



انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین سبز با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره

ابوالقاسم عربیون

دانشیار دانشکده کارآفرینی دانشگاه تهران و مدیر گروه کارآفرینی فناورانه

صبا حسینیون

دانشجوی دکتر مهندسی صنایع دانشگاه تهران

فاطمه طاهری خراسانی

دانشجوی کارشناسی ارشد کارآفرینی بین الملل دانشگاه تهران

چکیده

کنترل نکردن آلودگی هوا می تواند سبب بالا رفتن دمای سطح زمین شود. از سویی دیگر تولید بیش از اندازه ی مواد پلاستیکی توسط کارخانه ها نیز می تواند سبب آلودگی محیط زیست و از بین بردن بسیاری از چرخه های غذایی در زمین شود. به همین سبب بسیاری از نهاد های فعال در محیط زیست تصمیم گرفته اند تا با نظارت دقیق تر و جدی تر بر روی فعالیت ها استراتژی هایی را در راستای کاهش آلودگی تولید کنند. زنجیره تامین سبز با بررسی فعالیت های استفاده شده در طراحی، تولید و توزیع محصولات، اثرات مخرب زیست محیطی را کاهش داده و سبب افزایش بهبود کاری شده است. در این پژوهش روش ها و استراتژی های تصمیم گیری چندمعیاره برای بهبود زنجیره ی تامین سبز مورد بررسی قرار گرفته است. انتخاب تامین کننده همواره یک مسئله ی اساسی در فرایند زنجیره ی تامین می باشد که استفاده از تکنیک های چند معیاره می تواند در راستای حل این مسئله کمک بزرگی باشد. در این مقاله انواع تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره مورد بررسی قرار می گیرد.

واژگان کلیدی: مدیریت زنجیره تامین سبز، تامین کننده، تصمیم گیری چند معیاره

مقدمه

زنجیره تامین سبز به مجموعه‌ای از فرایندها که در دوره‌ی طراحی، تولید، مصرف و بازیافت یک محصول به کار برده می‌شود، گفته می‌شود. این فرایندها در تلاش هستند تا ضایعات کمتری را تولید و از انرژی‌های تجدیدپذیر به جای انرژی تجدیدناپذیر استفاده کنند. (Abbasi & Choukolaei, 2023) زنجیره‌ی تامین سبز در سه بخش مادی، غیر مادی و احساسی اهمیت زیادی دارد. زنجیره‌ی تامین سبز با کاهش اثرات مخرب زیست محیطی سبب کاهش هزینه‌های تامین کنندگان و تولید کنندگان می‌شود. همچنین در نهایت سبب کاهش مصرف انرژی توسط زنجیره‌ی تامین تولید محصول خواهد شد. (Liu et al., 2022) در مورد مزایای غیر مادی زنجیره‌ی تامین سبز می‌توان به سهولت دسترسی تامین کنندگان و رضایت مشتریان اشاره کرد. همچنین تشویق سهامداری افراد نسبت به محیط زیست از جمله موارد احساسی می‌باشد. (Quintana-García et al., 2021)

محیط کسب و کار امروز سطح بالایی از عدم قطعیت و رفتارهای متلاطم زنجیره تامین را ایجاد کرده است که این رفتارهای متلاطم نتیجه عواملی مانند جهانی شدن، افزایش سطح فعالیت‌های برون سپاری، افزایش نوسانات تقاضا، کاهش چرخه عمر محصولات، کاهش شدید ذخیره موجودی و کاهش تعداد تامین کنندگان می‌باشد. همچنین عوامل محیطی مانند سیل و زلزله به همراه حملات سایبری و تحریم‌ها از دیگر چالش‌های زنجیره‌ی تامین می‌باشند. به طور معمول، هدف اصلی مدیریت زنجیره تامین سبز به حداقل رساندن مسائل زیست محیطی است. با این حال، امروزه سازمان‌ها و تامین کنندگان نگرانی‌های متعددی در زمینه معیارهای سبز دارند. مدیریت زنجیره تامین سبز یک روند جدید است که در آن سازمان‌ها در حال توسعه و گسترش خود هستند تا مسائل زیست محیطی مانند انتشار گاز کربن را در نظر بگیرند. در واقع مدیریت زنجیره تامین سبز مدیریت جریان ثروت، در شکل‌گیری و محصولات در فرآیند زنجیره تامین به منظور رسیدن به تعادل مناسب بین جنبه‌های زیست محیطی و اقتصادی است. (Goodarzi et al., 2022)

مدیریت زنجیره تامین فرآیند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل عملیات زنجیره تامین است که به طور بهینه انجام می‌شود. مدیریت زنجیره تامین وظیفه دارد واحدهای سازمانی را در سراسر زنجیره تامین ادغام کند و جریان مواد، اطلاعات و امور مالی را برای تامین تقاضای مشتری نهایی با هدف بهبود رقابت تامین و کلیه فعالیت‌های مربوط به جریان و تبدیل تامین کند. کالاها از مرحله مواد خام اخیراً با حضور مفهوم مدیریت زنجیره تامین، محققان دریافته‌اند که انتخاب تامین کننده مناسب و مدیریت آن رویکردی است که می‌تواند برای افزایش رقابت زنجیره تامین مورد استفاده قرار گیرد. مدیریت زنجیره تامین سبز شامل فعالیت‌هایی مانند خرید سبز، طراحی سبز، عملیات سبز، تولید سبز، تدارکات و توزیع سبز است. مفهوم زنجیره تامین سبز اثرات زیست محیطی یک محصول را در تمام مراحل چرخه عمر آن، از استخراج مواد اولیه تا طراحی و تولید و در نهایت حذف محصول، پوشش می‌دهد. (Amin-Tahmasbi and Alfi, 2018) هدف اصلی فرآیند مدیریت زنجیره تامین سبز (GSCM) کاهش آلودگی زیست محیطی و مواد خطرناک از سوی تامین کننده سبز در حین خرید، تولید، بازاریابی و منسوخ شدن محصولات است. (Liao et al., 2016)

زنجیره‌ی تامین تنها مختص تامین کنندگان صنایع نیست بلکه می‌تواند یک فرهنگ جدید و مفید برای تمام افراد جامعه اعم از تولید کنندگان، تامین کنندگان و مصرف کنندگان باشد. مدیریت زنجیره‌ی تامین سبز ایجاب می‌کند که محصولات با توجه به ملاحظات و معیارهای بین‌المللی و ملی هر منطقه در زمینه زیست محیطی تولید شوند. استفاده از زنجیره‌ی تامین سبز در کوتاه مدت سبب افزایش رضایت مشتریان از محصولات با کیفیت که آلودگی کمتری را برای محیط زیست به همراه دارند می‌شوند. یکی از مهم‌ترین اثرات کوتاه مدت

استفاده از زنجیره ی تامین سبز کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه های ناشی از بازیافت زبانه ها می باشد و سبب کاهش فشار کاری دولت ها می شود. (Khan et al., 2022) همچنین زنجیره ی تامین در بلند مدت سبب کاهش تولید زبانه های بازیافتی و عدم استفاده از منابع انرژی تجدید ناپذیر می شود. حفظ زیرساخت ها و منابع انرژی کشور ها و همچنین تلاش برای حفظ محیط زیست از دیگر مزایای استفاده از زنجیره ی تامین سبز برای دولت ها می باشد. (Heydari et al., 2021)

مطالعات (Amin-Tahmasbi & Alfi, 2018; Goodarzi et al., 2022; Kannan et al., 2013; Liao et al., 2016) نشان می دهند که امروزه مدیریت محیطی با تاکید بر حفاظت از محیط زیست یکی از مهم ترین مسائل برای مشتریان، تامین کنندگان و دولت است و فشار های جهانی سازمان ها را ملزم به تولید محصولات و خدمات سازگار با محیط زیست کرده است. در بسیاری از موارد تصور می شود که زنجیره ی تامین سبز صرفا به معنی کاهش یا استفاده نکردن از مواد شیمیایی است که این تصور کاملا غلط می باشد. چرا که مهم ترین شاخص در زنجیره ی تامین سبز رعایت استاندارد های لازم در خرید ماشین آلات، تجهیزات و ابزارهای فنی می باشد. (نصیریان، ۲۰۲۲) در اصل، دو نوع انتخاب تامین کننده وجود دارد. در نوع اول (تک منبع یابی)، یک تامین کننده می تواند کل نیاز خریدار را برآورده کند و خریدار تنها باید یک تصمیم بگیرد: کدام تامین کننده بهترین است. در نوع دوم و رایج تر (چند منبعی)، بیش از یک تامین کننده باید انتخاب شود زیرا هیچ تامین کننده ای نمی تواند تمام سفارشات خریدار را برآورده کند، از این رو، شرکت ها باید هم بهترین تامین کنندگان را انتخاب کنند و هم اینکه چه مقدار باید بین آن ها برای ایجاد یک محیط رقابتی ثابت تخصیص داده شود. بر این اساس، منبع یابی چندگانه به دلیل تنوع در کل سفارشات شرکت، اطمینان قابل توجهی از تحویل به موقع و انعطاف پذیری سفارش را فراهم می کند. (Kannan et al., 2013)

انتخاب تامین کنندگان بر اساس اصول و معیارهای خاصی صورت می پذیرد. از مهم ترین معیار های انتخاب تامین کنندگان مقرون و به صرفه بودن انتخاب آن تامین کننده است. برای کسب و کار های جدید و شرکت های کوچک مقرون به صرفه بودن یکی از مهم ترین شاخص های انتخاب تامین کننده به حساب می آید. ایجاد تعادل بین هزینه و ارزش کالا از جمله مهم ترین روش هایی است که همکاری بین تامین کننده و کسب و کار را در زنجیره ی تامین به دنبال خواهد داشت. (حسن & فیروز، ۲۰۱۱)

از دیگر معیار ها می توان به اطمینان از کیفیت خدمات و توانایی فنی به همراه سرعت و انعطاف پذیری نام برد. سرعت و انعطاف پذیری از خدمات مهم یک تامین کننده می باشد. انعطاف پذیری زنجیره ی تامین به خصوص انعطاف پذیری تامین کننده به شرکت ها امکان می دهد تا بتوانند به سرعت تامین کنندگان یا مواد اولیه را تغییر دهند. (Tahmasbiroshan et al., 2022)

انتخاب تامین کنندگان همچنین مراحل را در پی دارد که نیازمند تصمیم گیری می باشد. تصمیم گیری در این مرحله نیاز به روش هایی سیستماتیک به همراه معیار های عینی دارد. این امر سبب تصمیم قابل قبول و موفقیت در سازمان می شود. معیار های انتخاب تامین کنندگان در مرحله ی اول مستلزم ارزیابی پیشنهاد ها و اطمینان از مطابقت تامین کننده با کلیه ی جنبه ها و نیاز های سازمان است. این امر نیاز به بررسی قابلیت های کمی و کیفی به همراه بررسی معایب و مزایای تامین کننده می باشد. البته نباید از تجزیه و تحلیل ظرفیت عملیاتی تامین کننده غافل شد. این مرحله یکی از مهم ترین مراحل گزینش تامین کننده به حساب می آید. بررسی توانایی های فنی و عملکرد مالی تامین کننده از دیگر معیارهایی است که برای تصمیم گیری انتخاب تامین کننده موثر است. (Ristono et al., 2018) برای این منظور استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره پیشنهاد می شود.

روش تصمیم گیری چند معیاره

شناسایی معیارهای ویژه ارزیابی تامین کنندگان از دیدگاه سبز، ادغام این اقدامات در یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)، توسعه مدل های مناسب برای تعیین تخصیص سفارش تامین کنندگان و در نهایت حل آنها چالشی برای مدیران است. از آنجایی که انتخاب تامین کننده یک مشکل MCDM است، فرآیند مقایسه معیارها و جایگزین ها را می توان در محیط های فازی انجام داد. بنابراین تصمیم گیرندگان ترجیح می دهند به جای مقیاس های قطعی و عددی، قضاوت خود را با اصطلاحات زبانی انجام دهند. این ناآگاهی از ادبیات قبلی تا حدودی به دلیل پیچیدگی های مرتبط با مدل سازی تصمیمات تصادفی است. علاوه بر این، فرآیند انتخاب تامین کننده تنها رتبه بندی تامین کنندگان را با توجه به معیارهای تصمیم گیری تعیین می کند. با این حال، مشکلات دنیای واقعی پیچیده تر هستند و نیاز به تعیین مقدار خرید بهینه هر کالا از هر تامین کننده در هر دوره دارند. (Hashemzahi et al., 2020)

روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) یک روش تحلیل تصمیم‌گیری است که برای مسائل انتخاب استفاده شده است. انتخاب تامین‌کننده سبز یک مشکل MCDM است که هم معیارهای کیفی (مانند کیفیت خدمات و مهارت محیطی و غیره) و هم معیارهای کمی (مانند سود و هزینه و غیره) را در منابع تجاری در تضاد دارند. برای هر تولیدی، انتخاب تامین‌کنندگان سبز بالادستی مناسب یک عامل موفقیت کلیدی است که به طور قابل توجهی هزینه‌های زیست محیطی را کاهش می‌دهد، رضایت مشتری پایین دستی را افزایش می‌دهد و توانایی رقابتی را بهبود می‌بخشد. بنابراین، انتخاب تامین‌کنندگان سبز مناسب به یک موضوع حیاتی تبدیل می‌شود (Liao et al., 2016).

روش تصمیم‌گیری انواع مختلفی دارد به عنوان مثال، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فاز AHP (FAHP)، فرآیند شبکه تحلیلی (ANP)، مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM)، استدلال مبتنی بر مورد (CBR)، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، الگوریتم ژنتیک (GA)، شبکه‌های عصبی (NN)، تابع از دست دادن تاگوجی، تکنیک‌هایی برای اولویت سفارش بر اساس شباهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS)، و فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی تاپسیس فاز. در اهداف انتخاب چندگانه یا بخش، بسیاری از محققان از روش‌های مختلف برنامه‌ریزی ریاضی مانند برنامه‌ریزی خطی (LP)، برنامه‌ریزی هدف (GP)، GP اعداد صحیح مختلط و برنامه‌ریزی هدف چند گزینه‌ای (MCGP) در مسائل انتخاب تامین‌کننده استفاده کرده‌اند. (Liao et al., 2016)

برنامه نویسی هدف (GP) به دلیل سادگی و انعطاف پذیری آن به طور گسترده برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) و تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM) استفاده می‌شود. برنامه نویسی هدف می‌تواند تعداد نسبتاً زیادی از متغیرهای تصمیم‌گیری، محدودیت‌های منابع و اهداف را مدیریت کند. برنامه نویسی هدف شاخه‌ای از بهینه‌سازی چند هدفه است. این برنامه‌ریزی خطی را با اهداف متعدد و معمولاً متضاد گسترش می‌دهد. (Kannan et al., 2013)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. در این روش ابتدا سنج‌ها انتخاب می‌شود. سپس بر اساس انتخاب سنج‌های شناسایی شده تامین‌کنندگان ارزیابی می‌شوند. علت سلسله مراتبی خواندن این روش به این دلیل است که ابتدا باید اهداف و راهبرد های سازمان شناسایی و در راس هرم قرار گیرند. سپس با گسترش آن‌ها سنج‌ها شناسایی و به پایین هرم حرکت شود. این روش یکی از پر کاربردترین روش‌ها برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. اگر گزینه‌ها یا معیارها زیاد باشد برای ایجاد ماتریس زوجی از روش تصمیم‌گیری چند معیاره OPA استفاده می‌شود. هدف این تکنیک انتخاب بهترین گزینه براساس معیارهای مختلف از طریق مقایسه زوجی است. این تکنیک برای وزن دهی معیارها نیز استفاده می‌شود.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به شکل‌های زیر طراحی می‌شود:

- هدف – معیار
- هدف – معیار – زیرمعیار
- هدف – معیار – گزینه
- هدف – معیار – زیرمعیار – گزینه

در یک مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی ممکن است فقط معیارها تعیین وزن شود. ممکن است زیرمعیارهایی نیز وجود داشته باشد و هدف تعیین وزن زیرمعیارها باشد. مدل کلاسیک AHP شامل هدف، معیار و گزینه است. معیار آن چیزی است که براساس آن انتخاب شود که معیارهای تصمیم‌گیری برای انتخاب چه باشد. گزینه آن چیزی است که از میان آن نامزد ها یا تامین‌کنندگان انتخاب می‌شوند. یک مدل پیشرفته از این تحلیل به نام روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فاز (Yu et al., 2021) شناخته می‌شود.

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فاز

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فاز (FAHP) روشی برای تحلیل ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از منطق فاز می‌باشد. در روش مرسوم فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی افراد خبره برای انجام مقایسات استفاده می‌شود. اما باید به این نکته توجه داشت که مقایسه زوجی به روش سنتی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را بطور کامل ندارد. استفاده از اعداد فاز سازگاری



بیشتری با عبارات کلامی و گاه مبهم انسانی دارد بنابراین بهتر است که با یکارگیری اعداد فازی به تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. در این روش نخست با انتخاب طیف فازی مورد نظر، داده‌های گردآوری شده در ماتریس مقایسه زوجی وارد می‌شود. بنابراین در ماتریس مقایسه زوجی فازی، میانگین هندسی عناصر هر سطر محاسبه می‌شود. فرمول محاسبه میانگین هندسی در زیر نشان داده شده است.

$$\prod_{i=1}^n \tilde{F}_i = \left(\prod_{i=1}^n \tilde{l}_i, \prod_{i=1}^n \tilde{m}_i, \prod_{i=1}^n \tilde{u}_i \right)$$

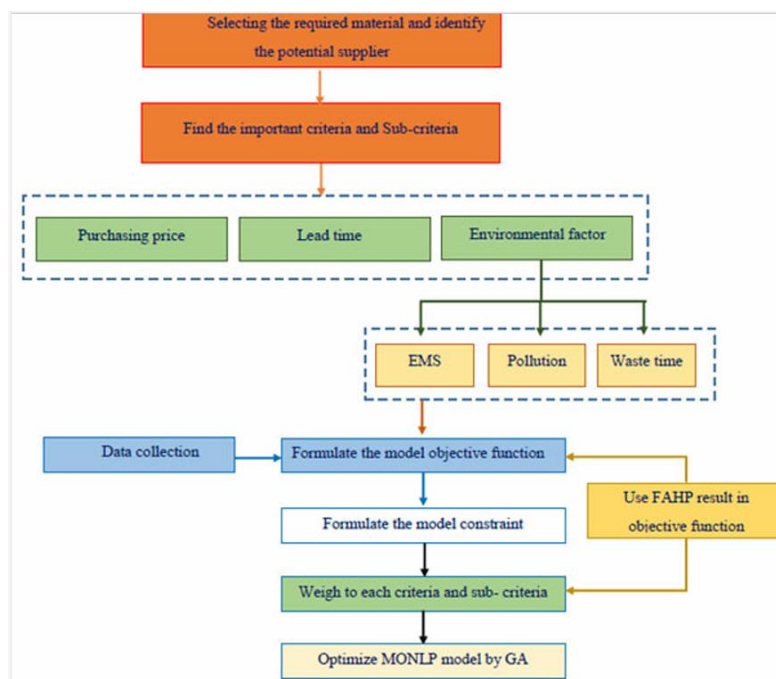
بسط فازی هر سطر وزن اولیه عنصر مندرج در آن سطر را نشان می‌دهد. این وزن باید نرمال شود. اگر میانگین هندسی هر سطر (بسط فازی هر سطر) را با S_i نشان دهیم برای نرمال سازی جمع تمامی بسط فازی همه سطرها (وزن‌های اولیه فازی) را حساب می‌کند. مجموع ترجیحات تمامی عناصر یعنی $\Sigma(S_i)$ به صورت زیر محاسبه می‌شود. برای نرمال سازی باید بسط فازی هر عنصر S_i بر مجموع تمامی ترجیحات $\Sigma(S_i)$ تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند از فرمول زیر برای محاسبه وزن هر عنصر استفاده می‌شود:

$$\tilde{S}_i = \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \otimes \left[\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right]^{-1}$$

وزن محاسبه شده، وزن نهایی عنصر مورد بررسی است. این اوزان فازی است برای محاسبه وزن قطعی از روش فازی زادی استفاده می‌شود. این مرحله گام مهمی در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی است.

یکی از پژوهش‌های اخیر که بر روی این روش برای انتخاب تامین‌کننده زنجیره ی تامین سبز استفاده کرده است (Hashemzahi et al., 2020) می باشد. مقاله ی (Hashemzahi et al., ۲۰۲۰) با ارائه ی یک مدل یکپارچه برای انتخاب تامین‌کننده سبز و تخصیص سفارش ایجاد به پاسخ به سؤالات تحقیق زیر پرداخته است:

- چگونه می توان انتخاب تأمین کننده سبز را انجام داد؟
 - چگونه تکنیک های MCDM می توانند به فرآیند انتخاب تامین کننده کمک کنند؟
 - مقدار بهینه خرید هر کالا از هر تامین کننده در هر دوره چقدر است؟
- روش پیشنهادی مقاله ی (Hashemzahi et al., ۲۰۲۰) از چند مرحله تشکیل شده است. خلاصه ی این مراحل در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ چارچوب پیشنهادی

روش پیشنهادی این مقاله به شرح زیر است:

در این مطالعه، مشکلات انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با یک FAHP و MONLP یکپارچه حل شده است که در سه فاز مرتبط به شرح زیر تکمیل شده است.

فاز ۱: شناسایی معیارها و زیرمعیارهای انتخاب تامین کننده سبز: که این مرحله با بررسی ادبیات تکمیل شده است. علاوه بر این، معیارهای مختلف انتخاب تامین کننده سبز برای استفاده در فرآیند ارزیابی تامین کننده مورد بررسی قرار گرفت. به عبارت دیگر معیارها و زیرمعیارهای انتخاب تامین کننده سبز بر اساس ادبیات قبلی شناسایی می شوند.

فاز ۲: انتخاب تامین کننده با استفاده از FAHP انتخاب تامین کننده یک مشکل MCDM است. در این راستا لازم است از ابزارهای MCDM برای تعیین رتبه بندی تامین کنندگان با توجه به معیارهای تصمیم گیری استفاده شود. بنابراین، در ابتدا سلسله مراتب تصمیم گیری برای تعیین رتبه بندی نهایی تامین کنندگان ساخته می شود. این سلسله مراتب شامل چهار سطح به شرح زیر است. هدف سطح اول تعیین بهترین تامین کننده با توجه به معیارهای انتخاب تامین کننده سبز است. در مرحله بعد، سطح دوم شامل معیارهای توسعه یافته برای ارزیابی تامین کنندگان است. در ادامه، سطح سوم شامل زیرمعیارهای هر یک از معیارهای تصمیم گیری است. در نهایت، سطح چهارم شامل جایگزین هایی است که تامین کنندگان بالقوه ای هستند که از دیدگاه سبز ارزیابی می شوند. چندین مشکل تصمیم گیری در دنیای واقعی در یک محیط فازی رخ می دهد.

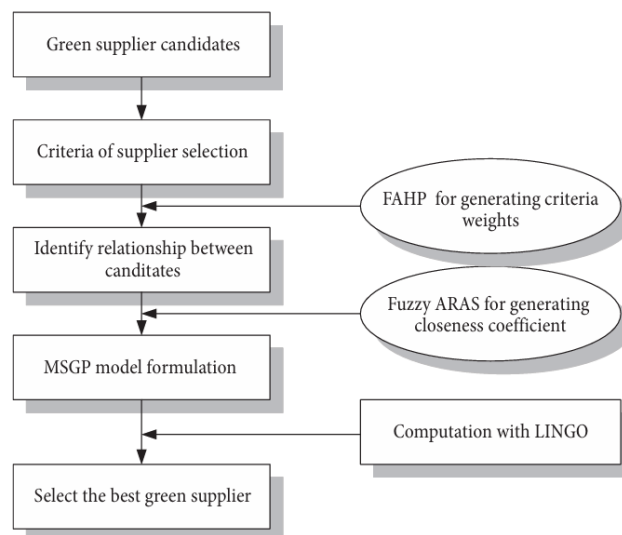
پس از فرآیند انتخاب تامین کننده، لازم است مقدار بهینه اقلامی که باید از هر تامین کننده در هر دوره خریداری شود، تعیین شود. به عبارت دیگر، همانطور که گفته شد، فرآیندهای انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با هم مرتبط هستند. هنگامی که شرکت ها وزن تامین کنندگان خود را با توجه به معیارهای اعمال شده پیدا کردند، باید از برنامه خرید بهینه مطلع شوند. از آنجایی که اهداف متعددی در توسعه مدل های ریاضی وجود دارد، توسعه رویکردهای تصمیم گیری چندهدفه (MODM) برای بهینه سازی تخصیص سفارش ضروری است. علاوه بر این، محدودیت های زیادی از جمله ظرفیت هر تامین کننده در هر دوره برای تهیه اقلام وجود دارد که استفاده از مدل های MODM را ضروری می کند. بنابراین، یک مدل MONLP برای تعیین مقدار خرید بهینه هر کالا از هر تامین کننده در هر دوره ایجاد می شود. علاوه بر این، یک GA برای حل مدل MONLP توسعه یافته توسعه یافته است. مدل پیشنهادی شامل یک سری اهداف است که باید به طور همزمان برآورده شوند. این مقاله یک MONLP را برای مسئله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش تحت شرایط تصادفی و منابع چندگانه ایجاد می کند. تردیدهای کمیت تقاضا و زمان بندی دو تغییر رایج در زنجیره تامین هستند. اینها همچنین دلایل مکرر شکایات خریدار-تامین کننده هستند. در مورد حاضر، هم مقدار تقاضا و هم زمان تقاضا با توزیع نرمال بررسی می شوند. برای مرحله ی جمع آوری اطلاعات، پرسشنامه ای طراحی شده و از کارشناسان خواسته شد آن را پر کنند. پرسشنامه تدوین شده شامل چهار بخش به شرح زیر است. بخش های اول از کارشناسان خواسته شد تا اطلاعات کلی در مورد سن، تحصیلات، سوابق و سوابق کاری خود ارائه دهند. بخش دوم مقایسه زوجی معیارها را ارائه می دهد. این بخش با بخش سوم همراه است که شامل مقایسه زوجی معیارهای فرعی است. در نهایت، بخش آخر تامین کنندگان را بر اساس زیر معیارهای توسعه یافته مقایسه می کند.

مقاله ی (Hashemzahi et al., 2020) در سه مرحله تکمیل شده است. معیارهای مرتبط و زیرمعیارهای انتخاب تامین کننده سبز بر اساس ادبیات قبلی در مرحله ی اول تکمیل شده است. در ادامه، مرحله دوم با هدف انتخاب تامین کنندگان با استفاده از رویکرد FAHP انجام می شود. بنابراین این مرحله شامل اولین فرآیند جمع آوری داده های این تحقیق می باشد. با توجه به آخرین مرحله این تحقیق، همانطور که گفته شد، این مرحله یک مدل ریاضی برای تعیین مقدار بهینه خرید هر کالا از هر عرضه کننده در هر دوره ایجاد می کند. در این راستا دومین فرآیند جمع آوری داده ها شامل داده های مورد نیاز هر یک از پارامترهای مدل ریاضی می باشد. با توجه به اعتبار سنجی، از آنجایی که این پژوهش از دو پرسشنامه به منظور توسعه معیارها و تکمیل محاسبات FAHP استفاده کرده است، پرسشنامه های تدوین شده توسط برخی از کارشناسان بررسی شد تا اعتبار سنجی شود. علاوه بر این، محتویات پرسشنامه ها به گونه ای بررسی شد که بدون خطا باشد و آنچه نویسندگان برای محاسبات نیاز دارند جمع آوری کند. علاوه بر این، با توجه به داده های جمع آوری شده، شرکت داده های دقیقی را ارائه کرد زیرا خروجی ها می تواند برای شرکت مفید باشد. همچنین برای پرداختن به اعتبار چارچوب، نتایج به دست آمده از تمامی مراحل با مدیران تولید شرکت مورد بحث و بررسی قرار گرفت. بر اساس این جلسات، مدیران تایید کردند که حتی اصلاحات

جزئی در فرآیند تولید، انتخاب تامین کننده و سایر موارد مرتبط با توجه به دغدغه های سبز می تواند برای حفظ محیط زیست و حرکت به سمت تولید سبز مفید باشد. علاوه بر این، نتایج به دست آمده از مدل ریاضی اعتبارسنجی می شوند، زیرا هیچ خطایی در فرآیند حل مدل رخ نداده است. تصمیمات انتخاب تامین کننده با در نظر گرفتن همزمان هزینه کل، نرخ رد کیفیت، نرخ تحویل دیر هنگام، عوامل محیطی، نرخ سازگاری تحت کمیت تقاضای تصادفی و شرایط زمان بندی انجام می شود. نتایج مدل ریاضی تأثیر هر یک از عوامل را بر مقدار سفارش بهینه تأمین کنندگان موجود نشان داد. این نتایج، نسبت خرید هر تامین کننده و بهترین ارزش تابع تناسب دوره های خرید را نشان می دهد. در نتیجه، این مدل ریاضی به شرکت ها کمک می کند تا تامین کنندگان را با توجه به ملاحظات زیست محیطی، کمترین هزینه و حداکثر رضایت مشتریان انتخاب کنند.

از دیگر مقالاتی که روی ترکیب این روش با دیگر روش ها استفاده کرده است می توان به (Liao et al., 2016) اشاره کرد. در مقاله ی (Liao et al., 2016) انتخاب تامین کننده سبز یکی از فعالیت های تصمیم گیری حیاتی برای به دست آوردن مزیت رقابتی و دستیابی به اهداف GSCM است. برای دستیابی به هدف این شرکت، DMS باید بهترین روش و معیارهای دقیق را برای حل مشکلات انتخاب تامین کننده سبز اعمال کند. به طور کلی، مشکلات ارزیابی و انتخاب تامین کننده سبز مبهم و نامشخص هستند، و بنابراین تئوری مجموعه های فازی به تبدیل ترجیحات و تجربیات DM به نتایج معنادار با استفاده از مقادیر زبانی برای اندازه گیری هر معیار با توجه به هر تامین کننده کمک می کند.

روش پیشنهادی در مقاله ی (Liao et al., 2016) در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ چارچوب روش پیشنهادی

در این شکل نشان داده شده است که FAHP یک فناوری برای حل MCDM فازی (FMCDM) در مسائل مدیریتی است. هدف اصلی FMCDM تصمیم گیری بهترین انتخاب از میان مجموعه فازی جایگزین های رقیب است که تحت معیارهای متناقض ارزیابی می شوند. ویژگی اصلی آن این است که بر اساس قضاوت های مقایسه زوجی DM ها است. یک مجموعه فازی با یک تابع عضویت مشخص می شود که به هر یک از اعضای مجموعه درجه ای از عضویت از صفر تا یک را اختصاص می دهد. در مجموعه فازی، از عبارات کلی، مانند "بزرگ"، "متوسط" و "کوچک" برای گرفتن طیفی از مقادیر عددی استفاده می شود. معمولی ترین تابع عضویت مجموعه فازی تابع عضویت مثلثی است. اعداد مثلثی فازی در کاربردهای فازی محبوب هستند. یک عدد فازی A به عنوان یک زیرمجموعه فازی از خط واقعی X با تابع عضو، μ_A توصیف می شود که نشان دهنده عدم قطعیت است. این تابع عضویت در جهانی از گفتمان [0, 1] تعریف شده است. مراحل انجام این مدل به صورت زیر است.

- مرحله ی اول: تعیین ماتریس تصمیم گیری فازی برای هر معیار
- مرحله ی دوم: ماتریس تصمیم گیری نرمال شده فازی برای مقدار اولیه محاسبه می شود.
- مرحله سوم: ماتریس تصمیم گیری وزنی نرمال شده فازی محاسبه می شود.

- مرحله چهارم: شاخص عملکرد کلی برای هر جایگزین محاسبه می شود.
- مرحله پنجم: میزان سودمندی هر جایگزین محاسبه می شود.
- مرحله ششم: گزینه های جایگزین رتبه بندی شده و کارآمدترین آنها انتخاب می شود.

در مقاله ی (Liao et al., 2016) برای در نظر گرفتن استراتژی و فرهنگ کسب و کار، شرکت نمونه تولید ساعت، شرکت فورموسا به دنبال بهترین تامین کننده سبز برای عملکرد محصول سبز پیشرفته برای بهبود کیفیت و شهرت در نظر گرفته شده است. تامین کننده سبز بهینه گروه تصمیم گیری FCL متشکل از سه عضو بود: مدیر عامل، مدیر ارشد بازاریابی و مدیر ارشد خرید. ضمناً از دو نفر از کارشناسان محیط زیست جهت شرکت در این گروه و ارائه نظرات خود دعوت به عمل آمد. گروه تصمیم‌گیری شامل مدیرعامل (D1)، مدیر بازاریابی (D2)، مدیر ارشد خرید (D3)، تامین‌کننده سبز (D4) و کارشناسان مدیریت زیست‌محیطی (D5)، آنها دارای تجربه غنی در مشکلات ارزیابی تامین‌کننده سبز هستند. پنج معیار کیفی برای انتخاب بهترین تامین کننده سبز عبارتند از هزینه خرید (C1)، خدمات با کیفیت (C2)، قابلیت فناوری. (C3)، مهارت محیطی (C4) و عملکرد تحویل (C5) برای مورد حاضر. یک تکنیک جدید یکپارچه سازی را با استفاده از FAHP، ARAS-F و MSGP برای ارزیابی و انتخاب بهترین تامین کننده پیشنهاد می شود. با توجه به اینکه ممکن است سطوح مختلف آرزوی چندبخشی وجود داشته باشد، رویکرد چند بخش برای این نوع تصمیم‌گیری مناسب‌تر است. بنابراین، این روش یکپارچه به آرزوهای بخش مبهم DMS اجازه می دهد تا سطوح آسپیراسیون چندگانه را برای مشکلات انتخاب تامین کننده سبز تنظیم کند.

روش تاپسیس

روش تاپسیس یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره است که به رتبه بندی گزینه ها می پردازد. در این روش از دو مفهوم "حل ایده آل" و "شباهت به حل ایده آل" استفاده شده است. به منظور اندازه گیری شباهت یک طرح (یا گزینه) به حل ایده آل و ضد ایده آل می باشد که فاصله آن طرح (یا گزینه) از حل ایده آل و ضدایده آل اندازه گیری می شود. سپس گزینه ها بر اساس نسبت فاصله از حل ضد ایده آل به مجموع فاصله از حل ایده آل و ضد ایده آل ارزیابی و رتبه بندی می شوند. روش مبتنی بر این مفهوم به گونه ای است که گزینه جایگزین باید کمترین فاصله را از راه حل مثبت-ایده آل و طولانی ترین فاصله از راه حل منفی-ایده آل داشته باشد. تاپسیس شاخصی به نام شباهت با راه حل مثبت-ایده آل و دوری از راه حل منفی-ایده آل را تعریف می کند. سپس روش جایگزین با حداکثر شباهت به راه حل مثبت-ایده آل را انتخاب می کند. اگر گزینه ای شبیه به یک راه حل ایده آل باشد، درجه بالاتری دارد. راه حل ایده آل یک راه حل است که از هر جنبه ای که به طور عملی وجود ندارد بهترین است. (Chakraborty, 2022)

روش تاپسیس فازی

در مسائل MCDM فازی، مقادیر رتبه بندی عملکرد و وزن های نسبی معمولاً با اعداد فازی مشخص می شوند. یک عدد فازی یک مجموعه فازی محدب است که با فاصله مشخصی از اعداد واقعی تعریف می شود و هر یک دارای مقدار عضویت بین ۰ و ۱ است. روش تاپسیس فازی از روش های معروف و پرکاربرد تصمیم گیری چند معیاره است که جهت رتبه بندی گزینه ها در محیط فازی بکار گرفته می شود این روش توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ ارائه شده است. گام های این روش مشابه روش تاپسیس است.

گام های تکنیک تاپسیس فازی (fuzzy topsis)

- مرحله ی اول: ایجاد ماتریس تصمیم نظرات افراد
- فرض می شود ماتریس تصمیم‌گیری نظرات افراد به شرح زیر باشد.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

هر ستون نشان دهنده یک شاخص سنجش و هر سطر نماینده یک گزینه است. \tilde{X}_{ij} بیانگر کمیت گزینه i ام در زیرمعیار j ام است. همچنین زیرمعیارها بر حسب اثرگذاری روی گزینه‌ها ممکن است منفی یا مثبت باشند. مقادیر \tilde{X}_{ij} می‌تواند بر اساس یک طیف فازی است وارد ماتریس تصمیم شوند. برای تکمیل ماتریس تصمیم فازی می‌توان از طیف ۵ تایی زیر که از عبارت "خیلی ضعیف" تا "خیلی خوب" می‌باشد استفاده کرد.

هنگام تشکیل ماتریس تصمیم باید موارد زیر را نیز به عنوان ورودی وارد روش تاپسیس نمود:

۱- وزن معیارها

۲- نوع معیارها (از نظر مثبت و منفی بودن)

• مرحله دوم: نرمال سازی ماتریس تصمیم

در این مرحله بایستی ماتریس تصمیم‌گیری فازی نظرات افراد به یک ماتریس بدون مقیاس فازی تبدیل شود. برای بدست آوردن ماتریس اگر مولفه‌ها مثبت است از رابطه اول و اگر منفی است از رابطه دوم استفاده می‌شود:

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^*}, \frac{m_{ij}}{u_j^*}, \frac{u_{ij}}{u_j^*} \right) \quad \text{فرمول ۱}$$

$$u_j^* = \max u_{ij}$$

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{m_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{l_{ij}^-} \right) \quad \text{فرمول ۲}$$

$$l_j^- = \min l_{ij}$$

• مرحله سوم: ایجاد ماتریس بدون مقیاس وزین فازی \tilde{v} با مفروض بودن بردار \tilde{w}_{ij} بر اساس معادله زیر.

در واقع این رابطه بیان می‌کند که برای تشکیل ماتریس وزن دار باید ماتریس نرمال را در وزن معیارها ضرب نمود این وزن معیارها از روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره بدست آمده و وارد این مرحله می‌شوند.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad \text{فرمول ۳}$$

• مرحله چهارم: مشخص نمودن ایده‌آل فازی A^+ و ضد ایده‌آل فازی A^- برای مولفه‌ها.

در این گام ایده‌آل مثبت برابر با بزرگترین درایه هر ستون معیار و ایده‌آل منفی برابر با کوچکترین درایه هر ستون معیار است.

$$A^+ = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \text{ where } \tilde{v}_j^* = (\tilde{c}_j^*, \tilde{c}_j^*, \tilde{c}_j^*) \text{ and } \tilde{c}_j^* = \max_i \{\tilde{c}_{ij}\} \quad \text{فرمول ۴}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \text{ where } \tilde{v}_j^- = (\tilde{a}_j^-, \tilde{a}_j^-, \tilde{a}_j^-) \text{ and } \tilde{a}_j^- = \min_i \{\tilde{a}_{ij}\} \quad \text{فرمول ۵}$$

• مرحله پنجم: محاسبه مجموع فواصل هر یک از مولفه‌ها از ایده‌آل مثبت فازی و ایده‌آل منفی فازی.

فواصل در روش تاپسیس فازی از طریق فاصله اقلیدسی حاصل می‌شود.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n dv(\bar{v}_{ij}, \bar{v}_j^*), i = 1, 2, \dots, m$$

فرمول ۶

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n dv(\bar{v}_{ij}, \bar{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m$$

فرمول ۷

• مرحله ششم: محاسبه شاخص شباهت به گزینه ایده‌آل (CCI)

این شباهت از طریق زیر محاسبه می‌شود.

$$CCI = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

فرمول ۸

• مرحله هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

بر اساس ترتیب نزولی CCI می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله مفروض را رتبه‌بندی نمود (Nazim et al., 2022).

از مقالات اخیر که از این روش استفاده کرده است می‌توان به مقاله ی (Goodarzi et al., 2022) اشاره نمود. هدف پژوهش (Goodarzi et al., 2022) به حداقل رساندن هزینه‌ها و به حداکثر رساندن ضریب وزنی تامین کنندگان می‌باشد. همچنین نوآوری‌های اجرا شده در این پژوهش توسعه یک مدل تصمیم‌گیری از GC-TOPSIS فازی به منظور تعیین ضریب وزن تامین کنندگان، توسعه یک برنامه ریزی چندهدفه مختلط احتمالی، استفاده از رویکرد مبتنی بر سناریو به منظور رسیدگی به تقاضا و هزینه در شرایط عدم قطعیت و در نظر گرفتن همزمان شاخص‌های سبز و انعطاف‌پذیر برای ارزیابی تامین کنندگان می‌باشد. به طور کلی هدف این تحقیق حداکثر کردن ارزش سفارشات بر اساس وزن تخصیص داده شده به تامین کنندگان منتخب در دوره ی برنامه ریزی که یک مقدار کل خرید را تعریف می‌کند، می‌باشد. سوالات این تحقیق به صورت زیر است.

- شاخص‌های ارزیابی انعطاف‌پذیری و تامین‌کننده سبز بر اساس نظرات کارشناسان چیست؟
- عوامل وزنی انعطاف‌پذیری و شاخص‌های سبز برای ارزیابی تامین کنندگان با استفاده از بهترین - بدترین روش چیست؟
- عوامل وزنی تامین کنندگان بر اساس مقاومت و شاخص سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی فازی GC - TOPSIS چیست؟
- ارزش بهینه محصول از هر یک از این تامین کنندگان منتخب چیست؟

هدف از تحقیق (Goodarzi et al., 2022) ارائه رویکردی جدید بر اساس تصمیم‌گیری چند معیاره و بهینه‌سازی چندهدفه به منظور انتخاب تامین کنندگان مطابق با معیارهای سبز و تاب‌آوری و همچنین تخصیص سفارش به آن‌ها به صورت بهینه است. رویکرد ارائه شده در این تحقیق شامل دو مرحله اصلی است که پس از تعیین و تایید معیارهای ارزیابی تامین کنندگان که با استفاده از روش دلفی فازی بررسی می‌شود، اهمیت و ضریب وزنی هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش بهترین-بدترین فازی (FBWM) به عنوان یک تکنیک MCDM تعیین می‌شود. سپس هر تامین‌کننده اولویت‌بندی می‌شود و ضریب وزنی بر اساس شاخص‌های سبز و انعطاف‌پذیر تحت عدم قطعیت اطلاعات با توسعه یک رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری، همبستگی خاکستری تعیین می‌شود. در مرحله دوم، یک مدل برنامه ریزی دو هدفه مختلط اعداد صحیح نه تنها برای تعیین تعداد بهینه تامین کنندگان ارائه می‌شود، بلکه اندازه بهینه سفارش از هر تامین‌کننده نیز تعیین می‌شود. نمونه‌گیری جامعه و آماری در پژوهش حاضر نمونه‌گیری قضاوتی هدفمند و غیراحتمالی انجام شد. در مقاله حاضر، اطلاعات به روش زیر جمع‌آوری شده است. بر اساس این تحقیق، برای جمع‌آوری اطلاعات از سه روش اسنادی، دلفی و روش پیمایشی استفاده شده است. از تکنیک اعتبار دلفی فازی برای پالایش و نهایی کردن معیارها به منظور طراحی مدل مفهومی استفاده شده است. همچنین برای پیاده‌سازی مدل طراحی شده در سازمان مورد نظر از روش پیمایش استفاده شده است. به طور کلی از سه نوع پرسشنامه استفاده شد.

- با استفاده از تکنیک اعتبار دلفی فازی، از اولین پرسشنامه به منظور اصلاح شاخص‌های ارزیابی تامین کنندنده استفاده شد.
- برای تعیین وزن شاخص از پرسشنامه دوم استفاده شد.
- و در نهایت از پرسشنامه سوم به منظور اولویت‌بندی تامین کنندگان بر اساس شاخص‌های سبز و تاب‌آور استفاده شد.

بهترین - بدترین روش تصمیم‌گیری چند معیاره (BWM) بر اساس مقایسه‌های زوجی برای به دست آوردن وزن است. مراحل روش فازی بهترین - بدترین برای به دست آوردن وزن‌های بهینه فازی به شرح زیر است: مرحله اول: تعیین معیارهای تصمیم‌گیری؛ در این مرحله معیارها با بررسی متون و نظر کارشناسان به دست آمده و در نظر گرفته می‌شوند. مرحله دوم: تعیین بهترین و بدترین معیار؛ بر اساس معیارهای تصمیم‌گیری تعیین شده، بهترین و بدترین معیارها باید توسط تصمیم‌گیرندگان شناسایی شوند. مرحله ی سوم: انجام

مقایسه مرجع فازی برای بهترین معیار: بر اساس عبارات کلامی تصمیم گیرندگان ترجیحات فازی بهترین معیار در مقایسه با همه معیارها تعیین می شود. مرحله ی چهارم: انجام مقایسه مرجع فازی برای بدترین معیارها: سپس، ترجیحات فازی به دست آمده به اعداد فازی مثلثی تبدیل می شوند. در مرحله ی پنجم وزن فازی بهینه شده به دست می آید.

به طور کلی روش تحقیق (Goodarzi et al., ۲۰۲۲) به دو دسته ی کیفی و کمی تقسیم می شود. در بخش کیفی، تامین کنندگان بر اساس شاخص های سبز و تاب آوری مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند و در بخش کمی، تعداد تامین کنندگان و ارزش بهینه سفارش برای هر تامین کننده تعیین می شود. از این رو تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی و پیمایشی می باشد. در بخش کیفی ابتدا معیارهای ارزیابی تامین کننده با استفاده از روش دلفی فازی تعیین و غربالگری می شود و سپس ضریب وزنی هر معیار نهایی شده با استفاده از بهترین - بدترین روش به عنوان تکنیک MCDM تعیین می شود و پس از آن هر تامین کننده اولویت بندی می شود و ضریب وزن بر اساس شاخص های سبز و تاب آوری تحت عدم قطعیت اطلاعات (نظریه فازی) با توسعه یک رویکرد ترکیبی تصمیم گیری، GC-TOPSIS تعیین می شود. در بخش کمی، یک مدل برنامه ریزی دو هدفه مختلط احتمالی (مبتنی بر سناریو) نه تنها برای تعیین تعداد بهینه سازی شده تامین کنندگان، بلکه همچنین اندازه بهینه شده می شود. فرض این پژوهش بر این است خریدار محصولی را در بازه زمانی از عرضه کننده خریداری می کند که در آن تعداد تقاضای خریدار ثابت است و از چندین محصول تشکیل شده است. در ابتدا، مجموعه تامین کنندگان بر اساس چندین شاخص خاص، که شامل کیفیت، معایب سرویس، تحویل و غیره است، انتخاب می شوند که قبلاً توسط خریدار انتخاب شده اند. فرض بر این است که ظرفیت هر عرضه کننده محدود است. مفروضات زیر در این تحقیق بررسی می شوند.

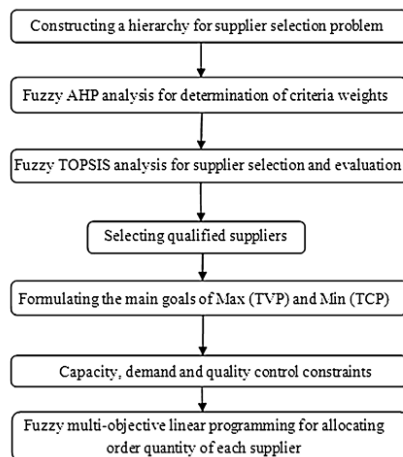
- تعداد معینی از تامین کنندگان وجود دارد.
- پارامترهای اساسی از جمله هزینه های خرید، بندر ترانسفر و ارزش تقاضا همگی غیر محتمل در نظر گرفته می شوند.
- همه تامین کنندگان برای عرضه محصول کامل هستند.
- مشکل از چند دوره تشکیل شده است.
- مشکل از چندین محصول تشکیل شده است.
- کمبود مجاز است

این پژوهش چهار سوال داشته است که با اجرای مدل کمی و کیفی بر روی مفروضات پژوهش جواب ها به شرح زیر است. در جواب سوال اول که شاخص های ارزیابی انعطاف پذیری و تامین کننده سبز بر اساس نظر کارشناسان چه می باشد فهرستی از رویکرد دلفی فازی و ایندکس گذاری به دست آمده است. بر این اساس، بخش محیط زیست، شاخص های پیشنهادی عبارتند از: کنترل آلودگی، تحقیق و توسعه سبز، هزینه های زیست محیطی، محصول سبز، قابلیت های زیست محیطی، سیستم مدیریت محیط زیست و قابلیت طراحی سبز. همچنین در بخش انعطاف پذیری، شاخص های پیشنهادی عبارتند از: توانایی مشاهده، قابلیت های تکنولوژیکی، انعطاف پذیری، چابکی، آسیب پذیری، فرهنگ مدیریت ریسک و سازگاری. در جواب سوال دوم مبنی بر عوامل وزنی انعطاف پذیری و شاخص های سبز برای ارزیابی تامین کنندگان وزن های حاصل برای شاخص های مقاومت و محیطی گزارش شده است. در میان شاخص های سبز صلاحیت های زیست محیطی و در میان شاخص های مقاومت انعطاف پذیری اهمیت بیشتری داشته اند. در پاسخ به سوال سوم مبنی بر عوامل وزنی تامین کنندگان بر اساس مقاومت شاخص سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی فازی جواب های عددی در پژوهش نشان داده است که تامین کننده ی ششم بیشترین میزان مقاومت را داشته است. در نهایت در پاسخ به سوال چهارم مبنی بر ارزش بهینه ی محصول تامین کنندگان ۱ و ۲ و ۶ برای تخصیص سفارش انتخاب شده اند که تامین کننده ی دوم بیشترین میزان را داشته است.

یک مقاله ی دیگر که از ترکیب روش تاپسیس و سلسه مراتب برای تعیین تامین کننده استفاده کرده است (Kannan et al., 2013) می باشد. هدف از انجام مقاله ی (Kannan et al., 2013) ایجاد یک مدل برای انتخاب تامین کننده سبز و تخصیص سفارش بر اساس معیارهای مختلف اقتصادی و زیست محیطی در کنار برنامه نویسی یکپارچه و چند هدفه برای حل مشکلات تامین کنندگان منابع متعدد می باشد.

مقاله ی (Kannan et al., ۲۰۱۳) یک رویکرد برنامه نویسی چندهدفه را برای حل مشکلات منابع سبز چندگانه معرفی می کند. در ابتدا، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و روش های TOPSIS برای تعیین وزن معیارها و رتبه بندی همه تامین کنندگان جایگزین

استفاده می‌شود. در فاز بعدی، یک مدل چندهدفه فازی حداکثر وزنی ایجاد می‌شود تا مقدار سفارش هر تامین‌کننده سبز را بر اساس محدودیت‌های مختلف تعیین کند. به طور کلی این مطالعه AHP فازی، TOPSIS فازی و MOLP فازی را برای حل مشکل انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش ادغام می‌کند. در ابتدا از AHP فازی برای محاسبه وزن نسبی معیارهای انتخاب تامین‌کننده استفاده می‌کند. سپس از TOPSIS فازی برای رتبه‌بندی معیارها بر اساس معیارهای انتخاب شده استفاده کرده است. در نهایت، وزن معیارها و رتبه‌های تامین‌کنندگان در مدل MOLP گنجانده شد تا مقدار سفارش بهینه از هر تامین‌کننده در حالی که تحت برخی محدودیت‌های منابع قرار می‌گیرد، تعیین شود. مراحل اصلی روش حل در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴ چارچوب پیشنهادی

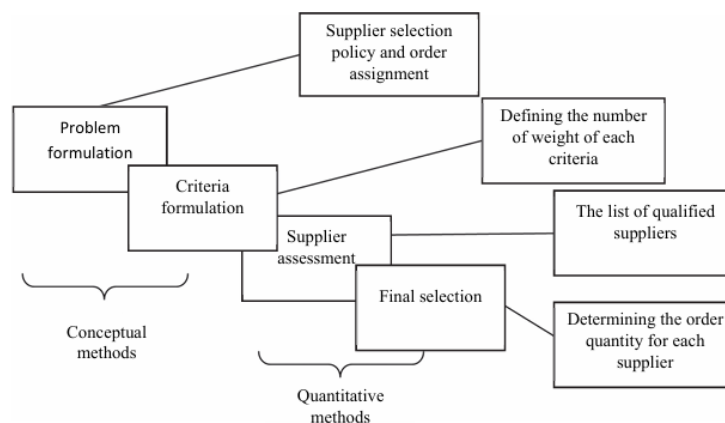
در این مقاله از اعداد فازی مثلثی برای ارزیابی ترجیحات استفاده شده است زیرا استفاده و محاسبه برای DM ها آسان است. یک عدد فازی مثلثی به صورت (a, b, c) تعریف می‌شود که در آن پارامترهای a ، b و c به ترتیب نشان‌دهنده کوچک‌ترین مقدار ممکن، امیدوارکننده‌ترین مقدار و بزرگترین مقدار ممکن هستند. به دلیل محدودیت‌های روش فازی از TOPSIS استفاده شده است. این مدل دارای فرآیند محاسباتی ساده، روش سیستماتیک و منطقی است که بیانگر انتخاب انسانی است. این مدل شامل محدوده نامحدود معیارها و ویژگی‌های عملکردی است و امکان داد و ستد صریح بین ویژگی‌ها را فراهم می‌کند. همچنین از مقایسه‌های جفتی، که توسط روش‌های AHP لازم است، اجتناب می‌شود. جامعه هدف این پژوهش شرکت خودروسازی ایران برای در نظر گرفتن اعتبار مدل یکپارچه پیشنهادی بوده است. تامین‌کنندگان این مورد مطالعه محصول خاصی را ارائه می‌دهند که جزئی از خودرو است. محصول مذکور دارای سه تامین‌کننده است که برای اهداف ما به عنوان $1A$ ، $2A$ و $3A$ نامگذاری شده‌اند. پنج معیار توسط کارشناسان تعیین شده است. تصمیم‌گیرندگان سه کارشناس از بخش خرید، بخش محیط زیست و بخش تولید هستند که در فرآیند تصمیم‌گیری مشارکت دارند. از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که از اولویت‌های نه مقیاسی (از بسیار قوی تا به همان اندازه قوی) برای مقایسه‌های جفتی اهمیت نسبی معیارهای انتخاب تامین‌کننده استفاده کنند و از یک مقیاس هفت درجه‌ای لیکرت (بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط ضعیف، متوسط، متوسط خوب، خوب، خیلی خوب) نظرات خود را به طور مستقل در مورد رتبه‌بندی هر تامین‌کننده با توجه به پنج معیار بیان کنند. اهمیت نسبی هر جفت عناصر و ترجیحات DM ها در یک سلسله مراتب با استفاده از اعداد فازی مثلثی محاسبه می‌شود.

مقاله ی (Kannan et al., 2013) پنج معیار توسعه محصول، کیفیت، کاهش هزینه، تکنولوژی و عوامل زیست محیطی را مورد بررسی قرار داده است. در این پژوهش با استفاده از روش وزن دهی فازی به بررسی وزن‌های مربوط به هر تامین‌کننده پرداخته است. در این مقاله از سه تامین‌کننده استفاده شده است. تامین‌کننده ۳ سومین فرایند ارزیابی تامین‌کننده را اشغال می‌کند و وزن را کاهش می‌دهد. این کاهش وزن به این معنی است که شرکت ممکن است راهبردی برای توجه کمتر به مسائل اقتصادی و زیست محیطی داشته باشد و خریدار مایل به خرید بیشتر از تامین‌کننده ی سه می‌باشد. تامین‌کننده ی ۳ بدترین تامین‌کننده سبز است که با مقادیر تامین‌کننده ۲ که بهترین تامین‌کننده ی سبز است رقابت می‌کند. با توجه به کاهش وزن تامین‌کننده ی دوم طبیعتاً میزان سفارش از این تامین‌کننده نیز کاهش پیدا می‌کند. این به این معنی است که با اینکه تامین‌کننده ی دوم بهترین تامین‌کننده ی سبز می‌باشد ولی نتوانسته است در رقابت خود را بالا ببرد. اگر تامین‌کننده $A1$ میانگین درصد نقص محصولات خود را به حداکثر نسبت عیب قابل قبول



کاهش دهد، آنگاه محدودیت کنترل کیفیت حذف خواهد شد. این بدان معنی است که تامین کننده ی اول می تواند با کاهش عیب های خود در رقابت پیروز شود. بر اساس بررسی متون و با نظر کارشناس، معیارهای احتمالی ارزیابی تامین کننده سبز تعریف و مدل ارزیابی تدوین شد در نهایت، روش حداکثر وزن برای ساختن یک مدل MOLP برای تخصیص استفاده می شود. مقادیر این مدل با در نظر گرفتن برخی محدودیت ها مانند تقاضای خریدار و ظرفیت عرضه، برای نشان دادن کاربردپذیری مدل پیشنهادی، یک مطالعه موردی و تحلیل حساسیت در مقاله ارائه شده است.

از دیگر مقالاتی که می توان به ترکیب روش های تصمیم گیری چند معیاره اشاره کرد مقاله ی (Amin-Tahmasbi & Alfi, 2018) است. مقاله ی (Amin-Tahmasbi and Alfi, 2018) یک مدل برنامه ریزی خطی چندهدفه فازی (FMOLP) برای تعیین مقدار سفارش هر تامین کننده در هر دوره و رتبه بندی تامین کنندگان موجود از نظر عملکرد را ارائه می دهد. روش این تحقیق عدم قطعیت در ظرفیت تامین کننده و همچنین تقاضای مشتری را در نظر می گیرد. مقاله ی (Amin-Tahmasbi and Alfi, 2018) با استفاده از یک روش فازی یک مدل بهینه سازی چند هدفه را ارائه کرده است که برای انتخاب تامین کنندگان ابتدا با استفاده از روش های مفهومی معیار ها را شناسایی و سپس با استفاده از مدل آن ها را بهینه می کند و مقدار سفارش را برای هر تامین کننده تعیین می کند. شکل ۵ چارچوب این تحقیق را نشان می دهد.



شکل ۵ چارچوب روش پیشنهادی

با توجه به گستره وسیع محصولات مورد نیاز، انتخاب تامین کنندگان مناسب و تنظیم سفارش آنها برای هر یک از این محصولات یکی از تصمیمات اصلی در مدیریت زنجیره تامین است. در این میان با تغییر قوانین استاندارد مربوط به عملکرد زیست محیطی کارخانجات و سازمان های تولیدی، ملاحظات زیست محیطی در کنار معیارهای سنتی مانند کیفیت و تحویل و هزینه، معیارهای اصلی انتخاب تامین کنندگان را تشکیل می دهند. این معیارها هزینه، کیفیت، تحویل، قابلیت های تکنولوژیکی و مزایای زیست محیطی هستند. در این تحقیق هر یک از این معیارها خود از چندین زیرمعیار تشکیل شده است. در این تحقیق با استفاده از روش ANP، رابطه بین زیرمعیارها بررسی می شود. فرآیند شبکه تحلیلی به طور گسترده برای حل مسائل MCDM که در آن معیارها مستقل نیستند، استفاده شده است. ANP می تواند بر یکی از محدودیت های تحلیل سلسله مراتبی با فرض استقلال معیارها و گزینه ها غلبه کند. طبق اصل همبستگی، عناصر هر سطح فقط به عناصر سطح بالاتر بستگی دارد، یعنی ضرایب اهمیت عناصر هر سطح لزوماً بر اساس سطح بالاتر تعیین می شود، در حالی که در بیشتر موارد، بین گزینه های تصمیم گیری و معیارهای تصمیم رابطه و همبستگی متقابل وجود دارد. ANP می تواند به عنوان یک ابزار مفید در مسائلی که بین عناصر سیستم تشکیل دهنده یک ساختار شبکه در تعامل است استفاده شود. جامعه ی آماری این پژوهش ساپکو شرکت تامین کننده ی قطعات خودرو می باشد که در این پژوهش در مورد تامین کننده ی لاستیک خودرو سمند کار انجام شده است. در این راستا، تامین کنندگان از نظر استانداردهای تولید آلودگی، مصرف منابع، سیستم های مدیریت زیست محیطی و اصول طراحی سبز برتر انتخاب می شوند. در زنجیره تامین، سه شرکت به عنوان تامین کنندگان اصلی آنها در نظر گرفته می شوند.

در مقاله ی (Amin-Tahmasbi and Alfi, 2018) به منظور جمع آوری اطلاعات از ۱۵ نفر پرسشنامه گرفته شده است که دارای پست های مدیریتی و حداقل مدرک لیسانس بوده اند. مقیاس فازی پیشنهادی از مطالعه دیگری اتخاذ شده است. دلیل این امر انعطاف

پذیری این سیستم رتبه بندی در مواردی است که اطلاعات تصمیم گیرندگان در همه زمینه ها کامل نیست و در همه زمینه ها قابل امتیازدهی نیست. در منطق فازی، متغیرهای زبانی بر حسب عبارت و واژه بیان می شوند. در مرحله بعد نظرات کارشناسان در خصوص اهمیت نسبی معیارها نسبت به یکدیگر در رابطه با هدف اصلی یعنی انتخاب و رتبه بندی تامین کنندگان در زنجیره تامین پایدار مورد بررسی قرار گرفت. با محاسبه بردار ویژه هر یک از ماتریس های مقایسه زوجی، مقادیر شاخص های وابستگی D برای هر یک از زیرمعیارها به دست می آید. برای محاسبه شاخص استقلال هر زیرمعیار، یک معیار اساسی بر اساس اهمیت زیر معیارها نسبت به یکدیگر در موردی که یکی از آنها کنترل می شود، تعیین می شود. در تخصیص سفارشات به تامین کنندگان، دو کارکرد هدف وجود دارد. (۱) به حداقل رساندن کل هزینه ها و (۲) به حداکثر رساندن ارزش خریده ها با استفاده از شاخص های ابزار. تابع هزینه شامل کل هزینه خرید اقلام، هزینه سفارش، تاخیر در پرداخت، کیفیت و هزینه حمل و نقل است. با استفاده از مدل ANP فازی، یک رویکرد زبانی فازی ناقص برای محاسبه اهمیت هر تامین کننده برای یک سازمان تولیدی در زنجیره تامین سبز استفاده شد. معیارهای اصلی و فرعی با نظرات کارشناسان مقایسه شد. در نهایت وزن ها تعیین شد. پس از محاسبه وزن هر تامین کننده، یک مدل برنامه ریزی خطی فازی برای تخصیص سفارش ایجاد شد که در آن دو تابع هزینه هدف خرید و ارزش خرید به طور همزمان بهینه شدند. در این مدل تقاضا و ظرفیت تامین کنندگان به عنوان متغیرهای نامشخص در نظر گرفته شد. بنابراین برای حل آن از یک مدل برنامه ریزی خطی چندهدفه فازی استفاده شد و تقاضا برای هر تامین کننده تعیین شد. ارزیابی تامین کننده یکپارچه و مدل تخصیص سفارش منجر به افزایش سهم بازار محصول، کاهش هزینه، افزایش کیفیت درک شده و بهبود پایداری در زنجیره تامین شد. مدل ANP نتایج ارزیابی واقعی تر تامین کنندگان را در برابر روش های موجود ارائه می کند. بنابراین، مدل تجزیه و تحلیل تصمیم چند معیاره پیشنهادی از تصمیم اتخاذ شده توسط مدیران برای به حداقل رساندن خطر انتخاب تامین کنندگان رد صلاحیت شده در برابر مجموعه ای از معیارهای کمی و کیفی پشتیبانی می کند.

بحث و نتیجه گیری

امروزه تامین کنندگان نقش مهمی در دستیابی به اهداف کلیدی عملکرد زنجیره تامین ایفا می کنند. اخیراً زنجیره تامین سبز نوعی از زنجیره تامین است که در آن الزامات و الزامات زیست محیطی مورد توجه قرار می گیرد. در زنجیره مدیریت زنجیره تامین، انتخاب تامین کنندگان برای مدیران خرید و مدیران عملیاتی و کمک به سازمان ها برای حفظ موقعیت رقابتی خود بسیار مهم است. ارزیابی تامین کنندگان نیاز به در نظر گرفتن عوامل محسوس و نامشهود دارد که گاهی اوقات به وضوح تعریف نمی شوند. عملکرد محیطی یک شرکت نه تنها به تلاش های محیطی درونی کسب و کار مرتبط است، بلکه تحت تأثیر عملکرد و تصویر محیطی تامین کنندگان قرار می گیرد. عملکرد زیست محیطی یک سازمان تحت تأثیر عملکرد زیست محیطی تامین کنندگان آن است و انتخاب تامین کنندگان سبز یک تصمیم استراتژیک به منظور رقابتی تر بودن در بازار جهانی امروز است. مسئله انتخاب تامین کننده شامل چندین معیار کمی و کیفی است. در فرآیند انتخاب تامین کننده، اگر تامین کنندگان ظرفیت محدود یا محدودیت های دیگری داشته باشند، لازم است بهترین تامین کننده و مقدار سفارش هر تامین کننده تعیین شود. ارزیابی و انتخاب تامین کننده فرآیندی است که در آن تامین کنندگان به عنوان جزئی در زنجیره تامین، تجزیه و تحلیل، ارزیابی و انتخاب می شوند. با ظهور مدیریت زنجیره تامین، توجه ویژه ای به موضوع انتخاب تامین کننده شده و تاکنون مقالات متعددی در این زمینه منتشر شده است. هزینه مواد خام در چنین صنایعی بخش عمده ای از هزینه نهایی محصول را تشکیل می دهد و انتخاب تامین کنندگان مناسب به طور قابل توجهی هزینه های خرید را کاهش می دهد.

امروزه با پیشرفت تکنولوژی در فرآیند تولید محصولات مختلف، دستیابی به تولید و توسعه پایدار به یکی از دغدغه های اصلی کارخانجات و سازمان های تولیدی تبدیل شده است. در همین راستا، بسیاری از تولیدکنندگان سعی می کنند تامین کنندگانی را در زنجیره تامین بالادستی خود انتخاب کنند که بهترین عملکرد را از نظر معیارهای توسعه پایدار داشته باشند. زنجیره تامین سبز، از طریق مشارکت های تجاری و تقویت روابط با شرکت ها، به کارایی و هم افزایی بیشتر کمک می کند، در نتیجه باعث افزایش عملکرد زیست محیطی، کاهش ضایعات و صرفه جویی در هزینه ها می شود. در واقع می توان گفت مدیریت زنجیره تامین سبز نوعی استراتژی برای دستیابی به توسعه پایدار در بازار رقابتی امروزی است که هدف آن دستیابی همزمان منافع مالی و کاهش خطرات زیست محیطی است. یکی از موضوعات مهم در مدیریت زنجیره تامین سبز در مورد انتخاب تامین کننده سبز است. انتخاب تامین کنندگان مناسب و همچنین مقاوم می تواند هزینه های خرید و تاخیر را به میزان قابل توجهی کاهش دهد و توانایی کسب و کار را برای بقا در بروز اختلالات و در نتیجه رقابت پذیری

و رضایت مشتری از شرکت‌ها افزایش دهد. با توجه به قوانین دولتی و افزایش آگاهی مردم در مورد حفاظت از محیط زیست، شرکت‌ها نمی‌توانند مسائل زیست محیطی را نادیده بگیرند تا بتوانند مزیت رقابتی خود را در این روند جهانی شدن حفظ کنند. افزایش نگرانی‌های زیست محیطی به این معنی است که باید مسائل آلودگی محیط زیست را که با توسعه صنعتی در فعالیتهای مدیریت زنجیره تامین همراهی می‌کنند، در نظر گرفت که منجر به مفهوم نوظهور مدیریت زنجیره تامین سبز می‌شود.

در سال‌های اخیر، شرکت‌ها برنامه‌ها و بررسی‌های نظارتی متعددی را اجرا کرده‌اند تا اطمینان حاصل کنند که تامین‌کنندگان می‌توانند مواد و خدمات را هم با کیفیت بالا و هم به استانداردهای زیست محیطی اختصاص دهند. GSCM به طور کلی به عنوان نظارت بر تامین‌کنندگان بر اساس عملکرد زیست محیطی آن‌ها و داشتن همکاری تنها با تامین‌کنندگان سبز که استانداردهای زیست محیطی را برآورده می‌کنند، شناخته می‌شود. شناسایی معیارهای ویژه ارزیابی تامین‌کنندگان از دیدگاه سبز، ادغام این اقدامات در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه مدل‌های مناسب برای تعیین تخصیص سفارش تامین‌کنندگان و در نهایت حل آنها چالشی برای مدیران است. از آنجایی که انتخاب تامین‌کننده یک مشکل MCDM است، فرآیند مقایسه معیارها و جایگزین‌ها را می‌توان در محیط‌های فازی انجام داد. بنابراین تصمیم‌گیرندگان ترجیح می‌دهند به جای مقیاس‌های قطعی و عددی، قضاوت خود را با اصطلاحات زبانی انجام دهند. این ناآگاهی از ادبیات قبلی تا حدودی به دلیل پیچیدگی‌های مرتبط با مدل‌سازی تصمیمات تصادفی است. علاوه بر این، فرآیند انتخاب تامین‌کننده تنها رتبه‌بندی تامین‌کنندگان را با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری تعیین می‌کند. با این حال، مشکلات دنیای واقعی پیچیده‌تر هستند و نیاز به تعیین مقدار خرید بهینه هر کالا از هر تامین‌کننده در هر دوره دارند.

MCDM شامل روش‌های مختلفی است که در جنبه‌های مختلف از یکدیگر متفاوت هستند که در بخش‌های بعدی بررسی خواهند شد. این روش، معیارهای کیفی و کمی مختلفی را برای پیدا کردن بهترین راه‌حل در نظر می‌گیرد. به عنوان مثال، هزینه یا قیمت و کیفیت فرآیندها از معیارهای رایج در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری هستند. علاوه بر این، در اینگونه مسائل، گروه‌های تخصصی برای معیارها وزن‌های مختلفی را بر اساس اهمیت هر معیار در آن مورد خاص ارائه می‌دهند.

چند روش از MCDDM توسط نویسندگان مختلف در دهه‌های گذشته توسعه یافته یا بهبود داده شده‌اند. اصلی‌ترین تفاوت‌های بین این روش‌ها مربوط به سطح پیچیدگی الگوریتم‌ها، روش‌های وزن‌دهی برای معیارها، نحوه نمایش معیارهای ارزیابی ترجیحات، امکان داده‌های نامعین و در نهایت نوع تجمیع داده‌هاست.

علاوه بر این، همه انواع MCDM دارای مزایا و معایب خاص و متفاوتی هستند که انتظار می‌رود بر اساس روش‌ها به طور خاص توضیح داده شود. به عنوان مثال، فرآیند سلسله‌مراتبی تحلیلی (AHP) دارای قابلیت استفاده آسان است و مسائل مرتبط با هم وابستگی بین معیارها و گزینه‌ها را پوشش می‌دهد. از سوی دیگر، در نظریه مجموعه فازی (FST) استفاده از ورودی نامعین امکان‌پذیر است؛ با این حال، این روش قابلیت توسعه ندارد. به طور کلی، تمام روش‌های MCDM از مزیت در نظر گرفتن تأثیرات نامتناسب و تضاد تصمیم‌ها برخوردار هستند. اما در سوی دیگر نکته منفی این است که راه‌حلهایی که توسط این روش‌ها تولید می‌شوند، یک توافق بین چندین هدف هستند و به دلیل ماهیت مسئله، به دست آوردن نقطه بهینه امکان‌پذیر نیست.

در مدل‌های قطعی معیارهایی همچون کیفیت خیلی مطلوب یا قیمت پایین به صورت عباراتی مبهم و غیر دقیق بیان می‌شوند که به آسانی این عبارات مبهم را نمی‌توان مورد محاسبه قرار داد، در این موارد تئوری مجموعه‌های فازی بهترین ابزار برای شرایط غیر قطعی است و تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره، تصمیم‌گیرندگان را در ارزیابی یک مجموعه از گزینه‌ها یاری می‌کند. در شرایطی که پیچیدگی زیاد بوده و داده‌های کافی موجود نیست یا اطلاعات مبهم و غیرصریح، وجود دارد می‌توان از این روش استفاده کرد. در حل مسائلی که درک آنها مشکل است منطق فازی ابزار توانمندی به شمار می‌آید. منطق فازی در قیاس با مجموعه‌های کلاسیک و بوسیله مفهوم درجه عضویت قابل تشریح است. به طور کلی تئوری فازی برای مدل‌سازی دو نوع اصلی نبود قطعیت به کار می‌رود. نوع اول، عدم قطعیت در رابطه با ضعف دانش و ابزار بشری در شناخت پیچیدگی‌های یک پدیده می‌باشد. نوع دوم عدم قطعیت مربوط به عدم شفافیت مربوط به یک پدیده یا ویژگی خاص می‌باشد. یعنی یک پدیده ممکن است به طور ذاتی غیرصریح و وابسته به قضاوت افراد باشد. چنانچه این تئوری بر پایه ریاضیات پیشرفته و پیچیده‌ای قرار دارد، یادگیری آن بسیار آسان است. از نظر تئوری هر سیستمی که توسط این منطق طراحی

شده با سایر تکنیک‌ها پیاده‌سازی مرسوم نیز قابل پیاده‌سازی است، اما ممکن است این شیوه‌ها نسبت به منطق فازی پیچیده‌تر و مشکل‌تر باشند.

منابع

- حسن، گ. & فیروز، د. (۲۰۱۱). بررسی معیارها و ارائه مدل انتخاب همکار تجاری در زنجیره تامین مواد و قطعات .
نصیریان، م. (۲۰۲۲). شناسایی، سطح بندی و رتبه بندی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز با رویکرد تلفیقی ISM و تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی.
نشریه علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری، ۴(۱۵)، ۱۵۶-۱۸۹ .
- Abbasi, S., & Choukolaei, H. A. (2023). A systematic review of green supply chain network design literature focusing on carbon policy. *Decision Analytics Journal*, 6, 100189.
- Amin-Tahmasbi, H., & Alfi, S. (2018). A fuzzy multi-criteria decision model for integrated suppliers selection and optimal order allocation in the green supply chain. *Decision Science Letters*, 7(4), 549-566.
- Chakraborty, S. (2022). TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis. *Decision Analytics Journal*, 2, 100021.
- Goodarzi, F., Abdollahzadeh, V., & Zeinalnezhad, M. (2022). An integrated multi-criteria decision-making and multi-objective optimization framework for green supplier evaluation and optimal order allocation under uncertainty. *Decision Analytics Journal*, 4, 100087.
- Hashemzahi, P., Azadnia, A., Galankashi, M. R., Helmi, S. A., & Rafiei, F. M. (2020). Green supplier selection and order allocation: a nonlinear stochastic model. *International Journal of Value Chain Management*, 11(2), 111-138.
- Heydari, J., Govindan, K., & Basiri, Z. (2021). Balancing price and green quality in presence of consumer environmental awareness: A green supply chain coordination approach. *International journal of production research*, 59(7), 1957-1975.
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., & Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47, 355-367.
- Khan, Y., Su'ud, M. B. M., Alam, M. M., Ahmad, S. F., Ahmad, A. Y. B., & Khan, N. (2022). Application of internet of things (iot) in sustainable supply chain management. *Sustainability*, 15(1), 694.
- Liao, C.-N., Fu, Y.-K., & Wu, L.-C. (2016). Integrated FAHP, ARAS-F and MSGP methods for green supplier evaluation and selection. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(5), 651-669.
- Liu, Z., Qian, Q., Hu, B., Shang, W.-L., Li, L., Zhao, Y., Zhao, Z., & Han, C. (2022). Government regulation to promote coordinated emission reduction among enterprises in the green supply chain based on evolutionary game analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 182, 106290.
- Nazim, M., Mohammad, C. W., & Sadiq, M. (2022). A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to software requirements selection. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 10851-10870.
- Quintana-García, C., Benavides-Chicón, C. G., & Marchante-Lara, M. (2021). Does a green supply chain improve corporate reputation? Empirical evidence from European manufacturing sectors. *Industrial Marketing Management*, 92, 344-353.
- Ristono, A., Santoso, P. B., & Tama, I. P. (2018). A literature review of criteria selection in supplier. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 680-696.
- Tahmasbiroshan, N., Arab Kalmori, M., Alizadehsani, M., & Jani Roshan, R. (2022). The impact of Sustainable Human Resources Management on Sustainable Performance: the Mediating Role of Green Supply Chain Management. *Commercial Surveys*, 20(116), 57-74.
- Yu, D., Kou, G., Xu, Z., & Shi, S. (2021). Analysis of collaboration evolution in AHP research: 1982–2018. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 20(01), 7-36.

Supplier selection in the green supply chain using multi-criteria decision-making methods

Abolghasem Arabiun

Associate Professor, University of Tehran

Saba Hosseiniun¹

PHD Candidate at University of Tehran

Fatemeh Taheri Khorasani

Master's Student, University of Tehran

Abstract

Failure to control air pollution can raise the temperature of the earth's surface. On the other side, excessive factory manufacturing of plastic materials can pollute the ecosystem and disrupt many food cycles on Earth. As a result, several environmental organizations have opted to develop pollution-reduction methods that include more rigorous monitoring of activities. The green supply chain has reduced negative environmental consequences and enhanced work improvement by analyzing the activities employed in product design, manufacture, and distribution. In this study, multi-criteria decision-making approaches and strategies for strengthening the green supply chain were examined. Supplier selection is always a basic difficulty in the supply chain process, and multi-criteria strategies can be extremely useful in resolving this issue. This article examines a range of multi-criteria decision-making strategies.

Keywords: Key words: green supplier management, supplier, multi-indicator decision making

1-Corresponding Author