

ارزیابی و رتبه‌بندی پیمان کاران و ارتقاء پیمان کاران ناکارا با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های خاکستری - مورد مطالعه پیمان کاران گروه مپنا

عادلہ باغبان*^۱، مقصود امیری^۲، لعبا افت^۳، زهرا شرفی آوزمان^۴

۱- کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه علامه طباطبایی، تهران

۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه علامه طباطبایی

۳- دانشیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه علامه طباطبایی

۴- کارشناس برنامه ریزی راهبردی معاونت تحقیق و توسعه گروه مپنا

رسید مقاله: ۱۰ بهمن ۱۳۹۰

پذیرش مقاله: ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۱

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی کارایی نسبی پیمان کاران با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های خاکستری انجام شده است که با توجه به سطح وظایف و گستردگی ورودی و خروجی‌های پیمان کاران پروژه‌ها نسبت به تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های کلیدی اقدام گردیده است. داده‌های خام مورد نیاز جهت مدل‌سازی از روش بررسی اسناد و مدارک سال ۱۳۸۸ گروه مپنا، گردآوری گردید و در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌های خاکستری نسبت به حل مدل اقدام گردیده است. با مشخص شدن جواب مدل اولیه تعدادی از پیمان کاران که دارای کارایی نسبی صد در صد بودند انتخاب شده، پس از مشخص شدن پیمان کاران کارا، با استفاده از الگوریتمی جهت رتبه‌بندی کامل عملکرد پیمان کاران کارا انجام گردید. در مرحله آخر ارایه راهکارهای مناسب برای بالا بردن کارایی پیمان کاران ناکارا ارایه گردیده است.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تئوری خاکستری، ارزیابی عملکرد، پیمان کاران.

۱ مقدمه

مدیریت علمی، در سازمان‌های کشور ما هنوز با نقاط مطلوب فاصله‌ای قابل توجه دارد. در شرایطی که استفاده بهینه از منابع جهت دستیابی به اهداف و دوام در عرصه اصلی رقابت اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد، تلاش در سازمان‌ها در این ارتباط به نحو ضعیفی سازماندهی شده و بر مبنای شواهد علمی و تحقیقی استوار نمی‌باشد. یکی از مسایل گریبان‌گیر سازمان‌ها عدم آگاهی و احاطه کافی نسبت به میزان کارآمدی و کارایی سازمان خود و نیز عدم امکان تفکیک واحدهای غیر کارا از واحدهای کارا به صورت علمی و دقیق است. این موضوع مهم‌ترین

*عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: adele.baghban@gmail.com

دلیل ناتوانی مدیریت در اتخاذ تصمیمات مناسب برای آینده سازمان است زیرا عدم امکان این تشخیص، عدم امکان افزایش بهره‌وری را به دنبال خواهد داشت. خصوصاً در جهان کنونی با روند پرشتاب پیشرفت، توسعه کشورها و رشد سرسام‌آور تولید و خدمت، بازننگری و اصلاح روش‌ها جهت تخصیص بهینه منابع کمیاب، لازمه ادامه حیات واحدهای سازمانی است.

۲ بیان مساله

ضرورت بهینه‌سازی و ارتقا کمی و کیفی دست آوردهای سیستم‌های پیمان‌کاری اینجاست که در جهت رفع و دفع موانع و تنگناهای موجود برآیم. از آنجا که سازندگی در کشور ما به عملکرد سه عامل کارفرما، مشاور و پیمان‌کار متکی می‌باشد، تاثیر متقابل عوامل مذکور بر یکدیگر و مشارکت متوازن آن‌ها در پیشگیری از اتلاف منابع مالی و تاخیر در اجرا، موثر بوده و به انجام مطلوب پروژه‌ها منجر خواهد شد. بدین ترتیب بروز مشکلات و تنگناهای پیچیده و بعضاً لاینحل در امر سازندگی، لزوم ریشه‌یابی مشکلات را بیش از پیش مطرح ساخته است تا با درایت دست‌اندرکاران به شناسایی و حل علل پیدایی مشکلات متداول عرصه‌های پیمان‌کاری اهتمام ورزیده شود. پس برای اجرای بهتر پروژه‌ها در هر گروه صنعتی باید عملکرد پیمان‌کاران موجود که از مرحله انتخاب گذشته‌اند بررسی شود و روش‌هایی برای بالا بردن این عملکردها بیان گردند تا بتوان پروژه‌ها را با بالاترین کارایی به اجرا رساند.

۳ اهمیت و ضرورت موضوع

با توجه به اهمیت وظایف پیمان‌کاران و همچنین منابعی که برای فعالیت پیمان‌کاران اختصاص می‌یابد، در این تحقیق به دنبال پاسخ به این سوال هستیم که "با توجه به منابع اختصاص یافته به پیمان‌کاران، کدام یک از آن‌ها عملکرد بهتری نسبت به سایر پیمان‌کاران داشته‌اند؟" در گروه مپنا با توجه به این که پیمان‌کاران از مرحله انتخاب عبور کرده‌اند و بعد از گذشت زمان بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند، لذا با توجه به منابع تخصیص یافته به آن‌ها، لازم است پیمان‌کاران غیر کارا از پیمان‌کاران کارا به صورت علمی و دقیق متمایز گردند. اهمیت این موضوع برای مدیران مپنا در اتخاذ تصمیمات مناسب برای آینده سازمان می‌باشد زیرا عدم امکان این تشخیص، عدم امکان افزایش بهره‌وری را به دنبال خواهد داشت.

۴ پرسش‌های تحقیق

سوال اول: با توجه به اهداف و وظایف پیمان‌کاران، ورودی‌ها و خروجی‌های کلیدی ارزیابی پیمان‌کاران کدامند؟

سوال دوم: با توجه به منابع اختصاص یافته به پیمان‌کاران، کدام یک از پیمان‌کاران عملکرد بهتری نسبت به سایر پیمان‌کاران داشته‌اند؟

سوال سوم: کدام یک از پیمان‌کارانی که در مرز کارایی قرار دارند کاراترند؟

سوال چهارم: راهکارهای مناسب جهت ارتقا پیمان کاران ناکارا چیست؟

۵ پیشینه تحقیق

رجائی و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله ای تحت عنوان ارزیابی صلاحیت پیمان کاران بر اساس روش مجموع ساده وزین فازی وضعیت پیمان کاران را بر اساس عبارات توصیفی از اعداد فازی مثلثی و دوزنقه‌ای ارزیابی کرده‌اند. در مدل پیشنهادی، وزن فازی معیارها با استفاده از روش بالکی محاسبه شده و سپس از روش مجموع ساده وزین برای رتبه‌بندی پیمان کاران و نیز صلاحیت آن‌ها استفاده شده است [۱].

نعمت الهی (۱۳۸۵) به ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان در شرکت مگا موتور از یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرده است. در ابتدا معیارهای تاثیر گذار در ارزیابی تامین کنندگان شناسایی و سپس معیارهای ورودی و خروجی مدل تعیین شده است. در مرحله بعد میزان اهمیت نسبی این معیارها با نظرخواهی از خبرگان سنجیده شده است و در نهایت مدل ارزیابی تامین کنندگان با نگرش‌های مختلف (بر اساس مدل ورودی محور CCR، فرآیند تحلیل پوششی داده‌ها و مدل ترکیبی) حل و نتایج آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفته و راهکارهایی ارائه گردیده است [۲].

فداکار در تحقیقی در سال ۱۳۷۶ با بررسی دلایل به خدمت گیری پیمان کاران عنوان کرده که تخصصی شدن فعالیت‌ها و خدمات باعث شده است تا اکثر شرکت‌ها مایل باشند کارهای مختلف خود را به شرکت‌های دیگر بسپارند. شرکت‌هایی که محصولات پیچیده تولید می‌کنند (مانند شرکت‌های خودروساز) ناگزیرند تمام یا بخشی از قطعات زیرمجموعه‌های خود را به شرکت‌های دیگر واگذار کنند. این شرکت‌ها در واقع پیمان کاران شرکت اصلی هستند. ارزیابی و انتخاب پیمان کار (پیمان کاران) مناسب یکی از مسایل بسیار مهمی است که اگر در آن دقت شود، از بروز مسایل و مشکلات زیادی در آینده جلوگیری خواهد کرد [۳].

جدیدی در سال ۱۳۷۳ در تحقیقی دیگر در خصوص انتخاب پیمان کار پست‌های فشارقوی، به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عصبی، بیان نموده است که با توجه به اهمیت انتخاب درست پیمان کارانی که مسئولیت احداث پست‌های فشارقوی به آن‌ها واگذار می‌گردد و نقش این امر در کاهش هزینه‌های مربوط به احداث و بهره‌برداری پست‌ها، در این پروژه با تعیین دقیق بافت هزینه‌های طول عمر مربوط به یک پست فشار قوی و مشخص کردن عوامل موثر بر هر یک از این اقلام هزینه‌ای، طریقه برآورد سطح هر یک از این هزینه‌ها برای کلیه پیشنهادهای ارائه شده به وسیله پیمان کاران شرکت کننده در ساختار احداث یک پست فشار قوی تعیین گردیده و با به کارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی همراه با شبکه‌های عصبی، روشی جهت انتساب مناسب‌ترین پیشنهاد (که از اندیس هزینه‌ای کل کوچک‌تری برخوردار است) تدوین شده است [۴].

حیدری در پژوهشی در سال ۱۳۸۷ علاوه بر شناسایی شاخص‌های موثر بر انتخاب پیمان کار، میزان اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های مزبور با استفاده از مدل AHP در تصمیم‌گیری گروهی تعیین شده و نحوه استفاده از مدل AHP جهت انتخاب مناسب‌ترین پیمان کار بر اساس شاخص‌های اولویت‌بندی شده در پروژه‌ی موسسه مالی و اعتباری شهرستان "لردگان" نشان داده شده است [۵].

رزمی و همکاران در سال ۱۳۸۶ در تحقیقی یک مدل چند معیاره اولیه ارائه کرده‌اند که بتواند با در نظر گرفتن همه‌ی عوامل کیفی و کمی موثر در ارزیابی پیمان‌کاران، بهترین پیمان‌کار را برای اجرای پروژه انتخاب نماید. در این مدل ۶ معیار کلی به عنوان معیارهای موثر در انتخاب یک پیمان‌کار در مناقصه ارائه شده است که بعضی از این معیارها شامل زیرمعیارهای خاص خود نیز هستند. در این تحقیق، روش چند شاخصه‌ی فازی با استفاده از شیوه‌ی متغیرهای بیانی برای رتبه‌بندی و انتخاب بهترین پیمان‌کار در مناقصه به کار گرفته شده است [۶].

دانگ و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی تحت عنوان یک رویکرد مبتنی بر تصمیم‌گیری خاکستری برای انتخاب تامین‌کنندگان تلاش کرده است تا با استفاده از مفهوم درجه امکان خاکستری و با کاربرد متغیرهای معین و متغیرهای زبانی یک رویکرد جدید را برای حل مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره در شرایط عدم اطمینان و ناکامل بودن اطلاعات ارائه نماید [۷].

پلنانکیز (۲۰۰۹) در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی شایستگی پیمان‌کار ساختمان از دیدگاه مشتریان لهستانی معیارهای اصلی ارزیابی پیمان‌کاران را بررسی می‌کند. نویسنده روش‌هایی را برای انتخاب پیمان‌کار ارائه می‌دهد و از پرسش‌نامه برای جمع‌آوری داده استفاده کرده است [۸].

وات و همکاران (۲۰۱۰) رویکردی را به منظور سنجش ۹ معیار معمول که به منظور ارزیابی واقعی و انتخاب پیمان‌کاران/ تامین‌کنندگان انجام می‌شود، ارائه دادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عملکرد در پروژه‌های قبلی، تخصص فنی و هزینه (قیمت) مهمترین معیارها در انتخاب پیمان‌کاران بوده‌اند و تجربه سازمانی، نیروی کار و شهرت (اعتبار) کمترین اهمیت را دارا می‌باشند [۹].

درویش و همکاران (۲۰۰۹) بیان می‌کنند که یکی از مهم‌ترین اجزا در پروژه‌های ساخت و ساز، انتخاب پیمان‌کاران است که می‌توان از رتبه‌بندی پیمان‌کاران جهت انجام این امر استفاده کرد. تعیین صلاحیت و شایستگی پیمان‌کاران در پروژه‌های ساخت و ساز ضروری است و این فرآیند به روش‌های مختلفی انجام می‌شود. در بیشتر تحقیقات معیارهای انتخاب مستقلی برای این کار در نظر گرفته می‌شود اما به هر حال این معیارها روی یکدیگر تاثیر می‌گذارند. در این تحقیق از تئوری گراف و ماتریس‌ها به عنوان ابزاری برای تحلیل تصمیم‌گیری جهت انتخاب پیمان‌کاران استفاده شده است [۱۰].

هولت و همکاران در مقاله‌ای در سال ۱۹۹۵ بیان می‌کنند پیمان‌کاران پروژه‌های عمرانی ممکن است بر اساس معیارهایی چون زمان، هزینه و کیفیت کار مورد سنجش قرار گیرند و صاحبان پروژه‌ها، همواره تحت فشار بوده‌اند تا بهترین پیمان‌کار را برای اجرای پروژه انتخاب کنند. در ارزیابی پیمان‌کاران روش‌های تجزیه و تحلیل‌های چندشاخصه، رگرسیون چندگانه، تجزیه و تحلیل‌های خوشه‌ای، و تئوری مجموعه‌های فازی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند [۱۱].

با توجه به تحقیقات انجام شده در سال‌های گذشته خلا ناشی از ارزیابی پیمان‌کاران در مرحله اجرای پروژه و هم‌چنین اتمام پروژه به چشم می‌خورد که در این تحقیق به بررسی خلا موجود در تحقیقات حاضر پرداخته شده است.

۶ روش انجام تحقیق

تحقیق حاضر با توجه به هدف، تحقیقی کاربردی محسوب شده و در رابطه با روش به کار رفته در آن، تحقیقی توصیفی می‌باشد. همچنین از نظر نوع داده‌های مورد استفاده، تحقیق کمی محسوب می‌گردد و به دلیل به کارگیری داده‌های موجود در آمارها و مستندات گروه مینا تحقیق کتابخانه‌ای به شمار می‌رود. برای تدوین چارچوب نظری تحقیق، تحقیقات پیشین مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته و نظریه‌ها و مفاهیم و متغیرهای مورد نظر بر اساس آن‌ها تدوین می‌شود.

۷ جامعه آماری تحقیق

تحقیق حاضر بنا دارد تا رتبه‌بندی کامل از کارایی پیمان کاران گروه مینا به دست آورد. بنابراین جامعه آماری این تحقیق پیمان کاران گروه مینا می‌باشد. پاسخ‌گویان این تحقیق کارشناسان و مدیران ارزیابی پیمان کاران در گروه مینا می‌باشد. بر اساس پرسش‌ها و اهداف پژوهش، چارچوب جامعه آماری نیز شامل پیمان کاران و پیمان کاران فرعی گروه مینا می‌باشد. همچنین با توجه به این که این تحقیق شامل فرضیات آماری نمی‌باشد، لذا از روش‌های نمونه‌گیری و تعیین حجم نمونه در آن استفاده نشده است. از نظر افق زمانی این تحقیق یک تحقیق مقطعی است. که داده‌های مرتبط با پیمان کاران مربوط به آن دسته از پیمان کارانی است که در سال ۱۳۸۸ پروژه خود را به اتمام رسانده‌اند [۱۲].

۸ الگوی نظری

۸-۱ کارایی

مفهوم کارایی در منابع مختلف به صورت‌های متفاوتی تعریف شده است. به صورت ساده کارایی را می‌توان نسبت میزان محصول قابل استفاده به نسبت میزان منابع تولید آن محصول تعریف کرد. کارایی بیان‌گر این مفهوم است که یک سازمان به چه خوبی از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است [۱۳] محاسبه کارایی با توجه به مقدار خروجی مورد انتظار یا استاندارد با استفاده از رابطه (۱) تعریف می‌گردد [۱۴]:

$$\text{کارایی} = \frac{(\text{خروجی مورد انتظار})}{(\text{خروجی واقعی})} \quad (۱)$$

تعاریف و روش‌های مختلفی برای تعیین مرز کارایی وجود دارد که عمدتاً بر سه دسته‌اند [۱۵]:

الف- روش‌های پارامتری

ب- روش‌های غیر پارامتری

ج- روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها

البته دسته سوم جزء روش‌های غیر پارامتری می‌باشد ولی به دلیل اهمیت آن و همچنین فراوانی استفاده از آن جزء یک طبقه کامل آورده شده است.

تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک ناپارامتریک کلاسیک و مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد که برای مقایسه ارزیابی کارایی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری مشابه به کار می‌رود و مزیت قابل توجه آن، عدم نیاز آن به تعیین مشخصات پارامتریک همچون تابع تولید برای به دست آوردن امتیازات کارایی است [۱۶].
DEA، یک تکنیک برنامه‌ریزی ریاضی است که کارایی نسبی چندین واحد تصمیم‌گیرنده را بر مبنای ورودی‌ها و خروجی‌های مشاهده شده که ممکن است با انواع متریک‌های مختلف بیان شوند، محاسبه می‌کند [۱۷].

تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری که از چندین ورودی استفاده می‌کنند تا چندین خروجی تولید کنند به کار می‌رود و از زمان معرفی آن تاکنون کاربردهای فزاینده‌ای پیدا کرده است [۱۸].

۸-۲ مدل تحلیل پوششی داده‌ها

اکنون به بررسی و ارزیابی مدل‌های DEA می‌پردازیم. چارنر، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۸ مدل کلاسیک DEA را ارائه کردند. این مدل به صورت رابطه (۲) ارائه می‌شود [۱۹].

$$\begin{aligned} \text{Max } h_o &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r_o}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i_o}} \\ \text{s.t. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r_{ij}}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i_{ij}}} &\leq 1 \end{aligned} \quad (2)$$

این مدل برای ارزیابی عملکرد نسبی واحدهای نسبی تصمیم‌گیرنده طراحی شده است؛ همان‌طور که از شکل بالا بر می‌آید m تعداد ورودی و s تعداد خروجی‌ها و n تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌باشد. یعنی m ورودی در یک واحد تصمیم‌گیرنده به s خروجی تبدیل می‌شود، لزوماً تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها یکسان نیست. در مدل فوق h_o نشان‌دهنده کارایی فنی واحد تحت بررسی است و X_{i0} و Y_{i0} به ترتیب نشان‌دهنده ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تحت بررسی می‌باشند. بنابراین X_{ij} ورودی i ام واحد j ام و Y_{ij} خروجی r ام واحد j ام می‌باشد.

همان‌طور که قبلاً گفتیم کارایی به صورت درصد بیان می‌شود، بنابراین h_o عددی بین صفر و یک است. $0 \leq h_o \leq 1$ یعنی $h_o = 1$ نشان‌دهنده واحدی کارا و $h_o \leq 1$ نشان‌دهنده واحدی غیر کارا می‌باشد. هم‌چنین v_i وزن

ورودی‌های مدل و U_2 وزن خروجی‌های مدل می‌باشد که از طرق مختلف تعیین و در مدل به کار می‌رود. از ویژگی‌های مدل (۱) این است که اولاً تابع هدف مدل تابعی کسری است ثانیاً محدودیت‌ها به صورت کسری نیستند و خطی می‌باشند و ثالثاً در مدل فوق تعداد محدودیت‌ها برابر با تعداد واحدها و تعداد متغیرها برابر با مجموع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌هاست [۲۰].

۳-۸ تئوری سیستم‌های خاکستری

اتخاذ تصمیمات درست نیازمند وجود اطلاعات کافی می‌باشد که در عمل کمتر سیستمی را می‌توان یافت که تمام اطلاعات آن شناخته شده باشند. چرا که تعیین تمام اجزا و روابط بین آن‌ها در بیشتر سیستم‌ها یا غیر ممکن بوده و یا بسیار پرهزینه و غیر اقتصادی می‌باشد. سیستم‌های اجتماعی، سیستم‌های زیست محیطی، سیستم‌های اقتصادی، سیستم آناتومی انسان از جمله این موارد می‌باشند. از آنجا که همواره اطلاعاتی که از سیستم‌های در دست بررسی، حاصل می‌شود ناکامل هستند لذا عدم اطمینان نیز به عنوان جزء لاینفک این سیستم‌ها همواره خودنمایی می‌کند که این امر به نوبه خود مواجهه و تصمیم‌گیری در مورد این سیستم‌ها را با مشکل بزرگتری روبرو می‌نماید. اگر اطلاعات واضح و شفاف یک سیستم را بارنگ سفید و اطلاعات کاملاً ناشناخته یک سیستم را با رنگ سیاه تجسم کنیم در این صورت خواهیم دید که اطلاعات مربوط به بیشتر سیستم‌های موجود در طبیعت اطلاعات سفید (کاملاً شناخته شده) و یا سیاه (کاملاً ناشناخته) نیستند، بلکه مخلوطی از آن دو یعنی به رنگ خاکستری می‌باشند. بنابراین خاکستری بودن یک سیستم، امری مطلق و سیاه و سفید بودن آن، امری نسبی است. این گونه سیستم‌ها را سیستم خاکستری می‌نامند. از آنجا که اصلی‌ترین مشخصه یک سیستم خاکستری، کامل نبودن اطلاعات مربوط به آن سیستم است لذا این موضوع، نقطه اساسی برای شروع بررسی این گونه سیستم‌ها می‌باشد و هدف اصلی، بر کشف خصوصیات واقعی این سیستم‌ها در شرایط کمبود اطلاعات متمرکز شده است [۲۱]. هدف تئوری سیستم‌های خاکستری و کاربردهای آن ایجاد پلی بین علوم اجتماعی و علوم طبیعی است که در آن خاکستری به مفهوم فقر اطلاعات، نقص اطلاعات و عدم اطمینان می‌باشد [۲۲].

۳-۸-۱ اعداد خاکستری

هر سیستم خاکستری به وسیله اعداد خاکستری، معادلات خاکستری و ماتریس‌های خاکستری توصیف می‌شود که در این میان اعداد خاکستری به مثابه اتم‌ها و سلول‌های این سیستم می‌باشند. عدد خاکستری می‌تواند به عنوان عددی با اطلاعات نامطمئن تعریف شود. مثلاً رتبه معیارها در یک تصمیم‌گیری، به صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شوند که می‌توان آن‌ها را با بازه‌های عددی بیان نمود. این بازه‌های عددی شامل اطلاعات نامطمئن خواهد بود [۲۳] همچنین می‌توان گفت که عدد خاکستری به عددی اطلاق می‌شود که مقدار دقیق آن نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن را دربر می‌گیرد شناخته شده است. به طور کلی در عمل، عدد خاکستری با یک بازه و یا یک مجموعه از اعداد بیان می‌شود.

۸-۳-۲ عملگرهای اعداد خاکستری بازه‌ای

فرض کنید که اعداد خاکستری مطابق رابطه (۳) داشته باشیم:

$$\begin{aligned} \otimes_1 &\in [a, b], a < b \\ \otimes_2 &\in [c, d], c < d \end{aligned} \quad (3)$$

در آن صورت جمع، تفریق، ضرب و تقسیم دو عدد خاکستری \otimes_1 و \otimes_2 و قرینه و معکوس هر عدد خاکستری به صورت رابطه (۴) تعریف می‌گردد [۲۲]:

$$\begin{aligned} \otimes_1 + \otimes_2 &\in [a+c, b+d] \\ -\otimes_1 &= [-b, -a] \\ \otimes_1 - \otimes_2 &= \otimes_1 + (-\otimes_2) \in [a-d, b-c] \\ \otimes_1^{-1} &\in \left[\frac{1}{b}, \frac{1}{a} \right], ab > 0 \\ \otimes_1 \cdot \otimes_2 &\in [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}] \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\otimes_1}{\otimes_2} &= \otimes_1 \cdot \otimes_2^{-1} \\ \frac{\otimes_1}{\otimes_2} &\in \left[\min \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\}, \max \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\} \right], cd > 0 \\ k \cdot \otimes_1 &\in [ka, kb], k \in R^+ \end{aligned}$$

۸-۴ مدل تحلیل پوششی داده‌ها با اعداد خاکستری بازه‌ای

یکی از کلیدهای روش DEA جستجو و پردازش داده‌های ورودی و خروجی است. برای برخی از مدل‌های DEA داده‌ها تعریف شده و مشخص هستند در نتیجه مدل‌های ذکر شده در بالا همه قطعی است. اما در مسایل تصمیم‌گیری عدم قطعیت بسیاری وجود دارد، این مشکلات از قبیل بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری پروژه‌ها در آینده، مسایل در معرض ریسک بالا از قبیل طرح‌های فناوری است. بنابراین، مدل DEA قبلی برای مسایل با عدم قطعیت قابل اجرا نیست.

با تغییرات جدید در روش DEA این روش می‌تواند مسایل دارای عدم قطعیت را نیز بررسی کند. به طور کلی، عدم قطعیت در جهان واقعی را می‌توان به سه نوع تقسیم کرد که شامل تصادفی، فازی و خاکستری است. به منظور توضیح دادن عدم قطعیت و بررسی دقیق جهان واقعی، مردم به صورت متوالی تئوری‌های مربوطه و روش‌ها رو به جلو قرار دهید. سنگوپتا یک روش DEA تصادفی برای موردهای تصادفی و همچنین یک روش DEA فازی ارائه کرده است [۲۴].

هم‌چنین یانگ و همکاران مدل DEA برای سیستم‌های خاکستری را تدوین کردند این مدل بسیار ابتدایی و تحقیق در این باره بسیار ضروری است [۲۵].

۸-۴-۱ مدل CCR خاکستری

فرض کنید ورودی‌ها و خروجی‌های مدل به صورت خاکستری بیان شده باشد که در فرمول با

$\otimes x_j, \otimes y_j (j=1, \dots, n)$ نمایش داده می‌شود، بنابراین مدل CCR خاکستری به صورت رابطه (۵) بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Max } z &= \mu^T \otimes Y_j \\ \text{s.t. } w^T \otimes X_j - \mu^T \otimes Y_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ w^T \otimes X_{j_0} &= 1 \\ w, \mu &\geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

که نوعی برنامه‌ریزی خطی خاکستری است. حال فرض کنید که اعداد خاکستری موجود در این مدل همگی از نوع بازه‌ای باشند یعنی مقدار حداکثر و حداقل آن مشخص است ولی مقدار دقیق آن‌ها مشخص نیست. فرض کنید رابطه (۶) موجود است

$$\begin{aligned} \otimes X_j &= (\otimes X_{1j}, \dots, \otimes X_{mj})^T \geq 0 \\ &= ([a_{1j}, b_{1j}], \dots, [a_{mj}, b_{mj}])^T \\ \otimes Y_j &= (\otimes y_{1j}, \dots, \otimes y_{sj})^T \geq 0 \\ &= ([c_{1j}, d_{1j}], \dots, [c_{sj}, d_{sj}])^T \end{aligned} \quad (6)$$

بردارهای ورودی و خروجی واحد تصمیم‌گیری (DMU) زام باشند که شامل اعداد خاکستری هستند. با استفاده از خصوصیات عملیات اعداد خاکستری، مدل برنامه‌ریزی با استفاده از اعداد خاکستری بازه‌ای به صورت رابطه (۷) می‌نویسیم:

$$\begin{aligned} \text{Min } \theta &= \sum_{r=1}^s [-d_{rj_0}, -c_{rj_0}] \mu_r \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m [a_{ij}, b_{ij}] w_i + \sum_{r=1}^s [-d_{rj_0}, -c_{rj_0}] \mu_r &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m [a_{ij}, b_{ij}] w_i &= 1 \quad w \geq 0, \mu \geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

حد بالای مقدار هدف به صورت رابطه (۸) می‌باشد:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m b_{ij} w_i - \sum_{r=1}^s c_{rj} \mu_r &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n (j \neq j_0) \\ \sum_{i=1}^m a_{ij} w_i &= 1 \quad w \geq 0, \mu \geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

و حد پایین مقدار هدف نیز به صورت رابطه (۹) می‌باشد:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} w_i - \sum_{r=1}^s d_{rj} \mu_r \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m b_{ij} w_i = 1 \quad w \geq 0, \mu \geq 0$$

هوانگ در سال ۱۹۹۴ برای حل مسایل برنامه‌ریزی خاکستری به حل دو مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی برای حد بالا و پایین مطابق روابط (۱۰) و (۱۱) پرداخت.

$$\text{Min} \quad \theta = - \sum_{r=1}^s d_{rj} \cdot \mu_r$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m b_{ij} w_i - \sum_{r=1}^s c_{rj} \mu_r \geq 0, \quad j = 1, \dots, n (j \neq j)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} w_i = 1 \quad w \geq 0, \mu \geq 0$$

$$\text{Min} \quad \theta = - \sum_{r=1}^s c_{rj} \cdot \mu_r$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m a_{ij} w_i - \sum_{r=1}^s d_{rj} \mu_r \geq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m b_{ij} w_i = 1 \quad w \geq 0, \mu \geq 0$$

با استفاده از روش سیمپلکس می‌توان دو مساله فوق را حل کرد. اگر جواب‌ها به ترتیب θ_r, θ_s باشند آن‌گاه جواب مساله برنامه‌ریزی خاکستری به صورت رابطه (۱۲) می‌باشد:

$$\text{Min} \quad \theta = [\theta_r, \theta_s] \quad (12)$$

که در واقع یک عدد خاکستری بازه‌ایست. برای مدل DEA خاکستری با اعداد خاکستری بازه‌ای کارایی DMU j_0 به صورت عدد خاکستری رابطه (۱۳) است:

$$\text{Max} \quad z = [-\theta_r, -\theta_s] \quad (13)$$

و اگر این بازه شامل عدد یک باشد به واحد تصمیم‌گیری j_0 کارا گفته می‌شود و اگر

$-\theta_r \geq \lambda, -\theta_s = 1, \forall \lambda \in [0, 1], w > 0, \mu > 0$ و آن‌گاه کارایی DMU j_0 زیر سطح λ است.

۹ متغیرهای تحقیق

۹-۱ تعیین ورودی پیمان کاران گروه مینا

هر سازمانی برای انجام فعالیت‌های خود به منابع و ورودی‌های گوناگون نیازمند است بدون دریافت ورودی‌های مورد نیاز هیچ سازمانی قابلیت تبدیل نهاده‌ها به ستاده‌ها را از طریق فرآیندهای خود نخواهد داشت. با توجه به تعریف کارایی و نحوه اندازه‌گیری آن، شناسایی و میزان سنجش میزان ورودی‌های سازمان ضروری است. با بررسی‌های انجام شده در گروه مینا دو ورودی کلیدی شناسایی گردیده است.

۱- هزینه نهایی پروژه:

معادل هزینه‌ای است که پیمان کار برای اتمام کار در بازه زمانی مورد نظر از کارفرما دریافت کرده است.

۲- زمان متعهد شده:

مدت زمانی که پیمان کار در قرارداد متعهد شده است.

۹-۲ تعیین خروجی پیمان کاران گروه مینا

اصولاً عملکرد سازمان‌ها بر اساس خروجی‌های آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به شرح وظایف و زیر مجموعه آن‌ها، خروجی‌های بسیاری را می‌توان برای آن‌ها تعریف نمود. با توجه به بررسی‌های انجام شده شاخص‌های زیر برای بررسی خروجی تعریف شده‌اند.

۱- کیفیت کار انجام شده:

میزان مطلوبیت کارفرما از پروژه می‌باشد که با در نظر گرفتن مقیاس متعهد شده در قرارداد ارزیابی می‌شود.

۲- زمان اجرا شده:

مدت زمانی که پیمان کار پروژه را به اتمام می‌رساند.

۳- هماهنگی پیمان کار با کارفرما

میزان پاسخ‌گویی پیمان کار به تغییرات ناگهانی پروژه را بیان می‌کند.

۱۰ روش گردآوری داده‌ها

اصولاً روش جمع‌آوری داده‌های تحقیق بر اساس نوع تحقیق مورد نظر طراحی می‌شود. با توجه به این که داده‌های جمع‌آوری شده در این تحقیق برای مدل‌سازی استفاده شده‌اند، لذا منبع اصلی برای جمع‌آوری این داده‌ها، اسناد، گزارشات و منابع اطلاعاتی موجود در بخش‌های مختلف گروه مینا بوده است.

پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به شاخص‌های ارزیابی، در این مرحله کلیه داده‌های جمع‌آوری شده در جدول ۱ و ۲ به صورت خلاصه و یکپارچه جهت مراحل بعدی تحقیق ارائه می‌گردد.

جدول ۱. شمای کلی فرم جمع‌آوری داده‌ها

مبلغ قرارداد شده (ریال)
$5000000 < A \leq 10000000$
$10000000 < B \leq 15000000$
$15000000 < C \leq 20000000$
$20000000 < D \leq 25000000$

جدول ۲. شمای کلی فرم جمع‌آوری داده‌ها

متغیر خروجی			متغیر ورودی					
هماهنگی	زمان اجرا شده	کیفیت کار انجام شده	زمان متعهد شده (ماه)	مبلغ قرارداد شده				
(۶۵ ۶۷)	۱۴	(۶۶ ۸۹)	۱۸	D	C	B	A	پیمان کار ۱
(۵۱ ۸۳)	۹	(۲۴ ۴۳)	۲۵	D	C	B	A	پیمان کار ۲
(۴۳ ۷۰)	۱۰	(۶۳ ۹۸)	۲۰	D	C	B	A	پیمان کار ۳
(۶۳ ۹۳)	۱۴	(۶۸ ۹۸)	۲۵	D	C	B	A	پیمان کار ۴
(۱۸ ۲۸)	۱۳	(۱۷ ۲۹)	۳۱	D	C	B	A	پیمان کار ۵
(۲۴ ۷۱)	۱۱	(۱۹ ۳۹)	۲۰	D	C	B	A	پیمان کار ۶
(۳۲ ۹۵)	۱۵	(۴۵ ۷۸)	۳۶	D	C	B	A	پیمان کار ۷
(۳ ۶۳)	۱۳	(۱۹ ۵۴)	۳۰	D	C	B	A	پیمان کار ۸
(۱۵ ۹۱)	۱۴	(۱۲ ۵۵)	۲۸	D	C	B	A	پیمان کار ۹
(۱۴ ۶۸)	۸	(۴۵ ۹۶)	۲۰	D	C	B	A	پیمان کار ۱۰
(۲۱ ۵۳)	۱۰	(۰ ۳۷)	۱۸	D	C	B	A	پیمان کار ۱۱
(۲۹ ۷۹)	۷	(۱۵ ۶۸)	۱۸	D	C	B	A	پیمان کار ۱۲
(۵۶ ۹۰)	۱۲	(۴۱ ۸۸)	۲۷	D	C	B	A	پیمان کار ۱۳
(۰ ۳۰)	۳	(۱۰ ۵۱)	۱۵	D	C	B	A	پیمان کار ۱۴
(۱۸ ۵۸)	۱۴	(۰ ۴۲)	۳۲	D	C	B	A	پیمان کار ۱۵

۱۱ یافته‌های تحقیق

به منظور تحلیل از مدل BCC خروجی محور با مقادیر ارسال شده استفاده می‌شود. با توجه به داده‌های جدول ۱-۴ و مدل مورد نظر برای تحلیل داده‌ها، در روابط (۱۴) و (۱۵) مدل توسعه یافته برای واحد تصمیم‌گیری اول ارائه شده است.

واحد (۱) با در نظر گرفتن حد پایین

(۱۴)

$$\text{Max } y_1 = \theta$$

$$\begin{aligned} & 5 \cdot \lambda_1 + 1 \cdot \lambda_2 + 15 \cdot \lambda_3 + 1 \cdot \lambda_4 + 5 \cdot \lambda_5 + 2 \cdot \lambda_6 + 1 \cdot \lambda_7 \\ & + 15 \cdot \lambda_8 + 2 \cdot \lambda_9 + 2 \cdot \lambda_{10} + 2 \cdot \lambda_{11} + 1 \cdot \lambda_{12} + 1 \cdot \lambda_{13} + 5 \cdot \lambda_{14} + 1 \cdot \lambda_{15} + \\ & 1 \cdot \lambda_{16} \leq 50 \dots \dots \dots \\ & 18\lambda_1 + 25\lambda_2 + 2 \cdot \lambda_3 + 25\lambda_4 + 3\lambda_5 + 2 \cdot \lambda_6 + 36\lambda_7 + 3 \cdot \lambda_8 + 28\lambda_9 + 2 \cdot \lambda_{10} + 18\lambda_{11} + 18\lambda_{12} + 27\lambda_{13} + 15\lambda_{14} + 32\lambda_{15} \leq 18 \\ & 66\lambda_1 + 24\lambda_2 + 63\lambda_3 + 68\lambda_4 + 17\lambda_5 + 19\lambda_6 + 45\lambda_7 + 19\lambda_8 + 12\lambda_9 + 45\lambda_{10} + 15\lambda_{11} + 41\lambda_{12} + 1 \cdot \lambda_{13} + 32\lambda_{14} \geq 66\theta \\ & 14\lambda_1 + 9\lambda_2 + 1 \cdot \lambda_3 + 14\lambda_4 + 13\lambda_5 + 11\lambda_6 + 15\lambda_7 + 13\lambda_8 + 14\lambda_9 + 8\lambda_{10} + 1 \cdot \lambda_{11} + 7\lambda_{12} + 12\lambda_{13} + 13\lambda_{14} + 14\lambda_{15} \geq 14\theta \\ & 65\lambda_1 + 51\lambda_2 + 43\lambda_3 + 63\lambda_4 + 18\lambda_5 + 24\lambda_6 + 32\lambda_7 + 3\lambda_8 + 15\lambda_9 + 14\lambda_{10} + 21\lambda_{11} + 29\lambda_{12} + 56\lambda_{13} + 18\lambda_{15} \geq 65\theta \\ & \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} = 1 \end{aligned}$$

واحد (۱) با در نظر گرفتن حد بالا

(۱۵)

$$\text{Max } y_1 = \theta$$

$$\begin{aligned} & 1 \cdot \lambda_1 + 15 \cdot \lambda_2 + 2 \cdot \lambda_3 + 15 \cdot \lambda_4 + 1 \cdot \lambda_5 + 25 \cdot \lambda_6 + 15 \cdot \lambda_7 + 1 \cdot \lambda_8 + \\ & 2 \cdot \lambda_9 + 1 \cdot \lambda_{10} + 25 \cdot \lambda_{11} + 25 \cdot \lambda_{12} + 15 \cdot \lambda_{13} + 15 \cdot \lambda_{14} + 1 \cdot \lambda_{15} + \\ & 15 \cdot \lambda_{16} \leq 1 \dots \dots \dots \\ & 18\lambda_1 + 25\lambda_2 + 2 \cdot \lambda_3 + 25\lambda_4 + 3\lambda_5 + 2 \cdot \lambda_6 + 36\lambda_7 + 3 \cdot \lambda_8 + 28\lambda_9 + 2 \cdot \lambda_{10} + 18\lambda_{11} + 18\lambda_{12} + 27\lambda_{13} + 15\lambda_{14} + 32\lambda_{15} \leq 18 \\ & 66\lambda_1 + 24\lambda_2 + 63\lambda_3 + 68\lambda_4 + 17\lambda_5 + 19\lambda_6 + 45\lambda_7 + 19\lambda_8 + 12\lambda_9 + 45\lambda_{10} + 15\lambda_{11} + 41\lambda_{12} + 1 \cdot \lambda_{13} + 32\lambda_{14} \geq 66\theta \\ & 14\lambda_1 + 9\lambda_2 + 1 \cdot \lambda_3 + 14\lambda_4 + 13\lambda_5 + 11\lambda_6 + 15\lambda_7 + 13\lambda_8 + 14\lambda_9 + 8\lambda_{10} + 1 \cdot \lambda_{11} + 7\lambda_{12} + 12\lambda_{13} + 13\lambda_{14} + 14\lambda_{15} \geq 14\theta \\ & 65\lambda_1 + 51\lambda_2 + 43\lambda_3 + 63\lambda_4 + 18\lambda_5 + 24\lambda_6 + 32\lambda_7 + 3\lambda_8 + 15\lambda_9 + 14\lambda_{10} + 21\lambda_{11} + 29\lambda_{12} + 56\lambda_{13} + 18\lambda_{15} \geq 65\theta \\ & \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} = 1 \end{aligned}$$

با حل مدل تحقیق توسط نرم افزار EMS مقدار کارایی نسبی واحدهای تصمیم گیری محاسبه خواهد شد. برای محاسبه کارایی نسبی سایر واحدهای تصمیم گیری، مدل مشابهی برای هر یک از واحدهای تصمیم گیری نوشته شده است. در جداول ۳، ۴ و ۵ نتایج حل مدل های تحلیل پوششی داده های واحدهای تصمیم گیری ارائه شده است. همان طور که در این جداول مشخص است، تعداد چهار واحد از پیمان کاران به عنوان واحد کارا، مقدار کارایی نسبی آن ها برابر (۱) است و ۱۱ واحد دیگر به عنوان واحدهای ناکارا کارایی نسبی آن ها کمتر از عدد یک است.

جدول ۳. حل مدل با بازده نسبت به مقیاس متغیر در حالت خروجی محور و با اعمال حد پایین داده‌ها

		قیمت‌های سایه‌ای						متغیرهای مازاد (Slack)					
	مقدار کارایی	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Benchmark *	X1	X2	Y1	Y2	Y3	
DMU1	٪۱۰۰	۱	۰/۴۲	۰/۵۸	۰/۷۷	۰	۰/۲۲	۱۱					
DMU2	٪۱۲۷/۴۵	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۱۱	۰	۰	۱	(۱)۱	۰.۸E+۵/۰۰	۷	۳۵/۴۱	۲/۵۳	
DMU3	٪۱۰۵/۶۷	۰/۹۵	۰	۱	۱	۰	۰	(۰/۲۹)۴ (۰/۷۱)۱	۰.۸E+۸/۵۷	۰	۰	۳/۴۳	
DMU4	٪۱۰۰	۱	۰/۸	۰/۲	۱	۰	۰	۲					
DMU5	٪۱۰۷/۶۹	۰/۹۳	۱	۰	۰	۱	۰	(۱)۱	۳۴/۴۲	۱۳	۴۷/۶۹	۰	
DMU6	٪۱۲۸/۲۸	۰/۷۸	۰	۱	۰	۱	۰	(۰/۱۱)۷ (۰/۸۹)۱	۰.۹E+۱/۴۴	۰	۳۹/۲۹	۰	
DMU7	٪۱۰۰	۱	۰/۸۲	۰/۱۸	۰	۱	۰	۴					
DMU8	٪۱۱۲/۸۲	۰/۸۹	۰	۱	۰	۱	۰	(۰/۶۷)۷ (۰/۳۳)۱	۰.۸E+۶/۶۷	۰	۳۰/۵۶	۰	
DMU9	٪۱۰۳/۹۷	۰/۹۶	۰	۱	۰	۱	۰	(۰/۵۶)۷ (۰/۴۴)۱	۲۲۲۲۲۲۱۰	۰	۴۱/۸۶	۰	
DMU10	٪۱۴۷/۹۴	۰/۶۸	۰	۱	۱	۰	۰	(۰/۲۹)۴ (۰/۷۱)۱	۱/۳۵۷E+۰.۹	۰	۰	۲/۱۷	
DMU11	٪۱۴۰	۰/۷۱	۰	۱	۰	۱	۰	(۱)۱	۰.۹E+۱/۵۰	۰	۶۶	۰	
DMU12	٪۲۰۰	۰/۵۰	۰	۱	۰	۱	۰	(۱)۱	۰.۸E+۵	۰	۳۶	۰	
DMU13	٪۱۱۶/۰۷	۰/۸۶	۰/۵۹	۰/۴۱	۰	۰	۱	(۱)۱	۰.۸E+۵	۹	۱۸/۴۱	۰/۰۷	
DMU14	٪۱۰۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰					
DMU15	٪۱۰۵/۵۶	۰/۹۵	۰	۱	۰	۱	۰	(۰/۷۸)۷ (۰/۲۲)۱	۱/۱۱۱E+۰.۹	۰	۴۹/۶۷	۰	

جدول ۴. حل مدل با بازده نسبت به مقیاس متغیر در حالت خروجی محور و با اعمال حد بالا داده‌ها

		قیمت‌های سایه‌ای						متغیرهای مازاد (Slack)					
	مقدار کارایی	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Benchmark *	X1	X2	Y1	Y2	Y3	
DMU1	٪۱۰۰	۱	۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۰۳	۰/۹۵	۰/۰۲	۶					
DMU2	٪۱۱۲/۰۵	۰/۸۹	۰/۴۷	۰/۵۳	۰	۰	۱	(۱)۴	۰.۱E+۷/۲۷	۰	۴۹/۸۲	۳/۹۲	
DMU3	٪۱۰۰	۱	۰/۲۴	۰/۷۶	۱	۰	۰	۱					
DMU4	٪۱۰۰	۱	۰/۰۴	۰/۹۶	۰/۵۹	۰/۲۴	۰/۱۶	۴					
DMU5	٪۱۰۷/۶۹	۰/۹۳	۱	۰	۰	۱	۰	(۱)۱	۰/۲۵	۱۳	۵۷/۷۷	۰	
DMU6	٪۱۰۹/۵۴	۰/۹۱	۰	۱	۰	۰/۲۱	۰/۷۹	(۰/۲۸)۱۲ (۰/۲۹)۴ (۰/۴۴)۱	۰.۹E+۱/۲۲	۰	۴۳	۰	
DMU7	٪۱۰۰	۱	۰/۹۷	۰/۰۳	۰	۱	۰	۴					
DMU8	٪۱۱۲/۸۲	۰/۸۹	۰	۱	۰	۱	۰	(۰/۶۷)۷ (۰/۳۳)۱	۰.۸E+۶/۶۷	۰	۲۰/۷۴	۰	
DMU9	٪۱۰۲/۰۷	۰/۹۸	۰	۱	۰	۰/۸۶	۰/۱۴	(۰/۲۹)۷ (۰/۶۸)۴ (۰/۰۳)۱	۱۳۳۸۵۱۷۰/۷۴	۰	۳۵/۸۳	۰	
DMU10	٪۱۰۲/۰۸	۰/۹۸	۰	۱	۰	۰	۰	(۱)۳	۵۰۰۰۰۰۲۶۷/۳	۰	۰	۱/۸۳	
DMU11	٪۱۲۹/۷۴	۰/۷۷	۰	۱	۰	۰/۲۴	۰/۷۶	(۰/۱۵)۱۲ (۰/۸۵)۱	۰.۹E+۱/۴۳	۰	۳۷/۹۲	۰	
DMU12	٪۱۰۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۲					
DMU13	٪۱۰۳/۷۴	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۰۷	۰	۰	۱	(۰/۱۸)۷ (۰/۸۲)۴	۰.۱E-۱/۳۰	۰	۳/۰۷	۱/۷۳	
DMU14	٪۱۰۰	۱	۰	۱	۰/۹۵	۰	۰/۰۴	۰					
DMU15	٪۱۰۵/۵۶	۰/۹۵	۰	۱	۰	۱	۰	(۰/۷۸)۷ (۰/۲۲)۱	۱۱۱۱۱۱۱۰۹۲	۰	۳۶/۱۱	۰	

جدول ۵. کارایی بازه‌ای هر واحد

بازه کارایی	کارایی حد بالا	مقدار حد بالا	کارایی حد پایین	مقدار حد پایین
(۱ ۱)	۱	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰
(۰/۷۸ ۰/۸۹)	۰/۸۹	٪۱۱۲/۰۵	۰/۷۸	٪۱۲۷/۴۵
(۰/۹۵ ۱)	۱	٪۱۰۰	۰/۹۵	٪۱۰۵/۶۷
(۱ ۱)	۱	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰
(۰/۹۳ ۰/۹۳)	۰/۹۳	٪۱۰۷/۶۹	۰/۹۳	٪۱۰۷/۶۹
(۰/۷۸ ۰/۹۱)	۰/۹۱	٪۱۰۹/۵۴	۰/۷۸	٪۱۲۸/۲۸
(۱ ۱)	۱	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰
(۰/۸۹ ۰/۸۹)	۰/۸۹	٪۱۱۲/۸۲	۰/۸۹	٪۱۱۲/۸۲
(۰/۹۶ ۰/۹۸)	۰/۹۸	٪۱۰۲/۰۷	۰/۹۶	٪۱۰۳/۹۷
(۰/۶۸ ۰/۹۸)	۰/۹۸	٪۱۰۲/۰۸	۰/۶۸	٪۱۴۷/۹۴
(۰/۷۱ ۰/۷۷)	۰/۷۷	٪۱۲۹/۷۴	۰/۷۱	٪۱۴۰
(۰/۵۰ ۱)	۱	٪۱۰۰	۰/۵۰	٪۲۰۰
(۰/۸۶ ۰/۹۶)	۰/۹۶	٪۱۰۳/۷۴	۰/۸۶	٪۱۱۶/۰۷
(۱ ۱)	۱	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰
(۰/۹۵ ۰/۹۵)	۰/۹۵	٪۱۰۵/۵۶	۰/۹۵	٪۱۰۵/۵۶

۱-۱ بررسی وضعیت واحدهای ناکارا

با توجه به نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها، تعداد هفت پیمان کار به عنوان واحدهای ناکارا شناخته شدند (کارایی نسبی کمتر از یک). اصولاً برای رتبه‌بندی واحدهای ناکارا از مقدار کارایی نسبی آن‌ها استفاده می‌شود که برای این کار از رابطه (۱۶) به جای درجه امکان خاکستری استفاده شده است. در جدول ۶ رتبه‌بندی واحدهای ناکارا به ترتیب نزولی ارائه شده است.

$$P(\otimes_1 \leq \otimes_2) = \frac{\text{فاصله منفی}}{\text{تمام فاصله}} \quad (16)$$

$$\otimes_1 - \otimes_2 = [a \quad b]$$

اگر عدد a منفی باشد فاصله صفر تا a به عنوان فاصله منفی در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۶. پیمان کاران ناکارا به ترتیب نزولی

واحد تصمیم‌گیری	بازه کارایی
DMU15	(۰/۹۵ ۰/۹۵)
DMU13	(۰/۸۶ ۰/۹۶)
DMU12	(۰/۵۰ ۱)

واحد تصمیم‌گیری	بازه کارایی
DMU10	(۰/۶۸ ۰/۹۸)
DMU3	(۰/۹۵ ۱)
DMU9	(۰/۹۶ ۰/۹۸)
DMU5	(۰/۹۳ ۰/۹۳)
DMU2	(۰/۷۸ ۰/۸۹)
DMU8	(۰/۸۹ ۰/۸۹)
DMU6	(۰/۷۸ ۰/۹۱)
DMU11	(۰/۷۱ ۰/۷۷)

۲-۱۱ رتبه‌بندی واحدهای کارا

در بحث پیرامون وضعیت واحدهای کارا با موقعیت پیچیده‌تری مواجه هستیم. از آن‌جا که امتیاز کارایی کلیه این واحدها برابر یک می‌باشد، لذا رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس این معیار امکان‌پذیر نخواهد بود. در این تحقیق برای رتبه‌بندی واحدهای کارا از مدل پیشنهادی ارائه شده توسط حسینی ناجی‌زاده [۲۶] استفاده شده است. کاربرد این مدل نیازمند تعریف واحد تصمیم‌گیری بهینه مجازی است. نتایج حاصل از مقایسه DMU های کارا با DMU های مجازی به صورت جداول ۷، ۸ و ۹ می‌باشد.

جدول ۷. حل مدل با بازده نسبت به مقیاس متغیر در حالت خروجی محور و با اعمال حد پایین داده‌ها

	قیمت‌های سایه‌ای						متغیرهای مازاد (Slack)					
	مقدار	کارایی	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Benchmark*	X1	X2	Y1	Y2
DMU1	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲۴۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۷۶	۱	۰	۰	۰	۱	(۱)۵	۰/۵۹	۳	۲	۱	۰
DMU4	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶	۱	۰	۰	۰	۱	(۱)۵	۰۸E+۵	۱۰	۰	۱	۲
DMU7	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۷۵۸۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۲۴۲۰/۷۶۰/۲۴	۰	۱	۰	۱	۰	(۱)۵	۴۹۹۹۹۹۹۹۹۹۸۲۱	۲۳	۰	۳۳	
DMU14	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱۴۸۰/۱۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۴	۰	۱	۰	۱	۰	(۱)۵	۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰	۰	۱۸	۰	۶۵
DMU *	۱	۱	۰/۰۶۰/۹۴۰/۲۴۰/۷۳۰/۰۳	۴								

جدول ۸. حل مدل با بازده نسبت به مقیاس متغیر در حالت خروجی محور و با اعمال حد بالا داده‌ها

	قیمت‌های سایه‌ای						متغیرهای مازاد (Slack)						
	مقدار	کارایی	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Benchmark*	X1	X2	Y1	Y2	Y3
DMU1	۱/۰۷۱۴۲۸۵۷۱۷	۰/۹۲۳۳۳۳۳۳۳۳۳	۱	۰	۰	۱	۰	(۱)۵	۰/۲۲	۳	۲/۶۴	۰	۲۳/۲۱
DMU4	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶	۰/۶۷	۰/۳۳	۱	۰	۰	(۱)۵	۰۸E+۵	۱۰	۰	۱	۲
DMU7	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱۴۰۸	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۹۸۵۹۲	۰/۷۵	۰/۲۵	۰	۰/۴۷	۰/۵۳	(۱)۵	۴۹۹۹۹۹۹۹۹۹۰۹/۳	۲۱	۲۰	۰	۰
DMU14	۱/۹۲۱۵۶۸۶۳۶۱	۰/۵۲۰۴۰۸۱۶۰۹	۰	۱	۱	۰	۰	(۱)۵	۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰۶	۰	۰	۹/۲۴	۳۷/۳۵
DMU *	۱	۱	۰/۱۲	۰/۸۸	۰	۰	۰/۹۹	۴					

	مقدار حد پایین	کارایی حد پایین	مقدار حد بالا	کارایی حد بالا	بازه کارایی
DMU _۱	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۴	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۷۶	۱/۰۷۱۴۲۸۵۷۱۷	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۷۶	(۰/۹۹ ۰/۹۹)
DMU _۴	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶	(۰/۹۹ ۰/۹۹)
DMU _۷	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۷۵۸	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۲۴۲	۱/۰۰۰۰۰۰۰۱۴۰۸	۰/۹۹۹۹۹۹۹۸۵۹۲	(۰/۹۹ ۰/۹۹)
DMU _{۱۴}	۵/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۴۸	۰/۱۹۹۹۹۹۹۹۹۹۴	۱/۹۲۱۵۶۸۶۳۶۱	۰/۵۲۰۴۰۸۱۶۰۹	(۰/۲ ۰/۵۲)
DMU *	۱	۱	۱	۱	(۱ ۱)

۱۲ بررسی نتایج تحقیق و پیشنهاداتی برای بهبود روش کار پیمان کاران

فعالیت پیمان کاران از لحاظ زمانی، کیفیت و هزینه (با توجه به هزینه استهلاک و خوابیدگی سرمایه و ضرر ناشی از عدم تکمیل و تحویل به موقع پروژه) اثر مهمی بر فعالیت کارفرما دارد. نتایج مدل بیان می‌نماید که برای پیمان کاران ناکارا باید هزینه و زمان اجرای پروژه را کاهش داد و کیفیت و هماهنگی با کارفرما را افزایش داد. برای کاهش هزینه‌های پیمان کاران، کارفرما می‌تواند به منظور محاسبه هزینه واقعی انجام پروژه، از رویکرد "هزینه یابی بر مبنای فعالیت" استفاده نماید و سپس با شناسایی کلیه فعالیت‌های مورد نیاز یک پروژه و استفاده از فرمول‌های محاسباتی مناسب، هزینه‌های آن‌ها را مورد محاسبه قرار دهد. پس از محاسبه هزینه‌ها، از رویکرد "مدیریت بر مبنای فعالیت" به منظور بهبود هزینه‌ها بر مبنای تخصیص درست فعالیت‌ها استفاده نماید. کارفرما می‌تواند با مشارکت مدیران ارشد سازمان و همچنین انتخاب درست پیمان کاران به بهبود کیفیت کار پیمان کار کمک کند. در زمان انتخاب کارفرما می‌تواند به معیارهایی از قبیل تجربه، توان فنی، توان مالی، توان مدیریتی، خدمات بعد از اتمام کار، مشارکت با دیگر پیمان کاران توجه نماید. برای موثر واقع شدن برنامه‌های پیمان کار، تعامل پیمان کار و کارفرما در زمینه‌های مختلف ضروری است. از آن-جا که ممکن است در مراحل قبل از شروع پروژه به خوبی شناسایی و در رابطه با آن‌ها بحث نشده باشد، لذا به منظور اجرای کامل و موثر پروژه ضرورت ارتباطات در قالب جلسات، تعیین قوانین، تدوین دستورالعمل‌ها به منظور پیشرفت کار ضروری است.

منابع

- [۱] رجایی، ح.، حضرتی، ا.، رشیدی، ع.، (۱۳۸۷). ارزیابی صلاحیت پیمانکاران بر اساس روش مجموع ساده وزین فازی. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، ۱-۸.
- [۲] نعمت الهی، ا. ح.، (۱۳۸۵). ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و نوعی از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی.
- [۳] فداکار، ش.، (۱۳۷۶). ارزیابی و انتخاب پیمان کاران، صنعت خودرو، ۲، ۳۲-۵۹.

- [۴] جدیدی، بهنام، (۱۳۷۳). انتخاب پیمان‌کار پست‌های فشار قوی به کمک فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی عصبی (Neural AHP)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف.
- [۵] حیدری، ع.، و حیدری، م.، (۱۳۸۷). انتخاب پیمان‌کاران به کمک روش AHP، کنفرانس ملی مهندسی ارزش در صنعت ساختمان، تهران، ۲-۱۴.
- [۶] رزمی، ج. ح.، ح.، مشکین فام، س.، (۱۳۸۶). ارزیابی و انتخاب پیمانکاران عمرانی در مناقصه‌ها با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، تهران، ۴-۱۸.
- [۱۲] سکاران، ا.، (۲۰۰۰). روش‌های تحقیق در مدیریت، (ترجمه محمد صائبی و محمود شیرازی، ۱۳۸۱) تهران: موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی.
- [۱۹] مهرگان، م. ر.، (۱۳۸۳). مدل‌های کمی برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها تحلیل پوششی داده‌ها، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲۶] حسینی ناجی‌زاده، ر. م.، (۱۳۸۲). تدوین الگوریتمی جهت رتبه‌بندی واحدهای کارا در روش تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- [7] Dong, G., Yamaguchi, D., Nagai, M., (2006). A grey-based decision making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and computer modeling*, 46, 573-581.
- [8] Plebankiewicz, E., (2009). Construction contractor perqualification from polish clients' perspective. *Journal of Civil Engineering & Management*, 16, 57-64.
- [9] Watt, D. J., Kayis, B., Willey, K., (2010). The relative importance of tender evaluation and contractor selection criteria. *International Journal of Project Management*, 28, 51-60.
- [10] Darvish, M., Yasaei, M., Saeedi, A., (2009). Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking. *International Journal of Project Management*, 27, 610-619.
- [11] Holt, G., Olomolaiye, P., Harris, F., (1995). A review of contractor selection practice in the UK construction industry. *Building and environment*, 30(4), 553-561.
- [13] Pierce, J., (1997). Efficiency Progress in the New South Wales Government. *International Conference on Public Sector Efficiency*. University of New South Wales, 27 and 28 November.
- [14] Sumanth, D. J., (1984). *Productivity engineering and management: Productivity measurement, evaluation, planning, and improvement in manufacturing and service organizations*, New York: McGraw-Hill.
- [15] Ganley, J., Cubbin, J., (1992). *Public sector measurement*. university london : Elsevier publisher.
- [16] Siriopoulos, C., Tziogkidis, P., (2010). How do greek banking institutions react after significant events? A DEA approach. *Omega*, 38, 294-30.
- [17] Eilat, H., Golany, B., Shtub, A., (2008). R&D project evaluation: an integrated DEA and balanced scorecard approach. *Omega*, 36, 895-912.
- [18] Chin, K. S., Wang, Y. M., Poon, G. K. K., Yang, J. B., (2009). Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. *Decision Support Systems*, 48, 246-256.
- [20] Bowlin, W. F., (2004). Financial analysis of civil reserve air fleet participants using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 154, 691-709.
- [21] David, K., (1994). Grey system and grey relational model. *ACM SIGICE Bulletin*, 20, 1-9.
- [22] Liu, S., Lin, Y., (2006). *Grey information theory and practical applications*, london, springer.
- [23] Dong, G., Yamaguchi, D., Nagai, M., (2006). A grey-based decision making approach to the supplier selection problem. *mathematical and computer modeling*, 46, 573-581.
- [24] Sengupta, J., (1978). Data envelopment analysis for e-ciency measurement in the stochastic case. *Computers and operations research*, 14(2), 117-129.
- [25] Yang, Y. S., Li, L., Gao, H. L., (1993). DEA model for gray systems and its application. *Proceedings Intern. AMSE conference /Modeling, Simulation & Control*. Hefei, China.