



پژوهشنامه‌ی مدیریت اجرایی

علمی- پژوهشی

سال یازدهم، شماره‌ی ۲۲، نیمه‌ی دوم ۱۳۹۸

## ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش‌های دمپستر شافر و

### تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹

حمیدرضا فلاح لاجیمی\*

زهرا جعفری سرونی\*\*

doi:10.22080/jem.2020.17571.3031

#### چکیده:

یکی از تصمیمات کلیدی در سازمان‌ها، انتخاب تامین‌کننده می‌باشد. معمولاً فهرستی از تامین‌کنندگان شناسایی شده بر مبنای مجموعه‌ای از شاخص‌ها، ارزیابی می‌شوند، که این موضوع نشان از یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است. روش‌های متعدد و شاخص‌های چندگانه‌ای برای ارزیابی تامین‌کنندگان وجود دارد. ماهیت چنین تصمیم‌گیری‌هایی در شرایط عدم اطمینان پیچیده است. هدف این پژوهش ارائه روشی برای ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان است. در این تحقیق شاخص‌های ارزیابی از ماتریس بالقوه تامین‌کنندگان استخراج و پس از تعیین اهمیت شاخص‌ها با استفاده از روش بهترین-بدترین، درجه عدم اطمینان با تحلیل رابطه‌ای خاکستری محاسبه و در نهایت برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان از روش دمپستر شافر استفاده شده است. داده‌های تحقیق از خبرگان صنعت سخت افزار، که از دانش و سابقه کافی در حوزه خرید و تدارکات برخوردار بوده، جمع‌آوری شده است. یک مطالعه موردی واقعی برای نشان دادن رویکرد ترکیبی پیشنهاد داده شده برای انتخاب تامین‌کننده ارائه شده است. در بعد توانمندی، شاخص‌های کیفیت و ظرفیت انبار و در بعد تمایل، شاخص‌های تمایل به نشر اطلاعات و توافق متقابل به ترتیب مهمترین و کم‌اهمیت‌ترین شاخص می‌باشند. در نهایت رتبه‌بندی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان انجام شد. در یافته‌های تحقیق شاخص‌های ارائه شده عمومی بوده و می‌تواند در صنایع و شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرد. همچنین از تحلیل رابطه‌ای خاکستری جهت محاسبات عدم اطمینان استفاده شده است.

**واژگان کلیدی:** ارزیابی تامین‌کننده، تحلیل رابطه‌ای خاکستری، دمپستر شافر، روش بهترین-بدترین، ماتریس بالقوه تامین‌کننده.

\* نویسنده مسئول، استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران h.fallah@umz.ac.ir

\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران z.jafari.s@umz.ac.ir

## ۱. مقدمه

با توسعه بازارهای جهانی و نیز عصر رقابتی حاضر، شرکت‌ها تمایل دارند بر شایستگی‌های اساسی خود تمرکز کنند و فعالیت‌های غیر رقابتی را برون سپاری نمایند. عملکرد تامین‌کنندگان می‌تواند از آن جهت دارای اهمیت باشد که می‌تواند سبب افزایش مزیت رقابتی برای شرکت‌ها باشد. بسیاری از شرکت‌ها بدلیل عدم آشنایی با روش‌های علمی انتخاب و ارزیابی تامین‌کنندگان، متحمل خسارات جبران‌ناپذیری می‌شوند که سبب می‌شود آنها از عرصه رقابتی بازار خارج شوند (وود<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶). انتخاب، بخش بندی و توسعه تامین‌کنندگان از مراحل اصلی مدیریت ارتباط با تامین‌کنندگان می‌باشند. به عبارت دیگر، انتخاب تامین‌کننده زیربنای مدیریت ارتباط با تامین‌کنندگان است که عملکرد مناسب در این مرحله نتایج مطلوب در آینده به همراه دارد، چرا که بعد از این مرحله (انتخاب تامین‌کننده)، شرکت‌های خریدار می‌توانند استراتژی‌های مناسب را برای همکاری و توسعه تامین‌کنندگان در پیش بگیرند (پرکوهی، قادیکلایی و فلاح لاجیمی، ۲۰۱۹). بنابراین، داشتن یک روش منطقی انتخاب تامین‌کننده، پایه‌ای محکم برای خرید تصمیم‌گیری استراتژیک مدیران خواهد بود.

موضوع ارزیابی تامین‌کننده در دهه‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. این تحقیقات در صنایع مختلف، با تکنیک‌های متعدد و در شرایط تصمیم‌گیری گوناگون انجام شده است. انتخاب یک تامین‌کننده از میان چند تامین‌کننده (وقتی تعداد تامین‌کننده‌ها زیاد باشد) کاری پیچیده و زمانبر است (لو، لوسنبرگ و بارنس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹)، که نیازمند طراحی یک سیستم یا مدل تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین تامین‌کننده می‌باشد زیرا انتخاب تامین‌کننده مطلوب باتوجه به شاخص‌های گوناگون صورت می‌گیرد که این شاخص‌ها می‌توانند هم شاخص‌های کیفی (مانند کیفیت) و یا کمی (مانند قیمت) باشند، از این رو مسئله انتخاب‌تامین‌کننده در زمره مسائل

---

<sup>1</sup> Wood

<sup>2</sup> Luo, Rosenberg & Barnes

تصمیم‌گیری چند معیاره قرار می‌گیرد. بنابراین، معیارهایی که برای ارزیابی عملکرد تامین‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد، نقش مهمی در روند انتخاب تامین‌کننده ایفا می‌کنند (بیوکوزکان و ایفی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲). رضایی و اورت<sup>۲</sup> (۲۰۱۲) استدلال کردند که بیشتر شاخص‌های بخش بندی تامین‌کننده مورد استفاده در ادبیات، زیر گروه مشخصی از شاخص‌های انتخاب و ارزیابی تامین‌کننده است. آنها یک مدل جامع (یعنی ماتریس بالقوه تامین‌کننده (SPM<sup>۳</sup>)) را پیشنهاد کردند که شاخص‌های ارزیابی تامین‌کننده را در دو بعد «توانمندی» و «تمایل» تامین‌کننده قرار می‌گیرد (رضایی و اورت، ۲۰۱۲). از آنجا که دو وظیفه مهم انتخاب و بخش بندی تامین‌کننده، از لحاظ ماهیت کاملاً به هم وابسته هستند، منطقی به نظر می‌رسد که از شاخص‌های SPM، برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده در سیستم مدیریت زنجیره تامین کارآمد استفاده نمود.

از آنجا که مسئله ارزیابی تامین‌کننده همراه با شاخص‌های متعدد است، قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان عدم اطمینان را به این مسئله می‌افزاید و آن را پیچیده‌تر می‌کند (لی، یاماگوچی و ناگای<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷). بنابراین پرداختن به مسئله عدم اطمینان در فرآیند تصمیم‌گیری برای ارزیابی دقیق‌تر و واقعی‌تر تامین‌کنندگان بسیار مهم است. تحلیل رابطه‌ای خاکستری برای تعیین درجه عدم اطمینان، تئوری دمپستر-شافر (DST<sup>۵</sup>) که یک رویکرد استدلالی برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان است (ژانگ و تو<sup>۶</sup>، ۲۰۰۴). اندازه‌گیری عدم اطمینان در هسته DST است که با استفاده از آن کیفیت و دقت اطلاعات مشخص می‌شود. استفاده از تابع باور در رویکردهای سنتی DST به طور بالقوه می‌تواند منجر به از بین رفتن اطلاعات ارزشمند و تصمیمات غیرواقعی شود.

<sup>1</sup> Büyüközkan & Ifi

<sup>2</sup> Rezaei & Ortt

<sup>3</sup> Supplier Potensial Matrix

<sup>4</sup> Li, Yamaguchi & Nagai

<sup>5</sup> Dempster- Shafer Theory

<sup>6</sup> Zhang & Tu

بنابراین، در این تحقیق با تحلیل رابطه‌ی خاکستری<sup>۱</sup> برای مقابله با عدم اطمینان‌های ذاتی فرآیند تصمیم‌گیری برای ارائه‌ی نتایج واقع‌بینانه و قابل قبول اتخاذ شده‌اند. هدف اصلی این تحقیق، ارائه‌ی یک رویکرد ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کننده است که شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا تاثیر عدم اطمینان ذاتی مرتبط با فرآیند تصمیم‌گیری را به طور قابل توجهی کاهش دهند. این تحقیق از چند منظر حائز اهمیت و دارای نوآوری است. اول اینکه، روش ارائه شده در این تحقیق کاربردی و مورد استفاده همه مدیران خرید، تدارکات و زنجیره‌تأمین شرکت‌ها می‌باشد. دوم، فرآیند تصمیم‌گیری پیشنهادی به دلیل استفاده از روش بهترین-بدترین نیاز به داده‌ها و محاسبات کمتر، کارآمد است و در نهایت، از تحلیل رابطه‌ی خاکستری و تئوری دمپستر-شافر جهت تحلیل داده‌ها و محاسبات عدم اطمینان استفاده شده است.

در ادامه تحقیق، در بخش دوم به مرور ادبیات و پیشینه تحقیقات در حوزه انتخاب تأمین‌کنندگان و نیز در مورد شاخص‌های انتخابی برای انتخاب تأمین‌کنندگان پرداخته می‌شود. سپس رویکرد‌های تصمیم‌گیری بکار رفته در این تحقیق تشریح می‌شود. در بخش چهارم نیز به اجرای مدل در صنعت سخت افزار پرداخته می‌شود و در پایان به بحث و نتیجه‌گیری یافته‌های تحقیق می‌پردازد.

## ۲. ادبیات و پیشینه تحقیق

تأمین‌کننده و انتخاب تأمین‌کننده یکی از موضوع‌های حیاتی در هر زنجیره‌تأمین می‌باشد. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که کالاها استراتژیک بوده و یا انتخاب اشتباه تأمین‌کننده خسارت جبران‌ناپذیری به شرکت وارد می‌کند. هر تأمین‌کننده براساس شاخص‌هایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که البته این شاخص‌ها از منظر شرکت‌ها و صنایع گوناگون متفاوت می‌باشد. موضوع انتخاب تأمین‌کننده در تحقیقات زیادی در صنایع مختلف و با تکنیک‌های متعدد مورد بررسی قرار گرفتند. از

---

<sup>۱</sup> Grey Relational Analysis

دهه ۱۹۸۰، فرآیند تأمین کالا در درون شبکه‌ای از شرکت‌های تأمین‌کننده انجام می‌گیرد که این امر اهمیت انتخاب تأمین‌کننده را در فرآیند تدارکات پررنگ‌تر می‌کند. معمولاً فرآیند انتخاب تأمین‌کننده امری بی‌اهمیت قلمداد می‌شود و به صورت تجربی توسط تصمیم‌گیرندگان انجام می‌شود. از همین حیث، انتخاب تأمین‌کننده به عنوان یک مسئله کلاسیک در مدیریت زنجیره تأمین تبدیل شده که سابقه آن حتی به قبل از ۱۹۶۰ بر می‌گردد (کار<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). در بازار رقابتی کنونی، تولیدکنندگان جهت افزایش سهم بازار داخلی و رقابت در عرصه جهانی درصدد همکاری با تأمین‌کنندگانی هستند که بتوانند شاخص‌هایی همچون کیفیت، قیمت، زمان تحویل و ... را احصا کنند. رتبه‌بندی و سپس انتخاب بهترین تأمین‌کننده تحت تأثیر عوامل مختلفی است که در محیط کسب و کار رقابتی و به شدت در حال تغییر و متلاطم، تصمیم‌گیری در مورد آن امری پیچیده و پویا تلقی می‌گردد که عدم توجه به شاخص‌های تصمیم‌گیری و روشی مناسب برای ارزیابی، چه بسا تصمیمات جبران‌ناپذیری اتخاذ می‌شود که صدمات مالی و غیر مالی فراوانی به شرکت و زنجیره متحمل می‌کند. در کنار اهمیت زیادی که در عملکرد انتخاب تأمین‌کننده وجود دارد، بخش‌بندی تأمین‌کننده نیز از مهمترین وظایف مدیران زنجیره تأمین به منظور داشتن یک مدیریت مناسب در مواجهه با تأمین‌کننده است. معیارهای انتخاب تأمین‌کننده نقش مهمی در مدیریت روابط تأمین‌کننده دارد. رضایی و اورت (۲۰۱۲) ادبیات بخش‌بندی تأمین‌کنندگان را مورد بررسی قرار دادند و یک رویکرد چندمتغیره برای بخش‌بندی تأمین‌کننده ارائه دادند که این معیارها به دو بعد اصلی یعنی توانمندی و تمایل طبقه‌بندی می‌شوند که شامل طیف گسترده‌ای از مهمترین متغیرها برای ارزیابی تأمین‌کنندگان است. این چارچوب از آن جهت برای تحقیق حاضر در نظر گرفته می‌شود که شرکت‌های خریدار می‌توانند دو مرحله مهم مدیریت روابط تأمین‌کننده (یعنی انتخاب و بخش‌بندی تأمین‌کننده) را ادغام کنند. در بین مدل‌های مختلف ارائه شده در حوزه بخش‌بندی و انتخاب

---

<sup>۱</sup> Kar

تامین‌کننده ماتریس بالقوه تامین‌کنندگان به مجموعه شاخص‌هایی در هر دو بعد توانمندی و تمایل پرداخته است (رضایی، وانگ و تواسزی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). تامین‌کنندگانی که از توانمندی و تمایل بالایی برخوردار هستند در زمره بهترین تامین‌کنندگان قرار می‌گیرند و خریدار می‌تواند از توانمندی تامین‌کننده از لحاظ قیمت پایین، تحویل به موقع و کیفیت، سود حداکثری کسب کند. متغیرهایی که در هر یک از ابعاد توانمندی و تمایل مورد استفاده قرار می‌گیرند را می‌توان در جدول ۱ مشاهده نمود که این شاخص‌ها مبنای ارزیابی تامین‌کنندگان در تحقیق حاضر محسوب می‌شود.

جدول ۱: شاخص‌های بعد توانمندی و تمایل (رضایی و اورت، ۲۰۱۲)

شاخص	بعد
دانش صنعت، قابلیت طراحی، نظارت بر فناوری، توسعه فناوری، نوآوری، تولید، امکانات و ظرفیت، هزینه‌های تحقیق و توسعه، نظارت قابلیت فناوری، سهولت طراحی تعمیر و نگهداری، سهولت عملیات، همکاری در تولید، موقعیت جغرافیایی، تحویل، قابلیت رزرو، توانایی بسته‌بندی، اعتبار و موقعیت در صنعت، پاداش عملکرد، سابقه عملکرد، وضعیت مالی، توانایی بسته‌بندی، بهداشت و محیط ایمنی، سنجش بازار، تمایل به کسب و کار، سیستم ارتباطات، ارتباط با مشتری، مدیریت منابع انسانی، مدیریت و سازمان، گواهینامه ISO، مدیریت ضایعات، خدمات پس از فروش، قابلیت اطمینان از محصول و تحویل.	شاخص‌های توانمندی
تعهد به بهبود مستمر در محصول و فرایند، تعهد به کیفیت، ارتباطات صادقانه و مکرر، ارتباطات نزدیک، استانداردهای اخلاقی، تمایل به مشارکت و طراحی در توسعه محصول جدید، احترام متقابل و صداقت، تمایل به تسهیم اطلاعات، ایده‌ها فناوری و صرفه‌جویی در هزینه، تلاش در از بین بردن ضایعات، تلاش در ترویج اصول JIT، روابط بلند مدت، تمایل برای تجارت، نگرش و تمایل به سرمایه‌گذاری در تجهیزات خاص.	شاخص‌های تمایل

انتخاب تامین‌کننده در ادبیات زنجیره‌تامین را می‌توان از ابعاد مختلفی مورد بررسی قرار داد. در تقسیم بندی استفاده از تکنیک های تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان می‌توان به تکنیک‌هایی همچون، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (وانگ، چنگ و هانگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹؛ گالانکاشی، حلمی و هاشم‌زهی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶)، D-AHP (دنگ، هو، دنگ و

<sup>1</sup> Rezaei, Wang & Tavasszy

<sup>2</sup> Wang, Cheng & Huang

<sup>3</sup> Galankashi, Helmi & Hashemzahi

## ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش‌های دمپستر.....۱۲۱

ماه‌ادوان<sup>۱</sup>، (۲۰۱۴)، ویکور فازی (صفایی قادیکلایی و ولی‌پور پرکوهی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷؛ چن و وانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹)، دیمتل فازی (بیوکوزکان و ایفی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲) و تاپسیس فازی (سیمیک، کوواسویک، اسویرسویک و سیمیک<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶؛ وود، ۲۰۱۶) اشاره کرد. همچنین تحقیق‌های دیگری در انتخاب تامین‌کننده با استفاده از تکنیک‌های ریاضی صورت گرفته که مهمترین این تکنیک‌ها تحلیل پوششی داده‌ها (آزاده و آلم<sup>۶</sup>، ۲۰۱۰؛ گو، لیو، جین و ال‌وی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۶)، برنامه‌ریزی خطی (شیرکوهی، شکوری، جوادی و کرامتی<sup>۸</sup>، ۲۰۱۳؛ امین و همکاران، ۲۰۱۱) می‌باشند. نوع دیگر تقسیم‌بندی تکنیکی، تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌باشد که می‌توان تکنیک‌هایی همچون الگوریتم ژنتیک (قربابی، زاوادسکاس، امیری و اسماعیلی<sup>۹</sup>، ۲۰۱۶) شبکه‌های عصبی (کار، ۲۰۱۵؛ لی و یانگ<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۹) نام برد.

فلاح لاجیمی، محمدی و رسولی (۱۳۹۸) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱۱</sup> BWM و TODIM به ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان در زنجیره تامین لارج (ناب، چابک، تاب‌آور و سبز) در صنعت کاشی پرداختند. سبرضایی نوری و همکاران (۱۳۹۵) تحقیقی به منظور انتخاب تامین‌کنندگان تجهیزات بیمارستانی در شرایط عدم اطمینان و با استفاده از رویکرد جدید بولزای برای انتخاب و تعیین اوزان معیارهای تعیین شده با استفاده از اعداد خاکستری ارائه دادند. صفائی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیق خود پس از بررسی ادبیات نظری و بررسی نظر خبرگان صنعت خودرو ۱۷ شاخص برای انتخاب تامین‌کنندگان پایدار شناسایی شدند. همچنین با استفاده از روش تحلیل عاملی، شاخص‌ها در سه گروه اقتصادی، رفاه اجتماعی و زیست محیطی عامل

<sup>1</sup> Deng, Hu, Deng & Mahadevan

<sup>2</sup> Valipour Parkouhi & Safaei Ghadikolaei

<sup>3</sup> Chen & Wang

<sup>4</sup> Büyüközkan & Ifi

<sup>5</sup> Simić, Kovačević, Svirčević & Simić

<sup>6</sup> Azadeh & Alem

<sup>7</sup> Guo, Liu, Jin & Lv

<sup>8</sup> Shirkouhi, Shakouri, Javadi & Keramati

<sup>9</sup> Ghorabae, Zavadskas, Amiri & Esmaili

<sup>10</sup> Lee & Yang

<sup>11</sup> Best- Worst Method

بندی شدند و طبق یافته‌های تحقیق بترتیب ابعاد رفاه اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی در انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در صنعت خودرو تاثیر گذارند. لی و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی به منظور حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه انتخاب تامین‌کننده، رویکرد جدید درجه امکان‌پذیری خاکستری ارائه کردند. آنها در مرحله اول شاخص‌ها را با استفاده از متغیرهای زبانی بصورت اعداد خاکستری بیان و در مرحله دوم با استفاده از تکنیک درجه امکان‌پذیری خاکستری تامین‌کنندگان را رتبه‌بندی کردند. در نهایت با ارائه یک مثال به اثربخشی رویکرد خود پرداختند. امین، رزمی و ژانگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) برای اولین بار از تکنیک SWOT برای شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید در حوزه انتخاب تامین‌کننده استفاده کردند. سپس به بررسی میزان خرید منابع از تامین‌کنندگان با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی پرداختند. آنها با مطالعه همزمان در شرکت قطعات خودرو ایران، مدل تحقیق خود را پیاده کردند. شیرکوهی و همکاران (۲۰۱۳) مدل برنامه ریزی خطی چند هدفه فازی برای حل مسائل انتخاب تامین‌کننده در حالتی که چند محصول و قیمت وجود دارد، ارائه کردند. مدل ارائه شده همزمان هزینه سفارش، تعداد اقلام معیوب و زمان تحویل را به حداقل می‌رساند. آنها با یک مثال عددی مدل را اجرا کردند. دنگ و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیق خود با استفاده از تکنیک AHP با اعداد D به رتبه‌بندی تامین‌کننده پرداختند که استفاده از اعداد D را به مسأله انتخاب و رتبه‌بندی تامین‌کننده وارد کردند. وو، چن، زنگ، ژو و یانگ<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) مسأله انتخاب تامین‌کننده را با استفاده از تکنیک VIKOR در شرایط عدم اطمینان در صنعت هسته ای بررسی کردند که از مدل ابر<sup>۳</sup> برای غلبه بر عدم اطمینان استفاده کردند. رضایی، نیسپلینگ، سارکیس و تواسزی<sup>۴</sup> (۲۰۱۶) رویکرد چرخه عمر را با تلفیق شاخص‌های اقتصادی و زیست محیطی برای انتخاب تامین‌کننده در صنعت غذایی بکار بردند. آنها

---

<sup>1</sup> Amin, Razmi & Zhang

<sup>2</sup> Wu, Chen, Zeng, Xu & Yang

<sup>3</sup> Cloud

<sup>4</sup> Rezaei, Nispeling, Sarkis & Tavasszy



## ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش‌های دمپستر.....۱۲۳

فرآیند تحقیق را در سه فاز انتخاب اولیه، انتخاب و ادغام بیان کردند. در ابتدا بعد از شناسایی تامین‌کنندگان بالقوه، با استفاده از BWM، بهترین تامین‌کننده از میان تامین‌کنندگان واجد شرایط مشخص شد. مطالعات زیادی در حوزه انتخاب تامین‌کننده در شرایط مختلف عدم اطمینان با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری انجام شده است. جدول ۲ مطالعات مختلف در این حوزه را نشان می‌دهد.

جدول ۲ بررسی ادبیات در تصمیم‌گیری انتخاب تامین‌کننده

نویسنده/سال	عنوان	روش وزندهی	تکنیک رتبه‌بندی
اسکات، هو، دی و تالوری <sup>۱</sup> (۲۰۱۵)	طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم برای انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارشات	گسترش عملکرد کیفیت	تحلیل سلسله مراتبی - گسترش عملکرد کیفیت
میزراک، تونا و تونسل <sup>۲</sup> (۲۰۱۴)	توسعه روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای انتخاب تامین‌کننده	روش وزندهی خطی	تحلیل سلسله مراتبی فازی
(گوپتا و باروا <sup>۳</sup> ، ۲۰۱۷)	انتخاب تامین‌کنندگان SME مبتنی بر نوآوری سبز	روش بهترین - بدترین	تاپسیس فازی
(لاما، اوسیرو و کارپینتی <sup>۴</sup> ، ۲۰۱۴)	تفاوت بین تکنیک‌های تصمیم‌گیری برای انتخاب تامین‌کننده	-	تاپسیس فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی
(ذاکری و کرامتی <sup>۵</sup> ، ۲۰۱۵)	ترکیب سیستماتیک از تئوری‌های فازی و خاکستری در انتخاب تامین‌کننده	ANP	تاپسیس
(دنگ و همکاران، ۲۰۱۴)	انتخاب تامین‌کننده با اعداد D	D-AHP	احتمالات بیزین
(کوبن، لیو و پدريسز <sup>۶</sup> ، ۲۰۱۷)	انتخاب تامین‌کننده با تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی	روش وزن دهی فازی	روش تودیم
(کانان، جبور، د و جبور <sup>۷</sup> ، ۲۰۱۴)	انتخاب تامین‌کننده در محیط فازی	روش ادغام میانگین	تاپسیس فازی
(وود، ۲۰۱۶)	انتخاب تامین‌کننده تجهیزات و تسهیلات	آنترویی	تاپسیس فازی
(کلنر، لیندلند و یوتزد <sup>۸</sup> ، ۲۰۱۹)	یک روش پشتیبانی تصمیم‌گیری برای حل مسائل انتخاب تامین‌کننده	ANP	برنامه ریزی چند هدفه

<sup>1</sup> Scott, Ho, Dey & Talluri

<sup>2</sup> Mızrak, Tuna & Tunçel

<sup>3</sup> Gupta & Barua

<sup>4</sup> Lima, Osiro & Carpinetti

<sup>5</sup> Zakeri & Keramati

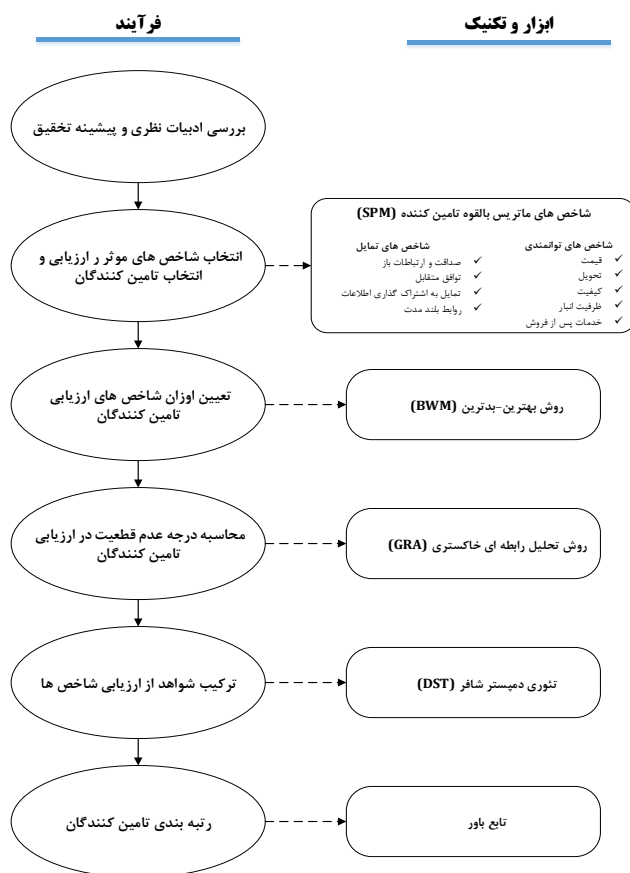
<sup>6</sup> Qin, Liu & Pedrycz

<sup>7</sup> Kannan, Jabbour, de & Jabbour

<sup>8</sup> Kellner, Lienland & Utz

### ۳. روش شناسی پژوهش

در این تحقیق یک رویکرد ترکیبی جدید برای انتخاب تامین‌کننده پیشنهاد شده است که مراحل مختلف آن در شکل ۱ دیده می‌شود. همانطور که دیده می‌شود، انتخاب تامین‌کننده با شاخص‌های ابعاد تمایل و توانمندی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اوزان شاخص‌ها با استفاده از روش BWM بدست آمده و سپس با استفاده از تحلیل رابطه‌ی خاکستری درجه عدم اطمینان گزینه‌های مختلف بدست آمده و با تئوری دمپستر شافر ترکیب گزینه‌ها و سپس رتبه‌بندی تامین‌کنندگان انجام می‌شود. در ادامه هر یک از مراحل انجام شده در این تحقیق تشریح می‌شود.



شکل ۱ مراحل اجرایی تحقیق

### نحوه انتخاب شاخص‌ها

برای انتخاب شاخص‌ها در انتخاب تامین‌کننده، گام اول بررسی و مطالعه ادبیات است که در این تحقیق، شاخص‌های مد نظر در دو بعد تمایل و توانمندی (رضایی و همکاران، ۲۰۱۵) در نظر گرفته شده است. سپس این شاخص‌های طبقه بندی شده در اختیار خبرگان و تصمیم‌گیرندگان مورد مطالعه قرار گرفته و با توجه به اهمیت شاخص‌ها در صنعت، اهم شاخص‌ها انتخاب می‌شوند. البته ذکر این نکته قابل اهمیت است که برخی شاخص‌ها تعدیل و یا ترکیب شده‌اند.

### روش بهترین- بدترین برای محاسبه اوزان شاخص‌ها

چون مساله انتخاب تامین‌کننده مبتنی بر شاخص‌های کمی و کیفی متعددی می‌باشد، لذا تعیین اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌های امری ضروری و مهم می‌باشد. تکنیک‌های متعددی برای تعیین وزن شاخص‌ها تا کنون مورد استفاده قرار گرفته است (چای، لیو و انجی آی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). یکی از این تکنیک‌ها، (BWM) می‌باشد که توسط رضایی (۲۰۱۵) ارائه شده است. BWM نسبت به سایر روش‌های وزن دهی مبتنی بر مقایسات زوجی دارای مزایای زیر است: این تکنیک روشی مبتنی بر بردار است، چون مقایسات کمتری نسبت به دیگر روش‌های وزن دهی از جمله AHP دارد که به تبع آن زمان کمتری نیز برای تکمیل پرسشنامه صرف می‌شود (رضایی ۲۰۱۵). همچنین BWM مقایسات سازگارتری نسبت به سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد (رضایی، ۲۰۱۵). از طرفی BWM مقایسات ساختاریافته تری نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری دارد، به عبارت دیگر در این روش، ابتدا خبرگان بهترین و بدترین شاخص را انتخاب می‌کنند و طبق یک روند نظام مند به مقایسه بهترین شاخص نسبت به بقیه شاخص‌ها و سایر شاخص‌ها به بدترین شاخص می‌پردازند که در سایر روش‌های تصمیم‌گیری به اینصورت نیست (رضایی و فلاح لاجیمی، ۲۰۱۸).

---

<sup>1</sup> Chai, Liu & Ngai

این روش در مسائل مختلفی همچون بخش‌بندی تامین‌کنندگان (رضایی و همکاران، ۲۰۱۵؛ بایی، رضایی و سارکیس<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷)، مدیریت ریسک (ترابی، گیاهی و صاحب جمینیا<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶)، مدیریت زنجیره‌تامین پایدار (بدری، یارپانگ و رضایی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۷)، انتخاب تامین‌کننده (گوپتا و باروا، ۲۰۱۷)، مدیریت کمبود آب (چیتساز و آذرین‌وند<sup>۴</sup>، ۲۰۱۷)، ارزیابی پروژه‌های Ph.D (سلیمی و رضایی، ۲۰۱۸) و ارزیابی دستاورد‌های علمی (سلیمی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۷) بکار رفته است. در ادامه گام‌های BWM آمده است (رضایی، ۲۰۱۶):

**گام ۱:** مجموعه شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین شود. در این گام، مجموعه شاخص‌ها

به صورت  $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  تعریف می‌شود.

**گام ۲:** بهترین (مهمتر، مطلوبتر) و بدترین (دارای کمترین اهمیت و کمترین مطلوبیت) شاخص را مشخص نمایید. در این مرحله تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را به طور کلی تعریف می‌کند، هیچ مقایسه‌ای در این مرحله صورت نمی‌گیرد.

**گام ۳:** ارجحیت بهترین شاخص را نسبت به سایر شاخص‌ها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بردار ارجحیت بهترین شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها را به صورت  $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$  است که  $a_{Bj}$  نشان‌دهنده ارجحیت بهترین شاخص (*Best*) نسبت به شاخص  $j$  می‌باشد، واضح است که  $a_{BB} = 1$  است.

**گام ۴:** ارجحیت همه شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص را با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بردار ارجحیت سایر شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص را به صورت  $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$  است که  $a_{jW}$  نشان‌دهنده ارجحیت

<sup>1</sup> Bai Rezaei & Sarkis

<sup>2</sup> Torabi, Giahi & Sahebjamnia

<sup>3</sup> Badri, Sarpong & Rezaei

<sup>4</sup> Chitsaz & Azarnivand

<sup>5</sup> Salimi

شاخص  $J$  را نسبت به بدترین شاخص  $Worst$  نشان می‌دهد، واضح است که  $a_{WW} = 1$  است.

**گام ۵:** مقادیر بهینه وزن‌ها را بیابید  $w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$ . برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص‌ها زوج‌های  $a_{jW} = \frac{w_j}{w_w}$  و  $a_{Bj} = \frac{w_B}{w_j}$  در نظر گرفته می‌شود. برای برآورده کردن این شرایط در همه  $J$ ها، باید راه حلی پیدا شود تا عبارات  $\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|$  و  $\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jW} \right|$  حداکثر نماید برای همه  $J$ هایی که حداقل شده است. با توجه به غیر منفی بودن وزن‌ها و مجموع اوزان می‌توان مدل را به صورت زیر فرموله نمود:

$min \xi$

s.t.

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jW} \right| \leq \xi, \text{ for all } j$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$

البته مدل خطی تابع فوق نیز به صورت زیر ارائه شد (رضایی، ۲۰۱۶) که در این مقاله اوزان شاخص‌ها با استفاده از مدل خطی بدست می‌آیند.

$min \xi$

s.t.

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi, \text{ for all } j$$

$$|w_j - a_{jW}w_w| \leq \xi, \text{ for all } j$$

رابطه (۱)

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$

با حل مدل فوق، مقادیر بهینه  $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$  و  $\xi^*$  بدست می‌آید. در مدل خطی BWM،  $\xi^*$  خود شاخص سازگاری می‌باشد. هر چه  $\xi^*$  به صفر نزدیکتر باشد، حاکی از سازگاری بالا می‌باشد.

#### تحلیل رابطه ای خاکستری

دنگ در سال ۱۹۸۲ تئوری خاکستری را مطرح و در سال ۱۹۸۹ سیستم تصمیم‌گیری خاکستری را ارائه کرده است. از تحلیل نسبیت خاکستری برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های پیچیده‌ایی که هیچ اطلاعاتی در دسترس نیست، استفاده می‌شود. تحلیل نسبیت خاکستری به منظور بیان عدم اطمینان خبرگان برای شاخص‌های مدل تصمیم‌گیری استفاده می‌شود (جولنگ<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹). تحلیل خاکستری بیشتر در حوزه‌های تحلیل سیستم، پردازش داده، مدل سازی و کنترل تصمیم‌گیری کار شده است (ژانگ، جین و لیو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳). این روش برای مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه که شامل  $m$  گزینه  $\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  و  $n$  شاخص  $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  می‌باشد. ماتریس تصمیم‌گیری  $X = (x_{ij})_{m \times n}$  که امتیاز گزینه  $i$  ام باتوجه به شاخص  $j$  ام نشان می‌دهد و مراحل آن بصورت زیر است:

گام ۱) محاسبه ماتریس نرمالایز شده  $X = (x_{ij})_{m \times n}$  که برای همه شاخص‌ها بصورت زیر تعریف میشود:

$$I_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه (۲)}$$

گام ۲) باتوجه به  $I_{ij}$  های که در گام ۱ بدست آمده است، مشاهده می‌شود که  $I_{ij}$  بین  $[0, 1]$  می‌باشند. دنباله مرجع را می‌توان بصورت زیر بیان کرد:

<sup>1</sup> Julong

<sup>2</sup> Zhang, Jin & Liu

$$R_0 = \max_{1 \leq i \leq m} \{I_{ij} | j = 1, 2, \dots, n\} = (l_{01}, l_{02}, \dots, l_{0n}) \quad \text{رابطه (۳)}$$

گام ۳) محاسبه ماتریس تفاضل  $\Delta I$  که بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta d_{ij} = |R_0 - I_{ij}| \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\Delta d_{ij} = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \dots & \delta_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۵)}$$

گام ۴) ضریب نسبیت خاکستری به صورت زیر محاسبه می‌شود که  $\lambda$  ضریب تمایز است:

$$r_{ij} = \frac{\min_{1 \leq i \leq m} \delta_{ij} + \lambda \max_{1 \leq i \leq m} \delta_{ij}}{\delta_{ij} + \lambda \max_{1 \leq i \leq m} \delta_{ij}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

#### روش دمپستر - شافر

تئوری دمپستر-شافر (DST<sup>۱</sup>) یکی از مهمترین ابزارهای استدلالی برای مقابله با شرایط عدم اطمینان است که تئوری احتمال کلاسیک در مدلسازی این شرایط بدلیل ابهامات موجود مشکل دارد. این تئوری، توسط دمپستر در سال (۱۹۶۷) پیشنهاد شده است و توسط یکی از شاگردانش به نام شافر سال (۱۹۷۶) توسعه یافت. این تئوری نیاز به داده های دقیق و کامل ندارد و اجازه مدلسازی برای طیف وسیعی از موقعیت ها را فراهم می آورد، چرا که در بسیاری از زمینه ها از جمله پردازش تصویر (لین<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰)، ترکیب با تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره (سواستجانو و دیموا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۵)، تعمیر و نگهداری (بارالدی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳) و شبکه مصنوعی (آگراوال و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۳)

<sup>1</sup> Dempster-Shafer theory

<sup>2</sup> Lin

<sup>3</sup> Sevastjanov & Dymova

<sup>4</sup> Baraldiet al

<sup>5</sup> Aggarwalet al

مورد استفاده قرار گرفت. مزیت اصلی DST ناشی از قاعده ترکیب دمپستر است که اجازه می‌دهد دو تابع باور یا شواهد مستقل ادغام شوند. DST براساس دو ایده اصلی تعیین میزان باور برای یک شاخص مبتنی بر احتمالات ذهنی و تعیین قوانین دمپستر به منظور ترکیب میزان باور برای شواهد مستقل (سیلویا و آلمیدا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶). بنابراین تئوری دمپستر-شافر در مقایسه با نظریه احتمال با شناسایی شواهد مبهم و ناشناخته برای حمایت از فرایند تصمیم‌گیری با اطلاعات بیشتر، سودمند است (تانگ، ۲۰۱۵؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ سو و همکاران، ۲۰۱۶).

این تئوری درباره یک چارچوب تشخیص<sup>۲</sup> که آن را با  $\theta$  نمایش می‌دهند، بحث می‌کند.  $\theta$  یک مجموعه متناهی از عناصری است که نشان دهنده یک فرضیه یا هدف از وضعیت یک سیستم است. که مجموعه زیر مجموعه‌های  $\theta$  را بصورت

$$\Omega(\theta) = \{A_1, A_2, \dots, A_N\}$$

نمایش می‌دهند:

**تعریف ۱):** تابع جرم  $m$  را یک تابع تخصیص احتمال اولیه می‌نامند که بصورت

$$m: 2^\theta \rightarrow [0,1]$$

تعریف می‌شود:

$$m(\emptyset) = 0, \quad \sum_{A \subseteq \theta} m(A) = 1$$

**تعریف ۲):** فرض کنید دو تابع جرم  $m_1$  و  $m_2$  از دو منبع اطلاعات مستقل از هم،

$$A_i = \{A_1, A_2, \dots, A_s\}$$

قانون ترکیب شواهد بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$m(A) = m_1 \oplus m_2(A) = \begin{cases} \frac{1}{1-K} \sum_{A_i \cap B_j = A} m_1(A_i) m_2(B_j), \forall A \subseteq \theta, A \neq \emptyset, \\ 0, A = \emptyset, \end{cases}$$

$$K = \sum_{A_i \cap B_j = \emptyset} m_1(A_i) m_2(B_j) < 1.$$

<sup>1</sup> Silva & Almeida

<sup>2</sup> frame of discernment



ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش های دمپستر.....۱۳۱

$K$  نشان دهنده احتمال ناسازگاری بین منابع است و ضریب  $\frac{1}{1-K}$  را فاکتور نرمالایز می نامند. قانون ترکیب شواهد را برای گزینه های بیشتر می توان بصورت زیر تعریف کرد:

$$m_1 \oplus m_2 \cdots \oplus m_n(A) = \frac{1}{1-K} \sum_{\bigcap_{i=1}^n A_i = \emptyset, A_i \subseteq \theta} m_1(A_1) m_2(A_2) \cdots m_n(A_n),$$

$$A \subseteq \theta, \text{ and } K = \sum_{\bigcap_{i=1}^n A_i = \emptyset, A_i \subseteq \theta} m_1(A_1) m_2(A_2) \cdots m_n(A_n) < 1$$

قانون ترکیب شواهد دمپستر شافر همزمان با افزایش میزان باور، درجه عدم اطمینان کل شواهد را کاهش می دهد.

**تعریف ۳):** همانطور که قبلا ذکر شد،  $m$  را یک تابع تخصیص احتمال اولیه می نامند. می توان تابع باور  $A$  را که زیر مجموعه ای از  $\theta$  است بصورت زیر تعریف کرد:

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B)$$

**تعریف ۴):** تابع موجه  $A$  را با  $Pl(A)$  نمایش می دهند. که حداکثر مقدار احتمال توزیع توان در میان عناصر  $A$  را اندازه گیری می کند.  $Pl(A)$  را می توان بصورت زیر تعریف کرد:

$$Pl(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B)$$

$Bel(A)$  و  $Pl(A)$  را به ترتیب حد پایین و حد بالا احتمال می نامند و آن را با  $[Bel(A), Pl(A)]$  نمایش و این بازه را، بازه باور گویند. این فاصله منعکس کننده فاصله باور عدم اطمینان است. برای گزاره های  $Bel(A)$  و  $Pl(A)$  روابط زیر برقرار است:

$$Pl(A) = 1 - Bel(A), Pl(A) \geq Bel(A)$$

همچنین عدم اطمینان  $A$  را می توان بصورت زیر نشان داد:

$$u(A) = Pl(A) - Bel(A)$$

### الگوریتم پیشنهادی برای انتخاب تامین‌کننده

در روش پیشنهادی، پارامترهای مدل تصمیم‌گیری به عنوان مجموعه شواهد در نظر گرفته می‌شود همچنین علاوه بر انتخاب گزینه مناسب، به کاهش عدم اطمینان در تصمیم‌گیری کمک می‌کند. این روش شامل ۳ مرحله می‌باشد:

مرحله اول) تحلیل رابطه‌ی خاکستری (GRA)، میانگین درجه رابطه بین گزینه‌های مستقل و درجه عدم اطمینان بین گزینه  $(x_{ij})$  و میانگین گزینه‌ها  $(\bar{x}_i)$  را محاسبه می‌کند. مرحله دوم) محاسبه تابع جرم، این تابع منعکس‌کننده درجه عدم اطمینان هر شاخص می‌باشد. مرحله سوم) با استفاده از تئوری دمپستر-شافر و تابع باور گزینه‌های تصمیم‌رتبه‌بندی می‌شود. مبتنی بر این روش یک مجموعه  $(F, C)$  با  $m$  گزینه و شاخص  $n$  وجود دارد. گزینه را با  $A_i$  و شاخص را با  $C_j$  نمایش می‌دهند. رویه تصمیم‌گیری مبتنی بر این روش را می‌توان در گام‌های زیر خلاصه کرد:

گام ۱): ماتریس تصمیم  $L = (I_{ij})_{m \times n}$  میزان عضویت گزینه  $i$  ام را در شاخص  $j$  ام طبق رابطه (۲) تشکیل می‌شود.

گام ۲): محاسبه دنباله مرجع که بهترین مقدار  $I_{ij}$  را برای هر شاخص در نظر می‌گیرد و بصورت رابطه (۳) بیان می‌شود.

گام ۳): محاسبه ماتریس تفاضل بین  $I_{ij}$  و  $R_0$  (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳):

$$\Delta d_{ij} = |R_0 - I_{ij}| \quad \text{رابطه (۷)}$$

گام ۴): محاسبه میانگین درجه نسبت بین  $R_0$  و  $I_{ij}$

$$r_{ij} = \frac{\min_{1 \leq i \leq m} \Delta d_{ij} + \lambda \max_{1 \leq i \leq m} \Delta d_{ij}}{\Delta d_{ij} + \lambda \max_{1 \leq i \leq m} \Delta d_{ij}} \quad \text{رابطه (۸)}$$

$\lambda$  یا همان ضریب تمایز، یک عامل مهم تاثیر گذار بین تحلیل همبستگی و ارزش توزیع میانگین درجه نسبت  $(r_{ij})$  است. برای آنکه  $\lambda$  بتواند بصورت دقیق منعکس‌کننده درجه نسبت بین  $I_{ij}$  و  $R_0$  باشد، آن را  $\lambda = 0.5$  در نظر می‌گیرند (تانگ<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵).

<sup>1</sup> Tang

گام ۵): محاسبه درجه عدم اطمینان هر یک از شاخص ها:

$$DOI(C_j) = \frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij})^2} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad \text{رابطه (۹)}$$

گام ۶): محاسبه شاخص توالی ساختار با توجه به  $C_j$  که  $l_j = (l_{1j}, l_{2j}, \dots, l_{mj})$  این در حالیست که  $l_{ij} = l_{1j} / \sum_{i=1}^m l_{1j}$  سپس یک ماتریس شاخص توالی ساختار یا  $l_j$  بدست می آید.  $(j = 1, 2, \dots, n)$

گام ۷): محاسبه مقادیر تابع جرم هر گزینه  $l_j$  و  $\theta$  با توجه هر شاخص  $C_j$  طبق رابطه زیر:

$$m_{C_j}(l_j) = l_{ij} (1 - Doi(C_j)) \quad (i = 1, \dots, m)(j) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$m_{C_j}(\theta) = 1 - \sum_{i=1}^m m_j(i) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در ماتریس تصمیم ترکیبی  $m_{C_j}(l_j)$  و  $m_{C_j}(\theta)$  به ترتیب با  $m_j(i)$  و  $m_j(m+1)$  نشان داده می شود.  $m_j(i)$  میزان باور گزینه  $l_i$  با توجه به شاخص  $C_j$  و  $m_j(m+1)$  میزان باور کل عدم اطمینان با توجه به شاخص  $C_j$  می باشد.

گام ۸): محاسبه میزان باور گزینه  $i$  ام طبق رابطه زیر دست می آید:

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

همچنین برای محاسبه تابع جرم شاخص  $J$  ام از رابطه زیر استفاده می شود:

$$m_1 \oplus m_2 \dots \oplus m_n(A) = \frac{1}{1-K} \sum_{\cap_{i=1}^n A_i = \emptyset, A_i \subseteq \theta} m_1(A_1) m_2(A_2) \dots m_n(A_n) \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$A \subseteq \theta, \text{ and } k = \sum_{\cap_{i=1}^n A_i = \emptyset, A_i \subseteq \theta} m_1(A_1) m_2(A_2) \dots m_n(A_n) < 1 \quad (۱۳)$$

گام ۹): گزینه  $i$  بر حسب  $\max bel(l_i)$  رتبه بندی می شوند.

#### ۴. کاربرد روش پیشنهادی در مسئله واقعی

در زنجیره‌تأمین سخت افزار بدلیل وجود رقبای بسیار زیاد، انتخاب تأمین‌کننده امری حیاتی برای بقا شرکت‌ها محسوب می‌شود. این تأمین‌کنندگان باید بتوانند شاخص‌های مورد نظر خریدار و مصرف‌کننده نهایی را احصاء کنند. داده‌های تحقیق از یک شرکت سخت‌افزاری در ایران جمع‌آوری شده است که درصدد رتبه‌بندی ۱۲ تأمین‌کننده یک کالای خاص هستند. درابتدا تأمین‌کنندگانی را که حداقل شرایط احراز را نداشتند، کنار گذاشته و تأمین‌کنندگان مناسب با توجه به شاخص‌های مد نظر ارزیابی می‌شوند.

#### انتخاب شاخص‌های ارزیابی و تعیین اوزان

در مرحله اول تحقیق، با کمک ۵ نفر از خبرگان صنعت سخت‌افزار، که از دانش کافی در حوزه خرید و تدارکات و سابقه حداقل ۱۰ ساله در این حوزه برخوردار بوده، مصاحبه صورت گرفت و در نهایت پس از بحث و توافق جمعی با تکیه بر شاخص‌های بیان شده در جدول ۱، از میان ۵۱ شاخص مربوط به توانمندی و ۹ شاخص مربوط به تمایل، به ترتیب ۵ (قیمت، تحویل، کیفیت، ظرفیت انبار و خدمات پس از فروش) و ۴ شاخص (صداقت و روابط باز، توافق متقابل، تمایل به اشتراک‌گذاری اطلاعات و روابط بلندمدت) انتخاب شدند. پس از تعیین شاخص‌ها و مبتنی بر روش BWM، مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین شاخص‌ها در هر یک از ابعاد از منظر هر خبره تعیین و سپس از آن‌ها خواسته شد میزان ارجحیت بهترین شاخص نسبت به بقیه شاخص‌ها (جدول ۳) و ارجحیت سایر شاخص‌ها به بدترین شاخص (جدول ۴) با اعداد ۱ تا ۹ پاسخ دهند. سپس مقادیر بهینه اوزان طبق مدل رابطه (۱) و نتایج آن در جدول ۵ آمده است. طبق نظر خبرگان میزان اهمیت دو بعد توانمندی و تمایل در انتخاب تأمین‌کننده برابر بوده و اوزان بدست آمده هر شاخص در هر بعد در ۰,۵ ضرب شده تا وزن کلی هر شاخص در فرآیند ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده بدست آید.

ارزیابی تامین کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش های دمپستر.....۱۳۵

جدول ۳: مقایسه بهترین شاخص نسبت به سایر شاخص ها

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$
خبره ۱	۳	۴	۱	۶	۸	۳	۸	۱	۶
خبره ۲	۲	۵	۱	۷	۵	۴	۷	۱	۶
خبره ۳	۲	۴	۱	۶	۸	۱	۹	۲	۷
خبره ۴	۱	۵	۲	۸	۶	۳	۶	۱	۸
خبره ۵	۲	۳	۱	۸	۷	۵	۸	۱	۷

جدول ۴: مقایسه سایر شاخص ها با بدترین شاخص

	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵
$C_1$	۶	۵	۷	۸	۶
$C_2$	۵	۴	۴	۵	۴
$C_3$	۸	۷	۸	۶	۸
$C_4$	۲	۱	۲	۱	۱
$C_5$	۱	۲	۱	۲	۳
$W_1$	۵	۴	۹	۵	۶
$W_2$	۱	۱	۱	۲	۱
$W_3$	۸	۷	۷	۸	۸
$W_4$	۳	۲	۳	۱	۴

با توجه به مقایسات صورت گرفته بین شاخص ها مطابق با نظر خبرگان و تکنیک BWM شاخص کیفیت با وزن ۰,۴۲۷۴، ظرفیت انبار با وزن ۰,۴۲۷ و بترتیب با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص در بعد توانمندی بدست آمده است. همچنین شاخص های توافق متقابل و تمایل به اشتراک گذاری اطلاعات بترتیب با وزن ۰,۵۷۶ و ۰,۵۱۰۳ با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص در بعد تمایل بدست آمده است.

جدول ۵ اوزان شاخص ها در دو بعد توانمندی و تمایل

شاخص های توانمندی	وزن محلی	وزن کلی	شاخص های تمایل	وزن محلی	وزن کلی
قیمت ( $C_1$ )	۰,۲۵۶۴	۰,۱۲۸۲	صداقت و روابط باز ( $W_1$ )	۰,۳۰۸۶	۰,۱۵۴۳
تحويل ( $C_2$ )	۰,۱۷۰۹	۰,۰۸۵۵	توافق متقابل ( $W_2$ )	۰,۰۵۷۶	۰,۰۲۸۸
کیفیت ( $C_3$ )	۰,۴۲۷۴	۰,۲۱۳۷	تمایل به اشتراک گذاری اطلاعات ( $W_3$ )	۰,۵۱۰۳	۰,۲۵۵۱
ظرفیت انبار ( $C_4$ )	۰,۰۴۲۷	۰,۰۲۱۴	روابط بلند مدت ( $W_4$ )	۰,۱۲۳۵	۰,۰۶۱۷

			۰,۰۵۱۳	۰,۱۰۲۶	خدمات پس از فروش ( $C_5$ )
--	--	--	--------	--------	----------------------------

### رتبه بندی تامین کنندگان

بعد از تعیین وزن شاخص ها، امتیاز هر تامین کننده از منظر شاخص های هر بعد مشخص شد. سپس با استفاده از رابطه (۲) و تجمیع نظر خبرگان (میانگین حسابی) داده های اولیه بی مقیاس شدند و در نهایت امتیاز نرمالایز شده هر یک از تامین کنندگان در مقدار وزن هر یک از شاخص ها ضرب شده است. جدول ۶ نشان دهنده مقادیر نهایی موزون نرمالایز شده هر یک از شاخص های تامین کنندگان در هر دو بعد است.

جدول ۶ ماتریس نرمالایز موزون دو بعد توانمندی و تمایل

تمایل				توانمندی					
$W_4$	$W_3$	$W_2$	$W_1$	$C_5$	$C_4$	$C_3$	$C_2$	$C_1$	
۰,۰۰۱۰	۰,۰۰۴۱	۰,۰۰۰۴	۰,۰۰۱۵	۰,۰۳۰۰	۰,۰۰۸۵	۰,۰۳۳۳	۰,۰۰۹۷	۰,۰۰۷۵	$S_1$
۰,۰۰۱۱	۰,۰۰۴۱	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۲۵	۰,۰۱۶۷	۰,۰۰۸۵	۰,۰۲۷۸	۰,۰۲۹۱	۰,۰۶۷۱	$S_2$
۰,۰۰۰۸	۰,۰۰۴۱	۰,۰۰۰۸	۰,۰۰۳۵	۰,۰۱۰۰	۰,۰۰۷۴	۰,۰۳۸۹	۰,۰۱۹۴	۰,۰۳۷۳	$S_3$
۰,۰۰۱۱	۰,۰۰۴۱	۰,۰۰۰۸	۰,۰۰۴۵	۰,۰۱۰۰	۰,۰۰۷۴	۰,۰۳۸۹	۰,۰۴۳۷	۰,۰۵۲۲	$S_4$
۰,۰۰۱۱	۰,۰۰۲۰	۰,۰۰۰۶	۰,۰۰۲۵	۰,۰۱۶۷	۰,۰۰۳۲	۰,۰۳۳۳	۰,۰۳۴۰	۰,۰۴۴۷	$S_5$
۰,۰۰۰۳	۰,۰۰۴۶	۰,۰۰۰۴	۰,۰۰۱۵	۰,۰۱۳۳	۰,۰۰۶۳	۰,۰۵۰۰	۰,۰۰۴۹	۰,۰۳۷۳	$S_6$
۰,۰۰۱۳	۰,۰۰۴۶	۰,۰۰۰۳	۰,۰۰۲۰	۰,۰۱۰۰	۰,۰۰۶۳	۰,۰۵۰۰	۰,۰۱۴۶	۰,۰۲۹۸	$S_7$
۰,۰۰۰۶	۰,۰۰۱۰	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۲۰	۰,۰۰۳۳	۰,۰۰۴۲	۰,۰۲۲۲	۰,۰۰۴۹	۰,۰۰۷۵	$S_8$
۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۱۵	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۳۰	۰,۰۱۰۰	۰,۰۰۳۲	۰,۰۵۰۰	۰,۰۳۸۸	۰,۰۰۷۵	$S_9$
۰,۰۰۰۸	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۱۰	۰,۰۱۰۰	۰,۰۰۵۳	۰,۰۰۵۶	۰,۰۱۴۶	۰,۰۲۲۴	$S_{10}$
۰,۰۰۰۸	۰,۰۰۲۶	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۲۵	۰,۰۰۳۳	۰,۰۰۲۱	۰,۰۲۷۸	۰,۰۰۹۷	۰,۰۲۹۸	$S_{11}$
۰,۰۰۱۰	۰,۰۰۲۶	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۲۰	۰,۰۱۳۳	۰,۰۰۷۴	۰,۰۲۲۲	۰,۰۲۹۱	۰,۰۴۴۷	$S_{12}$

مسئله ایی که وجود دارد این است که چگونه می توان تامین کننده ای انتخاب کرد هر دو بعد توانمندی و تمایل آن در سطح مطلوب قرار داشته باشند برای حل این مشکل، اولاً هر یک از شاخص های بعد توانمندی و تمایل را دو به دو در نظر گرفته و آن را به صورت ماتریس زوجی ( $C_i, W_j$ ) نشان داد و ثانیاً برای بدست آوردن مقدار آن می توان متوسط هر یک از مقادیر را بدست آورد زیرا در اینصورت هر دو بعد را در نظر گرفته

## ارزیابی تامین کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش های دمپستر.....۱۳۷

می شود. در ادامه با گام های روش پیشنهادی تحقیق حاضر، می توان تامین کنندگان را از منظر دو بعد تمایل و توانمندی مورد ارزیابی قرار داده و رتبه بندی نمود.

**گام ۱:** ماتریس انتخاب تامین کننده که ترکیب دو به دو (میانگین) هر یک از ابعاد در جدول ۷ آمده است.

**گام ۲:** بردار تابع مرجع ( $R_0$ ) که بهترین مقدار  $I_{ij}$  را برای هر شاخص طبق رابطه (۳) بدست و نتایج آن در سطر پایانی جدول ۷ آمده است.

**گام ۳:** پس از بدست آوردن تابع مرجع مربوط به هر یک از شاخص ها نیاز است که اختلاف بین  $I_{ij}$  و  $R_0$  را طبق رابطه (۷) محاسبه که ماتریس تفاضل آن در جدول ۸ مشاهده می شود.

**گام ۴ و ۵:** در این قسمت با استفاده از ماتریس اختلاف و درجه رابطه ای بین  $I_{ij}$  و  $R_0$  و رابطه (۸)، می توان  $r_{ij}$  را محاسبه کرد که نتایج آن در جدول ۹ آمده است. همچنین برای محاسبه تابع جرم، نیاز است درجه عدم اطمینان هر گزینه  $DOI(G_j)$  مطابق با رابطه (۹) بدست آید که در سطر پایانی جدول ۹ مشاهده می شود.

**گام ۶:** ماتریس شاخص توالی ساختار مطابق با

جدول ۱۰ بدست می آید.

**گام ۷:** با استفاده از درجه عدم اطمینان بدست آمده طبق رابطه (۹)، می توان مقادیر

تابع جرم هر گزینه را با روابط (۱۰) و (۱۱) محاسبه که نتایج آن در جدول ۱۱ مشاهده کرد.

رابطه میانگین خاکستری بین  $R_0$  و  $I_{ij}$

(c4,w4)	(c4,w3)	(c4,w2)	(c4,w1)	(c3,w4)	(c3,w3)	(c3,w2)	(c3,w1)	(c2,w4)	(c2,w3)	(c2,w2)	(c2,w1)	(c1,w4)	(c1,w3)	(c1,w2)
0.954	1.000	0.974	0.654	0.569	0.586	0.573	0.561	0.367	0.381	0.364	0.361	0.335	0.345	0.334
1.000	1.000	1.000	0.797	0.501	0.516	0.503	0.505	0.576	0.590	0.569	0.558	1.000	1.000	1.000
0.708	0.788	0.828	0.786	0.660	0.676	0.677	0.686	0.446	0.463	0.448	0.453	0.500	0.513	0.505
0.759	0.788	0.828	1.000	0.666	0.676	0.677	0.707	1.000	1.000	1.000	1.000	0.669	0.678	0.673
0.387	0.349	0.396	0.369	0.572	0.558	0.577	0.575	0.671	0.641	0.666	0.641	0.574	0.562	0.575
0.534	0.711	0.603	0.474	0.959	1.000	1.000	0.940	0.333	0.353	0.334	0.333	0.496	0.517	0.501
0.630	0.711	0.594	0.507	1.000	1.000	0.996	0.959	0.406	0.423	0.399	0.398	0.448	0.460	0.445
0.414	0.350	0.427	0.391	0.441	0.436	0.444	0.447	0.335	0.333	0.333	0.336	0.334	0.333	0.334
0.360	0.334	0.372	0.389	0.966	0.888	0.988	1.000	0.783	0.739	0.780	0.767	0.333	0.335	0.333
0.488	0.368	0.487	0.394	0.333	0.333	0.333	0.333	0.402	0.390	0.398	0.391	0.401	0.394	0.400
0.333	0.333	0.333	0.333	0.497	0.500	0.498	0.505	0.366	0.371	0.363	0.368	0.445	0.447	0.444
0.732	0.603	0.776	0.594	0.444	0.449	0.448	0.447	0.574	0.566	0.571	0.551	0.572	0.567	0.574
<b>0.186</b>	<b>0.190</b>	<b>0.195</b>	<b>0.171</b>	<b>0.193</b>	<b>0.193</b>	<b>0.196</b>	<b>0.194</b>	<b>0.161</b>	<b>0.160</b>	<b>0.160</b>	<b>0.159</b>	<b>0.156</b>	<b>0.157</b>	<b>0.156</b>



ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش های دمپستر.....۱۳۹

جدول ۷ ابعاد ترکیبی ماتریس تصمیم

(C5,W4)	(C5,W3)	(C5,W2)	(C5,W1)	(C4,W4)	(C4,W3)	(C4,W2)	(C4,W1)	(C3,W4)	(C3,W3)	(C3,W2)	(C3,W1)	(C2,W4)	(C2,W3)	(C2,W2)	(C2,W1)	(C1,W4)	(C1,W3)	(C1,W2)	(C1,W1)	
0.015	0.017	0.015	0.016	0.005	0.006	0.004	0.005	0.017	0.019	0.017	0.017	0.005	0.007	0.005	0.006	0.004	0.006	0.004	0.004	<b>S1</b>
0.009	0.010	0.009	0.010	0.005	0.006	0.004	0.005	0.014	0.016	0.014	0.015	0.015	0.017	0.015	0.016	0.034	0.036	0.034	0.035	<b>S2</b>
0.005	0.007	0.005	0.007	0.004	0.006	0.004	0.005	0.020	0.021	0.020	0.021	0.010	0.012	0.010	0.011	0.019	0.021	0.019	0.020	<b>S3</b>
0.011	0.012	0.010	0.012	0.004	0.006	0.004	0.006	0.020	0.021	0.020	0.022	0.022	0.024	0.022	0.024	0.027	0.028	0.026	0.028	<b>S4</b>
0.009	0.009	0.009	0.010	0.002	0.003	0.002	0.003	0.017	0.018	0.017	0.018	0.018	0.018	0.017	0.018	0.023	0.023	0.023	0.024	<b>S5</b>
0.007	0.009	0.007	0.007	0.003	0.005	0.003	0.004	0.025	0.027	0.025	0.026	0.003	0.005	0.003	0.003	0.019	0.021	0.019	0.019	<b>S6</b>
0.006	0.007	0.005	0.006	0.004	0.005	0.003	0.004	0.026	0.027	0.025	0.026	0.008	0.010	0.007	0.008	0.016	0.017	0.015	0.016	<b>S7</b>
0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.011	0.012	0.011	0.012	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	<b>S8</b>
0.005	0.006	0.005	0.006	0.002	0.002	0.002	0.003	0.025	0.026	0.025	0.026	0.020	0.020	0.019	0.021	0.004	0.004	0.004	0.005	<b>S9</b>
0.005	0.005	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.008	0.008	0.007	0.008	0.012	0.011	0.011	0.012	<b>S10</b>
0.002	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.014	0.015	0.014	0.015	0.005	0.006	0.005	0.006	0.015	0.016	0.015	0.016	<b>S11</b>
0.007	0.008	0.007	0.008	0.004	0.005	0.004	0.005	0.012	0.012	0.011	0.012	0.015	0.016	0.015	0.016	0.023	0.024	0.023	0.023	<b>S12</b>
<b>0.015</b>	<b>0.017</b>	<b>0.015</b>	<b>0.016</b>	<b>0.005</b>	<b>0.006</b>	<b>0.004</b>	<b>0.006</b>	<b>0.026</b>	<b>0.027</b>	<b>0.025</b>	<b>0.026</b>	<b>0.022</b>	<b>0.024</b>	<b>0.022</b>	<b>0.024</b>	<b>0.034</b>	<b>0.036</b>	<b>0.034</b>	<b>0.035</b>	<b>R<sub>0</sub></b>

جدول ۸ ماتریس تفاوت  $R_0$  و  $I_{ij}$

(C5,W4)	(C5,W3)	(C5,W2)	(C5,W1)	(C4,W4)	(C4,W3)	(C4,W2)	(C4,W1)	(C3,W4)	(C3,W3)	(C3,W2)	(C3,W1)	(C2,W4)	(C2,W3)	(C2,W2)	(C2,W1)	(C1,W4)	(C1,W3)	(C1,W2)	(C1,W1)	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.009	0.008	0.009	0.017	0.017	0.017	0.018	0.030	0.030	0.030	0.030	<b>S1</b>
0.007	0.007	0.007	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.011	0.011	0.011	0.007	0.007	0.007	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>S2</b>
0.010	0.010	0.010	0.009	0.001	0.001	0.000	0.000	0.006	0.006	0.005	0.005	0.012	0.012	0.012	0.013	0.015	0.015	0.015	0.014	<b>S3</b>
0.005	0.005	0.005	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000	0.006	0.006	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.007	0.007	0.006	<b>S4</b>
0.007	0.008	0.007	0.006	0.003	0.004	0.003	0.003	0.008	0.010	0.008	0.009	0.005	0.006	0.005	0.006	0.011	0.012	0.011	0.011	<b>S5</b>
0.009	0.008	0.008	0.008	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.020	0.019	0.020	0.021	0.015	0.015	0.015	0.015	<b>S6</b>
0.010	0.010	0.010	0.010	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.014	0.015	0.016	0.019	0.018	0.019	0.019	<b>S7</b>
0.013	0.015	0.013	0.013	0.002	0.004	0.002	0.003	0.014	0.016	0.014	0.014	0.020	0.021	0.020	0.021	0.030	0.031	0.030	0.030	<b>S8</b>
0.010	0.011	0.010	0.009	0.003	0.004	0.003	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003	0.004	0.003	0.003	0.030	0.031	0.030	0.030	<b>S9</b>
0.010	0.012	0.010	0.010	0.002	0.003	0.002	0.003	0.022	0.024	0.022	0.023	0.015	0.016	0.015	0.016	0.023	0.024	0.023	0.023	<b>S10</b>
0.013	0.014	0.013	0.013	0.003	0.004	0.003	0.004	0.011	0.012	0.011	0.011	0.017	0.018	0.017	0.018	0.019	0.019	0.019	0.019	<b>S11</b>
0.008	0.009	0.008	0.008	0.001	0.001	0.000	0.001	0.014	0.015	0.014	0.014	0.007	0.008	0.007	0.009	0.011	0.012	0.011	0.011	<b>S12</b>

جدول ۱۰: ماتریس شاخص توالی ساختار

جدول ۹: درجه رابطه میانگین خاکستری بین  $R_0$  و  $I_{ij}$

(C5,W4)	(C5,W3)	(C5,W2)	(C5,W1)	(C4,W4)	(C4,W3)	(C4,W2)	(C4,W1)	(C3,W4)	(C3,W3)	(C3,W2)	(C3,W1)	(C2,W4)	(C2,W3)	(C2,W2)	(C2,W1)	(C1,W4)	(C1,W3)	(C1,W2)	(C1,W1)	
1.000	1.000	1.000	1.000	0.954	1.000	0.974	0.654	0.569	0.586	0.573	0.561	0.367	0.381	0.364	0.361	0.335	0.345	0.334	0.333	<b>S1</b>
0.506	0.527	0.504	0.515	1.000	1.000	1.000	0.797	0.501	0.516	0.503	0.505	0.576	0.590	0.569	0.558	1.000	1.000	1.000	1.000	<b>S2</b>
0.401	0.426	0.408	0.421	0.708	0.788	0.828	0.786	0.660	0.676	0.677	0.686	0.446	0.463	0.448	0.453	0.500	0.513	0.505	0.731	<b>S3</b>
0.578	0.598	0.585	0.651	0.759	0.788	0.828	1.000	0.666	0.676	0.677	0.707	1.000	1.000	1.000	1.000	0.669	0.678	0.673	1.000	<b>S4</b>
0.506	0.492	0.508	0.515	0.387	0.349	0.396	0.369	0.572	0.558	0.577	0.575	0.671	0.641	0.666	0.641	0.574	0.562	0.575	1.000	<b>S5</b>
0.438	0.479	0.447	0.440	0.534	0.711	0.603	0.474	0.959	1.000	1.000	0.940	0.333	0.353	0.334	0.333	0.496	0.517	0.501	0.870	<b>S6</b>
0.407	0.433	0.401	0.402	0.630	0.711	0.594	0.507	1.000	1.000	0.996	0.959	0.406	0.423	0.399	0.398	0.448	0.460	0.445	0.781	<b>S7</b>
0.333	0.333	0.334	0.333	0.414	0.350	0.427	0.391	0.441	0.436	0.444	0.447	0.335	0.333	0.333	0.336	0.334	0.333	0.334	0.588	<b>S8</b>
0.397	0.397	0.399	0.414	0.360	0.334	0.372	0.389	0.966	0.888	0.988	1.000	0.783	0.739	0.780	0.767	0.333	0.335	0.333	0.594	<b>S9</b>
0.401	0.387	0.399	0.390	0.488	0.368	0.487	0.394	0.333	0.333	0.333	0.333	0.402	0.390	0.398	0.391	0.401	0.394	0.400	0.695	<b>S10</b>
0.335	0.345	0.333	0.338	0.333	0.333	0.333	0.333	0.497	0.500	0.498	0.505	0.366	0.371	0.363	0.368	0.445	0.447	0.444	0.787	<b>S11</b>
0.447	0.450	0.450	0.447	0.732	0.603	0.776	0.594	0.444	0.449	0.448	0.447	0.574	0.566	0.571	0.551	0.572	0.567	0.574	0.570	<b>S12</b>
<b>0.147</b>	<b>0.149</b>	<b>0.147</b>	<b>0.150</b>	<b>0.186</b>	<b>0.190</b>	<b>0.195</b>	<b>0.171</b>	<b>0.193</b>	<b>0.193</b>	<b>0.196</b>	<b>0.194</b>	<b>0.161</b>	<b>0.160</b>	<b>0.160</b>	<b>0.159</b>	<b>0.156</b>	<b>0.157</b>	<b>0.156</b>	<b>0.223</b>	DOI
(C5,W4)	(C5,W3)	(C5,W2)	(C5,W1)	(C4,W4)	(C4,W3)	(C4,W2)	(C4,W1)	(C3,W4)	(C3,W3)	(C3,W2)	(C3,W1)	(C2,W4)	(C2,W3)	(C2,W2)	(C2,W1)	(C1,W4)	(C1,W3)	(C1,W2)	(C1,W1)	
0.185	0.177	0.188	0.170	0.117	0.119	0.118	0.101	0.084	0.086	0.083	0.081	0.041	0.048	0.039	0.040	0.021	0.027	0.020	0.022	<b>S1</b>
0.106	0.108	0.106	0.104	0.119	0.119	0.120	0.112	0.070	0.073	0.070	0.071	0.115	0.115	0.115	0.113	0.171	0.168	0.172	0.167	<b>S2</b>
0.065	0.073	0.067	0.073	0.102	0.109	0.110	0.111	0.097	0.099	0.098	0.099	0.077	0.082	0.079	0.082	0.096	0.098	0.097	0.098	<b>S3</b>
0.126	0.125	0.129	0.132	0.106	0.109	0.110	0.121	0.097	0.099	0.098	0.101	0.170	0.166	0.173	0.172	0.134	0.133	0.135	0.136	<b>S4</b>
0.106	0.097	0.107	0.104	0.054	0.049	0.051	0.058	0.084	0.081	0.084	0.084	0.134	0.125	0.135	0.130	0.115	0.110	0.116	0.114	<b>S5</b>
0.082	0.093	0.085	0.080	0.083	0.104	0.090	0.080	0.123	0.125	0.124	0.120	0.020	0.033	0.020	0.023	0.094	0.099	0.096	0.093	<b>S6</b>
0.068	0.076	0.064	0.065	0.095	0.104	0.089	0.085	0.125	0.125	0.124	0.121	0.060	0.067	0.058	0.059	0.078	0.081	0.077	0.076	<b>S7</b>
0.024	0.023	0.022	0.029	0.061	0.050	0.059	0.063	0.056	0.053	0.055	0.057	0.021	0.020	0.020	0.024	0.020	0.020	0.019	0.023	<b>S8</b>
0.063	0.060	0.063	0.070	0.046	0.045	0.044	0.063	0.123	0.118	0.124	0.124	0.150	0.140	0.151	0.149	0.020	0.021	0.019	0.025	<b>S9</b>
0.065	0.055	0.063	0.059	0.076	0.055	0.072	0.064	0.015	0.014	0.014	0.015	0.058	0.052	0.057	0.055	0.058	0.054	0.057	0.056	<b>S10</b>
0.025	0.031	0.021	0.031	0.036	0.044	0.030	0.047	0.070	0.070	0.069	0.071	0.040	0.043	0.038	0.043	0.077	0.076	0.076	0.078	<b>S11</b>
0.086	0.083	0.086	0.083	0.104	0.094	0.107	0.096	0.056	0.057	0.056	0.057	0.114	0.110	0.115	0.111	0.115	0.112	0.115	0.112	<b>S12</b>

جدول ۱۱: مقادیر تابع جرم

ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش های دمپستر .....۱۴۱

(C5,W4)	(C5,W3)	(C5,W2)	(C5,W1)	(C4,W4)	(C4,W3)	(C4,W2)	(C4,W1)	(C3,W4)	(C3,W3)	(C3,W2)	(C3,W1)	(C2,W4)	(C2,W3)	(C2,W2)	(C2,W1)	(C1,W4)	(C1,W3)	(C1,W2)	(C1,W1)	
0.158	0.151	0.160	0.145	0.096	0.096	0.095	0.084	0.067	0.069	0.067	0.066	0.034	0.040	0.033	0.034	0.018	0.023	0.017	0.017	<b>S1</b>
0.091	0.092	0.090	0.088	0.097	0.096	0.096	0.092	0.057	0.059	0.056	0.057	0.097	0.097	0.097	0.095	0.145	0.142	0.145	0.130	<b>S2</b>
0.055	0.062	0.057	0.062	0.083	0.088	0.089	0.092	0.078	0.080	0.079	0.080	0.065	0.069	0.066	0.069	0.081	0.082	0.082	0.076	<b>S3</b>
0.108	0.106	0.110	0.112	0.086	0.088	0.089	0.100	0.079	0.080	0.079	0.082	0.143	0.139	0.145	0.144	0.113	0.112	0.114	0.106	<b>S4</b>
0.091	0.083	0.091	0.088	0.044	0.040	0.041	0.048	0.068	0.065	0.067	0.067	0.112	0.105	0.113	0.109	0.097	0.093	0.098	0.088	<b>S5</b>
0.070	0.079	0.072	0.068	0.068	0.084	0.072	0.066	0.099	0.101	0.100	0.097	0.017	0.028	0.017	0.019	0.080	0.083	0.081	0.072	<b>S6</b>
0.058	0.065	0.054	0.055	0.077	0.084	0.072	0.070	0.101	0.101	0.100	0.098	0.051	0.056	0.048	0.050	0.066	0.069	0.065	0.059	<b>S7</b>
0.020	0.019	0.019	0.024	0.049	0.040	0.048	0.053	0.045	0.043	0.044	0.046	0.018	0.017	0.016	0.020	0.017	0.017	0.016	0.018	<b>S8</b>
0.054	0.051	0.053	0.060	0.037	0.036	0.035	0.052	0.099	0.095	0.099	0.100	0.125	0.118	0.127	0.125	0.017	0.018	0.016	0.019	<b>S9</b>
0.055	0.046	0.053	0.051	0.062	0.044	0.058	0.053	0.012	0.011	0.011	0.012	0.049	0.044	0.048	0.047	0.049	0.046	0.048	0.044	<b>S10</b>
0.021	0.026	0.018	0.027	0.030	0.036	0.024	0.039	0.056	0.056	0.055	0.057	0.034	0.036	0.032	0.037	0.065	0.064	0.064	0.060	<b>S11</b>
0.073	0.070	0.073	0.070	0.085	0.076	0.086	0.079	0.046	0.046	0.045	0.046	0.096	0.092	0.097	0.099	0.102	0.099	0.102	0.087	<b>S12</b>
<b>0.147</b>	<b>0.149</b>	<b>0.147</b>	<b>0.150</b>	<b>0.186</b>	<b>0.190</b>	<b>0.195</b>	<b>0.171</b>	<b>0.193</b>	<b>0.193</b>	<b>0.196</b>	<b>0.194</b>	<b>0.161</b>	<b>0.160</b>	<b>0.160</b>	<b>0.153</b>	<b>0.151</b>	<b>0.152</b>	<b>0.151</b>	<b>0.223</b>	<b>m<sub>j</sub></b>

گام ۸ و ۹: در این گام تابع باور هر گزینه طبق رابطه (۱۳) بدست آمده و رتبه هر یک از تامین‌کنندگان براساس  $\max bel(l_i)$  مطابق جدول ۱۲ انجام می‌شود.

جدول ۱۲ رتبه‌بندی نهایی تامین‌کنندگان مبتنی بر تابع باور

رتبه	ارزش تابع باور	تامین کننده
6	$Bel(\{s_1\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_1\}) = 0.2473$	<b>S1</b>
2	$Bel(\{s_2\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_2\}) = 0.3244$	<b>S2</b>
5	$Bel(\{s_3\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_3\}) = 0.2584$	<b>S3</b>
1	$Bel(\{s_4\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_4\}) = 0.3598$	<b>S4</b>
3	$Bel(\{s_5\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_5\}) = 0.2693$	<b>S5</b>
8	$Bel(\{s_6\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_6\}) = 0.2399$	<b>S6</b>
7	$Bel(\{s_7\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_7\}) = 0.2442$	<b>S7</b>
12	$Bel(\{s_8\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_8\}) = 0.1049$	<b>S8</b>
9	$Bel(\{s_9\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_9\}) = 0.2291$	<b>S9</b>
11	$Bel(\{s_{10}\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_{10}\}) = 0.1412$	<b>S10</b>
10	$Bel(\{s_{11}\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_{11}\}) = 0.1456$	<b>S11</b>
4	$Bel(\{s_{12}\}) = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \dots \oplus m_{20}(\{s_{12}\}) = 0.2648$	<b>S12</b>

نتایج حاکی از رتبه بندی به این صورت است که اولویت انتخاب تامین کنندگان به صورت زیر می باشد:

$$S_4 \succcurlyeq S_2 \succcurlyeq S_5 \succcurlyeq S_{12} \succcurlyeq S_3 \succcurlyeq S_1 \succcurlyeq S_7 \succcurlyeq S_6 \succcurlyeq S_9 \succcurlyeq S_{11} \succcurlyeq S_{10} \succcurlyeq S_8$$

## ۵. بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق، یک چارچوب برای کاهش عدم اطمینان در زنجیره تامین از طریق انتخاب تامین کننده مناسب با بکارگیری تحلیل رابطه ای خاکستری و تئوری دمپستر شافر ارائه شده است. نتایج بدست آمده حاصل از رویکرد ترکیب ارائه شده مورد تایید مدیران قرار گرفته و تا حدود زیادی منطبق بر نتایج دنیای واقعی بوده است.

## ارزیابی تامین‌کنندگان در شرایط عدم اطمینان با ترکیب روش‌های دمپستر..... ۱۴۳

نتایج این تحقیق در چند بخش ارائه شده است. در بخش اول، با استفاده از نظر خبرگان و BWM اوزان شاخص‌ها بدست آمد. در بعد توانمندی، شاخص‌های کیفیت و ظرفیت انبار به ترتیب مهمترین و کم اهمیت ترین شاخص می‌باشند. در هر صنعت و شرکتی، کیفیت به عنوان مزیت رقابتی محسوب می‌شود و نیز می‌توان در نتایج تحقیقات هاله و حمیدی<sup>۱</sup> (۲۰۱۱)، موخرجی و کار<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) و کانان و تان<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) دیده می‌شود. در صنعت سخت‌افزار، بدلیل سرعت پیشرفت تکنولوژی، ذخیره‌سازی در انبار جزء برای کالاهای استراتژیک نیاز نیست و در عصر رقابت کنونی به عنوان اتلاف محسوب می‌شود که در مطالعه کانان و تان (۲۰۰۲) می‌توان مشاهده کرد. در بعد تمایل، شاخص‌های تمایل به نشر اطلاعات و توافق متقابل مهم‌ترین و کم‌اهمیت ترین شاخص می‌باشند. با پیشرفت و گسترش ابزارهای اطلاعاتی، انتشار و به اشتراک‌گذاری اطلاعات از عوامل کلیدی هر زنجیره محسوب می‌شود که نمود آن در کuo و لین<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) دیده می‌شود. همچنین به دلیل وجود تعداد تامین‌کنندگان زیاد، شاید شاخص توافق متقابل اهمیت کمتری در تعامل خریدار و فروشنده دارد.

در ادامه تحقیق، شاخص‌های دوبعد تمایل و توانمندی طبق روابط حاکم بر تحلیل رابطه ای خاکستری و دمپستر شافر ترکیب شدند که نتایج آن در جداول ۷-۱۱ دیده می‌شود. در فاز نهایی تحقیق، گزینه‌های مدنظر با استفاده از تابع باور رتبه‌بندی نهایی تامین‌کنندگان در جدول ۱۲ آمده است. تامین‌کنندگان شماره ۴ و ۲ به ترتیب رتبه‌های اول و دوم و تامین‌کننده شماره ۸ رتبه آخر را کسب کردند. تامین‌کننده شماره ۴ در همه شاخص‌ها امتیاز بالاتر از میانگین را به خود اختصاص داد به ویژه در شاخص‌هایی مانند کیفیت و تمایل به نشر اطلاعات که از وزن بالایی برخوردار هستند. همچنین تامین‌کننده شماره ۲، عملکرد ضعیف‌تری نسبت به تامین‌کننده شماره ۴ دارد اما جزء در دو شاخص،

<sup>1</sup> Haleh & Hamidi

<sup>2</sup> Mukherjee & Kar

<sup>3</sup> Kannan & Tan

<sup>4</sup> Kuo & Lin

در سایر شاخص‌ها امتیاز بالاتر از میانگین را دارد. در نهایت به منظور اعتبار بخشیدن به الگوریتم پیشنهادی برای ارزیابی تامین کنندگان، مجدد جلسه‌ای با خبرگان تحقیق و مدیران شرکت برگزار شد و آنها پس از بررسی عملکرد هر یک از تامین کنندگان و رتبه بندی ارائه شده، نتایج این الگوریتم را معتبر دانستند. شرکت باید با برنامه‌های مختلف برای حفظ و رابطه با این تامین کنندگان تلاش کند، چرا که همکاری با این تامین کنندگان می‌تواند به افزایش رضایت مشتری و سود آوری منتهی شود. قابل تأمل است که دو شاخص کیفیت و تمایل به نشر اطلاعات نقش به‌سزایی در رتبه بندی عملکرد تامین کنندگان دارد و تامین کنندگان باید با شناخت نیازهای مشتریان خود نسبت به توسعه خود در بهبود این دو شاخص عملکردی نمایند. تامین کننده شماره ۸ نیز به دلیل ضعف در عملکرد خود در همه شاخص‌ها که امتیازات پایین‌تر از میانگین را دارد، رتبه آخر را کسب کرده است. این تامین کننده و تامین کنندگانی که در هر دو بعد تمایل و توانمندی ضعیف هستند نباید به عنوان تامین کننده اصلی در نظر گرفته شوند، بلکه می‌توان برای خرید کالاهای غیر استراتژیک استفاده نمود که منافع شرکت را به خطر نمی‌اندازد. البته برای همکاری در زنجیره تامین و کمک به ارتقاء این تامین کنندگان، می‌توان با برنامه‌های آموزشی و انگیزشی آنها را توسعه داد. این تحقیق برای انتخاب تامین کنندگان در زنجیره تامین کلی بوده است، این در حالیست که در مطالعات اخیر توجه زیادی به انتخاب تامین کنندگان در پارادایم‌های زنجیره تامین (چابک، سبز، تاب آور و ...) می‌شود. لذا می‌توان از رویکرد ترکیبی ارائه شده در پارادایم‌های مختلف زنجیره تامین ارائه شود و در پایان می‌توان از سایر روش‌ها وزن‌دهی به جای **BWM** در این رویکرد ترکیبی استفاده شود.

### فهرست منابع

- Aggarwal, P., Bhatt, D., Devabhaktuni, V., & Bhattacharya, P. (2013). Dempster Shafer neural network algorithm for land vehicle navigation application. *Information Sciences*, 253, 26-33.
- Amin, S. H., Razmi, J., & Zhang, G. (2011). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert Systems with Applications*, 38(1), 334–342
- Azadeh, A., & Alem, S. M. (2010). A flexible deterministic, stochastic and fuzzy Data Envelopment Analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: Simulation analysis. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 7438–7448.
- Badri Ahmadi, H., Kusi-Sarpong, S., & Rezaei, J. (2017). Assessing the social sustainability of supply chains using Best Worst Method. *Resources, Conservation and Recycling*, 126(July), 99–106.
- Bai, C., Rezaei, J., & Sarkis, J. (2017). Multicriteria Green Supplier Segmentation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–14.
- Baraldi, P., Compare, M., & Zio, E. (2013). Maintenance policy performance assessment in presence of imprecision based on Dempster–Shafer Theory of Evidence. *Information Sciences*, 245, 112-131.
- Büyüközkan, G., & Ifi, G. (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000–3011.
- Chai, J., Liu, J. N. K., & Ngai, E. W. T. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, 40(10), 3872–3885.
- Chen, L. Y., & Wang, T. C. (2009). Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of Production Economics*, 120(1), 233–242.

Chitsaz, N., & Azarnivand, A. (2017). Water Scarcity Management in Arid Regions Based on an Extended Multiple Criteria Technique. *Water Resources Management*, 31(1), 233–250.

De Oliveira Silva, L. G., & de Almeida-Filho, A. T. (2016). A multicriteria approach for analysis of conflicts in evidence theory. *Information Sciences*, 346, 275-285.

Deng, X., Hu, Y., Deng, Y., & Mahadevan, S. (2014). Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 156–167.

Fallah Lajimi, H., Mohammadi Kani, Z., and Rasooli Khatir, Z. (2019). Applying of Piecewise Linear Value Functions in LARG Suppliers Ranking: Multi-Criteria Decision Making Mixed Approach. *Industrial management vision Quarterly*, 33, 115-140. (In Persian).

Galankashi, M. R., Helmi, S. A., & Hashemzahi, P. (2016). Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard-fuzzy AHP approach. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 93–100.

Guo, C., Liu, X., Jin, M., & Lv, Z. (2016). The research on optimization of auto supply chain network robust model under macroeconomic fluctuations. *Chaos, Solitons & Fractals*, 89, 105–114.

Gupta, H., & Barua, M. K. (2017). Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, 152, 242–258.

Haleh, H., & Hamidi, A. (2011). A fuzzy MCDM model for allocating orders to suppliers in a supply chain under uncertainty over a multi-period time horizon. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9076–9083.

Julong, D. (1989). Introduction to grey system theory. *The Journal of Grey System*.

Kannan, D., Jabbour, A. B. L. de S., & Jabbour, C. J. C. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 432–447.



Kannan, V. R., & Tan, K. C. (2002). Supplier selection and assessment: Their impact on business performance. *Journal of supply chain management*, 38(3), 11-21.

Kar, A. K. (2015). A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network. *Journal of Computational Science*, 6, 23–33.

Kellner, F., Lienland, B., & Utz, S. (2019). An a posteriori decision support methodology for solving the multi-criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, 272(2), 505-522.

Kuo, R. J., & Lin, Y. J. (2012). Supplier selection using analytic network process and data envelopment analysis. *International Journal of Production Research*, 50(11), 2852–2863.

Lee, C. C., & Ou-Yang, C. (2009). A neural networks approach for forecasting the supplier's bid prices in supplier selection negotiation process. *Expert Systems with Applications*, 36(2 PART 2), 2961–2970.

Li, G.D., Yamaguchi, D. and Nagai, M., 2007. A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and computer modelling*, 46(3), pp.573-581.

Lima Junior, F. R., Osiro, L., & Carpinetti, L. C. R. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194–209.

Lima-Junior, F. R., & Carpinetti, L. C. R. (2016). Combining SCOR model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. *International Journal of Production Economics*, 174, 128–141.

Lin, T. C. (2010). Switching-based filter based on Dempster's combination rule for image processing. *Information Sciences*, 180(24), 4892-4908.

Mızrak Özfirat, P., Tuna Taşoğlu, G., & Tunçel Memiş, G. (2014). A fuzzy analytic hierarchy process methodology for the supplier selection problem. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(3), 292–301.

Mukherjee, S., & Kar, S. (2013). A three phase supplier selection method based on fuzzy preference degree. *Journal of King Saud University. Computer and Information Sciences*, 25(2), 173–185.

Nazari-Shirkouhi, S., Shakouri, H., Javadi, B., & Keramati, A. (2013). Supplier selection and order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear programming. *Applied Mathematical Modelling*, 37(22), 9308–9323.

Qin, J., Liu, X., & Pedrycz, W. (2017). An extended TODIM multi-criteria group decision making method for green supplier selection in interval type-2 fuzzy environment. *European Journal of Operational Research*, 258(2), 626–638.

Rezaeenour, J., Gazanfarinasrabad, M., Doroudi, A. (2017). Bulls-eye -Bulls-eye, developed method for MCDM with gray numbers for selecting the equipment supplier (case study selection and purchase of hospital equipment. *Industrial Management Journal*, 8(4), 601-624 (in Persian).

Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126–130.

Rezaei, J., & Ortt, J. R. (2011, September). Two multi-criteria approaches to supplier segmentation. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 317-325). Springer, Berlin, Heidelberg.

Rezaei, J., & Ortt, R. (2013). Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP. *European Journal of Operational Research*. 225(1), 75-84.

Rezaei, J., & Ortt, R. (2013). Supplier segmentation using fuzzy logic. *Industrial Marketing Management*, 42(4), 507–517.

Rezaei, J., Nispeling, T., Sarkis, J., & Tavasszy, L. (2016). A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method. *Journal of Cleaner Production*, 135, 577–588.

Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. *Expert Systems with Applications*. 42(23), 9152-9164.

Safaei Ghadikolaei, A., Madhoshi, M., Jamalian, A. (2015). Presenting a Conceptual Model for Sustainable Supplier Selection (A case study in SAIPA supply chain). *Industrial Management Journal*, 7(4), 767-784 (in Persian).

Salimi, N. (2017). Quality assessment of scientific outputs using the BWM. *Scientometrics*, 112(1), 195–213.

Salimi, N., & Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and Program Planning*, 66, 147–155.

Scott, J., Ho, W., Dey, P. K., & Talluri, S. (2015). A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. *International Journal of Production Economics*, 166, 226–237.

Sevastjanov, P., & Dymova, L. (2015). Generalised operations on hesitant fuzzy values in the framework of Dempster–Shafer theory. *Information Sciences*, 311, 39-58.

Simić, D., Kovačević, I., Svirčević, V., & Simić, S. (2016). 50 years of fuzzy set theory and models for supplier assessment and selection: A literature review. *Journal of Applied Logic*. 24, 85-96.

Tang, H. (2015). A novel fuzzy soft set approach in decision making based on grey relational analysis and Dempster–Shafer theory of evidence. *Applied Soft Computing*, 31, 317-325.

Torabi, S. A., Giahi, R., & Sahebjamnia, N. (2016). An enhanced risk assessment framework for business continuity management systems. *Safety Science*, 89, 201–218.

Valipour Parkouhi, S., & Safaei Ghadikolaei, A. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, 161, 431–451.

Wang, J. W., Cheng, C. H., & Huang, K. C. (2009). Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. *Applied Soft Computing Journal*, 9(1), 377–386.

Wood, D. A. (2016). Supplier selection for development of petroleum industry facilities, applying multi-criteria decision making techniques including fuzzy and intuitionistic fuzzy TOPSIS with flexible entropy weighting. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 28, 594–612.

Wu, Y., Chen, K., Zeng, B., Xu, H., & Yang, Y. (2016). Supplier selection in nuclear power industry with extended VIKOR method under linguistic information. *Applied Soft Computing*, 48, 444–457.

Zakeri, S., & Keramati, M. A. (2015). Systematic combination of fuzzy and grey numbers for supplier selection problem. *Grey Systems: Theory and Application*, 5(3), 313–343.

Zhang, J., & Tu, G. (2004). A new method to deal with the conflicts in the DS evidence theory. *Statistics and Decision*, 7, 21-22.

Zhang, X., Jin, F., & Liu, P. (2013). A grey relational projection method for multi-attribute decision making based on intuitionistic trapezoidal fuzzy number. *Applied Mathematical Modelling*, 37(5), 3467–3477.