

شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر انتخاب پیمانکار با استفاده از تلفیق دیدگاه مدیریت ساخت و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

مهرداد حمصیان اتفاق*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۱۴ نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

مدیریت و ارزیابی و انتخاب پیمانکار یک قسمت اساسی از فرایند ساخت و ساز است؛ زیرا پیمانکاران از ارکان اساسی پروژه‌های عمرانی و غیر عمرانی و عامل اصلی تبدیل منابع به محصول نهایی به حساب می‌آیند. با توجه به اینکه قسمت عمده بودجه پروژه‌های عمرانی به عملیات اجرایی اختصاص می‌یابد، اجرای هر پروژه نیازمند وجود یک پیمانکار مناسب است؛ به طوری که توانایی‌های لازم را برای انجام پروژه در محدوده زمانی و منابع پیش‌بینی شده و باکیفیت را داشته باشند. اصولاً روش انتخاب پیمانکاران بر اساس کمترین قیمت پیشنهادی است اما واضح است که شاخص‌های کمی و کیفی متعدد با درجات اهمیت متفاوت در تعیین صلاحیت یک پیمانکار مطرح هستند و باید در تصمیم‌گیری‌ها مورد توجه قرار گیرند. در این تحقیق، علاوه بر شناسایی شاخص‌های مؤثر بر انتخاب پیمانکاران در بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان اصفهان میزان اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های مزبور با استفاده از مدل‌های منشعب‌شده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه (MCDM) در تصمیم‌گیری گروهی تعیین می‌شود. در این پژوهش، ابتدا عوامل پژوهش شناسایی و به تأیید خبرگان در مطالعه موردی رسید؛ سپس با استفاده از روش AHP عوامل پژوهش وزن‌دهی می‌شوند در انتها نیز ۵ نفر از پیمانکاران با دو روش تاپسیس و ویکور رتبه‌بندی می‌شوند. طبق یافته‌های این پژوهش، پاسخ‌دهندگان در انتخاب پیمانکار رتبه بالایی به معیارهای مدیریتی داده‌اند. این موضوع نشان‌دهنده آن است که پاسخ‌دهندگان، بسیاری از کاستی‌های پدیده‌آمده در پروژه‌ها را ناشی از ضعف‌های مدیریتی می‌دانند.

واژگان کلیدی: انتخاب پیمانکار، تصمیم‌گیری چندمعیاره، پروژه‌های ساخت و ساز.

m.hemsianetefagh@yahoo.com

*. دانش آموخته مهندسی عمران، دانشگاه آزاد خمینی شهر

مجله مهندسی سیستم و بهره‌وری، سال اول، شماره ۳، تابستان ۱۴۰۱، ص ۱۰۵ - ۱۲۱

مقدمه

انتخاب پیمانکار ذی صلاح از بین چندین پیمانکار، فرایندی کلیدی در موفقیت پروژه‌های عمرانی محسوب می‌شود. از این رو، انتخاب نادرست پیمانکار منجر به مشکلات فراوانی مانند: کیفیت پایین و تأخیر زمانی پروژه، افزایش هزینه انجام پروژه و در نهایت غیراقتصادی شدن پروژه را در پی خواهد داشت. در حقیقت انتخاب یک پیمانکار مناسب از مهم‌ترین عوامل موفقیت هر پروژه ساخت است. بسیاری مواقع تأخیرها در اتمام پروژه‌ها، تغییرات قیمت و کیفیت نامناسب ساخت، نتیجه مستقیم انتخاب نامناسب پیمانکار است (باناتیه و باناتیس، ۲۰۰۶). یک جمله معروف در این باره وجود دارد که به محض انتخاب پیمانکاری نامناسب، مشکلات گریبان‌گیر پروژه می‌شوند (جینگس و هولت^۱، ۱۹۹۸)؛ بنابراین، هدف اصلی این فصل، شناسایی، بررسی و طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب پیمانکار مناسب است. پیمانکاران از جمله ارکان اصلی پروژه‌های عمرانی و عامل اصلی تبدیل منابع به محصول نهایی محسوب می‌شوند. مدیریت ارزیابی و انتخاب پیمانکار، بخشی اساسی از فرایند ساخت است. از آنجا که هرساله قسمت عمده بودجه پروژه‌های عمرانی به عملیات اجرایی اختصاص می‌یابد، از این رو اجرای هر پروژه نیازمند وجود یک پیمانکار مناسب است؛ پیمانکاری که توانایی‌های لازم را برای انجام پروژه در محدوده زمان و منابع پیش‌بینی‌شده و با کیفیت مورد نظر داشته باشد (باپیری و همکاران، ۱۳۹۴). به‌طور کلی، انتخاب پیمانکار می‌باید به نحوی صورت بگیرد که پروژه‌های عمرانی در کمترین هزینه، بالاترین کیفیت و کوتاه‌ترین زمان انجام شود. در بسیاری از کشورها همانند ایران (آیین‌نامه طبقه‌بندی و تشخیص صلاحیت پیمانکاران، ۱۳۸۶ و دستورالعمل ارزشیابی پیمانکاران، ۱۳۸۳)، هنگ‌کنگ و استرالیا (پالانواران و کوماراسوامی^۲، ۲۰۰۱)، تایوان (وانگ و همکاران^۳، ۲۰۰۶) و ترکیه (ایلکر^۴، ۲۰۰۴)، از معیارهایی برای تعیین صلاحیت پیمانکار استفاده می‌شود تا نسبت به عملکرد وی در طی پروژه اطمینان حاصل کنند. طبق مطالعات انجام‌شده تصمیم‌گیری نامناسب در انتخاب پیمانکاران، زیان‌های فراوانی را متوجه سازمان‌ها و پروژه می‌کند. به همین دلیل است که اغلب پروژه‌های عمرانی با مشکلاتی نظیر: افزایش هزینه و زمان اجرا و یا کاهش کیفیت مواجه می‌شوند (اصغری زاده و نصرالهی، ۱۳۸۷). در واقع، تصمیم‌گیری جوهر اصلی مدیریت است و عمل تصمیم‌گیری درواقع دشوارترین و در بعضی مواقع خطرناک‌ترین کار هر مدیر است. یک مدیر با یک تصمیم‌گیری نادرست ممکن است صدمات جبران‌ناپذیری را بر پیکره سازمان

1. Jennings and Holt
2. Palaneeswaran and Kumaraswamy
3. Wang and et al
4. Ilker

خود وارد کند (عطایی، ۱۳۹۵)؛ بنابراین، در این پژوهش از روش تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب مناسب پیمانکاران از بین چندین پیمانکار استفاده شده است. در این پژوهش، با استفاده از گردآوری اطلاعات به‌وسیله یک پرسشنامه ساختاریافته و مصاحبه نیمه ساختاریافته، نظرات گروهی از با تجربه‌ترین متخصصان امر انتخاب پیمانکار جمع‌آوری شد. یافته‌های این پژوهش، نشان می‌دهد که برخی معیارهایی که هم‌اکنون برای انتخاب پیمانکار استفاده می‌شوند، مورد تأیید متخصصان نیست و یا متخصصان اهمیت کمتری برای آنها قائل‌اند. معیارهای انتخاب پیمانکار از دیدگاه مدیریت ساخت در ۵ گروه کلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است که عبارت‌اند از:

۱. قابلیت مدیریت پیمانکار ۲. توان و ثبات مالی پیمانکار، ۳. شاخص مشتریان (کارفرما)، ۴. شاخص زمان و ۵. عوامل خارجی. از این تعداد، ۲۸ زیرمعیار مشخص شدند که به تأیید خبرگان پژوهش نیز رسیدند.

جامعه آماری پژوهش

برای آشنایی با تعداد پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه مقایسه‌های زوجی از نظر جنسیت، سن، سابقه کار و سطح تحصیلات و توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آنان باید گفت: ۸۰ درصد از پاسخ‌دهندگان مرد و ۲۰ درصد زن بودند. بیشترین فراوانی پاسخ‌دهندگان مربوط به گروه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال و کمترین فراوانی مربوط به سن بالاتر از ۵۰ سال بود که تنها ۱۳،۳ درصد از پاسخ‌دهندگان را تشکیل می‌دهند. بیشترین پاسخ‌دهندگان دارای سابقه کاری بین ۱۰ تا ۱۵ سال هستند و کمترین فراوانی مربوط به سابقه کار ۵ تا ۱۰ سال با ۱۳،۳٪ است.

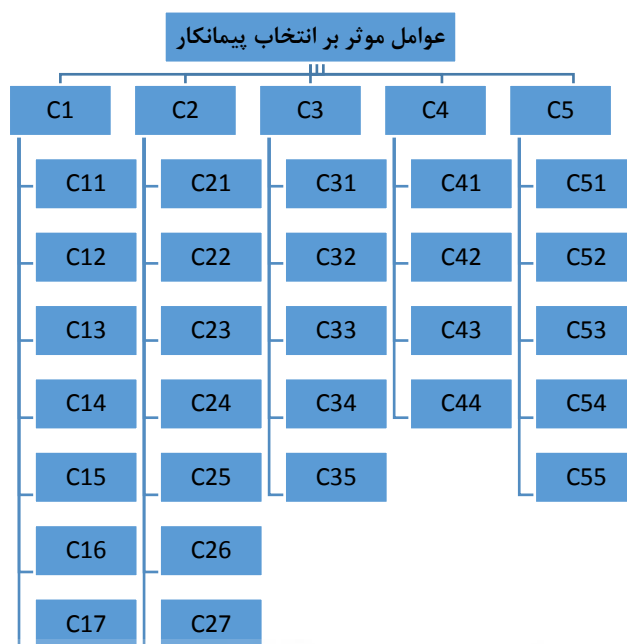
شناسایی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش

با بررسی مطالعات پیشین و مرور ادبیات تعداد ۵ بعد اصلی شامل (قابلیت مدیریت پیمانکار، توان و ثبات مالی پیمانکار، شاخص مشتریان (کارفرما)، شاخص زمان و عوامل خارجی) و تعداد ۲۸ زیرمعیار احصاء شدند که به تأیید خبرگان پژوهش نیز رسیدند. عوامل پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. همچنین مدل سلسله‌مراتبی عوامل در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱: ابعاد و شاخص‌های پژوهش

ابعاد	شاخص
قابلیت مدیریت پیمانکار (C1)	تجربه و سابقه مدیران (C11)
	سیاست‌های مدیران (C12)
	انتخاب مناسب و تخصصی پیمانکاران جزء (C13)

ابعاد	شاخص
	برگزاری جلسات آموزشی قبل و در حین انجام پروژه (C14) اجرای مناسب برنامه‌ریزی زمان‌بندی پروژه (C15) پاسخ‌گویی و مسئولیت‌پذیری پیمانکار (C16) بهره‌گیری از روش‌های جدید برنامه‌ریزی و کنترل پروژه (بیم، ساخت‌وساز ناب و غیره) (C17)
توان و ثبات مالی پیمانکار (C2)	وضعیت خرید یا اجاره ماشین‌آلات (C21) سرمایه‌گذاری در بخش ایمنی (C22) قیمت پیشنهادی برای اجرای پیمان (C23) کیفیت ماشین‌آلات و ابزارآلات و نحوه تعمیر و نگهداری آن‌ها (C24) استخدام نیروی انسانی متخصص (دستمزد بیشتر) (C25) ایجاد شرایط مناسب در کارگاه تجهیز کارگاه، عوامل رفاهی (C26) مهارت‌های مقابله با ریسک‌های مالی (C27)
شاخص مشتریان (کارفرما) (C3)	رضایت مشتریان از سطح کیفیت پروژه (C31) رضایت مشتریان از سطح تکنولوژی پروژه (C32) رضایت مشتریان از حجم ارتباطات (C33) برگزاری جلسات با ذی‌نفعان پروژه (C34) کاهش زمان و هزینه‌های اضافه‌خواسته‌شده توسط کارفرما و مشتریان (C35)
شاخص زمان (C4)	کاهش دوباره‌کاری‌ها در حین انجام پروژه (C41) اجتناب از تغییرات پیاپی در طراحی (C42) در نظر گرفتن زمان مناسب جهت تصحیح اشتباهات و رفع آن‌ها در برنامه زمان‌بندی‌شده (C43) به اتمام رساندن طراحی و اجرا طبق برنامه زمان‌بندی (C44)
عوامل خارجی (C5)	راه‌کارهای مناسب جهت شرایط بحرانی (تحریم) (C51) رعایت ابعاد زیست‌محیطی (C52) نوع قوانین حاکم بر کشور (C53) مسائل سیاسی (C54) شرایط زمانی و مکانی نامناسب پروژه (C55)



شکل ۱: مدل سلسله مراتبی پژوهش

الگوریتم روش AHP

۱. تشکیل ساختار سلسله مراتبی (هدف، معیارها، گزینه‌ها)،
۲. انجام مقایسات زوجی،
۳. به هنجار کردن مقایسه‌های زوجی،
۴. به دست آوردن میانگین حسابی هر سطح ماتریس به هنجار شده مقایسه‌های زوجی (وزن نسبی)،
۵. ضرب وزن‌های نسبی شاخص‌ها در میانگین حسابی گزینه‌ها،
۶. رتبه‌بندی کردن گزینه‌ها،
۷. سنجش نرخ ناسازگاری.

نتایج روش AHP

بعد از تعیین عوامل و مؤلفه‌های پژوهش، برای تعیین اهمیت و وزن عوامل از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌شود. در این پژوهش، ابتدا مقایسه‌های زوجی عوامل و مؤلفه‌ها ایجاد شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت. تعداد خبرگان در این قسمت نیز ۱۵ نفر هستند. بعد از تکمیل ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی، نرخ ناسازگاری هر کدام محاسبه شد که همگی کمتر از ۰,۱ بود که

نشان از ثبات و سازگار بودن ماتریس‌هاست. سپس مقایسه‌های زوجی خبرگان، با روش میانگین هندسی ادغام شدند و سپس برای تعیین وزن، وارد نرم‌افزار اکسپرت چویس شد. در ادامه نتایج مقایسه‌های زوجی و اوزان آورده شده است.

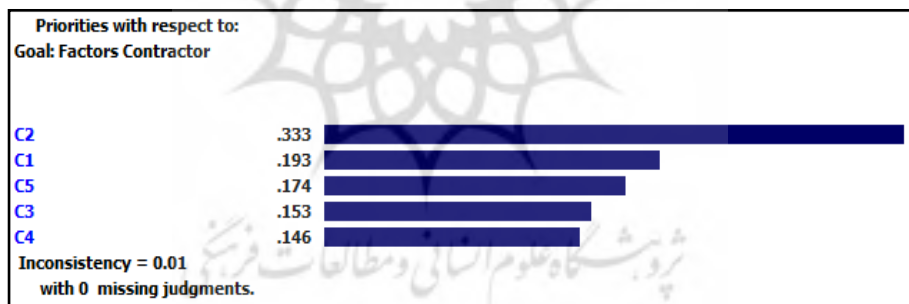
مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف

این پژوهش، شامل ۵ معیار اصلی است که مقایسه‌های زوجی ادغام‌شده آنها در جدول ۲ آورده شده است. نرخ ناسازگاری این مقایسات زوجی ۰,۰۱ شده است و چون کمتر از ۰,۱ است، نشان‌دهنده سازگاری قابل قبول است.

جدول ۲: مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف (نرخ ناسازگاری: ۰,۰۱)

C5	C4	C3	C2	C1	
۱,۵۱۶	۱,۲۰۴	۱,۲۸۲	۰,۴۳۹		C1
۱,۸۲۲	۲,۱۷۸	۱,۷۸۳			C2
۰,۷۲۸	۱,۰۶۸				C3
۰,۷۸۴					C4
					C5

بعد از وارد کردن مقایسه‌های زوجی در نرم‌افزار اکسپرت چویس اوزان معیارها به صورت شکل ۲ است.



شکل ۲: اوزان معیارها نسبت به هدف

با توجه به شکل ۲، توان و ثبات مالی پیمانکار (C2) با وزن ۰,۳۳۳ رتبه اول، قابلیت مدیریت پیمانکار (C1) با وزن ۰,۱۹۳ رتبه دوم، عوامل خارجی (C5) با وزن ۰,۱۷۴ رتبه سوم، شاخص

مشتریان (کارفرما) (C3) با وزن ۰,۱۵۳ رتبه چهارم و شاخص زمان (C4) با وزن ۰,۱۴۶ رتبه پنجم را کسب کرده است.

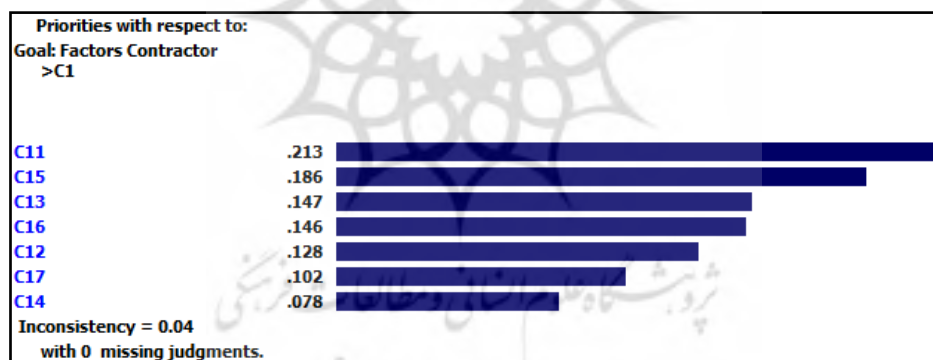
مقایسه زوجی زیرمعیارهای قابلیت مدیریت پیمانکار

معیار قابلیت مدیریت پیمانکار دارای ۷ زیر معیار است که مقایسه زوجی ادغامی آنها در زیر آورده شده است:

جدول ۳: مقایسه زوجی زیرمعیارهای قابلیت مدیریت پیمانکار (نرخ ناسازگاری: ۰,۰۴)

C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	
۱,۸۳۹	۱,۰۳۳	۱,۰۵۷	۲,۶۹۲	۱,۸۰۱	۲,۵۸۳		C11
۰,۷۱۱	۰,۸۱۹	۱,۱۲۲	۱,۴۱۲	۱,۴۴۸			C12
۱,۵۴۴	۱,۰۸۰	۱,۰۰۹	۲,۷۳۴				C13
۰,۷۵۱	۰,۵۹۵	۰,۵۷۵					C14
۲,۵۹۵	۲,۱۳۹						C15
۱,۹۶۵							C16
							C17

اوزان معیارها نیز به صورت زیر است:



شکل ۳: اوزان زیرمعیارهای قابلیت مدیریت پیمانکار

با توجه به شکل ۳، تجربه و سابقه مدیران (C11) با وزن ۰,۲۱۳ رتبه اول، اجرای مناسب برنامه ریزی زمان بندی پروژه (C15) با وزن ۰,۱۸۶ رتبه دوم، انتخاب مناسب و تخصصی پیمانکاران جزء

(C13) با وزن ۰,۱۴۷ رتبه سوم، پاسخ‌گویی و مسئولیت‌پذیری پیمانکار (C16) با وزن ۰,۱۴۶ رتبه چهارم، سیاست‌های مدیران (C12) با وزن ۰,۱۲۸ رتبه پنجم، بهره‌گیری از روش‌های جدید برنامه‌ریزی و کنترل پروژه (بیم، ساخت‌وساز ناب و غیره) (C17) با وزن ۰,۱۰۲ رتبه ششم و برگزاری جلسات آموزشی قبل و در حین انجام پروژه (C14) با وزن ۰,۰۷۸ رتبه هفتم را کسب کرده است.

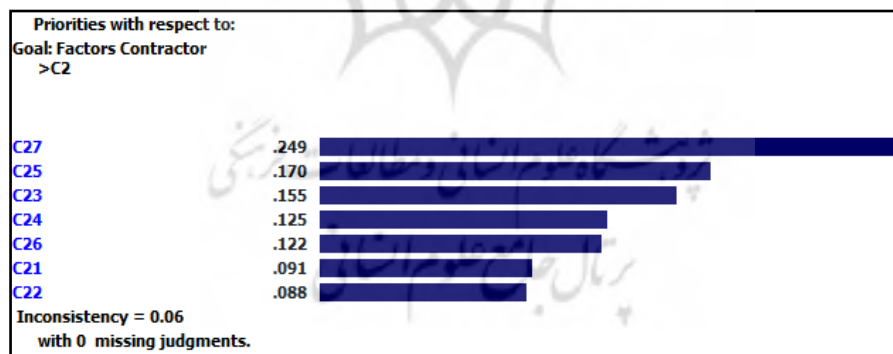
مقایسه زوجی زیرمعیارهای توان و ثبات مالی پیمانکار

معیار توان و ثبات مالی پیمانکار دارای ۷ زیر معیار است که مقایسه زوجی ادغامی آن‌ها در زیر آورده شده است.

جدول ۴: مقایسه زوجی زیرمعیارهای توان و ثبات مالی پیمانکار (نرخ ناسازگاری: ۰,۰۲)

C27	C26	C25	C24	C23	C22	C21	
۰,۳۱۲	۱,۵۴۸	۰,۶۵۳	۰,۳۶۰	۰,۵۶۵	۰,۸۹۱		C21
۰,۳۸۹	۰,۴۳۵	۰,۴۱۵	۱,۱۹۵	۰,۶۴۶			C22
۰,۳۸۶	۱,۴۱۸	۱,۱۵۸	۱,۹۲۶				C23
۰,۸۲۴	۰,۶۵۰	۰,۶۷۷					C24
۰,۴۹۷	۲,۵۱۸						C25
۰,۶۲۷							C26
							C27

اوزان معیارها نیز به‌صورت زیر است:



شکل ۴: اوزان زیرمعیارهای توان و ثبات مالی پیمانکار

با توجه به شکل ۴، مهارت‌های مقابله با ریسک‌های مالی (C27) با وزن ۰,۲۴۹ رتبه اول، استخدام نیروی انسانی متخصص (دستمزد بیشتر) (C25) با وزن ۰,۱۷۰ رتبه دوم، قیمت پیشنهادی برای اجرای پیمان (C23) با وزن ۰,۱۵۵ رتبه سوم، کیفیت ماشین‌آلات و ابزارآلات و نحوه تعمیر و نگهداری آن‌ها (C24) با وزن ۰,۱۲۵ رتبه چهارم، ایجاد شرایط مناسب در کارگاه تجهیز کارگاه، عوامل رفاهی (C26) با وزن ۰,۱۲۲ رتبه پنجم، وضعیت خرید یا اجاره ماشین‌آلات (C21) با وزن ۰,۰۹۱ رتبه ششم و سرمایه‌گذاری در بخش ایمنی (C22) با وزن ۰,۰۸۸ رتبه هفتم را کسب کرده است.

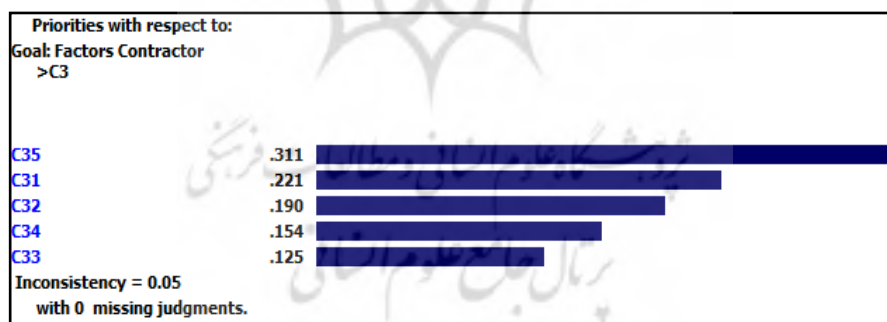
مقایسه زوجی زیرمعیارهای مشتریان (کارفرما)

معیار مشتریان (کارفرما) دارای ۵ زیر معیار است که مقایسه زوجی ادغامی آنها در زیر آورده شده است:

جدول ۵: مقایسه زوجی زیرمعیارهای مشتریان (کارفرما) (نرخ ناسازگاری: ۰,۰۵)

C35	C34	C33	C32	C31	
۰,۵۸۹	۱,۰۶۰	۱,۶۳۴	۱,۹۸۶		C31
۰,۷۰۰	۲,۱۴۹	۱,۱۲۷			C32
۰,۴۲۸	۰,۵۶۲				C33
۰,۴۱۶					C34
					C35

اوزان معیارها نیز به صورت زیر است:



شکل ۵: اوزان زیرمعیارهای مشتریان (کارفرما)

با توجه به شکل ۵، کاهش زمان و هزینه‌های اضافه خواسته شده از سوی کارفرما و مشتریان (C35) با وزن ۰,۳۱۱ رتبه اول، رضایت مشتریان از سطح کیفیت پروژه (C31) با وزن ۰,۲۲۱ رتبه دوم، رضایت مشتریان از سطح تکنولوژی پروژه (C32) با وزن ۰,۱۹۰ رتبه سوم، برگزاری جلسات با ذی‌نفعان پروژه (C34) با وزن ۰,۱۵۴ رتبه چهارم و رضایت مشتریان از حجم ارتباطات (C33) با وزن ۰,۱۲۵ رتبه پنجم را کسب کرده است.

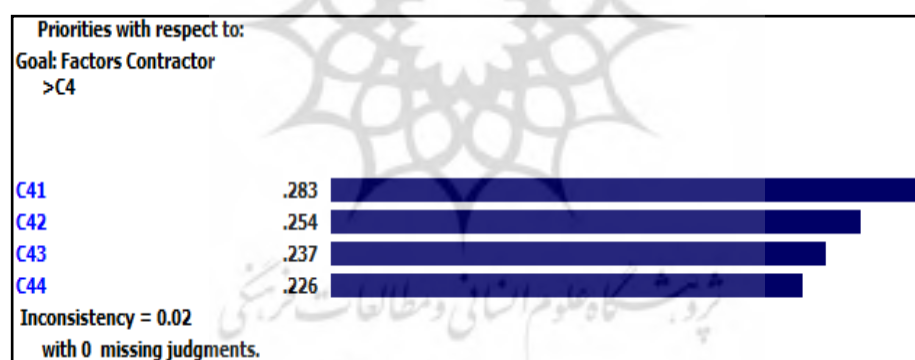
مقایسه زوجی زیرمعیارهای زمان

معیار زمان دارای ۴ زیر معیار است که مقایسه زوجی ادغامی آنها در زیر آورده شده است:

جدول ۶: مقایسه زوجی زیرمعیارهای زمان (نرخ ناسازگاری: ۰,۰۲)

	C41	C42	C43	C44
C41		۱,۳۹۳	۱,۱۸	۱,۰۳۵
C42			۱,۴۲۸	۱,۰۴
C43				۱,۳۶۲
C44				

اوزان معیارها نیز به صورت زیر است:



شکل ۶: اوزان زیرمعیارهای زمان

با توجه به شکل ۶، کاهش دوباره کاری‌ها در حین انجام پروژه (C41) با وزن ۰,۲۸۳، رتبه اول، اجتناب از تغییرات پیاپی در طراحی (C42) با وزن ۰,۲۵۴، رتبه دوم، در نظر گرفتن زمان مناسب برای تصحیح اشتباهات و رفع آنها در برنامه زمان‌بندی شده (C43) با وزن ۰,۲۳۷، رتبه سوم و به اتمام رساندن طراحی و اجرا طبق برنامه زمان‌بندی (C44) با وزن ۰,۲۲۶، رتبه چهارم را کسب کرده است.

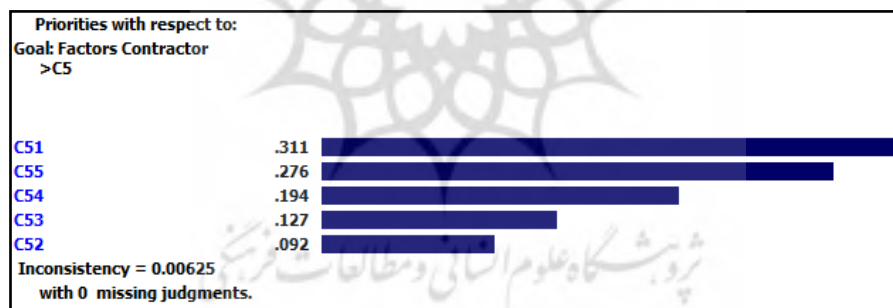
مقایسه زوجی زیرمعیارهای خارجی

معیار خارجی دارای ۵ زیر معیار است که مقایسه زوجی ادغامی آنها در زیر آورده شده است:

جدول ۷: مقایسه زوجی زیرمعیارهای خارجی (نرخ ناسازگاری: ۰,۰۰۶)

	C55	C54	C53	C52	C51
C51	۰,۹۱۰	۱,۹۱۰	۲,۵۳۰	۳,۳۷۵	
C52	۰,۳۴۹	۰,۵۱۵	۰,۶۶۳		
C53	۰,۵۱۰	۰,۵۵۴			
C54	۰,۷۶۰				
C55					

اوزان معیارها نیز به صورت زیر است:



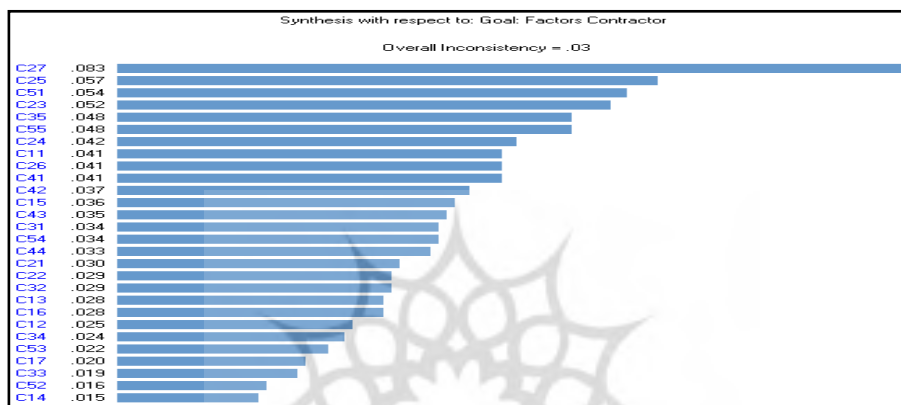
شکل ۷: اوزان زیرمعیارهای خارجی

با توجه به شکل ۷، راه کارهای مناسب جهت شرایط بحرانی (تحريم) (C51) با وزن ۰,۳۱۱، رتبه اول، شرایط زمانی و مکانی نامناسب پروژه (C55) با وزن ۰,۲۷۶، رتبه دوم، مسائل سیاسی

(C54) با وزن ۰,۱۹۴ رتبه سوم، نوع قوانین حاکم بر کشور (C53) با وزن ۰,۱۲۷ رتبه چهارم و رعایت ابعاد زیست محیطی (C52) با وزن ۰,۰۹۲ رتبه پنجم را کسب کرده است.

وزن نهایی زیرمعیارها

وزن نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن معیارهای اصلی در وزن زیرمعیارها حاصل می شود که در شکل ۸ آورده شده است. طبق محاسبات انجام شده وزن نهایی زیرمعیارها، به ترتیب معیار مهارت های مقابله با ریسک های مالی، استخدام نیروی انسانی متخصص (دستمزد بیشتر) و راه کارهای مناسب در شرایط بحرانی (تحریم) دارای بیشترین اهمیت از نظر کارشناسان در پروژه های عمرانی را به خود اختصاص داده اند.



شکل ۸: اوزان نهایی زیرمعیارها

الگوریتم تاپسیس

قدم اول: تبدیل ماتریس تصمیم گیری موجود، به یک ماتریس بی مقیاس شده با استفاده از فرمول زیر:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (1)$$

قدم دوم: ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین (V) به عنوان ورودی الگوریتم W با مفروض بودن بردار:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (2)$$

$$V = N_D W_{n \times n} = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1n} \\ \dots & & \\ V_{m1} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

که در آن N_D ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها در آن بی‌مقیاس و قابل مقایسه شده است و $W_{n \times n}$ ماتریسی قطری است که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهند بود. قدم سوم: مشخص ساختن راه‌حل ایده‌آل و راه‌حل ایده‌آل منفی

بدین صورت که برای گزینه ایده‌آل (A^+) و ایده‌آل منفی (A^-) تعریف می‌شود:

$$A^+ = \{(\max_i V_{ij} \mid j \in J), (\min_i V_{ij} \mid j \in J') \mid i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{V_1^+, V_2^+, V_3^+, \dots, V_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min_i V_{ij} \mid j \in J), (\max_i V_{ij} \mid j \in J') \mid i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_n^-\} \quad (4)$$

قدم چهارم: محاسبه اندازه جدایی (فاصله)

فاصله گزینه i با ایده‌آل‌ها با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (6)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (7)$$

قدم پنجم: محاسبه نزدیکی A_i نسبی به راه‌حل ایده‌آل، این نزدیکی نسبی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Cl_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (8)$$

قدم ششم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

براساس ترتیب نزولی Cl_i می‌توان گزینه‌های موجود از مسئله مفروض را رتبه‌بندی کرد.

نتایج روش تاپسیس

از روش تاپسیس برای رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش که در اینجا ۵ پیمانکار هستند، استفاده می‌شود. شاخص‌های پژوهش ۲۸ زیرمعیاری هستند که در شکل ۸ وزن آنها محاسبه شد.

پرسشنامه تاپسیس در اختیار ۱۵ نفر از خبرگان قرارگرفت؛ سپس بعد از پاسخگویی با روش میانگین حسابی ادغام شدند که در جدول ۸ آورده شده است:

جدول ۸: ماتریس تصمیم

	C27	C26	C25	C24	C23	C22	C21	C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	
P1	۲/۵	۲/۱۶۷	۲/۶۶۷	۳	۲/۱۶۷	۲/۸۳۳	۲/۸۳۸	۲	۲/۵	۲/۱۶۷	۲/۸۳۳	۵/۵	۵/۵	۲/۲۸۳	
P2	۲/۵	۲/۵	۲/۶۶۷	۲/۵	۲/۸۳۳	۱/۶۶۷	۲/۶۶۷	۱/۵	۳	۳	۱/۱۶۷	۲/۶۶۷	۳	۲/۳۳۳	
P3	۲/۱۶۷	۲/۵	۲/۵	۲/۳۳۳	۳	۱/۶۶۷	۲/۱۶۷	۱/۶۶۷	۲/۸۳۳	۲/۱۶۷	۱/۶۶۷	۲/۸۳۳	۲/۶۶۷	۲/۶۶۷	
P4	۲/۳۳۳	۱/۶۶۷	۱/۸۳۳	۲/۳۳۳	۲/۵	۱/۵	۲/۳۳۳	۱	۱/۵	۱/۸۳۳	۱/۳۳۳	۱/۶۶۷	۳	۲/۵	
P5	۲/۱۶۷	۲/۳۳۳	۲/۳۳۳	۲/۵	۲/۶۶۷	۱/۸۳۳	۲/۵	۱/۸۳۳	۲/۶۶۷	۲/۳۳۳	۱/۳۳۳	۱/۸۳۳	۱/۸۳۳	۲/۵	
	C55	C54	C53	C52	C51	C44	C43	C42	C41	C35	C34	C33	C32	C31	
P1	۲/۵	۲/۵	۲/۱۶۷	۲/۱۶۷	۲/۳۳۳	۲/۵	۲/۸۳۳	۲/۵	۲/۸۳۳	۲/۵	۳	۲/۵	۲/۱۶۷	۲/۱۶۷	
P2	۲/۳۳۳	۲/۵	۲/۸۳۳	۱/۸۳۳	۲/۶۶۷	۲	۲/۳۳۳	۲/۵	۲	۳	۱/۸۳۳	۲/۳۳۳	۱/۸۳۳	۲/۱۶۷	
P3	۲/۵	۲/۶۶۷	۲/۸۳۳	۱/۸۳۳	۲	۲/۳۳۳	۲/۱۶۷	۲/۳۳۳	۲	۲/۵	۲/۱۶۷	۲/۳۳۳	۱/۶۶۶۷	۲/۱۶۷	
P4	۲/۵	۲	۲	۱/۳۳۳	۱/۶۶۷	۱/۵	۱/۵	۲	۱/۵	۱/۶۶۷	۱/۶۶۷	۱/۸۳۳	۱/۳۳۳	۲/۶۶۷	
P5	۲/۶۶۷	۲/۱۶۷	۲/۵	۲	۲/۱۶۷	۲/۱۶۷	۲/۱۶۷	۱/۸۳۳	۲	۲	۲/۳۳۳	۲/۱۶۷	۱/۶۶۷	۲/۵	

در ادامه با استفاده از نرم اقلیدسی ماتریس تصمیم را نرمال می‌کنیم. برای نرمال‌سازی هر درایه را بر جذر مجموع مربعات درایه‌های ستونش تقسیم می‌کنیم؛ سپس برای به دست آوردن ماتریس نرمال‌شده موزون باید وزن معیارها که از روش AHP محاسبه شده است را در ماتریس نرمال ضرب کنیم. در نهایت به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازیم.

رتبه‌بندی گزینه‌ها

پس از محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی با استفاده از فرمول‌های (۴) و (۵) و سپس فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت و منفی با استفاده از فرمول‌های (۶) و (۷) و سپس معیار شباهت Cl_i به رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها می‌پردازیم:

جدول ۹: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

رتبه	Cl_i	d_i^-	d_i^+	
۱	۰,۸۰۸	۰,۰۳۷	۰,۰۰۹	توسعه پیمان (P1)
۲	۰,۶۴۴	۰,۰۳۱	۰,۰۱۷	محکم اینیه جندق (P2)
۳	۰,۴۶۲	۰,۰۲۰	۰,۰۲۴	جهان سازه پرشیا (P3)
۵	۰,۱۲۵	۰,۰۰۶	۰,۰۴۰	اکسین راه (P4)
۴	۰,۳۷۹	۰,۰۱۷	۰,۰۲۸	یادمان سازه قرن (P5)

بر اساس نتایج روش تاپسیس توسعه پیمان (P1) رتبه اول را کسب کرده است. شرکت‌های محکم ابنیه جندق (P2) و جهان سازه پرشیا (P3) به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را کسب کرده‌اند.

تجزیه و تحلیل نتایج

در ابتدا به وزن‌دهی گزینه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار اکسپرت چویس و سپس رتبه‌بندی گزینه‌ها که همان پیمانکاران هستند، با استفاده از روش تاپسیس پرداخته شد و بهترین پیمانکار با استفاده از معیارها و زیرمعیارهای شناخته‌شده برای پیمانکاران انتخاب شدند. انتخاب پیمانکار مناسب تأثیر بسیاری بر موقعیت پروژه‌های ساخت می‌گذارد. بنابراین، تعیین معیارهای شایستگی پیمانکاران برای تعیین صلاحیت دارای اهمیت زیادی است. این پژوهش، نظرات جمعی از با تجربه‌ترین دست‌اندرکاران انتخاب پیمانکار در ایران را در باره معیارها و عواملی که می‌باید در انتخاب پیمانکار در نظر گرفته شوند، جمع‌آوری کردیم. به علاوه، ضمن مقایسه نتایج حاصله با معیارهای کنونی انتخاب پیمانکار در ایران، پیشنهادهایی برای اعمال اصلاحات در برخی معیارها یا وزن اهمیت آنها ارائه می‌کنیم. همچنین مقایسه‌هایی تطبیقی بین نظرات گروه‌های مختلف پاسخ‌دهنده با توجه به میزان تحصیلات و تجربه آنها صورت گرفته است. به علاوه، نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های تحقیقات پیشین نیز مقایسه می‌شود. طبق محاسبات انجام‌شده وزن نهایی زیرمعیارها، به ترتیب معیار مهارت‌های مقابله با ریسک‌های مالی، استخدام نیروی انسانی متخصص (دستمزد بیشتر) و راه‌کارهای مناسب برای شرایط بحرانی (تحریم) دارای بیشترین اهمیت از نظر کارشناسان در پروژه‌های عمرانی را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین، مقابله با ریسک‌های مالی و کنترل آنها در انتخاب پیمانکار مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است، اگر پیمانکار تأمین مالی درستی نتواند انجام دهد و در حقیقت پیمانکاران با سیاست‌های خود می‌توانند وضعیت مالی پروژه را با شکست یا با موفقیت رو به رو کنند. به طور مثال، اگر پیمانکار تصمیم مناسب در انتخاب و استخدام نیروی انسانی با مهارت به کار نگیرد، نیروی انسانی بی‌مهارت می‌تواند موجب حادثه و کاهش ایمنی در کارگاه شود و همچنین موجب دوباره‌کاری و ایجاد اشتباهات ناشی از بی‌مهارتی می‌شود. بنابراین، تمام این عوامل به یکدیگر وابسته هستند؛ به طور مثال، عدم مقابله با ریسک‌های مالی موجب می‌شود، پیمانکار نتواند نیروی انسانی متخصص را استخدام کند و دستمزد بیشتری بدهد و خود دستمزد نیروی انسانی نیز طبق پژوهش‌های پیشین از عوامل انگیزشی نیروی انسانی است. از طرفی دیگر، رفع همین مسائل می‌تواند موجب ایجاد یا رفع شرایط بحرانی به ویژه در شرایط تحریم شود. به طور مثال، افزایش بهره‌وری ایمنی در پروژه‌های عمرانی و کاهش حوادث نیز می‌تواند یکی از روش‌های کاهش

مهارت‌های مقابله با ریسک‌های مالی است که اگر پیمانکار نتواند مسائل مالی را حل کند قطعاً نمی‌تواند ابزار و وسایل مناسب را نیز برای تأمین مناسب ایمنی در کارگاه را نیز مهیا کند. طبق مطالعات انجام‌شده انتخاب یک پیمانکار مناسب از مهم‌ترین عوامل موفقیت هر پروژه ساخت است. به عبارت دیگر، انتخاب پیمانکار می‌باید به نحوی صورت بگیرد که کمترین هزینه، بالاترین کیفیت و کوتاه‌ترین زمان را برای پروژه فراهم آورد. انتخاب معیارهای درست حائز اهمیت حیاتی در انتخاب پیمانکار است.

نتیجه‌گیری

ما در این پژوهش پی برده‌ایم که توان و ثبات مالی پیمانکار رابطه مستقیم و غیرمستقیمی با دیگر معیارهای انتخاب پیمانکار دارد؛ به طوری که عدم آن، می‌تواند یکی از موانع بزرگ در انتخاب پیمانکار باشد. از طرف دیگر، قابلیت مدیریت پیمانکار نیز از مهم‌ترین معیارهای انتخاب پیمانکار از نظر کارشناسان بوده است. به دلیل اینکه تجربه و سابقه مدیر، سیاست‌های آن در تصمیم‌گیری و انتخاب پیمانکار جزء مناسب و پاسخ‌گویی آن و برنامه‌ریزی و کنترل پروژه آن مدیر در انتخاب آن به عنوان یک پیمانکار ذی‌صلاح از اهمیت بالایی برخوردار است. در حقیقت یک مدیر بی‌تجربه می‌تواند با اتخاذ سیاست‌های خود حتی برنامه زمان‌بندی شده اولیه را با تأخیر رو به رو کند و همچنین برنامه‌ریزی واقع‌بینانه‌ای از نحوه فعالیت‌ها و اجرای آنها نداشته باشد که خود باعث عواقب جبران‌ناپذیر می‌شود. از طرفی دیگر، پیمانکار می‌تواند با مدیریت مناسب، از پیمانکاران جزء متخصص و مناسب برای اجرای فعالیت‌ها استفاده کند که خود آن نیز در ایجاد تداخل و تأخیر در پروژه‌ها امری مهم است. همچنین پیمانکار می‌تواند با مدیریت مناسب و استفاده از روش‌های نوین مدیریتی مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کاهش ایجاد دعاوی بین پیمانکاران جز و عوامل پروژه، هماهنگی لازم را به عمل آورد و یا با استفاده از روش ساخت و ساز ناب، اتلاف‌ها را در پروژه‌های خود به حداقل برساند و بهره‌وری پروژه‌ها را افزایش دهد و همچنین می‌تواند با برگزاری جلسات آموزشی قبل و در حین انجام پروژه، تأخیر و مشکلات اجرایی را با هماهنگی بین عوامل پروژه افزایش دهد. اکثر محققان عقیده دارند که در انتخاب پیمانکاران در مناقصه‌ها نباید فقط قیمت پیشنهادی را ملاک انتخاب قرار داد. متأسفانه در اکثر پروژه‌های عمرانی، از آنجا که بودجه طرح از منابع مالی دولتی تأمین می‌شود، همراه میل به سمت انتخاب قیمت کمتر است و این روند باعث کاهش کیفیت انجام پروژه‌های عمرانی شده است. مدل پیشنهادی ارائه‌شده در این مقاله سعی در انتخاب برترین پیمانکاران با توجه به جمیع معیارهای دخیل دارد.



منابع

- Banaitiene, N. Banaitis. A. 2006, "Analysis of Criteria for Contractors qualification Evaluation" Technological and Economic Development of Economy, 74, p. 276-282 2.
- Russell. J.S. Skibniewski, M. J, 1988, "Decision criteria in contractor prequalification" Journal of Management in Engineering.Vol.4, No.2, pp.148-164.
- Bapiri, Soheil, Mohammad Hosseini Germany; Alireza Alizadeh and Seyed Mojtaba Aran, 2015, *Evaluation and ranking of construction project contractors based on the combined approach of FQFD and FMCDM*, 11th International Conference on Project Management, Tehran, Aria Industrial Research Group.(In Persian)
- Regulations for classification and qualification of contractors / Deputy for Technical Affairs / Office of Consultants and Contractors / May 2007. (In Persian)
- Palaneeswaran. E. Kumaraswamy, M. 2001, "Recent advances and proposed improvements in contractor prequalification methodologies". Building and Environment 36. P.73-87
- Wang. W. Wang, H. Lai, Y. Li, C, 2006, "Unit-price-based model for evaluating competitive bids" International Journal of Project Management, 24, p.156-166.
- Ilker Topcu.Y, 2004, "A Decision Model Proposal For Construction Contractor Selection In Turkey", Building and Environment 39, p.469-487.
- Asgharizadeh, Ezatollah and Nasrollahi, Mehdi, 2008, *Identifying and determining the weight of effective indicators in selecting contractors for construction projects*, Journal of Management Research, No. 2. (In Persian)
- Diani, Mina and Shirviahzad, Hadi, 2012, *Evaluation and selection of the best contractor in Isfahan Municipality Deputy of Civil Engineering using AHP method*, the first National Conference on Industrial and Systems Engineerin.