مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال هفدهم، شماره اول (پیاپی ۶۴)، بهار ۹۹، ص ص ۴۸-۲۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در محیط فازی شهودی با رویکرد ترکیبی چندمعیاره بهترین بدترین و ویکور

مصطفی خواجه[۱]، مقصود امیری[۲*]، لعیا الفت[۲]، مصطفی زندیه[۳]
۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علامه طباطبائی، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران
۲- استاد، دانشگاه علامه طباطبائی، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران
۳- دانشیار، دانشگاه شهید بهشتی، گروه مدیریت صنعتی و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۲ آذر ۱۳۹۷
پذیرش مقاله: ۳۰ شهریور ۱۳۹۸

چکیده
تامین مواد اولیه پایدار همواره ازجمله نگرانی‌های شرکت‌های تولیدی است. با توجه به افزایش آگاهی زیست‌محیطی و اجتماعی، انتخاب تامین‌کننده پایدار از اولویت‌های سازمان‌ها گردیده است. با توجه به ابهام و تردید موجود در تصمیم‌گیری افراد به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت کاربرد فراوانی یافته است. تحقیق حاضر سعی دارد با استفاده از رویکرد ترکیبی چندمعیاره فازی یک مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان پایدار ارایه دهد. بدین منظور در مرحله نخست با مرور تحقیقات گذشته، شاخص‌های موثر در انتخاب تامین‌کنندگان پایدار مشخص گردیده و با استفاده از روش دلفی فازی اقدام به غربال‌سازی شاخص‌ها از دید خبرگان گردید. در مرحله بعد به کمک رویکرد بهترین بدترین فازی شهودی وزن هریک از شاخص‌ها استخراج گردید. در ادامه از تکنیک ویکور فازی شهودی برای ارزیابی تامین‌کنندگان موجود استفاده گردید. به‌منظور بررسی قابلیت مدل ارایه‌شده از یک مطالعه واقعی در صنعت تولید باتری‌های سربی اسیدی استفاده گردید. درنهایت با انجام تحلیل حساسیت و مقایسه نتایج مدل با رویکرد تاپسیس فازی شهودی کارایی رویکرد پیشنهادی ارزیابی شد.

کلمات کلیدی: تامین‌کننده پایدار، مجموعه فازی شهودی، دلفی فازی، بهترین بدترین، ویکور

۱ مقدمه
انتخاب تامین‌کننده پایدار یکی از مهم‌ترین وظایف عملیاتی در توسعه مدیریت زنجیره‌تامین پایدار به شمار می‌رود. مدیریت زنجیره‌تامین پایدار حاصل ترکیب دو مفهوم توسعه پایدار و مدیریت زنجیره‌تامین است [۱]. توسعه پایدار به‌عنوان توسعه‌ای تعریف‌شده که نیازهای حال را بدون درخطر انداختن توانمندی نسل‌های آینده جهت برطرف کردن نیازمندی‌هایشان تامین نماید. بدین منظور علاوه بر در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی و

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: mg_amiri@yahoo.com

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

زیست‌محیطی، توجه به مسایل اجتماعی نیز ضروری به نظر می‌رسد. به‌منظور رسیدن به چنین توسعه‌ای، صنایع نیازمند طراحی، برنامه‌ریزی و اجرای زنجیره‌های تامین خود منطبق با مفاهیم پایداری می‌باشند تا بتوانند پایداری را در تمامی مجریان زنجیره‌تامین گسترش دهند [۲].

به اعتقاد سیورینگ و مولر، زنجیره‌تامین پایدار را می‌توان مدیریت جریان مواد اولیه، اطلاعات و سرمایه دانست که در راستای مشارکت تمامی اعضای زنجیره‌تامین است. در این زنجیره، اهداف سه‌گانه توسعه پایدار شامل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی که از نیازمندی‌های مشتریان و سهامداران نشات گرفته است، مدنظر قرار دارد [۳]. ازجمله مزایای زنجیره‌های تامین پایدار می‌توان به کاهش قابل‌توجه ضایعات، صرفه‌جویی ملموس در هزینه‌ها، افزایش درآمد و سهم بازار و استخدام کارکنان بااستعداد اشاره نمود [۴].

یک زنجیره‌تامین در صورتی می‌تواند پایداری خود را تضمین نماید که بتواند تمامی اعضای زنجیره را به سمت پایداری در فعالیت‌هایشان تشویق نماید. در این میان، توسعه همکاری با تامین‌کنندگان در مسایل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی حایز اهمیت است [۵]. ترکیب شاخص‌های پایداری اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی به‌طور هم‌زمان در فرآیند انتخاب تامین‌کننده ازجمله دغدغه‌های سازمان‌های تولیدی به شمار می‌رود [۶]. اشتباه در انتخاب تامین‌کننده باعث نابودی تمامی موقعیت مالی و عملیاتی کل زنجیره‌تامین می‌گردد. در شرایط به‌شدت رقابتی دنیای امروز، تولید محصولات با هزینه کمتر و کیفیت بالاتر بدون داشتن تامین‌کنندگان برجسته، کاری تقریبا غیرممکن است. موفقیت یک زنجیره‌تامین تا میزان زیادی بستگی به انتخاب تامین‌کنندگان قدرتمند دارد [۷].

انتخاب تامین‌کننده یک مساله تصمیم‌گیری چند شاخصه است که عوامل متضاد بسیاری از قبیل قیمت، کیفیت و تحویل بر آن تاثیرگذار است. همچنین، مساله انتخاب تامین‌کننده در سیستم زنجیره‌تامین ترکیبی از انواع مختلف عدم قطعیت است. یک مدل تصمیم‌گیری مناسب علاوه بر توانایی مقابله با ابهام و عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های فردی بایستی بتواند با تخصیص امتیازهای منطقی، رتبه‌بندی مناسبی از گزینه‌های تصمیم ارایه دهد. با توجه به ماهیت غیرقطعی موقعیت‌های تصمیم‌گیری، پژوهشگران و محققین به‌منظور تحت کنترل درآوردن عدم قطعیت و کسب نتایج قابل‌اتکا، منطق فازی را در فنون تصمیم‌گیری ادغام نموده‌اند [۸].

با توجه به پیچیدگی موجود در دستگاه‌های پشتیبان تصمیم، به‌کارگیری گروهی از متخصصین و کارشناسان به‌منظور بررسی تمامی جوانب یک مساله تصمیم‌گیری امری اجتناب‌ناپذیر است. در دهه اخیر، استفاده از مسایل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه به‌وسیله ارزیابی گروهی از تصمیم‌گیران گسترش‌یافته است [۹]. در بسیاری از شرایط واقعی تصمیم‌گیرندگان با توجه به وجود ابهام در شرایط تصمیم‌گیری نمی‌توانند ترجیحات خود را بیان دارند. در این شرایط تصمیم‌گیری در محیط فازی تا حد زیادی ضروری به نظر می‌رسد [۱۰].

در پژوهش حاضر از طریق بررسی ادبیات تحقیق، شاخص‌های ارزیابی تامین‌کننده پایدار شناسایی‌شده و با استفاده از رویکرد دلفی فازی شاخص‌های تاثیرگذار مشخص می‌گردد. در مرحله بعد با استفاده از تئوری گراف و روش بهترین بدترین فازی شهودی اوزان هریک از شاخص‌های تامین‌کنندگان پایدار استخراج‌شده و درنهایت

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

با بهره‌گیری از رویکرد ویکور فازی شهودی تامین‌کنندگان مختلف رتبه‌بندی می‌گردند. بنابراین هدف نهایی تحقیق حاضر، ارایه یک مدل ترکیبی نوین و علمی برای ارزیابی تامین‌کنندگان در محیط فازی شهودی است.

۲ مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

۲-۱ ارزیابی تامین‌کنندگان در زنجیره‌تامین پایدار

زنجیره‌تامین پایدار را می‌توان به صورت سیستم‌های شبکه‌ای درهم تنیده مشتمل بر نهادهای متنوعی توصیف کرد که ارسال محصولات از تامین‌کنندگان به مشتریان و بازگشت آنها را مدیریت نموده و در عین حال تاثیرات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی را تحت پایش قرار می‌دهند. امروزه، رفتار چنین سیستم‌هایی در سازمان‌هایی که با مسایل پایداری درگیر هستند از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار شده است [۱۱]. علی‌رغم شهرت موضوع مدیریت زنجیره‌تامین پایدار، این مفهوم ازنظر تئوری و مفاهیم مدیریتی کمتر درک گردیده است. وجود همپوشانی بسیار بین زنجیره‌تامین سبز و پایدار موجب‌شده مفاهیمی از قبیل مسئولیت‌پذیری اجتماعی و مسایل مربوط به جنبه اجتماعی زنجیره‌تامین کمتر موردتوجه قرارگیرد [۱۲].

انتخاب تامین‌کننده ازجمله تصمیمات راهبردی در هر زنجیره‌تامین است. آنچه می‌توان از مقالات مختلف برداشت نمود اهمیت روزافزون این مساله و تاثیر آن بر اثربخشی و کارایی کل زنجیره‌تامین است [۱۳]. هندفیلد و همکاران [۱۴] شاخص‌های زیست‌محیطی انتخاب تامین‌کنندگان را با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی رتبه‌بندی نموده و درنهایت به بررسی نقاط قوت و ضعف روش AHP پرداختند. به‌منظور ارزیابی تامین‌کنندگان سبز، لی و همکاران [۱۵] از ترکیب رویکرد دلفی و تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده نمودند. وانگ و همکاران [۱۶] با به‌کارگیری رویکرد تاپسیس سلسله مراتبی فازی به ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان پرداختند. در تحقیق آن‌ها شاخص‌های زیست‌محیطی و اجتماعی موردبررسی قرار نگرفته‌اند. بوران و همکاران[۱۷] رویکرد تاپسیس فازی شهودی گروهی را جهت انتخاب تامین‌کننده در فضای عدم قطعیت ارایه نمودند. گائو و همکاران [۱۸] با بهره‌گیری از رویکرد تاپسیس فازی شهودی به ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده پرداختند.

ژانگ و همکاران [۱۹] به‌منظور رتبه‌بندی تامین‌کنندگان خدمات فناوری اطلاعات از رویکرد آنتروپی فازی شهودی فاصله‌ای استفاده نمودند. بویوکژان و سیفسی [۲۰] با بهره‌گیری از تکنیک دیمتل فازی به بررسی روابط بین شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مرتبط با فعالیت‌های مدیریت زنجیره‌تامین سبز پرداخته و به کمک رویکرد تحلیل شبکه‌ای به وزن‌دهی شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها با در نظر گرفتن تعاملات بین آن‌ها اقدام نمودند. درنهایت با استفاده از روش تاپسیس فازی تامین‌کنندگان مختلف را رتبه‌بندی نمودند. روستایی و همکاران [۲۱] با بهره‌گیری از رویکرد ویکور در محیط فازی شهودی گروهی به ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان پرداخته و به‌منظور تعیین فاصله بین دو عدد فازی شهودی از رویکرد فاصله همینگ نرمال شده[1] استفاده نمودند. شن و

[1] normalized hamming distance

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

همکاران [۲۲] در تحقیق خود با به‌کارگیری تئوری مجموعه فازی سعی در ارزش‌گذاری ادراکات ذهنی خبرگان نموده و از طریق روش تاپسیس فازی برای عملکرد هر تامین‌کننده در زنجیره‌تامین سبز یک امتیاز تعیین نمودند. کشاورز و همکاران [۲۳] با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری کوپراس گروهی بر مبنای مجموعه فازی نوع دوم فاصله‌ای به حل مساله انتخاب تامین‌کننده پرداختند. کائور[۲۴] با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ادغام اعداد فازی شهودی مساله انتخاب تامین‌کننده را موردبررسی قرارداد. در این تحقیق نیز همانند تحقیق کشاورز و همکاران، شاخص‌های موردبررسی تنها اقتصادی بوده و سایر جنبه‌های پایداری موردبررسی قرار نگرفته‌اند.

امیری و همکاران [۲۵] با استفاده از رویکرد ترکیبی آنتروپی، تحلیل سلسله مراتبی و پرامیتی به ارزیابی و اولویت‌بندی تامین‌کنندگان شرکت یوتاب پرداختند. در این تحقیق به جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی انتخاب تامین‌کننده توجه نشده است. همایون‌فر و همکاران [۲۶] رویکردی ترکیبی مبتنی بر روش تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی جهت ارزیابی و اولویت‌بندی تامین‌کنندگان شرکت سایپا ارایه نمودند. در این تحقیق به‌منظور غربال شاخص‌ها از رویکرد دلفی فازی بهره گرفته شد. به‌منظور تعیین اوزان شاخص‌ها از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی و جهت رتبه‌بندی تامین‌کنندگان از رویکرد ویکور فازی استفاده‌شده است. در تحقیق انجام‌شده معیارهای اجتماعی مدنظر قرار نگرفته‌اند.

لی و وو [۲۷] به توسعه رویکرد تاپسیس فازی شهودی پرداخته و رویکرد خود را در مساله انتخاب تامین‌کننده سبز مورداستفاده قراردادند. ماکوئی و همکاران[۲۸] از رویکرد ترکیبی تحلیل رابطه خاکستری و تاپسیس در محیط فازی شهودی جهت ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده در صنعت دارویی استفاده نمودند. وود [۲۹] با بهره‌گیری از ادبیات موضوع، ۳۰ معیار برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان تجهیزات و پروژه‌های توسعه صنعت پتروشیمی تعیین نمود و سپس با استفاده از رویکردهای منعطف آنتروپی، تاپسیس فازی و تاپسیس فازی شهودی معیارهای سی‌گانه را وزن دهی و درنهایت شرکت‌های تامین‌کننده را رتبه‌بندی نمود. لوترا و همکاران [۳۰] بیست‌ودو شاخص برای انتخاب تامین‌کننده پایدار با استفاده از ادبیات تحقیق و تایید خبرگان استخراج نموده و با بهره‌گیری از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شاخص‌های مختلف را وزن دهی نموده و درنهایت با استفاده از روش ویکور تامین‌کنندگان مختلف را رتبه‌بندی نمودند. ژاو و همکاران [۳۱] به‌منظور انتخاب تامین‌کننده از رویکرد ترکیبی آنتروپی شانون و ویکور توسعه‌یافته در فضای فازی شهودی استفاده نمودند که تنها شاخص‌های اقتصادی مدنظر قرارگرفته است. حمدان و چیتو [۳۲] مدلی را جهت تخصیص بهینه تامین‌کنندگان ارایه نموده که پس از تعیین شاخص‌های سنتی و سبز به‌منظور تعیین اهمیت نسبی هرکدام از شاخص‌ها از رویکرد تاپسیس و به‌منظور تعیین وزن نسبی هر یک از شاخص‌های فرعی از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی بهره بردند. درنهایت به‌منظور تعیین تخصیص بهینه از مدل‌سازی چندهدفه استفاده گردید. گوپتا و باروا [۳۳] با بهره‌گیری از رویکرد بهترین بدترین و تاپسیس فازی بهترین تامین‌کننده در میان کسب‌وکارهای کوچک و متوسط را ازنظر نوآوری سبز رتبه‌بندی نمودند. لئو و همکاران [۳۴] به‌منظور انتخاب تامین‌کننده سبز از یک رویکرد دومرحله‌ای استفاده نمودند. در مرحله اول با استفاده از رویکرد بسط تابع کیفیت روابط بین نیازمندی‌های

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

مشتری و استراتژی‌های سازمان تعیین گردید. همچنین به‌منظور وزن‌دهی به شاخص‌های کیفی از روش بهترین بدترین و از آنتروپی شانون جهت تعیین وزن معیارهای کمی استفاده شد. در مرحله دوم با بهره‌گیری از بهینه‌سازی چندهدفه فازی بر اساس تحلیل نسبت به رتبه‌بندی تامین‌کنندگان پرداخته شد.

۲-۲ شاخص‌های ارزیابی تامین‌کنندگان پایدار

تحقیقات بسیاری درباره شاخص‌های پایداری تامین‌کنندگان انجام‌گرفته است. وبر و همکاران [۳۵] با مرور معیارها و روش‌های انتخاب تأمین‌کننده بدین نتیجه رسیدند که ۶۲ درصد از مقالات در این حوزه به بیش از یک معیار انتخاب تامین‌کننده اشاره نموده‌اند. بااین‌وجود مساله انتخاب تأمین‌کننده یک مساله چندمعیاره بوده و جهت یافتن تأمین‌کنندگان بهینه بایستی مبادله‌ای بین عوامل ملموس و غیرملموس متضاد ایجاد گردد. ازجمله تحقیقات مروری مهم می‌توان به تحقیق آهی و سیرسی [۳۶] اشاره نمود. آن‌ها در تحقیق خود با به‌کارگیری تحلیل محتوای ساختاری ۴۴۵ مقاله معیارهای ارزیابی زنجیره‌تامین پایدار و سبز بدین نتیجه رسیدند که پرتکرارترین شاخص‌ها شامل کیفیت، انتشار آلاینده‌های هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای، استفاده از انرژی و مصرف انرژی بودند. از میان ۲۵۵۵ معیار به‌دست‌آمده ۶۶ درصد تنها یک‌بار مورداستفاده قرارگرفته بودند و بسیاری از شاخص‌های معرفی‌شده تنها به‌منظور اندازه‌گیری یک مساله مورداستفاده قرارگرفته بودند. به‌عنوان‌مثال ۷۵ شاخص مختلف برای سنجش مسایل مرتبط با آب به‌کاررفته بودند. زیمر و همکاران [۱۳] با مرور تحقیقات انجام‌شده تأمین‌کننده پایدار، معیارهای مرتبط با انتخاب تأمین‌کننده را به سه دسته معیارهای اقتصادی شامل عملکرد مالی، موقعیت‌سازمانی، توانمندی‌ها و انتظارات بیرونی، معیارهای زیست‌محیطی مشتمل بر عملکردها و فعالیت‌های زیست‌محیطی و معیارهای اجتماعی شامل کارکردهای داخلی و خارجی مسایل اجتماعی و عملکردهای اجتماعی تقسیم‌بندی نمودند. ازنظر فلاح‌پور و همکاران [۳۷] هزینه، کیفیت، تحویل و خدمات و انعطاف‌پذیری در زیرمجموعه معیارهای اقتصادی؛ سیستم مدیریت زیست‌محیطی، محصول و انبارش سبز، طراحی زیست‌محیطی و حمل‌ونقل و فناوری سبز به‌عنوان معیارهای زیست‌محیطی و درنهایت معیارهای اجتماعی شامل حقوق نیروی کار، ایمنی و سلامت نیروی انسانی و فعالیت‌های حمایتی است.

با مرور نظری ادبیات ارزیابی پایداری تامین‌کنندگان،۲۲ شاخص در سه معیار اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی به دست آمد که در جدول ۱ نشان داده‌شده است.

۲-۳ فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه در انتخاب تامین‌کننده پایدار

مساله انتخاب تامین‌کننده ازآنجاکه ضامن موفقیت بلندمدت یک کسب‌وکار می‌گردد از اهمیت بالایی نزد محققین و پژوهشگران برخوردار است. با توجه به اهمیت موفقیت بلندمدت شرکت‌ها اولین تحقیق در ارتباط با مساله انتخاب تأمین‌کننده توسط دیکسون ارایه‌شده است [۱۳]. با گسترش روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، اقبال عمومی محققین نسبت به این روش‌ها افزایش یافت. امروزه، رویکردهای مختلفی در انتخاب تامین‌کننده

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

مورداستفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر تحقیقات بیان‌شده در بخش‌های قبلی می‌توان به برخی از تحقیقات جدید در مورد انتخاب تامین‌کننده پایدار اشاره نمود.

جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی پایداری تامین‌کنندگان

	منابع مورداستفاده												
شاخص	[۵]	[۶]	[۱۳]	[۱۵]	[۲۰]	[۳۰]	[۳۷]	[۳۸]	[۳۹]	[۴۰]	[۴۱]	[۴۲]	[۴۳]
کیفیت	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
مدیریت هزینه	*	*	*			*	*	*	*	*	*		
تحویل	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*		
انعطاف‌پذیری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
توانمندی فنی و مالی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
ظرفیت تسهیلات						*		*					
شهرت			*										
سیستم مدیریت زیست‌محیطی						*	*	*			*	*	*
تعهد مدیریت به مسائل زیست‌محیطی		*											*
انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی		*	*	*		*	*	*			*	*	*
حمل‌ونقل سبز							*				*		*
تحقیق و توسعه سبز						*	*					*	*
مصرف منابع	*						*	*	*		*	*	*
طراحی زیستی							*	*			*	*	*
انبارش سبز							*						
افشای اطلاعات به ذینفعان		*	*			*		*				*	
تاثیر جوامع محلی									*		*		
حقوق کارکنان		*				*	*					*	
مشارکت در رویدادهای اجتماعی		*									*		
سلامت و بهداشت کارکنان		*				*	*	*	*			*	
تبعیض جنسیتی			*				*				*		
حقوق سهامداران		*	*					*					

امین دوست و همکاران [۳۸] با بهره‌گیری از مدل رتبه‌بندی بر اساس سیستم استنتاج فازی رویکردی برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده پایدار ارایه نمود. در نظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی از نوآوری‌های تحقیق ایشان به شمار می‌رود. فلاح‌پور و همکاران[۳۷] یک مدل پشتیبان تصمیم برای انتخاب تامین‌کننده پایدار ارایه نمودند. در این مدل به‌منظور تعیین اوزان شاخص‌های اصلی و فرعی از رویکرد برنامه‌ریزی ترجیحی فازی بهره گرفته شد. درنهایت با استفاده از روش تاپسیس فازی تامین‌کنندگان مختلف در صنعت نساجی رتبه‌بندی گردیدند. آزاد نیا و همکاران [۶] با ارایه یک رویکرد ترکیبی مساله انتخاب تامین‌کننده پایدار و تخصیص بهینه را به‌صورت هم‌زمان حل نمودند. در این رویکرد، جهت وزن‌دهی به شاخص‌ها از روش فازی موزون قانونمند، جهت رتبه‌بندی تامین‌کنندگان از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و درنهایت

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

به‌منظور انجام تخصیص بهینه از برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه استفاده گردید. سن و همکاران [۴۴] به بررسی مساله انتخاب تامین‌کننده پایدار در محیط فازی شهودی با بهره‌گیری از رویکردهای تصمیم‌گیری چند شاخصه پرداخته‌اند. در این تحقیق، سه رویکرد تاپسیس فازی شهودی، مورای فازی شهودی و تحلیل رابطه خاکستری فازی شهودی موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها از ترکیب نظرات هر یک از خبرگان توسط عملگر موزون فازی شهودی استفاده گردید. آواشتی و همکاران [۵] به‌منظور انتخاب تامین‌کننده پایدار از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی و ویکور در محیط فازی بهره بردند. ازجمله نوآوری‌های تحقیق آن‌ها استفاده از تامین‌کنندگان چندلایه‌ای و ارزیابی هم‌زمان تامین‌کنندگان اصلی و فرعی بود. خان و همکاران [۴۵] در تحقیق خود با بهره‌گیری از رویکرد وزن‌دهی آنتروپی فازی و سیستم استنتاج فازی به ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده پایدار و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان پرداختند.

۳ روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر ازآنجاکه به دنبال شناسایی و توصیف شاخص‌های ارزیابی پایداری تامین‌کنندگان در یک شرکت تولیدکننده باتری‌های سربی اسیدی است ازنظر هدف کاربردی و ازنظر نحوه جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی – پیمایشی است. ازآنجاکه شناسایی شاخص‌ها در طول تحقیق انجام می‌گردد در دسته تحقیقات اکتشافی به شمار می‌رود. با توجه به هدف اصلی این پژوهش که شناسایی شاخص‌های تامین‌کننده پایدار و اولویت‌بندی تامین‌کنندگان پایدار است فرآیند اجرایی پژوهش به‌صورت شکل ۱ است.

٤ رویکرد ترکیبی پیشنهادی

در تحقیق حاضر، از میان روش‌های متداول جهت تعیین اوزان معیارهای ارزیابی انتخاب تامین‌کننده پایدار از رویکرد بهترین بدترین در محیط فازی شهودی استفاده گردیده است. در این روش علاوه بر استفاده از مقایسات زوجی مورداستفاده در روش تحلیل سلسله مراتبی از مدل‌های ریاضی جهت تعیین اوزان بهینه بهره برده شده است که دقت محاسبات را افزایش می‌دهد. همچنین به‌منظور رتبه‌بندی تامین‌کنندگان مختلف از رویکرد ویکور فازی شهودی استفاده گردیده است. در ادامه به تشریح روش‌های مورداستفاده در این تحقیق پرداخته می‌شود.

٤-۱ روش دلفی فازی

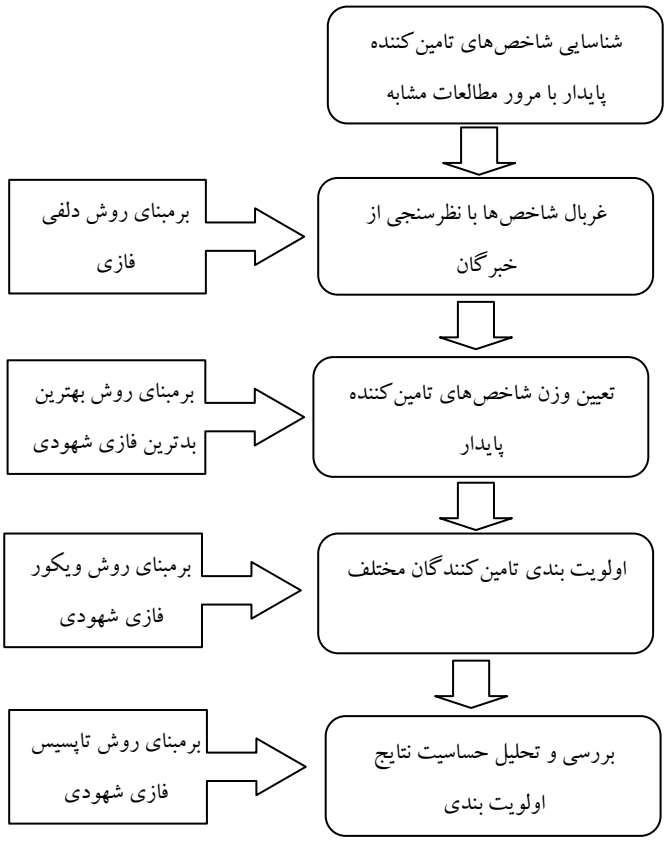
روش دلفی نخستین بار توسط دالکی و هلمر در شرکت راند در دهه ۱۹۵۰ توسعه یافت. این روش مشتمل بر مصاحبه‌هایی ساختاریافته است که از ایده‌های افراد خبره بهره می‌گیرد. این رویکرد یک روش تصمیم‌گیری گروهی خبره محور بوده که به دنبال دستیابی به یک اجماع بر روی یک موضوع خاص است [۴۶].

با توجه به وجود ابهام در نظرات خبرگان، در سال ۱۹۹۳، ایشی کاوا و همکارانش [۴۷] رویکرد دلفی فازی را ارایه دادند که برگرفته از رویکرد دلفی و منطق فازی بود. گام‌های روش دلفی فازی عبارت‌اند از:

گام اول: شناسایی شاخص‌های ارزیابی پایداری تامین‌کنندگان با مرور جامع مبانی نظری تحقیق

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]



شکل ۱. فرآیند اجرایی پژوهش

گام دوم: گردآوری نظرات کارشناسان تصمیم گیر. در این گام پس از شناسایی شاخص‌های ارزیابی پایداری تامین‌کنندگان، گروهی از متخصصین مرتبط با موضوع پژوهش شکل‌گرفته و پرسشنامه‌ای به‌منظور تعیین مرتبط بودن شاخص‌های شناسایی‌شده با موضوع اصلی برای آن‌ها ارسال گردید. برای بیان اهمیت هر شاخص از متغیرهای زبانی موجود در جدول ۲ استفاده‌شده است. در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده گردیده است.

جدول۲. واژگان کلامی و مقادیر فازی مثلثی متناظر آن‌ها

متغیر زبانی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
عدد فازی مثلثی	(۱،۱،۳)	(۱،۳،۵)	(۳،۵،۷)	(۵،۷،۹)	(۷،۹،۹)

گام سوم: تایید شاخص‌های پراهمیت: ابتدا مقادیر فازی مثلثی نظرات خبرگان محاسبه گردیده و سپس میانگین فازی نظرات پاسخ‌دهندگان محاسبه می‌گردد. فرض کنید نظر هر فرد نسبت به هر شاخص به‌صورت یک عدد فازی $W = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ بیان گردد که در آن i تعداد خبرگان و j تعداد شاخص‌های موردبررسی است. میانگین فازی نظرات خبرگان به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است:

$$W_j = (\min_i a_{ij}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} b_{ij}, \max_i c_{ij}) \quad (1)$$

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

همچنین با استفاده از روش مرکز ثقل، مقدار میانگین فازی‌زدایی شده هر شاخص محاسبه گردید.
درنهایت مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه مقایسه می‌گردد. درصورتی‌که مقدار ارزش اکتسابی کمتر از مقدار آستانه باشد شاخص موردنظر از مجموعه شاخص‌ها حذف می‌گردد در غیر این صورت این شاخص مورد تایید قرار می‌گیرد. مقدار آستانه برابر ۷ در نظر گرفته‌شده است.

۲-٤ مجموعه فازی شهودی

از زمان معرفی مجموعه فازی توسط زاده [۴۸]، مجموعه‌های متنوعی مبتنی بر عدم قطعیت توسعه‌یافته است. با توجه به محدودیت دانش و کمبود زمان، افراد در مواجه با مساله‌ای که دارای عدم قطعیت است با تردید روبه‌رو می‌گردند. آتاناسوف [۴۹] مجموعه فازی شهودی را در سال ۱۹۸۶ معرفی نمود که متشکل از سه تابع عضویت، عدم عضویت و تردید بود. از این مجموعه می‌توان به‌عنوان ابزاری منعطف و عملی در مواجه با محیط فازی و نامطمئن بهره برد.

مجموعه فازی شهودی را می‌توان به‌عنوان روشی جایگزین برای تعریف یک مجموعه فازی در مواردی در نظر گرفت که اطلاعات موجود به‌اندازه کافی جهت تعریف مفهوم عدم اطمینان در مجموعه فازی کلاسیک توانمند نیست. در حالت کلی، تئوری مجموعه‌های فازی شهودی یک حالت عمومیت‌یافته از مجموعه‌های فازی است. درنتیجه، انتظار می‌رود این مجموعه‌ها بتوانند به‌طور اثربخشی جهت رویه‌های تصمیم‌گیری بشری و هرگونه فعالیت مرتبط با قضاوت‌های خبرگان مورداستفاده قرار گیرد [۴۴].
در این بخش برخی از تعاریف مرتبط با مجموعه‌های فازی شهودی ارایه می‌گردد.

تعریف ۱ مجموعه فازی شهودی [۵۰]. فرض کنید مجموعه X مرجع باشد. مجموعه فازی شهودی A بر روی مجموعه X به‌صورت زیر تعریف می‌گردد: $A=\{(x,\mu_A(x),v_A(x)\mid x\in X\}$ که توابع $\mu_A(x)$ و $v_A(x)$ به ترتیب درجه عضویت و عدم عضویت می‌باشند و دارای مقداری بین صفر و یک می‌باشند. بین دو تابع عضویت و عدم عضویت رابطه زیر برقرار است: $\mu_A(x)+v_A(x)\le ۱$. همچنین درجه ابهام به‌صورت $\pi_A(x)=۱-\mu_A(x)-v_A(x)$ تعریف می‌گردد.

تعریف ۲ روابط ریاضی بین مجموعه‌های فازی شهودی. دو عدد فازی شهودی به‌صورت $A=(u_A,v_A)$ و $B=(u_B,v_B)$ در نظر بگیرید عملیات ریاضی برای این دو عدد را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد[۵۱-۵۴]:

$$A+B=(u_A+u_B-u_Au_B,v_Av_B) \quad (۲)$$

$$A*B=(u_Au_B,v_A+v_B-v_Av_B) \quad (۳)$$

$$A-B=(\frac{u_A-u_B}{۱-u_B},\frac{v_A}{v_B}) \quad (۴)$$

$$\frac{A}{B}=(\frac{u_A}{u_B},\frac{v_A-v_B}{۱-v_B}) \quad (۵)$$

$$\lambda A=(۱-(۱-u_A)^{\lambda},v_A^{\lambda}),\lambda>۰ \quad (۶)$$

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

$$A^{\lambda}=(u_A^{\lambda},1-(1-v_A)^{\lambda}),\lambda>0 \quad (7)$$

تعریف۳ $A\le B$ است اگر و تنها اگر $u_A\le u_B$ و $v_A\ge v_B$ باشد [۵۵].

تعریف٤ یک رابطه ترجیحی فازی شهودی[1](IFPR) به‌صورت $A=(u_{ij},v_{ij})$ تعریف می‌گردد که u_{ij} میزان ترجیح گزینه x_i بر x_j است و v_{ij} میزان عدم ترجیح گزینه x_i بر x_j است. مجموع u_{ij} و v_{ij} بین صفر و یک است [۵۶].

تعریف ٥ رابطه ترجیحی ضربی شهودی[2](IMPR) به‌صورت $R=\left(\rho_{ij},\sigma_{ij}\right)$ تعریف می‌گردد که ρ_{ij} میزان ترجیح گزینه x_i بر x_j است و σ_{ij} میزان عدم ترجیح گزینه x_i بر x_j است. مقدار ρ_{ij} و σ_{ij} بین ۱/۹ تا ۹ بوده و حاصل‌ضرب دو مقدار ρ_{ij} و σ_{ij} برابر یک است [۵۷].

تعریف ٦ رابطه بین IFPR و IMPR به‌صورت زیر است [۵۷]:

$$u_{ij}=\frac{1}{2}\left(1+\log_9\rho_{ij}\right)\ ,v_{ij}=\frac{1}{2}\left(1+\log_9\sigma_{ij}\right) \quad (8)$$

تعریف۷ به‌منظور تجمیع نظرات فردی، عملگر میانگین موزون فازی شهودی[3](IFWA) توسط ژاو [۵۶][4] معرفی گردید. این عملگر به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$IFWA_{\lambda}\left(r_{ij}^{(1)},r_{ij}^{(2)},\ldots,r_{ij}^{(s)}\right)= \\ ((1-\prod_{k=1}^{s}(1-u_{ij}^{(k)})^{\lambda_k},\prod_{k=1}^{s}\left(v_{ij}^{(k)}\right)^{\lambda_k}),\prod_{k=1}^{s}(1-u_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}-\prod_{k=1}^{s}\left(v_{ij}^{(k)}\right)^{\lambda_k}))_{n*n} \quad (9)$$

که λ_k وزن تصمیم‌گیر k است.

تعریف ۸ فرض کنید $G=\left(N,O,Q\right)$ یک شبکه جهت‌دار باشد که N بیان‌گر مجموعه گره‌ها یا معیارها، O مجموعه تمامی بردارهای a_{ij} و Q مجموعه وزن مرتبط با تمامی ترجیحات است. وزن بردار a_{ij} بیان‌گر میزان ترجیح نسبی معیار C_i نسبت به معیار C_j است [۵۷].

تعریف ۹ درجه خروجی گره i برابر با تعداد بردارهای خروجی از گره i است که با نماد D_i^{out} نشان داده می‌شود. درجه ورودی گره i برابر با تعداد بردارهای ورودی به گره i گفته می‌شود و با نماد D_i^{in} نمایش داده می‌شود [۵۷].

٤-۳ روش بهترین بدترین فازی شهودی

روش بهترین بدترین نخستین بار توسط رضایی [۵۸-۵۹] ارایه گردید. این روش مبتنی بر انجام مقایسات زوجی است و در مقایسه با روش تحلیل سلسله مراتبی میزان مقایسات زوجی به میزان قابل‌توجهی کاهش‌یافته است. در این روش، ابتدا بهترین و بدترین معیار از بین معیارهای موردنظر انتخاب گردیده و سپس مقایسات زوجی

[1] Intuitionistic Fuzzy Preference Relation
[2] Intuitionistic Multiplicative Preference Relation
[3] Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging
[4] Xu

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

به‌صورت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها و سایر معیارها نسبت به بدترین معیار انجام می‌گیرد. درنهایت با بهره‌گیری از مدل‌سازی ریاضی و حل آن، وزن‌های بهینه هر یک از شاخص‌ها به دست می‌آید.

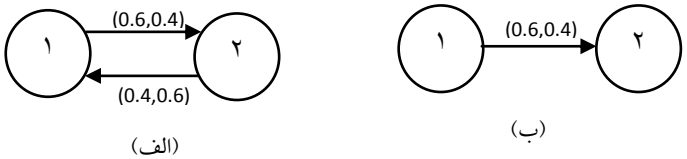
از زمان ارایه این روش تاکنون بهبودهایی بر این روش انجام‌شده است. از نقاط ضعف این روش ارایه جواب‌های محلی به‌جای بهینه است. به‌منظور رفع این مشکل، رویکردهای فازی ارایه گردید. مویو و همکاران [۵۷] با ترکیب تئوری گراف و روش بهترین بدترین رویکردی برای تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره در محیط فازی شهودی ارایه نمودند. در این تحقیق از رویکرد ارایه‌شده توسط مویو و همکاران جهت وزن‌دهی به معیارها استفاده‌شده است.

مراحل این روش عبارت‌اند از[۵۷-۶۰]:

مرحله اول: در این مرحله یک ساختار سلسله مراتبی شامل هدف، معیارها و گزینه‌های مساله تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره ایجاد می‌گردد و گروهی از متخصصین برای ارزیابی گزینه‌ها انتخاب می‌گردد.

مرحله دوم: در این مرحله مقایسات زوجی بین معیارها انجام می‌گیرد. این مقایسات در بازه ۱/۹ تا ۹ انجام می‌شود که بیان‌گر ترجیح یک معیار نسبت به معیار دیگر توسط تصمیم‌گیرنده یا کارشناس است. با استفاده از رابطه (۸) IMPR به IFPR تبدیل می‌شود. درنهایت با استفاده از رابطه (۹) IFPR های فردی تجمیع می‌گردند.

مرحله سوم: الگوریتم انتخاب بهترین و بدترین معیارها. بدین منظور ابتدا لازم است یک شبکه جهت‌دار ترسیم گردد. هر معیار به‌منزله یک گره در نظر گرفته می‌شود و با یک بردار رابطه بین دو معیار (گره) نشان داده می‌شود. فرض کنید تنها دو معیار جهت مقایسه وجود دارد و مقایسات ترجیحی فازی شهودی آن‌ها به‌صورت $\frac{n!}{r!(n-r)!}(۰/۶,۰/۴)$ و $a_{۱۲}=(۰/۴,۰/۶)$ است و در شکل(۲- الف) نشان داده‌شده است. $a_{۲۱}$



شکل ۲. مقایسه بین دو معیار

جهت مقایسه دو مقدار IFPR با توجه به تعریف ۳ تنها نیاز به نیمی از اطلاعات است. بدین منظور از شرط $u_{ij}\geq u_{ji}$ یا $v_{ij}\leq v_{ji}$ استفاده می‌شود. همان‌طور که از شکل ۲ مشخص است $u_{۱۲}\geq u_{۲۱}$ درنتیجه شکل (۲- ب) به دست می‌آید. طبق تعریف ۹، $D_{۱}^{out}=۱,\ D_{۲}^{out}=۰$ است که می‌توان نتیجه گرفت بهترین معیار، معیار ۱ و بدترین معیار، معیار ۲ است.

با توجه به توضیحات بالا، الگوریتم انتخاب بهترین و بدترین معیار را می‌توان به‌صورت زیر بیان داشت:

ابتدا، بردارهایی که حایز شرط $u_{ij}\geq u_{ji}$ یا $v_{ij}\leq v_{ji}$ می‌باشند را در نظر بگیرید. سپس برای هر گره، درجه خروجی و ورودی را طبق تعریف ۹ محاسبه نمایید. درنهایت، بیشترین مقدار D_i^{out} بیان‌گر بهترین معیار و کمترین مقدار D_i^{out} بدترین معیار انتخاب می‌گردند. درصورتی‌که برای دو گره مقادیر درجات خروجی یکسان باشند، بر اساس درجات ورودی (هر چه کمتر بهتر) رتبه‌بندی انجام می‌شود.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

مرحله چهارم: تشکیل مدل‌های ریاضی با درجات عضویت و عدم عضویت و استخراج وزن فازی شهودی هر یک از معیارها. بدین منظور از مدل‌های ریاضی(۱۰) و (۱۱) استفاده می‌گردد. با حل این مدل‌های ریاضی بردار وزنی فازی شهودی هر یک از معیارها به‌صورت $W^* = (w_1^*, w_2^*, \ldots, w_n^*)^T = ((\phi_1^*, \varphi_1^*), (\phi_2^*, \varphi_2^*), \ldots, (\phi_n^*, \varphi_n^*))^T$ به دست می‌آید که شامل درجات عضویت و عدم عضویت فازی شهودی است.

$$\begin{aligned} &\min \xi \\ &s.t. \\ &\left| \frac{\phi_{best}}{\phi_j} - 9^{(2\mu_{best,j}-1)} \right| \le \xi \\ &\left| \frac{\phi_j}{\phi_{worst}} - 9^{(2\mu_{j,worst}-1)} \right| \le \xi \\ &\sum_{j=1}^{n} \phi_j = 1 \\ &\phi_{best} \ge \ldots \ge \phi_j \ge \ldots \ge \phi_{worst} \\ &\phi_j \ge 0, \xi \ge 0, \ \forall j \in N \end{aligned} \qquad (10)$$

$$\begin{aligned} &\min \zeta \\ &s.t. \\ &\left| \frac{\varphi_{best}}{\varphi_j} - 9^{(2v_{best,j}-1)} \right| \le \zeta \\ &\left| \frac{\varphi_j}{\varphi_{worst}} - 9^{(2v_{j,worst}-1)} \right| \le \zeta \\ &\sum_{j=1}^{n} \varphi_j = 1 \\ &\varphi_{best} \le \ldots \le \varphi_j \le \ldots \le \varphi_{worst} \\ &\varphi_j \ge 0, \zeta \ge 0, \ \forall j \in N \end{aligned} \qquad (11)$$

مرحله پنجم: محاسبه نرخ ناسازگاری. مویو و همکاران [۶۰] سه روش برای بررسی سازگاری ارایه نمودند که در این مقاله از روش سازگاری ضربی[1]استفاده گردیده است. بدین منظور برای هرکدام از مقادیر ترجیح و عدم ترجیح یک شاخص سازگاری ضربی[2]استفاده می‌شود و درنهایت نرخ ناسازگاری[3] (CR) محاسبه می‌گردد. درصورتی‌که ناسازگاری محاسبه‌شده کمتر یا مساوی ۰/۱ باشد [۵۸-۵۹]، ماتریس IFPR سازگار است. در جدول ۳ شاخص‌های سازگاری ضربی آورده شده‌اند. به‌منظور محاسبه نرخ ناسازگاری از رابطه (۱۲) استفاده می‌گردد.

$$CR = \max\left\{ \frac{\xi^*}{CI_1}, \frac{\zeta^*}{CI_2} \right\} \qquad (12)$$

جدول۳. شاخص‌های سازگاری ضربی

$\mu_{best,worst}$	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱
CI_1	۱/۸۰۹۰	۱/۸۹۲۵	۱/۹۶۱۷	۲/۰۲۰۹	۲/۰۷۲۴	۲/۱۱۸۰
$v_{best,worst}$	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵
CI_2	-	۰/۹۲۵۵	۱/۳۵۳۱	۱/۵۶۳۹	۱/۷۰۴۲	۱/۸۰۹۰

٤-٤ روش ویکور فازی شهودی

روش ویکور نخستین بار توسط اپریکویک معرفی گردید و سپس توسط اپریکویک و تسنگ توسعه یافت. با معرفی نظریه فازی، رویکردهای فازی و فازی شهودی این روش ارایه گردید. روش ویکور و تاپسیس ازآنجاکه

[1] Multiplicative consistency
[2] Multiplicative consistency index
[3] Consistency Ratio

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

بر پایه نزدیکی به جواب ایده‌آل بنانهاده شده‌اند دارای شباهت می‌باشند. هرچند روش تاپسیس دونقطه مرجع (ایده‌آل و ضد ایده‌آل) را معرفی می‌نماید اما از اهمیت نسبی فواصل از این دونقطه چشم‌پوشی کرده است. روش نرمال‌سازی در روش تاپسیس برداری بوده درحالی‌که در روش ویکور به‌صورت خطی نرمال‌سازی انجام می‌گیرد. در نرمال‌سازی در روش ویکور واحد سنجش معیار اهمیت ندارد درحالی‌که روش تاپسیس به واحد سنجش معیار حساس است [۶۱].

گام‌های روش ویکور فازی شهودی به‌صورت زیر است [۶۲]:

گام ۱: برای ارزیابی گزینه‌ها با توجه به معیارهای موردنظر گروهی از خبرگان $(K=1,...,k)$ را در نظر بگیرید. اهمیت نسبی هر تصمیم گیر بر اساس واژگان زبانی فازی شهودی ارزیابی می‌گردد. وزن هر تصمیم‌گیر به‌صورت $D_k=(\mu_k,\nu_k,\pi_k)$ در نظر گرفته می‌شود. اهمیت هر تصمیم گیر با رابطه(۱۳) قابل‌محاسبه است.

$$\lambda_k=\frac{\left(\mu_k+\pi_k\left(\frac{\mu_k}{\mu_k+\nu_k}\right)\right)}{\sum_{k=1}^{K}\left(\mu_k+\pi_k\left(\frac{\mu_k}{\mu_k+\nu_k}\right)\right)},\ \sum_{k=1}^{K}\lambda_k=1 \qquad (۱۳)$$

گام ۲: در این مرحله m گزینه $A_i=(A_1,A_2,\ldots,A_m)$ بر اساس n شاخص $C_j=(C_1,C_2,\ldots,C_n)$ با استفاده از عبارات کلامی جدول ۴ مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. درنهایت با استفاده از رابطه (۹) ماتریس تصمیم گروهی خبرگان ایجاد می‌شود.

جدول ٤. متغیرهای زبانی برای ارزیابی گزینه‌ها

متغیر زبانی	خیلی ضعیف(VP)	ضعیف(P)	تقریبا ضعیف(MP)	متوسط(F)	تقریبا خوب(MG)	خوب(G)	خیلی خوب(VG)
عدد فازی شهودی	(۰/۹و۰/۱)	(۰/۷۵و۰/۲)	(۰/۶و۰/۳۵)	(۰/۴۵و۰/۵)	(۰/۳۵و۰/۶۵)	(۰/۱۵و۰/۸)	(۰/۱و۰/۹)

گام ۳: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت[1](PIS) فازی شهودی r_j^+ و راه‌حل ایده‌آل منفی[2](NIS) فازی شهودی r_j^-. فرض کنید J_1 شاخص سود و J_2 شاخص هزینه باشد. نحوه محاسبه r_j^+ و r_j^- به‌صورت روابط(۱۴) و(۱۵) است.

$$r_j^+=\begin{cases}(\max\limits_{1\le i\le m}\{\mu_{ij}\},\min\limits_{1\le i\le m}\{\nu_{ij}\})=(\mu_j^+,\nu_j^+), & j\in J_1\\ (\min\limits_{1\le i\le m}\{\mu_{ij}\},\max\limits_{1\le i\le m}\{\nu_{ij}\})=(\mu_j^+,\nu_j^+), & j\in J_2\end{cases} \qquad (۱۴)$$

$$r_j^-=\begin{cases}(\min\limits_{1\le i\le m}\{\mu_{ij}\},\max\limits_{1\le i\le m}\{\nu_{ij}\})=(\mu_j^-,\nu_j^-), & j\in J_1\\ (\max\limits_{1\le i\le m}\{\mu_{ij}\},\min\limits_{1\le i\le m}\{\nu_{ij}\})=(\mu_j^-,\nu_j^-), & j\in J_2\end{cases} \qquad (۱۵)$$

گام ٤: امتیاز میانگین گروهی فازی شهودی[1](S_i)و مقدار امتیاز گروهی تأسف فازی شهودی[2](R_i)برای هر یک از گزینه‌ها با توجه به تعریف(۲)محاسبه می‌گردد. وزن فازی شهودی هر یک از شاخص‌ها(w_j) با استفاده از رویکرد بهترین بدترین فازی شهودی محاسبه می‌گردد. نحوه محاسبه S_i و R_i به‌صورت روابط(۱۶) و(۱۷) است.

[1]Positive Ideal Solution
[2] Negative Ideal Solution

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \frac{\left(r_j^+ - r_{ij}\right)}{\left(r_j^+ - r_j^-\right)} \ , \qquad S_i \in [0,1] \tag{۱۶}$$

$$R_i = \max_j \left[w_j \frac{\left(r_j^+ - r_{ij}\right)}{\left(r_j^+ - r_j^-\right)} \right], \qquad R_i \in [0,1] \tag{۱۷}$$

گام ۵: محاسبه مقدار Q_i برای هر یک از گزینه‌ها با استفاده از رابطه (۱۸).

$$Q_i = \frac{k\left(S_i - S^+\right)}{\left(S^- - S^+\right)} + \frac{(1-k)\left(R_i - R^+\right)}{\left(R^- - R^+\right)} \tag{۱۸}$$

که در این رابطه:

$$S^+ = (\min_{1\le i\le m}\{\mu_S\}, \max_{1\le i\le m}\{v_S\}), S^- = (\max_{1\le i\le m}\{\mu_S\}, \min_{1\le i\le m}\{v_S\})$$

$$R^+ = (\min_{1\le i\le m}\{\mu_R\}, \max_{1\le i\le m}\{v_R\}), R^- = (\max_{1\le i\le m}\{\mu_R\}, \min_{1\le i\le m}\{v_R\})$$

همچنین k وزن استراتژی تصمیم‌گیری است که در این تحقیق مقدار آن ۰/۵ در نظر گرفته‌شده است.

گام ٦: رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مقادیر S,R,Q به‌صورت ترتیب صعودی بر اساس تعریف ۳.

گام ۷: فرض کنید گزینه A_1 متناظر با بهترین گزینه $Q_{[1]}$ باشد. این گزینه راه‌حل سازشی خواهد بود اگر دارای شرایط زیر باشد:

شرط اول (مزیت پذیرش): به عبارتی اگر $Q_{[2]} - Q_{[1]} \ge DQ \ , DQ = \frac{1}{m-1}$ برقرار باشد می‌توان گفت شرط مزیت پذیرش برای گزینه A_1 برقرار است. m تعداد گزینه‌های موردبررسی است.

شرط دوم (ثبات پذیرش): گزینه A_1 دارای بهترین رتبه در بین مقادیر S و R باشد.

۵ تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

۵-۱ شناسایی معیارهای ارزیابی تامین‌کنندگان پایدار با استفاده از روش دلفی فازی

به‌منظور تایید شاخص‌های ارزیابی پایداری تامین‌کنندگان، ۲۲ شاخص با استفاده از مرور مبانی نظری به دست آمد که با استفاده از پرسشنامه مخصوص روش دلفی فازی از خبرگان خواسته شد مطابق مراحل این روش به سؤالات پاسخ دهند. کمیته خبرگان مشتمل بر ۱۰ نفر از کارشناسان صنعت و اساتید دانشگاه بوده که در زمینه‌ی زنجیره‌تامین صنعت باتری تخصص داشتند.

[1] Intuitionistic fuzzy average group score value
[2] Intuitionistic fuzzy worst group score value

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

جدول ۵. نتایج دور دوم روش دلفی فازی برای انتخاب معیارهای ارزیابی تامین‌کننده پایدار

شاخص	میانگین فازی مثلثی	میانگین فازی زدایی شده	تفاوت میانگین نظرات	تایید یا رد
کیفیت	(۹ و ۸/۸ و ۵)	۷/۹	۰/۱	تایید
مدیریت هزینه	(۹ و ۸/۸ و ۵)	۷/۹	۰	تایید
تحویل	(۹ و ۸/۲ و ۵)	۷/۶	۰/۱	تایید
انعطاف‌پذیری	(۹ و ۸/۸ و ۵)	۷/۹	۰/۱	تایید
توانمندی فنی و مالی	(۹ و ۸/۲ و ۵)	۷/۶	۰/۱	تایید
ظرفیت و تسهیلات	(۹ و ۷/۲ و ۱)	۶/۱	۰/۱	رد
شهرت	(۹ و ۷ و ۱)	۶	۰/۱	رد
سیستم مدیریت زیست‌محیطی	(۹ و ۸ و ۳)	۷	۰	تایید
حمل‌ونقل سبز	(۹ و ۵/۲ و ۱)	۵/۱	۰/۲	رد
انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی	(۹ و ۸/۴ و ۵)	۷/۷	۰/۱	تایید
تعهد مدیریت به مسایل زیست‌محیطی	(۹ و ۸/۲ و ۵)	۷/۶	۰/۱	تایید
تحقیق و توسعه سبز	(۹ و ۸/۴ و ۵)	۷/۲	۰/۱	تایید
مصرف منابع	(۹ و ۸/۴ و ۵)	۷/۹	۰/۱	تایید
طراحی زیستی	(۹ و ۸/۶ و ۵)	۷/۸	۰/۲	تایید
انبارش سبز	(۹ و ۶/۴ و ۱)	۵/۷	۰/۲	رد
افشای اطلاعات به ذینفعان	(۹ و ۸/۲ و ۵)	۷/۶	۰/۲	تایید
تاثیر جوامع محلی	(۹ و ۸/۶ و ۵)	۷/۸	۰/۱	تایید
حقوق کارکنان	(۹ و ۸/۸ و ۵)	۷/۹	۰	تایید
مشارکت در رویدادهای اجتماعی	(۹ و ۸/۶ و ۵)	۷/۸	۰/۱	تایید
سلامت و بهداشت کارکنان	(۹ و ۸/۲ و ۳)	۷/۱	۰/۱	تایید
تبعیض جنسیتی	(۹ و ۵/۲ و ۱)	۵/۱	۰/۲	رد
حقوق سهامداران	(۹ و ۸ و ۳)	۷	۰/۱	تایید

به اعتقاد چنگ و لین درصورتی‌که اختلاف بین دو مرحله نظرسنجی روش دلفی فازی کمتر از ۰/۲ باشد، فرآیند نظرسنجی متوقف می‌گردد [۶۳]. بر این اساس تفاوت مقادیر دی فازی مرحله دو و یک برای شاخص‌های تاییدشده کمتر از ۰/۲ بوده است که در جدول ۵ نتایج بیان شده است. درنهایت ۱۷ معیار به‌عنوان معیارهای ارزیابی پایداری تامین‌کنندگان مورد تایید قرار گرفت که به همراه کد آن‌ها به شرح زیر می‌باشند:

کیفیت($C_{۱۱}$)، مدیریت هزینه($C_{۱۲}$)، تحویل($C_{۱۳}$)، انعطاف‌پذیری($C_{۱۴}$)، توانمندی فنی و مالی($C_{۱۵}$)، سیستم مدیریت زیست‌محیطی($C_{۲۱}$)، انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی($C_{۲۲}$)، تعهد مدیریت به مسایل زیست‌محیط ($C_{۲۳}$)، تحقیق و توسعه سبز($C_{۲۴}$)، مصرف منابع($C_{۲۵}$)، طراحی زیستی($C_{۲۶}$)، افشای اطلاعات به ذینفعان($C_{۳۱}$)، تاثیر جوامع محلی($C_{۳۲}$)، حقوق کارکنان($C_{۳۳}$)، مشارکت در رویدادهای اجتماعی($C_{۳۴}$)، سلامت و بهداشت کارکنان($C_{۳۵}$) و حقوق سهامداران($C_{۳۶}$).

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

۵-۲ وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از روش بهترین بدترین فازی شهودی

در این بخش با بهره‌گیری از روش بهترین بدترین فازی شهودی وزن هر یک از شاخص‌های ارزیابی تامین‌کنندگان پایدار محاسبه می‌گردد. پس از استخراج ماتریس مقایسات زوجی هر یک از خبرگان بر اساس روابط ترجیحی فازی شهودی با استفاده از رابطه (۹) نظرات فردی به یک نظر گروهی تبدیل گردید. در جدول ۶ ماتریس تجمیعی معیارهای فرعی اقتصادی آورده شده است. اهمیت هر یک از خبرگان باهم برابر و معادل ۰/۲ در نظر گرفته‌شده است.

جدول ٦. ماتریس تجمیعی روابط ترجیحی فازی شهودی معیارهای فرعی اقتصادی

	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_{11}	(۰/۵ و ۰/۵)	(۰/۳۳۳۷ و ۰/۶۶۳۹)	(۰/۱۵۵۶ و ۰/۸۴۳۰)	(۰/۰۳۸۳ و ۰/۹۶۳۷)	(۰/۰۳۶۷ و ۰/۹۶۳۳)
C_{12}	(۰/۶۶۳۹ و ۰/۳۳۳۷)	(۰/۵ و ۰/۵)	(۰/۳۳۰۶ و ۰/۶۵)	(۰/۱۸۳۹ و ۰/۷۷۸۶)	(۰/۱۷۲۷ و ۰/۸۱۷۲)
C_{13}	(۰/۸۴۳۰ و ۰/۱۵۵۶)	(۰/۶۵ و ۰/۳۳۰۶)	(۰/۵ و ۰/۵)	(۰/۳۳۷۳ و ۰/۶۴)	(۰/۳۳۵۵ و ۰/۶۵۷۷)
C_{14}	(۰/۹۶۳۴ و ۰/۰۳۸۳)	(۰/۷۷۸۶ و ۰/۱۸۳۹)	(۰/۶۴ و ۰/۳۳۷۳)	(۰/۵ و ۰/۵)	(۰/۴۹۵۱ و ۰/۵)
C_{15}	(۰/۹۶۳۳ و ۰/۰۳۶۷)	(۰/۸۱۷۲ و ۰/۱۷۲۷)	(۰/۶۵۷۷ و ۰/۳۳۵۵)	(۰/۵ و ۰/۴۹۵۱)	(۰/۵ و ۰/۵)

جهت تعیین بهترین و بدترین معیار از ترسیم شبکه جهت‌دار استفاده می‌گردد. در شکل ۳ شبکه جهت‌دار برای معیارهای فرعی اقتصادی نمایش داده‌شده است. نتیجه نهایی درجه خروجی و ورودی و بهترین و بدترین زیرمعیارهای فرعی اقتصادی به‌صورت جدول ۷ محاسبه می‌گردد. درنهایت ترتیب اولویت‌بندی این معیارها به‌صورت زیر درمی‌آید: $C_{11} > C_{12} > C_{13} > C_{14} > C_{15}$.

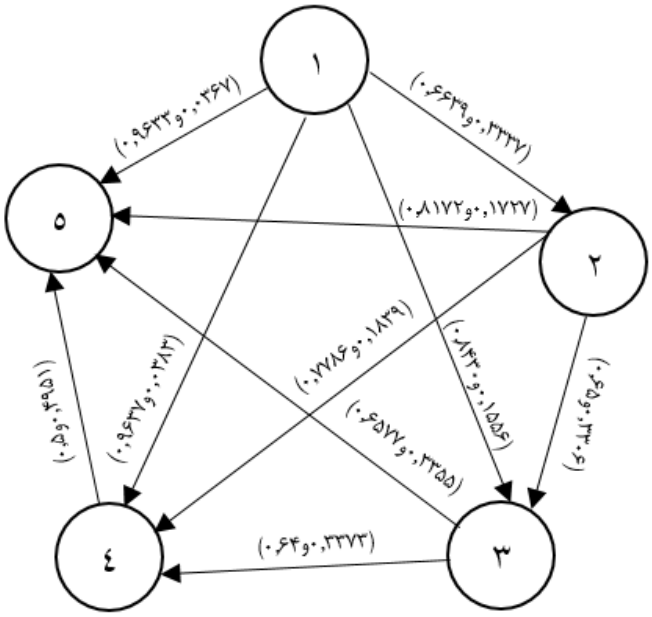
درنهایت با استفاده از مدل‌های ریاضی(۱۰) و (۱۱) وزن‌های بهینه هر یک از معیارهای اصلی و فرعی پایداری تامین‌کننده تعیین گردید. جهت حل مدل‌های ریاضی از نرم‌افزار لینگو نسخه ۱۷ استفاده گردیده است. نرخ ناسازگاری حاصل از حل مدل‌های ریاضی برای تمامی ماتریس‌های IFPR تجمیعی کمتر از ۰/۱ به دست آمد که نشان‌دهنده سازگاری قابل‌قبول ماتریس‌ها است.

جدول ۷. تعیین بهترین و بدترین زیرمعیار فرعی اقتصادی

معیار فرعی	درجه ورودی D_1^{in}	درجه خروجی D_1^{out}	بهترین معیار	بدترین معیار
C_{11}	۰	۴	C_{11}	C_{15}
C_{12}	۱	۳		
C_{13}	۲	۲		
C_{14}	۳	۱		
C_{15}	۴	۰		

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]



شکل ۳. شبکه جهت‌دار IFPR تجمیعی

درنهایت با استفاده از رابطه (۲) وزن نهایی هریک از زیرمعیارهای پایداری در ابعاد سه‌گانه محاسبه گردید. جدول ۸ اوزان نهایی هریک از معیارها و زیرمعیارها را نشان داده است.

جدول ۸. وزن‌های بهینه معیارهای اصلی و فرعی پایداری تامین‌کننده

معیار اصلی	وزن فازی شهودی	معیار فرعی	وزن محلی	رتبه‌بندی	وزن نهایی	رتبه‌بندی
C_1	(۰/۵۸۵و۰/۰۸۳)	C_{11}	(۰/۴۹۵و۰/۰۴۱)	۱	(۰/۲۹۰و۰/۰۳۸)	۱
		C_{12}	(۰/۲۶۵و۰/۰۸۳)	۲	(۰/۱۵۵و۰/۰۷۶)	۲
		C_{13}	(۰/۱۱۴و۰/۱۷۶)	۳	(۰/۰۶۷و۰/۱۶۱)	۵
		C_{14}	(۰/۰۶۳و۰/۳۴۹)	۴	(۰/۰۳۷و۰/۳۲)	۸
		C_{15}	(۰/۰۶۳و۰/۳۵۲)	۵	(۰/۰۳۷و۰/۳۲۳)	۹
C_2	(۰/۳۱۳و۰/۲۱۸)	C_{21}	(۰/۴۳۳و۰/۰۳۶)	۱	(۰/۱۳۵و۰/۲۴۵)	۳
		C_{22}	(۰/۲۲۶و۰/۰۷۴)	۲	(۰/۰۷۱و۰/۲۷۶)	۴
		C_{23}	(۰/۱۲۷و۰/۱۴۰)	۳	(۰/۰۴۰و۰/۳۲۷)	۷
		C_{24}	(۰/۰۹۳و۰/۱۷۶)	۴	(۰/۰۲۹و۰/۳۵۵)	۱۰
		C_{25}	(۰/۰۶۷و۰/۲۵)	۵	(۰/۰۲۱و۰/۴۱۳)	۱۲
		C_{26}	(۰/۰۵۴و۰/۳۲۴)	۶	(۰/۰۱۷و۰/۴۷۱)	۱۳
C_3	(۰/۱۰۲و۰/۷)	C_{31}	(۰/۴۰۸و۰/۰۳۸)	۱	(۰/۰۴۲و۰/۷۱۱)	۶
		C_{32}	(۰/۲۲۸و۰/۰۶۴)	۲	(۰/۰۲۳و۰/۷۱۹)	۱۱
		C_{33}	(۰/۱۴۲و۰/۰۹۶)	۳	(۰/۰۱۴و۰/۷۲۸)	۱۴
		C_{34}	(۰/۰۶۵و۰/۲۱۲)	۵	(۰/۰۰۷و۰/۷۶۳)	۱۶
		C_{35}	(۰/۱۰۷و۰/۱۳۸)	۴	(۰/۰۱۱و۰/۷۴۱)	۱۵
		C_{36}	(۰/۰۴۹و۰/۴۵۲)	۶	(۰/۰۰۵و۰/۸۳۶)	۱۷

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

۵-۳ ارزیابی تامین‌کنندگان پایدار با استفاده از روش ویکور فازی شهودی

در این بخش چهار تامین‌کننده مواد اولیه باتری‌های سربی اسیدی با استفاده از تکنیک ویکور فازی شهودی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در این بخش ابتدا تامین‌کنندگان شرکت با توجه به معیارهای ۱۷ گانه ارزیابی که در روش دلفی فازی موردتوافق خبرگان قرارگرفته بودند، توسط ۵ تن از خبرگان شرکت مورد ارزیابی واقع شدند. ماتریس حاصل از نظرات فردی خبرگان به‌صورت جدول ۹ نشان داده‌شده است.

جدول ۹. ماتریس فازی شهودی هریک از خبرگان

	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{21}	...	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	C_{36}
DM_1	A_1	MP	F	MG	MG	G	VG	...	MG	F	F	VG	MG	G
	A_2	G	VG	MP	VG	F	MG	...	G	F	G	F	MG	MG
	A_3	VG	MG	F	G	MG	G	...	VG	MG	VG	MG	G	G
	A_4	MP	F	MG	MP	F	MG	...	F	F	G	MG	MG	P
DM_2	A_1	F	G	MG	VG	G	G	...	P	F	F	VG	VG	G
	A_2	G	MG	MG	G	MG	MP	...	F	F	G	F	G	VG
	A_3	G	MG	G	G	F	F	...	MG	MG	VG	MG	VG	MG
	A_4	F	F	MP	MG	MG	MG	...	F	G	G	F	F	P
DM_3	A_1	MP	G	VG	G	MP	G	...	P	VG	G	MP	G	F
	A_2	G	G	MP	VG	F	F	...	F	VG	P	MG	F	F
	A_3	VG	F	VG	MG	MG	MG	...	MG	MG	MP	G	MG	MG
	A_4	F	F	MG	MG	G	MG	...	G	P	F	P	F	F
DM_4	A_1	F	MG	F	G	VG	VG	...	F	MG	G	VG	MG	MG
	A_2	MG	MG	VG	F	G	F	...	MG	F	MG	G	MG	MG
	A_3	MG	MG	F	VG	MG	MG	...	MG	MG	VG	G	MG	MG
	A_4	MP	F	MP	MP	MP	MP	...	MP	MG	MG	MG	MG	MG
DM_5	A_1	MP	F	MP	G	VG	MG	...	F	MG	MP	G	MG	F
	A_2	G	VG	G	MG	F	MG	...	F	MG	MG	MG	MG	G
	A_3	VG	MG	G	G	MG	G	...	MG	VG	G	VG	G	G
	A_4	MP	F	MG	F	F	MG	...	G	MG	MP	F	F	F

به‌منظور تجمیع ماتریس نظرات خبرگان از رابطه (۹) استفاده می‌شود. جدول ۱۰ بیان‌گر این ماتریس تجمیعی است. سپس مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی فازی شهودی برای هر معیار مشخص گردیده که به ترتیب در دو سطر آخر جدول ۱۰ آورده شده‌اند.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

جدول ۱۰. ماتریس فازی شهودی تجمیعی

	C_{11} (مثبت)	C_{12} (مثبت)	C_{13} (مثبت)	...	C_{36} (مثبت)
A_1	(۰/۰۲۳ و ۰/۵۸۵ و ۰/۳۹۲)	(۰/۰۵۳ و ۰/۳۶۱ و ۰/۵۸۶)	(۰/۰۲۵ و ۰/۳۳۱ و ۰/۶۴۴)	...	(۰/۰۹۳ و ۰/۳۲۳ و ۰/۵۸۵)
A_2	(۰/۰۵۳ و ۰/۲۶۹ و ۰/۶۷۸)	(۰/۰۱۱ و ۰/۱۴۸ و ۰/۸۴۲)	(۰/۰۲۶ و ۰/۵۴۵ و ۰/۴۳۰)	...	(۰/۱۰۶ و ۰/۳۱۴ و ۰/۵۸۰)
A_3	(۰/۰۱۱ و ۰/۱۴۸ و ۰/۸۴۲)	(۰/۰۳۲ و ۰/۲۴۴ و ۰/۷۲۴)	(۰/۰۵۳ و ۰/۳۸۸ و ۰/۵۵۹)	...	(۰/۰۶۴ و ۰/۲۸۰ و ۰/۶۵۶)
A_4	(۰/۰۳۴ و ۰/۵۶۸ و ۰/۳۹۸)	(۰/۰۵۰ و ۰/۴۶۶ و ۰/۴۸۴)	(۰/۰۵۱ و ۰/۴۰۴ و ۰/۵۴۶)	...	(۰/۱۳۱ و ۰/۵۶۲ و ۰/۳۰۷)
r_j^+	(۰/۰۱۱ و ۰/۱۴۸ و ۰/۸۴۲)	(۰/۰۱۱ و ۰/۱۴۸ و ۰/۸۴۲)	(۰/۰۲۵ و ۰/۳۳۱ و ۰/۶۴۴)	...	(۰/۰۶۴ و ۰/۲۸۰ و ۰/۶۵۶)
r_j^-	(۰/۰۲۳ و ۰/۵۸۵ و ۰/۳۹۲)	(۰/۰۵۰ و ۰/۴۶۶ و ۰/۴۸۴)	(۰/۰۲۶ و ۰/۵۴۵ و ۰/۴۳۰)	...	(۰/۱۳۱ و ۰/۵۶۲ و ۰/۳۰۷)

با استفاده از روابط (۱۶) الی (۱۸)، مقدار فازی شهودی شاخص‌هایR ، S و Q محاسبه گردیده و درنهایت با استفاده از تعریف ۳ رتبه‌بندی نهایی تامین‌کنندگان به دست آمد. همان‌طور که از مقادیر جدول ۱۱ قابل‌مشاهده است رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به‌صورت $A_2 > A_1 > A_3 > A_4$ می‌گردد.

در بررسی شرط اول و دوم از گام ۷ می‌توان بیان داشت: با توجه به‌شرط مزیت پذیرش خواهیم داشت $Q_{[2]} - Q_{[1]} = ۰/۷۶ \geq \frac{۱}{۱۷-۱} = ۰/۰۶۲۵$. که می‌توان شرط مزیت پذیرش را قبول نمود. همان‌طور که از جدول ۱۱ می‌توان برداشت کرد گزینه سوم در هر سه مقدار R،SوQ دارای رتبه اول است.

جدول ۱۱. نتایج محاسباتی برای رویکرد ویکور فازی شهودی

گزینه	S_i	رتبه	R_i	رتبه	Q_i	رتبه
A_1	(۰/۵۰۹ و ۰ و ۰/۴۹۱)	۳	(۰/۶۷۳ و ۰/۰۳۸ و ۰/۲۹۰)	۴	(۰ و ۰ و ۱)	۳
A_2	(۰/۵۳۸ و ۰ و ۰/۴۶۲)	۲	(۰/۶۴۰ و ۰/۱۶۱ و ۰/۱۹۹)	۲	(۰/۳۹۲ و ۰/۱۰۴ و ۰/۰۵۴)	۲
A_3	(۰/۶۸۱ و ۰/۰۰۶ و ۰/۳۱۲)	۱	(۰/۶۰۸ و ۰/۲۷۶ و ۰/۱۱۷)	۱	(۰/۰۷۱ و ۰/۹۲۹ و ۰)	۱
A_4	(۰/۴۰۶ و ۰ و ۰/۵۹۴)	۴	(۰/۶۶۴ و ۰۰۴۷ و ۰/۲۸۹)	۳	(۰ و ۰ و ۱)	۴

٦ تحلیل حساسیت

ازآنجاکه وزن استراتژی نقشی مهم در رتبه‌بندی گزینه‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری گروهی ویکور فازی شهودی ایفا می‌کند به‌منظور تحلیل حساسیت وزن k مقادیری بین صفر تا یک در نظر گرفته شد و تغییرات رتبه‌بندی موردبررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل بر اساس مقادیر مختلف وزن استراتژی در جدول ۱۲آورده شده است. همان‌طور که قابل‌مشاهده است گزینه A_2 در تمامی موارد به‌عنوان برترین گزینه است و می‌توان بیان داشت رویکرد پیشنهادی ویکور فازی شهودی دارای ثبات در نتایج است.

همچنین به‌منظور بررسی کارایی رویکرد ویکور فازی شهودی پیشنهادی، از رویکرد تاپسیس فازی شهودی بوران و همکاران [۱۷] استفاده گردید. نتایج محاسباتی حاصل، در جدول ۱۳ آورده شده است. همان‌گونه که قابل‌مشاهده است رتبه اول به A_2 و رتبه چهارم به A_4 اختصاص‌یافته است.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

جدول ۱۲. تحلیل حساسیت ویکور فازی شهودی بر اساس مقادیر مختلف k

k		Q_i	A_1	A_2	A_3	A_4
۰/۱	A_1	(۰ و ۰ و ۱)	۳	۲	۱	۴
	A_2	(۰/۱۸۵ و ۰/۳۳۴ و ۰/۴۸۰)				
	A_3	(۰/۱۲۴ و ۰/۸۷۶ و ۰)				
	A_4	(۰ و ۰ و ۱)				
۰/۳	A_1	(۰ و ۰ و ۱)	۳	۲	۱	۴
	A_2	(۰/۳۲۱ و ۰/۱۸۷ و ۰/۴۹۲)				
	A_3	(۰/۰۹۸ و ۰/۹۰۲ و ۰)				
	A_4	(۰ و ۰ و ۱)				
۰/۵	A_1	(۰ و ۰ و ۱)	۳	۲	۱	۴
	A_2	(۰/۳۹۲ و ۰/۱۰۴ و ۰/۵۰۴)				
	A_3	(۰/۰۷۱ و ۰/۹۲۹ و ۰)				
	A_4	(۰ و ۰ و ۱)				
۰/۷	A_1	(۰ و ۰ و ۱)	۴	۲	۱	۳
	A_2	(۰/۴۲۷ و ۰/۰۵۸ و ۰/۵۱۵)				
	A_3	(۰/۰۴۳ و ۰/۹۵۷ و ۰)				
	A_4	(۰ و ۰ و ۱)				
۰/۹	A_1	(۰ و ۰ و ۱)	۳	۲	۱	۳
	A_2	(۰/۴۴۲ و ۰/۰۳۲ و ۰/۵۲۶)				
	A_3	(۰/۰۱۵ و ۰/۹۵۸ و ۰)				
	A_4	(۰ و ۰ و ۱)				

جدول ۱۳. نتایج محاسباتی رویکرد تاپسیس فازی شهودی

گزینه‌ها	S^+	S^-	CC_i	رتبه‌بندی
A_1	۰/۱۳۱	۰/۱۱۲	۰/۴۶۲	۳
A_2	۰/۱۰۶	۰/۱۲۷	۰/۵۴۵	۲
A_3	۰/۰۷۱	۰/۱۵۶	۰/۶۸۸	۱
A_4	۰/۱۶۲	۰/۰۵۸	۰/۲۶۲	۴

۷ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

انتخاب تامین‌کننده پایدار، ازجمله فعالیت‌هایی است که تاثیر قابل‌توجهی بر فعالیت‌های عملیاتی کل سازمان دارد. انتخاب بهترین تامین‌کننده که قادر به تهیه قطعات و مواد اولیه موردنیاز سازمان با توجه به نیازمندی‌های سازمانی باشد یک تصمیم چالشی است. همچنین ارایه یک سیستم پشتیبان تصمیم برای تصمیم‌گیران سازمانی می‌تواند کمک شایانی به عملیات منبع‌یابی پایدار نماید.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

تحقیق حاضر، با ارایه یک رویکرد ترکیبی فازی شهودی چندمعیاره مشتمل بر روش بهترین بدترین و ویکور به بررسی انتخاب تامین‌کننده پایدار در محیط عدم قطعیت پرداخته است. به‌منظور بررسی کارایی روش ارایه‌شده نتایج حاصل با رویکرد تاپسیس فازی شهودی مقایسه گردید که نتایج نشان داد تامین‌کننده سوم در هر دو روش به‌عنوان بهترین تامین‌کننده می‌باشد.

این تحقیق، با بررسی شکاف تحقیقاتی موجود در تحقیقات سن و همکاران [۴۴] و معماری و همکاران [۶۴] سعی نمود رویکردی ترکیبی ارایه نماید. در این تحقیقات، هرچند ابعاد پایداری تامین‌کننده موردبررسی قرار گرفت اما معیارهای پایداری در این تحقیقات، با رویکردی مانند دلفی فازی غربال نگردیده‌اند. همچنین جهت وزن‌دهی به معیارها از تکنیک خاصی استفاده نگردیده و تنها از نظرات خبرگان استفاده شده درصورتی‌که در تحقیق حاضر بدین منظور رویکرد بهترین بدترین فازی شهودی به‌کاربرده شده است. درنهایت رویکرد ویکور فازی شهودی جهت اولویت‌بندی تامین‌کنندگان مختلف مورد استفاده قرار گرفت.

ازجمله محدودیت‌های تحقیق حاضر نادیده گرفتن روابط درونی معیارها با یکدیگر است. به‌عنوان تحقیقات آینده پیشنهاد می‌گردد با استفاده از رویکرد دیمتل روابط درونی متغیرها تایید گردیده و با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای فازی شهودی وزن هر یک از معیارها سنجیده گردد. همچنین می‌توان به‌جای روش بهترین بدترین فازی شهودی از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی استفاده نمود و نتایج را با تحقیق حاضر مقایسه نمود.

منابع

[۹] گیتی نورد، ح.، موسوی، س.م.، وحدانی، ب.، قادری، ح.، (۱۳۹۶). روش تصمیم‌گیری جدید برمبنای شاخص انتخاب ارجحیت فازی تردیدی برای انتخاب پیمانکار در صنعت ساخت‌وساز. مطالعات مدیریت صنعتی، ۴۵، ۱۲۱-۱۴۴.

[۱۰] دهقان خلیلی، ی.، محمدی، ع.، (۱۳۹۶). ارزیابی صنایع منتخب بورس اوراق بهادار با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی خطی و تصمیم‌گیری چند شاخصه. پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، ۲(۲)، ۱۳۳-۱۵۳.

[۲۵] امیری، م.، هادی نژاد، ف.، ملک‌خویان، ش.، (۱۳۹۶).ارزیابی و اولویت‌بندی تامین‌کنندگان با رویکرد ترکیبی آنتروپی، تحلیل سلسله مراتبی و پرامیتی اصلاح شده(مطالعه موردی: شرکت یوتاب). مجله تحقیق درعملیات درکاربردهای آن، ۱۴(۴)، ۱-۲۰.

[۲۶] همایون‌فر، م.، گودرزوند چگینی، م.، دانشور، ا.، (۱۳۹۷). الویت بندی تامین‌کنندگان زنجیره‌تامین سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی MCDM فازی. مجله تحقیق درعملیات درکاربردهای آن، ۱۵(۲)، ۴۱-۶۱.

[۶۱] امیری، م.، (۱۳۸۶). تصمیم‌گیری گروهی برای انتخاب ابزار ماشین با استفاده از روش ویکور فازی. مطالعات مدیریت صنعتی، ۶(۱۶)، ۱۶۷-۱۸۸.

[1] Jafarzadeh Ghoushchi, S., Dodkanloi Milan, M., Jahangoshai Rezaee, M., (2018). Evaluation and selection of sustainable suppliers in supply chain using new GP-DEA model with imprecise data. Journal of Industrial Engineering International, 14(3), 613–625.

[2] Mota, B., Gomes, M. I., Carvalho, A., Barbosa-Povoa, A. P., (2018). Sustainable supply chains: An integrated modeling approach under uncertainty. Omega (United Kingdom), 77, 32–57.

[3] Seuring, S., Müller, M., (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. Journal of Cleaner Production, 16(15), 1699–1710.

[4] Büyüközkan, G., Berkol, Ç., (2011). Designing a sustainable supply chain using an integrated analytic network process and goal programming approach in quality function deployment. Expert Systems with Applications, 38(11), 13731–13748.

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

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

[6] Azadnia, A. H., Saman, M. Z. M., Wong, K. Y., (2015). Sustainable supplier selection and order lot-sizing: An integrated multi-objective decision-making process. International Journal of Production Research, 53(2), 383–408.
[7] Izadikhah, M., (2012). Group Decision Making Process for Supplier Selection with TOPSIS Method under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Numbers. Advances in Fuzzy Systems, 2012, 2.
[8] Mirjani, M., Wahab, M. I. M., Li, K. W., (2013). A multicriteria supplier selection framework with interval - Valued intuitionistic fuzzy assessment. 10th International Conference on Service Systems and Service Management (pp. 731–736).
[11] Barbosa-Póvoa, A. P., da Silva, C., Carvalho, A., (2018). Opportunities and challenges in sustainable supply chain: An operations research perspective. European Journal of Operational Research, 268(2), 399–431.
[12] Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Papadopoulos, T., Wamba, S. F., (2017). World class sustainable supply chain management: Critical review and further research directions. International Journal of Logistics Management, 28(2), 332–362.
[13] Zimmer, K., Fröhling, M., Schultmann, F., (2016). Sustainable supplier management - A review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development. International Journal of Production Research, 54(5), 1412–1442.
[14] Handfield, R., Walton, S. V, Sroufe, R., Melnyk, S. A., (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, 141(1), 70–87.
[15] Lee, A. H. I., Kang, H.-Y., Hsu, C.-F., Hung, H.-C., (2009). A green supplier selection model for high-tech industry. Expert Systems with Applications, 36(4), 7917–7927.
[16] Wang, J.-W., Cheng, C.-H., & Huang, K.-C., (2009). Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. Applied Soft Computing, 9(1), 377–386.
[17] Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., Akay, D., (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. Expert Systems with Applications, 36(8), 11363–11368
[18] Guo, Z., Qi, M., Zhao, X., (2010). A New Approach Based on Intuitionistic Fuzzy Set for Selection of Suppliers. Sixth IEEE International Conference on Natural Computation (Vol. 7, pp. 3715–3718).
[19] Zhang, Q., Huang, Y., (2012). Intuitionistic Fuzzy Decision Method for Supplier Selection in Information Technology Service Outsourcing. Emerging Research in Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 315(15), 432–439.
[20] Büyüközkan, G., Çifçi, G., (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. Expert Systems with Applications, 39(3), 3000–3011.
[21] Roostaee, R., Izadikhah, M., Lotfi, F. H., Rostamy-Malkhalifeh, M., (2012). A Multi-Criteria Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making Method for Supplier Selection with VIKOR Method. International Journal of Fuzzy System Applications, 2(1), 1–17.
[22] Shen, L., Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R., Diabat, A., (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. Resources, Conservation and Recycling, 74, 170–179.
[23] Keshavarz Ghorabaee, M., Amiri, M., Sadaghiani, J. S., Goodarzi, G. H., (2014). Multiple criteria group decision-making for supplier selection based on COPRAS method with interval type-2 fuzzy sets. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 75(5-8), 1115-1130.
[24] Kaur, P., (2014). Selection of vendor based on Intuitionistic fuzzy analytical hierarchy process. Advances in Operations Research, 2014.
[27] Li, M., Wu, C., (2015). Green supplier selection based on improved intuitionistic fuzzy TOPSIS model. Metallurgical and Mining Industry, 7(6), 193–205.
[28] Makui, A., Gholamian, M. R., Mohammadi, E., (2016). A hybrid intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making approach for supplier selection. Journal of Optimization in Industrial Engineering, 9(20), 61-73.
[29] Wood, D. A., (2016). Supplier selection for development of petroleum industry facilities, applying multi-criteria decision making techniques including fuzzy and intuitionistic fuzzy TOPSIS with flexible entropy weighting. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 28, 594–612.
[30] Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S. K., Garg, C. P., (2017). An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. Journal of Cleaner Production, 140, Part, 1686–1698.
[31] Zhao, J., You, X. Y., Liu, H. C., Wu, S. M., (2017). An extended VIKOR method using

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

intuitionistic fuzzy sets and combination weights for supplier selection. Symmetry, 9(9), 169.
[32] Hamdan, S., Cheaitou, A., (2017). Supplier selection and order allocation with green criteria: An MCDM and multi-objective optimization approach. Computers & Operations Research, 81, 282–304.
[33] Gupta, H., Barua, M. K., (2017). Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. Journal of Cleaner Production, 152, 242–258.
[34] Liu, A., Xiao, Y., Ji, X., Wang, K., Tsai, S. B., Lu, H., Cheng, J., Lai, X., Wang, J., (2018). A novel two-stage integrated model for supplier selection of green fresh product. Sustainability (Switzerland), 10(7), 2371.
[35] Xia, W., Wu, Z., (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. Omega, 35(5), 494–504.
[36] Ahi, P., Searcy, C., (2015). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. Journal of Cleaner Production, 86, 360–377.
[37] Fallahpour, A., Udoncy Olugu, E., Nurmaya Musa, S., Yew Wong, K., Noori, S., (2017). A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. Computers & Industrial Engineering, 105, 391–410.
[38] Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., Bahreininejad, A., (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. Applied Soft Computing, 12(6), 1668–1677.
[39] Bai, C., Sarkis, J., (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. International Journal of Production Economics, 124(1), 252–264.
[40] Faisal, M. N., Al-Esmael, B., Sharif, K. J., (2017). Supplier selection for a sustainable supply chain. Benchmarking: An International Journal, 24(7), 1956–1976.
[41] Govindan, K., Khodaverdi, R., Jafarian, A., (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. Journal of Cleaner Production, 47, 345–354.
[42] Rabbani, M., Foroozesh, N., Mousavi, S. M., Farrokhi-Asl, H., (2017). Sustainable supplier selection by a new decision model based on interval-valued fuzzy sets and possibilistic statistical reference point systems under uncertainty. International Journal of Systems Science: Operations & Logistics, 1–17.
[43] Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Amiri, M., Esmaeili, A., (2016). Multi-criteria evaluation of green suppliers using an extended WASPAS method with interval type-2 fuzzy sets. Journal of Cleaner Production, 137, 213–229.
[44] Sen, D. K., Datta, S., Mahapatra, S. S., (2018). Sustainable supplier selection in intuitionistic fuzzy environment: a decision-making perspective. Benchmarking, 25(2), 545–574.
[45] Khan, S. A., Kusi-Sarpong, S., Arhin, F. K., Kusi-Sarpong, H., (2018). Supplier sustainability performance evaluation and selection: A framework and methodology. Journal of Cleaner Production, 205, 964-979.
[46] Ocampo, L., Ebisa, J. A., Ombe, J., Geen Escoto, M., (2018). Sustainable ecotourism indicators with fuzzy Delphi method – A Philippine perspective. Ecological Indicators, 93, 874–888.
[47] Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., Mieno, H., (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. Fuzzy Sets and Systems, 55(3), 241–253.
[48] Zadeh, L. A., (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338–353.
[49] Atanassov, K. T., (2017). Intuitionistic Fuzzy. Fuzzy Sets and Systems, 351(1), 121–128.
[50] Atanassov, K. T., (1994). New operation defined over the intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems, 61(2), 137–142.
[51] Atanassov, K. T., Nikolov, N. G., Aladjov, H. T., (2001). Remark on two operations over intuitionistic fuzzy sets. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowlege-Based Systems, 9(1), 71–75.
[52] Chen, T. Y., (2007). Remarks on the subtraction and division operations over intuitionistic fuzzy sets and interval-valued fuzzy sets. International Journal of Fuzzy Systems, 9(3), 169–172.
[53] De, S. K., Biswas, R., Roy, A. R., (2000). Some operations on intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems, 114(3), 477–484.
[54] Van Nieuwenhuyse, I., Vandaele, N., (2006). The impact of delivery lot splitting on delivery reliability in a two-stage supply chain. International Journal of Production Economics, 104(2), 694–708.
[55] Burillo, P., Bustince, H., (1996). Fuzzy Entropy on intuitionistic fuzzy sets and on interval-valued fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems, 78(3), 305–316.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]

[56] Xu, Z., (2007). Intuitionistic preference relations and their application in group decision making. Information Sciences, 177(11), 2363–2379.
[57] Mou, Q., Xu, Z., Liao, H., (2016). An intuitionistic fuzzy multiplicative best-worst method for multi-criteria group decision making. Information Sciences, 374, 224–239.
[58] Rezaei, J., (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega (United Kingdom), 53, 49–57.
[59] Rezaei, J., (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. Omega (United Kingdom), 64, 126–130.
[60] Mou, Q., Xu, Z., Liao, H., (2017). A graph based group decision making approach with intuitionistic fuzzy preference relations. Computers & Industrial Engineering, 110, 138–150.
[62] Mousavi, S. M., Vahdani, B., Behzadi, S. S., (2016). Designing a model of intuitionistic fuzzy VIKOR in multi-attribute group decision-making problems. Iranian Journal of Fuzzy Systems, 13(1), 45-65.
[63] Cheng, C. H., Lin, Y., (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. European Journal of Operational Research, 142(1), 174-186.
[64] Memari, A., Dargi, A., Jokar, M. R. A., Ahmad, R., Rahim, A. R. A., (2019). Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. Journal of Manufacturing Systems, 50, 9-24.

[Downloaded from jamlu.liau.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.1.6.2]