

مدیریت تولید و عملیات، دوره هفتم، شماره (۲)، پیاپی (۱۳)، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
دریافت: ۹۲/۱/۴ پذیرش: ۹۳/۸/۱۸
صص: ۲۱۶-۱۹۹

ارائه مدل تلفیقی IAHP/DEA به منظور ارزیابی پیمانکاران صنایع ساخت و ساز با وجود داده‌های نادقیق

حمزه امین طهماسبی^۱، رضا توکلی مقدم^{۲*}، سیداسماعیل نجفی^۱

- ۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات - گروه مهندسی صنایع - تهران - ایران
- ۲- دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران - تهران - ایران
- ۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات - گروه مهندسی صنایع - تهران - ایران

چکیده

یکی از مهم‌ترین مسائلی که سازمان‌های پروژه‌محور با آن مواجه‌اند، مسئله برون‌سپاری فعالیت‌ها به منظور تمرکز بر مدیریت یکپارچه آن‌هاست. صنایع ساخت و ساز پروژه‌ای نیز با توجه به ماهیت خود و گستره کاری وسیعی که دارند، از این امر مستثنی نیستند. انتخاب پیمانکار بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی، نه تنها نتوانسته است از مخاطرات پیش روی کارفرمایان و سرمایه‌گذاران این صنعت بکاهد، بلکه با وجود توسعه روش‌های پیش ارزیابی، همچنان از جمله عوامل اصلی در ناکامی پروژه‌ها و تشدید ریسک‌های سرمایه‌گذاری در این حوزه است. در این مقاله، حل مسئله انتخاب و ارزیابی مجدد پیمانکاران با استفاده از روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) ارائه می‌شود. تمایلات کارفرمایان بر به کارگیری تعداد زیاد معیارها از طرفی و مواجهه با تعداد اندک پیمانکاران در مناقصات اجرایی به سبب تخصیصی بودن کارها از طرف دیگر موجب افزایش تعداد پیمانکاران در مرز کارایی خواهد شد؛ لذا به منظور رفع این مشکل، مدلی تلفیقی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای (IAHP) و تحلیل پوششی داده‌ها توسعه داده می‌شود. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای به سبب وجود داده‌های نادقیق در قضاوت خبرگان مدنظر قرار می‌گیرد. نتایج حاصله، نشان از این قدرت تفکیک‌پذیری بالای مدل پیشنهادی دارد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب پیمانکار، تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای، تحلیل پوششی داده‌ها، سازمان پروژه‌محور، قدرت تفکیک‌پذیری.

۱- مقدمه

سازمان‌های پروژه‌محور، به سازمان‌هایی اتلاق می‌شود که در آن‌ها اغلب، محصولات طرحی از پیش تعیین شده ندارند و سفارشی محسوب می‌شوند. این سازمان‌ها اغلب در چند پروژه به صورت هم‌زمان درگیر هستند. با توجه به برنامه توسعه کشور، صنایعی همچون صنایع ساخت هوایی، دریایی، فراساحل و از این دست به عنوان سازمان‌های پروژه‌محور مهم و حیاتی برای کشور به شمار می‌آیند. از طرفی با به‌کارگیری استراتژی‌های جدید برای خرید و تولید، پیمانکاران نقش مهمی را در دستیابی به رقابتی هوشمند و یکپارچه ایفا می‌کنند. از این رو انتخاب پیمانکار مناسب و ارزیابی آن‌ها، یک عنصر حیاتی از این استراتژی‌ها است.

امروزه، رویه‌های گوناگونی در انتخاب پیمانکاران به کار گرفته می‌شود، از قبیل: مناقصه آزاد، مناقصه محدود-انتخابی، ارزیابی مقدماتی، مذاکره با آن‌ها و یا به صورت ترکیبی از رویه‌های گوناگون. برگزاری مناقصه و برگزیدن پیمانکار بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی، سنتی‌ترین استراتژی تاریخی کارفرمایان برای کمینه کردن ریسک برون‌سپاری پروژه‌ها بوده تا آنجا که این روش همچنان از جمله رویکردهای متداول و بلارقیب در بسیاری از کشورها است (هارپ^۱، ۱۹۹۰). زمانی که پروژه نیازمند تکنولوژی خوب و با مهارت خاص می‌باشد، کارفرما از مناقصه محدود-انتخابی استفاده می‌کند و تنها پیمانکارانی می‌توانند در مناقصه شرکت کنند که نیازمندی‌های پروژه را ارضا کنند. از سیستم ارزیابی مقدماتی، زمانی استفاده می‌شود که به پیمانکاران با قابلیت پایین‌تر از حداقل قابلیت‌های مدنظر کارفرما، امکان سپردن

پروژه نباشد. زمانی که قرارداد بسیار پیچیده است و مشخصات فنی و مالی منحصر به فرد دارد، یا دارای شرایط اضطراری است و یا هیچ یک از شرایط مربوط به سایر روش‌ها را نداشته باشد (برای مثال در بلاهای طبیعی و جنگ) از رویه مذاکره و مباحثه استفاده می‌شود. پذیرش پیشنهاد بر مبنای کمترین قیمت، هر چند ممکن است در ظاهر، کاهش هزینه‌های دوره ساخت را به همراه داشته باشد، اما یافته‌های تجربی حاکی از آن است که جمع هزینه‌های ناشی از تقلیل کیفیت و کاهش عمر اقتصادی متأثر از آن، در دراز مدت از ارزش مالی طرح کاسته و این به نوبه خود، تاثیر کاهش هزینه‌های احتمالی را کم‌رنگ خواهد کرد (هاتوش و اسکیتومور^۲، ۱۹۹۸؛ هوانگ^۳، ۲۰۱۱). در یک نگرش کلی، روند انتخاب پیمانکار، برگزیدن مناسب‌ترین گزینه برای انجام پروژه است؛ به نحوی که بتوان با توسل به آن حصول بهترین ارزش مالی را در زمان معین تضمین کرد (سینگ و تیونگ^۴، ۲۰۰۵).

روش ارزیابی کیفی مناقصه گران به عنوان مکمل روش سنتی کمترین قیمت پیشنهادی در کنفرانس ASCE ۱۹۶۵، معرفی شد (وارا و بروشنر^۵، ۲۰۰۶). پالانسواران و کوماراسوامی^۶ (۲۰۰۱) برای ارزیابی مقدماتی پیمانکاران مدل جامعی ارائه کرده‌اند. این مدل بر اساس تحقیقات و مطالعات مستمر در کشور هنگ‌کنگ طراحی شده است. پیش‌ارزیابی فرایندی است که طی آن صلاحیت مناقصه گران را کارفرما و بر اساس معیارهای تضمین‌کننده موفقیت پروژه، احراز می‌کند و مناقصه‌گران واجد صلاحیت لازم، برای ارائه پیشنهاد مالی (و گاه فنی، بازرگانی و مالی) فراخوانده می‌شوند (مور^۷، ۱۹۸۵). نخستین گام در پیش‌ارزیابی مناقصه گران، تعریف معیارهای ارزیابی

و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها است که در بخش بعدی معرفی خواهند شد.

در این مقاله، پس از انتخاب و معرفی معیارهای ارزیابی و انتخاب پیمانکاران با استفاده از روش‌های کتابخانه‌ای و پیمایشی، به ارائه مدلی تلفیقی به منظور انجام این مهم پرداخته می‌شود. مدل ارائه شده باید توانایی مقابله با بی‌دقتی موجود در قضاوت تصمیم‌گیرندگان برای ارزیابی معیارها نسبت به یکدیگر را داشته باشد و در نهایت بهترین پیمانکار را معرفی کند.

این مقاله به ترتیب زیر سازماندهی شده است: بخش دوم به بررسی و تعریف معیارهای ارزیابی و رویکردهای ارائه شده به منظور حل مسئله خواهد پرداخت. در بخش سوم، روش تحقیق و معیارهای استفاده شده معرفی خواهد شد. در بخش چهارم مدل تلفیقی برای حل مسئله توسعه داده شده و مسئله با توجه به داده‌های واقعی موجود حل می‌شود و بالاخره بخش پنجم نیز به نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

۲- مروری بر معیارهای ارزیابی پیمانکاران و رویکردهای حل مسئله

در این بخش معیارهایی که به منظور ارزیابی و انتخاب پیمانکاران بیشتر استفاده شده‌اند و همچنین رویکردهای توسعه داده شده برای حل این مسئله، بررسی و شناسایی می‌شوند؛ اگرچه در طول یک‌ونیم قرن اخیر ایده انتخاب پیمانکار بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی از جمله متداول‌ترین روش‌های انتخاب پیمانکار بوده است (جوآن^۸ و همکاران، ۲۰۰۹، نورعالم^۹ و همکاران، ۲۰۱۱)، اما طبق

تحقیقات انجام شده، عمق ناکارآمدی و لزوم بازنگری در این سازوکار و روش‌های برگرفته از آن نیز اثبات شده است (هاتوش و اسکیتومور، ۱۹۹۸؛ سینگ و تیونگ، ۲۰۰۶؛ دمیرسی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۹). وات^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۰)، در مقاله خود به بررسی اهمیت نسبی ارزیابی پیمانکاران و معیارهای انتخاب آنان پرداخته‌اند. دیکسون^{۱۲} (۱۹۶۶)، یکی از اولین کسانی است که در زمینه انتخاب پیمانکاران فعالیت کرده و بیش از ۲۳ معیار را که مدیران در انتخاب پیمانکاران از آن‌ها استفاده می‌کنند را مشخص کرده است.

طی دو دهه اخیر تحقیقات زیادی براساس متدولوژی توزیع پرسش‌نامه و مصاحبه با خبرگان صورت پذیرفته که براساس آن معیارهای ارزیابی پیمانکاران تعریف و رتبه‌بندی شده‌اند. از معیارهای مختلف معرفی شده، علاوه بر قیمت پیشنهادی در مقالات مختلف می‌توان به توان مالی، تجهیزات و ماشین‌ها، نیروی انسانی، ساختار سازمانی، توان تکنولوژیکی، دانش و تجربه، کار مشابه، فاصله جغرافیایی، شهرت و اعتبار، رتبه شرکت، نظام کیفیت، سوابق ادعای خسارت، سازمان مدیریت پروژه، ایمنی، حجم و ظرفیت کاری، عملکرد پیشین، طرح تکنولوژیک، دردسترس بودن پرسنل کلیدی، مدیریت کارگاهی، برنامه ساخت، کیفیت ساخت، تعداد عدم انطباق و تعداد سوانح اشاره کرد. سیدهارتا^{۱۳} (۲۰۱۰)، به منظور ارزیابی پیمانکاران توسعه شهری در مناقصات دولتی و به عنوان مطالعه موردی در کشور هند، معیارهای زمان تکمیل پروژه، زمان واریاتی و امتیاز عملکرد گذشته پیمانکاران را علاوه بر معیار قیمت پیشنهاد کرد.

رتبه‌بندی انجام شده در مقالات مختلف نشان می‌دهد که معیار قیمت پیشنهادی همواره رتبه اول را

در بین معیارها نداشته و گاهی از امتیاز برابری با سایر معیارها برخوردار بوده است (هاتوش و اسکیتومور، ۱۹۹۸؛ سینگ و تیونگ، ۲۰۰۶؛ راسل^{۱۴}، ۱۹۹۸؛ هالت^{۱۵} و همکاران، ۱۹۹۴؛ پالانسواران و کوماراسوامی، ۲۰۰۱؛ شن و لیو^{۱۶}، ۲۰۰۳؛ وات و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی‌های انجام‌شده توسط شن و همکاران (۲۰۰۶) بیانگر آن است که از میان ۴۵ معیار پرسیده‌شده از خبرگان صنعت ساختوساز چین، معیارهای قیمت پیشنهادی، مدت ساخت، تجربه انجام پروژه‌های مشابه و مدیریت کارگاهی در ردیف چهار معیار پر اهمیت پروژه‌ها بوده است. وانگ و هالت^{۱۷} (۲۰۰۱) مدلی را ارائه کردند که به وسیله آن بتوان پیمانکاران را به دو گروه ضعیف و قوی طبقه‌بندی کرد تا کارفرمایان قبل از تصمیم‌گیری برای انتخاب نهایی، از کارایی احتمالی آنان اطلاع داشته باشند. وات و همکاران (۲۰۱۰) به منظور رتبه‌بندی نه معیار عمومی از رویکرد طراحی آزمایش استفاده کرد و معیارهای تخصص فنی و هزینه را مهم‌ترین معیارها معرفی نمود. دُلّی^{۱۸} و همکاران (۲۰۱۱) ضمن بررسی ۲۹ معیار و دسته‌بندی آن‌ها در پنج دسته عمده و استفاده از اطلاعات جمع‌آوری‌شده از چندین پروژه با اندازه متوسط در کشور استرالیا، معیارهای برنامه‌ریزی فنی و متخصصین کنترل را عوامل کلیدی موفقیت پروژه معرفی کرده است. از نظر وات و همکارانش (۲۰۰۹)، معیارهای ارزیابی پیمانکاران در مناقصات در ۱۶ دسته مختلف نمایش داده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که معیارهای توانایی مدیریت و ظرفیت فنی، تجربه و عملکرد گذشته، شهرت، روش تحویل و راه‌حل‌های روشی، برترین معیارها در مناقصات بوده‌اند.

برای حل مسئله انتخاب پیمانکار، روش‌های بسیاری به حالت تکی و یا ترکیبی به کار برده شده است. سواد چولابی (۱۳۸۳) با استفاده از نظرهای خبرگان، معیارهایی را برای رتبه‌بندی پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی شهرداری مشخص کرده و سپس با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره اقدام به رتبه‌بندی پیمانکاران کرده است. ناصری و افسر (۱۳۹۰) به منظور انتخاب پیمانکاران در پروژه‌های نرم‌افزاری از چارچوب کارت امتیازی متوازن فناوری اطلاعات و روش دلفی برای تعیین معیارهای ارزیابی استفاده کردند و با استفاده از پرس‌شنامه و روش آنتروپی اهمیت هر معیار را تعیین نمود. آن‌ها در نهایت پیمانکار برتر را با روش تاپسیس انتخاب نمودند. جاسکوسکی^{۱۹} و همکاران (۲۰۱۰) از قضاوت چند تصمیم‌گیرنده و تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای تعریف وزن معیارهای انتخاب پیمانکار در فرایند مناقصه‌های عمومی در کشور لهستان استفاده کردند. نتایج مقاله حاکی از آن است که AHP فازی بهتر از AHP سنتی عمل کرده است. رزمی و همکاران (۱۳۸۶) به منظور ارزیابی و انتخاب پیمانکاران عمرانی در مناقصه‌ها در ایران، از روش MADM فازی با استفاده از شیوه متغیرهای بیانی برای رتبه‌بندی و انتخاب بهترین پیمانکار در مناقصه استفاده کرده‌اند. جوان و همکاران (۲۰۰۹) جهت ارزیابی پیمانکاران تمیزکاری از رویکردهای QFD فازی و PROMETHEE استفاده کرده‌اند. مظاهری‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره PROMETHEE و AHP شاخص‌های مؤثر در انتخاب پیمانکاران پروژه‌های فاینانس شرکت آب و فاضلاب مشهد را شناسایی و ارزیابی کردند. هاتوش و اسکیتومور (۱۹۹۷) یک

ساخت و نظرهای تصمیم‌گیران در مقاله نیتو مورتو و رزویلا^{۲۸} (۲۰۱۲)، با متغیرهای زبانی و تئوری مجموعه‌های فازی، حل شده است. لی و همکاران^{۲۹} (۲۰۱۰) اثبات کردند که جهت پیش‌ارزیابی در مناقصات، تحلیل پوششی داده‌ها در مقایسه با روش رتبه دهی وزنی، جواب‌های درست‌تر و قابل اطمینانی ایجاد می‌کند. جوان (۲۰۰۹) جهت انتخاب پیمانکار تمیزکاری منازل و نحوه بهبود آن‌ها از روش‌های DEA و CBR استفاده کرده است.

۳- روش تحقیق

انتخاب روش تحقیق بستگی به اهداف و ماهیت موضوع پژوهش و امکانات اجرایی آن دارد. بنابراین، هنگامی می‌توان درباره روش تحقیق تصمیم گرفت که ماهیت موضوع پژوهش و همچنین اهداف و وسعت آن مشخص باشد. در بسیاری از مواقع، در پژوهش از روش تحقیق ترکیبی استفاده می‌شود (کرباسیان و همکاران، ۱۳۹۰).

در این مقاله، برای جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز از روش‌های کتابخانه‌ای و پیمایشی استفاده شده است. معیارهای ارزیابی پیمانکاران ساخت و اجرای پروژه‌های کشتی‌سازی، با توجه به نوع کار و براساس سوابق و تجارب گذشته خبرگان دست‌اندرکار صنعت کشتی‌سازی از طریق ابزار مصاحبه و پرسش‌نامه و استفاده از روش دلفی شناسایی شد. روایی پرسش‌نامه با استفاده از نظرهای خبرگان و پس از انجام پاره‌ای اصلاحات تأیید شد. سپس این پرسش‌نامه برای ۳۲ نفر از خبرگان و کارشناسان ارسال شد. از میان تعداد ۲۷ پرسش‌نامه تکمیل‌شده، دو تای آن‌ها به دلیل کامل نبودن از نتایج

متدولوژی بر مبنای روش پرت به‌منظور ارزیابی مقدماتی پیمانکاران پیشنهاد کردند. درویش^{۳۰} و همکاران (۲۰۰۹) کاربرد تئوری گراف و روش‌های ماتریسی را برای رتبه‌بندی پیمانکاران بررسی نموده‌اند. کوماراسوامی^{۳۱} (۱۹۹۶) ارزیابی پیمانکاران را از طریق ارزیابی ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از رویکردهای پیشرو و پسرو توضیح داده است. لام^{۳۲} و همکاران (۲۰۰۹) از شبکه عصبی SVM برای پیش‌ارزیابی استفاده کردند. هالت^{۳۳} (۱۹۸۸) از مدل‌های بسپوک، آنالیز چندمعیاره، تئوری بهره‌برداری چند معیاره، رگرسیون چندگانه، آنالیز خوشه‌ای به‌منظور انتخاب پیمانکاران استفاده کرد. سارکیس^{۳۴} و همکاران (۲۰۱۲) مسئله انتخاب پیمانکار را در محیط‌های ساختی که در آن مسائل اقتصادی، اجتماعی و توسعه پایدار اهمیت دارد، بررسی و برای حل مسئله مدلی را بر پایه AHP و ANP توسعه دادند. مهدی^{۳۵} و همکاران (۲۰۰۲) یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین پیمانکار پیشنهاد کرده است و از روش دلفی جهت اخذ نظرات خبرگان برای تعیین ارزش معیارها استفاده می‌کند. سیدهارتا (۲۰۱۰)، جهت حل مسئله خویش یک مدل برنامه ریزی آرمانی را توسعه داده است. یانگ^{۳۶}، وانگ و یانگ (۲۰۱۲) جهت بهبود محاسبه ناسازگاری در ماتریس مقایسات زوجی AHP، از الگوریتم انبوه ذرات (PSO) استفاده کرده و مسئله انتخاب پیمانکار را با آن حل کرده است. پلبانکیوکس^{۳۷} (۲۰۱۲) جهت پیش‌ارزیابی پیمانکاران، ضریب نفوذ اهداف مدنظر کارفرمایان پروژه‌ها را بر معیارهای ارزیابی پیمانکاران مدنظر کارشناسان، برای محاسبه امتیاز ارزیابی به کار گرفته است. عدم قطعیت موجود در طبیعت پروژه‌های

است و به جای تابع تولید به مرز تولید توجه می-شود. مدل DEA از روش‌های تابع تولید مرزی به منظور رسیدن به شاخصی برای اندازه‌گیری کارایی واحد استفاده می‌کند.

برای اینکه نتایج مدل DEA کارا شود، باید $n \geq 3(m+s)$ جهت افزایش قدرت تفکیک‌پذیری برقرار باشد که در آن m و s تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها و n تعداد DMU هاست. تعداد زیاد معیارهای مدنظر برای ارزیابی، منجر به تراکم بالای واحدهای تصمیم‌گیری مورد ارزیابی در مناقصات شده و با توجه به تعداد کم شرکت‌کنندگان در مناقصات، به سبب تخصصی بودن پروژه‌ها، قاعده $n \geq 3(m+s)$ رعایت نمی‌شود. لذا به منظور افزایش قدرت تفکیک‌پذیری در حل ارائه‌شده، از کنترل وزن معیارها استفاده می‌شود. ارزیابی معیارها نسبت به یکدیگر و درجه‌بندی آن‌ها با توجه به بی‌دقتی موجود در قضاوت تصمیم‌گیرندگان و خبرگان با استفاده از مقایسات زوجی بازه‌ای، انجام می‌شود. تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی برای تصمیم‌گیری برپایه ارزیابی ذهنی مجموعه‌ای از گزینه‌ها بر اساس چندین شاخص و یا ساختار سلسله‌مراتبی طراحی شده است. این روش را اولین بار ساعتی در سال ۱۹۷۰ پیشنهاد کرد. این مدل بر سه اصل استوار است (اصغرپور، ۱۳۸۵): برپایی یک ساختار و قالب سلسله‌مراتبی برای مسئله، برقراری ترجیحات از طریق مقایسات زوجی و برقراری سازگاری منطقی بین اندازه‌گیری‌ها. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ساختار و چارچوبی به منظور همکاری و مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری‌ها یا حل مشکلات مهیا می‌کند. علاوه بر آن، نیاز به مقایسات زوجی در AHP یکی از مزایای روش به حساب می‌آید، چراکه

کنار گذاشته شد. همچنین به منظور ارزیابی پایایی سوالات پرسش‌نامه از ضریب آلفای گرونباخ استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار SPSS، ضریب آلفای گرونباخ کل پرسش‌نامه برابر ۰/۸۵ بود که با توجه به اختلاف آن از ۰/۷ نشان از پایابودن پرسش‌نامه دارد.

معیارهای حاصل عبارتند از: ۱. توان نیروی انسانی؛ ۲. تجهیزات و ماشین‌آلات؛ ۳. سابقه کاری مرتبط با شرکت در ساخت سازه‌های مشابه؛ ۴. تشکیلات سازمانی و مدیریتی از جمله: داشتن چارت سازمانی، شرح وظایف و گواهینامه مدیریت کیفیت؛ ۵. حسن شهرت نزد کارفرمایان قبلی و فعلی؛ ۶. توان مالی - اقتصادی؛ ۷. قیمت پیشنهادی؛ ۸. مطابقت کیفیت تولید متناسب با استاندارد موسسه رده‌بندی مورد تأیید کارفرما؛ ۹. تطابق عملکرد و زمان‌بندی گانت چارت اجرای پروژه و ۱۰. تطابق هزینه تمام‌شده پروژه با هزینه پیش‌بینی و توافق‌شده که از نظر ماهیت ۷ معیار اول معیار جزء ورودی‌های اجرای پروژه و ۳ معیار بعدی به‌عنوان معیارهای خروجی هستند چراکه از نظر ماهیت منتج از اجرای پروژه‌ها و خروجی عملکرد پیمانکاران محسوب می‌شوند.

این مقاله به منظور مقایسه و رتبه‌بندی پیمانکاران، یک روش تحلیل پوششی داده‌ها را توسعه داده است. مزیت روش تحلیل پوششی داده‌ها ناپارامتریک بودن آن است. در واقع در روش‌های ناپارامتریک، هیچ فرم تابع پیش‌فرض برای تابع تولید در نظر نمی‌گیریم و تابع تولید با استفاده از خروجی‌ها و ورودی‌های واحدهای تولیدی و به‌وسیله خود واحدها تعیین می‌شود. در این روش به جای استفاده از روش‌های آماری از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده

قبل پایگاه داده‌ای از پیمانکاران دارای صلاحیت ایجاد شده باشد.

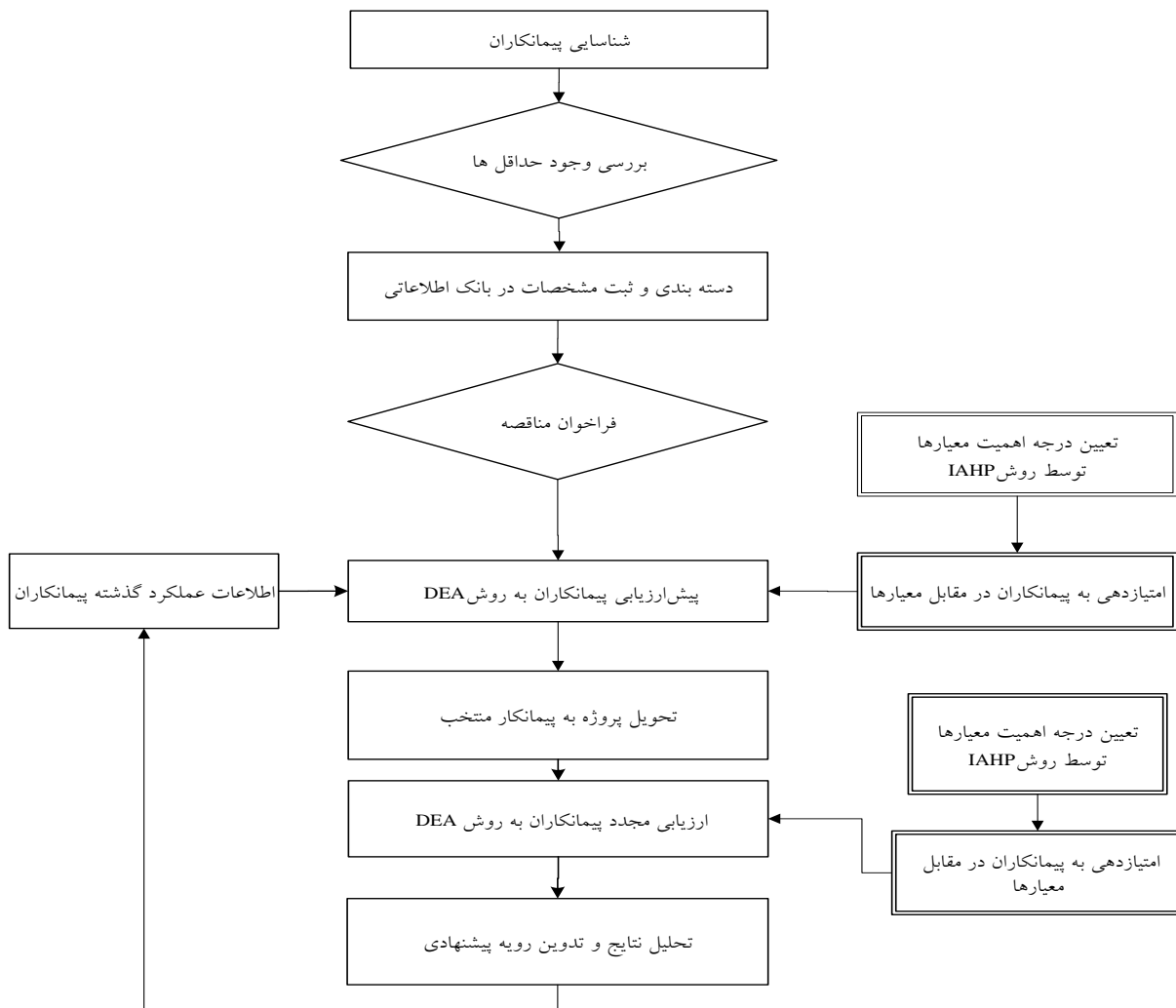
همچنین در صورتی که فاصله به کارگیری پیمانکار از زمان شناسایی، بیش از زمان مشخص θ شود ($\theta =$ یک سال)، به دلیل تغییرات احتمالی در ساختار، خدمات و فعالیت‌های ایشان، بررسی حداقل‌ها تکرار خواهد شد. همانطور که در بخش سوم ذکر شد، در این مقاله، ارزیابی پیمانکاران نوع اول یعنی پیمانکاران ساخت و اجرا مدنظر بوده و معیارهای استخراج‌شده مربوط به ارزیابی این دسته از پیمانکاران است. البته به جز این دسته، سه دسته دیگر خواهیم داشت، شامل: دسته دوم فنی، طراحی و آموزش، دسته سوم پیمانکاران خدماتی و دسته چهارم تأمین‌کنندگان کالا و مواد اولیه. معیارهای ارزیابی هر کدام از آن‌ها متفاوت از دیگری می‌باشد. همچنین نحوه ارزیابی و انتخاب و میزان سفارش از پیمانکاران دسته چهارم، در قالب مسائل انتخاب تأمین‌کننده قابل بررسی است.

بعد از تعیین لیست واجدین شرایط، مناقصه برگزار شده و با توجه به نوع پروژه، از پیمانکاران درون لیست دعوت به عمل آمد. سپس با توجه به لیست معیارها، پیش‌ارزیابی پیمانکاران به روش قضاوت گروهی و در جلسات حضوری با مشارکت افراد خبره درگیر در پروژه از بخش‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، کنترل کیفیت، خرید، مالی و ساخت، هرکدام یک نفر به همراه مدیر پروژه، جمعاً ۶ نفر انجام گرفت.

تصمیم‌گیرنده را مجبور می‌کند تا درباره وزن‌های عوامل بیشتر فکر کند و موقعیت را به صورت عمیق-تری تجزیه و تحلیل کند. مزیت دیگر AHP در توانایی‌اش برای اندازه‌گیری موضوعات کمی و کیفی است، به طوری که ترجیحات ذهنی، دانش خبره و اطلاعات عینی همگی در AHP موجود است و به کار می‌رود. یکی از مشکلات این روش طولانی بودن رویه استخراج ماتریس مقایسات زوجی در زمانی است که شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری زیاد باشد و احتمال وجود قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان باشد. به همین سبب از روش AHP بازه‌ای استفاده شده است تا از میزان اختلاف در قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان مختلف در محاسبات غفلت نشود.

۴- حل مسئله

پس از بررسی مدل‌های ارزیابی موجود به منظور ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کالا، پیمانکاران صنایع کشتی‌سازی و صنایع مشابه و همچنین ادبیات موضوع، سعی شد تا مدل کاملی ارائه شود. مدل مفهومی این فرایند مطابق شکل (۱) می‌باشد. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، پس از شناسایی پیمانکاران در دوره‌های زمانی مشخص، باید نسبت به دسته‌بندی و ثبت مشخصات پیمانکارانی که دارای حداقل‌ها هستند، در بانک اطلاعاتی اقدام کرد، چراکه پروژه‌ها با محدودیت زمانی مواجه بوده و لذا برای اجتناب از اتلاف زمان به منظور ارزیابی و انتخاب پیمانکاران، بهتر است از



شکل (۱) نمودار مدل پیشنهادی

سازمان قصد به کارگیری مجدد پیمانکاری را داشته باشد، ارزیابی مجدد او الزامی است. مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌های هر یک از پیمانکاران برای معیارهای ارزیابی را اعضای تیم ارزیابی برای ۱۶ پیمانکار فعال در این صنعت، تعیین کردند. بدین ترتیب که در رابطه با معیارهای کمی، اطلاعات به‌طور مستقیم از اسناد موجود و به‌دست‌آمده در طول اجرای پروژه استخراج می‌شود. در این راستا، معیار توان نیروی انسانی (ورودی

بعد از واگذاری پروژه به پیمانکار منتخب، در حین انجام پروژه نیز، مبحث ارزیابی مجدد در بازه‌های زمانی مشخص که در اینجا شش ماهه در نظر گرفته شده است، مطرح شد. به‌وسیله ارزیابی مجدد می‌توان «پایگاه داده اطلاعات پیمانکار» را براساس آخرین وضعیت پیمانکاران به‌روز کرد. از طرفی این امر سبب تشویق پیمانکاران به بهبود عملکرد خویش در حین انجام پروژه می‌شود. شایان ذکر است در صورتی که

اول)، بیانگر توان تخصصی پرسنل است که در واقع تابعی از سطح تحصیلات و تجربیات آنها است. بر اساس آیین‌نامه طبقه‌بندی و تشخیص صلاحیت پیمانکاران این امتیاز از طریق فرمول (۱) محاسبه می‌شود.

$$E_p = \sum_{i=1}^n (m_i + h_i f_i) \quad (1)$$

که در آن:

E_p = امتیاز مدیران و کارکنان؛

h_i = ضریب تجربه که برای هیئت مدیره و

مدیرعامل ۲۰ و برای کارکنان ۱۰ است؛

f_i = تجربه سنواتی؛

n = تعداد کارکنان؛

m_i = امتیاز تحصیلات که از جدول شماره (۱)

محاسبه می‌شود.

جدول (۱) امتیاز تحصیلات مدیران و کارکنان

سطح تحصیلات	رشته زمینه	رشته مرتبط	رشته نامرتب
فوق دیپلم	۱۵۰	۷۵	-
کارشناسی	۲۵۰	۱۲۵	۸۰
کارشناسی ارشد	۲۷۵	۱۳۵	۹۰
دکتری	۳۰۰	۱۵۰	۱۰۰

برای محاسبه معیار تجهیزات و ماشین‌ها (ورودی دوم)، تعداد ماشین‌های مرتبط با پروژه و آزاد (بیکار) پیمانکار قابل محاسبه خواهند بود. درخصوص معیار سابقه کاری مرتبط شرکت در ساخت سازه‌های مشابه (ورودی سوم) از تعداد پروژه‌های مشابه بدون توجه به مبلغ آنها استفاده شد. امتیازدهی به دو معیار کیفی تشکیلات سازمانی و مدیریتی (ورودی چهارم) و حسن شهرت (ورودی پنجم) با توجه به نظرات متفاوت افراد به صورت بازه‌ای انجام گرفت. کمترین امتیاز به عنوان حد پایین و بیشترین امتیاز به عنوان حد بالای بازه در نظر گرفته شد.

توان مالی / اقتصادی (ورودی ششم)، بیانگر توان مالی موجود برای سرمایه‌گذاری‌ها، انجام تعهدات و تضمین قراردادها است. از آنجایی که پیمانکاران بر اساس یک سری معیارها که مهم‌ترین آنها توان مالی

است، طبق آیین‌نامه طبقه‌بندی و تشخیص صلاحیت پیمانکاری از یک تا پنج رتبه‌بندی می‌شوند، تصمیم بر این شد که توان مالی پیمانکاران براساس رتبه‌های آنها ارزیابی شود، به طوری که توان مالی پیمانکار با رتبه ۱ تا ۵، به صورت معکوس از ۱۰ به ۱ امتیازدهی شد. برای محاسبه معیار قیمت پیشنهادی (ورودی هفتم) از تفاوت نسبت قیمت پیشنهادی به قیمت عادلانه استفاده شد.

معیار مطابقت کیفیت تولید متناسب با استاندارد مؤسسه رده‌بندی تأییدشده کارفرما (خروجی اول)، بیانگر انجام کار با کمترین تعداد عدم انطباق مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی مدنظر کارفرما است که ناظر و مشاور طرح اعلام می‌کنند. لذا معکوس تعداد عدم انطباق‌ها و اشکالات کیفی اعلامی به پیمانکار از سوی دستگاه نظارت به پنج پروژه آخر

نتایج به دست آمده معیارهای قیمت پیشنهادی، تطابق زمان بندی و عملکرد و کیفیت بالاترین امتیازات را به خود اختصاص داده اند. در CCR خروجی محور، هدف یافتن امکان تولیدی در T_c که با خروجی بیشتر از Y_0 ، ورودی کمتر از X_0 داشته باشد. لذا مدل زیر حل می شود:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ & \text{s.t.} \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^s v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\ & u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, s \\ & v_i \leq 0, \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (2)$$

که در آن y_{rj} مقدار خروجی r ام پیمانکار j ام و x_{ij} مقدار ورودی i ام پیمانکار j ام است. u_r و v_i نیز ضرایب تأثیر خروجی r ام و ورودی i ام هستند. از آنجایی که در تحلیل پوششی داده ها به دنبال خروجی بیشتر با استفاده از ورودی کمتر هستیم، لذا معیارهای ورودی که ماهیتاً تمایل به افزایش آن ها را داریم به عنوان ورودی نامطلوب به شمار می آیند. یکی از روش های استفاده از ورودی های نامطلوب، استفاده از معکوس مقدارشان است؛ لذا مقدار ورودی های نامطلوب، به صورت معکوس وارد مدل می شود.

نتایج حاصل از حل مدل CCR بدون وجود محدودیت اضافه در جدول شماره (۲) نشان داده شده است. همان گونه که از نتایج پیدا است، در روش ساده DEA، ۱۳ پیمانکار به عنوان پیمانکار کارا شناخته شده اند و همگی در مرز کارا قرار گرفته اند. تنها ۳ پیمانکار ناکارا شناخته شده و بنابراین انتخاب

(به صورت میانگین وزنی پروژه ها) به عنوان امتیاز هر پیمانکار در نظر گرفته می شود.

تطابق عملکرد و زمان بندی گانت چارت اجرای پروژه (خروجی دوم)، بیانگر سابقه پیمانکار در میزان تأخیرات در پروژه های اخیر است. برای بررسی این شاخص به بررسی مدت زمان تأخیرات در پنج پروژه اخیر برای هر یک از پیمانکاران پرداخته می شود. در صورتی که تعداد پروژه های اجرایی پیمانکاران کمتر از پنج باشد، به تعداد پروژه ها امتیازات آن ها منظور شد؛ همچنین وزن پروژه ها نیز مساوی در نظر گرفته شده اند. لذا مجموع روزهای تأخیر تقسیم بر تعداد پروژه، به عنوان امتیاز هر پیمانکار منظور می شود. این تأخیرات شامل مواردی است که بر اساس صورت جلسه های قطعی تحویل، تأخیر پروژه بر عهده پیمانکار بوده است.

تطابق هزینه تمام شده پروژه با هزینه پیش بینی و توافق شده (خروجی سوم)، توسط مقایسه اختلاف مبلغ توافق شده اولیه در قرارداد و مبلغ موجود در الحاقیه نهایی و پرداختی به پیمانکار انجام می شود. بدین صورت که مجموع این اختلاف ها در پنج پروژه آخری که پیمانکار اجرا کرده است مدنظر قرار می گیرد. البته میزانی از اختلاف مبلغ که بر اساس الحاقیه ها، به دلیل تغییر محدوده (Scope) پروژه اعلامی کارفرما به وجود آمده است، در محاسبات منظور نمی شود.

نتایج ارزیابی پیمانکاران را در پیوست شماره (۱) می توان مشاهده کرد. در این جدول کلمه «و» مخفف معیار ورودی و کلمه «خ» مخفف معیار خروجی است. پس از نرمالایزه سازی امتیازات پیوست شماره (۱)، نتایج به مدل تحلیل پوششی داده های CCR خروجی محور وارد می شود. گفتنی است بر اساس

قابل اجماع نبودند، به‌عنوان حد بالا و حد پایین بازه در ماتریس مقایسات زوجی منظور شدند. ماتریس مربوط به معیارهای ارزیابی مجدد در پیوست شماره (۲) نمایش داده شده است. در این جدول، کلمه «و» مخفف معیار ورودی و کلمه «خ» مخفف معیار خروجی است. همچنین سازگاری مقایسات زوجی برابر ۰،۰۳، به دست آمده که مورد قبول است. بازه معیارهای سنجش حاصل از ترکیب وزنی امتیازات به دو روش مجموع سطری و میانگین هندسی در AHP، به شرح جداول شماره (۳) و (۴) ب دست آمده است.

از میان ۱۳ پیمانکار کارا محاسبات را ناکارا و روش را فاقد وجهت لازم می‌کند، لذا به‌منظور اعمال کنترل وزنی، معیارها به‌وسیله روش تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای (IAHP) امتیازدهی شد. جهت تعیین عناصر ماتریس مقایسات زوجی باید اعضا با یکدیگر توافق داشته باشند؛ بنابراین از روش اجماع نظرات در این بخش استفاده شد. اما از آنجایی که رسیدن به اجماع در قیاس بین معیارها، کمی مشکل است، از امتیازدهی بازه‌ای استفاده شد. به‌طوری‌که پس از بحث و تبادل نظر، نظرهای تلطیف‌شده به یکدیگر نزدیک شدند. کمترین و بیشترین اعداد که

جدول (۳) بازه وزنی معیارها حاصل از ترکیب وزنی به روش مجموع سطری

$0/815 = < V1 = < 0/261$
$0/094 = < V2 = < 0/134$
$0/98 = < V3 = < 0/172$
$0/045 = < V4 = < 0/059$
$0/076 = < V5 = < 0/106$
$0/203 = < V6 = < 0/288$
$0/860 = < V7 = < 1$
$0/526 = < U1 = < 0/671$
$0/668 = < U2 = < 0/810$
$0/115 = < U3 = < 0/213$

جدول (۴) بازه وزنی معیارها حاصل از ترکیب وزنی به روش میانگین هندسی

$0/11 = < V1 = < 0/16$
$0/06 = < V2 = < 0/09$
$0/07 = < V3 = < 0/12$
$0/4 = < V4 = < 0/37$
$0/05 = < V5 = < 0/07$
$0/15 = < V6 = < 0/20$
$0/8 = < V7 = < 1$
$0/39 = < U1 = < 0/52$
$0/55 = < U2 = < 0/68$
$0/09 = < U3 = < 0/15$

جداول شماره (۵) و (۶) نتایج حاصل از حل مدل CCR را با در نظر گرفتن بازه وزنی معیارها که به دو روش ترکیب وزنی سطری و هندسی در AHP محاسبه شده است، به عنوان محدودیت‌های اضافه نمایش می‌دهند.

نتایج حاصل بیانگر قدرت تفکیک‌پذیری^{۳۰} مدل ارائه شده نسبت به مدل ساده DEA است. قدرت تفکیک‌پذیری به معنای تعداد واحد کارای کمتر با توجه به تعدد معیارها در مقایسه با واحدهای تصمیم‌گیری مطرح است. همچنین قدرت

تفکیک‌پذیری در مدل با محدودیت‌های حاصل از ترکیب وزنی معیارها به روش میانگین هندسی نسبت به روش سطری بیشتر است. در روش با محدودیت‌های حاصل از ترکیب وزنی معیارها به روش میانگین سطری، پیمانکاران ۴، ۸، ۱۰ و ۱۲ کارا بوده و امتیاز کامل را کسب کرده‌اند. کمترین کارایی مربوط به پیمانکاران ۵، ۱۱ و ۹ به ترتیب با ۰/۷۳، ۰/۷۶ و ۰/۷۸ بوده که در روش ساده DEA به عنوان پیمانکار کارا معرفی شده بودند.

جدول (۵) حل مسئله CCR

Dmu۸	dmu۷	dmu۶	dmu۵	dmu۴	dmu۳	dmu۲	dmu۱
۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۷	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۲	۱/۰۰
Dmu۱۶	dmu۱۵	dmu۱۴	dmu۱۳	dmu۱۲	dmu۱۱	dmu۱۰	dmu۹
۰/۸۹	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

جدول (۶) حل مسئله CCR با محدودیت‌های حاصل از ترکیب وزنی معیارها به روش میانگین سطری در AHP

Dmu۸	dmu۷	dmu۶	dmu۵	dmu۴	dmu۳	dmu۲	dmu۱
۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۸۰	۰/۷۶	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۸۶	۰/۸۶
Dmu۱۶	dmu۱۵	dmu۱۴	dmu۱۳	dmu۱۲	dmu۱۱	dmu۱۰	dmu۹
۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۸۴	۱/۰۰	۰/۷۳	۱/۰۰	۰/۷۸

جدول (۷) حل مسئله CCR با محدودیت‌های حاصل از ترکیب وزنی معیارها به روش میانگین هندسی در AHP

Dmu۸	dmu۷	dmu۶	dmu۵	dmu۴	dmu۳	dmu۲	dmu۱
۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۸۰	۰/۸۱
Dmu۱۶	dmu۱۵	dmu۱۴	dmu۱۳	dmu۱۲	dmu۱۱	dmu۱۰	dmu۹
۰/۸۳	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۸۲	۱/۰۰	۰/۷۲	۰/۹۹	۰/۶۷

حاصل از ترکیب وزنی معیارها به روش میانگین هندسی، کمترین امتیاز کارایی مربوط به پیمانکاران ۹

همچنین پیمانکاران ناکارای روش اول در این روش نیز ناکارا شده‌اند. در روش با محدودیت‌های

۵- نتیجه‌گیری

انتخاب پیمانکار مناسب در پروژه‌های ساخت و ساز از مهمترین اقداماتی است که یک مناقصه‌گر در راستای اهداف پروژه باید انجام دهد. معیارهای استفاده شده در این مقاله حاصل نظر کارشناسان و خبرگان صنایع ساخت‌وساز کشتی‌سازی بود. پس از تعیین معیارها، به مدلی برای ارزیابی پیمانکاران ارائه شد. پس از تعیین معیارها در دو دسته ورودی‌ها و خروجی‌ها و تعیین معیار قیمت پیشنهادی به‌عنوان یک ورودی نامطلوب، مسئله با استفاده از رویکرد DEA حل شد که در نتیجه تعداد زیادی از پیمانکاران در مرز کارا قرار گرفتند. لذا برای ایجاد قدرت تفکیک‌پذیری بیشتر، استفاده از کنترل وزنی مدنظر قرار گرفت. از آنجایی که میزان اهمیت معیارها در نظر خبرگان متفاوت است، نظرات ایشان از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای در قالب جلسات کارشناسی اخذ شد و بازه وزنی معیارها به دو روش مجموع سطری و میانگین هندسی مشخص شد. سپس این بازه‌ها در قالب محدودیت‌هایی در مدل CCR خروجی‌محور تحلیل پوششی داده‌ها وارد شد. نتایج نشان از قدرت تفکیک‌پذیری زیاد مدل پیشنهادی بخصوص با به‌کارگیری محدودیت‌های حاصل از ترکیب وزنی معیارها به‌روشنی میانگین هندسی دارد. همچنین به‌منظور انتخاب بهترین پیمانکار از میان دو پیمانکار کارای نهایی، از روش اندرسون و پیترسون استفاده شد. این شیوه می‌تواند در راستای اجتناب از مخاطرات شیوه‌های غیرعلمی ارزیابی و انتخاب پیمانکاران، سازمان‌های دولتی و غیردولتی را به‌سوی گزینش مناسب‌ترین ترکیب با توجه به معیارهای مدنظر، هدایت کند.

و ۱۱ به‌ترتیب با ۰/۶۷ و ۰/۷۲ است. درواقع رتبه پیمانکاران با توجه به امتیاز کسب شده، مقدار کمی متفاوت از روش قبل است. به‌علاوه اینکه تفاوت امتیاز کارایی نیز در این روش بیشتر شده و اختلاف امتیاز ضعیف‌ترین پیمانکار از پیمانکار کارا به بیش از ۰/۳ رسیده است. همان‌گونه که از نتایج حل پیداست، واحدهای تصمیم‌گیرنده یا همان پیمانکاران شماره (۱۲) و (۸) در هر سه مدل با $\Theta^* = 1$ کارای قوی یا کارای پاراتو هستند. از آنجایی که باید یک پیمانکار در نهایت انتخاب شود، لذا برای رتبه‌بندی پیمانکاران کارا از روش اندرسون و پیترسون استفاده شد. اندرسون و پیترسون، مدل ابرکارایی را به‌صورت زیر ارائه کردند که با حذف DMU مدنظر از مجموعه امکان تولید و اجرای مدل DEA برای باقیمانده DMUها، یک نمره رتبه‌بندی برای آن به دست می‌آید.

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ \text{S.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq 0 \\ & u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, s \\ & v_i \leq 0, \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (3)$$

نتایج حاصل از حل مدل A.P برای DMUهای ۸ و ۱۲ به‌ترتیب برابر ۱/۱۹۹ و ۱/۱۶۳ بوده که حکایت از برتری پیمانکار شماره ۸ نسبت به پیمانکار شماره ۱۲ دارد. لذا پیمانکار شماره ۸ انتخاب می‌شود.

میان پیمانکاران کارا می‌توان از سایر روش‌ها همچون جدول متقاطع بهره برد. همچنین برای مقابله با عدم قطعیت موجود در داده‌ها نیز استفاده از مدل‌های فازی، احتمالی و یا استوار پیشنهاد می‌شود.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی با در نظر گرفتن شرایط مختلف حاکم بر مسئله انتخاب پیمانکار با استفاده از روش‌های متفاوت تحلیل پوششی داده‌ها، مسائلی مانند وجود داده‌های نامطلوب در مسئله را در نظر گرفت. جهت انتخاب کاراترین پیمانکار از

پیوست

پیوست ۱: امتیازدهی به پیمانکاران

مقادیر خروجی			مقادیر ورودی							
۳خ	۲خ	۱خ	۷و	۶و	۵و	۴و	۳و	۲و	۱و	DMU
۱۸	۱۶	۱۸	۴۹۲	۷	[۸.۷]	[۱۰.۹]	۲/۲	۲۳	۸	۱
۱۷	۱۳	۱۹	۵۲۷	۷	[۱۰.۸]	[۹.۷]	۱۲/۵	۴۳	۵	۲
۲۰	۱۷	۱۸	۵۶۰	۴	[۷.۶]	[۶.۵]	۱۳	۳۴	۶	۳
۱۸	۲۰	۱۶	۴۹۱	۲	[۹.۶]	[۱۰.۸]	۴/۸	۵۴	۲	۴
۲۰	۱۱	۱۴	۵۵۵	۵	[۷.۵]	[۶.۳]	۲۳/۱	۶۵	۴	۵
۱۵	۱۵	۱۶	۵۷۰	۹	[۱۰.۶]	[۱۰.۹]	۱۱/۶	۳۴	۷	۶
۱۷	۲۰	۱۹	۵۲۰	۸	[۱۰.۷]	[۹.۸]	۲۴	۳۲	۱۲	۷
۱۸	۱۹	۱۸	۴۸۰	۱	[۹.۷]	[۵.۳]	۱۲	۲۶	۹	۸
۱۴	۷	۱۷	۵۰۰	۲	[۸.۵]	[۸.۷]	۷/۳	۲۴	۸	۹
۱۸	۱۷	۱۸	۵۲۰	۳	[۱۰.۶]	[۶.۵]	۱۴/۵	۱۸	۷	۱۰
۱۸	۱۴	۱۲	۴۹۵	۷	[۹.۶]	[۶.۴]	۲/۳	۵۷	۳	۱۱
۱۹	۱۸	۲۰	۵۹۹	۵	[۸.۷]	[۷.۵]	۶/۵	۵۲	۵	۱۲
۱۷	۱۵	۲۰	۴۴۰	۶	[۹.۸]	[۷.۳]	۸	۴۸	۴	۱۳
۱۶	۱۴	۱۷	۴۷۰	۳	[۱۰.۸]	[۱۰.۸]	۴/۵	۳۹	۱۰	۱۴
۱۸	۱۷	۱۵	۴۳۰	۷	[۸.۷]	[۹.۶]	۱۶/۴	۲۰	۱۲	۱۵
۱۶	۱۷	۱۶	۵۳۰	۵	[۹.۸]	[۸.۷]	۱۸/۲	۳۸	۸	۱۶

پیوست ۲: ماتریس مقایسه زوجی معیارهای ارزیابی مجدد پیمانکاران نسبت به هدف

	۱ و	۲ و	۳ و	۴ و	۵ و	۶ و	۷ و	۱ خ	۲ خ	۳ خ
۱ و	[۱.۱]	[۲.۳.۵/۵]	[۱.۲.۵/۵]	[۲.۳.۵/۵]	[۲.۴]					[۱.۱]
۲ و		[۱.۱]	[۱.۲.۵/۵]	[۱.۲.۵/۵]	[۲.۳.۵/۵]					
۳ و			[۱.۱]	[۱.۲.۵/۵]	[۱.۲.۵/۵]					
۴ و				[۱.۱]	[۲.۳.۵/۵]					
۵ و					[۱.۱]					
۶ و					[۲.۳.۵/۵]	[۱.۱]				[۱.۲.۵/۵]
۷ و					[۸.۹.۵/۵]	[۷.۸.۵/۵]	[۱.۱]		[۲.۳.۵/۵]	[۷.۶]
۱ خ					[۸.۶]	[۳.۴.۵/۵]		[۱.۱]		[۳.۴.۵/۵]
۲ خ					[۷.۸.۵/۵]	[۶.۵]		[۱.۲.۵/۵]	[۱.۱]	[۵.۶.۵/۵]
۳ خ					[۱.۲.۵/۵]					[۱.۱]

منابع

تصمیم‌گیری چندمعیاره، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران.

رزمی، جعفر.، حاله، حسن و مشکین فام، سعید. (۱۳۸۶). «طراحی مدل نوین پشتیبانی تصمیم‌گیری جهت ارزیابی و انتخاب

اصغرپور، محمدجواد. (۱۳۸۵).

تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، تهران: دانشگاه تهران، چاپ چهارم.

سوادی چولابی، علیرضا. (۱۳۸۳). رتبه بندی و انتخاب پیمانکاران با استفاده از مدل‌های

- decisions". *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17.
- Doloi, H., Iyer, K.C., & Sawhney, A. (2011). "Structural equation model for assessing impacts of contractor's performance on project success". *International Journal of Project Management*, 29 (6), 687-695.
- Harp, D.W. (1990). "Innovative Contracting Practices - The new way to undertake public works projects". *HMAT/ Hot mix Asphalt Technology*, 6-10.
- Hatush, Z., & Skitmore, M. (1997). "Assessment and Evaluation of Contractor Data Against Client Goals Using PERT Approach". *Construction Management and Economics*, 15 (3), 327-340.
- Hatush, Z., & Skitmore, M. (1998). "Contractor selection using multi criteria utility theory: an additive model". *Building and Environment*, 33(2), 105-115.
- Holt, G.D. (1998). "Which contractor selection methodology?". *The International Journal of Project Management*, 16(3), 153-164.
- Holt, G.D., Olomolaiye, P.O., & Frank, C.H. (1994). "Factors in uencing UK construction clients choice of contractor". *Building and Environment*, 29(2), 228-241.
- Huang, X. (2011). "An Analysis of the Selection of Project Contractor in the Construction Management Process". *International Journal of Business and Management*, 6(3), 184-189.
- Mahdi, I.M., Riley, M.J., Fereig, S.M., & Alex, A.P. (2002). "A multi-criteria approach to contractor selection". *Engineering, Construction and Architectural Management*, 9(1), 29-37.
- Jaskowski, P., Biruk, S., & Bucon, R. (2010). "Assessing contractor selection criteria weights with fuzzy AHP method application in group decision environment". *Automation in Construction*, 19(2), 120-126.
- Juan, Y.K. (2009). "A hybrid approach using data envelopment analysis and case-based reasoning for housing
- پیمانکاران عمرانی در مناقصه‌ها (در ایران)»، نشریه دانشکده فنی: دانشگاه تهران، ۴۱ (۱۰).
- کرباسیان، مهدی، خوشانی، اعظم، جوانمردی، محمد و زنجیرچی، سید محمود. (۱۳۹۰). «کاربرد مدل (ISM) جهت سطح‌بندی شاخص‌های انتخاب تأمین‌کنندگان چابک و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با استفاده از روش Topsis-AHP فازی»، مدیریت تولید و عملیات، ۲ (۲)، ۱۰۷-۱۲۲.
- مظاهری زاده، یونس؛ ناجی عظیمی، زهرا و پویا، علیرضا. (۱۳۹۲). «شناسایی و ارزیابی شاخص‌های موثر در انتخاب پیمانکاران پروژه‌های فاینانس شرکت آب و فاضلاب مشهد»، ششمین کنفرانس بین‌المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات.
- ناصری، امیر حسن و افسر، امیر. (۱۳۹۰). «ارائه مدلی برای انتخاب پیمانکاران در پروژه‌های نرم‌افزاری»، مدیریت فناوری اطلاعات، ۳ (۶)، ۱۴۵-۱۶۴.
- Darvish, M., Yasaei, M., & Saeedi, A. (2009). "Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking". *International Journal of Project Management*, 27 (6), 610-619.
- Demirci, G., Ayar, B., Kivrak, S., & Arslan, G. (2009). "Contractor Selection in the Housing Sector Using the Simple Multi-Attribute Rating Technique". *The CRIOCM International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, Nanjing, China, 29-31.
- Dickson, G. W. (1966). "An analysis of vendor selection systems and

- Plebankiewicz, E. (2012). "A fuzzy sets based contractor prequalification procedure". *Automation in Construction*, 22, 433-443.
- Russell, J.H. (1998). "Contractor Prequalification Data for Construction Owners". *Construction Management and Economics, E & F. N. Spon Publishers (Chapman & Hall), London, England*, 10(2), 117-135.
- Sarkis, J., Meade, L.M., & Presley, A. (2012). "Incorporating sustainability into contractor evaluation and team formation in the built Environment". *Journal of Cleaner Production*, 31, 40-53.
- Shen, L.Y., Lu, W.S., & Yam, C.H. (2006). "Contractor Key Competitiveness Indicators (KCIs): A China Study". *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(4), 416-424.
- Shen, Q., & Liu, G. (2003). "Critical success factor for value management studies in construction". *Journal of construction Engineering and management*, 123, 485-491.
- Sidhartha, S.P. (2010). "Centralized bid evaluation for awarding of construction projects – A case of India government". *International Journal of Project Management*, 28(3), 275-284.
- Singh, D., & Tiong, R. (2005). "A fuzzy decision framework for contractor selection". *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 131(1), 62-70.
- Singh, D., & Tiong, R. (2006). "Contractor selection criteria : investigation of opinions of Singapore construction practitioners". *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(9), 998-1008.
- Waara, F., & Brochner, J. (2006). "Price and Nonprice Criteria for Contractor Selection". *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(8), 797-804.
- Watt, D.J., Kayis, B., & Willey, K. (2009). "Identifying key factors in refurbishment contractors selection and performance improvement". *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5702-5710.
- Juan, Y.K., Perng, Y.H., Castro-Lacouture, D., & Lu, K.S.H. (2009). "Housing refurbishment contractors selection based on a hybrid fuzzy-QFD approach". *Automation in Construction*, 18(2), 139-144.
- Kumaraswamy, M.M. (1996). "Contractor evaluation and selection: a Hong Kong perspective". *Building and Environment Journal*, 31(3), 273-282.
- Lam, K.Ch., Palaneeswaran, E., & Yu, Ch.Y. (2009). "A support vector machine model for contractor prequalification". *Automation in Construction*, 18(3), 321-329.
- Lei, L., Wu, Ch.L., Li, Y., Xia, H., & Wang, Y. (2010). "System analysis for Contractor Prequalification based on P-DEA method". *IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)*, 273-277.
- Moore, M.J. (1985). "Selecting a contractor for fast-track projects: Part I, principles of contractor evaluation". *Engineering, Plant*, 39, 74-75.
- Nieto-Morote, A., & Ruz-Vila, F. (2012). "A fuzzy multi-criteria decision-making model for construction contractor prequalification". *Automation in Construction*, 25, 8-19.
- Noor-E-Alam, M., Lipi, T.F., Ahsan Akhtar Hasin, M., & Ullah, A.M.M.S. (2011). "Algorithms for fuzzy multi expert multi criteria decision making (ME-MCDM)". *Knowledge-Based Systems*, 24(3), 367-377.
- Palaneeswaran, E., & Kumaraswamy, M. (2001). "Recent Advances and Proposed Improvements in Contractor Prequalification methodologies". *Building and Environment*, 36, 73-87.

- Using a Multivariate Discriminate Analysis Approach. University of Wolverhamton, Uk.
- Yang, T., Wang, W.Ch., & Yang, T.I. (2012). "Automatic repair of inconsistent pairwise weighting matrices in analytic hierarchy process". *Automation in Construction*, 22, 290-297.
- the evaluation of tenders for projects and services". *International Journal of Project Management*, 27, 250-260.
- Watt, D.J., Kayis, B., & Willey, K. (2010). "The relative importance of tender evaluation and contractor selection criteria". *International Journal of Project Management*, 29(1), 51-60.
- Wong, C., & Holt, G. (2001). Developing a Contractor Classification Model

پی نوشت

- 1 Harp
- 2 Hatush & Skitmore
- 3 Huang
- 4 Singh & Tiong
- 5 Waara & Brochner
- 6 Palaneeswaran & Kumaraswamy
- 7 Moore
- 8 Juan
- 9 Noor-E-Alam
- 10 Demirci
- 11 Watt, Kayis & willey
- 12 Dickson
- 13 Sidhartha
- 14 Russell
- 15 Holt
- 16 Shen & Liu
- 17 Wong & Holt
- 18 Doloj
- 19 Jaskowski
- 20 Darvish
- 21 Kumaraswamy
- 22 Lam
- 23 Holt
- 24 Sarkis
- 25 Mahdi
- 26 Yang
- 27 Plebankiewicz
- 28 Nieto-Morote & Ruz-vila
- 29 Lei
- 30 Discrimination