فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال هفدهم/ شماره ۶۲ / زمستان ۱۴۰۱

ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین با روش های BSC-FDEA و BSC-RDEA (مطالعه موردی: پنج شرکت تولید موتورهای دیزلی در صنایع خودروسازی تبریز)

سینا چرتاب جباری
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
کمال الدین رحمانی یوشانلوئی (نویسنده مسؤول)
استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
E-mail: kr13452000@yahoo.com
محمد پاسبان
استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
یعقوب علوی متین
استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
مجتبی رمضانی
استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰ ❋ تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۱۱/۰۳

چکیده
با توجه به اهمیت موضوع کارایی در پیشبرد جوامع و جایگاهی که در سازمان‌های امروزی به خود اختصاص داده است، استفاده از ارزیابی عملکرد به ضرورتی گریز ناپذیری تبدیل شده است. در پژوهش حاضر ارزیابی عملکرد پنج زنجیره تأمین فعال با ساختار یکسان با هدف مقایسه نتایج مدل‌های ترکیبی RDEA-BSC و FDEA-BSC در صنایع خودروسازی تبریز اجرا و داده‌های ورودی و خروجی به‌صورت اعداد فازی مثلثی متقارن و مجموعه اعداد ناهموار به مدل وارد شده و خروجی مدل ها نشان‌دهنده کارایی شرکت‌های خودروسازی سیبا موتور، آذهاتیکس، رخش خودرو دیزل، آمیکو و خودرو دیزل آذربایجان می‌باشد. از روش کارت امتیازی متوازن (BSC) به‌عنوان ابزاری برای طراحی شاخص‌های ارزیابی عملکرد استفاده شده است و همچنین نوع تحقیق کاربردی–توصیفی بوده و جامعه آماری تحقیق مدیران و کارشناسان ارشد شرکت‌ها می باشد و نمونه آماری تحقیق با استفاده از جدول کریسی و مورگان ۹۲ نفر برآورد شده است و ابزار اندازه‌گیری پرسشنامه، اسناد مالی و روش تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز، مدل ریاضی RDEA،FDEA، BSC و تحلیل حساسیت می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میزان کارایی شرکت آمیکو در هر مدل از سایر شرکت‌ها بیشتر می باشد.

کلمات کلیدی: خودروسازی، کارایی زنجیره تامین، تحلیل پوششی داده‌ها، مجموعه اعداد راف، مجموعه اعداد فازی.

۱-مقدمه

در سال‌های اخیر، مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین[1] به دلیل افزایش روزافزون رقابت در بازارهای جهانی به یکی از مهم‌ترین زمینه‌ها در شاخه‌ی مدیریت تولید تبدیل شده است. مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین، به عنوان ابزاری که در اوایل دهه ۱۹۹۰ بوجود آمده و شامل برنامه‌ریزی و مدیریت عملیات و تولید، انتقال و توزیع کالا تا رسیدن به مشتری است، راهی را برای بهبود محیط تولید و رقابتی کردن آن پیشنهاد می‌دهد. مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین مجموعه‌ای از رویکردهایی است که سعی می‌کند تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و مصرف‌کنندگان را به طور مؤثری در هم ادغام کند تا کالاها در مقدار درست، در مکان درست و در زمان درست تولید و توزیع شوند. این رویکردها درصدد حداقل‌کردن هزینه‌های سیستم هستند درحالی که سطح خاصی از سرویس را ارضاء می‌کنند(Beamon,1999). ارزیابی عملکرد در بعد استفاده از منابع و امکانات در قالب شاخص‌های کارایی بیان می‌شود. اگر در ساده ترین تعریف، نسبت داده به ستاده را کارایی بدانیم، نظام ارزیابی عملکرد در واقع میزان کارایی تصمیمات مدیریت در خصوص استفاده بهینه از منابع و امکانات می باشد (Taheri, 2020). ارزیابی زنجیره‌ی‌تأمین با استفاده از روش‌های مختلفی انجام می‌شود. تحلیل پوششی‌داده‌ها به عنوان یک روش ناپارامتریک بر پایه تکنیک برنامه‌ریزی خطی بنا شده است و عملکرد واحدهای مختلف را به نسبت هم می‌سنجد. با دادن شواهد و دلایلی مناسب، تحلیل پوششی‌داده‌ها روش مناسبی برای مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین است. تحلیل پوششی‌داده‌ها می تواند ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه داشته باشد و شاخص‌های کمی و کیفی را به کار گیرد.

تحلیل پوششی داده ها مفهومی از محاسبه ارزیابی سطوح کارایی در داخل یک گروه از سازمان را نشان می دهد. کارایی هر واحد در مقایسه با تعدادی از واحدها که دارای بیشترین عملکرد هستند، محاسبه می شود. این تکنیک مبتنی بر رویکرد برنامه ریزی خطی است که هدف اصلی آن، مقایسه و سنجش کارایی تعدادی از واحدهای تصمیم گیرنده مشابه است که تعداد ورودی-های مصرفی و خروجی های تولیدی متفاوتی دارند. این واحدها می‌توانند شعب یک بانک، مدارس، بیمارستان و ... باشند . منظور از مقایسه و سنجش کارایی این است که واحد تصمیم گیرنده در مقایسه با سایر واحدهای تصمیم گیرنده، چقدر خوب از منابع خود در راستای تولید استفاده کرده است (Jahanshahlou et al., 2010). در پژوهش وانگ و همکاران[2] (۲۰۰۷) شاخص‌هایی مانند هزینه، تحویل به موقع و زمان تدارک برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی‌تأمین در نظر گرفته شده و ارزیابی عملکرد در سطح تولیدکننده (خودروسازان) انجام می‌شود در حالی که معمولاً به زنجیره‌ی‌تأمین به صورت یک سیستم و کل‌نگرانه نگاه شود. این موضوع بدان معناست که شاخص‌های ارزیابی عملکرد برای واحد تولیدکننده (سطح دوم زنجیره) و در ارتباط آن با تأمین‌کننده و مشتری اندازه‌گیری می‌شوند و کلیت زنجیره‌ی‌تأمین حفظ می‌شود (Wong et al., 2007). ثابت شده است که مدیریت مؤثر یک زنجیره‌ی‌تأمین، مکانیزم بسیار مؤثری برای تحویل سریع و مطمئن کالا و خدمات با کیفیت بالا و با هزینه حداقلی میباشد (Guneskaran et al., 2004). ارزیابی عملکرد فروش (Easton et al., 2002)، ارزیابی عملکرد تأمین کننده (Tullari et al., 2016) و غیره. به هر حال این واحدهای مستقل در زنجیره‌ی‌تأمین 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 به صورت هم‌زمان ارزیابی شوند، احساس می‌شود. برای به دست آوردن یک زنجیره‌ی‌تأمین کارا، ارزیابی عملکرد کل زنجیره‌ی‌تأمین بسیار مهم است.

در این پژوهش زنجیره‌ی‌تأمین به صورت یک کل و یک سیستم در نظر گرفته می‌شود که ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی، همان ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم زنجیره‌ی‌تأمین هستند. شاخص‌های ارزیابی در سطح تولیدکننده اندازه‌گیری می‌شود و برای حفظ یکپارچگی زنجیره‌ی‌تأمین اندازه‌گیری شاخص‌ها برای تولیدکننده و با حفظ ارتباطش با تأمین‌کنندگان و مشتریان انجام می‌شود. در این تحقیق مقایسه تحلیل پوششی، با داده‌های فازی و داده‌های ناهموار جهت ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین شرکت‌ها استفاده شده که در تحقیقات پیشین تاکنون مجموعه داده‌های ناهموار جهت ارزیابی

[1] Supply Chain Management
[2] Wong et al

عمکرد مورد استفاده قرار نگرفته است و همین طور در استفاده هم زمان از دو روش جهت محاسبه کارایی و مقایسه روش‌ها و نتایج به دست آمده، این تحقیق را در رسته تحقیقات مقایسه‌ای قرار می‌دهد. به دلیل عدم وجود یک تحقیق جامع وکاربردی و ضرورت شناخت و ارزیابی شرکت‌های فعال در حوزه تولید موتورهای دیزلی، برای نخستین بار در استان آذربایجان شرقی ارزیابی عملکرد زنجیره تامین پنج شرکت بزرگ انجام شده است. بنابراین وجه تمایز بین تحقیق حاضر و تحقیقات مشابه در این است که در این تحقیق هم از بعد جامعه آماری و هم از بعد روش حل تحقیق ، نوآوری و ابتکار وجود دارد.

شفیعی و همکاران (۲۰۲۱) 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 استراتژی‌های بهبود عملکرد پرداخته‌اند در انتها مدل طراحی شده را در صنایع شیر استان فارس پیاده‌سازی نموده و استراتژی-های مناسب برای ارتقای کارایی این صنعت را تدوین کرده‌اند.

افتخاری و همکاران (۲۰۲۱) در این مطالعه‌ای به منظور محاسبه‌ی اوزان مشترک مدلی خطی و تک‌مرحله‌یی که ایراد تفاوت اوزان را رفع می‌کند و همچنین در راستای اعتبارسنجی مدل، به مقایسه‌ی ضرایب همبستگی نتایج مدل با سایر مدل‌های مشابه پرداخته و سپس شرکت‌های دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بر مبنای کارایی نسبی به دست آمده از مدل ارزیابی کرده اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در میان ۲۹ واحد مورد ارزیابی، ۳ واحد کارا هستند. در انتها تحلیل حساسیت بر روی مقادیر خروجی انجام داده‌اند. نهاوندی و همکاران (۲۰۱۸) یک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی جدید را برای ارزیابی مدیریت زنجیره تامین سبز در حضور فاکتورهای دوگانه، خروجی‌های نامطلوب و اطلاعات فازی معرفی کردند. آنها یک زنجیره-تامین متشکل از چهار بخش تامین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده و مشتری را در نظر گرفتند و از مدل پیشنهادی برای ارزیابی۲۲ شرکت تولیدکننده نوشیدنی بدون الکل ایرانی استفاده کردند.

ابراهیم نژاد و همکاران(۲۰۱۴) یک مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای جدید بر اساس اپسیلون را برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین ارائه دادند. این مدل، اقدامات شعاعی و غیرشعاعی کارایی را به یک چهارچوب یکپارچه برای حل مسایل تحلیل پوششی داده های شبکه ای ترکیب می کند. آنها این مدل را در یک صنعت نیمه رسانا پیاده سازی کردند. این صنعت از ۲۲ زنجیره تامین تشکیل شده بود.

میرهدایتیان و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل تحلیل پوششی داده های سه مرحه ای پیشنهاد دادند که در آن دو مرحله موازی مستقل با یک مرحله پایانی سوم مرتبط می باشند پژوهشگران کارایی این مدل را با در نظر گرفتن یکسری محدودیت ها و اقدامات میانی محاسبه کردند و سپس مدل پیشنهادی را در یک صنعت بانکداری پیاده سازی کردند.

چِن و همکاران[3] (۲۰۱۱) بر اساس تعاریف ارزیابی عملکرد زنجیره‌تأمین و نظریه بازی‌ها یک بازی عملکرد را بین دو عضو زنجیره‌ی‌تأمین مشاهده کردند. آن‌ها نشان داده‌اند که نقاط تعادل نَش[4] زیادی برای عملکرد یک مجموعه از 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 استراتژی طرح عملکرد را شناسایی کردند.

استمپ و همکاران[5] (۲۰۱۰) با ارائه چارچوبی تلاش کردند مدل‌های ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی‌تأمین را تحلیل کنند. این تحلیل با مشخص کردن ویژگی‌های خاص و قابلیت‌های هر مدل در زمینه‌های مختلف صورت گرفته است. آن‌ها همچنین تلاش کرده‌اند مدل‌ها را به صورت تحلیلی به هفت لایه کوچکتر تقسیم کنند تا به مدیران کمک کند که مدل مناسب برای احتیاجات خود را به درستی انتخاب کنند.

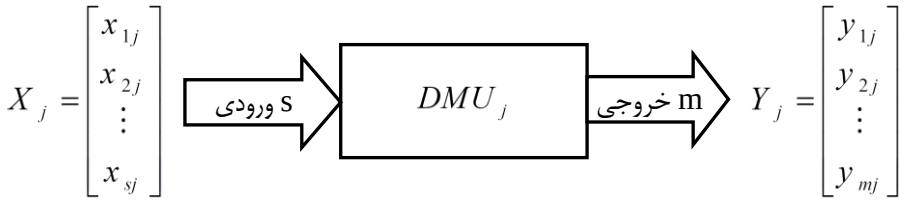
۲-روش شناسی پژوهش

[3] Chen et al
[4] Nash equilibrium
[5] Estampe et al

این تحقیق به لحاظ سطح تحلیل و روش از نوع توصیفی تحلیلی محسوب می شود و بر مبنای هدف، از نوع کاربردی می باشد. در این پژوهش از مدلهای FDEA, RDEA ارائه شده برای –ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین استفاده شده است. در این ارزیابی شاخص هزینه ابتدا به صورت فازی و در گام بعدی به صورت اعداد راف در نظر گرفته می‌شود و سایر شاخص‌ها قطعی هستند. از آنجایی که موضوع شاخص‌های زنجیره تامین یک موضوع تخصصی می باشد لذا نیاز به تحصیلات و تجربه بالای مدیران است به این دلیل اولاً در تحقیق حاضر به منظور نمونه گیری از جامعه آماری از روش نمونه گیری غیر تصادفی (انتخابی) و دوماً از افردی استفاده شده است که حداقل تحصیلات لیسانس و میزان تجربه کاری پنج سال به بالا و سوماً جز مدیران و کارشناسان رده بالای شرکت‌ها باشند، استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق ۳۰۰ نفر از مدیران و کارشناسان ارشد شرکت ها می باشد و تعداد نمونه آماری این تحقیق با در نظر گرفتن با استفاده از جدول مورگان ۹۲ نفر بر آورد شده است.

الف)تحلیل پوششی داده‌های فازی بر پایه‌ی مدل چارنز، کوپر و رودز:

بنا بر تعاریف مدل DEA، هر زنجیره تأمین به عنوان 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 شماره (۱): واحد تصمیم‌گیری با s ورودی و m خروجی

مدل CCR یک مدل بر پایه برنامه‌ریزی خطی است که توسط چارنز[6] و همکاران (۱۹۷۸) ارائه شده است. در مدل CCR عملکرد یک واحد ارزیابی شده به صورت نسبت خروجی وزن‌دار به ورودی وزن‌دار محاسبه می‌شود به این شرط که این نسبت برای همه‌ی واحدها بیشتر از یک نباشد. این موضوع به صورت ریاضی در روابط زیر نشان داده می‌شود:

رابطه شماره (۱)

$$\max_{\mu,\nu} \quad \frac{\mu^t y_0}{\nu^t x_0}$$

$$s.t. \quad \frac{\mu^t y_j}{\nu^t x_j} \le 1 \quad (j = 1,\dots,n),$$

$$\mu \ge 0,$$

$$\nu \ge 0.$$

در اینجا DMU_0 واحد تحت ارزیابی است و n تعداد واحدهای تصمیم‌گیری است. $y_j = \left[y_{j1},\dots,y_{jm} \right]^t$ و $x_j = \left[x_{j1},\dots,x_{js} \right]^t$ نشان‌دهنده خروجی‌ها و ورودی‌های مثبت واحد تصمیم‌گیری jام هستند و m و s تعداد خروجی‌ها و ورودی‌های هر واحد تصمیم‌گیری است. μ و ν در رابطه نشان‌دهنده بردار ضرایب y_j و x_j هستند و اندیس 0 مشخص کننده واحد تصمیم‌گیری مورد ارزیابی است. مدل (۲) معادل مساله برنامه‌ریزی خطی زیر است:

رابطه شماره (۲):

[6] Charnes

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

با در نظر گرفتن داده‌های ورودی و خروجی فازی، مدل CCR رابطه (۲) می‌تواند به مدل DEA فازی زیر توسعه یابد (Gue & Tanaka, 2001).

رابطه شماره (۳):

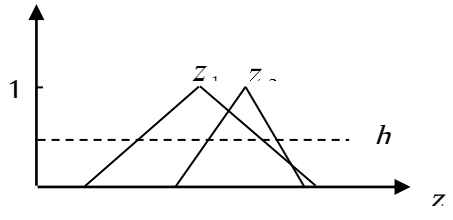
$$\max_{\mu,\nu} \quad \mu^t Y_0$$
$$s.t. \quad \nu^t X_0 \approx \tilde{1},$$
$$\mu^t Y_j \lesssim \nu^t X_j \quad (j = 1,\dots,n),$$
$$\mu \ge 0,$$
$$\nu \ge 0.$$

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 رابطه (۲) شده‌اند. به علاوه، عبارت‌های "تقریبا مساوی"، "تقریبا 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. به علاوه، عدد یک در معادله (۲) به صورت 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 $Z_1 \lesssim Z_2$ به صورت نامساوی‌های زیر تعریف می‌شود:

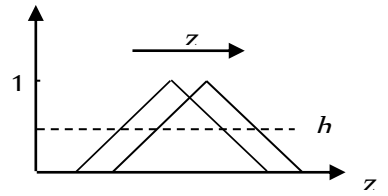
رابطه شماره (۴):

$$z_1 - (1-h)w_1 \le z_2 - (1-h)w_2$$
$$z_1 + (1-h)w_1 \le z_2 + (1-h)w_2$$



شکل شماره (۲) : تعریف نامساوی فازی

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 "$\lesssim$" به صورت مقایسه نقاط پایانی مجموعه‌های سطح h متغیرهای فازی Z_1 و Z_2 تعریف می‌شود. واضح است.



شکل شماره (۳) : نمایش بیشینه‌سازی یک عدد فازی

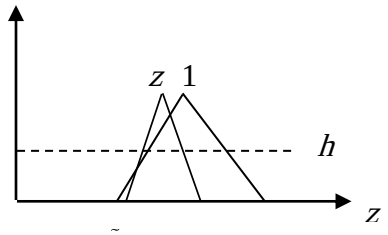
که اگر رابطه (۴) در سطح احتمالی h برقرار باشد، در هر سطح احتمالی k به صورت $h \le k \le 1$ هم برقرار خواهد بود. حال بیشینه سازی یک متغیر فازی را در نظر می‌گیریم. با توجه به تعریف ۱، "بیشینه‌سازی یک متغیر فازی مثلثی متقارن $Z = (z, w)$" می‌تواند به صورت بیشینه‌سازی هم‌زمان $z - (1-h)w$ و $z + (1-h)w$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

در اینجا یک تابع وزن‌دار به صورت $\lambda_1(z - (1-h)w) + \lambda_2(z + (1-h)w)$ برای بدست آوردن یک جواب مناسب تعریف می‌شود که در آن $\lambda_1 \ge 0$ و $\lambda_2 \ge 0$ 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:

رابطه شماره (۵):

$$\max \; z - (1-h)w$$

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 بدست آید، بردار v را نمی‌توان همیشه برای برقراری تساوی $\nu^t X_0 = \tilde{1}$ بدست آورد. در نتیجه، یافتن v به نحوی که تساوی $\nu^t X_0 = \tilde{1}$ برقرار باشد به صورت یافتن v به نحوی که $\nu^t X_0$ تا حد ممکن به $\tilde{1}$ نزدیک شود تقریب زده می‌شود، این موضوع به سادگی به صورت $\nu^t X_0 \approx \tilde{1}$ 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 به عنوان 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 شماره (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:

رابطه شماره (۶):

$$\begin{aligned}
\max_{v} \quad & v^t c_0 \\
s.t. \quad & v^t x_0 - (1-h) v^t c_0 = 1 - (1-h)e, \\
& v^t x_0 + (1-h) v^t c_0 \le 1 + (1-h)e, \\
& v \ge 0
\end{aligned}$$

مشاهده می‌شود که رابطه (۶) برای یافتن $z = v^t X_0$ با در نظر گرفتن $v^t x_0 \le \tilde{1}$ با بزرگترین گسترش $v^t c_0$ و نقطه چپ پایانی مشابه با عدد فازی $\tilde{1}$ در سطح h استفاده می‌شود. با استفاده از معادلات (۴)، (۵) و (۶) مساله بهینه‌سازی فازی معادله (۷) می‌تواند به مساله برنامه‌ریزی خطی زیر با یک تابع هدف اولیه و یک تابع هدف ثانویه تبدیل شود :

رابطه شماره (۷):

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

باید توجه داشت که مساله بهینه‌سازی (رابطه۶) برای بدست آوردن v به نحوی که $v^t X_0 \approx \tilde{1}$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 به صورت کلی‌تری ارزیابی کند. این مدل قادر است ورودی‌ها و خروجی‌های قطعی، فازی و یا ترکیبی را به صورت 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) به صورت مساله برنامه‌ریزی خطی زیر نوشته می‌شود:

رابطه شماره (۸):

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

در این تحقیق از مدل FDEA ارائه شده توسط معادله (۸) برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین استفاده می‌شود.

ب) حل مدل تحلیل پوششی داده های راف :

واضح است متغیرهای راف در مدلRDEA می تواند به یک مدل برنامه ریزی بازه ای نسبت به سطح درستی a تبدیل شود. متغیرهای راف $\hat{X}_j = (\hat{X}_{1j}, \ldots, \hat{X}_{mj})^T > o$ می تواند به بازه ی $[X_j^{\sup(a)}, X_j^{\inf(a)}]$ و $\hat{y}_j = (\hat{y}_{1j}, \ldots, \hat{y}_{sj})^T > o$ به بازه ی $[Y_j^{\sup(a)}, Y_j^{\inf(a)}]$ نسبت به $\xi_{\inf(a)} \ge \xi_{\sup(a)}$ و

$0/5 < a \leq 1$ منتقل شود. به منظور سروکار داشتن با متغیرهای راف نادقیق، مدل RDEA به مدل برنامه ریزی زیر تبدیل می شود (Jiuping Xu et al., 2009)

رابطه شماره (۹):

$$Min\ \theta$$
$$st.\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \left[X_j^{\sup(a)}.X_j^{\inf(a)}\right] \leq \theta\left[X_o^{\sup(a)}.X_o^{\inf(a)}\right] \\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_{rj} \left[Y_j^{\sup(a)}.Y_j^{\inf(a)}\right] \leq \theta \left[Y_o^{\sup(a)}.Y_o^{\inf(a)}\right] \\ \lambda_j \geq o.j = 1.\ldots.n \end{cases}$$

به طوری $\left[X_j^{\sup(a)}.X_j^{\inf(a)}\right]$ و $\left[Y_j^{\sup(a)}.Y_j^{\inf(a)}\right]$ بازه انتقال یافته از متغیرهای راف $0/5 < a \leq 1$ و $\hat{X}_j = (\hat{X}_{1\,j}.\ldots.\hat{X}_{mj})^T > o$ به ترتیب تحت سطح درستی $\hat{y}_j = (\hat{y}_{1\,j}.\ldots.\hat{y}_{sj})^T > o$ است. واضح است که تحت سطح درستی a اگر ورودیهای DMU$_o$ مینیمم و خروجی های DMU$_o$ ماکزیمم مقدار هستند، درحالی که ورودی های بقیه ی n–۱ تا DMU ماکزیمم مقدار هستند و خروجیهای بقیه ی n – ۱ تا DMU مینیمم مقدار هستند، آنگاه ماکزیمم مقدار کارایی برای DMU$_o$ به دست آمده است؛ بنابراین مدل بازه برنامه ریزی (۱۰) به صورت زیر قابل تبدیل است:

رابطه شماره (۱۰):

$$Min\ \theta$$
$$st.\begin{cases} \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq j.}}^{n} \lambda_j\, X_j^{\inf(a)} + \lambda_{jo}\, X_o^{\sup(a)} \leq \theta X_o^{\sup(a)} \\ \sum_{\substack{j=1. \\ j\neq j.}}^{n} \lambda_j\, Y_j^{\sup(a)} + \lambda_{jo}\, Y_o^{imf(a)} \geq Y_o^{\inf(a)} \\ \lambda_j \geq o.j = 1.\ldots.n \end{cases}$$

مدل برنامه ریزی خطی (۱۰) یک مدل برنامه ریزی خطی قطعی با پارامتر a است و ضمانت می کند که ماکزیمم مقدار برای DMU$_o$ به دست آمده است که آن را با $\theta^{\inf(a)}$ نشان می دهیم. مطابقاً اگر ورودیهای DMU$_o$ماکزیمم مقدار هستند و خروجی های DMU$_o$مینیمم مقدار هستند، در حالی که ورودیهای بقیه n – ۱ تا DMU مینیمم مقدار هستند و خروجی های بقیه ی n – ۱ تا DMU ماکزیمم مقدار هستند، آنگاه مینیمم مقدار کارایی برای DMU$_o$ به دست آمده است؛ بنابراین مدل بازه ای برنامه ریزی (۱۱) به صورت زیر قابل تبدیل است.

رابطه شماره (۱۱):

$$Min\ \theta$$
$$st.\begin{cases} \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq j.}}^{n} \lambda_j\, X_j^{\sup(a)} + \lambda_{jo}\, X_o^{\inf(a)} \leq \theta X_o^{\inf(a)} \\ \sum_{\substack{j=1. \\ j\neq j.}}^{n} \lambda_j\, Y_j^{\inf(a)} + \lambda_{jo}\, Y_o^{sup(a)} \geq Y_o^{\sup(a)} \\ \lambda_j \geq o.j = 1.\ldots.n \end{cases}$$

مدل برنامه ریزی خطی (۱۱) یک مدل برنامه ریزی خطی قطعی با پارامتر a است و ضمانت می کند که مینیمم مقدار برای DMU_oبه دست آمده است که آن را با $\theta^{\sup(a)}$ نشان می دهیم. فرض کنید $(\theta^*)^{\inf(a)}$ و $(\theta^*)^{\sup(a)}$ جواب های بهینه ماکزیمم مقدار (5) و مینیمم مقدار (6) باشد آنگاه واضح است که $(\theta^*)^{\inf(a)} \geq (\theta^*)^{\sup(a)}$.

تعریف: DMU_o کارایی DEA راف است اگر بهترین کارایی ممکن در کران بالای آن یعنی $(\theta^*)^{\inf(a)} = 1$ داشته باشد.

رابطه شماره (۱۲):

$$max\ E_j - \sum_j d_j$$

$$s.t. \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \left[y_j^{\sup(a)} . y_j^{\inf(a)}\right] \leq \left[y_o^{sup(a)} .\ y_o^{inf(a)}\right] - \left(E_j - \sum_j d_j\right) g_y$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j\, x_{ij} \ \geq\ x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j\, x_{ij} \ \geq x_{io}$$

$$E_j - \sum_j d_j \ \geq o$$

$$\lambda_j \ \geq o$$

این مدل تبدیل شده با استفاده از مفاهیم DEA راف، می باشد در این مدل خروجی ها به عنوان یک مقدار در مجموعه راف فازی در نظر گرفته می شوند و ورودی ها همچنان در حالت قطعیت بررسی شوند. بدین صورت یک سیستم اطلاعاتی متشکل از اشیاء تحت عنوان سازمان (شرکت، تشکیلات و...) و شاخص های بدهی، سرمایه، فروش و ارزیابی عملکرد و... که به صورت یک مقدار کیفی و در مجموعه راف فازی است را در نظر می گیریم. قابل ذکر است که مجموعه فوق را به صورت مقداری در بازه (۱۰۰,۰) در نظر می گیریم . از مدل RDEA ارائه شده توسط روابطه مذکور برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین استفاده می‌شود و در این ارزیابی شاخص هزینه به صورت اعداد راف در نظر گرفته شده و سایر شاخص‌ها قطعی هستند.

سیستم شاخص‌ها هر دو دسته فاکتور ورودی و خروجی را در نظر گرفته است. سه دسته شاخص‌های ورودی به صورت 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 کل کارکنان) در نظر گرفته شده‌اند و سه دسته شاخص‌های خروجی به صورت دسته شاخص انعطاف‌پذیری (شامل انعطاف‌پذیری محصول و انعطاف‌پذیری 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.

رابطه بعضی از شاخص‌ها جهت اشاره به شیوه محاسبه و اندازه گیری، به 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

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

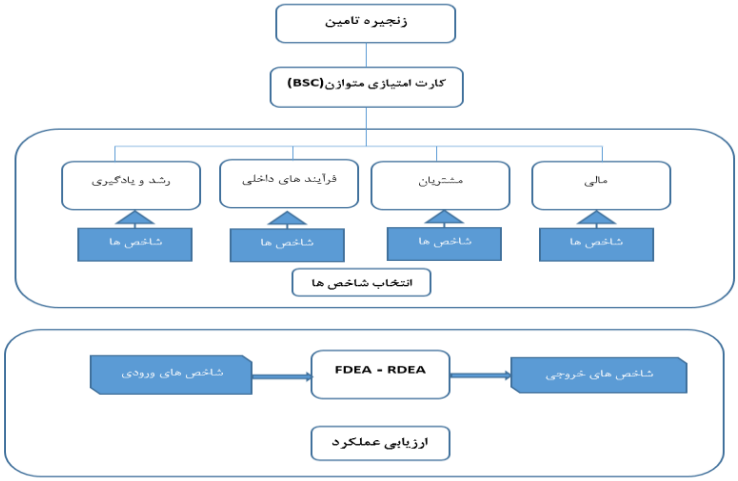
$$\text{درصد تحویل به موقع} = \frac{\text{حجم کل سفارشات به موقع تحویل داده شده}}{\text{حجم کل سفارشات انجام شده}} \times 100\%.$$

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

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

مقدار ریالی فروش یا درآمد = حجم فروش

این پژوهش BSC به عنوان ابزاری برای طراحی شاخص‌های ارزیابی عملکرد و از DEA به عنوان ابزاری برای ارزیابی کارایی و عملکرد استفاده شده است که ارتباط میان این دو تکنیک در شکل زیر آورده شده است.



شکل شماره (۵): مدل ترکیبی ارزیابی عملکرد

جامعه آماری این تحقیق مدیران ارشد و میانی شرکت‌های تولید خودروهای دیزلی آذربایجان می‌باشد که به صورت خلاصه در جدول(۱) معرفی آنها پرداخته شده است.

جدول شماره (۱): نام پنج شرکت مورد بررسی

نام شرکت	شماره واحد تصمیم گیریDMU
سیبا موتور	DMU1
آذهایتکس	DMU2
رخش خودرو دیزل	DMU3
آمیکو(ارس خودرو)	DMU4
خودروهای دیزلی آذربایجان	DMU5

پس از مطالعه مقالات و تحقیقات لازم از جمله مقاله آقای جیوپینک ژو[7] (۲۰۰۹) که از مدل کارت امتیازی متوازن در ارزیابی عملکرد زنجیره تامین استفاده کرده‌اند و با نظر خبرگان، شاخص‌ها در جنبه‌های مالی، مشتری، فرآیندهای کسب وکار داخلی، نوآوری و یادگیری استخراج شدند و در پرسشنامه مورد استفاده قرار گرفتند.

روایی صوری به صورت کیفی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. از این رو برای یافتن دشواری در درک عبارات و کلمات، تناسب و ارتباط مطلوب شاخصها، احتمال وجود ابهام و برداشت‌های نارسا از عبارات و یا وجود نارساییهایی که ممکن است در معانی کلمات وجود داشته باشد پرسشنامه در بین ۳۰ نفر از پاسخ دهندگان توزیع شد و نقطه نظرات آنان در پرسشنامه اعمال و جملات دارای ابهام از نظر آنان تغییر داده شد. در روایی محتوایی کیفی پرسشنامه از طریق اساتید و جمعی از صاحبنظران در زمینه صنایع خودروسازی و زنجیره تامین بررسی و روایی آن مورد تایید قرار گرفت. برای آزمون روایی محتوا در این تحقیق از ۳۰ نفر متخصص در امور زنجیره تامین و خودرسازی استفاده شده است. حداقل قابل قبول برای تایید هر سوال با ۳۰ نفر خبره برابر ۰/۳۳ می‌باشد. که برای هر سوال به تفکیک محاسبه شد.از آنجا که تمامی سوالات CVR بالاتر از ۰/۳۳ به دست امد بنابراین روایی محتوای کمی پرسشنامه تایید می‌شود. برای سنجش پایایی در این تحقیق از روش آلفای کرونباخ استفاده شد به این نحوی که ۳۰ نفر از نمونه تحقیق به طور تصادفی انتخاب شده، سپس پرسشنامه در اختیار آنان قرار گرفت و با استفاده از داده‌های بدست آمده از این پرسش نامه‌ها به کمک نرم افزار آماری SPSS میزان آلفای کرونباخ محاسبه شد. نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول شماره (۲): پایایی

[7] Jiuping Xu

ابعاد	تعداد سوالات	آلفای کرونباخ
کل پرسشنامه	۵۱	۰.۸۰۱
مالی	۱۰	۰/۷۸۱
		۰/۷۹۱
		۰/۸۸۲
مشتری	۱۷	۰/۸۹۳
		۰/۷۷۴
		۰/۸۲۱
فرایندهای داخلی	۱۲	۰/۸۳۲
		۰/۸۲۲
		۰/۸۴۴
رشد و یادگیری	۱۲	۰/۷۴۵
		۰/۷٦۳
		۰/۸۹۱

از آنجایی که کلیه ابعاد و کل پرسشنامه دارای پایایی بالاتر از ۰/۷ می باشند لذا پایایی پرسشنامه مورد تایید است.

۳- نتایج و بحث

برای ارزیابی کارآیی شبکه زنجیره تأمین پنج شرکت خودروسازی استفاده شد. تمامی داده‌ها از داده‌های آماری این پنج شرکت در سال ۱۳۹۸ استخراج شده است. همچنین جدول (۳) مقادیر مربوط به شاخص‌های هزینه را که به صورت فازی و جدول(۴) مقادیر مربوط به شاخص هزینه را که به شکل مجموعه اعداد راف نشان می دهد. اعداد فازی در نظر گرفته شده به صورت مثلثی متقارن هستند. در جدول (۳) عدد اول نشان‌دهنده مرکز عدد فازی و عدد دوم نشان‌دهنده فاصله از طرفین عدد فازی مثلثی متقارن است.

جدول شماره (۳): مقادیر مربوط به شاخص‌های هزینه‌ای برای زنجیره‌های تأمین جهت استفاده در روش FDEA

	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)

جدول شماره (۴): مقادیر مربوط به شاخص‌های هزینه‌ای برای زنجیره‌های تأمین جهت استفاده در روش RDEA

	x_1	x_2	x_3
DMU_1	([1650.1775]. [1545.1867])	([520.560]. [450.600])	([920.990]. [870.1080])
DMU_2	([2040.2240]. [1915.2460])	([560.600]. [500.650])	([780.820]. [720.850])
DMU_3	([1980.2080]. [1700.2180])	([620.720]. [560.780])	([960.1030]. [890.100])

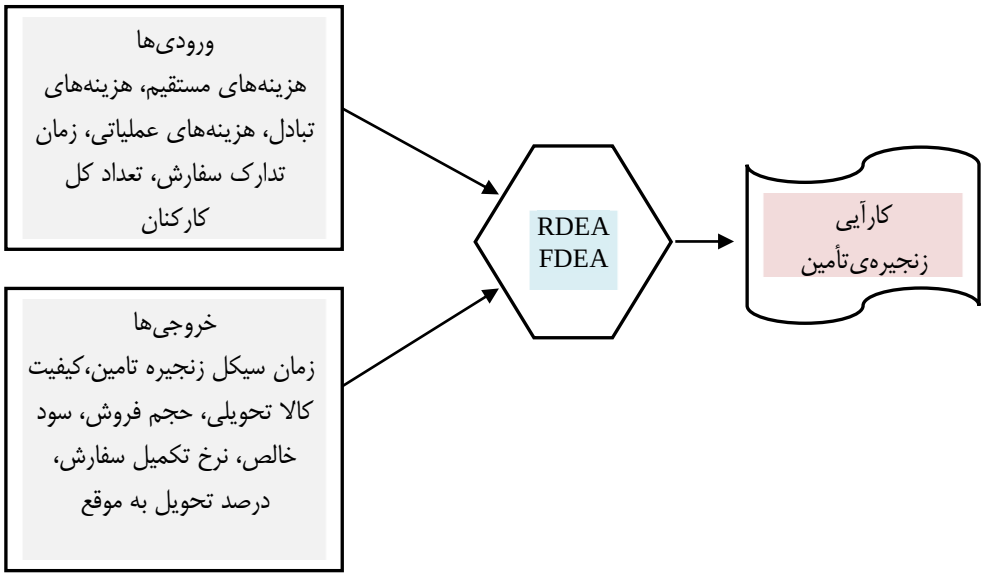
DMU_4	([1760.1840]. [1650.1900])	([710.730]. [680.760])	([870.920]. [810.970])
DMU_5	([2120.2210]. [1920.2300])	([565.585]. [470.620])	([920.970]. [810.1020])

جدول(۵)دربرگیرنده سایر شاخص‌های مربوط به ارزیابی زنجیره تأمین پنج شرکت خودروسازی می‌باشد. تمامی اعداد این جدول به صورت اعداد قطعی هستند.

جدول شماره (۵): داده‌های مربوط به شاخص‌های غیر هزینه‌ای زنجیره‌های تأمین

	X_4	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

در جداول 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 تامین محصول، Y_2 نشان‌دهنده‌ی کیفیت محصول، Y_3 نشان‌دهنده حجم فروش، Y_4 نشان‌دهنده‌ی سود خالص، Y_5 نشان‌دهنده‌ی نرخ تکمیل سفارش و Y_6 نشان‌دهنده‌ی درصد تحویل به موقع است.(xi نشانگر ورودیها و yi نشانگر خروجی‌ها میباشند)



شکل شماره (۶): :مدل مفهومی تحقیق

مدل مفهومی تحقیق برای این مساله به صورت زیر است:

الف)تحلیل پوششی داده‌های فازی

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 (زنجیره‌ی‌تأمین شرکت کلیدی یک) در سطح اطمینان $h = 0.7$ به این صورت است:

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

$195_{v1} +88_{v2} +102_{v3} \geq 0/238$
$3780_{v1} -431_{v2} -865_{v3}+23_{v4} -1580_{v5}-(1-0/7)(195_{v1} -88_{v2} -102_{v3)=} 1-(1-0/7)\times 0/197$
$3780_{v1} +431_{v2} +865_{v3}+23_{v4} +1580_{v5}+(1-0/7)(195_{v1} +88_{v2} +102_{v3)\leq} 1+(1-0/7)\times 0/197$
$8_{u1} -0/98_{u2} -6090_{u3}-2258_{u4}-0/94_{u5}-0/98_{u6\leq}3780_{v1} -431_{v2} -865_{v3}-23_{v4} -1580_{v5}-(1-0/7)(195_{v1} +88_{v2} +102_{v3)}$
$8_{u1} +0/98_{u2} +6090_{u3}+2258_{u4}+0/94_{u5}+0/98_{u6\leq}3780_{v1} +431_{v2} +865_{v3}+23_{v4} +1580_{v5}+(1-0/7)(195_{v1} +88_{v2} +102_{v3)}$
$11_{u1} -0/99_{u2} -8777_{u3}-1847_{u4}-0/89_{u5}-0/81_{u6\leq}2995_{v1} -310_{v2} -995_{v3}-44_{v4} -2291_{v5}-(1-0/7)(171_{v1} +35_{v2} +135_{v3)}$
$11_{u1} +0/99_{u2} +8777_{u3}+1847_{u4}+0/89_{u5}+0/81_{u6\leq}2995_{v1} +310_{v2} +995_{v3}+44_{v4} +2291_{v5}+(1-0/7)(171_{v1} +35_{v2} +135_{v3)}$
$5_{u1} -0/96_{u2} -6850_{u3}-1675_{u4}-0/93_{u5}-0/89_{u6\leq}1981_{v1} -270_{v2} -495_{v3}-42_{v4} -2963_{v5}-(1-0/7)(120_{v1} +11_{v2} +88_{v3)}$
$5_{u1} +0/96_{u2} +6850_{u3}+1675_{u4}+0/93_{u5}+0/89_{u6\leq}1981_{v1} +270_{v2} +495_{v3}+42_{v4} +2963_{v5}+(1-0/7)(120_{v1} +11_{v2} +88_{v3)}$
$4_{u1} -0/98_{u2} -8266_{u3}-3178_{u4}-0/81_{u5}-0/87_{u6\leq}2790_{v1} -1820_{v2} -395_{v3}-36_{v4} -2340_{v5}-(1-0/7)(125_{v1} +99_{v2} +19_{v3)}$
$4_{u1} +0/98_{u2} +8266_{u3}+3178_{u4}+0/81_{u5}+0/87_{u6\leq}2790_{v1} +1820_{v2} +395_{v3}+36_{v4} +2340_{v5}+(1-0/7)(125_{v1} +99_{v2} +19_{v3)}$
$4_{u1} -0/99_{u2} -8266_{u3}-3178_{u4}-0/81_{u5}-0/87_{u6\leq}940_{v1} -160_{v2} -230_{v3}-47_{v4} -2885_{v5}-(1-0/7)(191_{v1} +15_{v2} +45_{v3)}$
$4_{u1} +0/99_{u2} +8266_{u3}+3178_{u4}+0/81_{u5}+0/87_{u6\leq}940_{v1} +160_{v2} +230_{v3}+47_{v4} +2885_{v5}+(1-0/7)(191_{v1} +15_{v2} +45_{v3)}$

به شرطی که:

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

مدل برنامه‌ریزی خطی با استفاده از نرم‌افزار LINGO برای هر پنج زنجیره تأمین در سطح اطمینان ۰.۷ حل شده است. جدول (۷) نشان‌دهنده مقادیر کارآیی‌های محاسبه شده برای پنج واحد تصمیم‌گیری در سطح اطمینان ۰.۷ است. این مقادیر به صورت 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 شماره (۶): مقادیر کارآیی‌های محاسبه شده برای پنج واحد تصمیم‌گیری

واحد تصمیم‌گیری	کارآیی فازی
DMU_1	(۰/۰۴۱۹، ۰/۹۵۸۱، ۰/۳۸۶۰)
DMU_2	(۰/۰۳۸۴، ۰/۹۶۱۴، ۰/۰۳۵۸)
DMU_3	(۰/۰۳۸۳، ۰/۷۴۱۵، ۰/۰۳۸۴)
DMU_4	(۰/۰۲۵۴، ۰/۹۲۹۱، ۰/۰۲۴۱)
DMU_5	(۰/۰۴۰۰، ۰/۹۵۹۹، ۰/۰۳۶۹)

همانطور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود نتایج بدست آمده از مدل FDEA به صورت 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.

جدول شماره (۷): کارایی دفازی شده با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی

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

DMU_5	(۰/۰۴۰۸، ۰/۹۴۹۹، ۰/۰۳۰۱)	۰/۳۴۰

با استفاده از روابط بالا و دفازی کردن با استفاده از روش میانگین رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری (زنجیره‌های تأمین) به صورت جدول (۷) انجام می‌شود. برتری یک زنجیره تأمین بر دیگری نشانگر این موضوع است که شبکه زنجیری‌تأمین یکی بر دیگری برتری داشته است. به طور مثال برتری زنجیره تأمین دو بر زنجیره تأمین پنج گویای این مطلب است که شرکت کلیدی (تولیدکننده) زنجیره تأمین دو در شاخص‌ها و ارتباطاتش با تأمین‌کنندگان و مشتریان خود بهتر از زنجیره تأمین پنج عمل کرده است. لذا از نظر کارایی شرکت‌های خودروسازی آمیکو، سیبا موتور ، رخش‌خودرو(تایماز)، آذهایتکس ، خودروهای دیزلی آذربایجان دارای رتبه یک الی پنج می‌باشند

در این مساله، سطح اطمینان h به عنوان پارامتر حساسیت در نظر گرفته شده است. جدول (۸) نتایج کارآیی زنجیره‌های تأمین را در سطوح اطمینان مختلف نشان می‌دهد.

واحد تصمیم‌گیری	$h = 0.6$	$h = 0.7$	$h = 0.8$
DMU_1	(۰/۰۱۶۰، ۰/۹۱۳۹، ۰ /۰۵۰۱)	(۰/۰۴۱۴، ۰/۹۲۰۳، ۰ /۰۳۷۷)	(۰/۰۲۷۸، ۰/۹۳۲۱، ۰ /۰۲۶۳)
DMU_2	(۰/۰۵۱۷، ۰/۹۴۸۲، ۰/۰۴۶۶)	(۰/۰۳۷۹، ۰/۹۶۰۲، ۰/۰۳۶۶)	(۰/۰۲۵۶، ۰/۹۴۷۳، ۰/۰۲۴۳)
DMU_3	(۰/۰۵۱۲، ۰/۸۳۰۰، ۰ /۰۴۴۹)	(۰/۰۳۷۸، ۰/۸۴۱۱، ۰ /۰۳۲۵)	(۰/۰۲۵۵، ۰/۸۵۲۳، ۰ /۰۲۳۸)
DMU_4	(۰/۶۳۷، ۰/۹۸۹۹، ۰ /۰۵۱۴)	(۰/۰۵۵۱، ۰/۹۹۸۸، ۰ /۰۴۴۱)	(۰/۰۱۶۹، ۰/۹۹۹۹، ۰ /۰۱۶۴)
DMU_5	(۰/۰۵۳۵، ۰/۹۴۵۹، ۰/۰۲۸۰)	(۰/۰۴۰۸، ۰/۹۴۹۹، ۰/۰۳۰۱)	(۰/۰۲۶۶، ۰/۹۵۳۳، ۰/۰۲۵۲)

جدول شماره (۸): کارآیی زنجیره‌های تأمین در سطوح اطمینان مختلف

واحد تصمیم‌گیری	$h = 0.9$	$h = 1.0$
DMU_1	(۰/۰۱۳۹، ۰/۹۴۶۰، ۰/۰۱۳۵)	(۰، ۰/۹۵۴۱، ۰،۰)
DMU_2	(۰/۰۱۲۷، ۰/۹۸۷۲، ۰/۰۱۲۴)	(۰، ۰)(۰/۱
DMU_3	(۰/۰۱۲۷، ۰/۸۶۳۲، ۰/۰۱۲۳)	(۰، ۰/۸۹۴۰، ۰،۰)
DMU_4	(۰/۰۰۸۵، ۰/۱، ۰/۰۰۸۳)	(۰، ۰)(۰/۱
DMU_5	(۰/۰۱۳۲، ۰/۹۶۱۷، ۰/۱۲۹)	(۰، ۰/۹۵۱۵، ۰،۰)

ادامه جدول شماره (۸): کارآیی زنجیره‌های تأمین در سطوح اطمینان مختلف

همانطور که در جدول (۸) 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 $h = 1.0$ این مقدار به صفر می‌رسد. در سطح اطمینان $h = 1.0$ مدل FDEA معادل مدل قطعی و کلاسیک DEA مدل چارنز، کوپر و رودز (CCR) می‌باشد.

ب) تحلیل پوششی داده‌ها با اعداد راف

مشابه روش حل با اعداد فازی داده‌های ورودی و خروجی که برای هر یک از شرکت‌های کلیدی (تولیدکننده) زنجیره‌های-تأمین مشخص شده به مدل تحلیل تحلیل پوششی داده‌ها با اعداد ناهموار وارد می‌شود تا این مدل کارآیی زنجیره‌تأمین مورد نظر را محاسبه کند. حال با استفاده از روابط (۹) و (۱۰) به ارزیابی کارآیی زنجیره‌های‌تأمین می‌پردازیم. نمونه برنامه‌ریزی خطی استفاده شده برای ارزیابی کارآیی واحد تصمیم‌گیری یک (زنجیره‌تأمین شرکت کلیدی یک) در سطح اطمینان ۰/۹ به این صورت است:

$$Min\theta^{\inf(a)}$$
$$s.t.\begin{cases}1575.4\lambda_1+2316\,\lambda_2+2049\lambda_3+1815\lambda_4+2185\lambda_5+2021\lambda_6-1574.4\theta^{\inf(a)}\le 0\\ 445\lambda_1+585\,\lambda_2+701\lambda_3+709\lambda_4+555\lambda_5+653\lambda_6-445\theta\theta^{\inf(a)}\le 0\\ 877\lambda_1+789\,\lambda_2+1031\lambda_3+903\lambda_4+943\lambda_5+1131\lambda_6-877\theta\theta^{\inf(a)}\le 0\\ 23\lambda_1+44\,\lambda_2+42\lambda_3+36\lambda_4+47\lambda_5-23\theta^{sup(x)}\le 0\\ 1580\lambda_1+2291\,\lambda_2+2963\lambda_3+2340\lambda_4+2885\lambda_5+1166\lambda_6-1580\theta^{\inf(a)}\le 0\\ 8\,\lambda_1+11\,\lambda_2+5\,\lambda_3+4\lambda_4+4\,\lambda_5-8\ge 0\\ 0.98\,\lambda_1+99\,\lambda_2+96\,\lambda_3+0.98\lambda_4+99\,\lambda_5-0.98\ge 0\\ 6090\,\lambda_1+8777\,\lambda_2+6850\,\lambda_3+5259\,\lambda_4+8266\,\lambda_5-6090\ge 0\\ 2058\,\lambda_1+1847\,\lambda_2+1675\,\lambda_3+2865\,\lambda_4+3178\,\lambda_5-2258\ge 0\\ 6090\,\lambda_1+8777\,\lambda_2+6850\,\lambda_3+5259\,\lambda_4+8266\,\lambda_5-6090\ge 0\\ 0.94\,\lambda_1+0.89\,\lambda_2+0.93\,\lambda_3+0.88\,\lambda_4+0.81\,\lambda_5-0.94\ge 0\\ 0.98\,\lambda_1+0.81\,\lambda_2+0.89\,\lambda_3+0.91\,\lambda_4+0.87\,\lambda_5-0.98\ge 0\end{cases}$$

$$Min\;\theta^{\sup(a)}s.t.\begin{cases}1767.6\lambda_1+1989\,\lambda_2+1761\lambda_3+1665\lambda_4+1961\lambda_5+1889\lambda_6-1767.6\theta^{\sup(a)}\le 0\\ 535\,\lambda_1+495\,\lambda_2+569\lambda_3+661\lambda_4+465\lambda_5+557\lambda_6-535\theta^{\sup(a)}\le 0\\ 1003\lambda_1+711\,\lambda_2+699\lambda_3+807\lambda_4+817\lambda_5+939\lambda_6-1003\theta^{\sup(a)}\le 0\\ 23\lambda_1+44\,\lambda_2+42\lambda_3+36\lambda_4+47\lambda_5-23\theta^{sup(x)}\le 0\\ 1580\lambda_1+2291\,\lambda_2+2963\lambda_3+2340\lambda_4+2885\lambda_5+1166\lambda_6-1580\theta^{sup(a)}\le 0\\ 8\,\lambda_1+11\,\lambda_2+5\,\lambda_3+4\lambda_4+4\,\lambda_5-8\ge 0\\ 0.98\,\lambda_1+99\,\lambda_2+96\,\lambda_3+0.98\lambda_4+99\,\lambda_5-0.98\ge 0\\ 6090\,\lambda_1+8777\,\lambda_2+6850\,\lambda_3+5259\,\lambda_4+8266\,\lambda_5-6090\ge 0\\ 2058\,\lambda_1+1847\,\lambda_2+1675\,\lambda_3+2865\,\lambda_4+3178\,\lambda_5-2258\ge 0\\ 6090\,\lambda_1+8777\,\lambda_2+6850\,\lambda_3+5259\,\lambda_4+8266\,\lambda_5-6090\ge 0\\ 0.94\,\lambda_1+0.89\,\lambda_2+0.93\,\lambda_3+0.88\,\lambda_4+0.81\,\lambda_5-0.94\ge 0\\ 0.98\,\lambda_1+0.81\,\lambda_2+0.89\,\lambda_3+0.91\,\lambda_4+0.87\,\lambda_5-0.98\ge 0\end{cases}$$

مدل برنامه‌ریزی خطی با استفاده از نرم‌افزار R برای هر پنج زنجیره تأمین در سطح اطمینان۰/۹ حل شده است. جدول (۹) نشان‌دهنده مقادیر کارآیی‌های محاسبه شده برای پنج واحد تصمیم‌گیری در سطح اطمینان ۰/۹ است. این مقادیر به صورت مجموعه اعداد راف هستند.

جدول شماره (۹): مقادیر کارآیی‌های محاسبه شده برای پنج واحد تصمیم‌گیری

DMU	Effinciency interval
DMU_1	[0.3421,1.000]
DMU_2	[0.8322,0.9240]
DMU_3	[0.4731,1.000]
DMU_4	[0.4834,0.9560]
DMU_5	[0.9952,1.000]

با توجه به نتایج حاصله بدیهی است که کارایی زنجیره تامین شرکت پنج بالاتر از بقیه شرکت ها می باشد . مشابه روش FDEA در این روش نیز با استفاده از تحلیل حساسیت با تغییر در سطح اطمینان رتبه بندی شرکت ها را در سطوح مختلف مورد بررسی قرار می دهیم:

جدول شماره (۱۰): کارآیی زنجیره‌های تأمین در سطوح اطمینان مختلف

	$\propto=0.6$	$\propto=0.7$	$\propto=0.8$	$\propto=0.9$	$\propto=10$
DMU1	[0.2542.0.09999]	[0.2708.0.999]	[0.2893.1.000]	[0.3421.1.000]	[0.4132.1.000]
DMU2	[0.5843.0.8893]	[0.7123.0.9009]	[0.7411.0.92.2]	[0.4731.1.000]	[0.8576.0.9480]
DMU3	[0.2506.0.9998]	[02734.1.0000]	[0.2845.1.000]	[0.4731.1.000]	[0.5033.1.000]
DMU4	[0.2902.0.8763]	[0.3313.0.9021]	[0.3826.0.9444]	[0.4834.0.9560]	[0.4967.0.9763]
DMU5	[0.9937.1.000]	[0.9944.1.000]	[0.9949.1.000]	[0.9952.1.000]	[0.9999.1.000]

DMU6	[0.7754.1.000]	[0.8023.1.000]	[0.8201.1.000]	[0.845.1.000]	[0.9038.1.000]

همانطور که در جدول (۱۰) مشاهده می‌شود با افزایش سطح اطمینان کارآیی زنجیره‌های تأمین نیز افزایش پیدا می‌کند.

در این پژوهش از مدل تحلیل پوششی داده‌های ورودی‌گرا به عنوان اساس ارزیابی عملکرد زنجیره تامین استفاده شده است و از مدل کارت امتیازی متوازن در انتخاب شاخص‌ها استفاده شد و در نهایت مدل های Rough DEA ، Fuzzy DEA برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تامین شرکت‌های خودروسازی مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۱۱) رتبه‌بندی پنج زنجیره‌ی‌تأمین را با استفاده از سه روش ذکر شده نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱۱): 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 $h = 1.0$ برای مدل FDEA به‌دست می‌آید؛ در این حالت مراکز اعداد فازی مربوط به شاخص‌های هزینه‌ای به عنوان مقادیر آن‌ها برای زنجیره‌های تأمین در نظر گرفته می‌شود. همانطور که از جدول (۱۳) 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. باتوجه به این که در هر سه روش زنجیره تامین چهارم داری رتبه یک است می توان نتیجه گرفت نتایج هر سه روش باهم سازگار هستند و همگی در رتبه اول اتفاق نظر دارند. رتبه‌ی زنجیره‌های تأمین دو، سه، چهار در هر دو مدل FDEA و DEA کلاسیک ثابت است و رتبه‌ی واحدهای تصمیم‌گیری یک، پنج دچار تغییر شده است. نتایج مدل RDEA با دو مدل دیگر تفاوت هایی دارد، برای مثال زنجیره تأمین شماره‌ی سوم که در دو مدل FDEA و DEA کلاسیک دارای رتبه‌ی پنج است در مدل RDEA رتبه‌ی چهار را کسب کرده است.

در مدل DEA کلاسیک زنجیره‌های تأمین دو و چهار 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 به صورت مناسب‌تری رتبه‌بندی می‌شوند. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که برای مساله ارزیابی کارآیی زنجیره تأمین مدل FDEA بهتر از دو مدل DEA کلاسیک و RDAE جواب می‌دهد.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات زیر همخوانی دارد:

ژو[8] و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها ناهموار را برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی‌تأمین توسعه دادند. در حالیکه در این پژوهش علاوه بر استفاده از مدل مورد استفاده از مدل کارت امتیازی متوازن نیز استفاده شده است که بر اساس آن شاخص‌ها در چهار رویکرد مالی، فرآیندهای داخلی سازمان، مشتری و رویکرد رشد و یادگیری در قالب یک پرسشنامه طراحی شده‌اند. استمپ[9] و همکاران (۲۰۱۰) با ارائه چارچوبی تلاش کردند مدل‌های ارزیابی عملکرد زنجیره‌ی‌تأمین را تحلیل کنند. این تحلیل با مشخص کردن ویژگی‌های خاص و قابلیت‌های هر مدل در زمینه‌های مختلف صورت گرفته است. آن‌ها همچنین تلاش کرده‌اند مدل‌ها را به صورت تحلیلی به هفت لایه کوچکتر تقسیم کنند تا به مدیران کمک کند که مدل مناسب برای احتیاجات خود را به درستی انتخاب کنند. DEA در مجموعه ناهموار نمیتواند داده‌ها را در دنیای واقعی تجسم کند این پژوهش در قالب فازی موفق به حل مشکل مذکور شده است. وانگ و وانگ[10] (۲۰۰۷) از یک مدل تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک

[8] Xu
[9] Estampe
[10] Wong & Wong

برای ارزیابی عملکرد ۲۲ زنجیره‌ی‌تأمین استفاده کردند. در تحقیق آن‌ها از معیارهایی مانند سود، تحویل به موقع و هزینه استفاده شده است.مشکل این مدل این بوده است که مدل مذکور قابل ارائه در دنیای واقعی نبوده است اما پژوهشگر در این پژوهش موفق به برطرف کردن این مشکل با استفاده از مدل فازی شده است تا بتواند در دنیای واقعی قابل پیاده سازی باشد.

با توجه به نتایج وجود برنامه‌ریزی بلندمدت و ترسیم افق استراتژیک با پیش بینی تحولات اقتصادی و سیاسی برای مدیریت بهینه در سرتاسر زنجیره‌تامین جهت به حداقل رساندن زمان سیکل زنجیره‌تامین ضروری می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده کیفیت کالای تحویلی که بر اساس نسبت سفارشات نامرغوب بر حجم کل سفارشات رسیده به دست می آید گواه آن است که میزان کیفیت ارائه شده در محصولات شرکت‌ها در حد استانداردهای جهانی نمی‌باشد لذا پیشنهاد می‌گردد شرکت‌ها در صورت امکان با سرمایه‌گذاری و ایجاد خطوط تولید مطابق تکنولوژی روز دنیا به تولید محصولاتی با قدرت موتور بالا و آلایندگی و مصرف سوختی در حد استاندارهای جهانی بپردازند.

از سوی دیگر با توجه به نوع کاربرد خودروهای دیزلی نیاز به قطعات یدکی با کیفیت بسیارضروریست، تولید قطعات یدکی توسط شرکت‌های بزرگ خودروساز هم از بابت عدم وابستگی به گارگاه‌های کوچک جهت تامین قطعات و هم ورود به حوزه بازار فروش قطعات یدکی می‌تواند یکی از راهکارهای مناسب جهت کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری شرکت‌ها باشد. 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 داده‌ای در بخش تولید با موضوعیت سفارش، تأمین و تولید راه‌اندازی گردد.

٤-منابع

1- Beamon, B. M. (1999). Measuring supply chain performance. *International journal of operations & production management*, *19*(3), 275-292.
2- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429-444.
3- Chen, Y., Liang, L., & Yang, F. (2006). A DEA game model approach to supply chain efficiency. *Annals of Operations Research*, *145*(1), 5-13.
4- Easton, L., Murphy, D. J., & Pearson, J. N. (2002). Purchasing performance evaluation: with data envelopment analysis. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, *8*(3), 123-134.
5- Ebrahimnejad, A., Tavana, M., Lotfi, F. H., Shahverdi, R., & Yousefpour, M. (2014). A three-stage data envelopment analysis model with application to banking industry. *Measurement*, *49*, 308-319.
6- Eftekhari, H. (2021). A Linear model for performance evaluation of descision making units with DEA in pharmaceutical companies in. *Managment Joournal of Sharif univeruniversity*, 185, 430-431. [In Persian].
7- Estampe, D., Lamouri, S., Paris, J. L., & Brahim-Djelloul, S. (2013). A framework for analysing supply chain performance evaluation models. *International Journal of Production Economics*, *142*(2), 247-258.
8- Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International journal of production economics*, *87*(3), 333-347.
9- Guo, P., & Tanaka, H. (2001). Fuzzy DEA: a perceptual evaluation method. *Fuzzy sets and systems*, *119*(1), 149-160.
10- Jahanshahlou. Gh., Hassanzadeh Lotfi, F., Nikomaram, H. (2010). D*ata Envelopment Analysis and Its Applications*. University of Science and Research Publications, [In Persian].

11- Xu, J., Li, B., & Wu, D. (2009). Rough data envelopment analysis and its application to supply chain performance evaluation. *International Journal of Production Economics*, *122*(2), 628-638.
12- Mirhedayatian, S. M., Azadi, M., & Saen, R. F. (2014). A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management. *International Journal of Production Economics*, *147*, 544-554.
13- Nahavandi, N., & Sharifinia, M. (2018). Designing A Model For Performance Evaluation And Ranking Of Insurance Companies By Integrated Bsc-Dea Method. *Sharif Journal of Industrial Engineering & Management*, *33.1*(2.2), 27-37. doi: 10.24200/j65.2018.5516.
14- Shafiee, M., Saleh, H., & Ghaderi, M. (2021). Benchmarking in the Supply Chain Using Data Envelopment Analysis and System Dynamics Simulations. *Iranian Journal of Supply Chain Management*, *23*(70), 55-70.
15- Taheri, S. (2020). *Productivity analysis in organizations (inclusive productivity management)*. 28th Edition. Tehran: Hastan Fresh Air Publications. [In Persian].
16- Talluri, Srinivas & Narasimhan, Ram & Nair, Anand. (2016). Vendor performance with supply risk: a chance-constrained DEA approach. *International Journal of Production Economic*s, 100 (2), 212–222.
17- Wong, W. P., & Wong, K. Y. (2007). Supply chain performance measurement system using DEA modeling. *Industrial management & data systems*, 212–222.
18- Xu, J., Li, B., & Wu, D. (2009). Rough data envelopment analysis and its application to supply chain performance evaluation. *International Journal of Production Economics*, *122*(2), 628-638.

Evaluation of Supply Chain Performance with BSC-FDEA and BSC-RDEA Methods (Case study: Five Diesel Engine Manufacturing Companies in Tabriz Automotive Industries)

Sina Chartab Jabbari
Ph.D Student, Department of Management, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
Kamaleddin Rahmani Youshanloui (Corresponding Author)
Assistant prof., Department of Management, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
Email: kr13452000@yahoo.com
Mohammad Paseban
Assistant prof., Department of Management, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
Yaghoub Alavi Matin
Assistant prof., Department of Management, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
Mojtaba Ramazani
Assistant prof., Department of Management, Management, Economic and Accounting Faculty, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Abstract
Considering the importance of the issue of efficiency in the advancement of societies and the place it occupies in today's organizations, the use of performance evaluation has become an unavoidable necessity. Comparing the results of the RDEA-BSC and FDEA-BSC hybrid models in Tabriz automotive industry, this study aims to evaluate the five active supply chains with the same structure and the input and output data in the form of symmetric triangular fuzzy numbers. To do so, a set of uneven numbers were entered into the model and the output of the models shows the efficiency of Siba Motor, Azhatix, Rokhesh Khodro Diesel, Amico and Khodro Diesel of Azerbaijan. The Balanced Scorecard (BSC) method has been used as a tool for designing performance evaluation indicators, and the research has been conducted as an applied-descriptive study. The statistical population of the research is the managers and senior experts of the companies, and the Morgan table has been sued to select the statistical sample of the research that is 92 people. FDEA, RDEA and BSC mathematical model and sensitivity analysis are analysis methods. The measurement tools are questionnaire and financial documents and information. The findings show that the efficiency of Amico Company is higher than other companies in each model.

Keywords: automotive industry, supply chain efficiency, data envelopment analysis, rough number set, fuzzy number set.