ارائه یک روش ترکیبی از ANP و مدل SAR در تحلیل پوششی داده‌ها جهت مقایسه و رتبه‌بندی گزینه‌ها (مطالعه موردی: محصولات شرکت کرمان موتور)

تاریخ دریافت مقاله :۹۶/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله :۹۷/۰۲/۱۱

علیرضا علی‌نژاد[۱]
آرش پرویزی[۲]

چکیده

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) را برآورد می‌کند. مدل تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های سنجش کارایی بوده که جهت ارزیابی واحدهای تصمیم گیرندهٔ متجانس به کار می‌رود. امّا در استفاده از این تکنیک به ازای n واحد تصمیم گیرنده جهت به دست آوردن کارایی، نیازمند n بار فرمول‌نویسی هستیم، که در نتیجه مقایسهٔ بین واحدهای تصمیم گیرنده در قالب یک وزن مشترک امکان‌پذیر نمی‌باشد و مدل دارای قدرت تشخیص پایینی می‌باشد. این تحقیق از ترکیب فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌کند که این روش می‌تواند برای مقایسه، ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌ها و عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده شود. برای آزمون روش پیشنهادی، کاربرد مدل در مقایسه و رتبه‌بندی محصولات یک شرکت خودروساز بررسی شده است. از نتایج مدل مشخص است که مدل پیشنهادی برای مسائل عملی مفید خواهد بود.

کلمات کلیدی

تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای تصمیم‌گیرنده، کارایی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای.

۱ دانشیار گروه مهندسی صنایع ، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین ، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین،ایران. (نویسنده مسئول) alalinezhad @gmail.com

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع ، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین ، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین،ایران. Parvizi.ir@gmail.com

مقدمه

از زمان‌های بسیار قدیم بالاخص از اواخر جنگ جهانی دوم به بعد مدیران ارشد تصمیم‌گیر واقف شدند که هرگونه تصمیم‌گیری بدون به کار بردن روش‌های علمی به صورتی، نظرات فردی را اعمال می‌نماید. از این رو استفاده از روش‌های علمی به منظور ارزیابی واحدها لازم و ضروری می‌باشد.

هدف از ارزیابی عملکرد اصلاح، بهبود و ارتقای عملکرد است. امروزه با توجه به رشد و اهمیت فزایندهٔ سازمان‌ها در اجتماع، ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و مدیران بسیار مورد توجه قرار گرفته و شاخص‌های گوناگونی به عنوان معیار سنجش عملکرد مدیران در سازمان‌ها مطرح است که می‌توان گفت بهره‌وری، کارایی و اثربخشی نمونه‌هایی از این معیارهای ارزیابی هستند (صفایی قادیکلایی و همکاران، ۱۳۸۶).

فارل[1] در سال‌های پایانی دهه ۱۹۶۰ در زمینهٔ افزایش بهره‌وری بدون مصرف منابع بیشتر تلاش کرد، اما به نتایج مفیدی دست نیافت. وی در سال ۱۹۷۵ مدلی را برای اندازه‌گیری کارایی یک واحد تولیدی ارائه نمود که این مدل ابتدایی، تنها توانایی بررسی یک ورودی و یک خروجی را داشت، بعدها این مدل توسعه یافت و افراد دیگری به بسط این مدل پرداختند. این دسته تلاش‌ها تا امروز ادامه دارد، به طوری که در سالهای اخیر ۵۰۰ میلیون مدل ریاضی و گزارش کاربردی در این زمینه ارائه شده است. اکنون پژوهشگران نتیجه گرفته‌اند که با استفادهٔ بهینه از همه داده‌ها و با اصلاح فرآیندها، می‌توان به ستاندهٔ بیشتر و در نتیجه بهره‌وری بالاتری دست یافت. از این رو وضعیت‌های مختلفی برای افزایش بهره‌وری به وجود آمد که در مجموع به آنها مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) گفته می‌شود (ریچمن و سامرزگتر[2]، ۲۰۰۶).

تحلیل پوششی داده‌ها روشی است جهت محاسبه کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری مانند بانک‌ها، بیمارستان‌ها، دانشگاه‌ها و ... ، که هر یک از این واحدها چند ورودی را دریافت کرده و چند خروجی تولید می‌کنند. کلیدی‌ترین ویژگی این روش آن است که واحدهای تصمیم‌گیری تحت بررسی متجانس بوده و ورودی‌هایی از نوع یکسان را جهت تولید خروجی‌هایی از نوع یکسان مصرف می‌کنند. این همان ویژگی است که واحدها را قابل مقایسه با هم می‌کند (علی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰).

برای رتبه‌بندی واحدهای کارا در DEA روش‌های گوناگونی معرفی شده است. برای نمونه در سال ۱۹۸۶ روش کارایی متقاطع توسط سکستون و همکاران[۳] پیشنهاد شد. در سال ۱۹۹۳ اندرسون و پترسون[۴] روشی ارائه دادند که بعدها به روش ابرکارایی برای رتبه‌بندی واحدها معروف شد (جهانشاهلو و همکاران، ۲۰۰۷).

خیلی از روش‌های موجود در رتبه‌بندی واحدهای کارا به جواب نشدنی می‌رسند. از این رو به روشی که بدون محور باشد و همچنین به صورت غیرشعاعی در محاسبه کارایی واحدهای تصمیم گیرنده عمل کند و همواره یک جواب شدنی برای رتبه‌بندی واحدهای کارا باشد، نیاز است. مدل SAR یک مدل بدون جهت است. در این مدل ورودی‌ها و خروجی‌ها به طور همزمان به ترتیب کاهش و افزایش پیدا می‌کنند. در نتیجه این مدل می‌تواند از این نظر نسبت به دیگر مدل‌های پایه‌ای مطلوب‌تر باشد (رخشان و علیرضایی، ۱۳۹۳).

زمانی‌که در تصمیم‌گیری‌ها بیش از یک معیار مدّ نظر تصمیم‌گیرنده باشد بحث تصمیم‌گیری‌های چند معیاره مطرح می‌گردد که عمدتاً بخش بزرگی از تصمیم‌گیری‌ها را به خود اختصاص می‌دهد. تصمیم‌گیری‌های چند معیاره به دو بخش تصمیم‌گیری‌های چند هدفه و تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه تقسیم می‌گردد. تصمیم‌گیری‌های چند هدفه برای طراحی بهترین جواب و تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه برای انتخاب گزینهٔ برتر بکار می‌رود (علی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[۵] یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاری است که مسئله یا موضوع مورد نظر را به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل می‌کند که در آن عناصر تشکیل دهندهٔ این ساختار که اجزا تصمیم نیز تلقی می‌شوند، مستقل از یکدیگر فرض شده‌اند. بنابراین یکی از محدودیت‌های جدّی AHP این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم یعنی وابستگی معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد (زبردست، ۱۳۸۹).

محدودیت‌های عمده AHP باعث شد تا ابداع کنندهٔ آن توماس ال ساعتی[۶] روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) را ارائه و معرفی کند که در آن ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود. فرآیند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و شکل گستردهٔ آن محسوب می‌شود که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخورد را نیز می‌توان در نظر گرفت (ساعتی، ۱۹۹۹).

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) هر موضوع و مسئله‌ای را به مثابه شبکه‌ای از عناصر شامل معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها که با یکدیگر در خوشه‌هایی جمع شده‌اند، در نظر می‌گیرد. تمامی عناصر در یک شبکه می‌توانند به هر شکل دارای ارتباط با یکدیگر باشند. به عبارت دیگر، در یک شبکه، بازخورد و ارتباط متقابل بین و میان خوشه‌ها امکان پذیر است (گارسیا ملون و همکاران[۷]، ۲۰۰۸).

مبانی نظری و پیشینهٔ تحقیق

ترکیب DEA و MCDM را می‌توان به عنوان ابزاری در کنترل مدیریت و برنامه‌ریزی استفاده کرد. ساختار این دو نوع مدل تقریباً مشترک می باشد اما DEA عملکرد گذشته را به عنوان بخشی از عملکرد مدیریت کنترل و ارزیابی می‌کند و MCDM به دنبال برنامه‌ریزی برای اجرای برنامه‌های آینده می‌باشد (کوپر، ۲۰۰۴).

در سال ۱۹۹۹، هیتوشی و ماسارو[۸] با استفاده از AHP و DEA به ارزیابی انواع پول‌های الکترونیکی و رتبه‌بندی آنها جهت انتخاب یکی از این پول‌ها پرداختند. پول‌های مورد بررسی عبارت بودند از: VISA Cash، Super Cash، Mondex و J-Debit. این محققین انواع پول‌ها را با توجه به معیارهای سطح امنیت، سطح محافظت شخصی، عملکرد هزینه و مفید بودن اولویت‌بندی نمودند. مطابق نتایج حاصله J-Debit در هر دو روش، برترین نوع پول شناخته شد (هیتوشی و ماسارو، ۱۹۹۹).

در سال ۲۰۰۴، راماکریشان[۹] مدل DEA را برای ایجاد وزن‌های محلی گزینه‌ها از مقایسه‌های زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به کار گرفت. او در مقالهٔ خود نشان داد که روش DEA به درستی می‌تواند وزن ماتریس مقایسه‌های زوجی را در روش AHP را برآورد کند. همچنین، نشان داد که روش DEA بیشتر از هر روش دیگری برای جمع وزن‌های محلی گزینه‌ها در معیارهای مختلف برای به دست آوردن وزن نهایی کارآمد است (راماکریشان، ۲۰۰۴).

در سال ۲۰۱۰، کانگ و لی[۱۰] با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها ، مدلی برای ارزیابی عملکرد تامین‌کنندگان ارائه دادند. این مدل با استفاده از نظر کارشناسان و همچنین استفاده از عوامل کمّی و کیفی می‌تواند تامین‌کنندگان را از نظر کمّی و کیفی رتبه‌بندی نماید (کانگ و لی، ۲۰۱۰).

قاسمی و همکاران در سال ۱۳۹۰، در مقاله‌ای با عنوان «رتبه‌بندی گروهی از محصولات شرکت‌های خودروسازی با رویکرد ترکیبی از مدل‌های DEA بازه‌ای و AHP» مدل گسترش یافته‌ای از تلفیق دو مدل مذکور ارائه دادند که انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به مدل‌های طرح شدهٔ پیشین دارد. با استفاده از این مدل، خودروهای ساخت ایران خودرو، سایپا و برخی از خودروهای وارداتی پارس‌خودرو را با هم مقایسه و رتبه‌بندی کردند (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰).

مظاهری و شیرویه‌زاد در سال ۱۳۹۱، در مقاله‌ای با عنوان «ارائه روشی جهت اولویت‌بندی خودروها با استفاده از تکنیک تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی» به بررسی پرداختند. در این پژوهش معیارها و زیرمعیارهایی که در خرید خودرو مدّ نظر قرار می‌گیرد را با استفاده از مقایسه زوجی و تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی (AHP) الویت‌بندی کرده و وزن تمامی زیرمعیارها را محاسبه کرده و مهمترین معیارهایی که در خرید خودرو باید مدّ نظر قرار گیرد را مشخص کرده است و سپس با استفاده از وزن‌های بدست آمده خودروهای پژو شرکت ایران خودرو را رتبه‌بندی کرده اند (مظاهری و شیرویه‌زاد، ۱۳۹۱).

پاپی و پاپی در سال ۱۳۹۳، در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی کارایی بانک بیمه شرکت‌های بیمه در ایران با استفاده از تلفیق روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP و تحلیل پوششی داده‌ها DEA» به ارزیابی کارایی بانک بیمه شرکت‌های بیمه پرداختند. برای ارزیابی کارایی بانک، از تلفیق روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای و تحلیل پوششی داده‌ها جهت سنجش کارایی عملیاتی واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده کردند. شرکت‌های بیمه ایران، دانا، ایران معین و میهن کاراتر از شرکت‌های دیگر بودند و شرکت بیمه کوثر کارایی ضعیف‌تر از شرکت‌های دیگر داشت (پاپی و پاپی، ۱۳۹۳).

در تحقیقات انجام شده، مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها به تنهایی و یا اکثراً در ترکیب با مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است ولی از ترکیب مدل ابرکارایی غیرشعاعی SAR تحلیل پوششی داده‌ها و مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده نشده است. در این تحقیق سعی بر این است که از ترکیب مدل‌های SAR و ANP استفاده شود، نتیجهٔ این تحقیق می‌تواند کمک بسیار زیادی به مقایسه و رتبه‌بندی گزینه‌ها بخصوص محصولات و تولیدات صنعتی بنماید.

روش تحقیق

این پژوهش به بررسی ارائه یک روش ترکیبی از ANP و مدل SAR در تحلیل پوششی داده‌ها جهت مقایسه و رتبه‌بندی گزینه‌ها پرداخته است و با توجه به اینکه این تحقیق از منظر هدف کاربردی است و پژوهش‌های کاربردی برخلاف پژوهش‌های بنیادی که همواره در جستجوی کشف حقایق و واقعیت‌ها و شناخت پدیده‌ها و اشیاء هستند و روابط علمی را کشف می‌نماید و به تبیین ویژگی‌ها و صفات یک واقعیت می‌پردازد، در جهت رشد و بهترکردن یک محصول یا روال یک فعالیت و خلاصه آزمودن مفاهیم نظری و مجرد (ذهنی) در موقعیت‌های واقعی و زنده است.

در این تحقیق به منظور دستیابی به مفاهیم پایه و مبانی نظری و تعاریف از روش اسنادی استفاده شده است، در واقع روش این تحقیق از نوع توصیفی- کتابخانه‌ای است به طوری که با مطالعهٔ مدل‌های پایه‌ای و نوین که از مقالات و کتب مرجع جمع‌آوری گردیده و با استفاده از ترکیب فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و مدل SAR در تحلیل پوششی داده‌ها، به مقایسه و رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازیم. در ضمن این ساختار در کلیه شرکت‌هایی که قصد مقایسه و رتبه‌بندی محصولات خود را دارند، قابل پیاده سازی است.

محاسبهٔ کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با استفاده از مدل غیر شعاعی SAR

فرض کنید n واحد تصمیم گیرنده داشته باشیم که هر یک دارای m ورودی و s خروجی باشد.

فرض کنید x_{ip} ورودی i اُم واحد p که $p \in \{1, \dots, n\}$,y_{rp} خروجی r اُم واحد p باشد. بنابراین نقطهٔ $(X_p Y_p) = (x_{1P}, x_{2P}, \dots, x_{mp}, y_{1p}, y_{2p}, \dots, y_{mp})$ نمایش واحد p در فضای مجموعه امکان تولید است.

در این روش تمامی واحدها توسط مدل پوششی SAR ارزیابی شده و واحدهای تصمیم گیرندهٔ کارا و ناکارا از این مدل استخراج می شوند. مدل SAR تحت بازده به مقیاس ثابت در رابطهٔ (۳-۱) نشان داده شده است.

$$
\begin{aligned}
&SAR: Min\, z = \frac{1}{2}(\theta_o + \frac{1}{\varphi_o}) \\
&s.t: \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta_o x_{io} \quad i = 1, \dots, m \\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \varphi_o y_{ro} \quad r = 1, \dots, s \\
&\qquad 0 < \theta_o \le 1 \\
&\qquad \varphi_o \ge 1 \\
&\qquad \lambda_j \ge 0 \quad j = 1, \dots, n
\end{aligned}
\tag{۱-۳}
$$

تمامی مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها دارای دو جهت ورودی و خروجی هستند. بسته به نوع مدل، تغییرات ممکن در ورودی‌ها یا خروجی‌ها اعمال می‌شود. برای مثال اگر نوع مدل انتخابی ورودی محور باشد، برای محاسبه کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با ثابت نگه داشتن خروجی‌ها در سطح موجود، سعی بر کاهش ورودی‌ها خواهد شد تا زمانی که تصویر واحد تصمیم‌گیری تحت ارزیابی روی مرز کارایی قرار گیرد و به همین صورت مدل‌های خروجی محور را می‌توان توصیف کرد.

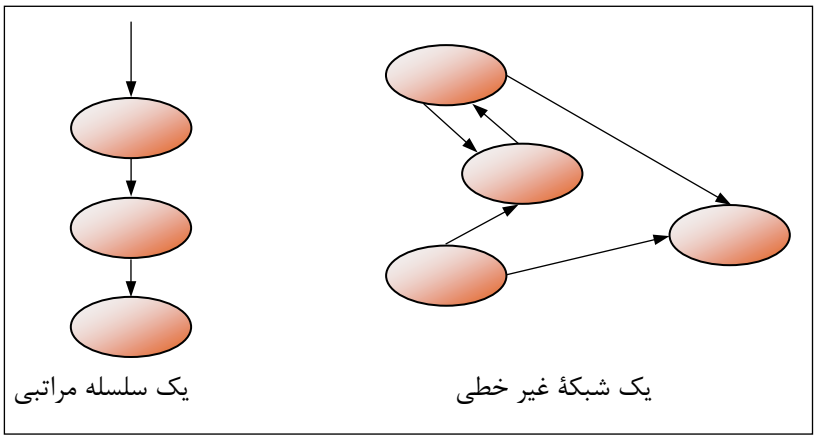
همان‌طور که در رابطهٔ (۳-۱) مشاهده می‌شود، مدل SAR یک مدل بدون جهت است. در این مدل ورودی‌ها و خروجی‌ها به طور همزمان به ترتیب کاهش و افزایش پیدا می‌کنند. بنابراین از این جنبه می‌تواند نسبت به مدل‌های پایه‌ای مطلوب‌تر باشد. برای مثال، یک کارخانه را واحد منتخب برای بررسی فرض کنید، به طوری که کارکنان ورودی آن در نظر گرفته شود و محصول تولیدی خروجی آن باشد. مدل SAR برای کاهش تعداد کارکنان و افزایش تولید محصول عمل می‌کند که می‌تواند برای آن کارخانه بسیار بهینه باشد.

همانطور که مشاهده می‌کنید در رابطهٔ (۳-۱) تمامی محدودیت‌ها خطی هستند، ولی تابع هدف غیرخطی است. از آنجایی که مسائلی که به بررسی آنها پرداخته می‌شود، در تحلیل پوششی داده ها، متناهی بوده و دارای مجموعه امکان تولید محدب‌اند، بنابراین همواره دارای جواب هستند. مقدار φ_o در مدل بالا رو به افزایش است که در نهایت توسط محدودیت

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq \varphi_o y_{rp}$ کنترل می‌شود و مقدار آن به بی‌نهایت میل نمی‌کند. اما از لحاظ ریاضی نمی‌توان از خطای موجود در مدل‌های غیرخطی چشم‌پوشی کرد.

مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی باید وابستگی‌ها به صورت خطی – از بالا به پایین و یا بالعکس – باشد چنانچه وابستگی دو طرفه بوده یعنی وزن معیارها وابسته باشد مسئله دیگر از حالت سلسله مراتبی خارج شده و تشکیل یک شبکه یا سیستم غیرخطی یا سیستم بازخورد را می‌دهد که در این صورت برای محاسبهٔ وزن عناصر نمی‌توان از قوانین و فرمول‌های سلسله مراتبی استفاده کرد زیرا با اصل سوم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مغایرت پیدا می‌کند در این حالت برای محاسبهٔ وزن عناصر باید از تئوری شبکه‌ها استفاده نمود. شکل (۳-۱) نمونه‌ای از یک سلسله مراتبی و نمونه‌ای از شبکه را نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌شود در حالت سلسله مراتبی ارتباط، یکطرفه بوده که از بالا به پایین و یا بالعکس می‌باشد در حالیکه در شبکه ممکن است یک عنصر بر عناصر دیگر در هر جهت و یا حتی بر خودش هم تاثیر داشته و وابسته باشد (قدسی پور، ۱۳۹۲).



شکل (۳-۱) تفاوت ساختاری سلسله مراتبی (خطی) با شبکه (غیرخطی) (قدسی پور، ۱۳۹۲)

حل مسائل شبکه‌ای

ساعتی در سال ۱۹۹۴ روشی را برای تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه کرده است که این روش به اختصار فرآیند تحلیل شبکه‌ای یا ANP نامیده شده و هدف از ارائه آن ساختن مدلی می‌باشد

که از طریق آن بتوان مسائل پیچیده تصمیم‌گیری چند معیاره را به صورت اجزاء کوچک‌تر تجزیه نمود و به واسطه مقدار دهی معقولانه به اجزاء ساده‌تر و سپس ادغام این مقادیر تصمیم‌گیری نهایی را انجام داد.ANP یک تئوری ریاضی است که به طور سیستماتیک با انواع وابستگی‌ها سر و کار داشته و به طور موفقیت آمیزی در زمینه‌های گوناگون به کار گرفته شده است. فرآیند تحلیل شبکه‌ای را می‌توان کاملترین روش تصمیم‌گیری چند معیاره نامید که تاکنون ارائه شده است، روش ANP شکل توسعه یافته‌ای از AHP است که قادر است همبستگی‌ها و بازخوردهای موجود بین عناصر مؤثر در یک تصمیم‌گیری را مدل‌سازی نموده و تمامی تأثیرات درونی اجزای مؤثر در تصمیم‌گیری را منظور و وارد محاسبات نماید، لذا به واسطه این ویژگی، این تکنیک متمایز و برتر از مدل‌های قبلی مربوطه می‌باشد.

در این روش شبکه را به شاخه‌های کوچکتر تقسیم نموده و تک تک عناصر هر شاخه مانند i را نسبت به یک عنصر در شاخه j اُم مقایسهٔ زوجی می‌نماییم و ترجیح آنها را به دست آورده و ماتریس مقایسهٔ زوجی را تشکیل می‌دهیم. سپس بردار ویژه این ماتریس را به دست می‌آوریم (به عبارت دیگر از مقایسهٔ عناصر شاخه i با هر عنصر از j یک بردار ویژه حاصل می شود). حال با مجموعهٔ این بردارهای ویژه یک ماتریس بزرگ (سوپر ماتریس) تشکیل داده که از به توان بالا رساندن آن بردار وزن‌ها به دست می‌آیند. در ادامه همین موضوع را به بیان دیگر تشریح می‌نماییم.

تصور کنید که مسئله دارای N شاخه به نامهای c_1 ، c_2 ، ... و c_N بوده و در شاخهٔ i اُم تعداد n_i عنصر وجود داشته باشد حال اگر دو شاخهٔ i و j را انتخاب کرده و تمام عناصر i را به صورت زوجی نسبت به عنصر اول j مقایسه کرده، ماتریس مقایسهٔ زوجی که در زیر نشان داده شده است به دست می آید. این ماتریس، مقایسهٔ زوجی کلیه عناصر شاخه i نسبت به عنصر اول شاخهٔ j است که در رابطهٔ (۳-۲) نشان داده شده است.

$$D = \begin{matrix} \\ i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_{n1} \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} i_1 & i_2 & \cdots & i_{n1} \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{ni,1} & a_{ni,2} & \cdots & a_{ni,ni} \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{bmatrix} w_{i1}^{j1} \\ w_{i2}^{j1} \\ \vdots \\ w_{in_i}^{j1} \end{bmatrix} \qquad (۳-۲)$$

بردار ویژه حاصل از این مقایسهٔ زوجی به صورت رابطهٔ (۳-۳) تعریف می‌شود. چنانچه این مقایسهٔ زوجی معنی‌دار نباشد بردار ویژهٔ مربوطه صفر خواهد بود:

$$\begin{bmatrix} w_{i1}^{j1} \\ w_{i2}^{j1} \\ \vdots \\ w_{in_i}^{j1} \end{bmatrix} \qquad (۳-۳)$$

حال چنانچه تمام عناصر i را با یکدیگر به صورت زوجی نسبت به تمام عناصر j مقایسه شوند و بردارهای ویژهٔ آن را به دست آوریم ماتریس (۳-۴) حاصل خواهد شد:

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} w_{i1}^{j1} & w_{i1}^{j2} & \cdots & w_{i1}^{jn_j} \\ w_{i2}^{j1} & w_{i2}^{j2} & \cdots & w_{i2}^{jn_j} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_{in_i}^{j1} & w_{in_i}^{j2} & \cdots & w_{in_i}^{jn_j} \end{bmatrix} \qquad (۴-۳)$$

اگر ماتریس فوق را برای تمام شاخه‌ها به دست آوریم ماتریس (۳-۵) به دست می‌آید که به آن سوپر ماتریس گفته می‌شود:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \cdots & w_{NN} \end{bmatrix} \qquad (۵-۳)$$

ساعتی با استفاده از ماتریس‌های احتمالی و زنجیره‌های مارکف ثابت می‌کند که وزن نهایی عناصر از رابطه (۳-۶) به دست می‌آید:

$$W = \lim_{k\to\infty} W^{2k+1} \qquad (۶-۳)$$

مراحل اصلی فرآیند مدل‌سازی در ANP

ANP از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است:

۱) ساختن مدل و سازماندهی مسئله.

۲) ماتریس‌های مقایسه زوجی و بردارهای اولویت.

۳) تشکیل ابرماتریس (ماتریس تصمیم).

۴) محاسبه بردار وزن نهایی.

مزیت ترکیب مدل SAR و ANP

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بدون در نظر گرفتن ارتباط بین گزینه‌ها و شاخص‌ها و صرفاً با استفاده از وزن‌دهی به شاخص‌ها ، کارا یا ناکارا بودن گزینه‌ها را مشخص می‌کنند در حالی که فرآیند تحلیل شبکه‌ای با در نظر گرفتن روابط بین گزینه‌ها و شاخص‌ها و مقایسات زوجی بین آنها می‌تواند گزینه‌ها را امتیازدهی و رتبه‌بندی نماید ولی قادر نیست کارا یا ناکارا بودن گزینه‌ها را مشخص کند. در نتیجه با ترکیب این دو مدل قادر به اندازه‌گیری کارایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها خواهیم بود.

نتایج و حل مطالعهٔ موردی

اغلب شرکت‌ها و موسسات به دلیل عدم اولویت‌بندی مناسب در معیارها و شاخص‌ها قادر به اولویت‌بندی محصولات خود برای اختصاص دادن منابع به آنها نمی‌باشند و در شرایطی که منابع از اهمیت فراوانی برخوردار است بسیاری از منابع خود را از دست می‌دهند. در دنیای رقابتی امروز کلیه سازمان‌ها و صنایع درتلاشند تا با تولید محصولی که در مورد خواست و نیاز مشتری باشد بتوانند هرچه بیشتر سهم خود را در بازار افزایش دهند و بازار محصول را تسخیر کنند. یکی از این صنایع صنعت خودروسازی می‌باشد که اکثر افراد جامعه با آن درگیر هستند و سهم زیادی از بازار را به خود تخصیص داده است بنابراین در دنیای رقابتی امروز برای کسب مشتریان بیشتر و همچنین وفاداری مشتریان باید تلاشی درجهت ارائه خدماتی که بیشتر مدّ نظر آنها می‌باشد معیارهای متعدد در اولویت‌بندی خودروها مدّ نظر قرار می‌گیرد (مظاهری و شیرویه‌زاد، ۱۳۹۱).

روش پیشنهادی

در اولویت‌بندی خودروها معیارهای متعددی مدّ نظر قرار می‌گیرد. در این مطالعه که برای ارزیابی عملکرد محصولات شرکت کرمان موتور انجام شده است، شاخص‌های کارا و مناسب با مطالعه کتب، مقالات و تحقیقات پیشین، نظرات محققان و صاحب‌نظران مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در راستای تجزیه و تحلیل اطلاعات و مقایسه و رتبه‌بندی محصولات، از مدل

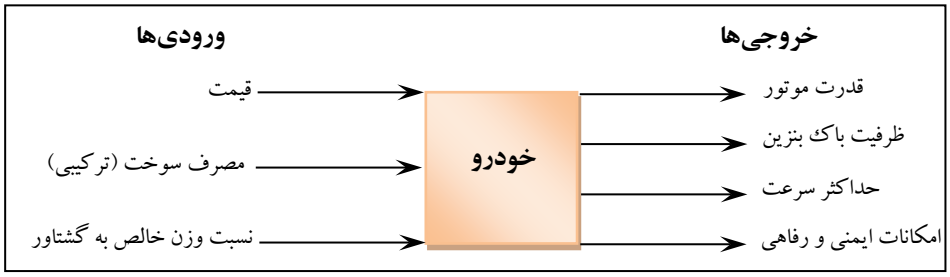
غیرشعاعی SAR در تحلیل پوششی داده‌ها جهت اندازه‌گیری کارایی و مقایسهٔ محصولات و از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به منظور رتبه‌بندی محصولات استفاده می‌شود.

جامعهٔ آماری

در این پژوهش ۷ خودرو از شرکت کرمان موتور انتخاب شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

استخراج شاخص‌های کلیدی

با استفاده از شاخص‌های به دست آمده و بررسی تحقیقات پیشین در خصوص مدل SAR در ارزیابی، شاخص‌های ورودی و خروجی انتخاب شدند. ورودی‌ها شاخص‌هایی هستند که از دید مشتریان و مصرف‌کنندگان هر چه کمتر باشند بهتر است و خروجی‌ها نمایانگر موفقیت و سطح عملکرد خودروها می‌باشند که در شکل (۴-۱) نشان داده شده است:



شکل (۴-۱) ورودی‌ها و خروجی‌های مدل SAR

حال با توجه به داده‌های معرفی شده در بالا، داده‌های ورودی و خروجی برای محصولات منتخب شرکت کرمان موتور به صورت جدول (۴-۱) می‌باشد:

جدول (۴-۱) اطلاعات خودروها جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات

	ورودی‌ها			خروجی‌ها			
	A	B	C	D	E	F	G
شاخص / نام خودرو	قیمت (میلیون تومان)	مصرف سوخت (ترکیبی)	نسبت وزن خالص به گشتاور	قدرت موتور (اسب بخار)	ظرفیت باک بنزین (لیتر)	حداکثر سرعت (کیلومتر)	امکانات رفاهی و ایمنی (امتیاز از ۱۰۰)
جک S5 اتوماتیک	۸۹/۵	۹/۶	۵/۸	۱۷۴	۵۵	۱۸۰	۷۴
لیفان ۸۲۰ اتوماتیک	۸۳	۱۰/۲	۷	۱۵۸	۶۳	۱۸۰	۶۰
جک S5 دنده‌ای	۷۷/۹	۹/۲	۶/۴	۱۷۴	۵۵	۱۸۰	۴۶
لیفان X60 دنده‌ای	۶۱/۱	۸/۶	۷/۹	۱۳۱	۵۵	۱۷۰	۲۹
جک J5 اتوماتیک	۶۲/۵	۹/۳	۸/۲	۱۴۱	۵۵	۱۷۵	۴۹
لیفان X50 اتوماتیک	۵۳/۵	۸	۸/۸	۱۰۲	۴۲	۱۶۰	۳۱
جک J5 دنده‌ای	۵۱/۵	۷/۲	۹	۱۱۱	۵۵	۱۷۵	۳۰

تجزیه و تحلیل داده‌ها با مدل SAR

در این روش ابتدا تمامی واحدها توسط مدل SAR ارزیابی شده و کارایی آن‌ها از این مدل با پیاده‌سازی در نرم افزار Lingo بصورت جدول (۴-۲) می‌باشد:

جدول (۴-۲) کارایی خودروهای مورد بررسی

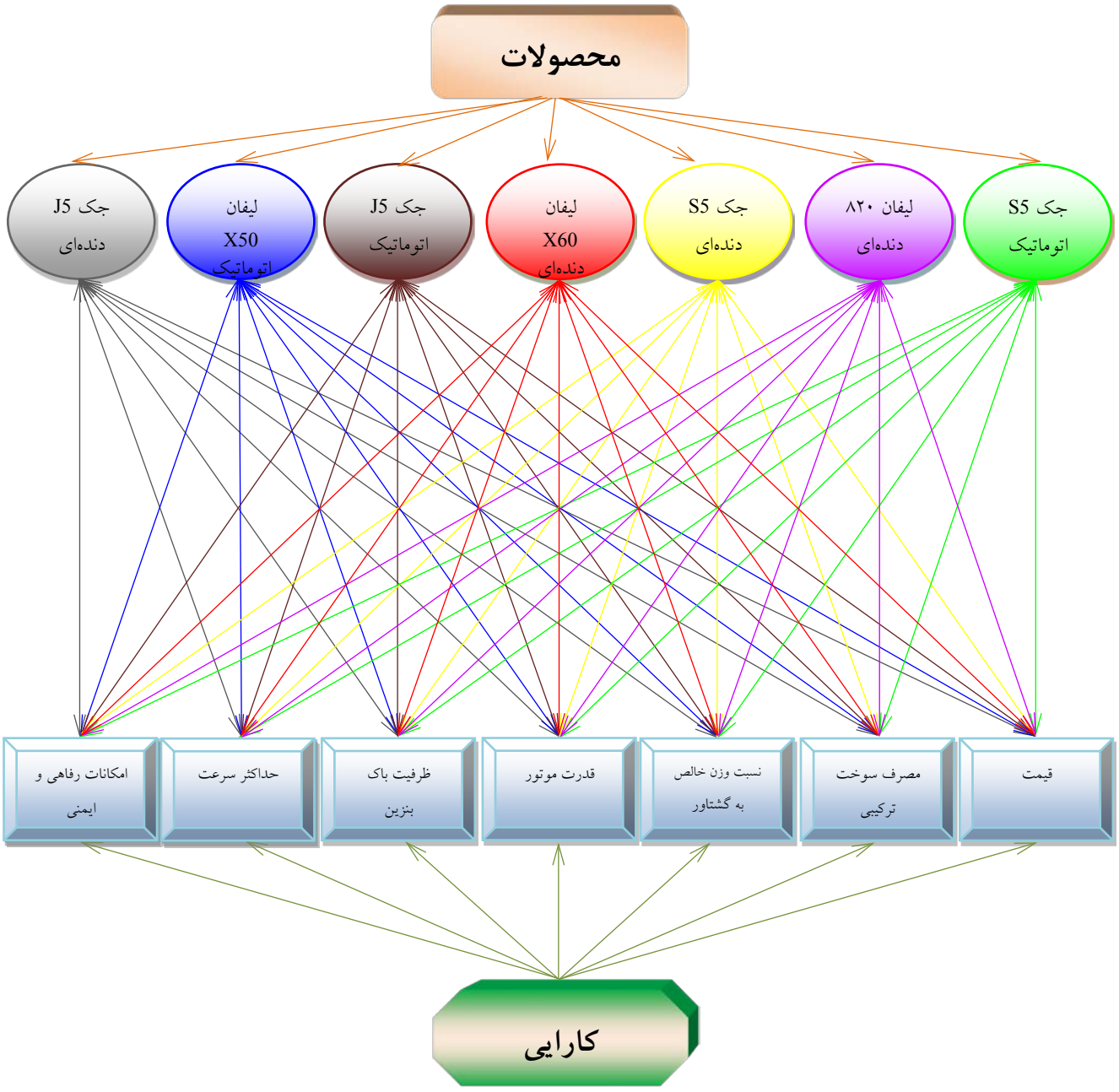
ردیف	نام خودرو	کارایی	نتیجه
۱	جک S5 اتوماتیک	۱	کارا
۲	لیفان ۸۲۰ اتوماتیک	۱	کارا
۳	جک S5 دنده‌ای	۱	کارا
۴	لیفان X60 دنده‌ای	۱	کارا
۵	جک J5 اتوماتیک	۱	کارا
۶	لیفان X50 اتوماتیک	۰/۹۵۸۵	ناکارا
۷	جک J5 دنده‌ای	۱	کارا

پس از بدست آمدن کارایی خودروهای مورد بررسی طبق جدول فوق که همهٔ خودروها به غیر از لیفان X50 اتوماتیک، کارا هستند برای رتبه‌بندی خودروها از تحلیل فرآیند شبکه‌ای استفاده می‌گردد.

مدل‌سازی و حل مسئله به روش ANP برای رتبه‌بندی محصولات

با توجه به مدل ANP ما می‌خواهیم رتبه‌بندی محصولات را بدست آوریم، برای اینکار طبق الگوریتم ANP پیش می‌رویم:

مرحله اول) برای این مرحله مستلزم نمودار درختی مدل هستیم که در شکل (۴-۲) آورده شده است:



شکل (۴-۲) مدل درختی ساختار شبکه

مرحله دوم) در این مرحله ماتریس‌های زوجی و بردارهای الویت تعیین می‌شوند که این کار بر اساس ماتریس اولیه که نشان دهندهٔ وضعیت معیارهای گوناگون مرتبط به هم در سیستم مورد بررسی است انجام می‌گردد. برای بدست آوردن این مقادیر با توجه به اینکه معیارها تماماً کمّی و واقعی بوده ولی مقیاس‌های متفاوت دارند از روش بی‌واحد نمودن خطی، داده‌ها را بی‌مقیاس می‌کنیم که مقادیر به دست آمده در جدول (۴-۳) نشان داده شده است:

جدول (۴-۳) وضعیت معیارهای گوناگون مرتبط به هم

محصولات / شاخص‌ها	جک S5 اتوماتیک	لیفان ۸۲۰ اتوماتیک	جک S5 دنده‌ای	لیفان X60 دنده‌ای	جک J5 اتوماتیک	لیفان X50 اتوماتیک	جک J5 دنده‌ای
قیمت	۱	۰/۹۲۷۴	۰/۸۷۰۴	۰/۶۸۲۷	۰/۶۹۸۳	۰/۵۹۷۸	۰/۵۷۵۴
مصرف سوخت ترکیبی	۰/۹۴۱۲	۱	۰/۹۰۲	۰/۸۴۳۱	۰/۹۱۱۸	۰/۷۸۴۳	۰/۷۰۵۹
نسبت وزن خالص به گشتاور	۰/۶۴۷۳	۰/۷۷۶۲	۰/۷۱۱	۰/۸۷۹	۰/۹۱۱۸	۰/۹۸۰۹	۱
قدرت موتور	۱	۰/۹۰۸	۱	۰/۷۵۲۹	۰/۸۱۰۳	۰/۵۸۶۲	۰/۶۳۷۹
ظرفیت باک بنزین	۰/۸۷۳	۱	۰/۸۷۳	۰/۸۷۳	۰/۸۷۳	۰/۶۶۶۷	۰/۸۷۳
حداکثر سرعت	۱	۱	۱	۰/۹۴۴۴	۰/۹۷۲۲	۰/۸۸۸۹	۰/۹۷۲۲
امکانات رفاهی و ایمنی	۱	۰/۸۱۰۸	۰/۶۲۱۶	۰/۳۹۱۹	۰/۶۶۲۲	۰/۴۱۸۹	۰/۴۰۵۴

سپس ماتریس‌های زوجی را با استفاده از ماتریس اولیه تشکیل می‌دهیم. به این صورت که یکبار ارکان کارایی را نسبت به تک تک ارکان محصولات می‌سنجیم (جدول ۴-۴)، سپس ارکان محصولات نسبت به تک تک ارکان کارایی سنجیده می شود (جدول ۴-۵). وزن‌های مقایسه‌ای به این صورت بدست می‌آیند که بر روی ستون‌ها نرمال سازی انجام می‌گیرد یعنی وزن اولیه بر مجموع تمام وزن‌های هر ستون تقسیم می‌شوند. جداول (۴-۶) و (۴-۷) دو نمونه از ماتریس‌های زوجی است که نشان داده شده است:

جدول (۴-۴) ماتریس زوجی ارکان کارایی نسبت به ارکان محصولات

کارایی / محصولات	قیمت	مصرف سوخت ترکیبی	نسبت وزن خالص به گشتاور	قدرت موتور	ظرفیت باک بنزین	حداکثر سرعت	امکانات رفاهی و ایمنی
جک S5 اتوماتیک	۰/۱۸۶۸	۰/۱۵۴۶	۰/۱۰۹۶	۰/۱۷۵۶	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۷۵	۰/۲۳۲
لیفان ۸۲۰ اتوماتیک	۰/۱۷۳۳	۰/۱۶۴۲	۰/۱۳۱۴	۰/۱۵۹۴	۰/۱۶۵۸	۰/۱۴۷۵	۰/۱۸۸۱
جک S5 دنده‌ای	۰/۱۶۲۶	۰/۱۴۸۲	۰/۱۲۰۴	۰/۱۷۵۶	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۷۵	۰/۱۴۴۲
لیفان X60 دنده‌ای	۰/۱۲۷۶	۰/۱۳۸۵	۰/۱۴۸۸	۰/۱۳۲۲	۰/۱۴۴۷	۰/۱۳۹۳	۰/۰۹۰۹
جک J5 اتوماتیک	۰/۱۳۰۵	۰/۱۴۹۸	۰/۱۵۴۴	۰/۱۴۲۳	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۳۴	۰/۱۵۳۶
لیفان X50 اتوماتیک	۰/۱۱۱۷	۰/۱۲۸۸	۰/۱۶۶۱	۰/۱۰۲۹	۰/۱۱۰۵	۰/۱۳۱۲	۰/۰۹۷۲
جک J5 دنده‌ای	۰/۱۰۷۵	۰/۱۱۵۹	۰/۱۶۹۳	۰/۱۱۲	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۳۴	۰/۰۹۴

جدول (۴-۵) ماتریس زوجی ارکان محصولات نسبت به ارکان کارایی

محصولات / کارایی	جک S5 اتوماتیک	لیفان ۸۲۰ اتوماتیک	جک S5 دنده‌ای	لیفان X60 دنده‌ای	جک J5 اتوماتیک	لیفان X50 اتوماتیک	جک J5 دنده‌ای
قیمت	۰/۱۵۴۸	۰/۱۴۴۴	۰/۱۴۵۶	۰/۱۲۷۲	۰/۱۱۹۶	۰/۱۲۱۴	۰/۱۱۱۳
مصرف سوخت ترکیبی	۰/۱۴۵۷	۰/۱۵۵۷	۰/۱۵۰۹	۰/۱۵۷۱	۰/۱۵۶۱	۰/۱۵۹۳	۰/۱۳۶۵
نسبت وزن خالص به گشتاور	۰/۱۰۰۲	۰/۱۲۰۹	۰/۱۱۸۹	۰/۱۶۳۸	۰/۱۵۶۱	۰/۱۹۹۲	۰/۱۹۳۴
قدرت موتور	۰/۱۵۴۸	۰/۱۴۱۴	۰/۱۶۷۳	۰/۱۴۰۳	۰/۱۳۸۸	۰/۱۱۹۱	۰/۱۲۳۴
ظرفیت باک بنزین	۰/۱۳۵۱	۰/۱۵۵۷	۰/۱۴۶	۰/۱۶۲۷	۰/۱۴۹۵	۰/۱۳۵۴	۰/۱۶۸۹
حداکثر سرعت	۰/۱۵۴۸	۰/۱۵۵۷	۰/۱۶۷۳	۰/۱۷۶	۰/۱۶۶۵	۰/۱۸۰۵	۰/۱۸۸۱
امکانات رفاهی و ایمنی	۰/۱۵۴۸	۰/۱۲۶۲	۰/۱۰۴	۰/۰۷۳	۰/۱۱۳۴	۰/۰۸۵۱	۰/۰۷۸۴

جدول (۴-۶) ماتریس زوجی رکن قیمت نسبت به تک تک خودروها

قیمت	
جک S5 اتوماتیک	۰/۱۵۴۸
لیفان ۸۲۰ اتوماتیک	۰/۱۴۵۷
جک S5 دنده‌ای	۰/۱۰۰۲
لیفان X60 دنده‌ای	۰/۱۵۴۸
جک J5 اتوماتیک	۰/۱۳۵۱
لیفان X50 اتوماتیک	۰/۱۵۴۸
جک J5 دنده‌ای	۰/۱۵۴۸

جدول (۴-۷) ماتریس زوجی جک S5 اتوماتیک نسبت به ارکان کارایی

جک S5 اتوماتیک	
قیمت	۰/۱۵۴۸
مصرف سوخت ترکیبی	۰/۱۴۵۷
نسبت وزن خالص به گشتاور	۰/۱۰۰۲
قدرت موتور	۰/۱۵۴۸
ظرفیت باک بنزین	۰/۱۳۵۱
حداکثر سرعت	۰/۱۵۴۸
امکانات رفاهی و ایمنی	۰/۱۵۴۸

مرحله سوم) تشکیل سوپر ماتریس اولیه با استفاده از ماتریس‌های زوجی که به صورت جدول (۴-۸) می‌باشد:

جدول (۴-۸) سوپر ماتریس اولیه

۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۸۶۸	۰/۱۵۴۶	۰/۱۰۹۶	۰/۱۷۵۶	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۷۵	۰/۲۳۲
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۷۳۳	۰/۱۶۴۲	۰/۱۳۱۴	۰/۱۵۹۴	۰/۱۶۵۸	۰/۱۴۷۵	۰/۱۸۸۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶۲۶	۰/۱۴۸۲	۰/۱۲۰۴	۰/۱۷۵۶	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۷۵	۰/۱۴۴۲
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲۷۶	۰/۱۳۸۵	۰/۱۴۸۸	۰/۱۳۲۲	۰/۱۴۴۷	۰/۱۳۹۳	۰/۰۹۰۹
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۳۰۵	۰/۱۴۹۸	۰/۱۵۴۴	۰/۱۴۲۳	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۳۴	۰/۱۵۳۶
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱۱۷	۰/۱۲۸۸	۰/۱۶۶۱	۰/۱۰۲۹	۰/۱۱۰۵	۰/۱۳۱۲	۰/۰۹۷۲
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۰۷۵	۰/۱۱۵۹	۰/۱۶۹۳	۰/۱۱۲	۰/۱۴۴۷	۰/۱۴۳۴	۰/۰۹۴
۰/۱۵۴۸	۰/۱۴۴۴	۰/۱۴۵۶	۰/۱۲۷۲	۰/۱۱۹۶	۰/۱۲۱۴	۰/۱۱۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۴۵۷	۰/۱۵۵۷	۰/۱۵۰۹	۰/۱۵۷۱	۰/۱۵۶۱	۰/۱۵۹۳	۰/۱۳۶۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۰۰۲	۰/۱۲۰۹	۰/۱۱۸۹	۰/۱۶۳۸	۰/۱۵۶۱	۰/۱۹۹۲	۰/۱۹۳۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۵۴۸	۰/۱۴۱۴	۰/۱۶۷۳	۰/۱۴۰۳	۰/۱۳۸۸	۰/۱۱۹۱	۰/۱۲۳۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۳۵۱	۰/۱۵۵۷	۰/۱۴۶	۰/۱۶۲۷	۰/۱۴۹۵	۰/۱۳۵۴	۰/۱۶۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۵۴۸	۰/۱۵۵۷	۰/۱۶۷۳	۰/۱۷۶	۰/۱۶۶۵	۰/۱۸۰۵	۰/۱۸۸۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۵۴۸	۰/۱۲۶۲	۰/۱۰۴	۰/۰۷۳	۰/۱۱۳۴	۰/۰۸۵۱	۰/۰۷۸۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

مرحله چهارم) تشکیل سوپر ماتریس نهایی که همان سوپر ماتریس وزنی می‌باشد، زیرا مجموع هر ستون برابر یک است. حال برای تشخیص موثرترین رکن به طور متوالی به توان‌های فرد می‌رسانیم تا اعداد هر سطر همگرا شوند. منظور از همگرایی اینست که اعداد در هر سطر با هم برابر شوند که نتیجه در جدول (۴-۹) آمده است:

جدول (۴-۹) سوپر ماتریس وزنی

۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶۰۹	۰/۱۶۰۹	۰/۱۶۰۹	۰/۱۶۰۹	۰/۱۶۰۹	۰/۱۶۰۹	۰/۱۶۰۹
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۵۹۹	۰/۱۵۹۹	۰/۱۵۹۹	۰/۱۵۹۹	۰/۱۵۹۹	۰/۱۵۹۹	۰/۱۵۹۹
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۴۸۸	۰/۱۴۸۸	۰/۱۴۸۸	۰/۱۴۸۸	۰/۱۴۸۸	۰/۱۴۸۸	۰/۱۴۸۸
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۳۳۶	۰/۱۳۳۶	۰/۱۳۳۶	۰/۱۳۳۶	۰/۱۳۳۶	۰/۱۳۳۶	۰/۱۳۳۶
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۴۵۴	۰/۱۴۵۴	۰/۱۴۵۴	۰/۱۴۵۴	۰/۱۴۵۴	۰/۱۴۵۴	۰/۱۴۵۴
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲۲۶	۰/۱۲۲۶	۰/۱۲۲۶	۰/۱۲۲۶	۰/۱۲۲۶	۰/۱۲۲۶	۰/۱۲۲۶
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲۸۷	۰/۱۲۸۷	۰/۱۲۸۷	۰/۱۲۸۷	۰/۱۲۸۷	۰/۱۲۸۷	۰/۱۲۸۷
۰/۱۳۳۳	۰/۱۳۳۳	۰/۱۳۳۳	۰/۱۳۳۳	۰/۱۳۳۳	۰/۱۳۳۳	۰/۱۳۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۵۱۶	۰/۱۵۱۶	۰/۱۵۱۶	۰/۱۵۱۶	۰/۱۵۱۶	۰/۱۵۱۶	۰/۱۵۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۱	۰/۱۴۷۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۴۱۸	۰/۱۴۱۸	۰/۱۴۱۸	۰/۱۴۱۸	۰/۱۴۱۸	۰/۱۴۱۸	۰/۱۴۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۵۰۲	۰/۱۵۰۲	۰/۱۵۰۲	۰/۱۵۰۲	۰/۱۵۰۲	۰/۱۵۰۲	۰/۱۵۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۶۸۸	۰/۱۶۸۸	۰/۱۶۸۸	۰/۱۶۸۸	۰/۱۶۸۸	۰/۱۶۸۸	۰/۱۶۸۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰/۱۰۷۳	۰/۱۰۷۳	۰/۱۰۷۳	۰/۱۰۷۳	۰/۱۰۷۳	۰/۱۰۷۳	۰/۱۰۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اوزان به دست آمده در ANP خودروهای مورد بررسی طبق جدول (۴-۱۰) رتبه‌بندی می‌شوند:

جدول (۴-۱۰) رتبه‌بندی محصولات

رتبه	نام خودرو	وزن
۱	جک S5 اتوماتیک	۰/۱۶۰۹
۲	لیفان ۸۲۰ اتوماتیک	۰/۱۵۹۹
۳	جک S5 دنده‌ای	۰/۱۴۸۸
۴	جک J5 اتوماتیک	۰/۱۴۵۴
۵	لیفان X60 دنده‌ای	۰/۱۳۳۶
۶	جک J5 دنده‌ای	۰/۱۲۸۷
۷	لیفان X50 اتوماتیک	۰/۱۲۲۶

همانگونه که در جدول فوق ملاحظه می‌گردد خودروی لیفان X50 اتوماتیک که تنها خودروی ناکارا در مدل SAR شناخته شده بود، در رتبه‌بندی خودروها توسط تکنیک ANP نیز در پایین‌ترین رتبه قرار گرفت و سایر محصولات که در مدل SAR کارا شناخته شده بودند با استفاده از اوزان بدست آمده در ANP به سادگی رتبه‌بندی شدند.

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم گیرنده‌ای است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. در تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل عدم استفاده از تابع تولید، از قبل هیچ پیش‌داوری دربارهٔ شرکت‌های مورد بررسی انجام نمی‌شود و از این رو مدل‌های DEA به دلیل استفاده از فرضیه‌های کمتر در روند ارزیابی شرکت‌ها، نسبت به مدل‌های مشابه، به جایگاه خاصی دست یافته‌اند. برای رتبه‌بندی واحدهای کارا در DEA روش‌های گوناگونی معرفی شده است.

مدل SAR یک مدل شعاعی و بدون جهت است. در این مدل ورودی‌ها و خروجی‌ها به طور همزمان به ترتیب کاهش و افزایش پیدا می‌کنند. در نتیجه این مدل می‌تواند از این نظر نسبت به دیگر مدل‌های پایه‌ای مطلوب‌تر باشد. بر اساس این مدل ابتدا تمامی واحدها توسط مدل

تحلیل پوششی SAR ارزیابی شده بدین ترتیب واحدهای تصمیم گیرندهٔ کارا و ناکارا از این مدل استخراج می‌گردند سپس بعد از استخراج واحدهای کارا و ناکارا از طریق مدل SAR تمام واحدهای کارا در مجموعه‌ای قرار می‌گیرد و جهت رتبه‌بندی محصولات از مدل فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) استفاده شده است.

مدل فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) نیز یک مدل پیشرفته جهت ساخت و تحلیل تصمیم گیری است. این مدل قابلیت محاسبه سازگاری قضاوت‌ها وانعطاف‌پذیری در تعداد سطوح معیارهای قضاوت را دارد. ANP دارای رویکرد نسبتاً ساده و قابل درکی است که به راحتی توسط مدیران و تصمیم گیرندگان مورد پذیرش قرار می‌گیرد (پهلوان و همکاران، ۱۳۹۰).

در این پژوهش ۷ خودرو از شرکت کرمان موتور انتخاب شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از شاخص‌های به دست آمده و بررسی تحقیقات پیشین در زمینهٔ مدل SAR در ارزیابی، شاخص‌های ورودی و خروجی انتخاب شدند، خروجی مدل SAR محصولات کارا و نا کارا را مشخص نمودکه کارایی آن‌ها از این مدل با پیاده‌سازی این روابط در نرم‌افزار Lingo بدست آمد.

پس از بدست آمدن کارایی واحدهای مورد بررسی برای رتبه‌بندی نهایی خودروها از فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده شد. فرآیند تحلیل شبکه‌ای یک مدل پیشرفته جهت ساخت و تحلیل تصمیم‌گیری است. این مدل قابلیت محاسبه سازگاری قضاوت‌ها و انعطاف‌پذیری در تعداد سطوح و معیارهای قضاوت را دارد. فرآیند تحلیل شبکه‌ای مدل تعمیم یافتهٔ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است که فرض موجود در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مبنی بر عدم وجود رابطه بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری را ندارد. این مدل برای پر کردن خلا عدم ایجاد ارتباطات بین عناصر و معیارها در مدل سلسله مراتبی به وجود آمد و اساس آن شکل‌دهی یک شبکه‌ای از ارتباطات و وابستگی‌ها و پیوندها، بین عناصر و خوشه‌ها است.

با استفاده از ANP رتبه‌بندی محصولات بدست آمد. برای اینکار طبق الگوریتم ANP پیش رفتیم. در مرحله اول نمودار درختی ارائه شد. در مرحله دوم ماتریس‌های زوجی و بردارهای الویت تعیین شدند. این کار بر اساس ماتریس اولیه که نشان‌دهندهٔ وضعیت معیارهای گوناگون مرتبط به هم سیستم مورد بررسی است. تشکیل ابر ماتریس با استفاده از ماتریس‌های زوجی توسط نرم افزار MATLAB انجام شد.

منابع

۱) صفایی قادیکلایی ع، یحیی‌زاده‌فر م، شکوهی ب. (۱۳۸۶). **اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در سازمان بورس اوراق بهادار تهران،** پژوهش نامه علوم انسانی و اجتماعی، ۲۵: صص ۹۷-۱۲۰.

2) Reichman G, Sommersguter R. (2006). University library benchmarking: **an international comparison using DEA**, Int. J.Production Economics, 100: pp 131-147.

۳) علی‌نژاد ع، زهره بندیان م، اسفندیاری ن. (۱۳۹۰). **مقدمه‌ای بر سیستم‌های اندازه‌گیری عملکرد،** چاپ دوم، قزوین: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، ۱۶۷ صفحه.

4) Jahanshahloo GR, Junior HV, Lotfi FH, Akbarian D. (2007). **A new DEA ranking system based on changing the reference set**, European Journal of Operational Research, 1: pp 331-337.

۵) رخشان س ع، علیرضایی م. (۱۳۹۳). **رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل ابرکارایی غیرشعاعی،** مدیریت صنعتی، ۲: صص ۳۱۶-۳۰۶.

۶) علی‌نژاد ع، ماکوئی ا، اسفندیاری ن. (۱۳۹۰). **تکنیک‌های نوین در تصمیم‌گیری چند شاخصه،** چاپ دوم، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۰۴ صفحه.

۷) زبردست ا. (۱۳۸۹). **کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای،** نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، ۴۱: صص ۹۰-۷۹.

8) Saaty T L. (1999). **Fundamentals of the Analytic Network Process**, Proceedings of ISAHP 1999, Kobe, Japan.

9) Garcia-Melon M, Javier FO, Jeronimo AB, Pablo AB, Rocio PB. (2008). **Farmland appraisal based on the analytic network process**. Journal of Global Optimization, 42: pp 143-155.

10) Cooper W W. (2004). Origins, uses, and relation between goal programming and data envelopment analysis in: MCDM 2004, Whistler, BC. Canada, pp 6-11.

11) Hitoshi O, Masaro O. (1999). **Analyzing electronic money with AHP and DEA: IEIC technical report**, Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 99: pp 21-26.

12) Ramakrishan R. (2004). Data envelopment analysis for weight deviation and aggregation in the analytic hierarchy process, Computer & Operation research, 23: pp 1289-1307.

13) Kang HY, Lee AHI. (2010). A new supplier performance evaluation model: A case study of integrated circuit (IC) packaging companies, Kybernetes, 39: pp 37-54.

۱۴) قاسمی ه، دین‌محمدی م، نجفی ا. (۱۳۹۰). رتبه‌بندی گروهی از محصولات شرکت‌های خودروسازی با رویکرد ترکیبی از مدل‌های DEA بازه‌ای و AHP، فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی، ۶: صص ۸۴-۶۱.

۱۵) مظاهری م، شیرویه‌زاد ه. (۱۳۹۱). **ارائه روشی جهت اولویت‌بندی خودروها با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی یک مطالعه موردی**، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، ۲۹و۳۰ آذر.

۱۶) پاپی ص، پاپی س. (۱۳۹۳). ارزیابی کارایی بانک بیمه شرکت‌های بیمه در ایران با استفاده از تلفیق روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP و تحلیل پوششی داده‌ها DEA، مجموعه مقالات کنفرانس تحول و نوآوری در توانمند سازی مدیریت، شیراز، تیر.

۱۷) قدسی پور س ح. (۱۳۹۲). **فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP**، چاپ یازدهم، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)، ۲۲۳ صفحه.

۱۸) پهلوان آ، رمضانپور ا، قلیزاده م. (۱۳۹۱). **اولویت‌بندی عوامل موثر بر انتخاب سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی**، مجموعه مقالات سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها، دانشگاه سمنان، ۱۱ و ۱۲ بهمن.

یادداشت ها

1 Farrel
2 Reichman and Sommersguter
3 Sexton et al.
4 Andersen and Petersen
5 Analytical Hierarchy Process
2 Thomas L. Saaty
7 Garcia-Melon et al.
8 Hitoshi and Masaro
9 Ramakrishan
10 Kang and Lee