





Research Paper

An Identification of Key Performance Criteria and An Evaluation of the Green Closed-Loop Supply Network with Fuzzy DANP Approach

Shahram Mokhlesabadi¹ , Mohammadreza Kabaranzadeh Ghadim^{*2} , Hassanali Aghajani Kasehgar³ , Mohammadmahdi Movahedi⁴ 

¹ PhD Student, Department of Industrial Management, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran sh.mokhlesabadi@gmail.com

² Associate Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran moh.kabaranzad@iauctb.ac.ir

³ Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Mazandaran University, Babolsar, Iran aghajani@umz.ac.ir

⁴ Associate Professor, Department of Industrial Management, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran mmmovahedi@gmail.com



10.22080/JEM.2021.19074.3243

Received:

June 16, 2020

Accepted:

February 13, 2021

Available online:

January 21, 2022

Keywords: Evaluation, Supply Network (SN), Green Closed Loop (GCL), Fuzzy Screening Method (FSM), Fuzzy Decision Making Trial And Evaluation Laboratory (DEMATEL) based on

Abstract

The around world With globalization and growing consumption supply chain networks were shifted to very large networks and components of massive networks had caused serious environmental problems. Evaluating the green closed loop supply network can ensure a minimum of material loss by following the maintenance rules during the material life cycle. The purpose of this article is to design a multi fuzzy decision making model for the evaluating Green Closed Loop (GCL). In this article identified the important criteria by reviewing literature review and interviewing with experts and using the fuzzy screening method to selecting very important criteria have been determined. Then provided a the MADM fuzzy decision making model based on the fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory based on Analytical Network Process (ANP) (FDANP). At present research Development of a manual for separating recyclable parts and items important the evaluation and Selection of suppliers acquired second rank and the rest of the criteria were weighed and ranked. The results showed of the causal relationship study Responding to stakeholders and battery manufacturers the most effective criteria and Recycling, reproducing the product the most effective criterion were recognized in the evaluation GCLN. The results are based on a case study in the car battery recycling industry. MADM fuzzy decision

***Corresponding Author:** Mohammadreza Kabaranzadeh Ghadim

Address: Associate Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: moh.kabaranzad@iauctb.ac.ir

Tel: 09122575906



Analytical Network
Process (ANP) (FDANP).

making model based on FDANP technique has been provided. Which manufacturing companies can use to have an accurate the assessment of the GCLN and allocate limited national and natural resources efficiently to promote the social responsibility and protect the living environment.

Extended Abstract

1. Introduction

Reverse logistics start from the end-users (customers) and is involved in the gathering of expired or returned products and activities such as recycling, reproduction, and disposal of them, obtaining raw materials, parts, and products, and reducing the environmental impacts of waste. Attention to the green aspects in supply chain networks and network management by considering environmental factors, such as reduced greenhouse gas emissions, are in line with the competitive development of companies. Today, using the green closed-loop supply chain management, in addition to solving the environmental problems, companies can achieve relative success in obtaining competitive advantages. Due to the significance of evaluating the green closed-loop supply chain in the car battery recycling industry, we decided to study and examine it through identify the evaluation indices and criteria among the subject literature and designing a domestic network evaluation model. The process of recycling old batteries reduces waste and environmental pollution. The main question we are trying to answer in the present study addresses the ranking of dimensions and criteria in the evaluation of the green closed-loop supply chain network in the car battery recycling industry. We try to find the answer through a fuzzy DNAP framework and

using a combination of Fuzzy screening and FDANP tools.

2. Objective

Considering the environmental issues and examining the causal relationships between the criteria using a fuzzy DNAP technique, we have tried to identify the main criteria in evaluating the green closed-loop supply chain network in the car battery recycling industry.

3. Data/Methodology

The present study is an applied-developmental research which uses a descriptive-survey approach to evaluate the green closed-loop supply chain network in the car battery recycling industry. The study follows two stages. In the first stage, we identify the dimensions and criteria in evaluating the green closed-loop supply chain network according to the theoretical foundations and research background and using a fuzzy screening method. In the second stage, using the DEMATEL method based on the Fuzzy network analysis process, we study the intensity of the relationship between the dimensions and criteria of network evaluation and determine the weight and significance of each of them. For this purpose, we design a network structure using one to four fuzzy DEMATEL questionnaires and making pairwise comparisons in MATLAB Software. The study population includes 15 experts in battery manufacturing industries with at least ten years of

executive experience and university professors specialized in the green closed-loop supply chain network. We evaluated the reliability of the research questionnaires using Gogus and Boucher's consistency test. The reliability of each questionnaire on dimensions and indices was obtained to be 0/04 and 0/06, respectively. Since these values are less than (0/1), the fuzzy DNAP questionnaires have acceptable reliability.

4. Results / Findings

By reviewing the research background on the evaluation of green closed-loop supply chain networks, we identified the factors in evaluating this network in the battery recycling industry. After defining a list of dimensions and criteria in the green closed-loop supply chain evaluation, we first selected eight dimensions and twenty-eight indices based on the fuzzy screening method and the experts' opinions. The results show the weight and significance of criteria in the green closed-loop supply chain network evaluation. The criterion of "compiling an instructional manual for the separation of recyclable parts and items" was ranked as the most important while the criterion of "assessment and selection of suppliers" was ranked second. The other criteria were ranked in less important positions. According to the results obtained from examining the causal relationships, we identified "response to stakeholders and

battery manufacturers" as the most influencing criterion and "product recycling and reproduction" as the most influenced criterion in the green closed-loop network evaluation. "Recycling of recyclable products, green purchases, green sales, integration of corporate social responsibility practices, attraction of human financial aids, establishment of an active recycling network, cost of transporting recyclable materials of car batteries, response to stakeholders and battery manufacturers, flexibility of car battery suppliers, and flexibility of recyclable battery delivery were the causes, and the rest were the effects.

5. Implications

Using the DEMATEL logic based on the network analysis process, we evaluated and weighted the network criteria. The present study is the first in the world that has tried to identify the green closed-loop supply chain network criteria in battery recycling industries using the fuzzy DNAP technique. In this study, the fuzzy multi-criteria decision-making model is based on the Fuzzy DNAP method, with the help of which the manufacturing companies can have an accurate evaluation of the green closed-loop supply chain network and allocate limited national and natural resources effectively to promote social responsibility and protect the environment.



References

- Ahmad, F., Adhami, A. Y., & Smarandache, F. (2020). Modified neutrosophic fuzzy optimization model for optimal closed-loop supply chain management under uncertainty. In *Optimization theory based on neutrosophic and plithogenic sets* (pp. 343-403). Academic Press.
- Amin, S. H., Razmi, J., & Zhang, G. (2011). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert System Appl.*, 38(1), 334-342.
- Azar, A., & Faraji, H. (2011). *Fuzzy management science*. Mehrban Publications. [In Persian]
- Hajian, S., Afshar Kazemi, M. A., Seyed Hosseini, S.M., & Toloie, A. (2020). Providing a multi-objective model for the location of a green closed-loop supply chain on the network routing and multi-product perishable goods. *Industrial Management Journal*, 32(11), 83-110. [In Persian]
- Bhatia, M. S., Jakhar, S. K., Mangla, S. K., & Gangwani, K. K. (2020). Critical factors to environment management in a closed-loop supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120239.
- Baradaran, V., & Safari, Z. (2020). A two-objective location model for a closed-loop supply chain network design under uncertainty conditions. *Industrial Management Studies*, 54(17), 223-262. [In Persian]
- Bashiri, M., & Sherafati, M. (2014). A two-objective location model for a closed-loop supply chain network design under uncertainty conditions. *Research of Industrial Engineering in Production Systems*, 1(1), 25-36. [In Persian]
- Behzadi, M., & Yosef Barghi, M. (2019). Two-stage and stable randomized optimization approaches in the closed-loop supply chain network in uncertainty conditions. *Production and Operations Management*, 17(9), 77-97. [In Persian]
- De, M., & Giri, B. C. (2020). Modelling a closed-loop supply chain with a heterogeneous fleet under carbon emission reduction policy. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 133, 101813.
- Demirtas, E. A., Üstün, O. (2008). An integrated multi-objective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega*, 36(1), 76-90.
- Fazli-Khalaf, M., Mirzazadeh, A., & Pishvae, M. S. (2017). A robust fuzzy stochastic programming model for the design of a reliable green closed-loop supply chain network. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(8), 2119-2149.
- Fathi, M. R., Jafarnejad Cheghoshi, A., Safari, H., & Azar, A. (2020). Providing a multi-objective fuzzy

- mathematical programming model to design a closed-loop supply chain network taking into account environmental factors. *Environmental Science and Technology*, 8(21), 66-76. [In Persian]
- Farokh, M., Azar, A., & Gandaghi, Gh. R. (2017). Developing a robust fuzzy programming approach to design a closed loop supply chain. *Industrial Management Perspective*, 22(6), 9-43. [In Persian]
- Fazli Khalaf, M. R., Chahrsoghi, S. K., & Pishvae, M. S. (2014). Sustainable design closed-loop supply chain network under uncertainty: A case study of a lead-acid battery manufacturer. *Journal of Engineering Modeling*, 12(39), 45-60. [In Persian]
- Feyzollahi, S., Soltanpanah, H., Faroghi, H., & Rahimzadeh, A. (2019). Development of a multi-objective and multi-period chain link supply network model under uncertainty conditions. *Industrial Management Perspective*, 32(8), 61-96. [In Persian]
- Feyzi, A., & Soloukdar, A. (2014). Performance evaluation of banking industry with a combination of balanced scorecard approaches (FTOPSIS-BSC). *Financial engineering and securities management (Portfolio Management)*, 5(20), 57-78. [In Persian]
- Ghayebloo, S., Tarokh, M. J., Venkatadri, U., & Diallo, C. (2015). Developing a two-objective model of the closed-loop supply chain network with green supplier selection and disassembly of products: The impact of parts reliability and product greenness on the recovery network. *Journal of Manufacturing Systems*, 36, 76-86.
- Ghomi-Avili, M., Jalali Naeini, S. G., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Jabbarzadeh, A. (2018). A fuzzy pricing model for a green competitive closed-loop supply chain network design in the presence of disruptions. *Journal of Cleaner Production*, 188, 425-442.
- Govindan, K., Mina, H., Esmaeili, A., & Gholami-Zanjani, S. M. (2020). An integrated hybrid approach for circular supplier selection and closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118317.
- Ghomi Oyli, M., Jalali, Gh. R., Tavakoli Moghadam, R., & Jabbarzadeh, A. (2017). Designing closed-loop supply chain network under disruption and uncertainty conditions considering product quality and resilience strategy. *Quality Engineering and Management*, 6(2), 133-145. [In Persian]
- Hosseini-Motlagh, S.M., Nouri-Harzvili, M., Johari, M., & Sarker, B.R. (2020). Coordinating economic incentives, customer service and pricing decisions in a competitive closed-loop supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120241.
- Huang, L., Murong, L., & Wang, W. (2020). Green closed-loop supply chain network design considering cost control and CO₂ emission. *Modern Supply Chain Research and Applications*.



- Jiang, G., Wang, Q., Wang, K., Zhang, Q., & Zhou, J. (2020). A novel closed-loop supply chain network design considering enterprise profit and service level. *Sustainability*, 1(2), 544.
- Karbasian, S., Razavi, S. M., & Safari, H. (2017). Location and capacity determination of closed-loop supply chain elements. *Iranian Journal of Trade Studies*, 78(20), 1-28. [In Persian]
- Koleyae, M., Azar, A., & Rajabzade Ghatari, A. (2019). Two-stage mathematical model configuration for green supply chain management. *Organizational Resources Management Researchs*, 32 (8), 111-130. [In Persian]
- Khakbazan, E., Chaharsoghi, S., & Mokhtab Rafiei, F. (2018). Presenting an integrated-value-based supply chain model considering financial ratios in financial decisions. *Modern Research in Decision Making*, 3(1), 113-136. [In Persian]
- Mohtashami, M., Aghsami, A., & Jolai, F. (2020). A green closed loop supply chain design using queuing system for reducing environmental impact and energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118452.
- Mohamadnejad, Z., Nakhae Kamalabadi, E., Sadegheyani, R., & Ahmadizar, F. (2018). Providing a combined model of pricing and routing inventory in a two-level closed-loop supply chain. *Economic modeling*, 37(11), 101-128. [In Persian]
- Mohamadi, A. S., Alamtabriz, A., & Pishvae, M. (2019). Designing Green Closed-loop Supply Chain Network with Financial Decisions under Uncertainty. *Industrial Management Journal*, 10(1), 61-84. [In Persian]
- Modiri, M., Dashti Shiramin, M., & Shirazi, H. K. (2019). Identification and prioritization of influencing factors on safety performance with hybrid Fuzzy DEMATEL and Analytical Network Process Approach (DANP): A case study on a combined cycle power plant. *Journal of Health and Safety at Work (JHSW)*, 9(1), 49-60. [In Persian]
- Manochehri, S., Tajodin, A., & Shirazi, B. (2020). Integrated optimization for the green loop supply chain. *Industrial Management Perspective*, 35(1), 55-85. [In Persian]
- Peng, H., Shen, N., Liao, H., Xue, H., & Wang, Q. (2020). Uncertainty factors, methods, and solutions of closed-loop supply chain: A review for current situation and future prospects. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120032.
- Parsaiyan, S., Amiri, M., Azimi, P., & Taghavifard, M. T. (2020). Designing a Green Closed-loop Supply Chain Simulation Model and Product Pricing in The Presence of a Competitor. *Industrial Management Study*, 17 (52), 153-202. [In Persian]
- Romero, D., & Molina, A. (2013). Reverse-green virtual enterprises and their breeding environments: closed-loop networks. In *Working Conference on Virtual Enterprises*, 589-598.
- Rabani, M., Asgari, E., Ghavamifar, A., & Farokhi Asl, H. (2019). Closed-loop supply chain network design taking

- into account the risk of resource disruption and production time. *Numerical methods in engineering*, 37(2), 61-78. [In Persian]
- Rahini, M., Mahdavi, E., Seyed Esfehiani, M. M., Fazlolah Tabar, H., & Nayeri, S. (2017). Closed-loop green supply chain network design considering product pricing and product life cycle. *Industrial Engineering and Production Management Studies*, 3(2), 16-46. [In Persian]
- Sadeghi Rad, R., & Nahavandi, N. (2018). A novel multi-objective optimization model for integrated problem of green closed loop supply chain network design and quantity discount. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1549-1565.
- Soleimani, H., Govindan, K., Saghafi, H., & Jafari, H. (2017). Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network design. *Computers & Industrial Engineering*, 109, 191-203.
- Soltani Tehrani, M., Hasanpour, H., & Ramezani, S. (2016). Two-objective cost optimization model and carbon dioxide in the closed loop supply chain. *Management research in Iran*, 13(19), 169-190. [In Persian]
- Sohrabi, T., Etemad, M., & Fathi, M. (2018). Mathematical modeling of Green closed loop supply chain network with consideration of supply risk: Case Study. *Journal of Advanced Mathematical Modeling*, 7(2), 103-122.
- Sommerville, R., Shaw-Stewart, J., Goodship, V., Rowson, N., & Kendrick, E. (2020). A review of physical processes used in the safe recycling of lithium ion batteries. *Sustainable Materials and Technologies*, 25, e00197.
- Talaei, M., Farhang Moghaddam, B., Pishvae, M. S., Bozorgi-Amiri, A., & Gholamnejad, S. (2016). A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: a numerical illustration in electronics industry. *Journal of Cleaner Production*, 113, 662-673.
- Taleizadeh, A. A., Haghghi, F., & Niaki, S. T. A. (2019). Modeling and solving a sustainable closed loop supply chain problem with pricing decisions and discounts on returned products. *Journal of Cleaner Production*. 207, 163-181.
- Titiyal, R., Bhattacharya, S., & Thakkar, J. J. (2019). The distribution strategy selection for an e-tailer using a hybrid DANP VIKOR MCDM model. *Benchmarking: An International Journal*, 26 (2), 395-433.
- Wang, Y., Fan, R., Shen, L., & Miller, W. (2020). Recycling decisions of low-carbon e-commerce closed-loop supply chain under government subsidy mechanism and altruistic preference. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120883.
- Yavari, M., & Zaker, H. (2020). Designing a resilient-green closed loop supply chain network for perishable products by considering disruption in both supply chain and power networks. *Computers & Chemical Engineering*, 134, 106680.
- Zhang, Z., Liu, S., & Niu, B. (2020). Coordination mechanism of dual-channel closed-loop supply chains considering product quality and



- return. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119273.
- Zhen, L., Huang, L., & Wang, W. (2019). Green and sustainable closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1195-1209.
- Zohal, M., & Soleimani, H. (2016). Developing an ant colony approach for green closed-loop supply chain network design: A case study in gold industry. *Journal of Cleaner Production*, 133, 314-337.

علمی پژوهشی

شناسایی معیارهای کلیدی عملکرد و ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با رویکرد DANP فازی

شهرام مخلص آبادی^۱ ID، محمدرضا کاباران زاده قدیم^{۲*} ID، حسنعلی آقاجانی کاسه‌گر^۳ ID، محمد مهدی موحدی^۴ ID

^۱ دانشجوی دکتری گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران sh.mokhlesabadi@gmail.com
^۲ دانشیار گروه مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران moh.kabaranzad@iauctb.ac.ir
^۳ استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران aghajani@umz.ac.ir
^۴ دانشیار گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران mmmovahedi@gmail.com

doi 10.22080/JEM.2021.19074.3243

چکیده

تاریخ دریافت: ۲۷ فروردین ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۵ بهمن ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۱ بهمن ۱۴۰۰

با جهانی شدن و رشدگسترده مصرف درسراسرجهان، شبکه‌های زنجیره تأمین به شبکه‌های بسیار بزرگی تغییرکردند و اجزای مربوط به شبکه‌های عظیم سبب ایجاد مشکلات جدی محیط‌زیستی شده‌اند. ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز می‌تواند حداقل اتلاف مواد از طریق متابعت از قوانین نگهداری درطول چرخه عمر از مواد را تضمین نماید. هدف این مقاله، طراحی یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی برای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز است. در این مقاله معیارهای مهم با مرور ادبیات و مصاحبه صاحب نظران و با استفاده از روش غربالگری فازی شناسایی شده است. سپس مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی مبتنی بر تکنیک آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری بر پایه فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی ارائه شده است. در این پژوهش، تدوین کتابچه راهنمای جداسازی قطعات و اقلام قابل بازیافت مهم ترین معیار و ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان رتبه دوم را کسب نمود. بقیه معیارها نیز وزن‌دهی و رتبه‌بندی شدند. نتایج حاصل از بررسی روابط علی معلولی نشان داد، پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری اثرگذارترین معیار و بازیافت، بازتولید محصول اثرپذیرترین معیار در ارزیابی شبکه حلقه بسته سبز شناخته شدند. نتایج به دست آمده بر اساس یک مورد مطالعه در صنعت بازیافت باتری خودرو بررسی شده است. دراین مقاله، مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی مبتنی بر تکنیک دنپ فازی می‌باشد، که شرکت‌های تولیدی می‌توانند با استفاده از ارزیابی دقیقی از شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز داشته باشند و منابع محدود ملی و طبیعی را به نحو احسن جهت ارتقاء مسئولیت اجتماعی و حفظ محیط زیست تخصیص دهند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی، شبکه تأمین، حلقه بسته سبز، روش غربالگری فازی، آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری بر پایه فرآیند تحلیل شبکه‌ای (دنپ) فازی.

* نویسنده مسئول: محمدرضا کاباران زاده قدیم

ایمیل: moh.kabaranzad@gmail.com
تلفن: ۰۹۱۲۲۵۷۵۹۰۶

آدرس: دانشیار گروه مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۱ مقدمه

آن‌ها، به منظور دستیابی به مواد اولیه، قطعات، محصولات و کاهش اثرهای زیست‌محیطی پسماندها، سهیم است (یاوری و ذاکر^۴، ۲۰۲۰). ترکیب زنجیره تأمین مستقیم و زنجیره تأمین معکوس به شکل‌گیری زنجیره تأمین حلقه بسته منجر می‌شود. این رویکرد، طراحی شبکه‌های مستقیم و معکوس را به طور همزمان بهینه کرده و از زیربهینگی ناشی از طراحی مجزای شبکه‌ها جلوگیری می‌کند (پنگ و همکاران^۵، ۲۰۲۰).

امروزه فعالیت‌های صنعتی و نیز حمل و نقل مربوط به شبکه‌های زنجیره تأمین از منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای به خصوص دی اکسید کربن به شمار می‌روند. منظور از واژه سبز در زنجیره تأمین حلقه بسته، تنها بیان مسائل محیط زیستی نیست. در واقع توجه به جنبه‌های سبز در شبکه‌های زنجیره تأمین و مدیریت شبکه با در نظر گرفتن عوامل محیط زیستی مثل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در راستای توسعه رقابتی شرکت‌هاست. امروزه شرکت‌ها اگر از مدیریت زنجیره تأمین حلقه بسته سبز استفاده کنند، علاوه بر حل مشکلات محیط زیستی به پیروزی نسبی در مزیت رقابتی نیز دست می‌یابند. بازیافت باتری‌های قدیمی، ضایعات را کاهش و از آلودگی محیط‌زیست می‌کاهد. حدود ۹۹ درصد باتری‌های سرب اسیدی قابل بازیافت هستند و می‌توان با بازیافت آن‌ها، مواد اولیه باتری‌های جدید را تأمین کرد. با بازیافت باتری‌های قدیمی می‌توان از انباشت باتری‌های فرسوده نیز جلوگیری کرد که به نوعی تهدیدی برای افرادی است که در کنار محیط‌های نگهداری باتری زندگی می‌کنند. به راحتی می‌توان هنگام خرید باتری جدید، باتری‌های کهنه و فرسوده را برای بازیافت و تولید باتری جدید، به مراکز بازیافت ارسال کرد (سومرویل و همکاران^۶، ۲۰۲۰).

دنیای امروز بیشتر از هر زمانی رقابتی شده است؛ بنابراین به منظور بقاء در چنین محیطی برای سازمان‌ها، دارا بودن کالای قابل بازیافت و سازگار با محیط‌زیست، مدیریت زنجیره تأمین با حلقه بسته سبز به مسأله‌ای ضروری تبدیل شده است (زهانگ و همکاران^۱، ۲۰۲۰). در رویکردهای سنتی، عملکرد زنجیره تأمین فقط از بُعد اقتصادی سنجیده می‌شد و در طراحی شبکه این زنجیره توجه محققان و صنعتگران فقط بر کمینه‌سازی هزینه‌ها یا بیشینه‌سازی درآمدها معطوف بود. اما در دهه‌های اخیر قوانین دولتی، فشارهای سازمان‌های مردم‌نهاد و وضعیت رو به افول محیط‌زیست، باعث شده است که اهداف و محدودیت‌های زیست‌محیطی در کنار اهداف و محدودیت‌های اقتصادی، به عنوان بخش جداناپذیری از طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین مطرح شوند (حاجیان و همکاران، ۱۳۹۸).

در سال‌های اخیر به دلایل مختلفی نظیر تصویب قوانین دولتی مربوط به حفظ محیط‌زیست، مسئولیت اجتماعی و فشارهای عمومی، طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه‌بسته^۲ به شدت مورد توجه قرار گرفته است. هدف اولیه از این طراحی، استفاده دوباره از کالاهای معیوب و یا مستعمل با فرآیند بازیابی، جلوگیری از اتلاف بیشتر منابع، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حصول سودآوری در کنار ملاحظات اجتماعی و تجاری دیگر است. زنجیره تأمین حلقه بسته متشکل از زنجیره تأمین روبه‌جلو و زنجیره تأمین معکوس^۳ است (منوچهری و همکاران، ۱۳۹۸).

در مقابل لجستیک مستقیم، لجستیک معکوس از کاربر نهایی (مشتریان) شروع شده و در جمع‌آوری محصولات یا عمر آن‌ها پایان یافته یا محصولات برگشتی و فعالیت‌هایی همچون بازیافت، احیا و دفع

⁵ Peng et al

⁶ Sommerville et al

¹ Zhang et al

³ Closed Loop Supply Chain (CLSC)

⁴ Yavari & Zaker

چارچوب DANP فازی و استفاده از ابزار ترکیبی (غربالگری فازی و FDANP) چگونه است؟

در ادامه این مقاله با مرور مختصری بر مبانی نظری و بررسی مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز و به بیان روش‌شناسی پژوهش و بیان مدل اجرایی و مفهومی مطرح شده است. همچنین با توجه به معیارهای شناسایی شده به وزن‌دهی و بررسی شدت ارتباطات معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با تکنیک دنپ فازی و بیان نتایج حاصل از آن پرداخته شده است.

مدیریت شبکه تأمین: مدیریت شبکه تأمین، به صورت سنتی، عملیات مواد را جهت گزارش دهی به مجری مسئول هماهنگی تمام فرآیند مواد، تفکیک می‌نماید. این زنجیره همچنین نیازمند ارتباطات قوی با تأمین‌کنندگان در طول لایه‌های چندگانه تأمین است. مدیریت شبکه تأمین مفهومی است که هدف اصلی آن یکپارچه‌سازی و مدیریت منبع‌یابی، جریان مواد و کنترل آن با استفاده از رویکرد سیستماتیک جامع در سراسر لایه‌های مختلف تأمین‌کنندگان است (محمدی و دیگران، ۱۳۹۷).

زنجیره تأمین حلقه بسته: در مقابل لجستیک مستقیم، لجستیک معکوس از کاربر نهایی (مشتریان) شروع شده و در جمع‌آوری محصولاتی که عمر آن‌ها پایان یافته یا محصولات برگشتی و فعالیت‌هایی همچون بازیافت، احیا و دفع آن‌ها، به منظور دستیابی به مواد اولیه، قطعات، محصولات و کاهش اثرهای زیست‌محیطی پسماندها، سهیم است. ترکیب زنجیره تأمین مستقیم و زنجیره تأمین معکوس به شکل‌گیری زنجیره تأمین حلقه بسته منجر می‌شود (یاوری و ذاکر^۴، ۲۰۲۰).

زنجیره تأمین حلقه بسته سبز: به شبکه‌ای از زنجیره تأمین حلقه بسته که مسائل زیست محیطی

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در خصوص طراحی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز صورت پذیرفته از جمله: (جیانگ و همکاران، ۲۰۲۰؛ یاوری و ذاکر ۲۰۲۰؛ زن و همکاران، ۲۰۱۹؛ صادقی‌راد و نهاوندی ۲۰۱۸؛ سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۷؛ طلایی و همکاران، ۲۰۱۶؛ زوهال و سلیمانی^۱، ۲۰۱۶؛ غیب‌لو و همکاران^۲، ۲۰۱۵؛ رومرو و مولینا^۳، ۲۰۱۳؛ حاجیان و همکاران، ۱۳۹۸؛ بهزادی و یوسف‌برقی، ۱۳۹۷؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۷؛ کولیائی و همکاران، ۱۳۹۷؛ کرباسیان و همکاران، ۱۳۹۵؛ سلطانی‌تهرانی و همکاران، ۱۳۹۴ و...)، اما پژوهشی که به شناسایی معیارهای کلیدی ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی و بررسی روابط علی - معلولی میان معیارها با تکنیک دنپ فازی در صنعت بازیافت باتری خودرو پرداخته باشد؛ صورت پذیرفته است. به دلیل اهمیتی که مبحث ارزیابی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز در صنعت بازیافت باتری، دارد. محققین این صنعت را جهت ارزیابی و مورد مطالعه انتخاب نمودند. برای ارزیابی نیازمند شناسایی شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی از ادبیات موضوع و طراحی مدل بومی ارزیابی شبکه می‌باشد.

جنبه جدید بودن تحقیق حاضر بهره‌مندی از رویکرد ترکیبی دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (دنپ) فازی در ارزیابی عملکرد شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت باتری‌سازی است. نوآوری مقاله حاضر بهره‌گیری از تکنیک غربالگری فازی جهت شناسایی ابعاد، معیارها و طراحی مدل مفهومی تحقیق، بررسی شدت ارتباطات و میزان اثرگذاری و اثرپذیری، وزن‌دهی به ابعاد و معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با تکنیک DANP فازی می‌باشد.

سؤال اصلی مقاله حاضر این است که؛ سطح‌بندی ابعاد و معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت بازیافت باتری خودرو با

³ Romero & Molina

⁴ Yavari & Zaker

¹ Zohal & Soleimani

² Ghayebloo et al

زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های عملیاتی منجر گردید. همچنین محققین با استفاده از سناریوی بر پایه‌ی روش اپسیلون محدودیت به حل مدل تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند. نتایج نشان داد بهره‌مندی از مدل مذکور منجر به کنترل و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی در زنجیره تأمین حلقه بسته می‌گردد. حاجیان و همکاران (۱۳۹۸)، به ارائه مدلی چند هدفه برای مسأله مکان‌یابی مسیریابی موجودی در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز چند دوره‌ای و چند محصولی برای کالاهای فاسدشدنی، در صنعت لبنیات کشور با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی پرداخته‌اند. مقاله آن‌ها با هدف کمینه‌نمودن همزمان مجموع هزینه‌های سیستم، مجموع حداکثر زمان حمل‌ونقل و انتشار آلاینده‌ها در کل شبکه مطرح شد. مسأله پژوهش در قالب یک مدل چند هدفه برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط فرموله شد و برای حل مدل، رویکردی از الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده است. به منظور اعتبارسنجی، نتایج الگوریتم پیشنهادی در مثال‌های اندازه کوچک با نتایج حل روش دقیق نرم افزار گمز، مقایسه شدند. یافته‌ها نشان داد تصمیم‌های مکان‌یابی، مسیریابی و موجودی به هم وابسته بوده و تعیین مقادیر این متغیرها در تعامل با هم است که می‌تواند به یافتن یک سیستم با حداقل هزینه‌های ممکن منجر شود. پارسائیان و همکاران (۱۳۹۸)، به طراحی مدل شبیه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز و قیمت‌گذاری محصول در حضور رقیب، در شرایط عدم قطعیت تقاضا با هدف کمینه نمودن هزینه کل زنجیره تأمین، کمینه‌سازی مجموع گاز CO₂ و بیشینه نمودن سهم بازار محصول در حضور یک رقیب پرداختند. در این راستا یک مدل شبیه‌سازی ترکیبی حاصل از ترکیب رویکردهای شبیه‌سازی عامل بنیان و گسسته پیشامد ارائه گردید که نوآوری اصلی این تحقیق بود. در ادامه سناریوهای مختلف با روش طراحی آزمایشات

و دستورالعمل‌های حفظ محیط زیست در آن مورد توجه قرار می‌گیرد زنجیره تأمین حلقه بسته سبز گفته می‌شود (یاوری و ذاکر، ۲۰۲۰). در ادامه به مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص موضوع پژوهش پرداخته شده است.

۲ پیشینه پژوهش

محتشمی و همکاران^۱ (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از سیستم صف جهت کاهش اثرات محیط‌زیستی و مصرف انرژی، پرداختند. محققین به طراحی شبکه تأمین متشکل از سیستم تولید، مراکز توزیع، تعمیر، بازیافت، دفع و مرکز جمع‌آوری، پرداختند. فرض بر این بود که سیستم صف با منابع محدود و ناوگان‌های حمل و نقل در شبکه قرار دارند. مشتریان سیستم‌های بارگیری در هر مرکزی دارای چند سرور بودند. همچنین تعداد کافی سرور در آن موجود بود؛ بنابراین مراکز تخلیه بار هیچ صفی در آن جا وجود نداشت. مدل پیشنهادی محققین اثرات زیست‌محیطی و مصرف انرژی ناوگان‌های حمل و نقل جهت بارگیری و تخلیه میزان تولید، در زمان انتظار و حمل و نقل کاهش داد. زهانگ و همکاران^۲ (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: هماهنگی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز دو کاناله با توجه به کیفیت و بازده محصول، پرداختند. با هدف بازیافت محصولات بازیافتی معیوب و ضایعات محصولات بازیافتی به منظور محاسبه سود کل در یک زنجیره تأمین حلقه بسته دو کاناله و مقایسه آن با مدل‌های ناهماهنگ. نتایج نشان داد مکانیزیم هماهنگ‌کننده پیشنهادی در تخفیف قیمت به خرده‌فروشان منجر به بهبود عملکرد مالی زنجیره تأمین می‌گردد. هوانگ و همکاران^۳ (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با هدف کنترل و کاهش هزینه‌های انتشار گازهای CO₂، مدل طراحی شده ترکیبی از برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط به توسعه توازن بین تأثیر عوامل

³ Huang et al

¹ Mohtashami et al

² Zhang et al

پیشنهاد می‌شود به طوری که تعداد بهینه قطعات و محصولات را در شبکه تعیین کند. همچنین به منظور تحلیل دقیق‌تر قابلیت مدل استوار، از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شد که نتایج نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار نسبت به مدل قطعی در پاسخگویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسأله دارد. بهزادی و یوسف‌برقی (۱۳۹۷)، رویکردهای بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای و استوار در شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت، شبکه شامل تأمین‌کننده‌ی خارجی، مراکز تولید/بازیابی، مراکز ترکیبی توزیع/جمع‌آوری، مراکز دفن و مشتریان در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی عدم قطعیت پارامترها از دو رویکرد بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای و بهینه‌سازی استوار استفاده شده است. نتایج نشان داد کارایی بهینه‌سازی استوار نسبت به بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای در شرایط عدم قطعیت بهتر است. محمدی و همکاران (۱۳۹۷)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه‌بسته همراه با تصمیم‌های مالی در شرایط عدم قطعیت، به هدف در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه به همراه تصمیم‌های مالی است. تصمیم‌های مالی شامل سرمایه‌گذاری‌های غیر از زنجیره تأمین و وام‌های دریافتی است. به عدم قطعیت تقاضا و بازگشت سرمایه مربوط به گزینه‌های دیگر سرمایه‌گذاری نیز توجه شده است. مسأله با روش برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی، مدل‌سازی شده است. برای مواجهه با عدم قطعیت پارامترهای تقاضا و بازگشت سرمایه، از روش مسیر سناریو استفاده شده است. نتایج نشان داد اثربخشی ملاحظه تصمیم‌های مالی در طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را نشان می‌دهد؛ زیرا افزایش تعداد وام‌های در دسترس، سطح خدمت ارائه شده به توزیع‌کنندگان افزایش می‌یابد. همچنین نتایج پژوهش محمدی و همکاران نشان داد ملاحظه همزمان تصمیمات مالی و عدم قطعیت مربوط به تقاضا و بازگشت سرمایه به بهبود سودآوری زنجیره تأمین منجر می‌شود. سهرابی و همکاران (۱۳۹۶)، به

تاگوجی تولید شده و مدل‌های بازار و زنجیره تأمین حلقه بسته برای هر سناریو اجرا گردید و مقادیر هزینه، گاز CO₂ و سهم بازار محصول ثبت گشت. فخرزاد و همکاران (۱۳۹۸)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان مراکز تأمین تحت شرایط عدم قطعیت، پرداختند. در مقاله مذکور یک مدل ریاضی در حالت چند دوره‌ای، چند سطحی و چند محصولی تحت عدم قطعیت ارائه شد. اهداف آن شامل کمینه‌سازی هزینه‌های شبکه زنجیره تأمین و کمینه‌سازی انتشار گازهای خروجی حاصل از جابجایی وسیله نقلیه در بین مراکز می‌باشد و حداکثرسازی قابلیت اطمینان تحلیل تقاضا با توجه به قابلیت اطمینان تعریف‌شده برای تأمین‌کنندگان می‌باشد. در مقاله مذکور جهت نزدیک شدن به دنیای واقعی پارامترهای مدل فازی و تابع هدف چند هدفه است. خاکبازان و همکاران (۱۳۹۷)، ارائه یک مدل زنجیره تأمین یکپارچه مبتنی بر ارزش با در نظرگیری نسبت‌های مالی در تصمیمات مالی، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط به منظور یکپارچه‌سازی تصمیمات مالی و فیزیکی در یک زنجیره تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی با هدف بیشینه نمودن ارزش افزوده اقتصادی، ارائه شده است. نتایج به ارائه مسائلی با ابعاد مختلف و تأیید اعتبار و کارایی مدل پیشنهادی، به بررسی اثرات تغییرات نرخ نسبت‌های مالی و وجود شرایط خرید و فروش نقدی و مدت‌دار بر روی ارزش زنجیره پرداخته شده است. کولیائی و همکاران (۱۳۹۷)، به پیکره‌بندی مدل ریاضی دو مرحله‌ای برای مدیریت زنجیره تأمین سبز، در یک کارخانه فعال در صنعت شیشه تحت شرایط ابهام و عدم قطعیت است. مدل شامل دو مرحله است. مرحله اول از روش تاپسیس فازی برای ارزیابی تأمین‌کننده‌ها بر حسب معیارهای کمی و کیفی استفاده شده است. خروجی این مرحله وزن تأمین‌کننده‌ها برای هر قطعه است که به عنوان پارامتر ورودی مرحله دوم مدل در نظر گرفته می‌شود. مرحله بعد یک مدل ریاضی استوار خطی چند هدفه عدد صحیح مختلط

است. برای بررسی مدل بازیافت باتری خودرو جهت احداث مراکز زنجیره تأمین حلقه بسته در دوره زمانی ۱۰ ساله به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده که نتایج آن، به دلیل توجه همزمان به تمام اهداف سودآوری، اثرات محیط‌زیست، انتخاب مراکز برتر و زمان تحویل، مورد تأیید خبرگان قرار گرفته است. طلایی و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی به ارائه یک مدل مکان یابی دو هدفه برای طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز، پرداختند. در این تحقیق یک مدل دو هدفه عدد صحیح برای مکان یابی از تسهیلات یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز مورد بررسی قرار گرفت. برای نشان دادن موازنه بین اهداف از روش محدودیت اپسیلون استفاده شده است. این مقاله یک شبکه زنجیره تأمین متعلق به تولید توزیع و نیز جمع‌آوری و بازیافت کالاهای مربوط به صنعت تولید دستگاه‌های کپی انجام گرفته است. نتایج پژوهش مذکور به مدیران لجستیک سبز در بهبود عملکرد محیط زیستی در کل زنجیره تأمین به عنوان یک استراتژی مکمل به منظور کسب مزیت رقابتی یاری می‌رساند. در جدول (۱)، به مقایسه بین رویکرد پیشنهادی و سایر مطالعات مرتبط با ارزیابی زنجیره تأمین پرداخته است.

مدل‌سازی ریاضی شبکه زنجیره تأمین حلقه‌بسته سبز با در نظر گرفتن ریسک تأمین: مطالعه موردی، با هدف طراحی ساختاری برای زنجیره‌های جدید یا مهندسی مجدد شبکه‌های موجود به منظور افزایش ارزش کل است. در مقاله مذکور یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چندهدفه فازی که به دنبال حداقل کردن هزینه‌ها، حداقل کردن اثرات زیست‌محیطی و حداقل کردن ریسک تأمین مواد اولیه می‌باشد، ارائه شده است. این مدل در برگرفته تمام سطوح زنجیره تأمین حلقه بسته می‌باشد و نسبت به مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین قبلی جامعیت دارد. جهت پیاده‌سازی مدل تدوین شده، از داده‌های شرکت شیشه‌سازی همدان استفاده شده است. نتایج حل مدل نشان داد مکان و ظرفیت تسهیلات، میزان تولید در مراکز تولید و تعیین فناوری می‌باشد. کرباسیان و همکاران (۱۳۹۵)، مکان‌یابی و تعیین ظرفیت عناصر زنجیره تأمین حلقه بسته، مدل ارائه شده تمام جریان‌های مرتبط با جریان قطعات، مجموعه‌ها، محصول برگشتی را در برگرفته و همچنین، با در نظر گرفتن چهار هدف فازی که در آن موارد کمی و کیفی حضور دارند، می‌کوشد اختیارات تصمیم‌گیرنده را افزایش دهد. از دیگر تمایزهای مدل حاضر آن است که تمام حالت‌های برگشتی از مشتریان در نظر گرفته شده

جدول ۱ جنبه نوآوری و جدید بودن پژوهش حاضر نسبت به دیگر تحقیقات

زنجیره تأمین حلقه بسته	رویکرد زیست محیطی	مدل چند شاخصه فازی	MADM	ارزیابی فازی	مدل ریاضی				روش ارزیابی	نویسندگان
					MOMILP	MILP	MOLP	LP		
-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	مدل سازی ریاضی	محتشمی، آقاسمی و جولای (۲۰۲۰)
✓	-	-	-	-	-	-	✓	-	مدل سازی ریاضی	جیانگ، وانگ، وانگ، زهانگ و زو (۲۰۲۰)
✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	مدل سازی ریاضی	دی و جری، (۲۰۲۰)
✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	مدل سازی ریاضی	طلایی زاده، حقیقی و نیاکی (۲۰۱۹)
✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	-	AHP-FTOPSIS	حمدان و چیاتون (۲۰۱۷)
-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	Fuzzy SWOT	امین، رزمی و زهانگ (۲۰۱۱)
-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	ANP	دمیرتاس و استان (۲۰۰۸)
✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح	حاجیان، افشارکامی، سیدحسینی و طلوعی اشلقی (۱۳۹۸)
✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	SAWELECTRE	پارسائیان، امیری، عظیمی و تقوی فرد (۱۳۹۸)
-	-	-	-	-	-	✓	-	-	مدل سازی ریاضی	خاکبازان، چهارسوقی و رفیعی (۱۳۹۷)
✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-	مدل سازی ریاضی	کولیائی، آذر و رجبزاده قطری (۱۳۹۷)
✓	-	✓	-	-	-	✓	-	-	مدل سازی ریاضی	بهزادی و یوسف برقی (۱۳۹۷)
✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	مدل سازی ریاضی	محمدی، عالم تبریز و پیشوایی (۱۳۹۷)
✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	Fuzzy DEMATEL-FANP (FDANP)	پژوهش حاضر

جدول (۲)، به معرفی ابعاد و شاخص‌های اولیه ارزیابی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز بر مبنای مرور دقیق ادبیات موضوع پرداخته است.

جدول ۲ شاخص‌های ارزیابی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز مستخرج از پیشینه پژوهش

منبع	شاخص	بُعد
احمد و همکاران (۲۰۲۰)؛ امین و همکاران (۲۰۱۱)	افزایش میزان همکاری بنگاه تجاری با مراکز بازیافت محلی	بازیافت
	تدوین کتابچه راهنمای جداسازی قطعات و اقلام قابل بازیافت	محصول
	میزان مشارکت کارکنان	
بهاتیا و همکاران (۲۰۲۰)؛ دی و جری (۲۰۲۰)؛ دیمرتاس و آستون (۲۰۰۸)؛ یآوری و ذاکر (۲۰۲۰)	میزان پیگیری دستورالعمل‌ها و قوانین	مشارکت
	توسعه آموزش و تربیت زیست محیطی	سازمانی
	میزان حمایت و پشتیبانی مدیریت ارشد	
فاضل خلیف و همکاران (۲۰۱۷)؛ غیب‌لو و همکاران (۲۰۱۵)؛ قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گویندان و همکاران (۲۰۲۰)	بازیافت منابع استفاده شده	محیط زیستی و سبز
	بازیافت کالای معیوب	
	سرمایه‌گذاری بر روی بازیافت محصولات قابل بازیافت	
حسینی مطلق و همکاران (۲۰۲۰)؛ هانگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ رمرو و مولینا (۲۰۱۳)	مدیریت مصرف انرژی	لجستیک معکوس
	استفاده از منابع موجود	
	بازاریابی سبز	
جیانگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ پنگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گویندان و همکاران (۲۰۲۰)	خرید سبز	مدیریت تأمین کنندگان
	فروش سبز	
	توسعه‌ی ایده و نگرش‌های زیست‌محیطی در کل شبکه	
جیانگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ پنگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گویندان و همکاران (۲۰۲۰)	راه اندازی شبکه بازیافت فعال	مدیریت تأمین کنندگان
	بازیافت و بازتولید محصول	
	بهبود کمیت و ارتقاء کیفیت محصولات برگشتی	
جیانگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ پنگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گویندان و همکاران (۲۰۲۰)	طراحی کارا برای بازیافت و استفاده مجدد	مدیریت تأمین کنندگان
	تدوین مقررات بازیافت	
	طراحی برای بازیافت	
جیانگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ پنگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گویندان و همکاران (۲۰۲۰)	ممیزی زیست محیطی تأمین‌کنندگان	مدیریت تأمین کنندگان
	ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان	
	گنجاندن الزامات زیست‌محیطی در قرارداد خرید اقلام	
	خرید سبز	

ادامه جدول ۲ شاخص‌های ارزیابی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز مستخرج از پیشینه پژوهش

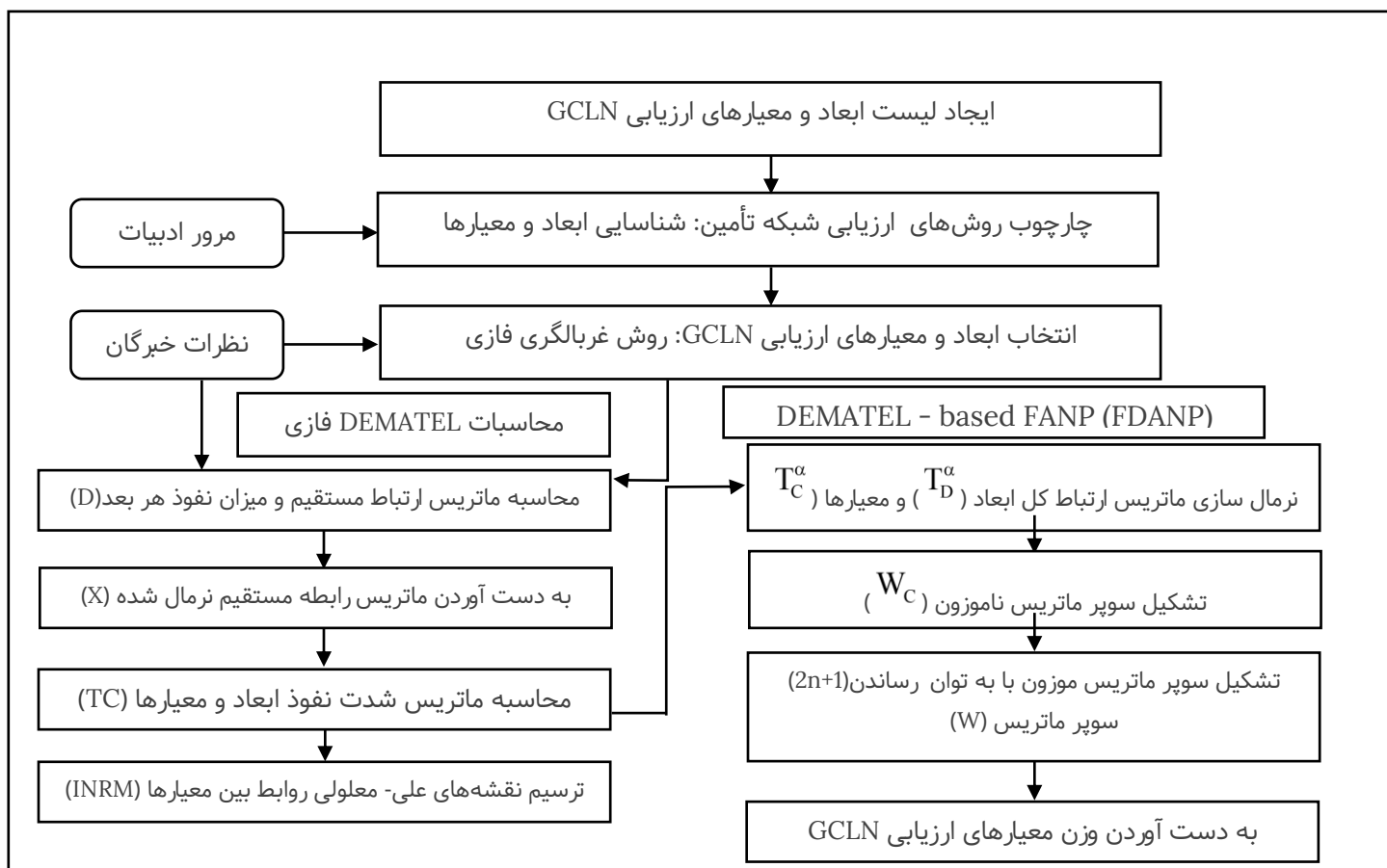
منبع	شاخص	بُعد
وانگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ بهاتیا و همکاران (۲۰۲۰)	طراحی سبز ارزیابی چرخه عمر جهت ایجاد پروفایل محیطی محصولات	چرخه عمر محصول
فضلی خلف و همکاران (۲۰۱۷)؛ غیب‌لو و همکاران (۲۰۱۵)؛ قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گویندان و همکاران (۲۰۲۰)؛ احمد و همکاران (۲۰۲۰)؛	ایجاد فرهنگ مسئولیت اجتماعی ایجاد فرصت‌های برابر و عدم تبعیض ادغام شیوه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها جذب کمک‌های مالی بشردوستانه و زیست‌محیطی افزایش مالیات‌های زیست‌محیطی میزان سیاست‌های زیست‌محیطی دولتی	مسئولیت اجتماعی
دی و جری (۲۰۲۰)؛ دیمرتاس و آستون (۲۰۰۸)؛ یآوری و ذاکر (۲۰۲۰)	وجود مقررات عملیاتی زیست‌محیطی برنامه‌های انطباق و تمیزی محیطی برگشت سرمایه رشد سود	قوانین و سیاست‌ها
حسینی مطلق و همکاران (۲۰۲۰)؛ هانگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ رمرو و مولینا (۲۰۱۳)	رشد فروش بازدهی سرمایه میزان گردش دارایی‌ها هزینه نیروی انسانی هزینه حمل مواد بازیافتنی (باتری خودرو) (معیار)	مالی
بهاتیا و همکاران (۲۰۲۰)؛ دی و جری (۲۰۲۰)؛ دیمرتاس و آستون (۲۰۰۸)؛ یآوری و ذاکر (۲۰۲۰)	هزینه‌ها نت هزینه‌های بازیافت باتری خودرو (معیار) هزینه انرژی تنوع نوع باتری خودرو (معیار) تعداد باتری خودرو (معیار) انعطاف‌پذیری عرضه‌کنندگان باتری خودرو (معیار)	هزینه
قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)؛ گویندان و همکاران (۲۰۲۰)	انعطاف‌پذیری تحویل باتری بازیافتی (معیار) انعطاف‌پذیری قیمت باتری خودرو (معیار) تحویل به موقع باتری بازیافتی به تولیدکننده (معیار)	انعطاف‌پذیری
غیب‌لو و همکاران (۲۰۱۵)؛ قمی اولی و همکاران (۲۰۱۸)	تحویل صحیح و سالم باتری بازیافتی به تولیدکننده (معیار) پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری (معیار) خدمات پس از بازیافت باتری خودرو (معیار)	مشتریان (ذینفعان)

۳ روش شناسی تحقیق

مقاله حاضر از نظر هدف توسعه‌ای- کاربردی و از نظر نوع داده‌ها و نحوه اجرای تحقیق توصیفی- پیمایشی و مدل‌سازی مقاله، با رویکرد هیبریدی دیمتل فازی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (FDANP) است و به بررسی موضوع ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت بازیافت باتری خودرو می‌پردازد. تحقیق حاضر از دو مرحله پیروی می‌کند. در مرحله اول به شناسایی ابعاد و معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با توجه به مبانی نظری و پیشینه تحقیق و روش غربالگری فازی می‌پردازد. مرحله دوم با استفاده از تکنیک دیمتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (FDANP)، به بررسی شدت ارتباطات بین ابعاد و معیارهای ارزیابی شبکه پرداخته و تعیین وزن و اهمیت ابعاد و معیارها با استفاده از ساختار شبکه‌ای با پرسش‌نامه‌های یک تا چهار فازی دیمتل و مقایسات زوجی تحت محیط نرم‌افزای MATLAB می‌پردازد. جامعه مقاله حاضر را ۱۵ نفر از خبرگان صنایع باتری‌سازی، که حداقل دارای ده سال سابقه اجرایی در این صنایع و ارزیابی بازیافت رادارند، همچنین اساتید دانشگاهی متخصص در حوزه شبکه تأمین حلقه بسته سبز تشکیل می‌دهند. از آنجایی که در این تحقیق از جامعه خبرگان استفاده می‌شود، بنابراین نمونه آماری وجود ندارد و از تمام اعضای خبرگان در غربال‌سازی عوامل ارزیابی شبکه و پاسخگویی به پرسش‌نامه‌ها و مصاحبه استفاده

گردیده است. پایایی پرسش‌نامه‌های تحقیق با استفاده از روش بررسی سازگاری گوگوس و بوچر بررسی شد. مقدار پایایی به ازای پرسش‌نامه‌های ابعاد و شاخص‌ها به ترتیب: (۰/۰۴) و (۰/۰۶)، محاسبه شد. زمانی که مقدار آن‌ها از (۰/۱)، کمتر باشد دارای پایایی است. در نتیجه پرسش‌نامه‌های DANP فازی پایایی قابل قبولی دارد.

مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه مستلزم ارزیابی و تعیین ارزش عملکردی موضوع‌ها و پدیده‌های مورد مطالعه هستند، که نیازمند غربال‌سازی، شناسایی و انتخاب معیارهای کلیدی و مهم ارزیابی می‌باشند. همچنین مسائل غربال‌سازی ضمن داشتن مشخصه حداقل اطلاعات عمومی، در برگزیده مشارکت چندین خبره در فرآیند تصمیم‌گیری هستند. یاگر، تکنیکی به نام سیستم غربالگری فازی برای مدیریت این فرآیندها پیشنهاد می‌کند، که می‌تواند با ملاحظه حداقل اطلاعات (کمبود اطلاعات جزئی در ارتباط با معیارها)، اجماع لازم را فراهم آورد. علت استفاده از روش غربالگری فازی نیز مورد مطرح شده می‌باشد. علت استفاده از تکنیک ترکیبی دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه‌ای با توجه به هدف پژوهش به دنبال وزن‌دهی و اولویت‌بندی و بررسی شدت ارتباطات ارزیابی شبکه تأمین در حلقه بسته سبز می‌باشد. در نتیجه از مزایای هر دو تکنیک می‌توان بهره‌مند شد. فرآیند پژوهش در شکل (۱)، ارائه شده است.



شکل ۱ مدل اجرایی پژوهش (منبع: محقق ساخته)

می‌کند. این ارزیابی در قالب عناصر مقیاس کیفی تعریف شده در جدول (۲)، انجام می‌پذیرد (آذر و فرجی، ۱۳۸۹).

۳٫۱ مروری بر روش غربالگری فازی

در روش غربالگری فازی، هر فرد تصمیم‌گیرنده نظر و عقیده خود را درباره درجه اهمیت هر معیار بیان

جدول ۳ فضای کیفی - زبانی برای ارزیابی معیارها و تعیین درجه اهمیت آن‌ها (آذر و فرجی، ۱۳۸۹)

واژه زبانی	نماد تعریف شده	نماد نگارشی
بی‌نهایت مهم	S7	OU
بسیار مهم	S6	VH
مهم	S5	H
متوسط	S4	M
کم‌اهمیت	S3	L
بسیار کم‌اهمیت	S2	VL
بی‌اهمیت	S1	N

عامل i ، بدنه تصمیم‌گیری یک ارزش $Q(k)$ فراهم می‌کند. $Q(k)$ نشان می‌دهد که اگر عضو k ام، عامل i را به‌عنوان یک شاخص کلیدی انتخاب کند و انتخاب آن گزینه به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه تشخیص داده شده باشد، آنگاه چگونه آن عامل برگزیده خواهد شد. تابع اجماع به‌صورت رابطه (۱)، تعریف شده است.

$$Q_A(k) = S_{b(k)}$$
$$b(k) = \text{Int} \left[1 + \left(k \frac{q-1}{r} \right) \right] \quad k = 0, 1, 2, \dots, r$$

(۱) رابطه

حمایت‌کننده از گزینه است. برای تجمیع نظرات از «عملگر یاگر» استفاده می‌شود. برای هر یک از m گزینه، ارزیابی واحد افراد خبره به‌صورت نزولی مرتب می‌شود. ارزیابی کلی راهکارها عبارت است از:

$$u_i = \max_j \{Q(j) \cap B_{ij}\} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

(۲) رابطه

می‌کند که حمایت حداقل ز فرد خبره لازم است (آذر و فرجی، ۱۳۸۹).

اولین گام، تعیین یک تابع تجمیع (Q) برای تصمیم‌گیری است. این تابع مبین توافق تعداد مشخصی از اعضای گروه تصمیم‌گیرنده بر درجه اهمیت هر معیار و یا درجه تأمین هر معیار توسط گزینه‌های تصمیم و غربال‌شدن آن عامل به‌عنوان یک شاخص کلیدی و یا انتخاب آن گزینه به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه است. بر این اساس، برای هر

که در آن q تعداد نقاط در مقیاس انتخاب شده است. r نشان‌دهنده تعداد افراد خبره مشارکت‌کننده در فرایند تصمیم‌گیری است. Int به معنای مقدار عدد صحیح است. K تعداد افراد خبره

در رابطه ۲، U_i نشان‌دهنده امتیاز کلی و B_{ij} نشان‌دهنده ارزش ز تأمین نمره خوب شاخص i است. $Q(j)$ نشان می‌دهد که تصمیم‌گیرنده چقدر احساس

۳،۲ مروری بر تکنیک دنپ فازی

در روش‌های سنتی و کلاسیک برای حل مدل ترکیبی آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (دیمتل) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای این کار صورت می‌گرفت که با استفاده از روش دیمتل ماتریس ارتباطات کل محاسبه می‌شد سپس از آن مقدار آستانه گرفته می‌شد و از روی مقدار آستانه و ماتریس ارتباطات کل، روابط بین ابعاد و معیارها استخراج و به روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای محاسبه می‌شد و سپس دوباره مقایسات زوجی انجام شده و وزن ابعاد و معیارها محاسبه می‌گشت (یکی از معایب این روش این است که با در نظر گرفتن مقدار

آستانه تعداد زیادی از روابط درونی حذف می‌شود). اما مزیت رویکرد DANP نسبت به رویکرد سنتی این است که دیگر از ماتریس ارتباطات کل مقدار آستانه گرفته نمی‌شود (این کار باعث می‌شود تمام روابط درونی حفظ شود) و با همان اعداد تاثیرگذاری کل، سوپر ماتریس اولیه تشکیل شده و سپس ماتریس موزون به توان بی نهایت می‌رسد تا وزن نهایی ابعاد و معیارها محاسبه شود (تیتیل، بهاچری و دکار، ۲۰۱۹).

۳،۳ مراحل دیمتل فازی (FDEMATEL)

گام اول: برای در نظر گرفتن نظر همه خبرگان طبق رابطه (۳) از آن‌ها میانگین حسابی می‌گیریم.

$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \dots \oplus \tilde{x}^p}{p} \quad \text{رابطه (۳)}$$

گام دوم: نرمالیزه کردن ماتریس به دست آمده با استفاده از رابطه (۴)، استفاده می‌کنیم.

در این رابطه p تعداد خبرگان و $\tilde{x}^1, \tilde{x}^2, \dots, \tilde{x}^p$ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و... خبره p می‌باشد و \tilde{z} عدد فازی مثلثی به صورت $\tilde{z}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$ است.

$$\tilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r} \right) = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

که r از رابطه (۵) به دست آمده می‌آید:

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{i=1}^n u_{ij} \right) \quad \text{رابطه (۵)}$$

گام سوم: محاسبه ماتریس‌های فوق، ماتریس روابط کل فازی با توجه به رابطه (۶) به دست آمده می‌آید.

$$T = \lim_{k \rightarrow +\infty} (\tilde{H}^1 \oplus \tilde{H}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{H}^k) \quad \text{رابطه (۶)}$$

که هر درایه آن عدد فازی به صورت $\tilde{t}_{ij} = (l^t_{ij}, m^t_{ij}, u^t_{ij})$ است و به روابط (۷ و ۸ و ۹) محاسبه می‌شود:

$$[l^t_{ij}] = H_l \times (I - H_l)^{-1} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$[m^t_{ij}] = H_m \times (I - H_m)^{-1} \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$[u^t_{ij}] = H_u \times (I - H_u)^{-1} \quad \text{رابطه (۹)}$$

ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایی اعداد فازی مثلثی ماتریس H تشکیل می‌دهد.

در این فرمول‌ها I ماتریس یکه و H_1, H_m, H_u هر کدام ماتریس $n \times n$ هستند که درایه‌های آن را به

ستون‌ها با توجه به روابط (۱۰ و ۱۱) به دست آمده می‌آوریم.

گام چهارم: به دست آمده آوردن مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس \tilde{T} است. مجموع سطرها و

$$\tilde{D} = (\tilde{D}_i)_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{n \times 1} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$\tilde{R} = (\tilde{R}_i)_{1 \times n} = \left[\sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{1 \times n} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

که \tilde{D} و \tilde{R} به ترتیب ماتریس $n \times 1$ و $1 \times n$ هستند. مرحله بعدی میزان اهمیت ابعاد $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)$ و رابطه بین ابعاد $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)$ مشخص می‌گردد. اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i > 0$ باشد بُعد مربوطه اثرگذار و اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i < 0$ باشد بُعد مربوطه اثرپذیر است. در گام بعدی اعداد فازی $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ و $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ به دست آمده از مرحله قبلی را طبق (رابطه ۱۲) دی فازی می‌کنیم.

که \tilde{D} و \tilde{R} به ترتیب ماتریس $n \times 1$ و $1 \times n$ هستند. مرحله بعدی میزان اهمیت ابعاد $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)$ و رابطه بین ابعاد $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)$ مشخص می‌گردد. اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i > 0$ باشد بُعد مربوطه اثرگذار و اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i < 0$ باشد بُعد مربوطه اثرپذیر است.

$$B = \frac{(l + 2m + u)}{4} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

خبرگان میزان تأثیر هریک از عوامل بر دیگری را بر اساس طیف‌های بیانی جدول (۳)، مشخص نموده‌اند.

B دی فازی شده عدد $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ است.

جدول ۴ گزینه‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی برای سنجش شدت تأثیرات (مدیری، دشتی و کریمی، ۱۳۹۸)

معادل قطعی	اعداد فازی مثلثی			طیف‌های بیانی
۴	۰/۷۵	۱	۱	تأثیر بسیار زیاد
۳	۰/۵	۰/۷۵	۱	تأثیر زیاد
۲	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	تأثیر متوسط
۱	۰	۰/۲۵	۰/۵	تأثیر کم
۰	۰	۰	۰/۲۵	بدون تأثیر

۴ یافته‌های پژوهش

مسئولیت اجتماعی؛ ۶. هزینه؛ ۷. انعطاف‌پذیری؛ ۸. مشتریان (ذینفعان)؛ ۹. مشارکت سازمانی؛ ۱۰. چرخه‌ی عمر محصول؛ ۱۱. قوانین و سیاست‌ها و ۱۲. مالی، به دوازده بُعد و ۵۴ شاخص طبقه‌بندی شد. سپس با استفاده از غربالگری فازی تعداد ابعاد به ۸ بُعد و معیارها به ۲۸ معیار تعدیل یافت که این معیارها از طریق بررسی روایی محتوا، مجدداً تأیید و نهایی گردید. بخشی از محاسبات غربالگری فازی در جدول (۴)، مشاهده می‌شود. در جدول (۵)، نتایج نهایی بخش اول پژوهش (غربالگری فازی) مشاهده می‌شود. در این غربالگری، ۲۸ معیار از ۵۴ معیار پذیرفته شد.

بررسی کامل یک پدیده مدیریتی، نیازمند داشتن یک الگوی مفهومی مناسب می‌باشد. چارچوب یا یک مدل مفهومی، روابط تئوریکی میان متغیرهای مهم موردبررسی را نشان می‌دهد (فیضی و سلوکدار، ۱۳۹۳). پس از مرور ادبیات موضوع معیارهای ارزیابی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز، ابعاد شبکه تأمین طبق نظر خبرگان متناسب با نیازهای شرکت بازیافت باتری خودرو و مدل بومی با ابعاد: ۱. بازیافت محصول؛ ۲. محیط‌زیستی و سبز؛ ۳. لجستیک معکوس؛ ۴. مدیریت تأمین‌کنندگان؛ ۵.

جدول ۵ شاخص‌های شناسایی شده حاصل از غربالگری فازی (یافته‌های پژوهش)

شاخص/aj	N	VL	L	M	H	VH	OU	ui	نتیجه
۱	OU	OU	M	M	OU	OU	OU	✓	✓
۲	L	OU	OU	OU	VH	VH	OU	✓	✓
۳	L	L	H	H	VH	OU	OU	×	×
۴	VL	VL	VL	L	VL	VL	VL	×	×
....
۵۳	N	VH	L	L	H	VH	L	✓	✓
۵۴	H	OU	VH	OU	L	VH	OU	✓	✓

جدول ۶ معیارهای شناسایی شده ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز بازیافت باتری حاصل از غربالگری فازی

معیار	بُعد	معیار	بُعد
راه اندازی شبکه بازیافت فعال (C12)	لجستیک معکوس	افزایش میزان همکاری بنگاه تجاری با مراکز بازیافت محلی (C1)	بازیافت
بازیافت و بازتولید محصول (C13)		تدوین کتابچه راهنمای جداسازی قطعات و اقلام قابل بازیافت (C2)	محصول
بهبود کمیت و ارتقاء کیفیت محصولات برگشتی (C14)		بازیافت منابع استفاده شده (C3)	محیط زیستی و سبز
طراحی کارا برای بازیافت و استفاده مجدد (C15)	بازیافت کالای معیوب (C4)		
ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان (C16)	مدیریت تأمین کنندگان	سرمایه‌گذاری بر روی بازیافت محصولات قابل بازیافت (C5)	محیط زیستی و سبز
گنجانیدن الزامات زیست‌محیطی در قرارداد خرید اقلام (C17)		بازاریابی سبز (C6)	
هزینه حمل مواد بازیافتی باتری خودرو (C18)	هزینه	خرید سبز (C7)	

هزینه‌های بازیافت باتری خودرو (C19)		فروش سبز (C8)	
تحويل به موقع باتری بازیافتی به تولیدکننده (C20)	مشتریان (ذینفعان)	ایجاد فرهنگ مسئولیت اجتماعی (C9)	مسئولیت اجتماعی
تحويل صحیح و سالم باتری بازیافتی به تولیدکننده (C21)		ادغام شیوه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها (C10)	
پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری (C22)		جذب کمک‌های مالی بشردوستانه و زیست‌محیطی (C11)	
خدمات پس از بازیافت باتری خودرو (C23)			

ادامه جدول ۶. معیارهای شناسایی شده ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز بازیافت باتری حاصل از غربال‌گری فازی

معیار	بُعد
تنوع نوع باتری خودرو (C24)	انعطاف‌پذیری
تعداد باتری خودرو (C25)	
انعطاف‌پذیری عرضه‌کنندگان باتری خودرو (C26)	
انعطاف‌پذیری تحويل باتری بازیافتی (C27)	
انعطاف‌پذیری قیمت باتری خودرو (C28)	

شده است. لازم به ذکر است؛ به دلیل محدودیت در تعداد صفحات مقاله از ذکر روابط و فرمول‌های فازی DANP همچنین نمایش بخشی از محاسبات فازی DANP چشم پوشی شده و تنها به بیان ماتریس شدت نفوذ معیارها؛ ماتریس نرمال شده ارتباطات کل معیارها؛ سوپر ماتریس ناموزون؛ سوپر ماتریس موزون و اوزان نهایی معیارها پرداخته شده است.

جدول (۷)، ماتریس نرمال شده شدت نفوذ معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت بازیافت باتری خودرو را نشان می‌دهد.

معیارهای موردقبول در ۸ بُعد قرار گرفتند. برای دسته‌بندی شاخص‌ها از پیشینه پژوهش و به‌منظور تأیید آن‌ها از نظر خبرگان و اساتید دانشگاهی نیز استفاده شده است.

۴٫۱ محاسبه اوزان معیارهای ارزیابی GCLN با رویکرد DANP فازی

ابتدا پرسش‌نامه‌های دیمتال فازی با طیف صفر تا چهار (مطابق جدول ۳)، یعنی از بدون تأثیر (۰)؛ تأثیر کم (۱)، تأثیر متوسط (۲)؛ تأثیر زیاد (۳) و تأثیر بسیار زیاد (۴)، بین ۱۵ نفر از خبرگان توزیع و نتایج حاصل از میانگین حسابی نظرات خبرگان در خصوص میزان تأثیر ابعاد و معیارها به صورت جدول (۶)، نشان داده

جدول ۷ میانگین نظر تمام خبرگان

معیارها	C1	C2	C3	...	C26	C27	C28
C1	۰	۳/۷	۲/۴	...	۱/۲	۱/۸	۱/۱
C2	۳/۷	۰	۱/۳	...	۲/۶	۲/۴	۲/۵
C3	۲/۱	۲/۷	۰	...	۲/۵	۲/۴	۱/۴
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C26	۲/۴	۲/۸	۲/۹	...	۰	۱/۷	۲/۵
C27	۳/۵	۳/۵	۳/۵	...	۲/۳	۰	۴
C28	۳	۱/۷	۲/۵	...	۱/۸	۱/۱	۰

جدول ۸ ماتریس نرمال شده شدت نفوذ معیارها ($TC_{normalize}$)

معیارها	C1	C2	C3	...	C26	C27	C28
C1	۰/۴۱۰	۰/۵۹۰	۰/۱۶۰	...	۰/۱۹۹	۰/۲۰۸	۰/۱۸۸
C2	۰/۵۸۲	۰/۴۱۸	۰/۱۴۷	...	۰/۲۱۸	۰/۲۰۹	۰/۲۰۸
C3	۰/۴۸۵	۰/۵۱۵	۰/۱۱۷	...	۰/۲۲۵	۰/۲۱۷	۰/۱۹۱
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C26	۰/۴۹۱	۰/۵۰۹	۰/۱۶۸	...	۰/۱۷۵	۰/۲۰۱	۰/۲۱۰
C27	۰/۴۹۸	۰/۵۰۲	۰/۱۶۹	...	۰/۲۰۷	۰/۱۶۵	۰/۲۲۴
C28	۰/۵۲۶	۰/۴۷۴	۰/۱۶۰	...	۰/۲۲۱	۰/۲۰۰	۰/۱۷۱

جدول (۸)، سوپر ماتریس موزون معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت بازیافت باتری را نشان می‌دهد.

جدول ۹ سوپر ماتریس موزون w^α

معیارها	C1	C2	C3	...	C26	C27	C28
C1	۰/۰۵۲	۰/۰۷۴	۰/۰۶۵	...	۰/۰۶۵	۰/۰۶۶	۰/۰۶۹
C2	۰/۰۷۵	۰/۰۵۳	۰/۰۶۹	...	۰/۰۶۷	۰/۰۶۶	۰/۰۶۳
C3	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۴	...	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۹
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C26	۰/۰۲۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۵	...	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴
C27	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	...	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲
C28	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	...	۰/۰۲۳	۰/۰۲۵	۰/۰۱۹

مقاله در توان ۵ به همگرایی می‌رسد که ستون اول آن به شرح جدول (۹)، می‌باشد.

مطابق جدول (۸)، سوپر ماتریس موزون را آنقدر به توان (متوالی اعداد فرد) رسانیده تا تمامی اعداد هر سطر همگرا شوند. سوپر ماتریس موزون در این

جدول ۱۰ توان پنجم سوپر ماتریس موزون (وزن نهایی) ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با DANP فازی

رتبه‌بندی با دنپ فازی	توان ۵	معیارها
۳	۰/۰۶۵۷	افزایش میزان همکاری بنگاه تجاری با مراکز بازیافت محلی (C1)
۱	۰/۰۶۶۴	تدوین کتابچه راهنمای جداسازی قطعات و اقلام قابل بازیافت (C2)
۲۸	۰/۰۱۸۳	بازیافت منابع استفاده شده (C3)
۲۵	۰/۰۱۹۶	بازیافت کالای معیوب (C4)
۲۳	۰/۰۲۱۱	سرمایه‌گذاری بر روی بازیافت محصولات قابل بازیافت (C5)
۲۴	۰/۰۲۱۰	بازاریابی سبز (C6)
۲۷	۰/۰۱۸۸	خرید سبز (C7)
۲۶	۰/۰۱۹۴	فروش سبز (C8)
۷	۰/۰۴۴۷	ایجاد فرهنگ مسئولیت اجتماعی (C9)
۸	۰/۰۴۴۳	ادغام شیوه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها (C10)
۹	۰/۰۴۰۱	جذب کمک‌های مالی بشردوستانه و زیست‌محیطی (C11)
۱۴	۰/۰۳۰۸	راه اندازی شبکه بازیافت فعال (C12)
۱۳	۰/۰۳۰۹	بازیافت و بازتولید محصول (C13)
۱۵	۰/۰۳۰۷	بهبود کمیت و ارتقاء کیفیت محصولات برگشتی (C14)
۱۶	۰/۰۲۹۸	طراحی کارا برای بازیافت و استفاده مجدد (C15)
۲	۰/۰۶۵۸	ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان (C16)
۵	۰/۰۶۲۴	گنجاندن الزامات زیست‌محیطی در قرارداد خرید اقلام (C17)
۴	۰/۰۶۳۲	هزینه حمل مواد بازیافتی باتری خودرو (C18)
۶	۰/۰۵۹۵	هزینه‌های بازیافت باتری خودرو (C19)
۱۲	۰/۰۳۳۶	تحویل به موقع باتری بازیافتی به تولیدکننده (C20)
۱۷	۰/۰۲۹۱	تحویل صحیح و سالم باتری بازیافتی به تولیدکننده (C21)
۱۱	۰/۰۳۵۵	پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری (C22)
۱۰	۰/۰۳۵۹	خدمات پس از بازیافت باتری خودرو (C23)
۲۰	۰/۰۲۲۲	تنوع نوع باتری خودرو (C24)
۲۲	۰/۰۲۱۶	تعداد باتری خودرو (C25)
۱۸	۰/۰۲۳۹	انعطاف‌پذیری عرضه‌کنندگان باتری خودرو (C26)
۱۹	۰/۰۲۳۲	انعطاف‌پذیری تحویل باتری بازیافتی (C27)
۲۱	۰/۰۲۲۴	انعطاف‌پذیری قیمت باتری خودرو (C28)

نمودند. در این قسمت به جمع‌بندی نتایج حاصل از نتایج تحلیل DANP فازی در قالب تعیین متغیرهای علی- معلولی می‌پردازیم.

با توجه به مقادیر به دست آمده (D+R)، میزان تاثیر و تاثر عوامل مورد نظر را نشان می‌دهد و (D-R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد، به طور

نتایج حاصل از جدول (۹)، که وزن و اهمیت معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز را نشان می‌دهد. معیار تدوین کتابچه راهنمای جداسازی قطعات و اقلام قابل بازیافت مهم‌ترین معیار در بین معیارها و ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان رتبه دوم و پس از آن معیارهای دیگر به ترتیب رتبه‌های بعدی را از نظر اهمیت کسب

معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز نشان می‌دهد.

کلی اگر (D-R)، مثبت باشد متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. جدول (۱۰)، این روابط را در هریک از

جدول ۱۱ نتایج حاصل از روابط علی- معلولی معیارهای ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با DANP

نوع متغیر	بر اساس D-R	بر اساس D+R	ترتیب واقع شدن معیارها	نماد
معلول	-۰/۹۳۸	۶/۸۵۹	افزایش میزان همکاری بنگاه تجاری با مراکز بازیافت محلی	C1
معلول	-۰/۸۱۸	۷/۰۶۲	تدوین کتابچه راهنمای جداسازی قطعات و اقلام قابل بازیافت	C2
معلول	-۰/۲۸۸	۶/۳۰۴	بازیافت منابع استفاده شده	C3
معلول	-۰/۱۵۳	۶/۸۴۱	بازیافت کالای معیوب	C4
علی	۰/۵۱۵	۷/۹۴۵	سرمایه‌گذاری بر روی بازیافت محصولات قابل بازیافت	C5
معلول	-۰/۸۹۷	۶/۶۷۳	بازاریابی سبز	C6
علی	۰/۸۰۴	۷/۵۴	خرید سبز	C7
علی	۰/۳۲۵	۷/۲۱۵	فروش سبز	C8
معلول	-۰/۰۰۱	۷/۹۶	ایجاد فرهنگ مسئولیت اجتماعی	C9
علی	۰/۹۸۸	۸/۰۶۴	ادغام شیوه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها	C10
علی	۰/۳۱۴	۷/۳۹	جذب کمک‌های مالی بشردوستانه و زیست‌محیطی	C11
علی	۸/۳۵۲	۸/۲۷۱	راه اندازی شبکه بازیافت فعال	C12
معلول	-۲/۷۷۶	۱۱/۴۲۷	بازیافت و بازتولید محصول	C13
معلول	-۰/۱۶۲	۷/۱۰۱	بهبود کمیت و ارتقاء کیفیت محصولات برگشتی	C14
معلول	-۰/۹۷۲	۶/۱۲۸	طراحی کارا برای بازیافت و استفاده مجدد	C15
معلول	-۰/۲۴۴	۷/۵۸	ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان	C16
معلول	-۰/۲۲۱	۷/۲۴۷	گنجاندن الزامات زیست‌محیطی در قرارداد خرید اقلام	C17
علی	۰/۱۸۸	۷/۷۲۲	هزینه حمل مواد بازیافتنی باتری خودرو	C18
معلول	-۰/۱۶۴	۶/۹۷۴	هزینه‌های بازیافت باتری خودرو	C19
معلول	-۰/۴۱۶	۷/۴۸۸	تحويل به موقع باتری بازیافتی به تولیدکننده	C20
معلول	-۰/۰۹۸	۶/۷۰۲	تحويل صحیح و سالم باتری بازیافتی به تولیدکننده	C21
علی	۰/۰۰۷	۸/۳۱۳	پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری	C22
معلول	-۰/۳۱۳	۸/۱۸۰	خدمات پس از بازیافت باتری خودرو	C23
علی	۰/۳۳۹	۶/۸۸۲	تنوع نوع باتری خودرو	C24
علی	۰/۳۳۱	۶/۷۳۸	تعداد باتری خودرو	C25
علی	۰/۱۵۴	۷/۲۰۳	انعطاف‌پذیری عرضه‌کنندگان باتری خودرو	C26
علی	۰/۶۸۵	۷/۵۱۳	انعطاف‌پذیری تحويل باتری بازیافتی	C27
معلول	-۰/۲۲۸	۶/۴۵۰	انعطاف‌پذیری قیمت باتری خودرو	C28

سازمان‌ها، بلکه میان زنجیره‌های تأمین نیز وجود دارد.

در مقاله حاضر تلاش شد تا با مرور عمیق بر پیشینه مقاله‌های داخلی و خارجی در حوزه ارزیابی شبکه‌های تأمین حلقه بسته سبز به شناسایی ابعاد و معیارهای ارزیابی این شبکه در صنایع بازیافت باتری پرداخته شود. ابتدا پس از شناسایی لیست ابعاد و معیارهای ارزیابی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با روش غربالگری فازی و نظر خبرگان هشت بعد و ۲۸ شاخص منتخب شدند. سپس با استفاده از منطق دیمتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه‌ای به ارزیابی و وزن‌دهی معیارهای ارزیابی شبکه پرداخته شد. مقاله حاضر برای اولین بار در دنیا به شناسایی معیارهای شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنایع بازیافت باتری با تکنیک DANP فازی پرداخته است. نتایج مقاله حاضر نشان داد معیار تدوین کتابچه راهنمای جداسازی قطعات و اقلام قابل بازیافت مهم‌ترین معیار در بین معیارها و ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان رتبه دوم و پس از آن معیارهای افزایش میزان همکاری بنگاه تجاری با مراکز بازیافت محلی؛ هزینه حمل مواد بازیافتی باتری خودرو؛ گنجاندن الزامات زیست‌محیطی در قرارداد خرید اقلام؛ هزینه‌های بازیافت باتری خودرو؛ ایجاد فرهنگ مسئولیت اجتماعی؛ ادغام شیوه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها؛ جذب کمک‌های مالی بشردوستانه و زیست‌محیطی؛ خدمات پس از بازیافت باتری خودرو؛ پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری؛ تحویل به موقع باتری بازیافتی به تولیدکننده؛ راه اندازی شبکه بازیافت فعال؛ بازیافت و بازتولید محصول؛ بهبود کمیت و ارتقاء کیفیت محصولات برگشتی؛ طراحی کارا برای بازیافت و استفاده مجدد؛ تحویل صحیح و سالم باتری بازیافتی به تولیدکننده؛ انعطاف‌پذیری عرضه‌کنندگان باتری خودرو؛ انعطاف‌پذیری تحویل باتری بازیافتی؛ تنوع نوع باتری خودرو؛ انعطاف‌پذیری قیمت باتری خودرو؛ تعداد باتری خودرو؛ سرمایه‌گذاری بر روی بازیافت محصولات

مطابق نتایج جدول (۱۰)، پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری اثرگذارترین معیار و بازیافت و بازتولید محصول اثرپذیرترین معیار در ارزیابی شبکه حلقه بسته سبز شناخته شدند. بازیافت محصولات قابل بازیافت؛ خرید سبز؛ فروش سبز؛ ادغام شیوه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها؛ جذب کمک‌های مالی بشردوستانه و زیست‌محیطی؛ راه اندازی شبکه بازیافت فعال؛ هزینه حمل مواد بازیافتی باتری خودرو؛ پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری؛ تنوع نوع باتری خودرو؛ تعداد باتری خودرو؛ انعطاف‌پذیری عرضه‌کنندگان باتری خودرو و انعطاف‌پذیری تحویل باتری بازیافتی، معیارهای علی و بقیه معیارهای معلول هستند.

۵ بحث و نتیجه‌گیری

در سده اخیر، محیط‌گرایی به یکی از موضوع‌های مهم اقتصادی و اجتماعی تبدیل شده است. در واقع با افزایش آگاهی به حفاظت از محیط‌زیست و گرم شدن در جهان، روند سبز برای حمایت از منابع زمین و محیط‌زیست، از مباحث بسیار مهم دهه اخیر به شمار می‌آید. امروزه فعالیت‌های صنعتی و نیز حمل و نقل مربوط به شبکه‌های زنجیره تأمین، از مهم‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌روند. با وجود این‌که علت گرایش اغلب سازمان‌ها به مدیریت زنجیره تأمین سبز رعایت الزامات قانونی است، این رویکرد در بلند مدت می‌تواند زمینه دستیابی شرکت‌ها به مزیت رقابتی پایدار و در نهایت سودآوری را فراهم کند. در فضای رقابتی امروز، داشتن طرح و برنامه‌ای جامع، بلند مدت و پایدار ضامن بقای شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی است. در سالیان اخیر، مدیریت مبتنی بر ارزش که مدیریت تمامی بخش‌های یک بنگاه در جهت پیشینه نمودن سهام را به عنوان هدف اصلی معرفی می‌کند، به عنوان رویکردی مؤثر در تضمین توسعه پایدار، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. بدون شک امروزه رقابت نه تنها میان تک‌تک

مراکز جمع‌آوری، در تحقق اهداف زیست‌محیطی و بهره‌مندی هر چه بیشتر ذینفعان این صنعت یاری رسان باشند.

۳- با فراخوان‌های سرمایه‌گذاران حامی محیط زیست و داشتن برنامه‌ریزی دقیق به جذب سرمایه‌های پراکنده در خصوص کمک‌های مالی و بشردوستانه مبادرت ورزند.

۴- با شناسایی تأمین‌کنندگان کلیدی و ایجاد ارتباطات بلند مدت و پایدار با ایشان در راستای تحقیق افزایش انعطاف‌پذیری شبکه تأمین حلقه بسته سبز گام بردارند.

جهت پژوهش محققین آتی تحقیقات زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از تکنیک VIKOR فازی.

۲- ارزیابی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با رویکرد SWOT و تکنیک TOPSIS فازی.

۳- اولویت بندی معیارهای زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از تکنیک BWM فازی.

۴- اولویت بندی معیارهای زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از تکنیک FAHP-FTOPSIS.

قابل بازیافت؛ بازاریابی سبز؛ بازیافت کالای معیوب؛ فروش سبز؛ خرید سبز و بازیافت منابع استفاده شده دیگر به ترتیب رتبه‌های بعدی را از نظر اهمیت کسب نمودند.

جهت بهبود شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت بازیافت باتری خودرو با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

۱- به مدیران ارشد صنایع بازیافت باتری خودرو پیشنهاد می‌گردد، با توجه به این که پاسخگویی به ذینفعان و تولیدکنندگان باتری اثرگذارترین معیار در ارزیابی شبکه تأمین حلقه بسته سبز شناخته شد، با ایجاد شبکه‌ای از کانال‌های ارتباطی و با استفاده از ماتریس قدرت - تمایل، ذینفعان کلیدی صنعت بازیافت باتری را شناسایی و در راستای دستیابی به اهداف ایشان و جلب رضایت ذینفعان تمام تلاش خود را انجام دهند.

۲- با توجه به نتایج مقاله حاضر خرید و فروش سبز از جمله متغیرهای علت در این ارزیابی شناخته شدند، با برنامه‌ریزی دقیق جهت شناسایی مواد اولیه سبز و ایجاد بسترهای بازیافت، دریافت و جمع‌آوری باتری‌های خودرو با ایجاد سایت‌های جمع‌آوری و اطلاع رسانی در جهت تحویل باتری به

فهرست منابع

- Ahmad, F., Adhami, A.Y. & Smarandache, F. (2020). Modified neutrosophic fuzzy optimization model for optimal closed-loop supply chain management under uncertainty. In *Optimization Theory Based on Neutrosophic and Plithogenic Sets*, 343-403.
- Amin, S.H., Razmi, J., Zhang, G. (2011). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert System Appl.* 38 (1), 334-342.
- Azar, A. & Faraji, H. (2011). *Fuzzy Management Science*, Mehrban Publisher, 308. (In Persian)
- Hajian, S., Afshar Kazemi, M.A., Seyed Hosseini, S.M. & Toloie, A. (2020). Provide a Multi-objective model for the closed-loop supply chain green location on the network routing and multi-product Chnddvrhay perishable goods.



- Industrial Management Journal*, 32 (11), 83-110. (In Persian)
- Bhatia, M.S., Jakhar, S.K., Mangla, S.K. & Gangwani, K.K. (2020). Critical factors to environment management in a closed loop supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120239.
- Baradaran, V. & Safari, Z. (2020). A two-objective location model for a closed loop supply chain network design under uncertainty conditions. *Industrial Management Studies*, 54 (17), 223-262. (In Persian)
- Bashiri, M. & Sherafati, M. (2014). A two-objective location model for a closed loop supply chain network design under uncertainty conditions. *Research of Industrial Engineering in Production Systems*, 1 (1), 25-36. (In Persian)
- Behzadi, M. & Yosef Barghi, M. (2019). Two-stage and stable randomized optimization approaches in the closed loop supply chain network in uncertainty conditions. *Production and Operations Management*, 17 (9), 77-97. (In Persian)
- De, M. & Giri, B.C. (2020). Modelling a closed-loop supply chain with a heterogeneous fleet under carbon emission reduction policy. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 133, 101813.
- Demirtas, E.A., Üstün, €O. (2008). An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega*, 36 (1), 76-90.
- Fazli-Khalaf, M., Mirzazadeh, A. & Pishvae, M.S. (2017). A robust fuzzy stochastic programming model for the design of a reliable green closed-loop supply chain network. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23 (8), 2119-2149.
- Fathi, M.R., Jafarnejad cheghoshi, A., Safari, H. & Azar, A. (2020). Provide a multi-objective fuzzy mathematical programming model to design a closed-loop supply chain network taking into account environmental factors. *Environmental Science and Technology*, 8 (21), 66-76. (In Persian)
- Farokh, M., Azar, A. & Gandaghi, Gh. R. (2017). Develop a robust fuzzy programming approach to design a closed loop supply chain. *Industrial Management Perspective*, 22 (6), 9-43. (In Persian)
- Fazli Khalaf, M.R., Chahrsoghi, S.K. & Pishvae, M.S. (2014). Sustainable design closed-loop supply chain network under uncertainty: A Case Study of a lead-acid battery manufacturer. *Journal of Engineering Modeling*, 12 (39), 45-60. (In Persian)
- Feyzolah, S., Soltanpanah, H., Faroghi, H. & Rahimzadeh, A. (2019). Development of a multi-objective and multi-period chain link supply network model under uncertainty conditions. *Industrial Management Perspective*, 32 (8), 61-96. (In Persian)
- Feyzi, A. & Soloukdar, A. (2014). Performance evaluation of

- banking industry with a combination of Balanced Scorecard approach (FTOPSIS-BSC). *Financial engineering and securities management (Portfolio Management)*, 5 (20), 57-78. (In Persian)
- Ghayebloo, S., Tarokh, M.J., Venkatadri, U. & Diallo, C. (2015). Developing a bi-objective model of the closed-loop supply chain network with green supplier selection and disassembly of products: The impact of parts reliability and product greenness on the recovery network. *Journal of Manufacturing Systems*, 36, 76-86 .
- Ghomi-Avili, M., Jalali Naeini, S.G., Tavakkoli-Moghaddam, R. & Jabbarzadeh, A. (2018). A fuzzy pricing model for a green competitive closed-loop supply chain network design in the presence of disruptions. *Journal of Cleaner Production*, 188, 425-442 .
- Govindan, K., Mina, H., Esmaili, A. & Gholami-Zanjani, S.M. (2020). An Integrated Hybrid Approach for Circular supplier selection and Closed loop Supply Chain Network Design under Uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118317 .
- Ghomi Oyli, M., Jalali, Gh. R., Tavakoli Moghadam, R. & Jabarzadeh, A. (2017). Designing Closed loop supply chain network under disruption and uncertainty conditions considering product quality and resilience strategy. *Quality Engineering and Management*, 6 (2), 133-145. (In Persian)
- Hosseini-Motlagh, S.M., Nouri-Harzvili, M., Johari, M. & Sarker, B.R. (2020). Coordinating economic incentives, customer service and pricing decisions in a competitive closed-loop supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120241 .
- Huang, L., Murong, L. & Wang, W. (2020). Green closed-loop supply chain network design considering cost control and CO 2 emission. *Modern Supply Chain Research and Applications*.
- Jiang, G., Wang, Q., Wang, K., Zhang, Q. & Zhou, J. (2020). A Novel Closed-Loop Supply Chain Network Design Considering Enterprise Profit and Service Level. *Sustainability*, 12 (2), 544 .
- Karbasian, S., Razavi, S.M. & Safari, H. (2017). Location and capacity determination of closed loop supply chain elements. *Iranian Journal of Trade Studies*, 78 (20), 1-28. (In Persian)
- Koleyaee, M., Azar, A. & Rajabzade Ghatari, A. (2019). Two-stage mathematical model configuration for green supply chain management. *Organizational Resources Management Researchs*, 32 (8), 111-130. (In Persian)
- Khakbazan, E., Chaharsoghi, S., Mokhatab Rafiei, F. (2018). Presenting an Integrated Value Based Supply Chain Model Considering Financial Ratios in Financial Decisions. *Modern Research in Decision Making*, 3 (1), 113-136. (In Persian)
- Mohtashami, M., Aghsami, A. & Jolai, F. (2020). A green closed loop supply



- chain design using queuing system for reducing environmental impact and energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118452.
- Mohamadnejad, Z., Nakhae Kamalabadi, E., Sadegheyan, R. & Ahmadizar, F. (2018). Provide a combined model of pricing and routing inventory in a two-level closed-loop supply chain. *Economic modeling*, 37 (11), 101-128. (In Persian)
- Mohamadi, A.S., Alamtabriz, A. & Pishvae, M. (2019). Designing Green Closed-loop Supply Chain Network with Financial Decisions under Uncertainty. *Industrial Management Journal*, 10 (1), 61-84. (In Persian)
- Modiri M, Dashti Shiramin M, Shirazi H K. (2019). Identification and Prioritization of Influencing Factors on Safety Performance with hybrid Fuzzy DEMATEL and Analytical Network Process Approach (DANP) (Case Study: A Combined Cycle Power Plant). *Journal of Health and Safety at Work (JHSW)*, 9 (1), 49-60. (In Persian)
- Manochehri, S., Tajodin, A. & Shirazi, B. (2020). Integrated optimization for the green loop supply chain. *Industrial Management Perspective*, 35 (1), 55-85. (In Persian)
- Peng, H., Shen, N., Liao, H., Xue, H. & Wang, Q. (2020). Uncertainty factors, methods, and solutions of closed-loop supply chain: A review for current situation and future prospects. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120032 .
- Parsaiyan, S., Amiri, M., Azimi, P. & Taghavifard, M.T. (2020). Designing a Green Closed-loop Supply Chain Simulation Model and Product Pricing in The Presence of a Competitor. *Industrial Management Study*, 17 (52), 153-202. (In Persian)
- Romero, D. & Molina, A. (2013). Reverse-green virtual enterprises and their breeding environments: closed-loop networks. In *Working Conference on Virtual Enterprises*, 589-598.
- Rabani, M., Asgari, E., Ghavamifar, A. & Farokhi Asl, H. (2019). Closed-loop supply chain network design taking into account the risk of resource disruption and production time. *Numerical methods in engineering*, 37 (2), 61-78. (In Persian)
- Rahini, M., Mahdavi, E., Seyed Esfehiani, M.M., Fazlolah Tabar, H. & Nayeri, S. (2017). Closed-loop green supply chain network design considering product pricing and product life cycle. *Industrial Engineering and Production Management Studies*, 3 (2), 16-46 .
- (In Persian)
- Sadeghi Rad, R. & Nahavandi, N. (2018). A novel multi-objective optimization model for integrated problem of green closed loop supply chain network design and quantity discount. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1549-1565.
- Soleimani, H., Govindan, K., Saghafi, H. & Jafari, H. (2017). Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network

- design. *Computers & Industrial Engineering*, 109, 191-203.
- Soltani Tehrani, M., Hasanpour, H. & Ramezani, S. (2016). Two-objective cost optimization model and carbon dioxide in the closed loop supply chain. *Management research in Iran*, 13 (19), 169-190. (In Persian)
- Sohrabi, T., Etemad, M. & Fathi, M. (2018). Mathematical modeling of Green closed loop supply chain network with consideration of supply risk: Case Study. *Journal of Advanced Mathematical Modeling*, 7 (2), 103-122.
- Sommerville, R., Shaw-Stewart, J., Goodship, V., Rowson, N. & Kendrick, E. (2020). A review of physical processes used in the safe recycling of lithium ion batteries. *Sustainable Materials And Technologies*, 25, e00197 .
- Talaei, M., Farhang Moghaddam, B., Pishvaei, M.S., Bozorgi-Amiri, A. & Gholamnejad, S. (2016). A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: a numerical illustration in electronics industry. *Journal of Cleaner Production*, 113, 662-673.
- Taleizadeh, A.A., Haghghi, F., Niaki, S.T.A. (2019). Modeling and solving a sustainable closed loop supply chain problem with pricing decisions and discounts on returned products. *Journal of Cleaner Production*. 207, 163-181.
- Titijal, R., Bhattacharya, S. & Thakkar, J.J. (2019). The distribution strategy selection for an e-tailer using a hybrid DANP VIKOR MCDM model. *Benchmarking: An International Journal*, 26 (2), 395-433.
- Wang, Y., Fan, R., Shen, L. & Miller, W. (2020). Recycling decisions of low-carbon e-commerce closed-loop supply chain under government subsidy mechanism and altruistic preference. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120883.
- Yavari, M. & Zaker, H. (2020). Designing a resilient-green closed loop supply chain network for perishable products by considering disruption in both supply chain and power networks. *Computers & Chemical Engineering*, 134, 106680 .
- Zhang, Z., Liu, S. & Niu, B. (2020). Coordination mechanism of dual-channel closed-loop supply chains considering product quality and return. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119273 .
- Zhen, L., Huang, L., & Wang, W. (2019). Green and sustainable closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1195-1209 .
- Zohal, M. & Soleimani, H. (2016). Developing an ant colony approach for green closed-loop supply chain network design: a case study in gold industry. *Journal of Cleaner Production*, 133, 314-337.