Arshive of SID

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

ارائهٔ مدل تلفیقی IAHP/DEA به منظور ارزیابی پیمانکاران صنایع ساخت‌وساز با وجود داده‌های نادقیق

حمزه امین طهماسبی[۱]، رضا توکلی‌مقدم[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، مسئلهٔ برون‌سپاری فعالیت‌ها به‌منظور تمرکز بر مدیریت یکپارچهٔ آن‌هاست. صنایع ساخت‌وساز پروژه‌ای نیز با توجه به ماهیت خود و گسترهٔ کاری وسیعی که دارند، از این امر مستثنی نیستند. انتخاب پیمانکار بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی، نه‌تنها نتوانسته است از مخاطرات پیش روی کارفرمایان و سرمایه‌گذاران این صنعت بکاهد، بلکه با وجود توسعهٔ روش‌های پیش ارزیابی، همچنان از جمله عوامل اصلی در ناکامی پروژه‌ها و تشدید ریسک‌های سرمایه‌گذاری در این حوزه است. در این مقاله، حل مسئلهٔ انتخاب و ارزیابی مجدد پیمانکاران با استفاده از روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها (*DEA*) ارائه می‌شود. تمایلات کارفرمایان بر به‌کارگیری تعداد زیاد معیارها از طرفی و مواجهه با تعداد اندک پیمانکاران در مناقصات اجرایی به‌سبب تخصصی‌بودن کارها از طرف دیگر موجب افزایش تعداد پیمانکاران در مرز کارایی خواهد شد؛ لذا به‌منظور رفع این مشکل، مدلی تلفیقی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای (*IAHP*) و تحلیل پوششی داده‌ها توسعه داده می‌شود. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای به‌سبب 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.

* نویسنده مسئول tavakoli@ut.ac.ir

www.SID.ir

Arshive of SID

۱- مقدمه

سازمان‌های پروژه‌محور، به سازمان‌هایی اتلاق می‌شود که در آن‌ها اغلب، محصولات طرحی ازپیش‌تعیین‌شده ندارند و سفارشی محسوب می‌شوند. این سازمان‌ها اغلب در چند پروژه به‌صورت هم‌زمان درگیر هستند. با توجه به برنامهٔ توسعهٔ کشور، صنایعی همچون صنایع ساخت هوایی، دریایی، فراساحل و از این دست به‌عنوان 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. ازاین‌رو 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: مناقصهٔ آزاد، مناقصهٔ محدود-انتخابی، ارزیابی مقدماتی، مذاکره با آن‌ها و یا به‌صورت ترکیبی از رویه‌های گوناگون. برگزاری مناقصه و برگزیدن پیمانکار بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی، سنتی‌ترین استراتژی تاریخی کارفرمایان برای کمینه‌کردن 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 مناقصهٔ 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 پیمانکارانِ با قابلیت پایین‌تر از حداقل قابلیت‌های مدنظر کارفرما ، امکان سپردن پروژه نباشد. زمانی که قرارداد بسیار پیچیده است و مشخصات فنی و مالی منحصربه 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 رویهٔ مذاکره و مباحثه استفاده می‌شود. پذیرش پیشنهاد بر مبنای کمترین قیمت، هرچند ممکن است در ظاهر، کاهش هزینه‌های دورهٔ 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 نوبهٔ خود، تاثیر کاهش هزینه های احتمالی را کمرنگ خواهد کرد (هاتوش و اسکیتمور[۲]،۱۹۹۸؛ هوانگ[۳]،۲۰۱۱). در یک نگرش کلی، روند انتخاب پیمانکار، برگزیدن مناسب‌ترین گزینه برای انجام پروژه است؛ به‌نحوی‌که بتوان با توسل به آن حصول بهترین ارزش مالی را در زمان معین تضمین کرد (سینگ و تیونگ[۴]، ۲۰۰۵).

روش ارزیابی کیفی مناقصهٔ گران به‌عنوان مکمل روش سنتی کمترین قیمت پیشنهادی در کنفرانس ASCE۱۹۶۵، معرفی شد (وارا و بروشنر[۵]، ۲۰۰۶). پالانسواران و کوماراسوامی[۶] (۲۰۰۱) برای ارزیابی مقدماتی پیمانکاران مدل جامعی ارائه کرده‌اند. این مدل براساس تحقیقات و مطالعات مستمر در کشور هنگ‌کنگ طراحی شده است. پیش‌ارزیابی فرایندی است که طی آن صلاحیت مناقصهٔ گران را کارفرما و بر اساس معیارهای تضمین‌کنندهٔ موفقیت پروژه، احراز می‌کند و مناقصه‌گران واجد صلاحیت لازم، برای ارائهٔ پیشنهاد مالی (و گاه فنی، بازرگانی و مالی) فراخوانده می‌شوند (مور[۷]، ۱۹۸۵). نخستین‌گام در پیش ارزیابی مناقصهٔ گران، تعریف معیارهای ارزیابی

www.SID.ir

Arshive of SID

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 ارائهٔ مدلی تلفیقی به‌منظور انجام این مهم پرداخته می‌شود. مدل ارائه‌شده باید توانایی مقابله با بی‌دقتی موجود در قضاوت تصمیم‌گیرندگان برای ارزیابی معیارها نسبت به یکدیگر را داشته باشد و درنهایت بهترین پیمانکار را معرفی کند.

این مقاله به‌ترتیب زیر سازماندهی شده است: بخش دوم به بررسی و تعریف معیارهای ارزیابی و رویکردهای ارائه‌شده به‌منظور حل مسئله خواهد پرداخت. در بخش سوم، روش تحقیق و معیارهای استفاده‌شده معرفی خواهد شد. در بخش چهارم مدل تلفیقی برای حل مسئلهٔ 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 به‌منظور ارزیابی و انتخاب پیمانکاران بیشتر استفاده شده‌اند و همچنین رویکردهای توسعه‌داده‌شده برای حل این مسئله، بررسی و شناسایی می‌شوند؛ اگرچه در طول یک‌ونیم قرن اخیر ایدهٔ انتخاب پیمانکار بر مبنای کمترین قیمت پیشنهادی از جمله متداول‌ترین روش‌های انتخاب پیمانکار بوده است (جوآن[8] و همکاران، ۲۰۰۹، نورعالم[9] و همکاران، ۲۰۱۱)، اما طبق تحقیقات انجام‌شده، عمق ناکارآمدی و لزوم بازنگری در این سازوکار و روش‌های برگرفته از آن نیز اثبات شده است (هاتوش و اسکیتمور، ۱۹۹۸؛ سینگ و تیونگ، ۲۰۰۶؛ دمیرسی[10] و همکاران، ۲۰۰۹). وات[11] و همکاران (۲۰۱۰)، در مقالهٔ خود به بررسی اهمیت نسبی ارزیابی پیمانکاران و معیارهای انتخاب آنان پرداخته‌اند. دیکسون[12](۱۹۶۶)، یکی از اولین کسانی است که در زمینهٔ 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 دههٔ اخیر تحقیقات زیادی براساس متدولوژیِ توزیع پرسش‌نامه و مصاحبه با خبرگان صورت پذیرفته که براساس آن معیارهای ارزیابی پیمانکاران تعریف و رتبه‌بندی شده‌اند. از معیارهای مختلف معرفی‌شده، علاوه‌بر قیمت پیشنهادی در مقالات مختلف می‌توان به توان مالی، تجهیزات و ماشین‌ها، نیروی انسانی، ساختار سازمانی، توان تکنولوژیکی، دانش و تجربه، کار مشابه، فاصلهٔ جغرافیایی، شهرت و اعتبار، رتبهٔ شرکت، نظام کیفیت، سوابق ادعای خسارت، سازمان مدیریت پروژه، ایمنی، حجم و ظرفیت کاری، عملکرد پیشین، طرح تکنولوژیک، دردسترس‌بودن پرسنل کلیدی، مدیریت کارگاهی، برنامهٔ ساخت، کیفیت ساخت، تعداد عدم‌انطباق و تعداد سوانح اشاره کرد. سیدهارتا[13] (۲۰۱۰)، به‌منظور ارزیابی پیمانکارانِ توسعهٔ شهری در مناقصات دولتی و به‌عنوان مطالعهٔ موردی در کشور هند، معیارهای زمان تکمیل پروژه، زمان وارانتی و امتیاز عملکرد گذشتهٔ پیمانکاران را علاوه‌بر معیار قیمت پیشنهاد کرد.

رتبه‌بندی انجام‌شده در مقالات مختلف نشان می‌دهد که معیار قیمت پیشنهادی همواره رتبهٔ اول را

www.SID.ir

Arshive of SID

در بین معیارها نداشته و گاهی از امتیاز برابری با سایر معیارها برخوردار بوده است (هاتوش و اسکیتمور، 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، تجربهٔ 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 به‌وسیلهٔ آن بتوان پیمانکاران را به دو گروه ضعیف و قوی طبقه‌بندی کرد تا کارفرمایان قبل از تصمیم گیری برای انتخاب نهایی، از کارایی احتمالی آنان اطلاع داشته باشند. وات و همکاران (۲۰۱۰) به‌منظور رتبه‌بندی نُه معیار عمومی از رویکرد طراحی آزمایش استفاده کرد و معیارهای تخصص فنی و هزینه را مهم‌ترین معیارها معرفی نمود. دُلی[۱۸] و همکاران (۲۰۱۱) ضمن بررسی ۲۹ معیار و دسته‌بندی آن‌ها در پنج دستهٔ عمده و استفاده از اطلاعات جمع‌آوری‌شده از چندین پروژه با اندازهٔ 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 دستهٔ 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 مسئلهٔ انتخاب پیمانکار، روش‌های بسیاری به حالت تکی و یا ترکیبی به کار برده شده است. سوادی 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) به‌منظور 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 درنهایت پیمانکار برتر را با روش تاپسیس انتخاب نمودند. جاسکُوْسکی[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) به‌منظور ارزیابی و انتخاب پیمانکاران عمرانی در مناقصه‌ها در ایران، از روش MADM فازی با استفاده از شیوهٔ 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 آب‌وفاضلاب مشهد را شناسایی و ارزیابی کردند. هاتوش و اسکیتمور (۱۹۹۷) یک

www.SID.ir

Arshive of SID

متدولوژی بر مبنای روش پرت به‌منظور ارزیابی مقدماتی پیمانکاران پیشنهاد کردند. درویش[۲۰] و همکاران (۲۰۰۹) کاربرد تئوری گراف و روش‌های ماتریسی را برای رتبه‌بندی پیمانکاران بررسی نموده‌اند. کوماراسوامی[۲۱] (۱۹۹۶) ارزیابی پیمانکاران را ازطریق ارزیابی ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از رویکردهای پیشرو و پسرو توضیح داده است. لام[۲۲] و همکاران (۲۰۰۹) از شبکهٔ عصبی SVM برای پیش‌ارزیابی استفاده کردند. هالت[۲۳] (۱۹۸۸) از مدل‌های بسپوک، آنالیز چندمعیاره، تئوری بهره‌برداری چند معیاره، رگرسیون چندگانه، آنالیز خوشه‌ای به‌منظور انتخاب پیمانکاران استفاده کرد. سارکیس[۲۴] و همکاران (۲۰۱۲) مسئلهٔ 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[۲۵] 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 مسئلهٔ خویش یک مدل برنامه ریزی آرمانی را توسعه داده است. یانگ[۲۶]، 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[۲۷] (۲۰۱۲) جهت پیش ارزیابی پیمانکاران، ضریب نفوذ اهداف مدنظر کارفرمایان پروژه‌ها را بر معیارهای ارزیابی پیمانکاران مدنظر کارشناسان، برای محاسبهٔ امتیاز ارزیابی به کار گرفته است. عدم‌قطعیت موجود در طبیعت پروژه‌های ساخت و نظرهای تصمیم‌گیران در مقالهٔ نیِتو مورتو و رزویلا[۲۸] (۲۰۱۲)، با متغیرهای زبانی و تئوری مجموعه‌های فازی، حل شده است. لِی و همکاران[۲۹] (۲۰۱۰) اثبات کردند که جهت پیش‌ارزیابی در مناقصات، تحلیل پوششی داده‌ها در مقایسه با روش رتبه دهی وزنی، جواب‌های درست تر 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 دربارهٔ 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 گذشتهٔ 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 کامل‌نبودن از نتایج

www.SID.ir

Arshive of SID

کنار گذاشته شد. همچنین به‌منظور ارزیابی پایایی سؤالات 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. سابقهٔ کاری مرتبط با شرکت در ساخت سازه‌های مشابه؛ ۴. تشکیلات سازمانی و مدیریتی از جمله: داشتن چارت سازمانی، شرح وظایف و گواهینامهٔ مدیریت کیفیت؛ ۵. حسن شهرت نزد کارفرمایان قبلی و فعلی؛ ۶. توان مالی- اقتصادی؛ ۷) قیمت پیشنهادی؛ ۸. مطابقت کیفیت تولید متناسب با استاندارد موسسهٔ رده‌بندی موردتأیید کارفرما؛ ۹. تطابق عملکرد و زمان‌بندی گانت چارت اجرای پروژه و ۱۰) تطابق هزینهٔ تمام‌شده پروژه با هزینهٔ پیش‌بینی و توافق‌شده که از نظر ماهیت ۷ معیار اول معیار جزء ورودی‌های اجرای پروژه و ۳ معیار بعدی به‌عنوان معیارهای خروجی هستندند چراکه از نظر ماهیت منتج از اجرای پروژه‌ها و خروجی عملکرد پیمانکاران محسوب می‌شوند.

این مقاله به‌منظور مقایسه و رتبه‌بندی پیمانکاران، یک روش تحلیل پوششی داده‌ها را توسعه داده است. مزیت روش تحلیل پوششی داده‌ها ناپارامتریک‌بودن آن است. درواقع 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 به‌وسیلهٔ خود واحدها تعیین می‌شود. در این روش به‌جای استفاده از روش‌های آماری از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است و به جای تابع تولید به مرز تولید توجه می‌شود. مدل DEA از روش‌های تابع تولید مرزی به‌منظور 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 برایی ارزیابی، منجر به تراکم بالای واحدهای تصمیم‌گیری مورد ارزیابی در مناقصات شده و با توجه به تعداد کم شرکت‌کنندگان در مناقصات، به‌سبب تخصصی‌بودن پروژه‌ها، قاعدهٔ $n \geq 3(m+s)$ رعایت نمی‌شود. لذا به‌منظور 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. تجزیه‌وتحلیل سلسله‌مراتبی برای تصمیم‌گیری برپایهٔ ارزیابی ذهنی مجموعه‌ای از گزینه‌ها بر اساس چندین شاخص و یا ساختار سلسله مراتبی طراحی شده است. این روش را اولین‌بار ساعتی در سال ۱۹۷۰ پیشنهاد کرد. این مدل بر سه اصل استوار است (اصغرپور، ۱۳۸۵): برپایی یک ساختار و قالب سلسله مراتبی برای مسئله، برقراری ترجیحات از طریق مقایسات زوجی و برقراری سازگاری منطقی بین اندازه‌گیری‌ها. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ساختار و چارچوبی به‌منظور همکاری و مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری‌ها یا حل مشکلات مهیا می کند. علاوه‌برآن، نیاز به مقایسات زوجی در *AHP* یکی از مزایای روش به حساب می‌آید، چراکه

www.SID.ir

Arshive of SID

تصمیم‌گیرنده را مجبور می‌کند تا دربارهٔ وزن‌های عوامل بیشتر فکر کند و موقعیت را به‌صورت عمیق‌تری تجزیه‌وتحلیل کند. مزیت دیگر *AHP* در توانایی‌اش برای اندازه گیری موضوعات کمی و کیفی است، به‌طوری‌که ترجیحات ذهنی، دانش خبره و اطلاعات عینی همگی در *AHP* موجود است و به کار می‌رود. یکی از مشکلات این روش طولانی‌بودن رویهٔ استخراج ماتریس مقایسات زوجی در زمانی است که شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری زیاد باشد و احتمال وجود قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان باشد. به‌همین‌سبب از روش *AHP* بازه‌ای استفاده شده است تا از میزان اختلاف در قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان مختلف در محاسبات غفلت نشود.

۴- حل مسئله

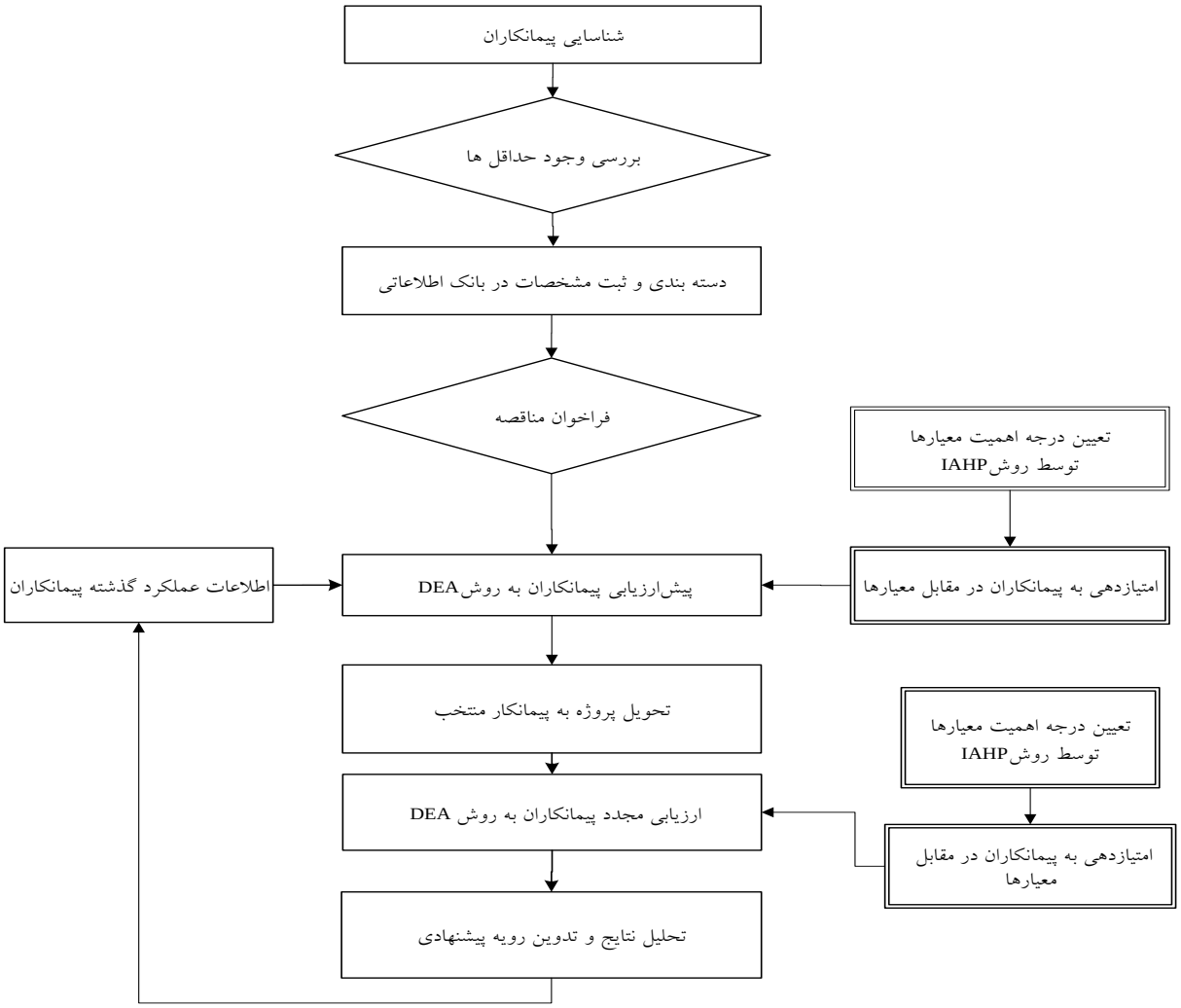
پس از بررسی مدل‌های ارزیابی موجود به‌منظور ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کالا، پیمانکاران در صنایع کشتی‌سازی و صنایع مشابه و همچنین ادبیات موضوع، سعی شد تا مدل کاملی ارائه شود. مدل مفهومی این فرایند مطابق شکل (۱) می‌باشد. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، پس از شناسایی پیمانکاران در دوره‌های 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 به‌منظور ارزیابی و انتخاب پیمانکاران، بهتر است از قبل پایگاه داده‌ای از پیمانکاران دارای صلاحیت ایجاد شده باشد.

همچنین درصورتی‌که فاصلهٔ به‌کارگیری پیمانکار از زمان شناسایی، بیش از زمان مشخص θ شود (θ= یک سال)، به دلیل تغییرات احتمالی در ساختار، خدمات و فعالیت‌های ایشان، بررسی حداقل‌ها تکرار خواهد شد. همانطورکه 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 به‌جز این دسته، سه دستهٔ دیگر خواهیم داشت، شامل: دستهٔ دوم فنی، طراحی و آموزش، دستهٔ سوم پیمانکاران خدماتی و دستهٔ چهارم تأمین‌کنندگان کالا و مواد اولیه. معیارهای ارزیابی هر کدام از آن‌ها متفاوت از دیگری می‌باشد. همچنین نحوهٔ ارزیابی و انتخاب و میزان سفارش از پیمانکاران دستهٔ چهارم، در قالب مسائل انتخاب تأمین‌کننده قابلِ‌بررسی 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 به‌روش 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.

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل (۱) نمودار مدل پیشنهادی

بعد از واگذاری پروژه به پیمانکار منتخب، در حین انجام پروژه نیز، مبحث ارزیابی مجدد در بازه‌های زمانی مشخص که در اینجا شش‌ماهه در نظر گرفته شده است، مطرح شد. به‌وسیلهٔ ارزیابی مجدد می‌توان «پایگاه دادهٔ 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 درصورتی‌که سازمان قصد به‌کارگیری مجدد پیمانکاری را داشته باشد، ارزیابی مجدد او الزامی است.

مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌های هریک از پیمانکاران برای معیارهای ارزیابی را اعضای تیم ارزیابی برای ۱۶ پیمانکار فعال در این صنعت، تعیین کردند. بدین‌ترتیب 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

www.SID.ir

Arshive of SID

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

$$E_p = \sum_{i=1}^{n} (m_i + h_i f_i) \qquad (۱)$$

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 = تجربهٔ سنواتی؛

n = تعداد کارکنان؛

m_i = امتیاز تحصیلات که از جدول شمارهٔ (۱) محاسبه می‌شود.

جدول (۱) امتیاز تحصیلات مدیران و کارکنان

سطح تحصیلات	رشتهٔ زمینه	رشتهٔ مرتبط	رشتهٔ نامرتبط
فوق دیپلم	۱۵۰	۷۵	–
کارشناسی	۲۵۰	۱۲۵	۸۰
کارشناسی‌ارشد	۲۷۵	۱۳۵	۹۰
دکتری	۳۰۰	۱۵۰	۱۰۰

برای محاسبهٔ معیار تجهیزات و ماشین‌ها (ورودی دوم)، تعداد ماشین‌های مرتبط با پروژه و آزاد (بیکار) پیمانکار قابلِ‌محاسبه خواهند بود. درخصوص معیار سابقهٔ کاری مرتبط شرکت در ساخت سازه‌های مشابه (ورودی سوم) از تعداد پروژه های 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 به‌صورت بازه‌ای انجام گرفت. کمترین امتیاز به‌عنوان حد پایین و بیشترین امتیاز به‌عنوان حد بالای بازه در نظر گرفته شد.

توان مالی / اقتصادی (ورودی ششم)، بیانگر توان مالی موجود برای سرمایه‌گذاری‌ها، انجام تعهدات و تضمین قراردادها است. ازآنجایی‌که پیمانکاران بر اساس یک سری معیارها که مهم‌ترین آن‌ها توان مالی است، طبق آیین‌نامهٔ 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 رتبهٔ ۱ تا ۵، به‌صورت معکوس از ۱۰ به ۱ امتیازدهی شد. برای محاسبهٔ معیار قیمت پیشنهادی (ورودی هفتم) از تفاوت نسبت قیمت پیشنهادی به قیمت عادله استفاده شد.

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

www.SID.ir

Arshive of SID

(به‌صورت میانگین وزنی پروژه‌ها) به‌عنوان امتیاز هر پیمانکار در نظر گرفته می‌شود.

تطابق عملکرد و زمانبندی گانت چارتِ اجرای پروژه (خروجی دوم)، بیانگر سابقهٔ پیمانکار در میزان تأخیرات در پروژه‌های اخیر است. برای بررسی این شاخص به بررسی مدت زمان تأخیرات در پنج پروژهٔ اخیر برای هر یک از پیمانکاران پرداخته می‌شود. درصورتی‌که تعداد پروژه‌های اجرایی پیمانکاران کمتر از پنج باشد، به تعداد پروژه‌ها امتیازات آن‌ها منظور شد؛ همچنین وزن پروژه‌ها نیز مساوی در نظر گرفته شده‌اند. لذا مجموع روزهای تأخیر تقسیم بر تعداد پروژه، به‌عنوان امتیاز هر پیمانکار منظور می‌شود. این تأخیرات شامل مواردی است که براساس صورت‌جلسه‌های قطعی تحویل، تأخیر پروژه بر عهدهٔ پیمانکار بوده است.

تطابق هزینهٔ تمام شدهٔ پروژه با هزینهٔ پیش‌بینی و توافق‌شده (خروجی سوم)، توسط مقایسهٔ اختلاف مبلغ توافق‌شدهٔ اولیه در قرارداد و مبلغ موجود در الحاقیهٔ نهایی و پرداختی به پیمانکار انجام می‌شود. بدین صورت که مجموع این اختلاف‌ها در پنج پروژهٔ آخری که پیمانکار اجرا کرده است مدنظر قرار می‌گیرد. البته میزانی از اختلاف مبلغ که بر اساس الحاقیه‌ها، به دلیل تغییر محدودهٔ (Scope) پروژهٔ اعلامی کارفرما به وجود آمده است، در محاسبات منظور نمی‌شود.

نتایج ارزیابی پیمانکاران را در پیوست شمارهٔ (۱) می‌توان مشاهده کرد. در این جدول کلمهٔ «و» مخفف معیار ورودی و کلمه «خ» مخفف معیار خروجی است. پس از نرمالایزه‌سازی امتیازات پیوست شماره (۱)، نتایج به مدل تحلیل پوششی داده‌های CCR خروجی‌محور وارد می‌شود. گفتنی است بر اساس نتایج به‌دست‌آمده معیارهای قیمت پیشنهادی، تطابق زمان‌بندی و عملکرد و کیفیت بالاترین امتیازات را به خود اختصاص داده‌اند. در CCR خروجی‌محور، هدف یافتن امکان تولیدی در T_c که با خروجی بیشتر از Y_o، ورودی کمتر از X_o داشته باشد. لذا مدل زیر حل می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&Max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r\circ} \\
&s.t. \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{s} v_i x_{ij} \le \circ \quad , \quad j = 1,\cdots,n \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i\circ} = 1 \qquad (۲) \\
&u_r \ge \circ \quad , \quad r = 1,\cdots,s \\
&v_i \le \circ \quad , \quad i = 1,\cdots,m
\end{aligned}
$$

که در آن y_{rj} مقدار خروجی rام پیمانکار jام و x_{ij} مقدار ورودی iام پیمانکار jام است. u_r و v_i نیز ضرایب تأثیر خروجی rام و ورودی iام هستند.

ازآنجایی‌که در تحلیل پوششی داده‌ها به دنبال خروجی بیشتر با استفاده از ورودی کمتر هستیم، لذا معیارهای ورودی که ماهیتاً تمایل به افزایش آن‌ها را داریم به‌عنوان ورودی نامطلوب به شمار می‌آیند. یکی از روش‌های استفاده از ورودی‌های نامطلوب، استفاده از معکوس مقدارشان است؛ لذا مقدار ورودی‌های نامطلوب، به‌صورت معکوس وارد مدل می‌شود.

نتایج حاصل از حل مدل CCR بدون وجود محدودیت اضافه در جدول شماره (۲) نشان داده شده است. همان‌گونه که از نتایج پیدا است، در روش سادهٔ DEA، ۱۳ پیمانکار به‌عنوان پیمانکار کارا شناخته شده‌اند و همگی در مرز کارا قرار گرفته‌اند. تنها ۳ پیمانکار ناکارا شناخته شده و بنابراین انتخاب

www.SID.ir

Arshive of SID

از میان ۱۳ پیمانکار کارا محاسبات را ناکارا و روش را فاقد وجاهت لازم می‌کند، لذا به‌منظور اعمال کنترل وزنی، معیارها به‌وسیلهٔ 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 ازآنجایی‌که 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 قابل‌اجماع 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 موردقبول است.

بازهٔ 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.

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

۰/۸۱۵=<V۱=<۰/۲۶۱
۰/۰۹۴=<V۲=<۰/۱۳۴
۰/۹۸=<V۳=<۰/۱۷۲
۰/۰۴۵=<V۴=<۰/۰۵۹
۰/۰۷۶=<V۵=<۰/۱۰۶
۰/۲۰۳=<V۶=<۰/۲۸۸
۰/۸۶۰=<V۷=<۱
۰/۵۲۶=<U۱=<۰/۶۷۱
۰/۶۶۸=<U۲=</۸۱۰
۰/۱۱۵=<U۳=<۰/۲۱۳

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

۰/۱۱=<V1=<۰/۱۶
۰/۰۶=<V2=<۰/۰۹
۰/۰۷=<V3=<۰/۱۲
۰/۴=<V4=<۰/۳۷
۰/۰۵=<V5=<۰/۰۷
۰/۱۵=<V6=<۰/۲۰
۰/۸=<V7=<۱
۰/۳۹=<U1=<۰/۵۲
۰/۵۵=<U2=<۰/۶۸
۰/۰۹=<U3=<۰/۱۵

www.SID.ir

Arshive of SID

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

نتایج حاصل بیانگر قدرت تفکیک‌پذیری[۳۰] مدل ارائه‌شده نسبت به مدل سادهٔ 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 به‌روش سطری بیشتر است. در روش با محدودیت‌های حاصل از ترکیبِ وزنیِ معیارها به‌روش 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 به‌ترتیب با ۰/۷۳، ۰/۷۶ و ۰/۷۸ بوده که در روش سادهٔ DEA به‌عنوان پیمانکار کارا معرفی شده بودند.

جدول (۵) حل مسئله *CCR*

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

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

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

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

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

همچنین پیمانکاران ناکارای روش اول در این روش نیز ناکارا شده‌اند. در روشِ با محدودیت‌های حاصل از ترکیب وزنی معیارها به روش میانگین هندسی، کمترین امتیاز کارایی مربوط به پیمانکاران ۹

www.SID.ir

Arshive of SID

و ۱۱ به‌ترتیب با ۰/۶۷ و ۰/۷۲ است. درواقع رتبهٔ 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 شمارهٔ (۱۲) و (۸) در هر سه مدل با ۱ =*Θ کارای قوی یا کارای پاراتو هستند. ازآنجایی‌که باید یک پیمانکار درنهایت 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 مدِنظر از مجموعهٔ امکان تولید و اجرای مدل DEA برای باقیماندهٔ DMUها، یک نمرهٔ رتبه‌بندی برای آن به دست می‌آید.

$$Max \quad \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}$$

$$S.t.$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1 \qquad (۳)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{s} v_i x_{ij} \le 0 \quad , j = 1,\cdots n , j \ne o$$

$$u_r \ge 0 \quad , \quad r = 1,\cdots,s$$

$$v_i \le 0 \quad , \quad i = 1,\cdots,m$$

نتایج حاصل از حل مدل A.P برای DMUهای ۸ و۱۲ 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.

۵- نتیجه‌گیری

انتخاب پیمانکار مناسب در پروژه های ساخت و ساز از مهمترین اقداماتی است که یک مناقصه‌گر در راستای اهداف پروژه باید انجام دهد. معیارهای استفاده‌شده در این مقاله حاصلِ 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 دستهٔ ورودی‌ها و خروجی‌ها و تعیین معیار قیمت پیشنهادی به‌عنوان یک ورودی نامطلوب، مسئله با استفاده از رویکرد DEA حل شد که درنتیجه تعداد زیادی از پیمانکاران در مرز کارا قرار گرفتند. لذا برای ایجاد قدرت تفکیک‌پذیری بیشتر، استفاده از کنترل وزنی مدنظر قرار گرفت. ازآنجایی‌که میزان اهمیت معیارها در نظر خبرگان متفاوت است، نظرات ایشان از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای در قالب جلسات کارشناسی اخذ شد و بازهٔ 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 به‌روش 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 غیرعلمیِ ارزیابی و انتخاب پیمانکاران، سازمان‌های دولتی و غیردولتی را به‌سوی گزینش مناسب‌ترین ترکیب با توجه به معیارهای مدِنظر، هدایت کند.

www.SID.ir

Arshive of SID

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی با درنظرگرفتن شرایط مختلف حاکم بر مسئلهٔ 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 میان پیمانکاران کارا می‌توان از سایر روش‌ها همچون جدول متقاطع بهره برد. همچنین برای مقابله با عدم‌قطعیت موجود در داده‌ها نیز استفاده از مدل‌های فازی، احتمالی و یا استوار پیشنهاد می‌شود.

پیوست

پیوست ۱: امتیازدهی به پیمانکاران

	مقادیر ورودی							مقادیر خروجی		
DMU	و۱	و۲	و۳	و۴	و۵	و۶	و۷	خ۱	خ۲	خ۳
۱	۸	۲۳	۲/۲	[۱۰،۹]	[۸،۷]	۷	۴۹۲	۱۸	۱۶	۱۸
۲	۵	۴۳	۱۲/۵	[۹،۷]	[۱۰،۸]	۷	۵۲۷	۱۹	۱۳	۱۷
۳	۶	۳۴	۱۳	[۶،۵]	[۷،۶]	۴	۵۶۰	۱۸	۱۷	۲۰
۴	۲	۵۴	۴/۸	[۱۰،۸]	[۹،۶]	۲	۴۹۱	۱۶	۲۰	۱۸
۵	۴	۶۵	۲۳/۱	[۶،۳]	[۷،۵]	۵	۵۵۵	۱۴	۱۱	۲۰
۶	۷	۳۴	۱۱/۶	[۱۰،۹]	[۱۰،۶]	۹	۵۷۰	۱۶	۱۵	۱۵
۷	۱۲	۳۲	۲۴	[۹،۸]	[۱۰،۷]	۸	۵۲۰	۱۹	۲۰	۱۷
۸	۹	۲۶	۱۲	[۵،۳]	[۹،۷]	۱	۴۸۰	۱۸	۱۹	۱۸
۹	۸	۲۴	۷/۳	[۸،۷]	[۸،۵]	۲	۵۰۰	۱۷	۷	۱۴
۱۰	۷	۱۸	۱۴/۵	[۶،۵]	[۱۰،۶]	۳	۵۲۰	۱۸	۱۷	۱۸
۱۱	۳	۵۷	۲/۳	[۶،۴]	[۹،۶]	۷	۴۹۵	۱۲	۱۴	۱۸
۱۲	۵	۵۲	۶/۵	[۷،۵]	[۸،۷]	۵	۵۹۹	۲۰	۱۸	۱۹
۱۳	۴	۴۸	۸	[۷،۳]	[۹،۸]	۶	۴۴۰	۲۰	۱۵	۱۷
۱۴	۱۰	۳۹	۴/۵	[۱۰،۸]	[۱۰،۸]	۳	۴۷۰	۱۷	۱۴	۱۶
۱۵	۱۲	۲۰	۱۶/۴	[۹،۶]	[۸،۷]	۷	۴۳۰	۱۵	۱۷	۱۸
۱۶	۸	۳۸	۱۸/۲	[۸،۷]	[۹،۸]	۵	۵۳۰	۱۶	۱۷	۱۶

www.SID.ir

Arshive of SID

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

	و۱	و۲	و۳	و۴	و۵	و۶	و۷	خ۱	خ۲	خ۳
و۱	[۱،۱]	[۲/۳۵/۵]	[۱/۲۵/۵]	[۲/۳۵/۵]	[۲،۴]					[۳،۱]
و۲		[۱،۱]		[۱/۲۵/۵]	[۲/۳۵/۵]					
و۳		[۱/۲،۵/۵]	[۱،۱]	[۱/۲،۵/۵]	[۱/۲،۵/۵]					
و۴				[۱،۱]						
و۵				[۲/۳۵/۵]	[۱،۱]					
و۶	[۱/۲۵/۵]	[۲/۳۵/۵]	[۱/۲۵/۵]	[۳/۴۵/۵]	[۲/۳۵/۵]	[۱،۱]				[۱/۲۵/۵]
و۷	[۷/۸۵/۵]	[۸/۹۵/۵]	[۸/۹۵/۵]	[۸/۹۵/۵]	[۸/۹۵/۵]	[۷/۸۵/۵]	[۱،۱]	[۵،۳]	[۲/۳۵/۵]	[۷،۶]
خ۱	[۵/۶۵/۵]	[۸،۶]	[۵/۶۵/۵]	[۸،۶]	[۸،۶]	[۳/۴۵/۵]		[۱،۱]		[۳/۴۵/۵]
خ۲	[۶/۷۵/۵]	[۹،۷]	[۶/۷۵/۵]	[۷/۸۵/۵]	[۹،۷]	[۶،۵]		[۱/۲۵/۵]	[۱،۱]	[۵/۶۵/۵]
خ۳	[۱/۲،۵/۵]	[۱/۲،۵/۵]	[۰/۱،۵/۵]	[۲/۳۵/۵]	[۱/۲،۵/۵]					[۱،۱]

منابع

اصغرپور، محمدجواد. (۱۳۸۵). تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، تهران: دانشگاه تهران، چاپ چهارم.

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

www.SID.ir

Arshive of SID

پیمانکاران عمرانی در مناقصه‌ها (در ایران)»، نشریهٔ دانشکدهٔ فنی:دانشگاه تهران، ۴۱(۱۰).

کرباسیان، مهدی.، خبوشانی، 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 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

www.SID.ir

Arshive of SID

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 Managemet*, 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.SH. (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.

www.SID.ir

Arshive of SID

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 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.

پی‌نوشت

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 Doloi
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

www.SID.ir