



ارایه چارچوبی یکپارچه جهت ارزیابی و رتبه بندی تامین کنندگان بر اساس مولفه های زنجیره تامین سبز با استفاده از متدلوژی تلفیقی FANP و COPRAS-G

سعید صفری^a و ملیحه بینشیان^b

^a استادیار و عضو هیأت علمی، دانشگاه شاهد، تهران

^b دانشجوی کارشناس ارشد، مدیریت صنعتی، دانشگاه شاهد، تهران

نویسنده مسئول: ملیحه بینشیان (m.bineshian@shahed.ac.ir)

چکیده

توجه به تولید پاک و حفاظت از محیط زیست از سوی سازمان‌ها در گرو تشکیل زنجیره‌تامینی است که در تمامی مراحل آن، مسایل زیست‌محیطی رعایت شود. شکل‌گیری زنجیره‌تامین سبز با این ویژگی، در گرو حضور تامین‌کنندگان سبز می‌باشد. انتخاب صحیح تامین‌کننده سبز گامی موثر در راستای ارایه محصولات و خدمات سبز به مشتریان نهایی و جلب رضایت آن‌ها است. پژوهش حاضر درصدد است جهت ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان بر اساس مولفه های زنجیره تامین سبز، چارچوبی یکپارچه مبتنی بر روش‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای‌فازی و ارزیابی نسبی پیچیده با روابط خاکستری ارایه نماید. مدل پیشنهادی برای ارزیابی تامین‌کنندگان آرد در گروه صنایع غذایی نادری پیاده‌سازی شده و نتایج بررسی‌ها حاکی از کارایی بالای این مدل در ارزیابی عملکرد و مقایسه تامین‌کنندگان سبز این شرکت می‌باشد. بر اساس نتایج حاصله، معیار محصول سبز با وزن ۰.۲۹۷، مهم‌ترین معیار زیست‌محیطی تشخیص داده شده و تامین‌کننده دوم با درجه‌مطلوبیت ۱۰۰٪ از بالاترین اولویت در انتخاب برخوردار است.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین سبز، منطق فازی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی، روش ارزیابی نسبی پیچیده با روابط خاکستری، تامین‌کننده سبز

۱. مقدمه

به‌طور کلی تضمین توسعه پایدار هر کشور منوط به حفظ و استفاده بهینه از منابع محدود و غیر قابل جایگزین در آن کشور می‌باشد. از این‌رو اقدامات گوناگونی برای مواجهه با این مسئله توسط دولت‌ها انجام گرفته است که از جمله می‌توان به اعمال قوانین اصول سبز مانند استفاده از مواد خام سازگار با محیط زیست در مراکز تولیدی و صنعتی، کاهش استفاده از منابع انرژی فسیلی و نفتی، بازیابی کاغذها و استفاده مجدد ضایعات بر شرکت‌ها و سازمان‌های بخش دولتی و خصوصی اشاره کرد. تسری مقررات دولتی جهت اخذ استانداردهای زیست محیطی و تقاضای رو به رشد مصرف‌کنندگان برای عرضه محصولات سبز به زنجیره تأمین که تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا از مرحله ماده خام تا تحویل کالا به مصرف‌کنندگان نهایی، به انضمام جریان اطلاعات در سرتاسر زنجیره را در بر می‌گیرد، موجب ظهور مفهوم جدید مدیریت زنجیره تامین سبز (GSCM) شده است که دربرگیرنده مراحل چرخه عمر محصول از طراحی تا بازیافت می‌شود.

در سال‌های اخیر توجه و تاکید زیادی بر انتخاب تامین‌کنندگان شده است. در فضای تولیدی جدید، تامین‌کننده بخش اساسی زنجیره تامین است و انتخاب تامین‌کننده مناسب به شرکت کمک می‌کند تا محصولات با کیفیت مناسب را به مقدار مورد نیاز با قیمت مناسب و در زمان مورد نیاز فراهم آورد [4]. ارزیابی و انتخاب موثر تامین‌کنندگان مسئولیت مهمی است که باید همواره مدنظر قرار گیرد. حیاتی بودن این موضوع به واسطه اثری است که بر محصولات نهایی سازمان‌ها می‌گذارد [5]. جهت بهبود عملکرد و کنترل ریسک‌های موجود، نیاز به مدیریت تامین‌کننده احساس می‌شود و لازم است که ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده باتوجه به معیارهای سازگار با محیط زیست صورت گیرد [6]. همکاری با تامین‌کنندگانی که از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی قوی هستند، عملکرد زنجیره تامین را بهبود می‌بخشد. شرکت‌ها نیاز به تامین‌کنندگانی دارند که معیارهای زیست محیطی را قبول داشته باشند و هزینه اتلاف در سیستم‌های عملیاتی خود را مورد ارزیابی قرار دهند تا کیفیت زیست‌محیطی محصولات شرکت را تضمین نمایند. در واقع تامین‌کنندگان سبز و انتخاب و ارزیابی آنها فرآیندهای حیاتی در یک زنجیره تامین هستند [7].

پژوهش‌های فراوانی روی انتخاب تامین‌کننده و معیارهای مهم این فعالیت صورت گرفته است، اما تعداد بسیار کمی از این مطالعات در کشور به معیارهای سبز و یا زیست محیطی توجه داشته‌اند. از طرفی باتوجه به موقعیت کشور از لحاظ آلودگی آب و هوا و محدودیت منابع، توجه به اصول سبز و رعایت آن در طی زنجیره تامین امری حیاتی است. با پیدایش و گسترش زنجیره تامین سبز، شناسایی معیارهای زیست محیطی و ارزیابی تامین‌کنندگان و رتبه‌بندی آنها بر اساس این معیارها اهمیت یافته است. سازمان‌ها با انتخاب صحیح تامین‌کنندگان سبز و رعایت اصول زیست محیطی در تعاملات با آنها، می‌توانند گامی موثر در راستای ارایه محصولات و خدمات سبز به مشتریان نهایی برداشته و ضمن جلب رضایت آنها، سهم بازار و سودآوری خود را افزایش دهند.

پژوهش حاضر درصدد پرکردن شکاف مزبور و بهبود نسبی مشکلات موجود با ارایه روش‌شناسی مبتنی بر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تحت شرایط عدم قطعیت است. برای این منظور در این مقاله از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP) برای تعیین میزان اهمیت و وزن معیارهای سبز و از روش ارزیابی نسبی پیچیده با روابط خاکستری (COPRAS-G) پیشنهادی از سوی زاوادکاس و همکاران (۲۰۰۹)، به منظور رتبه‌بندی و انتخاب تامین‌کننده سبز استفاده می‌شود. سایر بخش‌های این مقاله به شرح ذیل سازمان‌دهی می‌شود.

در بخش دوم، مروری بر مبانی نظری پیرامون مفاهیم مدیریت زنجیره تامین سبز و معیارهای ارزیابی تامین‌کنندگان سبز خواهیم داشت. در بخش سوم، روش‌شناسی پژوهش به همراه مدل پیشنهادی ارایه می‌شود. در بخش چهارم، مدل پیشنهادی به صورت گام به گام برای ارزیابی عملکرد و مقایسه تامین‌کنندگان آرد در گروه صنایع غذایی نادری بکارگرفته خواهد شد. در بخش پایانی نتایج حاصل از پژوهش ارایه شده و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی مطرح می‌شود.

۲. مبانی نظری

۱.۲. مدیریت زنجیره تامین سبز

مدیران زنجیره تامین همواره در صدد تحویل به‌موقع کالا و خدمات، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت بوده‌اند و کمتر به بهبود عملکرد زیست محیطی زنجیره تامین، اهمیت هزینه‌های اجتماعی و تخریب محیط زیست توجه داشته‌اند. با فشار مقررات دولتی برای اخذ استانداردهای زیست‌محیطی از یک سو و رشد فزاینده تقاضای مشتریان برای عرضه محصولات سبز (محصولات سازگار با محیط زیست) از سوی دیگر، مفهوم زنجیره تامین سبز و مدیریت آن مطرح گردید [1]. ایده مدیریت زنجیره تامین سبز از کاهش یا از بین بردن ضایعات (انرژی، تولید گازهای گلخانه‌ای، مواد زاید جامد و خطرناک و ...) در زنجیره تامین شکل گرفت. امروزه میزان استقبال پژوهشگران از موضوع مدیریت زنجیره تامین سبز رو به افزایش است [9].

سیدیسین و همکاران (۲۰۰۱) مدیریت زنجیره تامین سبز را مجموعه‌ای از سیاست‌های مدیریت زنجیره تامین می‌دانند، که تمامی فعالیت‌ها و ارتباطات موجود در آن، جهت پاسخ به نگرانی‌های مرتبط با مسائل زیست محیطی بوده و بخش‌هایی چون طراحی، تولید، توزیع، استفاده، استفاده مجدد و دور ریز محصولات و خدمات شرکت را در بر می‌گیرد. GSCM به عنوان ترکیبی از تفکر محیطی نیز به کار برده شده است و تعریف آن شامل طراحی محصول، انتخاب و منبع یابی مواد، فرآیند تولید، تحویل محصول نهایی به مصرف‌کننده و مدیریت پایان عمر محصول پس از استفاده از آن می‌باشد [10]. هدف اصلی زنجیره تامین سبز، کاهش آلودگی محیط زیست از زمان خرید مواد خام، تولید و توزیع تا زمان فروش محصولات و از بین رفتن آن‌ها است. هدف دیگر آن، محدود کردن حجم ضایعات در داخل سیستم صنعتی به منظور حفظ انرژی و منع استفاده از مواد خطرناک و آسیب‌رسان به محیط زیست است [4]. مدیریت زنجیره تامین سبز از طریق بهبود در سرعت عمل، قابلیت پایداری و درجه نزدیکی به محیط، موجب استفاده بهینه از منابع می‌شود. GSCM از طریق لحاظ کردن موضوعات زیست محیطی در فرآیند خرید، طراحی و توسعه محصول، تولید، حمل و نقل، بسته بندی، انبار، از بین روی محصول، و خاتمه مراحل مدیریت چرخه حیات محصول، شکل می‌گیرد [11]. در مدیریت زنجیره تامین سبز استانداردهای مرتبط با محیط در گستره زنجیره تامین رعایت می‌شود تا با افزایش بهره‌وری سازمان، نوعی مقبولیت نزد مشتریان ایجاد شود و در واقع به مسئولیت‌های اجتماعی سازمان عمل می‌شود.

GSCM مفهومی نیست که تمام پژوهشگران در آن اتفاق نظر داشته باشند [12]. اما اکثریت قریب به اتفاق نویسندگان بر این باورند که این مفهوم از این ایده برگرفته شده است که شرکت‌ها باید سبزتر باشند و به یک رویکرد یا دیدگاه برد-برد برسند [13]، و زنجیره های تامین را به توسعه پایدار متصل نمایند [9]. این مفهوم از این تفکر نشأت می‌گیرد که اتخاذ اقدامات منفک از مسایل زیست محیطی از سوی شرکت‌ها، به اندازه اقدامات جمعی که کل زنجیره تامین را سبزتر می‌نماید، اثربخش‌تر نیست [14]. مدیریت زنجیره تامین سبز، بخشی از تلاش‌های گسترده جهت همراستاسازی مدیریت عملیات با هدف بهبود کیفیت زندگی در جامعه می‌باشد [15].

برخی از یافته‌های پژوهشگران حاکی از وجود ارتباط بین GSCM با موفقیت سازمان‌ها است. به عنوان مثال الفت و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که سه اقدام اصلی مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت خودرو در کشورهای درحال توسعه عبارتند از: طراحی بر اساس الزامات زیست محیطی، همکاری با مشتریان، و لجستیک معکوس. یانگ و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه ای مشخص کردند که اقدامات سبز درونی و همکاری سبز بیرونی دارای تاثیر مثبتی بر عملکرد سبز هستند و منتج به رقابت‌پذیری شرکت خواهند شد. GSCM با مدیریت سازمانی معاصر در ارتباط است چراکه می‌تواند با سایر اصول مدیریتی هم‌چون تولید ناب، ایجاد هم‌افزایی نماید [18].

۲.۲. ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان در زنجیره تامین سبز

کارخانجات و موسسات تولیدی و خدماتی برای ادامه حیات خود نیازمند به همکاری با تامین‌کنندگان مختلف می‌باشند. در صنایع تولیدی، مواد خام غالباً بیش از ۷۰٪ هزینه‌های تولید را تشکیل می‌دهند، در چنین شرایطی واحد خرید و مدیران و مسئولان ذی‌ربط می‌توانند به‌واسطه انتخاب صحیح تامین‌کنندگان

نقشی کلیدی در کاهش هزینه‌ها ایفا نمایند [3]. انتخاب تامین‌کننده مهم‌ترین فعالیت واحد خرید و تدارکات سازمان می‌باشد و فرآیندی است که به موجب آن، تامین‌کنندگان بررسی، ارزیابی و انتخاب می‌شوند تا بخشی از زنجیره تامین سازمان را تشکیل دهند. انتخاب تامین‌کننده یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است و از فاکتورهای متعددی که گاه با یکدیگر در تضادند، متأثر می‌باشد. از این رو مدیر تدارکات و سایر مسئولان ذی‌ربط می‌بایست ضمن ایجاد موازنه و تعادل بین این فاکتورها، تصمیم صحیح اتخاذ نمایند [19].

امروزه توجه به الزامات زیست محیطی در حوزه مدیریت عملیات و زنجیره تامین به شدت روبه افزایش است [20]. یکی از مهم‌ترین اقدامات در حوزه مدیریت زنجیره تامین سبز، لحاظ کردن الزامات زیست محیطی در انتخاب تامین‌کنندگان، نگهداری و تعمیرات و همچنین توسعه بازار می‌باشد [21]. کومار و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند فرآیند انتخاب تامین‌کننده شامل مجموعه فعالیت‌هایی از جمله شناسایی، تجزیه و تحلیل، و انتخاب تامین‌کننده می‌باشد. تامین‌کنندگانی که اقدامات GSCM را بکار گیرند قادر خواهند بود عملکرد محیطی شرکت‌ها را در سرتاسر زنجیره تامین تقویت نمایند. در شبکه زنجیره تامین، معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان اغلب شامل هزینه، زمان و کیفیت می‌باشد. اما در سال‌های اخیر توجه به معیارهای زیست محیطی در فرآیند انتخاب تامین‌کنندگان مورد مطالعه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. مدیریت زنجیره تامین سبز با تمرکز بر روی تامین‌کنندگان موجود به آن‌ها کمک می‌کند تا عملکرد محیطی خود را با نیازهای این تامین‌کنندگان بهبود دهند و به گواهی‌نامه‌های زیست محیطی دست یابند یا اقدامات سبز بودن را شناسایی نمایند. بسیاری از شرکت‌ها، زنجیره های تامین خود را به واسطه انتخاب تامین‌کننده سبز موجود، سبز می‌کنند [23]. اخیراً روش‌های مدیریتی تامین و تدارکات این امکان را به وجود آورده‌اند که تعداد تامین‌کننده های کمتر اما قابل اعتمادتری را در اختیار داشته و در عوض مدت زمان طولانی‌تری را با آنان همکاری نماییم. بنابراین می‌توان گفت که انتخاب یک تامین‌کننده مناسب زمان زیادی را به خود اختصاص می‌دهد و به مراتب از مشاهده لیست قیمت‌ها وقت گیرتر است. انتخاب دقیق منوط به در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی گوناگونی است. راهکارهای تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)، استدلال تک بعدی (CBR)، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، الگوریتم ژنتیک (GA)، برنامه ریزی ریاضی، تکنیک چند خصوصیتی ساده (SMART) از جمله تکنیک‌های کارا در این خصوص می‌باشند [24]. موضوع انتخاب تامین‌کننده در سیستم زنجیره تامین یک مسئله تصمیم‌گیری گروهی با چندین معیار می‌باشد [25].

۳.۲. معیارهای موثر بر انتخاب تامین‌کنندگان سبز

در شبکه زنجیره تامین، معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان اغلب شامل هزینه، زمان و کیفیت می‌باشد. اما در سال‌های اخیر توجه به معیارهای زیست محیطی در فرآیند انتخاب تامین‌کنندگان مورد مطالعه پژوهشگران قرار گرفته است. مدیریت زنجیره تامین سبز با تمرکز بر روی تامین‌کنندگان موجود به آن‌ها کمک می‌کند تا عملکرد محیطی خود را با نیازهای این تامین‌کنندگان بهبود دهند و به گواهی‌نامه‌های زیست محیطی دست یابند یا اقدامات سبز بودن را شناسایی نمایند. بسیاری از شرکت‌ها، زنجیره های تامین خود را به واسطه انتخاب تامین‌کننده سبز موجود، سبز می‌کنند [23]. با مروری بر پژوهش‌های پیشین می‌توان دریافت که مقالات مرتبط با موضوع مورد بحث، هریک از زاویه‌ای خاص به شناسایی معیارهای سبز در انتخاب تامین‌کنندگان پرداخته‌اند. یکی از مهم‌ترین پژوهش‌های اخیر، مطالعه گورل و همکاران (۲۰۱۵) است. آنها در مقاله‌ای مروری، با عنوان "عوامل تعیین‌کننده در انتخاب تامین‌کنندگان" به بررسی مهم‌ترین مطالعات پیشین در خصوص معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان سبز و ارائه چارچوبی پیشنهادی از این معیارها پرداختند. به واسطه جامعیتی که چارچوب نظری پیشنهادی آنها دارد، در مقاله حاضر، این چارچوب به‌عنوان ملاکی جهت انتخاب تامین‌کنندگان سبز قرار خواهد گرفت. جدول ۱، معیارها و زیرمعیارهای چارچوب پیشنهادی را به تفصیل تبیین می‌نماید.

جدول ۱. چارچوب نظری معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی تامین‌کنندگان سبز [26]

معیار	زیرمعیار
هزینه	خرید مواد اولیه سازگار با محیط زیست اتخاذ استراتژی قیمت‌گذاری ناحیه‌ای مقدار نسبت عملکرد/قیمت هزینه حمل و نقل
تحويل	تناوب سفارش نرخ تکمیل سفارش زمان پیش‌افت
کیفیت	تضمین کیفیت بهبود فرآیند مدیریت کیفیت اخذ گواهی‌نامه‌های کیفیت
خدمات	پاسخ‌گویی مدیریت انبار توانمندی‌های طراحی

تمایل به تسهیم اطلاعات قابلیت به اشتراک گذاری منافع و ریسکها قابلیت درک اهداف نهایی و فرآیندهای کسب و کار قابلیت ایجاد روابط بلند مدت تسهیم فرهنگ و خطمشی های کسب و کار	اتحاد راهبردی
زباله های جامد مصرف انرژی استفاده از مواد زیانبار	کنترل آلودگی
بسته بندی سبز قابلیت بازیافت قابلیت باز تولید قابلیت استفاده مجدد	محصول سبز
EUP ISO 14001 ODC RoHS WEE	مدیریت محیط زیست

در ادامه، مروری اجمالی بر معیارها و زیرمعیارهای معرفی شده در چارچوب نظری (جدول ۱) می شود.

- هزینه

به طور کلی هزینه از جمله مهم ترین معیار در انتخاب تامین کننده به شمار می رود. انتخاب تامین کنندگان شایسته، منجر به کاهش هزینه و افزایش رقابت پذیری شرکت در بازار خواهد شد. این معیار طبق چارچوب نظری ارایه شده (جدول ۱)، از ۴ زیرمعیار تشکیل شده است. مواد اولیه سازگار با محیط زیست، موادی هستند که با مصرف آن ها آسیبی به محیط زیست نمی شود. این مواد آلودگی را کاهش داده و منابع طبیعی را حفظ می نمایند. استراتژی قیمت گذاری ناحیه ای (CSP) یکی از معیارهای عملکرد راهبردی مبتنی بر هزینه می باشد که ارتباط میان سطح قیمت تامین کننده و متوسط قیمت در آن قیمت را نشان می دهد [27]. مقدار نسبت قیمت به عملکرد، از جمله روش های ارزیابی عملکرد تامین کننده بر اساس تحلیل هزینه می باشد. این نسبت، عاملی جهت سنجش تطابق بودجه ای هزینه کار انجام شده می باشد [28]. هزینه حمل و نقل، بخش مهمی از مخارج عمومی محسوب می شود. این هزینه شامل هزینه سوخت، روغن کاری، جرمه ها، حقوق و پاداش راننده، هزینه های نگهداری و تعمیرات، و خرابی های وسیله نقلیه می شود [29].

- تحویل

تکمیل و تحویل به موقع فرآیند سفارش، لازمه کسب مزیت رقابتی از سوی شرکت ها در بازار رقابتی مشتری مدار می باشد. از این رو شرکت ها نیازمند راه اندازی زنجیره تامین با تامین کنندگان شایسته ای هستند که نیازهایشان را در زمان، مکان، شرایط و با خدمات صحیح تامین نمایند. معیار تحویل طبق چارچوب نظری ارایه شده (جدول ۱)، از ۳ زیرمعیار تشکیل شده است. تناوب سفارش، از فاصله زمانی بین دو سفارش متوالی در یک دوره زمانی حاصل می شود. فرآیند تکمیل سفارش شامل دو مرحله می شود. در مرحله نخست، مشتریان سفارش خود را ارایه می دهند و در مرحله دوم، تامین کنندگان محصولات را تحویل می دهند. تعداد سفارش پاسخ داده شده در هر تناوب سفارش، را نرخ تکمیل سفارش می نامند. به علاوه فاصله زمانی بین دریافت سفارش تا تحویل کالا، تحت عنوان زمان چرخه تکمیل سفارش یا زمان پیش افت تعریف می شود.

- کیفیت

به طور کلی مدیریت، با کنترل و تضمین کیفیت سرو کار دارد. هدف گذاری بر روی بهبود تولید مشتمل بر آغاز، هدایت، و کنترل اهداف، وظایف اصلی مدیر کیفیت را تشکیل می دهد. طبق چارچوب پیشنهادی، معیار کیفیت از ۴ زیرمعیار تشکیل شده است. تضمین کیفیت به تقاضاهای مشتریان جهت بهینه سازی بهره برداری از منابع و انطباق با خطمشی شرکت می پردازد [30]. ارزیابی تاثیر زیست محیطی فرآیندها، مشارکت اقتصادی و جنبه های کیفی در ارزیابی عملکرد یکپارچه، و تعیین و اجرای اقدامات بهبودی، سه گام اصلی بهبود فرآیند را تشکیل می دهند [31]. تلاش شرکت های تامین کننده در اخذ گواهینامه ها و جوایز کیفی از جمله TQM، ISO 9000، EN 29000 و ... زمینه سازی پیشرفت عملکردی آنها بوده و معیاری جهت ارزیابی و مقایسه آنها می باشد. مدیریت کیفیت با مجموعه ای از اصول، اقدامات و تکنیک ها، توصیف می شود. این اصول، خطوط راهنمای کلی ای ترسیم می کنند که از طریق اقدامات پشتیبانی شده با تکنیک های چندگانه، اجرایی می شوند.

- خدمات

در محیط کسب و کار رقابتی قرن ۲۱، شرکت ها ملزم به غلبه بر دشواری پاسخ به نیاز مشتریان برای محصولات با کیفیت بالا و قیمت پایین هستند. پاسخ گویی، مدیریت انبار و توانمندی در طراحی، مولفه های کلیدی سطح خدمت می باشد. رعایت و توجه به هر یک از این معیارها، مستقیماً منجر به بهبود سطح خدمات می شود.

-اتحاد راهبردی

اتحاد راهبردی به عنوان یک نقطه مرکزی و اصلی برای کسب مزیت رقابتی در بازار جهانی دائماً در حال تغییر می‌باشد. امروزه اتحاد راهبردی می‌تواند به عنوان توافقی میان دو یا بیش از دو سازمان مستقل برای همکاری در یک کسب و کار مشخص در راستای تحقق اهداف مشترک باشد. به‌طور کلی اتحاد راهبردی به عنوان روابط درون‌سازمانی رسمی میان شرکت‌ها، توسعه و انتشار یافته است. هدف اصلی از اتحاد راهبردی، بهبود موقعیت شرکت‌ها، ورود آن‌ها به بازارهای جدید، کسب مهارت‌های کلیدی مکمل، و تقسیم ریسک و هزینه پروژه‌های توسعه‌ای عمده می‌باشد [32].

-کنترل آلودگی

کنترل آلودگی، عامل مهمی است که می‌بایست در انتخاب اولویت تامین‌کننده در نظر گرفته شود. شیوه برخورد تامین‌کننده در قبال آلودگی می‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ای در انتخاب آن در همکاری محسوب شود. طبق چارچوب پیشنهادی، معیار کنترل آلودگی از ۳ زیرمعیار تشکیل شده است. زباله‌های جامد زباله‌هایی هستند که به شکل جامد در طبیعت رها شده و منجر به آلودگی می‌شوند. لذا ضروری است که این زباله‌ها طبق برنامه و سازوکار مشخصی کنترل شوند [33]. مصرف انرژی جهان با افزایش نرخ تولید، به سرعت در حال افزایش است. لذا برنامه‌های کنترل آلودگی که دلالت بر مصرف صحیح مصرف انرژی دارند، می‌بایست ترویج یابد [34]. به طور کلی جهت کاهش آلودگی محیط زیست، استفاده از مواد زیانبار می‌بایست تا حد قابل ملاحظه‌ای محدود شود. واضح است که مواد زیانبار بخش عمده‌ای از آلاینده‌ها را تشکیل می‌دهد [35]. شرکت‌ها به منظور بررسی تامین‌کنندگان خود در خصوص استفاده از مواد زیانبار، چک لیست‌هایی را طراحی نموده و استفاده می‌نمایند.

-محصول سبز

در سال‌های اخیر، موضوع شایستگی "سبز" در میان فروشندگان و تامین‌کنندگان مطرح شده است که بطور راهبردی ارزش آفرین بوده و موضوع مهمی در توجه به شرکت‌ها می‌باشد. محصول سبز، عامل غیرمعمولی است که می‌بایست در ارزیابی تامین‌کنندگان سبز به کار گرفته شود [36]. طبق چارچوب پیشنهادی، معیار کنترل آلودگی از ۴ زیرمعیار تشکیل شده است. بسته‌بندی سبز، نوعی بسته‌بندی است که هدف از آن، استفاده از مواد سازگار با محیط زیست، می‌باشد. ویژگی اصلی این نوع بسته‌بندی تجزیه و از بین رفتن آن بدون ایجاد آسیب و زیان به طبیعت می‌باشد. بازیافت محصول زمانی انجام می‌پذیرد که امکان استفاده مجدد از آن محصول قراضه وجود نداشته باشد. بازیافت محصول شامل فرآیندهایی چون استخراج، تفکیک، و ... می‌شود و نیازمند مصرف انرژی بوده و به نوبه خود به محیط زیست آسیب می‌رساند [37, 38]. استفاده مجدد محصول به معنای استفاده از محصول در پایان عمر آن بدون نیاز یا با کم‌ترین نیاز به تعمیرات، می‌باشد. به‌طور اختصار، استفاده مجدد بیانگر مصرف مجدد مواد برای بار دوم یا بیشتر می‌باشد. این عامل، ساده‌ترین روش حصول محصول سبز می‌باشد [37]. تولید مجدد (باز تولید) منجر به ترمیم و تبدیل حجم زیادی از محصولات به وضعیت جدید می‌شود. قطعات و اجزاء خراب و آسیب دیده می‌توانند تعمیر شوند اما این اطمینان وجود ندارد که محصول هم‌چون گذشته بتواند خوب کار کند. بازتولید می‌تواند ارزش و شکل جدیدی به محصول بیافزاید [37, 38].

-مدیریت محیط زیست

امروزه توجه به ابعاد زیست محیطی در فرآیند خرید و تدارکات نقش مهمی را ایفا می‌نماید. توسعه سیستم‌های مدیریت محیط زیست و تاثیرات منفی تولیدات بر محیط زیست، خریداران را نسبت به مسایل زیست محیطی آگاه کرده است. مطابق با چارچوب پیشنهادی، معیار مدیریت محیط زیست از ۵ زیرمعیار تشکیل شده است. محصول مصرف‌کننده انرژی (EUP) راهنما و دستورالعمل بین‌المللی است که حامی کنترل و تنظیم پیامدهای زیست محیطی تمامی انرژی مصرف شده از طریق محصولات می‌باشد. مواد شیمیایی مخرب بر لایه ازن (ODC) مواد شیمیایی ساخته دست بشر هستند که منجر به از بین‌روی و نازک شدن لایه ازن می‌شوند [39]. محدودیت مواد خطرناک (RoHS) راهنما و دستورالعمل دیگری است که به منظور کاهش عوامل مواد شیمیایی خطرناک و توقف تولید محصولات الکترونیکی شامل مواد مضر و سمی، استفاده می‌شود. کسب گواهینامه استاندارد بین‌المللی (ISO 14001) که بیانگر تعاریف و الزاماتی حول جنبه‌های زیست‌محیطی شرکت‌ها می‌باشد نیز از جمله عوامل موثر در انتخاب و گزینش تامین‌کنندگان سبز می‌باشد. دستورالعمل تجهیزات قراضه الکتریکی و الکترونیکی (WEEE) با هدف محدود کردن وسایل الکتریکی و الکترونیکی معیوب و ناکارآمد، به منظور حفظ از محیط زیست، ایجاد شده است. با رشد فناوری و تغییرات سریع در محصولات، زباله‌های الکتریکی و الکترونیکی از جمله مشکلات بزرگ در صنایع می‌باشد. لذا توجه به این موضوع و کنترل محصولات الکتریکی و الکترونیکی نقش بسزایی در پاکیزگی و بهبود وضعیت محیط زیست ایفا خواهد نمود.

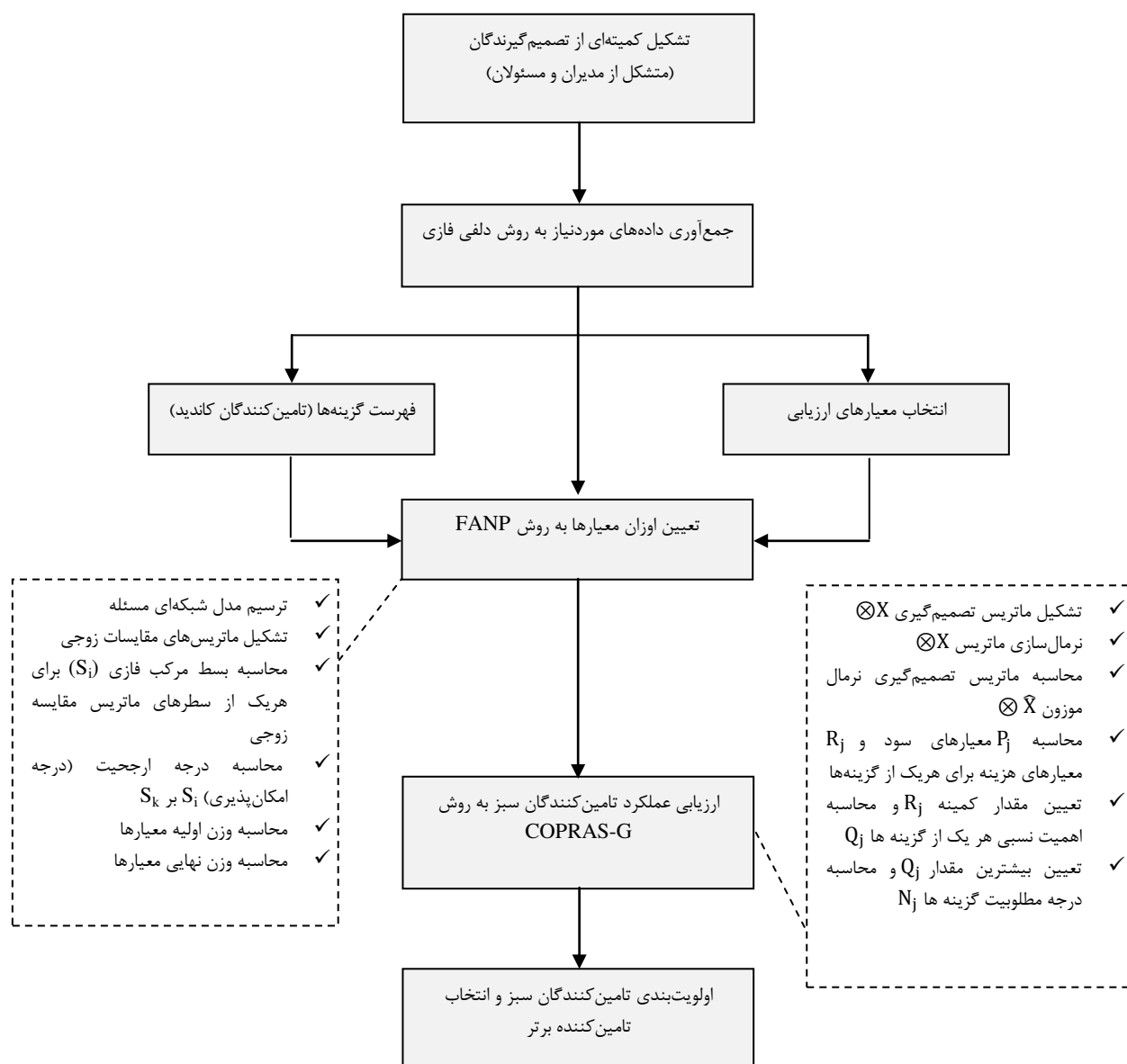
۳. مدل پیشنهادی

اصولا مدیران در امر تصمیم‌گیری در خصوص ارزیابی و گزینش تامین‌کنندگان سبز، با نوعی عدم قطعیت مواجه هستند. استفاده از نظریه فازی و روابط خاکستری در کنار روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند گامی موثر در رفع قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان و اعمال عدم قطعیت با هدف افزایش دقت در اتخاذ تصمیم باشد. از این رو در این پژوهش، مدل پیشنهادی، بر مبنای روش تلفیقی فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP) و ارزیابی نسبی پیچیده با روابط خاکستری (COPRAS-G)، ساختار یافته است. شکل ۱ مدل پیشنهادی را به صورت شماتیک نمایش می‌دهد.

بر اساس مدل پیشنهادی، به منظور ارزیابی عملکرد تامین‌کنندگان سبز و اخذ تصمیم راهبردی در خصوص انتخاب تامین‌کننده شایسته، لازم است در وهله نخست کمیته‌ای از مدیران ارشد و مسئولان اجرایی سازمان تشکیل شده و اطلاعات موردنیاز پیرامون معیارهای ارزیابی تامین‌کنندگان و همچنین تعداد و نام

تامین‌کنندگان کاندید جهت ارزیابی و مقایسه، جمع‌آوری گردد. به منظور شناسایی و سازمان‌دهی نهایی معیارها، لازم است معیارهای استخراجی در چارچوب نظری (جدول ۱) به اعضای کمیته ارسال شده و با اعمال نظر اعضا، چارچوب نظری نهایی معیارها و زیرمعیارها استخراج شود. از آنجاکه معیارهای شناسایی شده از سوی اعضای کمیته از اهمیت و وزن یکسانی برخوردار نیستند لذا در این پژوهش برای تعیین اوزان معیارها، از روش کارای فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP) استفاده می‌شود (شرح کامل این روش در بخش ۱.۳ ارائه می‌شود). پس از تعیین اوزان معیارها، ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز با استفاده از روش ارزیابی نسبی پیچیده با روابط خاکستری (COPRAS-G) انجام خواهد پذیرفت (شرح کامل این روش در بخش ۲.۳ ارائه می‌شود).

در این پژوهش، معیارهای ارزیابی تامین‌کنندگان، و داده‌های مورد نیاز در تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی و ماتریس تصمیم‌گیری، به روش دلفی فازی با استفاده از پرسشنامه از اعضای کمیته جمع‌آوری خواهد شد. روش دلفی فازی نخستین بار از سوی کافمن و گاپتا در سال ۱۹۸۸ پیشنهاد گردید. این روش، تعمیم‌یافته روش دلفی سنتی در علم مدیریت است. در روش دلفی فازی، اطلاعات لازم در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ شده و به صورت فازی مورد تحلیل قرار می‌گیرند [2].



شکل ۱. مدل پیشنهادی

۱.۳. روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP)

روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به منظور نرخ‌گذاری و رتبه‌بندی ترجیحات، از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌کند در مواردی که داده‌های ورودی با ابهام روبرو هستند، نمی‌توان از این ماتریس استفاده نمود. برای حل این مسئله، وو و همکارانش (۲۰۰۸) مدلی را ارائه نمودند که از روش ANP در محیط فازی بهره می‌گیرد.

به طور کلی روش‌ها و رویکردهای متعددی از سوی پژوهشگران برای محاسبه اوزان از طریق فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی مطرح شده است. در این مطالعه از رویکرد مطرح شده از سوی چانگ (۱۹۹۶) استفاده می‌شود. وقتی چندین خبره در فرآیند ارزیابی مشارکت دارند، بایستی قضاوت‌های فازی خبرگان تجمیع گردد و یک ماتریس قضاوت فازی گروهی تشکیل شود. برای تجمیع نظرات خبرگان، روش‌های مختلفی وجود دارد اما ساعتی (۱۹۹۶) روش میانگین هندسی را برای کسب نتایج بهتر توصیه نمود. برای محاسبه اعداد فازی $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ نظرات حاصل از نظرسنجی به صورت مستقیم مدنظر قرار می‌گیرند و به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\tilde{a}_{ij}^k = (l_{ij}^k, m_{ij}^k, u_{ij}^k) \quad (1)$$

$$l_{ij} = \min(l_{ij}^k), \quad k = 1, \dots, N \quad (2)$$

$$m_{ij} = (\prod_{k=1}^N m_{ij}^k)^{\frac{1}{N}} \quad (3)$$

$$u_{ij} = \max(u_{ij}^k), \quad k = 1, \dots, N \quad (4)$$

\tilde{a}_{ij}^k بیانگر اهمیت نسبی معیار i بر معیار j از دیدگاه تصمیم‌گیرنده k ام می‌باشد. همان‌طور که مشخص است مولفه‌های عدد فازی \tilde{a}_{ij} به گونه‌ای تعریف شده‌اند که: $l_{ij} \leq m_{ij} \leq u_{ij}$

در ادامه به تشریح مراحل روش چانگ می‌پردازیم:

✓ مرحله ۱. ترسیم مدل شبکه‌ای مسئله: ابتدا ساختار شبکه‌ای مسئله با استفاده از سطوح هدف، معیار و زیر معیار تشکیل می‌شود.

✓ مرحله ۲. در این مرحله ماتریس‌های مقایسه زوجی که برگرفته از میانگین هندسی نظرات خبرگان است تشکیل می‌شوند.

در روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی، مقدار متناظر با ارجحیت‌های زبانی به صورت اعداد فازی مثلثی در ماتریس‌های مقایسات زوجی وارد می‌شود. جدول ۲ اعداد فازی متناظر با عبارت‌های زبانی را برای تشکیل ماتریس مقایسات زوجی ارائه می‌نماید. تمامی عناصر روی قطر اصلی ماتریس‌های مقایسه زوجی برابر با (۱،۱،۱) هستند. چنانچه عنصر سطر i ام و ستون j ام ماتریس مقایسه زوجی برابر با $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشد، آنگاه عنصر سطر j ام و ستون i ام این ماتریس برابر است با:

$$\tilde{a}_{ji} = (\tilde{a}_{ij})^{-1} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}}\right) \quad (5)$$

جدول ۲. اعداد فازی مثلثی متناظر با عبارت‌های زبانی [41,42]

عبارات زبانی برای تعیین اهمیت نسبی معیارها	عدد فازی	عدد فازی مثلثی (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})
ارجحیت یا اهمیت کاملاً برابر		(۱، ۱، ۱)
ارجحیت یا اهمیت برابر		(۱، ۱، ۲)
ارجحیت یا اهمیت کم		(۲، ۳، ۴)
ارجحیت یا اهمیت متوسط		(۴، ۵، ۶)
ارجحیت یا اهمیت زیاد		(۶، ۷، ۸)
ارجحیت یا اهمیت بسیار زیاد		(۹، ۹، ۸)
مقادیر میانی		(۱، ۲، ۳)، (۳، ۴، ۵)، (۴، ۵، ۶)، (۵، ۶، ۷)، (۶، ۷، ۸)، (۷، ۸، ۹)

✓ مرحله ۳. محاسبه بسط مرکب فازی (Si) برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی

اگر اعداد در ماتریس مقایسه زوجی به صورت فازی مثلثی یعنی (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) نشان داده شود در این صورت:

$$S_i = \sum_{j=1}^m \tilde{a}_{ji} \times [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{a}_{ji}]^{-1} \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m \tilde{a}_{ji} = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (7)$$

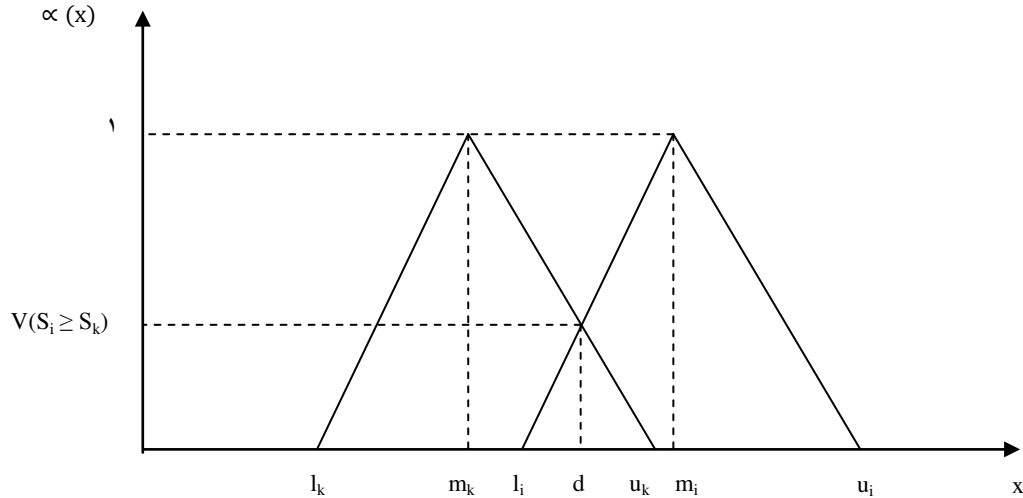
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{a}_{ji} = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i) \quad (8)$$

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{a}_{ji}]^{-1} = (\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i}) \quad (9)$$

✓ مرحله ۴. محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان پذیری) S_i بر S_k

چنانچه $S_i = (l_i, m_i, u_i)$ و $S_k = (l_k, m_k, u_k)$ باشد، آنگاه درجه ارجحیت S_i بر S_k که با $V(S_i \geq S_k)$ نمایش داده می شود، به صورت رابطه ۱۰ تعریف می شود:

$$V(S_i \geq S_k) = \alpha_{S_i}(d) = \begin{cases} 1 & m_i \geq m_k \\ 0 & l_k \geq u_i \\ \frac{(l_k - u_i)}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)} & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (10)$$



شکل ۲. فصل مشترک α_{S_k} و α_{S_i}

✓ مرحله ۵. محاسبه وزن اولیه معیارها

برای محاسبه وزن اولیه معیارها در ماتریس مقایسات زوجی از روابط (۱۰) و (۱۱) استفاده می شود.

$$\begin{aligned} V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) &= V((S \geq S_1), (S \geq S_2), \dots, (S \geq S_k)) \\ &= \min(V(S \geq S_1), V(S \geq S_2), \dots, V(S \geq S_k)) \\ &= \min V(S \geq S_i) \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (11)$$

چنانچه فرض کنیم $d'(A_i) = \min(V(S_i \geq S_k))$ و $k=1, 2, \dots, n$ به صورت زیر بدست می آید:

$$W' = [d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n)] \quad (12)$$

که همان بردار ضرایب ناهنجار ANP فازی است.

✓ مرحله ۶. محاسبه وزن نهایی معیارها

برای تعیین اوزان نهایی معیارها لازم است اوزان اولیه با استفاده از رابطه (۱۳) نرمال سازی شود:

$$W_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^k w'_i} \quad (13)$$

چنانچه بین معیارهای اصلی یا همچنین بین زیرمعیارهای یک معیار اصلی وابستگی درونی وجود داشته باشد لازم است که برای ماتریس های وابستگی درونی معیارها و زیرمعیارها نیز مراحل فوق انجام گرفته و برای محاسبه وزن نهایی معیارهای اصلی، اوزان ماتریس مقایسات زوجی بدون در نظر گرفتن وابستگی درونی برای معیار اصلی (اوزان حاصل از مرحله ۶) در اوزان نسبی ماتریس وابستگی درونی معیارها ضرب شده و اوزان نهایی معیار اصلی حاصل گردد. همچنین چنانچه بین زیرمعیارهای یک معیار اصلی نیز وابستگی درونی وجود داشته باشد لازم است ابتدا اوزان نسبی این ماتریس های وابستگی درونی تعیین شده و در اوزان نسبی خود ماتریس های زیرمعیارهای آن معیار اصلی ضرب شود تا اوزان نسبی اولیه زیرمعیارها تعیین شود. در انتها با ضرب وزن نهایی معیارهای اصلی در اوزان نسبی اولیه زیرمعیارها، اوزان نهایی زیرمعیارها استخراج شود.

۲.۳ روش COPRAS-G

روش ارزیابی نسبی پیچیده (COPRAS)، نخستین بار از سوی Zavadskas و Kaklauskas (۱۹۹۴) برای تعیین اولویت و درجه مؤثر بودن گزینه ها پیشنهاد گردید. روش COPRAS تابحال برای حل طیف متنوعی از مسایل بکار گرفته شده است. بطور کلی اغلب گزینه ها معمولا با نوعی ابهام در آینده مواجه بوده و مقادیر معیارها نمی توانند بطور دقیق ارایه شوند. این گونه از مسایل تصمیم گیری می بایست با مقادیر فازی یا مقادیر فاصله ای تعیین شوند. زاوادکاس در سال ۲۰۰۸ ایده اولیه ارزیابی نسبی پیچیده با روابط خاکستری (COPRAS-G) را مطرح کرد.

در ادامه، مراحل بکارگیری روش COPRAS-G مطابق با آنچه در مقاله زاوادکاس و همکاران (۲۰۰۹) توسعه یافته است، تشریح می گردد:

✓ مرحله (۱) تعیین معیارها و گزینه ها و تشکیل ماتریس تصمیم گیری $\otimes X$:

$$\otimes X = \begin{bmatrix} [\otimes X_{11}] & \dots & \dots & [\otimes X_{1m}] \\ [\otimes X_{21}] & \dots & \dots & [\otimes X_{2m}] \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ [\otimes X_{n1}] & \dots & \dots & [\otimes X_{nm}] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\underline{X}_{11}; \bar{X}_{11}] & [\underline{X}_{12}; \bar{X}_{12}] & \dots & [\underline{X}_{1m}; \bar{X}_{1m}] \\ [\underline{X}_{21}; \bar{X}_{21}] & [\underline{X}_{22}; \bar{X}_{22}] & \dots & [\underline{X}_{2m}; \bar{X}_{2m}] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [\underline{X}_{n1}; \bar{X}_{n1}] & [\underline{X}_{n2}; \bar{X}_{n2}] & \dots & [\underline{X}_{nm}; \bar{X}_{nm}] \end{bmatrix}; \quad j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m} \quad (14)$$

در این ماتریس $\otimes X_{ji}$ با دو مقدار \underline{X}_{ji} (به عنوان کوچکترین مقدار، (یا حد پایین)) و \bar{X}_{ji} (به عنوان بزرگترین مقدار، (یا حد بالا)) محدود می شود. در این قسمت لازم است تصمیم گیرندگان به منظور تکمیل ماتریس تصمیم گیری، از عبارات زبانی و معادل عددی آن که یک عدد خاکستری بازه ای است، استفاده نمایند. جدول ۳، عبارات زبانی و معادل عدد خاکستری بازه ای آنها را جهت بیان نظرات تصمیم گیرندگان در خصوص ارزیابی گزینه ها، با در نظر گرفتن معیارها نشان می دهد. لازم به ذکر است که داده های ماتریس تصمیم گیری نهایی، برگرفته از میانگین نظرات تصمیم گیرندگان می باشد.

جدول ۳. عبارات زبانی و معادل عدد خاکستری جهت ارزیابی گزینه ها [44]

عبارات های زبانی	اعداد خاکستری
خیلی ضعیف (VL)	[۱, ۲]
ضعیف (L)	[۲, ۴]
متوسط (M)	[۴, ۶]
خوب (G)	[۶, ۸]
خیلی خوب (VG)	[۸, ۹]

✓ مرحله (۳) محاسبه میزان اهمیت (اوزان) معیارها (w_i) (که در این مقاله به روش FANP محاسبه می شود)

✓ مرحله (۴) نرمال سازی ماتریس $\otimes X$ با استفاده از روابط ۱۵ و ۱۶؛

$$\tilde{X} = \frac{\underline{X}_{ji}}{\frac{1}{2}(\sum_{j=1}^n \underline{X}_{ji} + \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ji})} = \frac{2\underline{X}_{ji}}{(\sum_{j=1}^n \underline{X}_{ji} + \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ji})}; \quad j = \overline{1, n}; \quad i = \overline{1, m} \quad (15)$$

$$\bar{\tilde{X}} = \frac{\bar{X}_{ji}}{\frac{1}{2}(\sum_{j=1}^n \underline{X}_{ji} + \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ji})} = \frac{2\bar{X}_{ji}}{(\sum_{j=1}^n \underline{X}_{ji} + \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ji})}; \quad j = \overline{1, n}; \quad i = \overline{1, m} \quad (16)$$

در روابط فوق \underline{X}_{ji} حد پایین معیار i در گزینه j ؛ و \bar{X}_{ji} بیانگر حد بالای معیار i در گزینه j می باشد. به علاوه m و n به ترتیب بیانگر تعداد معیارها و گزینه ها می باشد. بر این اساس، ماتریس تصمیم گیری نرمال به صورت ذیل تشکیل می گردد.

$$\otimes \tilde{X} = \begin{bmatrix} [\underline{\tilde{X}}_{11}; \bar{\tilde{X}}_{11}] & [\underline{\tilde{X}}_{12}; \bar{\tilde{X}}_{12}] & \dots & [\underline{\tilde{X}}_{1m}; \bar{\tilde{X}}_{1m}] \\ [\underline{\tilde{X}}_{21}; \bar{\tilde{X}}_{21}] & [\underline{\tilde{X}}_{22}; \bar{\tilde{X}}_{22}] & \dots & [\underline{\tilde{X}}_{2m}; \bar{\tilde{X}}_{2m}] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [\underline{\tilde{X}}_{n1}; \bar{\tilde{X}}_{n1}] & [\underline{\tilde{X}}_{n2}; \bar{\tilde{X}}_{n2}] & \dots & [\underline{\tilde{X}}_{nm}; \bar{\tilde{X}}_{nm}] \end{bmatrix} \quad (17)$$

صفری، بینشیان، ارایه چارچوبی یکپارچه جهت ارزیابی ...

✓ (مرحله ۵) محاسبه ماتریس تصمیم‌گیری نرمال موزون $\otimes \bar{X}$ ؛

مقادیر نرمال موزون $\otimes \bar{X}_{ji}$ با استفاده از رابطه ۱۸ محاسبه می‌شوند:

$$\otimes \bar{X}_{ji} = \otimes \bar{X}_{ji} \cdot w_i ; \quad \bar{X}_{ji} = \bar{X}_{ji} \cdot w_i , \quad \bar{X}_{ji} = \bar{X}_{ji} \cdot w_i \quad (18)$$

در این رابطه، w_i بیانگر میزان اهمیت i امین معیار می‌باشد. بنابراین، ماتریس تصمیم‌گیری نرمال به صورت ذیل تشکیل می‌گردد.

$$\otimes \bar{X} = \begin{bmatrix} [\otimes \bar{X}_{11}] \dots \dots [\otimes \bar{X}_{1m}] \\ [\otimes \bar{X}_{21}] \dots \dots [\otimes \bar{X}_{2m}] \\ \vdots \dots \ddots \vdots \\ [\otimes \bar{X}_{n1}] \dots \dots [\otimes \bar{X}_{nm}] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\bar{X}_{11}; \bar{X}_{11}] & [\bar{X}_{12}; \bar{X}_{12}] & \dots & [\bar{X}_{1m}; \bar{X}_{1m}] \\ [\bar{X}_{21}; \bar{X}_{21}] & [\bar{X}_{22}; \bar{X}_{22}] & \dots & [\bar{X}_{2m}; \bar{X}_{2m}] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [\bar{X}_{n1}; \bar{X}_{n1}] & [\bar{X}_{n2}; \bar{X}_{n2}] & \dots & [\bar{X}_{nm}; \bar{X}_{nm}] \end{bmatrix} \quad (19)$$

✓ (مرحله ۶) محاسبه P_j معیارهای سود (معیارهایی که هرچه بزرگتر باشند مطلوب‌تر هستند) برای تمامی گزینه‌ها؛

$$P_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (\bar{X}_{ji} + \bar{X}_{ji}); \quad (20)$$

✓ (مرحله ۷) محاسبه R_j معیارهای هزینه (معیارهایی که هرچه کوچکتر باشند مطلوب‌تر هستند) برای تمامی گزینه‌ها؛

$$R_j = \frac{1}{2} \sum_{i=k+1}^m (\bar{X}_{ji} + \bar{X}_{ji}); \quad i = \overline{k, m} \quad (21)$$

در این رابطه، $(m-k)$ بیانگر تعداد معیارهایی است که می‌بایست کمینه شوند.

✓ (مرحله ۸) تعیین مقدار کمینه R_j ؛

$$R_{\min} = \min_j R_j , \quad j = \overline{1, n} \quad (22)$$

✓ (مرحله ۹) محاسبه اهمیت نسبی هر یک از گزینه‌ها Q_j با استفاده از رابطه ۲۳؛

$$Q_j = P_j + \frac{R_{\min} \sum_{j=1}^n R_j}{R_j \sum_{j=1}^n \frac{R_{\min}}{R_j}} = P_j + \frac{\sum_{j=1}^n R_j}{R_j \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}} ; \quad (23)$$

✓ (مرحله ۱۰) تعیین بیشترین مقدار Q_j با استفاده از رابطه ۲۴؛

$$Q_{\max} = \max_j Q_j , \quad j = \overline{1, n} ; \quad (24)$$

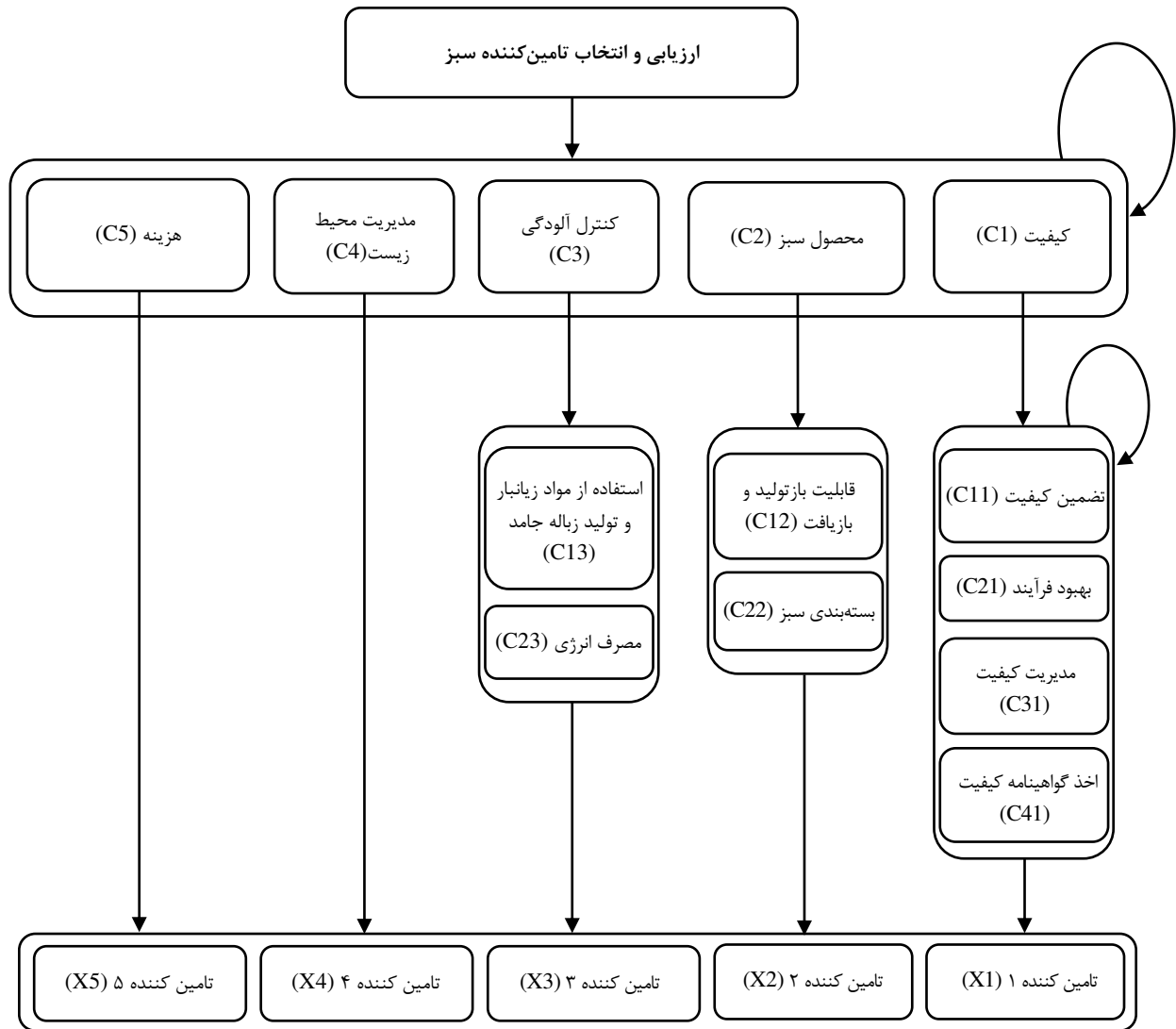
✓ (مرحله ۱۱) تعیین درجه مطلوبیت گزینه‌ها با استفاده از رابطه ۲۵:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{\max}} \times 100\% \quad (25)$$

۴. مطالعه موردی

گروه صنایع غذایی نادری به عنوان یکی از شرکت‌های پیشگام در عرصه تولید کیک و کلوچه از سال ۱۳۳۵ بطور رسمی فعالیت خود را آغاز نموده و اکنون با در اختیار داشتن ۴ شرکت زیرمجموعه به عنوان یکی از شرکت‌های فعال در صنایع غذایی کشور محسوب می‌شود. بر اساس دیدگاه راهبردی مسئولان شرکت، این شرکت نیز با الگوگیری از شرکت‌های مطرح بین‌المللی در حوزه مشابه درنظر دارد برای تکمیل مسئولیت‌های اجتماعی خود، اصول و موازین زیست‌محیطی را در تمامی فرآیندهای تولیدی و توزیعی اعمال نماید. باتوجه به نقش کلیدی تامین‌کنندگان در تحقق این آرمان، مسئولان شرکت درنظر دارند تامین‌کنندگان سبز را در فرآیند تامین مواد موردنیاز خود برگزینند. با توجه به اینکه "آرد" به عنوان یکی از مواد اولیه مهم و راهبردی شرکت محسوب شده و نقش بسزایی در کیفیت محصولات نهایی شرکت دارد، در این پژوهش تامین‌کنندگان آرد شرکت بر اساس مولفه‌های زیست‌محیطی (سبز) مورد بررسی و مقایسه قرار خواهند گرفت. بر این اساس ۵ شرکت تامین‌کننده کاندید از منظر معیارهای زیست‌محیطی (معیارهای سبز) از سوی اعضای کمیته خبرگان (متشکل از ۹ نفر از مسئولان و کارشناسان ذی‌ربط)، مورد ارزیابی و رتبه بندی قرار خواهند گرفت تا تامین‌کننده سبز اصلح برای همکاری با سازمان شناسایی و انتخاب شود. برای این منظور، طبق مدل پیشنهادی، ابتدا چارچوب نظری اولیه (جدول ۱) جهت اعمال نظر اعضای کمیته، به آنها ارسال شد. با اجماع نظر این اعضا، معیارها و زیرمعیارها و روابط کلی حاکم میان آنها با روش دلفی فازی مطابق با مدل شبکه ای (شکل ۳) استخراج گردید.

پس از شناسایی معیارها، زیرمعیارها و تامین‌کنندگان کاندید، به منظور تعیین اوزان معیارها و زیرمعیارها به روش FANP، داده‌های مورد نیاز در ماتریس مقایسات زوجی از طریق پرسشنامه از سوی اعضای کمیته جمع‌آوری گردیده و با استفاده از روابط ۲ تا ۴ تجمیع شد و ماتریس‌های مقایسات زوجی نهایی معیارها و زیرمعیارها و همچنین ماتریس‌های وابستگی درونی به شرح جداول ۴ تا ۱۱ استخراج گردید.



شکل ۳. مدل شبکه‌ای مسئله

جدول ۴. ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی

S _i			C5			C4			C3			C2			C1			ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی بدون در نظر گرفتن وابستگی درونی
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰.۱۴	۰.۲۴	۰.۳۸	۰.۵۲	۰.۷۲	۱.۰۸	۲.۱۲	۲.۸۴	۳.۵۵	۱.۳	۱.۹۹	۲.۶۷	۱.۳	۱.۹۹	۲.۶۷	۱	۱	۱	C1
۰.۱۶	۰.۲۵	۰.۳۷	۲.۹۸	۳.۵۹	۴.۲۶	۲.۷	۳.۴۴	۴.۱۷	۰.۳۱	۰.۴۱	۰.۵۲	۱	۱	۱	۰.۲۷	۰.۵	۰.۷۷	C2
۰.۱۵	۰.۲۳	۰.۳۷	۳.۰۳	۴.۱۲	۵.۱۶	۰.۲۲	۰.۲۷	۰.۳۵	۱	۱	۱	۱.۹۲	۲.۴۵	۳.۱۸	۰.۲۷	۰.۵	۰.۷۷	C3
۰.۱۱	۰.۱۷	۰.۲۵	۰.۵۶	۰.۷	۰.۸۶	۱	۱	۱	۲.۸۶	۳.۶۵	۴.۵۱	۰.۲۴	۰.۲۹	۰.۳۷	۰.۲۸	۰.۳۵	۰.۴۷	C4
۰.۰۸	۰.۱۲	۰.۱۹	۱	۱	۱	۱.۱۶	۱.۴۳	۱.۷۸	۰.۱۹	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۲۳	۰.۲۸	۰.۳۴	۰.۹۲	۱.۳۹	۱.۹۲	C5

جدول ۵. ماتریس وابستگی درونی معیارهای اصلی باتوجه به معیار مدیریت محیط زیست (C4)

S _i			C3			C1			ماتریس وابستگی درونی معیارهای اصلی باتوجه به معیار مدیریت محیط زیست
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰.۳۵	۰.۵۴	۰.۸۸	۰.۷۹	۱.۱۶	۱.۹۲	۱	۱	۱	C1
۰.۲۹	۰.۴۶	۰.۶۸	۱	۱	۱	۰.۵۲	۰.۸۶	۱.۲۶	C3

صفری، بینشان، ارایه چارچوبی یکپارچه جهت ارزیابی ...

جدول ۶. ماتریس وابستگی درونی معیارهای اصلی باتوجه به معیار هزینه (C5)

S _i			C3			C2			C1			ماتریس وابستگی درونی معیارهای اصلی باتوجه به معیار هزینه
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰,۱۹	۰,۳۴	۰,۵۵	۰,۴۲	۰,۵۲	۰,۶۴	۱,۲	۲,۲۷	۳,۳۱	۱	۱	۱	C1
۰,۲۵	۰,۳۷	۰,۵۹	۲,۱۸	۲,۷۸	۳,۴۶	۱	۱	۱	۰,۳	۰,۴۴	۰,۸۴	C2
۰,۲	۰,۲۹	۰,۴۳	۱	۱	۱	۰,۲۹	۰,۳۶	۰,۴۶	۱,۰۷	۱,۹۳	۲,۳۸	C3

جدول ۷. ماتریس وابستگی درونی معیارهای اصلی باتوجه به معیار محصول سبز (C2)

S _i			C3			C1			ماتریس وابستگی درونی معیارهای اصلی باتوجه به معیار محصول سبز
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰,۲۵	۰,۳۲	۰,۴۱	۰,۳۶	۰,۴۷	۰,۶۳	۱	۱	۱	C1
۰,۴۸	۰,۶۸	۰,۹۷	۱	۱	۱	۱,۶	۲,۱۴	۲,۸۲	C3

جدول ۸. ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای معیار کیفیت (C1)

S _i			C41			C31			C21			C11			ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای معیار کیفیت
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰,۱۲	۰,۱۹	۰,۳۱	۰,۴	۰,۵۱	۰,۷	۰,۳۵	۰,۴۴	۰,۵۵	۱,۶۲	۲,۴۸	۳,۵۲	۱	۱	۱	C11
۰,۰۷	۰,۱۱	۰,۱۹	۰,۶۴	۰,۹۲	۱,۶۲	۰,۲۳	۰,۲۸	۰,۳۸	۱	۱	۱	۰,۲۸	۰,۴	۰,۶۲	C21
۰,۳۴	۰,۵۲	۰,۷۸	۴,۴۹	۵,۲۸	۶,۴۱	۱	۱	۱	۲,۶۶	۳,۵۵	۴,۲۶	۱,۸۲	۲,۲۹	۲,۸۵	C31
۰,۱۱	۰,۱۸	۰,۲۸	۱	۱	۱	۰,۱۶	۰,۱۹	۰,۲۲	۰,۶۲	۱,۰۹	۱,۵۷	۱,۴۳	۱,۹۷	۲,۵۲	C41

جدول ۹. ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای معیار محصول سبز (C2)

S _i			C22			C12			ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای معیار محصول سبز
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰,۴۴	۰,۶۲	۱	۱,۴۱	۱,۶۶	۲,۷۸	۱	۱	۱	C12
۰,۲۵	۰,۳۸	۰,۴۵	۱	۱	۱	۰,۳۶	۰,۶	۰,۷۱	C22

جدول ۱۰. ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای معیار کنترل آلودگی (C3)

S _i			C23			C13			ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای معیار کنترل آلودگی
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰,۳۶	۰,۴۴	۰,۶۸	۰,۷	۰,۷۷	۱,۳۵	۱	۱	۱	C13
۰,۳۶	۰,۵۶	۰,۷۱	۱	۱	۱	۰,۷۴	۱,۳	۱,۴۳	C23

جدول ۱۱. ماتریس وابستگی درونی زیرمعیارهای معیار کیفیت (C1) باتوجه به زیرمعیار اخذ گواهینامه کیفیت (C41)

S _i			C31			C21			C11			ماتریس وابستگی درونی زیرمعیارهای معیار کیفیت باتوجه به زیرمعیار اخذ گواهینامه کیفیت
l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	l _{ij}	m _{ij}	u _{ij}	
۰,۱۳	۰,۱۷	۰,۳	۰,۸۵	۰,۹۲	۱,۶۶	۰,۲۷	۰,۳۴	۰,۴۹	۱	۱	۱	C11
۰,۴۱	۰,۶۵	۰,۹۹	۳,۳۸	۴,۵	۵,۵	۱	۱	۱	۲,۰۶	۲,۹۳	۳,۷۶	C21
۰,۱۱	۰,۱۸	۰,۲۴	۱	۱	۱	۰,۱۸	۰,۲۲	۰,۳	۰,۶	۱,۰۸	۱,۱۸	C31

بر اساس مقادیر حاصله، برای بسط مرکب فازی هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی و زیرمعیارها، به محاسبه درجه ارجحیت هر یک از آنها نسبت به یکدیگر با استفاده از رابطه ۱۰ می‌پردازیم. درجه ارجحیت مقادیر S_i برای معیارهای اصلی و زیرمعیارها به شرح جدول ۱۲ می‌باشد.

جدول ۱۲. درجه ارجحیت مقادیر S_i برای معیارهای اصلی و زیرمعیارها

معیارهای اصلی (با فرض عدم وجود وابستگی درونی)		
V(S4≥S1)=0.61	V(S3≥S1)=0.97	V(S2≥S1)=1
V(S3≥S2)=0.92	V(S1≥S2)=0.95	V(S5≥S1)=0.29
V(S1≥S3)=1	V(S5≥S2)=0.15	V(S4≥S2)=0.52
V(S5≥S3)=0.27	V(S4≥S3)=0.62	V(S2≥S3)=1
V(S3≥S4)=1	V(S2≥S4)=1	V(S1≥S4)=1
V(S2≥S5)=1	V(S1≥S5)=1	V(S5≥S4)=0.63
	V(S4≥S5)=1	V(S3≥S5)=1

معیارهای اصلی باتوجه به معیار مدیریت محیط زیست		
	$V(S1 \geq S2)=1$	$V(S2 \geq S1)=0.82$
معیارهای اصلی باتوجه به معیار هزینه		
$V(S1 \geq S2)=0.89$	$V(S3 \geq S1)=0.85$	$V(S2 \geq S1)=1$
$V(S2 \geq S3)=1$	$V(S1 \geq S3)=1$	$V(S3 \geq S2)=0.69$
معیارهای اصلی باتوجه به معیار محصول سبز		
	$V(S1 \geq S2)=0$	$V(S2 \geq S1)=1$
زیرمعیارهای معیار کیفیت		
$V(S4 \geq S1)=0.96$	$V(S3 \geq S1)=1$	$V(S2 \geq S1)=0.5$
$V(S4 \geq S2)=1$	$V(S3 \geq S2)=1$	$V(S1 \geq S2)=1$
$V(S4 \geq S3)=0$	$V(S2 \geq S3)=0$	$V(S1 \geq S3)=0$
$V(S3 \geq S4)=1$	$V(S2 \geq S4)=0.54$	$V(S1 \geq S4)=1$
زیرمعیارهای معیار محصول سبز		
	$V(S1 \geq S2)=1$	$V(S2 \geq S1)=0.05$
زیرمعیارهای معیار کنترل آلودگی		
	$V(S1 \geq S2)=0.71$	$V(S2 \geq S1)=1$
زیرمعیارهای معیار کیفیت با توجه به زیرمعیار اخذ گواهینامه کیفیت		
$V(S1 \geq S2)=0$	$V(S3 \geq S1)=1$	$V(S2 \geq S1)=1$
$V(S2 \geq S3)=1$	$V(S1 \geq S3)=0.98$	$V(S3 \geq S2)=0$

حال با استفاده از نتایج حاصله درخصوص درجه ارجحیت S_i برای معیارهای اصلی و زیرمعیارها، اهمیت نسبی هر یک از معیارها و زیرمعیارها، اهمیت نسبی وابستگی های درونی معیارهای اصلی و همچنین اهمیت نسبی وابستگی درونی زیرمعیار اخذ گواهینامه کیفیت را محاسبه می‌نماییم. برای تعیین اهمیت نسبی معیارهای اصلی، ابتدا فرض می‌کنیم که وابستگی درونی میان معیارهای اصلی وجود ندارد، بر این اساس اهمیت نسبی معیارهای اصلی با استفاده از رابطه ۱۳ به شرح جدول ۱۳ حاصل می‌شود.

جدول ۱۳. اهمیت نسبی معیارهای اصلی بدون در نظر گرفتن وابستگی بین آنها

W5	W4	W3	W2	W1	
۰,۱۵	۰,۵۲	۰,۹۲	۱	۰,۹۵	اهمیت اولیه
۰,۰۴	۰,۱۵	۰,۲۶	۰,۲۸	۰,۲۷	اهمیت نهایی

باتوجه به وجود وابستگی درونی میان معیارهای اصلی، اهمیت نسبی این وابستگی‌ها در جداول ۱۴، ۱۵ و ۱۶ محاسبه شده است.

جدول ۱۴. اهمیت نسبی معیارهای اصلی با توجه به وابستگی معیار مدیریت محیط زیست

W2	W1	
۰,۸۲	۱	اهمیت اولیه
۰,۴۵	۰,۵۵	اهمیت نهایی

جدول ۱۵. اهمیت نسبی معیارهای اصلی با توجه به وابستگی معیار هزینه

W3	W2	W1	
۰,۶۹	۱	۰,۸۹	اهمیت اولیه
۰,۲۷	۰,۳۹	۰,۳۴	اهمیت نهایی

جدول ۱۶. اهمیت نسبی معیارهای اصلی با توجه به وابستگی معیار محصول سبز

W2	W1	
۱	۰	اهمیت اولیه
۱	۰	اهمیت نهایی

حال به منظور تعیین اوزان نهایی معیارهای اصلی، لازم است اهمیت نهایی نسبی وابستگی درونی معیارهای اصلی در اهمیت نهایی معیارهای اصلی در جدول ۱۳ ضرب و نرمال شود. چنانچه ماتریس بردار اهمیت نسبی نهایی معیارهای اصلی را با W_2 و ماتریس بردارهای اهمیت نسبی وابستگی درونی معیارهای اصلی را با W_1 نشان دهیم در این صورت اوزان نهایی معیارهای اصلی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W = W_1 \times W_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0.34 & 0 & 0 & 0 \\ 0.55 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.39 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.45 & 0.27 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.27 \\ 0.28 \\ 0.26 \\ 0.15 \\ 0.04 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.36 \\ 0.47 \\ 0.37 \\ 0.15 \\ 0.24 \end{bmatrix} \implies \begin{bmatrix} 0.229 \\ 0.297 \\ 0.232 \\ 0.092 \\ 0.150 \end{bmatrix}$$

صفری، بینشیان، ارایه چارچوبی یکپارچه جهت ارزیابی ...

در ادامه، برای تعیین اوزان نهایی زیرمعیارها نیز مانند مراحل فوق اقدام می‌نماییم. همانطور که در مدل شبکه ای مسئله (شکل ۳) ملاحظه می‌شود، زیرمعیارهای معیار محصول سبز و معیار کنترل آلودگی دارای وابستگی درونی نیستند لذا اهمیت نسبی نهایی در جداول ۱۷ و ۱۸، وزن نسبی زیرمعیارهای این دو معیار اصلی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۷. اهمیت نسبی زیرمعیارهای معیار محصول سبز

W2	W1	
۰,۰۵	۱	اهمیت اولیه
۰,۰۵	۰,۹۵	اهمیت نهایی

جدول ۱۸. اهمیت نسبی زیرمعیارهای معیار کنترل آلودگی

W2	W1	
۱	۰,۷۱	اهمیت اولیه
۰,۵۸	۰,۴۲	اهمیت نهایی

باتوجه به مدل شبکه ای مسئله از آنجا که میان زیرمعیارهای معیار کیفیت وابستگی درونی وجود دارد لذا به منظور تعیین این زیرمعیارها، لازم است اهمیت نهایی نسبی وابستگی درونی زیرمعیارهای این معیار در اهمیت نهایی زیرمعیارهای آن ضرب و نرمال شود.

جدول ۱۹. اهمیت نسبی زیرمعیارهای معیار کیفیت

W4	W3	W2	W1	
۰	۱	۰	۰	اهمیت اولیه
۰	۱	۰	۰	اهمیت نهایی

جدول ۲۰. اهمیت نسبی زیرمعیارهای معیار کیفیت باتوجه به وابستگی درونی زیرمعیار اخذ گواهینامه کیفیت

W3	W2	W1	
۱	۰	۰	اهمیت اولیه
۱	۰	۰	اهمیت نهایی

چنانچه ماتریس بردار اهمیت نسبی نهایی زیرمعیارهای معیار کیفیت را با W22 و ماتریس بردارهای اهمیت نسبی وابستگی درونی زیرمعیارهای اخذ گواهینامه کیفیت را با W11 نشان دهیم در این صورت اوزان نسبی زیرمعیارهای کیفیت به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W = W_{22} \times W_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \implies \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

حال با تعیین اوزان نهایی معیارهای اصلی و اوزان نسبی زیرمعیارها، با ضرب اوزان نهایی معیارهای اصلی در اوزان نسبی زیرمعیارهای گروه خود، اوزان نهایی زیرمعیارها نیز بدست می‌آید. جدول ۲۱ نتیجه نهایی محاسبه اوزان معیارها و زیرمعیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۲۱. اوزان نهایی معیارها و زیرمعیارهای موثر بر انتخاب تامین‌کنندگان سبز

معیارها (به همراه وزن نهایی)	زیرمعیارها	اهمیت نسبی زیرمعیارها	وزن نهایی زیرمعیارها
کیفیت	تضمین کیفیت	۰	۰
	بهبود فرآیند	۰	۰
	مدیریت کیفیت	۱	۰,۲۲۹
	اخذ گواهینامه کیفیت	۰	۰
محصول سبز	قابلیت بازتولید و بازیافت	۰,۹۵	۰,۲۸۲
	بسته بندی سبز	۰,۰۵	۰,۰۱۵
کنترل آلودگی	استفاده از مواد زیانبار و تولید زباله جامد	۰,۴۲	۰,۰۹۷
	مصرف انرژی	۰,۵۸	۰,۱۳۵
مدیریت محیط زیست			۰,۰۹۲
هزینه			۰,۱۵

با مشخص شدن اوزان معیارها و زیرمعیارهای زیست محیطی، حال به منظور ارزیابی رتبه بندی تامین‌کنندگان سبز و انتخاب تامین‌کننده شایسته به روش COPRAS-G، ماتریس تصمیم‌گیری $X \otimes$ با استفاده از پرسشنامه از سوی اعضای کمیته جمع‌آوری و مطابق با جدول ۲۲ تجمیع و نهایی گردید.

جدول ۲۲. ماتریس تصمیم‌گیری نهایی $\otimes X$

تامین‌کنندگان										وزن معیارها	ماتریس تصمیم‌گیری اولیه	معیارهای ارزیابی زیست محیطی
X5		X4		X3		X2		X1				
u	l	u	l	u	l	u	l	u	l			
۵,۶	۳,۶	۷,۴	۵,۶	۵,۶	۳,۶	۸,۸	۷,۶	۶	۴	۰	تضمین کیفیت	
۹	۸	۸,۸	۷,۶	۸,۶	۷,۲	۹	۸	۶,۶	۴,۸	۰	بهبود فرآیند	
۶	۴	۶,۶	۴,۸	۶	۴	۷,۴	۵,۶	۵,۶	۳,۶	۰,۲۲۹	مدیریت کیفیت	
۷,۴	۵,۶	۷,۴	۵,۶	۷,۴	۵,۶	۸,۸	۷,۶	۶	۴	۰	اخذ گواهینامه کیفیت	
۶	۴	۶,۶	۴,۸	۶	۴	۸,۸	۷,۶	۶,۶	۴,۸	۰,۲۸۲	قابلیت بازتولید و بازیافت	
۷,۴	۵,۶	۸,۸	۷,۶	۶	۴	۹	۸	۵,۶	۳,۶	۰,۰۱۵	بسته بندی سبز	
۶	۴	۶,۶	۴,۸	۷,۴	۵,۶	۵,۶	۳,۶	۸,۸	۷,۶	۰,۰۹۷	استفاده از مواد زیانبار و تولید زیاده جامد	
۸,۶	۷,۴	۷,۴	۵,۶	۸,۶	۷,۲	۶	۴	۹	۸	۰,۱۳۵	مصرف انرژی	
۸,۸	۷,۶	۷,۴	۵,۶	۷,۴	۵,۶	۷,۴	۵,۶	۸,۶	۷,۲	۰,۰۹۲	مدیریت محیط زیست	
۶	۴	۸,۸	۷,۶	۵,۶	۳,۶	۸,۶	۷,۲	۶,۶	۴,۸	۰,۱۵	هزینه	

با نرمال‌سازی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری $\otimes X$ (با استفاده از روابط ۱۵ و ۱۶) و ضرب اوزان معیارها در این مقادیر، ماتریس تصمیم‌گیری نرمال موزون $\otimes \bar{X}$ به صورت جدول ۲۳ حاصل می‌گردد.

جدول ۲۳. ماتریس تصمیم‌گیری نرمال موزون $\otimes \bar{X}$

تامین‌کنندگان										ماتریس تصمیم‌گیری نرمال موزون	معیارهای ارزیابی زیست محیطی
X5		X4		X3		X2		X1			
u	l	u	l	u	l	u	l	u	l		
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	تضمین کیفیت	
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	بهبود فرآیند	
۰,۰۲۲	۰,۰۱۵	۰,۰۲۲	۰,۰۱۶	۰,۰۲۳	۰,۰۱۵	۰,۰۲۴	۰,۰۱۸	۰,۰۲۱	۰,۰۱۴	مدیریت کیفیت	
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	اخذ گواهینامه کیفیت	
۰,۰۲۷	۰,۰۱۸	۰,۰۲۷	۰,۰۲۰	۰,۰۲۸	۰,۰۱۹	۰,۰۳۴	۰,۰۳۰	۰,۰۳۱	۰,۰۲۲	قابلیت بازتولید و بازیافت	
۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	بسته بندی سبز	
۰,۰۰۹	۰,۰۰۶	۰,۰۰۹	۰,۰۰۷	۰,۰۱۲	۰,۰۰۹	۰,۰۰۸	۰,۰۰۵	۰,۰۱۴	۰,۰۱۲	استفاده از مواد زیانبار و تولید زیاده جامد	
۰,۰۱۹	۰,۰۱۶	۰,۰۱۵	۰,۰۱۱	۰,۰۲۰	۰,۰۱۶	۰,۰۱۱	۰,۰۰۷	۰,۰۲۰	۰,۰۱۸	مصرف انرژی	
۰,۰۱۳	۰,۰۱۱	۰,۰۱۰	۰,۰۰۸	۰,۰۱۱	۰,۰۰۹	۰,۰۰۹	۰,۰۰۷	۰,۰۱۳	۰,۰۱۱	مدیریت محیط زیست	
۰,۰۱۴	۰,۰۱۰	۰,۰۱۹	۰,۰۱۷	۰,۰۱۴	۰,۰۰۹	۰,۰۱۸	۰,۰۱۵	۰,۰۱۶	۰,۰۱۲	هزینه	

با توجه به مقادیر موجود در ماتریس تصمیم‌گیری نرمال موزون، رتبه‌بندی نهایی تامین‌کنندگان سبز با محاسبه پارامترهای P_j ، R_j ، Q_j و N_j به شرح جدول ۲۴ حاصل می‌گردد.

جدول ۲۴. ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز براساس مقدار درجه مطلوبیت برای هر یک از گزینه‌ها

N_j	Q_j	R_j	P_j	
۷۹,۶۲۴۶	۰,۱۰۳۸۹	۰,۰۴۵۹۴	۰,۰۵۶۷۶	X1 (تامین‌کننده ۱)
۱۰۰	۰,۱۳۰۴۷	۰,۰۳۱۹۹	۰,۰۶۲۷۸	X2 (تامین‌کننده ۲)
۸۲,۹۴۸۱	۰,۱۰۸۲۲	۰,۰۴۰۱۲	۰,۰۵۴۲۵	X3 (تامین‌کننده ۳)
۸۳,۳۶۸۶	۰,۱۰۸۷۷	۰,۰۳۹۳	۰,۰۵۳۶۷	X4 (تامین‌کننده ۴)
۸۶,۵۷۳۹	۰,۱۱۲۹۵	۰,۰۳۷۱۶	۰,۰۵۴۶۹	X5 (تامین‌کننده ۵)

بر اساس نتایج جدول ۲۴، ملاحظه می‌شود که تامین‌کننده دوم با درجه مطلوبیت ۱۰۰٪ در مجموع کلیه معیارها از اولویت بالاتری برخوردار بوده و به عنوان تامین‌کننده سبز برتر انتخاب می‌شود.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

با رقابتی شدن محیط کسب و کار، انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان از جمله مهم‌ترین مسائلی است که شرکت‌های تولیدکننده با آن روبرو هستند. هزینه‌های مواد اولیه و توانایی اجرا، در حقیقت سهم بزرگی از هزینه‌های تولید را شامل می‌شوند. امروزه با توجه به اهمیت یافتن موضوعات زیست محیطی در فرآیند ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان، رویکرد اغلب شرکت‌های تراز اول دنیا به لحاظ کردن معیارها و ریسک‌های زیست محیطی، در این امر، معطوف شده است. به عبارت دیگر تصمیم‌گیرندگان سازمان‌ها در خرید سبز علاوه بر معیارهای سنتی مانند هزینه، کیفیت، زمان تدارک و انعطاف‌پذیری، مسئولیت زیست‌محیطی تأمین‌کننده را نیز مدنظر قرار می‌دهند. این امر بر اهمیت عملکرد زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان بیش از پیش افزوده و شناسایی مجموعه‌ای از معیارهای سبز و انتخاب تأمین‌کنندگان را بر آن اساس، به امری ضروری در طی زنجیره تأمین تبدیل نموده است. با علم بر این موضوع، و اهمیت انتخاب تأمین‌کننده برتری که بر ضوابط زیست محیطی پایبند بوده و معیارها و مولفه‌های سبز را در زنجیره تأمین رعایت کرده است، در این مقاله مدلی یکپارچه جهت ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بر اساس مولفه‌های زنجیره تأمین سبز با استفاده از مدل‌سازی تلفیقی FANP و COPRAS-G پیشنهاد شد. سپس این مدل جهت ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان آرد در گروه صنایع غذایی نادری به کار گرفته شد.

بر اساس مهم‌ترین مطالعات پیشین، در این مقاله ۵ معیار اصلی اعم از: کیفیت، محصول سبز، کنترل آلودگی، مدیریت محیط زیست، و هزینه جهت ارزیابی ۵ تأمین‌کننده کاندید مدنظر قرار گرفت. از آنجاکه اصولاً وجود عدم قطعیت جزء لاینفکی از امر تصمیم‌گیری می‌باشد لذا در این مقاله رویکرد فازی و تحلیل روابط خاکستری در کنار تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پیشنهاد شد. نظر به آنکه معیارهای شناسایی شده از نقطه نظر اعضای کمیته (تصمیم‌گیران) از وزن (اهمیت) یکسانی برخوردار نبودند، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی جهت تعیین اوزان معیارهای اصلی و زیرمعیارها، بکار گرفته شد. نتایج محاسبات حاکی از آن بود که در میان معیارهای اصلی، معیار محصول سبز (با زیرمعیارهای: قابلیت بازیافت و باز تولید، و بسته‌بندی سبز) با وزن ۰٫۲۹۷، از اهمیت بالاتری نسبت به سایر معیارها برخوردار است. به عبارت دیگر رعایت این معیار از سوی تأمین‌کنندگان کاندید، نقش بسزایی در انتخاب آنها از سوی اعضای کمیته داشته است. معیارهای کنترل آلودگی و کیفیت نیز به ترتیب با اوزان ۰٫۲۳۲ و ۰٫۲۲۹ با اختلافی اندک از معیار اول، از نظر اهمیت در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. با محاسبه اوزان معیارها و آگاهی از میزان اهمیت هر یک از آن‌ها، ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان سبز با استفاده از روش COPRAS-G انجام پذیرفت. نتایج حاصل از محاسبات در جدول ۲۴ حاکی از آن است که تأمین‌کننده دوم با اهمیت نسبی ۰٫۱۳ و بالاترین درجه مطلوبیت، به‌عنوان تأمین‌کننده سبز انتخاب گردید. به عبارت دیگر نتایج گواه بر این مدعا است که تأمین‌کننده دوم در مقایسه با سایر تأمین‌کنندگان، در مجموع کلیه معیارهای زیست محیطی از بالاترین اولویت برخوردار است و می‌تواند گزینه مناسبی به عنوان تأمین‌کننده سبز برای گروه صنایع غذایی نادری محسوب شود. ترتیب اولویت انتخاب کلیه تأمین‌کنندگان کاندید در این شرکت به شرح ذیل می‌باشد.

تأمین‌کننده ۱ > تأمین‌کننده ۳ > تأمین‌کننده ۴ > تأمین‌کننده ۵ > تأمین‌کننده ۲

اولویت‌بندی فوق تبیین‌کننده این موضوع است که انتخاب تأمین‌کننده سبز بر آن اساس می‌تواند مزایای گوناگونی چون: افزایش کیفیت محصولات تولیدی، کاهش هزینه‌های خرید، کاهش ریسک توقف خط تولید، افزایش رضایتمندی مشتریان نهایی، افزایش سودآوری، و بقا و حضور پررنگ در بازار رقابتی، را برای سازمان به ارمغان آورد.

منابع

- [۱] دین محمد ایمانی و افسانه احمدی، ۱۳۸۸. مدیریت زنجیره تأمین سبز راهبرد نوین کسب مزیت رقابتی. ماهنامه مهندسی خودرو و صنایع وابسته. ۱ (۱۰): ۱۴-۲۰.
- [۲] محمد عطائی، محمد. (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری چندمعیاره. چاپ اول. شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- [۳] ابراهیم نوری رج، محمدرضا لطفی و علیرضا رشیدی کمیجان، ۱۳۹۱. مدل ترکیبی تاپسیس فازی و برنامه‌ریزی آرمانی برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارشات. فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، سال هفتم، شماره ۲۲. ص ۴۶-۳۰.
- [4] Kuo, R. J., Wang Y.C., Tien F.C., 2010. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection, *Journal of Cleaner Production*. 18 (4): 1124-1132.
- [5] Narasimhan R., Ttalluri S., Mendez D., 2001. Supplier evaluation and rationalization via data envelopment analysis: An empirical examination. *Journal of Supply Chain Management*. 4(5).
- [6] Buyukozkan G., Cifci G., 2011. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers"; *Expert Systems with Applications*.
- [7] Büyükoçkan, G., & İfçi, G., 2012. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*, 39, 3000–3011.
- [8] Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z., & Tamosaitiene, J., 2009. Multi-attribute decision-making model by applying grey numbers. *Informatica, Lith. Acad. Sci.*, 20(2), 305-320.
- [9] Seuring, S., 2013. A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. *Decision Support System*, 54, 1513–1520.
- [10] Srivastava, S. K., 2007. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Review*, 9(1), 53-80.
- [11] Min, H., & Kim, H., 2012. Green supply chain research: Past, present, and future. *Logistics Research*, 4, 39–47.
- [12] Ahi, P., & Searcy, C., 2013. A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 52, 329–341.
- [13] Hart, S. L., & Dowell, G., 2011. Invited editorial: A natural-resource-based view of the firm fifteen years after. *Journal of Management*, 37(5), 1464–1479.

- [14] Ageron, B., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A., 2012. Sustainable supply management: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 168–182.
- [15] Sarkis, J., 2012. Models for compassionate operations. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 359–365.
- [16] Olfat, A., Govindan, K., & Khodaverdi, R., 2013. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. *Resources, Conservation and Recycling*, (working paper).
- [17] Yang, C. S., Lu, C. S., Haider, J. J., & Marlow, P. B., 2013. The effect of green supply chain management on green performance and firm competitiveness in the context of container shipping in Taiwan. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 55(1).
- [18] Dües, C. M., Tan, K. H., & Lim, M., 2013. Green as the new lean: how to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 40, 93–100.
- [19] Amid A. and Ghodspour S.H., 2008 .An Additive Weighted Fuzzy Programming for Supplier Selection Problem in a supply chain. *International Journal of Industrial Eng. & Production Research*, 19(4):1-8.
- [20] Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. T., 2012. The future of operations management: An outlook and analysis. *International Journal of Production Economics*, 135, 687–701.
- [21] Dekker, R., Bloemhof, J., & Mallidis, I., 2012 .Operations research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, 219, 671–679.
- [22] Kumar, A., Jain, V., & Kumar, S., 2014 .A comprehensive environment friendly for supplier selection. *Omega*, 42(1), 109–113.
- [23] Xiaoyong ,Fu ,Zhu. Qinghua , Sarkis. Joseph., 2012 .Evaluating green supplier development programs at a telecommunications systems provider. *Int. J. Production Economics* 140, 357–367.
- [24] Ho , W., Xu, X.,&Dey, P., 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European Journal of Operational Research* ,202,16–24.
- [25] Chen, V. Y., Lien, H. P., Liu, C. H., Liou, J. J., Tzeng, G. H., & Yang, L. S., 2011. Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan. *Applied Soft Computing*, 11(1), 265–275.
- [26] Gurel, O., Acar, A. Z., Onden, I., & Gumus, I., 2015. Determinants of the Green Supplier Selection. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 181, 131-139.
- [27] Celebi, D., & Bayraktar, D., 2008. An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information. *Expert Systems with Applications*, 35, 1698–1710.
- [28] Anbari, F. T., 2003. Earned value project management method and extensions. *Project Management Journal*, 34(4), 12–23.
- [29] Ongkunaruk, P., & Piyakam, C., 2011. Logistics Cost Structure for Mangosteen Farmers in Thailand. *Systems Engineering Procedia*, 2, 40–48.
- [30] Manning, L., Baines, R., & Chadd, S., 2006. Quality assurance models in the food supply chain. *British Food Journal*.
- [31] Schiefer, G., 2002. Environmental control for process improvement and process efficiency in supply chain management—the case of the meat chain. *International Journal of Production Economics*, 78(2), 197–206.
- [32] Isoraite, M., 2009. Importance of strategic alliances in company's activity. *Intellectual Economics*, 1(5), 39–46.
- [33] Marshall, R. E., & Farahbakhsh, K., 2013. Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management*, 33(4), 988–1003.
- [34] Yanqing, X., & Mingsheng, X., 2012. No TitleA 3E Model on Energy Consumption, Environment Pollution and Economic Growth An Empirical Research Based on Panel Data. *Energy Procedia*, 16, 2011–2018.
- [35] Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Royal, S. K., 2010. A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *International Journal of Production Economics*, 126, 370–378.
- [36] Lee, A. H. I., Kang, H.-Y., Hsu, C.-F., & Hung, H.-C., 2009. A green supplier selection model for high-tech industry. *Expert Systems with Applications*, 36, 7917–7927.
- [37] Ke, Q., Zhang, H., Liu, G., & Li, B., 2011. Remanufacturing Engineering Literature Overview and Future Research Needs. In *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing* (pp. 437–442).
- [38] Zhang, G., & Zhao, Z., 2012. Green Packaging Management of Logistics Enterprises. *Physics Procedia*, 24, 900–905.
- [39] Ravishankara, A. R., Daniel, J. S., & Portmann, R. W., 2009. Nitrous Oxide (N₂O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. *Science*, 326, 123–125.
- [40] Chang, D. Y., 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649–655.
- [41] Tzeng, G.-H., Huang, J.-J., 2011. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications* . CRC Press.
- [42] Kabir, G., & Hasin, M. A. A., 2011. Comparative analysis of AHP and Fuzzy AHP models for multicriteria inventory classification. *International Journal of Fuzzy Logic Systems*, 1(1), 1-16.
- [43] Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Sarka, V., 1994. The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131-139.
- [44] Nguyen, H.T., Dawal, S.Z.M., Yusoff, N., & Aoyama, H., 2013. A hybrid approach for fuzzy multi-attribute decision making in machine tool selection with consideration of the interactions of attributes. *Expert Systems with Application*,41(6), 3078–3090.