

بهبودسازی فرآیند انتخاب پیمانکار در قانون مناقصات ایران با روش ویکور (مطالعه موردی: صنعت آب استان آذربایجان شرقی)

عزیز نقی زاده وردین^۱، رامین انصاری^{۲*}، محمد خلیل زاده^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ع)، قزوین

^۲ استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ع)، قزوین

^۳ دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۲، پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۷، نشر آنلاین: ۱۴۰۰/۶/۷

چکیده

انتخاب پیمانکار برای پروژه عمرانی یکی از عوامل مهم در موفقیت پروژه محسوب می‌شود. انتخاب پیمانکار در بخش عمومی یا دولتی در ایران به‌طور سنتی مطابق قانون مناقصات صورت می‌گیرد که با وجود ارزیابی کیفی مناقصه‌گران، در مرحله پایانی بر پایه معیار واحد قیمت پیشنهادی پیمانکاران انجام می‌گیرد که ممکن است به انتخاب بهترین پیمانکار برای پروژه منجر نشود و چه‌بسا نتایج فاجعه‌باری به بار بیاورد. در مطالعه حاضر، راهکاری بر مبنای روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه می‌شود که شامل: تلفیق معیارهای مورد استفاده در ارزیابی کیفی پیمانکاران و معیار قیمت پیشنهادی، وزن‌دهی معیارها بر اساس مقتضیات پروژه و الزامات کارفرما و رتبه‌بندی پیمانکاران با تکنیک ویکور (VIKOR) برای انتخاب پیمانکار شایسته از بین گزینه‌های موجود است. روش ویکور، در شرایط وجود معیارهای متناقض و نامتجانس، راه‌حل‌های سازشی را بر مبنای نزدیکی به جواب ایده‌آل به‌دست می‌دهد و به تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند که بر تناقضات موجود بین معیارها فائق آید. با کاربرد روش پیشنهادی در یک مثال تشریحی، قابلیت کاربرد آن در عمل نشان داده شد. تحلیل حساسیت نشان داد که اولاً تخصیص وزن بیشتر به معیار قیمت پیشنهادی (بیش از ۰/۶۵ در مثال تشریحی) ممکن است به انتخاب ضعیف‌ترین پیمانکار از بین گزینه‌های موجود منجر شود و ثانیاً بررسی بازه‌های ثابت وزن معیارها و انطباق آن‌ها با داده‌های عملکردی پیمانکاران، اعتبار روش پیشنهادی را تصدیق کرد. مقایسه نتایج رتبه‌بندی گزینه‌ها با دو روش ویکور و تاپسیس (TOPSIS) نشان داد که کاربرد روش تاپسیس در مثال تشریحی، امکان برنده شدن ضعیف‌ترین گزینه، در طیف وسیع‌تری از وزن معیار قیمت پیشنهادی وجود دارد (بیش از ۰/۳۵).

کلیدواژه‌ها: انتخاب پیمانکار، مناقصه، تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش ویکور، مدیریت پروژه‌های ساخت.

۱- مقدمه

می‌شود و تحقیقات گذشته، اثرات فاجعه‌بار چنین رویکردی را در تصمیم‌گیری نشان داده است (Hasnain و همکاران، ۲۰۱۸). انتخاب پیمانکار با روش کم‌ترین قیمت مناقصه، یکی از دلایل اصلی افت کیفیت اجرا (تأکید بر کمیت به جای کیفیت برای جبران قیمت پایین)، عملکرد ضعیف پیمانکار، عدول از بودجه، افزایش تأخیرات، افزایش دستورات تغییر و ادعاها، مناقشات، نارضایتی کارفرما، افزایش هزینه‌های چرخه حیات، دعاوی قضایی، و به‌طور کلی عدم موفقیت پروژه و در مواقعی شکست پروژه است (Zavadskas و همکاران، ۲۰۰۸؛ El-Sayegh و همکاران، ۲۰۱۹؛ Al-Hejji و Assaf، ۲۰۰۶؛ Hasnain و Thaheem، ۲۰۱۶؛ Scott، ۲۰۰۶).

انتخاب پیمانکار برای پروژه‌های عمرانی در کشور، در بخش دولتی و عمومی در اکثر موارد، مطابق قانون مناقصات و بر مبنای کم‌ترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد. اگرچه سیستم تعیین صلاحیت و رتبه‌بندی پیمانکاران و همچنین ارزیابی کیفی پیمانکاران شرکت‌کننده در مناقصه، مانع ورود بخشی از پیمانکاران فاقد صلاحیت به روند رقابت می‌شود، با این وجود، این روش سبب بهبود کیفیت کلی ساخت‌وساز نمی‌شود، چراکه مسئولیتی برای عملکرد بهتر برقرار نمی‌شود و لذا این سیستم نیز به روش کم‌ترین قیمت پیشنهادی رجعت می‌یابد (Kashiwagi و Byfield، ۲۰۰۲). از دیدگاه کارفرمایان، تأکید بر یک عامل یا معیار غالب در این سیستم، مانع دستیابی به سطح بهینه عملکردی در اجرای پروژه

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۳۳۹۰۱۱۷۳

در مناقصات عمومی، علاوه بر این که شرکت‌های مناقصه‌گر بایستی دارای صلاحیت و رتبه‌بندی متناسب با پروژه مورد مناقصه باشند، ممکن است لازم باشد حداقل امتیاز ضروری را از مرحله ارزیابی کیفی که قبل از مناقصه برگزار می‌شود، کسب کرده باشند. در این مرحله با توجه به سوابق و اسناد ارائه‌شده از سوی پیمانکار و معیارهای متعددی که قبلاً توسط کمیسیون مناقصه انتخاب و وزن‌دهی شده‌اند، مناقصه‌گران مورد ارزیابی قرار گرفته و فهرست کوتاهی از حائز حداقل نصاب لازم، برای دعوت به مرحله نهایی مناقصه تهیه می‌شود. مراحل ارزیابی کیفی پیمانکاران طبق قواعد مندرج در آیین‌نامه اجرایی بند (ج) ماده ۱۲ قانون برگزاری مناقصات انجام می‌گیرد. در جدول (۱) خلاصه‌ای از معیارها و نحوه امتیازدهی به پیمانکاران که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته، طبق آیین‌نامه مذکور، ارائه شده است. پس از مرحله ارزیابی کیفی، پیمانکاران دعوت‌شده به مناقصه نسبت به ارائه قیمت اقدام و درنهایت، برنده مناقصه براساس کم‌ترین قیمت پیشنهادی تعیین می‌شود و نسبت به عقد قرارداد اجرای پروژه با برنده مناقصه اقدام می‌شود.

۲-۲- معایب سیستم سنتی

علی‌رغم این که وجود سیستم رتبه‌بندی پیمانکاران و تعیین صلاحیت آن‌ها در سطح کشور و تفکیک آن‌ها برحسب رشته‌های مختلف فعالیت، ظرفیت‌ها و امکانات لجستیکی و پایه‌های مختلف از یک‌سو، و ارزیابی کیفی مناقصه‌گران قبل از مناقصه و تهیه فهرست کوتاهی از صلاحیت‌دارترین آن‌ها از سوی دیگر، به مثابه فیلترینگ مناسبی عمل کرده و مانع ورود پیمانکاران ناشایست به عرصه رقابت می‌شود، با این حال در مرحله پایانی، انتخاب پیمانکار بر مبنای کم‌ترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد.

همه پیمانکاران شرکت‌کننده در پروژه‌های عمرانی، تحت فشار رقابتی بازار، مجبور به افزایش حجم و کاهش کیفیت هستند و با توجه به کم‌ترین قیمت پیشنهادی در مناقصه، مسئولیت خود را محدود به تأمین حداقل الزامات می‌کنند چراکه در سیستم سنتی، پیمانکاران بابت عملکرد بالا، هیچ پاداشی دریافت نمی‌کنند. این سیستم پیمانکار را به سمت اقداماتی جهت کاهش هزینه به جای ارتقاء کیفی، سوق می‌دهد. پیمانکاری که خود به روش کم‌ترین قیمت، برنده مناقصه شده است، پیمانکاران جزء خودش را نیز با همین معیار انتخاب می‌کند (Kashiwagi و Byfield، ۲۰۰۲b؛ Scott، ۲۰۰۲a). یکی از عواقب دیگر کاربرد سیستم سنتی، استانداردهای پایین زیست‌محیطی و وضعیت بد شرایط کاری و دستمزدها است که خود باعث افت کیفیت و پایداری محصولات و خدمات می‌شود (Baloi و Price، ۲۰۰۳؛ Hasnain و Thaheem، ۲۰۱۶). در برخی موارد، پیمانکار برنده، به دنبال یافتن خطاها در مشخصات

از نظر بعضی محققین، دلیل عمده تداوم روش سنتی کم‌ترین قیمت، باوجود ذهنی بودن و پیش‌داوری ذاتی آن، سهولت مستندسازی و تشریح آن است (Thaheem و Hasnain، ۲۰۱۶؛ Kashiwagi و همکاران، ۲۰۱۴). باوجود آن که این روش سبب رواج رقابت شده و زمینه عادلانه‌ای برای آن فراهم می‌سازد، اما به بهترین ارزش در قبال پول‌های خرج شده در پروژه یا بهترین عملکرد در طی ساخت نمی‌انجامد (Abdelrahman و همکاران، ۲۰۰۸؛ Scott، ۲۰۰۶).

با توجه به معایب روش سنتی، محققین، مالکان، کارفرمایان و به‌طور کلی دست‌اندرکاران ساخت‌وساز در جهان، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را وارد مدل‌های پیشنهادی خود کرده‌اند که در آن‌ها معیارهایی غیر از قیمت در کنار معیار قیمت برای انتخاب پیمانکار در نظر گرفته می‌شوند (El-Sayegh و همکاران، ۲۰۱۹؛ Alptekin و Alptekin، ۲۰۱۷). در مقاله حاضر جهت مقابله با معایب پیش‌گفته و به‌عنوان پیشنهادی برای اصلاح روند مناقصات، با تکیه بر ساختار سیستم چندمعیاره ارزیابی کیفی قبل از مناقصه و افزودن معیار قیمت پیشنهادی، روشی برای رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت‌کننده در مناقصه ارائه می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- قانون مناقصات کشور

برای انتخاب پیمانکار پروژه‌های بخش عمومی و دولتی (به‌جز نیروهای مسلح) در ایران از قانون مناقصات، مصوب سال ۱۳۸۳ پیروی می‌شود. براساس ماده ۱۱ این قانون، در معاملات کوچک و متوسط، تأمین کالا یا خدمات با تشخیص و مسئولیت کارپرداز یا واحد تدارکات، از طریق استعلام بها انجام می‌گیرد؛ اما در معاملات بزرگ، این کار از طریق فراخوان مناقصه و رعایت تشریفات خاصی صورت می‌گیرد. با توجه به این که پروژه‌های مهم عمرانی کشور در اکثر موارد جزو معاملات بزرگ محسوب می‌شوند، لذا منظور از مناقصه در مقاله حاضر، معاملات بزرگ و مراحل و تشریفات مربوط به آن مدنظر است.

مناقصات از نظر نحوه دعوت به مناقصه به دو نوع «مناقصه عمومی» و «مناقصه محدود» تقسیم‌بندی می‌شوند. در نوع اول، فراخوان مناقصه از طریق آگهی عمومی و در نوع دوم از طریق ارسال دعوت‌نامه به مناقصه‌گران صلاحیت‌دار صورت می‌گیرد. همچنین مناقصات از نظر مراحل بررسی به دو نوع «مناقصه یک مرحله‌ای» و «مناقصه دو مرحله‌ای» تقسیم‌بندی می‌شوند. در مناقصه یک مرحله‌ای، نیازی به ارزیابی فنی و بازرگانی نبوده و برنده مناقصه بلافاصله پس از گشایش پاکت‌های پیشنهاد مناقصه‌گران، تعیین می‌شود. اما در مناقصه دومرحله‌ای، لازم است که پیشنهادها از نظر فنی- بازرگانی بررسی شوند.

کیفیت محصول یا خدمات می‌شود زیرا آن‌ها تمایلی به درک نیازهای کارفرما ندارند (Hasnain و Thaaheem، ۲۰۱۶؛ Yasamis و همکاران، ۲۰۰۲؛ Luu Duc و همکاران، ۲۰۰۵). از این جهت کارفرما با ریسک بالایی مواجه می‌شود (Wong و همکاران، ۲۰۰۰).

فنی و نقشه‌ها است تا امکان ادعا و یا طرح دعاوی قضایی برایش فراهم شود و بتواند کارفرما را مجبور به پرداخت مبالغ اضافی بابت تأخیرات یا تغییرات نماید و از این وضع به‌عنوان یک امتیاز رقابتی بهره‌جویی کند (Kashiwagi و Byfield، ۲۰۰۲a). در این شیوه مناقصه‌گران برنده شدن در مناقصه، تلاش می‌کنند تا پایین‌ترین قیمت را پیشنهاد دهند و این امر سبب افت

جدول ۱- معیارها و نحوه امتیازدهی در ارزیابی کیفی مناقصه‌گران مطابق آیین‌نامه اجرایی ماده ۱۲ قانون مناقصات کشور

شرایط اعمال	معیار	نحوه ارزیابی	توضیحات
عمومی	تجربه (سابقه اجرایی)	تعداد کارهای مشابه یا قابل مقایسه در رشته و زمینه کار در پنج سال گذشته	حداکثر امتیاز: اجرای چهار کار مشابه با حجم معادل یا بیشتر از موضوع مناقصه
	حسن سابقه در کارهای قبلی	اخذ اطلاعات قراردادهای حداکثر پنج سال گذشته پیمانکار	میانگین امتیاز ارزیابی کارفرمایان قبلی طبق دستورالعمل مربوطه یا امتیازهای ارزشیابی دوره‌ای مراجع معتبر
	توان مالی	اطلاعات حداکثر پنج سال گذشته	حداکثر امتیاز: مبلغ برآورد مناقصه معادل یا کم‌تر از یکی از این مقادیر باشد: ۱) پنجاه برابر مالیات سالانه، یا هفتاد برابر بیمه تأمین اجتماعی پرداختی؛ ۲) سه برابر درآمد ناخالص سالانه طبق صورت‌وضعیت‌ها؛ ۳) پنج برابر دارایی‌های ثابت؛ ۴) تأیید اعتبار از سوی بانک یا مؤسسات مالی و اعتباری معتبر تا سقف مبلغ موضوع مناقصه.
	مبلغ یا درصد مشارکت مالی کارکنان کلیدی و سازمان اجرایی	معرفی	اختیاری
در کارهای با برآورد بیش از بیست برابر نصاب معاملات متوسط	پیمانکاران فرعی	امتیاز	گروه‌های مشارکت پیمانکاری
	توان تجهیزاتی	براساس ماهیت کار و ماشین‌آلات و تجهیزات موردنیاز در استعلام	حداکثر امتیاز: امکان تأمین حداقل ماشین‌آلات و تجهیزات موردنیاز پروژه
	توان فنی و برنامه‌ریزی	۱) کفایت کارکنان کلیدی ۲) توان برنامه‌ریزی و کنترل پروژه	حداکثر امتیاز بند ۱) معرفی کارکنان کلیدی صلاحیت‌دار موردنیاز سازمان خاص اجرای پروژه طبق گزارش شناخت. حداکثر امتیاز بند ۲) وجود حداقل دو پروژه بدون تأخیر غیرمجاز در سوابق پنج سال گذشته
	کارهای پیمانکاری «طرح و ساخت» و «بهره‌برداری»	دانش فنی تجربه در تأمین کالا توان مدیریتی	طبق معیارهای ارزیابی کیفی مشاوران طبق ضوابط فصل ۴ آیین‌نامه

۲-۳- تحقیقات گذشته

برای غلبه بر معایب سیستم سنتی، در طی دهه‌های گذشته، مدل‌های مختلفی ارائه شده است که در آن‌ها از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره برای وزن‌دهی به معیارها و یا رتبه‌بندی پیمانکاران استفاده شده است. در این مدل‌ها به‌جای استفاده از یک معیار منفرد یعنی قیمت پیشنهادی پیمانکار، از معیارهای متعدد برای ارزیابی عملکرد پیمانکار از جنبه‌های مختلف و انتخاب پیمانکار اصلح استفاده می‌شود.

انتخاب معیارهای مناسب برای پروژه و وزن‌دهی به آن‌ها فرایندی مهم و تا حدودی ذهنی است که علاوه بر معیارهای عمومی، می‌تواند شامل معیارهای خاصی باشد که تابع الزامات

پروژه یا مقتضیات کارفرما و یا بهره‌بردار پروژه هستند. در حالت کلی این معیارها باید طوری انتخاب و وزن‌دهی شوند که ضامن موفقیت پروژه باشند. در گذشته از روش‌های مختلفی مانند آنترپی^۱ (درگاشت)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۲، فرایند تحلیل شبکه (ANP)^۳، روش دلفی^۴، نظریه مجموعه‌های فازی، نظریه گراف^۵ و روش‌های دیگر برای وزن‌دهی به معیارها استفاده شده است (Fong و Choi، ۲۰۰۰؛ Topcu، ۲۰۰۴؛ Abdelrahman و همکاران، ۲۰۰۸؛ San Cristóbal، ۲۰۱۲؛ Li و Cheng، ۲۰۰۴؛ Mahdi و همکاران، ۲۰۰۲؛ Alptekin و Alptekin، ۲۰۱۷؛ Ulubeyli و Kazaz، ۲۰۱۶؛ Darvish و همکاران، ۲۰۰۹).

4. Delphi Method
5. Graph Theory

1. Entropy
2. Analytical Hierarchy Process
3. Analytic Network Process

رتبه‌بندی تأثیر بگذارد اما در روش ویکور چنین نیست و از این جهت، روش ویکور رتبه‌بندی باثبات‌تری به‌دست می‌دهد. روش تاپسیس، جواب را با در نظر گرفتن نزدیک‌ترین فاصله به جواب ایده‌آل و دورترین فاصله از ضدایده‌آل می‌یابد؛ اما اهمیت نسبی این دو فاصله را در نظر نمی‌گیرد (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۴). همچنین مقایسه ویکور با روش پرومته، نشان می‌دهد که هر دو روش از مبانی تصمیم‌گیری یکسانی تبعیت می‌کنند که تجمیع مطلوبیت گروهی است. تابع مطلوبیت ویکور همواره خطی است اما روش پرومته، شش نوع تابع مطلوبیت پیشنهاد می‌کند که باعث پیچیدگی بیشتر است. همچنین روش پرومته مبتنی بر حداکثر مطلوبیت گروهی است درحالی‌که روش ویکور حداکثر مطلوبیت گروهی را با حداقل تأسّف فردی تجمیع می‌کند (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۷).

روش‌های اشاره‌شده در فوق نقش قابل‌توجهی در نهادینه شدن انتخاب مبتنی بر روش‌های چندمعیاره در صنعت ساختمان داشته است. با این وجود برخی از روش‌ها پیچیده بوده و کاربرد آن‌ها در عمل دشوار است. صنعت ساختمان نیاز به روش‌های ساده و درعین‌حال مؤثری دارد تا در زمان محدود مناقصه به نتایج قابل اتکایی برسند (Brauers و همکاران، ۲۰۰۸).

در سال‌های اخیر، مزایای استفاده از روش ویکور در حل مسائل بهینه‌سازی چندمعیاره در سیستم‌های مرکب، بیش‌ازپیش آشکار شده است. این روش به‌طور وسیعی در حوزه انتخاب تأمین‌کننده^{۱۱} مورد استفاده قرار گرفته است (Fei و همکاران، ۲۰۱۹). به‌عنوان مثال رد پای کاربرد این روش را می‌توان در (Wu و همکاران، ۲۰۱۶؛ Wu و همکاران، ۲۰۱۹؛ Shojaei و همکاران، ۲۰۱۸؛ Hashemi و همکاران، ۲۰۱۸؛ Fei و همکاران، ۲۰۱۹؛ Azizi و همکاران، ۲۰۱۹؛ Ebrahimnejad و همکاران، ۲۰۱۲؛ Tian و همکاران، ۲۰۱۸) یافت. بنابراین با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، مشخص می‌شود که روش ویکور در مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه باوجود معیارهای متناقض و نامتجانس به‌طور وسیعی کاربرد پیدا کرده و اعتبارسنجی شده است. از طرف دیگر با توجه به سهولت نسبی کاربرد آن، در این مطالعه ترجیح داده شده است که از این روش برای رتبه‌بندی پیمانکاران استفاده شود. موضوع مهم دیگر، مقاومت ذاتی سازمان‌های کارفرمایی و صنعتی در قبال تغییر وضعیت فعلی و تمایل به حفظ آن است (Scott، ۲۰۰۶).

برای رتبه‌بندی پیمانکاران در مطالعات گذشته از روش‌هایی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (Choi و Fong، ۲۰۰۰)، فرایند تحلیل شبکه (Li و Cheng، ۲۰۰۴)، تحلیل خوشه‌ای^۶ (Holt، ۱۹۹۶)، تاپسیس^۷ (San Cristóbal، ۲۰۱۲)، ویکور^۸، الکتراه^۹ (Hashemi و همکاران، ۲۰۱۸)، نظریه سودمندی چندشاخصه^{۱۰} (Semaan و Salem، ۲۰۱۷)، تحلیل چندشاخصه^{۱۱} (Holt و همکاران، ۱۹۹۴)، روش پرومته^{۱۲} (Morkunaite و همکاران، ۲۰۱۹)، روش مورا^{۱۳} (Brauers و همکاران، ۲۰۰۸) و همچنین روش‌های مبتنی بر نظریه فازی و روش‌های دیگر استفاده شده است. در جدول (۲) فهرست مختصری از روش‌های به‌کار رفته در ادبیات گذشته ارائه شده است.

برخی از روش‌های اشاره‌شده در جدول (۲) برای ارزیابی کیفی پیمانکاران قبل از مناقصه مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین ترتیب که پیمانکاران فاقد صلاحیت از فهرست بلند حذف می‌شوند و لیست کوتاهی از آن‌ها برای دعوت به مناقصه فراهم می‌شود. ازجمله این روش‌ها می‌توان به روش تحلیل خوشه‌ای (CA) و روش تحلیل پوششی داده‌ها^۴ (DEA) و روش الکتراه، تئوری سودمندی چندشاخصه یا آنالیز مطلوبیت چندشاخصه اشاره کرد. روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) روشی مبتنی بر مقایسات زوجی است که در دهه‌های اخیر کاربرد فراوانی در مسائل تصمیم‌گیری پیدا کرده است. عیب بزرگ این روش تعداد زیاد مقایسات زوجی است که فرایند کار را پیچیده و طولانی می‌کند. باوجود آن‌که این روش می‌تواند نظرات ذهنی تصمیم‌گیران را به‌طور سیستماتیک در وزن‌دهی معیارها دخالت دهد اما استفاده از آن در رتبه‌بندی پیمانکاران ممکن است باعث دخالت تعصب و ذهنیت تصمیم‌گیران شود. روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) که شکل کامل‌تر و درعین‌حال پیچیده‌تر روش تحلیل سلسله‌مراتبی است، ارتباط درونی بین معیارها را نیز در نظر می‌گیرد اما ایرادات پیش‌گفته درباره آن نیز صادق است.

مقایسه روش ویکور با روش تاپسیس نشان می‌دهد که روش تاپسیس رتبه‌بندی گزینه‌ها را با در نظر گرفتن هم‌زمان کم‌ترین فاصله از جواب ایده‌آل و دورترین فاصله از جواب ضدایده‌آل تعیین می‌کند اما روش ویکور نزدیک‌ترین جواب به جواب ایده‌آل را می‌یابد که با منطق انتخاب بشری قرابت بیشتری دارد (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۴). روش تاپسیس از نرمال‌سازی برداری، درحالی‌که روش ویکور از نرمال‌سازی خطی استفاده می‌کنند. به همین دلیل در روش تاپسیس ممکن است واحد اندازه‌گیری روی

11. Multiple Attribute Analysis (MAA)
12. PROMETHEE
13. MOORA
14. Data Envelopment Analysis (DEA)
15. Supplier

6. Cluster Analysis (CA)
7. TOPSIS
8. VIKOR
9. ELECTRE
10. Multiple Attribute Utility Theory (MAUT)

جدول ۲- روش‌های استفاده‌شده برای انتخاب پیمانکار در ادبیات گذشته

منبع	سال	روش رتبه‌بندی	شرح
(Holt و همکاران، ۱۹۹۴)	۱۹۹۴	MAA	ارائه تکنیکی مبتنی بر تحلیل چندشاخصه شامل ارزیابی کیفی، برآورد پتانسیل عملکردی پیمانکاران برحسب قابلیت دستیابی آن‌ها به استانداردهای کیفی، هزینه‌ای و زمانی و درنهایت انتخاب نهایی پیمانکار با ترکیبی از امتیاز عملکردی و قیمت پیشنهادی
(Holt، ۱۹۹۶)	۱۹۹۶	CA	استفاده از تکنیک آماری آنالیز خوشه‌ای برای طبقه‌بندی پیمانکاران در گروه‌هایی با ویژگی‌های مشترک و تعیین مهم‌ترین معیارهای متمایزکننده برای ارزیابی کیفی پیمانکاران
(Choi و Fong، ۲۰۰۰)	۲۰۰۰	AHP	استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از نظرات متخصصان بخش عمومی برای وزن دهی معیارها و انتخاب پیمانکار
(Li و Cheng، ۲۰۰۴)	۲۰۰۴	ANP	استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای برای وزن دهی و انتخاب پیمانکار که وابستگی‌های بین معیارها را نیز لحاظ می‌کند.
(Tiong و Singh، ۲۰۰۵)	۲۰۰۵	SAW, FTS	استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی برای وزن دهی به معیارها در شرایط عدم قطعیت ذاتی پروژه‌ها و ذهنی بودن قضاوت تصمیم‌گیران و رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش جمع وزنی ساده
(Brauers و همکاران، ۲۰۰۸)	۲۰۰۸	MOORA	استفاده از روش مورا مبتنی بر تحلیل نسبت و سنجش بدون بعد برای رتبه‌بندی گزینه‌ها، که قابلیت در نظر گرفتن تمام ذینفعان پروژه در تصمیم‌گیری را دارد.
(Darvish و همکاران، ۲۰۰۹)	۲۰۰۹	Graph Theory and Matrix method	استفاده از تئوری گراف و روش ماتریسی برای ارزیابی کیفی یا انتخاب پیمانکار که روابط درونی بین معیارهای مختلف را در تصمیم‌گیری لحاظ می‌کند.
(San Cristóbal، ۲۰۱۲)	۲۰۱۲	TOPSIS, VIKOR	در این مطالعه برای وزن‌دهی معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی و برای رتبه‌بندی پیمانکاران از هر دو روش تاپسیس و ویکور استفاده شده است.
(Vahdani و همکاران، ۲۰۱۳)	۲۰۱۳	Compromise Solution method (VIKOR)	استفاده از مدلی از روش ویکور برای رتبه‌بندی که وزن معیارها و عملکرد گزینه‌ها نسبت به برخی معیارها می‌توانند اعداد فازی در نظر گرفته شوند
(Gholipour و همکاران، ۲۰۱۴)	۲۰۱۴	Fuzzy AHP	کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و نظریه مجموعه‌های فازی جهت وزن‌دهی معیارها و رتبه‌بندی پیمانکاران برای انتخاب پیمانکار مناسب
(Semaan و Salem، ۲۰۱۷)	۲۰۱۷	MAUT, PROMETHEE	ارزیابی کیفی پیمانکاران و تهیه لیست کوتاه با استفاده از تئوری مطلوبیت چندشاخصه، وزن‌دهی معیارها با روش تحلیل سلسله‌مراتبی و انتخاب نهایی پیمانکار با نسخه خاصی از روش پرومته و محاسبه شاخص موفقیت
(Hashemi و همکاران، ۲۰۱۸)	۲۰۱۸	VIKOR, ELECTRE	استفاده از روش آنتروپی برای وزن‌دهی معیارها و استفاده از روش ویکور و الکترو و تحلیل رابطه‌ای خاکستری برای رتبه‌بندی پیمانکاران
(Taylan و همکاران، ۲۰۱۸)	۲۰۱۸	TOPSIS and FST	استفاده از رویکرد فازی برای تجمیع داده‌های مطلق و فازی، استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی برای وزن‌دهی معیارها و روش تاپسیس فازی برای یافتن عملکرد پیمانکاران در شرایط وجود داده‌های بزرگ و تصمیم‌گیری گروهی
(Morkunaite و همکاران، ۲۰۱۹)	۲۰۱۹	PROMETHEE	استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی معیارها و روش پرومته برای انتخاب پیمانکار صلاحیت‌دار برای اجرای پروژه‌های مرمت ساختمان‌های میراث فرهنگی
(Cheng و همکاران، ۲۰۲۰)	۲۰۲۰	Bayesian Fuzzy Prospect Model	کاربرد مدل بازی فازی چشم‌انداز برای تصمیم‌گیری گروهی مبتنی بر حاصل‌ضرب احتمال در مطلوبیت برای ارزیابی معیارها و انتخاب پیمانکار
(Naghizadeh و Vardin و همکاران، ۲۰۲۱)	۲۰۲۱	Fuzzy Vikor	وزن دهی معیارهای منتخب با روش بهترین- بدترین و تعیین رتبه‌بندی پیمانکاران با روش ویکور فازی
(زارع مهرجردی و همکاران، ۱۳۸۹)	۱۳۸۹	TOPSIS, Borda	شناسایی و وزن‌دهی معیارها با روش پرسش از خبرگان و تعیین گزینه برتر با روش تاپسیس برای هر تصمیم‌گیرنده و تجمیع نظرات گروهی تصمیم‌گیران با روش بردا
(طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۵)	۱۳۹۵	IAHP/DEA	استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بازه‌ای برای وزن دهی معیارها و استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کیفی پیمانکاران و حذف گزینه‌های ناکارآمد از فرایند انتخاب
(گیتی‌نورد و همکاران، ۱۳۹۶)	۱۳۹۶	hesitant fuzzy preference selection index	تصمیم‌گیری گروهی با در نظر گرفتن ریسک‌پذیری مختلف تصمیم‌گیران و تعیین وزن آن‌ها با برنامه‌ریزی توافقی و استفاده از مجموعه‌های فازی تردیدی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و محاسبه شاخص انتخاب ارجحیت فازی تردیدی برای انتخاب گزینه مناسب با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارها
(میرسلیمانی و مهرنو، ۱۳۹۸)	۱۳۹۸	Fuzzy VIKOR	برای رتبه‌بندی و وزن‌دهی معیارها از روش‌های دیمتل و فرایند تحلیل شبکه فازی و برای رتبه‌بندی پیمانکاران از ویکور فازی
مطالعه حاضر	۱۳۹۹	VIKOR	تجمیع معیارهای ارزیابی کیفی با معیار قیمت برای انتخاب نهایی پیمانکار با روش ویکور

خصوص انتخاب و وزن‌دهی معیارها کسب کرده‌اند و آشنایی کافی با فرایند آن دارند.

ب) افزودن معیار قیمت پیشنهادی به‌مثابه معیاری در میان معیارهای دیگر برای ارزیابی و انتخاب پیمانکار.

ج) استفاده از روش ویکور برای رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکار به‌دلیل سادگی و وسعت کاربرد آن در زمینه‌های مشابه و مزایای آن نسبت به روش‌های دیگر در بهینه‌سازی فرایند انتخاب پیمانکار و نزدیکی به جواب ایده‌آل.

در بخش بعدی، روش تحقیق ارائه می‌شود و سپس با یک مثال عددی، کاربرد آن در عمل و نیز میزان تأثیر معیار قیمت پیشنهادی در رتبه‌بندی پیمانکاران و بازه‌های ثبات معیارهای مختلف تحلیل می‌شود.

۳- روش تحقیق

۳-۱- کلیات

هدف مطالعه حاضر عبارت از کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای تغییر پارادایم انتخاب پیمانکار در ایران است که در حال حاضر با روش سنتی کم‌ترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد. در این راستا روشی اتخاذ می‌شود که از یک سو متکی به رویه‌های موجود و عناصری از روش سنتی است که سال‌های متمادی در سازمان‌های کارفرمایی کشور مورداستفاده قرار گرفته و از سوی دیگر به‌جای انتخاب پیمانکار با تنها معیار قیمت پیشنهادی، تصمیم‌گیری براساس معیارهای متعدد برمبنای مقتضیات پروژه و الزامات کارفرما انجام می‌گیرد. بنابراین انتظار می‌رود که از یک‌سو تغییرات پیشنهادی با مقاومت کم‌تری از سوی سازمان‌های کارفرمایی مواجه شود و از سوی دیگر معیارهایی برای انتخاب پیمانکار مورداستفاده قرار گیرند که در مجموع، احتمال موفقیت پروژه را ارتقاء داده و ریسک واگذاری پروژه به پیمانکار نامناسب را کاهش دهند. مراحل کلی روش پیشنهادی به‌شرح زیر است:

۱) تعیین معیارهای ارزیابی پیمانکار توسط کارفرما یا مشاور پروژه براساس مقتضیات پروژه یا الزامات کارفرما و تعیین اهمیت یا وزن معیارها در کنار معیار قیمت پیشنهادی. برای این منظور می‌توان از آیین‌نامه ارزیابی کیفی پیمانکاران استفاده کرد و یا از برخی روش‌های شناخته‌شده مانند تحلیل سلسه مراتبی (AHP) یا روش بهترین- بدترین (BWM) در وزن‌دهی معیارها استفاده نمود. بدیهی است مجموع وزن معیارهای منتخب با لحاظ وزن معیار قیمت پیشنهادی، برابر ۱/۰ خواهد بود.

همان‌طور که اشاره شد در ایران انتخاب پیمانکار و واگذاری قرارداد به پیمانکار منتخب، برمبنای کم‌ترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد و برای تغییر این وضعیت باید روش‌هایی را پیشنهاد نمود که گذار از سیستم تک‌معیاره به سیستم چندمعیاره به‌صورت تدریجی و با حفظ عناصری از سیستم قبلی صورت گیرد. در این راستا، در مقاله حاضر روشی برای ارزیابی پیمانکاران و انتخاب آن‌ها ارائه شده است که مبانی انتخاب آن را به شرح زیر می‌توان توضیح داد:

۱) معیارهای ارزیابی پیمانکاران در این روش براساس آیین‌نامه اجرایی بند (ج) ماده ۱۲ قانون مناقصات کشور تعیین و وزن‌دهی می‌شود با این تفاوت که معیار «قیمت پیشنهادی» نیز به‌عنوان یک معیار الزامی به فهرست معیارها افزوده می‌شود. یادآوری می‌شود که آیین‌نامه مذکور برای ارزیابی کیفی پیمانکاران به‌کار می‌رود و در این مقاله جایگاه آن از فاز ارزیابی کیفی به فاز نهایی مناقصه آورده شده است. به- عبارت دیگر هیچ تغییر اساسی در نحوه انتخاب معیارها و وزن‌دهی آن‌ها توسط کمیته تصمیم‌گیرنده کارفرما داده نمی‌شود و فقط یک معیار دیگر (قیمت) افزوده می‌شود.

۲) امتیازات پیمانکاران نسبت به هر یک از معیارهای منتخب، براساس مفاد و سیستم امتیازدهی آیین‌نامه مذکور تعیین می‌شود. امتیاز معیار «قیمت پیشنهادی» هر پیمانکار نیز معادل رقم پیشنهادی وی خواهد بود.

۳) پیمانکاران صلاحیت‌دار طبق رتبه‌بندی سازمان برنامه‌وبودجه (لیست بلند)، به‌صرف داشتن رتبه متناسب با پروژه مورد مناقصه و ارائه مدارک اطلاعات عملکردی و قیمت پیشنهادی خود، می‌توانند در مرحله پایانی مناقصات رقابت کنند.

۴) با توجه به این‌که در اکثر مناقصات به‌طور عام هیچ پیمانکاری حائز جميع شرایط بهینه برای اجرای پروژه نیست لذا از یک روش تصمیم‌گیری مبتنی بر راه‌حل سازشی^{۱۶} که بتواند معیارهای نامتجانس^{۱۷} و نیز معیارهای نفعی^{۱۸} و هزینه‌ای^{۱۹} را هم‌زمان در نظر بگیرد برای رتبه‌بندی پیمانکاران استفاده می‌شود.

بنابراین نوآوری مطالعه حاضر را می‌توان به‌طور خلاصه به شرح زیر بیان نمود:

الف) استفاده از معیارهای ارزیابی کیفی پیمانکاران و روش انتخاب و وزن‌دهی آن‌ها در مقررات جاری به‌عنوان معیارهای تصمیم‌گیری انتخاب نهایی پیمانکار. شایان‌ذکر است که مزیت این رویکرد آن است که کارفرمایان بخش دولتی و عمومی در طی سالیان متمادی تجربه زیادی در

18. Benefit
19. Cost

16. Compromise solution
17. Non-commensurable

در این مقاله برای بررسی امکان کاربرد روش پیشنهادی در عمل، یک مثال تشریحی از یک مناقصه که در سال‌های گذشته برگزار شده است، ارائه می‌شود و نتایج به‌دست‌آمده با روش پیشنهادی، با مناقصه واقعی مقایسه می‌شود. برای فراهم کردن امکان مقایسه، در گام اول و دوم روش پیشنهادی از اطلاعات مناقصه واقعی استفاده می‌شود و با افزودن معیار قیمت پیشنهادی به فهرست معیارهای منتخب و تخصیص وزن‌های مختلف به آن، تغییرات رتبه‌بندی پیمانکاران با دو روش ویکور و تاپسیس بررسی می‌شود و در نهایت با انجام یک تحلیل حساسیت و مقایسه نتایج با اطلاعات عملکردی پیمانکاران، مدل پیشنهادی اعتبارسنجی می‌شود.

- ۲) تعیین گزینه‌ها یا پیمانکاران داوطلب با برگزاری فراخوان انتخاب پیمانکار از بین پیمانکاران صلاحیت‌دار فهرست بلند سازمان برنامه‌بودجه.
- ۳) تعیین امتیاز یا عملکرد پیمانکاران نسبت به معیارهای منتخب براساس اسناد ارائه‌شده و بررسی‌های صورت گرفته و تشکیل ماتریس تصمیم.
- ۴) تعیین رتبه‌بندی پیمانکاران شرکت‌کننده در فراخوان با کمک روش ویکور و تعیین اصلح‌ترین پیمانکار و انعقاد قرارداد.

در

شکل شکل (۱) مقایسه روش سنتی و روش پیشنهادی برای تغییر پارادایم مناقصات در ایران، نشان داده شده است.



شکل ۱- مقایسه روش سنتی و روش پیشنهادی برای تغییر پارادایم مناقصات در ایران

برای رتبه‌بندی استفاده (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۴). معمولاً در شرایط وجود معیارهای متناقض، راه‌حل سازشی بر راه‌حل بهینه ترجیح داده می‌شود (Vahdani و همکاران، ۲۰۱۳). این روش به سال ۱۹۹۸ میلادی توسط اوپریکوویچ^{۲۱} برای بهینه‌سازی چندمعیاره سیستم‌های مرکب توسعه داده شد. این روش، نوعی

۲-۳- روش ویکور

روش ویکور (VIKOR) برای رتبه‌بندی مجموعه‌ای از گزینه‌ها در شرایط وجود معیارهای متناقض (مانند قیمت و کیفیت) و نامتجانس (دارای دیمانسین^{۲۰} یا واحدهای غیرهمسان) به کار می‌رود و از مقیاس ویژه‌ای موسوم به «نزدیکی» به جواب «ایده‌آل»

که در آن‌ها، w_j وزن معیار j -ام می‌باشد.

۳. محاسبه مقادیر Q_i ، $(i=1,2,...,m)$ از رابطه زیر:

$$Q_i = \frac{v(S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (5)$$

که در آن:

$$S^* = \min_i S_i, \quad S^- = \max_i S_i \quad (6)$$

$$R^* = \min_i R_i, \quad R^- = \max_i R_i \quad (7)$$

و مقدار v به‌عنوان وزن استراتژی «اکثریت معیارها» (یا «حداکثر سودمندی گروهی») معرفی می‌شود و در اینجا برابر 0.5 در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن v به‌عنوان وزن استراتژی اکثریت معیارها، $(1-v)$ وزن استراتژی «تأسف فردی» می‌گردد. با در نظر گرفتن مقدار 0.5 برای این ضریب درواقع توافق و تعادلی بین این دو استراتژی برقرار می‌شود.

۴. رتبه‌بندی گزینه‌ها برحسب مقادیر S و Q ، به‌ترتیب صعودی (کم‌تر، بهتر) که حاصل این رتبه‌بندی، سه لیست مجزای رتبه‌بندی می‌شود.

۵. تعیین گزینه راه‌حل سازشی که از نظر کمیت Q بهترین (کمینه) است به شرطی که دو شرط زیر برقرار باشد:

شرط ۱) «مزیت مقبول»^{۲۴}: اگر A' و A'' به‌ترتیب، گزینه‌های رتبه اول و دوم برحسب کمیت Q باشند، رابطه زیر برقرار باشد:

$$Q(A'') - Q(A') \geq DQ \quad (8)$$

که در آن $DQ=1/(m-1)$.

ضمناً برای $m \leq 4$ ، $DQ=0.25$ است (Tzeng و همکاران، ۲۰۰۲؛ Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۲).

شرط ۲) «ثبات مقبول در تصمیم‌گیری»^{۲۴}: گزینه A' از نظر پارامترهای S یا R نیز دارای بهترین رتبه باشد.

اگر یکی از شرایط فوق برقرار نباشد، آنگاه مجموعه‌ای از راه-

حل‌های سازشی مطرح می‌شود که عبارت‌اند از:

- گزینه‌های A' و A'' ، اگر فقط شرط ۲ برقرار نباشد.
- گزینه‌های A' ، A'' ، $A^{(H)}$ ، اگر شرط ۱ برقرار نباشد و $A^{(H)}$ آخرین گزینه‌ای است که شرط ۱ در مورد آن برقرار نیست، یعنی: $DQ < Q(A^{(H)}) - Q(A')$ به‌ازای حداکثر H .

منظور از سازش، توافق حاصل از امتیازدهی متقابل است. به‌عبارت‌دیگر، گزینه سازشی انتخاب‌شده توسط تصمیم‌گیر ممکن است از نظر برخی معیارها وضعیت بهتری داشته باشد اما از نظر معیارهای دیگر وضعیت بدتری داشته باشد اما در کل، اما در کل فاصله آن از راه‌حل ایده‌آل که درواقع بین گزینه‌ها وجود ندارد، کم‌ترین فاصله را تشکیل می‌دهد. مجموعه راه‌حل‌های سازشی

دسته‌بندی یا رتبه‌بندی مبتنی بر مصالحه یا سازش با رویکرد بیشینه‌سازی مطلوبیت گروهی و کمینه‌سازی زیان یا تأسف فردی^{۲۴} بوده و ابزاری قدرتمند برای تصمیم‌گیری چندمعیاره و مواجهه با مشکلات زیر است:

(۱) در شرایطی که تصمیم‌گیران قادر به تعیین دقیق ترجیحات خود نیستند؛

(۲) در شرایطی که معیارهای ارزیابی متناقض یا نامتجانس هستند؛

(۳) در شرایطی که تصمیم‌گیران در مواجهه با تناقض، می‌توانند راه‌حل سازشی را بپذیرند؛

(۴) تصمیم‌گیرنده تمایل به تأیید راه‌حلی دارد که به ایده‌آل نزدیک‌تر است؛

(۵) یک رابطه خطی بین هر تابع معیار و مطلوبیت تصمیم‌گیرنده وجود دارد؛

(۶) گزینه‌ها نسبت به تمام معیارهای تعیین‌شده، ارزیابی و برآورد شوند؛

(۷) ترجیحات تصمیم‌گیرنده به‌واسطه وزن‌دهی معیارها بیان شوند (Fei و همکاران، ۲۰۱۹؛ Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۷).

۳-۲-۱- مراحل روش ویکور

رتبه گزینه- i ام، A_i ($i=1,2,...,m$)، نسبت به معیار j -ام، G_j را با x_{ij} نشان می‌دهیم. m تعداد گزینه‌ها (یا پیمانکاران در این مطالعه) و n تعداد معیارهای ارزیابی می‌باشد. درنتیجه، ماتریس تصمیم مطابق رابطه (۱) تشکیل می‌شود. الگوریتم روش ویکور به‌شرح زیر است (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۴):

$$A = [x_{ij}] = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

۱. تعیین بهترین و بدترین مقادیر برای هر معیار که به‌ترتیب با f_j^+ و f_j^- نشان داده می‌شوند. به‌عنوان مثال اگر معیار از نوع نفعی و مثبت باشد، (هرچه بیشتر، بهتر)، در آن صورت:

$$f_j^+ = \max_i x_{ij}, \quad f_j^- = \min_i x_{ij} \quad (2)$$

۲. محاسبه مقادیر S_i و R_i ($i=1,2,...,m$) برای تمام گزینه‌ها طبق روابط زیر:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{w_j(f_j^+ - x_{ij})}{(f_j^+ - f_j^-)} \quad (3)$$

$$R_i = \max_j \left[\frac{w_j(f_j^+ - x_{ij})}{(f_j^+ - f_j^-)} \right] \quad (4)$$

۲۰۱۹؛ Hadidi و Khater، ۲۰۱۵؛ Chiang و همکاران، ۲۰۱۷؛ San Cristóbal، ۲۰۱۲؛ Polat، ۲۰۱۶) یا روش بهترین-بدترین (جاویدی صباغیان و همکاران، ۱۴۰۰؛ Naghizadeh Vardin و همکاران، ۲۰۲۱) و روش‌های دیگر نیز استفاده کرد.

جدول ۴- وزن معیارهای ارزیابی کیفی در مناقصه مثال تشریحی

معیار ارجاع کار	وزن
تجربه (سابقه اجرایی)	۰/۲۰
حسن سابقه در کارهای قبلی	۰/۱۰
توان مالی	۰/۲۰
توان تجهیزاتی	۰/۲۰
توان فنی و برنامه‌ریزی	۰/۲۰
بومی بودن	۰/۱۰

در پژوهش حاضر با توجه به این که فقط به موضوع رتبه‌بندی براساس معیارهای چندگانه با وزن مشخص پرداخته شده است، لذا به مسئله وزن‌دهی معیارها پرداخته نمی‌شود. معیارهای منتخب برای بازآفرینی مناقصه موردنظر با روش جدید به شرح زیر می‌باشد:

۱. قیمت پیشنهادی (C_1)
۲. تجربه (سابقه اجرایی) (C_2)
۳. حسن سابقه در کارهای قبلی (C_3)
۴. توان مالی (C_4)
۵. توان تجهیزاتی (C_5)
۶. توان فنی و برنامه‌ریزی (C_6)
۷. بومی بودن (C_7)

۴-۲- تحلیل

برای رتبه‌بندی پیمانکاران و تعیین گزینه یا پیمانکار برتر در روش ویکور، نیاز به وزن معیارهای ارزیابی و اطلاعات عملکردی پیمانکاران است. اطلاعات عملکردی پیمانکاران برای مثال موردنظر، از داده‌های موجود در اسناد مناقصه استخراج شد.

برای تعیین وزن معیارهای ارزیابی و ایجاد امکان مقایسه نتایج این تحقیق با مناقصه واقعی، برای معیار قیمت پیشنهادی که در مناقصه واقعی جزو معیارهای ارزیابی کیفی نبود، مقادیر مختلفی در نظر گرفته می‌شود و وزن معیارهای دیگر با توجه به شروط زیر تعیین می‌شود:

۱. تناسب بین معیارهای ارجاع کار طبق جدول (۴) حفظ شود.
 ۲. جمع وزن همه معیارها برابر یک باشد.
- به زبان ریاضی، برای هر مجموعه از معیارهای ارزیابی، روابط زیر برقرار باشد:

$$w_{C1} + w_{C2} + \dots + w_{C7} = 1 \quad (9)$$

می‌تواند مبنایی برای مذاکره در خصوص ترجیحات تصمیم‌گیران از نظر وزن معیارها قرار بگیرد.

۴- مثال تشریحی

برای اجرای مدل پیشنهادی به صورت یک مثال تشریحی در عمل، مناقصه یک پروژه مربوط به قطعه‌ای از کانال انتقال آب یکی از سدهای مهم کشور واقع در استان آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مناقصه به صورت فراخوان عمومی و مناقصه یک مرحله‌ای در سال‌های گذشته برگزار شده و قرارداد پروژه به پیمانکار حائز کم‌ترین قیمت پیشنهادی واگذار شده است. به جهت رعایت حریم خصوصی، از ذکر اطلاعات کامل پروژه و نیز نام پیمانکاران شرکت‌کننده در مرحله پایانی مناقصه خودداری می‌شود.

در مناقصه واقعی، ۲۰ شرکت مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته‌اند. از این تعداد، ۹ شرکت امتیاز ارزیابی کیفی را کسب کرده و در فهرست کوتاه برای دعوت به مناقصه قرار گرفته‌اند. سه شرکت دیگر قبل از خرید اسناد مناقصه، اعلام انصراف نموده و در نهایت پنج شرکت در مرحله پایانی شرکت کرده‌اند. در این مرحله، پاکت پیشنهاد قیمت یک شرکت دیگر به علت عدم رعایت موازین، گشوده نشده و در نهایت پاکت‌های چهار شرکت باقی‌مانده گشایش یافته و از بین چهار شرکت A, B, C, D شرکت C با کم‌ترین قیمت، برنده مناقصه اعلام شده است. در جدول (۳) قیمت‌های پیشنهادی چهار شرکت درج شده است.

جدول ۳- قیمت پیشنهادی مناقصه‌گران در مثال تشریحی

گزینه	قیمت پیشنهادی
A	ریال ۷۸۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
B	ریال ۱,۰۷۷,۱۹۵,۲۱۱,۲۹۹
C	ریال ۷۱۷,۱۳۵,۲۱۰,۸۵۵
D	ریال ۸۲۳,۶۳۹,۵۳۲,۲۱۴

۴-۱- معیارهای ارزیابی

در این مناقصه، از شش معیار تحت عنوان معیارهای ارجاع کار طبق آیین‌نامه اجرایی بند (ج) ماده ۱۲ قانون مناقصات برای ارزیابی کیفی مناقصه‌گران استفاده شده است. وزن این معیارها قبلاً توسط کارفرما وزن‌دهی شده و در اسناد مناقصه درج شده است (جدول (۴)).

با توجه به این که وزن‌دهی معیارها فرایندی کیفی و ذهنی است که توسط اعضای کمیته تصمیم‌گیری کارفرما انجام می‌گیرد، لذا برای انجام این کار می‌توان از روش‌هایی مانند روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (Fong و Choi، ۲۰۰۰؛ Topcu، ۲۰۰۴؛ Abdelrahman و همکاران، ۲۰۰۸؛ Morkunaite و همکاران،

سازشی در این بازه ثابت باقی بماند. آنگاه با استفاده از رابطه (۱۹)، بازه ثابت وزن معیار موردنظر را می‌توان به‌دست آورد (Opricovic و Tzeng، ۲۰۰۷).

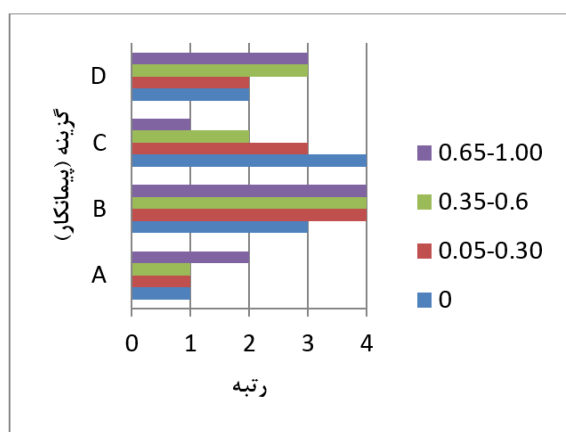
$$w'_i = \lambda w_i, \quad 0 \leq \lambda \leq \frac{1}{w_i} \quad (۱۶)$$

$$w'_k = \varphi w_k, k \neq i, k = 1, \dots, n. \quad (۱۷)$$

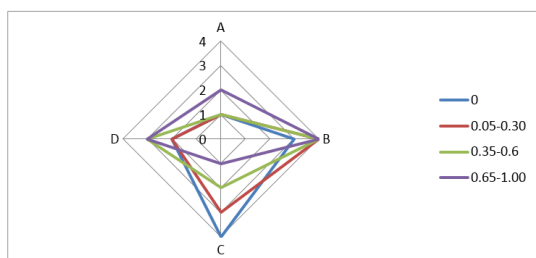
$$\varphi = \frac{1-\lambda w_i}{1-w_i} \quad (۱۸)$$

$$w_i^L \leq w'_i \leq w_i^U, \quad w_i^L = \lambda_1 w_i, w_i^U = \lambda_2 w_i \quad (۱۹)$$

نتایج این تحلیل در جدول (۸) درج شده است. در حالت سوم، تغییرات رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌ازای مقادیر مختلف وزن معیار قیمت پیشنهادی برحسب تغییرات ضریب ۷ فرمول (۵) بررسی شده است. نتایج این تحلیل در جدول (۹) نشان داده می‌شود که در آن گزینه یا گزینه‌های راه‌حل سازشی برحسب مقادیر مختلف ۷، به‌ازای وزن معیار قیمت پیشنهادی تعیین شده است.



شکل ۲- نمودار میله‌ای تغییرات رتبه پیمانکاران در بازه‌های مختلف وزن معیار قیمت پیشنهادی



شکل ۳- نمودار راداری تغییرات رتبه پیمانکاران در بازه‌های مختلف وزن معیار قیمت پیشنهادی

$$w_{c2} = 0.20 \times (1 - w_{c1}) \quad (۱۰)$$

$$w_{c3} = 0.10 \times (1 - w_{c1}) \quad (۱۱)$$

$$w_{c4} = 0.20 \times (1 - w_{c1}) \quad (۱۲)$$

$$w_{c5} = 0.20 \times (1 - w_{c1}) \quad (۱۳)$$

$$w_{c6} = 0.20 \times (1 - w_{c1}) \quad (۱۴)$$

$$w_{c7} = 0.10 \times (1 - w_{c1}) \quad (۱۵)$$

که در آن‌ها w_{cn} وزن معیار n -ام است. ضرایب طرف دوم روابط (۱۰ تا ۱۵) برابر وزن معیار ارجاع کار در جدول (۴) می‌باشد. بنابراین با داشتن وزن معیار «قیمت پیشنهادی» می‌توان وزن سایر معیارها را از روابط فوق به‌دست آورد. برای بررسی نقش معیار قیمت در انتخاب پیمانکار، مقادیر مختلفی برای وزن معیار قیمت پیشنهادی بین ۰ تا ۱ انتخاب و رتبه‌بندی پیمانکاران با روش ویکور تعیین می‌شود. در جدول (۵) ماتریس تصمیم و محاسبات مربوط به‌روش ویکور نشان داده شده است. با توجه به حجم زیاد محاسبات به‌ازای تمامی مقادیر وزن معیار قیمت پیشنهادی، محاسبات ویکور به‌عنوان نمونه فقط برای یک حالت (به‌ازای وزن قیمت پیشنهادی برابر ۰/۵۰) در جدول (۶) نشان داده شده است. در جدول (۶) مقادیر R و Q و رتبه‌بندی گزینه‌ها برای این حالت نشان داده شده است.

۴-۲-۱- تحلیل حساسیت

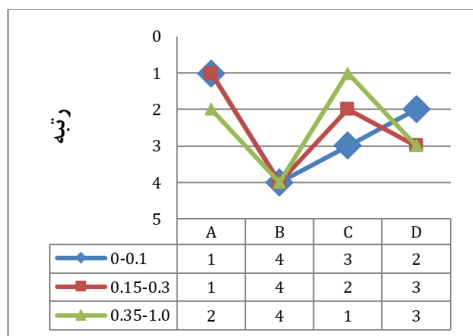
در این تحقیق، تحلیل حساسیت از سه جنبه انجام شده است. در حالت اول، مقادیر مختلفی بین ۰ تا ۱ برای وزن معیار «قیمت پیشنهادی» در نظر گرفته شده و با حفظ تناسب بین معیارهای دیگر نسبت به اوزان اولیه (روابط (۹) تا (۱۵))، رتبه‌بندی گزینه‌ها و گزینه‌های سازشی به‌دست‌آمده است. نتایج این تحلیل در جدول (۷) و شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است.

در حالت دوم، بازه ثابت (پایداری) 25 وزن معیارهای دیگر از معیار قیمت پیشنهادی، نسبت به وزن اولیه آن‌ها، به‌ازای مقادیر مختلفی از وزن معیار قیمت پیشنهادی (C_1) تعیین شده است. برای این منظور، به‌ازای هر مقدار اولیه وزن معیار قیمت پیشنهادی، هر بار یکی از معیارهای دیگر انتخاب و وزن آن با اعمال ضریب λ مطابق رابطه (۱۶)، تغییر داده می‌شود و وزن سایر معیارها (ازجمله معیار قیمت پیشنهادی) مطابق روابط (۱۷) و (۱۸) اصلاح می‌شود. با اجرای روش ویکور به‌ازای مقادیر مختلف پارامتر λ ، می‌توان بازه $\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2$ را به‌دست آورد که راه‌حل

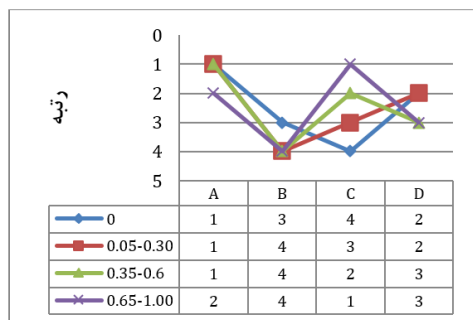
۳-۴- نتایج و بحث

پیشنهادی صورت گیرد که در این مثال گزینه یا پیمانکار C است. همچنین به‌ازای $w_{CI} \geq 0.8$ ، علی‌رغم این‌که گزینه C رتبه بالاتری نسبت به تمام گزینه‌ها دارد اما مزیت قابل‌توجهی نسبت به گزینه A نداشته و به همراه آن به‌عنوان دو گزینه سازشی مطرح می‌شوند. یادآوری می‌شود که در جدول (۷)، رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به مقادیر Q از رابطه (۵) و گزینه یا گزینه‌های سازشی با توجه به شروط ۱ و ۲ روش ویکور تعیین شده است.

برای مقایسه نتایج رتبه‌بندی گزینه‌ها با دو روش ویکور و تاپسیس، یک‌بار دیگر مقادیر عملکردی پیمانکاران در ماتریس تصمیم به‌ازای مقادیر مختلف وزن معیار قیمت پیشنهادی با روش تاپسیس تحلیل و رتبه‌بندی گزینه‌ها و گزینه برتر تعیین گردید. نتایج این تحلیل در جدول (۱۰) نشان داده شده است. روش تاپسیس رتبه‌بندی گزینه‌ها را با در نظر گرفتن هم‌زمان نزدیکی به جواب ایده‌آل و دوری از جواب ضداپایده‌آل پیدا می‌کند. همان‌طور که از نتایج جدول (۱۰) مشهود است، با اعمال روش تاپسیس در مثال تشریحی، گزینه C در دامنه وسیع‌تری از تغییرات وزن قیمت پیشنهادی، رتبه اول را کسب می‌کند ($w_{CI} \geq 0.35$). در شکل‌های (۴) و (۵) نتایج این دو تحلیل نشان داده شده است.



شکل ۴- رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش تاپسیس



شکل ۵- رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش ویکور

همان‌طور که از مقادیر عملکردی مندرج در ماتریس تصمیم (جدول (۵)) مشهود است، پیمانکار A از نظر معیارهای تجربه (C_2)، حسن سابقه در کارهای قبلی (C_3)، توان مالی (C_4) و توان

بررسی تغییرات رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به تغییرات وزن معیار قیمت پیشنهادی در جدول (۷) و شکل‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهد که اگر قیمت پیشنهادی به‌عنوان یکی از معیارهای ارزیابی پیمانکاران در نظر گرفته نشود ($w_{CI}=0$)، رتبه‌بندی گزینه‌ها به صورت $A > D > B > C$ خواهد بود که علاوه بر این‌که برتری آشکار گزینه A از نظر کلیه معیارها غیر از معیار قیمت پیشنهادی را نشان می‌دهد، همچنین حاکی از آن است که گزینه C از جهت همین معیارها بدترین (ضعیف‌ترین) وضعیت را در میان تمام گزینه‌ها دارد. با در نظر گرفتن یک وزن حداقلی برای معیار قیمت پیشنهادی ($w_{CI}=0.05$)، با توجه به تفاوت زیاد قیمت پیشنهادی پیمانکار B و پیمانکار C (جدول (۳))، بلافاصله گزینه C از جایگاه چهارم به جایگاه سوم صعود می‌کند. این وضعیت تا $w_{CI}=0.30$ حفظ می‌شود. با تخصیص وزن بیشتر برای معیار قیمت پیشنهادی ($w_{CI}=0.35$)، گزینه C به جایگاه دوم ارتقاء می‌یابد و این جایگاه را تا $w_{CI}=0.60$ حفظ می‌کند؛ درحالی‌که گزینه A همچنان در رتبه اول قرار دارد. با افزایش بیشتر وزن معیار قیمت پیشنهادی ($w_{CI} \geq 0.65$)، گزینه C به رتبه اول می‌رسد؛ گرچه از نظر روش ویکور، مزیت زیادی نسبت به گزینه‌هایی مانند A و D نداشته و به همراه یک یا دو تا از این گزینه‌ها به‌عنوان گزینه سازشی مطرح می‌شود (ستون آخر جدول (۷)).

شایان‌ذکر است که در مناقصه واقعی، با توجه به پایین بودن قیمت پیشنهادی پیمانکار C، قرارداد پروژه به پیمانکار C واگذار شده است. پیمانکار C گرچه حداقل نصاب امتیاز ارزیابی کیفی را به‌دست آورده است اما از نظر کلیه معیارهای مطرح در ارزیابی کیفی، ضعیف‌ترین پیمانکار در بین گزینه‌ها بوده است. بنابراین در سیستم سنتی انتخاب پیمانکار که بر یک معیار واحد (قیمت پیشنهادی) در مرحله نهایی انتخاب پیمانکار تأکید می‌شود، احتمال برنده‌شدن ضعیف‌ترین پیمانکار وجود دارد که ممکن است علت برخی از مشکلات پروژه و چه‌بسا عدم موفقیت پروژه باشد.

در جدول (۷)، ملاحظه می‌شود که به‌ازای $w_{CI} \leq 0.4$ ، گزینه A نسبت به بقیه گزینه‌ها برتری مطلق دارد و در این محدوده تنها راه‌حل سازشی است. به‌ازای $w_{CI}=0.45$ ، با این‌که گزینه A همچنان بالاترین رتبه را دارد اما نسبت به گزینه C مزیت زیادی ندارد و همراه آن به‌عنوان دو راه‌حل سازشی مطرح می‌شوند. به‌ازای $0.50 \leq w_{CI} \leq 0.75$ ، گزینه D نیز که حائز رتبه سوم است، به‌عنوان گزینه سازشی در کنار دو گزینه دیگر قرار می‌گیرد. در چنین شرایطی، کارفرما با توجه به برخی جنبه‌های فرعی‌تر می‌تواند بین آن‌ها انتخاب کند. با این حال با توجه به اهمیت معیار قیمت برای بسیاری از کارفرمایان، در چنین مواقعی، انتخاب بین گزینه‌های سازشی می‌تواند با توجیه‌پذیری بالا، بر مبنای معیار قیمت

$$\rho = (w^U - w^L)/w_i \quad (20)$$

به‌ازای حداکثر دامنه ثبات یعنی ρ_{max} در رابطه فوق، خواهد بود. بنابراین مقادیر کم‌تر از $1/w_i$ برابر $w^U - w^L = 1$ این مقدار، بازه‌های حساس وزن معیارها را نشان می‌دهد که در همچنین با توجه به این که در این مطالعه از معیارهای مطرح در آیین‌نامه اجرایی ارزیابی کیفی مناقصه‌گران استفاده شده، لذا از سیستم امتیازدهی خاص این آیین‌نامه برای تعیین داده‌های عملکردی پیمانکاران در ماتریس تصمیم استفاده شده است و به همین جهت ممکن است وزن‌دهی به معیارها با دقت زیادی قابل انجام نباشد. در مطالعات آتی می‌توان از معیارهایی با واحدهای اندازه‌گیری (سویگان) ملموس‌تر استفاده کرد که علاوه بر انطباق معیارها با ویژگی‌های پروژه و الزامات کارفرما، فرایند وزن‌دهی معیارها نیز با دقت بیشتری صورت گیرد.

جدول به‌صورت نوارهای خاکستری مشخص شده‌اند.

تجهیزاتی (C_5) نسبت به همه پیمانکاران دیگر برتری نسبی دارد اما به‌دلیل این که پیمانکار بومی نیست، از نظر معیار بومی بودن (C_7)، دارای یک نقطه‌ضعف است، همچنین پیمانکار B از نظر توان فنی و برنامه‌ریزی نسبت به پیمانکار A برتری دارد. این موضوع در جدول (۱۰) به‌صورت محدودیت بازه ثبات معیارهای «بومی بودن» و «توان فنی و برنامه‌ریزی» خود را نشان می‌دهد: در شرایطی که وزن معیار قیمت پیشنهادی، پایین باشد (کم‌تر از $0/6$)، بازه ثبات معیار بومی بودن (C_7) نسبت به بازه ثبات معیارهای دیگر محدودتر است. به‌خصوص، اگر وزن معیار قیمت پیشنهادی برابر صفر باشد، بازه ثبات وزن معیار C_7 ، $(0.0, 0.18)$ است درحالی‌که وزن معیارهای C_2 تا C_5 می‌توانند هر مقداری بین $(0, 1)$ بگیرند بی آن که رتبه برتر گزینه A تحت تأثیر قرار بگیرد. برای معیار C_6 ، این بازه $(0.0, 0.58)$ است که با توجه به تفوق نسبی گزینه B نسبت به گزینه A در این معیار، قابل توجیه است.

جهت مشاهده بهتر حساسیت وزن معیارها، داده‌های جدول (۸) را به‌صورت نسبت دامنه ثبات بر وزن اولیه معیار مطابق رابطه زیر در جدول (۱۱) بازنویسی می‌کنیم.

جدول ۵- ماتریس تصمیم و محاسبات روش ویکور مثال تشریحی

گزینه‌ها ▼	$C_1 (-)$	$C_2 (+)$	$C_3 (+)$	$C_4 (+)$	$C_5 (+)$	$C_6 (+)$	$C_7 (+)$
A	$7/82E+11$	۷۰	۷۵	۱۰۰	$84/55$	۸۰	۰
B	$1/08E+12$	۵۰	۶۵	۷۲	$36/25$	۸۵	۱۰۰
C	$7/17E+11$	۶۰	۶۵	۴۵	$70/45$	۷۰	۱۰۰
D	$8/24E+11$	۶۵	۶۵	۱۰۰	$78/05$	۶۸	۰
f^+	$7/17E+11$	۷۰	۷۵	۱۰۰	$84/55$	۸۵	۱۰۰
f^-	$1/08E+12$	۵۰	۶۵	۴۵	$36/25$	۶۸	۰
W_j	۰/۵۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۵۰	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۵۰
A	۰/۰۹۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹۴	۰/۰۵۰
B	۰/۵۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰۹	۰/۱۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
C	۰/۰۰۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۱۰۰	۰/۰۲۹۲	۰/۰۸۸۲	۰/۰۰۰
D	۰/۱۴۷۹	۰/۰۲۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳۵	۰/۱۰۰	۰/۰۵۰

جدول ۶- محاسبه مقادیر S, R, Q و بررسی شروط ۱ و ۲ برای تعیین راه‌حل سازشی در مثال تشریحی به‌ازای $w_{ei}=0.50$

رتبه برحسب Q	رتبه برحسب S	رتبه برحسب R	بررسی شرط ۱	بررسی شرط ۲	راه‌حل‌های سازشی
۱	۱	۱	$Q(A'')-Q(A')=0/1292 < DQ(=0/25)$	$Rank(A')_S=1$	A
۴	۴	۴	Check: Not OK	$Rank(A')_R=1$	A, C, D
۲	۲	۲	$Q(A''')-Q(A')=0/2422 < DQ(=0/25)$	check: OK	C

۱	۳	۳	۳	۱۱۱۱۱	۱۱۱۱۱	۱۱۱۱۱	D
Check: Not OK							
$Q(A''')-Q(A)=1/1000>DQ(=0/25)$							
Check: OK							

۰/۹	۳	۱	۴	۲	۰/۹
۰/۹۵	۳	۱	۴	۲	۰/۹۵
۱	۳	۱	۴	۲	۱

در جدول (۱۱) مشاهده می‌شود، تا زمانی که گزینه برتر پیمانکار A است ($w_{c1} \leq 0.60$)، وزن معیارهای C_2 تا C_5 می‌توانند تمام مقادیر مجاز خود را اتخاذ کنند بی آن‌که برتری گزینه A تحت تأثیر قرار بگیرد؛ چراکه گزینه A در این معیارها نسبت به تمام گزینه‌های دیگر برتری دارد. اما به محض این‌که گزینه برتر به دلیل افزایش وزن معیار قیمت پیشنهادی از گزینه A به گزینه C تبدیل می‌شود، وزن معیارهای C_2 تا C_5 حساسیت زیادی کسب می‌کنند و با افزایش وزن معیار قیمت پیشنهادی، به تدریج این حساسیت کمتر می‌شود.

در مورد معیار C_6 (توان فنی و برنامه‌ریزی)، با توجه به برتری گزینه B نسبت به پیمانکار A در این معیار، به‌ازای مقادیر پایین برای وزن معیار قیمت پیشنهادی ($w_{c1} \leq 0.30$)، وزن این معیار حساسیت بیشتری دارد و افزایش مقدار آن خارج از بازه ثبات، می‌تواند گزینه A را از موقعیت خود به‌عنوان گزینه برتر، خارج کند. همین وضعیت در حالتی‌که گزینه C به گزینه برتر تبدیل می‌شود ($0.65 \leq w_{c1} \leq 0.80$)، با حساسیت بیشتری تکرار می‌شود چراکه پیمانکار B نسبت به پیمانکار C، از نظر توان فنی و برنامه‌ریزی، امتیاز باز هم بیشتری دارد و به همان ترتیب با افزایش وزن معیار قیمت پیشنهادی، این حساسیت به تدریج کمتر می‌شود؛ چراکه پیمانکار C از نظر قیمت پیشنهادی، برترین گزینه می‌باشد. تحلیل حساسیت رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به تغییرات ضریب γ (جدول (۹)) نشان می‌دهد که اولاً در این مناقصه رقابت اصلی بین گزینه‌های A و C است؛ ثانیاً، با افزایش مقدار این ضریب، گزینه A به‌ازای مقادیر بیشتری از معیار قیمت پیشنهادی، در جایگاه رتبه اول قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال اگر $\gamma=0.1$ ، گزینه A در محدوده $0.0 \leq w_{c1} \leq 0.50$ رتبه اول را دارد.

با افزایش این رقم ۰/۵، گزینه A در محدوده بزرگ‌تری رتبه اول را دارد ($0.0 \leq w_{c1} \leq 0.60$) و با افزایش بیشتر ضریب γ به رقم ۰/۹، گزینه A، در محدوده باز هم بزرگ‌تری رتبه اول را کسب می‌کند ($0.0 \leq w_{c1} \leq 0.70$). با افزایش محدوده رتبه اولی گزینه A، محدوده متناظر گزینه C تنگ‌تر می‌شود. علت این امر آن است که ضریب γ در روش ویکور نشانگر میزان اهمیت استراتژی اکثریت معیارها است. با مقایسه مقادیر عملکردی یا امتیازات گزینه‌های A

جدول ۷- تغییرات رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به تغییرات وزن معیار قیمت پیشنهادی پیمانکاران در مثال تشریحی

وزن معیار قیمت پیشنهادی	رتبه‌بندی گزینه‌ها				راه‌حل (های) سازشی
	D	C	B	A	
۰	۲	۴	۳	۱	۰
۰/۰۵	۲	۳	۴	۱	۰/۰۵
۰/۱	۲	۳	۴	۱	۰/۱
۰/۱۵	۲	۳	۴	۱	۰/۱۵
۰/۲	۲	۳	۴	۱	۰/۲
۰/۲۵	۲	۳	۴	۱	۰/۲۵
۰/۳	۲	۳	۴	۱	۰/۳
۰/۳۵	۳	۲	۴	۱	۰/۳۵
۰/۴	۳	۲	۴	۱	۰/۴
۰/۴۵	۳	۲	۴	۱	۰/۴۵
۰/۵	۳	۲	۴	۱	۰/۵
۰/۵۵	۳	۲	۴	۱	۰/۵۵
۰/۶	۳	۲	۴	۱	۰/۶
۰/۶۵	۳	۱	۴	۲	۰/۶۵
۰/۷	۳	۱	۴	۲	۰/۷
۰/۷۵	۳	۱	۴	۲	۰/۷۵
۰/۸	۳	۱	۴	۲	۰/۸
۰/۸۵	۳	۱	۴	۲	۰/۸۵
۰/۹	۳	۱	۴	۲	۰/۹
۰/۹۵	۳	۱	۴	۲	۰/۹۵
۱	۳	۱	۴	۲	۱

جدول ۸- نتایج رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش تاپسیس به‌ازای مقادیر مختلف وزن معیار قیمت پیشنهادی

وزن معیار قیمت پیشنهادی	رتبه‌بندی گزینه‌ها				گزینه برتر
	D	C	B	A	
۰	۲	۳	۴	۱	۰
۰/۰۵	۲	۳	۴	۱	۰/۰۵
۰/۱	۲	۳	۴	۱	۰/۱
۰/۱۵	۳	۲	۴	۱	۰/۱۵
۰/۲	۳	۲	۴	۱	۰/۲
۰/۲۵	۳	۲	۴	۱	۰/۲۵
۰/۳	۳	۲	۴	۱	۰/۳
۰/۳۵	۳	۱	۴	۲	۰/۳۵
۰/۴	۳	۱	۴	۲	۰/۴
۰/۴۵	۳	۱	۴	۲	۰/۴۵
۰/۵	۳	۱	۴	۲	۰/۵
۰/۵۵	۳	۱	۴	۲	۰/۵۵
۰/۶	۳	۱	۴	۲	۰/۶
۰/۶۵	۳	۱	۴	۲	۰/۶۵
۰/۷	۳	۱	۴	۲	۰/۷
۰/۷۵	۳	۱	۴	۲	۰/۷۵
۰/۸	۳	۱	۴	۲	۰/۸
۰/۸۵	۳	۱	۴	۲	۰/۸۵

[illegible]

گزینه برتر ▼	بازه ثبات (پایداری) رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به مقادیر اولیه وزن معیارها																		
	C7			C6			C5			C4			C3			C2			معیار ▶
	w^U	w^L	وزن اولیه	w^U	w^L	وزن اولیه	w^U	w^L	وزن اولیه	w^U	w^L	وزن اولیه	w^U	w^L	وزن اولیه	w^U	w^L	وزن اولیه	وزن معیار قیمت پیشنهادی ▼ (C1)
A	۰/۱۸۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۵۸۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۳۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۲۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۲۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۲۰۰	۰/۰۰
A	۰/۱۷۱۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۵	۰/۵۸۹۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۹۰	۰/۹۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۹۰	۰/۹۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۹۰	۰/۹۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۵	۰/۹۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۹۰	۰/۰۵
A	۰/۱۶۲۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۰	۰/۵۹۴۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۸۰	۰/۹۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۸۰	۰/۹۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۸۰	۰/۹۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۰	۰/۹۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۸۰	۰/۱۰
A	۰/۱۵۳۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۸۵	۰/۵۹۵۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۷۰	۰/۸۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۷۰	۰/۸۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۷۰	۰/۸۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۸۵	۰/۸۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۷۰	۰/۱۵
A	۰/۱۶۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۶۰۸۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۶۰	۰/۸۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۶۰	۰/۸۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۶۰	۰/۸۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۸۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۶۰	۰/۲۰
A	۰/۱۷۲۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۷۵	۰/۶۱۵۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۵۰	۰/۷۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۵۰	۰/۷۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۵۰	۰/۷۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۷۵	۰/۷۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۵۰	۰/۲۵
A	۰/۱۶۸۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۷۰	۰/۶۳۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۴۰	۰/۷۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۴۰	۰/۷۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۴۰	۰/۷۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۷۰	۰/۷۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۴۰	۰/۳۰
A	۰/۱۶۲۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۵	۰/۶۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۳۰	۰/۶۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۳۰	۰/۶۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۳۰	۰/۶۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۵	۰/۶۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۳۰	۰/۳۵
A	۰/۱۵۶۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۰	۰/۶۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۲۰	۰/۶۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۲۰	۰/۶۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۲۰	۰/۶۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۰	۰/۶۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۲۰	۰/۴۰
A	۰/۱۴۳۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۵۵	۰/۵۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۱۰	۰/۵۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۱۰	۰/۵۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۱۰	۰/۵۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۵۵	۰/۵۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۱۰	۰/۴۵
A	۰/۱۲۵۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۵۰	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۵۰	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۵۰
A	۰/۱۱۲۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۴۵	۰/۴۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۰	۰/۴۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۰	۰/۴۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۰	۰/۴۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۴۵	۰/۴۵۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۰	۰/۵۵
A	۰/۰۸۴۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۴۰	۰/۴۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۴۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۴۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۸۰							

ارزیابی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی، مطالعه پروژه‌های عمرانی استان خراسان جنوبی"، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تبریز، ۱۴۰۰، ۵۱ (۴)، ۱۱-۲۲.

زارع مهرجردی ی، مومنی ح ا، برقی ش، "الگوی ارزیابی و انتخاب پیمانکاران در پروژه‌های پتروشیمی، رویکرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری- تکنیک بردا"، کاوش‌های مدیریت بازرگانی، ۱۳۸۹، ۲ (۳)، ۲۷-۵۰.

گیتی‌نورد ح، موسوی س م، وحدانی ب، قادری ح، "روش تصمیم‌گیری جدید بر مبنای شاخص انتخاب ارجحیت فازی تردیدی برای انتخاب پیمانکار در صنعت ساخت‌وساز"، مطالعات مدیریت صنعتی، ۱۳۹۶، ۱۵ (۴۵)، ۱۲۱-۱۴۴.

میرسلیمانی م، مهرنوح، "کاربرد تکنیک ترکیبی دیمتل و فرایند تحلیل شبکه و ویکور در محیط فازی جهت ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران"، مجله نخبگان علوم و مهندسی، ۱۳۹۸، ۴ (۴)، ۹۵-۱۰۸.

Abdelrahman M, Zayed T, Elyamany A, "Best-Value Model Based on Project Specific Characteristics", Journal of Construction Engineering and Management, 2008, 134, 179-188.

Alptekin O, Alptekin N, "Analysis of criteria influencing contractor selection using TOPSIS Method", 2017, IOP Publishing, 062003.

Assaf SA, Al-Hejji S, "Causes of delay in large construction projects", International Journal of Project Management, 2006, 24, 349-357.

Azizi E, Javanshir H, Jafari D, Ebrahimnejad S, "Presenting an integrated BWM-VIKOR-based approach for selecting suppliers of raw materials in the supply chain with emphasis on agility and flexibility criteria (Case study: Saipa corporation)", Scientia Iranica, 2019, 26, 2601-2614.

Baloi D, Price AD, "Modelling global risk factors affecting construction cost performance", International Journal of Project Management, 2003, 21, 261-269.

Brauers WKM, Zavadskas EK, Turskis Z, Vilutienė T, "Multi-objective contractor's ranking by applying the Moora method", Journal of Business Economics and Management, 2008, 9, 245-255.

Cheng EWL, Li H, "Contractor selection using the analytic network process", Construction Management and Economics, 2004, 22, 1021-1032.

Cheng MY, Yeh SH, Chang WC, "Multi-criteria decision making of contractor selection in mass rapid transit station development using bayesian fuzzy prospect model", Sustainability, 2020, 12.

Chiang FY, F. Yu V, Luarn P, "Construction Contractor Selection in Taiwan Using AHP", International Journal of Engineering and Technology, 2017, 9, 211-215.

Darvish M, Yasaei M, Saeedi A, "Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking", International Journal of Project Management, 2009, 27, 610-619.

Ebrahimnejad S, Mousavi SM, Tavakkoli-Moghaddam R, Hashemi H, Vahdani B, "A novel two-phase group decision making approach for construction project

همچنین با توجه به این‌که در این مطالعه از معیارهای مطرح در آیین‌نامه اجرایی ارزیابی کیفی مناقصه‌گران استفاده شده، لذا از سیستم امتیازدهی خاص این آیین‌نامه برای تعیین داده‌های عملکردی پیمانکاران در ماتریس تصمیم استفاده شده است و به همین جهت ممکن است وزن‌دهی به معیارها با دقت زیادی قابل انجام نباشد. در مطالعات آتی می‌توان از معیارهایی با واحدهای اندازه‌گیری (سویگان) ملموس‌تر استفاده کرد که علاوه بر انطباق معیارها با ویژگی‌های پروژه و الزامات کارفرما، فرایند وزن‌دهی معیارها نیز با دقت بیشتری صورت گیرد.

جدول ۱۱- نسبت دامنه ثابت بر وزن اولیه معیارها

$\rho = (w^U - w^L) / w_i$							
WC1 ▼	C7	C6	C5	C4	C3	C2	WC1 ▼
۰/۰۰	۱/۸	۲/۹	۵	۵	۱۰	۵	۰/۰۰
۰/۰۵	۱/۸	۳/۱	۵	۵	۱۰	۵	۰/۰۵
۰/۱۰	۱/۸	۳/۳	۵	۵	۱۰	۵	۰/۱۰
۰/۱۵	۱/۸	۳/۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۱۵
۰/۲۰	۲	۳/۸	۵	۵	۱۰	۵	۰/۲۰
۰/۲۵	۲/۳	۴/۱	۵	۵	۱۰	۵	۰/۲۵
۰/۳۰	۲/۴	۴/۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۳۰
۰/۳۵	۲/۵	۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۳۵
۰/۴۰	۲/۶	۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۴۰
۰/۴۵	۲/۶	۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۴۵
۰/۵۰	۲/۵	۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۵۰
۰/۵۵	۲/۵	۵	۵	۴/۹	۱۰	۵	۰/۵۵
۰/۶۰	۲/۱	۴/۹	۵	۴/۴	۱۰	۵	۰/۶۰
۰/۶۵	۹/۱	۱/۱	۱/۳	۱	۱/۱	۱/۲	۰/۶۵
۰/۷۰	۱۰	۱/۶	۳/۵	۱/۴	۲/۳	۲/۳	۰/۷۰
۰/۷۵	۱۰	۲/۳	۵	۱/۹	۳/۴	۳/۳	۰/۷۵
۰/۸۰	۱۰	۳/۳	۵	۲/۷	۵	۴/۷	۰/۸۰
۰/۸۵	۱۰	۵	۵	۴	۷/۶	۵	۰/۸۵
۰/۹۰	۱۰	۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۹۰
۰/۹۵	۱۰	۵	۵	۵	۱۰	۵	۰/۹۵

۶- سپاس و قدردانی

از آقای مهندس ایوب مینایی و همکاران ارجمندشان به جهت مساعدت ایشان در انجام این تحقیق صمیمانه قدردانی می‌کنیم.

۷- مراجع

امین طهماسبی ح، توکلی مقدم ر، نجفی س ا، "ارائه مدل تلفیقی IAHP/DEA به منظور ارزیابی پیمانکاران صنایع ساخت‌وساز با وجود داده‌های نادقیق"، مدیریت تولید و عملیات، ۱۳۹۵، ۲ (۱۳-۲)، ۱۹۹-۲۱۶.

جاویدی صباغیان ر، شمسی غ م، ساقی ح، "توسعه مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین- بدترین- ویکور برای

- Naghizadeh Vardin A, Ansari R, Khalilzadeh M, Antucheviciene J, Bausys R, "An Integrated Decision Support Model Based on BWM and Fuzzy-VIKOR Techniques for Contractor Selection in Construction Projects", *Sustainability*, 2021, 13 (12), 6933.
- Opricovic S, Tzeng G-H, "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", *European journal of operational research*, 2004, 156, 445-455.
- Opricovic S, Tzeng G-H, "Extended VIKOR method in comparison with outranking methods", *European Journal of Operational Research*, 2007, 178, 514-529.
- Opricovic S, Tzeng G-H, "Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 2002, 17, 211-220.
- Polat G, "Subcontractor selection using the integration of the AHP and PROMETHEE methods", *Journal of Civil Engineering and Management*, 2016, 22, 1042-1054.
- San Cristóbal JR, "Contractor selection using multicriteria decision-making methods", *Journal of Construction Engineering and Management*, 2012, 138, 751-758.
- Scott S, "Best-value procurement methods for highway construction projects", *Transportation Research Board*, 2006.
- Semaan N, Salem M, "A deterministic contractor selection decision support system for competitive bidding", *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2017.
- Shojaei P, Seyed Haeri SA, Mohammadi S, "Airports evaluation and ranking model using Taguchi loss function, best-worst method and VIKOR technique", *Journal of Air Transport Management*, 2018, 68, 4-13.
- Singh D, Tiong RLK, "A fuzzy decision framework for contractor selection", *Journal of Construction Engineering and Management*, 2005, 131, 62-70.
- Taylan O, Kabli MR, Porcel C, "Herrera-Viedma E, Contractor Selection for Construction Projects Using Consensus Tools and Big Data", *International Journal of Fuzzy Systems*, 2018, 20, 1267-1281.
- Tian Z-P, Wang J-Q, Zhang H-Y, "An integrated approach for failure mode and effects analysis based on fuzzy best-worst, relative entropy, and VIKOR methods", *Applied Soft Computing*, 2018, 72, 636-646.
- Topcu YI, "A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey", *Building and Environment*, 2004, 39, 469-481.
- Tzeng G-H, Tsaur S-H, Laiw Y-D, Opricovic S, "Multicriteria analysis of environmental quality in Taipei: public preferences and improvement strategies", *Journal of Environmental Management*, 2002, 65, 109-120.
- Ulubeyli S, Kazaz A, "Fuzzy multi-criteria decision making model for subcontractor selection in international construction projects", *Technological and Economic Development of Economy*, 2016, 22, 210-234.
- Vahdani B, Mousavi SM, Hashemi H, Mousakhani M, Tavakkoli-Moghaddam R, "A new compromise selection in a fuzzy environment", *Applied Mathematical Modelling*, 2012, 36, 4197-4217.
- Fei L, Deng Y, Hu Y, "Ds-Vikor: A new multi-criteria decision-making method for supplier selection", *International Journal of Fuzzy Systems*, 2019, 21, 157-175.
- Fong PSW, Choi SKY, "Final contractor selection using the analytical hierarchy process. *Construction Management and Economics*", 2000, 18, 547-557.
- Gholipour R, Jandaghi G, Rajaei R, "Contractor selection in MCDM context using fuzzy AHP", *Iranian Journal of Management Studies*, 2014, 7, 151-173.
- Hadidi LA, Khater MA, "Loss prevention in turnaround maintenance projects by selecting contractors based on safety criteria using the analytic hierarchy process (AHP)", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2015, 34, 115-126.
- Hashemi H, Mousavi SM, Zavadskas EK, Chalekaee A, Turskis Z, "A new group decision model based on grey-intuitionistic fuzzy-ELECTRE and VIKOR for contractor assessment problem", *Sustainability*, 2018, 10, 1635.
- Hasnain M, Thaheem MJ, "Best value procurement in construction and its evolution in the 21 st century: a systematic review", *Journal for the Advancement of Performance Information and Value*, 2016, 8, 11-25.
- Hasnain M, Thaheem MJ, Ullah F, "Best value contractor selection in road construction projects: anp-based decision support system", *International Journal of Civil Engineering*, 2018, 16, 695-714.
- Holt GD, "Applying cluster analysis to construction contractor classification", *Building and Environment*, 1996, 31, 557-568.
- Holt GD, Olomolaiye PO, Harris FC, "Evaluating performance potential in the selection of construction contractors", *Engineering, Construction and Architectural Management*, 1994.
- Kashiwagi D, Byfield R, "State of utah performance information procurement system tests", *Journal of construction Engineering and Management*, 2002a, 128, 338-347.
- Kashiwagi D, Byfield RE, "Selecting the best contractor to get performance: On time, on budget, meeting quality expectations", *Journal of Facilities Management*, 2002b, 1, 103-116.
- Kashiwagi D, Kashiwagi J, Child G, "Price based Environment of Design and Engineering Services", *Journal for the Advancement of Performance Information and Value*, 6, 2014.
- Luu Duc T, Ng ST, Chen Swee E, "Formulating Procurement Selection Criteria through Case-Based Reasoning Approach", *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2005, 19, 269-276.
- Mahdi IM, Riley MJ, Fereig SM, Alex AP, "A multi-criteria approach to contractor selection", *Engineering Construction and Architectural Management*, 2002, 9, 29-37.
- Morkunaite Z, Podvezko V, Zavadskas EK, Bausys R, "Contractor selection for renovation of cultural heritage buildings by PROMETHEE method", *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 2019, 19, 1056-1071.

- solution method for fuzzy group decision-making problems with an application to the contractor selection", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2013, 26, 779-788.
- Wong CH, Holt GD, Cooper PA, "Lowest price or value? Investigation of UK construction clients' tender selection process", *Construction Management and Economics*, 2000, 18, 767-774.
- Wu Q, Zhou L, Chen Y, Chen H, "An integrated approach to green supplier selection based on the interval type-2 fuzzy best-worst and extended VIKOR methods", *Information Sciences*, 2019, 502, 394-417.
- Wu Z, Ahmad J, Xu J, "A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information", *Applied Soft Computing*, 2016, 42, 314-324.
- Yasamis F, Arditi D, Mohammadi J, "Economics Assessing contractor quality performance", *Construction Management and Economics*, 2002, 20 (3), 211-223.
- Zavadskas EK, Turskis Z, Tamošaitiene J, "Contractor selection of construction in a competitive environment", *Journal of Business Economics and Management*, 2008, 9, 181-187.

EXTENDED ABSTRACT

Optimization of Contractor Selection Process in Iranian Law of Tenders Utilizing VIKOR Method (Case Study: Water Industries in East Azerbaijan Province)

Aziz Naghizadeh Vardin^a, Ramin Ansari^{b,*}, Mohammad Khalilzadeh^c

^a Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

^b Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

^c Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 12 March 2021; Accepted: 29 August 2021

Keywords:

Contractor Selection, Tender, Multi-Criteria Decision-Making, VIKOR method, Construction Project Management.

1. Introduction

Contractor selection for a construction project is among the most important factors in achieving the project's success. In Iran, contractors for construction projects in public sector are mainly selected according to Tender's Law. Despite the fact that a quality assessment is implemented through a prequalification phase, however, in the final phase of the tender process, "the lowest bid price" criterion reigns and the contractor with the lowest proposed price is considered as the eligible contractor to whom the contract of the project is awarded. The prequalification phase eliminates many incompetent contractors from the competition process, but this does not lead to a considerable improvement in the quality of construction because no responsibility is established for a better performance and the winner of the contract keeps meeting the minimum requirements.

Contractor selection by the lowest tender is one of the main reasons for quality shortcomings, weak performance of the contractor, cost and time overruns, increasing in change orders and claims, conflicts, dissatisfaction of the client, increasing in life-cycle costs and other disorders and may finally lead to the project failure (Zavadskas et al., 2008, El-Sayegh et al., 2019, Hasnain and Thaheem, 2016, Scott, 2006). To overcome this, some multi-criteria decision-making methods have been proposed by many researchers. As a proposal for reforming the tenders' process in the context of Iran, in this paper, VIKOR method is used for ranking of the alternatives in which "the proposed price" criterion is added to the assessment criteria which are commonly used in the prequalification phase. An illustrative example from water industries in East Azerbaijan province confirms the applicability of the proposed method.

2. Methodology

2.1. VIKOR Method

In general, there may be no contractor who encompasses all the necessary conditions that match the client's and/or project's requirements. In these situations, a compromise solution is preferred to the optimum one that actually does not exist. On the other hand, the assessment criteria may be of conflicting nature such as "price" and "quality" and also have different dimensions. VIKOR method is a powerful method to deal with such conditions and is utilized for ranking of a set of alternatives in the presence of conflicting and/or

* Corresponding Author

E-mail addresses: aziz.naghizadeh@gmail.com (Aziz Naghizadeh), raminansari@eng.ikiu.ac.ir (Ramin Ansari), mo.kzadeh@gmail.com (Mohammad Khalilzadeh).

incommensurable criteria. It uses a special measurement called “the closeness to the ideal solution” for ranking purpose (Opricovic and Tzeng, 2004, Opricovic and Tzeng, 2007). The proposed method in this paper utilizes the VIKOR method for ranking of the alternatives in the final phase of the contractor selection process and for this purpose, uses a set of criteria that consists of a combination of the prequalification criteria according to Tenders’ Law of Iran and “the lowest price” criterion. The performances data and scores of contractors in each criterion are determined via prequalification rules according to Tenders’ Law and for the criterion of “the lowest price”, the proposed prices of contractors are considered as their scores. The weights of the criteria are determined by decision-makers. In the case of arising any difficulties in the weighting procedure, methods based on pairwise comparisons such as AHP, BWM or other methods could be used to facilitate this process for decision-makers, but this issue is beyond the scope of this paper and is not discussed here. In Fig. 1 a comparison between the traditional and the proposed methods of contractor selection was illustrated. In this paper the results of VIKOR method were also compared to those of TOPSIS method.

2.2 Sensitivity analysis and weight stability intervals

An illustrative example was used to show the applicability of the proposed method in practice. For this aim, a past tender process in a water channel project in East Azerbaijan province was reconsidered, the proposed method was implemented and the results compared to the original tender. Different values for the weight of “the proposed price” criterion were assigned while the proportions of previously determined weights of other criteria were kept unchanged and thus, the variations in the ranking of the alternatives were detected. Furthermore, stability interval for each criterion was determined using the procedure explained in the Extended VIKOR method (Opricovic and Tzeng, 2007).

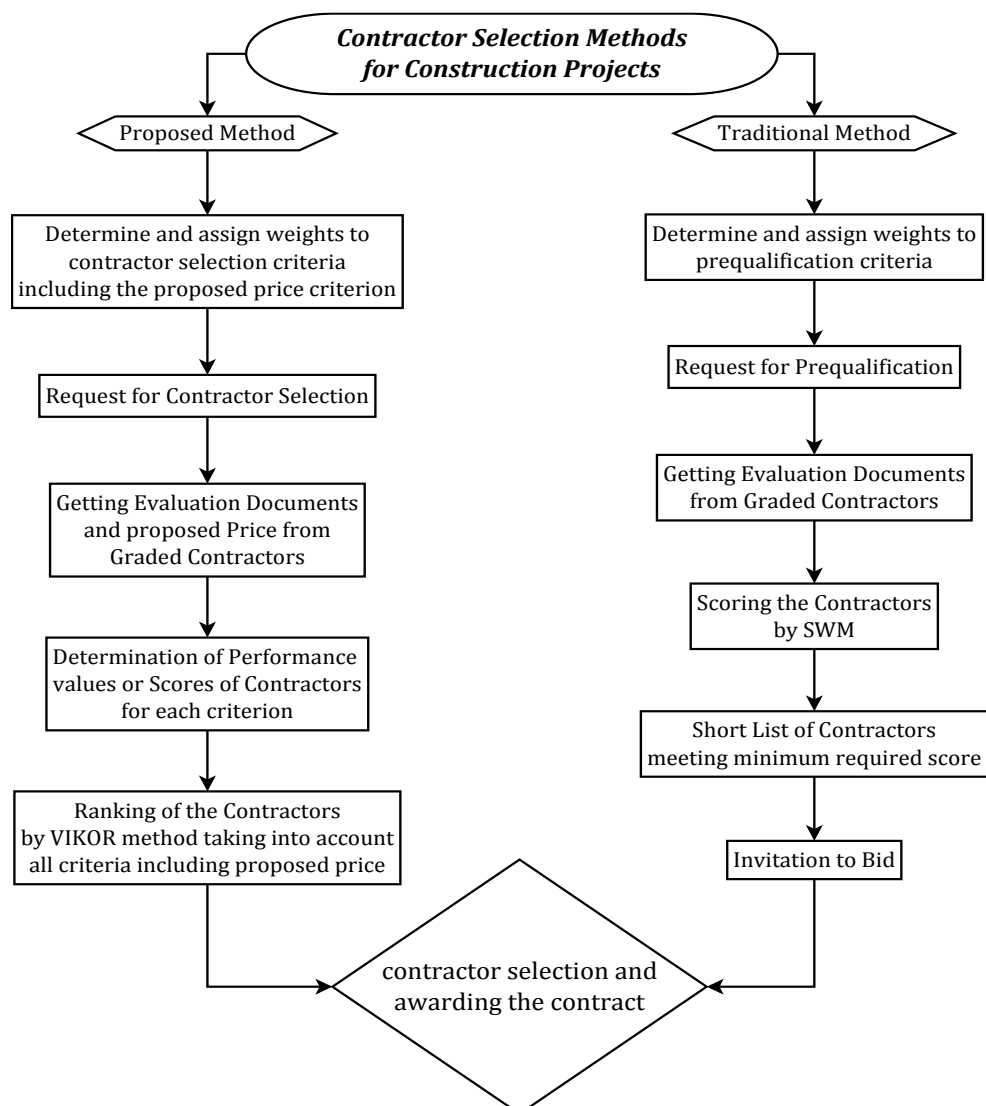


Fig. 1. Comparison between traditional and the proposed methods of contractor selection

3. Results and discussion

In the illustrative example of this paper, 4 alternatives or contractors were ranked in terms of different values of the weight of “the proposed price” criterion. The variation of the ranks among these alternatives shows that if no weight or importance was assigned to the “the proposed price” criterion, the ranking would be $A > D > B > C$. This ranking shows that alternative A has superiority over all other alternatives in terms of all criteria except “the proposed price” criterion, a fact that can be verified by comparing performance data of the four contractors. On the other hand, alternative C is the worst one in terms of the same criteria. However, if the importance of “the proposed price” criterion is elevated to about 0.65, the alternative C comes to the first rank and the ranking becomes as $C > A > D > B$. This shows that allocating too much importance to “the proposed price” criterion, may lead to the weakest contractor to be the winner of competition and awarded the contract. It is worth mentioning that in the original tender of the project that was held some years ago by following the traditional method of the Tenders’ Law, contractor C had become the winner.

In this paper two sensitivity analyses regarding stability intervals of criteria weights and the “ v ” parameter, known as the weight for the strategy of the majority of criteria in the VIKOR method were also implemented. The conformity of the results of the analyses with the performance data of alternatives, verifies the correctness of the proposed method.

4. Conclusions

In this study, a method based on multi-criteria decision-making was proposed as a transitional phase in moving from traditional method to modern methods of contractor selection in Iran. In the proposed method, the familiar criteria from the prequalification phase of tenders were used and “the proposed price” criterion was added to them to constitute a set of suitable criteria. Provided that the legal restrictions are removed, the adopted criteria may cause the least aversion among the clients and hence, the application of the proposed method may lead to more competent and more capable contractors to be surrendered the responsibility of the construction projects. The application of the proposed method in a real project as an illustrative example in this paper, verified the applicability of the method. Furthermore, it was indicated that allocating too much importance to “the proposed price” criterion may end up a weak contractor taking the responsibility of the project and hence jeopardizing the success of the project. Sensitivity analyses in the illustrated example, confirmed the validity of the proposed method. A comparison of the results between VIKOR and TOPSIS methods proved that the application of TOPSIS method may lead to the weakest alternative to be the winner of the competition in a wider range of the weight of the proposed price criterion than the application of VIKOR method.

5. References

- EL-Sayegh SM, Basamji M, HAJ Ahmad A, Zarif N, “Key contractor selection criteria for green construction projects in the UAE”, *International Journal of Construction Management*, 2019, 1-11.
- Hasnain M, Thaheem MJ, “Best value procurement in construction and its evolution in the 21 st century: a systematic review”, *Journal for the Advancement of Performance Information and Value*, 2016, 8, 11-25.
- Opricovic S, Tzeng G-H, “Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European journal of operational research*, 2004, 156, 445-455.
- Opricovic S, Tzeng G-H, “Extended VIKOR method in comparison with outranking methods”, *European journal of operational research*, 2007, 178, 514-529.
- Scott S, “Best-value procurement methods for highway construction projects”, *Transportation Research Board*, 2006.
- Zavadskas EK, Turskis Z, Tamošaitiene J, “Contractor selection of construction in a competitive environment”, *Journal of Business Economics and Management*, 2008, 9, 181-187.