مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال نهم، شماره دوم (پیاپی ۳۳)، تابستان ۹۱، ص ص ۳۸-۲۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

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

عادله باغبان*[۱]، مقصود امیری[۲]، لعیا افت[۳]، زهرا شرفی آورزمان[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 پیمان‌کاران با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های خاکستری انجام شده است که با توجه به سطح وظایف و گستردگی ورودی و خروجی‌های پیمان‌کاران 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 پیمان‌کاران که دارای کارایی نسبی صد در صد بودند انتخاب شده، پس از مشخص شدن پیمان‌کاران کارا، با استفاده از الگوریتمی جهت رتبه‌بندی کامل عملکرد پیمان‌کاران کارا انجام گردید. در مرحله آخر ارایه راهکارهای مناسب برای بالا بردن کارایی پیمان‌کاران ناکارا ارایه گردیده است.

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

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 کارامدی 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

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

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 پر شتاب پیشرفت، توسعه کشورها و رشد سرسام‌آور تولید و خدمت، بازنگری 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 ایجاب می‌کند که در جهت رفع و دفع موانع و تنگناهای موجود برآییم. 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 این‌که 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 بهروری را به دنبال خواهد داشت.

٤ 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 قراردارند کاراترند؟

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

سوال چهارم: راهکارهای مناسب جهت ارتقا پیمان‌کاران ناکارا چیست؟

۵ پیشینه تحقیق

رجائی و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله ای تحت عنوان ارزیابی صلاحیت پیمان‌کاران بر اساس روش مجموع ساده وزین فازی وضعیت پیمان‌کاران را بر اساس عبارات توصیفی از اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای ارزیابی کرده‌اند. در مدل پیشنهادی، وزن فازی معیارها با استفاده از روش بالکی محاسبه شده و سپس از روش مجموع ساده وزین برای رتبه‌بندی پیمان‌کاران 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 تعین شده است. در مرحله بعد میزان اهمیت نسبی این معیارها با نظرخواهی از خبرگان سنجیده شده است و در نهایت مدل ارزیابی تامین‌کنندگان 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 ارایه گردیده است [۲].

فداکار در تحقیقی در سال۱۳۷۶ با بررسی دلایل به خدمت گیری پیمان‌کاران 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 پیمان‌کاران شرکت اصلی هستند. ارزیابی و انتخاب پیمان‌کار (پیمان‌کاران) 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 ۱۳۷۳در تحقیقی دیگر در خصوص انتخاب پیمان‌کار پست‌های فشارقوی، به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عصبی، بیان نموده است که با توجه به اهمیت انتخاب درست پیمان‌کارانی 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 کلیه‌ی پیشنهادهای ارایه شده به وسیله پیمان‌کاران 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 پیمان‌کار، 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 پیمان‌کار بر اساس شاخص‌های اولویت‌بندی شده در پروژه‌ی موسسه مالی و اعتباری شهرستان "لردگان" نشان داده شده است [۵].

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

رزمی و همکاران در سال ۱۳۸۶در تحقیقی یک مدل چند معیاره اولیه ارایه 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 ارایه 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 ارایه نماید [۷].

پلبانکیز (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 ارایه 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، ارایه 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 ۱۹۹۵بیان 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.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

٦ 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 مپنا تحقیق کتابخانه‌ای به شمار می‌رود. برای تدوین چارچوب نظری تحقیق، تحقیقات پیشین مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته و نظریه‌ها و مفاهیم و متغییرهای مورد نظر بر اساس آن‌ها تدوین می‌شود.

۷ جامعه آماری تحقیق

تحقیق حاضر بنا دارد تا رتبه‌بندی کامل از کارایی پیمان‌کاران گروه مپنا به دست آورد. بنابرای جامعه آماری این تحقیق پیمان‌کاران گروه مپنا می‌باشد. پاسخ‌گویان این تحقیق کارشناسان و مدیران ارزیابی پیمان‌کاران در گروه مپنا می‌باشد.

بر اساس پرسش‌ها و اهداف پژوهش، چارچوب جامعه آماری نیز شامل پیمان‌کاران و پیمان‌کاران فرعی گروه مپنا می‌باشد. همچنین با توجه به این‌که 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 پیمان‌کاران مربوط به آن دسته از پیمان‌کارانی 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]:

$$\text{کارایی} = \frac{(\text{خروجي مورد انتظار})}{(\text{خروجي واقعي})} \qquad (۱)$$

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

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

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 تصمیم گیرنده 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 ارایه مدل‌های DEA می‌پردازیم. چارنز، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۸ مدل کلاسیک DEA را ارایه کردند. این مدل به صورت رابطه (۲) ارایه می‌شود [۱۹].

$$Max \quad h_{\circ} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r\circ}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i\circ}}$$

$$s.t. \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \qquad (۲)$$

این مدل برای ارزیابی عملکرد نسبی واحدهای نسبی تصمیم گیرنده 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 تصمیم گیرنده به s خروجی تبدیل می‌شود، لزوماً تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها یکسان نیست. در مدل فوق $h_{\circ}$ نشان دهنده کارایی فنی واحد تحت بررسی است و x_{i0} و y_{i0} به ترتیب نشان دهنده ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تحت بررسی می‌باشند. بنابراین x_{ij} ورودی i ام واحد j ام و y_{rj} خروجی r ام واحد j ام می‌باشد.

همان‌طور که قبلاً گفتیم کارایی به صورت درصد بیان می‌شود، بنابراین $h_{\circ}$ عددی بین صفر و یک است. $0 \leq h_{\circ} \leq 1$ یعنی $h_{\circ} = 1$ نشان دهنده واحدی کارا و $h_{\circ} \leq 1$ نشان دهنده واحدی غیر کارا می‌باشد. هم‌چنین vi وزن

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

ورودی‌های مدل و ur 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].

۸-۳ تئوری سیستم‌های خاکستری

اتخاذ تصمیمات درست نیازمند وجود اطلاعات کافی می‌باشدکه 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].

۸-۳-۱ 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 می‌شوندکه 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.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

۸-۳-۲ عملگرهای اعداد خاکستری بازه‌ای

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

$$\otimes_1 \in [a,b], a<b$$
$$\otimes_2 \in [c,d], c<d \quad (۳)$$

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]:

$$\otimes_1 + \otimes_2 \in [a+c, b+d]$$
$$-\otimes = [-b, -a]$$
$$\otimes_1 - \otimes_2 = \otimes_1 + (-\otimes_2) \in [a-d, b-c]$$
$$\otimes^{-1} \in \left[\frac{1}{b}, \frac{1}{a}\right], ab > 0$$

$$\otimes_1 . \otimes_2 \in [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}] \quad (۴)$$
$$\frac{\otimes_1}{\otimes_2} = \otimes_1 . \otimes_2^{-1}$$
$$\frac{\otimes_1}{\otimes_2} \in \left[\min\left\{\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right\}, \max\left\{\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right\}\right], cd > 0$$
$$k . \otimes \in [ka, kb], k \in R^+$$

۸-٤ 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 فرا تکنولوژی 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 ارایه 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].

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

۸-٤-۱ مدل CCR خاکستری

فرض کنید ورودی‌ها و خروجی‌های مدل به صورت خاکستری بیان شده باشد که در فرمول با $\otimes x_j,\ \otimes y_j (j=1,...,n)$ نمایش داده می‌شود، بنابراین مدل CCR خاکستری به صورت رابطه (۵) بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} &Max \quad z = \mu^T \otimes Y_{j\circ} \\ &s.t. \quad w^T \otimes X_j - \mu^T \otimes Y_j \geq \circ, \qquad j = 1,...n \\ &\qquad w^T \otimes X_{j\circ} = 1 \\ &\qquad w, \mu \geq \circ \end{aligned} \tag{۵}$$

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

$$\begin{aligned} \otimes X_j &= (\otimes X_{1j},...,\otimes X_{mj})^T \geq \circ \\ &= (\left[a_{1j}, b_{1j}\right],...,\left[a_{mj}, b_{mj}\right])^T \\ \otimes Y_j &= (\otimes y_{1j},...,\otimes y_{sj})^T \geq \circ \\ &= (\left[c_{1j}, d_{1j}\right],...,\left[c_{sj}, d_{sj}\right])^T \end{aligned} \tag{۶}$$

بردارهای ورودی و خروجی واحد تصمیم‌گیری (DMU) j ام 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:

$$\begin{aligned} &Min \qquad \theta = \sum_{r=1}^{s} \left[-d_{rj\circ}, -c_{rj\circ}\right] \mu_r \\ &s.t. \qquad \sum_{i=1}^{m} \left[a_{ij}, b_{ij}\right] w_i + \sum_{r=1}^{s} \left[-d_{rj\circ}, -c_{rj\circ}\right] \quad \mu_r \geq \circ, \quad j = 1,...,n \\ &\qquad \sum_{i=1}^{m} \left[a_{ij}, b_{ij}\right] w_i = 1 \qquad w \geq \circ, \mu \geq \circ \end{aligned} \tag{۷}$$

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

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{m} b_{ij} w_i - \sum_{r=1}^{s} c_{rj} \mu_r \geq \circ, \qquad j = 1,...,n (j \neq j) \\ &\sum_{i=1}^{m} a_{ij\circ} w_i = 1 \qquad\qquad w \geq \circ, \ \mu \geq \circ \end{aligned} \tag{۸}$$

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

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} w_i - \sum_{r=1}^{s} d_{rj}\,\mu_r \geq 0, \qquad j = 1,\ldots,n$$
$$\sum_{i=1}^{m} b_{ij0} w_i = 1 \qquad w \geq 0, \mu \geq 0 \tag{۹}$$

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.

$$Min \qquad \theta = -\sum_{r=1}^{s} d_{rj} \cdot \mu_r$$
$$s.t. \qquad \sum_{i=1}^{m} b_{ij}\, w_i - \sum_{r=1}^{s} c_{rj}\ \mu_r \geq 0, \quad j = 1,\ldots,n (j \neq j) \tag{۱۰}$$
$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij0}\, w_i = 1 \qquad w \geq 0, \mu \geq 0$$

$$Min \qquad \theta = -\sum_{r=1}^{s} c_{rj} \cdot \mu_r$$
$$s.t. \qquad \sum_{i=1}^{m} a_{ij}\, w_i - \sum_{r=1}^{s} d_{rj}\ \mu_r \geq 0, \quad j = 1,\ldots,n \tag{۱۱}$$
$$\sum_{i=1}^{m} b_{ij0}\, w_i = 1 \qquad w \geq 0, \mu \geq 0$$

با استفاده از روش سیمپلکس می‌توان دو مساله فوق را حل کرد. اگر جواب‌ها به ترتیب θ_1, θ_2 باشند آن‌گاه جواب مساله برنامه‌ریزی خاکستری به صورت رابطه (۱۲) می‌باشد:

$$Min \quad \theta = [\theta_1, \theta_2] \tag{۱۲}$$

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:

$$Max \quad z = [-\theta_2, -\theta_1] \tag{۱۳}$$

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

$\forall \lambda \in [0/5, 1],\ -\theta_2 \geq \lambda,\ -\theta_1 = 1$ و $w > 0,\ \mu > 0$ آن‌گاه کارایی DMU j_0 زیر سطح λ است.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

۹ متغیرهای تحقیق

۹-۱ تعیین ورودی پیمان‌کاران گروه مپنا

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 مپنا دو ورودی کلیدی شناسایی گردیده است.

۱- هزینه نهایی پروژه:

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

۲- زمان متعهد شده:

مدت زمانی که پیمان‌کار در قرارداد متعهد شده است.

۹-۲ تعیین خروجی پیمان‌کاران گروه مپنا

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 پیمان‌کار پروژه را به اتمام می‌رساند.

۳- هماهنگی پیمان‌کار با کارفرما

میزان پاسخ‌گویی پیمان‌کار 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 این‌که 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 مپنا 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 ارایه می‌گردد.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

جدول ۱. شمای کلی فرم جمع‌آوری داده‌ها

مبلغ قرارداد شده(ریال)
۵۰۰۰۰۰۰۰۰<A≤۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰
۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰<B≤۱۵۰۰۰۰۰۰۰
۱۵۰۰۰۰۰۰۰<C≤۲۰۰۰۰۰۰۰۰
۲۰۰۰۰۰۰۰۰<D≤۲۵۰۰۰۰۰۰۰

جدول۲. شمای کلی فرم جمع‌آوری داده‌ها

	متغیر ورودی		متغیر خروجی		
	مبلغ قرارداد شده	زمان متعهد شده (ماه)	کیفیت کار انجام شده	زمان اجراشده	هماهنگی
پیمان‌کار ۱	A B C D	۱۸	(۶۶ ۸۹)	۱۴	(۶۵ ۶۷)
پیمان‌کار ۲	A B C D	۲۵	(۲۴ ۴۳)	۹	(۵۱ ۸۳)
پیمان‌کار۳	A B C D	۲۰	(۶۳ ۹۸)	۱۰	(۴۳ ۷۰)
پیمان‌کار ۴	A B C D	۲۵	(۶۸ ۹۸)	۱۴	(۶۳ ۹۳)
پیمان‌کار ۵	A B C D	۳۱	(۱۷ ۲۹)	۱۳	(۱۸ ۲۸)
پیمان‌کار ۶	A B C D	۲۰	(۱۹ ۳۹)	۱۱	(۲۴ ۷۱)
پیمان‌کار ۷	A B C D	۳۶	(۴۵ ۷۸)	۱۵	(۳۲ ۹۵)
پیمان‌کار ۸	A B C D	۳۰	(۱۹ ۵۴)	۱۳	(۳ ۶۳)
پیمان‌کار ۹	A B C D	۲۸	(۱۲ ۵۵)	۱۴	(۱۵ ۹۱)
پیمان‌کار ۱۰	A B C D	۲۰	(۴۵ ۹۶)	۸	(۱۴ ۶۸)
پیمان‌کار ۱۱	A B C D	۱۸	(۰ ۳۷)	۱۰	(۲۱ ۵۳)
پیمان‌کار ۱۲	A B C D	۱۸	(۱۵ ۶۸)	۷	(۲۹ ۷۹)
پیمان‌کار ۱۳	A B C D	۲۷	(۴۱ ۸۸)	۱۲	(۵۶ ۹۰)
پیمان‌کار ۱۴	A B C D	۱۵	(۱۰ ۵۱)	۳	(۰ ۳۰)
پیمان‌کار ۱۵	A B C D	۳۲	(۰ ۴۲)	۱۴	(۱۸ ۵۸)

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 ارایه شده است.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

واحد (۱) با در نظر گرفتن حد پایین

(۱۴)

$$\text{Max } y_1 = \theta$$
$$۵۰۰۰۰۰۰۰\lambda_1 + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_2 + ۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_3 + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_4 + ۵۰۰۰۰۰۰۰\lambda_5 + ۲۰۰۰۰۰۰۰\lambda_6 + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_7$$
$$+ ۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_8 + ۲۰۰۰۰۰۰۰\lambda_9 + ۲۰۰۰۰۰۰۰\lambda_{10} + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_{11} + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_{12} + ۵۰۰۰۰۰۰۰\lambda_{13} + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_{14} +$$
$$۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_{15} \le ۵۰۰۰۰۰۰۰$$
$$۱۸\lambda_1 + ۲۵\lambda_2 + ۲۰\lambda_3 + ۲۵\lambda_4 + ۳۱\lambda_5 + ۲۰\lambda_6 + ۳۶\lambda_7 + ۳۰\lambda_8 + ۲۸\lambda_9 + ۲۰\lambda_{10} + ۱۸\lambda_{11} + ۱۸\lambda_{12} + ۲۷\lambda_{13} + ۱۵\lambda_{14} + ۳۲\lambda_{15} \le ۱۸$$
$$۶۶\lambda_1 + ۲۴\lambda_2 + ۶۳\lambda_3 + ۶۸\lambda_4 + ۱۷\lambda_5 + ۱۹\lambda_6 + ۴۵\lambda_7 + ۱۹\lambda_8 + ۱۲\lambda_9 + ۴۵\lambda_{10} + ۱۵\lambda_{12} + ۴۱\lambda_{13} + ۱۰\lambda_{14} + ۳۲\lambda_{15} \ge ۶۶\theta$$
$$۱۴\lambda_1 + ۹\lambda_2 + ۱۰\lambda_3 + ۱۴\lambda_4 + ۱۳\lambda_5 + ۱۱\lambda_6 + ۱۵\lambda_7 + ۱۳\lambda_8 + ۱۴\lambda_9 + ۸\lambda_{10} + ۱۰\lambda_{11} + ۷\lambda_{12} + ۱۲\lambda_{13} + ۱۳\lambda_{14} + ۱۴\lambda_{15} \ge ۱۴\theta$$
$$۶۵\lambda_1 + ۵۱\lambda_2 + ۴۳\lambda_3 + ۶۳\lambda_4 + ۱۸\lambda_5 + ۲۴\lambda_6 + ۳۲\lambda_7 + ۳\lambda_8 + ۱۵\lambda_9 + ۱۴\lambda_{10} + ۲۱\lambda_{11} + ۲۹\lambda_{12} + ۵۶\lambda_{13} + ۱۸\lambda_{15} \ge ۶۵\theta$$
$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} = ۱$$

واحد (۱) با در نظر گرفتن حد بالا

(۱۵)

$$\text{Max } y_1 = \theta$$
$$۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_1 + ۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_2 + ۲۰۰۰۰۰۰۰\lambda_3 + ۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_4 + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_5 + ۲۵۰۰۰۰۰۰\lambda_6 + ۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_7$$
$$۲۰۰۰۰۰۰۰\lambda_8 + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_9 + ۲۵۰۰۰۰۰۰\lambda_{10} + ۲۵۰۰۰۰۰۰\lambda_{11} + ۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_{12} + ۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_{13} + ۱۰۰۰۰۰۰۰\lambda_{14} +$$
$$۱۵۰۰۰۰۰۰\lambda_{15} \le ۱۰۰۰۰۰۰۰$$
$$۱۸\lambda_1 + ۲۵\lambda_2 + ۲۰\lambda_3 + ۲۵\lambda_4 + ۳۱\lambda_5 + ۲۰\lambda_6 + ۳۶\lambda_7 + ۳۰\lambda_8 + ۲۸\lambda_9 + ۲۰\lambda_{10} + ۱۸\lambda_{11} + ۱۸\lambda_{12} + ۲۷\lambda_{13} + ۱۵\lambda_{14} + ۳۲\lambda_{15} \le ۱۸$$
$$۶۶\lambda_1 + ۲۴\lambda_2 + ۶۳\lambda_3 + ۶۸\lambda_4 + ۱۷\lambda_5 + ۱۹\lambda_6 + ۴۵\lambda_7 + ۱۹\lambda_8 + ۱۲\lambda_9 + ۴۵\lambda_{10} + ۱۵\lambda_{12} + ۴۱\lambda_{13} + ۱۰\lambda_{14} \ge ۶۶\theta$$
$$۱۴\lambda_1 + ۹\lambda_2 + ۱۰\lambda_3 + ۱۴\lambda_4 + ۱۳\lambda_5 + ۱۱\lambda_6 + ۱۵\lambda_7 + ۱۳\lambda_8 + ۱۴\lambda_9 + ۸\lambda_{10} + ۱۰\lambda_{11} + ۷\lambda_{12} + ۱۲\lambda_{13} + ۱۳\lambda_{14} + ۱۴\lambda_{15} \ge ۱۴\theta$$
$$۶۵\lambda_1 + ۵۱\lambda_2 + ۴۳\lambda_3 + ۶۳\lambda_4 + ۱۸\lambda_5 + ۲۴\lambda_6 + ۳۲\lambda_7 + ۳\lambda_8 + ۱۵\lambda_9 + ۱۴\lambda_{10} + ۲۱\lambda_{11} + ۲۹\lambda_{12} + ۵۶\lambda_{13} + ۱۸\lambda_{15} \ge ۶۵\theta$$
$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} = ۱$$

با حل مدل تحقیق توسط نرم‌افزار EMS مقدار کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری محاسبه خواهد شد. برای محاسبه کارایی نسبی سایر واحدهای تصمیم‌گیری، مدل مشابهی برای هریک از واحدهای تصمیم‌گیری نوشته شده است. در جداول ۳، ۴ و ۵ نتایج حل مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های واحدهای تصمیم‌گیری ارایه شده است. همان‌طور که در این جداول مشخص است، تعداد چهار واحد از پیمان‌کاران به عنوان واحد کارا، مقدار کارایی نسبی آن‌ها برابر (۱) است و ۱۱ واحد دیگر به عنوان واحدهای ناکارا کارایی نسبی آن‌ها کمتر از عدد یک است.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

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

	متغیرهای مازاد (Slack)						قیمت‌های سایه‌ای						
	Y3	Y2	Y1	X2	X1	Benchmark *	Y3	Y2	Y1	X2	X1	کارایی	مقدار
DMU1						۱۱	۰/۲۲	۰	۰/۷۷	۰/۵۸	۰/۴۲	۱	٪۱۰۰
DMU2	۰	۲/۵۳	۳۵/۴۱	۷	۰۸E+۵/۰۰	(۱) ۱	۱	۰	۰	۰/۱۱	۰/۸۹	۰/۷۸	٪۱۲۷/۴۵
DMU3	۱۸/۹۹	۳/۴۳	۰	۰	۰۸E+۸/۵۷	(۰/۷۱) ۱ (۰/۲۹) ۴	۰	۰	۱	۱	۰	۰/۹۵	٪۱۰۵/۶۷
DMU4						۲	۰	۰	۱	۰/۲	۰/۸	۱	٪۱۰۰
DMU5	۴۵/۶۲	۰	۴۷/۶۹	۱۳	۳۴/۴۲	(۱) ۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰/۹۳	٪۱۰۷/۶۹
DMU6	۳۰/۵۵	۰	۳۹/۲۹	۰	۰۹E+۱/۴۴	(۰/۸۹) ۱ (۰/۱۱) ۷	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۷۸	٪۱۲۸/۲۸
DMU7						۴	۰	۱	۰	۰/۱۸	۰/۸۲	۱	٪۱۰۰
DMU8	۳۹/۶۲	۰	۳۰/۵۶	۰	۰۸E+۶/۶۷	(۰/۳۳) ۱ (۰/۶۷) ۷	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۸۹	٪۱۱۲/۸۲
DMU9	۳۱/۰۷	۰	۴۱/۸۶	۰	۲۲۲۲۲۲۲۱۰	(۰/۴۴) ۱ (۰/۵۶) ۷	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۹۶	٪۱۰۳/۹۷
DMU10	۴۳/۷۲	۲/۱۷	۰	۰	۱/۳۵۷E+۰۹	(۰/۷۱) ۱ (۰/۲۹) ۴	۰	۰	۱	۱	۰	۰/۶۸	٪۱۴۷/۹۴
DMU11	۳۵/۶	۰	۶۶	۰	۰۹E+۱/۵۰	(۱) ۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۷۱	٪۱۴۰
DMU12	۷	۰	۳۶	۰	۰۸E+۵	(۱) ۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۵۰	٪۲۰۰
DMU13	۰	۰/۰۷	۱۸/۴۱	۹	۰۸E+۵	(۱) ۱	۱	۰	۰	۰/۴۱	۰/۵۹	۰/۸۶	٪۱۱۶/۰۷
DMU14						۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	٪۱۰۰
DMU15	۲۰/۳۳	۰	۴۹/۶۷	۰	۱/۱۱۱E+۰۹	(۰/۲۲) ۱ (۰/۷۸) ۷	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۹۵	٪۱۰۵/۵۶

جدول٤. حل مدل با بازده نسبت به مقیاس متغیر در حالت خروجی محور و با اعمال حد بالا داده‌ها

	متغیرهای مازاد (Slack)						قیمت‌های سایه‌ای						
	Y3	Y2	Y1	X2	X1	Benchmark *	Y3	Y2	Y1	X2	X1	کارایی	مقدار
DMU1						۶	۰/۰۲	۰/۹۵	۰/۰۳	۰/۴۱	۰/۵۹	۱	٪۱۰۰
DMU2	۰	۳/۹۲	۴۹/۸۲	۰	۰۱E+۷/۲۷	(۱) ۴	۱	۰	۰	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۸۹	٪۱۱۲/۰۵
DMU3						۱	۰	۰	۱	۰/۷۶	۰/۲۴	۱	٪۱۰۰
DMU4						۴	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۵۹	۰/۹۶	۰/۰۴	۱	٪۱۰۰
DMU5	۳۶/۸۵	۰	۵۷/۷۷	۱۳	۰/۲۵	(۱) ۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰/۹۳	٪۱۰۷/۶۹
DMU6	۰	۰	۴۳	۰	۰۹E+۱/۲۲	(۰/۴۴) ۱ (۰/۲۹) ۴ (۰/۲۸) ۱۲	۰/۷۹	۰/۲۱	۰	۱	۰	۰/۹۱	٪۱۰۹/۵۴
DMU7						۴	۰	۱	۰	۰/۰۳	۰/۹۷	۱	٪۱۰۰
DMU8	۱۴/۵۹	۰	۲۰/۷۴	۰	۰۸E+۶/۶۷	(۰/۳۳) ۱ (۰/۶۷) ۷	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۸۹	٪۱۱۲/۸۲
DMU9	۰	۰	۳۵/۸۳	۰	۱۳۳۸۵۱۷۰/۷۴	(۰/۰۳) ۱ (۰/۶۸) ۴ (۰/۲۹) ۷	۰/۱۴	۰/۸۶	۰	۱	۰	۰/۹۸	٪۱۰۲/۰۷
DMU10	۰/۵۸	۱/۸۳	۰	۰	۵۰۰۰۰۰۲۶۷/۳	(۱) ۳	۰	۰	۱	۱	۰	۰/۹۸	٪۱۰۲/۰۸
DMU11	۰	۰	۳۷/۹۲	۰	۰۹E+۱/۴۳	(۰/۸۵) ۱ (۰/۱۵) ۱۲	۰/۷۶	۰/۲۴	۰	۱	۰	۰/۷۷	٪۱۲۹/۷۴
DMU12						۲	۱	۰	۰	۱	۰	۱	٪۱۰۰
DMU13	۰	۱/۷۳	۳/۰۷	۰	۰۱E-۱/۳۰	(۰/۸۲) ۴ (۰/۱۸) ۷	۱	۰	۰	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۹۶	٪۱۰۳/۷۴
DMU14						۰	۰/۰۴	۰	۰/۹۵	۱	۰	۱	٪۱۰۰
DMU15	۲۷/۵۶	۰	۳۶/۱۱	۰	۱۱۱۱۱۱۱۰۹۲	(۰/۲۲) ۱ (۰/۷۸) ۷	۰	۱	۰	۱	۰	۰/۹۵	٪۱۰۵/۵۶

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

جدول ۵. کارایی بازه‌ای هر واحد

	مقدار حد پایین	کارایی حد پایین	مقدار حد بالا	کارایی حد بالا	بازه کارایی
DMU1	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰	۱	(۱ ۱)
DMU2	٪۱۲۷/۴۵	۰/۷۸	٪۱۱۲/۰۵	۰/۸۹	(۰/۷۸ ۰/۸۹)
DMU3	٪۱۰۵/۶۷	۰/۹۵	٪۱۰۰	۱	(۰/۹۵ ۱)
DMU4	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰	۱	(۱ ۱)
DMU5	٪۱۰۷/۶۹	۰/۹۳	٪۱۰۷/۶۹	۰/۹۳	(۰/۹۳ ۰/۹۳)
DMU6	٪۱۲۸/۲۸	۰/۷۸	٪۱۰۹/۵۴	۰/۹۱	(۰/۷۸ ۰/۹۱)
DMU7	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰	۱	(۱ ۱)
DMU8	٪۱۱۲/۸۲	۰/۸۹	٪۱۱۲/۸۲	۰/۸۹	(۰/۸۹ ۰/۸۹)
DMU9	٪۱۰۳/۹۷	۰/۹۶	٪۱۰۲/۰۷	۰/۹۸	(۰/۹۶ ۰/۹۸)
DMU10	٪۱۴۷/۹۴	۰/۶۸	٪۱۰۲/۰۸	۰/۹۸	(۰/۶۸ ۰/۹۸)
DMU11	٪۱۴۰	۰/۷۱	٪۱۲۹/۷۴	۰/۷۷	(۰/۷۱ ۰/۷۷)
DMU12	٪۲۰۰	۰/۵۰	٪۱۰۰	۱	(۰/۵۰ ۱)
DMU13	٪۱۱۶/۰۷	۰/۸۶	٪۱۰۳/۷۴	۰/۹۶	(۰/۸۶ ۰/۹۶)
DMU14	٪۱۰۰	۱	٪۱۰۰	۱	(۱ ۱)
DMU15	٪۱۰۵/۵۶	۰/۹۵	٪۱۰۵/۵۶	۰/۹۵	(۰/۹۵ ۰/۹۵)

۱۱-۱ بررسی وضعیت واحدهای ناکارا

با توجه به نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها، تعداد هفت پیمان‌کار 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 ارایه شده است.

$$P(\otimes_1 \le \otimes_2) = \frac{(\text{فاصله منفی})}{(\text{تمام فاصله})} \qquad (۱۶)$$
$$\otimes_1 - \otimes_2 = [a \quad b]$$

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

جدول۶. پیمان‌کاران ناکارا به ترتیب نزولی

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

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

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)

۱۱-۲ 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 ارایه 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.

جدول۷. حل مدل با بازده نسبت به مقیاس متغیر در حالت خروجی محور و و با اعمال حد پایین داده‌ها

متغیرهای مازاد (Slack)					قیمت‌های سایه‌ای									
	مقدار	کارایی	X1	X2	Y1	Y2	Y3	* Benchmark	X1	X2	Y1	Y2	Y3
DMU۱	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۴۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۷۶	۱	۰	۰	۰	۱		(۱) ۵	۰/۵۹	۳	۲	۱	۰
DMU٤	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶۰/۴۴۰/۵۶	۱	۰	۱	۰	۰		(۱) ۵	۰۸E+۵	۱۰	۰	۱	۲
DMU۷	۱/۰۰۰۰۰۰۰۷۵۸۰/۹۹۹۹۹۹۹۲۴۲۰/۷۶۰/۲۴	۰	۱	۰	۱	۰		(۱) ۵	۴۹۹۹۹۹۹۴۹۸	۲۱	۲۳	۰	۳۳
DMU۱٤	۵/۰۰۰۰۰۰۰۱۴۸۰/۱۹۹۹۹۹۹۹۹۴	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 و با اعمال حد بالا داده‌ها

متغیرهای مازاد (Slack)					قیمت‌های سایه‌ای									
	مقدار	کارایی	X1	X2	Y1	Y2	Y3	* Benchmark	X1	X2	Y1	Y2	Y3
DMU۱	۱/۰۷۱۴۲۸۵۷۱۷	۰/۹۳۳۳۳۳۳۳۳۱	۱	۰	۰	۱	۰	(۱) ۵	۰/۲۲	۳	۲/۶۴	۰	۲۳/۲۱
DMU٤	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶	۰/۶۷	۰/۳۳	۱	۰	۰	(۱) ۵	۰۸E+۵	۱۰	۰	۱	۲
DMU۷	۱/۰۰۰۰۰۰۱۴۰۸	۰/۹۹۹۹۹۹۸۵۹۲	۰/۷۵	۰/۲۵	۰	۰/۴۷	۰/۵۳	(۱) ۵	۴۹۹۹۹۹۰۹/۳	۲۱	۲۰	۰	۰
DMU۱٤	۱/۹۲۱۵۶۸۶۳۶۱	۰/۵۲۰۴۰۸۱۶۰۹	۰	۱	۱	۰	۰	(۱) ۵	۱۵۰۰۰۰۰۰۶	۰	۰	۹/۲۴	۳۷/۳۵
DMU *	۱	۱	۰/۱۲	۰/۸۸	۰	۰	۰/۹۹	۴					

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

جدول۹. کارایی بازه‌ای هر واحد

	بازه کارایی	کارایی حد بالا	مقدار حد بالا	کارایی حد پایین	مقدار حد پایین
DMU۱	(۰/۹۹ ۰/۹۹)	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۷۶	۱/۰۷۱۴۲۸۵۷۱۷	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۷۶	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۴
DMU٤	(۰/۹۹ ۰/۹۹)	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۰/۹۹۹۹۹۹۹۹۹۶	۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴
DMU۷	(۰/۹۹ ۰/۹۹)	۰/۹۹۹۹۹۹۸۵۹۲	۱/۰۰۰۰۰۰۱۴۰۸	۰/۹۹۹۹۹۹۹۲۴۲	۱/۰۰۰۰۰۰۰۷۵۸
DMU۱٤	(۰/۲ ۰/۵۲)	۰/۵۲۰۴۰۸۱۶۰۹	۱/۹۲۱۵۶۸۶۳۶۱	۰/۱۹۹۹۹۹۹۹۹۴	۵/۰۰۰۰۰۰۰۱۴۸
DMU *	(۱ ۱)	۱	۱	۱	۱

۱۲ بررسی نتایج تحقیق و پیشنهاداتی برای بهبود روش کار پیمان‌کاران

فعالیت پیمان‌کاران 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 پیمان‌کاران ناکارا باید هزینه و زمان اجرای پروژه را کاهش داد و کیفیت و هماهنگی با کارفرما را افزایش داد.

برای کاهش هزینه‌های پیمان‌کاران، 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 برمبنای تخصیص درست فعالیت‌ها استفاده نماید.

کارفرما می‌تواند با مشارکت مدیران ارشد سازمان و همچنین انتخاب درست پیمان‌کاران به بهبود کیفیت کار پیمان‌کار 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 پیمان‌کاران توجه نماید.

برای موثر واقع شدن برنامه‌های پیمان‌کار، تعامل پیمان‌کار 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، تبیین 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 طباطبایی.

[۳] فداکار، ش.، (۱۳۷۶). ارزیابی و انتخاب پیمان‌کاران، صنعت خودرو ،۲، ۳۲-۵۹.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]

[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. حاله،ح.، مشکین فام، س.، (۱۳۸۶). ارزیابی و انتخاب پیمانکاران عمرانی در مناقصه ها با استفاده از تصمیم گیری چند شاخصه فازی. پنجمین کنفرانس بین المللی 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 برنامه ریزی.

[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 رتبه بندی واحدهای کارا در روش تجزیه و تحلیل پوششی داده هاDEA ، 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 sectore measurment. 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 DEAand 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 measurment 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.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29]