مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران

دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱
بهار ۱۳۹۴
ص. ۱۸۸- ۱۷۵

به‌کارگیری F-PROMETHEE برای ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی (مطالعهٔ موردی: انبوه‌سازان مسکن مهر شهر جدید هشتگرد)

مهدی نصراللهی[۱]

چکیده: در این مقاله، مدلی برای ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های عمرانی ارائه می‌شود. این مدل بر پایهٔ شش شاخص کلیدی و در چارچوبی مفهومی ارائه شد. شاخص‌های اصلی ارزیابی عبارت‌اند از: حسن سابقه، توان تجهیزاتی، توانمندی مدیریت و نیروی انسانی متخصص، توانمندی اقتصادی و مالی، تجربه و توانمندی‌های فنی. شاخص‌های مذکور و وزن آنها از مطالعات پیشین استخراج شدند. به‌دلیل اینکه برخی ابعاد مورد ارزیابی دارای ابهام بودند و اندازه‌گیری آنها با شاخص‌های کمی امکان‌پذیر نبود، در فرایند ارزیابی از اعداد فازی استفاده شد. سپس روش PROMETHEE فازی برای انجام‌دادن رتبه‌بندی به‌کار رفت. برای آزمون مدل و به‌عنوان مطالعه‌ای موردی، انبوه‌سازان مسکن مهر شهر جدید هشتگرد رتبه‌بندی شدند. این مدل می‌تواند برای ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران انواع پروژه‌های عمرانی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی پیمانکار، اعداد فازی، رتبه‌بندی، PROMETHEE.

۱. استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۰۵/۱۵
نویسندهٔ مسئول مقاله: مهدی نصراللهی
Email: m.nasrollahi@soc.ikiu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

افزایش چشمگیر حجم ساخت‌وساز مسکن در کشور با آغاز طرح مسکن مهر به حدی بود که بنا به اعلام معاون وزیر مسکن و شهرسازی میزان ساخت مسکن مهر در کشور با کل مسکن ساخته‌شده در سی سال گذشته برابری می‌کند (Fars news, 2011). این طرح عظیم موجب شد هزاران میلیارد ریال از سرمایه‌های کشور به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم در این پروژه‌ها به‌کار گرفته شود. با توجه به اینکه هدف از اجرای طرح مسکن مهر تأمین مسکن برای تمام اقشار جامعه به‌ویژه طبقات محروم‌تر است، توجه جدی متولیان اجرای این پروژه‌ها در ارزیابی و نظارت بر انبوه‌سازان بسیار ضروری است. چنانچه ارزیابی‌های انجام‌گرفته قابل اعتماد و دقیق نباشند و انبوه‌سازانی که توانمندی کافی برای اجرای پروژه در زمان تعیین‌شده و با کیفیت مناسب را ندارند در چرخهٔ ساخت‌وساز باقی بمانند، طرح‌های مسکن با مشکلاتی مانند افزایش هزینه‌ها، تطویل زمان اجرا یا کاهش کیفیت ناشی از نبودن پیمانکار مناسب و شایسته مواجه می‌شوند. لازم است پیمانکاران منتخب، توانایی تحویل پروژه با کمترین هزینه و بالاترین استانداردها و در عین حال در زودترین زمان ممکن را داشته باشند.

طبق مشاهدات و مصاحبه‌های انجام‌گرفته، انبوه‌سازان مسکن مهر شهر جدید هشتگرد با شیوه‌های متفاوت و گوناگونی انتخاب شده‌اند و معیارهای مختلفی برای ارزیابی آنها استفاده شد. به‌طوری که حتی در به‌کارگیری نسبت‌های مالی برای ارزیابی نیز روشی واحد و استاندارد وجود ندارد؛ بنابراین، استفاده‌نکردن از روش‌های علمی و مناسب برای تصمیم‌گیری در زمینهٔ انتخاب پیمانکاران زیان‌های جبران‌ناپذیری را متوجه سازمان‌های جامعه می‌کند. در شیوه‌های فعلی گزینش پیمانکار، چند ضعف عمده را می‌توان یافت: ۱. نبودن شیوه‌ای استاندارد برای ارزیابی و انتخاب پیمانکاران، ۲. اعتماد بلندمدت به پیمانکاران انتخاب‌شده با معیارهای اولیه، علی‌رغم مشاهدهٔ نقاط ضعف در اجرای پروژه‌ها، ۳. توجه تعاونی‌ها به پیشنهاد قیمت پیمانکاران در هنگام انتخاب نهایی، ۴. تکیهٔ بیش از حد بر تحلیل‌های ذهنی (Holt et al., 1994).

بنابراین، یافتن راهی صحیح برای انتخاب و دسته‌بندی عادلانهٔ پیمانکاران پروژه‌ها برای متقاضیان مسکن و متولیان طرح مسکن مهر بسیار ضروری است. بدیهی است واگذارکردن پروژه‌ای به یک پیمانکار یکی از مهم‌ترین تصمیماتی است که هر کارفرما اخذ می‌کند (Holt et al., 1995). تاکنون بیشتر انبوه‌سازان فعال در طرح مسکن مهر از طریق ارائهٔ درخواست مستقیم به شرکت عمران شهر جدید هشتگرد و بررسی سوابق یا با معرفی از سوی تعاونی‌های مسکن مهر انتخاب شدند. از این‌رو، ارزیابی‌های مناسب اولیه دربارهٔ بسیاری از آنها صورت نگرفت و تنها معیار مهم در انتخاب انبوه‌سازان، قیمت پیشنهادی آنها بود. حال آنکه تأکید بر

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش هزینه‌ها در هنگام انتخاب پیمانکار باید همراه با توجه جدی به توانمندی وی در تأمین رضایت کارفرما باشد.

با توجه به این مطالب و درنظرگرفتن این نکته که مدیریت ارزیابی و انتخاب پیمانکار برای واگذاری پروژه‌ها قسمتی اساسی از فرایند ساخت‌وساز است و همچنین لزوم انجام‌دادن پژوهش‌های کاربردی برای رفع مشکلات مختلف پروژه‌های عمرانی، پیاده‌سازی مدلی برای ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران با هدف کمک به تصمیم‌گیری و جلوگیری از هدررفت منابع ملی کشور بسیار ضروری است.

روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه[1] برای ارزیابی و رتبه‌بندی مسائلی که معیارهای گوناگون و گاهی متضاد دارند، بسیار مناسب‌اند (Pomerol, 2000). با توجه به اینکه پیمانکاران پروژه‌های عمرانی ویژگی‌های متفاوتی دارند، استفاده از مدل‌های MCDM می‌تواند به ارزیابی آنها در تمام ابعاد کمک کند. این مدل‌ها می‌توانند پیمانکاران متفاوت را براساس عملکردشان رتبه‌بندی کنند. در این مقاله، برای ارزیابی پیمانکاران پروژه‌های مسکن مهر یک مدل‌سازی صورت می‌گیرد. برای به‌کارگیری روش MCDM، تعریف شاخص‌های تصمیم و تعیین وزن آنها ضروری است. در اینجا، شاخص‌هایی که در یکی از پژوهش‌های مشترک قبلی نویسنده به‌عنوان شاخص‌های مؤثر در ارزیابی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی شناسایی شده بودند (اصغری‌زاده و نصراللهی، ۱۳۸۷)، به عنوان شاخص‌های تصمیم انتخاب شدند. در پژوهش یادشده، وزن شاخص‌ها با یکی از پرکاربردترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندشاخصه یعنی روش تحلیل سلسله‌مراتبی[2] تعیین شد؛ بنابراین، وزن‌های تعیین‌شده نیز بنا بر توضیحاتی که در بخش‌های بعدی ارائه می‌شوند به‌عنوان وزن شاخص‌ها استفاده شد.

انتخاب روش تصمیم‌گیری مناسبی از میان روش‌های موجود کاری حساس و نیازمند دقت است. مدل‌های مختلفی در سال‌های اخیر برای انتخاب بهترین روش ارائه شدند. در این مطالعات، روش PROMETHEE همواره به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری شناخته شد. به‌منظور رعایت اختصار، از بیان روند انجام‌دادن مقایسه‌ها و نتایج یکایک آنها اجتناب می‌شود، اما به‌طور خلاصه باید گفت در این مطالعات معیارهای متعددی برای مقایسهٔ میان روش‌ها درنظر گرفته می‌شدند. برخی از این معیارها عبارت‌اند از: سهولت استفاده[3]، تفسیر پارامترها[4]، پایداری نتایج، میزان تعامل کاربر با مدل[5] و سهولت درک نتایج[6]. این مطالعات اذعان

1. Multiple criteria decision making (mcdm)
2. Analytic Hierarchy Process
3. Ease of use
4. Interpretation of parameters
5. The amount of interaction required by the user
6. Ease of understanding

Archive of SID

www.SID.ir

داشتند PROMETHEE نسبت به سایر روش‌های شناخته‌شده مزایای بیشتری دارد (Al-Shemmeri et al., 1997; Gilliams et al., 2005; Mahmoud and Garcia, 2000)؛ بنابراین، برای رتبه‌بندی پیمانکاران روش PROMETHEE برگزیده شد. به‌علاوه، به‌دلیل اینکه در اغلب اوقات داده‌های مورد استفاده در MCDM براساس نظرها و تجربیات تصمیم‌گیرندگان‌اند و به‌صورت کیفی بیان می‌شوند، احتمال بروز خطا در صورت تبدیل نظرها به ارقام کمی بسیار زیاد است. از این‌رو، روش PROMETHEE فازی برای حل مسائلی پیشنهاد شد که مقادیر کیفی و فازی دارند (Goumas and Lygerou, 2000).

این مقاله ساختاری به‌شرح زیر دارد: روش PROMETHEE فازی به‌طور خلاصه شرح داده می‌شود. سپس مطالعهٔ موردی در زمینهٔ ارزیابی پیمانکاران مسکن مهر شهر جدید هشتگرد آورده می‌شود تا کارایی مدل ارائه‌شده بررسی شود. در پایان نیز، نتایج مطالعه و چند پیشنهاد ارائه می‌شود.

روش PROMETHEE فازی

روش F-PROMETHEE ترکیبی از روش PROMETHEE و اعداد فازی است و در این بخش ترکیب آن با منطق فازی شرح داده می‌شود.

روش PROMETHEE فازی

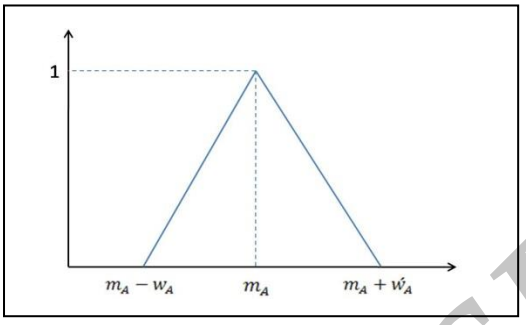
در برخی مسائل، اعداد قطعی نمی‌توانند به‌خوبی بیانگر نظرهای تصمیم‌گیرنده و شرایط گزینه‌های مورد ارزیابی باشند. اعداد فازی[1] و نظریهٔ مجموعه‌های فازی[2] رویکردی جامع ارائه می‌دهند که به کمک آنها می‌توان با ابهام موجود در داده‌ها برخورد کرد. در این مقاله، از شیوهٔ نمادگذاری منهاج (منهاج، ۱۳۸۸) برای محاسبه‌های فازی استفاده می‌شود که در آن عددی فازی را می‌توان به شکل A نشان داد. طبق این تعریف، عدد فازی A مجموعه‌ای فازی است که روی مجموعه اعداد حقیقی R محدب و نرمال است و برش α، برای A_α به‌صورت بازه‌ای بسته است. البته محاسبهٔ دقیق عملیات جبری در حالت کلی بسیار پیچیده است؛ بنابراین برای ساده‌سازی محاسبه‌ها از فرم کانونی اعداد فازی استفاده می‌شود که به LR[4] معروف‌اند. در این حالت، عددی فازی توسط توابعی ویژه به نام توابع مرجع نمایش داده می‌شود که قسمت‌های چپ و راست تابع

1. FUZZY Numbers
2. FUZZY set theory
3. Left-Right

Archive of SID

www.SID.ir

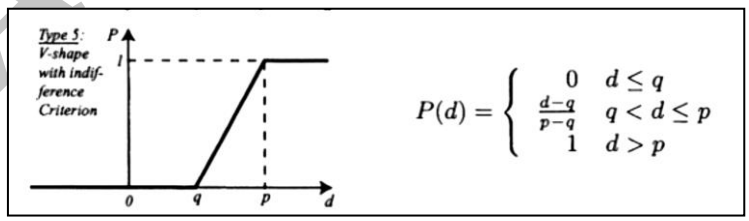
عضویت عدد فازی را تعیین می‌کنند؛ بنابراین، عدد فازی $A \equiv (m, w_A, w_A')$ عددی فازی از نوع LR است و در شکل ۱ مثالی از آن مشاهده می‌شود (منهاج، ۱۳۸۸).



شکل ۱. عدد فازی مثلثی

در این مطالعه، F-PROMETHEE براساس روش شرح‌شده توسط Goumas و Lygerou به‌کار می‌رود؛ بنابراین، تمام محاسبه‌های شرح‌شده در PROMETHEE با اعداد فازی هستند. بیان ارزیابی گزینه‌ها در هریک از شاخص‌ها به‌صورت اعداد فازی این امکان را می‌دهد که اطلاعات کیفی و عبارت‌های زبانی را با کمترین انحراف در محاسبه‌ها استفاده کنیم. البته آستانه‌های ترجیح و بی‌تفاوتی[1] (p,q) به‌صورت اعداد قطعی بیان می‌شوند. چنانچه این اعداد فازی باشند، ممکن است ارزیابی‌های ساخت‌وساز نادقیق شوند (Goumas and Lygerou, 2000). به‌علاوه، وزن شاخص‌ها را نمی‌توان به‌صورت فازی بیان کرد، زیرا در روش PROMETHEE مجموع وزن شاخص‌ها باید دقیقاً برابر یک باشد (Brans et al., 1986).

همان‌طورکه قبلاً بیان شد، PROMETHEE شش تابع ترجیح کلی برای مقایسه و ارزیابی گزینه‌ها ارائه می‌دهد. در این تحقیق، پرکاربردترین و مناسب‌ترین تابع برای مسئلهٔ ارزیابی پیمانکاران یعنی تابع ترجیح خطی با آستانه‌های ترجیح و بی‌تفاوتی (نوع پنجم) استفاده می‌شود که در شکل ۲ نشان داده شد (Figueira, et al., 2005).



شکل ۲. شکل و رابطهٔ تابع ترجیح نوع پنجم

1. Threshold of strict preference and threshold of indifference

Archive of SID

www.SID.ir

به‌طوری‌که d نشانگر اختلاف بین دو گزینهٔ مورد مقایسه است و q آستانهٔ بی‌تفاوتی و p آستانهٔ ترجیح کامل است. اگر d به‌صورت عدد فازی $(m, w_A, w_A')_{LR}$ بیان شود، تابع نوع پنجم را می‌توان به‌شکل رابطهٔ ۱ نوشت:

$$P(d)=\begin{cases} ۰ & if \quad (m-w_A)<q \\ \dfrac{(m,w_A,w_A')-q}{p-q} & if \quad (m-w_A)\geq q \; and \; (m+w_A')\leq p \\ ۱ & if \quad (m+w_A')>p \end{cases} \qquad (۱)$$

برای محاسبه‌های فازی و استفاده از تابع بالا، داشتن دانش در زمینهٔ عملگرها و توابع فازی ضروری است. روابط فازی برای محاسبه‌ها بر اعداد فازی به‌طور خلاصه در جدول ۱ می‌آید (منهاج، ۱۳۸۸؛ Goumas and Lygerou, 2000):

جدول ۱. روابط پایه‌ای فازی

جمع	$(a,w_A,w_A')_{LR}+(b,w_A,w_A')_{LR}=(a+b,w_A+w_B,w_A'+w_B')_{LR}$
قرینه	$-A=-(a,w_A,w_A')_{LR}=(-a,w_A',w_A)_{RL}$
تفریق	$(a,w_A,w_A')_{LR}-(b,w_A,w_A')_{LR}=(a-b,w_A+w_B',w_A'+w_B)_{LR}$
ضرب اسکالر	$c\,.\,(a,w_A,w_A')_{LR}=(ca,cw_A,cw_A')_{LR}$
ضرب دو عدد فازی و $A>۰$	$(a,w_A,w_A')_{LR}\,.\,(b,w_A,w_A')_{LR}=(ab,bw_A+aw_B,bw_A'+aw_B')_{LR}$
$B>۰$ و $A<۰$	$(a,w_A,w_A')_{LR}\,.\,(b,w_A,w_A')_{LR}\approx(ab,-aw_B'+bw_A,-aw_B-bw_A')_{RL}$
$B>۰$ و $A<۰$ و $B<۰$	$(a,w_A,w_A')_{LR}\,.\,(b,w_A,w_A')_{LR}\approx(ab,-aw_B'-bw_A',-aw_B-bw_A)_{RL}$
معکوس عدد فازی	$(a,w_A,w_A')^{-۱}_{LR}\equiv(a^{-۱},w_Aa^{-۲},w_A'a^{-۲})_{RL}$
تقسیم دو عدد فازی و $A>۰$ و $B>۰$	$(a,w_A,w_A')_{LR}\div(b,w_A,w_A')_{LR}=(a/b,\dfrac{bw_A+aw_B'}{b^{۲}},\dfrac{bw_A'+aw_B}{b^{۲}})_{LR}$

توابع ترجیح در روش PROMETHEE باید در بازهٔ [۰,۱] قرار بگیرند تا محاسبه‌ها به‌درستی انجام گیرند. به همین دلیل، تابع عضویت عدد فازی $A\equiv(a,w_A,w_A')_{LR}$ نیز به نحوی تعریف می‌شود

Archive of SID

www.SID.ir

که $a-w_A \geq ۰$ و $a+w'_A \leq ۱$ باشد (Goumas and Lygerou, 2000). پس از محاسبهٔ تابع ترجیح برای هریک از شاخص‌ها، باید میزان اولویت کلی هر گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها را حساب کرد و درنهایت جریان‌های ورودی و خروجی و جریان خالص رتبه‌بندی به‌دست می‌آیند.

با پایان‌یافتن محاسبه‌ها، اعداد فازی حاصل می‌شوند و مهم‌ترین مسئله یعنی مقایسهٔ اعداد فازی با یکدیگر بروز می‌کند. در مطالعات پیشین، استفاده از شاخص یاگر[1] برای غلبه بر این مشکل پیشنهاد شد (Goumas and Lygerou, 2000; Bilsei et al., 2006; Yilmaz and Dagdeviren, 2011). در اینجا، از مدلی که دکتر منهاج و همکاران (۲۰۰۹) ارائه کردند برای مقایسهٔ اعداد فازی استفاده کردیم. طبق این مدل برای غیر فازی‌کردن یک عدد فازی مثلثی A ابتدا توابع A_p و A_n تعریف می‌شوند. تابع $A_p(U)=u \overset{\vee}{\geq} x\ A(x)$ مجموعه اعداد فازی است که در صورت امکان بزرگ‌تر مساوی عدد فازی A باشد. تابع $A_n(U)=u \overset{\wedge}{\geq} x\ (۱-A(u))$ نیز مجموعه اعداد فازی است که به‌ضرورت بزرگ‌تر از A هستند. با تعریف این دو تابع و محاسبهٔ آنها به جای مقایسهٔ A و B با یکدیگر، می‌توان B را با A_P و A_n مقایسه کرد. به این منظور، هشت شاخص زیر تعریف می‌شوند (جدول ۲):

جدول ۲. شاخص‌های الزام و امکان برای مقایسهٔ اعداد فازی

شاخص‌های الزام	شاخص‌های امکان
$N_B(A_n)$	$\prod_B(A_n)$
$N_B(A_n)$	$\prod_B(A_n)$
$N_A(B_p)$	$\prod_A(B_p)$
$N_A(B_n)$	$\prod_A(B_n)$

برای هریک از شاخص‌های بالا، تعریفی مشخص وجود دارد که امکان مقایسهٔ بین دو عدد فازی را فراهم می‌کنند. درضمن، چهار قانون نیز برای تشخیص اندازه و بزرگی اعداد فازی ایجاد شدند (Menhaj et al., 2009). ایجادکنندگان این روش برای مقایسهٔ اعداد فازی در نرم‌افزار متلب[2] کدنویسی انجام دادند. می‌توان اعداد فازی را دو به دو با یکدیگر مقایسه کرد و براساس بزرگی آنها را مرتب کرد.

1. Yager Index
2. Matlab

Archive of SID

www.SID.ir

به‌کارگیری چارچوب پیشنهادشده برای رتبه‌بندی پیمانکاران

ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی به‌ویژه در طرح مسکن مهر، بسیار حیاتی است، زیرا از یک‌سو متقاضیان مسکن می‌خواهند با کمترین هزینه، بهترین کیفیت را دریافت کنند و از سوی دیگر دولت و متولیان طرح مسکن مهر می‌خواهند وعده‌های خود را در کمترین زمان و درون چارچوب‌های مقرر عملی کنند؛ بنابراین، در این مقاله شیوه‌ای جدید برای ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران ارائه می‌شود. همان‌طورکه قبلاً بیان شد، شاخص‌های ارزیابی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی و وزن آنها در مطالعهٔ مشترک قبلی تعیین شدند. جدول ۳ این شاخص‌های اصلی و زیرشاخص‌ها و وزن آنها را نشان می‌دهد (اصغری زاده و نصراللهی، ۱۳۸۷):

جدول ۳. شاخص‌های ارزیابی پیمانکاران

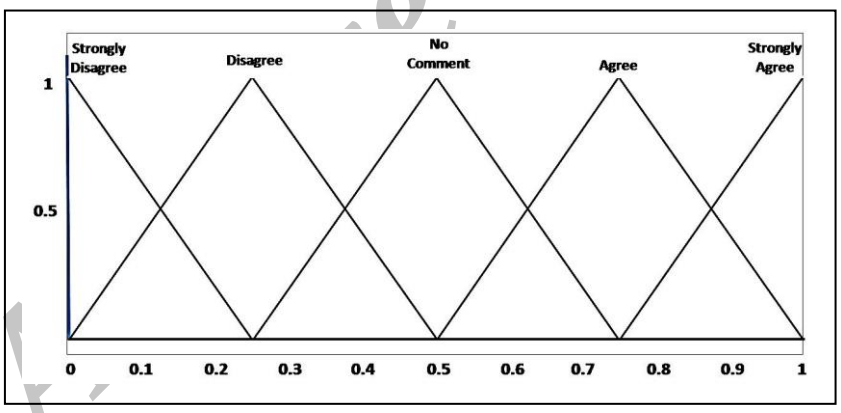
ردیف	شاخص اصلی	شاخص‌های فرعی	وزن
۱	حسن سابقه و اعتبار	۱. احراز صلاحیت‌های مختلف از سازمان‌ها و ارگان‌های رسمی و معتبر ۲. دریافت جوایز و تقدیرنامه‌های رسمی ۳. حسن سابقه در کارهای قبلی ۴. اعتبار و خوشنامی شرکت و پرسنل کلیدی	۰/۱۱۰
۲	تجهیزات و ماشین‌آلات	۱. داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات آماده‌به‌کار یا در دسترس ۲. تجهیز کامل و به‌موقع کارگاه	۰/۰۹۲
۳	مدیریت و کادر تخصصی	۱. مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب ۲. ثبات اعضای هیئت‌مدیره و کادر متخصص ۳. میزان تحصیلات، رشتهٔ تحصیلی و تجربهٔ اجرایی کادر متخصص و عناصر کلیدی ۴. ارائهٔ مقاله در همایش‌ها، کنفرانس‌ها و مجله‌های تخصصی ۵. آثار، تألیفات و تحقیقات علمی و فنی ۶. آموزش مستمر کارکنان	۰/۲۶۴
۴	اقتصادی- مالی	۱. توان مالی و پشتیبانی ۲. قیمت پیشنهادی ۳. چگونگی آنالیز بها ۴. پرداخت به‌موقع دستمزد کارکنان، عوامل کارگاهی و پیمانکاران جزء ۵. بیمه‌کردن تمام امکانات، تجهیزات و پرسنل در قبال حوادث احتمالی	۰/۱۵۰
۵	مهارت و تجربه	۱. سابقهٔ اجرایی در رشته و زمینهٔ کاری مورد نظر ۲. بومی‌بودن پیمانکار یا داشتن تجربه در محل اجرای پروژه ۳. خلاقیت و نوآوری در پروژه‌های قبلی ۴. کاربرد روش‌ها و سازمان اجرایی مناسب و نظم و ترتیب در امور کارگاه ۵. طبقه‌بندی مدارک کارگاهی و مستندسازی کارهای ساخت‌وساز قبلی ۶. ارتباط و هماهنگی مستمر با کارفرما و دستگاه نظارت	۰/۱۶۶
۶	توانایی علمی و فنی	۱. داشتن نظام جامع برنامه‌ریزی و کنترل پروژه ۲. نحوهٔ رعایت استانداردها و مشخصات فنی در پروژه‌های قبلی ۳. چگونگی اجرای پروژه‌های قبلی از نظر کیفیت، هزینه و برنامهٔ زمانی پیش‌بینی‌شده ۴. رعایت قوانین جاری مربوطه از قبیل قوانین زیست‌محیطی، کار و تأمین اجتماعی ۵. رعایت دستورالعمل‌های ایمنی و حفاظتی کارگاه	۰/۲۱۸

Archive of SID

www.SID.ir

پس از تعیین شاخص‌ها، مرحلهٔ ارزیابی پیمانکاران با طراحی پرسشنامه برای گردآوری داده‌ها آغاز شد. به این منظور، جلسه‌ای با حضور مدیران و کارشناسان ارشد شرکت عمران شهر جدید هشتگرد تشکیل شد که مسئولیت مدیریت و نظارت پروژه‌ها را بر عهده داشتند. این گروه با توافق جمعی، برای هر شاخص ارزیابی مناسبی انجام دادند.

از میان حدود هشتاد پروژهٔ فعال در طرح مسکن مهر این شهر، ده انبوه‌ساز برای ارزیابی انتخاب شدند. وجه مشترک این انبوه‌سازان تعداد واحد درحال ساخت بود (پروژه‌هایی با ۵۰۰ تا ۵۳۰ واحد درحال ساخت). در این پرسشنامه، برای هر شاخص عبارت‌های توصیفی درنظر گرفته شد و پس از شرح هر شاخص برای گروه ارزیابی، پاسخ‌دهندگان از طیفی پنج‌تایی بهترین گزینه را برای آن انتخاب می‌کردند. این گزینه‌ها و اعداد فازی مرتبط با آنها همان‌طورکه در شکل ۳ دیده می‌شوند (Aloini, 2010) عبارت‌اند از: کاملاً موافق[1] (SA)، موافق[2] (A)، بدون نظر[3] (NC)، مخالف[4] (DA)، و کاملاً مخالف[5] (SDA). با تکمیل‌کردن پرسشنامه، ماتریس ارزیابی تشکیل می‌شود و فرایند رتبه‌بندی قابل اجراست. آستانهٔ بی‌تفاوتی q برای تمام شاخص‌ها برابر صفر درنظر گرفته شد و آستانهٔ ترجیح کامل برای تمام شاخص‌ها ۰/۹۵ است. جدول ۴ نشانگر ماتریس ارزیابی و سایر داده‌هاست.



شکل ۳. نمودار توابع عضویت

1. Strongly Agree
2. Agree
3. No Comment
4. Disagree
5. Strongly Disagree

www.SID.ir

جدول ۴. ماتریس ارزیابی

تعداد واحد	انبوه‌ساز / شاخص	تابع ترجیح	V - Shape	V - Shape	V - Shape	V - Shape	V - Shape	V - Shape
		q	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		p	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵
		وزن	۰/۱۱۰	۰/۰۹۲	۰/۲۶۴	۰.۱۵۰	۰/۱۶۶	۰/۲۱۸
		شاخص	حسن سابقه	تجهیزات	مدیریت	اقتصادی	مهارت	توانایی علمی
۵۳۰	س ب		DA	A	SDA	SA	SA	A
۵۲۵	ت ش		SDA	DA	A	SA	A	DA
۵۰۴	ت س ت		A	SA	DA	NC	A	DA
۵۲۰	ا ی		DA	A	NC	SA	SDA	SDA
۵۰۰	ا س ز		A	DA	SA	SA	SA	D
۵۲۰	ز ر س		A	SDA	A	DA	SA	SA
۵۲۰	ا ب		DA	SA	SA	SA	SDA	NC
۵۳۰	ا س		SA	A	SA	DA	SDA	SDA
۵۲۰	ا ت		A	A	SA	NC	SDA	A
۵۰۰	ش ش		SA	SA	SA	NC	A	NC

پس از تعیین نوع تابع ترجیح و آستانه‌های ترجیح و بی‌تفاوتی، میزان اولویت کلی هر گزینه به گزینهٔ دیگر در هر شاخص مشخص می‌شود. در هر مرحله از محاسبه‌ها می‌توان اعداد فازی را به قطعی تبدیل کرد و فرایند ارزیابی را با اعداد قطعی ادامه داد. در اینجا، کل فرایند ارزیابی با اعداد فازی ساخت‌وساز و جریان‌های رتبه‌بندی برای هر انبوه‌ساز نیز به‌صورت یک عدد فازی مثلثی به‌دست آمد. جریان خالص رتبه‌بندی گزینه‌ها در جدول ۵ نشان داده شد.

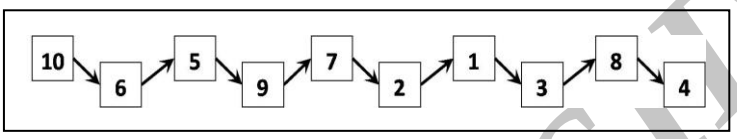
جدول ۵. جریان‌های رتبه‌بندی

	φ+			φ-			φ		
س ب	(۰/۰۸۶	,۰/۱۲۴,	۰/۰۵۵)	(۰/۲۲۲	,۰/۰۸۵,	۰/۱۷۱)	(−۰/۰۳۲	,۰/۱۷۹,	۰/۱۳۷)
ت ش	(۰/۰۶۵	,۰/۱۱۴,	۰/۰۷۴)	(۰/۱۴۹	,۰/۱۰۲,	۰/۱۶۶)	(−۰/۰۰۴	,۰/۱۸۸,	۰/۱۴۱)
ت س ت	(۰/۰۴۷	,۰/۰۷۵,	۰/۱۲۳)	(۰/۱۱۴	,۰/۱۹۰,	۰/۲۳۷)	(−۰/۱۲۲	,۰/۱۹۹,	۰/۲۳۷)
ا ی	(۰/۰۴۳	,۰/۰۷۵,	۰/۱۰۰)	(۰/۰۸۷	,۰/۱۹۶,	۰/۲۳۹)	(−۰/۲۲۲	,۰/۱۷۵,	۰/۲۳۹)
ا س ز	(۰/۰۶۰	,۰/۱۰۰,	۰/۰۶۱)	(۰/۲۲۳	,۰/۰۷۶,	۰/۱۳۶)	(۰/۱۳۳	,۰/۱۶۲,	۰/۱۳۶)
ز ر س	(۰/۰۷۸	,۰/۱۲۰,	۰/۰۳۳)	(۰/۲۷۳	,۰/۰۶۵,	۰/۱۴۳)	(۰/۱۴۴	,۰/۱۵۳,	۰/۱۴۳)
ا ب	(۰/۰۵۵	,۰/۱۱۱,	۰/۰۴۸)	(۰/۱۷۲	,۰/۰۸۰,	۰/۱۳۶)	(۰/۰۱۶	,۰/۱۵۹,	۰/۱۳۶)
ا س	(۰/۰۳۹	,۰/۰۶۶,	۰/۰۵۱)	(۰/۱۲۸	,۰/۱۲۴,	۰/۱۶۳)	(−۰/۱۲۵	,۰/۱۱۷,	۰/۱۶۳)
ا ت	(۰/۱۰۲	,۰/۱۳۶,	۰/۰۳۲)	(۰/۱۹۲	,۰/۰۷۳,	۰/۱۷۵)	(۰/۰۴۹	,۰/۱۶۸,	۰/۱۷۵)
ش ش	(۰/۰۳۰	,۰/۱۲۵,	۰/۰۲۸)	(۰/۲۱۹	,۰/۰۵۷,	۰/۰۸۷)	(۰/۱۶۳	,۰/۱۵۴,	۰/۰۸۷)

Archive of SID

www.SID.ir

برای تعیین رتبهٔ نهایی هر گزینه لازم است اعداد فازی به‌عنوان جریان خالص رتبه‌بندی، مرتب شوند. شیوه‌های گوناگونی برای مرتب‌سازی اعداد فازی پیشنهاد شد که هریک مزایا و معایبی دارد. یکی از جدیدترین شیوه‌های موجود برای این کار را دکتر منهاج و همکاران (۲۰۰۹) ارائه کردند که در مقایسه با سایر روش‌های پیشین توانمندی بیشتری برای مرتب‌سازی دارد. با به‌کارگیری این روش و استفاده از نرم‌افزار مطلب، رتبه‌بندی نهایی در PROMETHEE II انجام می‌گیرد. نتیجهٔ نهایی رتبه‌بندی در شکل ۴ دیده می‌شود.



شکل ۴. رتبه‌بندی نهایی با PROMETHEE فازی

چنانچه در مرحلهٔ پایانی به جای مرتب‌سازی اعداد فازی، از فرمول تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی (فرمول مینکووسکی)[1] $\chi = \alpha + \frac{w_A - w'_A}{۴}$ استفاده شود (Zimmerman, 1990)، جریان خالص رتبه‌بندی به‌صورت عدد قطعی برای هر گزینه به‌دست می‌آید و براساس آن نیز می‌توان رتبه‌بندی را انجام داد. جریان خالص رتبه‌بندی و رتبهٔ هر انبوه‌ساز براساس این اعداد قطعی در جدول ۶ نشان داده شد. همان‌طورکه مشخص است، رتبه‌بندی با اعداد قطعی‌شده نتایج مشابهی با رتبه‌های ایجادشده توسط روش مرتب‌سازی مورد استفاده به‌دست می‌دهد.

جدول ۶. رتبه‌بندی کامل در PROMETHEE II با اعداد قطعی

	فازی Φ			قطعی Φ	رتبه با اعداد قطعی
س ب	(۰/۱۷۱	,۰/۱۷۹	(−۰/۰۳۲	−۰/۰۳۴	۷
ت ش	(۰/۱۶۶	,۰/۱۸۸	(−۰/۰۰۴	−۰/۰۰۹	۶
ت س ت	(۰/۲۳۷	,۰/۱۹۹	(−۰/۱۲۲	−۰/۱۱۲	۸
ا ی	(۰/۲۳۹	,۰/۱۷۵	(−۰/۲۲۲	−۰/۲۰۶	۱۰
ا س ز	(۰/۱۳۶	,۰/۱۶۲	(۰/۱۳۳	۰/۱۲۶	۳
ز ر س	(۰/۱۴۳	,۰/۱۵۳	(۰/۱۴۴	۰/۱۴۱	۲
ا ب	(۰/۱۳۶	,۰/۱۵۹	(۰/۰۱۶	۰/۰۱۰	۵
ا س	(۰/۱۶۳	,۰/۱۱۷	(−۰/۱۲۵	−۰/۱۱۳	۹
ا ت	(۰/۱۷۵	,۰/۱۶۸	(۰/۰۴۹	۰/۰۵۱	۴
ش ش	(۰/۰۸۷	,۰/۱۵۴	(۰/۱۶۳	۰/۱۴۶	۱

1. Minkowsky

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در فرایند اجرای یک پروژهٔ عمرانی، مهم‌ترین گام انتخاب پیمانکار برای اجرای پروژه است. با توجه به اینکه فرایند ارزیابی پیمانکاران در پروژه‌های مسکن مهر شهر جدید هشتگرد کاستی‌های اساسی دارد، در این مقاله مدلی برای رتبه‌بندی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و داده‌های فازی پیشنهاد شد. مدل پیشنهادی با انجام‌دادن مطالعه‌ای موردی آزمون شد. شاخص‌های ارزیابی پیمانکاران و وزن‌های مرتبط با آن‌ها در مطالعات قبلی مشخص شده بود. در مرحلهٔ ارزیابی برای حذف مشکلات ناشی از تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد قطعی، از اعداد فازی در محاسبه‌های روش PROMETHEE استفاده شد. به‌نظر می‌رسد در شرایطی که داده‌ها به‌صورت نادقیق و کیفی بیان می‌شوند، استفاده از F-PROMETHEE نتایج بهتری را به‌دست می‌دهد. با توجه به اینکه حضور چند تصمیم‌گیرنده و اظهار نظر آنها بهتر از تصمیم‌گیری انفرادی است، در این مطالعه برای ارزیابی پیمانکاران از گروهی خبره استفاده شد. البته هدف از این مطالعه نشان‌دادن مزایای روش PROMETHEE نبود، بلکه هدف اصلی معرفی روشی برای ارزیابی پیمانکاران پروژه‌های عمرانی با درنظرگرفتن تمام ابعاد مؤثر در توانمندی آنها برای اجرای پروژه بود.

برای بهبود مطالعهٔ حاضر و توسعهٔ آن، پیشنهادهای زیر برای محققان ارائه می‌شود:

۱. جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز با استفاده از روش‌های متفاوت دیگر همانند بررسی اسناد و مدارک یا بازدید از پروژه‌ها
۲. استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی به‌طور همزمان
۳. تعیین وزن شاخص‌ها به‌شیوه‌ای متفاوت از آنچه در این مطالعه انجام گرفت
۴. تجزیه و تحلیل حساسیت بر نتایج
۵. استفاده از سایر مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه برای رتبه‌بندی

مجریان طرح مسکن مهر می‌تواند برای اتخاذ تصمیمات کاربردی‌تر و مناسب‌تر از نتایج این مطالعه استفاده کنند و آن را به‌عنوان الگویی در سطح وسیع‌تر اجرا کنند. درضمن، مدل ارائه‌شده را می‌توان با ایجاد تغییراتی اندک در سایر حوزه‌ها استفاده کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

References

اصغری زاده، ع، و نصراللهی، م، (۱۳۸۷). شناسایی و تعیین وزن شاخص‌های موثر در انتخاب پیمانکاران پروژه‌های عمرانی. *پژوهش‌های مدیریت*، ۲، ۱۰۵-۱۲۲.

منهاج، م. (۱۳۹۰) *محاسبات فازی*. تهران. انتشارات دانش نگار.

Aloini, D., Dulmin, R. & Mininno, V. (2010). A hybrid Fuzzy-PROMETHEE method for logistic service selection: design of a decision support tool. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 18 (4): 345−369.

Al-Shemmeri, T., Al-Kloub, B. & Pearman, A. (1997). Model choice in multicriteria decision aid. *European Journal of Operational Research*, 97: 550–560.

Bilsel, R. U., Buyukozkan, G. & Ruan, D. (2006). A fuzzy preference-ranking model for a quality evaluation of hospital web sites. *International Journal of Intelligent Systems*, 21: 1181–1197.

Brans, J. P., Mareschal, B. & Vincke, P. H. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24: 228-238.

Fars News Agency, http://farsnews.net/newstext.php?nn=8912100706 . Accessed on: 05 March 2011.

Figueira, j., Greco, S. & Ehrgott, M. (2005). *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, Springer Science and Business Media, Inc. USA.

Gilliams, S., Raymaekers, D., Muys, B. & Orshoven, J. V. (2005). Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 49: 142–158.

Goumas, M. & Lygerou, V. (2000). An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects. *European Journal of Operational Research*, 123: 606–613.

Holt, G. D., Olomolaiye, P. O. & Harris, F. C. (1994). Factors influencing U.K. construction clients' choice of contractor. *Building and Environment*, 29(2): 241-248.

Holt, G. D., Olomolaiye, P. O. & Harris, F. C. (1995). A review of contractor

Archive of SID

www.SID.ir

selection practice in the u.k. construction industry. *Building and Environment*, 30(4): 553-561.

Mahmoud, M. R. & Garcia, L. A. (2000). Comparison of different multicriteria evaluation methods for the red bluff diversion dam. *Environmental Modeling & Software*, 15: 471–478.

Menhaj, M. B., Sadeghi, M. R. & Farasat, A. (2009). *A new method for fuzzy ranking based on possibility and necessity measures*, Unprinted paper. (*In Persian*)

Pomerol, J. C. & Barba Romero, S. (2000). *Multicriterion decision in management: Principles and practice*, Kluwer academic publishers. Norwell, MA.

Yilmaz, B. & Dagdeviren, M. (2011). A combined approach for equipment selection: F-PROMETHEE method and zero–one goal programming. *Expert Systems with Applications*, 38: 11641–11650.

Zimmerman, H. J. (1990). *Fuzzy set theory and its applications*, Kluwer academic publishers. Norwell, Massachusetts.

Archive of SID

www.SID.ir