فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲
صفحات ۲۸-۳۹
Print ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

ارزیابی کارایی شرکت های قطعه سازی صنعت خودرو با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها (DEA)

محمد مهدی راثی۱، مجید نوجوان۲ و شهروز بامداد ۳

۱. کارشناسی ارشد صنایع(بهینه سازی سیستم ها) ، دانشگاه آزاد سلامی – واحد تهران جنوب ، تهران ، ایران
۲.استادیار گروه مهندسی صنایع ، دانشگاه آزاد سلامی – واحد تهران جنوب ، تهران ، ایران
۳.استادیار گروه مهندسی صنایع ، دانشگاه آزاد سلامی – واحد تهران جنوب ، تهران ، ایران

چکیده

در این تحقیق ، مسئله ارزیابی کارایی شرکت های قطعه سازی خودرو با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها با هدف معرفی متغیرهای ارزیابی کارایی ، اندازه گیری کارایی شرکت های قطعه سازی و ارزیابی و بررسی شرکت های ناکارآمد مورد بررسی قرار گرفت. یک مدل ریاضی ترسیم شد و اطلاعات از ۲۱ شرکت قطعه سازی خودرو دریافت شد و با استفاده از روش های BCC , CCR حل شد همچنین از مدل جمعی SBM نیز در حل این مسئله استفاده شد و نتایج با استفاده از نرم افزار GAMS حل شد و با استفاده از رتبه بندی اندرسون و پیترسون نیز واحد های کارا و ناکارا به ترتیب مشخص شد نتایج نشان داد برای کارا شدن واحد های ناکارا باید بعضی از مولفه های متغیرهای بدست آمده تغییر کند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده ها، بازدهی ثابت به مقیاس، بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، مدل جمعی، رتبه بندی اندرسون و پیترسون

مقدمه

عصر حاضر روز به روز و با سرعت زیاد در حال حرکت و پیشروی است. در این میان صنعت از مهمترین ارکان این عصر تلقی می گردد. میزان نفوذ و کارکرد صنعت در جامعه امروزی بدل به سمبل پیشرفت شده است. از این رو همواره همه سازمان ها و یا کارخانجات تولیدی همگی به دنبال راه و روشی مناسب جهت حداکثر نمودن کارایی و بهینه سازی فرآیند های خود می باشند. افزایش کارایی و بهره وری و حرکت به سمت حداکثر نمودن این عوامل امروزه از مهمترین اهداف سازمان ها می باشد. زیرا از این طریق می توانند مزیت رقابتی خود را نسبت به رقبا افزایش داده و از حداکثر توان نیروها و عوامل خود استفاده نمایند. امروزه روش های بررسی و ارزیابی کارایی بسیار متفاوتی پیش روی محققان و پژوهشگران می باشد که با توجه به نوع داده ها،متغیرها،ورودی ها و خروجی های هر سازمان می بایست بهترین انتخاب را در روش مورد استفاده داشته باشند. در واقع به زبان ساده تر استفاده از حداکثر کارایی به دوصورت امکانپذیر و قابل قبول است که یا ورودی ثابت بوده و میزان خروجی افزایش یابد و یا خروجی ثابت باشد و میزان ورودی کاهش یابد.

بیان مساله تحقیق

صنعت خودرو، صنعتی گسترده و وسیع با قدمتی بیش از یک قرن می باشد که دارای ارتباطات مستحکم و زنجیره وار با سایر صنایع است به همین دلیل این صنعت یکی از اصلی ترین قطب های اقتصادی کشور بوده که میتواند کلیه صنایع را به گونه ای تحت الشعاع قرار دهد و سهم به سزایی در افزایش و یا کاهش چرخه اقتصادی را دارا می باشد. این صنعت و ارتباطات آن را میتوان یکی از بزرگترین فعالیت های تولیدی دانست. بنابراین شناخت عوامل تاثیر گذار بر این صنعت و افزایش کارایی آن میتواند سبب رونق اقتصادی در این صنعت و کلیه صنایع وابسته به آن و به طور کلی اقتصاد کل کشور شود. ارزیابی کارایی به عنوان یک روش رسمی و سازنده برای اندازه گیری و بررسی بازدهی یک سازمان نسبت به سال های گذشته است. جهت بررسی و تعیین عوامل موثر و تاثیرگذار بر کارایی و عملکرد و همینطور چگونگی اندازه گیری این عوامل رویکردهای مختلفی وجود دارد که در این پژوهش، تکنیک تحلیل پوششی داده ها با استفاده از داده های واقعی انتخاب شده است. با توجه به نکات ذکر شده فوق و اهمیت و تاثیرگذاری رشد کارایی و بهره وری بخش های مختلف صنعت کشور در رشد اقتصادی و همچنین اهمیت بسیار شرکت های خوردو سازی صنعت کشور در این پژوهش به بررسی ارزیابی کارایی شرکت های خودرو سازی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها اشاره میکند.

ضرورت و اهمیت

شرکت های قطعه ساز خودرو مانند هر سازمان دیگری دارای رسالت و اهداف ویژه ای برای استفاده حداکثر از منابع محدود در دسترس خود و نزدیک شدن هرچه بیشتر به اهدافشان، نیازمند سنجش عملکرد می باشند. از طرفی با معیارهای ارزیابی عملکرد گذشته که اغلب معیارهای مالی و مبتنی بر سیستم حسابداری هستند نمی توان این سازمان ها را ارزیابی کرد به همین دلیل با توجه به اهمیت نظام ارزیابی عملکرد ، استفاده از یک روش کارآمد و مؤثر آن هم از نوع ریاضی می تواند بسیار مفید باشد

سوالات تحقیق

پرسش اصلی:

۱- چگونه می توان کارایی شرکت های قطعه سازی خودروسازی را ارزیابی نمود؟

پرسش های فرعی:

۱- متغیرهای ارزیابی کارایی شرکت های قطعه سازی چیست؟
۲- کارایی شرکت های قطعه سازی چقدر است؟
۳- نحوه محاسبه ناکارایی شرکت های ناکارامد چگونه است؟

بیان اهداف

هدف اصلی :

ارزیابی کارایی شرکت های قطعه سازی خودرویی با استفاده از مدل DEA

اهداف فرعی :

۱. معرفی متغیر های ارزیابی کارایی شرکت های قطعه سازی
۲. اندازه گیری کارایی شرکت های قطعه سازی
۳. ارزیابی و بررسی شرکت های ناکارامد

پیشینه تحقیقات

پیشینه تحقیقات داخلی

شاهرودی و همکاران(۱۳۹۰) ۴۶ شرکت زنجیره ارزش ساز فعال در صنعت خودروسازی کشور را مورد بررسی قرار داده اند و ۸ فرضیه را با هدف بررسی روابط درونی مدل با استفاده از تحلیل رگرسیون چندگانه مورد آزمون قرار دادند. نتایج حاصل راهکاری را جهت هدف گزاری و پیش بینی امتیازات هر معیار به شرکت های مورد مطالعه ارائه می دهد.

ملک اخلاق و همکاران(۱۳۹۰) از تکنیک های متفاوت تعیین درجه ارجحیت مولفه ها نسبت به یکدیگر ، شامل روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP و بردار ویژه و روش SMART استفاده کرده اند و عملکرد استراتژیهای ورود به بازارهای خارجی شرکت ایران خودرو در طی سال های ۸۸ و ۸۹ با استفاده از کارت امتیازی متوازن ارزیابی شده است و یافته های بدست آمده نتایج خوبی به همراه داشت.

جوادنیا و امیر غلام ابری(۱۳۹۱) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها و با هدف ارزیابی و انتخاب شرکت های تامین کننده در سایپا و رتبه بندی این شرکت ها به منظور انتخاب کاراترین تامین کننده با توجه به محدودیت های موجود انجام شده است و با استفاده از مدل های تحلیل پوششی داده ها همچون CCR و BCC کارایی تامین کنندگان سایپا به عنوان واحدهای تصمیم گیرنده در سال ۹۲ محاسبه و نتایج تجزیه و تحلیل گردید و با نرم افزار GAMS حل شد و با استفاده از مدل اندرسون و پیترسون واحدهای کارا رتبه بندی شد.

طالقانی ، حمیدی و موسوی فر(۱۳۹۱) ضمن طراحی یک مدل تلفیقی مناسب از مدل های تصمیم گیری AHP & TOPSIS و منطق رادار در مدل تعالی سازمان EFQM و با استفاده از شاخص های موجود و هم چنین بهره گیری از یافته های علمی و مطالعات نظری به اولویت بندی تامین کنندگان شرکت قطعات خودروسازی ، فرآوری و ساخت به صورت علمی و کاربردی پرداخته اند.

رستگار و همکاران(۱۳۹۵) به ارزیابی عملکرد شرکت ایران خودرو با استفاده از کارت امتیازی متوازن و فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP پرداختند . با استفاده از پرسشنامه اطلاعات لازم جمع آوری و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت نتایج بدست آمده بیانگر تمامی فرضیات بوده است.

امیری و ابوالفضل صادقیان(۱۳۹۶) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها به ارزیابی کارایی خطوط تولید قطعات پرسی کارخانه برش و پرس ایران خودرو پرداختند که با توجه به چالشی بودن موضوع ارزیابی خطوط و اهمیت نتایج حاصله دستاوردهای آن همواره مورد تقدیر مدیران و متخصصین ذیربط قرار گرفته است. در این پژوهش فرایند ارزیابی کارایی خطوط ، ورودی ها و خروجی ها با توجه به مطالعات ،مشاهدات و داده های موجود در بانک اطلاعاتی تعیین گردید و پس از مدل نمودن آن با الگوی CCR با ماهیت ورودی محور و با فرم پوششی و حل با نرم افزار LINGO نتایج حاصل از مدل ارائه شد.

احمدوند و همکاران(۱۳۹۹) براساس مطالعه مدل های مختلف ارائه شده در زمینه تاب آوری به این نتیجه رسیدند که عملکرد HSE سازمان ها مجزا از دیگر فاکتورهای مدیریتی و تصمیم گیری های کلان سازمان نمی باشد. بلکه بسیاری از عوامل برون سازمانی و درون سازمانی شاخص های HSE را تحت تاثیر قرار می دهد.

ایزدیار و همکاران (۱۳۹۹) سناریوهای بهبود در اجرای مدیریت کیفیت جامع، بهبود اجرای تولید به موقع و بهبود حمل ونقل انعطاف پذیر، موجب پایدارتر شدن زنجیره تأمین می شود. نتایج به دست آمده از اجرای این سناریوها، گویای بهبود پایداری در زنجیره تأمین است.

فرهنگ مقدم و زهرا ساعدی(۱۳۹۹) عملکرد مسیرهای اتوبوس در یک سیستم حمل و نقل عمومی را با استفاده از مدل ۲ مرحله ای DEA ارزیابی کردند. یک چارچوب مفهومی برای ارزیابی عملکرد ارائه شد و شاخص های ورودی و خروجی مناسب برای محاسبه بازده عملیاتی و اثربخشی خدمات هر یک از مسیرها انتخاب شد. و با پیاده سازی روش پیشنهادی نتایج خوب و قابل توجهی به همراه داشت.

چرتاب جباری و همکاران(۱۴۰۰) با هدف ارزیابی کارایی پنج زنجیره تامین فعال با ساختار یکسان با مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده های فازی FDEA و کارت امتیازی متوازن BSC در صنایع خودروسازی تبریز اجرا و داده های ورودی و خروجی به صورت فازی مثلثی متقارن به مدل وارد شده و خروجی مدل یک عدد فازی غیر متقارن به ازای هر واحد تصمیم گیری بوده که نشان دهنده عملکرد زنجیره تامین می باشد. نتایج نشان داد با افزایش سطح اطمینان مرکز اعداد فازی که تعیین کننده کارایی زنجیره های تامین هستند نیز افزایش پیدا می کند.

پیشینه تحقیقات خارجی

فنگ و همکاران(۲۰۱۶) به مطالعه درباره تولید صنعت خودرو و بهره وری در ماه های سال ۲۰۱۴ و افزایش کارایی تولید با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها DEA CCR با استفاده از نرم افزار DEAP پرداخته است.

ورما و دیکسیت(۲۰۱۸) از روش تحلیل پوششی داده ها برای اندازه گیری کارایی فنی یک نمونه استفاده شده است. مورد مطالعه ۳ شرکت TVS, Bajaj, Motocorp با هدف کاهش منابع ورودی و به حداکثر رساندن خروجی .

رضایی و همکاران(۲۰۱۸) امتیاز کارایی ۶۶ فروشنده خودرو بر اساس DEA (CCR) با استفاده از نرم افزار Lingo محاسبه می شود. سپس بر اساس امتیاز کارایی هر فروشنده، طرح بهبود با کمک مدل DEA دوگانه برای افزایش امتیاز کارایی فروشندگان ناکارآمد ارائه می شود. در نهایت مشخص خواهد شد که هر فروشنده ناکارآمد برای بهبود ناکارآمدی باید بر روی کدام یک از عوامل تمرکز کند.

استفانونی و همکاران(۲۰۲۱) روش معروف تجزیه و تحلیل پوششی داده ها (DEA) برای برآورد کارایی فنی ۳۳ خودروساز جهانی از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷، از جمله امتیازات ESG آنها به عنوان خروجی در مدل، استفاده شده است.

یافته‌ها نشان می‌دهد که بازده‌های تعدیل‌شده با ESG بیشتر از نمونه‌های سنتی هستند، با مدل تعدیل‌شده حاکمیتی که بالاترین امتیازات کارایی را به دست می‌آورد و پس از آن مدل‌های زیست‌محیطی و اجتماعی قرار دارند نتایج یک رگرسیون کوتاه بوت استرپ مرحله دوم تأثیر قابل توجه اندازه، درجه نوآوری و منطقه جغرافیایی خودروسازان را بر کارایی تنظیم شده با ESG نشان می دهد.

تشریح مدل مسئله

ارزیابی کارایی شرکت های قطعه سازی خودرو با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها در شرکت ایران خودرو مسئله اصلی این تحقیق می باشد که در این فصل به شرح کامل جزییات و اهداف فرعی مدل به طور کامل پرداخته می شود. این تحقیق به بررسی ۲۰ شرکت تولید کننده قطعات خودرو و ارزیابی این شرکت های قطعه سازی با هدف پیدا کردن واحدهای کارا و ناکارامد می پردازد. این تامین کنندگان قطعات با توجه به فضای در اختیار ، تعداد پرسنل ، متناسب بودن تجهیزات و ... (به عنوان ورودی)و با توجه به درصد تحقق و نداشتن برگشتی و حجم ریالی فروش (به عنوان خروجی) مورد بررسی قرار میگیرند. در نظر گرفتن کارایی این واحدهای تامین کننده با استفاده از تکنیک حل شده به شرکت ایران خودرو در انتخاب بهترین تامین کننده قطعات و ادامه همکاری با این تامین کننده کمک می کند.

مفروضات مسئله

- DMU : واحد های تصمیم گیرنده

- DMUj (j=1,...,n) : تعداد واحدهای تصمیم گیرنده (شرکت های تامین کننده)
- m : تعداد ورودی ها
- s : تعداد خروجی ها
- X_j =($x_{1j}, \dots, x_{mj}$) بردارهای ورودی: $X_j > 0$
- Y_j= ($y_{1j}, \dots, y_{sj}$) : بردارهای خروجی $Y_j > 0$

پارامترهای مدل پیشنهادی

- T_c :مجموعه امکان تولید در CCR
- λ : بردار اوزان همتا
- X_j : ورودی
- Y_j : خروجی
- T_v : مجموعه امکان تولید در BCC
- θ : نشان دهنده ضریب ویژه DMU

- مدل ریاضی مسئله

در مدل CCR

T_c= (X,Y) :

$X \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j$

$Y \leq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j$

$\lambda_j \geq 0$

j = 1,...,n

Min θ

S.t :

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \leq \theta x_0$

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j \geq y_0$

$\lambda_j \geq 0$ j=1,...,n

در مدل BCC

T_v= (X,Y)

$X \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j$

$Y \leq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j$

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$

$\lambda_j \geq 0$

j = 1,2,...,n

Min θ

S.t:

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_{ij} \leq \theta X_{i0}$ i=1,2,...,m

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_{rj} \geq Y_{r0}$ r=1,2,...,s

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$ j=1,2,...,n

$\lambda_j \geq 0$

الگوریتم حل مدل پیشنهادی

در این تحقیق با توجه به مسئله ارزیابی کارایی و با هدف کارا بودن شرکت های تامین کننده قطعات با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها از روش BCC ، CCR و SBM استفاده شده است. که در بخش های بعدی روش کار هر کدام از این روش ها شرح داده شده است.

مدل CCR

چارنز و همکاران (۱۹۷۸) کار فارل را توسعه دادند و مدل اولیه روش تحلیل پوششی داده ها را به منظور اندازه گیری کارایی نسبی ارائه دادند . فرض کنید n واحد تصمیم گیرنده وجود داردZ_0 امین واحد تصمیم گیرنده ،m ورودی i=1,2,...,m را برای تولید s خروجی r=1,2,...,s مصرف می کند. کارایی این واحد تحت ارزیابی Z_0 از طریق رابطه زیر محاسبه می شودکه به مدل نسبت CCR مشهور است:

$$Max\ Z_0 \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$

St: مدل (۱)

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \qquad (j = 1,2,\dots,n)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

در مدل فوق

x_{ij} : میزان ورودی iام (هزینه ثابت و هزینه متغیر) مصرف شده توسط واحد تصمیم گیری jام

y_{ij} : میزان خروجی rام (فروش خالص و سود ناخالص) تولید شده توسط واحد تصمیم گیری jام

v_i : وزن داده شده به ورودی iام

u_r : وزن داده شده به خروجی rام

به عبارت دیگر در روش تحلیل پوششی داده ها نسبت موزون خروجی ها – ورودی ها را حداکثر می نماییم به این شرط که همین ضرایب در سایر بنگاه ها کارایی آن ها را از واحد تحت ارزیابی (Z_0) بیشتر نکند.

مدل مضربی CCR

همان طور که ذکر شد مدل قبلی یک مدل غیر خطی است که با استفاده از تبدیل چارنز – کوپر (برای حداکثر کردن یک عبارت کسری کافی است که مخرج کسر معادل یک عدد ثابت در نظر گرفته شده و صورت کسر حداکثر گردد) می توان آن را به یک مسئله برنامه ریزی خطی تبدیل کرد که آن را مدل مضربی CCR می نامند.

$$MaxZ_0 = \sum_{r=1}^{s} y_{r0}\, u_r$$

St: مدل (۲)

$$\sum_{i=1}^{m} x_{i0}\, v_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} y_{rj} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{ij} v_i \leq 0 \qquad (j = 1,2,\dots,n)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

که در آن u_r و v_i مطلوب ترین ضرایبی هستند که برای خروجی rام و ورودی iام از واحد تصمیم گیرنده در محاسبه کارایی Z_0 به کار گرفته شدند و ε یک عدد غیر ارشمیدسی کوچک است ، که صفر در نظر گرفتن هر ضریب ورودی / خروجی را منع کرده است.

مدل ثانویه CCR:

در مدل های مضربی از آنجا که برای هر واحد باید یک محدودیت نوشته شود به این ترتیب مدل برنامه ریزی خطی بدست خواهد آمد که تعداد محدودیت های آن از تعداد متغیرهایش بیشتر است و از طرفی چون حجم عملیات محاسباتی در حل جدول سیمپلکس بیشتر وابسته به تعداد محدودیت ها است تا متغیرها ، لذا حل مسئله ثانویه مدل فوق حجم عملیاتی محاسباتی کمتری را خواهد داشت ، همچنین این مدل های ثانویه می توانند بهبود بهینه ورودی و خروجی های ناکارا را تعیین کنند. بنابراین در این تحقیق از مدل های ثانویه برای محاسبه کارایی استفاده گردید. مدل ثانویه *CCR* ورودی محور به صورت زیر بدست می آید:

$$\min y_0 = \theta - \varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s} s_r + \sum_{i=1}^{m} s_i\right)$$

St: مدل (۳)

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - s_r = y_{r0} \qquad (r = 1,2,\dots,s)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{rj}\lambda_j - s_i = \theta x_{r0} \qquad (i = 1,2,\dots,m)$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \qquad (j = 1,2,\dots,n)$$

در اینجا چون الگوی مدل ثانویه ورودی محور است تابع هدف سعی در کاهش میزان سطح ورودی ها (θ) با ثابت نگه داشتن سطح خروجی ها دارد. در واقع θ یک متغیر واقعی تصمیم و λ یک بردار غیر منفی متغیرهای تصمیم هستند که در این الگو انتخاب هر بردار λ_j مجاز ، یک حد بالا برای ستاده ها و یک حد پایین برای داده های DMU ایجاد میکند و در مقابل این محدودیت های θ ای مرتبط با $\lambda_j^* \geq 0$ گزینه بهینه برای مرتبط شدن با $\min \theta = \theta^*$ را ارائه می دهد. این امر موجب می شود که θ^* به عنوان الگوی هدف سایر واحدهای ناکارا میزان بهبود بهینه را بیان دارد.

یک واحد تصمیم گیرنده زمانی کاراست که :

اولا $\theta^* = 1$ و ثانیا متغیرهای کمکی مازاد ورودی و کمبود خروجی $s_r^+ = s_i^- = 0$

مدل BCC

همان طور که در مدل (۳) میبینیم ، یک مدل ثانویه CCR و تحت بازده به مقیاس ثابت (CRS[1]) است بدین معنی که هر مضربی از ورودی ها همان مضرب از خروجی ها را تولید می کند، که در آن واحدهای کوچک و بزرگ با هم مقایسه می شوند و نمره حاصله از این مدل کارایی مدیریتی (فنی خالص) را تعیین می کند. بنکر و همکاران (۱۹۸۴) با اضافه نمودن یک محدودیت تحدبی $\sum \lambda_j$ آن را به مدل BCC تحت بازده به مقیاس متغیر (VRS[2]) تبدیل نمودند، بدین معنی که هر مضربی از ورودی ها ، می تواند همان مضرب از خروجی ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را ، در خروجی ها تولید کند، که در آن هر کدام از DMU ها با واحدهای که دارای اندازه مقیاس مشابه هستند، مورد مقایسه قرار میگیرند و نمره حاصله از این مدل کارایی فنی را تعیین می کند .

[1] Constant returns to scale

[2] Variable returns to scale

مدل ثانویه BCC ورودی محور به صورت زیر بدست می آید:

$$\min y_0 = \theta - \varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s} s_r^+ + \sum_{i=1}^{m} s_i^-\right)$$

St : مدل ۴

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - s_r^+ = y_{r0} \qquad (r = 1,2,\dots,s)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{rj}\lambda_j - s_i^- = \theta x_{r0} \qquad (i = 1,2,\dots,m)$$

$$\sum \lambda_j = 1 \qquad (j = 1,2,\dots,n)$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0$$

در این مدل یک واحد تصمیم گیرنده زمانی کاراست که :

اولا $\theta^* = 1$ و ثانیا متغیرهای کمکی مازاد ورودی و کمبود خروجی $s_r^+ = s_i^- = 0$

- مدل جمعی SBM

مدل جمعی که Slack Based Model نیز نامیده می شود ، مدلی است که به طور همزمان کاهش ورودی ها و خروجی ها را مورد توجه قرار می دهد. و در واقع اندازه ای را تعریف میکند که نسبت به واحدهای اندازه گیری برای ورودی ها و خروجی های متفاوت پایدار و نیز یکنوا نزولی برای هر متغیر کمکی ورودی و خروجی است. برای هر DMU عبارت زیر تعریف می شود:

$$x_0 = X\lambda + s^-$$
$$y_0 = Y\lambda - s^+$$
$$\lambda \geq 0\,, s^- \geq 0\,, s^+ \geq 0$$

بردارهای S- و S+ به ترتیب نشان دهنده مازاد ورودی ها و کمبود خروجی ها هستند و متغیرهای کمکی نامیده می شوند. با استفاده از بردارهای S- و S+ و با فرض اینکه $S^+ = ts^+$ و $S^- = ts^-$ و $\Lambda = t\lambda$ باشد، مدل برنامه ریزی خطی *SBM* با فرض بازده به مقیاس متغیر به صورت زیر تعریف می شود.

Min: $\rho = t - \left(\frac{1}{m}\right)\sum_{i=1}^{m} S_i^- / x_{i0}$

St: $1 = t + \left(\frac{1}{s}\right)\sum_{r=1}^{s} S_r^+ / y_{r0}$

$$tx_0 = X\Lambda + S^-$$
$$ty_0 = Y\Lambda - S^+$$
$$\sum_{j=1}^{n} \Lambda_j = 1$$
$$\Lambda \geq 0\,, S^- \geq 0\,, S^+ \geq 0\,, t > 0$$

DMU(x_0, y_0) در مدل *SBM* کاراست اگر $\rho^+ = 1$ باشد.

مدل کارایی مقیاس

به بدست آموردن کارایی واحدها در حالت بازده به مقیاس ثابت و متغیر می توان کارایی مقیاس را نیز برای واحدها محاسبه نمود که در آن کارایی مقیاس (SE[3]) هر واحد با مقایسه امتیاز کارایی فنی خالص آن واحد تحت شرایط بازده به مقیاس ثابت به امتیاز کارایی فنی آن واحد تحت بازده به مقیاس متغیر به صورت زیر تعیین می گردد:

[3] Scale efficiency

$$SE = \frac{\theta^*_{CCR}}{\theta^*_{BCC}}$$

یک واحد تصمیم گیرنده وقتی کاراست که SE=1 باشد.

- رتبه بندی واحدها از روش اندرسون پیترسون

مـدلهای CCR و BCC فقـط کـارا یـا ناکارا بودن واحد مورد ارزیابی را تشخیص میدهند و قـادر به رتبه بندی واحدهای کارا نیستند. لذا جهـت رفـع ایـن مشکل از مـدل اندرسـون و پیترسـون بـرای رتبـه بنـدی استفاده میشود که به شرح ذیل است:

$$\text{Min} \quad \theta$$

$$\text{S.t} \quad \sum_{j=1,j\neq o}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^+ = \theta x_{io} \quad , \quad i = 1,2,...,m$$

$$\sum_{j=1,j\neq o}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^- = y_{ro} \quad , \quad r = 1,2,...,s$$

$$\sum_{j=1,j\neq o}^{n} \lambda_j y_{rj} = 1$$

$$\lambda_j \geq ۰ \quad , \quad j = 1,2,...,n \ , j \neq o$$

$$s_i^- \geq ۰ \quad , \quad i = 1,2,...,m$$

$$s_r^+ \geq ۰ \quad , \quad r = 1,2,...,s$$

تحلیل نتایج

کارایی تامین کنندگان ایران خودرو با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها و مدل های BCC و CCR و SBM با استفاده از نرم افزار GAMS محاسبه و نتایج در جدول نمایش داده شده است.

جدول ۱- نتایج تحلیل

ردیف	شرکت	کارایی مدل BCC	کارایی مدل CCR	کارایی مدل SBM	کارایی مدل AP-BCC	رتبه واحدها
۱	A	۰,۹۹۹۹۸۹۶۵	۰,۹۰۰۰۰۰۰۰	۰,۷۵۰۰۰۰۰۰	۰,۹۹۹۹۸۹۶۵	۱۴
۲	B	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۵,۳۴۲۵۹۲۷۹	۲
۳	C	۰,۷۹۹۹۸۶۷۴	۰,۷۲۵۰۰۰۰۰	۰,۶۵۱۲۴۵۶۷	۰,۷۹۹۹۸۶۷۴	۱۹
۴	D	۰,۷۹۹۹۹۳۲۱	۰,۷۳۳۰۰۰۰۰	۰,۷۳۶۰۹۲۲۲	۰,۷۹۹۹۹۳۲۱	۱۸
۵	E	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۷,۷۸۴۸۲۱۴۰	۱
۶	F	۰,۹۹۹۹۸۴۳۰	۰,۹۰۰۰۰۰۰۰	۰,۷۶۰۹۱۳۴۰	۰,۹۹۹۹۸۴۳۰	۱۵
۷	G	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۰,۸۱۹۰۹۸۱۴	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۴۷۷۷۶۷۴۲	۷
۸	H	۰,۷۹۹۹۸۹۴۷	۰,۷۰۲۶۰۰۰۰۰	۰,۶۷۹۸۰۱۲۴	۰,۷۹۹۹۸۹۴۷	۱۷
۹	I	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۰,۹۸۰۷۱۲۳۴	۱,۵۷۱۸۲۵۰۲	۶
۱۰	J	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۰,۸۲۲۳۸۷۲۷	۰,۷۸۵۱۰۳۷۲	۱,۰۳۲۴۷۴۵۶	۱۳
۱۱	K	۰,۷۹۹۹۸۴۸۶	۰,۷۵۰۰۰۰۰۰	۰,۴۹۰۱۲۸۶۵	۰,۷۹۹۹۸۴۸۶	۲۱
۱۲	L	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۰,۷۹۹۱۲۹۸۹	۱,۳۷۸۹۸۷۴۵	۹
۱۳	M	۰,۹۹۹۸۷۰۱۲	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۰,۹۲۰۴۶۷۱۱	۰,۹۹۹۸۷۰۱۲	۱۰
۱۴	N	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰	۲,۳۹۹۹۷۶۷۱	۴

۱۵	O	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۳,۰۱۰۴۹۳۸۳	۳
۱۶	P	۰,۸۰۷۵۸۱۴۱	۰,۸۰۰۵۱۰۹۱	۰,۵۱۹۹۲۶۵۴	۰,۸۰۷۵۸۱۴۱	۱۶
۱۷	Q	۰,۷۹۹۹۹۷۳۸	۰,۷۹۰۷۹۴۹۸	۰,۷۳۶۹۱۰۳۴	۱,۵۸۲۳۹۳۰۷	۲۰
۱۸	R	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۱,۵۸۲۳۹۳۰۷	۵
۱۹	S	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۰,۸۲۴۵۱۰۶۸	۰,۶۹۲۳۵۳۲۷	۱,۰۶۶۲۷۲۸۴	۱۲
۲۰	T	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۰,۸۳۹۲۱۹۸۲	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۱,۳۸۲۶۷۹۷۸	۸
۲۱	U	۱,۰۰۰۰۰۰۰۰	۰,۸۱۹۱۰۱۲۴	۰,۹۵۳۶۷۱۵۰	۲,۳۹۹۹۷۶۷۱	۱۱

یافته های تحقیق:

با توجه به اندازه گیری کارایی با استفاده از مدل BCC شرکت های تامین کننده B,E,G.I,J,L,N,O,R,S,T,U به عنوان واحدهای کارا و سایر واحدها ناکارا بوده و شرکت تامین کننده F ناکاراترین واحد است.

برای کارا کردن واحد F پیشنهاد میشود درصد تحقق و درصد دریافت سالم محصولات را افزایش دهید همچنین تجهیزات تولیدی متناسبی باید تهیه گردد.پیشنهاد میگردد تعداد شاغلین ۳۰ درصد افزایش پیدا کند.

با توجه به اندازه گیری کارایی با استفاده از مدل CCR شرکت های تامین کننده B,E,I,L,M,N,O,R به عنوان واحد های کارا و سایر واحدها ناکارا بوده و شرکت تامین کننده H ناکاراترین واحد است.

برای کارا شدن واحد H باید تعداد شاغلین به ۱۶۰ نفر برسد.

با توجه به اندازه گیری کارایی با استفاده از مدل SBM شرکت های تامین کننده B,E,G,N,O,R,T به عنوان واحدهای کارا و سایر واحدها ناکارا بوده و شرکت تامین کننده K ناکاراترین واحد است.

نتیجه گیری

عملکرد سازمانی همواره اثر قابل ملاحظه ای برفعالیت سازمان دارد .روش ها و بازار ارزیابی دقیق عملکرد همواره یکی از مباحث مهم در تحقیقات سازمانی و آکادمیک می باشد .در چند سال اخیر ارزیابی عملکرد، حجم بسیار زیادی از مطالعات آکادمیک را در سطح دنیا به خود اختصاص داده است. سال های اخیر شاهد به کارگیری حجم وسیعی از تکنیک تحلیل پوششی داده ها، در جهت ارزیابی عملکرد انواع مختلفی از سازمان ها در حوزه های مختلف فعالیت، در بستر های مختلف و در کشور های مختلف بوده است .یکی از دلایل آن است که DEA از این امکان برخوردار است که در مواردی که نسبت به دیگر رویکردها، به دلیل پیچیدگی ارتباط میان نهاده ها و ستاده های ناهمگون، مقاومت نشان می دهند. به کار گرفته شود. بااستفاده ازروش تحلیل پوششی داده ها معیاری به نام اندازه کارایی به دست می آیدکه در اقتصاد معیاری بسیار مناسب برای ارزیابی عملکرد محسوب می شود .استفاده از این مدل، ارزیابی راواقع بینانه می سازد وازمجموع واحدهای تحت بررسی تعدادی را به عنوان کارا معرفی می نماید و به کمک آنها مرز کارایی تشکیل می شود واین مرز ملاک کارایی است .یکی از ویژگی های این روش آنست که واحد های تحت بررسی به دلیل مقایسه با یک سطح استاندارد ازقبل تعیین شده ارزیابی نمی شوند بلکه ملاک، وضعیت عملکردی سایر واحدها می باشد .الگوسازی از ویژگی های دیگر این روش است و بدین صورت راهکارهای بهبود کارایی نیزتعیین می شود. این تحقیق در تلاش است تا به کمک تکنیک تحلیل پوششی داده ها به ارزیابی کارایی شرکت های تامین کننده قطعات زیرشاخه شرکت ایران خودرو می باشند، پرداخته و به کمک آن بتواند همزمان با ارزیابی کارایی به مقایسه کارایی واحد های فعال پرداخته و برخی نکات نهفته در ساختار اقتصادی این شرکت ها مانند چگونگی وضعیت بازده نسبت به مقیاس را آشکار سازد.

در مجموع ۲۱ شرکت قطعه ساز زیرشاخه شرکت ایران خودرو مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از داده های ورودی و خروجی و تکنیک تحلیل پوششی داده ها و با استفاده از مدل های SBM , CCR , BCC و با روش رتبه بندی اندرسون پیترسون هم حل شد و واحدها رتبه بندی شدند. با استفاده از نرم افزار GAMS حل شد و نتایج حاصل بدست آمد واحدهای B , E , O , R به عنوان واحدهای کارا بدست آمد

فهرست منابع

۱ .خراسانی، م، کاظمی، ا، ۱۳۹۵ ،"ارائه ی یک مدل چند هدفه ی فازی جهت ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان – – در زنجیره تأمین ناب چابک"، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال چهاردهم، شماره ۱۴

۲ .شریعت، محمدعلی؛ ایرانزاده، سلیمان؛ بافنده زنده، علیرضا، ۱۳۹۶ ، "شناسایی و رتبه بندی عوامل مؤثر در تحقق تولید پایدار با گذر از تولید صنعتی به سوی تولید اکولوژیک)مطالعه ی شرکت های تولیدی صنعتی بخش . - -خصوصی استان سمنان(، ؛شماره ۳۷ علمی پژوهشی، صفحه از ۱۷۷ تا ۲۱۲

۳.جعفرنژاد، ۱۳۹۴ ، " زنجیره تامین پایدار "، ناشر: موسسه کتاب مهربان نشر، تعداد صفحه: ۱۹۱ - ،شابک: . ۹۷ - - -۷. ۷ ۶۱۱ ۷۳۱۷

۴ .هاشمی ۲ ا، دهقانیان، ف، ۱۳۹۱ ، "ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان درمحیط توسعه پایدار به کمک تکنیک فرایند تحلیل شبکه ای" ANP ، دومین کنفرانس بین المللی و چهارمین کنفرانس کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تامین، تهران، موسسه همایش صنعت.

۵ .رزازی، م. ر، بانک توکلی، م، ۱۳۹۳ ، "انتخاب تامین کنندگان و تخصیص سفارش به آنها تحت شرایط پویا . در زنجیره های تامین"، نشریه بین المللی مهندسی صنایع مدیریت تولید، شماره ۴، جلد ۲۵ ، صفحه ۴۳

۶.ناظری، ا، ، نادری کیافر، ب، ۱۳۹۵ ، "ارائه یک مدل تلفیقی چندهدفه با استفاده از الگوریتمهای AHP و TOPSIS برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان و تخصیص سفارش"، فصلنامه مدیریت مهندسی و رایانه نرم، سال دو، شماره ۲

۷.غضنفری، ح، صالحی، م، ۱۳۹۶ ،"رتبه بندی و انتخاب تامین کننده در شرکت های پروژه محور با استفاده از روش ترکیبی فیتاپسیس در شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران"،سومین کنفرانس سراسری پیشرفتهای نوین در مهندسی صنایع، مدیریت، اقتصاد و حسابداری.

۸..نورمحمدی شالکه ۲ پ، پایدار، م، حاجی آقایی کشتلی، م، ۱۳۹۵ ، "انتخاب تامین کننده پایدار و تخصیص مقدار سفارش با در نظر گرفتن تخفیفهای مقداری"، دومین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و سیستمها ICISE) ۲۰۱۶ (، بصورت الکترونیکی، گروه مهندسی صنایع دانشگاه فردوسی

۹.عطایی، ش، فلاح، م، ۱۳۹۶ ، " ارائه یک مدل ترکیبی برای انتخاب تامین کننده پایدار ناب چابک با - استفاده از روش برنامه ریزی ترجیحات فازی و تاپسیس فازی در کارخانه نساجی ،" کنفرانس بین المللی مدیریت کاربردی وچابک سازی سازمانی.

۱۰ .میرزایی، حف نادری، ب، پسندیده، ح. ر، ۱۳۹۶ ،"ارائه یک روش برنامه ریزی آرمانی فازی تقدمی برای حل مدل انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن تخفیف کلی"، سومین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و سیستمها.

۱۱. قلی پور، ا، صفایی، ع، پایدار، م. م، ۱۳۹۶ ،"سیستم پشتیبانی تصمیم گیری برای انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش در محیط چند معیاره، چند ذینفعی و احتمالی ،" اولین کنفرانس بین المللی بهینه سازی سیستمها و مدیریت کسب و کار .

1.Akin, A., Kiliç, M. & Zađm, S. (2009). Determinants of Bank Efficiency in Turkey: A Two Stage Data Envelopment Analysis. 1th International Symposium on Sustainable Development, June 9-10, Sarajevo.

2.Beach, R., Muhlemann, A.P., Price, D.H.R., Paterson, A., Sharp, J.A., (2000). A review of manufacturing flexibility, European Journal of Operational Research, 122, 41–57.

3.Biswas, P. & Pramanik, S. (2011). Replacement Problem with Grey Parameters. International Journal of Computer Application, 32(9), 11-16.

4.Bordogna, G., Pasi, G., (1993). A fuzzy linguistic approach generalising boolean information retrieval: a model and its evaluation, J. Amer. Soc. Inform. Systems, 44, 70–82.

5.Cai, Y., & Wu, W. (2001). Synthetic Financial Evaluation by a Method of Combining DEA with AHP. International Transactions in Operational Research, 8, 603 – 609.

6.Chakraborty, D. (1975). Optimization in impressive and uncertain environment, Ph.D. Thesis, Dept. of Mathematics, IIT Kharagpur,
7.Chen, C. T., (1997). Extensions ofthe TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, Fuzzy Sets and Systems, 114, 1–9.
8.David , K (1994) . Grey system and grey relational model ACM SIGCE Bulletin , Volume 20 :1-9.
9.Delgado, M., Verdegay, J.L., Vila, v, (1993). Linguistic decision making models, Int. J. Intel. Systems, 7, 479–492.
10.Deng , J . (1988). Introduction to grey system theory , The Journal of Grey Systems , Volume 1: 1-24.
11.Dyer, J. S., & Sarin, R. K. (1979). Measurable multiattribute value functions. Operations Research, 39, 810–822.
12.Herrera, F., Lopez, E., Menda˜na, C., Rodriguez, M., (1999). A linguistic decision model to suppliers selection in international purchasing, in: L.A. . Zadeh, J. Kacprzyk (Eds.), Computing with words in information/intelligent systems 2. Applications,
13.Physica-Verlag, Schursberg, 1999, pp. 500-524.
14.Hsiao, W.F., Lin, H.H.,Chang, T.M., (2007). Fuzzy consensus measure on verbal opinions, Expert Systems with Applications.Banker, R.D., Morey, R.C. "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs 15.and Outputs"., Operations Res. No. 34, (1986): 513-521.
George E. Halkos, Dimitrios S. Salamouris. "Efficiency Measurement of the 16.Greek Commercial Banks with the Use of Financial Ratios: a Data Envelopment Analysis Approach"., Management Accounting Research, No. 15, (2004): 201- 224.
17. Daria Kitaeva. "The Relation Between Productivity Measures and Financial Information, Evidence From the Airline Industry"., Industrial and Financial Economics Master Thesis, No.46, (2002).
18. Färe, Rolf, Grosskopf & Shawna, Lovell Knox, C.A. The Measurement of Efficiency of Production. Kluwer-Nijhoff Publishing., 1985.
19. Farrell, M.J. "The Measurement of Productive Efficiency"., Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 120, Issue 3 (1957): 253-290.
20. Coelli, Tim J. & Prasada Rao, D.S. "Implicit Value Shares in Malmquist TFP Index Numbers"., CEPA Working Papers, No. 4, (2001). Web page: http://www.une.edu.au/econometrics/cepa4_01.PDF
21. Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. "Measuring the Efficiency of Decision Making Units"., European Journal of Operating Research, No. 2(6), (1978): 429-444.
22. Charnes, A., Cooper, W.W. "Preface to Topics in Data Envelopment Analysis"., Annals of Operations Research, No. 2, (1985): 59-94.
23. Ahn, T. Charnes, A.; and Cooper, W. W. "Efficiency Characterizations in Different DEA Models"., Socio-Economic Planning Sciences, No. 22(6), (1988).
24. Smith, P., "Data Envelopment Analysis Applied to Financial Statements. Omega, The International Journal of Management Science, No. 18 (2), (1990).