	آموزش، آگاهی عمومی	o	o	o	o	o
۲۲.	جمعیت و نرخ رشد جمعیت	o	o	o	o	o
۲۳.	کیفیت زندگی، میزان رفاه، میزان رفاه اقتصادی	o	o	o	o	o
۲۴.	نرخ جرم	o	o	o	o	o
۲۵.	برابری، انسجام اجتماعی	o	o	o	o	o
۲۶.	برابری جنسیتی، مشارکت زنان	o	o	o	o	o
۲۷.	میراث فرهنگی و آموزش فرهنگی	o	o	o	o	o
۲۸.	ایمنی و امنیت جامعه	o	o	o	o	o
۲۹.	نرخ مهاجرت	o	o	o	o	o

چنانچه ازنظر شما لازم است فاکتورهای دیگری بررسی شود که در فوق به آن اشاره نشده است، در زیر اضافه کنید.

ت- با توجه به بعد «نهادی» مدیریت زیست‌بوم، اهمیت هریک از معیارهای زیر را مشخص کنید:

۳۰.	سیاست‌ها و مقررات، اجرای سیاست، وجود خط مشی و چارچوب قانونی	o	o	o	o	o
۳۱.	به اشتراک گذاری شفاف اطلاعات، جمع‌آوری دقیق داده‌ها	o	o	o	o	o
۳۲.	مشارکت عمومی و سیاسی	o	o	o	o	o
۳۳.	تشکیل نهادهای قوی، چارچوب‌های نهادی و قانونی	o	o	o	o	o
۳۴.	توسعهٔ ظرفیت، ظرفیت‌سازی	o	o	o	o	o
۳۵.	تحریم‌ها	o	o	o	o	o
۳۶.	ثبات سیاسی	o	o	o	o	o

چنانچه ازنظر شما لازم است فاکتورهای دیگری بررسی شود که در فوق به آن اشاره نشده است، در زیر اضافه کنید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیوست ۲

پرسش‌نامهٔ مقایسات زوجی بررسی تأثیر هریک از ابعاد مدیریت زیست‌بوم بر یکدیگر

با عرض سلام و ادب

احتراماً به‌منظور انجام پژوهشی در ارتباط با عوامل مؤثر بر هر از ابعاد مدیریت اکوسیستم، از حضرتعالی به‌عنوان یک خبره، تقاضا می‌شود با در نظر گرفتن هدف تحقیق که پاسخ به این سؤال است «مدیریت زیست‌بوم چه ویژگی‌هایی دارد و چه تأثیراتی بر یکدیگر دارند؟» با ارائهٔ نظرهای ارزشمند خود، ما را در انجام هرچه بهتر این مطالعه، یاری فرمایید.

پیشاپیش از توجه و زمان با ارزشی که صرف می‌فرمایید، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

سؤالات جمعیت‌شناختی

آخرین مدرک تحصیلی: رشتهٔ تخصصی:

درجهٔ علمی: میزان سابقهٔ کار:

	بدون تأثیر	تأثیر خیلی کم	تأثیر کم	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
میزان تأثیر بعد محیط‌زیستی:					
میزان تأثیر بعد محیط‌زیستی بر بعد اجتماعی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد محیط‌زیستی بر بعد اقتصادی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد محیط‌زیستی بر بعد نهادی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد اجتماعی:					
میزان تأثیر بعد اجتماعی بر بعد محیط‌زیستی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد اجتماعی بر بعد اقتصادی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد اجتماعی بر بعد نهادی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد اقتصادی:					
میزان تأثیر بعد اقتصادی بر بعد محیط‌زیستی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد اقتصادی بر بعد اجتماعی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد اقتصادی بر بعد نهادی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد نهادی:					
میزان تأثیر بعد نهادی بر بعد محیط‌زیستی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد نهادی بر بعد اجتماعی چقدر است؟	o	o	o	o	o
میزان تأثیر بعد نهادی بر بعد اقتصادی چقدر است؟	o	o	o	o	o