نشریه علمی «مدیریت زنجیره تأمین»
سال بیست و سوم، شماره ۷۱، تابستان ۱۴۰۰؛ ص ۴۶- ۳۳

علمی– پژوهشی

ارزیابی کارآیی زنجیره تأمین با مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌های فازی و کارت امتیازی متوازن در صنایع خودروسازی تبریز

سینا چرتاب جباری[۱]، کمال‌الدین رحمانی یوشانلویی[۲*]، محمد پاسبان[۳]، یعقوب علوی متین[۴]، مجتبی رمضانی[۵]

۱ دانشجو دکتری، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲ الی ۵ استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۵)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کارآیی پنج زنجیره تأمین فعال با ساختار یکسان با مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌های فازی و کارت امتیازی متوازن در صنایع خودروسازی تبریز اجرا و داده‌های ورودی و خروجی به‌صورت اعداد فازی مثلثی متقارن به مدل وارد شده و خروجی مدل یک عدد فازی مثلثی غیرمتقارن به ازای هر واحد تصمیم‌گیری بوده که نشان‌دهنده عملکرد زنجیره تأمین می‌باشد. از روش کارت امتیازی متوازن (BSC) به‌عنوان ابزاری برای طراحی شاخص‌های ارزیابی عملکرد در چهار جنبه؛ مالی؛ فرآیندها؛ مشتری و یادگیری و رشد نیروی انسانی استفاده شده و همچنین مدل FDEA به‌کار رفته دارای این قابلیت است که داده‌های قطعی و فازی را به‌صورت هم‌زمان به‌کار گیرد و خروجی را به‌صورت فازی ارائه و بر این اساس کارایی پنج شرکت خودروسازی آذهاتیکس، رخش خودرو دیزل، آمیکو و خودرو دیزل آذربایجان محاسبه نماید. نوع تحقیق کاربردی- توصیفی و ابزار اندازه‌گیری پرسشنامه، اسناد مالی و روش تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز، مدل ریاضی FDEA، BSC و تحلیل حساسیت می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میزان کارایی شرکت آذهاتیکس از سایر شرکت‌های مورد مطالعه بیشتر بوده و شرکت‌های آمیکو، سیبا موتور، رخش خودرو، آذهایتکس و خودروهای دیزلی با استفاده از تحلیل حساسیت و تحلیل پوشش داده‌های فازی دارای رتبه‌های به‌ترتیب ۱، ۴، ۵، ۲ و ۳ بوده که با افزایش سطح اطمینان مرکز اعداد فازی که تعیین‌کننده کارآیی زنجیره‌های تأمین هستند نیز افزایش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: خودروسازی، کارایی زنجیره تأمین، تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA)، کارت امتیازی متوازن (BSC)

۱- مقدمه

سازمان‌ها باید از هر فرصتی برای افزایش توانمندی عملکرد خود در مقابل رقبا استفاده کنند و برای بقاء قادر باشند انتظارات تمام مشتریان خود را با کیفیت مطلوب، در زمان مناسب و قیمت پایین برآورده کنند. امروزه در بازارهای رقابتی یکی از مهترین چالش‌هایی که مطرح می‌گردد، بحث ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان زنجیره تأمین می‌باشد. چرا که انتخاب صحیح مجموعه‌تأمین‌کنندگان تأثیر مستقیمی بر عملکرد فرآیندهای زنجیره، دارد. با ظهور مفهوم مدیریت زنجیره تأمین، بحث سنجش عملکرد یکی از بهترین راهبردهایی است که تولیدکنندگان می‌توانند از آن برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان در راستای دست‌یابی به اهداف زنجیره تأمین خود استفاده کنند [۱]. مدیریت‌زنجیره تأمین مجموعه‌ای از رویکردهایی است که سعی می‌کند تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و مصرف‌کنندگان را به‌طور مؤثری در هم ادغام کند تا کالاها در مقدار درست، مکان درست و زمان درست تولید و توزیع شوند. این رویکردها درصدد حداقل‌کردن هزینه‌های سیستم هستند در حالی که سطح خاصی از سرویس را ارضاء می‌کنند [۲]. به‌دلیل اینکه زنجیره تأمین نقش مهمی را در فرآیند مدیریت تولید ایفاء می‌کند، ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین به‌عنوان عنصر مهمی از عملکرد شرکت (سازمان) در نظر گرفته می‌شود. ارزیابی عملکرد را به‌صورت فرآیند کمی‌سازی یا به‌صورت دقیق‌تر فرآیند کمی‌سازی و تحلیل و بررسی اثربخشی و بهره‌وری تعریف می‌کنند. بر این اساس، کارایی زنجیره تأمین به‌صورت یک پیمانه اندازه‌گیری از میزان عملکرد منابع شرکت در کل زمینه زنجیره تأمین برای رسیدن به اهداف خاص آن تعریف می‌شود. یکی از پر کاربردترین مدلهای ارزیابی عملکرد BSC است که عملکرد را از چهار جنبه مختلف مورد بررسی قرار می‌دهد (مالی، مشتریان، فرایندهای داخلی و خلاقیت و یادگیری) ولی یکی از مشکلات این مدل عدم توجه به

* رایانامه نویسنده مسئول: kr13452000@yahoo.com

نیازهای ذی نفعان دیگر و متقابلاً کمک‌های آنهاست. باید توجه داشت که هیچ مدل بهینه‌ای برای ارزیابی عملکرد وجود ندارد چرا که عملکرد سازمان یک مفهوم چند بعدی می‌باشد، لذا برای رفع این کمبود تکنیک BSC با ترکیبی از تحلیل پوششی داده‌های فازی استفاده شده است و همچنین از ضعف‌های روش DEA در اندازه گیری عملکرد تشخیص و انتخاب یک "بهترین" برای مقایسه سایر واحدها می‌باشد و به‌دلیل وجود شاخص‌های متعدد کارایی و موفقیت در ارزیابی عملکرد، یک واحد یا سازمان خاص نمی‌تواند در همه زمینه‌ها پیشرو باشد لذا ترکیبی از BSC، می‌تواند این ضعف DEA را پوشش دهد. ثابت شده است که مدیریت مؤثر یک زنجیره‌تأمین، مکانیزم بسیار مؤثری برای تحویل سریع و مطمئن کالا و خدمات با کیفیت بالا و با هزینه حداقلی می‌باشد [۳].

در گذشته واحدهای بازاریابی، توزیع، برنامه‌ریزی، تولید و فروش در یک زنجیره‌تأمین مستقل عمل می‌کردند. متناظراً ارزیابی عملکرد یک زنجیره‌تأمین به معنی ارزیابی عملکرد واحدهای بازاریابی، توزیع، برنامه ریزی، تولید و فروش به صورت مستقل خواهد بود. بعضی از محققین در گذشته عملکرد واحدهای مستقل یک زنجیره‌تأمین را ارزیابی کردند مانند ارزیابی عملکرد مراکز توزیع (DC) [۴] ارزیابی عملکرد فروش [۵] ارزیابی عملکرد تأمین کننده [۶] و غیره. به هر حال این واحدهای مستقل در زنجیره‌تأمین دارای اهداف خاص خودشان هستند و این اهداف اغلب با هم در تضاد هستند. بنابراین نیاز به یک چارچوب ارزیابی عملکرد که در آن عملکرد این واحدهای مستقل با هم ادغام شده و به‌صورت هم‌زمان ارزیابی شوند، احساس می‌شود. برای به‌دست آوردن یک زنجیره‌تأمین کارا، ارزیابی عملکرد کل زنجیره تأمین بسیار مهم است. در این تحقیق به زنجیره‌تأمین به‌صورت یک کل نگاه می‌شود و به‌عنوان یک سیستم در نظر گرفته می‌شود. به‌طوری که یک زنجیره تأمین سه سطحی، شامل تأمین‌کننده، تولیدکننده و مشتری در نظر گرفته می‌شود و این زنجیره به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیری در سطح تولیدکننده ارزیابی عملکرد می‌شود.

ارزیابی زنجیره‌تأمین با استفاده از روش‌های مختلفی انجام می‌شود. تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان یک روش ناپارامتریک بر پایه تکنیک برنامه‌ریزی خطی بنا شده است و عملکرد واحدهای مختلف را به نسبت هم می‌سنجد [۷] .با دادن شواهد و دلایلی مناسب، معتقدند تحلیل پوششی داده‌ها روش مناسبی برای مدیریت زنجیره تأمین است. تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه داشته باشد و شاخص‌های کمی و کیفی را به کار گیرد [۸]. در تحلیل، پوشش داده‌ها وقتی مرز کارایی تعیین می‌شود که واحدهای تصمیم‌گیری ناکارا می‌توانند عملکرد خود را برای دستیابی به مرز کارا با افزایش سطح خروجی‌ها یا کاهش ورودی‌ها بهبود بخشند. در راستای تحلیل کارایی اغلب خروجی‌ها را خوب در نظر می‌گیرند، در حالی که این فرض همیشه درست نیست زیرا خروجی‌ها ممکن است نامطلوب یا بد باشند [۹].

در این تحقیق شاخص‌هایی مانند هزینه، تحویل به موقع و زمان تدارک برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌تأمین در نظر گرفته شده و ارزیابی عملکرد در سطح تولیدکننده (خودرو سازان) انجام می شود در حالی که معمولاً به زنجیره‌تأمین به‌صورت یک سیستم و کل‌نگرانه نگاه شود. این موضوع بدان معناست که شاخص های ارزیابی عملکرد برای واحد تولیدکننده (سطح دوم زنجیره) و در ارتباط آن با تأمین‌کننده و مشتری اندازه‌گیری می‌شوند و کلیت زنجیره‌تأمین حفظ می‌شود. توسعه متدولوژی استفاده همزمان از مدل‌های C و FDEA برای ارزیابی عملکرد، استفاده ازکارت امتیازی متوازن به‌عنوان ابزار مکمل محاسبه کارایی جهت مقایسه راهبردی عملکردها از اهداف این تحقیق می‌باشند [10]. یک رویکرد کارت امتیازدهی متوازن را برای مدیریت زنجیره تأمین توسعه دادند که عملیات کسب و کار را از چهار جنبه: مالی، مشتری، فرآیند کسب و کار داخلی و یادگیری و رشد به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و ارزیابی می‌کند. آنها شاخص‌های خاصی را برای هر جنبه در نظر گرفتند و در هنگام اعمال مدل برای ارزیابی پی بردند که بعضی از شاخص‌های یک جنبه با شاخص‌های جنبه دیگر تضاد پیدا می‌کنند. آن‌ها مدل خود را برای سه SME مختلف در هند توسعه دادند [۱۱]. یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها ناهموار را برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌تأمین توسعه دادند. آن‌ها مدل خود را با ادغام مدل تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک و تئوری مجموعه‌های ناهموار[1] ایجاد کردند و برای نشان دادن عملکرد مدل آن را برای پنج شرکت در غرب چین اعمال کردند و در ارزیابی از شاخص‌هایی مانند هزینه، زمان تدارک و درصد تحویل‌ها به‌موقع استفاده کردند [۱۲]. دو مانع بر سر راه ارزیابی زنجیره‌تأمین و اعضای آن به‌صورت وجود شاخص‌های چندگانه که عملکرد اعضا را مشخص می‌کنند و وجود تضاد بین اعضای زنجیره شناسایی کردند. آن‌ها نشان دادند که مدل تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک به خاطر وجود شاخص‌های واسطه‌ای نمی‌تواند عملکرد را به خوبی بسنجد در نتیجه در تحقیق خود چند مدل را بر پایه تحلیل پوششی داده‌ها توسعه داده‌اند که در آن‌ها شاخص‌های واسطه‌ای در ارزیابی عملکرد ادغام شده است. چن، لیانگ و یانگ [۱۳] بر اساس تعاریف ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین و نظریه بازی‌ها یک بازی عملکرد را بین دو عضو زنجیره تأمین مشاهده کردند. آن‌ها نشان داده‌اند که نقاط تعادل نَش[2] زیادی برای عملکرد یک مجموعه از

[1] Rough set theory
[2] Nash equilibrium

تأمین‌کننده و تولیدکننده با توجه به تابع عملکرد آن‌ها وجود دارد. آن‌ها یک مدل داد و ستد را برای تحلیل فرآیند تصمیم‌گیری تولیدکننده و تأمین‌کننده ارائه کرده و بهترین راهبرد طرح عملکرد را شناسایی کردند [۱۴]. یک مدل تصمیم یکپارچه را برای عملکرد زنجیره تأمین ارائه کردند. آن‌ها با اشاره به این موضوع که در تحقیقات قبل بیشتر بر روی شاخص هزینه در زنجیره‌تأمین مانور داده شده است سعی کردند با تمرکز بر روی چهار معیار: سود، عملکرد زمان تدارک، تحویل سریع و حذف ضایعات به‌جای هزینه مدل خود را توسعه دهند. مدل ارائه شده توسط آن‌ها عملکرد زنجیره‌تأمین را در دو سطح زنجیره‌ای و عملیاتی می‌سنجد. در سطح زنجیره‌ای اهداف مربوط به معیارها برای هر مرحله زنجیره‌تأمین در نظر گرفته می‌شود تا عملکرد زنجیره‌تأمین بتواند اهداف سرویس‌دهی مشتریان را ارضا کرده و بهترین راهبرد مدیریت زنجیره تأمین انتخاب شود. در سطح عملیاتی فعالیت‌های لجستیکی و تولیدی تحت اهداف مشخص شده بهینه می‌شوند. هوانگ و لین [۱۵] فعالیت‌های مربوط به منبع‌یابی و معیارهای مربوط به آن را در مدل SCOR جستجو کردند. موضوع تحقیق آن‌ها صنعت نمایشگرهای کریستال مایع[1] در تایوان بوده است. آن‌ها برای کسب اطلاعات تجربی از پرسش‌نامه استفاده کردند و برای تحقیق در مورد فرآیند منبع‌یابی در سطح دوم مدل SCOR و معیارهای عملکرد آن از مدل رگرسیونی استفاده کردند. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که مدل آن‌ها می‌تواند در صنایع مختلف به مدیران تصمیم‌گیرنده کمک کند. ایستون، مرفی و پیارسون [۵] ارزیابی عملکرد بخش خرید را در زنجیره‌تأمین بررسی کردند. آن‌ها با اشاره به این موضوع که اندازه‌گیری عملکرد بخش خرید و مقایسه آن عملکرد با سایر دپارتمان‌های خرید کاری بسیار مشکل است این دشواری را ناشی از نبود معیار اندازه‌گیری قابل قبول و روش‌های مناسب برای ادغام این معیارها و ارائه یک عملکرد کلی دانستند. آن‌ها یک مدل DEA را برای ارزیابی عملکرد خرید در صنعت پتروشیمی توسعه دادند. بیمن [۱۶] به این موضوع اشاره کرد که سیستم ارزیابی عملکرد که فقط یک معیار عملکرد را در نظر می‌گیرد عموماً ناقص است زیرا بر هم‌کنش بین اجزای مهم زنجیره‌تأمین و جنبه‌های مهم اهداف راهبردی سازمانی را در نظر نمی‌گیرد. او عناصر کلیدی اهداف راهبردی را به‌صورت منابع، خروجی و انعطاف‌پذیری شناسایی کرده و تاکید کرده است که یک سیستم اندازه‌گیری عملکرد باید شامل شاخص‌هایی از این سه دسته باشد. بیمن اشاره کرده است که هر کدام از این سه دسته شاخص‌ها، معیارهای اندازه‌گیری مهمی دارند و اندازه‌گیری هر کدام بر روی دیگری تاثیر گذار است. او تاکید کرده است که هر سیستم اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌تأمین حداقل باید یک معیار از هر دسته (منابع، خروجی و انعطاف‌پذیری) را شامل شود و هر معیاری که انتخاب می‌شود باید با اهداف راهبردی سازمانی هم‌راستا باشد. چن [۱۷] معیارهای ارزیابی زنجیره‌تأمین را به دو دسته اصلی کمی و کیفی تقسیم کرد. شاخص‌های کمی شامل هزینه و استفاده از منابع می‌باشد و شاخص‌های کیفی شامل کیفیت، انعطاف‌پذیری، دید، اعتماد و نوآوری است. سپس برای هر کدام از این هفت دسته شاخص، معیارهای اندازه‌گیری را بیان کرده و سپس با استفاده از تکنیک AHP مهمترین شاخص‌ها را برای صنعت الکترونیک شناسایی کرده و همچنین برای سایر صنایع هم پیشنهاداتی ارائه داد. چن و گی [۱۸] تلاش کردند که یک دید سیستماتیک را به‌کار گیرند و یک مدل کارا را برای اندازه‌گیری عملکرد کل زنجیره‌تأمین پیچیده ایجاد کنند. آن‌ها از تئوری مجموعه فازی برای برخورد با شرایط دنیای واقعی در فرآیندهای ارزیابی استفاده کرده‌اند. وانگ و وانگ [۷] از یک مدل تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک برای ارزیابی عملکرد ۲۲ زنجیره‌تأمین استفاده کردند. در تحقیق آن‌ها از معیارهایی مانند سود، تحویل به موقع و هزینه استفاده شده است. کمیلی، فینیس و تچرنیو [۱۹] رویکردی را برای ارزیابی برنامه‌ریزی تولید در زنجیره‌های تأمین ارائه کرده‌اند. آن‌ها اشاره کردند که ارزیابی برنامه‌ریزی تولید معمولا بر پایه پارامترهای فیزیکی مانند سطح موجودی و ارضای تقاضا انجام می‌شود. آن‌ها افزودن ارزیابی مالی را به مدل‌های کلاسیک مفید دانستند. آن‌ها یک روش ABC را برای تخمین جریان نقدی برنامه‌ریزی تولید زنجیره‌تأمین اعمال کردند. گولانی، هاکمن و پسی [۲۰] سیستم اندازه‌گیری عملکردی را طراحی کردند که از دو زیر سیستم متصل به هم تشکیل شده هر دو زیر سیستم از منابع جداگانه برای تولید خروجی استفاده می‌کردند. این منابع سرمایه و نیروی انسانی بود. مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای آنها عملکرد هر زیر سیستم را همانند عملکرد کل سیستم، اندازه‌گیری می‌نمود. توانا و همکاران [۲۱] یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای جدید بر اساس اپسیلون را برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین ارائه دادند. این مدل، اقدامات شعاعی و غیرشعاعی کارایی را به یک چهارچوب یکپارچه برای حل مسایل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ترکیب می‌کند. آن‌ها این مدل را در یک صنعت نیمه رسانا پیاده‌سازی کردند. این صنعت از ۲۲ زنجیره تأمین تشکیل شده بود. ابراهیم‌پور و همکاران [۲۲] یک مدل تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای پیشنهاد دادند که در آن دو مرحله موازی مستقل با یک مرحله پایانی سوم مرتبط می‌باشند پژوهشگران کارایی این مدل را با در نظر گرفتن یکسری محدودیت‌ها و اقدامات میانی محاسبه کردند و سپس مدل پیشنهادی را در یک صنعت بانکداری پیاده‌سازی کردند. میرهدایتیان، آزادی و فرزی‌پور [۲۳] یک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی جدید را برای ارزیابی مدیریت زنجیره تأمین سبز در حضور فاکتورهای دوگانه، خروجی‌های نامطلوب و اطلاعات فازی معرفی کردند آن‌ها یک زنجیره تأمین متشکل از چهار

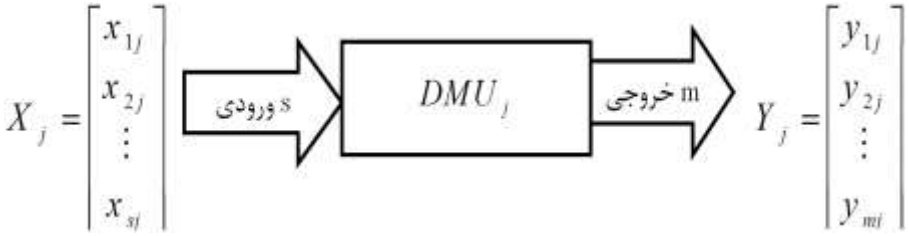
[1] LCD

بخش تأمین کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده و مشتری را در نظر گرفتند و از مدل پیشنهادی برای ارزیابی ۲۲ شرکت تولیدکننده نوشیدنی بدون الکل ایرانی استفاده کردند. الفت بامداد و ابراهیم پورآذر [۲۴] از یک مدل متناسب با ماهیت شبکه فازی و چند مرحله‌ای زنجیره تأمین استفاده کردند که این مدل، عملکرد کل زنجیره را در قالب یک مدل ریاضی و با استفاده از شاخص‌های مالی، دانشی، مشارکت و پاسخگویی زنجیره تأمین، ارزیابی می‌کند. در بخش اول این تحقیق، شاخص‌ها در سه سطح راهبردی، فرایندی و عملیاتی درنظر گرفته شده و با تحلیل عاملی، تائید آن بررسی گردیده است و در بخش دوم، از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای استفاده شده است. آن‌ها یک مطالعه موردی را بر روی ۴۹ زنجیره از زنجیره‌های تأمین شرکتهای داروسازی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران انجام دادند. نتایج نشان داد که ۲ زنجیره از ۴۹ زنجیره مورد مطالعه دارای عملکرد یک می‌باشند و سطح راهبردک به‌عنوان مهمترین سطح عملکردی شناخته شد.شفیعی و همکاران [۲۵] تحقیقی تحت عنوان "الگویابی در زنجیره تأمین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم "به مرحله اجرا درآورده‌اند در این تحقیق با استفاده از شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم، داده‌های واحدهای تحت ارزیابی را پیش‌بینی کرده و سپس با استفاده از مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌ها، به ارائه الگوی مناسب برای تدوین راهبردهای بهبود عملکرد پرداخته‌اند در انتها مدل طراحی شده را در صنایع شیر استان فارس پیاده‌سازی نموده و راهبردهای مناسب برای ارتقای کارایی این صنعت را تدوین کرده‌اند.

۲-روش تحقیق

پژوهش حاضر با توجه به کاربرد روش‌های کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده‌ها در زنجیره تأمین و تبیین کارکرد آن در ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین صنایع خودروسازی تبریز از نظر هدف یک پژوهش کاربردی، با توجه به ماهیت، پژوهش حاضر یک پژوهش توصیفی و همچنین از آنجا که در این تحقیق به بررسی ماهیت، وضعیت و روابط بین پدیده‌ها پرداخته شده است و از داده‌هایی در مقطع زمانی مشخص استفاده گردیده است. شرکت‌هایی که به‌عنوان مطالعه موردی در این تحقیق مورد بررسی قرارگرفته‌اند دارای ساختار و تولیدات مشابه هستند، لذا قابلیت ارزیابی با روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) را دارا می‌باشند. در این تحقیق از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA) با توجه به اینکه مقادیر به‌صورت دقیق قابل تشخیص نیستند، استفاده شده و در این ارزیابی شاخص هزینه به‌صورت فازی بدین مفهوم که مقادیر به‌صورت قطعی مشخص نیست، در نظر گرفته شده و سایر شاخص‌ها قطعی می‌باشند.

بنا بر تعاریف مدل DEA، هر زنجیره تأمین به‌عنوان یک DMU یا واحد تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شود. فرض کنید n واحد تصمیم‌گیری وجود دارد و هر واحد تصمیم‌گیری s ورودی و m خروجی داشته باشد. شکل (۱).



شکل (۱): واحد تصمیم‌گیری با s ورودی و m خروجی

مدل CCR یک مدل بر پایه برنامه‌ریزی خطی است که توسط چارنز و همکاران [۲۶] ارائه شده است. در مدل CCR عملکرد یک واحد ارزیابی شده به‌صورت نسبت خروجی وزن‌دار به ورودی وزن‌دار محاسبه می‌شود به این شرط که این نسبت برای همه واحدها بیشتر از یک نباشد. این موضوع به‌صورت ریاضی در روابط زیر نشان داده می‌شود:

$$\begin{aligned} \max_{\mu,\nu} \quad & \frac{\mu^t y_o}{\nu^t x_o} \\ s.t. \quad & \frac{\mu^t y_j}{\nu^t x_j} \le 1 \quad (j = 1,\dots,n), \\ & \mu \ge 0, \\ & \nu \ge 0. \end{aligned} \qquad (1)$$

در اینجا DMU_0 واحد تحت ارزیابی است و n تعداد واحدهای تصمیم‌گیری است. $y_j = [y_{j1},\dots,y_{jm}]^t$ و $x_j = [x_{j1},\dots,x_{js}]^t$ در رابطه (۱) نشان‌دهنده خروجی‌ها و ورودی‌های مثبت واحد تصمیم‌گیری j ام هستند و m و s تعداد خروجی‌ها و ورودی‌های هر واحد تصمیم‌گیری است. μ و ν در رابطه (۱) نشان‌دهنده بردار ضرایب y_j و x_j هستند و اندیس 0 مشخص کننده واحد تصمیم‌گیری مورد ارزیابی است.

رابطه (۲) معادل مساله برنامه‌ریزی خطی زیر است:

$$\begin{aligned} \max_{\mu,\nu} \quad & \mu^t y_0 \\ s.t. \quad & \nu^t x_0 = 1, \\ & \mu^t y_j \le \nu^t x_j \quad (j = 1,\dots,n), \\ & \mu \ge 0, \\ & \nu \ge 0. \end{aligned} \qquad (۲)$$

از معادله (۲) دیده می‌شود که ماهیت مدل CCR این است که واحد تصمیم‌گیری تحت ارزیابی تلاش می‌کند که بردار وزن‌های مربوط به خود را برای حداکثرسازی خروجی وزن‌دار خود بیابد به‌طوری که ورودی وزن‌دار آن مساوی یک باشد و برای تمامی واحدهای تصمیم‌گیری خروجی وزن‌دار بیشتر از ورودی وزن‌دار نباشد. به‌عبارت دیگر هر واحد تصمیم‌گیری بردار وزن‌های مورد علاقه خود را جستجو می‌کند.

تحلیل پوششی داده‌های فازی بر پایه مدل چارنز، کوپر و رودز با در نظر گرفتن داده‌های ورودی و خروجی فازی، مدل CCR معادله (۲) می‌تواند به مدل DEA فازی زیر توسعه یابد [۲۷].

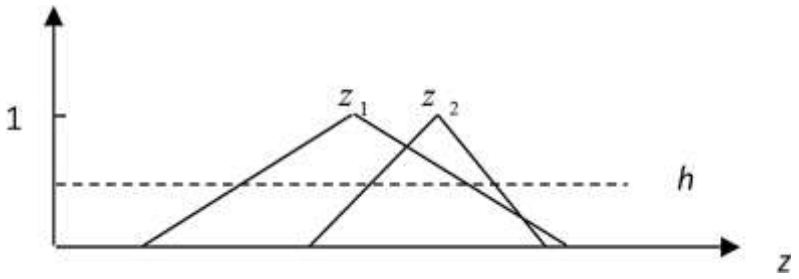
$$\begin{aligned} \max_{\mu,\nu} \quad & \mu^t Y_0 \\ s.t. \quad & \nu^t X_0 \approx \tilde{1}, \\ & \mu^t Y_j \lesssim \nu^t X_j \quad (j = 1,\dots,n), \\ & \mu \ge 0, \\ & \nu \ge 0. \end{aligned} \qquad (۳)$$

تفاوت‌های موجود میان DEA سنتی و DEA فازی که در آن $X_j = (x_j, c_j)$ و $Y_j = (y_j, d_j)$ بردار s بعدی ورودی فازی و بردار m بعدی خروجی فازی واحد تصمیم‌گیری jام هستند که جایگزین مقادیر قطعی بردارهای ورودی و خروجی در معادله (۲) شده‌اند. به‌علاوه، عبارت‌های "تقریباً مساوی"،"تقریباً بزرگتر از"و"بیشینه‌سازی یک عدد فازی"در رابطه (۳) معرفی شده‌اند که جایگزین عبارت‌های "مساوی"، "بزرگتر از" و "بیشینه‌سازی یک خروجی قطعی" در رابطه (۲) شده‌اند. به‌علاوه، عدد یک در معادله (۲) به‌صورت عدد فازی $\tilde{1} = (1, e)$ نمایش داده می‌شود که در آن $e < 1$ گسترش از طرفین $\tilde{1}$ است. در اینجا $x_j - c_j > 0$ و $y_j - d_j > 0$ فرض می‌شوند زیرا ما فقط ورودی‌ها و خروجی‌های مثبت را در نظر می‌گیریم. در ادامه چگونگی در نظر گرفتن نامساوی فازی $\mu^t Y_j \lesssim \nu^t X_j$، بیشینه‌سازی عدد فازی $\mu^t Y_0$ و مساوی فازی $\nu^t X_0 \approx \tilde{1}$ را توضیح می‌دهیم.

تعریف ۱. دو متغیر فازی مثلثی متقارن $Z_1 = (z_1, w_1)$ و $Z_2 = (z_2, w_2)$ را در نظر می‌گیریم، رابطه $Z_1 \lesssim Z_2$ به‌صورت نامساوی‌های زیر تعریف می‌شود:

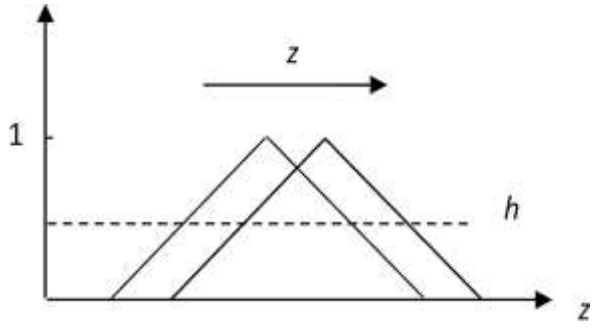
$$\begin{aligned} z_1 - (1-h)w_1 \le z_2 - (1-h)w_2 \\ z_1 + (1-h)w_1 \le z_2 + (1-h)w_2 \end{aligned} \qquad (۴)$$

که در آن $0 \le h \le 1$ یک سطح احتمالی از قبل تعریف شده توسط تصمیم‌گیرنده است. یک نمایش گرافیکی از این موضوع در شکل(۲) نشان داده شده است. از شکل (۲) مشخص است که نامساوی فازی "$\lesssim$" به‌صورت مقایسه نقاط پایانی مجموعه‌های سطح h متغیرهای فازی Z_1 و Z_2 تعریف می‌شود. واضح است.



شکل (۲) : تعریف نامساوی فازی

که اگر رابطه (۴) در سطح احتمالی h برقرار باشد، در هر سطح احتمالی k به‌صورت $h \le k \le 1$ هم برقرار خواهد بود. حال بیشینه‌سازی یک متغیر فازی را در نظر می‌گیریم. با توجه به تعریف ۱، "بیشینه‌سازی یک متغیر فازی مثلثی متقارن $Z = (z, w)$" می‌تواند به‌صورت بیشینه‌سازی هم‌زمان $z - (1-h)w$ و $z + (1-h)w$ تعریف شود. این موضوع در شکل (۳) نشان داده شده است.

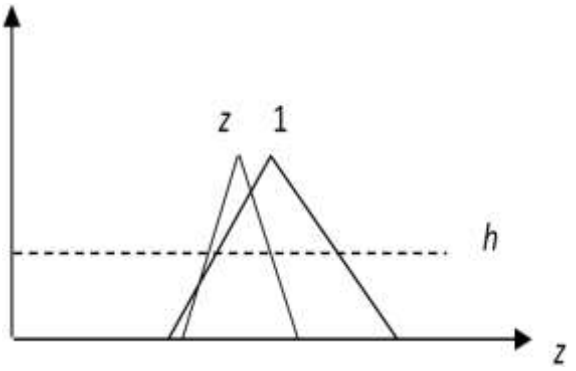


شکل (۳): نمایش بیشینه‌سازی یک عدد فازی

در اینجا یک تابع وزن‌دار به‌صورت $\lambda_1(z-(1-h)w)+\lambda_2(z+(1-h)w)$ برای به‌دست آوردن یک جواب مناسب تعریف می‌شود که در در آن $\lambda_1 \geq 0$ و $\lambda_2 \geq 0$ مقادیر وزن‌های نقاط پایانی سمت چپ و راست مجموعه سطح h عدد z هستند و داریم $\lambda_1+\lambda_2=1$. با در نظر گرفتن $\lambda_1=1$ حالت بدبینانه بیشینه‌سازی Z فرض می‌شود زیرا بدترین وضعیت در نظر گرفته شده است، در مقابل با فرض $\lambda_2=1$ حالت خوش‌بینانه در نظر گرفته می‌شود زیرا بهترین جواب در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق λ_1 برابر با یک فرض می‌شود، بنابراین داریم:

$$\max \; z-(1-h)w \qquad (۵)$$

در ادامه رابطه $\nu^t x_0 \approx \tilde{1}$ را که نقش مشابه رابطه $\nu^t x_0=1$ را بازی می‌کند در نظر می‌گیریم. بردار ورودی قطعی X_0 در مدل CCR به بردار فازی X_0 تبدیل شده است بنابراین رابطه $\nu^t x_0=1$ به رابطه $\nu^t X_0 \approx \tilde{1}$ توسعه پیدا می‌کند که در آن $\tilde{1}=(1,e)$ یک واحد فازی است که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود. برخلاف موارد قطعی که در آن $\nu^t X_0=\tilde{1}$ و بردار v می‌تواند برای ارضای تساوی به‌دست آید، بردار v را نمی‌توان همیشه برای برقراری تساوی $\nu^t X_0=\tilde{1}$ به‌دست آورد. در نتیجه، یافتن v به نحوی که تساوی $\nu^t X_0=\tilde{1}$ برقرار باشد به‌صورت یافتن v به نحوی که $\nu^t x_0$ تا حد ممکن به $\tilde{1}$ نزدیک شود تقریب زده می‌شود، این موضوع به سادگی به‌صورت $\nu^t X_0 \approx \tilde{1}$ نشان داده می‌شود. با در نظر گرفتن تعریف ۱، مقداری از $\nu^t X_0$ که رابطه $\nu^t X_0 \approx \tilde{1}$ را ارضا می‌کند می‌تواند به‌عنوان یک حد بالا برای رابطه $\nu^t X_0 < \tilde{1}$ در نظر گرفته شود. این موضوع به این معنی است که نقطه پایانی سمت چپ مجموعه سطح h دو عدد $\nu^t X_0$ و $\tilde{1}$ روی هم قرار می‌گیرند در حالی که نقطه پایانی سمت راست $\nu^t X_0$ از سمت راست تا جایی که امکان دارد گسترش می‌یابد اما از مجموعه سطح h عدد $\tilde{1}$ بیشتر نمی‌شود. این موضوع در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل (۴): نمایش $Z \approx \tilde{1}$

بنابراین، مساله یافتن ν به نحوی که $\nu^t X_0 \approx \tilde{1}$، می‌تواند با در نظر گرفتن روابط قبلی به مساله بهینه‌سازی زیر تبدیل شود:

$$\begin{aligned} \max_{\nu} \quad & \nu^t c_0 \\ s.t. \quad & \nu^t x_0-(1-h)\nu^t c_0=1-(1-h)e, \\ & \nu^t x_0+(1-h)\nu^t c_0 \leq 1+(1-h)e, \\ & \nu \geq 0 \end{aligned} \qquad (۶)$$

مشاهده می‌شود که رابطه (۶) برای یافتن $Z=\nu^t X_0$ با در نظر گرفتن $\nu^t x_0 \leq \tilde{1}$ با بزرگترین گسترش $\nu^t c_0$ و نقطه چپ پایانی مشابه با عدد فازی $\tilde{1}$ در سطح h استفاده می‌شود. با استفاده از معادلات (۶- ۴) مساله بهینه‌سازی فازی معادله (۷) می‌تواند به مساله برنامه‌ریزی خطی زیر با یک تابع هدف اولیه و یک تابع هدف ثانویه تبدیل شود:

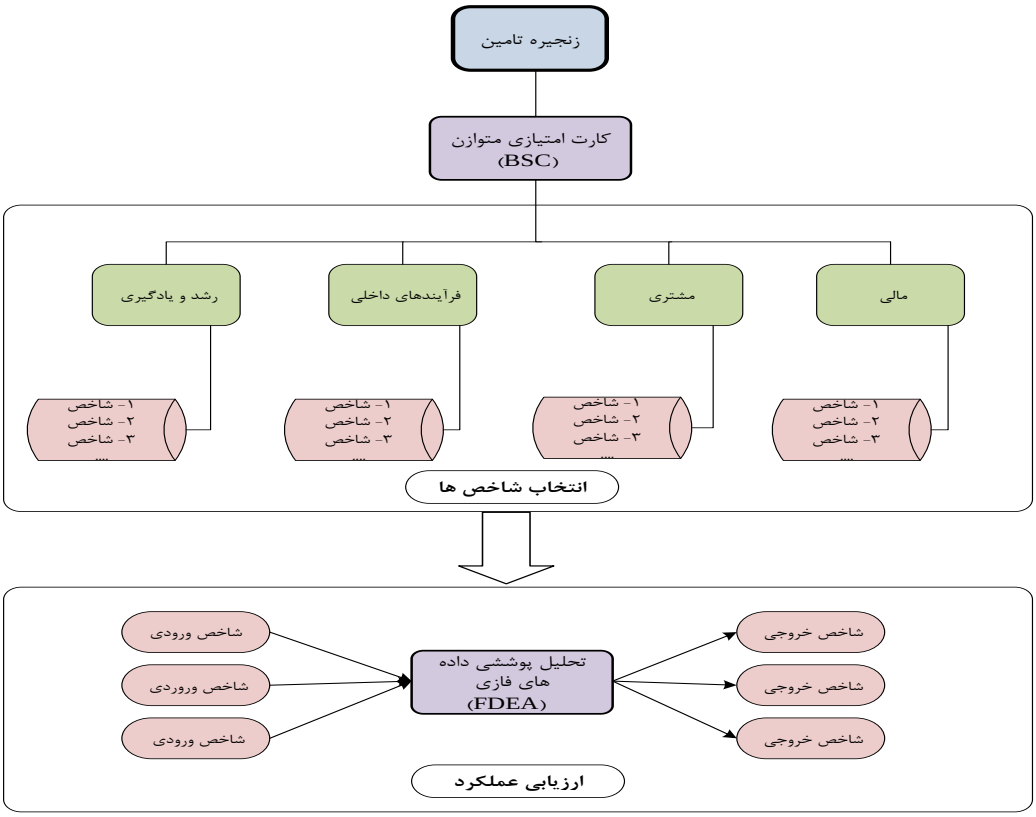
$$\begin{aligned} \max_{\mu,\nu} \quad & \mu^t y_0-(1-h)\mu^t d_0 \\ s.t. \quad & \max_{\nu} \; \nu^t c_0 \\ & s.t \quad \nu^t x_0-(1-h)\nu^t c_0=1-(1-h)e, \\ & \quad \nu^t x_0+(1-h)\nu^t c_0 \leq 1+(1-h)e, \\ & \quad \nu \geq 0. \\ & \quad \mu^t y_j+(1-h)\mu^t d_j \leq \nu^t x_j+(1-h)\nu^t c_j, \\ & \quad \mu^t y_j-(1-h)\mu^t d_j \leq \nu^t x_j-(1-h)\nu^t c_j \quad (j=1,\ldots,n), \\ & \quad \mu \geq 0 \end{aligned} \qquad (۷)$$

باید توجه داشت که مساله بهینه‌سازی (رابطه۶) برای به‌دست آوردن v به نحوی که $\nu^t X_0 \approx \tilde{1}$ در رابطه (۷) ادغام شده است. مشاهده می‌شود که وقتی $c_i=0$، $d_i=0$ و $e=0$، مساله DEA فازی (۷) به مدل CCR تبدیل می‌شود. این موضوع به این معنی است که مدل (رابطه ۷) می‌تواند عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری را به‌صورت کلی‌تری ارزیابی کند. این مدل قادر است ورودی‌ها و خروجی‌های قطعی، فازی و یا ترکیبی را به‌صورت هم‌زمان استفاده کند.

با در نظر گرفتن n واحد تصمیم‌گیری و $e=\max_{j=1,\ldots,n}(\max_{k=1,\ldots,s} c_{jk}/x_{jk})$ در رابطه (۷) و با فرض این که تابع هدف رابطه (۶) برابر با g_0 است مساله بهینه‌سازی (رابطه ۶) به‌صورت مساله برنامه‌ریزی خطی زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned} \max_{\mu,\nu} \quad & \mu^t y_0-(1-h)\mu^t d_0 \\ s.t. \quad & \nu^t c_0 \geq g_0 \\ & \nu^t x_0-(1-h)\nu^t c_0=1-(1-h)e, \\ & \nu^t x_0+(1-h)\nu^t c_0 \leq 1+(1-h)e, \\ & \mu^t y_j-(1-h)\mu^t d_j \leq \nu^t x_j-(1-h)\nu^t c_j, \\ & \mu^t y_j+(1-h)\mu^t d_j \leq \nu^t x_j+(1-h)\nu^t c_j \quad (j=1,\ldots,n), \\ & \mu \geq 0, \\ & \nu \geq 0. \end{aligned} \qquad (۸)$$

در این تحقیق از مدل FDEA ارائه شده توسط معادله (۸) برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین استفاده می‌شود.در این ارزیابی شاخص هزینه به‌صورت فازی در نظر گرفته می‌شود و سایر شاخص‌ها قطعی هستند. به‌طوری که BSC به‌عنوان ابزاری برای طراحی شاخص‌های ارزیابی عملکرد و از DEA به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی کارایی و عملکرد استفاده شده است که ارتباط میان این دو تکنیک در شکل زیر آورده شده است.



شکل (۵) : مدل ترکیبی ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین

سه دسته شاخص‌های ورودی به‌صورت دسته شاخص هزینه (شامل هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های تبادل)، دسته شاخص زمان (شامل زمان تدارک سفارش) و دسته شاخص منابع انسانی (شامل تعداد نفر ساعت کل کارکنان) در نظر گرفته شده‌اند و سه دسته شاخص‌های خروجی به‌صورت دسته شاخص انعطاف‌پذیری (شامل انعطاف‌پذیری محصول و انعطاف پذیری تحویل)، دسته شاخص مالی (شامل حجم فروش و سود خالص) و دسته شاخص سطح سرویس (شامل نرخ تکمیل سفارش و درصد تحویل به موقع) هستند.

جامعه آماری این تحقیق مدیران ارشد و میانی شرکت‌های خودروسازی تبریز بوده است از آنجایی‌که موضوع شاخص‌های زنجیره تأمین یک موضوع تخصصی می‌باشد که لذا نیاز به تحصیلات و تجربه بالای مدیران و همچنین دسترسی به اطلاعات مالی (صورت‌های مالی) شرکت‌ها دارد به این دلیل اولاً در تحقیق حاضر به منظور نمونه‌گیری از جامعه آماری از روش نمونه‌گیری غیر تصادفی (انتخابی) و دوماً از افرادی استفاده شده است که حداقل تحصیلات لیسانس و میزان تجربه کاری پنج سال به بالا و سوماً جزء مدیران و کارشناسان رده بالای شرکت باشند که تعداد آن‌ها ۹۲ نفر بوده است. جهت جمع آوری داده‌های لازم یا نمونه در این تحقیق، از ابزار پرسشنامه که به‌عنوان یکی از ابزارهای بسیار متداول در تحقیقات پیمایشی می‌باشد و همچنین برای بعضی شاخص‌های کمی از اسناد و مدارک استفاده شده است. روایی صوری (ظاهری) پرسشنامه و روایی سازه از طریق روایی همگرا در این پژوهش عملیاتی شده و میزان پایایی پرسشنامه با استفاده از روش آلفای کرونباخ برابر ۰/۸۰۱ بوده و روش تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به سوالات مطرح شده در پرسشنامه به بررسی توصیفی داده‌های تحقیق همچنین با تکیه بر جداول و نمودارهای توصیفی ویژگی‌های جمعیت شناختی پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. به‌منظور بررسی عملکرد زنجیره تأمین صنایع خودروسازی از روش BSC استفاده شده است، سپس کارایی آن بر اساس یافته‌های تحقیق و مدل ریاضی FDEA عنوان شده در روش تحقیق استفاده گردیده است. بر اساس خروجی داده‌های پرسشنامه پنج ورودی به‌عنوان شاخص‌های

برتر برای ارزیابی کارایی زنجیره تأمین و شش خروجی به‌عنوان شاخص‌های برتر برای ارزیای کارایی زنجیره تأمین توسط نمونه آماری مشخص شدند پنج دسته شاخص‌های ورودی به‌صورت دسته شاخص هزینه (شامل هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های تبادل)، دسته شاخص زمان (شامل زمان تدارک سفارش) و دسته شاخص منابع انسانی (شامل تعداد نفر ساعت کل کارکنان)، در نظر گرفته شده‌اند و شش دسته شاخص‌های خروجی به‌صورت زمان سیکل کامل زنجیره تأمین، کیفیت محصول، حجم فروش، سود خالص و دسته شاخص سطح سرویس شامل نرخ تکمیل سفارش، درصد تحویل به موقع، هستند. رابطه بعضی از شاخص‌های اشاره شده صورت زیر است:

هزینه ماشین + هزینه کارگران + هزینه مواد اولیه = هزینه‌های مستقیم

مخارج مالی + مخارج اداری = هزینه‌های عملیاتی

مخارج پردازش اطلاعات + مخارج بازاریابی + مخارج خرید = هزینه‌های تبادل

تاریخ رسیدن سفارش − تاریخ تکمیل سفارش = زمان تدارک سفارش

$$\text{نرخ تکمیل سفارش.} = \frac{\text{حجم کل سفارشات قبولی}}{\text{حجم کل سفارشات رسیده}} \times 100\%$$

$$\text{درصد تحویل به موقع.} = \frac{\text{حجم کل سفارشات به موقع تحویل داده شده}}{\text{حجم کل سفارشات انجام شده}} \times 100\%$$

تاریخ تسویه سفارش − تاریخ شروع سفارش = زمان سیکل کامل زنجیره تأمین

$$\text{کیفیت محصول تحویلی .} = 1 - \frac{\text{سفارشات نامرغوب}}{\text{حجم کل سفارشات رسیده}} \times 100\%$$

مقدار ریالی فروش یا درآمد = حجم فروش

در مسائل دنیای واقعی اندازه‌گیری تمامی شاخص‌ها به‌طور دقیق و قطعی کاری نشدنی است. در اینجا شاخص هزینه به‌صورت فازی در نظر گرفته می‌شود چون هزینه به‌صورت قطعی و دقیق وجود ندارند و سایر شاخص‌ها قطعی هستند. لازم به‌ذکر است که ارزیابی زنجیره تأمین در سطح تولیدکننده انجام می‌شود و اندازه‌گیری هرکدام از شاخص‌ها برای شرکت‌های کلیدی و در ارتباط‌شان با تأمین‌کنندگان و مشتریان انجام می‌شود. برای ارزیابی کارآیی شبکه زنجیره تأمین پنج شرکت خودروسازی از سیستم شاخص معرفی شده در مباحث قبلی استفاده شده است. تمامی داده‌ها از داده‌های آماری این پنج شرکت در سال ۱۳۹۸ استخراج شده است که لیست شرکت های و واحدهای تصمیم گیری به‌صورت جدول (۱) انتخاب و مشخص شدند.

جدول(۱): لیست شرکت‌ها و واحدهای تصمیم‌گیری

نام شرکت	شماره واحد تصمیم‌گیری DMU
سیبا موتور	DMU_1
آذهایتکس	DMU_2
رخش خودرو دیزل	DMU_3
آمیکو (ارس خودرو)	DMU_4
خودروهای دیزلی آذربایجان	DMU_5

مقادیر مربوط به شاخص‌های هزینه را به علت تغییرات شدید و معلوم نبودن مقدار دقیق آنها در طول دوره به‌عنوان یک متغیر غیرقابل کنترل، به‌صورت فازی نشان داده و اعداد فازی در نظر گرفته شده به‌صورت مثلثی متقارن هستند. عدد سمت چپ نشان‌دهنده مرکز عدد فازی و عدد سمت راست نشان‌دهنده فاصله از طرفین عدد فازی مثلثی متقارن است و واحدهای تصمیم‌گیری براساس شاخص‌های هزینه X_1 نشان‌دهنده هزینه‌های مستقیم، X_2 نشان‌دهنده هزینه‌های عملیاتی، X_3 نشان‌دهنده هزینه‌های تبادل مورد بررسی قرار گرفت که اعداد فازی شاخص‌ها قابل مشاهده در جدول (۲) می باشد.

جدول (۲): مقادیر مربوط به شاخص‌های هزینه‌ای برای زنجیره‌های تأمین

	X_1	X_2	X_3
DMU_1	(۳۷۸۰/۱۹۵)	(۴۳۱/۸۸)	(۸۶۵/۱۰۲)
DMU_2	(۲۹۹۵/۱۷۱)	(۳۱۰/۳۵)	(۹۹۵/۱۳۵)
DMU_3	(۱۹۸۱/۱۲۰)	(۲۷۰/۱۱)	(۴۹۵/۸۸)
DMU_4	(۲۷۹۰/۱۲۵)	(۱۸۲۰/۹۹)	(۳۹۵/۱۹)
DMU_5	(۹۴۰/۱۹۱)	(۱۶۰/۱۵)	(۲۳۰/۴۵)

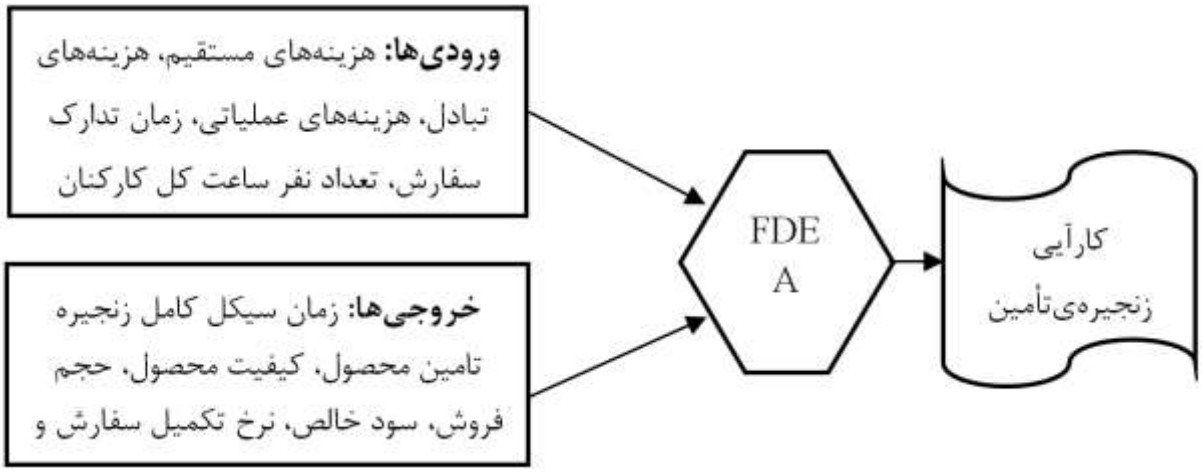
منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۳): داده‌های مربوط به شاخص‌های غیر هزینه‌ای زنجیره‌های تأمین

	X_1	X_5	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
DMU_1	۲۳	۱۵۸۰	۸	۰/۹۸	۶۰۹۰	۲۲۵۸	٪۹۴	٪۹۸
DMU_2	۴۴	۲۲۹۱	۱۱	۰/۹۹	۸۷۷۷	۱۸۴۷	٪۸۹	٪۸۱
DMU_3	۴۲	۲۹۶۳	۵	۰/۹۶	۶۸۵۰	۱۶۷۵	٪۹۳	٪۸۹
DMU_4	۳۶	۲۳۴۰	۴	۰/۹۸	۵۲۵۹	۲۸۶۵	٪۸۸	٪۹۱
DMU_5	۴۷	۲۸۸۵	۴	۰/۹۹	۸۲۶۶	۳۱۷۸	٪۸۱	٪۸۷

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۳)، در برگیرنده سایر شاخص‌های مربوط به ارزیابی زنجیره تأمین پنج شرکت خودروسازی تبریز می‌باشد. تمامی اعداد در جداول (۲ و ۳) با توجه به سیستم شاخص ارزیابی بخش قبل، X_1 نشان‌دهنده هزینه‌های مستقیم، X_2 نشان‌دهنده هزینه‌های عملیاتی، X_3 نشان‌دهنده هزینه‌های تبادل، X_4 نشان‌دهنده زمان تدارک سفارش، X_5 نشان‌دهنده تعداد نفر ساعت کل کارکنان، Y_1 نشان‌دهنده زمان سیکل کامل زنجیره تأمین محصول، Y_2 نشان‌دهنده کیفیت محصول، Y_3 نشان‌دهنده حجم فروش، Y_4 نشان‌دهنده سود خالص، Y_5 نشان‌دهنده نرخ تکمیل سفارش و Y_6 نشان‌دهنده درصد تحویل به موقع است. بنابراین پس از انتخاب شاخص‌های هزینه‌ای و غیر هزینه‌ای با استفاده کارت امتیاز متوازن (BSC)، جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین شرکت‌های ذکر شده از تحلیل پوششی داده‌ها به‌صورت فازی استفاده شده است تا دامنه عملکرد شرکت‌های خودروسازی مشخص شود. مدل مفهومی تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA) به‌صورت زیر است:



شکل (۶): مدل مفهومی تحلیل پوششی داده‌های فازی

داده‌های ورودی و خروجی برای هرکدام یک از شرکت‌های سیبا موتور، آذهاتیکس، رخش خودرو دیزل، آمیکو و خودرو دیزل آذربایجان مشخص شده و با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی کارآیی زنجیره تأمین مورد نظر محاسبه می شود.

حال با استفاده از روابط (۷ و ۸) به ارزیابی کارآیی زنجیره‌های تأمین می‌پردازیم. نمونه برنامه‌ریزی خطی استفاده شده برای ارزیابی کارآیی واحد تصمیم‌گیری یک (زنجیره تأمین شرکت کلیدی یک) در سطح اطمینان $h=$۰/۷ به این صورت است:

$$maxv\ u = 8_{u1} +0/98_{u2} +6090_{u3}+2258_{u4}+0/94_{u5}+0/98_{u6}$$

s.t.

$$195_{v1} +88_{v2} +102_{v3} \geq 0/238$$

$$3780_{v1} -431_{v2} -865_{v3}+23_{v4} -1580_{v5}-(1-0/7)(\ 195_{v1} -88_{v2} -102_{v3)=} 1-(1-0/7)\times 0/197$$

$$3780_{v1} +431_{v2} +865_{v3}+23_{v4} +1580_{v5}+(1-0/7)(\ 195_{v1} +88_{v2} +102_{v3)\leq} 1+(1-0/7)\times 0/197$$

$$8_{u1} -0/98_{u2} -6090_{u3}-2258_{u4}-0/94_{u5}-0/98_{u6\leq}3780_{v1} -431_{v2} -865_{v3}-23_{v4} -1580_{v5}-(1-0/7)(\ 195_{v1} +88_{v2} +102_{v3)}$$

$$8_{u1} +0/98_{u2} +6090_{u3}+2258_{u4}+0/94_{u5}+0/98_{u6\leq}3780_{v1} +431_{v2} +865_{v3}+23_{v4} +1580_{v5}+(1-0/7)(\ 195_{v1} +88_{v2} +102_{v3)}$$

$$11_{u1} -0/99_{u2} -8777_{u3}-1847_{u4}-0/89_{u5}-0/81_{u6\leq}2995_{v1} -310_{v2} -995_{v3}-44_{v4} -2291_{v5}-(1-0/7)(\ 171_{v1} +35_{v2} +135_{v3)}$$

$$11_{u1} +0/99_{u2} +8777_{u3}+1847_{u4}+0/89_{u5}+0/81_{u6\leq}2995_{v1} +310_{v2} +995_{v3}+44_{v4} +2291_{v5}+(1-0/7)(\ 171_{v1} +35_{v2} +135_{v3)}$$

$$5_{u1} -0/96_{u2} -6850_{u3}-1675_{u4}-0/93_{u5}-0/89_{u6\leq}1981_{v1} -270_{v2} -495_{v3}-42_{v4} -2963_{v5}-(1-0/7)(\ 120_{v1} +11_{v2} +88_{v3)}$$

$$5_{u1} +0/96_{u2} +6850_{u3}+1675_{u4}+0/93_{u5}+0/89_{u6\leq}1981_{v1} +270_{v2} +495_{v3}+42_{v4} +2963_{v5}+(1-0/7)(\ 120_{v1} +11_{v2} +88_{v3)}$$

$$4_{u1} -0/98_{u2} -8266_{u3}-3178_{u4}-0/81_{u5}-0/87_{u6\leq}2790_{v1} -1820_{v2} -395_{v3}-36_{v4} -2340_{v5}-(1-0/7)(\ 125_{v1} +99_{v2} +19_{v3)}$$

$$4_{u1} +0/98_{u2} +8266_{u3}+3178_{u4}+0/81_{u5}+0/87_{u6\leq}2790_{v1} +1820_{v2} +395_{v3}+36_{v4} +2340_{v5}+(1-0/7)(\ 125_{v1} +99_{v2} +19_{v3)}$$

$$4_{u1} -0/99_{u2} -8266_{u3}-3178_{u4}-0/81_{u5}-0/87_{u6\leq}940_{v1} -160_{v2} -230_{v3}-47_{v4} -2885_{v5}-(1-0/7)(\ 191_{v1} +15_{v2} +45_{v3)}$$

$$4_{u1} +0/99_{u2} +8266_{u3}+3178_{u4}+0/81_{u5}+0/87_{u6\leq}940_{v1} +160_{v2} +230_{v3}+47_{v4} +2885_{v5}+(1-0/7)(\ 191_{v1} +15_{v2} +45_{v3)}$$

(۹)

به شرطی که:

$$v1، v2، v3\ v4، v5، u1، u2،u3، u4\ ، u5، u6\geq 0$$

مدل برنامه‌ریزی خطی برای هر پنج زنجیره تأمین در سطح اطمینان ۰/۷ محاسبه شده است. جدول (۳) نشان‌دهنده مقادیر کارآیی‌های محاسبه شده برای پنج واحد تصمیم‌گیری در سطح اطمینان ۰/۷ است. این مقادیر به‌صورت اعداد فازی مثلثی غیرمتقارن هستند. عدد وسط نشان‌دهنده مرکز عدد فازی، عدد

سمت راست نشان‌دهنده گسترش از سمت راست و عدد سمت چپ نشان‌دهنده مقدار گسترش از سمت چپ عدد فازی مورد نظر است.

جدول (۴) : مقادیر کارآیی‌های محاسبه شده برای پنج واحد تصمیم‌گیری

واحد تصمیم‌گیری	کارآیی فازی
DMU_1	(۰/۰۳۸۶و۰/۹۵۸۱و۰/۰۴۱۹)
DMU_2	(۰/۰۳۵۸و۰/۹۶۱۴و۰/۰۳۸۴)
DMU_3	(۰/۰۳۴۸و۰/۷۴۱۵و۰/۰۳۸۳)
DMU_4	(۰/۰۲۴۱و۰/۹۲۹۱و۰/۰۲۵۴)
DMU_5	(۰/۰۳۶۹و۰/۹۵۹۹و۰/۰۴۰۰)

منبع: یافته‌های تحقیق

همانطور که در جدول (۴)، مشاهده می‌شود نتایج به‌دست آمده از مدل FDEA به‌صورت اعداد فازی هستند، در نتیجه برای رتبه‌بندی آن‌ها باید از روش‌های مقایسه اعداد فازی استفاده کرد. در این‌جا، از روش رتبه‌بندی با استفاده از میانگین و پراکندگی فازی استفاده می‌شود. این روش اعداد فازی را بر اساس دو شاخص مقدار میانگین اعداد فازی و پراکندگی آن‌ها رتبه‌بندی می‌کند. فرض بر این است که برای تصمیم‌گیرنده، عدد فازی با میانگین بیشتر و پراکندگی کمتر مقبول‌تر است. لی و بلینگ‌تون [۲۸] استفاده از میانگین توسعه یافته و انحراف استاندارد مبتنی بر سنجش‌های احتمال پیشامدهای فازی را برای رتبه‌بندی اعداد فازی پیشنهاد می‌کنند. مطابق مطالعه آن‌ها اگر $\tilde{M} = (m_1, m_2, m_3)$ یک عدد فازی باشد، میانگین و پراکندگی آن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{میانگین} = \frac{a+b+c}{3}$$
$$\sigma = \frac{\left(a^2+b^2+c^2-ab-ac-bc\right)}{18} \qquad (۱۰)$$

جدول (۵): کارایی دفازی شده با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی

واحد تصمیم‌گیری	کارآیی فازی	کارایی دفازی شده
DMU_1	(۰/۰۳۷۷و۰/۹۲۰۳و۰/۰۴۱۴)	۰/۳۳۳
DMU_2	(۰/۰۳۶۶و۰/۹۶۰۲و۰/۰۳۷۹)	۰/۳۴۴
DMU_3	(۰/۰۳۲۵و۰/۸۴۱۱و۰/۰۳۷۸)	۰/۳۰۳
DMU_4	(۰/۰۴۴۱و۰/۹۹۹۹و۰/۰۵۵۱)	۰/۳۶۶
DMU_5	(۰/۰۳۰۱و۰/۹۴۹۹و۰/۰۴۰۸)	۰/۳۴۰

جدول (۶): رتبه‌بندی کارایی شرکت های خودروسازی با استفاده از مدل FDEA

واحد تصمیم‌گیری	رتبه	DMU
DMU_1	۴	آذهایتکس
DMU_2	۲	سیبا موتور
DMU_3	۵	خودروهای دیزلی آذربایجان
DMU_4	۱	آمیکو
DMU_5	۳	تایماز(رخش خودرو)

منبع: یافته‌های تحقیق

با استفاده از روابط بالا و دفازی کردن با استفاده از روش میانگین رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری (زنجیره‌های تأمین)، به‌صورت جدول (۶)، انجام می‌شود. برتری یک زنجیره تأمین بر دیگری در جدول فوق نشانگر این موضوع است که شبکه زنجیری‌تأمین یکی بر دیگری برتری داشته است. به‌طور مثال برتری شرکت آذهایتکس بر شرکت خودرو دیزل آذربایجان گویای این مطلب است که شرکت کلیدی (تولیدکننده) زنجیره تأمین آذهایتکس در شاخص‌ها و ارتباطاتش با تأمین‌کنندگان و مشتریان خود بهتر از زنجیره تأمین خودرو دیزل آذربایجان عمل کرده است. لذا از نظر کارایی شرکت‌های خودرو سازی آمیکو، سیبا موتور، رخش خودرو (تایماز)، آذهایتکس و خودروهای دیزلی آذربایجان دارای رتبه یک الی پنج می‌باشند.

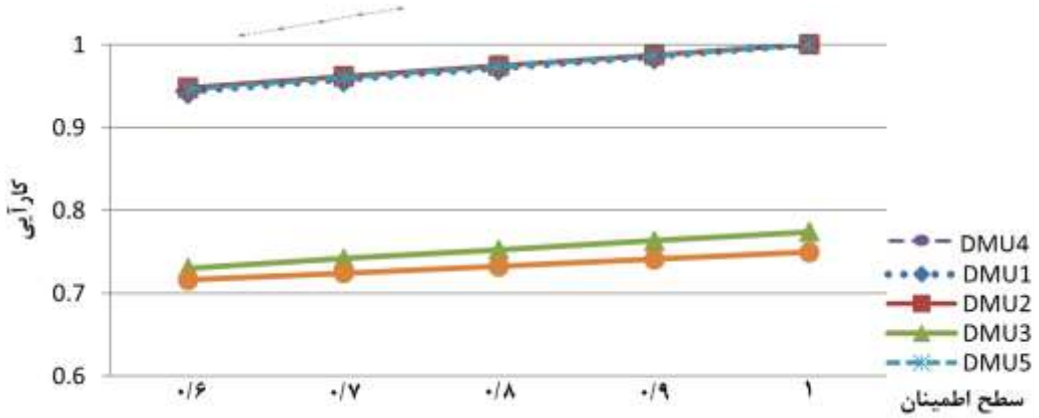
کارایی زنجیره تأمین پنج شرکت مورد مطالعه در سطوح اطمینان مختلف براساس تحلیل حساسیت انجام گرفت به‌طوری که تحلیل حساسیت یکی از بخش‌های مهم برنامه‌ریزی خطی است. تحلیل و بررسی حساسیت بر دو فرض استوار است: اصل اول: هنگامی که عوامل به‌صورت خطی تغییر می‌کنند متغیرهای وضعیت باید به‌صورت خطی وابسته به پارامتر باشند. اصل دوم: هنگامی که عاملی تغییر می‌کند، پارامترهای دیگر مدل متعاقباً نباید روی متغیرهای وضعیت تأثیر داشته باشند. این پیش‌فرض‌ها تا زمانی که تغییر متغیرهای مساله در سطح کمی باشد، برقرار هستند. در این مساله، سطح اطمینان h به‌عنوان پارامتر حساسیت در نظر گرفته شده است. جدول (۷) نتایج کارآیی زنجیره‌های تأمین را در سطوح اطمینان مختلف نشان می‌دهد.

جدول (۷) :کارآیی زنجیره‌های تأمین در سطوح اطمینان مختلف

واحد تصمیم‌گیری	$h=$ ۰/۶	$h=$ ۰/۷	$h=$ ۰/۸	$h=$ ۰/۹	$h=$ ۱/۰
DMU_1	(۰/۰۵۰۱و۰/۹۱۳۹و۰/۰۱۶۰)	(۰/۰۳۷۷و۰/۹۲۰۳و۰/۰۴۱۴)	(۰/۰۲۶۳و۰/۹۳۲۱و۰/۰۲۷۸)	(۰/۰۱۳۵و۰/۹۴۶۰و۰/۰۱۳۹)	(۰و۰/۹۵۴۱و۰)
DMU_2	(۰/۰۵۱۷و۰/۹۴۸۲و۰/۰۴۶۶)	(۰/۰۳۶۶و۰/۹۶۰۲و۰/۰۳۷۹)	(۰/۰۲۴۳و۰/۹۷۴۳و۰/۰۲۵۶)	(۰/۰۱۲۴و۰/۹۸۷۲و۰/۰۱۲۷)	(۰و۱و۰)
DMU_3	(۰/۰۵۱۲و۰/۸۳۰۰و۰/۰۴۴۹)	(۰/۰۳۲۵و۰/۸۴۱۱و۰/۰۳۷۸)	(۰/۰۲۳۸و۰/۸۵۲۳و۰/۰۲۵۵)	(۰/۰۱۲۳و۰/۸۶۳۲و۰/۰۱۲۷)	(۰و ۰/۸۹۴و۰)
DMU_4	(۰/۰۶۳۷و۰/۹۸۹۹و۰/۰۵۱۴)	(۰/۰۴۴۱و۰/۹۸۹۹و۰/۰۵۵۱)	(۰/۰۱۶۴و۰/۹۹۹۹و۰/۰۱۶۹)	(۰/۰۰۸۳و۰/۱و۰/۰۰۸۵)	(۰و ۱و۰)
DMU_5	(۰/۰۲۸۰و۰/۹۴۵۹و۰/۰۵۳۵)	(۰/۰۳۰۱و۰/۹۴۹۹و۰/۰۴۰۸)	(۰/۰۲۵۲و۰/۹۵۳۳و۰/۰۲۶۶)	(۰/۰۱۲۹و۰/۹۶۱۷و۰/۰۱۳۲)	(۰و۰/۹۵۱۹و۰)

منبع: یافته های تحقیق

همانطور که در جدول (۷) مشاهده می‌شود با افزایش سطح اطمینان مرکز اعداد فازی که تعیین‌کننده کارآیی زنجیره‌های تأمین هستند نیز افزایش پیدا می‌کند. همچنین با افزایش سطح اطمینان طول بال‌های عدد فازی نیز کمتر می‌شود تا در سطح اطمینان $h=$ ۱/۰ این مقدار به صفر می‌رسد. در سطح اطمینان $h=$ ۱/۰ مدل FDEA معادل مدل قطعی و کلاسیک DEA (مدل چارنز، کوپر و رودز) (CCR) می‌باشد. برای بهتر نشان دادن رتبه‌های واحدهای تصمیم‌گیری در سطوح اطمینان مختلف از نمودار (۱) استفاده شده است.



نمودار (۱): حساسیت واحدهای تصمیم‌گیری در سطوح مختلف اطمینان

۳- نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین از مدل DEA کلاسیک و با تبدیل متغیرهای ورودی و خروجی قطعی به متغیرهای فازی و همچنین رابطه‌های "مساوی" و "کوچکتر مساوی" به رابطه‌های "مساوی فازی" و "کوچکتر مساوی فازی" استفاده شده است. در این مدل داده‌های ورودی و خروجی به‌صورت اعداد فازی مثلثی متقارن به مدل وارد شده و خروجی مدل یک عدد فازی مثلثی غیر متقارن به ازای هر واحد تصمیم‌گیری است که نشان‌دهنده عملکرد زنجیره‌تأمین مورد نظر می‌باشد. در این مدل خروجی هم به‌صورت فازی است که با توجه به فازی بودن داده‌ها بسیار به تفکر انسانی نزدیک‌تر است. مدل ارائه شده در این پژوهش برای پنج زنجیره تأمین فعال با ساختار یکسان در صنعت خودرو سازی اعمال شده است. برای محاسبه عملکرد زنجیره‌تأمین، روش‌ها و مدل‌های مختلفی وجود دارد که در این تحقیق از مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است و برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین شاخص های ارزیابی از طریق مدل کارت امتیازی متوازن طوری در نظر گرفته شده است که رویکردهای مختلف شاخص‌های عملکرد را در نظر بگیرد که در این رابطه از خبرگان شرکت های مذکور که برای مطالعه موردی در صنعت خودرو سازی انتخاب گشته نیز یاری گرفته شده و با تدوین پرسشنامه ای در قالبی مشخص و بر اساس مدل BSC نظرات کارشناسی ایشان نیز در انتخاب و تدوین شاخص های ارزیابی در نظر گرفته شده است. در این مجموعه معیارهای هزینه‌های مستقیم، هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌های تبادل، زمان تدارک سفارش و تعداد کل نفر ساعت کارکنان به‌عنوان معیارهای ورودی و معیارهای زمان سیکل کامل زنجیره تأمین، کیفیت محصول، حجم فروش، سود خالص، نرخ تکمیل سفارش و درصد تحویل به موقع به‌عنوان معیارهای خروجی در نظر گرفته شده‌اند. معیارهای هزینه‌ای به‌صورت فازی در نظر گرفته شده‌اند و سایر معیارها قطعی هستند. مدل FDEA به کار رفته در این تحقیق دارای این قابلیت است که داده‌های قطعی و فازی را به‌صورت هم‌زمان به کار گیرد و خروجی را به‌صورت فازی ارائه دهد.

برای مقایسه عملکرد مدل FDEA در ارزیابی عملکرد زنجیره‌تأمین، دو مدل DEA کلاسیک (مدل چارنز، کوپر و رودز) و مدل تحلیل پوششی داده‌های ناهموار (RDEA[1]) ارائه شده توسط [۲۹] در نظر گرفته می‌شود. مدل RDEA مدلی است که همانند مدل FDEA برای مواجهه با شرایط عدم اطمینان و داده‌های غیرقطعی توسعه داده شده است به‌وسیله این روش برخی از عناصری که به‌طور طبیعی غیر قطعی یا احتمالی هستند به‌طور دقیق‌تری ارزیابی می‌شوند. به‌عبارت دیگر برای هر داده نامتقارن (غیر منظم) یک فاصله می‌تواند محاسبه شود که در آن مرزهای بالا و پایین نشان‌دهنده حداکثر و حداقل مقدار برای آن عنصر است و به‌طور قطع آن می‌تواند هر مقداری در این فاصله را بگیرد. سپس بر پایه این مقادیر کارایی هر یک از DMUها اندازه‌گیری می‌شود، که در اینجا برای مقایسه با مدل FDEA در نظر گرفته شده است. نتایج پژوهش در جدول (۸) جهت رتبه‌بندی پنج زنجیره‌تأمین را با استفاده از سه روش ارائه شده در پژوهش شده نشان می‌دهد.

جدول (۸) :رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از سه روش

واحد تصمیم‌گیری	رتبه در مدل FDEA	رتبه در مدل DEA کلاسیک	رتبه در مدل RDEA
DMU_1	۴	۳	۲
DMU_2	۲	۱	۳
DMU_3	۵	۵	۴
DMU_4	۱	۱	۱
DMU_5	۳	۴	۵

نتایج مدل DEA کلاسیک همان نتایجی است که در حالت $h=$ ۱/۰ برای مدل FDEA به‌دست می‌آید، در این حالت مراکز اعداد فازی مربوط به شاخص‌های هزینه‌ای به‌عنوان مقادیر آن‌ها برای زنجیره‌های تأمین در نظر گرفته می‌شود. برای به‌دست آوردن رتبه‌بندی زنجیره‌های تأمین با استفاده از مدل RDEA از مدل ارائه شده در مقاله [۳۰] استفاده شده است. همانطور که از جدول (۸) مشاهده می‌شود مدل FDEA رتبه‌بندی منطقی‌تر و بهتری را نسبت به RDEA در مقایسه با مدل DEA کلاسیک ارائه داده است. نتایج مدل FDEA برای ارزیابی کارآیی زنجیره تأمین به مدل DEA کلاسیک نزدیک‌تر است. رتبه زنجیره‌های تأمین دو، سه، چهار در هر دو مدل FDEA و DEA کلاسیک ثابت است و رتبه واحدهای تصمیم‌گیری ۱ و ۵ دچار تغییر شده است. نتایج مدل RDEA با دو مدل دیگر تفاوت فاحشی دارد، برای مثال زنجیره تأمین شماره ۲ که در دو مدل FDEA و DEA کلاسیک دارای رتبه اول است در مدل RDEA رتبه سوم را کسب کرده است. در مدل DEA کلاسیک زنجیره‌های تأمین ۲ و ۴ کارا شده‌اند و دارای مقدار کارآیی یک هستند و برای مقایسه آن‌ها باید از ابزارهای دیگری استفاده کرد ولی این حالت در مدل FDEA رخ نداده است و در این مدل زنجیره‌های تأمین به‌صورت مناسب‌تری رتبه‌بندی می‌شوند. می‌توان نتیجه گرفت که برای مساله ارزیابی کارآیی زنجیره تأمین مدل FDEA بهتر از دو مدل DEA کلاسیک و RDAE جواب می‌دهد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات [۱۰]،[۳۰]،[۲۹]،[۵]،[۳]،[۷]، هم خوانی دارد.

در راستا نتایج پژوهش حاضر پیشنهاداتی به‌صورت کاربردی جهت حل سهمی از مسائل زنجیره‌های تأمین همسو با مطالعه موردی بدین صورت بیان می شود :

۱- دراغلب پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین، مبنای محاسبه وزن شاخص‌ها، نظرات شخصی افراد است که منجر به تقریبی بودن وزن این شاخص‌ها می شود لذا پیشنهاد می‌گردد جهت افزایش دقت در شاخص‌ها مدل‌های کمی و جهت در نظر گرفتن تغییرات بازار مدل‌های کیفی مدنظر قرار گیرند در نتیجه مدل‌های ترکیبی می‌توانند گزینه مناسبی برای انجام اینگونه تحقیقات باشند.

۲- با توجه به بررسی‌ها و مستندات در اختیار و ماهیت صنعت خودروسازی تبریز، شاخص کلیدی ارزیابی عملکرد برای شروع و تدوین نقشه راه بهبود، اثربخشی برنامه‌ریزی اصلی تولید می‌باشد. از این رو پیشنهاد می‌گردد پایگاه داده، در بخش تولید با موضوعیت سفارش، تأمین و تولید راه‌اندازی گردد.

۳- جهت کاهش خطا در وزن شاخص‌ها پیشنهاد می‌گردد از روش‌های غیر پارامتریک مانند روش مورد استفاده در این پژوهش (تحلیل پوششی داده‌ها) استفاده گردد.

۴- روند نزولی درجه اهمیت جنبه یادگیری و رشد از سطح عملیاتی تا سطح راهبردی در شرکت‌های مورد نظر، دامنه اثرگذاری این جنبه از عملکرد کارت امتیازی را در فعالیت‌های آتی و طرح‌های توسعه‌ای کم اثر می‌نماید. به نظر می‌رسد جهت برطرف نمودن این نقیصه می‌بایستی راهبردهای کلان شرکت در این باب مورد بازنگری جدی قرار گیرد. یکی‌از مصادیق این مسأله عدم همگامی آموزش‌های حین خدمت افراد با علم روز دنیا می‌باشد که شرکت‌ها را در تولید و بهره برداری از محصولاتی با درصد آلایندگی پایین‌تر دچار مشکل اساسی نموده است.

[1] Rough Data Envelopment Analysis

۵- توسعه راهبردهای مبتنی بر کارایی از طریق شناسایی فرصت‌ها، تهدیدات، قوت‌ها و ضعف‌های موجود در محیط داخل و خارج.

۶- این مدل باعث می‌شود تا هزینه‌ها که تاثیر بسزایی در عملکرد زنجیره دارند مشخص شوند. به شرکت‌ها توصیه می‌شود که تمامی هزینه‌هایشان را دقیقاً در نظر گیرند تا در عمکردشان تاثیر قابل توجه‌ای داشته باشد. این مدل همچنین هزینه‌ها را به خصوص هزینه‌های ریز را در دنیای واقعی (فازی) در نظر می‌گیرد.

۷- برنامه‌ریزی بلند مدت و ترسیم افق راهبردی برای مدیریت بهینه در سرتاسر زنجیره تأمین.

۴-منابع

[1] A. Enzebati and S. DakngKoub, "Application of a Combined fuzzy multi-Criteria Decision Approach for Evaluation and Selection Supplier: Provide a Conceptual Framework for Nian Electronic," International Journal of Supply Chain, no.69, pp.102-83. 2020. (in persian).

[2] B. M. Beamon and V. C .P. Chen, "Performance analysis of conjoined supply chains," International Journal of Production Research, vol. 39, no. 14, pp. 195-218. 2015.

[3] A. Gunasekaran and C. Patel, "Tirtiroglu, Performance measures and metrics in a supply chain environment," International Journal of Operations & Production Management, vol. 21, no 1/2, pp. 71-87. 2001.

[4] A. Ross, C. Droge, "An integrated benchmarking approach to distribution center performance using DEA modeling," Journal of Operations Management, Vol. 20, 19–32. 2012.

[5] L. Easton, D.j. Murphy and J.N. Pearson, "Purchasing performance evaluation: with data envelopment analysis," European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 8, 123. 2012.

[6] S. Talluri and R. Narasimhan and A. Nair, "Vendor performance with supply risk: a chance-constrained DEA approach," International Journal of Production Economics, Vol. 100. 2016.

[7] W.P. Wong and K.Y. Wong, "Supply chain performance measurement system using DEA modeling," Industrial Management and Data Systems, Vol. 107, 361-381. 2007.

[8] M. Wen, C. You and R. Kang, "A new ranking method to fuzzy data envelopment analysis," Computers and Mathematics with Application, Vol. 59, pp. 3398-3404. 2010.

[9] A. Okhravi and S. Mosavi, " Evaluate the supply chain performance of BSC-based projects and lean thinking; Case study: Petrochemical projects," International Journal of Supply Chain, N62, pp 87-73. 2019 (in persian).

[10] M. Bhagwat and M. k. Sherma, "performance measurement of supply chain management: A balanced Scorecard approach, Computer and Industrial Engineering, vol.53, no.1, pp.43-62. 2007.

[11] D. Wu and D.L Olson, "Supply chain risk, simulation, and vendor selection. International Journal of Production Economics, Vol. 114, 645–655. 2015.

[12] L. Liang, F. Yang, W.d Cook and J. Zhu, "DEA model for supply chain efficiency evaluation, Ann. Oper. Res, 145 (1), 35–49. 2014.

[13] Y. Chen and L. Liang and F. Yang, "A DEA game model approach to supply chain. 2011.

[14] D. Li and C. O. Brien, "Integrated decision modeling of supply chain efficiency," International Journal of Production Economics, Vol. 59, 147-157. 1999.

[15] Y. Hwang and D. Lin, "The performance evaluation of SCOR sourcing process-The case study of Taiwan's TFT-LCD industry ," International Journal of Production Economics, Vol. 115, 411– 423. 2008.

[16] B. M. Beamon, "Measuring supply chain performance," International Journal of Production management, Vol. 19275-292. 1999.

[17] F. T. S. Chan, "Performance Measurement in a Supply Chain," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 21, 534–548. 2013.

[18] F. T. S. Chan and H. J. Qi, "An innovative performance measurement method for supply chain management, Supply chain management," An international Journal vol. 8, no. 3, pp. 209-223. 2003.

[19] M. Comelli and P. Féniès N. Tchernev, "A combined financial and physical flows evaluation for logistic process and tactical production planning: Application in a company supply chain," International Journal of production economics, vol .112, no. 1. 2008.

[20] B. Golany and S. T. Hackman and U. Passy, "An efficiency measurement framework for multi-stage production systems," Ann. Oper. Res, vol. 145, pp. 51–68. 2006.

[21] M. Tavana and H. Mirzagoltabar and S.M. Mirhedayatian and R. Farzipoor Saen and M. Azadi, "A new network epsilon-based DEA model for supply chain performance evaluation. Computers & Industrial Engineering, vol. 66, pp. 501–513. 2013. (in persian).

[22] A. Ebrahimnejad and M. Tavana, F. Hosseinzadeh Lotfi and R. Shahverdi and M. Yousefpour, "A three-stage Data Envelopment Analysis model with application to banking industry," Measurement, vol. 49, pp. 308– 319. (in persian). 2014.

[23] S. M. Mirhedayatian, M. Azadi and R. Farzipoor Saen, "A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management," International Journal of Production Economics. vol. 147, pp. 544– 554. 2014 (in persian).

[24] O. Bamdad Soofi and A. Ebrahimpour, "A Model for Evaluating Supply Chain Performance Using Network Data Envelopment Analysis Model (Case: Supply Chain of Pharmaceutical Companies of Tehran Stock Exchange) ," Quarterly Journal of Industrial Management.Studies. no. 26. pp. 8-46, 1391 (in persian).

[25] M. Shafiee and M. Ghaderi and H. Saleh, "Benchmarking in the Supply Chain Using Data Envelopment Analysis and System Dynamics Simulations," Iranian Journal of Supply Chain Management, vol. 23, pp. 55-70. 2021. (in persian).

[26] A. Charnes and W.W. Cooper and A.Y. Lewin, "Data envelopment analysis: theory, methodology and applications," Kluwer Academic Publishers, Boston. 1978.

[27] P. Guo and H. Tanaka, "Fuzzy DEA: a perceptual evaluation method, Fuzzy Sets and Systems," vol. 119, pp. 149-160. 2011.

[28] H.L. Lee and C. Billington, "Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities," Sloan Management Review, spring ,pp. 65-73. 2011.

[29] J. Xu and Li Bin and D. Wu, "Rough data envelopment analysis and its application to supply chain performance evaluation," International Journal of Production Economics, vol. 122, 628. 2009.

[30] D. Estampe and S. Lamouri and J.L Paris and S.B. Djelloul, "A framework for analyzing supply chain performance evaluation model," International Journal of Production Economics. DOI:10.1016, j. ijpe 14. 2010.

Journal of Supply Chain Management

Vol. 23, No. 71, 2021

Evaluation of the Ssupply Chain Efficiency Using a Combined Model of the Fuzzy Data Envelopment Analysis and the Balanced Scorecard in Tabriz Automotive Industry

S. Chartab Jabbari, K. Rahmani Youshanloui* , M. Paseban, Y. Alavi Matin, M. Ramezani

* Assistant prof., Department of Management, Management, Economic and Accounting Faculty , Tabriz Branch, Islamic Azad University , Tabriz, Iran.

(Received: 26/04/2021; Accepted: 28/11/2021)

Abstract

The aim of this study is to evaluate the efficiency of five active supply chains which have the same structure, by a combined model of the fuzzy data envelopment analysis and the balanced scorecard in Tabriz automotive industry. The input and output data which are triangular fuzzy numbers, are symmetrically entered into the model and the model output is an asymmetric triangular fuzzy number per decision unit, which indicates the performance of the supply chain. The balanced scorecard (BSC) method is used as a tool for designing the performance evaluation indicators in four aspects, namely: the finance; the processes; the customer and the learning and growth of the human resources. The FDEA model used, has the ability to use definite and fuzzy data simultaneously and provide output in the fuzzy format, and on this basis, calculate the efficiency of five automobile companies, namely: Azhitics car company, Rakhsh Khodro Diesel company, Siba Motor company, Azar Motor Industrial Company (Amico), and Azerbaijan Diesel Khodro company. The research is applied-descriptive research and the measurement tool is questionnaire. Financial documents and information analysis method are the mathematical model of FDEA, BSC and sensitivity analysis. The results show that the efficiency of Azhitechs is higher than the other companies studied. Using sensitivity analysis and analysis of fuzzy data coverage, the companies Amico, Siba Motor, Rakhsh Khodro, Azhitechs and diesel cars are ranked as 1, 4, 5, 2 and 3, respectively, which also increase with increasing confidence level of the fuzzy number center that determines the efficiency of supply chains.

Keywords: Automotive, Supply Chain Efficiency, Fuzzy Data Envelopment Analysis, Balanced Scorecard

* Corresponding author E-mail: kr13452000@yahoo.com