Journal of Industrial Innovations 2(2) (2024) 127 – 143

Industrial Innovations

https://jii.araku.ac.ir

ISSN: 2980-8847

A Group Decision-Making Framework for Evaluating Suppliers' Social Responsibilities in the Petrochemical Industry – Fuzzy Z AHP Approach

Ashraf Norouzi [a]

[a] Department of industrial engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.

Original Article

Use your device to scan and read the article online

Citation: Noouzi A. A Group Decision-Making Framework for Evaluating Suppliers' Social Responsibilities in the Petrochemical Industry – Fuzzy Z AHP Approach. Industrial Innovations. 2024; 2(2): 127-143.

https://doi.org/10.61186/jii.2.2.127

KEYWORDS

Corporate social responsibility;
Sustainable supplier;
Analytical hierarchy process;
fuzzy Z-numbers;
Petrochemical industry.

ABSTRACT

Increasing social awareness has raised expectations for companies to embrace their social responsibilities. Corporate social responsibility (CSR) is the concept that organizations take into account the interests of society through being responsible for the impact of their activities on customers, suppliers, employees, shareholders, and the broader community and environment in which they operate. This commitment goes beyond legal obligations, whereby organizations take meaningful steps to improve the quality of life of employees, customers, and other stakeholders. However, limited research has focused on integrating sustainability and corporate social responsibility in supplier selection literature. This research presents a group multi criteria decision making model to evaluate and rank contractors based on social responsibility criteria. This evaluation examines social responsibility from various dimensions of moral responsibilities, societal responsibilities, environmental responsibilities, and commitments to employees and customers. The proposed model is applied in a real case study at Shazand Petrochemical Company. The suggested approach is to develop a fuzzy analytical hierarchy process technique using fuzzy Z numbers. The key advantage of using fuzzy Z numbers in multi-criteria decision-making is the possibility of considering the confidence levels of various decision-makers in the calculations. Therefore, the proposed technique can be easily applied in developing other multi-criteria techniques as well as other applications that deal with diverse groups of experts with varying degrees of confidence. The results can help the organization in selecting socially responsible suppliers, and in this way helping in the achievement of sustainability goals and enhancing the company's competitiveness and reputation.

Extended Abstract

1. Introduction

Increasing social awareness has raised expectations for companies to embrace their social responsibilities. Corporate social responsibility (CSR) is the concept that organizations take into account the interests of society through being responsible for the impact of their activities on customers, suppliers, employees, shareholders, and the broader community and environment in which they operate. This commitment goes beyond legal obligations, whereby organizations take meaningful steps to improve the quality of life of employees, customers, and other stakeholders. However, limited research has focused on integrating sustainability and corporate social responsibility in supplier selection literature. selecting a sustainable and socially responsible supplier is crucial for enhancing a company's overall sustainable performance [1]. Companies are under

* Corresponding author.
E-mail address: a-noroozi@araku.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.61186/jii.2.2.127
Received: July 29, 2024; Received in revised form: September 6, 2024; Accepted: September 8, 2024.
Article type: Research Paper
©Author

pressure from various stakeholders, especially their customers, to select sustainable suppliers that adhere to social responsibilities [2]. Obviously, organizations cannot claim to have superior sustainable performance than their suppliers, and any irresponsible actions by suppliers will negatively impact the reputation of their purchasing companies [3]. In fact, suppliers play a crucial role in the value chain network, and their unethical actions often tarnish companies' image and reputations [4]. From the managers' perspective, any efforts in this area are valuable as they enhance the organization's brand image, and reputation. Managers often tend to simultaneously consider the social interests and opinions of all stakeholders in sourcing operations, and at the same time, this operation remains profitable. Therefore, due to possible conflict of interests, this operation becomes a challenge in many cases [3, 5, 6]. In such a situation, addressing this issue by selecting a sustainable supplier that incorporates corporate social responsibility criteria can offer a solution. The main question of this research is how Iran's petrochemical industry, like other developing countries, can effectively evaluate and select suppliers based on corporate social responsibility criteria. This research utilizes fuzzy Z-numbers to develop the AHP technique for evaluating suppliers based on CSR criteria in the petrochemical industry. Incorporating fuzzy Z-numbers in MADM techniques makes it possible to consider the uncertainty in opinions, as well as the degree of expert credibility simultaneously.

2. **Research Design**

In a knowledge-based decision-making model, estimates are derived from the aggregation of expert opinions. This is while the degree of certainty and confidence in the opinions of different experts is different. Hence, the degree of confidence and also the expertise levels should be incorporated into the decision-making model. Fuzzy Z-numbers have been developed to describe these conditions. In fact, the concept of Z fuzzy numbers extends fuzzy set theory to incorporate reliability in fuzzy values [7]. A Z-fuzzy number is a set represented as $\tilde{Z} = (\tilde{A}, \tilde{R})$, where the first component $(\tilde{A})$ denotes the value of the variable as a fuzzy number, and the second component $(\tilde{R})$ indicates the degree of reliability in that value, as a fuzzy number. In this research, to develop the fuzzy version of AHP method based on Z-numbers, the Buckley AHP method [8] and Tüysüz and Kahraman method [9] are utilized. At first, the decision-making framework, including the decision hierarchy, alternatives, and participating experts, is determined. Then the linguistic scale for expressing expert opinions and assessing their confidence in those opinions has been determined. Using these scales, the criteria set at different levels have been compared and the alternatives scores are obtained. Then the consistency of pairwise comparisons has been examined. In this evaluation, only the first component of the fuzzy Z-number $(\tilde{A})$ is considered and the reliability component $(\tilde{R})$ is ignored. Including this component may incorrectly convert compatible pairwise comparisons into incompatible ones. After ensuring the consistency of the pairwise comparisons, the experts' opinions are aggregated using the fuzzy geometric mean operator. The fuzzy Z-numbers in the aggregated decision matrix are then converted to their corresponding ordinary fuzzy numbers. Finally, Buckley's fuzzy AHP method is applied to the results.

3. **Results**

The proposed approach has been used in evaluating the suppliers of Shazand Petrochemical Company, emphasizing their acceptance of corporate social responsibilities. To achieve this, using extensive literature review the factors influencing the level of CSR are identified. This evaluation focuses on a specific group of suppliers for the company, namely those providing industrial oils. These alternatives included six major suppliers, each meeting over 5% of the company's total demand. The experts are also four organizational managers with over 10 years of experience working with these suppliers. The implementation of the proposed approach for comparing criteria at different levels and evaluating alternative performances yields the following fuzzy ranking: Alt4 > Alt1 > Alt5 > Alt2 > Alt6 > Alt3.

4. **Conclusion**

The proposed approach enables the evaluation and ranking of various alternatives in a hierarchical structure with multiple experts with different degrees of credibility. This approach can be used as a guide to conduct similar research in other applications. For example, the proposed framework can assess the acceptance of social responsibilities among the present companies in an industry. On the other hand, this research proposes the use of fuzzy Z-numbers in a widely used multi-criteria decision-making model (Buckley model). This approach can easily be applied to other multi-criteria decision-making techniques. The proposed approach has been successfully applied in a real case study to evaluate the suppliers of industrial oils of Shazand Petrochemical Company. This approach considers varying levels of experts' confidence in their opinions during decision-making, adjusting the presented opinions accordingly. Similarly, the proposed approach allows for the inclusion of experts' credibility in the decision-making model. Omitting the varying levels of reliability among experts—represented by the second component of the fuzzy Z- numbers that indicates confidence in the fuzzy values—reduces the current research to Buckley's fuzzy AHP method. In this situation, the performance ranking of the alternatives will be as Alt1 > Alt4 > Alt2 > Alt5 > Alt6 > Alt3, which is significantly different from the results obtained in this research and shows the importance of considering the levels of confidence of experts in a group decision-making problem. In fact, the primary advantage of the proposed approach over Buckley's fuzzy AHP method is the adjustment of fuzzy numbers based on their reliability, which enhances flexibility in capturing human judgment data for the decision-making model.

نوآوری‌های صنعتی
شاپا: ۸۸۴۷-۲۹۸۰

توسعه چارچوبی برای تصمیم‌گیری گروهی ارزیابی مسئولیت‌های اجتماعی تامین‌کنندگان در صنعت پتروشیمی - رویکرد تحلیل سلسله مراتبی توسعه‌یافته با اعداد فازی Z

اشرف نوروزی الف*

الف گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران. a-noroozi@araku.ac.ir

واژگان کلیدی
مسئولیت اجتماعی شرکت
تأمین‌کننده پایدار
روش تحلیل سلسله مراتبی
اعداد فازی Z
صنعت پتروشیمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸

چکیده

افزایش آگاهی‌های اجتماعی، انتظار از شرکت‌ها برای پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی خود را افزایش داده است. با این‌وجود تحقیقات نسبتاً محدودی در زمینه ادغام جنبه‌های پایداری با تمرکز بر مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها در انتخاب تامین‌کنندگان صورت پذیرفته است. این تحقیق ارائه‌دهنده یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره گروهی برای ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران بر مبنای معیارهای مسئولیت اجتماعی است. در این ارزیابی به مسئولیت اجتماعی از ابعاد گوناگون تعهدات اخلاقی، تعهدات به جامعه، تعهدات زیست‌محیطی، تعهد در مقابل کارکنان، و در قبال مشتریان پرداخته می‌شود. مدل پیشنهادی در یک مورد مطالعاتی واقعی در شرکت پتروشیمی شازند به کار گرفته‌شده است. رویکرد پیشنهادی برای این منظور توسعه تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی با اعداد فازی Z است. مهم‌ترین مزیت به‌کارگیری اعداد فازی Z در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره امکان لحاظ کردن درجه اطمینان به تصمیم‌گیرندگان مختلف در محاسبات است. ازاین‌رو تکنیک پیشنهادی می‌تواند به‌سادگی در توسعه سایر تکنیک‌های چند معیاره و نیز سایر زمینه‌های کاربردی که با درجات مختلف اطمینان به گروه‌های مختلف خبرگان روبرو هستند، به کار گرفته شود. نتایج حاصل می‌تواند به سازمان در انتخاب تامین‌کنندگانی که معیارهای مسئولیت اجتماعی را به‌خوبی برآورده می‌سازند، کمک کرده و از این طریق در دستیابی به اهداف پایداری سازمان یاری نماید و درنهایت به بهبود رقابت‌پذیری و حسن شهرت شرکت منجر شود.

۱- مقدمه

انتخاب تأمین‌کننده پایدار و دارای پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی، یکی از مهم‌ترین تصمیمات در جهت عملکرد پایدار یک شرکت است [۱]. مسئولیت اجتماعی شرکت[1]، مفهومی است که سازمان‌ها منافع جامعه را از طریق مسئولیت‌پذیری در برابر اثراتی که فعالیت‌هایشان بر مشتریان، توزیع‌کنندگان، تأمین‌کنندگان، کارمندان، سهامداران، جامعه و محیط عملیاتی‌شان می‌گذارد، موردتوجه قرار می‌دهند. این تعهد گسترده‌تر از الزامات قانونی برای پیروی کردن از مقررات اجتماعی است و طی آن

[1] - Corporate social responsibility (CSR)

* نویسنده مسئول؛
آدرس پست الکترونیک: a-noroozi@araku.ac.ir

سازمان‌ها گام‌های مفیدی را برای بهبود کیفیت زندگی کارکنان، مشتریان و دیگر ذینفعان بر عهده می‌گیرند. شرکت‌ها از سوی ذی‌نفعان مختلف به‌ویژه مشتریان خود تحت‌فشارهای زیادی به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده پایدار و پایبند به مسئولیت‌های اجتماعی قرار دارند. درعین‌حال مشارکت تأمین‌کنندگان در دستیابی به عملکرد پایدار در زنجیره تأمین، امری حیاتی است[۲]. بدیهی است که سازمان‌ها نمی‌توانند ادعا کنند عملکردی پایدارتر از تأمین‌کنندگان خود دارند و هرگونه رفتار غیرمسئولانه تأمین‌کنندگان، در شهرت شرکت‌های خریدار آن‌ها منعکس می‌شود [۳].

از سوی دیگر خرید از تأمین‌کنندگان مولفه‌ای تاثیرگذار در موفقیت شرکت‌هاست. روابط قوی با تأمین‌کنندگان دارای مسئولیت‌های اجتماعی، کارایی شرکت‌ها را افزایش می‌دهد [۱۰]. انتخاب تأمین‌کننده بیانگر جنبه‌ای استراتژیک و پیچیده از مسائل مدیریت زنجیره تأمین است. درواقع تأمین‌کنندگان بخش کلیدی از شبکه بزرگ زنجیره ارزش هستند و در بسیاری موارد، اقدامات غیراخلاقی تأمین‌کنندگان بر روی تصویر و حسن شهرت شرکت‌ها تأثیر می‌گذارد [۴]. درواقع پایداری به‌طور فزاینده‌ای به اجرای کلی‌نگر اقدامات لازم فراتر از صرف یک شرکت خریدار بستگی دارد. عدم پایبندی به استانداردهای پایداری در طول کل زنجیره تأمین، خطر تبلیغات منفی حتی برای شرکت‌های بسیار مشهور و برندهای جهانی را به همراه دارد [۱۱].

پاسخگویی به این تقاضای رو به رشد برای پایبندی به مسئولیت‌های اجتماعی و زیست‌محیطی برای بسیاری از کسب‌وکارها چالشی جدی محسوب می‌شود. به‌ویژه آن‌که بسیاری از شرکت‌های بزرگ و برندهای تجاری جهان به‌طور فزاینده‌ای تولید خود را به کشورهای با سطوح پایین دستمزد نیروی انسانی برون‌سپاری کرده‌اند. در بسیاری از موارد این اقدامات منجر به شرایط کاری نامناسب و با استانداردهای محیطی پایین برای کارکنان گردیده است. مثال‌های زیادی در ادبیات وجود دارد که بیانگر زیان‌های جدی شرکت‌های خریدار، ناشی از مشکلات اجتماعی، زیست‌محیطی یا اخلاقی است که تأمین‌کنندگان آن‌ها در طی زنجیره تأمین ایجاد کرده‌اند [۳, ۴, ۱۰, ۱۲, ۱۳]. این در حالیست که تحقیقات نشان داده است زمانی که خریدار در توسعه مسئولیت‌پذیری اجتماعی تأمین‌کنندگان خود سرمایه‌گذاری کند، عملکرد اجتماعی تأمین‌کننده و نیز عملکرد خریدار ارزش به‌طور توأمان افزایش می‌یابد [۱۴].

از زاویه دید مدیران سازمان، هرگونه تلاش در این زمینه به دلیل تبلیغات مثبت برای سازمان و ارتقای تصویر برند و حسن شهرت سازمان ارزشمند است. مدیران اغلب تمایل دارند به‌طور همزمان منافع اجتماعی و نظریات کلیه ذینفعان در عملیات منبع‌یابی درنظر گرفته شود و درعین‌حال این عملیات همچنان سودآور باقی بماند. ازاین‌رو اجرای این عملیات به دلیل تعارض منافع ممکن، در بسیاری موارد به امری چالشی تبدیل می‌شود [۶]. در چنین شرایطی پرداختن به این مساله از زاویه دید انتخاب تأمین‌کننده پایدار به‌گونه‌ای که شاخص‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها در آن لحاظ شده باشد می‌تواند راهگشا باشد. بنابراین سؤال اصلی این تحقیق در آن است که چگونه صنعت پتروشیمی ایران مشابه سایر کشورهای درحال‌توسعه، می‌تواند به شیوه‌ای مؤثر ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده بر مبنای شاخص‌های پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی را موردتوجه قرار دهد.

تحقیق حاضر تلاش دارد تا به ارزیابی پیمانکاران در صنعت پتروشیمی با تمرکز بر شاخص‌های پذیرش مسئولیت اجتماعی بپردازد. این شاخص‌ها در ابعاد گوناگونی اعم از تعهدات اخلاقی شرکت، تعهدات نسبت به جامعه، تعهدات زیست‌محیطی، تعهدات در قبال کارکنان و نیز مشتریان قابل‌بررسی هستند. ازآنجاکه اجرای این تحقیق نیاز به ارزیابی معیارهای متعددی دارد، برای پرداختن به آن از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1] استفاده می‌شود که ابزاری مناسب برای تحلیل مسائل تصمیم‌گیری چندبعدی است. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره متعددی در ادبیات وجود دارد که تحلیل سلسله مراتبی پرکاربردترین آن‌ها به شمار می‌رود. توسعه‌های فازی متعددی از روش تحلیل سلسله مراتبی صورت پذیرفته است تا بتواند عدم قطعیت در ارزیابی‌های قضاوتی را درنظر بگیرد [۱۵]. یکی از این موارد اعداد فازی Z هستند که امکان در نظرگیری عدم قطعیت در ارائه نظرات و نیز عدم اطمینان به نظرات ارائه‌شده و درجه اعتبار فرد خبره را به‌صورت همزمان مقدور می‌سازند. در این تحقیق از اعداد فازی Z برای توسعه تکنیک AHP و به‌کارگیری آن در ارزیابی تأمین‌کنندگان با رویکرد شاخص‌های مسئولیت اجتماعی در صنعت پتروشیمی استفاده‌شده است. ساختار این مقاله به شرح ذیل است: در بخش دوم مروری بر

[1] - Multi-criteria decision-making (MCDM)

ادبیات تحقیق درزمینه مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها و شاخص‌های ارزیابی آن صورت پذیرفته است. بخش سوم به معرفی روش تحقیق شامل معرفی اعداد فازی Z و برخی ویژگی‌های آن و نحوه توسعه تکنیک AHP با کمک آن اختصاص دارد. بخش چهارم نتایج اجرای تکنیک پیشنهادی بر روی مورد مطالعاتی را بیان می‌کند و بخش پنجم نیز به بحث و بررسی در خصوص نتایج حاصل اختصاص دارد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

کمک به رشد و توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه مسئولیت‌های اجتماعی و در پرداختن به مسائلی نظیر حقوق انسانی، حقوق کارکنان، فقرزدایی، کاهش شکاف جنسیتی و توسعه اجتماعی حوزه نسبتاً جدیدی در ادبیات زنجیره تأمین پایدار است [۱۰]. این موضوع به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه که در آن‌ها توجه کمتری به جنبه‌های تأثیرات اجتماعی و زیست‌محیطی در فضای کسب‌وکار وجود دارد کمتر موردتوجه قرارگرفته است [۱۶]. در این کشورها فضای کسب‌وکار از بسیاری ابعاد نظیر وجود روابط غیررسمی بیشتر، سطوح پایین‌تر حاکمیت شرکتی و محافظت از دارایی‌های معنوی شرایط دشوارتری دارد. همچنین شرکت‌ها در این کشورها با بحران‌های ناکارآمدی در مدیریت مسائل مرتبط با پایداری و تفاوت‌های اجتماعی و اقتصادی گسترده بین خریداران و تأمین‌کنندگان روبرو هستند [۱۴]. درواقع اکثر تأمین‌کنندگان در کشورهای درحال‌توسعه به دلیل کمبود منابع در سطح وسیعی فعالیت نمی‌نمایند. بنابراین توجه آن‌ها از مسائل کلان و اجتماعی به سمت مسائل خردتر معطوف می‌شود. ازاین‌رو به‌کارگیری و اجرای مفهوم مسئولیت اجتماعی در سطح سازمان و تأمین‌کنندگان آن دارای پیچیدگی‌های بیشتری است.

تحقیقات بسیار اندکی در خصوص نحوه پیاده‌سازی مفهوم مسئولیت اجتماعی در انتخاب تأمین‌کننده پایدار در ادبیات به‌طور عام و در کشورهای درحال‌توسعه به‌طور خاص وجود دارد [۱۶]. بااین‌وجود حتی در کشورهای درحال‌توسعه نیز تقاضا برای خرید محصولات و خدمات از شرکت‌های دارای سطوح بالای مسئولیت اجتماعی رو به فزونی است [۱۰]. این در حالیست که اغلب تحقیقات در حوزه انتخاب تأمین‌کننده بر مبنای شاخص‌های پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی بر کشورهای پیشرفته تمرکز دارد و تحقیقات اندکی در این زمینه در خصوص کشورهای درحال‌توسعه صورت پذیرفته است.

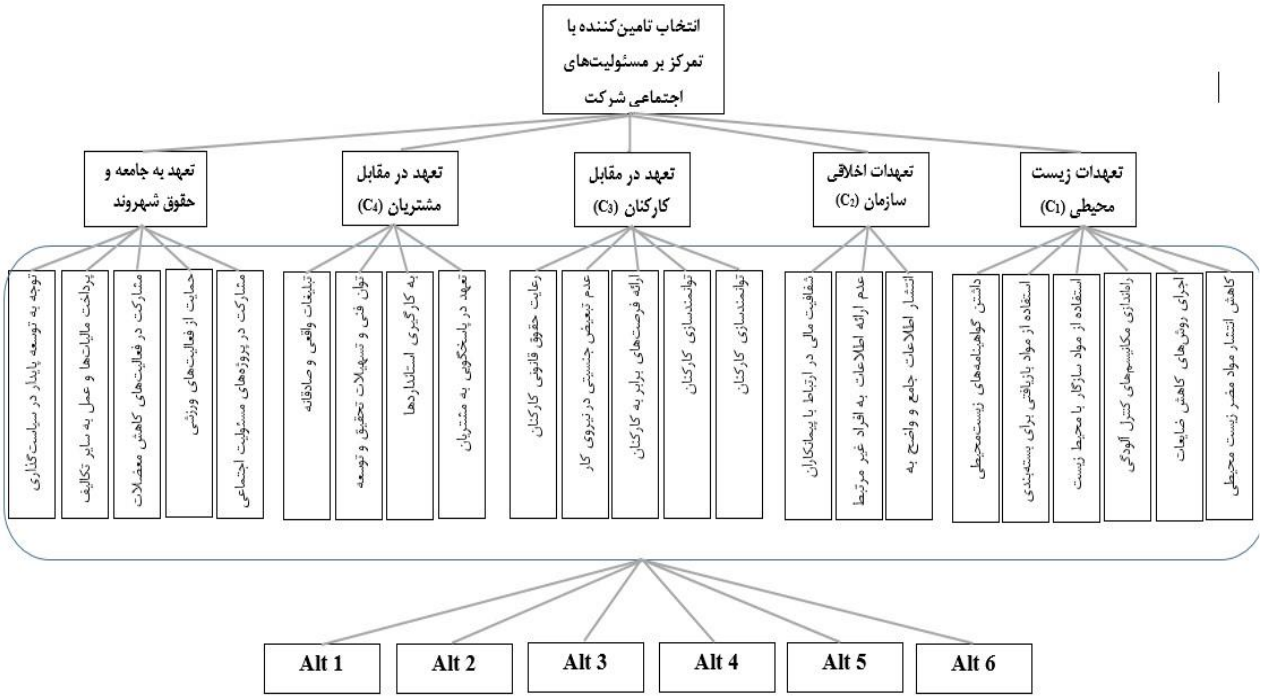
برخی تلاش‌ها در ادبیات به‌منظور در نظرگیری جنبه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها در مساله انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین صورت پذیرفته است. ازجمله مهمترین این تحقیقات می‌توان به تحقیق آواشتی[1] و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد که طی آن مدلی را برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده بر مبنای شاخص‌های CSR با درنظر گرفتن گروه‌های مختلف ذینفعان پیشنهاد کرده‌اند [۵]. در تحقیق دیگری که توسط ویلهلم[2] و همکاران (۲۰۱۶) انجام‌شده است، نویسندگان بیان داشته‌اند که انتخاب تأمین‌کنندگان با پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی منجر به بهبود و حفظ رقابت‌پذیری شرکت‌ها می‌شود. این امر به‌ویژه برای شرکت‌های بزرگ و دارای نام‌های تجاری ارزشمند، اهمیت بیشتری دارد [۱۱]. شرکت‌ها می‌بایست پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی را به‌عنوان بخشی از اهداف مدیریت راهبردی خود درنظر گیرند تا با ایجاد یک محیط عملیاتی پایدار، تصویر عمومی خوبی از خود به جامعه ارائه نمایند و فرصت‌های تجاری بهتری را فراهم آورند [۱۰]. بدین ترتیب مدیران این کسب‌وکارها می‌توانند اطمینان حاصل کنند که اعتبار شرکت‌هایشان با رفتارهای غیرمسئولانه برخی تأمین‌کنندگان که ممکن است دارای توانایی‌ها و منابع محدودی باشند از بین نرود [۱۱]. ازاین‌رو نیاز به یک رویکرد مؤثر برای ارزیابی مسئولیت اجتماعی تأمین‌کنندگان با درنظر گرفتن عوامل CSR وجود دارد. در ادامه به مروری بر ابعاد مختلف مفهوم مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها در انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس ادبیات موضوع پرداخته می‌شود.

[1] - Awasthi
[2] - Wilhelm

جدول ۱ ابعاد مختلف مفهوم مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها در انتخاب تأمین‌کنندگان

عامل	مصادیق	منابع
تعهدات اخلاقی سازمان	رعایت اصول اخلاقی و حرفه‌ای در تعامل با ذی‌نفعان مختلف • انتشار اطلاعات جامع و واضح به ذی‌نفعان مرتبط • عدم ارائه اطلاعات به افراد غیر مرتبط • نپذیرفتن هدایا، خدمات رایگان و... از تأمین‌کنندگان	[10, 17, 18]
تعهد به جامعه و حقوق شهروندی	تعهد به انجام وظایف و مسئولیت‌های اجتماعی نظیر • مشارکت در پروژه‌های مسئولیت اجتماعی و انجام امور خیریه • حمایت از فعالیت‌های ورزشی و آموزش‌های همگانی • مشارکت در فعالیت‌های اجتماعی باهدف کاهش معضلات اجتماعی • پرداخت مالیات‌ها و عمل به سایر تکالیف قانونی به‌صورت کامل و منظم • توجه به توسعه پایدار در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های شرکت	[10, 17, 19-23]
تعهدات زیست‌محیطی	تعهد به اجرای توسعه پایدار در بعد محیط‌زیست با اجرای عملیات سازمان به‌گونه‌ای که کمترین آلایندگی زیست‌محیطی را ایجاد نماید نظیر: • کاهش انتشار مواد مضر زیست‌محیطی • اجرای روش‌های کاهش ضایعات • نصب و راه‌اندازی مکانیسم‌های کنترل آلودگی • جایگزین کردن مواد سازگار با محیط‌زیست به‌جای مواد خام خطرناک • استفاده از مواد بازیافتی برای بسته‌بندی • داشتن گواهینامه‌های زیست‌محیطی ازجمله ایزو ۱۴۰۰۰	[10, 17, 20, 24-26]
تعهد در قبال کارکنان	تعهد به ایجاد شرایط کاری مناسب کارکنان • ایجاد شرایط مناسب کاری برای کارکنان اعم از محیط کار فیزیکی و امنیت روانی • تلاش در توانمندسازی کارکنان و تسهیل پیشرفت کاری ایشان • اطمینان از ارائه فرصت‌های برابر به کارکنان مشغول به کار • عدم تبعیض جنسیتی در نیروی کار • رعایت حقوق قانونی کارکنان و ضوابط تأمین اجتماعی	[10, 18, 23, 24, 27]
تعهد در مقابل مشتریان	تعهد در قبال مشتریان سازمان نظیر: • تعهد در پاسخگویی سریع و محترمانه به خواسته‌ها و دغدغه‌های مشتریان • به کار بستن استانداردهای ملی و بین‌المللی در محصولات شرکت • در اختیار داشتن توان فنی مناسب و تسهیلات تحقیق و توسعه برای رشد و توسعه خدمات سازمان • ارائه تبلیغات واقعی و صادقانه	[10, 17, 18, 28, 29]

بدین ترتیب و بر اساس مرور ادبیات موضوع، مولفه‌های تاثیرگذار در ارزیابی سطح مسئولیت‌پذیری اجتماعی شرکت‌ها استخراج گردیده است. این معیارها در ارزیابی سطح مسئولیت‌پذیری اجتماعی تأمین‌کنندگان در شرکت پتروشیمی شازند به کار گرفته‌شده است. بر این اساس مدل تصمیم این مساله به شرح مندرج در شکل ۱ توسعه‌یافته است.



شکل ۱ سلسله‌مراتب اهداف در مساله انتخاب تأمین‌کننده بر اساس مسئولیت اجتماعی

در این ارزیابی تأمین‌کنندگان روغن‌های صنعتی شرکت پتروشیمی شازند مورد ارزیابی قرار گرفته است. اگرچه تأمین‌کنندگان مزبور ده‌ها شرکت مختلف هستند، ولی در این تحقیق تنها شش تأمین‌کننده عمده (تأمین‌کنندگانی که هر یک بیش از ۵٪ از کل تقاضای شرکت را برآورده می‌سازند) موردتوجه قرارگرفته‌اند. خبرگان این تحقیق نیز چهار نفر از مدیران سازمان باسابقه کاری بیش از ۱۰ سال در ارتباط با این تأمین‌کنندگان بوده‌اند. نتایج حاصل از این ارزیابی با کمک روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در بخش نتایج تشریح شده است.

۳- روش تحقیق

این بخش به توسعه مفهوم اعداد فازی Z و توسعه تکنیک تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای آن اختصاص دارد. در ادامه رویکرد پیشنهادی مورداستفاده این تحقیق و جزئیات محاسباتی آن معرفی‌شده است.

۳-۱- اعداد فازی Z

یکی از چالش‌های پیش رو در پرداختن به داده‌ها در روش‌های تجزیه‌وتحلیل چند معیاره عدم قطعیت و قابلیت اطمینان داده‌های مورداستفاده در تحقیق است. در بسیاری موارد داده‌های ورودی دارای عدم قطعیت و ابهام هستند. این امر به‌ویژه زمانی که از رویکردهای ضمنی و نظرات خبرگان در تصمیم‌گیری‌ها استفاده می‌شود، اهمیت می‌یابد. نظریه فازی یکی از رویکردهای متداول موجود برای لحاظ کردن عدم قطعیت تصمیم در مدل‌های تصمیم‌گیری است. توسعه‌های متعددی بر نظریه مجموعه‌های فازی در سال‌های مختلف انجام پذیرفته است. یکی از این موارد مفهومی به نام اعداد فازی Z است که توسط لطفی‌زاده (۲۰۱۱) معرفی‌شده است [۳۰]. در یک مدل تصمیم‌گیری بر مبنای دانش خبرگان، برآوردها بر اساس تجمیع نظرات خبرگان انجام می‌شود. این در حالیست که میزان قطعیت و اطمینان به نظرات خبرگان مختلف متفاوت است و می‌بایست میزان اطمینان این خبرگان و یا اعتبار نظرات ایشان در مدل تصمیم‌گیری لحاظ گردد. اعداد فازی Z برای توصیف این شرایط توسعه داده‌شده‌اند. درواقع مفهوم اعداد فازی Z حالت توسعه‌یافته‌ای از تئوری مجموعه‌های فازی برای لحاظ کردن قابلیت اطمینان به مقادیر فازی است [۷].

تعریف ۱. یک عدد فازی Z مجموعه‌ای متشکل از یک جفت عدد فازی به شکل $\tilde{Z} = (\tilde{A}, \tilde{R})$ است که جزء اول آن $(\tilde{A})$ مقدار متغیر موردبررسی را در قالب یک عدد فازی بیان می‌کند و جزء دوم آن $(\tilde{R})$ میزان اعتبار و اطمینان به جزء اول را به‌صورت یک عدد فازی بیان می‌کند. به‌بیان‌دیگر عدد فازی R معیاری از قابلیت اطمینان نسبت به یک عدد فازی است.

تعریف ۲. فرض کنید مجموعه A بر دامنه X به‌صورت $A = \{\langle x, \mu_A(x)\rangle \,|x \in X\}$ تعریف‌شده باشد که در آن $\mu_A: X \to [0,1]$ تابع عضویت A است. مقدار عضویت $\mu_A(x)$ توصیف‌کننده درجه تعلق $x \in X$ در مجموعه A است.

مقدار انتظاری فازی این مجموعه فازی به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$E_A(x) = \int_x x\mu_A(x)\, dx \quad (۱)$$

تعریف ۳. تبدیل یک عدد فازی Z به یک عدد فازی معمولی

عدد فازی $Z = (\tilde{A}, \tilde{R})$ را که در شکل ۱ نیز نمایش داده‌شده است، درنظر بگیرید. بخش اول این عدد بیانگر مقدار فازی و بخش دوم بیانگر قابلیت اطمینان است فرض کنید $\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) | \mu(x) \in [0,1]\}$ و $\tilde{R} = \{x, \mu_{\tilde{R}}(x) | \mu(x) \in [0,1]\}$ که در آن $\mu_{\tilde{A}}$ و $\mu_{\tilde{R}}$ توابع عضویت فازی مثلثی هستند. برای انجام این تبدیل مراحل زیر طی می‌شود.

(۱). بخش دوم عدد فازی Z (قابلیت اطمینان) با استفاده از رابطه ۲ به یک مقدار صریح تبدیل می‌شود.

$$\alpha = \frac{\int x\mu_{\tilde{R}}(x)\, dx}{\int \mu_{\tilde{R}}(x)\, dx} \quad (۲)$$

که در آن $\int$ بیانگر عملگر تجمیع جبری است. در رابطه با یک عدد مثلثی فازی این رابطه به شکل زیر قابل‌بیان است:

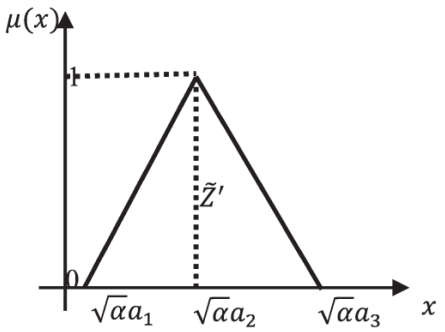
$$\alpha = \frac{a_1 + 2(a_2) + a_3}{4}$$

(۲). اوزان بخش دوم (عدد صریح محاسبه‌شده) به بخش اول اضافه می‌شود تا یک عدد فازی Z وزن‌دار شده به شکل زیر حاصل گردد.

$$\tilde{Z}^{\alpha} = \{(x, \mu_{\tilde{A}^{\alpha}}(x)) | \mu_{\tilde{A}^{\alpha}}(x) = \alpha\mu_{\tilde{A}}(x), \mu(x) \in [0,1]\} \quad (۳)$$

(۳). تبدیل عدد فازی Z وزن‌دار شده به یک عدد فازی معمولی مطابق رابطه زیر

$$\tilde{Z}' = \left\{\langle x, \mu_{\tilde{Z}'}(x)\rangle | \mu_{\tilde{Z}'}(x) = \mu_{\tilde{A}}\left(\frac{x}{\sqrt{\alpha}}\right), \mu(x) \in [0,1]\right\} \quad (۴)$$



شکل ۲ عدد فازی معمولی حاصل از عدد فازی Z تبدیل‌شده

۳-۲- تحلیل سلسله مراتبی فازی مبتنی بر اعداد Z

برای اجرای این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده‌شده است که روشی توانمند و منعطف در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که به‌وسیله آن می‌توان مسائل بزرگ را سطح‌بندی نموده و با رویکردی ساختاری و ساده، مدل‌سازی و حل نمود. روش تحلیل سلسله مراتبی پرکاربردترین روش تجزیه‌وتحلیل چند معیاره است و به شکل گسترده‌ای برای محاسبه اوزان معیارها بر اساس قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان مورداستفاده قرارگرفته است. این روش از سیستم مقایسات زوجی استفاده کرده و امکان ارزیابی انواع معیارهای کیفی و کمی را فراهم می‌آورد. به‌منظور در نظرگیری ابهام و عدم قطعیت نهفته در قضاوت‌های کلامی، این روش به انواع مجموعه‌های فازی توسعه‌یافته است. در ادبیات روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌طور گسترده‌ای مورداستفاده قرارگرفته است [۴, ۵, ۱۵, ۳۱] در این پژوهش به‌منظور بهره‌گیری از نسخه فازی مبتنی بر اعداد Z در این روش، از رویکرد باکلی[1] (۱۹۸۵) [۸] و تویسوز و قهرمان[2] (۲۰۲۰) [۹] استفاده‌شده است. مراحل این روش را می‌توان توسط گام‌های زیر بیان کرد.

مزیت اصلی رویکرد پیشنهادی امکان در نظرگیری میزان اطمینان از نظرات ارائه‌شده، در توسعه مدل تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتبی است. مراحل رویکرد پیشنهادی به شرح ذیل است:

گام ۱) تدوین چارچوب مساله تصمیم‌گیری

تعریف مساله تصمیم‌گیری چند شاخصه شامل سلسله‌مراتب تصمیم، آلترناتیوها و خبرگان مشارکت‌کننده در تحقیق

گام ۲) تعیین مقیاس لغوی مورداستفاده در مقایسات زوجی و ارزیابی آلترناتیوها

جداول ۲ و ۳ مقیاس‌های لغوی مورد استفاده در این تحقیق و اعداد فازی متناظر با آن را نشان می‌دهد. هر تصمیم‌گیرنده برای بیان نظر خود در خصوص مقایسه معیارها از یکی از گزینه‌های بیان‌شده در جدول ۲ استفاده خواهد کرد. درعین‌حال از وی خواسته می‌شود میزان اطمینان ازنظر خود را از طریق یکی از گزینه‌های بیان‌شده در مقیاس جدول ۳ بیان نماید.

جدول ۲ مقیاس لغوی نظرات خبرگان در خصوص ترجیح معیارها

عبارت کلامی	مقیاس صریح	اعداد فازی مثلثی
ترجیح یکسان	۱	(۱،۱،۱)
بین ترجیح یکسان تا نسبتاً مرجح	۲	(۱،۲،۳)
نسبتاً مرجح	۳	(۲،۳،۴)
بین نسبتاً مرجح تا ترجیح قوی	۴	(۳،۴،۵)
ترجیح قوی	۵	(۴،۵،۶)
بین ترجیح قوی تا کاملاً قوی	۶	(۵،۶،۷)
ترجیح کاملاً قوی	۷	(۶،۷،۸)
بین ترجیح کاملاً قوی تا ترجیح به‌شدت بیشتر	۸	(۷،۸،۹)
ترجیح به‌شدت بیشتر	۹	(۸،۹،۹)

جدول ۳ مقیاس قابلیت اطمینان خبرگان از نظرات ارائه‌شده

عبارت کلامی	مقیاس صریح	اعداد فازی مثلثی
نامطمئن (B_1)	۱	(1, 3, 5)
کمی نامطمئن (B_2)	۳	(3, 5, 7)
نظر میانه (B_3)	۵	(5, 7, 9)
کمی مطمئن (B_4)	۷	(7, 9, 1)

[1] - Buckley
[2] - Tüysüz, & Kahraman

مطمئن (B_5)	۹	(9, 9, 1)

فرض کنید خبره i ام در این تصمیم‌گیری(E_i) نظر خود درباره مقایسات زوجی بین دو معیار را به شکل زیر بیان نماید:

$$Z^{E_i} = (\tilde{A}, \tilde{R}) = \left((a_1^{E_i}, a_2^{E_i}, a_3^{E_i}), (r_1^{E_i}, r_2^{E_i}, r_3^{E_i})\right) \quad (۵)$$

که در آن$\tilde{A}$ بیانگر ارزش مقداری مقایسه زوجی و$\tilde{R}$ میزان اطمینان خبره از این مقایسه است.

گام ۳) ارزیابی سازگاری مقایسات زوجی

سازگاری مقایسات زوجی می‌بایست به تفکیک هر خبره مورد تحقیق قرار گیرد. در این ارزیابی صرفاً جزء اول عدد فازی Z (مؤلفه $\tilde{A}$) که بیانگر مقدار فازی متغیر موردبررسی است موردتوجه قرار می‌گیرد و از بخش مرتبط باقابلیت اطمینان عدد فازی Z (مؤلفه$\tilde{R}$) صرف‌نظر می‌شود. زیرا لحاظ‌کردن این مؤلفه در ارزیابی سازگاری نظرات، مقایسات زوجی سازگار را به‌اشتباه تبدیل به مقایسات ناسازگار می‌کند [۳۱]. با استفاده از رابطه $(a_1 + 2 * a_2 + a_3)/4$ جدول مقایسات زوجی ارائه‌شده توسط هر فرد خبره دیفازی می‌گردد. سپس با استفاده از رویکرد ارزیابی سازگاری مقایسات زوجی ساعتی این سازگاری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. چنانچه این ماتریس سازگار باشد، می‌توان نظرات خبره را دارای سازگاری فرض نمود.

گام ۴) تجمیع نظرات خبرگان

نظرات خبرگان مختلف با استفاده از عملکرد میانگین هندسی فازی تجمیع می‌گردد. این کار برای نظرات ارائه‌شده در هر سطح از سلسله‌مراتب تصمیم انجام می‌گردد.$Z^{E_i} = (\tilde{A}, \tilde{R}) = \left((a_1^{E_i}, a_2^{E_i}, a_3^{E_i}), (r_1^{E_i}, r_2^{E_i}, r_3^{E_i})\right)$ را به‌عنوان نظر خبره i ام درباره مقایسه دو معیار درنظر بگیرید که در قالب یک عدد فازی Z بیان‌شده است. چنانچه k تصمیم‌گیرنده داشته باشیم، تجمیع نظرات ایشان درباره این مقایسه با کمک عملگر میانگین هندسی فازی با کمک رابطه ۶ انجام خواهد پذیرفت.

$$Z^{agg} = \left(\left(\prod_{k=1}^{K} a_1^{E_k}\right)^{1/K}, \left(\prod_{k=1}^{K} a_2^{E_k}\right)^{1/K}, \left(\prod_{k=1}^{K} a_3^{E_k}\right)^{1/K}\right), \left(\left(\prod_{k=1}^{K} r_1^{E_k}\right)^{1/K}, \left(\prod_{k=1}^{K} r_2^{E_k}\right)^{1/K}, \left(\prod_{k=1}^{K} r_3^{E_k}\right)^{1/K}\right) \quad (۶)$$

گام ۵) تبدیل اعداد فازی Z به اعداد فازی معمولی

اعداد فازی Z با استفاده از روابط ۷ و ۸ به اعداد فازی معمولی متناظر تبدیل می‌شوند.

$$\alpha_j = \frac{\left(\left(\Pi_{k=1}^{K} r_1^{E_k}\right)^{1/K} + 2*\left(\Pi_{k=1}^{K} r_2^{E_k}\right)^{1/K} + \left(\Pi_{k=1}^{K} r_3^{E_k}\right)^{1/K}\right)}{4} \quad (۷)$$

$$\tilde{A} = \left(\left(\prod_{k=1}^{K} a_1^{E_k}\right)^{1/K} * \sqrt{\alpha_j}, \left(\prod_{k=1}^{K} a_2^{E_k}\right)^{1/K} * \sqrt{\alpha_j}, \left(\prod_{k=1}^{K} a_3^{E_k}\right)^{1/K} * \sqrt{\alpha_j}\right) \quad (۸)$$

گام ۶) تعیین اوزان معیارها و آلترناتیوها

بر روی نتایج حاصل از گام ۵، روش AHP فازی باکلی [۸] که روشی پرکاربرد در ادبیات است، برای تعیین اوزان معیارها و عملکرد آلترناتیوها به کار گرفته می‌شود.

گام ۶-۱ محاسبه میانگین هندسی در ابتدا میانگین سطری ماتریس تصمیم مقایسات زوجی بر اساس معادله ۹ محاسبه می‌شود. حاصل یک ماتریس $n \times 1$ خواهد بود.

$$\tilde{g}_i = \left(\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j1}^{E_k}}\right) * \sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}, \left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j2}^{E_k}}\right) * \sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}, \left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j3}^{E_k}}\right) * \sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}\right), \quad (۹)$$

$$j = 1,..,n;\ k = 1,..,K$$

گام ۶-۲ سپس مجموعه مقادیر هر پارامتر در هر ستون بر اساس معادله ۱۰ محاسبه‌شده و سپس با تقسیم فازی مقادیر هر ستون بر این مجموع، نرمال‌سازی انجام می‌گردد.

$$\left(\Sigma_{j=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j1}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{1/n}, \Sigma_{j=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j2}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{1/n}, \Sigma_{j=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j3}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{1/n}\right), \quad j=1,..,n;\ k=1,..,K \qquad (۱۰)$$

گام ۶-۳ از عملگر تقسیم فازی برای محاسبه بردار اوزان نرمال شده مطابق رابطه ۱۱ استفاده می‌شود.

$$\left(\frac{\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j1}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}}{\Sigma_{j=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j3}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}}, \frac{\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j2}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}}{\Sigma_{j=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j2}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}}, \frac{\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j3}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}}{\Sigma_{j=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n}\left(\sqrt[K]{\prod_{k=1}^{K} a_{j1}^{E_k}}\right)*\sqrt{\alpha_j}\right)^{\frac{1}{n}}}\right), \quad j=1,..,n;\ k=1,..,K \qquad (۱۱)$$

گام ۶-۴ بردار اوزان نرمال شده با استفاده از روش مرکز ثقل دیفازی می‌شوند. در ادامه این اوزان به‌گونه‌ای که حاصل جمع آن‌ها برابر با یک شود نرمال می‌شوند.

(گام‌های ۶-۱ تا ۶- ۴ برای تمامی مقایسات زوجی زیر معیارها و نیز ارزیابی عملکرد آلترناتیوها تکرار می‌شود).

گام ۶-۵) عملکرد هر آلترناتیو با محاسبه میانگین موزون امتیاز آن آلترناتیو در وزن عمومی معیارها محاسبه‌شده و بهترین آلترناتیو تعیین می‌گردد.

۴- نتایج

در این بخش نتایج حاصل از اجرای تحلیل سلسله مراتبی فازی Z بر روی مورد مطالعاتی تشریح می‌گردد. ساختار سلسله‌مراتب تصمیم این مساله مطابق شکل ۱ و متشکل از ۵ معیار اصلی و ۲۳ زیر معیار و ۶ آلترناتیو است. در این تحلیل چهار فرد خبره از مدیران ارشد شرکت پتروشیمی شازند شرکت داشته‌اند. مقایسات زوجی این معیارها با یکدیگر بر اساس متغیرهای کلامی بیان‌شده در جدول ۲ و ۳ انجام‌شده است. جدول ۴ نتایج این ارزیابی را نمایش می‌دهد.

جدول ۴ مقایسه زوجی بین معیارهای اصلی بر اساس نظرات خبرگان

	خبره ۱					خبره ۲				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	–				(ترجیح یکسان، مطمئن)	C_1	–			(ترجیح قوی، کمی مطمئن)	
C_2	(ترجیح یکسان، مطمئن)	–			(ترجیح یکسان، کمی مطمئن)	C_2	ترجیح یکسان، کمی نامطمئن)	–		ترجیح یکسان، کمی نامطمئن)	
C_3	(بین ترجیح	ترجیح کاملاً	–	(ترجیح قوی،	(بین ترجیح	C_3	(بین ترجیح	(بین ترجیح	–	(بین ترجیح	(بین ترجیح

	قوی و کاملاً قوی، مطمئن)	قوی، میانه)		مطمئن)	قوی و کاملاً قوی، کمی نامطمئن)		قوی و کاملاً قوی، مطمئن)	قوی و کاملاً قوی، مطمئن)	متوسط و قوی، کمی مطمئن)	قوی و کاملاً قوی، مطمئن)
C_4	ترجیح یکسان، مطمئن)	ترجیح یکسان، مطمئن)	C_4	–	(ترجیح یکسان، کمی مطمئن)	C_4			–	ترجیح یکسان، مطمئن)
C_5			C_5	–		C_5	ترجیح یکسان، کمی نامطمئن)	ترجیح یکسان، کمی نامطمئن)		–

خبره ۳						خبره ۴					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	–	(بین ترجیح متوسط و قوی، مطمئن)	(ترجیح یکسان، مطمئن)	(ترجیح یکسان، مطمئن)		C_1	–	(ترجیح قوی، کمی مطمئن)	(ترجیح یکسان، کمی نامطمئن)	(ترجیح قوی، کمی مطمئن)	(ترجیح یکسان، کمی نامطمئن)
C_2		–				C_2		–			
C_3		(ترجیح متوسط، مطمئن)	–	(ترجیح یکسان، مطمئن)		C_3		ترجیح متوسط، میانه)	–	ترجیح متوسط، میانه)	
C_4		(ترجیح یکسان، مطمئن)		–		C_4		بین ترجیح متوسط و قوی، مطمئن		–	
C_5	(بین ترجیح یکسان و متوسط، مطمئن)	(ترجیح متوسط، مطمئن)	(ترجیح قوی، مطمئن)	(بین ترجیح قوی و کاملاً قوی، مطمئن)	–	C_5	ترجیح متوسط، میانه)	ترجیح یکسان، کمی مطمئن)	ترجیح متوسط، میانه)	–	

ازآنجاکه نرخ سازگاری ماتریس مقایسات زوجی بیان‌شده توسط خبرگان در هر چهار مورد کمتر از حد آستانه ۰.۱ است، قضاوت‌های بیان‌شده سازگار فرض می‌شود. جدول ۵ نظرات تجمیع شده این خبرگان که با بهره‌گیری از رابطه ۶ به‌دست‌آمده است، نمایش می‌دهد.

جدول ۵ ماتریس تصمیم تجمیع شده مقایسه معیارهای اصلی با یکدیگر در قالب اعداد فازی Z

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1			، (۰.۴۴۷، ۰.۴۰۸		
	((۱، ۱، ۱)، (۱، ۱، ۱))	، (۲.۳۴، ۲.۱۱۵، ۱.۸۶۱))	۰.۳۷۸))	، (۲.۴۴۹، ۲.۲۳۶، ۲))	، (۱، ۰.۸۴۱، ۰.۷۶))
		((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۴۲)	((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۸۴)	((۱، ۰.۹، ۰.۷۹۴)	((۰.۸۳۷، ۰.۶۷۱، ۰.۵۲)
C_2	، (۰.۵۳۷، ۰.۴۷۳،	((۱، ۱، ۱)، (۱، ۱، ۱))	، (۰.۳۰۲، ۰.۲۲۷،	، (۰.۷۶، ۰.۷۰۷،	، (۰.۷۰۷، ۰.۵۷۷، ۰.۵))

	(۰.۴۲ ((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۴)	((۰.۱۸۳ ((۰.۹۴۹، ۰.۷۹۴، ۰.۶۷۱)	((۰.۶۶۹ ((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۸)	((۰.۸۹۱، ۰.۷۳، ۰.۵۵۴)
C_3	، (۲.۶۴، ۲.۴۴۹، ۲.۲۳۶)) ((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۸)	، (۵.۴۷۱، ۴.۴۱، ۳.۳۱)) ((۰.۹۴۹، ۰.۷۹۴، ۰.۶۷۱)	، (۳.۳۱، ۲.۷۸۳، ۲.۲۱)) ((۰.۹۷۴، ۰.۸۴۵، ۰.۷۳)	، (۱.۸۷۱، ۱.۶۳۸، ۱.۴۲۹)) ((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۴۲)
C_4	، (۱.۴۹۵، ۱.۴۱۴، ۱.۳۱۶)) ((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۸۴)	، (۰.۴۵۲، ۰.۳۵۹، ۰.۳۰۲)) ((۰.۹۷۴، ۰.۸۴۵، ۰.۷۳)	((۱، ۱، ۱)، (۱، ۱، ۱))	، (۰.۵۶۲، ۰.۴۸۵، ۰.۴۳۵)) ((۰.۹۷۴، ۰.۸۴۵، ۰.۷۳)
C_5	، (۲، ۱.۷۳۲، ۱.۴۱۴)) ((۰.۸۹۱، ۰.۷۳، ۰.۵۵۴)	، (۰.۷، ۰.۶۱، ۰.۵۳۵)) ((۰.۹۱۵، ۰.۷۷۷، ۰.۶۴۲)	، (۲.۳، ۲.۰۶، ۱.۷۷۸)) ((۰.۹۷۴، ۰.۸۴۵، ۰.۷۳)	((۱، ۱، ۱)، (۱، ۱، ۱))

در ادامه براساس روابط ۷ و ۸ مقدار α متناظر با هر مقایسه زوجی محاسبه شده و اعداد فازی Z به اعداد فازی معمولی متناظر خود تبدیل می‌شوند. نتایج حاصل در جدول ۶ نمایش داده شده است.

جدول ۶ ماتریس تصمیم مقایسه معیارهای اصلی با یکدیگر تبدیل شده به اعداد فازی معمولی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	(۱، ۱، ۱)	(۲.۰۶۴،۱.۸۶۵،۱.۶۴۱)	(۰.۳۹۷، ۰.۳۶۲، ۰.۳۳۶)	(۲.۳۲۲، ۲.۱۱۹، ۱.۸۹۶)	(۰.۸۲۱، ۰.۶۹۱، ۰.۶۲۴)
C_2	(۰.۴۷۴،۰.۴۱۷،۰.۳۷۷)	(۱، ۱، ۱)	(۰.۲۷۱،۰.۲۰۳،۰.۱۶۴)	(۰.۶۷۵، ۰.۶۲۸، ۰.۵۹۴)	(۰.۶۰۳، ۰.۴۹۲، ۰.۴۲۶)
C_3	(۲.۳۴۹،۲.۱۷۵،۱.۹۸۵)	(۴.۸۹۹،۳.۹۴۸،۲.۹۶۴)	(۱، ۱، ۱)	(۳.۰۴۹، ۲.۵۶۴، ۲.۰۳۹)	(۱.۶۵، ۱.۴۴۵، ۱.۲۶)
C_4	(۰.۴۷۴،۰.۴۲۴،۰.۳۸۷)	(۱.۳۲۸،۱.۲۵۵،۱.۱۶۸)	(۰.۴۱۶،۰.۳۳۱،۰.۲۷۸)	(۱، ۱، ۱)	(۰.۵۱۸، ۰.۴۴۷، ۰.۴)
C_5	(۱.۰۸۱،۰.۹۷۷،۰.۸۲۱)	(۱.۷۰۴،۱.۴۷۶،۱.۲۰۵)	(۰.۶۱۷،۰.۵۳۸،۰.۴۷۱)	(۲.۱۱۹، ۱.۸۹۷، ۱.۶۳۸)	(۱، ۱، ۱)

سپس با استفاده از معادله ۹ میانگین هندسی سطری ماتریس تصمیم محاسبه می‌شود. نتایج حاصل در جدول ۷ نمایش داده شده است.

جدول ۷ میانگین هندسی سطری ماتریس تصمیم

معیار	میانگین هندسی سطری
C_1	(۱/۰۹۳، ۰/۹۹۸، ۰/۹۱۸)
C_2	(۰/۴۸۳، ۰/۵۵۴، ۰/۴۳۵)
C_3	(۲/۲۵۲، ۱/۹۹۷، ۱/۷۲۱)
C_4	(۰/۶۰۲، ۰/۶۷۱، ۰/۵۵)
C_5	(۱/۱۹۲، ۱/۰۸، ۰/۹۴۸)

با استفاده از معادله ۱۰ مقادیر نرمال‌شده فازی مرتبط با هر معیار تصمیم تعیین می‌گردد. این مقادیر برای معیارهای اصلی به شرح مندرج در جدول ۸ است.

جدول ۸ مقادیر نرمال‌سازی شده اوزان فازی معیارهای اصلی

معیار	مقادیر نرمال شده معیارها
C_1	(۰/۲۳۹، ۰/۱۹۳، ۰/۱۵۹)
C_2	(۰/۱۲۱، ۰/۰۹۴، ۰/۰۷۶)
C_3	(۰/۴۹۲، ۰/۳۸۷، ۰/۲۹۹)
C_4	(۰/۱۴۷، ۰/۱۱۷، ۰/۰۹۵)

C_5	(۰/۱۶۴ ،۰/۲۰۹ ،۰/۲۶۱)

مقادیر دیفازی شده این اوزان با استفاده از روش مرکز ثقل محاسبه می‌گردد. مقادیر اوزان نهایی معیارها در جدول ۹ نمایش داده شده است.

جدول ۹ مقادیر اوزان نهایی سطح اهمیت معیارهای اصلی

معیار[۱۵]	مقادیر دیفازی شده معیارهای اصلی
C_1	۰/۱۹۴
C_2	۰/۰۹۵
C_3	۰/۳۸۶
C_4	۰/۱۱۷
C_5	۰/۲۰۸

به شیوه مشابه اوزان زیرمعیارهای تصمیم در این مساله محاسبه شده است. امتیازات نهایی عملکرد آلترناتیوها (شش تأمین‌کننده مورد بررسی) با اخذ میانگین نظرات خبرگان تحقیق در هر یک از شاخص‌های مورد بررسی حاصل شده است. از ضرب وزنی اوزان عمومی زیرمعیارها در امتیازات نهایی حاصل برای هر آلترناتیو، امتیازات عملکرد زیر برای تامین‌کنندگان حاصل شده است:

$Alt_1 = (4.67, 7.73, 9.81)$
$Alt_2 = (4.74, 7.35, 9.81)$
$Alt_3 = (2.98, 6.11, 7.35)$
$Alt_4 = (4.83, 6.55, 11.49)$
$Alt_5 = (4.75, 6.88, 10.84)$
$Alt_6 = (3.92, 5.94, 8.12)$

با دیفازی کردن امتیازت نهایی حاصل، ترتیب رده‌بندی عملکرد آلترناتیوها به شکل Alt4 > Alt1 > Alt5 > Alt2 > Alt6 > Alt3 حاصل می‌شود که رده‌بندی تامین‌کنندگان عمده شرکت پتروشیمی شازند را براساس معیارهای مسئولیت اجتماعی نشان می‌دهد.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در نظرگیری معیارهای مسئولیت اجتماعی در زنجیره تأمین موضوع تحقیقاتی رو به رشدی است [۱۰]. امروزه از شرکت‌ها انتظار می‌رود بر روی عملکرد اجتماعی خود توجه ویژه‌ای داشته و در این زمینه مسئولیت‌پذیر باشند. نظارت مؤثر نه‌تنها بر مسئولیت اجتماعی خود شرکت بلکه بر عملکرد تأمین‌کنندگان آن در طول زنجیره تأمین، می‌تواند به بهبود رقابت‌پذیری سازمان و وجهه اجتماعی آن منجر شود. این تحقیق به موضوع ارزیابی پیمانکاران پایدار با تمرکز بر شاخص‌های مسئولیت‌های اجتماعی شرکت پرداخته است. برای ارزیابی این موضوع در یک محیط تصمیم‌گیری گروهی اقدام به توسعه روش تحلیل سلسله مراتبی با کمک مجموعه‌های فازی Z شده است. رویکرد پیشنهادی امکان ارزیابی و رتبه‌بندی مولفه‌های مختلف را در یک ساختار سلسله مراتبی با وجود خبرگانی متعدد با درجات مختلف اعتبار فراهم می‌آورد. به‌کارگیری این رویکرد در تحقیق حاضر موجب شده است تا سطوح مختلف اطمینان خبرگان به نظرات خود در تصمیم‌گیری موردتوجه قرارگرفته و نظرات ارائه‌شده با توجه به سطح اطمینان خبره تعدیل گردد. به‌طور مشابه می‌توان با استفاده از رویکرد پیشنهادی میزان اعتبار خبرگان مختلف را در مدل تصمیم‌گیری لحاظ کرد. چنانچه سطوح مختلف اعتبار و اطمینان خبرگان را موردتوجه قرار ندهیم (یعنی از بخش دوم اعداد فازی Z که بیانگر سطح اطمینان به مقدار عدد فازی است در مقایسه معیارها و ارزیابی آلترناتیوها صرف‌نظر گردد)، تحقیق حاضر به روش AHP فازی باکلی تبدیل می‌گردد. در این شرایط رده‌بندی عملکرد آلترناتیوها به‌صورت Alt1 > Alt4 > Alt2 > Alt5 > Alt6 > Alt3 خواهد شد که تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با نتایج کسب‌شده در این تحقیق دارد و اهمیت در نظرگیری سطوح اطمینان و اعتبار خبرگان در تصمیم‌گیری‌های گروهی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل همسو با نتایج

کسب‌شده از قهرمان و همکاران (۲۰۱۹) و ملکی و همکاران (۲۰۲۳) است که با به‌کارگیری اعداد فازی Z در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره گروهی موفق شده‌اند به شیوه‌ای انعطاف‌پذیرتر پیچیدگی‌های قضاوت‌های انسانی را در مدل‌سازی لحاظ نمایند [۷, ۳۱]. در واقع مهم‌ترین مزیت رویکرد پیشنهادی در مقایسه با AHP فازی باکلی تعدیل اعداد فازی با توجه به قابلیت اطمینان این اعداد است که انعطاف‌پذیری بیشتری در کسب داده‌های قضاوت‌های انسانی در مدل تصمیم فراهم می‌آورد.

این رویکرد می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای انجام تحقیقات مشابه در سایر صنایع و زمینه‌های کاربردی به کار گرفته شود. به‌عنوان‌مثال می‌توان از چهارچوب پیشنهادی این تحقیق برای ارزیابی سطح پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی در بین شرکت‌های حاضر در سطح یک صنعت بهره برد. از سویی دیگر این تحقیق، پیشنهاد دهنده کاربرد اعداد فازی Z در یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره پرکاربرد (مدل باکلی) است. این رویکرد می‌تواند به‌سادگی در مورد سایر تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل چند معیاره به کار گرفته شود. توسعه مزبور امکان در نظرگیری قابلیت اطمینان به خبرگان یا درجه اعتماد ایشان به نظرات خود را در تصمیم‌گیری‌های گروهی فراهم می‌آورد. رویکرد پیشنهادی با موفقیت در یک مطالعه واقعی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان روغن‌های صنعتی شرکت پتروشیمی شازند به کار گرفته‌شده است.

برای اجرای تحقیقات آتی، توسعه روش تحلیل سلسله مراتبی با مجموعه‌های فازی ZE پیشنهاد می‌گردد. این مجموعه‌ها که در سال ۲۰۲۰ توسط تیان[1] و همکاران توسعه داده‌شده‌اند، توسعه‌ای بر مجموعه‌های فازی Z هستند که امکان در نظرگیری میزان اجماع نظر میان کارشناسان را در تصمیم‌گیری گروهی میسر می‌سازند [۳۹]. در این روش، از یک سیستم رأی‌گیری گروهی برای اظهارنظر جمعی در خصوص قضاوت‌های سایر خبرگان استفاده می‌شود. تاکنون چندین روش تجزیه‌وتحلیل چند معیاره نظیر BCM وCoCoSo [۴۰]، MARCO [۴۱] توسط این مجموعه‌ها با موفقیت توسعه‌یافته‌اند. با این‌وجود تاکنون توسعه روش تحلیل سلسله مراتبی فازی با کمک این مجموعه‌ها در ادبیات صورت نگرفته است. توسعه روش AHP با رویکرد مزبور به دلیل پرکاربرد بودن و سهولت به‌کارگیری آن در تصمیم‌گیری‌های گروهی می‌تواند مزایای زیادی در کاربردهای عملیاتی گوناگون فراهم آورد.

منابع

[1] Orji, I.J. and S. Wei, *An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry.* Computers & Industrial Engineering, 2015. **88**: p. 1-12.

[2] Ramírez Olivares, E. and M. Castillo-Vergara, *Analytical Hierarchical Process to Establish the Criteria for Choosing Explosives Suppliers in Small and Medium Mining Companies.* Eng, 2023. **4**(3): p. 2407-2420.

[3] Cui, X., B. Qi, and M.J. Hussain, *Vendor sustainability performance and corporate customers' supplier selection.* Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 2024.

[4] Mani, V., R. Agrawal, and V. Sharma, *Supplier selection using social sustainability: AHP based approach in India.* International Strategic Management Review , 2014: (**2**)2: 98-112.

[5] Awasthi, A., K. Govindan, and S. Gold, *Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach.* International Journal of Production Economics, 2018. **195**: p. 106-117.

[6] Giannakis, M., et al., *Supplier sustainability performance evaluation using the analytic network process.* Journal of cleaner production, 2020. **247**: p. 119439.

[1] - Tian

[7] Maleki, S., et al., *Z-numbers based novel method for assessing groundwater specific vulnerability.* Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2023. **122**: p. 106104.

[8] Buckley, J.J., *Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy sets and systems.* Fuzzy sets and systems, 1985. **17**(3): p. 233-247.

[9] Tüysüz, N., & Kahraman, C., *Evaluating social sustainable development factors using multi-experts Z-fuzzy AHP*. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2020. **39**(5): p. 6181-6192.

[10] Ojadi, F., et al., *A decision support framework for socially responsible supplier selection in the Nigerian banking industry.* Journal of Business & Industrial Marketing, 2023. **38**(10): p. 2220-2239.

[11] Wilhelm, M., et al., *Implementing sustainability in multi-tier supply chains: Strategies and contingencies in managing sub-suppliers.* International Journal of Production Economics, 2016. **182**: p. 196-212.

[12] Almasi, M., S. Khoshfetrat, and M.R. Galankashi, *Sustainable supplier selection and order allocation under risk and inflation condition.* IEEE Transactions on Engineering Management, 2019. **68**(3): p. 823-837.

[13] Mondragon, A.E.C., et al., *An AHP and fuzzy AHP multifactor decision making approach for technology and supplier selection in the high-functionality textile industry.* IEEE Transactions on Engineering Management, 2019. **68**(4): p. 1112-1125.

[14] Yawar, S.A. and K. Kauppi, *Understanding the adoption of socially responsible supplier development practices using institutional theory: Dairy supply chains in India.* Journal of Purchasing and Supply Management, 2018. **24**(2): p. 164-176.

[15] Norouzi, A. and A. Golmohammadi, *Developing a framework for analytical hierarchy process in the hesitant fuzzy environment for group decision making (case study: business process prioritization in Markazi electricity power distribution company).* Fuzzy Systems and its Applications, 2022. **5**(1): p. 231-267.

[16] Shidpour, H ,.M. Shidpour, and E.B. Tirkolaee, *A multi-phase decision-making approach for supplier selection and order allocation with corporate social responsibility.* Applied Soft Computing, 2023. **149**: p. 110946.

[17] Govindan, K., D. Kannan, and K.M. Shankar, *Evaluating the drivers of corporate social responsibility in the mining industry with multi-criteria approach: A multi-stakeholder perspective.* Journal of cleaner production, 2014. **84**: p. 214-232.

[18] Park, E., *Corporate social responsibility as a determinant of corporate reputation in the airline industry.* Journal of retailing and consumer services, 2019. **47**: p. 215-221.

[19] Bourke, J., S. Roper, and J.H. Love, *Innovation in legal services: The practices that influence ideation and codification activities.* Journal of Business Research, 2020. **109**: p. 132-147.

[20] Hernández, J.P.S.-I., B. Yañez-Araque, and J. Moreno-García, *Moderating effect of firm size on the influence of corporate social responsibility in the economic performance of micro-, small-and medium-sized enterprises.* Technological Forecasting and Social Change, 2020. **151**: p. 119774.

[21] Jiang, W. and J.K. Wong, *Key activity areas of corporate social responsibility (CSR) in the construction industry: a study of China.* Journal of cleaner production, 2 :۱۱۳ .۰۱٦p. 850-860.

[22] Sardana, D., et al., *CSR 'sustainability'practices and firm performance in an emerging economy.* Journal of Cleaner Production, 2020. **258**: p. 120766.

[23] Lan, S., C. Yang, and M.-L. Tseng, *Corporate sustainability on causal financial efficiency model in a hierarchical structure under uncertainties.* Journal of Cleaner Production, 2019. **237**: p. 117769.

[24] Davis-Sramek, B., et al., *Exploring the differential roles of environmental and social sustainability in carrier selection decisions.* International Journal of Production Economics, 2020. **227**: p. 107660.

[25] He, Q., et al., *Managing social responsibility for sustainability in megaprojects: An innovation transitions perspective on success.* Journal of Cleaner Production, 2019. **241**: p. ۱۱۸۳۹۵ .

[26] Suganthi, L., *Examining the relationship between corporate social responsibility, performance, employees' pro-environmental behavior at work with green practices as mediator.* Journal of cleaner production, 2019. **232**: p. 739-750.

[27] Benitez ,J., et al., *How corporate social responsibility activities influence employer reputation: The role of social media capability.* Decision Support Systems, 2020. **129**: p. 113223.

[28] Adnan, S.M., D. Hay, and C.J. Van Staden, *The influence of culture and corporate governance on corporate social responsibility disclosure: A cross country analysis.* Journal of cleaner production, 2018. **198**: p. 820-832.

[29] Kumar, A., et al., *Evaluating sustainable drivers for social responsibility in the context of ready-made garments supply chain.* Journal of Cleaner Production, 2020. **248**: p. 119231.

[30] Zadeh, L.A., *A note on Z-numbers.* Information sciences, 2011. **181**(14): p. 2923-2932.

[31] Kahraman, C., Oztaysi, B., & Onar, S. C. , *Performance comparisons of law offices and optimum allocation of debt files using Z-fuzzy AHP*, in *11th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT)*. 2019, Atlantis Press. p. 446-451.