نشريه تخصصي مهندسي صنايع، دوره۴۳، شماره ۱، آذرماه ۱۳۸۸، از صفحه ۶۷ تا ۸۲

رويكردي چند هدفه براي ارزيابي تامين‌كنندگان با استفاده از مدل تحليل پوششي داده‌هاي چندمعياره

هادي محبعلي زاده[۱] و فرهاد فائز*[۲]

[۱] دانشجوي كارشناسي ارشد مهندسي صنايع- دانشگاه خوارزمي(تربيت معلم تهران)

[۲] عضو هيئت علمي دانشگاه خوارزمي(تربيت معلم تهران)

(تاريخ دريافت ۸۷/۱۰/۲۴ , تاريخ تصويب ۸۸/۸/۲۷)

چكيده

هدف از ارائه‌ی اين مقاله، ارزيابي تامين‌كنندگان با به‌كارگيري يک مدل چند هدفه‌ی انتخاب تامين‌كننده و تحليل پوششي داده‌هاي چند معياره است. در اين راستا ابتدا با ارائه‌ی يک الگوريتم كلي، مجموعه‌اي پيوسته از جواب‌هاي موثر مسئله‌ی چند هدفه‌ی مذكور، به دست مي آيد. چون هر عضو از چنين مجموعه‌اي به‌عنوان تركيبي از نهاده‌هاي ورودي، نظير مواد اوليه، به شركت خريدار محسوب مي‌شود، در قدم بعدي سطح خروجي‌هاي شركت خريدار به ازاي تركيبات مشخصي از اين نهاده‌هاي ورودي ارزيابي مي‌گردد. سپس با استفاده از مدل DEA چند معياره، كارآيي شركت خريدار به ازاي اين تركيبات مشخص از ورودي‌ها و خروجي‌ها محاسبه مي‌شود. در اين‌صورت، تعداد تامين‌كنندگان و نحوه‌ی تخصيص تقاضا به هر يک از آن‌ها بر مبناي تركيبي از ورودي‌ها و خروجي‌هايي كه كارآيي DEA شركت خريدار را ماكزيمم مي-نمايد، تعيين مي‌شود.

واژه هاي كليدي: مسئله‌ی انتخاب تامين‌كننده، مدل برنامه ريزي خطي چند هدفه، مدل تحليل پوششي داده‌هاي چند معياره (MCDEA)، جواب موثر، جواب ترجيحي

مقدمه

در دنياي رقابتي امروز، ارائه‌ی محصولات و خدمات با كيفيت برتر، قيمت پائين‌تر و در موعد مقرر به مشتريان، لازمه‌ی حيات بنگاه‌هاي توليدي و اقتصادي به شمار مي‌آيد. منشا اين معيارهاي ارزيابي در مورد محصولات و خدمات را بايد در نهاده‌هاي ورودي جستجو كرد كه توسط تامين‌كنندگان يک بنگاه، مهيا مي‌شوند. اين نوع نگرش به فرآيند تامين و تدارک، ارزش به‌كارگيري تكنيک‌هاي دقيق و كارآ را براي ارزيابي تامين‌كنندگان روشن مي‌كند.

براي بسياري از بنگاه‌هاي توليدي و خدماتي، تصميمات انتخاب تامين‌كننده، يک بخش مهم از مديريت تامين و توليد به‌حساب مي‌آيد. اين تصميات، مستلزم انتخاب تامين‌كنندگان جهت به‌كارگيري و تعيين مقادير سفارش به تامين كنندگان انتخاب شده است. انتخاب تامين كنندگان مناسب، به‌شكل معناداري منجر به كاهش هزينه هاي خريد مواد و بهبود شرايط رقابتي مي گردد. به همين دليل، متخصصين باور دارند كه انتخاب تامين كننده، مهم‌ترين فعاليت دپارتمان است [۱و۲]. فاكتورهاي بسياري بر عملكرد تامين كننده، تاثيرمي-گذارند.[۳] Dickson ، ۲۳ معيار را شناسايي كرد كه توسط مديران خريد در مسائل انتخاب تامين‌كننده متفاوتي، شناسايي شده بودند. همچنين، مروري بر روش‌ها و معيارهاي انتخاب تامين‌كننده توسط [۴] Weber، مشخص نمود كه ۴۷ مقاله از ۷۶ مقاله‌ی مرور شده، بيش از يک معيار را بررسي نموده‌اند. از اين رو، مسئله‌ی انتخاب تامين كننده، يک مسئله‌ی چند معياره محسوب مي شود و ضروري است تبادلات بين فاكتورهاي محسوس و غير محسوس به منظور يافتن بهترين تامين كنندگان، بررسي شود. مسئله‌ی انتخاب تامين كنندگان به واسطه بررسي معيارهاي متفاوت، پيچيده است. علاوه بر آن، اين مسئله به‌خاطر اين حقيقت كه ممكن است تامين كنندگان، مشخصه هاي عملكردي متفاوتي به ازاي معيارهاي متفاوت، داشته باشند، پيچيده تر به نظر مي رسد. به‌عنوان مثال، ممكن است يک تامين كننده با كم‌ترين هزينه‌ی در واحد محصول، بهترين كيفيت يا سرويس دهي را در بين ساير تامين كنندگان نداشته باشد. بنابراين، انتخاب تامين كننده ذاتا يک تصميم چند هدفه است كه به دنبال حداقل كردن هزينه‌ی تداركات،

* نويسنده مسئول : تلفن : ۸۸۶۶۱۸۰۰ , فاكس : ۸۸۶۶۱۷۲۳ ، Email: f_faez@isc.co.ir

حداکثر کردن کیفیت و سرویس دهي و بهینه کردن سایر اهداف است. در ادبیات موضوع، چندین مطالعه در زمینه‌ی به‌کارگیري برنامه ریزي چند هدفه[1] در مسئله انتخاب تامین کننده، صورت گرفته است. [۵] Chaudhry et al. مسئله‌ی انتخاب فروشنده را در حالتي بررسي مي کنند که فرآیند انتخاب، تحت تاثیر توابع هدف کیفیت، زمان تحویل و قیمت قرار دارد. در مدل آن‌ها، نقاط شکست قیمت بر حسب حجم سفارشات خریدار، پیشنهاد مي شود. آن‌ها در مقاله‌ی خود، برنامه‌ریزي خطي و عدد صحیح صفر و یک را براي مدلبندي این مسئله به کار مي‌گیرند. [۶] Weber et al. یک رویکرد چند هدفه را براي تجزیه و تحلیل تبادلات موجود در مسائل چند معیاره‌ی انتخاب فروشنده، به‌کار مي برند. [۷]Cakravastia et al. مدلي را براي یک شبکه زنجیره تامین، توسعه دادند که توابع هدف آن بر مبناي کاهش عدم رضایت‌مندي مشتري تعیین مي شود. این عدم رضایت‌مندي برحسب دو معیار قیمت و زمان تحویل ارزیابي مي شود. مدل ارائه شده توسط آن‌ها، در دو سطح تصمیم گیري عمل مي‌کند: سطح "عملیاتي" که تصمیمات مرتبط با بهینه کردن فعالیت هاي تدارکاتي و تولیدي را در بر مي‌گیرد و سطح "زنجیره" که همه‌ی قیمت‌هاي خرید تامین کنندگان را ارزیابي مي‌نماید و ترکیب نهایي زنجیره‌ی تامین را تعیین مي‌کند. اما مقوله‌ی انتخاب تامین کننده، صرفا به تامین قطعات تولیدي منحصر نمي‌شود.

[۸] Degraeve et al. در مقاله خود، یک مدل ریاضي براي انتخاب تامین کنندگان یک خدمت یا سرویس ارائه مي‌کنند و به طور همزمان سهم بازار هر یک از تامین کنندگان را نیز تعیین مي‌نمایند. روش به‌کار رفته در مقاله‌ی آن‌ها بر مبناي جمع آوري اطلاعات مالکیت هزینه کل[2]، همه‌ی هزینه هاي مرتبط با فرآیند خرید را از طریق زنجیره‌ی ارزش کل، محاسبه مي کند. [۹] Demirtas et al. یک مدل ترکیبي از فرآیند تحلیلي شبکه[3] و برنامه ریزي خطي چند هدفه‌ی عدد صحیح مرکب[4] را پیشنهاد مي‌کنند که براي انتخاب بهترین تامین کننده و تعیین مقادیر بهینه در بین تامین کنندگان انتخاب شده، فاکتورهاي محسوس و غیر محسوس را در نظر مي‌گیرند. آن‌ها از ANP براي تعیین اولویت بین چهار دسته از معیارها و از MOMILP براي به‌دست آوردن جواب‌هـــاي موثر با در نظـــرگرفتـــن ترجیحات تصمیم‌گیرنده، استفاده مي‌کنند.

[۱۰] Xia and Wu یک مدل ترکیبي از فرآیند سلسله مراتبي تحلیلي[5] و برنامه ریزي چندهدفه‌ی عدد صحیح مرکب را براي پشتیباني از تصمیمات انتخاب تامین کننده در شرایط تخفیف معرفي نمودند؛ جائیکه تخفیف به مقدار کل سفارشات تعلق مي گیرد. در مدل پیشنهادي آن‌ها، یک مدل برنامه ریزي چند هدفه، به نحوي فرمول بندي مي‌شود که به‌طور همزمان، تعداد تامین کنندگان و مقدار سفارشات تخصیص یافته به هر یک تعیین گردد. توابع هدف به‌کارگرفته شده در این مدل برنامه ریزي چند هدفه، حداقل کردن هزینه کل خرید، حداکثر کردن مقدار موزون خریداري شده، حداقل کردن تعداد محصولات معیوب و حداکثر کردن تعداد محصولات به موقع تحویل داده شده است؛ به نحوي که محدودیت هاي مربوط به تقاضا و ظرفیت تامین، برآورده شود. and Ravindran [۱۱] Wadhwa مسئله انتخاب فروشنده را به‌صورت یک مسئله‌ی چند هدفه با چندین خریدار و چندین فروشنده، همراه با تخفیف قیمت فرمول‌بندي نمودند. آن‌ها از سه تابع هدف حداقل کردن کالاهاي مردودي، حداقل کردن زمان تحویل و حداقل کردن قیمت خرید، استفاده کرده و مدل به دست آمده را با سه روش تابع هدف موزون[6]، برنامه ریزي آرماني[7] و برنامه ریزي توافقي،[8] حل نمودند و نتایج به دست آمده را با استفاده از روش مسیر مقدار،[9] مورد مقایسه قرار دادند. [۱۲]Karpak and Kasuganti براي فرآیند انتخاب فروشنده از برنامه ریزي آرماني متقابل[10] استفاده کردند. آن ها از توابع هدف حداقل کردن هزینه‌ی به‌دست آمده‌ی محصول و حداکثر کردن کیفیت و قابلیت اطمینان براي شناسایي فروشندگان و تخصیص مقادیر سفارش در بین آن‌ها استفاده کردند.

[۱۳] Kumar et al. از برنامه ریزي آرماني عدد صحیح مرکب فازي[11] براي مسئله‌ی انتخاب فروشنده استفاده کردند؛ جائي که تعدادي از پارامترها ذاتا فازي هستند. [۱۴] Dahel از رویکرد برنامه ریزي چند هدفه‌ی عدد صحیح مرکب به منظور تعیین تعداد تامین کنندگان جهت به‌کارگیري و مقادیر سفارش تخصیصي به هر یک از آن‌ها در حالت چند محصول و چند تامین‌کننده استفاده نمود. فرآیند انتخاب بر مبناي توابع هدف قیمت، تحویل به‌موقع و کیفیت و با در نظر گرفتن محدودیت‌هاي

ظرفیت تامین کنندگان، صورت مي‌گیرد. همچنین، در این فرآیند تخفیف قیمتي که به تعداد کل سفارشات تعلق مي‌گیرد، مورد بررسي قرار گرفت.

از سوي دیگر، تحلیل پوششي داده ها[12] یک رویکرد مبتني بر برنامه‌ریزي ریاضي است که به تصمیم‌گیرنده در طبقه بندي تامین کنندگان به دو دسته‌ی کارآ و ناکارآا کمک مي‌کند. در زمینه‌ی به کارگیري مدل DEA ، در ادبیات مربوطه، مطالعات گسترده اي صورت پذیرفته است. [۱۵].Kleinsorge et al عملکرد تنها یک تامین کننده را در ۱۸ بازه‌ی زماني مورد ارزیابي قرار دادند. آن‌ها مدل DEA را براي بررسي این تامین کننده به عنوان یک نهاد متفاوت در هر بازه‌ی زماني بکار گرفتند. در این شرایط، ورودي‌هاي به‌کار رفته براي مدل DEA ، شامل هزینه‌ی کل حمل و نقل و تعداد واحدهاي انتقال یافته در هر ماه است. از طرف دیگر، خروجي‌هاي محسوس این مدل، عبارت‌اند از تعداد واحدهاي به موقع انتقال یافته و تعداد صورتحساب هاي بدون اشتباه دریافت شده از تامین کنندگان. همچنین خروجي‌هاي غیر محسوس به‌صورت تجربه‌ی ارائه‌ی خدمت با کیفیت و اعتقاد به ارائه‌ی خدمت با کیفیت، در نظر گرفته مي شود. [۱۶] Weber از مدل DEA براي تعیین ترکیب تامین کنندگان یک شرکت تولید کننده‌ی مواد غذایي کودکان استفاده نمود. معیارهاي به‌کار رفته در مدل او قیمت، تحویل به موقع و درصد ضایعات بود. با توجه به این که در فرآیند اتخاذ تصمیم، ما به دنبال داشتن قیمت و درصد ضایعات پائین‌تر و تحویل به موقع بالاتري هستیم، او دو معیار اول را به‌عنوان ورودي مدل DEA و معیار سوم را خروجي در نظر مي گیرد.

مطالعه‌ی [۱۶] Weber توسط [۱۷].Liu et al توسعه پیدا کرد. براي ارزیابي کارایي کل تامین کنندگان، آن‌ها از مدل DEA پیشنهادي توسط [۱۸] .Banker et al همراه با ورودي هاي قیمت، تحویل همراه با تاخیر و فاکتور فاصله و خروجي هاي کیفیت و تنوع تامین استفاده نمودند، جائي‌که فاکتور فاصله و تنوع تامین، ثابت فرض مي شوند. آن‌ها همچنین، از رویکرد پیشنهادي خود براي کاهش تعداد تامین کنندگان استفاده کردند؛ به این ترتیب که پس از انتخاب تامین کنندگان با کم‌ترین امتیاز کارآیي DEA ، واحدهاي تامین‌یافته توسط آن‌ها به تامین کنندگان با امتیاز کارآیي بیش‌تر، انتقال مي‌یابد. [۱۹].Weber et al رویکردي را براي تعیین تعداد فروشندگان با استفاده از مدل DEA ارائه نمودند. آن‌ها ابتدا جواب‌هاي کاراي یک مسئله برنامه ریزي چند هدفه را با تغییر اوزان توابع هدف آن و به ازاي تعداد فروشندگان متفاوت به دست آوردند. سپس با استفاده از مقادیر توابع هر یک از این جواب هاي کارآ به عنوان ورودي مدل DEA، تعداد فروشندگان مورد نظر را که میانگین کارایي DEA آن ها ماکزیمم بود، تعیین نمودند [۲۰] .Weber et al

با استفاده از یک مسئله‌ی برنامه ریزي خطي چند هدفه، براي مذاکره[13] با فروشندگان انتخاب نشده، به منظور رسیدن به سطح جدیدي از معیارهاي تعریف شده که آن‌ها را قادر مي‌سازد، سهمي از تامین آیتم موردنظر را به‌دست آورند، سه حالت خاص را معرفي مي کنند که براي بررسي هر یک از این حالات، سه روش حل، ارائه مي گردد. یکي از این روش ها، تحلیل پوششي داده ها است که وقتي فروشنده‌ی انتخاب نشده، بخواهد با حفظ بازده به مقیاس[14] خود انتخاب شود، مورد استفاده قرار مي گیرد. [۲۱] .Talluri et al از مدل تحلیل پوششي داده ها با شانس محدود شده[15] براي در نظر گرفتن تغییرات ذاتي در مشخصه هاي عملکرد تامین کنندگان (نظیر کیفیت، تحویل به موقع و ...) استفاده مي کنند. با استفاده از این رده خاص از مدل DEA آن‌ها توانستند ریسک تامین کنندگان را (به علت وجود شرایط عدم اطمینان) ارزیابي نمایند. در مطالعه‌ی آن ها ورودي مدل DEA به‌صورت قیمت و خروجي آن، به‌صورت کیفیت و عملکرد تحویل، تعریف گردید. [۲۲] Zhu با ارائه‌ی یک مدل بازي خریدار و فروشنده[16] بر مبناي تحلیل پوششي داده ها، از ورودي‌ها و خروجي‌هاي ایده‌آلي که توسط خریدار تعیین گردیده است، استفاده کرد. او با انتخاب G مقدار هدف براي G تعداد از فروشندگان و برابر یک قرار دادن نسبت مجموع موزون خروجي ها به مجموع موزون ورودي هاي این G فروشنده، حداکثر کارآیي سایر فروشندگان را ارزیابي کرد. ورودي هاي مدل DEA در مطالعه‌ی آن‌ها ، هزینه توزیع، زمان پاسخگویي مشتري، درصد خطاهاي حمل و نقل و هزینه‌ی تولید و خروجي-هاي آن، تعداد واحدهاي تولید شده، درصد تحویل به موقع، نرخ سفارشات به طور سریع انجام شده، سود هفتگي و تعداد مراکز توزیع بود [۲۳] .

Talluri and Baker یک رویکرد برنامه ریزي ریاضي سه مرحله‌اي را براي طراحي کارآي زنجیره‌ی تامین پیشنهاد نمودند. در مرحله‌ی اول، کارآیي تامین کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع کنندگان بالقوه، مورد ارزیابي قرار مي گیرند. مدل‌هاي مورد استفاده در این مرحله، مدل CCR تحلیل پوششي داده‌ها و مدل بازي دو به دو[۱۷] است. مرحله دوم، شامل به‌کارگیري یک مدل عدد صحیح است که به طور بهینه، کاندیداهاي موردنظر براي طراحي شبکه‌ی مورد نظر را انتخاب مي نماید. در نهایت، با حل یک مسئله‌ی حمل و نقل، تصمیمات بهینه‌ی مربوط به مسیریابي تمامي اجزاي به کار رفته در شبکه، تعیین مي گردد. ورودي‌ها و خروجي‌هاي استفاده شده در مرحله‌ی اول، مشابه آنچه در مطالعه‌ی [۱۵] Kleinsorge et al. تعریف شد، هستند. همچنین [۲۴] Wu and Olson سه مدل ارزیابي ریسک تامین را بررسي کردند: برنامه ریزي با شانس محدود شده[۱۸]، تحلیل پوششي داده‌ها و برنامه ریزي چند هدفه. آن‌ها با به کارگیري مدل CCR ورودي محور[۱۹] و با شبیه سازي ورودي ها و خروجي هاي هر یک از فروشندگان، که هر یک، از توزیع احتمالي مشخصي پیروي مي کنند، نسبت به محاسبه‌ی میانگین، انحراف از معیار و فاصله اطمینان ۹۵ درصد براي اندازه‌ی کارآیي هر یک از فروشندگان، اقدام نمودند. [۲۵] Ramanathan از مدل DEA براي ترکیب نتایج به دست آمده از روش‌هاي TCO و AHP استفاده نمود. او اوزان به دست آمده از روش AHP را به‌عنوان خروجي و هزینه‌ی کل به‌دست آمده از روش TCO را به عنوان ورودي مدل DEA به کار گرفت. هنگامي که تامین کنندگان، از ورودي‌ها و خروجي‌هاي مشابهي استفاده نمي‌کنند، [۲۶] Saen روشي را براي تخمین داد هاي مفقود در ورودي ها و خروجي هاي هر تامین کننده، با استفاده از درونیابي و AHP، پیشنهاد نمود. سپس او از مدل CCDEA براي به‌دست آوردن کارایي نسبي تامین کنندگان استفاده نمود. با استفاده از مزایاي رویکرد ناپارامتريDEA، Ng [۲۷] یک برنامه‌ی خطي موزون را براي مسئله‌ی انتخاب تامین کننده پیشنهاد نمود که به تصمیم‌گیرنده اجازه مي دهد اهمیت نسبي معیارهاي مورد استفاده را رتبه بندي نماید. [۲۸] Celebi and Bayraktar براي ارزیابي تامین‌کنندگان، یک رویکرد ترکیبي با استفاده از شبکه عصبي[۲۰] و تحلیل پوششي داده‌ها همراه با اطلاعات مفقود ارائه نمودند؛ آن-ها ابتدا چهار معیار ارزیابي تحویل به موقع، قیمت، کیفیت و خدمت دهي را شناسایي نمودند، سپس با استفاده از یک شبکه عصبي پیش خور[۲۱] که با به‌کارگیري داده هاي تاریخي یا نظرات متخصصین، آموزش دیده است، مقدار مناسب این چهار معیار ارزیابي را به دست آوردند. در نهایت، با استفاده از مدل DEA با معیارهاي هزینه، کیفیت، تحویل به موقع و سرویس دهي به عنوان خروجي و یک ورودي با مقدار ثابت برابر یک، تامین کنندگان کارآ را شناسایي نمودند. [۲۹] Wu براي ارزیابي عملکرد تامین کنندگان، یک مدل ترکیبي با استفاده از DEA، درخت تصمیم[22] و شبکه هاي عصبي پیشنهاد نمود. الگوریتم پیشنهادي او از دو ماژول تشکیل مي شود: ماژول یک، از مدل DEA براي طبقه بندي تامین کنندگان به گروه‌هاي کارآ و ناکارآ استفاده مي نماید. بر مبناي درخت تصمیم و شبکه‌ی عصبي، ماژول دو یک ماژول طبقه بندي یا رگرسیون است. براي آموزش درخت تصمیم یا شبکه عصبي، از داده هاي مرتبط با عملکرد تامین کنندگان استفاده مي شود. لازم به ذکر است که در ماژول یک، از سیستم مدیریت کیفیت، مستندسازي، قابلیت فرآیند، مدیریت واحد تامین کننده، قابلیت هاي طراحي و توسعه و قابلیت کاهش هزینه به عنوان ورودي و از کیفیت، قیمت، تحویل به موقع، عملکرد کاهش هزینه و سایر موارد به عنوان خروجي مدل DEA استفاده گردید [۳۰] .

Ha and Krishnan یک مدل ترکیبي از AHP ، DEA و شبکه هاي عصبي را براي ارزیابي تامین کنندگان پیشنهاد نمود. در این مدل ترکیبي، ابتدا با استفاده از AHP یک سطحي، معیارهاي وصفي به یک اندازه‌ی کمي منفرد متناظر تبدیل مي شوند. سپس این اندازه هاي کمي به همراه سایر معیارهاي کمي، به منظور ارزیابي نهایي تامین کنندگان، به مدل DEA و یا یک شبکه‌ی عصبي ارائه مي گردد. از تحلیل پوششي داده ها همچنین مي توان با ورودي ها و خروجي هاي وصفي و ترتیبي، استفاده نمود. این، منجر به ایجاد رده‌ی خاصي از مدل تحلیل پوششي داده ها به نام IDEA مي شود. [۳۱] Farzipoor با ارائه‌ی مدل جدیدي از این رده‌ی خاص که محدودیت هاي وزني و اطلاعات غیردقیق را بطور توام بررسي مي نماید، از آن، براي انتخاب بهترین تامین

کننده استفاده مي کند. او در مدل خود از هزينه کل انتقال، قيمت، تعداد واحدهاي انتقال يافته در هر ماه و فاصله به عنوان ورودي و از تعداد واحدهاي بموقع تحويل شده، تعداد صورتحسابهاي بطور صحيح دريافت شده و تعداد قطعات تامين شده، به عنوان خروجي مدل پيشنهادي خود استفاده نمود. همچنين، شهرت تامين کننده به عنوان يک ورودي وصفي معرفي شد.

در اين مقاله، ابتدا با ارائه يک الگوريتم کلي، مجموعه اي پيوسته از جواب‌هاي موثر[23] يک مسئله چند هدفه‌ی انتخاب تامين کننده به دست مي آيد. چون هر عضو از چنين مجموعه اي به‌عنوان ترکيبي از نهاده هاي ورودي، نظير مواد اوليه، به شرکت خريدار محسوب مي شود؛ در قدم بعدي، سطح خروجي هاي شرکت خريدار به ازاي ترکيبات مشخصي از اين نهاده هاي ورودي، ارزيابي مي گردد. سپس با استفاده از مدل DEA چند معياره، کارآيي شرکت خريدار به ازاي اين ترکيبات مشخص از ورودي ها و خروجي ها محاسبه مي شود. در اين‌صورت، تعداد تامين کنندگان و نحوه‌ی تخصيص تقاضا به هر يک از آن‌ها بر مبناي ترکيبي از ورودي ها و خروجي هايي که کارآيي DEA شرکت خريدار را ماکزيمم مي نمايد، تعيين مي شود. به اين ترتيب، يکي از مزاياي روش پيشنهادي، انتخاب هوشمندانه‌ی جواب ترجيحي[24] مسئله چند هدفه انتخاب تامين کننده از بين جواب‌هاي موثر آن است؛ به نحوي که کارآيي DEA شرکت خريدار، حداکثر شود. از سويي، مزيت ديگر روش پيشنهادي اين است که برخلاف مطالعات گذشته، از مدل DEA چند معياره با استفاده از ورودي ها و خروجي هاي فيزيکي، مطابق با مفهوم اصلي DEA ، بهره گيري مي شود. با استفاده از نتايج مطالعه‌ی انجام شده، به وضوح مي توان تاثير عملکرد تامين کنندگان را بر کارآيي DEA شرکت خريدار مشاهده نمود. مدل چند هدفه که در اين مقاله مورد بررسي قرار مي گيرد، با اندکي تغيير، از [۲۰] .Weber et al به صورت مدل زير استخراج مي گردد، جائي که:

c_{ij} : هزينه‌ی خريد يک واحد محصول j ام ازتامين-کننده‌ی i ام.

q_{ij} : درصد ضايعات محصول j ام تامين شده از تامين-کننده‌ی i ام.

t_{ij} : درصد تحويل بموقع محصول j ام تامين شده از تامين کننده i ام.

D'_j : حداکثر سطح مورد نياز محصول j ام.

D_j : حداقل سطح مورد نياز محصول j ام.

$\max o_{ij}$: حداکثر سطح تامين محصول j ام از تامين-کننده‌ی i ام.

$\min o_{ij}$: حداقل سطح تامين محصول j ام از تامين-کننده‌ی i ام.

y_{ij} : برابر يک؛ اگر محصول j ام از تامين کننده‌ی i ام تامين شود و در غير اين‌صورت برابر صفر درنظر گرفته مي‌شود.

x_{ij} : ميزان خريد محصول j ام از تامين کننده i ام.

$$MinC = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} y_{ij}\, x_{ij}\, c_{ij} \qquad (۱)$$

$$MinQ = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} y_{ij}\, x_{ij}\, q_{ij}$$

$$MaxT = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} y_{ij}\, x_{ij}\, t_{ij}$$

$$st :$$

$$D_j \le \sum_{i=1}^{m} y_{ij}\, x_{ij} \le D'_j;\ j = 1,\ldots,\ n$$

$$\min\ o_{ij} \le x_{ij} \le \max\ o_{ij};\ i = 1,\ldots,\ m$$

$$x_{ij} \ge 0,\ y_{ij} = 0,1$$

در مدل چند هدفه‌ی فوق، x يک جواب موثر خواهد بود؛ اگر مقادير موجود تمام توابع هدف را نتوان بطور همزمان توسط جواب شدني ديگري بهبود بخشيد. اينک از بين جواب‌هاي موثر، جوابي که توسط تصميم گيرنده و بر اساس معيارهاي ذهني انتخاب مي گردد، جواب ترجيحي ناميده مي شود.

سازمان دهي اين مقاله به صورت زير است: ابتدا توضيح مختصري پيرامون مدل DEA و شکل چند معياره‌ی آن ارائه مي شود؛ سپس الگوريتم توسعه داده شده توسط مطالعه‌ی حاضر براي به دست آوردن يک مجموعه‌ی پيوسته از جواب هاي موثر يک مسئله‌ی MODM بحث مي شود که با شرح چگونگي به کارگيري مدل DEA براي انتخاب يکي از اين جواب هاي موثر، به-عنوان جواب ترجيحي، دنبال مي‌شود.

مقدمه اي بر مدل DEA

تحليل پوششي داده ها، يک رويکرد غير پارامتري براي اندازه‌گيري کارآيي نسبي در بين واحدهايي است که DMU ناميده مي شوند.

اين DMU ها، ورودي هاي مشابهي را براي توليد خروجي هاي مشابه، به‌کار مي گيرند. DEA يکي از زمينه‌هاي فعاليت تحقيق در عمليات و علم مديريت، با رشدي سريع در دو دهه گذشته بوده است. اين روش، به وسيله‌ی[۳۲].Charnes et al توسعه يافت. آن‌ها به ديدگاه غير پارامتريك [۳۳] Farrell که براي ارزيابي کارآيي واحدهاي تصميم گيرنده با دو نهاده و يك ستاده مطرح شده بود، استفاده از برنامه ريزي رياضي را اضافه کردند، که سبب شد محدوديت هايي که روش فارل داشت، از ميان برداشته شود.

اين مدل از نسبت مجموع موزون خروجي‌ها به مجموع موزون ورودي‌ها، به عنوان مقياسي براي اندازه‌ی کارآيي استفاده مي‌کند.

از آن جايي که اين نسبت نمي‌تواند بيشتر از يك باشد، اگر هر DMU ، s خروجي و m ورودي داشته باشد و ميزان i امين ورودي به j امين DMU برابر x_{ij} و ميزان r امين خروجي از آن برابر y_{rj} باشد، آن‌گاه، شکل کسري مدل کلاسيك DEA ، که کارآيي DMU_0 را ارزيابي مي‌نمايد، به‌صورت زير خواهد بود:

$$Max\ h_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj_0} \Big/ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij_0} \qquad (۲)$$

$$\left(\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \Big/ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}\right) \le 1 \quad ; \ j = 1,\ldots,n.$$

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad ; \ for\ all\ r\ and\ i.$$

$s.t:$

در مسئله‌ی غير خطي و غير محدب فوق، h_0 کارآيي DMU_0 و اوزان v_i و u_r متغيرهاي تصميم مسئله هستند. مشکلي که در حل اين مسئله وجود دارد، آن است که اين مدل، داراي بي‌نهايت جواب است؛ زيرا اگر مقدار بهينه‌ی متغيرها برابر v^* و u^* باشد، آن‌گاه، جواب بهينه-ی ديگري نيز به‌صورت αv^* و αu^* وجود خواهد داشت. براي رفع اين مشکل، پس از دو بار تغيير متغير، شکل خطي مدل کلاسيك DEA به دست مي‌آيد:

$$Max\ h_0 = \sum_{r=1}^{s} \mu_r y_{r_0} \qquad (۳)$$

$s.t:$

$$\sum_{i=1}^{s} \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} w_i x_{ij} \le 0 \quad ; \ j = 1,\ldots.n.$$

$$\sum_{i=1}^{m} w_i x_{i_0} = 1$$

$$\mu_r, w_i \ge 0 \qquad ; \ for\ all\ r\ and\ i.$$

جائي که $\mu_r = u_r \Big/ \sum_{i=1}^{m} u_i y_{i_0}$ و $w_i = v_i \Big/ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{i_0}$ ،

به کارگيري مدل DEA به‌صورت فوق، مشکلاتي را در پي دارد. دو مشکل که در مدت زمان طولاني شناسايي شده‌اند، عبارت‌اند از: قدرت تشخيص پائين[25] و توزيع غير واقعي وزن[26].

مشکل قدرت تشخيص پائين، هنگامي اتفاق مي افتد که تعداد DMU هاي تحت بررسي، در مقايسه با تعداد کل ورودي‌ها و خروجي‌ها، به اندازه‌ی کافي بزرگ نيستند. در چنين وضعيتي، مدل DEA کلاسيک، جواب هايي را ارائه مي کند که در آن، تعداد زيادي از DMU ها کارآ هستند.

از طرفي، مشکل توزيع غير واقعي وزن به موقعيتي اشاره مي کند که تعدادي از DMU ها، به وسيله‌ی مدل DEA کلاسيک به صورت کارآ رتبه بندي مي شوند؛ زيرا اين DMU ها اوزان خيلي بزرگ در يک خروجي و/ يا اوزان خيلي کوچک در يک ورودي دارند، در حاليکه اين اوزان عملا غيرمعقول‌اند. [۳۴] .Li et al براي رفع اين دو مشکل، با تلفيق روش‌هاي MCDM و مدل کلاسيك DEA ، يك مدل تحليل پوششي داده‌هاي چند معياره ارائه مي‌کنند که به صورت مدل (۴) مي‌باشد. جائي‌که d_j ميزان ناکارآيي j امين DMU و m حداکثر اين ناکارآيي‌ها را به‌ازاي تمامي DMU ها نشان مي‌دهد.

بنابراين، تابع هدف دوم، حداکثر ناکارآيي‌ها و تابع هدف سوم، مجموع آن‌ها را حداقل مي‌نمايد.

به اين ترتيب، آن ها دو اندازه کارايي ديگر را معرفي مي‌نمايند: کارآيي Minimax و کارآيي Minisum . به عبارت ديگر، DMU_0 کارآي Minimax است؛ اگر و تنها اگر، مقدار h_0 متناظر با جوابي که تابع هدف دوم (h_1) مدل فوق را حداقل مي کند برابر يك باشد. بطور مشابه، DMU_0 کارآي Minisum است

$$Max\, h_0 = \sum_{r=1}^{s} \mu_r y_{r_0} \qquad (۴)$$
$$Min\, h_1 = m$$
$$Min\, h_2 = \sum_{j=1}^{n} d_j$$
$$s.t:$$
$$\sum_{i=1}^{m} w_i x_{ij_0} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{s} \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} w_i x_{ij} + d_j = 0 \quad ; \ j = 1,..., n.$$
$$m - d_j \geq 0 \quad ; \ j = 1,..., n.$$
$$\mu_r , w_i , \geq 0$$
$$d_j \geq 0 \quad ; \ for\ all\ i , j\ and\ r.$$

اگر و تنها اگر مقدار h_0 متناظر با جوابي كه تابع هدف سوم (h_2) مدل فوق را حداقل مي‌نمايد، برابر يك باشد [34]. آن‌ها در مقاله خود، نشان دادند كه افزودن دو تابع هدف فوق به مدل كلاسيك تحليل پوششي داده‌ها، دو مشكل مرتبط با آن را برطرف مي‌نمايد.

الگوريتمي براي به دست آوردن مجموعه اي از جواب‌هاي موثر يک مسئله MODM

براي به دست آوردن يک جواب موثر از يک مسئله‌ی چند هدفه، مسئله MODM زير را در نظر بگيريد:

$$MIN / MAX[f_l(x)]; \quad l=1,\ldots, m. \qquad (۵)$$
$$st:$$
$$x \in X_d$$

فرض كنيد $f_j(x)$ مهم‌ترين تابع هدف از نظر تصميم-گيرنده باشد، در صورت عدم وجود چنين تابعي، يكي از توابع هدف مسئله به دلخواه، انتخاب مي شود. مسئله تک هدفه (۶) را حل كنيد:

$$MIN / MAX [f_j(x)] \qquad (۶)$$
$$st:$$
$$x \in X_d$$

فرض كنيد جواب بهينه‌ی اين مسئله $\tilde{x}$ باشد. مقدار θ_{i0} را به دست آوريد جائيكه: $f_i(\tilde{x}) = \theta_{i0}$; $i \neq j$. سپس اگر تابع هدف $f_i(x)$; $i \neq j$ از نوع ماكزيمم سازي باشد، محدوديت $f_i(x) \geq \theta_{i0}$ و در غير اين‌صورت $f_i(x) \leq \theta_{i0}$ را به محدوديت‌هاي اصلي مسئله (۶) اضافه نمائيد. در چنين شرايطي مي توان ثابت نمود كه جواب بهينه مسئله:

$$MIN / MAX[f_j(x)] \qquad (۷)$$
$$st:$$
$$x \in X_d$$
$$f_i(x) \begin{pmatrix} \leq \\ \geq \end{pmatrix} \theta_{i0} \begin{pmatrix} - \\ + \end{pmatrix} \varepsilon \ ; \quad i \neq j$$
$$\varepsilon \ ; small\ value$$

يک جواب موثر براي مسئله‌ی (۵) خواهد بود، اگر دسته محدوديت هاي اضافه شده متناظر با توابع هدف با اهميت كم‌تر در مسئله‌ی (۵) همگي الزامي باشد؛ و يا در صورت عدم برقراري چنين شرطي، مسئله تنها يک جواب داشته باشد. رويكرد گفته شده در بالا به ازاي يک مقدار ε مشخص، يک جواب موثر براي مسئله‌ی (۵) ارائه مي نمايد. براي نشان دادن چگونگي به دست آوردن يک دنباله از جواب‌هاي موثر، ما ابتدا يک مسئله با ابعاد كوچک را در نظر مي گيريم، سپس براي تعميم نتايج به مسائل با ابعاد بزرگ‌تر، يک الگوريتم كلي ارائه خواهد گرديد.

يک مسئله‌ی MODM دو بعدي با دو تابع هدف، يكي به‌صورت ماكزيمم سازي($f_j(x)$) و ديگري مي نيمم سازي($f_i(x)$) همراه با سه محدوديت را در نظر بگيريد. فرض كنيد كه از سوي تصميم گيرنده و بر اساس معيارهاي از قبل تعريف شده، تابع هدف ماكزيمم سازي، نسبت به تابع هدف دوم از اهميت بيشتري برخوردار است. بنابراين در اولين قدم، مسئله :

$$MAX[f_j(x)] \qquad (۸)$$
$$st:$$
$$x \in X_d$$

را حل مي‌كنيم. اگر $\underline{C}$ بردار گراديان تابع هدف و فضاي شدني مسئله‌ی فوق بصورت شكل (۱) باشد، آن‌گاه نقطه-ی $\tilde{x}$ جواب بهينه است. اينک تابع هدف مي نيمم سازي دوم را به صورت $f_i(x) \leq \theta_{i0}$ به مسئله اضافه مي كنيم. به اين ترتيب، شكل (۲) به دست مي آيد كه در آن خط چين، معرف تابع هدف اضافه شده است. حال اگر سمت راست محدوديت $f_i(x) \leq \theta_{i0}$ به $\theta_{i0} - \varepsilon$ كاهش يابد كه $\varepsilon > 0$، آن‌گاه همان‌طور كه شكل (۳) نشان مي دهد، محدوديت اضافه شده به موقعيت جديد 1 منتقل مي شود. در اين حالت، با حل مسئله:

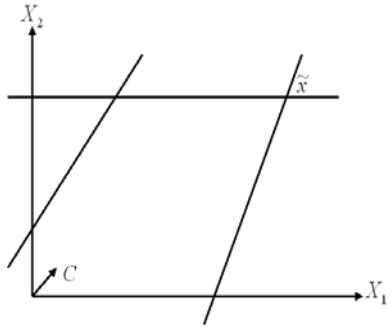
$$MAX\,[f_j(x)] \qquad (۹)$$

$$st:$$

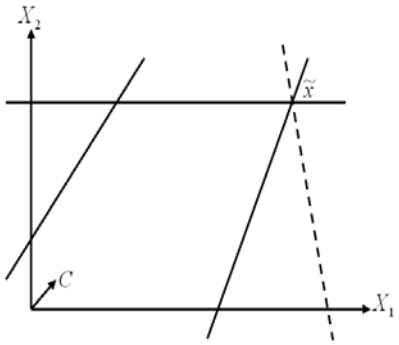
$$x \in X_d$$

$$f_i(x) \le \theta_{i0} - \varepsilon \qquad (۹-۱)$$

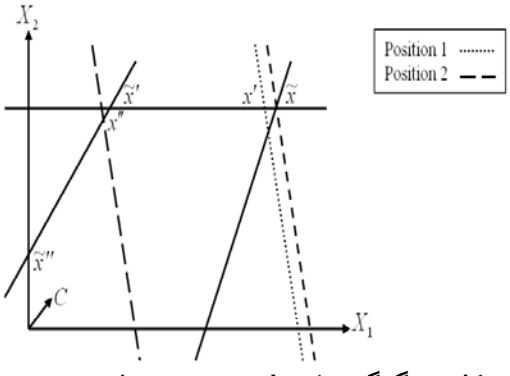
$$\varepsilon; small\ value$$



شکل ۱: فضاي شدني و بردار گراديان تابع هدف يک مسئله فرضي.



شکل ۲: نمايش اضافه شدن تابع هدف دوم به مسئله مفروض.



شکل ۳: چگونگي حرکت تابع هدف دوم مسئله مفروض به موازات خود و تعيين نقاط بهينه مختلف مسئله.

جواب بهينه مسئله نقطه x' مي باشد که چون محدوديت متناظر با تابع هدف اضافه شده به مسئله، الزامي است، لذا x' يک جواب موثر براي مسئله‌ی MODM اوليه است. کاملا مشخص است که با افزايش پيوسته $\varepsilon > 0$ و به تبع آن، حرکت پيوسته خط چين به موازات خودش و به سمت پائين و حل مجدد مسئله‌ی (۹) ، تمام نقاط پاره خط $\tilde{x}\tilde{x}'$ جواب بهينه‌ی مسئله‌ی (۹) خواهند بود که چون محدوديت (۱-۹) الزامي است، بنابراين تمام نقاط اين پاره خط جواب موثر مسئله‌ی MODM اوليه هستند. فرض کنيد: $f_i(\tilde{x}') = \theta_{i1}$. اينک اگر سمت راست محدوديت (۱-۹) به کمتر از θ_{i1} کاهش يابد، خط چين به موقعيت جديد 2 منتقل مي شود که در اين موقعيت، با حل مجدد مسئله‌ی (۹) جواب بهينه، نقطه x'' خواهد بود. با ادامه کاهش پيوسته، سمت راست محدديت (۱-۹) از مقدار θ_{i1}، تمام نقاط پاره خط $\tilde{x}'\tilde{x}''$ جواب‌هاي بهينه‌ی مسئله‌ی (۹) خواهند بود که چون در تمام اين نقاط، محدوديت (۱-۹) الزامي است، لذا جواب-هاي موثر مسئله MODM اوليه نيز هستند. فرض کنيد: $f_i(\tilde{x}'') = \theta_{i2}$. با ادامه‌ی کاهش پيوسته سمت راست محدوديت (۱-۹) از θ_{i2}، اينک تمام نقاط پاره خط $o\tilde{x}''$ جواب موثر مسئله هستند. اگر θ_i متغير سمت راست محدوديت (۱-۹) باشد، مشخص است که به ازاي $\theta_{i1} \le \theta_i \le \theta_{i0}$ ، تمام نقاط پاره خط $\tilde{x}\tilde{x}'$، به ازاي $\theta_{i2} \le \theta_i \le \theta_{i1}$، تمام نقاط پاره خط $\tilde{x}'\tilde{x}''$ و به ازاي $0 \le \theta_i \le \theta_{i2}$، تمام نقاط پاره خط $o\tilde{x}''$ جواب موثر مسئله MODM اوليه خواهند بود. به عبارت ديگر، در مسئله‌ی بالا با داشتن مقادير θ_{i0}، θ_{i1} و θ_{i2} مي‌توان به مجموعه‌اي پيوسته از جواب هاي موثر مسئله MODM اوليه دست يافت. توجه کنيد که تابع هدف مي نيمم سازي اضافه شده به محدوديت‌هاي مسئله همواره الزامي است که با کاهش سمت راست آن، مقدار آن رو به بهبود باشد. اين، منجر به بدتر شدن تابع هدف اصلي مسئله‌ی (۹) مي شود. به عبارت ديگر، هر چه خط چين به موازات خود و به سمت پائين حرکت کند، مقدار تابع هدف مسئله‌ی (۹) بدتر مي‌شود. براي تعميم روش فوق به منظور دستيابي به يک دنباله از جواب‌هاي موثر يک مسئله MODM در حالت کلي، الگوريتمي ارائه مي گردد. اگر مسئله بيش از دو تابع هدف داشته باشد، براي استفاده از اين الگوريتم بايد فرض نمود که سمت راست تنها يکي از محدوديتهاي:

$$f_i(x)\begin{pmatrix}\le\\ \ge\end{pmatrix}\theta_{i0} \quad ; \quad i \ne j, i = 1,...,m \qquad (۱۰)$$

تغییر مي کند؛ زیرا تنها در این‌صورت مي‌توان مجموعه‌ی مشخصي از جواب‌هاي موثر یک مسئله MODM را به دست آورد. لازم به ذکر است، اگر مسئله داراي دو تابع هدف باشد الگوریتم زیر، تمام جواب‌هاي موثر آن را ارائه خواهد کرد. دوباره تاکید مي شود که ما فقط به دنبال یافتن مقادیر $\theta_{it}; t = 0,1,...$ به ازاي یک i مشخص هستیم. زیرا با داشتن مقادیر فوق، با حل مسئله‌ی (۱۱) بطور متوالي (بسته به این که در مسئله‌ی MODM اصلي ما بدنبال مي نیمم کردن یا ماکزیمم کردن کردن تابع هدف $f_i(x)$ هستیم، علامت $\leq$ و $\geq$ به ترتیب انتخاب مي‌شود.) جواب بدست آمده که یک جواب موثر براي مسئله‌ی چند هدفه‌ی اصلي است و ترکیب محدب آن با جواب قبلي، بخشي از دنباله جواب‌هاي موثر آن مسئله را تشکیل مي دهد.

$$\begin{aligned} &MIN / MAX[f_j(x)] \\ &st: \\ &x \in X_d \\ &f_i(x)\begin{pmatrix}\leq\\ \geq\end{pmatrix}\theta_{it} \quad ; \ t = 0,1... \end{aligned} \qquad (۱۱)$$

گام‌هاي الگوریتم به شرح زیر است:

۱. در مسئله‌ی چند هدفه‌ی (۵)، پس از انتخاب مهم‌ترین تابع هدف(براي مثال $f_j(x)$) توسط تصمیم‌گیرنده و حل مسئله‌ی تک هدفه‌ی (۶) با جواب بهینه $\tilde{x}$ ، داریم:

$f_i(\tilde{x}) = \theta_{i0} \quad ; \ i \neq j$

۲. یکي از توابع هدف را به منظور تغییر سمت راست آن انتخاب مي کنیم. چون محدودیت متناظر با این تابع هدف همواره الزامي است، بهتر است مهم‌ترین تابع هدف از بین $f_i(x) \ ; \ i \neq j$ انتخاب شود. تابع هدف انتخاب شده را با $f_k(x) \ ; \ k \neq j$ نشان مي دهیم. اگر در مسئله‌ی MODM، به دنبال ماکزیمم کردن این تابع هدف باشیم، مسئله:

$$\begin{aligned} &MIN / MAX[f_j(x)] \\ &st: \\ &x \in X_d \\ &f_k(x) \geq \theta_{k0} + \alpha \\ &\alpha; small\ value \end{aligned} \qquad (۱۲)$$

و در غیر این‌صورت مسئله:

$$\begin{aligned} &MIN / MAX[f_j(x)] \\ &st: \\ &x \in X_d \\ &f_k(x) \leq \theta_{k0} - \alpha \\ &\alpha; small\ value \end{aligned} \qquad (۱۳)$$

را حل مي کنیم.

۳. در هر دو مسئله‌ی تک هدفه‌ی بالا، به ازاي جواب بهینه‌ی به‌دست آمده، علامت هر یک از محدودیت‌هاي اصلي مسئله ($x \in X_d$) را تعیین مي‌کنیم. (مشخص مي‌کنیم که کدام‌یک از محدودیتها الزامي و کدامیک غیر الزامي است.)

۴. اگر در مسئله‌ی MODM اولیه، ما به دنبال ماکزیمم کردن تابع هدف $f_k(x) \ ; \ k \neq j$ باشیم، مسئله:

$$\begin{aligned} &MAX\theta = \theta_k \\ &st: \\ &x \in X'_d \\ &f_k(x) = \theta_k \end{aligned} \qquad (۱۴)$$

و در غیر این‌صورت مسئله:

$$\begin{aligned} &MIN\theta = \theta_k \\ &st: \\ &x \in X'_d \\ &f_k(x) = \theta_k \end{aligned} \qquad (۱۵)$$

را حل مي کنیم. در این مسائل محدودیت‌هاي X'_d ، مشابه محدودیت‌هاي X_d هستند؛ با این تفاوت که علامت آن ها بر مبناي علامت به دست آمده براي هر محدودیت در گام ۳، تغییر یافته است. به عبارت دیگر، اگر علامت محدودیت‌هاي الزامي تعیین شده در گام ۳، در محدودیت‌هاي X_d به تساوي تبدیل گردد، محدودیت‌هاي X'_d حاصل مي شود. جواب حاصل از هر یک از این مسائل، مقدار θ_{k1} را ارائه مي کند.

۵. در مرحله‌ی ۲ به‌جاي θ_{k0} مقدار θ_{k1} به دست آمده از مرحله‌ی ۴ را قرار دهید و الگوریتم را تکرار کنید. به این ترتیب مرحله‌ی ۴، مقدار θ_{k2} را به دست مي‌دهد. به مرحله‌ی ۲ بازگردید و به‌جاي θ_{k1} مقدار θ_{k2} را قرار دهید و الگوریتم را تکرار کنید. به این ترتیب، با تکرار الگوریتم، مقادیر θ_{k3} ، θ_{k4} و... به دست مي آیند.

۶. مسئله‌ی تک هدفه :

$$MIN / MAX[f_j(x)] \quad (۱۶)$$
$$st:$$
$$x \in X_d$$
$$f_k(x)\begin{pmatrix}\leq\\ \geq\end{pmatrix}\theta_{kt}$$

را بطور متوالي و براي $t = 0,1,2,...$ حل كنيد. براي هر مقدار t، جوابي براي اين مسئله به دست مي آيد كه تركيب محدب آن با جواب قبلي، دنباله اي از جواب‌هاي موثر مسئله‌ی MODM اوليه را در شكل كلي ارائه مي كند. دوباره تاكيد مي‌شود كه اگر به دنبال ماكزيمم كردن $f_k(x)\ ;\ k \neq j$ در مسئله‌ی چند هدفه‌ی اوليه باشيم، علامت $\geq$ و در غير اين‌صورت علامت $\leq$ انتخاب مي شود. تا اين قسمت از مقاله، ما قادر بوده‌ايم الگوريتمي را براي به دست آوردن مجموعه‌اي پيوسته از جواب‌هاي موثر يک مسئله MODM در حالت كلي، توسعه دهيم. در قسمت بعد، توضيح مي دهيم كه چطور به كمک مدل DEA مي‌توانيم جواب ترجيحي را از بين اين دنباله از جواب هاي موثر انتخاب نمائيم.

چگونگي كاربرد الگوريتم DEA

براي طراحي يک مدل DEA با هدف ارزيابي عملكرد تامين كنندگان، مي بايد بر مبناي بررسي هاي شركت خريدار، متغيرهاي ورودي و خروجي انتخاب شود. معمولا در مواجهه با تامين كنندگان، منابع اصلي مورد استفاده توسط شركت خريدار به عنوان ورودي و اندازه هاي عملكرد اصلي به عنوان خروجي، در نظر گرفته مي شود [۳۵](Boussofiane et al.) . به عبارت ديگر، از بين معيارهاي ارزيابي تامين كنندگان نظير قيمت، كيفيت، تحويل به موقع و ... ، آن دسته از معيارهايي كه مقادير پائين آن ها مطلوب است، مانند قيمت، به عنوان ورودي و آن دسته از معيارهايي كه مقادير بالاي آن ها مطلوب است مانند كيفيت، به عنوان خروجي در نظر گرفته مي شود. بر مبناي اطلاعات نگارندگان اين مطالعه و با استفاده از مقالات مرور شده، در تمامي مطالعات گذشته از اين رويكرد براي استفاده از مدل DEA در ارزيابي تامين كنندگان استفاده شده است؛ در حاليكه مطالعه‌ی حاضر، از مفهوم ورودي ها و خروجي هاي فيزيكي نظير مواد اوليه و محصولات نهايي براي بناي مدل DEA استفاده مي نمايد. در واقع، هر جواب موثر مدل چند هدفه‌ی انتخـــاب تامين كنندگان، تركيبـــي از مواد اوليه‌ی ورودي به شركت خريدار است كه مي توان مقدار محصولات نهايي توليد شده توسط آن‌ها را تخمين زد. بر مبناي اين ديدگاه كلي، نحوه‌ی استفای ده از مدل DEA تشريح مي‌شود.

اگر ما از الگوريتم گفته شده در قسمت قبل، براي به‌دست آوردن مجموعه اي از جواب‌هاي موثر مدل چند هدفه‌ی انتخاب تامين كننده استفاده كنيم، مي توانيم به X_{ij} مختلفي دست يابيم. به عبارت ديگر، مي توانيم مجموعه پيوسته‌اي از تعداد محصولات j ام كه بايد توسط تامين كننده‌ی i ام تامين گردد را توليد نماييم. X_{ij} - هاي به‌دست آمده، تابعي از عملكرد هر يک از تامين كنندگان هستند كه با شاخص‌هاي قيمت، تحويل به موقع ودرصد ضايعات، ارزيابي مي شود. براي به‌كار بردن مدل DEA بايد تعداد DMU ها حداقل ۳ برابر مجموع تعداد ورودي ها به اضافه‌ی خروجي ها باشد. اما ما به دنبال ارزيابي تنها يک DMU (شركت خريدار) هستيم. براي رفع اين مشكل پس از به‌دست آوردن دنباله‌اي ازجواب‌هاي موثر، اگر X_i جواب قبلي و X_{i+1} جواب فعلي حاصل از مدل (۱۶) و Y_t، نقطه‌ی متناظر با t باشد، ما با استفاده از رابطه:

$$Y_t = X_i + \left(\frac{t}{r-1}\right)(X_{i+1} - X_i) \quad (۱۷)$$
$$t = 0,1,...,r-1$$

هر قسمت از دنباله‌ی جواب‌هاي موثر، بين دوجواب متوالي حاصل از مدل (۱۶) را به (r-1) قسمت مساوي تقسيم مي‌كنيم. به عبارت ديگر، با استفاده از رابطه‌ی بالا در هر قسمت از دنباله جواب هاي موثر (بعنوان مثال پاره خط $\tilde{x}'\tilde{x}''$ يا پاره خط $\tilde{x}\tilde{x}'$ در شكل(۳)) r جواب موثر متمايز به دست مي آوريم، كه جواب متناظر با $t = r-1$ در يک قسمت مفروض با جواب متناظر با $t = 0$ در قسمت بعدي، مشابه است كه بايد يكي از آن‌ها را حذف كرد. سپس با استفاده از رابطه:

$$X_j = \sum_{i=1}^{m} X_{ij} \quad (۱۸)$$

در هر جواب، ميزان ورودي محصول j ام را از تمامي تامين كنندگان به شركت خريدار مشخص مي‌كنيم. سپس بردار $(X_1, X_2, ..., X_n)$ را تركيبي از ورودي هاي يک DMU مجازي در نظر مي گيريم. به عبارت ديگر، به ازاي v جواب حاصل از مدل (۱۶) مي توان

$[1+(v-1)(r-1)]$ تعداد DMU مجازي را بررسي كرد. ميزان s خروجي به ازاي هر تركيب از ورودي‌ها از طرف شركت خريدار تخمين زده مي شود. به اين ترتيب، ما $[1+(v-1)(r-1)]$ تعداد، DMU داريم كه هر يک، m ورودي و s خروجي دارد. سپس با استفاد از مدل DEA چند معياره، كارآيي هر يک از DMU ها ارزيابي مي‌شود.

مثال عددي

براي نشان دادن چگونگي عملكرد الگوريتم ارائه شده و تركيب آن با مدل DEA چند معياره، يک مثال عددي ارائه مي شود. در اين مثال، يک واحد توليد كننده براي تامين ۳ قطعه‌ی مورد نياز خود، در صدد ارزيابي ۶ تامين كننده است. حداقل مورد نياز از اين قطعات به ترتيب 1250، 1800 و 1600 واحد و حداكثر 2500، 3500 و 3000 واحد است. اطلاعات مربوط به اين تامين كنندگان شامل قيمت خريد، درصد تحويل به موقع، درصد ضايعات و حداقل و حداكثر توان توليد براي هر يک از قطعات فوق است كه در جدول (۱) ارائه مي گردد. از بين توابع هدف مربوط به مي نيمم كردن هزينه‌ی كل خريد ، متوسط قطعات ضايعاتي و ماكزيمم كردن متوسط قطعات به موقع تحويل داده شده، تصميم گيرنده‌ی تابع هدف مربوط به مي نيمم كردن هزينه‌ی كل خريد را داراي بيش‌ترين اهميت، تشخيص مي دهد. همچنين، در مرحله‌ی بعد، از آنجايي كه بايد يكي از توابع هدف باقي‌مانده را براي اضافه شدن به محدوديت‌هاي اصلي مسئله انتخاب نمود، تصميم گيرنده، تابع هدف مربوط به ماكزيمم كردن متوسط قطعات به موقع تحويل داده شده را براي افزايش مقدار آن انتخاب مي كند. تحت اين شرايط و با پيروي از الگوريتم ارائه شده، مقادير $\theta_{kt}=0,1,2,...$ به صورت جدول (۲) به دست مي آيد. هزينه‌ی كل خريد متناظر با هر يک از مقادير θ_{kt} نيز در اين جدول نشان داده شده است. كاملا مشخص است كه با افزايش متوسط قطعات به موقع داده شده، هزينه‌ی كل خريد نيز، افزايش مي يابد. همچنين اگر θ_{kt} اندكي از مقدار 8656 فراتر رود، آنگاه مسئله نشدني خواهد شد. به عبارت ديگر، حداكثر متوسط قطعات به موقع تحويل داده شده تحت شرايط اين مسئله، برابر 8656 و حداقل برابر 4429 خواهد بود.

همچنين، حداكثر متوسط هزينه‌ی خريد برابر 35010500 و حداقل برابر 18047500 خواهد بود. جدول (۳) ، جواب بهينه‌ی مسئله‌ی تک هدفه‌ی (۱۶) را به ازاي مقادير مختلف θ_{kt} نشان مي‌دهد. تركيب محدب هر دو جواب متوالي نشان داده شده در اين جدول، بخشي از يک مجموعه‌ی پيوسته از جواب‌هاي موثر مسئله‌ی چند هدفه‌ی انتخاب تامين‌كننده‌ی مورد بررسي را تشكيل مي دهد. اينک براي ارزيابي كارآيي شركت خريدار با استفاده از مدل DEA چند معياره، با در نظر گرفتن $r=6$ ، مي توانيم با استفاده از رابطه‌ی (۱۷)، ۲۱ واحد DMU مجازي به دست آوريم. به عبارت ديگر، مي توانيم شركت خريدار را در ۲۱ وضعيت متفاوت بررسي نمائيم. اين ۲۱ واحد DMU

جدول ۱ :اطلاعات تامين كنندگان مربوط به قطعات سه گانه مورد نياز.

Parameters	Sup.1			Sup.2			Sup.3			Sup.4			Sup.5			Sup.6		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
PR[1]	3000	4500	3980	3050	4480	3950	3100	4600	3980	2980	4200	4050	2950	4500	4100	3100	4200	4000
P.T.D[2]	0.95	1	1	0.85	0.92	0.98	0.92	0.95	0.95	1	0.95	1	0.95	0.9	0.96	0.92	0.95	0.88
P.J[3]	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
Max.Cap[4]	880	800	900	800	900	800	900	600	700	800	600	800	600	500	500	400	350	400
Min.Cap[5]	300	400	300	200	350	200	200	200	200	150	150	200	100	100	100	150	200	200

1: Price ($), 2: Percent on Time Delivery, 3: Percent of Reject, 4: Maximum Capacity, 5: Minimum Capacity

جدول ۲: مقادير θ_{kt} هاي بدست آمده از مرحله ٤ .

	θ_{k0}	θ_{k1}	θ_{k2}	θ_{k3}	θ_{k4}
θ_{k0}	4429	4464.5	5677	7065	8656
$f_j(x)$	18047500	18123600	21858600	27463420	35010500

جدول ۳: جواب‌هاي مسئله تک هدفه مرحله ۵ متناظر با θ_{kt}.

	X11	X12	X13	X21	X22	X23	X31	X32	X33	X41	X42	X43	X51	X52	X53	X61	X62	X63
θ_{k0}	300	400	300	200	350	600	200	200	200	150	400	200	250	100	100	150	350	200
θ_{k1}	300	400	700	200	350	200	200	200	200	320	400	200	100	100	100	150	350	200
θ_{k2}	500	400	720	200	350	200	200	200	200	800	550	200	600	100	100	150	200	200
θ_{k3}	550	400	900	200	350	800	200	200	200	800	570	800	600	100	100	150	200	200
θ_{k4}	800	800	900	200	900	800	200	600	200	800	600	800	270	250	100	150	350	200

جدول ۴: نمايش ۲۱ واحد DMU مجازي (۲۱ وضعيت متفاوت تصميم گيرنده)

DMU	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{61}	X_{62}	X_{63}	X_1	X_2	X_3
1	300	400	300	200	350	600	200	200	200	150	400	200	250	100	100	150	350	200	1250	1800	1600
2	300	400	380	200	350	520	200	200	200	184	400	200	220	100	100	150	350	200	1254	1800	1600
3	300	400	460	200	350	440	200	200	200	218	400	200	190	100	100	150	350	200	1258	1800	1600
4	300	400	540	200	350	360	200	200	200	252	400	200	160	100	100	150	350	200	1262	1800	1600
5 *	300	400	620	200	350	280	200	200	200	286	400	200	130	100	100	150	350	200	1266	1800	1600
6	300	400	700	200	350	200	200	200	200	320	400	200	100	100	100	150	350	200	1270	1800	1600
7	340	400	704	200	350	200	200	200	200	416	430	200	200	100	100	150	320	200	1506	1800	1604
8	380	400	708	200	350	200	200	200	200	512	460	200	300	100	100	150	290	200	1742	1800	1608
9	420	400	712	200	350	200	200	200	200	608	490	200	400	100	100	150	260	200	1978	1800	1612
10	460	400	716	200	350	200	200	200	200	704	520	200	500	100	100	150	230	200	2214	1800	1616
11	500	400	720	200	350	200	200	200	200	800	550	200	600	100	100	150	200	200	2450	1800	1620
12	510	400	756	200	350	320	200	200	200	800	554	320	600	100	100	150	200	200	2460	1804	1896
13	520	400	792	200	350	440	200	200	200	800	558	440	600	100	100	150	200	200	2470	1808	2172
14	530	400	828	200	350	560	200	200	200	800	562	560	600	100	100	150	200	200	2480	1812	2448
15	540	400	864	200	350	680	200	200	200	800	566	680	600	100	100	150	200	200	2490	1816	2724
16	550	400	900	200	350	800	200	200	200	800	570	800	600	100	100	150	200	200	2500	1820	3000
17	600	480	900	200	460	800	200	280	200	800	576	800	534	130	100	150	230	200	2484	2156	3000
18	650	560	900	200	570	800	200	360	200	800	582	800	468	160	100	150	260	200	2468	2492	3000
19	700	640	900	200	680	800	200	440	200	800	588	800	402	190	100	150	290	200	2452	2828	3000
20	750	720	900	200	790	800	200	520	200	800	594	800	336	220	100	150	320	200	2436	3164	3000
21	800	800	900	200	900	800	200	600	200	800	600	800	270	250	100	150	350	200	2420	3500	3000

جدول ۵: مقدار خروجي هريک از **ها به همراه کارايي آن هاDMU.**

DMU	Inputs				Outputs		Efficiency
	X_1	X_2	X_3		Y_1	Y_2	
1	1250	1800	1600		187	2	0.9167
2	1254	1800	1600		194	13	0.951
3	1258	1800	1600		193	3	0.9461
4	1262	1800	1600		160	3	0.7843
5 *	1266	1800	1600		204	24	1
6	1270	1800	1600		192	38	0.9412
7	1506	1800	1604		194	1	0.9499
8	1742	1800	1608		195	24	0.9538
9	1978	1800	1612		200	11	0.9772
10	2214	1800	1616		191	43	0.9611
11	2450	1800	1620		174	10	0.8486
12	2460	1804	1896		209	7	0.9973
13	2470	1808	2172		165	19	0.782
14	2480	1812	2448		199	12	0.9415
15	2490	1816	2724		188	33	0.8897
16	2500	1820	3000		168	12	0.794
17	2484	2156	3000		214	34	0.8987
18	2468	2492	3000		167	9	0.5856
19	2452	2828	3000		175	18	0.5439
20	2436	3164	3000		201	5	0.5593
21	2420	3500	3000		215	13	0.5621

مجازي (وضعيت مختلف شركت خريدار) در جدول (۴) نشان داده شده است. سه ستون انتهايي اين جدول، مقدار ورودي قطعه‌ی j ام را با استفاده از رابطه‌ی (۱۸) نشان مي دهد. تمامي اين ۲۱ وضعيت، جواب‌هاي موثري هستند كه تصميم گيرنده در قبال آن‌ها بي تفاوت است؛ به اين معني كه از نظر تصميم گيرنده، هيچ يک از اين وضعيت‌ها بر ديگري ارجحيت ندارد. جدول (۵)، مقدار محصولات خروجي متناظر با هر تركيب از قطعات ورودي را نشان مي دهد كه توسط تصميم گيرنده، تخمين زده شده است. اين جدول، شامل كارآيي DEA هر يک از DMU هاي مجازي نيز هست. براي حل مسئله‌ی DEA چند معياره در اين مثال از روش وزن دهي ساده با اوزان برابر، استفاده مي شود.

در اين روش، ابتدا هر يک از توابع هدف به‌صورت مجزا روي محدوديت‌هاي مسئله، بهينه مي‌شوند؛ سپس مجموع موزون ميزان انحراف هر تابع هدف از مقدار بهينه‌ی خود، به‌صورت نرمال، مي‌نيمم مي‌شود. جهت توضيحات بيشتر در زمينه‌ی چگونگي به‌كارگيري اين روش در حل مسائل چند هدفه به [۳۶] Hwang et al.رجوع شود. همان‌طور كه ملاحظه مي‌شود عليرغم اين‌كه تمامي اين وضعيت‌ها، به نوعي جواب‌هاي موثر مسئله‌ی چند هدفه‌ی (۱) هستند، ولي به ازاي آن‌ها كارآيي DEA شركت خريدار، بسيار تغيير مي نمايد. از سويي، مشاهده مي شود كه مدل تحليل پوششي داده هاي چند معياره، به‌خوبي عمل كرده و تنها يک وضعيت (DMU) به عنوان وضعيت بهينه، محاسبه شده است. با توجه به اين جدول مي‌توان اظهار نمود كه واحد اصلي در وضعيت ۵ كارآ است.

جهت تعيين مقادير تخصيصي به هر يک از ۶ تامين كننده، بايد به جدول (۴) مراجعه كرد. با توجه به رديف پنجم اين جدول و با در نظرگرفتن اينكه X_{ij}، ميزان خريد قطعه j ام از تامين كننده i ام را نشان مي‌دهد، ميزان خريد هر يک از قطعات از هريک از تامين‌كنندگان، مشخص مي شود. در نهايت، قطعه‌ی يک بايد 1266 واحد، قطعه‌ی دو 1800 واحد و قطعه‌ی سه 1600 واحد، تامين گردد. به ازاي اين وضعيت كارآ، كل هزينه‌ی خريد برابر 1808380 واحد پولي، متوسط قطعات به موقع تحويل داده شده برابر 44.57.4 واحد و متوسط قطعات ضايعاتي برابر 172.18 واحد است.

نتيجه گيري و زمينه‌ی انجام تحقيقات آينده

در اين مقاله، نشان داده شد كه چگونه عملكرد تامين كنندگان، بر كارآيي DEA تصميم گيرنده تاثير مي گذارد. الگوريتمي كه معرفي شد، مجموعه‌ی پيوسته اي از جواب‌هاي موثر يک مسئله‌ی چند هدفه را به دست مي آورد. اين امر، مستلزم آن است كه مهم‌ترين تابع هدف مسئله از طرف تصميم‌گيرنده انتخاب گردد.

توابع هدف با اهميت كم‌تر به‌صورت محدوديت به محدوديت‌هاي اصلي مسئله، اضافه مي‌شوند. همان‌طور كه اشاره شد، در مسائلي با دو تابع هدف، اين الگوريتم قادر به تعيين تمام جواب‌هاي موثر مسئله است. پس از تعيين اين مجموعه‌ی پيوسته از جواب هاي موثر، تصميم گيرنده در نقاط گسسته‌اي (وضعيت‌هاي متفاوت) از اين مجموعه ارزيابي مي شود. در اين مرحله، به هر حال از تخمين‌هاي ذهني تصميم‌گيرنده براي تعيين ميزان خروجي‌ها در هر يك از اين وضعيت‌ها، استفاده مي شود؛ كه به‌عنوان يكي از زمينه‌هاي انجام تحقيقات آينده، اين تخمين‌هاي ذهني را مي توان فازي در نظر گرفت، كه اين امر، مستلزم به‌كارگيري تحليل پوششي داده هاي چند معياره‌ی فازي است.

مراجع

1- Willis, H. T., Huston, R. C. and Pohlkamp, F. (1993). “Evaluation measures of just in time supplier performance.” *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 34, No. 2, PP. 1–5.

2- Dobler, D. W., Lee, L. and Burt, N. (1990). *Purchasing and Materials Management: Text and Cases*. McGraw-Hill: New York.

3- Dickson, G. W. (1966). “An analysis of vendor selection systems and decisions.” *Journal of Purchasing*, Vol. 2 No. 1, PP. 5–17.

4- Weber, C. A., Current, J. R. and Benton, W. C. (1991). "Vendor selection criteria and methods." *European Journal of Operational Research,* Vol. 50, PP. 2-18.

5- Chaudhry, S. S., Forst, F. G. and Zydiak, J. L. (1993). "Vendor selection with price breaks." *European Journal of Operational Research,* Vol. 70, PP. 52-66.

6- Weber, C. A. and Current, J. R. (1993). "A multi objective approach to vendor selection." *European Journal of Operational Research*, Vol. 68, PP. 173–184.

7- Cakravastia, A., Toha, I. S. and Nakamura, N. (2002). "A two-stage model for the design of supply chain networks." *International Journal of Production Economics*, Vol. 80, No. 3, PP. 231-248.

8- Degraeve, Z., Labro, E. and Roodhooft, F. (2004). "Total cost of ownership purchasing of a service: The case of airline selection at Alcatel Bell." *European Journal of Operational Research*, Vol. 156, No. 1, PP. 23-40.

9- Demirtas, E. A. and Ustun, O. (2008). "An integrating multi objective decision making process for supplier selection and order allocation." *Omega*, Vol. 36, PP.76-90.

10- Xia, W. and Wu, Z. (2007). "Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments." *Omega*, Vol. 35, PP. 494– 504.

11- Wadhwa, V. and Ravindran, A. R. (2007). "Vendor selection in outsourcing." *Computers & Operations Research*, Vol. 34, PP. 3725 – 3737

12- Karpak, K. and Kasuganti, R. R. (1999). "An application of visual interactive goal programming: a case in supplier selection decisions." *Journal of Multi-Criterion Decision Making*, Vol. 8, PP. 93–105.

13- Kumar, M., Vrat, P. and Shankar, R. A. (2002). "Multi-objective interval programming approach for supplier selection problem in a supply chain.'' *Proc., 2002 Int. Conf. on E-Manufacturing: an Emerging Need for 21st Century World Class Enterprises,* Bhopal, India: IEI, PP. 17–9.

14- Dahel, N-E. (2003). "Vendor selection and order quantity allocation in volume discount environments." *Supply Chain Management*, Vol. 8, No. 4, PP. 335–42.

15- Kleinsorge, I. K, Schary, P. and Tanner, R. (1992). "Data envelopment analysis for monitoring customer-supplier relationships." *Journal of Public Policy*, Vol. 11, No. 4, PP. 357–372.

16- Weber, C. A. (1996). "A data envelopment analysis approaches to measuring vendor performance." *Supply Chain Management*, Vol. 1, No. 1, PP. 28-39.

17- Liu, F., Ding, F. Y. and Lall, V. (2000). "Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement." *Supply Chain Management*, Vol. 5, No. 3, PP. 143–150.

18- Banker, R. D. and Moray, R. C. (1986). "Efficiency analysis for exogenously fixed input and output." *Operation Research*, Vol. 34, No. 4, PP.513-518.

19- Weber, C. A., Current, J. R. and Dessai, A. (2000). "An optimization approach to determining the number of vendors to employ." *Supply Chain Management*, Vol. 5, No. 2, PP. 90-98.

20- Weber, C. A., Current, J. R. and Dessai, A. (1998). "Non-cooperative negotiation strategies for vendor selection." *European Journal of Operational Research*, Vol. 108, PP. 208-223.

21- Talluri, S., Narasimhan, R. and Nair, A. (2006). "Vendor performance with supply risk: A chance-constrainted DEA approach." *International Journal of Production Economics*, Vol. 100, PP. 212-222.

22- Zhu, J. (2004). "A buyer-seller game model for selection and negotiation of purchasing bids: Extension and new models." *European Journal of Operational Research*, Vol. 154, PP. 150-156.

23- Talluri, S. and Baker, R. C. (2002). "A multi-phase mathematical programming approach for effective supply chain design." *European Journal of Operational Research*, Vol. 141, PP. 544–558.

24- Wu, D. and Olson, D. L. (2008). "Supply chain risk, simulation, and vendor selection." *International Journal of Production Economics*, Vol. 114, PP. 646– 655.

25- Ramanathan, R. (2007). "Supplier selection problem: integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP." *Supply Chain Management*, Vol. 12, No. 4, PP. 258–261.

26- Saen, R. F. (2007). "A new mathematical approach for suppliers selection: Accounting for non-homogeneity is important." *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 185, PP. 84–95.

27- Ng, W. L. (2008). "An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem." *European Journal of Operational Research*, Vol. 186, PP. 1059–1067.

28- Celebi, D. C. and Bayraktar, D. (2008). "An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information." *Expert Systems with Applications*, Vol. 35, PP. 1698–1710.

29- Wu, D. (2009). "Supplier selection: A hybrid model using DEA, decision tree and neural network." *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, PP. 9105–9112

30- Ha, S. H. and Krishnan, R. (2008). "A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain." *Expert Systems with Applications*, Vol. 34, PP. 1303–1311.

31- Farzipoor saen, R. (2007). "Supplier selection by the new AR-IDEA model." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 39, PP. 1061-1070.

32- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978). "Measuring efficiency of decision making units." *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, PP. 29-44.

33- Farrell, M. J. (1957). "The measurement of productive efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, PP. 253-281.

34- Li, X. -B and Reeves, G. A. (1999). "A multiple criteria approach to data envelopment analysis." *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, PP. 507-510.

35- Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1991). "Applied data envelopment analysis." *European Journal of Operational Research*, Vol. 52, PP. 1-15.

36- Hwang, C. L. and Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.

واژه هاي انگليسي به ترتيب استفاده در متن

1- Multi Objective Programming.
2- Total Cost Ownership (TCO)
3- Analytic Network Process (ANP)
4- Multi Objective Mixed Integer Linear Programming (MOMILP)
5- Analytical Hierarchy Process (AHP)
6- Weighted Objective
7- Goal Programming
8- Compromise Programming
9- Value Path Method
10- Interactive Goal Programming
11- Fuzzy Mixed Integer Goal Programming
12- Data Envelopment Analysis (DEA)
13- Negotiation
14- Return to Scale

15- Chance Constrained Data Envelopment Analysis (CCDEA)
16- Buyer-Seller Game Model
17- Pair-Wise Efficiency Game (PEG)
18- Chance Constraint Programming
19- Input Oriented
20- Neural Network
21- Back Propagation Neural Network
22- Decision Tree
23- Efficient Solution
24- Preferred Solution
25- Weak Discriminating Power
26- Unrealistic weight Distribution