چشم‌انداز مدیریت صنعتی
سال نهم، شماره ۳۳، بهار ۱۳۹۸
شاپا چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپا الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵
ص‌ص ۱۴۰ – ۱۱۵

به‌کارگیری توابع ارزش خطی قطعه‌ای در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان لارج: رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره

حمیدرضا فلاح لاجیمی*، سیده زهرا محمدی کانی، زهرا رسولی خطیر*****

چکیده

در محیط کسب‌وکار معاصر، زنجیره تأمین رقابتی نقش کلیدی در بقای کسب‌وکارها ایفا می‌کند. پارادایم‌های مختلفی در زنجیره تأمین از ابتدا تاکنون ظهور کرده‌اند که از میان آن‌ها چهار پارادایم ناب، چابکی، تاب‌آور و سبز اهمیت بسزایی در عملکرد زنجیره تأمین و رقابت‌پذیری آن دارند که از آن‌ها به‌عنوان «زنجیره تأمین لارج» یاد می‌شود. هر یک از این پارادایم‌ها رسالت و اهداف خاصی را در زنجیره تأمین دنبال می‌کنند. انتخاب تأمین‌کننده در هر زنجیره بر اساس شاخص‌های مختلف تصمیم‌گیری انجام می‌شود که وزن هر شاخص در اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان متفاوت است. هدف از این پژوهش ارائه مدل ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب تأمین‌کننده در پارادایم‌های لارج صنعت کاشی و سرامیک است. در این پژوهش، ابتدا شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده شناسایی و سپس با روش تصمیم‌گیری بهترین ـ بدترین وزن‌دهی می‌شوند. در ادامه تأمین‌کنندگان با استفاده از تابع خطی قطعه‌ای و تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره TODIM رتبه‌بندی می‌شوند. این سیستم می‌تواند در تصمیم‌گیری مؤثر مدیران در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده و بهبود عملکرد زنجیره تأمین، نقش بسزایی داشته باشد و نتایج منطبق بر واقعیت ارائه دهد.

کلیدواژه‌ها: انتخاب تأمین‌کننده لارج؛ توابع ارزش خطی قطعه‌ای؛ روش بهترین ـ بدترین؛ روش TODIM.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۲۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۹.

* استادیار، دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول).

E-mail: h.fallah@umz.ac.ir

** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

*** کارشناسی، دانشگاه مازندران.

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، مدیریت زنجیره تأمین و پارادایم‌های آن به‌شدت موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته است که نمود آن را می‌توان در افزایش مقالات دانشگاهی، همایش‌ها و برگزاری حوزه‌های تخصصی در این حوزه مشاهده کرد [۱۰]. بازارهای جهانی به‌شدت رقابتی شده و مزیت رقابتی هر زنجیره تأمین در افزایش همکاری میان شرکای زنجیره تأمین در راستای اتخاذ تصمیم‌های بهینه و بهبود عملکرد است. سازمان‌ها به‌دنبال روش‌های نوین برای تبادل اطلاعات و مستندات با شرکای تجاری هستند. مدیریت زنجیره تأمین، عوامل راهبردی برای افزایش اثربخشی سازمانی و نیل سریع به اهداف سازمانی از طریق توسعه رقابت‌پذیری، بهبود خدمت‌رسانی به مشتری و افزایش سودآوری را مدنظر قرار می‌دهد [۲۱]. به‌هرحال، برای اطمینان از عملکرد زنجیره تأمین باید یک سیستم ارزیابی عملکرد به‌منظور ارزیابی هر یک از شرکا که تأثیر مستقیم بر عملکرد کل زنجیره دارد، طراحی و اجرا شود. واضح است بررسی عملکرد تأمین‌کنندگان به‌عنوان یکی از شرکای زنجیره تأمین می‌تواند بر ارتقای زنجیره تأمین تأثیرگذار باشد.

روشن است که توسعه استراتژی‌هایی برای اجرا و ارزیابی سناریوهای افزایش رقابت‌پذیری زنجیره تأمین و کمک به فرآیند تصمیم‌گیری در پارادایم‌های مختلف زنجیره تأمین لازم و ضروری است. پارادایم‌های LARG[1]، به‌عنوان پارادایم‌های حیاتی برای رقابت در بازارهای جهانی مدنظر است. چالش فعلی زنجیره تأمین رقابتی، توانایی پاسخگویی به اختلالات غیرمترقبه (تاب‌آوری)، پاسخگویی سریع به تغییرات بازار و تقاضای مشتریان در یک بازار متلاطم (چابکی)، با یک مسئولیت زیست‌محیطی (سبز) به همراه کاهش هزینه و حذف اتلاف (ناب) است.

در سال‌های اخیر و بعد از سال ۲۰۱۰، صنعت کاشی در دنیا تحول و بازیابی عظیمی را تجربه کرده است. ایران نیز به‌عنوان یکی از پنج کشور برتر در این صنعت مطرح است. وضعیت ساختار بازار کاشی و سرامیک در ایران از نوع رقابتی است و تعدد شرکت‌های تولیدکننده این محصول بر رقابت آن می‌افزاید؛ بنابراین شرکت‌های فعال در این صنعت باید سیستم مدیریتی نوین و علمی را جایگزین سیستم‌های مدیریت کلاسیک کنند. این شرکت‌ها باید به‌دنبال کسب و حفظ مزیت رقابتی خود از جمله کیفیت، قیمت، زمان تحویل، مسئولیت‌های اجتماعی و زیست‌محیطی باشند. یکی از دغدغه‌های اصلی این صنعت، ارزیابی و انتخاب بهترین تأمین‌کننده برای مواد اولیه استراتژیک است. زنجیره تأمین صنعت کاشی و سرامیک به‌گونه‌ای است که چهار پارادایم زنجیره تأمین لارج را می‌توان در آن بررسی کرد و شرکت‌های تأمین‌کنندگان در

1. Lean- Agile- Reselience- Green

این صنعت را می‌توان موردارزیابی قرار داد. با بررسی مبانی نظری مشخص شد که بیشتر پژوهشگران یک پارادایم زنجیره تأمین [۳، ۲۳، ۴۱، ۳۷، ۲۴] و یا دو پارادایم مانند ناب و چابک [۳۲]، ناب و سبز [۲۶، ۱۵]، تاب آور و چابک [۱۴]، تاب آور و سبز[۴۷]، تاب‌آوری و ناب [۸] را مطالعه کرده‌اند. ترکیب هم‌زمان هر چهار پارادایم در پژوهش‌های اندکی صورت گرفته است [۱۶،۵].

مسئله انتخاب تأمین‌کننده اهمیت زیادی در حفظ و نگهداری مزیت‌های استراتژیک شرکت‌ها دارد [۱۲]. مهم‌ترین نکته‌ای که در انتخاب تأمین‌کننده مدنظر است، جامعیت شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان است؛ به‌عبارت‌دیگر نیاز است علاوه بر وجود تعداد محدودی شاخص، ارزیابی همه‌جانبه از تأمین‌کنندگان صورت گیرد. برای ارزیابی تأمین‌کنندگان، این مسئله عموماً با شاخص‌های مختلف و گاهی اوقات متضاد و البته مبتنی بر قضاوت‌های ذهنی خبرگان و تصمیم‌گیرندگان همراه است [۲۸]. ابزار و نحوه جمع‌آوری داده‌های خبرگان طبق یک ساختار منظم و البته آسان و قابل‌درک می‌تواند در تسریع و دقت نتایج تأثیرگذار باشد. در مسائل انتخاب تأمین‌کننده، حتی با وجود شاخص های کمّی (همچون قیمت و فاصله)، ارزیابی تأمین‌کنندگان در بیشتر پژوهش‌ها مبتنی بر قضاوت‌های ذهنی خبرگان است که نتایج را از حالت واقعی آن دور می‌کند؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر ارائه یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب تأمین‌کننده در یک زنجیره تأمین با توجه به پارادایم‌های لارج است.

در این مدل از روش بهترین ـ بدترین (BWM[1]) که روشی ساختاریافته و با صرف زمان کمتر است، برای تعیین اوزان شاخص‌ها استفاده می‌شود. از مدل تصمیم‌گیری ارائه‌شده می‌توان در تمام صنایع با توجه به ماهیت و نظر خبرگان صنعت و تغییر شاخص‌ها و اوزان آن‌ها استفاده کرد. سهم دانش‌افزایی پژوهش حاضر، ارائه یک سیستم تصمیم‌گیری به مدیران در انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین است که تقریباً تمام شاخص‌های یک زنجیره تأمین کارآمد و اثربخش در چهار پارادایم ناب، چابک، تاب آور و سبز را دارا است. به‌کارگیری اعداد کمّی واقعی برای شاخص‌های کمّی در ارزیابی تأمین‌کنندگان که به نتایج واقعی منتج خواهد شد، به‌عنوان دومین نوآوری پژوهش حاضر مدنظر است؛ زیرا در بیشتر پژوهش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انتخاب تأمین‌کننده، معمولاً همه شاخص‌ها حتی شاخص‌های کمّی همچون قیمت و فاصله نیز کیفی در نظر گرفته می‌شود و مبتنی بر قضاوت‌های ذهنی خبرگان است. مهم‌ترین نوآوری پژوهش حاضر، استفاده از توابع ارزش خطی قطعه‌ای است که روشی جدید و البته مبتنی بر واقعیت برای ارزش‌گذاری مقادیر شاخص‌ها است؛ هرچند استفاده از این روش موجب شد نتایج متفاوتی از حالت نرمالایز معمولی به‌دست آید. درنهایت با روش TODIM (مخفف یک عبارت

1. Best- Worst Method

پرتغالی از تصمیم گیری تعاملی و چند معیاره)، تأمین‌کنندگان رتبه‌بندی می‌شوند. استفاده هم‌زمان از سه روش BWM، توابع ارزش خطی قطعه‌ای و TODIM در پژوهش حاضر می‌تواند برای مدیران صنعت و پژوهشگران به دلیل کاهش زمان پاسخگویی در اخذ داده‌های موردنیاز، محاسبات و نتایج منطبق بر واقعیت، جذابیت داشته باشد؛ همچنین با تغییر اوزان و امتیازات و نیز اضافه‌کردن شاخص و گزینه‌های جدید، به‌راحتی و در زمان کوتاهی رتبه‌بندی مجدد صورت می‌گیرد.

در قسمت دوم پژوهش، مبانی نظری و پیشینه پارادایم‌های زنجیره تأمین لارج مرور شده و در پایان شاخص‌های عملکردی صنعت کاشی در این پارادایم‌ها استخراج می‌شود. در قسمت روش‌شناسی، نحوه گردآوری داده‌ها و تکنیک‌های تجزیه‌وتحلیل تشریح شده و در بخش تحلیل داده‌ها و یافته‌ها با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده، ابتدا اوزان شاخص‌ها به‌دست‌آمده و سپس تأمین‌کنندگان رتبه‌بندی می‌شوند. در پایان نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهش ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ایده مدیریت زنجیره تأمین لارج در واحد پژوهشی مهندسی مکانیک و صنایع دانشکده علوم و فناوری «دانشگاه جدید لیسبون[1]» شکل و توسعه داده شده است [۱۹]. پارادایم لارج در زنجیره تأمین به ادغام مزیت‌های زنجیره تأمین ناب، چابک، پایدار و سبز در زنجیره تأمین پرداخته و سبب پایداری و توسعه زنجیره تأمین می‌شود. این پارادایم کلی در سال‌های اخیر موردتوجه برخی از پژوهشگران زنجیره تأمین بود. با این حال، هماهنگی پارادایم‌های مختلف زنجیره تأمین با توجه به مأموریت، روش‌ها و رویه‌های مختلف کمی مشکل است که سازمان‌ها کم‌وبیش با آن‌ها درگیر هستند. با وجود ضعف‌هایی برای هر یک از این پارادایم‌ها، تعامل این چهار رویکرد سبب ایجاد ارزش در زنجیره تأمین می‌شود. در ادامه به تشریح هر یک از این چهار پارادایم پرداخته خواهد شد.

زنجیره تأمین ناب. در دهه‌های اخیر شرکت‌ها تمرکز زیادی بر بخش‌های اقتصادی پارادایم ناب کرده‌اند که این تمرکز به ایجاد مزیت رقابتی و بهبود عملکرد منجر شده است. استراتژی زنجیره تأمین ناب، تولید بهنگام با کاهش زمان تحویل، حداقل‌کردن هزینه، بهینه‌سازی عملکرد، عرضه محصول استاندارد با بالاترین کیفیت و ارزش‌افزوده در حجم زیاد است؛ درنتیجه انعطاف‌پذیری و سودآوری شرکت را افزایش می‌دهد و باعث افزایش رقابت سازمانی می‌شود.

1. New University of Lisbon

پاکدیل و لئونارد (۲۰۱۴)، نشان دادند که مدیریت مبتنی بر اصول ناب، سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا به مزیت‌های حداکثر کارایی، مزیت رقابتی در هزینه، افزایش بهره‌وری، سرعت در تحویل، حداقل‌سازی موجودی انبار و کیفیت بهینه دست یابند. مدیریت ناب از طریق نوآوری، زیرساخت حمایتی و مدیریت تعهد در شرکت‌ها ایجاد می‌شود [۵۵].

زنجیره تأمین چابک. پژوهشگران پس از بررسی‌های گسترده به این نتیجه رسیدند که رویکردهای سنتی زنجیره تأمین کارایی لازم را در دنیای رقابتی امروز ندارد و نیز روابط بین خریداران و فروشندگان تحت تأثیر اقتصادی باز و قابل‌اطمینان است که زنجیره تأمین چابک برای تحت پوشش قراردادن این نیازها و تکمیل روش سنتی مناسب است؛ به‌عبارت‌دیگر در مواجهه با تغییرات اساسی و ناگهانی، استفاده از زنجیره تأمین چابک از اهمیت بالایی برخوردار است. سرعت، کیفیت و چابکی را می‌توان به‌عنوان وسیله‌ای برای پاسخگویی به نیازهای منحصربه‌فرد مشتریان قلمداد کرد. ژانگ و شریفی (۲۰۰۰)، بیان کردند درک و پاسخگویی به تغییرات از طریق استفاده استراتژیک از روش‌ها و ابزارهای مدیریتی و برخی مفاهیم محوری چابکی، امکان‌پذیر است. چشم‌انداز چابکی زنجیره تأمین عملیاتی با تمرکز بر ایجاد سرعت و انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین است. همه سازمان‌ها از درجات مختلف، بسته به‌اندازه سازمان و نوع محصول تولیدشده از زنجیره تأمین چابک استفاده می‌کنند [۶].

زنجیره تأمین تاب‌آور. تاب‌آوری زنجیره تأمین عبارت از توانایی آمادگی زنجیره تأمین در مقابل حوادث خطرناک غیرمنتظره، پاسخ‌دهی و بازیابی سریع از اختلالات و بازگشت به وضعیت اصلی، حرکت به‌سوی وضعیت مطلوب جدید در راستای افزایش سطح خدمت به مشتری، سهم بازار و عملکرد مالی است [۳۵]. هدف رویکرد تاب‌آوری در زنجیره تأمین افزایش انعطاف‌پذیری و توسعه توانایی زنجیره تأمین در پاسخگویی سریع به تغییرات در تقاضای مشتری بوده و شامل عواملی همچون ارتباطات و به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات، پاسخگویی سریع و طراحی مجدد سریع زنجیره تأمین برای کاهش اثر اختلالات و تسهیل در امر بازیابی است. هدف نهایی تاب‌آوری ایجاد شرکتی است که قابلیت دگردیسی سریع را بدون باقی‌گذاشتن اثر سوء بر سازمان داشته باشد. درواقع تاب‌آوری قابلیت کلیدی برای رسیدن به موفقیت است [۹، ۵۴].

زنجیره تأمین سبز. زنجیره تأمین سبز، ابتکاری بسیار مهم و مفید برای صنایع به‌منظور بهبود قابلیت زیست‌محیطی خود، کاهش مصرف منابع و حصول اطمینان از تولید پایدار در کسب‌وکار است. لی و همکاران (۲۰۰۹)، بیان کردند با توجه به افزایش نظارت از سوی دولت و آگاهی

عمومی در مسائل زیست‌محیطی، شرکت‌ها مجبور به اجرای روش‌هایی برای داشتن محیط‌زیست سبز به‌منظور بقا در بازارهای جهانی شده‌اند. آن‌ها معتقدند زمانی که روند خرید در مقایسه با مسائل دیگر پیچیده‌تر شود، باید در خرید سبز مسئولیت زیست‌محیطی تأمین‌کننده نیز در نظر گرفته شود. به عقیده تسنگ (۲۰۱۱)، هدف اولیه از زنجیره تأمین سبز کاهش آلودگی و دیگر اثرات زیست‌محیطی است.

همان‌طور که بیان شد، پژوهش‌هایی در حوزه پارادایم‌های زنجیره تأمین به‌صورت ترکیبی انجام شد که به مهم‌ترین آن‌ها در این قسمت اشاره می‌شود. آزوادو و همکاران (۲۰۱۱)، یک مدل مفهومی برای ارزیابی زنجیره تأمین لارج با هدف بهبود عملکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ارائه کردند. آن‌ها برای نیل به این هدف، تعدادی شاخص و اقداماتی برای رسیدن به اهداف مدنظر را در چهار پارادایم معرفی کردند. در این پژوهش به کمک روش کیفی و قضاوتی، تأثیر اقدامات بر شاخص‌های عملکردی لارج بررسی شد. ملکی و ماچادو (۲۰۱۳)، یک رویکرد یکپارچه پسرو در صنعت خودروسازی برای اقدامات مربوط به هر یک از پارادایم‌ها ارائه کردند. با استفاده از روش شبکه بیزین و تحلیل‌های آماری، همبستگی بین اقدامات زنجیره تأمین لارج و ارزش‌آفرینی برای مشتریان را موردبررسی قرار دادند. ملکی و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از روش‌های داده‌کاوی و ANP[1] مدلی برای یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین ارائه کردند. این پژوهش با داده‌های صنعت مدل و لباس صورت گرفته بود که کار در جریان و اجرای استانداردهای لجستکی به‌ترتیب مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین اقدامات شناخته شدند.

کروز و همکاران (۲۰۱۳)، میزان سازگاری اقدامات مربوط به پارادایم‌های زنجیره تأمین لارج را در یک شرکت تولیدکننده اتومبیل در پرتغال بررسی کردند. در این پژوهش با استفاده از «نظریه مجموعه فازی»، سازگاری اقدامات زنجیره تأمین لارج ارزیابی شده و این اقدامات با روش AHP[2] رتبه‌بندی شدند. پس از شناسایی اقدامات ناسازگار از «نظریه طراحی اگزیوماتیک» برای تجزیه مسئله به الزامات کارکردی و شناسایی پارامترهای طراحی به‌منظور طراحی مجدد مدل همکاری استفاده شد. رویز و همکاران (۲۰۱۷)، تأثیر اقدامات ناب، سبز و تاب‌آور را بر عملکرد محیطی بررسی کردند. روش ترکیبی تحلیل عملکرد–اهمیت (IPA[3]) و مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM[4]) برای شناسایی روابط بین اقدامات و شاخص‌های عملکردی به‌کار رفت. راجش (۲۰۱۸)، در پژوهش خود به ارزیابی تاب‌آوری و پایداری زنجیره تأمین پرداخت و شبکه پایدار–تاب آور را به همراه مشخصه‌های آن ارائه کرد.

1. Analytic network process
2. Analytic hierarchy process
3. Importance-Performance Analysis
4. Interpretive Structural Modelling

در مبانی نظری و پیشینه این پژوهش به‌طور مفصل به پارادایم‌های مختلف زنجیره تأمین و نیز ترکیب پارادایم‌ها پرداخته شده است. در ادامه به ارائه چند مدل مختلف برای تجزیه‌وتحلیل پارادایم‌های پایدار–تاب‌آور پرداخته و تأثیر هم‌افزایی این پارادایم‌ها بررسی شد. کاروالهو و ماچادو (۲۰۰۹)، با مرور مبانی نظری، چهار پارادایم زنجیره تامین لارج را از منظر ۷ بُعد موردمقایسه قرار دادند که این مقایسه را می‌توان در جدول ۱، مشاهده کرد. در پایان بخش دوم پژوهش به شاخص‌های مهم انتخاب تأمین‌کننده در هر یک از پارادایم‌های زنجیره تأمین لارج با توجه به مطالعات گذشته پرداخته می‌شود که مبنای انتخاب شاخص‌ها در این پژوهش می‌باشند. این شاخص‌ها به همراه تشریح هر یک از آن‌ها در جدول ۲، ،آمده است.

جدول ۱. بررسی پارادایم‌های مختلف زنجیره تأمین از ابعاد مختلف [۱۱]

پارادایم / بُعد	ناب	چابک	تاب‌آور	سبز
هدف	تمرکز بر کاهش هزینه و انعطاف‌پذیری برای محصولات دردسترس، حذف پیوسته اتلاف	فهمیدن نیازهای مشتری از طریق ارتباط با مشتری و بازار و تطبیق با تغییرات آینده	توانایی سیستم برای بازگشت به حالت اصلی یا حالت جدید مطلوب بعد از تجربه شکست و اجتناب از علل شکست	تمرکز بر توسعه پایدار، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی در فعالیت‌های صنعتی
تمرکز تولید	حفظ سطح مطلوبیت بهینه و به‌موقع فرآیندها	توانایی برای عکس‌العمل سریع به نیازهای متنوع مشتریان، گسترش ظرفیت برای پاسخ به تقاضا	تأکید بر انعطاف‌پذیری، برنامه زمان‌بندی مبتنی بر اطلاعات	تمرکز بر کارایی و کاهش اتلاف برای منافع محیط‌زیست و توسعه توانمندی‌های بازتولید
ائتلاف (با تأمین کنندگان و مشتریان)	امکان مشارکت در اتحادیه‌های سنتی همچون شرکا در سطح عملیاتی	ایجاد یک سازمان پویای مجازی برای طراحی محصول	مشارکت شرکای زنجیره تأمین و پیوستگی شبکه برای توسعه امنیت و نشر دانش	همکاری درون سازمانی که شامل منتشرکردن دانش سبز با شرکا و مشتریان است
ساختار سازمانی	استفاده از یک ساختار سازمانی ایستا با تعداد سطوح کم در سلسله‌مراتب	ایجاد سازمان‌های مجازی توسط شرکا با تغییر مکرر در محصول از طریق پیشنهادهای ارائه‌شده	ایجاد فرهنگ مدیریت ریسک زنجیره تأمین	ایجاد یک سیستم مدیریت محیط‌زیست داخلی و توسعه شاخص محیط زیستی برای کاهش ریسک
شاخص انتخاب تأمین کننده	ویژگی‌های تأمین‌کننده شامل قیمت کم و کیفیت	ویژگی‌های تأمین‌کننده شامل سرعت،	منبع‌گزینی انعطاف‌پذیر	خرید سبز

پارادایم / بُعد	ناب	چابک	تاب‌آور	سبز
	بالا	انعطاف‌پذیری و کیفیت		
استراتژی موجودی	گردش بالای موجودی و حداقل کردن موجودی در کل زنجیره	پاسخگویی به تقاضای مشتری	استراتژی ذخیره اطمینان در زمان بحرانی	شناسایی مواد بازیافت و یا بازتولید، کاهش انتشار دی‌اکسیدکردن و کاهش مواد اضافی
تمرکز زمان تأخیر	کاهش زمان تأخیر به‌شرط عدم افزایش قیمت	افزایش سرمایه‌گذاری برای کاهش زمان تأخیر	کاهش زمان تأخیر	کاهش زمان تأخیر حمل‌ونقل با شرط عدم‌افزایش دی‌اکسید کربن
استراتژی طراحی تولید	بهبود عملکرد به همراه حداقل‌کردن قیمت	طراحی محصولات منطبق با نیازهای اختصاصی مشتریان	تعویق	طراحی اقتصادی و استفاده از چرخه عمر مواد برای ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی

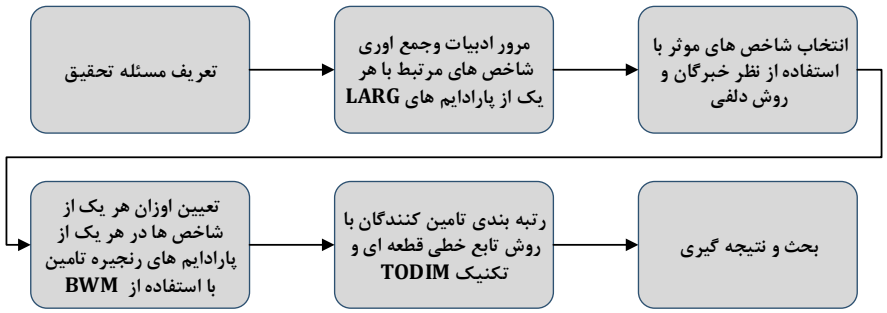
۳. روش‌شناسی پژوهش

روش انجام پژوهش حاضر از منظر گردآوری داده‌ها، توصیفی – پیمایشی و از نظر هدف، کاربردی است. داده‌های پژوهش کمّی است و برای محاسبه اوزان شاخص‌های هر یک از پارادایم‌های زنجیره تأمین و امتیازدهی به تأمین‌کنندگان از قضاوت‌های ذهنی ۸ نفر از خبرگان و متخصصان که دارای حداقل ۵ سال سابقه کاری در بخش‌های تولید، تدارکات، فروش و پست‌های مدیریتی صنعت کاشی و سرامیک و دارای تحصیلات دانشگاهی حداقل کارشناسی بودند، استفاده شد. پژوهش حاضر به‌دنبال رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین لارج با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از تابع خطی قطعه‌ای است. با توجه به روش تجزیه‌وتحلیل، مراحل مختلف پژوهش به‌طور خلاصه در شکل ۱، نشان داده شده است.

جدول ۲. شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده در پارادایم های مختلف

پارادایم	شاخص	منظر
سبز (کانان و همکاران، ۲۰۱۴)	کیفیت	قابلیت فرآیند، تضمین کیفیت، نرخ کالای معیوب، تعهد مدیریت به کیفیت، بهبود فرایند، قیمت خرید
	کنترل آلودگی	آب و فاضلاب، مواد زائد جامد، مصرف انرژی، استفاده از مواد اولیه مضر، هزینه تصفیه فاضلاب جامد و شیمیایی، هزینه از بین بردن آلودگی هوا و آب، طرح‌های کنترل آلودگی، قابلیت کاهش آلودگی، بازیافت
	قابلیت منبع/تحویل	قابلیت توسعه محصول، نرخ انجام سفارش، قابلیت R&D، سطح تکنولوژی، انعطاف‌پذیری در منبع، مدیریت کننده سهام، نرخ سفارش فرم پردازش
	خدمت‌رسانی	نرخ تحویل در زمان، درجه اطلاعات مدرن، حفاظت از محیط‌زیست
	احساس مسئولیت شرکت‌های اجتماعی	حقوق ذینفعان، افشای اطلاعات، آلودگی هوا
	سیستم‌های مدیریت	سیستم‌های مدیریت، ایده‌های مدیریت، تحقیق و توسعه، تعهد مدیریت، حمایت مدیریت از منافع و حقوق کارمند
	قیمت	قیمت ارزش عملکرد، هزینه حمل‌ونقل، هزینه تولید، قابلیت تهیه
	حفاظت محیط/ مدیریت محیط	بهره‌وری محیط‌زیست، قابلیت جلوگیری از آلودگی، نظارت مستمر و پیروی از مقررات، فرایند کنترل داخلی، سیاست حفاظت از محیط‌زیست
	محصولات سبز	بسته‌بندی سبز، گواهی‌نامه سبز، تولید سبز، بازیابی، دفع مواد، عرضه مواد مورداستفاده در قطعات
	تصویر سبز	قابلیت تغییر برای کاهش فرایند، تأثیر بر منابع طبیعی، مسئولیت اجتماعی، قابلیت خرید سبز، سیستم‌های مدیریت سبز، قابلیت‌های تکنولوژی سبز
	نوآوری سبز	طراحی سبز، برنامه‌ریزی فرایند سبز، طراحی محصول تجدید پذیر، طراحی مجدد کالا، استفاده از مواد سازگار با محیط‌زیست
	عملکرد زیست‌محیطی	مشارکت با سازمان‌های سبز، آموزش کارکنان در مسائل زیست‌محیطی، مدیریت مواد خطرناک
	مدیریت مواد خطرناک	مدیریت انبار، موجودی مواد خطرناک
چابکی (لوو همکاران، ۲۰۰۹)	توانمندی فناوری	قابلیت یکپارچه‌سازی، برنامه‌ریزی استراتژیک، سرمایه‌گذاری R&D، سطح انطباق، ظرفیت، قابلیت انطباق محیط‌زیست، سطح تکنیک‌های تولید، سازمان‌دهی آموزشی
	وضعیت مالی	نسبت نقدینگی، گردش موجودی، ارزش خالص دارایی برای هر سهم، سود هر سهم از سهام، حاشیه سود عملیاتی، نسبت دارایی/مسئولیت، نرخ رشد سود خالص، نرخ افزایش دارایی، گردش مالی حساب دریافتنی، نسبت حقوق صاحبان سهام

	کیفیت و توسعه منابع	کیفیت منابع انسانی، شهرت عمومی، محدوده دارایی‌های ثابت، سطح به اشتراک‌گذاری اطلاعات، سطح IT، ارزش علامت تجاری، کیفیت خدمات و محصول
تاب‌آوری (راجش و راوی، ۲۰۱۴)	فاکتورهای اصلی عملکرد	کیفیت ،هزینه، انعطاف‌پذیری
	پاسخ‌دهی تأمین‌کنندگان	سرعت پاسخگویی، دید زنجیره تأمین
	کاهش ریسک تأمین‌کنندگان	آسیب‌پذیری، همکاری ،عدم آگاهی، تداوم مدیریت زنجیره تأمین
	حمایت تکنیکی تأمین‌کنندگان	توانایی تکنولوژیکی، R&D
	تاب‌آوری تأمین‌کنندگان	ایمنی، نگرانی برای محیط
ناب (بارلا، ۲۰۰۳)	قابلیت اطمینان	تجارت سالانه، مراجعه مشتریان، عملکرد سالانه
	توانایی	سطح تکنولوژی، ظرفیت ماهانه کل
	کیفیت عملکرد سازمان	برنامه‌های کنترل کیفیت، کیفیت اجرا و کارایی، گواهی
	موقعیت جغرافیایی	موقعیت جغرافیایی
	شرایط مالی	ثبات مالی
	سطح خدمات	خوش‌قولی در تاریخ سررسید، نگهداشتن مقادیر مناسب سفارش‌ها
	قیمت	قیمت فروش



شکل ۱. مراحل اجرای پژوهش

روش بهترین ـ بدترین: بر اساس روش بهترین ـ بدترین (BWM)که توسط رضایی (۲۰۱۵)، ارائه شده است، بهترین و بدترین شاخص توسط تصمیم‌گیرنده مشخص شده و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو معیار (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد. BWM نسبت به سایر روش‌های وزن‌دهی مبتنی بر مقایسات زوجی دارای مزایای زیر است:

۱.BWM، روشی مبتنی بر بردار است؛ چراکه مقایسات کمتری نسبت به دیگر روش‌های وزن‌دهی از جمله AHP دارد که به‌تبع آن زمان کمتری نیز برای پاسخگویی به پرسشنامه صرف می‌شود [۴۲].

۲.BWM مقایسات سازگارتری نسبت به سایر روش‌ها ارائه می‌دهد [۴۲]. یکی از انتقادها بر روش‌های تصمیم‌گیری، درجه ناسازگاری است که ناشی از قضاوت‌های نادرست و دانش ناقص خبرگان و تصمیم‌گیرندگان است.

۳.BWM مقایسات ساختاریافته‌تری نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری دارد؛ به‌عبارت‌دیگر در این روش، ابتدا خبرگان بهترین و بدترین شاخص را انتخاب می‌کنند و طبق یک روند نظام‌مند به مقایسه بهترین شاخص نسبت به بقیه شاخص‌ها و سایر شاخص‌ها به بدترین شاخص می‌پردازند که در سایر روش‌های تصمیم‌گیری به این صورت نیست. برای مثال در AHP، خبرگان ممکن است در ابتدا یک شاخص را خیلی مهم بدانند، اما در ادامه روند مقایسه، شاخص‌های مهم‌تر دیگری پیدا می‌کنند که این امر سبب می‌شود مقایسات را از ابتدا شروع کنند [۴۵].

۴.برای مقایسات زوجی در روش BWM از اعداد صحیح استفاده می‌شود که استفاده و محاسبه از طریق این روش را تسهیل می‌کند [۳۳].

تاکنون از BWM برای بخش‌بندی تأمین‌کننده‌ها [۴۶، ۴۵] برای انتخاب تأمین‌کننده [۲۲]، ارزیابی عملکرد R&D [۴۹]، ارزیابی ریسک [۵۱] و ارزیابی فرودگاه‌ها [۵۰] استفاده شده است. گام‌های روش BWM به صورت زیر است [۴۳]:

گام ۱: مجموعه شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین شود. در این گام، مجموعه شاخص‌ها به‌صورت $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ تعریف می‌شود که برای گرفتن یک تصمیم موردنیاز است؛

گام ۲: بهترین (مهم‌تر، مطلوب‌تر) و بدترین (دارای کمترین اهمیت و کمترین مطلوبیت) شاخص مشخص می‌شود. در این مرحله تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را به‌طورکلی تعریف می‌کند و هیچ مقایسه‌ای در این مرحله صورت نمی‌گیرد؛

گام ۳: ارجحیت بهترین شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌شود. بردار ارجحیت بهترین شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها به‌صورت $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ نمایش داده می‌شود که در بردار بالا a_{Bj}، ارجحیت بهترین شاخص (B) نسبت به شاخص (j) را نشان می‌دهد. واضح است که $a_{BB} = 1$ است؛

گام ٤: ارجحیت همه شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌شود. بردار ارجحیت سایر شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص به‌صورت

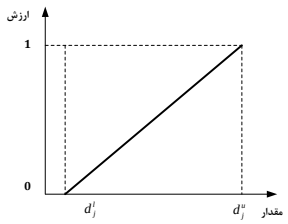
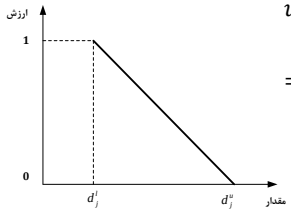
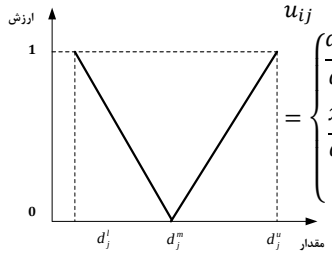
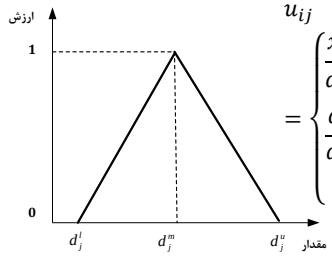
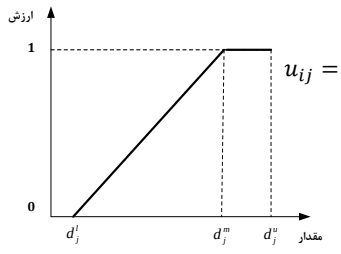
$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$ نمایش داده می‌شود که در بردار بالا a_{jW}، ارجحیت شاخص (j) را نسبت به بدترین شاخص (W) نشان می‌دهد. واضح است که $a_{WW} = 1$ است؛ **گام ۵:** یافتن مقادیر بهینه وزن‌ها $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$. برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص‌ها زوج‌های $\frac{w_B}{w_j} = a_{Bj}$ و $\frac{w_j}{w_w} = a_{jw}$ باشند. برای برآورده‌کردن این شرایط در همه jها باید راه‌حلی پیدا شود تا عبارات $\left|w_j - a_{jw}w_w\right|$ و $\left|w_B - a_{Bj}w_j\right|$ برای همه jهایی که حداقل شده است را حداکثر کند. با توجه به غیرمنفی‌بودن وزن‌ها و مجموع اوزان می‌توان مدل را به‌صورت رابطه (۱) فرموله کرد:

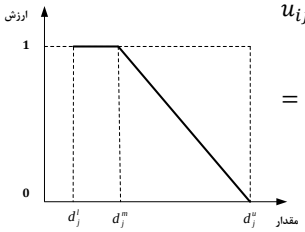
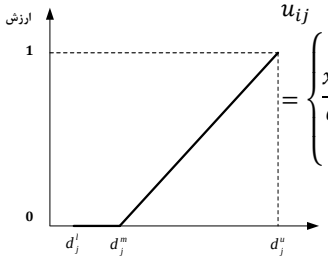
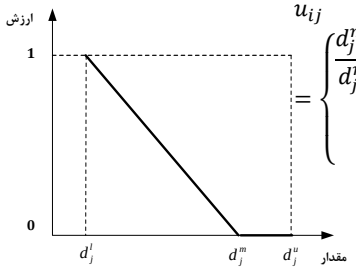
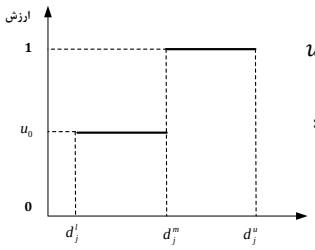
$$
\begin{aligned}
&\min \varepsilon \\
&s.t. \\
&\left|w_B - a_{Bj}w_j\right| \le \varepsilon, \ \text{for all } j \\
&\left|w_j - a_{jw}w_w\right| \le \varepsilon, \ \text{for all } j \\
&\sum_j w_j = 1 \\
&w_j \ge 0
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

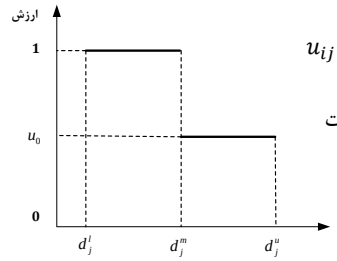
با حل مدل بالا، مقادیر بهینه $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ و ε^* به‌دست می‌آید. در مدل خطی این روش هر چه مقدار ε به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده سازگاری بالای داده‌ها است.

توابع ارزش خطی قطعه‌ای. در مبانی نظری تصمیم‌گیری و برای ساده‌سازی توابع ارزشی برای شاخص‌ها، همه به‌صورت خطی (افزایشی یا کاهشی) در کل دامنه اعداد در نظر گرفته می‌شود [۴۴]؛ درحالی‌که در دنیای واقعی به این صورت نیست. برای مثال، اگر حداکثر بودجه در-دسترس برای خرید اتومبیلی x واحد باشد، اگر قیمت اتومبیلی بیش از x واحد باشد، نباید این اتومبیل در ماتریس تصمیم دارای ارزش باشد؛ به‌عبارت‌دیگر امتیاز این اتومبیل از منظر شاخص قیمت صفر است؛ اما در مبانی نظری تصمیم‌گیری و پژوهش‌های گذشته هیچ محدودیتی برای آن فرض نمی‌شود. رضایی (۲۰۱۸)، در پژوهش خود تعدادی از توابع ارزشی خطی قطعه‌ای که با تصمیم‌گیری در دنیای واقعی مطابقت دارد را معرفی کرد. این توابع و نمودار آن‌ها در جدول ۳، نشان داده شده است. در این جدول، x_{ij}، عملکرد (امتیاز) گزینه i با توجه به شاخص jام، u_{ij}، ارزش گزینه iام با توجه به شاخص jام و $[d_j^l, d_j^u]$، حد پایین و بالای تعیین‌شده برای شاخص jام توسط تصمیم‌گیرنده است.

جدول ۳. توابع ارزش خطی قطعه‌ای [۴۴]

نام تابع	رابطه	نمودار
***Increasing* .۱** با افزایش x_{ij}، u_{ij} نیز افزایش می‌یابد.	$u_{ij}=\begin{cases}\dfrac{x_{ij}-d_j^l}{d_j^u-d_j^l} & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$	
***Decreasing* .۲** با افزایش x_{ij}، u_{ij} کاهش می‌یابد.	$u_{ij}=\begin{cases}\dfrac{d_j^u-x_{ij}}{d_j^u-d_j^l} & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$	
***V-shape* .۳** با افزایش x_{ij} تا سطح d_j^m، u_{ij} به‌تدریج کاهش و پس از این سطح، u_{ij} به‌تدریج افزایش می‌یابد.	$u_{ij}=\begin{cases}\dfrac{d_j^m-x_{ij}}{d_j^m-d_j^l} & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ \dfrac{x_{ij}-d_j^m}{d_j^u-d_j^m} & d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$	
***Inverted V-shape* .۴** با افزایش x_{ij} تا سطح d_j^m، u_{ij} افزایش و پس از این سطح، u_{ij} کاهش می‌یابد.	$u_{ij}=\begin{cases}\dfrac{x_{ij}-d_j^l}{d_j^m-d_j^l} & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ \dfrac{d_j^u-x_{ij}}{d_j^u-d_j^m} & d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$	
***Increase-level* .۵** با افزایش x_{ij} تا سطح مشخص d_j^m، u_{ij} افزایش می‌یابد و پس از این سطح، در همان مقدار حداکثری باقی می‌ماند.	$u_{ij}=\begin{cases}\dfrac{x_{ij}-d_j^l}{d_j^m-d_j^l} & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ 1 & d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$	

نام تابع	رابطه	نمودار
***Level-decrease* .۶** با افزایش x_{ij} تا سطح مشخص d_j^m، u_{ij} در حداکثر مقدار خود باقی می‌ماند و پس از این سطح، u_{ij} به‌تدریج کاهش می‌یابد.	$u_{ij} = \begin{cases} 1 & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ \dfrac{d_j^u - x_{ij}}{d_j^u - d_j^m} & d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
***Level-increase* .۷** با افزایش x_{ij} تا سطح مشخص d_j^m، u_{ij} در حداقل مقدار خود باقی می‌ماند و پس از این سطح، u_{ij} افزایش می‌یابد.	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ \dfrac{x_{ij} - d_j^m}{d_j^u - d_j^m} & d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
***Decrease-level* .۸** با افزایش x_{ij} تا سطح مشخص d_j^m، u_{ij} کاهش می‌یابد و پس از این سطح، u_{ij} در حداقل مقدار خود باقی می‌ماند.	$u_{ij} = \begin{cases} \dfrac{d_j^m - x_{ij}}{d_j^m - d_j^l} & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ 0 d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
***Increasing stepwise* .۹** با افزایش x_{ij} تا سطح مشخص d_j^m، u_{ij} در سطح مشخص u_0 باقی می‌ماند و پس از آن به سطح بالاتر (حداکثری) جهش پیدا می‌کند و در مقدار حداکثر خود باقی می‌ماند.	$u_{ij} = \begin{cases} u_0 & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ 1 & d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$ همچنین در صورت k پرش داریم: $u_{ij} = \begin{cases} u_0 & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^{m1} \\ u_1 & d_j^{m1} \le x_{ij} \le d_j^{m2} \\ & \vdots \\ 1 & d_j^{mk} \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	

نام تابع	رابطه	نمودار
۱۰. ***Decreasing stepwise*** با افزایش x_{ij} تا سطح مشخص d_j^m، u_{ij} در حداکثر مقدار خود باقی می‌ماند و بعد از آن به سطح پایین‌تر (u_0) جهش پیدا می‌کند و در این سطح باقی می‌ماند.	$u_{ij}=\begin{cases}1 & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^m \\ u_0 & d_j^m \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$ همچنین در صورت پرش داریم:k $u_{ij}=\begin{cases}1 & d_j^l \le x_{ij} \le d_j^{m1} \\ u_1 & d_j^{m1} \le x_{ij} \le d_j^{m2} \\ & \vdots \\ u_k & d_j^{mk} \le x_{ij} \le d_j^u \\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$	

روش TODIM[1]. روش TODIM، راه‌حلی مبتنی بر انتظارات رفتاری تصمیم‌گیرندگان با درنظرگرفتن نظریه چشم‌انداز [۲۵] ارائه می‌کند. ایده اصلی روش TODIM، اندازه‌گیری درجه تسلط هر یک از گزینه‌ها از طریق ایجاد یک تابع ارزش چندمشخصه است. بر اساس درجه تسلط به‌دست‌آمده می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد. توجیه استفاده از روش TODIM را می‌توان در موارد زیر بیان کرد:

۱.این روش متکی بر «نظریه چشم‌انداز» است. نکته مهم در نظریه چشم‌انداز این است که خبرگان به‌صورت نامتقارن به شاخص‌های سود[2] و زیان[3] امتیاز می‌دهند. این تفاوت در سطح پاسخ‌ها با تکنیک TODIM با یک عامل کاهشی تعدیل می‌شود [۲].

۲.این روش نسبت به سایر روش‌های رتبه‌بندی، ساده‌تر، آسان‌تر و کارآمدتر برای تصمیم‌گیرندگان و خبرگان قابل‌درک است [۲].

این تکنیک نیز در حوزه‌های مختلف ازجمله ارزیابی مقاصد گاز طبیعی [۲۰] ، ارزیابی پهنای باند اینترنت [۴۰]، انتخاب تأمین‌کننده سبز [۳۶] و برون‌سپاری لجستیک [۵۳] برای رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌کار رفته است. گام‌های الگوریتم TODIM به شرح زیر خلاصه شده است [۱۸]:

گام ۱: نرمالیزه‌کردن ماتریس تصمیم $X=[x_{ij}]_{m\times n}$ به‌صورت $Y=[y_{ij}]_{m\times n}$ با استفاده از روش‌های نرمالایزکردن؛

گام ۲: محاسبه وزن نسبی w_{jr} مربوط به شاخص C_j با توجه به شاخص برتر C_r با رابطه (۲):

$$w_{jr}=\frac{w_j}{w_r} \qquad j,r\in N \tag{۲}$$

1. An acronym in Portuguese of Interactive and Multicriteria Decision Making
2. Gain
3. Loss

که در آن $w_r = max\{w_j \in N\}$ باشد؛

گام ۳: محاسبه درجه تسلط هر گزینه (A_i) نسبت به گزینه‌های دیگر (A_k) برای هر شاخص (C_j) با رابطه (۳):

$$\Phi_j(A_i.A_k) = \begin{cases} \sqrt{\frac{(y_{ij}-y_{kj})w_{jr}}{(\sum_{i=1}^{n} w_{jr})}}. & (y_{ij}-y_{kj}) > 0 \\ 0 & (y_{ij}-y_{kj}) = 0 \\ -\frac{1}{\theta}\sqrt{\frac{(y_{kj}-y_{ij})(\sum_{i=1}^{n} w_{jr})}{w_{jr}}}. & (y_{ij}-y_{kj}) < 0 \end{cases} \qquad (۳)$$

θ فاکتور کاهش اتلاف است. $y_{ij} - y_{kj} > 0$ نشان‌دهنده سود گزینه $\mathrm{A_i}$ تا راهکار A_k با توجه به شاخص $\mathrm{C_j}$ است و $y_{ij} - y_{kj} < 0$ نشان‌دهنده زیان است.

گام ٤: محاسبه درجه تسلط کل گزینه A_i تا گزینه A_k طی رابطه (۴):

$$\delta(A_i.A_k) = \sum_{j=1}^{n} \Phi_j(A_i.A_k) \qquad i,k \in M \qquad (۴)$$

گام ۵: مجموع امتیاز کل گزینه A_i طبق رابطه (۵):

$$\xi(A_i) = \frac{\sum_{k=1}^{m} \delta(A_i.A_k) - \min_{i\in M}\{\sum_{k=1}^{m} \delta(A_i.A_k)\}}{\max_{i\in M}\{\sum_{k=1}^{m} \delta(A_i.A_k)\} - \min_{i\in M}\{\sum_{k=1}^{m} \delta(A_i.A_k)\}} \qquad i \in M \qquad (۵)$$

گام ٦: رتبه‌بندی گزینه‌ها و انتخاب مطلوب‌ترین آن‌ها با توجه به ارزش کلی محاسبه‌شده. هر گزینه‌ای که $\xi(A_i)$ بیشتری داشته باشد، آنگاه گزینه A_i، راهکار بهتری خواهد بود.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

گام دوم از مراحل انجام پژوهش، تعیین شاخص‌های مؤثر با استفاده از نظر خبرگان و تکنیک دلفی است که بعد از شناسایی این شاخص‌ها اوزان آن‌ها و نیز اوزان هر پارادایم با استفاده از تکنیک BWM مطابق

جدول ، به‌دست آمده است. داده‌های مربوط به روش‌های BWM و TODIM مطابق با نظر جمعی خبرگان جمع آوری شده است و در یک جلسه حضوری بعد از تشریح موضوع و روش‌های مورداستفاده از آن‌ها خواسته شد تا بعد از توافق جمعی امتیاز مربوط به شاخص‌ها و

تأمین‌کنندگان را مطابق پرسشنامه آن روش تکمیل کنند. در این جدول برای هر یک از شاخص‌ها دو وزن بیان شده که وزن محلی نشان‌دهنده وزن شاخص مربوطه در پارادایم آن است که مجموع این اوزان در هر یک از پاردایم ها یک است. وزن کلی نشان‌دهنده وزن شاخص‌ها در کل مدل تصمیم‌گیری است که این وزن از حاصل‌ضرب وزن هر پارادایم در وزن محلی هر شاخص به‌دست می‌آید. وزن پاردایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز به‌ترتیب اوزان ۰/۰۸۴۷، ۰/۵۰۹۸، ۰/۱۳۷۳ و ۰/۲۷۴۵ حاصل شد. در ستون‌های بعدی جدول ۴، نوع شاخص (کمّی و کیفی)، نوع تابع خطی قطعه‌ای و نیز فرمول تابع آمده است. شاخص‌های موقعیت جغرافیایی، قیمت و کیفیت محصول، شاخص‌های کمّی و سایر شاخص‌ها به‌صورت کیفی (طیف ۱ تا ۹) بوده و در جدول تصمیم‌گیری مقدار دقیق آن شاخص منظور شده است. مقادیر پارامترها در فرمول تابع خطی قطعه‌ای برای ارزیابی تأمین‌کنندگان برای تأمین یک ماده اولیه استراتژیک توسط خبرگان پژوهش صورت گرفته است. برای مثال، نوع شاخص موقعیت جغرافیایی، Level-decrease است؛ به‌عبارت‌دیگر تأمین‌کنندگانی که در فاصله ۵ تا ۵۰ کیلومتری از کارخانه قرار دارند، دارای ارزش یک و تأمین‌کنندگانی که بیش از ۵۰۰ کیلومتر با شرکت فاصله دارند، دارای ارزش صفر هستند و ارزش تأمین‌کنندگانی که در فاصله بین ۵۰ تا ۵۰۰ کیلومتری از کارخانه قرار دارند، مطابق با رابطه $\frac{500-x_{ij}}{500-50}$ به‌دست می‌آید. برای شاخص کیفیت محصول نیز فقط تأمین‌کنندگانی ارزش غیر صفر می‌گیرند که درصد خرابی یا معیوب‌بودن مواد کمتر از ۱۰ درصد باشد.

در ادامه رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با استفاده از گام‌های روش TODIM در دو حالت نرمالایز خطی و خطی قطعه‌ای صورت خواهد گرفت. یادآوری این نکته لازم است که محاسبات برای هر دو حالت انجام می‌شود، اما در اینجا فقط محاسبات در حالت نرمالایز خطی قطعـه‌ای نشـان داده شده و درنهایت رتبه‌بندی دو روش باهم مقایسه می‌شود.

جدول ۴. اوزان و مشخصه‌های هر شاخص

پارادایم	شاخص	وزن محلی	وزن کلی	نوع شاخص (واحد)	نوع تابع	فرمول تابع
ناب (۰/۰۸۴۷)	موقعیت جغرافیایی (C_{11})	۰/۲۰۳۷	۰/۰۱۶۰	کمّی (کیلومتر)	Level-decrease	$u_{ij}=\begin{cases}1 & 5\le x_{ij}\le 50\\ \frac{500-x_{ij}}{500-50} & 50\le x_{ij}\le 500\\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$
	ثبات مالی (C_{12})	۰/۶۸۵۱	۰/۰۵۳۷	کیفی	Level-increase	$u_{ij}=\begin{cases}0 & 1\le x_{ij}\le 3\\ \frac{x_{ij}-3}{9-3} & 3\le x_{ij}\le 9\\ 0 & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$

	قیمت (C_{13})	۰/۱۱۱۱	۰/۰۰۸۷	کمّی (یک میلیون ریال)	*Decrease-level*	$u_{ij} = \begin{cases} \frac{3-x_{ij}}{3-0.5} & 0.5 \le x_{ij} \le 3 \\ 0 & 3 \le x_{ij} \le 5 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
چابکی (۰/۵۰۹۸)	قابلیت یکپارچه‌سازی (C_{21})	۰/۱۵۲۵	۰/۰۷۷۸	کیفی	*Increasing*	$u_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}-1}{9-1} & 1 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
	سرمایه‌گذاری R&D (C_{22})	۰/۰۸۴۷	۰/۰۴۳۲	کیفی	*Increasing*	$u_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}-1}{9-1} & 1 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
	کیفیت محصول (C_{23})	۰/۷۶۲۷	۰/۳۸۸۸	کمّی (درصد معیوب کالا−۱)	*Level-increase*	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & 0 \le x_{ij} \le 90 \\ \frac{x_{ij}-90}{100-90} & 90 \le x_{ij} \le 10 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
چاپ آور (۰/۱۳۷۳)	انعطاف‌پذیری (C_{31})	۰/۲۲۹۸	۰/۰۳۱۶	کیفی	*Level-increase*	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & 1 \le x_{ij} \le 3 \\ \frac{x_{ij}-3}{9-3} & 3 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
	سرعت پاسخگویی (C_{32})	۰/۵۶۰۴	۰/۰۷۶۹	کیفی	*Increasing*	$u_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}-1}{9-1} & 1 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
	همکاری (C_{33})	۰/۰۷۱۸	۰/۰۰۹۹	کیفی	*Level-increase*	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & 1 \le x_{ij} \le 3 \\ \frac{x_{ij}-3}{9-3} & 3 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
	توانایی تکنولوژیکی (C_{34})	۰/۱۳۷۹	۰/۰۱۸۹	کیفی	*Increasing*	$u_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}-1}{9-1} & 1 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
سبز (۰/۲۷۴۵)	آلودگی هوا (C_{41})	۰/۰۷۵۴	۰/۰۲۰۷	کیفی	*Level-increase*	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & 1 \le x_{ij} \le 3 \\ \frac{x_{ij}-3}{9-3} & 3 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
	بسته‌بندی سبز (C_{42})	۰/۱۲۰۶	۰/۰۳۳۱	کیفی	*Level-increase*	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & 1 \le x_{ij} \le 3 \\ \frac{x_{ij}-3}{9-3} & 3 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	
	تولید سبز (C_{43})	۰/۲۰۱۰	۰/۰۵۵۲	کیفی	*Level-increase*	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & 1 \le x_{ij} \le 3 \\ \frac{x_{ij}-3}{9-3} & 3 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	

استفاده از مواد سازگار با محیط‌زیست (C_{44})	۰/۶۰۳۰	۰/۱۶۵۵	کیفی	*Level-increase*	$u_{ij} = \begin{cases} 0 & 1 \le x_{ij} \le 3 \\ \frac{x_{ij}-3}{9-3} & 3 \le x_{ij} \le 9 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$	

در گام ۱، ماتریس تصمیم نرمالایز شده با استفاده از روش خطی قطعه‌ای به‌دست می‌آید. در این گام علاوه بر نرمال‌سازی، ماتریس تصمیم در اوزان به‌دست‌آمده از روش BWM ضرب می‌شود و ماتریس نرمالایز موزون به‌دست می‌آید. در گام ۲، وزن نسبی w_{jr} مربوط به شاخص C_j با توجه به شاخص برتر C_r مطابق با رابطه $w_{jr} = \frac{w_j}{w_r} \quad j,r \in N$ در جدول آمده است. طبیعی است که چون شاخص کیفیت محصول (C_{23}) بیشترین وزن را در تمام شاخص‌ها به خود اختصاص داده است، مقدار w_{jr} برابر یک خواهد شد.

جدول ۵. اوزان نسبی w_{jr} مربوط به هر شاخص

ناب		چابکی		تاب‌آوری		سبز	
شاخص	w_{jr}	شاخص	w_{jr}	شاخص	w_{jr}	شاخص	w_{jr}
C_{11}	۰/۰۴۱۱	C_{21}	۰/۲۰	C_{31}	۰/۰۸۱۱	C_{41}	۰/۰۵۳۲
C_{12}	۰/۱۳۸۲	C_{22}	۰/۱۱۱۱	C_{32}	۰/۱۹۷۸	C_{42}	۰/۰۸۵۱
C_{13}	۰/۰۲۲۴	C_{23}	۱	C_{33}	۰/۰۲۵۴	C_{43}	۰/۱۴۱۹
				C_{34}	۰/۰۴۸۷	C_{44}	۰/۴۲۵۷

در ادامه روش TODIM و مطابق با گام ۳، درجه تسلط گزینه A_i نسبت به گزینه A_k برای شاخص C_j تعیین شد. در این گام به تعداد گزینه که در این پژوهش ۷ تأمین‌کننده مدنظر است، ۷ ماتریس برای درجه تسلط به‌دست آمد که برای هر دو حالت نرمالایزکردن محاسبه شده است که به جهت حجم بالای این ماتریس‌ها از ارائه آن‌ها خودداری شده است.

در گام ۴، درجه تسلط کل گزینه A_i تا گزینه A_k با فرمول $\delta(A_i.A_k) = \sum_{j=1}^{n} \Phi_j(A_i.A_k)$ محاسبه می‌شود که نتایج حالت خطی قطعه‌ای آن در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. درجه تسلط گزینه‌ها

درجه تسلط S_1	درجه تسلط S_2	درجه تسلط S_3	درجه تسلط S_4	درجه تسلط S_5	درجه تسلط S_6	درجه تسلط S_7
$\delta(A_1.A_k)$	$\delta(A_2.A_k)$	$\delta(A_3.A_k)$	$\delta(A_4.A_k)$	$\delta(A_5.A_k)$	$\delta(A_6.A_k)$	$\delta(A_7.A_k)$
−۱۲/۴۱۹	−۱۷/۲۹۶	−۹/۰۸۱	−۸/۹۶۵	−۱۴/۵۲۶	−۹/۱۳۳	−۱۲/۱۵۵
−۱۵/۵۴۷	−۱۵/۰۸۹	−۱۱/۸۴۳	−۱۱/۰۷۶	−۱۰/۹۷۵	−۱۲/۶۰۰	−۱۲/۸۹۶
−۱۷/۹۸۶	−۱۷/۳۷۸	−۱۲/۰۳۵	−۱۴/۵۵۰	−۱۷/۴۱۹	−۱۵/۰۲۸	−۱۰/۲۷۶
−۱۱/۹۰۸	−۱۳/۳۹۸	−۱۱/۱۲۳	−۱۳/۸۲۲	−۱۷/۲۳۴	−۱۱/۲۳۳	−۱۳/۲۸۳
−۱۴/۸۳۴	−۱۴/۹۱۰	−۹/۲۷۷	−۷/۲۶۶	−۱۳/۵۲۹	−۱۲/۶۴۲	−۱۱/۷۱۸
−۲۰/۴۳۱	−۱۷/۵۹۹	−۹/۸۹۰	−۱۴/۶۵۶	−۱۴/۵۷۸	−۱۶/۷۳۵	−۱۰/۴۱۷

سپس مجموع درجه تسلط هر گزینه نسبت به گزینه‌های دیگر محاسبه می‌شود و رتبه‌بندی بر اساس حداکثر مقدار ارزش کلی محاسبه‌شده $\xi(A_i)$ برای هر تأمین‌کننده به‌دست می‌آید. نتایج و رتبه‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان با روش تابع ارزش خطی در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷. مجموع درجه تسلط و رتبه نهایی گزینه‌ها

تأمین‌کننده	$\sum \delta(A_i.A_j)$	$\xi(A_i)$	رتبه نهایی
S_1	−۹۳/۱۲۶	۰/۰۷۸	۶
S_2	−۹۵/۶۷۰	۰	۷
S_3	−۶۳/۲۴۹	۱/۰۰۰	۱
S_4	−۷۰/۳۳۵	۰/۷۸۱	۲
S_5	−۸۸/۲۶۱	۰/۲۲۹	۵
S_6	−۷۷/۳۷۲	۰/۵۶۴	۴
S_7	−۷۰/۷۴۶	۰/۷۶۹	۳

روش TODIM در دو حالت نرمالایزکردن داده‌ها محاسبه و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان انجام شد. در جدول ۸ نتایج دو روش با هم مشاهده می‌شود که حاکی از اختلاف بین رتبه‌های تأمین‌کنندگان است.

جدول ۸. مجموع درجه تسلط و رتبه نهایی گزینه‌ها

روش نرمالایزکردن	رتبه‌بندی
روش نرمالایز خطی	$S_4 \succcurlyeq S_7 \succcurlyeq S_3 \succcurlyeq S_6 \succcurlyeq S_1 \succcurlyeq S_2 \succcurlyeq S_5$
روش نرمالایز خطی قطعه‌ای	$S_3 \succcurlyeq S_4 \succcurlyeq S_7 \succcurlyeq S_6 \succcurlyeq S_5 \succcurlyeq S_1 \succcurlyeq S_2$

با توجه به جدول ۸، رتبه‌بندی نهایی دو روش نرمالایزکردن بر هم منطبق نیست که این امر ناشی از اعمال واقعی مقادیر ارزش‌گذاری برای شاخص‌ها است. برای مثال، در روش نرمالایز خطی تأمین‌کننده شماره ۴ در رتبه نخست قرار گرفت؛ درحالی‌که در روش خطی قطعه‌ای در رتبه دوم قرار گرفت که با بررسی ماتریس اولیه تصمیم در شاخص ثبات مالی دارای امتیاز ۳ (از طیف ۱ تا ۹) است. مقدار نرمالایزشده این شاخص برای تأمین‌کننده شماره ۴ در روش خطی ۰/۱۴۲۸۵ است؛ درحالی‌که در روش خطی قطعه‌ای ارزش صفر را گرفت؛ زیرا تصمیم‌گیرندگان معتقد بودند تأمین‌کننده‌ای که از منظر ثبات مالی امتیاز حداکثر سه داشته باشد دارای ارزش صفر است. البته این تفاوت در برخی دیگر از شاخص‌ها نیز برای تأمین‌کننده شماره ۴ وجود دارد. تحلیل مشابه را می‌توان برای همه شاخص‌ها و تأمین‌کنندگان انجام داد و تفاوت نتایج دو روش را تحلیل کرد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در عصر رقابتی حاضر، مدیران برای حفظ مزیت رقابتی باید در برآورده‌کردن نیازهای مشتریان از یکدیگر پیشی بگیرند. برای پاسخگویی به نیازهای مشتریان، انتخاب تأمین‌کنندگانی که به این نیازها سریع پاسخ دهند، امری ضروری و حیاتی است. رعایت شاخص‌های کلیدی پارادایم‌های اخیر زنجیره تأمین (ناب، چابک، تاب آور و سبز) می‌توانند به این امر کمک کند. این پژوهش با هدف ارائه سیستم تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کننده زنجیره تأمین لارج در صنعت کاشی و سرامیک صورت گرفته است. ابتدا اوزان شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده در هر یک از پارادایم با استفاده از تکنیک BWM محاسبه شد. با نظر خبرگان و انجام مدل‌سازی BWM، پارادایم‌های چابک، سبز، تاب‌آور و ناب به‌ترتیب بیشترین اوزان را به خود اختصاص دادند. اهمیت بالای پارادایم چابکی در صنعت کاشی و سرامیک دلالت بر آن دارد که در این صنعت پاسخگویی سریع و انعطاف‌پذیر مطابق با نیازهای مشتریان از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به وزن پارادایم سبز در این صنعت، توجه به مسائل زیست‌محیطی به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های صنعت، مشتریان، دولت، ذی‌نفعان و رقبا تبدیل شده است. میزان اهمیت پایین و یکسان برای پارادایم‌های ناب و تاب‌آور به‌دلیل آن است که در حال حاضر استانداردسازی فرآیندها انجام شده است و به‌سختی می‌توان بهبود قابل‌توجهی از طریق هزینه انجام داد؛ بااین‌حال فرآیندهایی که هیچ ارزش‌افزوده‌ای ایجاد نمی‌کنند باید حذف شوند. شاخص‌های کیفیت محصول، استفاده از مواد سازگار با محیط‌زیست، ثبات مالی و سرعت پاسخگویی بیشترین اوزان را به‌ترتیب در پارادایم‌های چابک، سبز، ناب و تاب‌آور به خود اختصاص دادند. آنچه برای شرکت‌های تولیدکننده این صنعت مهم است تحویل سریع و به‌موقع محصولاتی باکیفیت و سازگار با محیط‌زیست از تأمین‌کنندگانی است که معتبر هستند و شرایط

مالی مناسبی دارند. آن‌چنان‌که نمود اهمیت شاخص‌های کیفیت در پژوهش لی و همکاران، (۲۰۰۹)، استفاده از مواد سازگار با محیط‌زیست در پژوهش آواستی و همکاران، (۲۰۱۰)، ثبات مالی در پژوهش بارلا (۲۰۰۳) و سرعت پاسخگویی در پژوهش آگراوال و همکاران، (۲۰۰۷) مشاهده می‌شود.

در ادامه پژوهش، هفت شرکت تأمین‌کننده در صنعت کاشی و سرامیک برای یک ماده اولیه استراتژیک از منظر چهار پارادایم لارج بررسی شده و با استفاده از روش TODIM در دو حالت نرمالایز خطی و نرمالایز خطی قطعه‌ای رتبه‌بندی شدند. در پایان مشخص شد که تفاوت محسوسی بین دو روش نرمالایز وجود دارد و روش نرمالایز خطی قطعه‌ای نتایج واقعی‌تری را ارائه می‌دهد. در این پژوهش تلاش شده است با ارائه شاخص‌های مناسب در هر یک از چهار پارادایم زنجیره تأمین، به مدیران تأمین‌کننده مواد اولیه صنعت کاشی در ارزیابی شاخص‌های عملکردی خود کمک شود. ازآنجاکه هر یک از چهار پارادایم به‌دنبال هدف خاص و احصای شاخص‌های عملکردی در حوزه خود هستند، شرکت‌های پیشرو در این صنعت باید در دستیابی به اهداف موردنظر در این شاخص‌ها کوشا باشند و تمام توان و نیروی خود را برای دستیابی به آن‌ها هماهنگ و یکپارچه سازند. با توجه به محدودیت‌های موجود در این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که این سیستم تصمیم‌گیری برای سایر صنایع با بومی‌سازی شاخص‌های مدنظر در آن صنعت به‌کار گرفته شود. عدم‌اطمینان در داده‌ها و تکنیک‌های این پژوهش در نظر گرفته نشده است و پژوهشگران می‌توانند در مطالعات آتی عدم‌اطمینان را با به‌کارگیری منطق فازی یا خاکستری به مدل خود وارد کنند که البته نتایج قابل‌اعتمادتری ارائه می‌دهد.

منابع

1. Agarwal, A., Shankar, R., & Tiwari, M. K. (2007). Modeling agility of supply chain. *Industrial marketing management*, *36(4)*, 443-457.

2. Alali, F., & Tolga, A. C. (2019). Portfolio allocation with the TODIM method. *Expert Systems with Applications*, *124*, 341-348.

3. Anand, G., & Kodali, R. (2009). Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems. *International Journal of Management Practice*, *4(1)*, 95-116.

4. Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K., (2010). A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *Int. J. Prod. Econ*., *126*, 370e378

5. Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2011). A proposal of LARG supply chain management practices and a performance measurement system. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, *1(1)*, 7.

6. Balaji, M., Velmurugan, V. & Subashree, C. (2015). TADS: An assessment methodology for agile supply chains. *Journal of applied research and technology*, *13(5)*, 504-509.

7. Birgün Barla, S. (2003). A case study of supplier selection for lean supply by using a mathematical model. *Logistics Information Management*, *16(6)*, 451-459.

8. Birkie, S. E. (2016). Operational resilience and lean: in search of synergies and trade-offs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *27(2)*, 185-207.

9. Blackhurst, J., Dunn, K. S., & Craighead, C. W. (2011). An empirically derived framework of global supply resiliency. *Journal of Business Logistics*, *32(4)*, 374-391.

10. Burgess, K., Singh, P. J., & Koroglu, R. (2006). Supply chain management: a structured literature review and implications for future research. *International Journal of Operations & Production Management*, *26(7)*, 703-729.

11. Carvalho, H., & Machado, V. C. (2009, November). Lean, agile, resilient and green supply chain: a review. In Proceedings of the *Third International Conference on Management Science and Engineering Management* (pp. 66-76).

12. Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International journal of production economics*, *102(2)*, 289-301.

13. Christopher, M., & Peck, H. (2004). The five principles of supply chain resilience. *Logistics Europe*, *12(1)*, 16-21.

14. Christopher, M., & Rutherford, C. (2004). Creating supply chain resilience through agile six sigma. *Critical eye*, *7(1)*, 24-28.

15. Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2013). Modelling lean and green: a review from business models. *International Journal of Lean Six Sigma*, *4(3)*, 228-250.

16. Espadinha-Cruz, P., Cabral, I., & Grilo, A. (2013, June). LARG Interoperable Supply Chains: from Cooperation Analysis to Design. In *Intelligent Decision Technologies: Proceedings of the 5th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies* (Vol. 255, p. 255). Courier Corporation.

17. Fan, Z. P., & Liu, Y. (2010). An approach to solve group-decision-making problems with ordinal interval numbers. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B* (Cybernetics), *40(5)*, 1413-1423.

18. Fan, Z. P., Zhang, X., Chen, F. D., & Liu, Y. (2013). Extended TODIM method for hybrid multiple attribute decision making problems. *Knowledge-Based Systems*, *42*, 40-48.

19. Ghazizadeh, M. Nouruzzadeh, F. Raeisi ghorbanabadi. H. (2015). Analysis of LARGe Supply Chain Management using DEMATEL Technique in Saipa Company. *Supply Chain Management Quarterly*, *48*, 12-25 (in Persian)

20. Gomes, L. F. A. M., Rangel, L. A. D., & Maranhão, F. J. C. (2009). Multicriteria analysis of natural gas destination in Brazil: An application of the TODIM method. *Mathematical and Computer Modelling*, *50(1-2)*, 92-100.

21. Gunasekaran, A., Patel, C., & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International journal of operations & production Management*, *21(1/2)*, 71-87

22. 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.

23. Hong, P., Kwon, H. B., & Jungbae Roh, J. (2009). Implementation of strategic green orientation in supply chain: an empirical study of manufacturing firms. *European Journal of Innovation Management*, *12(4)*, 512-532.

24. Jafarnezhad, A., Kazemi, A., and Arab, A. (2016). Identification and Prioritization of Supplier's Resiliency Evaluation Criteria Based on BWM. *Industrial management Perspective*, 23, 159-186 (In Persian).

25. Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica: *Journal of the econometric society*, 47(2) 363-391.

26. Kainuma, Y., & Tawara, N. (2006). A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 101(1), 99-108.

27. Lee, A. H., Kang, H. Y., Hsu, C. F., & Hung, H. C. (2009). A green supplier selection model for high-tech industry. *Expert systems with applications*, *36(4)*, 7917-7927.

28. Li, G. D., Yamaguchi, D., & Nagai, M. (2007). A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and computer modelling*, *46(3-4)*, 573-581.

29. Luo, X., Wu, C., Rosenberg, D., & Barnes, D. (2009). Supplier selection in agile supply chains: An information-processing model and an illustration. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *15(4)*, 249-262.

30. Maleki, M., & Cruz Machado, V. (2013). Generic Integration of Lean, Agile, Resilient, and Green Practices in Automotive Supply Chain. *Review of International Comparative Management/Revista de Management Comparat International*, *14(2).*

31. Maleki, M., Shevtshenko, E., & Cruz-Machado, V. (2013). Development of supply chain integration model through application of analytic network process and bayesian network. *International Journal of Integrated Supply Management*, *8(1/2/3)*, 67-89.

32. Naylor, J. B., Naim, M. M., & Berry, D. (1999). Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of production economics*, *62(1)*, 107-118.

33. Onstein, A. T., Ektesaby, M., Rezaei, J., Tavasszy, L. A., & van Damme, D. A. (2019). Importance of factors driving firms' decisions on spatial distribution structures. *International Journal of Logistics Research and Applications*, (In press).

34. Pakdil, F. and Leonard, K.M. (2014). Criteria for a lean organization: Development of a lean assessment tool. *International Journal of Production Research*, *52(15)*, 4587-4607.

35. Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The international journal of logistics management*, *20(1)*, 124-143.

36. 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.

37. Rahimi, H., Sharifi, M., and Shahriari, M. (2017). Design of Resilience Supply Chain (Case Study: Welfare Organization of Iran). *Industrial management Perspective*, 27, 127-150 (In Persian).

38. Rajesh, R. (2018). On sustainability, resilience, and the sustainable–resilient supply networks. *Sustainable Production and Consumption*, *15*, 74-88.

39. Rajesh, R., & Ravi, V. (2015). Supplier selection in resilient supply chains: a grey relational analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, *86*, 343-359.

40. Rangel, L. A. D., Gomes, L. F. A. M., & Cardoso, F. P. (2011). An application of the TODIM method to the evaluation of broadband internet plans. *Pesquisa Operacional*, *31(2)*, 235-249.

41. Ravansetan, K., Aghajani, H., Safaei, A. and Yahyazadefar, M. (2017). Determining and Weighting Resilience Strategies in Iran Khodro Supply Chain. *Industrial management Perspective*, 25, 145-172 (In Persian).

42. Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53*, 49-57.

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

44. Rezaei, J. (2018). Piecewise linear value functions for multi-criteria decision-making. *Expert Systems with Applications*, *98*, 43-56.

45. Rezaei, J., & Fallah Lajimi, H. (2019). Segmenting supplies and suppliers: bringing together the purchasing portfolio matrix and the supplier potential matrix. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *22*(4), 419-436.

46. 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.

47. Rosic, H., Bauer, G., & Jammernegg, W. (2009). A framework for economic and environmental sustainability and resilience of supply chains. *Rapid modelling for increasing competitiveness*, 91-104.

48. Ruiz-Benitez, R., López, C., & Real, J. C. (2017). Environmental benefits of lean, green and resilient supply chain management: The case of the aerospace sector. *Journal of Cleaner Production*, *167*, 850-862.

49. Salimi, N., & Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and program planning*, *66*, 147-155.

50. Shojaei, P., Haeri, S. A. S., & Mohammadi, S. (2018). Airports evaluation and ranking model using Taguchi loss function, best-worst method and VIKOR technique. *Journal of Air Transport Management*, *68*, 4-13.

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

52. Tseng, M. L. (2011). Green supply chain management with linguistic preferences and incomplete information. *Applied Soft Computing*, *11(8)*, 4894-4903.

53. Wang, J., Wang, J. Q., & Zhang, H. Y. (2016). A likelihood-based TODIM approach based on multi-hesitant fuzzy linguistic information for evaluation in logistics outsourcing. *Computers & Industrial Engineering*, *99*, 287-299.

54. Wieland, A., & Wallenburg, C. M. (2013). The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *43(4)*, 300-320.

55. Wyton, P. & Payne, R. (2014). Exploring the development of competence in Lean management through action learning groups: A study of the introduction of Lean to a facilities management function. *Action Learning: Research and Practice*, *11(1)*, 42-61.

56. Zhang, Z., & Sharifi, H. (2000). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations. *International Journal of Operations & Production Management*, *20(4)*, 496-513.

Applying of Piecewise Linear Value Functions in LARG Suppliers Ranking: Multi-Criteria Decision Making Mixed Approach

Hamidreza Fallah Lajimi[*], Seyede Zahra Mohammadi Kani[**], Zahra Rasooli Khatir[***]

Abstract

In modern business environments, a competitive Supply Chain Management is crucial to business continuity. In this context, Lean, Agile, Resilient and Green (LARG), are advocated as the fundamental paradigm for a competitive Supply Chain as a whole. Various paradigms have emerged in the supply chain from the beginning, from among which there are four paradigms lean, agile, resilient and green that are important in supply chain performance and competitiveness, which are referred to as the LARG supply chain. Each of these paradigms pursues a specific mission and purpose in the supply chain. The choice of best supplier in each supply chain is based on different decision-making criteria, but the weight of each criteria varies according to the supplier's priorities. The purpose of this research is to provide a hybrid model of multi-criteria decision for selecting suppliers in the LARG paradigms of tile and ceramic industry. In this research, in first, supplier selection indicators are identified and then weighted by the Best Worst Method. Subsequently, suppliers are ranked by piecewise linear value function and multi-criteria decision-making technique TODIM. This system can play an important role in improving supply chain performance in effective decision making by managers in the supplier selection process and provide results based to reality.

Keywords: LARG Supplier Selection; Piecewise Linear Value Functions; Best Worst Method; TODIM Method.

Received: August 16, 2018, Accepted: June 09, 2019.
* Assistant Professor, University of Mazandaran (Corresponding Author).
E-mail: h.fallah@umz.ac.ir
** MSc. student, University of Mazandaran.
*** B.A., University of Mazandaran.