



## ارایه الگویی جهت رتبه بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی به

روش PROMETHEE

(مطالعه موردی: شهرداری منطقه ۲ تهران)

علیرضا رشیدی کمیجانی

عضو هیات علمی دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

مصطفی بیاتلو (نویسنده مسؤل)

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

Email: Bayatloo@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۰ \* تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۵

### چکیده

هدف از این تحقیق، اولویت بندی و تعیین اوزان شاخص‌های موثر در انتخاب پیمانکار و همچنین رتبه بندی و انتخاب پیمانکار مناسب بوسیله روش PROMETHEE می‌باشد. از آنجائیکه در حوزه شهرداری‌ها پروژه‌های زیادی جهت اجرا تصویب می‌شود و اجرای این پروژه‌ها به عهده پیمانکار می‌باشد، انتخاب پیمانکار مناسب برای هر پروژه نیاز به بررسی‌های دقیق و کارشناسانه‌ای دارد تا مدیریت را نسبت به هزینه‌ای که تحمل می‌کند از نظر اخذ تصمیم بهینه پشتیبانی نماید لذا در این تحقیق به منظور ارزیابی و رتبه بندی پیمانکاران ابتدا با مطالعه پیشینه تحقیق و با بکارگیری نظرات خبرگان، بیست و هشت شاخص در ارتباط با انتخاب پیمانکاران شناسایی گردید. با توجه به شاخص‌های بدست آمده پرسشنامه‌ای جهت شناسایی شاخص‌های موثر با نمونه‌ای متشکل از ۳۵ نفر از کارشناسان و مدیران لیسانس و بالاتر در شهرداری منطقه دو شهرداری شهر تهران توزیع و جمع‌آوری گردید. در ادامه برای بدست آوردن شاخص‌های موثر از غربال سازی و برای محاسبه وزن شاخص‌ها از روش توان افزایشی بردار ویژه استفاده گردید و در آخر پیمانکاران بوسیله روش PROMETHEE رتبه بندی گردیدند.

**کلمات کلیدی:** رتبه بندی، پیمانکار، اعداد فازی مثلثی، روش PROMETHEE، روش توان افزایش بردار ویژه.

## ۱- مقدمه

برگزاری مناقصات، ارزیابی فنی، اقتصادی و گزینش صحیح پیمانکاران یکی از مهمترین تصمیمات مالی در شرکتها و سازمانهاست، عدم توجه کافی به ابعاد گوناگون این تصمیم و درگیر نمودن سازمان با گزینه‌های نامطمئن امکان خطر و ضرر و زیان مالی سنگین را فراهم می‌آورد. لذا تحلیل گران مالی که این مهم را برعهده می‌گیرند باید از ابزارهای خاص برای ارزیابی و گزینش صحیح پیمانکاران استفاده نمایند.

از آنجائیکه در حوزه شهرداری‌ها پروژه‌های زیادی جهت اجرا تصویب می‌شود و اجرای این پروژه به عهده پیمانکار می‌باشد، انتخاب پیمانکار مناسب برای هر پروژه نیاز به بررسی‌های دقیق و کارشناسانه ای دارد تا مدیریت را نسبت به هزینه‌ای که تحمل می‌کند از نظر اخذ تصمیم بهینه پشتیبانی نماید.

با توجه به این که در تصمیم‌گیری مخصوصا در انتخاب پیمانکار ما با گزینه‌ها و شاخص‌های زیادی ممکن است روبرو باشیم که این امر باعث سخت‌تر شدن انتخاب و تصمیم‌گیری خواهد شد. امروزه بنا به دلایل مختلف از جمله نا آگاهی از روش‌های تصمیم‌گیری در بسیاری از سازمان‌ها جهت انتخاب پیمانکار شاهد آن هستیم که فقط شاخص قیمت را مد نظر قرار داده و هر پیمانکار که قیمت پایین‌تری در مناقصه ارائه دهد، برگزیده و پروژه به او واگذار می‌گردد. با توجه به این که این امر بدون در نظر گرفتن دیگر شاخص‌ها از جمله کیفیت می‌باشد، باعث اجرای پروژه‌ها با کیفیت پایین و بالا رفتن هزینه‌ها و یا بعلاوه بی‌توجهی به دیگر شاخص‌ها و انتخاب نامناسب پیمانکار باعث ناتمام ماندن پروژه‌ها و بروز مشکلات بسیار در سطح شهر می‌شود در این پژوهش سعی بر این است که در جهت حل یکی از مشکلات و مسایلی که در شهرداری در خصوص انتخاب پیمانکار مناسب برای اجرای پروژه وجود دارد، پرداخته شود. لذا ازایه روشی جهت رتبه‌بندی پیمانکاران و انتخاب بهترین پیمانکار با استفاده از روش PROMETHEE در شهرداری منطقه ۲ شهر تهران از اهداف اصلی این تحقیق بوده و تعیین شاخص‌ها و همچنین اوزان آنها که در تصمیم‌گیری و انتخاب پیمانکار اثرگذار می‌باشند از اهداف فرعی این تحقیق می‌باشد.

تصمیم‌گیری:

تصمیم‌گیری انتخاب یک راه حل از میان دو یا چند راه حل به منظور دست یافتن به یک هدف مورد انتظار است (Parsaeian et al., 2003).

تصمیم‌گیری عبارت است از انتخاب یک راه از میان راه‌های مختلف (Alvani, 1994).

تصمیم‌گیری به عنوان انتخاب از میان تعدادی گزینه تعریف می‌شود (Tosi et al., 1995).

تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱</sup>:

به نوعی از مدل تصمیم‌گیری گفته می‌شود که مدل باید در آن واحد چندین شاخص را برای انتخاب جواب بهینه مورد نظر قرار دهد (Jafarnejad, 2006).  
رتبه‌بندی<sup>۲</sup>:

عبارتست از معیاری مقایسه‌ای جهت فهرست نمودن موارد مورد مطالعه براساس درجه تاثیر یا میزان اهمیتی که با استفاده از تکنیک‌های ویژه عملیات حاصل آید که با استفاده از متدهای خاص و ویژه قابل انجام خواهد بود.

پیمانکار<sup>۳</sup>:

شخصی حقیقی یا حقوقی است که سوی دیگر پیمان است و موضوع پیمان را براساس اسناد و مدارک پیمان بهعهده گرفته است.

تا کنون مطالعات زیادی در خصوص رتبه‌بندی و انتخاب پیمانکاران صورت گرفته است که به برخی از این مطالعات به اختصار در جدول (۱) اشاره می‌گردد.

<sup>1</sup> Multiple criteria decision making

<sup>2</sup> Ranking

<sup>3</sup> Contractor

جدول شماره (۱): تحقیقات صورت گرفته در مورد انتخاب پیمانکاران

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده / سال	نتیجه
۱	تحلیلی بر مدل های استراتژی قیمت پیشنهادی پیمانکاران ساخت در مناقصات رقابتی	Movahedian Attar, 2013 & et al	در این تحقیق به بررسی جامع رویکردها و مدل‌های موجود و شناسایی کاستی‌ها و نواقص آنها می‌پردازد تا با توجه به ویژگی‌های هر یک از این مدل‌ها و نیز با بررسی شرایط و واقعیات نظام حاکم بر جامعه پیمانکاری کشور در جهت ارتقای سطح کیفی این مدل‌ها، بهترین و مناسب‌ترین راهکارها را ارائه دهد
۲	استفاده از نظریه گراف و روش ماتریس برای رتبه بندی پیمانکار	Darvish, 2009 & et al	در این تحقیق سعی شده با روش گراف و روش ماتریس، پیمانکاران ساختمانی را رتبه بندی نموده و محقق بیان می‌دارد که در اغلب موارد معیارهای انتخاب مستقل از یکدیگر در نظر گرفته می‌شود در حالی که این معیارها بر یکدیگر تاثیر دارند
۳	مدل پشتیبانی از تصمیم گیری مبتنی بر یادگیری جهت پیش صلاحیت پیمانکاران	Lam, 2011 & yu	در این مقاله سعی شده با ارایه مدلی جهت پشتیبانی از تصمیم گیری مبتنی بر یادگیری جهت پیش صلاحیت پیمانکاران که با توجه به مشکلات موجود قبل از تعیین صلاحیت پیمانکار از جمله غیر خطی بودن، و چند معیاره بودن معیارها مد نظر قرار گیرد.
۴	تاثیر ویژگی‌های پیمانکاران در موفقیت پروژه‌های ساخت و ساز	Alzahrani, 2013 & Emsley	این تحقیق به مطالعه تاثیر ویژگی‌های پیمانکاران در موفقیت پروژه‌های ساخت ساز و چشم انداز آنها بعد از ارزیابی و شناسایی عوامل بحرانی موفقیت می‌پردازد.
۵	اعتبار خوشه بندی فازی برای ارزیابی عملکرد پیمانکاران: رویکردی برای پیمانکاران امارات متحده عربی	Nassar, 2013 & Hosny	در این مقاله چارچوبی برای دسته بندی پیمانکاران با استفاده از پنج مورد از رایج ترین الگوریتم های خوشه بندی و ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته و این چارچوب بر روی داده‌های واقعی ۱۴ پیمانکاران مشغول به کار در امارات متحده عربی استفاده شده است

یکی از روش‌های تصمیم گیری چند شاخصه، روش ساختار یافته‌ی رتبه بندی ترجیحی برای غنی سازی ارزیابی‌ها است. این روش در دهه ۱۹۸۰ میلادی به وسیله دو پروفیسور بلژیکی به نام "ژان پیر برنز" و "برتراند مارسکال" برای انجام رتبه بندی ارایه شد (Momeni & et al., 2011).

این روش در زمره تکنیک های پشتیبانی تصمیم گیری چند شاخصه (MADM) و یک روش جبرانی می باشد که باعث ایجاد تحول در روشهای رتبه بندی شده است.

در این راستا روش PROMETHEE به صورت چند تصمیم گیرنده عمل می کند. ترکیب این روشها با روشهایی مانند GAIA، ابزار مفیدی برای تحلیل ارتباط میان شاخص ها و تصمیم گیرندگان ایجاد می کند و شکاف باقیمانده تا توافق بر تصمیم را از بین می برد (Brans & Mareschal, 2002).

سوال اصلی:

چگونه می توان با استفاده از روش PROMETHEE پیمانکاران شهرداری منطقه ۲ شهر تهران رتبه بندی و انتخاب نمود؟  
سوالات فرعی:

عوامل و شاخص‌های موثر بر انتخاب پیمانکار جهت اجرای یک پروژه پیمانکاری در شهرداری منطقه ۲ شهر تهران کدامند؟  
میزان اهمیت (وزن) این شاخص‌ها در انتخاب پیمانکار در شهرداری منطقه ۲ شهر تهران چیست؟

## ۲- مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از حیث هدف، کاربردی و از لحاظ جمع آوری اطلاعات پیمایشی می باشد و جامعه آماری شامل مدیران و کارشناسان لیسانس و بالاتر در شهرداری منطقه دو شهر تهران و نمونه گیری انجام شده ۳۵ نمونه می باشد.

<sup>4</sup> J.P Brans

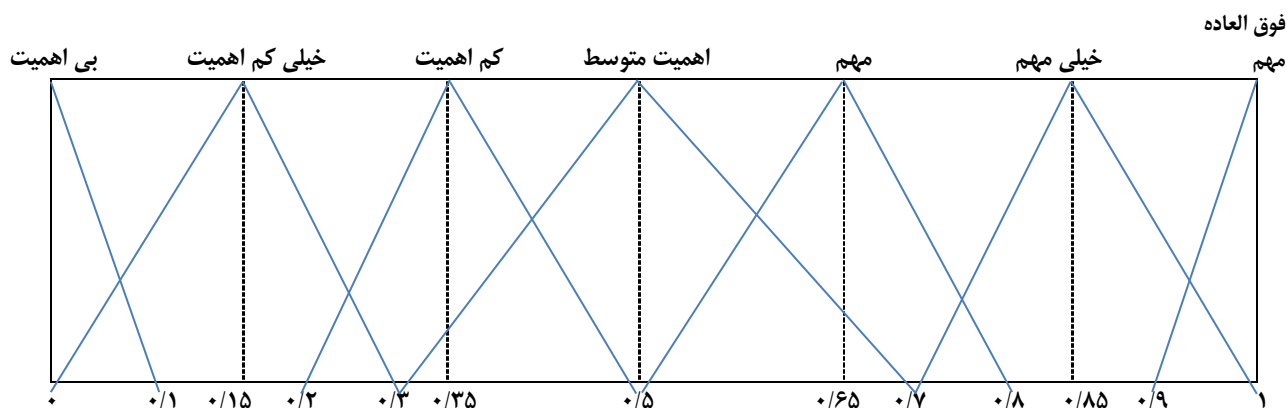
<sup>5</sup> B. Mareschal

با توجه به تحقیقات انجام شده در خصوص انتخاب پیمانکاران شاخص های متعددی استخراج که با توجه به نظر خبرگان و کارشناسان شهرداری منطقه دو شهر تهران پالایش و در نهایت ۲۸ شاخص که در جدول شماره (۲) نشان داده شده است نهایی گردید.

جدول شماره (۲): لیست شاخص‌ها

ردیف	شاخص	ردیف	شاخص
۱	بومی بودن پیمانکار: مدارک شرکت، قرار گرفتن دفتر شرکت در محدوده شهرداری منطقه دو	۱۵	سابقه شرکت (سال تاسیس شرکت و قدمت آن)
۲	ارائه برنامه زمانبندی و مدت زمان پیشنهادی جهت انجام کارها	۱۶	قدرت مالی، اعتباری و پشتیبانی (بیمه مالی پیمانکار): شامل شهرت و اعتبار، شایستگی و تجربه تامین کننده، قابلیت اطمینان از عملکرد، تجربه قبلی مثبت خریدار از تامین کننده، موقعیت تامین کننده در صنعت، نام تجاری تامین کننده، سابقه قضایی و بیمه
۳	تجربه در طرحهای مشابه یا انجام کارهای مشابه	۱۷	نظام کیفی کار پیمانکار
۴	سابقه و تجربه کاری در پروژه های شهرداری	۱۸	صداقت پیمانکار: حسن انجام کار در پروژه های قبلی
۵	چگونگی برآورد و تفکیک ریز قیمت و آشنایی با فهرست بها و ضرایب در نظر گرفته شده	۱۹	اعضای هیات مدیره
۶	تعداد نیروی انسانی متخصص و کفایت کادر فنی و عناصر کلیدی از نظر دانش و تجربه: از طریق اسناد موجود در پرونده کارکنان و کپی مدارک تحصیلی افراد	۲۰	میزان لوازم مصرفی اولیه
۷	تحصیلات و سوابق مدیریت شرکت: از طریق مشاهده اساسنامه و دیدن مدارک تحصیلی و سایر مدارک مربوطه	۲۱	انعطاف پذیری پیمانکار نسبت به درخواستها از طرف شرکت
۸	رتبه سازمان مدیریت و برنامه ریزی	۲۲	خلاقیت و نوآوری: شامل نوآوری در طراحی محصول، قابلیت تعالی تامین کننده، ایجاد تنوع در محصول و مسائل غیر منتظره، ظرفیت عرضه، شرایط و دوره قرارداد
۹	داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار و یا در دسترس و تعداد آنها: ارائه اسناد ماشین آلات و نیز مراجعه و مشاهده آنها	۲۳	فرهنگ پیمانکار: شامل فرهنگ و اخلاق سازمان پیمانکار، تطابق فرهنگی میان شرکتها و پیمانکار
۱۰	داشتن تجربه در حل و اجرای پروژه (آشنایی به موقعیت منطقه از نظر وجود امکانات اجرائی): از طریق اسنادی همچون کپی قراردادها	۲۴	برنامه های مدیریتی پیمانکار: (رویکردهای مدیریت) شامل سازماندهی، رفتار، سلامت مالی، اشتیاق کاری، بهبود رویه ها، میزان همکاری با شرکت، نظم و ترتیب
۱۱	قیمت پیشنهادی	۲۵	مدت زمان پاسخ گویی به نیاز شرکت: اهمیت به زمان در انجام کارها
۱۲	حسن شهرت پیمانکار (حسن سابقه در کارهای اجرایی و رضایت کارفرمایان قبلی)	۲۶	فضای انبار تحت تملک
۱۳	ظرفیت خالی پیمانکار	۲۷	توانایی و صداقت کارکنان: دقت در انتخاب و استخدام نیرو
۱۴	سطح سواد و تجربه هیات مدیره	۲۸	هزینه گارانتی کارهای انجام شده: مبلغ پیشنهادی جهت گارانتی در کارهای مشابه

با توجه به شاخص های فوق پرسشنامه ای طراحی که به ازای هر شاخص دارای یک سوال که به صورت پیوستار هفت گزینه ای شامل الف) فوق العاده مهم، ب) خیلی مهم، ج) مهم، د) اهمیت متوسط، ه) کم اهمیت، و) خیلی کم اهمیت، ز) بی اهمیت، تعیین شد. پس از گردآوری پرسشنامه ها از آنجا که پاسخ ها در پرسشنامه به صورت اعداد کیفی هفت گزینه ای از فوق العاده مهم تا بی اهمیت قید شده بود، برای تبدیل این اعداد به اعداد کمی قطعی به هر یک از گزینه ها یک عدد مثلی فازی همانند شکل (۱) تخصیص داده شد.



شکل شماره (۱): نمایش اعداد فازی مثلثی گزینه‌های هفت گانه

آنگاه با استفاده از فرمول مینکوسکی  $X = m + \frac{m}{4}$  اعداد فازی مزبور به اعداد قطعی تبدیل که در جدول (۳) مشاهده می شود (Asgharizade, 2007).

جدول شماره (۳): اعداد فازی قطعی شده

گزینه	عدد کیفی	اعداد فازی	عدد فازی قطعی شده
۱	فوق العاده مهم	(۰/۱۰ و ۰/۱۰)	۰/۹۷۵
۲	خیلی مهم	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۸۵)	۰/۸۵
۳	مهم	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۶۵)	۰/۶۵
۴	اهمیت متوسط	(۰/۲ و ۰/۲ و ۰/۵)	۰/۵
۵	کم اهمیت	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۳۵)	۰/۳۵
۶	خیلی کم اهمیت	(۰/۱۵ و ۰/۱۵ و ۰/۱۵)	۰/۱۵
۷	بی اهمیت	(۰/۱ و ۰/۰)	۰/۰۲۵

پس از گردآوری داده ها، با ضرب تعداد پاسخ های بدست آمده هر شاخص در اعداد قطعی، فراوانی هر شاخص بدست می آید که جهت غربال سازی از فرمول زیر استفاده می شود

$$\text{میانگین فراوانی کل شاخص ها} = \frac{\text{مجموع فراوانی کل شاخص ها}}{\text{تعداد شاخص ها}} = \frac{426/73}{28} = 15/240$$

و از تقسیم مجموع فراوانی شاخص ها بر تعداد کل شاخص ها میانگین فراوانی کل شاخص ها بدست می آید که در این مرحله شاخص هایی را که عدد آنها بالاتر از میانگین کل شاخص ها بود، به عنوان شاخص های نهایی انتخاب شده اند، بنا براین با توجه به اینکه میانگین فراوانی کل شاخص ها برابر ۱۵/۲۴۰ بوده است و با توجه به اینکه فراوانی تعداد ۹ شاخص بالاتر از میانگین فراوانی کل شاخص ها بوده است که این ۹ شاخص را بعنوان شاخص های موثر در انتخاب پیمانکار می باشد.

اگر  $K_{ij}$  نشان دهنده تعداد رای دهندگانی باشد که  $A_i$  را به  $A_j$  ارجح دانسته اند (در نتیجه،  $K_{ij}$  بیانگر تعدادی خواهد بود که  $A_j$  را بر  $A_i$  ارجح دانسته اند، به طوری که  $K_{ij} + K_{ji} = K$ ) آنگاه ماتریس تصمیم گیری بصورت ذیل مفروض خواهد بود.

هر عنصر  $a_{ij} = \frac{K_{ij}}{K_{j,i}}$  نشان دهنده نسبت رای دهندگان موافق به ارجحیت  $A_i$  بر  $A_j$  تقسیم بر رای دهندگان موافق به ارجحیت  $A_j$  بر  $A_i$  می باشد. (به لفظ دیگر، این نسبت نشان دهنده "شدت نسبی" ارجحیت  $A_i$  بر  $A_j$  است) (Asgharpour, 2009).

$$D_{m \times m} = \begin{matrix} & \begin{matrix} A1 & A2 & A_j & A_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ \vdots \\ A_{ij} \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & K_{1,2}/K_{2,1} & K_{1,j}/K_{j,1} & K_{1,m}/K_{m,1} \\ K_{2,1}/K_{1,2} & 1 & & \vdots \\ & & \ddots & K_{i,m}/K_{m,i} \\ K_{i,1}/K_{1,i} & & 1_{\ddagger} & \\ & K_{m,2}/K_{2,m} & & 1 \\ K_{m,1}/K_{1,m} & & & \ddots \end{bmatrix} \end{matrix}$$

شکل شماره (۲): ماتریس ارجحیت  $A_i$  بر  $A_j$ 

با توجه به مطالب فوق و نظر خبرگان جدول ذیل را خواهیم داشت:

جدول شماره (۴): نسبت ارجحیات از نظر خبرگان

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
$X_1$	۱	۱/۱۸۸	۰/۴۵۸	۰/۶۶۷	۰/۸۴۲	۰/۱۶۷	۰/۵۲۲	۰/۴	۰/۴۵۸
$X_2$	۰/۸۴۲	۱	۰/۵۵۶	۰/۶۶۷	۰/۸۴۲	۰/۲۰۷	۰/۲۵	۰/۲۹۶	۰/۴
$X_3$	۲/۱۸۲	۱/۸	۱	۲/۱۸۲	۱/۱۸۸	۰/۵۹۱	۰/۸۴۲	۰/۷۵	۰/۹۴۴
$X_4$	۱/۵	۱/۵	۰/۴۵۸	۱	۰/۹۴۴	۰/۳۴۶	۰/۵۹۱	۰/۶۶۷	۰/۵۲۲
$X_5$	۱/۱۸۸	۱/۱۸۷۵	۰/۸۴۲	۱/۰۵۹	۱	۰/۲۰۷	۰/۵۹۱	۰/۵۹۱	۰/۵۲۲
$X_6$	۶	۴/۸۳۳	۱/۶۹۲	۲/۸۸۹	۴/۸۳۳	۱	۲/۸۸۹	۲/۸۸۹	۱/۹۱۷
$X_7$	۱/۹۱۷	۴	۱/۱۸۸	۱/۶۹۲	۱/۶۹۲	۰/۳۴۶	۱	۰/۸۴۲	۰/۹۴۴
$X_8$	۲/۵	۳/۳۷۵	۱/۳۳۳	۱/۵	۱/۶۹۲	۰/۳۴۶	۱/۱۸۸	۱	۰/۷۵
$X_9$	۲/۱۸۲	۲/۵	۱/۰۵۹	۱/۹۱۷	۱/۹۱۷	۰/۵۲۲	۱/۰۵۹	۱/۳۳۳	۱

بعد از بدست آوردن ماتریس ارجحیت جهت بدست آوردن وزن هر شاخص از روش توان افزایشی بردار ویژه بهره گرفت شده است که در ادامه چگونگی آن بیشتر توضیح داده شده است.

بدست آوردن وزن شاخص ها از روش توان افزایشی بردار ویژه "بردار ویژه" یک تکنیک دیگر از محاسبه اوزان ( $w_i$ ) در شرایط عدم وجود ثبات کامل برای ماتریس  $D$  می باشد. آقای ساعتی<sup>۶</sup> از تجزیه ماتریس مربع و عکس پذیر  $D$  به بردار ویژه به ازای عنصر ماکزیمم ویژه آن ( $\lambda$ ) استفاده می نماید. یعنی:

$$D \cdot W = \lambda_{max} \cdot W$$

می دانیم که بطور کلی در رابطه  $D \cdot W = \lambda \cdot I \cdot W$  به ازای ماتریس مربع  $D$  به منظور آنکه  $W \neq 0$  باشد باید درمینان ماتریس ضرایب در دستگاه همگن  $\{D - \lambda \cdot I\}W = 0$  نیز برابر با صفر شود، یعنی:  $|D - \lambda \cdot I| = 0$ . حل این درمینان منجر به ارزشهای متعددی برای ( $\lambda$ ) می گردد که یک بردار ویژه به ازای استفاده از هر کدام از آنها نیز حاصل خواهد شد. انحراف کمی در عناصر ماتریس  $D$  موجب تغییر ناچیزی در مقادیر ویژه ( $\lambda$ ) و بخصوص برای ( $\lambda_{max}$ ) می گردد، از این رو ساعتی برای محاسبه بردار ( $W$ ) (در وضعیت عدم ثبات کامل از ماتریس  $D$ ) از مقدار ویژه ( $\lambda_{max}$ ) استفاده می نماید. خواهیم داشت:

$$D \cdot W = \lambda_{max} \cdot W$$

<sup>6</sup> Saaty

یا

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{\lambda_{max}} \quad \xrightarrow{\text{برای همه}} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

یک طریق محاسبه تقریبی برای بردار ویژه  $W$ ، استفاده از توان افزایشی  $(K)$  برای ماتریس  $D$  است و سپس نرمالیزه کردن نتایج حاصل از آن بدین صورت: (Asgharpour, 2009).

$$W = \lim_{n \rightarrow \infty} D^{k \cdot n} \cdot \frac{e}{e^t \cdot D^{k \cdot n} \cdot e}$$

$$e = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{بطوری که } e \text{ است.}$$

ماتریس  $D$  نظر خبرگان در خصوص اهمیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر می باشد که بصورت ذیل بیان شده است.  
جدول شماره (۵): ماتریس نسبت ارجحیت (ماتریس  $D$ )

$D =$	آشنایی	سابقه	قدرت مالی	حسن شهرت	تجهیزات	قیمت	تجربه	رتبه سازمانی	نظام کیفی	$= D^1$
آشنایی	۱	۱/۱۸۸	۰/۴۵۸	۰/۶۶۷	۰/۸۴۲	۰/۱۶۷	۰/۵۲۲	۰/۴	۰/۴۵۸	
سابقه	۰/۸۴۲	۱	۰/۵۵۶	۰/۶۶۷	۰/۸۴۲	۰/۲۰۷	۰/۲۵	۰/۲۹۶	۰/۴	
قدرت مالی	۲/۱۸۲	۱/۸	۱	۲/۱۸۲	۱/۱۸۸	۰/۵۹۱	۰/۸۴۲	۰/۷۵	۰/۹۴۴	
حسن شهرت	۱/۵	۱/۵	۰/۴۵۸	۱	۰/۹۴۴	۰/۳۴۶	۰/۵۹۱	۰/۶۶۷	۰/۵۲۲	
تجهیزات	۱/۱۸۸	۱/۱۸۸	۰/۸۴۲	۱/۰۵۹	۱	۰/۲۰۷	۰/۵۹۱	۰/۵۹۱	۰/۵۲۲	
قیمت	۶	۴/۸۳۳	۱/۶۹۲	۲/۸۸۹	۴/۸۳۳	۱	۲/۸۸۹	۲/۸۸۹	۱/۹۱۷	
تجربه	۱/۹۱۷	۴	۱/۱۸۸	۱/۶۹۲	۱/۶۹۲	۰/۳۴۶	۱	۰/۸۴۲	۰/۹۴۴	
رتبه سازمانی	۲/۵	۳/۳۷۵	۱/۳۳۳	۱/۵	۱/۶۹۲	۰/۳۴۶	۱/۱۸۸	۱	۰/۷۵۰	
نظام کیفی	۲/۱۸۲	۲/۵	۱/۰۵۹	۱/۹۱۷	۱/۹۱۷	۰/۵۲۲	۱/۰۵۹	۱/۳۳۳	۱	

$$D^1 \cdot e = \begin{pmatrix} 5/7 \\ 5/0.6 \\ 11/48 \\ 7/53 \\ 7/19 \\ 28/94 \\ 13/62 \\ 13/68 \\ 13/49 \end{pmatrix}; \quad e^t D^1 \cdot e = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1)$$

$$= \begin{pmatrix} 5/7 \\ 5/0.6 \\ 11/48 \\ 7/53 \\ 7/19 \\ 28/94 \\ 13/62 \\ 13/68 \\ 13/49 \end{pmatrix} = 81/83$$

انتقال یکم:

$$\xrightarrow{\text{بنا بر این}} W^1 = D^1 \cdot \frac{e}{e^t \cdot D^1 \cdot e} = \begin{pmatrix} 0/108 & 0/071 & 0/067 & 0/271 & 0/128 & 0/128 & 0/126 \\ 0/053 & 0/047 & & & & & \end{pmatrix}$$

انتقال دوم: از توان دوم برای ماتریس  $D$  استفاده می کنیم، یعنی:

جدول شماره (۶) انتقال دوم یا توان دوم ماتریس  $D1$

۹	۱۰/۵۹	۴/۵۱	۶/۸۶	۷/۱	۱/۸۱	۴/۰۶	۳/۹۷	۳/۷۲
۸/۲۳	۹	۳/۹۸	۶/۲۳	۶/۳۷	۱/۶۹	۳/۶۷	۳/۶۳	۳/۳۵
۱۹/۶۶	۲۱/۹۹	۹	۱۴/۳۴	۱۵/۱۵	۳/۹۶	۸/۸۶	۸/۷۴	۷/۸۶
۱۲/۴	۱۴/۳۲	۵/۹۶	۹	۹/۷۶	۲/۴۳	۵/۶۳	۵/۴۷	۴/۹۸
۱۱/۷۹	۱۳/۵۵	۵/۷۷	۹/۰۲	۹	۲/۴	۵/۲۸	۵/۱۴	۴/۸۱
۴۶/۷۸	۵۶/۰۱	۲۲/۵۳	۳۴/۷۱	۳۶/۹۸	۹	۲۱/۵۶	۲۰/۶۵	۱۹/۰۴
۲۰/۵۸	۲۳/۸۴	۱۰/۳۹	۱۵/۷۹	۱۶/۲۸	۴/۲۶	۹	۸/۹۱	۸/۵۵
۲۱	۲۴/۶۸	۱۰/۵۹	۱۶/۰۶	۱۶/۴۵	۴/۲۷	۹/۳۳	۹	۸/۷۱
۲۲/۴۲	۲۵/۹	۱۰/۹۲	۱۶/۵۹	۱۷/۴۱	۴/۴۴	۱۰/۱۳	۹/۸۸	۹

$$D^2 = D \cdot D =$$

که به طریقی مشابه فوق خواهیم داشت:

$$W^2 = D^2 \cdot e/e^t \cdot D^2 \cdot e = (0/053 \quad 0/047 \quad 0/112 \quad 0/072 \quad 0/068 \quad 0/275 \quad 0/120 \quad 0/123 \quad 0/130)$$

و برای انتقال سوم و چهارم داریم:

$$W^3 = D^3 \cdot e/e^t \cdot D^3 \cdot e = (0/053 \quad 0/048 \quad 0/113 \quad 0/072 \quad 0/069 \quad 0/274 \quad 0/121 \quad 0/123 \quad 0/130)$$

$$W^4 = D^4 \cdot e/e^t \cdot D^4 \cdot e = (0/053 \quad 0/048 \quad 0/113 \quad 0/072 \quad 0/069 \quad 0/274 \quad 0/121 \quad 0/123 \quad 0/130)$$

ملاحظه می شود که پروسه هم گرایی در انتقال سوم و چهارم رخ داده و محاسبه به ثبات رسیده است، یعنی  $W^4$  مشخص کننده بردار نهایی و تعیین کننده اوزان برای شاخص های موجود می باشد.

جدول شماره (۷) شاخص ها و اوزان مربوط به آنها

نظام کیفی	رتبه سازمانی	تجربه	قیمت	تجهیزات	حسن شهرت	قدرت مالی	سابقه	آشنایی با فهرست بها
0/130	0/123	0/121	0/274	0/069	0/072	0/113	0/048	0/053

روش PROMETHEE

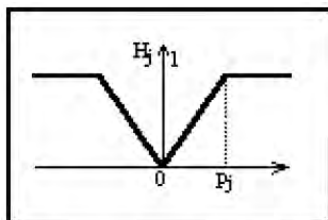
اگر فرض کنیم که  $A$  مجموعه ای از گزینه ها است که انتخاب از میان آن باید صورت گیرد. با فرض وجود  $K$  شاخص موثر در تصمیم گیری، برای هر گزینه  $a \in A$ ، مقدار  $f_j(a)$  نشان دهنده ارزش شاخص  $j$  ام در گزینه  $a$  است (Asgharizade, 2005 & Nasrolahi)

جهت رتبه بندی سه مرحله طی می شود:

مرحله اول: تابع ترجیح  $P_j$  به هر یک از شاخص های  $j$  اختصاص داده می شود. مقدار  $P_j(a, b)$  برای هر زوج گزینه محاسبه می شود. این مقدار بین صفر و یک متغیر است. اگر رابطه  $f_j(a) = f_j(b)$  برقرار باشد، مقدار  $P_j(a, b)$  برابر صفر می شود؛ و با افزایش  $f_j(a) - f_j(b)$  این مقدار افزایش می یابد و هنگامی که اختلاف به اندازه کافی زیاد شود، مقدار  $P_j(a, b)$  هم به ۱ می رسد (Brans, 1986 & Mareschal). شکل های مختلفی را می توان برای تابع  $P_j$  فرض کرد.

که به وضعیت مدل سازی شاخص  $j$  ام بستگی دارد. روش PROMETHEE شش نوع تابع ترجیح را به تصمیم گیرنده پیشنهاد می کند. شکل (۳) نشان دهنده مثالی از یک تابع خطی (نوع سوم) است (Asgharizade, 2006 & Nasrolahi). البته برای هر شاخص  $f_j$  یک عامل وزن یعنی  $w_j$  نیز در نظر گرفته می شود.





شکل شماره (۳): تابع ترجیح نوع سوم

مرحله دوم: میزان اولویت کلی  $\pi(a, b)$  برای هر گزینه  $a$  بر روی گزینه  $b$  محاسبه می شود. هر چه میزان  $\pi(a, b)$  بیشتر باشد، گزینه  $a$  ترجیح بیشتری دارد  $\pi(a, b)$  به این ترتیب محاسبه می شود (Brans & Mareschal, 1994).

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k w_j p_j(a, b) \quad , \quad \left( \sum_{j=1}^k w_j = 1 \right)$$

مرحله سوم:  $\pi(a, b)$  نشان دهنده درجه اولویت گزینه  $a$  نسبت به گزینه  $b$  است. برای محاسبه قدرت ترجیح کلی گزینه  $a$  بر سایر گزینه ها، جریان خروجی محاسبه می شود (Chou & et al., 2004).

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (\text{جریان رتبه بندی مثبت یا جریان خروجی})$$

این جریان نشان می دهد که گزینه  $a$  چقدر بر سایر گزینه ها اولویت دارد. این جریان در حقیقت قدرت گزینه  $a$  است. بزرگترین  $\phi^+(a)$  نشان دهنده بهترین گزینه است.

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (\text{جریان رتبه بندی منفی یا جریان ورودی})$$

این جریان نشان می دهد که سایر گزینه ها تا چه میزان بر گزینه  $a$  اولویت دارند. این جریان در حقیقت ضعف گزینه  $a$  است. کوچکترین  $\phi^-(a)$  نشان دهنده بهترین گزینه است (Asgharizade & Nasrolahi, 2006). بنابراین با داشتن دو جریان  $\phi^+$ ،  $\phi^-$  می توان یک رتبه بندی جزئی را انجام داد (رتبه بندی PROMETHEE I). برای انجام رتبه بندی کامل گزینه ها باید جریان خالص رتبه بندی را برای هر گزینه تعریف نمود (رتبه بندی PROMETHEE II):

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

این جریان حاصل توازن میان جریان های رتبه بندی مثبت و منفی است. جریان خالص بالاتر نشان دهنده گزینه برتر است (De Leeneer, 2002 & Pastijn)

تشکیل ماتریس تصمیم جهت رتبه بندی پیمانکاران  
ماتریس تصمیم براساس اطلاعات اخذ شده از ۹ شاخص بدست آمده از طریق غربال سازی پرسشنامه که در اختیار کارشناسان مناقصه گذاشته شده تهیه و مطابق جدول (۸) تنظیم گردیده است.

جدول شماره (۸): ماتریس تصمیم

شاخص ها	گزینه ها	قیمت پیشنهادی	قدرت مالی، اعتباری و پشتیبانی (بیمه مالی پیمانکار)	رتبه سازمان مدیریت و برنامه ریزی	چگونگی برآورد و تفکیک ریز قیمت و آشنایی با فهرست بها و ضرایب در نظر گرفته شده	سابقه و تجربه کاری در پروژه های شهرداری	داشتن تجهیزات و ماشین آلات آماده به کار و با در دسترس و تعداد آنها	تجربه در طرحهای مشابه یا انجام کارهای مشابه	نظام کیفی کار پیمانکار	حسن شهرت پیمانکار
A1		۰/۷۳۸	۰/۵۷۶	۰/۳۵۸	۰/۴۹۳	۰/۴۴۷	۰/۵۶۲	۰/۴۷۲	۰/۵۲	۰/۲۳۷
A2		۰/۷۲۳	۰/۵۳۵	۰/۴۰۳	۰/۵۳۸	۰/۵۱۸	۰/۴۶۴	۰/۲۰۷	۰/۶۱۵	۰/۲۹۸
A3		۰/۵۰۵	۰/۳۵۷	۰/۳۶۷	۰/۵۸۹	۰/۴۷۶	۰/۳۷۲	۰/۱۶۷	۰/۶۶۴	۰/۳۷۴
A4		۰/۸۶۷	۰/۸۱۳	۰/۴۶۱	۰/۷۱۸	۰/۶۶۳	۰/۴۶	۰/۱۴۵	۰/۴۷۱	۰/۳۶۷
A5		۰/۵۲۵	۰/۴۲	۰/۵۹۹	۰/۵۵	۰/۴۵۷	۰/۲۸۷	۰/۱۵۴	۰/۶۹۵	۰/۳۲
A6		۰/۹۲۲	۰/۷۳۲	۰/۶۰۴	۰/۴۶۸	۰/۴۹۵	۰/۱۳۳	۰/۱۸۴	۰/۵۱۲	۰/۱۹۳
A7		۰/۱۴۶	۰/۱۵۱	۰/۱۸۵	۰/۲۱	۰/۵۴۱	۰/۲۴۶	۰/۲۸۴	۰/۳۲۷	۰/۱۲۳
A8		۰/۶۳۶	۰/۵۱۴	۰/۵۴۹	۰/۸۱۶	۰/۵۹۹	۰/۴۷۷	۰/۳۴۳	۰/۴۳۴	۰/۴۲
A9		۰/۵۴۳	۰/۴۹	۰/۶۹	۰/۳۶۲	۰/۶۹۴	۰/۳۵۱	۰/۴۷۴	۰/۶۲۸	۰/۵۶۵

در این تحقیق ابتدا از طریق PROMETHEE I و سپس PROMETHEE II جهت رتبه بندی استفاده شده است و از معیار تصمیم سوم که به معیار V شکل معروف است استفاده شده است.

جدول شماره (۹): محاسبات جریان های مثبت و منفی

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
A1		۰/۱۷۳	۰/۲۹۸	۰/۳۵۳	۰/۲۹۹	۰/۴۷۹	۰/۶۴۶	۰/۱۵۸	۰/۱۲۴
A2	۰/۱۲۹		۰/۱۵	۰/۲۶۴	۰/۱۳۷	۰/۴۲۲	۰/۶۰۹	۰/۱۰۳	۰/۰۸۱
A3	۰/۳۹۹	۰/۲۹۶		۰/۵۰۹	۰/۰۷۹	۰/۸۰۶	۰/۵۴۴	۰/۱۸۸	۰/۱۱۴
A4	۰/۲۸۴	۰/۲۲۹	۰/۳۳۹		۰/۳۱۳	۰/۳۲۱	۰/۷۶۸	۰/۱۶۶	۰/۲۵۱
A5	۰/۴۸	۰/۲۲۳	۰/۱۵۸	۰/۵۶۳		۰/۶۲۵	۰/۶۵۵	۰/۲۸۱	۰/۰۹۴
A6	۰/۲	۰/۱۸۷	۰/۲۹۷	۰/۱۱۱	۰/۱۶۵		۰/۶۳۸	۰/۱۶۶	۰/۱۳۱
A7	۰/۶۶۶	۰/۶۷۳	۰/۴۶۳	۰/۸۵۷	۰/۴۹۴	۰/۹۳۸		۰/۵۹۶	۰/۴۳۵
A8	۰/۳۵۵	۰/۳۴۵	۰/۳۵۹	۰/۴۳۳	۰/۲۹۸	۰/۶۴۳	۰/۷۱۴		۰/۱۴۱
A9	۰/۵۷۵	۰/۵۸۳	۰/۴۶۳	۰/۷۷۱	۰/۳۶۴	۰/۸۶۱	۰/۸۶۶	۰/۳۹۴	

با توجه به داده های جدول فوق و روش PROMETHEE I محاسبه جریانهای مثبت و منفی برای نمونه بصورت زیر خواهد بود:

$$\Phi_1^+ = (0/173 + 0/298 + 0/353 + 0/299 + 0/479 + 0/646 + 0/158 + 0/124) = 0/316$$

$$\Phi_1^- = (0/129 + 0/399 + 0/284 + 0/48 + 0/2 + 0/666 + 0/355 + 0/575) = 0/386$$

این محاسبات برای بقیه گزینه ها نیز ادامه داده شده که نتایج آن در جدول (۱۰) ارائه شده است:

جدول شماره (۱۰): رتبه بندی بر اساس جریانهای مثبت و منفی

PROMETHEE I				PROMETHEE II		
گزینه ها	$\emptyset^+$	رتبه	$\emptyset^-$	رتبه	$\emptyset^+ - \emptyset^-$	رتبه
A۱	۰/۳۱۶	۷	۰/۳۸۶	۶	-۰/۰۷	۶
A۲	۰/۲۳۷	۹	۰/۳۴	۵	-۰/۱۰۳	۷
A۳	۰/۳۶۷	۵	۰/۳۱۶	۴	۰/۰۵۱	۴
A۴	۰/۳۳۵	۶	۰/۴۸۳	۷	-۰/۱۴۸	۸
A۵	۰/۳۸۵	۴	۰/۲۶۹	۳	۰/۱۱۶	۳
A۶	۰/۲۳۷	۸	۰/۶۳۷	۸	-۰/۴	۹
A۷	۰/۶۳۳	۱	۰/۶۸	۹	-۰/۰۴۷	۵
A۸	۰/۴۱۱	۳	۰/۳۴۹	۲	۰/۱۶۲	۲
A۹	۰/۶۱	۲	۰/۱۷۲	۱	۰/۴۳۸	۱

### ۳- نتایج و بحث

در این رتبه بندی براساس جریان مثبت گزینه A۷ رتبه اول و گزینه A۹ رتبه دوم و... گزینه A۲ رتبه نهم را کسب نموده اند. بر اساس جریان منفی گزینه A۹ رتبه اول و گزینه A۸ رتبه دوم و گزینه A۵ رتبه سوم و... گزینه A۷ رتبه نهم را کسب نموده‌اند. در رتبه بندی بر اساس هر دو جریان یعنی منفی و مثبت گزینه A۹ رتبه اول و گزینه A۸ رتبه دوم و گزینه A۵ رتبه سوم و... گزینه A۶ رتبه نهم را کسب نموده اند.

با توجه به نگاه سنتی به مناقصه که کمترین قیمت بهترین گزینه می‌تواند باشد در این صورت با توجه به پایین بودن قیمت گزینه A۷ باید بهترین گزینه و برنده مناقصه باشد در صورتی که با دقت در شاخص‌های ارایه شده توسط این پیمانکار و روش ارایه شده این پیمانکار در رتبه پنجم قرار دارد و می‌توان نتیجه گرفت که در انتخاب یک پیمانکار علاوه بر شاخص قیمت باید به شاخص‌های دیگر نیز مد نظر قرار گیرد.

توجه به جریان‌های منفی که در این روش ارایه شده می‌تواند یکی از مزیت‌های این روش در نظر گرفته شود زیرا بدینوسیله می‌توان علاوه بر نقاط قوت از ضعف‌های پیمانکاران نیز آگاه شد.

توصیه می‌شود برای تحقیقات آتی شاخص‌های ارایه شده بصورت فازی در نظر گرفته شود و از آنجایی که در این تحقیق تصمیم گیرندگان را با وزن یکسان در نظر گرفته شده است جهت نزدیکتر شدن به واقعیت وزن تصمیم گیرندگان که با توجه به زمینه کاری، سابقه و تجربه باید وزن متفاوتی برای آنها در نظر گرفته شود.

### ۴- منابع

- 1- Alvani. (1994). General management. Tehran: Morvarid.
- 2- Alzahrani, J., & Emsley, M. (2013). The impact of contractors attributes on construction project success: A post. International Journal of Project Management, 31 (2), 313-322.
- 3- Asgharizade, E. (2007). Comparison of weighted fuzzy entropy and parts makers determine the best deployment promethee SAIPA. International management conference.
- 4- Asgharizade, E; Nasrolahi, M. (2005). Company rankings based on the criteria of excellence model - PROMETHEE method. Journal of Daneshvar.
- 5- Asgharizade, Nasrolahi. (2006). Efficient tools ranking options: Comparison of AHP•BORDA•PROMETHEE. International management conference.

- 6- Asgharpour, M. (2009). Multiple Criteria Decision Making. Tehran: University of Tehran Press.
- 7- Brans, J., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24, 228-238.
- 8- Brans, J., & Mareschal, B. (1994). The PROMCALC-GAIA decision support system for Multicriteria decision. *Decision Support Systems*, 12(4/5), 297-310.
- 9- Brans, J., & Mareschal, B. (2002). Promethee-Gaia, une Methodologie d Aide a` la De´cision en Pre´sence de Crite`res Multiples, E´ditions Ellipses, Brussels.
- 10- Chou, T., & et al. (2004). Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM. *Journal of Hydrology*, 287, 49° 61.
- 11- Darvish, M., Yasaei, M., & Saeedi, A. (2009). Application of the graph theory and matrix methods. *International Journal of Project Management*, 27 (6), 610-619.
- 12- De Leeneer, I., & Pastijn, H. (2002). Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques. *European Journal of Operational Research*, 139, 327° 338.
- 13- Jafarnejad, A. (2006). Production and Operations Management new. Tehran: Tehran University.
- 14- Lam, k., & Yu, c. (2011). A multiple kernel learning-based decision support model for contractor pre-qualification. *Automation in Construction*, 20 (5), 531-536.
- 15- Momeni, M., & et al. (2011). MADM Models and Softwares. Frozesh.
- 16- Movahedian Attar, A., Khanzadi, M., Dabirian, S., & Kalhor, E. (2013). Forecasting contractor's deviation from the client objectives in. *International Journal of Project Management*, 31(6), 924-936.
- 17- Nassar, k., & Hosny, O. (2013). Fuzzy clustering validity for contractor performance evaluation: Application. *Automation in Construction*, 31, 158-168.
- 18- Parsaeian A. & et al., (2003). Management. Tehran: Cultural Research Officer.
- 19- Tosi et al., M. (1995). Principles of Management. Tehran: State Management Training Center.