

## انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه و روش الکره یک در شرکت مپنا

علی محقر<sup>۱</sup>، کاوه کاشی<sup>۲</sup>، هادی سلامی<sup>۳</sup>

**چکیده:** شتاب روزافزون روند توسعه موجب گشته تا انتخاب پیمانکار با لحاظ شاخص‌های هزینه، مدت و کیفیت مطلوب به عنوان عاملی مهم در موفقیت طرح‌های صنعتی محسوب گردد. در این مقاله با تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه (MAUT) و الکره یک (Electre I)، مدلی جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی ارائه می‌گردد. در این راستا ضمن بررسی پیشینه موضوع، معیارها و شاخص‌های مربوط شناسایی و دسته بندی شدند. سپس با استفاده از نظرات خبرگان، معیارها و شاخص‌های اصلی تعیین و وزن‌های متناظر آنها نیز تدوین گردید. در گام بعد با فرض خنثی بودن دیدگاه تصمیم گیرنده نسبت به ریسک، توابع مطلوبیت تک شاخصه محاسبه شدند و ماتریس تصمیم بر مبنای مطلوبیت‌های متناظر با سطوح و مقادیر شاخص‌ها در هر یک از گزینه‌های تصمیم تشکیل گردید. سپس با بهره‌گیری از روش الکره یک، گزینه‌های تصمیم رتبه‌بندی شدند. بر اساس یافته‌های این تحقیق، جهت دستیابی به منافع بلند مدت سازمان انتخاب پیمانکار باید بر اساس مجموعه‌ای جامع از معیارها و شاخص‌ها صورت گیرد. با تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه و روش الکره یک، ضمن بهره‌گیری از نقاط قوت هر دو روش مدلی کاربردی با بروندادی قابل اطمینان جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی ایجاد می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** انتخاب پیمانکار، معیارها و شاخص‌های انتخاب پیمانکار، تئوری مطلوبیت چند شاخصه، روش الکره یک.

۱. دانشیار دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، ایران

۳. کارشناس مهندسی سیستم‌ها و بهره‌وری شرکت بهره‌برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۰/۰۶/۲۰

نویسنده مسئول مقاله: هادی سلامی

E-mail: hadisalami@alumni.ut.ac.ir

**مقدمه**

روند سریع رشد و توسعه و همچنین رقابتی‌تر شدن بازار کسب و کار، باعث گشته است تا انتخاب پیمانکار به عنوان مسأله‌ای پیچیده و چندبعدی برای شرکت‌های کارفرمای پروژه‌های صنعتی محسوب شود. یک پروژه از مجموعه‌ای از فعالیت‌ها که برای دستیابی به هدفی خاص شکل می‌گیرد و زمانی موفق است که در زمان معین به بهره‌برداری برسد، هزینه‌های آن در چارچوب تعیین شده بوده و کیفیت مورد انتظار را برآورده سازد [۱۴]. در رویکرد سنتی، "قیمت پیشنهادی"<sup>۱</sup> در شرکتها به عنوان تنها معیار انتخاب پیمانکار مورد استفاده قرار می‌گرفت، با این وجود بررسی‌ها و تحقیقات نشان می‌دهند که انتخاب پیمانکار تنها بر اساس قیمت پیشنهادی و وجود بلند مدت کارفرما را در پی نداشته و انتخاب شایسته‌ترین پیمانکار مستلزم بهره‌گیری از مجموعه‌ای جامع از معیارها و شاخص‌ها است. این مجموعه از شاخص‌ها می‌تواند شایستگی و صلاحیت پیمانکار جهت اجرای پروژه مورد نظر را در چارچوب هزینه، زمان و کیفیت مطلوب، ارزیابی و برآورد کند [۴][۱۳].

در این مقاله ضمن بررسی معیارها و شاخص‌های مرتبط، با تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه<sup>۲</sup> و روش الکتراه یک<sup>۳</sup> مدلی جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی ارائه می‌گردد. هدف از تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه و روش الکتراه یک، احتراز از مفروضات تئوری مطلوبیت چندشاخصه در ترکیب توابع مطلوبیت، تشکیل ماتریس تصمیم با ورودی‌های تفکیک شده‌تر و قابل استنادتر و نهایتاً رتبه‌بندی گزینه‌ها با روشی غیرجبرانی جهت ارائه الگویی با جواب‌های دقیق‌تر و کاربردی‌تر بوده است.

**پیشینه پژوهش**

انتخاب پیمانکار از دشوارترین و مهم‌ترین تصمیمات کارفرما در صنعت ساختمان‌سازی می‌باشد. هر پروژه ساختمانی ممکن است با شرایط بد و عدم اطمینان مواجه شود و یک پیمانکار نامناسب احتمال تأخیرات، افزایش هزینه‌ها، کار و کیفیت پایین‌تر از استاندارد، مجادلات و حتی ورشکستگی را افزایش می‌دهد [۹].

- 
1. Proposed Price
  2. Multi Attribute Utility Theory
  3. Electre I

برای پروژه‌های ساختمانی پیچیده و با میزان ریسک بالا، رویکرد پایین‌ترین قیمت پیشنهادی، گزینه‌ای سودمند برای مواجهه با مسائل انتخاب پیمانکار نمی‌باشد، زیرا مالک باید ریسک بالای عدم موفقیت را متقبل شود [۱۷].

در این شرایط رویکردی ترکیبی باید مورد توجه قرار گیرد، این رویکرد عواملی همچون قیمت پیشنهادی، عملکرد محتمل و مواردی از این دست را مدنظر قرار می‌دهد. در سه دهه اخیر، روش‌های متفاوت بسیار زیادی به منظور بهبود احتمال و میزان موفقیت در پروژه‌های ساختمانی در زمینه انتخاب پیمانکاران به کار گرفته شده‌اند، هالت<sup>۱</sup> (۱۹۹۶) رویکردی برای رتبه‌بندی پیمانکاران به وسیله تحلیل خوشه‌ای<sup>۲</sup> را ارائه کرد [۱۱][۱۲]؛ جاسلسکیس<sup>۳</sup> و راسل<sup>۴</sup> (۱۹۹۲) رویکردی به انتخاب پیمانکار از نقطه نظر تحلیل ریسک<sup>۵</sup> را بنا نهادند؛ فوتیوس<sup>۶</sup> و سو-سین لیو<sup>۷</sup> (۱۹۹۲) روشی بر اساس میانگین پیشنهادات در مناقصات رقابتی را مطرح کردند. روش‌های فوق بر اصلاح جنبه‌های گوناگون انتخاب پیمانکار تمرکز کرده‌اند، با این حال مسائلی از قبیل تأخیرهای زیاد از زمان‌بندی‌های برنامه‌ریزی شده، فراتر رفتن هزینه‌ها، مشکلات جدی در کیفیت پروژه و افزایش تعداد مطالبات و دعاوی قضایی همچنان به طور شایع در پروژه‌های ساختمانی به چشم می‌خورند. بنابراین جستجوی بیشتر در زمینه روش‌های انتخاب پیمانکاران همچنان ادامه دارد [۲۳]. در جدول شماره (۱) مشخصات روش‌شناسی‌های فوق در انتخاب پیمانکار تشریح می‌گردد.

پونگ پنگ<sup>۸</sup> و لیستون<sup>۹</sup> به کاربرد ترکیبی از تابع مطلوبیت و تابع رفاه اجتماعی برای ارزیابی ارزیابی توانایی پیمانکاران در زمان بررسی پیشنهادات اشاره کرده‌اند. اخیراً، ونگ<sup>۱۰</sup> و همکاران بکارگیری شیوه تشخیص چند متغیره<sup>۱۱</sup> را به منظور بهبود و توسعه مدلی جهت رده‌بندی پیمانکاران برای معیارهای ویژه پروژه مورد کاوش قراردادده‌اند.

- 
1. Holt
  2. Cluster Analysis
  3. Jaselskis
  4. Russell
  5. Risk Analysis
  6. Photios
  7. Sou-Sen Leu
  8. Pong Peng
  9. Liston
  10. Wong
  11. Multivariate Discernment Technique

جدول ۱. مشخصات روش شناسی های انتخاب پیمانکار ۱۰۱

ردیف	روش شناسی	کاربرد شناخته شده	درجه ذهنی بودن	ماهیت داده‌های ورودی	ماهیت خروجی	چشم انداز آئی در رابطه با مسأله
۱	روش های بسپوک روش های بسپوک	پر کاربرد در صنعت ملاطیهای امتیاز دهی ساده و کاربر در محیط علمی	بسیار ذهنی ورودی های موفق بر روی ارزبانی ذهنی شاخص ها	توصیفی، دو تایی، زبانی، ذهنی	دو تایی توصیفی امتیازات عددی و بر این اساس رتبه بندی میان گزینه‌ها	محدود به علت کمی بودن
۲	تحلیل چندمناقصه		ورودی، داده‌های کیفی را به کمی تبدیل می کند با دستیابی به داده‌های فاصله-	فاصله‌ای و ترکیبی ولی غالباً ذهنی	امتیازات عددی و رتبه‌بندی میان گزینه‌ها	محدود به علت کمی بودن خوب در صورتی که منحنی های نشان دهنده مطلوبیت استنتاج شوند
۳	مملوبیت چند شاخصه	کاربری دانشگاهی	ای، متمایل به ارزبانی ذهنی است	پیشگویانه‌ی فاصله‌ای	عددی، به علاوه ارزش عضویت گروه و مشخصات گروهی	خوب، چشم اندازی برای تحقیق
۴	رگسیون چندگانه	کاربری دانشگاهی	هیچ در صورتی که داده‌های چند متغیره خام استفاده شود	چند متغیره	عضویت گروه و مشخصات گروهی	عالی، چشم انداز برای تحقیقات آئی
۵	آنالیز خوشه‌ای	محدود	هیچ در صورتی که داده‌های چند متغیره خام استفاده شود	چند متغیره	عضویت گروه و مشخصات گروهی	عالی، چشم انداز برای تحقیقات آئی
۶	مجموعه‌های فازی	کاربری دانشگاهی	قلمرویی برای توسعه نمودارهای مخصوص شاخص‌ها	توصیفی/کیفی تبدیل شده به فاصله‌ای	عضویت گروه	خوب، ولی احتمالاً برای پذیرش آسان در صنعت بسیار پیچیده است
۷	تحلیل تفکیک کننده چند متغیره	کاربرد قبلی	کمی	چند متغیره	عضویت گروه/ مشخصات گروهی	پیشتر استفاده شده اما احتمال چشم انداز وسیع‌تری است

مدل تجمیع وزن دهی ابعادی<sup>۱</sup> (DWA) به وسیله راسل و اسکینیوسکی<sup>۲</sup> ایجاد و توسعه داده داده شد. رویکرد دیگری که توسط مهدی<sup>۳</sup> و همکاران و تاپکو<sup>۴</sup> ارائه شده است از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۵</sup> (AHP) برای انتخاب پیمانکاران بهره گرفته است.

مونایف<sup>۶</sup>، AHP را برای انتخاب پیمانکاران بکار گرفته است. این مدل معیارهای ارزیابی مقدماتی پیمانکاران را با قیمت پیشنهادی به عنوان یکی از معیارهای تصمیم به منظور دستیابی به بهترین پیشنهاد مناقصه ترکیب می‌کند. روشی کمی برای انتخاب پیمانکار، توسط هالت و همکاران معرفی شده است، که از تحلیل چندشاخصه<sup>۷</sup> و تئوری مطلوبیت<sup>۸</sup> بهره می‌گیرد.

هاتوش و اسکیتور استفاده از شیوه‌های نظام‌مند تحلیل تصمیم چندمعیاره<sup>۹</sup> را به منظور انتخاب پیمانکار و ارزیابی پیشنهادات بر مبنای تئوری مطلوبیت پیشنهاد داده‌اند، که ارزیابی انواع متفاوتی از قابلیت‌های پیمانکار را میسر می‌سازد [۸].

بخش عمده روش‌های فعلی تأکید بیش از اندازه بر پذیرش پایین‌ترین پیشنهاد دارند و پایین‌ترین قیمت پیشنهادی معمولاً کلید برنده شدن یک قرارداد قلمداد می‌شود. هاتوش و اسکیتور (۱۹۹۸) بر این باور هستند که پذیرش پایین‌ترین قیمت در ارزیابی پیشنهادات علت اصلی مشکلات تحویل پروژه‌ها می‌باشد، هم‌چنان که پیمانکاران قیمت‌های بسیار پایینی را بواسطه کاهش کیفیت کاری خود اعلام می‌کنند، امیدوار هستند که از طریق «ادعای خسارت»<sup>۱۰</sup> این مسأله را جبران کنند. با این وجود در روش انتخاب بایستی همواره سه معیار زمان، هزینه و کیفیت در نظر گرفته شود [۷].

در ادامه و در قالب جدول شماره (۲)، برخی از مهم‌ترین مدل‌های مورد استفاده در انتخاب پیمانکار معرفی می‌گردد.

- 
1. Dimentional Weighting Aggregation Model
  2. Skibniewski
  3. Mahdi
  4. Topcu
  5. Analytical Hierarchy Process
  6. Manaif
  7. Multi Attribute Analysis
  8. Utility Theory
  9. Systematic Multi-Criteria Decision Analysis Technique
  10. Claim

جدول ۲. مدل‌های انتخاب پیمانکار [۳]

ردیف	مدل	محققان	سال
۱	وزن دهی تجمعی <sup>۱</sup>	راسل و اسکینیوسکی	۱۹۹۰
۲	فرایند تحلیل سلسله مراتبی	الصبحی <sup>۲</sup> ، الحربی <sup>۳</sup> ، آناگنوستوپولوس <sup>۴</sup> و همکاران فونگ و چوی تاپکو	۲۰۰۱ ۲۰۰۴ ۲۰۰۰ ۲۰۰۴
۳	رویکرد بسپوک	هالت	۱۹۹۸
۴	تحلیل خوشه‌ای	هالت	۱۹۹۸ و ۱۹۹۶
۵	ارزیابی مقدماتی پیمانکار بر مبنای سه دسته معیار	پالانیزواران و کومارازوامی	۲۰۰۱
۶	وزن دهی ابعادی <sup>۵</sup>	راسل و اسکینیوسکی سونمز <sup>۶</sup> و همکاران	۱۹۸۸ ۲۰۰۲
۷	استراتژی وسیع ابعادی <sup>۷</sup>	راسل و اسکینیوسکی سونمز و همکاران	۱۹۸۸ ۲۰۰۲
۸	استدلال مدرکی <sup>۸</sup>	سونمز و همکاران	۲۰۰۲
۹	مدل مجموعه‌های فازی	ان گوین لین <sup>۹</sup> و چن <sup>۱۰</sup>	۱۹۸۵ ۲۰۰۴
۱۰	مدل عملکرد عمومی <sup>۱۱</sup>	آلاکرون <sup>۱۲</sup> و مورجس <sup>۱۳</sup>	۲۰۰۲
۱۱	مدل متمرکز بر دانش <sup>۱۴</sup>	راسل و همکاران	۱۹۹۰
۱۲	تحلیل چند شاخصه	هالت و همکاران	۱۹۹۵

1. Aggregated Weighing
2. Al-Subhi
3. Al-Harbi
4. Anagnostopoulos
5. Dimensional Weighting
6. Sonmez
7. Dimentional-Wide Strategy
8. Evidential Reasoning
9. Lin
10. Chen
11. General Performance Model
12. Alacron
13. Mourges
14. Knowledge-Intensive Model

ادامه جدول ۲. مدل‌های انتخاب پیمانکار [۳]

ردیف	مدل	محققان	سال
۱۳	تئوری مطلوبیت چند شاخصه	هاتوش و اسکیتور	۱۹۹۸
۱۴	روش رگرسیون چندگانه	هالت	۱۹۹۸
۱۵	تحلیل تفکیک کننده چند متغیره	هالت اسکیتور و مارسدن <sup>۱</sup>	۱۹۹۸ ۱۹۸۸
۱۶	سیستم امتیازدهی ارزیابی عملکرد <sup>۲</sup> (PASS)	کومارازوامی	۱۹۹۶
۱۷	قاعده ارزیابی مقدماتی <sup>۳</sup>	راسل و اسکینیوسکی سونمز و همکاران	۱۹۸۸ ۲۰۰۲
۱۸	تحلیل ریسک <sup>۴</sup>	جاسلسکیس و راسل	۱۹۹۲
۱۹	ارزیابی کیفیت ساده شده <sup>۵</sup>	ریکس <sup>۶</sup>	۱۹۹۷
۲۰	قضاوت ذهنی <sup>۷</sup>	راسل و اسکینیوسکی سونمز و همکاران	۱۹۸۸ ۲۰۰۲
۲۱	ارزیابی مقدماتی دو مرحله‌ای <sup>۸</sup>	راسل و اسکینیوسکی سونمز و همکاران	۱۹۸۸ ۲۰۰۲

با اینکه در انتخاب پیمانکار مدل‌های متنوعی تا کنون مطرح گردیده است، با این حال نمی‌توان از این مدل‌ها در هر نوع انتخاب پیمانکاری استفاده نمود. از آنجا که با توجه به رویکرد اقتضایی در دنیای تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرندگان قبل از هر اقدامی مزایا و معایب هر یک را در نظر می‌گیرند؛ بنابراین جهت اتخاذ رویکردی مناسب در انتخاب پیمانکار نیز باید مزایا و معایب رویکردها را مورد بررسی قرار داد، تا بدین وسیله مناسب‌ترین روش در انتخاب پیمانکار بدست آمد. با توجه به مدل‌های مطرح شده در فوق در ادامه در قالب جدول شماره (۳) به بررسی مزایا و معایب مدل‌های فوق می‌پردازیم.

1. Marsden
2. Performance Assessment Scoring System
3. Prequalification Formula
4. Risk Analysis
5. Simplified Quality Assessment
6. RICS
7. Subjective Judgment
8. Two-Step Prequalification

جدول ۳. مقایسه میان مدل‌های ارزیابی مفهومی پیمانکاران [۸]

ردیف	نوع مدل	مؤلف	مزایای مدل	معایب مدل
۱	تجمع وزن‌دهی ایمادی (DWA)	راسل و اسکینیوسکی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- کاربرد ساده</li> <li>- نیازمند دانش ویژه‌ای نمی‌باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- به تفاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان وابسته است.</li> <li>- امتیازی پائین در یک قسمت می‌تواند توسط امتیازی بالاتر در قسمتی دیگر جبران شود.</li> <li>- ریسک‌های همپیوند با تناقض اطلاعات پیمانکار را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>- ریسک‌های ذاتی ناشی از عقاید متفاوت تصمیم‌گیرندگان را لحاظ نمی‌کند.</li> <li>- قابلیت همساز کردن معیارهای متفاوت با واحدهای ناممسان اندازه‌گیری را دارا نمی‌باشد.</li> </ul>
۲	سیستم دانش‌محور (KBS)	راسل و همکاران	<ul style="list-style-type: none"> <li>- به قواعد تصمیم‌گیری شانس برای استفاده جهت انتظارات بهتر را می‌دهد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- محدودیت موجود در مدل، طرز عمل تالیفی عدم اطمینان ذاتی دانش ابتکاری می‌باشد.</li> </ul>
۳	تحلیل چندشاخه (MAA)	هالت و همکاران	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MAA یک مدل امتیازدهی ساده است</li> <li>- به دلیل سادگی به کرات توسط تصمیم‌گیرندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- معیتر ورودی که توسط کاربران استفاده می‌شود غالباً یک مقدار بسیار ذهنی است.</li> <li>- مدل نمی‌تواند بررسی‌های نظام‌مند را بر پایه تفاوت‌ها با یکدیگر پیوند دهد.</li> <li>- غیرخطی بودن میان معیارهای تصمیم و ویژگی‌های پیمانکاران را مدنظر قرار نمی‌دهد.</li> <li>- عدم قطعیت اطلاعات پیمانکاران در نظر گرفته نمی‌شود.</li> </ul>
۴	ارزایی مقدماتی با مجموعه‌های فازی	ان‌گوبن	<ul style="list-style-type: none"> <li>- با داده‌های کمی و کیفی سرو کار دارد</li> <li>- با عضویت گروهی کار می‌کند.</li> <li>- به داده‌های غیر قطعی رسیدگی می‌کند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مشکلات همساز با فرمول بندی توابع عضویت برای معیارهای ارزیابی مقدماتی و تعادل پارامترها و پیچیدگی چارچوب.</li> <li>- کاربر باید پیشینه‌های وسیع از روش‌های برای درک و اجرای این تحلیل‌ها را داشته باشد.</li> </ul>
۵	مدل PERT برای ارزایی مقدماتی	هاتووشو اسکینیوسور	<ul style="list-style-type: none"> <li>- رتبه بندی‌های چنگانه را با هم پیوند داده و بررسی عدم قطعیت در داده‌های پیمانکاران را میسر می‌سازد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ماهیت ذهنی تفاوت‌ها بر سطح مقاصد تأثیر گذار است.</li> <li>- این شیوه قابلیت سروکار داشتن با ارتباطات غیرخطی ذاتی بین شاخص‌های پیمانکاران و تصمیمات ارزیابی مقدماتی متناظرشان را دارا نمی‌باشد.</li> <li>- ماهیت ذهنی اختیار دادن به تصمیم‌گیرنده در ارتباط با وزن تصمیم‌بخانی را تحت تأثیر خواهد داد.</li> <li>- مقیاس به کار رفته واضح نیست.</li> <li>- احتمال وقوع رتبه‌بندی معکوس وجود دارد.</li> <li>- مقایسه میان دو معیار به واسطه دو مقیاس متفاوت صورت می‌گیرد.</li> </ul>
۶	فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)	موتایف، الحارثی، مهدی و تانگو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تصمیم‌گیری گروهی را امکان‌پذیر می‌سازد.</li> <li>- تفاوت‌های پایه انتقال را به وزن‌دهی معنی‌دار و نسبت‌هایی بر مبنای تصمیمات متبوع تصمیم‌گیرندگان را می‌توان به‌وسیله این شیوه که آن تفاوت را به نتیجه‌ای پیانگ تبدیل می‌کند، همساز کرد.</li> <li>- با دقت زیاد به نامزادگاری‌های موجود در تفاوت‌ها اشاره می‌کند.</li> </ul>	



ادامه جدول ۳. مقایسه میان مدل‌های ارزیابی مقدماتی پیمانکاران [۱۸]

ردیف	نوع مدل	موفق	مزایای مدل	معایب مدل
۷	مطلوبیت چندشاخصه	هاتوش و اسکیتیمور	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارزیابی انواع متفاوتی از قابلیت‌های پیمانکاران را امکان پذیر می‌کند.</li> <li>- داده‌های غیر قطعی را بکار می‌برد.</li> <li>- ریسک تصمیم‌گیرنده را متحد می‌کند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- بازتأیید ترجیحات پیمانکاران عمومی از طریق تابع مطلوبیت مشکل می‌باشد.</li> <li>- به منظور استنتاج تابع مطلوبیت نیازمند مقرر داشتن مقادیر دقیق احتمال می‌باشد.</li> <li>- فرآیند تصمیم‌گیری زمان بسیار زیادی را نیاز داشته و در صورت زیاد بودن تعداد معیارها ملالت آور می‌شود.</li> <li>- نیازمند توقف بسیار خوبی بر نظریه احتمالات می‌باشد.</li> <li>- فاقد توانایی رسیدگی به چندین تصمیم‌گیرنده به طور همزمان می‌باشد.</li> </ul>
۸	استدلال مورد محور	ان جی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- راه حل کاربردی ساده‌ای را در زمانی که آگاهی درباره سیستم مخصوص ارزیابی مقدماتی ضعیف می‌باشد می‌تواند ارائه کند.</li> <li>- راه‌حل‌های به دست آمده از موارد قبلی می‌توانند برای تطابق با موفقیت قبلی از طریق توابع انطباقی تمیبه شده در سیستم، اصلاح و تعدیل شوند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مدل نیازمند وارد کردن تعداد زیادی از موارد در زمان راه‌اندازی اولیه می‌باشد که ممکن است در عمل مشکل باشد.</li> <li>- در موردهایی که هیچ راه حل تقریبی و یا مشابهی برایشان وجود ندارد، سیستم یک راه حل معکوس را ارائه خواهد کرد.</li> <li>- این سیستم یک سیستم تطابق پذیر که توانایی یادگیری و پیش‌بینی راه‌حل‌های جدید را داشته باشد، نیست.</li> </ul>
۹	شبکه‌های عصبی مصنوعی	طاه، خسروشاهی، لام و همکاران	<ul style="list-style-type: none"> <li>- روش‌های داده - رانده خود انطباق که در آنها تعداد معدودی دلایل قبلی فرضیات درباره مدل‌های مسائل تحت مطالعه وجود دارد.</li> <li>- نیازی برای معلوم بودن توزیع آماری داده‌ها وجود ندارد.</li> <li>- سوای از ساختار داخلی شبکه‌های عصبی، واگرایی داده‌ها به طور ضمنی محاسبه می‌شود.</li> <li>- برای تحلیل کردن روابط غیر خطی در میان متغیرهای خروجی مناسب است.</li> <li>- نتایج شبکه‌های عصبی را می‌توان عمومیت داد.</li> <li>- دارای توانایی انجام هر دو محاسبات و استنتاج‌ها بر مبنای ترکیبی پیچیده از داده‌های کمی و کیفی می‌باشد.</li> <li>- عدم قطعیت‌ها و عدم دقت‌ها به کمترین میزان کاهش می‌یابند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- برای مدل شبکه عصبی ارائه توضیحی راجع به اینکه چرا یک پیمانکار داوطلب واجد شرایط لازم و یا فاقد شرایط لازم بوده، دشوار می‌باشد.</li> <li>- شبکه عصبی غالباً به علت نشان دادن درجه پائینی از قابلیت درک، مورد انتقاد قرار گرفته است.</li> <li>- مدل شبکه عصبی از دشواری‌های در اکسپاب زوجهای آموزشی برای پروژه‌های خصوصی کارفرمایان رنج می‌برد.</li> <li>- شبکه عصبی به منظور آموزش نیازمند مقادیر زیادی از داده‌های گذشته می‌باشد.</li> </ul>

### رویه‌های ارزیابی و انتخاب پیمانکاران در کشورهای مختلف

یک سری مطالعات اولیه صورت گرفته در کشور هنگ کنگ نشان می‌دهند که رویکردهای متفاوتی به جهت انتخاب پیمانکاران واجد شرایط در کشورها و سازمان‌های مختلف وجود دارند و در این راستا معیارهای بسیار زیادی تدوین شده‌اند. در ادامه نمونه‌هایی از رویه‌های ارزیابی مقدماتی، تعیین صلاحیت و انتخاب پیمانکار در کشورهای هنگ کنگ، استرالیا، ترکیه و انگلیس شرح داده می‌شوند.

#### ارزیابی مقدماتی پیمانکاران در هنگ کنگ

صنایع ساخت و ساز هنگ کنگ شامل کارفرمایان زیادی در بخش خصوصی می‌باشد. بار کاری پروژه‌های ساخت و ساز در این کشور بیانگر مشارکت بالای بخش عمومی در این زمینه است. کارفرمایان دولتی دارای ادارات مختلفی زیر نظر اداره کل کارهای عمومی این کشور هستند که می‌توان از سازمان‌های مسکن هنگ کنگ<sup>۱</sup> سازمان حمل و نقل ریلی<sup>۲</sup> و سازمان حمل و نقل هوایی<sup>۳</sup> در این زمینه نام برد.

رویه انتخاب پیمانکار واجد شرایط توسط اداره کارهای عمومی هنگ کنگ بدین صورت است که تنها پیمانکاران موجود در لیست تأیید صلاحیت، مجاز به شرکت در مناقصه هستند. لیست‌های پیمانکاران صلاحیت دار به سه دسته بر حسب ظرفیتشان تقسیم می‌شوند. در هر گروهی دو سطح وضعیت وجود دارد. سطح اول را سطح آزمایشی و سطح دوم را سطح تأیید می‌نامند. تأیید پس از آزمایش، با اتمام رضایت بخش کار به همراه سوابق عملکردی خوب میسر خواهد شد. ارتقاء پیمانکاران در هر گروهی بستگی به برآورده شدن نیازهای مالی، توانایی‌های فنی - مدیریتی و اتمام رضایت بخش قراردادها دارد. لیست‌های پیمانکاران تأیید شده سالیانه به تفکیک هر گروه، تدوین و بازنگری می‌شوند.

فرایند انتخاب پیمانکاران واجد شرایط در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول آن دسته از پیمانکارانی که آشکارا غیر قابل قبول هستند، از لیست پیمانکاران مورد بررسی حذف می‌شوند. در مرحله دوم پیمانکاران منتخب در مرحله اول مورد ارزیابی دقیق‌تری قرار می‌گیرند. معیارهای مرحله اول بر این اساس قرار دارند که آیا پیمانکار مورد نظر نیازهای اولیه ذکر شده در اطلاعیه یا آگهی را برآورده می‌سازد یا خیر؟ معیارهای مرحله دوم شامل جنبه‌های تخصصی فرایند بررسی می‌باشند که عبارتند از: تجربه قراردادهای دولتی هنگ کنگ در ۵ سال گذشته؛ تجربه

---

1. Hong Kong housing Authority  
2. Mass Transit Railway Corporation  
3. Airport Authority

قراردادهای محلی و همچنین بین‌المللی دیگر در ۵ سال گذشته؛ تجربه، مقبولیت و سازماندهی مدیران، متخصصین و کارکنان فنی؛ تجربیات مرتبط با انواع یا اندازه ساختمانها و غیره یا انواع ساخت و سازهای صورت گرفته در پروژه‌ها در ۵ سال گذشته؛ در دسترس بودن و جزئیات ماشین‌آلات تخصصی، تجهیزات، کارگاه‌ها و غیره؛ جزئیات منابع مالی و ... [۱۶].

### تعیین صلاحیت اولیه پیمانکاران در ترکیه

در ترکیه آن دسته پیمانکارانی که نیازهای ضروری قراردادی پروژه‌ها را برآورده می‌سازند، می‌توانند در مناقصات اینگونه پروژه‌ها شرکت نمایند. این نیازمندی‌ها وابسته به وضعیت مالی پیمانکاران می‌باشند. اگر آن بخش استفاده نشده اعتبار پولی یا اسنادی پیمانکار بدهی مالیاتی داشته باشد، اجازه شرکت در مناقصه را ندارد. از این رو یک فرایند دو مرحله‌ای برای انتخاب پیمانکارانی که نیازهای پروژه را برآورده ساخته‌اند، وجود دارد. این مراحل عبارتند از:

- تعیین صلاحیت اولیه پیمانکار
  - انتخاب پیشنهاد دهنده با پایین‌ترین قیمت از میان متقاضیان واجد شرایط
- در مرحله اول معیارهای ارزیابی مقدماتی پیمانکار عبارتند از: توانایی اتمام به موقع پروژه، تخصص سازمانی، در دسترس بودن کارمندان متخصص و با تجربه و در دسترس بودن منابع از قبیل ماشین‌آلات و تجهیزات. پیمانکارانی که امتیازی کمتر از حد استاندارد کسب نموده‌اند، در این مرحله حذف می‌گردند. سپس میانگین امتیازات متقاضیان باقیمانده محاسبه شده و پیمانکارانی که امتیازی بیشتر از ۹۵ درصد میانگین امتیازات را به دست آورده باشند، واجد شرایط برای ورود به مرحله بعدی خواهند شد. اگر تعداد پیمانکاران متقاضی از ۵ شرکت کمتر باشد، تمامی پیمانکاران باقیمانده امتیازی بالاتر یا برابر با امتیاز استاندارد دارند و تمامی آن‌ها واجد شرایط خواهند شد. در مرحله دوم قیمت‌های پیشنهادی آنان مورد بررسی قرار می‌گیرند. تفاوت‌های قیمتی برآورد هزینه کارفرمای پروژه و قیمت‌های پیشنهادی پیمانکاران محاسبه می‌گردند. پیمانکاری که بیشترین اختلاف را با هزینه برآوردی دارد، برنده مناقصه خواهد شد (به عبارت دیگر پایین‌ترین قیمت پیشنهادی برنده مناقصه خواهد شد) [۲۰].

### رویکردهای انتخاب پیمانکار در انگلیس

بیشتر کارفرمایان در انگلیس از رویکردی انتخابی در انتخاب پیمانکاران واجد شرایط در مناقصاتشان استفاده می‌نمایند. این رویکرد در کاهش مناقصات بی‌نتیجه و هزینه‌های مازاد مفید می‌باشد. همچنین این رویکرد فرصتی را جهت ارزیابی رقابت‌پذیری و ظرفیت بالقوه پیمانکاران در راستای کسب رضایتمندی کارفرمایان را پیش روی آنان قرار می‌دهد. فرم عمومی این فرایند

ارزیابی، ارزیابی مقدماتی پیمانکار است که به دنبال شناسایی پیمانکارانی اصلح چه از لحاظ مالی و چه از لحاظ توانایی فنی می‌باشد. این فرایند دربردارنده اندازه‌گیری و ارزیابی قابلیت‌های بالقوه پیمانکاران بر اساس مجموعه‌ای از معیارها است که معیارهای ارزیابی مقدماتی نام دارند [۲۱]. مطالعات انجام گرفته در انگلیس نشان می‌دهد که بیش از نود درصد کارفرمایان از معیارهای تصمیم‌گیری خاص خودشان در انتخاب پیمانکار واجد شرایط استفاده می‌نمایند و هیچ مجموعه استانداردی از معیارها که مورد تایید طرفان قرارداد باشد، وجود ندارد. دو عامل اصلی اثر گذار بر فرایند تدوین معیارهای ارزیابی مقدماتی عبارتند از: اهداف کارفرما و ادراکات تصمیم‌گیرندگان [۲۲].

تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهند که اختلافات معنی‌داری بین کارفرمایان بخش عمومی و خصوصی از نقطه نظر معیارهای ارزیابی وجود دارد. نحوه قرارداد، توانایی مدیریتی، پیشرفت کار، روابط پیمانکار- کارفرما و پاسخگویی در برابر دستورالعمل‌ها، معیارهایی هستند که بیشترین اختلاف نظر رتبه‌ای بین کارفرمایان بخش عمومی و خصوصی را دارا می‌باشند [۱۹]. به طور کلی ده معیار اصلی و مهم در ارزیابی مقدماتی پیمانکاران به ترتیب عبارتند از: عملکرد کلی پیمانکاران، اقدامات فریبکارانه، ثبات مالی، توانایی مدیریتی، ثبات سازمان، رقابت‌پذیری، پیشرفت کار، استاندارد کیفیت، قراردادهای شکست‌خورده و روابط با کارفرما. ده معیار با کمترین میزان اهمیت در تعیین صلاحیت اولیه پیمانکاران عبارتند از: تعداد پیشنهادات قبلی، میزان کار اجرایی به پیمانکاران فرعی، سوابق فعالیت در کسب و کار، نحوه قرارداد، موقعیت فیزیکی، روشهای تدارکات و خرید، تجارت خاص، سرمایه در گردش، روابط با پیمانکاران فرعی و سطح تکنولوژی [۱].

### **روش پژوهش**

در این پژوهش تلاش گردیده است تا بر پایه تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه و روش الکترونیک، مدلی جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی ارائه گردد. مدل‌ها و رویه‌های انتخاب پیمانکار، هر یک خصوصیات ویژه‌ای داشته و نیز نقاط ضعف و قوتی را دارا می‌باشند. روش MAUT، ارزیابی انواع مختلف قابلیت‌ها و توانایی‌های پیمانکار را فراهم نموده و می‌تواند به خوبی داده‌های غیر قطعی را مورد استفاده قرار داده و داده‌های کیفی را به کمی تبدیل کند [۱۵]. از طرف دیگر یکپارچه سازی و ترکیب توابع مطلوبیت با استفاده از فرم‌های ترکیبی مورد استفاده در این روش نیازمند مفروضاتی از قبیل استقلال مطلوبیت می‌باشد. این مقادیر مطلوبیت در مقایسه با حالتی که مقادیر و سطوح تخصیصی شاخص‌های تصمیم‌گیری مستقیماً در ماتریس

تصمیم قرار داده شوند به طور واقعی‌تر و دقیق‌تری ترجیحات و تمایلات تصمیم‌گیرنده را منعکس می‌کنند [۵][۶]. بنابراین خروجی‌های قابل اطمینان‌تری از مدل ارائه شده حاصل می‌شود. تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه و روش الکترونیک تلاشی است جهت استفاده از نقاط قوت هر دو روش و اجتناب از نقاط ضعف آنها. بر این اساس با اعمال تئوری مطلوبیت در رابطه با هر یک از شاخص‌ها، گزینه‌ها بر مبنای مطلوبیت‌های بدست آمده بررسی می‌شوند و ماتریس تصمیم بر اساس مطلوبیت‌های متناظر با مقادیر و سطوح شاخص‌های تصمیم در هر یک از گزینه‌ها شکل می‌گیرد، و از دیگر سو روش الکترونیک یک گزینه‌ها را با در نظر گرفتن تمامی معیارها و شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در واقع به جای یکپارچه‌سازی و ترکیب توابع مطلوبیت در روش مطلوبیت چندشاخصه، با بکارگیری روش الکترونیک ضمن تحلیل روابط غیررتبه‌ای با بهره‌گیری از مجموعه‌های هماهنگی و ناهماهنگی، امکان مقایسه دقیق گزینه‌ها فراهم می‌شود.

### روش‌های گردآوری داده‌ها

در این پژوهش از سه پرسش‌نامه زیر بهره گرفته شد:

- ۱) انتخاب مهم‌ترین شاخص‌ها جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی
- ۲) تعیین وزن (اهمیت) معیارهای انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی
- ۳) تعیین مقادیر حداقل و حداکثر مطلوبیت ( $U_H, U_L$ ) برای شاخص‌های انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی

به منظور غربال‌سازی شاخص‌ها و معیارهای انتخابی و تعیین وزن آنها با استفاده از نظر مدیران و کارشناسان شرکت مپنا، پرسش‌نامه‌ای با استفاده از طیف ۷ گزینه‌ای اعداد فازی قطعی شده تنظیم گردید (پرسش‌نامه شماره ۱). جهت تعیین وزن معیارهای اصلی انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی، پرسش‌نامه‌ای بر مبنای روش وزن‌دهی با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی در طیف ۹ گزینه‌ای تنظیم و تهیه گردید (پرسش‌نامه شماره ۲). جهت تعیین مقادیر حداقل و حداکثر مطلوبیت در شاخص‌های اصلی انتخاب پیمانکار (کمی و کیفی) پرسش‌نامه‌ای تنظیم و تهیه گردید. حداقل و حداکثر مطلوبیت در شاخص‌های کیفی با استفاده از طیف ۹ گزینه‌ای تعیین شدند (پرسش‌نامه شماره ۳).

### شناسایی معیارها و شاخص‌های انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی

در این تحقیق به منظور ارائه الگویی جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی طی بررسی مقالات علمی مرتبط بیش از هفتصد عنوان معیار/ شاخص شناسایی شدند، سپس موارد مشابه مشخص شده و عناوین قابل ادغام نیز، در یکدیگر ادغام شدند. در ادامه جدول فراوانی معیارها و شاخص‌های به دست آمده با توجه به تفکیک فراوانی هر عنوان تنظیم گردید. در گام بعد معیارها و شاخص‌هایی با بیشترین فراوانی مشخص و به منظور طبقه‌بندی و دسته‌بندی آنها، عناوینی که در حداقل سی درصد از مقالات مورد استناد ذکر گردیده و حداقل در هفتاد درصد از موارد ذکر شده تحت عنوان «معیار» طبقه بندی شده بودند، در این تحقیق به عنوان معیار در نظر گرفته شد. سایر عناوین در فهرست نهایی جزو شاخص‌ها محسوب شدند. هر شاخص نیز در ذیل معیاری قرار داده شد که در ادبیات تحقیق در بیشتر از شصت درصد موارد در ذیل همان معیار طبقه‌بندی گردیده بود. در واقع مبنای معیارها و شاخص‌های شناسایی شده، معیارها و شاخص‌های ارزیابی مقدماتی پیمانکاران می‌باشد که با افزوده شدن معیارهایی همچون "قیمت پیشنهادی" و "ظرفیت انجام پروژه‌های جدید"، این مجموعه توانایی بالقوه به منظور ارزیابی گزینه‌ها جهت انتخاب پیمانکاری شایسته برای اجرای پروژه‌های ساختمانی را به دست آورده است.

### تعیین اوزان نهایی شاخص‌های تصمیم

به منظور تعیین وزن اولیه شاخص‌ها بر مبنای داده‌های حاصل از پرسش‌نامه شماره ۱، در مورد هر یک از شاخص‌های پیشنهادی، از اعداد فازی متناظر با متغیرهای بیانی انتخاب شده در کلیه پرسش‌نامه‌ها میانگین گرفته شد. با بهره‌گیری از نظرات اساتید دانشگاهی و مدیران و کارشناسان شرکت مینا، وزن ۰/۶ به عنوان حداقل وزن شاخص‌های اصلی و مهم انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی تعیین گردید. از مجموع ۳۳ شاخص پیشنهادی، ۱۵ شاخص دارای وزنی بیشتر از ۰/۶ می‌باشند بنابراین به عنوان شاخص‌های اصلی انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی برگزیده شدند.

تعیین وزن معیارهای اصلی انتخاب پیمانکاران پروژه‌های ساختمانی با استفاده از داده‌های پرسش‌نامه شماره ۲ و بر مبنای ماتریس مقایسات زوجی و روش تقریبی میانگین حسابی صورت پذیرفت.

به منظور به دست آوردن وزن‌های نرمال نهایی شاخص‌های تصمیم‌گیری، در هر شاخص وزن نرمال شاخص در معیار متناظرش، در وزن نرمال معیار مربوطه ضرب شده است.

جدول ۴. معیارها و شاخص‌های انتخاب پیمانکار به همراه اوزان متناظر هر یک

ردیف	معیار / شاخص	وزن نرمال معیار	وزن اولیه شاخص	وزن نهایی شاخص
۱	قیمت پیشنهادی	۰/۲۱۵	-	-
۱-۱	قیمت	-	۰/۷۷۶	۰/۲۱۵
۲	توانمندی‌های فنی و تخصصی	۰/۰۴۷	-	-
۱-۲	وضعیت و قابلیت استفاده تجهیزات و ماشین آلات	-	۰/۶۹۶	۰/۰۲۴
۲-۲	نوع و تناسب ماشین آلات و تجهیزات	-	۰/۶۶۵	۰/۰۲۲
۳-۲	میزان تجربه و کار آزمودگی کارکنان فنی	-	۰/۵۲۱	-
۴-۲	تعداد و میزان کارکنان فنی و کارشناسان	-	۰/۵۰۶	-
۳	تجربه و شهرت	۰/۰۹۰	-	-
۱-۳	مقیاس پروژه‌های انجام شده	-	۰/۶۷۳	۰/۰۴۲
۲-۳	تجربه اجرای پروژه‌های مشابه	-	۰/۷۶۰	۰/۰۴۷
۳-۳	مدت زمان فعالیت در صنعت و کسب و کار	-	۰/۴۵۹	-
۴-۳	تجربه جغرافیایی در محل اجرای پروژه	-	۰/۳۲۱	-
۴	صلاحیت و پایداری مالی	۰/۱۰۶	-	-
۱-۴	میزان و درجه‌بندی اعتبار	-	۰/۴۷۶	-
۲-۴	نسبت جاری	-	۰/۶۳۵	۰/۱۰۶
۳-۴	نسبت سود آوری	-	۰/۴۲۸	-
۴-۴	کفایت ضمانت‌نامه‌ها و معاهدات بانکی	-	۰/۵۴۵	-
۵-۴	سوابق گردش مالی	-	۰/۴۶۴	-
۵	ظرفیت انجام پروژه‌های جدید	۰/۲۱۸	-	-
۱-۵	حجم کاری فعلی	-	۰/۷۶۲	۰/۲۱۸
۲-۵	حجم کاری آتی	-	۰/۵۲۰	-

جدول ۴. معیارها و شاخص‌های انتخاب پیمانکار به همراه اوزان متناظر هر یک

ردیف	معیار / شاخص	وزن نرمال معیار	وزن اولیه شاخص	وزن نهایی شاخص
<b>۶</b>	<b>سازمان و مدیریت</b>	۰/۱۵۷	-	-
۱-۶	صلاحیت و شایستگی مدیران عالی	-	۰/۶۷۸	۰/۰۵۴
۲-۶	سیستم و برنامه کنترل و تضمین کیفیت	-	۰/۶۲۹	۰/۰۵۰
۳-۶	اندازه سازمان	-	۰/۴۵۷	-
۴-۶	طرح و خطمشی ایمنی و سلامت	-	۰/۴۹۸	-
۵-۶	قابلیت و توانایی مدیریت پروژه	-	۰/۶۶۰	۰/۰۵۲
۶-۶	گرایش و تمایل به دعاوی قضایی	-	۰/۵۰۰	-
۷-۶	صلاحیت و قابلیت مدیران اجرایی	-	۰/۵۵۰	-
۸-۶	برنامه تفصیلی آموزش کارکنان	-	۰/۳۹۳	-
<b>۷</b>	<b>عملکرد گذشته</b>	۰/۱۶۴	-	-
۱-۷	عدم موفقیت در به اتمام رساندن پروژه یا قرارداد قبلی	-	۰/۷۲۱	۰/۰۳۴
۲-۷	کیفیت واقعی به دست آمده در پروژه‌های قبلی	-	۰/۶۷۰	۰/۰۳۲
۳-۷	عملکرد ایمنی و سلامت در پروژه‌های قبلی	-	۰/۶۶۴	۰/۰۳۲
۴-۷	ارتباط با پیمانکاران فرعی	-	۰/۴۷۹	-
۵-۷	گرایش نسبت به ادعای خسارت کردن (Claims).	-	۰/۷۱۰	۰/۰۳۴
۶-۷	میزان پروژه‌های تکمیل شده با تأخیرات زمانی	-	۰/۶۰۹	۰/۰۲۹
۷-۷	حجم و نوع کارهای ارجاعی به پیمانکاران فرعی	-	۰/۴۳۴	-
۸-۷	ارتباط با کارفرمایان قبلی	-	۰/۵۳۴	-
۹-۷	تجاوز هزینه‌های پروژه از حد برنامه‌ریزی شده	-	۰/۴۸۲	-



### تعیین توابع مطلوبیت متناظر با شاخص‌های انتخابی

بدین منظور ابتدا با استفاده از پرسش‌نامه شماره ۳ مقادیر حداقل و حداکثر مطلوبیت ( $U_H$  و  $U_L$ ) در هر شاخص از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان مشخص شد.  $U_L$  نشان‌دهنده سطح و مقداری از شاخص است که از دیدگاه تصمیم‌گیرنده کمترین میزان مطلوبیت (صفر) را دارا می‌باشد. همچنین  $U_H$  نشان‌دهنده سطح و مقداری از شاخص است که از دیدگاه تصمیم‌گیرنده بیشترین میزان مطلوبیت (یک) را دارا می‌باشد.

برای به دست آوردن توابع مطلوبیت منفرد شاخص‌ها ( $u_i(y_i)$ ) با مفروض بودن رفتار خنثی در ریسک برای فرد تصمیم‌گیرنده، می‌توان با در نظر داشتن معادلات (۱) و (۲)، براساس فرمول (۳)، دستگاه معادلاتی با دو معادله و دو مجهول را تشکیل داد و مقادیر ثابت  $c_i$  و  $d_i$  را به دست آورد. در این حالت تابع مطلوبیت حاصل، یک تابع سه ضابطه‌ای می‌باشد.

$$u_i(U_L) = 0 \quad (۱)$$

$$u_i(U_H) = 1 \quad (۲)$$

$$u_i(y_i) = c_i y_i + d_i \quad (۳)$$

برای مثال تابع مطلوبیت منفرد شاخص "قیمت" به صورت زیر محاسبه شده است:

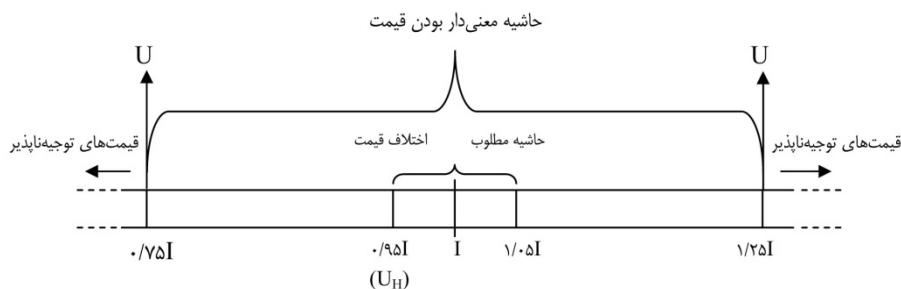
#### تابع مطلوبیت منفرد شاخص «قیمت»<sup>۱</sup>

به منظور محاسبه تابع مطلوبیت قیمت نکات زیر باید مدنظر قرار گیرند:

- برآورد اولیه<sup>۲</sup> استعمال: قیمتی است که توسط کارشناسان شرکت مپنا برای پروژه مورد مناقصه محاسبه می‌گردد. در ادامه این قیمت "I" نامیده می‌شود.
- حاشیه مطلوب اختلاف قیمت: حاشیه  $\pm 5$  درصد از برآورد اولیه از دیدگاه شرکت مپنا به عنوان حاشیه مطلوب اختلاف قیمت شناخته می‌شود.
- حاشیه معنی‌دار بودن قیمت: حاشیه  $\pm 25$  درصد از برآورد اولیه از دیدگاه شرکت مپنا به عنوان حاشیه معنی‌دار بودن قیمت شناخته می‌شود. قیمت‌های پیشنهادی پیمانکاران اگر خارج از این بازه قرار گیرند از دیدگاه گروه مپنا توجیه‌پذیر نمی‌باشند.

۱. از علاقمندان تقاضا می‌شود جهت آگاهی بیشتر در ارتباط با توابع مطلوبیت سایر شاخص‌های برگزیده به پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان "انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تلفیق تئوری مطلوبیت (روش MAUT) و روش Electre I در شرکت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی ایران (مپنا)" نگارش کاوه کاشی (موجود در کتابخانه دانشکده مدیریت دانشگاه تهران) مراجعه نمایند.

- حداکثر مطلوبیت شاخص قیمت ( $U_H$ ): به ازاء قیمت پیشنهاد شده‌ای که به میزان ۵٪ کمتر از برآورد اولیه باشد حاصل می‌گردد.
- حداقل مطلوبیت شاخص قیمت ( $U_L$ ): به ازاء قیمتی که با برآورد اولیه  $\pm 25\%$  تفاوت داشته باشد حاصل می‌شود.
- مطلوبیت برآورد اولیه استعلام ( $I$ ) برابر با  $0.779$  تعیین گردید (بر اساس نظرسنجی از مدیران گروه مپنا).
- مطلوبیت قیمت پیشنهاد شده‌ای که ۵٪ بیش از برآورد اولیه باشد  $0.527$  تعیین گردید (بر اساس نظرسنجی از مدیران گروه مپنا).



شکل ۱. حاشیه مطلوب اختلاف قیمت و حاشیه معنی دار بودن قیمت

تابع مطلوبیت منفرد شاخص قیمت بر اساس برآورد اولیه استعلام برای پروژه مورد مناقصه برابر با  $119/695/515/114$  ریال از مطابق با ضابطه‌های زیر محاسبه گشت.

$$1) y_1 \leq 0.75 I \rightarrow u_1(y_1) = 0$$

در این بازه تابع قیمت ماهیت سود دارد

$$2) 0.75 I \leq y_1 \rightarrow 0.95 I$$

$$u_1(y_1) = 0.041 y_1 - 3.68$$

$$3) y_1 = 0.95 I \rightarrow u_1(y_1) = 1$$

در این بازه تابع قیمت ماهیت هزینه دارد

$$4) 0.95 I < y_1 < I$$

$$u_1(y_1) = -0.036 y_1 + 5.088$$

$$5) y_1 = I \rightarrow u_1(y_1) = 0.779$$

در این بازه تابع قیمت ماهیت هزینه دارد

انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تلفیق تئوری ... ۱۰۳

$$6) I < y_1 < 1.05 I$$

$$u_1(y_1) = -0.042 y_1 + 5.0805$$

$$7) y_1 = 1.05 I \rightarrow u_1(y_1) = 0.527$$

در این بازه تابع قیمت ماهیت هزینه دارد

$$8) 1.05 I < y_1 < 1.25 I$$

$$u_1(y_1) = -0.022 y_1 + 3.291$$

$$9) y_1 \geq 1.25 I \rightarrow u_1(y_1) = 0$$

### محاسبه مطلوبیت‌های متناظر با مقادیر و سطوح شاخص‌های برگزیده

مطلوبیت‌های متناظر با مقادیر و سطوح تخصیص یافته به شاخص‌های برگزیده در هر یک از گزینه‌های تصمیم، با قرار دادن مقدار و یا سطح هر شاخص در تابع مطلوبیت منفرد مربوطه محاسبه گشته‌اند و این مقادیر معرف درایه‌های ماتریس تصمیم می‌باشند.

جدول ۵. مطلوبیت محاسبه شده برای مقادیر تخصیص یافته به شاخص‌های برگزیده در هر یک از

گزینه‌های تصمیم (ماتریس تصمیم)

A <sub>۵</sub>	A <sub>۴</sub>	A <sub>۳</sub>	A <sub>۲</sub>	A <sub>۱</sub>	گزینه شاخص
-/۰۰۰	-/۰۰۰	۰/۱۴۵	۰/۷۷۸	۰/۶۳۴	۱
-/۵۷۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۶۳	۰/۹۸۰	۲
-/۷۳۵	-/۰۰۰	۰/۳۴۴	۱/۰۰۰	۰/۵۴۱	۳
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۴۵	۴
-/۲۱۷	-/۶۶۶	۰/۶۱۰	۰/۴۴۱	۰/۵۵۳	۵
-/۱۳۶	-/۰۵۵	۰/۲۱۴	۰/۸۵۰	-/۰۰۰	۶
-/۰۰۰	-/۰۳۲	۰/۷۴۷	۰/۴۴۰	-/۰۰۰	۷
-/۵۴۰	-/۰۸۲	۰/۴۴۴	۱/۰۰۰	۰/۳۵۳	۸
-/۶۹۰	-/۱۱۱	۰/۳۰۷	۰/۸۸۶	۰/۳۰۷	۹
-/۲۴۶	-/۱۱۳	۰/۳۱۵	۰/۹۲۰	۰/۱۱۳	۱۰
-/۰۳۵	-/۱۷۴	۰/۵۷۸	۰/۴۴۰	۰/۱۷۴	۱۱
-/۰۰۰	-/۱۳۸	۰/۴۳۰	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۱۲
-/۲۴۲	-/۲۰۰	۰/۳۲۷	۰/۸۱۵	۰/۱۷۹	۱۳
-/۰۶۷	-/۰۰۰	۰/۲۲۷	۰/۹۴۱	۰/۱۴۷	۱۴
-/۰۰۰	-/۰۸۹	۰/۱۸۳	۰/۷۵۲	۰/۴۳۵	۱۵

### انتخاب شایسته‌ترین پیمانکار پروژه‌های ساختمانی

بدین منظور بر مبنای ماتریس تصمیم حاصل از مقادیر مطلوبیت شاخص‌های برگزیده در هر یک از گزینه‌های تصمیم و بر اساس اوزان ترجیحی نهایی شاخص‌ها، با استفاده از روش الکترونیک رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم طی مراحل:

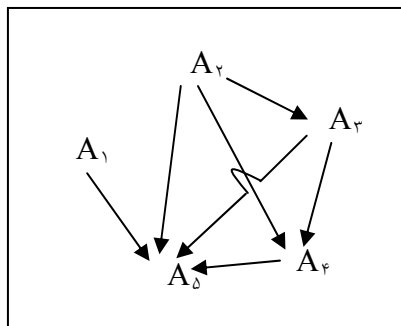
- ۱) محاسبه ماتریس تصمیم نرمال (ماتریس بی‌مقیاس)؛
  - ۲) محاسبه ماتریس تصمیم نرمال موزون؛
  - ۳) مشخص کردن مجموعه‌های هماهنگ و ناهماهنگ؛
  - ۴) محاسبه ماتریس هماهنگی؛
  - ۵) محاسبه ماتریس ناهماهنگی؛
  - ۶) تعیین ماتریس هماهنگ مؤثر؛
  - ۷) تعیین ماتریس ناهماهنگ مؤثر
  - ۸) محاسبه ماتریس کلی مؤثر صورت پذیرفت.
- با طی کردن مراحل فوق ماتریس کلی مؤثر مطابق با مندرجات جدول ۷ به دست آمد.

جدول ۶. ماتریس کلی مؤثر

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
$A_1$	—	۰	۰	۰	۱
$A_2$	۰	—	۱	۱	۱
$A_3$	۰	۰	—	۱	۱
$A_4$	۰	۰	۰	—	۱
$A_5$	۰	۰	۰	۰	—

### رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم

روابط استنتاج شده از ماتریس کلی مؤثر در شکل شماره (۲) نشان داده شده‌اند.



شکل ۲. مدل گرافیکی ارتباط بین گزینه‌ها

همانطور که از مدل گرافیکی فوق استنباط می‌شود، گزینه  $A_2$  به طور واضح بر سایرین برتری دارد، گزینه بعدی  $A_3$  می‌باشد. گزینه‌های  $A_1$  و  $A_4$  نسبت به یکدیگر رجحان و برتری ندارند و گزینه  $A_5$  را نیز به وسیله روش الکترونیک می‌توان حذف کرد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق تلاش گردید تا ضمن ارائه یک طبقه‌بندی جامع و کاربردی از معیارها و شاخص‌های انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی، مدلی مناسب جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی پیشنهاد گردد. بر اساس یافته‌های این تحقیق انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی باید بر اساس مجموعه‌ای جامع از معیارها و شاخص‌ها صورت گیرد که کلیه جنبه‌های کارکردی قابلیت‌ها و شایستگی‌های پیمانکار را پوشش دهند و توانایی پیش‌بینی عملکرد محتمل پیمانکار در ارتباط با پروژه موردنظر را دارا باشند. معیارها و شاخص‌های پیشنهاد شده در این تحقیق با بررسی گسترده پیشینه موضوع، بر اساس بیشترین فراوانی نسبی در مقالات مرتبط انتخاب شده‌اند لذا از لحاظ جامعیت و کیفیت ارزیابی و انتخاب پیمانکار، بسیار کاربردی و قابل اطمینان می‌باشند. در مدل ارائه شده، قیمت پیشنهادی به عنوان یکی از معیارهای تصمیم محسوب می‌گردد، لذا اولویت‌بندی و انتخاب نهایی بر اساس ارزیابی جامع گزینه‌های تصمیم داده است، نمی‌باشد. نتایج حاصل از چنین اولویت‌بندی و انتخابی در بلند مدت افزایش سوددهی و توان رقابتی بالاتر را برای سازمان در پی خواهد داشت.

بکارگیری این الگو منجر به نتایجی از قبیل کاهش شکست در قراردادهای و همچنین بهبود مشکلات کیفی در اجرای پروژه‌ها می‌گردد. هدف از تلفیق تئوری مطلوبیت چندشاخصه و روش

الکتره یک در مدل پیشنهادی، ارائه مدلی با ورودی‌های تفکیک شده‌تر و قابل استنادتر و نهایتاً الگویی با جواب‌های دقیق‌تر و کاربردی‌تر بوده است و بدین ترتیب ضمن بهره‌گیری از نقاط قوت هر دو روش مدلی مناسب با برون‌دادی قابل اطمینان جهت انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی ایجاد گردیده است.

### منابع

۱. میر احمد زاده، نازنین. (۱۳۸۵). "طبقه بندی پیمانکاران پروژه‌های طراحی - تدارکات با استفاده از تکنیک تاکسونومی با تأکید بر شرکت مشاوران سازه"; پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران.
2. Almeida, Adiel Teixeira de, 2007, Multicriteria Decision Model for Out Sourcing Contracts Selection Based on Utility function and Electre Method, *Computers & Operations Research*, 34, 3569-3574.
3. Anagnostopoulos, K.P. and Vavatsikos, A.P., 2006, An AHP Model for Construction Contractor Prequalification, *Operational Research. An International Journal*, 6(3), 333-346.
4. Arslan, Gokhan, Kivrak, Serkan, Birgonal, M. Talat, Dikmen, Irem, 2008, Improving Sub-Contractor Selection Process in Construction Projects: Web-Based Sub-Contractor Evaluation System (WEBSSES), *Automation in Construction*, 17, 480-488.
5. Bedford, T. and Cooke, R. (1999). "A New Generic Model for Applying MAUT"; *European Journal of Operational Research*, 118: 589-60.
6. Canbolat, Yavuz Burak, Chelst, Kenneth, Garg, Nitin, 2007, Combining Decision Tree and MAUT for Selecting a Country for a Global Manufacturing Facility, *Omega International Journal of Management Science*, 35, 312-325.
7. Fong, P. and Sonia, K.Y. (2000). "Final Contractor Selection Using the Analytical Hierarchy Process"; *Construction Management and Economics*, 18: 547-557.
8. Hatush, Z. and Skitmore, M. (1998) "Contractor Selection Using Multicriteria Utility Theory: an Additive Model"; *Building and Environment*, 33: 105-115.
9. Hatush, Z. and Skitmore, M. (1997). "Criteria for Contractor Selection"; *Construction Management and Economics*, 15:19-38.

10. Holt, G. D. (1998). "Which Contractor Selection Methodology?"; *International Journal of Project Management*, 16 (3): 153-164.
11. Holt, G. D. (1997). "Classifying Construction Contractors"; *Building Research and Information*, 25: 374-382.
12. Holt, G. D., Olomolaiye, P. O., Harris, F. C. (1994). "Evaluating Performance Potential in the Selection of Construction Contractors"; *Engineering Construction and Architectural Management*, 1(1): 29-50.
13. Kang, Chao-Chung, Feng, Cheng-Min, 2009, Risk Measurement and Risk Identification For BOT Projects: A Multi – Attribute Utility Approach, *Mathematical and Computer Modelling*, 49, 1802-1815.
14. Kashiwagi, D. and Byfield, R. E. (2002). "Selecting the Best Contractor to get Performance: On time, On Budget, Meeting Quality Expectations"; *Journal of Facilities Management*, 1(2): 103-116.
15. Kim, S. K., and Song, O. (2009). "A MAUT Approach for Selecting a Dismantling Scenario for the Thermal Column in KRR-1"; *Annals of Nuclear Energy*, 36: 145-150.
16. Kumaraswamy, Mohan M., 1996, Contractor Evaluation and Selection: A Hong Kong Perspective, *Building and Environment*, 31(3) , 273-282
17. Marzouk, M., 2006, Utility Theory Model for Equipment Selection, *Constructon Innovation*, 6, 21-32.
18. Sawalhi, N. E., Eaton, D. Rustom, R. (2007). "Contractor Pre-Qualification Model: State-of-the-Art"; *International Journal of Project Management*, 25: 465-474.
19. Singh, D. and Tiong, R. (2006). "Contractor Selection Criteria; Investigation of Opinions of Singapore Construction Practitioners"; *Journal of Construction Engineering and Management*, 132: 998-1008.
20. Topcu, Y. I. (2004). "A Decision Model Proposal for Construction Contractor Selection in Turkey"; *Building and Environment*, 39: 469-481.
21. Wong, C. H., Holt, G. D., Harris, P. (2001). "Multi – Criteria Selection or Lowest Price? Investigation of UK Construction Client's Tender Evaluation Preferences"; *Engineering, Construction and Architectural Management*, 4: 257-271.
22. Wong, Chee Hong, 2004, Contractor Performance Prediction Model for the United Kingdom Construction Contractor: Study of Logistic

Regression Approach, Journal of Construction Engineering and Management, 130, 691-698.

23. Yawei, L., Shouyu, C., Xiangtian, N. (2005). "Fuzzy Pattern Recognition Approach to Construction Contractor Selection"; *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 4: 103-118.