

توسعه‌ی مدلی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان مبتنی بر رویکرد تلفیقی انتگرال چوکت انیشتین و PROMETHEE II با تأکید بر معیارهای مدل اسکور (مطالعه‌ی موردی: تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی)

میلاذ کلاگردونکلا (کارشناس ارشد)

سید محمد حسن حسینی* (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود

ارزیابی تأمین‌کنندگان به‌عنوان عاملی مؤثر بر نتایج عملکردی سازمان‌ها، یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها در مدیریت زنجیره‌ی تأمین است. در این زمینه، ارزیابی تأمین‌کنندگان حوزه‌ی سلامت و درمان از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف از انجام پژوهش حاضر، توسعه‌ی مدلی مبتنی بر معیارهای عملکردی مدل اسکور (SCOR) برای ارزیابی تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی در ابعاد عملکرد تحویل، هزینه و کیفیت است. داده‌های مورد نیاز پژوهش از خبرگان آزمایشگاه‌های بیمارستان‌های موجود در منطقه‌ی ۱۲ تهران جمع‌آوری شده است. به‌منظور شبیه‌سازی سازوکارهای فازی تفکر انسانی، یک مدل تصمیم‌گیری گروهی با اعداد فازی شهودی ارائه شده و نظرات خبرگان این حوزه با استفاده از مدل PROMETHEE II و با تکیه بر عملگر هندسی انتگرال چوکت انیشتین فازی به‌صورت اعداد فازی شهودی مثالی تجمیع و تحلیل شده است. ارزیابی نتایج رویکرد پیشنهادی مطابق نظرات خبرگان و مقایسه‌ی آن با مدل PROMETHEE II ساده، صحت و دقت بالای روش پیشنهادی را تأیید می‌کند.

واژگان کلیدی: ارزیابی تأمین‌کنندگان، اسکور، عملگر انیشتین، اعداد فازی شهودی مثالی، انتگرال چوکت.

miladkolagar@gmail.com
sh.hosseini@shahroodut.ac.ir

۱. مقدمه

این ارزیابی و سنجش نیازمند به‌کارگیری معیارها و شاخص‌هایی است که بتوان عملکرد فرایندها را با استفاده از آنها اندازه‌گیری کرد؛ زیرا اگر عملکرد یک فرایند قابل اندازه‌گیری نباشد، مدیریت آن نیز امکان‌پذیر نیست. اگرچه تحقیقات و مطالعات گسترده‌ی در خصوص اهمیت ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی تأمین تولیدی انجام شده است و سیستم‌های زیادی برای ارزیابی عملکرد عملیات زنجیره‌ی تأمین تولیدی در دسترس است^[۱]، بسیاری از آن‌ها را نمی‌توان در جهت ارزیابی عملکرد فعالیت‌های زنجیره‌ی تأمین خدمات مورد استفاده قرار داد؛ از این رو، ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی تأمین خدمات برای سنجش تغییرات بسیار اهمیت دارد. ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی تأمین خدمات علاوه بر اینکه اطلاعات حاصل از بازخورد را در جهت بهبود، تقویت ارتباطات، و شناسایی مشکلات فراهم می‌آورد، یکپارچگی و هماهنگی میان اعضای زنجیره‌ی تأمین خدمات را نیز ارتقا می‌بخشد و به‌طور کلی موجب افزایش سطح خدمت‌رسانی به مشتری، سودآوری، و رقابت‌پذیری می‌شود. تنوع

در دنیای امروز رقابت شدید میان سازمان‌ها و حوزه‌های مختلف به رقابت میان زنجیره‌های تأمین منجر شده است. سازمان‌های مختلف برای اینکه بتوانند به‌صورت اثر بخش‌تری بر بازار تسلط پیدا کنند، باید بتوانند هزینه‌های خود و طول دوره‌ی تولید کالا یا ارائه‌ی خدمت را کاهش دهند. به همین دلیل بسیاری از سازمان‌های تولیدی و خدماتی تأمین اجزا، قطعات، و محصولات مورد نیاز خود را به خارج از سازمان می‌سپارند و با برون‌سپاری این بخش از فعالیت‌ها تمرکز خود را معطوف بر انجام وظایف کلیدی خود می‌کنند.

ارزیابی عملکرد در موفقیت هر سازمانی نقش حیاتی دارد؛ زیرا فهم رفتار آن را آسان می‌کند، به آن شکل می‌دهد و به بهبود رقابت‌پذیری منجر می‌شود.

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۶/۴/۲۶، اصلاحیه ۱۳۹۶/۸/۲، پذیرش ۱۳۹۶/۹/۲۸

DOI:10.24200/J65.2019.7229.1768

انتگرال چوکت انیشتین فازی شهودی است. با الهام از مقالات ژوو همکاران، [۶] و [۷] و ژانگ و یو، [۸] این مقاله قصد دارد تا به غنی‌سازی اعداد فازی شهودی مثلثی با بررسی روش‌های جمع اطلاعات با استفاده از عملگرهای انتگرال چوکت انیشتین، در هنگامی که اطلاعات تصمیم به صورت اعداد فازی شهودی مثلثی هستند، بردارد. در مقایسه با روش‌های مشابه، روش مطرح شده در این مقاله می‌تواند به طور هم‌زمان مطلوبیت گروهی را بیشینه و پشیمانی فردی را کمینه کند که این امر موجب می‌شود تا نتایج تصمیم منطقی‌تر به نظر برسند.

لذا هدف اصلی تحقیق حاضر و اهداف فرعی به شرح ذیل است:

هدف اصلی: توسعه‌ی مدلی ترکیبی مبتنی بر عملگر هندسی چوکت انیشتین، انتگرال فازی، و پرومیتی ۲ برای ارزیابی تأمین‌کنندگان حوزه‌ی سلامت با موردکای تجهیزات آزمایشگاهی.

هدف فرعی ۱: شناسایی عوامل ارزیابی تأمین‌کنندگان حوزه‌ی سلامت.

هدف فرعی ۲: شناسایی عوامل ارزیابی مورد استفاده در مدل اسکور ۳.

هدف فرعی ۳: استفاده از عملگر هندسی چوکت انیشتین، انتگرال فازی در روش پرومیتی ۲ برای ارزیابی تأمین‌کنندگان مبتنی بر رویکرد مدل اسکور.

بخش‌های بعدی مقاله بدین صورت سازماندهی شده‌اند: در بخش ۲، پژوهش‌های پیشین مرتبط با موضوع که شامل مفاهیم ارزیابی تأمین‌کنندگان و مدل اسکور است، توضیح داده می‌شوند. بخش ۳، به مرور پیشینه‌ی مربوط به تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه می‌پردازد. بخش ۴، به تعریف روش‌شناسی و مراحل انجام پژوهش می‌پردازد. در بخش ۵ مقدمات و تعاریف موردنیاز برای درک بهتر رویکرد پیشنهادی توضیح داده می‌شوند. در بخش ۶ نیز به توضیح رویکرد پیشنهادی پرداخته خواهد شد و در نهایت نیز نتایج پژوهش در بخش ۷ مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

در این بخش به توضیح ارزیابی تأمین‌کنندگان و مدل مرجع عملیات زنجیره‌ی تأمین پرداخته می‌شود.

۱.۲. ارزیابی تأمین‌کنندگان

روش‌های تصمیم‌گیری مختلفی در پیشینه مطرح شده است تا موجبات آشنایی با فرایند ارزیابی تأمین‌کننده را فراهم سازد، به خصوص در بحث انتخاب تأمین‌کننده. [۹-۱۱] سرکار و موهوباترایک [۱۲] یک مدل دوعدی را مطرح کرده‌اند که در آن تأمین‌کنندگان بر اساس ارزیابی عملکرد کوتاه‌مدت و توانایی بلندمدت به طبقه‌های انگیزشی و غیرانگیزشی تقسیم‌بندی شده‌اند. معیارهای عملکرد کوتاه‌مدت عبارت‌اند از: قیمت، کیفیت تحویل، زمان پس‌افت و نگرش. همچنین برای توانایی بلندمدت، نویسندگان از میان معیارها، سیستم کیفیت، توانایی مالی، امکانات تولید، مدیریت و سازمان، قابلیت فناوریانه و اعتبار را در نظر گرفته‌اند. آراز و اوزکارهان [۱۳] یک مدل تک‌بعدی را برای ارزیابی و طبقه‌بندی تأمین‌کنندگان بر اساس قابلیت طراحی اشتراکی آن‌ها و عملکرد کلی‌شان مطرح کرده‌اند. بر اساس ۱۰ معیار، تأمین‌کنندگان به دسته‌های آراسته، رقابت‌جو، متعهد یا راهبردی طبقه‌بندی می‌شوند. امورکا [۱۴] نیز یک مدل تک‌بعدی را برای گروه‌بندی تأمین‌کنندگان در دسته‌های مبتنی بر مجموعه‌ی از ۱۱ معیار مطرح می‌کند. رضایی و اورت [۱۵] یک مدل دوعدی را برای ارزیابی و طبقه‌بندی تأمین‌کنندگان بر اساس ابعاد تمایل و توانایی مطرح کرده‌اند. درک آن‌ها از مفهوم توانایی

بخش خدمات و برخی ویژگی‌ها، مانند ناملموس و نامتجانس و تجزیه‌ناپذیر بودن خدمات باعث می‌شود سنجش عملکرد آن مشکل و پیچیده شود؛ به طوری که تاکنون چارچوب مشخصی برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی تأمین خدمات ارائه نشده است.

یکی از مهم‌ترین ارکان خدماتی در هر جامعه‌ی، حوزه‌ی سلامت و درمان است. در این میان بیمارستان‌ها یکی از ارکان اصلی ارائه‌دهنده‌ی خدمات در این بخش هستند و نقش به‌سزایی در محیط پرتلاطم و حیاتی این حوزه ایفا می‌کنند. بیمارستان یک سازمان پیچیده و ارائه‌دهنده‌ی خدمات سلامت است که با جان و سلامت افراد جامعه سروکار دارد و نیازمند مدیریتی علمی و کارآمد است؛ بنابراین، ضرورت و اهمیت پرداختن به موضوع ارزیابی و بهبود عملکرد را می‌توان در جایگاه ویژه‌ی این سازمان در ارتقای سلامت جامعه و توسعه‌ی عدالت اجتماعی بررسی کرد. از مهم‌ترین بخش‌های هر بیمارستان که نقش مهمی در تشخیص و کمک به درمان بیماری‌ها ارائه می‌کنند آزمایشگاه‌های تشخیص طبی هستند. امروزه جامعه‌ی ما به اهمیت امر بهداشت و سلامت پی برده است و بی‌شک بدون استفاده از آزمایشگاه‌های تشخیص طبی، حفظ سلامت جامعه و جلوگیری از شیوع بیماری‌های عفونی و آلرژی‌ها یا مبارزه با بیماری‌های ژنتیکی امکان‌پذیر نیست. آزمایشگاه‌ها ۷۰ تا ۸۰ درصد اطلاعات مورد نیاز پزشکان را فراهم می‌کنند و ۳ تا ۵ درصد هزینه‌ی مراقبت‌های بهداشتی را به خود اختصاص می‌دهند و محصول اولیه‌ی هر آزمایشگاه بالینی اطلاعات حاصل از انجام آزمون‌هاست. [۱] از این رو، با توجه به اهمیت آزمایشگاه‌های تشخیص طبی و کمیاب بودن تحقیقات ارائه‌شده در این حوزه، حوزه‌ی مورد مطالعه‌ی تحقیق حاضر، حوزه‌ی سلامت و به‌طور جزئی‌تر آزمایشگاه‌های تشخیص طبی بیمارستان‌ها انتخاب شد.

در این پژوهش، با توجه به نقش تعیین‌کننده‌ی تأمین‌کنندگان تجهیزات و دستگاه‌های آزمایشگاهی در بهبود صحت و دقت نتایج آزمایش‌های طبی دارند، به ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان این تجهیزات با توجه به عوامل و معیارهای مؤثر بر بهبود مدیریت زنجیره‌ی تأمین خدمات با استفاده از برجسته‌کردن ویژگی‌های متمایز خدمات در حوزه‌ی سلامت و درمان پرداخته می‌شود. برای این منظور ابتدا شاخص‌های مرتبط با ارزیابی تأمین‌کنندگان در حوزه‌ی سلامت و درمان با استفاده از مرور پژوهش‌های پیشین در این حوزه استخراج شد و پس از آن پرسش‌نامه‌ی مناسب برای نظرخواهی از صاحب‌نظران این حوزه طراحی شد و مورد آزمون قرار گرفت. سپس با استفاده از رویکرد ترکیبی معیارهای مدل اسکور و روش تصمیم‌گیری چندشاخصه، نسبت به ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان تجهیزات اقدام شد.

به این دلیل که اتخاذ تصمیمات معمولاً مبتنی بر ارزیابی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف است، می‌توان مسئله‌ی انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده را یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندشاخصه در نظر گرفت. تصمیم‌گیری چندشاخصه، در واقع یافتن بهترین گزینه از میان گزینه‌های ممکن با توجه به مجموعه‌ی محدودی از شاخصه‌هاست که فرایندی معمول است و نقش مهمی را در زمینه‌های عملی متنوع ایفا می‌کند. فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ی که چندین تصمیم‌گیرنده را شامل شود، تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه (MAGDM) نامیده می‌شود که می‌تواند اثرات عوامل ذهنی مستخرج شده از ساختار دانشی منفرد، مهارت حرفه‌ی، و سایر جوانب را کاهش دهد. در حال حاضر، تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه در زمینه‌های متنوعی نظیر انتخاب تأمین‌کنندگان، [۲] ارزیابی گزینه‌های ضروری، [۳] ارزیابی اعطای پذیری در سیستم‌های تولیدی [۴] و غیره به‌کار می‌رود.

هدف اصلی این مقاله، ایجاد یک روش PROMETHEE II^۲ از عملگرهای

جدول ۱. مدل‌های تصمیم‌گیری و ارزیابی تأمین‌کنندگان.

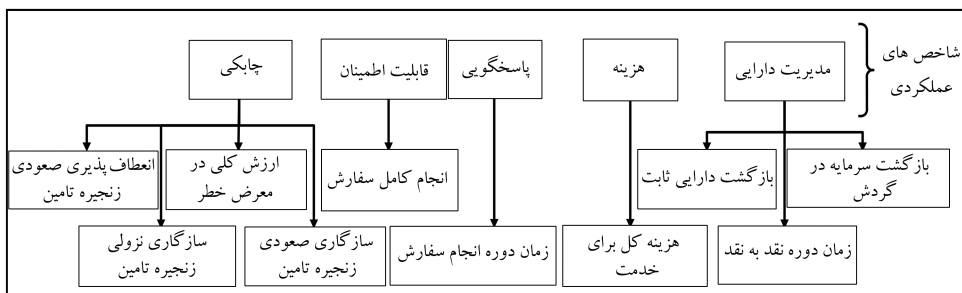
رویکرد	محقق و سال تحقیق	روش‌ها و رویکردها	اهداف
	سرکار و موهاپاترا (۲۰۰۶)	مقایسه‌ی اعداد فازی	ارزیابی عملکرد و قابلیت تأمین‌کننده
	آراز و ازکاراهان (۲۰۰۷)	PROMETHEE (روش رتبه‌بندی ترجیحی سازمان‌یافته برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها)	سیستم مدیریت و ارزیابی تأمین‌کنندگان برای یافتن منابع راهبردی
روش واحد	پارک و همکاران (۲۰۱۰)	AHP (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی)	مدیریت ارتباطات تأمین‌کنندگان
	بای و سرکیس (۲۰۱۱)	نظریه‌ی مجموعه راف	ارزیابی برنامه‌های توسعه سبز تأمین‌کنندگان
	آکسوی و ازترک (۲۰۱۱)	شبکه‌های عصبی مصنوعی	انتخاب تأمین‌کننده و ارزیابی عملکرد در محیط‌های تولید به هنگام
	ساهو و همکاران (۲۰۱۴)	مبتهی بر اعداد فازی دوزنقه‌ی	ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز در محیط فازی
	اوسیرو و همکاران (۲۰۱۴)	استنتاج فازی	ارزیابی عملکرد تأمین‌کننده بر اساس نوع قلم خریداری‌شده
	آکمن (۲۰۱۴)	میانگین‌های فازی و ویکور	ارزیابی تأمین‌کنندگان برای دربرداشتن برنامه‌های توسعه تأمین‌کنندگان سبز
	دو و همکاران (۲۰۱۴)	فرایند تحلیل شبکه‌ی خاکستری	ارزیابی برنامه‌های توسعه‌ی سبز
	هو و همکاران (۲۰۱۲)	تحلیل رگرسیون چندگانه و دیمتل	ارزیابی عملکرد کیفیت تأمین‌کنندگان
روش ترکیبی	اچسو و همکاران (۲۰۱۴)	ای‌ان‌پی و ویکور	ارزیابی عملکرد کرین تأمین‌کنندگان در صنعت الکترونیک
	لیو و همکاران (۲۰۱۴)	مدل فازی مبتنی بر انتگرال و ای‌ان‌پی مبتنی بر دیمتل (ساختن آزمایش و ارزیابی آزمایشگاه)	ارزیابی و بهبود تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن وابستگی متقابل معیارها
	اومورکا (۲۰۱۳)	میانگین‌های c فازی ترکیب‌شده با نظریه‌ی مجموعه‌ی راف	ارزیابی، انتخاب، و توسعه‌ی تأمین‌کنندگان
	رضایی و ارت (۲۰۱۳)	ای‌اچ‌پی فازی	قطعه بندی چند معیاره‌ی تأمین‌کنندگان
	زیدان و همکاران (۲۰۱۱)	ای‌اچ‌پی فازی، تاپسیس فازی و تحلیل پوشش داده‌ها رویکرد PROMETHEE II گروهی،	یک روش ترکیبی برای انتخاب و ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان
	پژوهش حاضر	انتگرال چوکت انیشتین با استفاده از اعداد فازی شهودی مثالی	ارزیابی و اولویت بندی تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی

چهار بعد توانایی شرکت، سطح خدمات، درجه‌ی همکاری، و عوامل محیطی مطرح کردند.

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش‌های آماری و روش‌های هوش مصنوعی، برای پشتیبانی از ارزیابی تأمین‌کنندگان برای توسعه مورد بررسی قرار گرفتند. [۱۲-۲۴] استفاده از روش‌های مناسب می‌تواند اثربخشی و کارایی را برای فرایند ارزیابی تأمین‌کنندگان به همراه داشته باشد. [۹] جدول ۱ خلاصه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری را برای ارزیابی تأمین‌کنندگان برای اهداف توسعه‌ی ارائه می‌کند که به روش‌های منفرد یا واحد و ترکیبی تقسیم بندی شده‌اند. روش‌های ترکیبی، پیوند دو یا تعداد بیشتری روش یا کاربرد متوالی روش‌های مختلف را مطرح می‌کند.

پیش‌نیاز مهم این روش‌ها برای ارزیابی تأمین‌کنندگان این است که آن‌ها باید اجازه‌ی شمول یا محرومیت معیارها و تأمین‌کنندگان بدون هیچ‌گونه اثرگذاری بر روی ثبات نتایج را داشته باشند. [۲۵] مانعی که مدل‌های مبتنی بر AHP^۴ گروهی با استفاده، ANP^۵ و AHP فازی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مسئله‌ی رتبه‌بندی واژگون است؛ یعنی یک تغییر در کل ترتیب مجموعه‌ی تأمین‌کنندگان اولیه که می‌تواند

با آنچه توسط سرکار و موهاپاترا [۱۲] مطرح شد، تفاوت دارد؛ زیرا آن‌ها معیارهایی نظیر قیمت، تحویل، کیفیت، و غیره را در نظر گرفته‌اند. از سویی دیگر، معیارهایی نظیر تعهد به کیفیت، باز بودن ارتباطات، روابط در میان دیگران که مرتبط با توانایی هستند، از نظر آن‌ها تحت بعد تمایل قرار دارند. آکمن [۱۶] روشی را مطرح می‌کند که در آن تأمین‌کنندگان در دو بعد ارزیابی شده‌اند. اول، تأمین‌کنندگان بر اساس عملکردشان در معیارهای مرتبط با عملیات (که آن را بعد عملکرد می‌نامند) گروه‌بندی شده‌اند. سپس بهترین ایفاکنندگان بر اساس بعد محیطی ارزیابی می‌شوند تا تأمین‌کنندگان برای قرار گرفتن در یک برنامه‌ی توسعه‌ی سبز مشخص شوند. لیو و همکاران [۱۷] نیز یک روش را برای ارزیابی و بهبود عملکرد تأمین‌کنندگان بر اساس وابستگی متقابل چهار بعد سازگاری، هزینه، کیفیت، و ریسک مطرح کردند. اوسیرو و همکاران، [۱۸] یک روش را برای طبقه‌بندی عملکرد مطرح کردند تا نشان‌دهنده‌ی قابلیت‌ها و ضعف‌های تأمین‌کنندگان فعلی باشد که بر اساس ابعاد عملکرد تحویل کوتاه‌مدت و پتانسیل شراکت بلندمدت مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. نهایتاً، ساهو و همکاران، [۱۹] یک فرایند سلسله‌مراتبی را برای ارزیابی عملکرد محیطی تأمین‌کنندگان بر اساس



شکل ۱. شاخص‌های عملکردی مدل مرجع عملیات زنجیره‌ی تأمین (SCOR).

- پاسخ‌گویی: سرعت عمل به وظایف. سرعتی که زنجیره‌ی تأمین به تهیه‌ی محصولات برای مشتریان می‌پردازد. مثل معیارهای دوره‌ی زمانی.
- چابکی: توانایی پاسخ‌گویی به نوسانات خارجی، توانایی پاسخ‌گویی به تغییرات بازار، ذخیره یا نگاه‌داری مزیت رقابتی. معیارهای چابکی اسکور انعطاف‌پذیری و قابلیت تطابق هستند.
- هزینه‌ها: هزینه‌ی عملیاتی کردن فرایندهای زنجیره‌ی تأمین. این مورد شامل هزینه‌ی کارگر، هزینه‌ی مواد اولیه، و هزینه‌های مدیریت و حمل‌ونقل می‌شود.
- مدیریت کارایی دارایی‌ها (دارایی‌ها): توانایی استفاده و به‌کارگیری کارا از دارایی‌ها. راهبردهای مدیریت دارایی در یک زنجیره‌ی تأمین شامل کاهش موجودی و درون‌سپاری در مقابل برون‌سپاری است.

مدل اسکور ساختاری را مشخص می‌کند که در آن معیارها در ۳ سطح سازمان‌دهی شده‌اند. شکل ۱ سلسله‌مراتب معیارهای سطح ۱ را برای ۵ شاخص ارائه می‌کند. انجمن زنجیره‌ی تأمین پیشنهاد می‌کند که کارت‌های امتیازی باید شامل حداقل یک معیار برای هر شاخص عملکرد باشند تا از یک تصمیم‌گیری متوازن اطمینان حاصل شود. آشکارسازی این معیارها و روابط علت و معلولی آن‌ها، تحلیل عملکرد یک زنجیره‌ی تأمین را از چشم‌اندازهای مختلف ممکن ساخته است.^[۲۹]

۳. پیشینه‌ی پژوهش‌های مرتبط با تصمیم‌گیری گروهی

چندشاخصه

در مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه سنتی، تصمیم‌گیرندگان هرگزینه را با توجه به شاخص‌های مختلفی که با مقادیر عددی بیان می‌شوند، ارزیابی می‌کنند. به دلیل پیچیدگی ذاتی و عدم اطمینان در فرایند تصمیم‌گیری، مقادیر عددی برای بیان سازوکار شناختی انسان کافی نیست. مجموعه‌های فازی متنوعی در تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده شده‌اند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به مجموعه‌های فازی، مجموعه‌های فازی شهودی، مجموعه‌های فازی شهودی فاصله‌ی بی، و متغیرهای کلامی دارای عدم اطمینان اشاره کرد. اعداد فازی شهودی مثلثی (TIFN) که توسط شو و همکاران^[۳۰] معرفی شدند به توصیف عدم اطمینان به‌وسیله‌ی یک عدد فازی مثلثی برای بیان اطلاعات تصمیم در ابعاد مختلف می‌پردازند و مانع از دست‌رفتن اطلاعات ترجیحی تصمیم می‌شوند. به همین دلیل، اعداد فازی شهودی مثلثی به ابزاری مؤثر برای مقابله با عدم اطمینان و ابهام حاصل از دانش یا اطلاعات غیردقیق در کاربردهای واقعی مبدل شده است. در حال حاضر، اعداد فازی شهودی مثلثی به اشکال دیگری نظیر اعداد فازی شهودی^[۳۱]، اعداد کلامی فازی مثلثی شهودی^[۳۲]، اعداد فازی مثلثی شهودی فاصله‌ی بی^[۳۳] و غیره نیز تعمیم داده شده‌اند.

هنگامی که معیارها یا تأمین‌کنندگان جایگزین در نظر گرفته می‌شوند، اتفاق بیفتد. ویژگی مهم دیگر روش‌های ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان آن است که آن‌ها باید عدم اطمینان را نیز در نظر داشته باشند که ممکن است مربوط به عدم دقت در رتبه‌بندی جایگزین‌ها و نیز اهمیت نسبی معیارهای مختلف باشد. این عدم دقت ممکن است به علت دشواری ارزیابی جنبه‌های نامحسوس عملکرد تأمین‌کننده یا توسط قضاوت‌های درونی تصمیم‌گیرندگان به وجود آمده باشد. یک روش برای کنار آمدن با معیارهای کیفی و قضاوت‌های درونی، استفاده از روش‌های مقایسه‌ی مانند AHP^[۲۰]، ANP^[۲۶،۲۴،۱۷] و AHP فازی^[۲۷،۱۵] و DEMATEL^[۲۳،۶] است. هرچند این روش‌ها موجب محدود شدن تعداد معیارها و تأمین‌کنندگانی می‌شود که می‌توانند به‌صورت هم‌زمان مورد ارزیابی قرار گیرند. ساعتی^[۲۸] پیشنهاد می‌کند که تعداد معیارها و جایگزین‌ها برای ارزیابی به‌وسیله‌ی مقایسات زوجی به ۹ عدد محدود شود تا قضاوت انسانی و ثبات آن مورد سازش قرار نگیرند.

پژوهش حاضر نیز با ارائه‌ی روشی نوین که تلفیقی از روش PROMETHEE II گروهی و انتگرال چوکت انیشتین به‌همراه اعداد فازی شهودی مثلثی است، با استفاده از معیارهای مورد استفاده برای خرید تجهیزات آزمایشگاهی و طبقه‌بندی آن‌ها، بر اساس معیارهای مدل اسکور توسط خبرگان و متخصصان بیمارستانی و آزمایشگاهی، به ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان این تجهیزات خواهد پرداخت.

۲.۲. مدل اسکور

مدل اسکور (مدل مرجع عملیات زنجیره‌ی تأمین) توسط انجمن زنجیره‌ی تأمین^[۲۹] توسعه داده شد تا راهنمای فعالیت‌های تجاری مرتبط با تمام فازهای برآورده‌کردن نیاز مشتریان باشد. این مدل از ۴ بخش تشکیل شده است: فرایند، روش‌ها، افراد، و عملکرد. مدل مرجع بر ۶ فرایند مقدماتی مدیریت استوار است: برنامه‌ریزی، منبع، ساخت، تحویل، برگشت، و توانمندسازی. بخش عملکردی مدل اسکور، یک ساختار سلسله‌مراتبی از معیارهای عملکردی مرتبط با ۵ شاخص را ارائه می‌کند. یک شاخص برای تعیین جهت راهبردی مورداستفاده قرار می‌گیرد اما نمی‌تواند موردسنجش قرار گیرد. معیارها، توانایی یک زنجیره‌ی تأمین را برای دستیابی به این شاخص‌های راهبردی می‌سنجند.

معیارهای سطح بالای اسکور، بر شاخص‌های عملکردی که در ادامه آمده‌اند، تمرکز دارند:^[۲۹]

- قابلیت اطمینان: توانایی عمل به وظایف به آن صورت که مورد انتظار است. قابلیت اطمینان، بر قابل پیش‌بینی بودن خروجی یک فرایند تمرکز دارد. معیارهای معمول برای شاخص قابلیت اطمینان، سروقت بودن، کمیت مناسب، و کیفیت مناسب را در بر دارند.

در تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه، عملگر تجمیع یک گام مهم برای یکپارچه‌سازی مقادیر ارزیابی با توجه به شاخصه‌های مختلف است. وانگ و ژنگ^[۳۱] اعداد فازی هذلولوی شهودی و قوانین عملیاتی آن‌ها را تعریف کردند و عملگر میانگین‌گیری حسابی وزن‌دار فازی هذلولوی شهودی و عملگر میانگین‌گیری هندسی وزن‌دار را ارائه کردند. وان^[۳۲] قوانین عملیاتی تازه‌یی را برای اعداد فازی شهودی هذلولوی (TrIFN)^۸ تعریف کرد و عملگر میانگین اعداد حقیقی را به چهار نوع عملگرهای میانگین توانی اعداد فازی شهودی هذلولوی تعمیم داد که شامل عملگر میانگین توانی اعداد فازی شهودی هذلولوی، عملگر میانگین توانی وزن‌دار اعداد فازی شهودی هذلولوی، عملگر میانگین وزن‌دار مرتب‌شده بر اساس توان اعداد فازی شهودی هذلولوی، و عملگر میانگین ترکیبی توانی اعداد فازی شهودی هذلولوی هستند. وو و همکارانش^[۳۳] عملگر هندسی وزن‌دار فازی هذلولوی شهودی فاصله‌یی^۹، عملگر هندسی وزن‌دار مرتب‌شده فازی هذلولوی شهودی فاصله‌یی^{۱۰}، و عملگر هندسی ترکیبی فازی هذلولوی شهودی فاصله‌یی^{۱۱} را برای تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه مطالعه کردند. در مسائل واقعی، فعل‌وانفعالات و تعاملات پیچیده‌یی میان معیارها وجود دارد.^[۳۴،۳۵] در این وضعیت ممکن است به جای استقلال از یکدیگر تا حدودی مکمل هم باشند و باهم اشتراک و تداخل داشته باشند. از این رو، عملگرهای تجمیع مبتنی بر اندازه‌های غیرافزایشی ابزار مناسب‌تری نسبت به عملگرهای مبتنی بر اندازه‌های افزایشی هستند. عملگرانتگرال چوکت فازی توسط اندازه‌های فازی غیریک‌نواخت مشخص شده است که ابزاری مؤثر برای بیان تعاملات است. وی و همکاران^[۳۶] دو عملگر تجمیع انتگرال چوکت فازی شهودی را برای بیان همبستگی میان شاخصه‌ها یا موقعیت‌های مرتب‌شده آن‌ها توسعه دادند. بگ و رشید^[۳۸] یک روش تصمیم‌گیری را توسط توسعه فاصله‌یی مبتنی بر انتگرال چوکت میان مقادیر فازی شهودی هذلولوی در روش تاپسیس^{۱۲} کلاسیک ایجاد کردند. میر و روبنس^[۳۹] فرایند تجمیع از طریق استفاده از تعمیم فازی انتگرال چوکت^{۱۳} را به اجرا در آوردند.

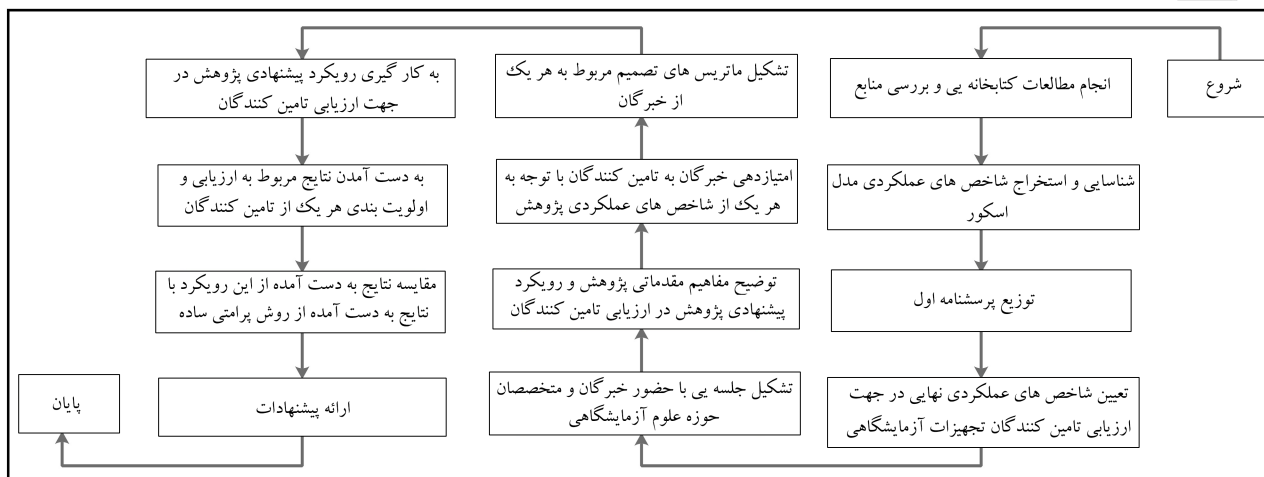
با توجه به نتایج بررسی پیشینه‌یی تحقیق مشخص است که تاکنون مدلی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان حوزه‌ی سلامت با تمرکز بر تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی ارائه نشده و شاخص‌های عملکردی استخراج شده برای اولین بار است که در این حوزه‌ی ارزیابی بومی‌سازی می‌شود. ضمن آنکه به‌کارگیری رویکرد ترکیبی عملگر هندسی چوکت انیشتین، انتگرال فازی و پرامتی II که از دقت بالایی در انجام محاسبات برخوردار است و می‌تواند نظرات خبرگان را با در نظر گرفتن ماهیت تفکر انسانی که شامل عدم قطعیت و تردید است در فرایند رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی لحاظ کند، به‌عنوان نوآوری دیگر تحقیق حاضر در انجام ارزیابی در نظر گرفته شده است.

۴. روش شناسی پژوهش

مهم‌ترین ویژگی یک مطالعه و بررسی علمی، روش انجام پژوهش و به‌عبارت دیگر نحوه‌ی گردآوری و تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌هاست. به‌طور کلی روش انجام پژوهش شامل مجموعه‌یی از شیوه‌ها و تدابیری است که برای شناخت حقیقت و دوری از لغزش به‌کار برده می‌شود. پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی است؛ زیرا به توسعه‌ی دانش کاربردی در زمینه‌یی خاص می‌پردازد و کاربرد عملی دانش را بررسی می‌کند و نیز از لحاظ چگونگی به‌دست‌آوردن داده‌های مورد نیاز، پژوهش حاضر از نوع توصیفی و از شاخه‌ی پیمایشی محسوب می‌شود. هدف از انجام این پژوهش

به‌منظور برقراری تعاملات شاخصه‌های درگیر در تصمیم‌گیری و شبیه‌سازی سازوکارهای فازی تفکر انسانی، در پژوهش حاضر از رویکرد تصمیم‌گیری گروهی با اعداد فازی شهودی استفاده شده است. همچنین نظرات خبرگان این حوزه با تکیه بر عملگر هندسی انتگرال چوکت انیشتین فازی به صورت اعداد فازی شهودی مثلثی تجمیع شده است. به‌کارگیری مفهوم اندازه‌ی فازی و انتگرال فازی چوکت انیشتین می‌تواند این اطمینان خاطر را ایجاد کند که تمام روابط و تعاملات متقابل موجود میان شاخص‌های عملکردی به‌صورت کامل و دقیق در نظر گرفته می‌شوند و در نتیجه اولویت‌بندی حاصل از به‌کارگیری این رویکرد پیشنهادی بسیار دقیق‌تر است و قابلیت اطمینان بیشتری را با خود همراه می‌سازد.

درواقع، استفاده از اعداد فازی شهودی مثلثی به‌عنوان یکی از بسترهای اصلی



شکل ۲. مراحل انجام پژوهش.

۲.۵. عملیات انیشتین

عملیات انیشتین، عملگرهای تجمیعی اثربخشی هستند که مبتنی بر t-conorm و t-norm جبری‌اند و شامل ضرب انیشتین \otimes_E و جمع انیشتین \oplus_E می‌شوند.^[۴۱] برای هر $(a, b) \in [0, 1]^2$ داریم:

$$a \otimes_E b = \frac{a \cdot b}{1 + (1 - a)(1 - b)} \quad (۳)$$

$$a \oplus_E b = \frac{a + b}{1 + ab} \quad (۴)$$

۳.۵. عملیات انیشتین اعداد فازی شهودی مثلثی

تعریف ۲. اگر $\tilde{a}_1 = \langle (a_1, a_1, \bar{a}_1); u_{\tilde{a}_1}, v_{\tilde{a}_1} \rangle$ و $\tilde{a}_2 = \langle (a_2, a_2, \bar{a}_2); u_{\tilde{a}_2}, v_{\tilde{a}_2} \rangle$ و $\tilde{a} = \langle (a, a, \bar{a}); u_{\tilde{a}}, v_{\tilde{a}} \rangle$ سه عدد فازی شهودی مثلثی باشند و $\lambda \geq 0$ باشد، آنگاه:

$$a \wedge_E \lambda = \left\langle \left(\frac{a^\lambda}{(1-u_{\tilde{a}})^\lambda + u_{\tilde{a}}}, \frac{a^\lambda}{(1-u_{\tilde{a}})^\lambda + u_{\tilde{a}}}, \frac{\bar{a}^\lambda}{(1-v_{\tilde{a}})^\lambda + v_{\tilde{a}}} \right); \frac{u_{\tilde{a}}}{(1-u_{\tilde{a}})^\lambda + u_{\tilde{a}}}, \frac{v_{\tilde{a}}}{(1-v_{\tilde{a}})^\lambda + v_{\tilde{a}}} \right\rangle$$

$$\tilde{a}_1 \otimes_E \tilde{a}_2 = \left\langle \left(\frac{a_1 a_2}{1 + (1 - u_{\tilde{a}_1})(1 - u_{\tilde{a}_2})}, \frac{a_1 a_2}{1 + (1 - u_{\tilde{a}_1})(1 - u_{\tilde{a}_2})}, \frac{\bar{a}_1 \bar{a}_2}{1 + (1 - v_{\tilde{a}_1})(1 - v_{\tilde{a}_2})} \right); \frac{u_{\tilde{a}_1} u_{\tilde{a}_2}}{1 + (1 - u_{\tilde{a}_1})(1 - u_{\tilde{a}_2})}, \frac{v_{\tilde{a}_1} v_{\tilde{a}_2}}{1 + (1 - v_{\tilde{a}_1})(1 - v_{\tilde{a}_2})} \right\rangle$$

۴.۵. روش رتبه‌بندی نسبت اعداد فازی شهودی مثلثی

اگر $\tilde{a}_i = \langle (a_i, a_i, \bar{a}_i); u_{\tilde{a}_i}, v_{\tilde{a}_i} \rangle$ ($i = 1, 2, \dots, n$) نشان‌دهنده‌ی اعداد فازی شهودی مثلثی (TIFN) باشد، آنگاه یک رویکرد رتبه‌بندی نسبت می‌تواند برای رتبه‌بندی اعداد فازی شهودی مثلثی a_i ($i = 1, 2, \dots, n$) توسعه داده شود که $\lambda \in [0, 1]$ وزنی است که نشان‌دهنده‌ی اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده است. فرایند رتبه‌بندی نسبت به صورت زیر خلاصه می‌شود:^[۴۲]

برای $\lambda \in [0, 1]$ مقدار موجود در رابطه‌ی ۵ مورد محاسبه قرار می‌گیرد، که $\lambda \in [0, 1/2]$ نشان‌دهنده‌ی آن است که تصمیم‌گیرنده عدم اطمینان یا حس منفی را ترجیح می‌دهد؛ $\lambda \in [1/2, 1]$ نشان‌دهنده‌ی آن است که تصمیم‌گیرنده اطمینان و حس مثبت را ترجیح می‌دهد؛ $\lambda = 1/2$ نیز دلالت بر

مورد نیاز برای اجرای این رویکرد پیشنهادی، این امکان را فراهم کرده است تا شرایط واقعی و طبیعی حاکم بر محیط‌های کلینیکی و بیمارستانی که عمدتاً از عدم قطعیت برخوردارند و با سر‌بستگی و ابهام دست و پنجه نرم می‌کنند، در نظر گرفته شود. حاصل این امر نیز اتخاذ تصمیماتی است که معقولانه‌اند و به واقعیت نزدیک‌ترند.

۵. مقدمات موردنیاز برای اعمال روش پیشنهادی

در این بخش برخی مفاهیم مرتبط با اعداد فازی شهودی مثلثی فراخوانی و توضیح داده می‌شوند.

۱.۱. اعداد فازی شهودی مثلثی

تعریف ۱. اگر $\langle (a, a, \bar{a}); u_{\tilde{a}}, v_{\tilde{a}} \rangle$ یک عدد فازی شهودی مثلثی باشد، تابع عضویت آن مطابق رابطه‌ی ۱ و تابع عدم عضویت آن نیز مطابق رابطه‌ی ۲ تعریف می‌شود.

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{a-a} - u_{\tilde{a}} & a \leq x < a \\ u_{\tilde{a}} & x = a \\ \frac{\bar{a}-x}{\bar{a}-a} u_{\tilde{a}} & a < x \leq \bar{a} \\ 0 & \text{ow} \end{cases} \quad (۱)$$

$$v_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a-x)+v_{\tilde{a}}(x-a)}{a-a} & a \leq x < a \\ v_{\tilde{a}} & x = a \\ \frac{(x-a)+v_{\tilde{a}}(\bar{a}-x)}{(\bar{a}-a)} & a < x \leq \bar{a} \\ 0 & \text{ow} \end{cases} \quad (۲)$$

که در آن $u_{\tilde{a}}$ یک درجه‌ی عضویت ماکسیمال، $v_{\tilde{a}}$ یک درجه عدم عضویت مینیمال و $0 \leq u_{\tilde{a}} + v_{\tilde{a}} \leq 1$ ، $0 \leq v_{\tilde{a}} \leq 1$ ، $0 \leq u_{\tilde{a}} \leq 1$ است. اگر $\pi_{\tilde{a}} = 1 - u_{\tilde{a}} - v_{\tilde{a}}$ باشد، آنگاه $\pi_{\tilde{a}}$ درجه‌ی نامعلومی عنصر x نسبت به \tilde{a} نامیده می‌شود که بیانگر درجه‌ی تردید عنصر x نسبت به \tilde{a} است.^[۴۰]

(یکنواختی): اگر $A \subseteq B$ و $A, B \in P(X)$ آنگاه $\mu(A) \leq \mu(B)$ برای همه μ می‌باشد. اگر $A, B \subseteq P(X)$ داریم $\mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B) + \rho \mu(A)\mu(B)$ و همچنین $A \cap B = \emptyset$ و $\rho > -1$ [۶].

به‌طور خاص اگر $\rho = 0$ ، آنگاه این شرط تا اکسیم اندازه‌ی افزایشی کاهش می‌یابد که برای همه μ می‌باشد $A, B \subseteq P(X)$ داریم $\mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B)$ و $A \cap B = \emptyset$ [۲۲].

اگر $\rho > 0$ ، آنگاه $\mu(A \cup B) > \mu(A) + \mu(B)$ که نشان‌دهنده‌ی این مطلب است که مجموعه‌ی $\{A, B\}$ دارای اثر ضربه‌ی است. اگر $\rho < 0$ ، آنگاه $\mu(A \cup B) < \mu(A) + \mu(B)$ که نشان می‌دهد مجموعه $\{A, B\}$ دارای اثر جایگزینی است. [۲۲].

تعریف ۵. اگر f یک تابع حقیقی مثبت بر روی $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ باشد μ یک اندازه‌ی فازی بر روی X باشد، آنگاه انتگرال چوکت گسسته‌ی f با توجه به μ به صورت رابطه‌ی ۹ تعریف می‌شود: [۲۵].

$$C_\mu(f) = \sum_{i=1}^n f(x_i) [\mu(A_{(i)}) - \mu(A_{(i+1)})] \quad (9)$$

که $A_{(i)} = \{x_{(i)}, \dots, x_{(n)}\}$ و $A_{(n+1)} = \emptyset$ نشان‌دهنده‌ی یک جایگشت بر روی X است به طوری که $f(x_1) \leq f(x_2) \leq \dots \leq f(x_n)$.
 تعریف ۶. اگر $\tilde{a}_j = \langle (a_j, \underline{a}_j, \bar{a}_j); u_{\tilde{a}_j}, v_{\tilde{a}_j} \rangle$ ($j = 1, 2, \dots, n$) مجموعه‌ی از اعداد فازی شهودی مثلثی بر روی $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ باشد و μ یک اندازه‌ی فازی بر روی X باشد، آنگاه انتگرال چوکت فازی شهودی گسسته‌ی \tilde{a}_j با توجه به μ به صورت رابطه‌ی ۱۰ تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{TIFECG}_\mu(\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) &= \tilde{a}_{(1)}^{\wedge E \mu(A_{(1)}) - \mu(A_{(1)})} \\ &\otimes_E \tilde{a}_{(2)}^{\wedge E \mu(A_{(2)}) - \mu(A_{(2)})} \otimes_E \dots \otimes_E \tilde{a}_{(n)}^{\wedge E \mu(A_{(n)}) - \mu(A_{(n)})} \\ &= (\otimes_E)_{j=1}^n \tilde{a}_{(j)}^{\wedge E \mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})} \end{aligned} \quad (10)$$

که $(.)$ نشان‌دهنده‌ی یک جایگشت بر روی X است به طوری که: $\tilde{a}_{(1)} \leq \tilde{a}_{(2)} \leq \dots \leq \tilde{a}_{(n)}$ ، $A_{(j)} = \{x_{(j)}, \dots, x_{(n)}\}$ ، $A_{(n+1)} = \emptyset$

با الهام از مقاله‌ی ژائو و همکاران، [۲۳] برخی از ویژگی‌های TIFECG_μ به آسانی قابل دست‌یابی‌اند که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است:
 گزاره ۱. اگر $\tilde{a}_j = \langle (a_j, \underline{a}_j, \bar{a}_j); u_{\tilde{a}_j}, v_{\tilde{a}_j} \rangle$ ($j = 1, 2, \dots, n$) مجموعه‌ی از اعداد فازی شهودی مثلثی بر روی X باشد و μ یک اندازه‌ی فازی بر روی X باشد، آنگاه مقدار تجمیع‌شده‌ی آن‌ها نیز که از عملگر TIFECG_μ استخراج می‌شود یک عدد فازی شهودی مثلثی است و داریم:

$$\begin{aligned} \text{TIFECG}_\mu(\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) &= \left\langle \left(\prod_{j=1}^n \underline{a}_j^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})}, \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \tilde{a}_j^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})}, \bar{a}_j^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})} \right); \right. \\ &\quad \left. \frac{2 \prod_{j=1}^n u_{\tilde{a}_j}^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})}}{\prod_{j=1}^n (2 - u_{\tilde{a}_j})^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})} + \prod_{j=1}^n u_{\tilde{a}_j}^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})}}, \right. \\ &\quad \left. \frac{\prod_{j=1}^n (1 + v_{\tilde{a}_j})^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})} - \prod_{j=1}^n (1 - v_{\tilde{a}_j})^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})}}{\prod_{j=1}^n (1 + v_{\tilde{a}_j})^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})} + \prod_{j=1}^n (1 - v_{\tilde{a}_j})^{\mu(A_{(j)}) - \mu(A_{(j+1)})}} \right\rangle \end{aligned} \quad (11)$$

این امر دارد که تصمیم‌گیرنده بین حسن مثبت و حسن منفی بی‌تفاوت است. در این مقاله λ مقدار $1/2$ را اتخاذ می‌کند که بر اساس رابطه‌ی ۶ داریم:

$$R(\tilde{a}_i, \lambda) = \frac{(\underline{a}_i + 2a_i + \bar{a}_i)(\lambda u_{\tilde{a}_i}^{\lambda} + (1 - \lambda)(1 - v_{\tilde{a}_i})^{\lambda})}{2 + (\bar{a}_i - \underline{a}_i)(\lambda u_{\tilde{a}_i}^{\lambda} + (1 - \lambda)(1 - v_{\tilde{a}_i})^{\lambda})} \quad (5)$$

$$R(\tilde{a}_i) = \frac{(\underline{a}_i + 2a_i + \bar{a}_i)(u_{\tilde{a}_i}^{\lambda} + (1 - v_{\tilde{a}_i})^{\lambda})}{2 + (\bar{a}_i - \underline{a}_i)(u_{\tilde{a}_i}^{\lambda} + (1 - v_{\tilde{a}_i})^{\lambda})} \quad (6)$$

گزینه‌ها می‌توانند طبق ترتیب غیر افزایشی نسبت‌های $R(\tilde{a}_i)$ ($i = 1, 2, \dots, n$) مقایسه شوند. بزرگ‌ترین عدد فازی شهودی مثلثی (TIFN) عددی است که دارای بیشترین نسبت باشد.

۵.۵. عملگرهای تجمیع هندسی انیشتین برای اعداد فازی شهودی

مثلثی

تعریف ۳. فرض کنید Ω مجموعه‌ی از اعداد فازی شهودی مثلثی

$$\tilde{a}_j = \langle (a_j, \underline{a}_j, \bar{a}_j); u_{\tilde{a}_j}, v_{\tilde{a}_j} \rangle \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

باشد. یک عملگر هندسی وزن‌دار انیشتین فازی شهودی مثلثی (TIFEWG)^{۱۴} به n عبارت است از:

$$\text{TIFEWG} : \Omega^n \rightarrow \Omega$$

و داریم:

$$\text{TIFEWG}(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n) = (\otimes_{j=1}^n)_E \tilde{a}_j^{\wedge E \omega_j} \quad (7)$$

که در رابطه‌ی ۷ $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ بردار وزنی \tilde{a}_j ($j = 1, 2, \dots, n$) است و $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ و $\omega_j \in [0, 1]$ است. [۲۳]
 قضیه ۱. اگر $\tilde{a}_j = \langle (a_j, \underline{a}_j, \bar{a}_j); u_{\tilde{a}_j}, v_{\tilde{a}_j} \rangle$ ($j = 1, 2, \dots, n$) مجموعه‌ی از اعداد فازی شهودی مثلثی باشد، آنگاه مقدار تجمیع‌شده‌ی آن‌که مستخرج از عملگر TIFEWG است نیز یک عدد فازی شهودی مثلثی است و داریم:

$$\begin{aligned} \text{TIFEWG}(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n) &= (\otimes_{j=1}^n)_E \tilde{a}_j^{\wedge E \omega_j} = \\ &\left\langle \left(\prod_{j=1}^n \underline{a}_j^{\omega_j}, \prod_{j=1}^n a_j^{\omega_j}, \prod_{j=1}^n \bar{a}_j^{\omega_j} \right); \frac{2 \prod_{j=1}^n u_{\tilde{a}_j}^{\omega_j}}{\prod_{j=1}^n (2 - u_{\tilde{a}_j})^{\omega_j} + \prod_{j=1}^n u_{\tilde{a}_j}^{\omega_j}}, \right. \\ &\quad \left. \frac{\prod_{j=1}^n (1 + v_{\tilde{a}_j})^{\omega_j} - \prod_{j=1}^n (1 - v_{\tilde{a}_j})^{\omega_j}}{\prod_{j=1}^n (1 + v_{\tilde{a}_j})^{\omega_j} + \prod_{j=1}^n (1 - v_{\tilde{a}_j})^{\omega_j}} \right\rangle \end{aligned} \quad (8)$$

که \tilde{a}_j ($j = 1, 2, \dots, n$) بردار وزنی $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ است و $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ و $\omega_j \in [0, 1]$ می‌باشد. [۲۳]

۵.۶. عملگر هندسی چوکت انیشتین فازی شهودی مثلثی

در این بخش، عملگر هندسی انیشتین و انتگرال چوکت به‌کار برده می‌شوند تا اعداد فازی شهودی مثلثی داده شده توسط خبرگان مورد تجمیع قرار گیرند.

تعریف ۴. یک اندازه‌ی فازی بر روی X ، یک تابع مجموعه‌ی به صورت $\mu : P(X) \rightarrow [0, 1]$ است که شرایط زیر را برآورده می‌کند: [۲۳]

$$\mu(\emptyset) = 0, \mu(X) = 1$$

گام ۴. تعیین اندازه‌های فازی معیارها و استفاده از عملگر $TIFECG_\mu$ برای تجمیع اطلاعات تصمیم به صورت $\tilde{r}_i^k = TIFECG_\mu(\tilde{r}_{i1}^k, \dots, \tilde{r}_{in}^k)$.
 گام ۵. محاسبه‌ی تابع ترجیح $P^k(A_i, A_j)$ برای k تأمین معیار:

Gaussian:

$$P_{(g)}(d) = \begin{cases} 1 - e^{-(d^2/2\sigma^2)} & \text{if } d > 0 \\ 0 & \text{if } d \leq 0 \end{cases} \quad (13)$$

که d نشان‌دهنده‌ی اختلاف میان دو گزینه با توجه به یک شاخص و σ نیز نشانگر پارامترها هستند^[۲۶] و طبق رابطه‌ی ۱۴ خواهیم داشت:

$$P^k(d^k(A_i, A_j)) = \begin{cases} 1 - e^{-(d^k(A_i, A_j))^2/2\sigma^2} & \text{if } d^k(A_i, A_j) > 0 \\ 0 & \text{if } d^k(A_i, A_j) \leq 0 \end{cases} \quad (14)$$

که $d^k(A_i, A_j)$ نشان‌دهنده‌ی اختلاف میان مقادیر نسبت دو گزینه است.

$$d^k(A_i, A_j) = R(A_i) - R(A_j) \quad (15)$$

و $R(A_i)$ نیز در معادله‌ی ۶ نشان داده شده است.

گام ۶. محاسبه‌ی شاخص ترجیح $\tilde{H}(A_i, A_j)$ به صورت زیر:

$$\tilde{H}(A_i, A_j) = \sum_{k=1}^K e_k P^k(A_i, A_j) \quad (16)$$

گام ۷. محاسبه‌ی شار مثبت، شار منفی، و شار خالص. طبق شاخص ترجیح

$$\tilde{\phi}^+(A_i), \tilde{H}(A_i, A_j), \text{ شار مثبت } \tilde{\phi}^+(A_i), \text{ شار منفی } \tilde{\phi}^-(A_i) \text{ و شار خالص } \tilde{\phi}^-(A_i)$$

برای تأمین گزینه می‌تواند به صورت زیر به دست آید:

$$\tilde{\phi}^+(A_i) = \sum_{j=1}^m \tilde{H}(A_i, A_j) \quad (17)$$

$$\tilde{\phi}^-(A_i) = \sum_{j=1}^m \tilde{H}(A_j, A_i) \quad (18)$$

$$\tilde{\phi}(A_i) = \tilde{\phi}^+(A_i) - \tilde{\phi}^-(A_i) \quad (19)$$

گام ۸. رتبه‌بندی گزینه‌ها به این صورت که گزینه‌ی با مقدار شار خالص بیشتر، دارای رتبه‌بندی $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$ بهتری است.

۷. به‌کارگیری روش PROMETHEE II بر اساس

عملگر $TIFECG_\mu$ در اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان

تجهیزات آزمایشگاهی

باهدف نشان‌دادن عملی بودن و کارایی رویکرد مطرح‌شده، به بررسی آن در مسئله‌ی اولویت‌بندی و انتخاب بهترین تأمین‌کننده تجهیزات آزمایشگاهی براساس معیارهای مستخرج از مدل مرجع عملیات زنجیره‌ی تأمین اتخاذ شده‌اند، پرداخته شده است. در این پژوهش پنج تأمین‌کننده $A_i (i = 1, \dots, 5)$ براساس نظر سه تصمیم‌گیرنده و خیره در حوزه‌ی سلامت و تأمین ادوات آزمایشگاهی $E_i (i = 1, 2, 3)$ براساس سه معیار (عملکرد تحویل c_1 ، هزینه c_2 و کیفیت c_3) اولویت‌بندی شدند. در ادامه به بررسی گام‌های روش مطرح‌شده در بخش ۶ پرداخته خواهد شد.

که $(.)$ و $A_{(j)} (j = 1, \dots, n)$ طبق آنچه در تعریف ۶ داشتیم، هستند.
 گزاره ۲. تکرار شونده‌ی: اگر $\tilde{a}_j = \langle (a_j, a_j, \bar{a}_j); u_{\tilde{a}_j}, v_{\tilde{a}_j} \rangle (j = 1, 2, \dots, n)$ باشد و μ یک اندازه‌ی فازی بر روی X باشد و اگر برای هر j داشته باشیم $\langle (a, a, \bar{a}); u_{\tilde{a}}, v_{\tilde{a}} \rangle$ ، آنگاه $TIFECG_\mu(\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) = \tilde{a}$.

گزاره ۳. (جاب‌جایی): اگر $\tilde{a}_j = \langle (a_j, a_j, \bar{a}_j); u_{\tilde{a}_j}, v_{\tilde{a}_j} \rangle (j = 1, 2, \dots, n)$ باشد و μ یک اندازه‌ی فازی بر روی X باشد و اگر $(\tilde{a}'_1, \tilde{a}'_2, \dots, \tilde{a}'_n)$ هر جایگشتی از $(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n)$ باشد، آنگاه $TIFECG_\mu(\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) = TIFECG_\mu(\tilde{a}'_1, \dots, \tilde{a}'_n)$.

۶. روش PROMETHEE II بر اساس عملگر

$TIFECG_\mu$

در این بخش ساختار روش ارزیابی PROMETHEE II گروهی توضیح داده می‌شود که برای تجمیع اطلاعات ارزیابی شده توسط خبرگان و متخصصان مختلف به‌کار برده می‌شود. اگر $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ مجموعه‌ی محدود از گزینه‌ها، $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ مجموعه‌ی محدود از شاخصه‌ها، و $E = \{E_1, E_2, \dots, E_K\}$ نیز مجموعه‌ی محدود از تصمیم‌گیرندگان باشد، آنگاه گام‌های این روش عبارت‌اند از:
 گام ۱. شناسایی بردار اوزان تصمیم‌گیرندگان $e = \{e_1, e\}$ به‌ساز دانش حرفه‌ی و تجربه‌ی خبرگان به‌دست می‌آید.

گام ۲. تشکیل ماتریس تصمیم $D^k = (\tilde{a}_{ij}^k)_{m \times n} (k = 1, 2, \dots, K)$ که $\tilde{a}_{ij}^k (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ یک عدد فازی شهودی مثلثی (TIFN) است که توسط خبرگان و متخصصان E_k برای گزینه‌ی A_i و با توجه به معیار c_j ارائه می‌شود.

گام ۳. تبدیل ماتریس تصمیم فازی شهودی مثلثی $D^k = (\tilde{a}_{ij}^k)_{m \times n}$ به ماتریس تصمیم فازی شهودی مثلثی نرمال‌شده $R^k = (\tilde{r}_{ij}^k)_{m \times n}$ با استفاده از فرمول‌های موجود در رابطه‌ی ۱۲:

$$\tilde{r}_{ij}^k = \begin{cases} \left\langle \left(\frac{a_{ij}^k}{(\bar{a}_{ij}^k)^+}, \frac{a_{ij}^k}{(\bar{a}_{ij}^k)^+}, \frac{\bar{a}_{ij}^k}{(\bar{a}_{ij}^k)^+} \right); u_{\tilde{a}_{ij}^k}, v_{\tilde{a}_{ij}^k} \right\rangle, & j \in \text{Benefit} \\ \left\langle \left(1 - \frac{\bar{a}_{ij}^k}{(\bar{a}_{ij}^k)^+}, 1 - \frac{a_{ij}^k}{(\bar{a}_{ij}^k)^+}, 1 - \frac{a_{ij}^k}{(\bar{a}_{ij}^k)^+} \right); u_{\tilde{a}_{ij}^k}, v_{\tilde{a}_{ij}^k} \right\rangle, & j \in \text{Cost} \end{cases} \quad (12)$$

در رابطه‌ی ۱۲، سود و هزینه به‌ترتیب اشاره به مجموعه‌های شاخصه‌های سود یا همان شاخصه‌های با ماهیت مثبت و شاخصه‌های هزینه یا همان شاخصه‌های با ماهیت منفی دارند و

$$(\bar{a}_{ij}^k)^+ = \max \{ \bar{a}_{ij}^k \mid i = 1, 2, \dots, m \} (j = 1, 2, \dots, n)$$

است. برای راحتی، همه‌ی

$$\tilde{r}_{ij}^k (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K)$$

به‌صورت متحدالشکل با $\langle (r_{ij}^k, r_{ij}^k, \bar{r}_{ij}^k); u_{r_{ij}^k}, v_{r_{ij}^k} \rangle$ نشان داده می‌شوند که $v_{r_{ij}^k} = v_{\tilde{a}_{ij}^k}$ و $u_{r_{ij}^k} = u_{\tilde{a}_{ij}^k}$.

$$\begin{aligned} \tilde{r}_1^1 &= ((0,40, 0,762, 0,81); 0,66, 0,23) \\ \tilde{r}_1^2 &= ((0,00, 0,41, 0,69); 0,61, 0,27) \\ \tilde{r}_1^3 &= ((0,00, 0,44, 0,63); 0,65, 0,16) \\ \tilde{r}_2^1 &= ((0,35, 0,47, 0,70); 0,56, 0,33) \\ \tilde{r}_2^2 &= ((0,50, 0,63, 0,86); 0,72, 0,12) \\ \tilde{r}_2^3 &= ((0,30, 0,62, 0,85); 0,66, 0,23) \\ \tilde{r}_3^1 &= ((0,00, 0,49, 0,67); 0,59, 0,35) \\ \tilde{r}_3^2 &= ((0,16, 0,49, 0,81); 0,67, 0,20) \\ \tilde{r}_3^3 &= ((0,34, 0,60, 0,83); 0,66, 0,12) \\ \tilde{r}_4^1 &= ((0,30, 0,58, 0,86); 0,56, 0,35) \\ \tilde{r}_4^2 &= ((0,00, 0,56, 0,85); 0,70, 0,27) \\ \tilde{r}_4^3 &= ((0,21, 0,49, 0,75); 0,70, 0,16) \\ \tilde{r}_5^1 &= ((0,24, 0,52, 0,86); 0,66, 0,16) \\ \tilde{r}_5^2 &= ((0,28, 0,45, 0,81); 0,59, 0,22) \\ \tilde{r}_5^3 &= ((0,36, 0,54, 0,89); 0,66, 0,24) \end{aligned}$$

گام ۵. تشکیل تابع ترجیح.

از ترکیب تفاوت میان نسبت اعداد فازی شهودی مثلثی با تابع گاوسی^{۱۶}، توابع ترجیح برای جفت گزینه‌ها از روابط ۶ و ۱۴ به دست می‌آید که δ مقدار ۰٫۲۵ را اتخاذ می‌کند و نتایج آن در جدول ۸ نشان داده شده است.

گام ۶. محاسبه‌ی شاخص ترجیح $\tilde{H}(A_i, A_j)$

$$\begin{aligned} \tilde{H}(A_1, A_r) &= 0,178 \\ \tilde{H}(A_1, A_r) &= 0,274 \\ \tilde{H}(A_1, A_r) &= 0,092 \\ \tilde{H}(A_1, A_5) &= 0,000 \\ \tilde{H}(A_r, A_1) &= 0,1414 \\ \tilde{H}(A_r, A_r) &= 0,601 \\ \tilde{H}(A_r, A_r) &= 0,635 \\ \tilde{H}(A_r, A_5) &= 0,823 \\ \tilde{H}(A_r, A_1) &= 0,583 \\ \tilde{H}(A_r, A_r) &= 0,057 \\ \tilde{H}(A_r, A_r) &= 0,112 \\ \tilde{H}(A_r, A_5) &= 0,136 \\ \tilde{H}(A_r, A_1) &= 0,262 \\ \tilde{H}(A_r, A_r) &= 0,014 \\ \tilde{H}(A_r, A_r) &= 0,051 \\ \tilde{H}(A_r, A_5) &= 0,017 \\ \tilde{H}(A_5, A_1) &= 0,189 \end{aligned}$$

گام ۱. تشکیل بردار اوزان اهمیت. نظرات سه تصمیم‌گیرنده به صورت $e = (0,35, 0,35, 0,30)^T$.

گام ۲. ماتریس‌های تصمیم در جدول‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده‌اند.

گام ۳. بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم اعداد فازی شهودی مثلثی. از آنجا که از میان سه شاخص کیفیت، هزینه و عملکرد تحویل، شاخص تحویل دارای ماهیت منفی است، می‌توان ماتریس‌های تصمیم اعداد فازی شهودی مثلثی بی‌مقیاس شده را از رابطه‌ی ۱۲ به دست آورد که این ماتریس‌های بی‌مقیاس شده در جدول‌های ۵ تا ۷ نمایش داده شده‌اند.

گام ۴. استفاده از عملگر $TIFECG_\mu$ برای تجمیع ماتریس تصمیم.

۱. با این فرض که اندازه‌های فازی مجموعه معیارهای $C = \{c_1, c_2, c_3\}$ به ترتیب برابر با $\mu(c_1) = 0,25$ ، $\mu(c_2) = 0,37$ ، $\mu(c_3) = 0,30$ و $\mu(c_1, c_2) = 0,65$ ، $\mu(c_1, c_3) = 0,50$ ، $\mu(c_2, c_3) = 0,85$ و $\mu(c_1, c_2, c_3) = 1$ باشند.

۲. با توجه به جدول‌های ۲ تا ۴، با استفاده از فرایند رتبه‌بندی نسبت مطرح شده در معادله‌ی ۶، ارزیابی جزئی \tilde{r}_{ij}^k کاندیدای A_i به صورت $\tilde{r}_{i(j)}^k \leq \tilde{r}_{i(j+1)}^k$ ($i = 1, \dots, 5$) ($k = 1, 2, 3$) از انتگرال چوکت انیشتین فازی شهودی مثلثی به استخراج مقادیر ترجیحات کلی فازی شهودی مثلثی \tilde{r}_i^k برای گزینه‌ی A_i پرداخته می‌شود.

جدول ۲. اطلاعات فازی مستخرج از تصمیم‌گیرنده‌ی اول.

گزینه	تحویل	هزینه	کیفیت
A_1	$((2, 3, 5); 0,5, 0,4)$	$((1, 2, 4); 0,7, 0,2)$	$((3, 5, 7); 0,7, 0,2)$
A_2	$((3, 4, 5); 0,6, 0,3)$	$((4, 5, 6); 0,6, 0,3)$	$((4, 5, 9); 0,5, 0,4)$
A_3	$((2, 3, 4); 0,8, 0,2)$	$((2, 4, 8); 0,5, 0,4)$	$((1, 5, 6); 0,6, 0,4)$
A_4	$((3, 4, 6); 0,8, 0,2)$	$((1, 3, 6); 0,5, 0,4)$	$((3, 5, 8); 0,5, 0,4)$
A_5	$((2, 5, 7); 0,7, 0,2)$	$((1, 4, 6); 0,8, 0,1)$	$((2, 4, 7); 0,5, 0,2)$

جدول ۳. اطلاعات فازی مستخرج از تصمیم‌گیرنده‌ی دوم.

گزینه	تحویل	هزینه	کیفیت
A_1	$((2, 3, 5); 0,8, 0,2)$	$((3, 5, 8); 0,5, 0,4)$	$((2, 4, 7); 0,7, 0,1)$
A_2	$((3, 4, 8); 0,5, 0,4)$	$((1, 2, 3); 0,8, 0,0)$	$((3, 4, 6); 0,7, 0,2)$
A_3	$((1, 4, 8); 0,6, 0,2)$	$((2, 3, 6); 0,7, 0,2)$	$((1, 3, 6); 0,7, 0,2)$
A_4	$((4, 5, 9); 0,6, 0,3)$	$((2, 4, 8); 0,8, 0,2)$	$((3, 5, 7); 0,6, 0,4)$
A_5	$((3, 4, 8); 0,6, 0,3)$	$((1, 4, 6); 0,7, 0,2)$	$((2, 3, 5); 0,5, 0,2)$

جدول ۴. اطلاعات فازی مستخرج از تصمیم‌گیرنده‌ی سوم.

گزینه	تحویل	هزینه	کیفیت
A_1	$((2, 5, 7); 0,6, 0,3)$	$((5, 6, 8); 0,5, 0,2)$	$((2, 5, 7); 0,8, 0,1)$
A_2	$((4, 5, 8); 0,7, 0,2)$	$((1, 2, 4); 0,8, 0,1)$	$((1, 4, 6); 0,5, 0,4)$
A_3	$((2, 4, 7); 0,5, 0,4)$	$((2, 3, 5); 0,7, 0,0)$	$((3, 5, 8); 0,7, 0,2)$
A_4	$((3, 4, 6); 0,7, 0,2)$	$((2, 3, 6); 0,7, 0,2)$	$((1, 3, 6); 0,7, 0,1)$
A_5	$((3, 4, 8); 0,7, 0,1)$	$((2, 3, 4); 0,8, 0,2)$	$((2, 4, 8); 0,5, 0,4)$

جدول ۵. اطلاعات فازی بی‌مقیاس شده مستخرج از تصمیم‌گیرنده‌ی اول.

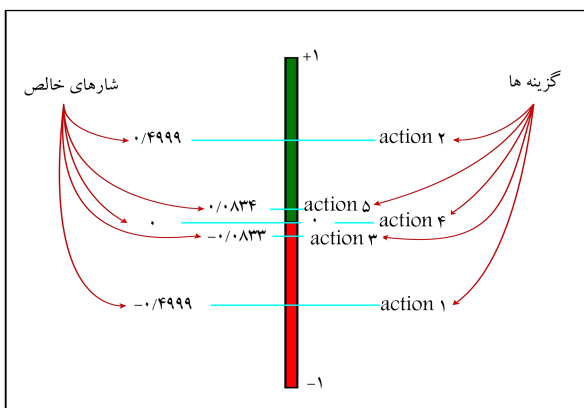
گزینه	تحویل	هزینه	کیفیت
A_1	$((0.28, 0.42, 0.71); 0.5, 0.4)$	$((0.50, 0.75, 0.87); 0.7, 0.2)$	$((0.33, 0.55, 0.77); 0.7, 0.2)$
A_2	$((0.42, 0.57, 0.71); 0.6, 0.3)$	$((0.25, 0.37, 0.50); 0.6, 0.3)$	$((0.44, 0.55, 1.00); 0.5, 0.4)$
A_3	$((0.28, 0.42, 0.57); 0.8, 0.2)$	$((0.50, 0.75, 0.75); 0.5, 0.4)$	$((0.11, 0.55, 0.66); 0.6, 0.4)$
A_4	$((0.42, 0.57, 0.85); 0.8, 0.2)$	$((0.25, 0.62, 0.87); 0.5, 0.4)$	$((0.33, 0.55, 0.88); 0.5, 0.4)$
A_5	$((0.28, 0.71, 1.00); 0.7, 0.2)$	$((0.25, 0.50, 0.87); 0.8, 0.1)$	$((0.22, 0.44, 0.77); 0.5, 0.2)$

جدول ۶. اطلاعات فازی بی‌مقیاس شده مستخرج از تصمیم‌گیرنده‌ی دوم.

گزینه	تحویل	هزینه	کیفیت
A_1	$((0.22, 0.33, 0.55); 0.8, 0.2)$	$((0.50, 0.37, 0.62); 0.5, 0.4)$	$((0.28, 0.57, 1.00); 0.7, 0.1)$
A_2	$((0.33, 0.44, 0.88); 0.5, 0.4)$	$((0.62, 0.75, 0.87); 0.8, 0.5)$	$((0.42, 0.57, 0.85); 0.7, 0.2)$
A_3	$((0.11, 0.44, 0.88); 0.6, 0.2)$	$((0.25, 0.62, 0.75); 0.7, 0.2)$	$((0.14, 0.42, 0.85); 0.7, 0.2)$
A_4	$((0.44, 0.55, 1.00); 0.6, 0.3)$	$((0.50, 0.75, 0.75); 0.8, 0.2)$	$((0.42, 0.71, 1.00); 0.6, 0.4)$
A_5	$((0.33, 0.44, 0.88); 0.6, 0.3)$	$((0.25, 0.50, 0.87); 0.7, 0.2)$	$((0.28, 0.42, 0.71); 0.5, 0.2)$

جدول ۷. اطلاعات فازی بی‌مقیاس شده مستخرج از تصمیم‌گیرنده‌ی سوم.

گزینه	تحویل	هزینه	کیفیت
A_1	$((0.25, 0.62, 0.87); 0.6, 0.3)$	$((0.50, 0.25, 0.37); 0.5, 0.2)$	$((0.25, 0.62, 0.87); 0.8, 0.1)$
A_2	$((0.50, 0.62, 1.00); 0.7, 0.2)$	$((0.50, 0.75, 0.87); 0.8, 0.1)$	$((0.12, 0.50, 0.75); 0.5, 0.4)$
A_3	$((0.25, 0.50, 0.87); 0.5, 0.4)$	$((0.37, 0.63, 0.75); 0.7, 0.5)$	$((0.37, 0.62, 1.00); 0.7, 0.2)$
A_4	$((0.37, 0.50, 0.75); 0.7, 0.2)$	$((0.25, 0.62, 0.75); 0.7, 0.2)$	$((0.12, 0.37, 0.75); 0.7, 0.1)$
A_5	$((0.37, 0.50, 1.00); 0.7, 0.1)$	$((0.50, 0.62, 0.75); 0.8, 0.2)$	$((0.25, 0.50, 1.00); 0.5, 0.4)$



شکل ۳. نتایج مربوط به روش پرامتی ۲ ساده.

پس از به‌دست‌آوردن نتایج رویکرد پیشنهادی و به‌منظور ارزیابی و مقایسه‌ی آن با روش‌های موجود، مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ی پژوهش حاضر با استفاده از روش پرامتی II ساده نیز بررسی شد. برای انجام این کار، ابتدا یک پروژه‌ی جدید در نرم‌افزار ویزوال پرامتی ساخته شد که شامل پنج گزینه و سه معیار عملکرد تحویل، هزینه، و کیفیت بوده است. سپس سه سناریو نیز برای اعمال نظرات هر یک از متخصصان ساخته شد. نتایج حاصل از به‌کارگیری رویکرد پرامتی II ساده با نرم‌افزار ویزوال پرامتی در شکل ۳ آمده است.

$$\tilde{H}(A_5, A_2) = 0.289$$

$$\tilde{H}(A_5, A_3) = 0.404$$

$$\tilde{H}(A_5, A_4) = 0.178$$

گام ۷. پس از به‌دست‌آوردن شاخص‌های ترجیح، به مقایسه‌ی دوبه‌دوی هر یک از گزینه‌ها با یکدیگر با استفاده از توابع ارجحیت پرداخته خواهد شد که مقادیر به‌دست‌آمده برای هرکدام از جفت‌گزینه‌ها در جدول ۸ نشان داده شده است. سپس با استفاده از مقادیر توابع ارجحیت به‌دست‌آمده، به محاسبه‌ی جریان‌های مثبت فازی، جریان‌های منفی، و جریان‌های خالص پرداخته خواهد شد که در جدول ۹ نمایش داده شده‌اند.

گام ۸. رتبه‌بندی همه‌ی گزینه‌ها $A_i (i = 1, \dots, 5)$ با توجه به مقادیر ترجیحات کلی.

$$A_2 > A_5 > A_3 > A_4 > A_1$$

با توجه به جریان‌های مثبت و منفی به‌دست‌آمده در جدول ۹ و محاسبه‌ی میزان اختلاف میان جریان‌های مثبت و منفی برای هرکدام از گزینه‌ها، جریان‌های خالص برای هرکدام از گزینه‌ها محاسبه شد و در نتیجه با توجه به این مسئله، بهترین و مطلوب‌ترین تأمین‌کننده‌ی تجهیزات آزمایشگاهی با توجه به معیارهای مطرح‌شده، تأمین‌کننده‌ی A_2 است که دارای جریان خالص بیشتری است.

و علوم آزمایشگاهی تحت معیارهای مدل مرجع عملیات‌های زنجیره‌ی تأمین دسته‌بندی شدند و در نهایت همه‌ی آن‌ها تحت سه معیار عملکرد تحویل، هزینه، و کیفیت طبقه‌بندی شدند. در همین راستا روش PROMETHEE II گروهی برای حل مسئله‌ی تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی به‌کار گرفته شد که در آن رتبه‌بندی گزینه‌ها با توجه به شاخص‌ها، به‌وسیله‌ی اعداد فازی شهودی مثلثی و عملگر انتگرال چوکت انیشتین فازی شهودی مثلثی بیان شدند تا بازتاب‌دهنده‌ی فعل‌وانفعالات پیچیده‌ی میان معیارهای تصمیم‌گیری باشند. با پیاده‌سازی رویکرد مطرح‌شده در این پژوهش بر روی مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی، به اثبات شدنی و عملی بودن این رویکرد در مسائل دنیای واقعی پرداخته شد.

رویکرد ارائه‌شده در این پژوهش به‌دلیل شفافیت حاکم بر تمام مراحل انجام آن و روش‌های به‌کار گرفته‌شده برای استخراج شاخص‌های عملکردی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان تجهیزات پزشکی و آزمایشگاهی، دارای جامعیت لازم برای استفاده در ارزیابی تأمین‌کنندگان سایر تجهیزات و دستگاه‌های پزشکی نیز هست.

از آنجا که داده‌های مورد استفاده در این پژوهش به شیوه‌ی نظرسنجی و مصاحبه با خبرگان و متخصصان مشغول به کار در محیط‌های بیمارستانی و آزمایشگاهی به‌دست آمده‌اند، به واقعیت نزدیک‌ترند و می‌توانند مبنای محکمی برای بنای استدلال‌های پژوهش باشند.

به‌کارگیری مفهوم اندازه‌ی فازی و انتگرال فازی چوکت انیشتین می‌تواند این اطمینان خاطر را ایجاد کند که تمام روابط و تعاملات متقابل موجود میان شاخص‌های عملکردی به‌صورت کامل و دقیق در نظر گرفته می‌شوند و در نتیجه اولویت‌بندی حاصل از به‌کارگیری این رویکرد پیشنهادی بسیار دقیق‌تر است و قابلیت اطمینان بیشتری را با خود همراه می‌سازد.

استفاده از اعداد فازی شهودی مثلثی به‌عنوان یکی از بسترهای اصلی موردنیاز برای اجرای این رویکرد پیشنهادی، این امکان را فراهم کرده است تا شرایط واقعی و طبیعی حاکم بر محیط‌های کلینیکی و بیمارستانی که عمدتاً از عدم قطعیت برخوردارند و با سربستگی و ابهام دست و پنجه نرم می‌کنند، در نظر گرفته شود. حاصل این امر نیز اتخاذ تصمیماتی است که معقولانه هستند و به واقعیت نزدیک‌ترند. پیشنهاد می‌شود تا به‌منظور بهبود عملکرد رویکرد پیشنهادی در این پژوهش و افزایش کارایی آن، نرم‌افزاری برای پیاده‌سازی این رویکرد طراحی شود تا رویکرد پیشنهادی بتواند به‌صورت خودکار و ماشینی و به‌آسانی توسط بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها در دوره‌های زمانی خاص مورد استفاده قرار بگیرد تا در امر تصمیم‌گیری برای ارزیابی تأمین‌کنندگان تجهیزات و دستگاه‌های پزشکی و بیمارستانی آن‌ها را یاری کند.

همچنین، پژوهش‌های بعدی مرتبط با این پژوهش می‌توانند به تقویت الگوریتم تجمیع و استفاده از سایر عملگرها برای حل انواع مسائل تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه، نظیر تصمیم‌گیری، الگوسناسی، و تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ی بردارند. همچنین می‌توان در پژوهش‌های مشابه از سایر روش‌ها نظیر ORESTE، REGIME، QUALIFLEX، SIR، EVAMIX، SMART و... استفاده کرد. همچنین هرکدام از روش‌های به‌کار گرفته شده می‌توانند در محیط‌های منطقی، فازی، فازی شهودی، فازی مردد و... به‌کار برده شوند. شاخص‌های استخراج‌شده برای انجام این پژوهش با توجه به قلمرو پژوهش متناسب با آزمایشگاه‌های تشخیص طبی و محیط‌های کلینیکی تدوین شده‌اند. پیشنهاد می‌شود تا برای بررسی سایر سازمان‌ها و حوزه‌های کاری، رویکرد جامعی نیز برای استخراج و توسعه‌ی مدل‌های بومی‌سازی‌شده‌ی مربوط به همان حوزه به‌کار گرفته شود.

جدول ۸. توابع ارجحیت برای جفت‌گزینه‌ها.

i	۱	۲	۳
$P_i(A_1, A_2)$	۰٫۰۵۱۱	۰	۰
$P_i(A_1, A_3)$	۰٫۰۷۸۳	۰	۰
$P_i(A_1, A_4)$	۰٫۰۲۶۵	۰	۰
$P_i(A_1, A_5)$	۰	۰	۰
$P_i(A_2, A_1)$	۰	۰٫۳۵۷۱	۰٫۰۵۴۸
$P_i(A_2, A_3)$	۰٫۰۰۳۱	۰٫۱۶۸۷	۰
$P_i(A_2, A_4)$	۰	۰٫۱۷۸۹	۰٫۰۰۳۱
$P_i(A_2, A_5)$	۰	۰٫۲۳۲۷	۰٫۰۰۳۱
$P_i(A_3, A_1)$	۰	۰٫۰۵۳۶	۰٫۱۳۱۹
$P_i(A_3, A_2)$	۰	۰	۰٫۰۱۹۰
$P_i(A_3, A_4)$	۰	۰٫۰۰۰۲	۰٫۰۳۷۳
$P_i(A_3, A_5)$	۰	۰٫۰۰۷۱	۰٫۰۳۷۳
$P_i(A_4, A_1)$	۰	۰٫۰۴۷۵	۰٫۰۳۲۲
$P_i(A_4, A_2)$	۰٫۰۰۴۲	۰	۰
$P_i(A_4, A_3)$	۰٫۰۱۴۶	۰	۰
$P_i(A_4, A_5)$	۰	۰٫۰۰۴۹	۰
$P_i(A_5, A_1)$	۰٫۰۰۴۲	۰٫۰۲۲۲	۰٫۰۳۲۲
$P_i(A_5, A_2)$	۰٫۰۸۲۸	۰	۰
$P_i(A_5, A_3)$	۰٫۱۱۵۷	۰	۰
$P_i(A_5, A_4)$	۰٫۰۵۱۱	۰	۰

جدول ۹. رتبه‌بندی گزینه‌ها.

گزینه‌ها	$\phi^+(i)$	$\phi^-(i)$	$\phi(i)$	رتبه‌بندی
A_1	۰٫۰۵۴۴	۰٫۲۴۴۸	-۰٫۱۹۰۴	۵
A_2	۰٫۳۴۷۳	۰٫۰۵۳۸	۰٫۲۹۳۵	۱
A_3	۰٫۰۸۸۸	۰٫۱۳۳۰	-۰٫۰۴۴۲	۳
A_4	۰٫۰۳۴۴	۰٫۱۰۱۷	-۰٫۰۶۷۳	۴
A_5	۰٫۱۰۶۰	۰٫۰۹۷۶	۰٫۰۰۸۴	۲

همان‌گونه که از خروجی نرم‌افزار قابل‌مشاهده است، اولویت‌های اول، دوم و پنجم در هر دو رویکرد یکسان‌اند و تنها اولویت‌های سوم و چهارم با یکدیگر متفاوت‌اند. برای اطمینان از تأیید دقت و صحت نتایج روش پیشنهادی، نتایج دو روش در اختیار ۵ نفر از خبرگان این حوزه قرار گرفت و طبق نظر ایشان، صحت خروجی هر دو روش مورد تأیید بوده اما نتایج رویکرد پیشنهادی از دقت بالاتری برخوردار است. توجه به این نکته بسیار حائز اهمیت است که رویکرد مطرح‌شده در این پژوهش به‌دلیل استفاده از اعداد فازی شهودی مثلثی و در نظر گرفتن نحوه‌ی تفکر انسانی که دارای عدم قطعیت و تردید است، روش بسیار قابل‌اعتمادتری نسبت به رویکرد پرامتی II ساده می‌باشد و می‌توان به اولویت‌بندی حاصل از آن اعتماد بیشتری را مبدول داشت.

۸. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی مسئله‌ی ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان تجهیزات آزمایشگاهی پرداخته شده است. بدین‌منظور معیارهای مورد استفاده در خرید تجهیزات آزمایشگاهی توسط مصاحبه با خبرگان و متخصصان حوزه‌ی سلامت

پانوشتها

1. multi attribute group decision making
2. preference ranking organization method for enrichment evaluations
3. supply chain operations reference model
4. analytic hierarchy process
5. artificial neural networks
6. decision making trial and evaluation laboratory
7. triangular intuitionistic fuzzy number
8. trapezoidal intuitionistic fuzzy number
9. interval-valued intuitionistic trapezoidal fuzzy weighted geometric
10. interval-valued intuitionistic trapezoidal fuzzy ordered weighted geometric
11. interval-valued intuitionistic trapezoidal fuzzy hybrid geometric
12. technique for order preference by similarity to ideal solution
13. Choquet integral
14. triangular intuitionistic fuzzy einstein weighted geometric (TIFEWG)
15. triangular intuitionistic fuzzy einstein choquet geometric (TIFECEG)
16. Gaussian

(References) منابع

1. Foggin, J.H., Mentzer, J.T. and Monroe, C.L. "A supply chain diagnostic tool", *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, **34**(10), pp. 827-855 (2004).
2. Asadi, F., Moghadasi, H. and Mastaneh, Z. "Situation analysis of hematology information systems in educational-therapeutic hospital laboratories of shahed beheshti university of medical sciences", *Heal. Inf. Manag.*, **6**(1), pp. 11-21 (2009).
3. Mishra, S., Samantra, C., Datta, S. and Mahapatra, S.S. "Multi-attribute group decision-making (MAGDM) for supplier selection using fuzzy linguistic modelling integrated with VIKOR method", *Int. J. Serv. Oper. Manag.*, **12**(1), pp. 67-89 (2012).
4. Liu, X., Ju, Y. and Wang, A. "A multiple attribute group decision making method with its application to emergency alternative assessment", *J. Conver. Inf. Technol.*, **7**(2), pp. 75-82 (2012).
5. Chuu, S.J. "Evaluating the flexibility in a manufacturing system using fuzzy multi-attribute group decision-making with multi-granularity linguistic information", *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, **32**(3-4), pp. 409-421 (2007).
6. Xu, Y., Wang, H. and Merigó, J.M. "Intuitionistic fuzzy Einstein Choquet integral operators for multiple attribute decision making", *Technol. Econ. Dev. Econ.*, **20**(2), pp. 227-253 (2014).
7. Yu, D. "Intuitionistic fuzzy Choquet aggregation operator based on Einstein operation laws", *Sci. Iran. Trans. E Ind. Eng.*, **20**(6), pp. 2109-2122 (2013).
8. Zhang, S. and Yu, D. "Some geometric Choquet aggregation operators using Einstein operations under intuitionistic fuzzy environment", *J. Intell. Fuzzy Syst.*, **26**(1), pp. 491-500 (2014).
9. De Boer, L., Labro, E. and Morlacchi, P. "A review of methods supporting supplier selection", *Eur. J. Purch. Supply Manag.*, **7**(2), pp. 75-89 (2001).
10. Wu, C. and Barnes, D. "A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains", *J. Purch. Supply Manag.*, **17**(4), pp. 256-274 (2011).
11. Shaik M. N., Abdul-Kader W. and Abrahamson E. "Interorganizational information systems adoption in supply chains", *Int. J. Inf. Syst. Supply Chain Manag.*, **6**(1), pp. 24-40 (2013).
12. Sarkar, A. and Mohapatra, P.K.J. "Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction", *J. Purch. Supply Manag.*, **12**(3), pp. 148-163 (2006).
13. Araz, C. and Ozkarahan, I. "Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure", *Int. J. Prod. Econ.*, **106**(2), pp. 585-606 (2007).
14. Omurca, S.I. "An intelligent supplier evaluation, selection and development system", *Appl. Soft Comput. J.*, **13**(1), pp. 690-697 (2013).
15. Rezaei, J. and Ortt, R. "Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP", *Eur. J. Oper. Res.*, **225**(1), pp. 75-84 (2013).
16. Akman, G. "Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and VIKOR methods", *Comput. Ind. Eng.*, **86**, pp. 69-82 (2015).
17. Liou, J.J.H., Chuang, Y.C. and Tzeng, G.H. "A fuzzy integral-based model for supplier evaluation and improvement", *Inf. Sci. (Ny)*, **266**, pp. 199-217 (2014).
18. Osiro, L., Lima-Junior, F.R. and Carpinetti, L.C.R. "A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development", *Int. J. Prod. Econ.*, **153**, pp. 95-112 (2014).
19. Sahu, N.K., Datta, S. and Sankar Mahapatra, S. "Green supplier appraisalment in fuzzy environment", *Benchmarking An Int. J.*, **21**(3), pp. 412-429 (2014).
20. Park, J.J., Shin, K., Chang, T.-W. and Park, J.J. "An integrative framework for supplier relationship management", *Ind. Manag. Data Syst.*, **110**(4), pp. 495-515 (2010).
21. Aksoy, A. and Öztürk, N. "Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments", *Expert Syst. Appl.*, **38**(5), pp. 6351-6359 (2011).
22. Bai, C. and Sarkis, J. "Evaluating supplier development programs with a grey based rough set methodology", *Expert Syst. Appl.*, **38**(11), pp. 13505-13517 (2011).
23. Ho, L.H., Feng, S.Y., Lee, Y.C. and Yen, T.M. "Using modified IPA to evaluate supplier's performance: Multiple regression analysis and DEMATEL approach", *Expert Syst. Appl.*, **39**(8), pp. 7102-7109 (2012).
24. Dou, Y., Zhu, Q. and Sarkis, J. "Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology", *Eur. J. Oper. Res.*, **233**(2), pp. 420-431 (2014).

25. Lima Junior, F.R., Osiro, L. and Carpinetti, L.C.R. "A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to supplier selection", *Appl. Soft Comput. J.*, **21**, pp. 194-209 (2014).
26. Hsu, C.W., Kuo, R.J. and Chiou, C.Y. "A multi-criteria decision-making approach for evaluating carbon performance of suppliers in the electronics industry", *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, **11**(3), pp. 775-784 (2014).
27. Zeydan, M., Çolpan, C. and Çobanoğlu, C. "A combined methodology for supplier selection and performance evaluation", *Expert Syst. Appl.*, **38**(3), pp. 2741-2751 (2011).
28. Saaty, T., *The Analytic Hierarchy Process*, Pittsburgh: RWS Publications (1990).
29. *Supply Chain Operations Reference Model*, Supply Chain Council (2010).
30. Shu, M.-H., Cheng, C.-H. and Chang, J.-R. "Using intuitionistic fuzzy sets for fault-tree analysis on printed circuit board assembly", *Microelectron. Reliab.*, **46**(12), pp. 2139-2148 (2006).
31. Wang, J. and Zhong, Z. "Aggregation operators on intuitionistic trapezoidal fuzzy number and its application to multi-criteria decision making problems", *J. Syst. Eng. Electron.*, **20**(2), pp. 321-326 (2009).
32. Ju, Y. and Yang, S. "Approaches for multi-attribute group decision making based on intuitionistic trapezoid fuzzy linguistic power aggregation operators", *J. Intell. Fuzzy Syst.*, **27**(2), pp. 987-1000 (2014).
33. Wu, J. and Liu, Y. "An approach for multiple attribute group decision making problems with interval-valued intuitionistic trapezoidal fuzzy numbers", *Comput. Ind. Eng.*, **66**(2), pp. 311-324 (2013).
34. Wan, S.P. "Power average operators of trapezoidal intuitionistic fuzzy numbers and application to multi-attribute group decision making", *Appl. Math. Model.*, **37**(6), pp. 4112-4126 (2013).
35. Grabisch, M. "Fuzzy integral in multicriteria decision making", *Fuzzy Sets Syst.*, **69**(3), pp. 279-298 (1995).
36. Grabisch, M., Sugeno, M. and Murofushi, T., *Fuzzy Measures and Integrals: Theory and Applications*, Springer-Verlag New York, Inc (2000).
37. Wei, G., Lin, R., Zhao, X. and Wang, H. "An approach to multiple attribute decision making based on the induced Choquet integral with fuzzy number intuitionistic fuzzy information", *J. Bus. Econ. Manag.*, **15**(2), pp. 277-298 (2014).
38. Beg, I. and Rashid, T. "Multi-criteria trapezoidal valued intuitionistic fuzzy decision making with Choquet integral based TOPSIS", *OPSEARCH*, **51**(1), pp. 98-129 (2014).
39. Meyer, P. and Roubens, M. "On the use of the Choquet integral with fuzzy numbers in multiple criteria decision support", *Fuzzy Sets Syst.*, **157**(7), pp. 927-938 (2006).
40. Yue, X., Xia, G.K. and Li, Y. "Multi-attribute group decision-making method based on triangular intuitionistic fuzzy number and 2-tuple linguistic information", *J. Softw.*, **7**(7), pp. 1546-1553 (2012).
41. Klement, E.P., Mesiar, R. and Pap, E. "Triangular norms. Position paper I: Basic analytical and algebraic properties", *Fuzzy Sets Syst.*, **143**(1), pp. 5-26 (2004).
42. Li, D. "A ratio ranking method of triangular intuitionistic fuzzy numbers and its application to MADM problems", *Comput. Math. App.*, **60**(6), pp. 1557-1570 (2010).
43. Zhao, S., Liang, C. and Zhang, J. "Some intuitionistic trapezoidal fuzzy aggregation operators based on Einstein operations and their application in multiple attribute group decision making", *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, **8**(2), pp. 547-569 (2015).
44. Wang, Z. and Klir, G.J., *Fuzzy Measure Theory*, New York: Springer Science & Business Media (1992).
45. Tan, C. and Chen, X. "Intuitionistic fuzzy Choquet integral operator for multi-criteria decision making", *Expert Syst. Appl.*, **37**(1), pp. 149-157 (2010).
46. Vincke, J. and Brans, P. "A preference ranking organization method. The PROMETHEE method for MCDM", *Manag. Sci.*, **31**(6), pp. 647-656 (1985).