مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال دوازدهم، شماره چهارم (پیاپی ۴۷)، زمستان ۹۴، ص ص ۲۸-۱۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

مقایسه نتایج حاصل از استخراج مستقیم تابع مطلوبیت و برآوردهای خطی- تقریبی از آن در حل مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد مطالعه: انتخاب نوع سازه ساختمان

زهرا حسینی[1*]، مصطفی کاظمی[2]
۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مدیریت تحقیق در عملیات، مشهد، ایران
۲-استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مدیریت، مشهد، ایران

رسید مقاله: ۱۸ تیر ۱۳۹۴
پذیرش مقاله: ۱ آذر ۱۳۹۴

چکیده
استفاده از تابع مطلوبیت یکی از قدیمی‌ترین تکنیک‌ها در رتبه‌بندی گزینه‌های یک مساله تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. نظر به پیچیدگی‌هایی که در محاسبه تابع مطلوبیت وجود دارد، در اغلب مطالعات از تقریب‌های خطی برای برازش تابع مطلوبیت تک‌شاخصه و از میانگین موزون آن‌ها برای یکپارچه‌سازی این توابع و رسیدن به مطلوبیت کلی گزینه‌ها استفاده شده‌است. در حالی‌که استفاده از این فرم‌ها منوط به پذیرش فرضیاتی نظیر خنثی بودن تصمیم‌گیرنده نسبت به ریسک است که معمولا با واقعیات سازگار نیست. این ناسازگاری در شرایط خاص اقتصادی نظیر رونق یا رکورد تشدید می‌شود. در این مقاله رتبه‌بندی گزینه‌های ماتریس تصمیم‌گیری برای رسیدن به نوع سازه‌ی مناسب یک پروژه ساختمانی، با دو رویکرد تعیین تابع مطلوبیت خطی- تقریبی و استخراج مستقیم تابع مطلوبیت هر گزینه انجام شده‌است. نتایج حاکی از اختلاف بارز میان رتبه‌بندی حاصل از هر روش می‌باشد.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، تابع مطلوبیت چندمعیاره.

۱مقدمه
"مطلوبیت" واژه‌ای آشنا در حوزه‌ی اقتصاد است. کاربرد مطلوبیت به‌عنوان وسیله‌ای برای سنجش ارزش نتیجه یک تصمیم، توسط نیومن و مورگن اشترن پیشنهاد شد[۱]. پس از آن تئوری "مطلوبیت چند شاخصه" توسط کینی و رایفا توسعه داده شد و از نظر بسیاری از محققین از جمله بالسترو و رومرو، گومز لیمون و بربل، رایسگو و گومز لیمون و مارتینز ، این رویکرد، دارای دقیق‌ترین ساختار نظری در میان تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد [۲]. رویکرد تابع مطلوبیت، از آن زمان تا کنون به یکی از پرکاربردترین روش‌های حل مسایل

* عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: Hosseini.zahra@stu.um.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

تصمیم‌گیری چند معیاره تبدیل شده‌است. ایده اصلی این روش، بیشینه سازی مطلوبیت ناشی از انتخاب یک گزینه است. با وجود مشکل بودن تعیین تابع مطلوبیت؛ حتی در مسایل ساده، از این مزیت برخوردار است که اگر به درستی مشخص شود با حل مدل می‌توان مطمئن بود که حداکثر رضایت و مطلوبیت برای تصمیم‌گیرنده حاصل شده‌است.

انتخاب سازه، یکی از اصلی‌ترین تصمیمات در اجرای پروژه‌های ساختمانی است. بحث و اختلاف سلیقه در خصوص برتری سازه‌های فولادی و بتنی نسبت به یکدیگر همواره ذهن ساختمان سازان، مهندسان و حتی مردم عادی را مشغول کرده‌است. اصولاً انتخاب نوع سازه تابعی است از مسایل اقتصادی، اقلیمی، فنی، اجرایی و موارد دیگر و به عبارتی هیچ کدام از این نوع سازه‌ها برتری مطلقی نسبت به یکدیگر ندارند؛ بلکه در هر شرایطی هر کدام به دیگری برتری نسبی می‌یابند.

با فرض وجود شرایط اقلیمی و فنی برابر، آنچه سازندگان را تا آخرین لحظات تصمیم‌گیری در انتخاب این سازه‌ها مردد می‌کند، معایب و مزایای هر روش است. در اخذ این تصمیم، مجموعه‌ای از معیارهای ناسازگار دخالت دارد که تعدیل بین آن‌ها برای رسیدن به تصمیم موثر، ضروری می‌باشد. در چنین شرایطی استفاده از رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره برای تشخیص گزینه ایده‌آل می‌تواند بسیار راهگشا باشد. یکی از قدیمی‌ترین این رویکردها، بیشینه سازی مطلوبیت ناشی از تصمیم می‌باشد.

۲ بیان مساله و ادبیات موضوع

هدف از بسط تابع مطلوبیت برای یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه، تبدیل مدل به یک مساله تک معیاره است که در نهایت بتوان گزینه‌های تصمیم را تنها براساس یک معیار منفرد کمی، با هم قیاس نموده و گزینه ارجح را انتخاب کرد. این تک معیار کمی، حاصل ترکیب مطلوبیت‌های ناشی از هر یک از شاخص‌ها، به شیوه مناسب می‌باشد؛ بنابراین مطلوبیت ناشی از انتخاب آلترناتیو i ام به صورت زیر در می‌آید:

$$U_i = f\left\{u_1(r_{i1}), u_2(r_{i2}), \ldots, u_j(r_{ij}), \ldots, u_n(r_{in})\right\} \qquad (1)$$

که درآن $u_j(r_{ij})$ به میزان مطلوبیت گزینه iام در شاخص jام اشاره می‌کند، u_j تابع مطلوبیت شاخص jام است و f تابعی است که با ترکیب u_j ها، یک کمیت واحد برای مطلوبیت هر یک از گزینه‌ها به‌دست می‌دهد؛ اما استفاده از این رویکرد در حل مسایل چند شاخصه، در عمل با مشکلاتی روبروست. نخستین مشکل، استخراج توابع مطلوبیت به صورت دقیق است؛ زیرا مطلوبیت از موقعیتی به موقعیت دیگر تفاوت می‌کند. به‌علاوه تعیین مطلوبیت بر اساس طرح قرعه صورت می‌گیرد، در حالی‌که افرادی هستند که از قمار بیزارند. همچنین یک بازی با نفع و ضرر فرضی ممکن است مطلوبیت واقعی فرد را منعکس نکند[۳]. مشکل دیگر، ترکیب مناسب توابع مطلوبیت جزیی شاخص‌هاو رسیدن به مطلوبیت کلی هر گزینه می‌باشد. علت این مشکل، وجود امکان تبادل بین شاخص‌هاست به طوری‌که مقدار مطلوبیت هر شاخص در یک سطح ثابت، از سطوح دیگر شاخص‌ها متاثر می‌شود به عبارتی استقلال بین شاخص‌ها مخدوش می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

در حالی که استقلال بین معیارهای تصمیم‌گیری، در بسیاری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مفروض گرفته می‌شود، اما در دنیای واقعی می‌تواند مصداق نداشته باشد؛ لذا روش‌هایی نظیر DEMATEL برای تعیین ساختار روابط بین معیارها و ANP جهت شناسایی وزن معیارها با توجه به وابستگی و بازخور معرفی شده است [۴]. در قلمروتعیین تابع مطلوبیت کلی نیز فرم‌هایی تعریف شده است که تبادل بین شاخص‌ها را مجاز می‌کند؛ اما با افزایش تعداد شاخص‌ها، این فرم‌ها به سرعت رو به پیچیدگی رفته، عملاً استفاده از آن‌ها با مشکل مواجه می‌شود.

این‌گونه مشکلات موجب شده تا استفاده از رویکرد تابع مطلوبیت چند شاخصه، با پاره‌ای ساده‌سازی‌ها هم در زمینه استخراج توابع جزیی و هم در مورد نحوه ترکیب توابع جزیی همراه شود که به‌ویژه در حوزه تصمیم‌گیری چندمعیاره کاملاً مشهود است.

محور ساده‌سازی‌ها در مرحله استخراج تابع مطلوبیت، فرض خنثی بودن تصمیم‌گیرنده نسبت به ریسک است که نتیجه آن، استفاده از شکل خطی برای تابع مطلوبیت می‌باشد و در مرحله ترکیب توابع جزیی، استفاده از شکل جمع پذیر برای مطلوبیت کلی می‌باشد که مبنای آن مفروض گرفتن وجود استقلال جمعی (جمع پذیر) بین شاخص‌هاست.

در دفاع از این ساده‌سازی‌ها، استدلال‌هایی از طرف موافقان صورت گرفته‌است. شجری و ترکمانی [۵] در مقاله خود فهرستی از دیدگاه‌های موافق را آورده‌اند؛ به گفته این محققان، ادواردز و همکاران مدعی شده‌اند که چنانچه شاخص‌ها در دامنه محدودی تغییر کنند استفاده از تابع مطلوبیت خطی به‌عنوان تقریبی برای تابع مطلوبیت واقعی یک فرض قوی مرجح می‌باشد. همچنین فارمر، هورنی و هارداکر و آمادور و همکاران نشان دادند که اگرچه تابع مطلوبیت جمعی نمونه ساده شده‌ای از تابع مطلوبیت واقعی است، اما عملکرد آن بسیار نزدیک به تابع واقعیست. فیشبرن و هارداکر و همکاران نشان دادندکه حتی اگر شرایط استقلال مطلوبیت برقرار نباشد فرم جمع-پذیر تقریب نزدیکی برای فرم واقعی تابع مطلوبیت می‌باشد. خاتمی فیروزآبادی [۶] در نقل قولی از ادواردز، مدعی شده است که مجموعه تئوری، شبیه‌سازی و تجربه او را به این نتیجه رسانده که تقریب به‌وسیله متوسط وزنی خطی بسیار نزدیک به تقریب‌هایی است که با توابع پیچیده مطلوبیت غیر خطی است به‌دست می‌آیند.

۲-۱ نحوه تعیین تابع مطلوبیت تقریبی- خطی

در این شرایط رابطه (۱) به صورت زیر در می‌آید:

$$U_i = \sum_{i=1}^{n} w_j u_j\left(r_{ij}\right) \qquad (۲)$$

به طوری‌که w_j وزن شاخص j ام و u_j یک تابع خطی است، تابع u_j به شیوه‌های مختلف قابل تعریف است؛ اما رویکرد غالب در مطالعات تعریف آن به صورت شکل بی‌مقیاس شده مقادیر ماتریس تصمیم می‌باشد. به عبارتی:

$$u_j\left(r_{ij}\right) = \frac{r_{ij} - r_{ij}^{-}}{r_{ij}^{+} - r_{ij}^{-}} \qquad (۳)$$

www.SID.ir

که r_{ij}^{-} حداقل مقدار گزینه i ام و r_{ij}^{+} حداکثر مقدار گزینه i ام می‌باشد. این تابع در واقع برداشتی از فرمول سویچ و درینگر (۱۹۸۰) برای تعیین مطلوبیت‌های منفرد به صورت زیر است:

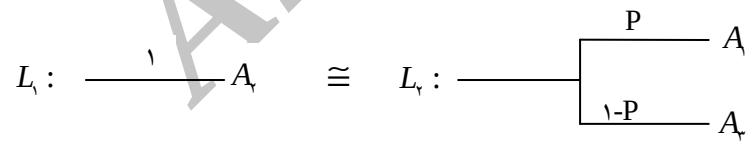
$$d_i(y_i)=\begin{cases}0 & if\ y_i \le l_i \\ \left(\dfrac{y_i-l_i}{u_i-l_i}\right)^r & if\ l_i \le y_i \le u_i \\ 1 & if\ y_i \ge u_i\end{cases}$$

که l_i و u_i به ترتیب حدود بالا و پایین شاخص هستند و ضریب r با فرض خطی بودن رفتار تابع مطلوبیت برابر با ۱ تعیین می‌شود [۷].

علی‌رغم ساده شدن محاسبات، دقت نتایجی که بر پایه تعیین تابع مطلوبیت با مفروضات فوق به‌دست می‌آید تا حدودی محل تردید است؛ زیرا مفروضات و مبانی آن کم‌تر با واقعیات سازگارند. برای مثال، فرض خنثی بودن تصمیم‌گیرنده نسبت به ریسک یک فرض غیرواقعی است. به ویژه فرض "ریسک خنثی" در شرایط رونق یا رکود کسب و کار بیش‌تر نامعتبر می‌شود و در حالت رکود تصمیم‌گیرنده انتخاب‌های محتاطانه‌تر را ترجیح می‌دهد. در این وضعیت، استخراج مستقیم تابع مطلوبیت مرجح خواهد بود. به زعم فردوسی و کوپاهی [۳] استخراج مستقیم تابع مطلوبیت برای موقعیت‌های تصمیم‌گیری در سطح خرد، مناسب‌ترین روش است.

۲-۲ نحوه استخراج مستقیم تابع مطلوبیت

تابع مطلوبیت یک فرد را می‌توان از طریق ارایه یک پیامد مطمئن از یک طرف و ترکیب احتمالی از دو پیامد نامطمئن از طرف دیگر، و مخیر ساختن وی در انتخاب هر یک از طرفین تعیین کرد. بر اساس اصل متعارف پیوستگی (سومین اصل از اصول متعارف نیومان-مورگسترون)، اگر شخص پیامد A_1 را بر A_2 و A_3 ترجیح دهد، یک احتمال ذهنی $P(A_1)$ به غیر از صفر و یک وجود دارد که او را بین A_2 و یک بازی با احتمال $P(A_1)$ برای A_1 و $[1-P(A_3)]$ برای A_3، بی تفاوت خواهد کرد.

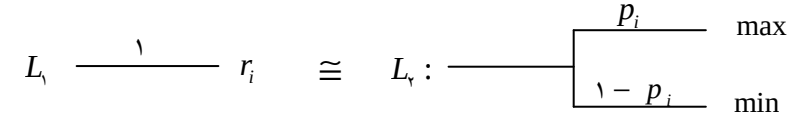


لذا با داشتن چهار پارامتر A_1، A_2، A_3 و P، مطلوبیت یک موقعیت مشخص خواهدبود. اگر سه مورد از این پارامترها معلوم باشند، تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقداری را به پارامتر چهارم تخصیص دهد. سپس با تغییر یکی از پارامترهای از پیش معلوم، مقدار جدیدی را برای پارامتر چهارم تعیین کند. حاصل این روند رسیدن به رشته‌ای از ترجیحات تصمیم‌گیرنده است که بر اساس آن می‌توان تابع مطلوبیت وی را برازش نمود [۳]. وینستون[۸] الگوریتم ساده زیر را برای این منظور پیشنهاد کرده‌است:

۱- به بیش‌ترین عایدی (max)، مطلوبیت ۱ و به کم‌ترین عایدی (min)، مطلوبیت ۰ را اختصاص دهید.

۲- مقادیر مطلوبیت سایر دریافتی‌ها مثل r_i را با طرح دو لاتاری به صورت زیر تعیین کنید:

Archive of SID
www.SID.ir



$$u(r_i) = p_i \times u(\max) + (1 - p_i) \times u(\min) = p_i \qquad (۴)$$

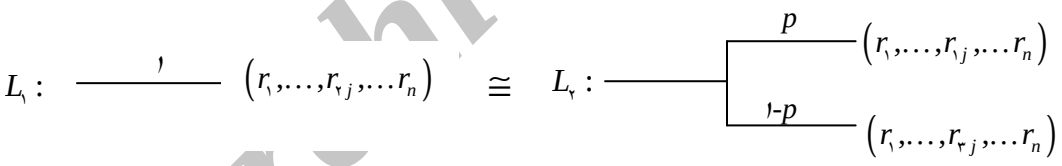
۳- پس از ایجاد تعداد کافی از نقاط $(r_i, u(r_i))$ تابع مطلوبیت را تعیین می‌کنیم.

به این ترتیب در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با اجرای این الگوریتم برای هر شاخص، می‌توانیم مطلوبیت هر یک از r_{ij} را برآورد نماییم.

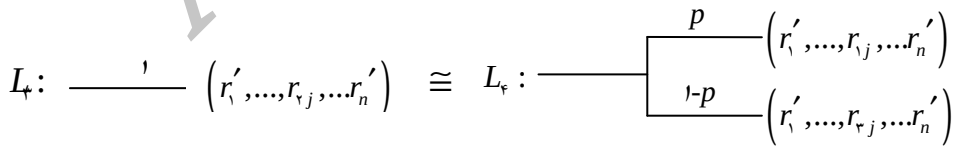
۳-۲ تعیین تابع مطلوبیت کلی

برای ترکیب تابع مطلوبیت شاخص‌ها یا اهداف مختلف در یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره، فرم هایی معرفی شده که استفاده از هریک منوط به برقراری فرضیات معینی در شیوه تبادل بین اهداف یا شاخص‌های مساله می‌باشد. فرم ترکیب خطی چندگانه، معمولی‌ترین این اشکال است زیرا به حداقل مفروضات از استقلال اهداف یا شاخص‌ها نیاز دارد. برای استفاده از این شکل تابع کافیست نظم ارجحیت‌های شرطی سطوح مختلف شاخص(هدف) j ام دارای استقلال مطلوبیت از مکمل‌های خود، یعنی $(x_1, x_2, \ldots, x_{j-1}, x_{j+1}, \ldots, x_n)$ باشد؛ یعنی بستگی به سطوح سایر شاخص‌ها نداشته باشد. آزمون استقلال مطلوبیت با قرار دادن قرعه‌هایی مشابه قرعه زیر برای هر یک از شاخص‌ها انجام می‌گیرد.

فرض کنیم تصمیم‌گیرنده نسبت به دو قرعه زیر (L_1 و L_2) بی‌تفاوت است:



چنانچه بین دو قرعه (L_3 و L_4) نیز به صورت زیر بی‌تفاوت باشد:



(۵)

استقلال مطلوبیت شاخص j ام از شاخص‌های مکمل خود محقق می‌شود. r_i ها و r_i' ها سطوح دلخواه از شاخص‌های ماتریس تصمیم می‌باشند ($i \neq j$).

فرم ترکیب خطی چندگانه تابع مطلوبیت به صورت زیر می‌باشد:

$$U(A) = \sum_{j=1}^{n} k_j U_j(r_j) + \sum_{j=1}^{n} \sum_{j'>j} k_{jj'} U_j(r_j) U_{j'}(r_{j'}) + \ldots + k_{1,2,\ldots,n} U_1(r_1) U_2(r_2) \ldots U_n(r_n)$$

www.SID.ir

که در آن $U_j\left(r_j\right)$ تابع مطلوبیت شاخص j‌ام و مقادیر مختلف k، ثابت‌های به مقیاس درآورنده هستند [۸].

تابع فوق فرم ساده‌تری می‌یابد اگر شاخص‌ها از استقلال جمع پذیرنیز برخوردار باشند. آزمون استقلال جمع‌پذیر برای دو شاخص r_i و r_j با احراز بی‌تفاوتی تصمیم‌گیرنده نسبت به دو قرعه زیر انجام می‌گیرد.

$$L_1: \begin{cases} \overset{0/5}{\longrightarrow} \left(r_{ib}, r_{jb}\right) \\ \overset{0/5}{\longrightarrow} \left(r_{iw}, r_{jw}\right) \end{cases} \qquad L_2: \begin{cases} \overset{0/52}{\longrightarrow} \left(r_{ib}, r_{jw}\right) \\ \overset{0/5}{\longrightarrow} \left(r_{iw}, r_{jb}\right) \end{cases} \tag{۶}$$

این آزمون باید برای کلیه ترکیبات ممکن از شاخص‌ها انجام گیرد [۱].

۳ پیشینه تحقیق

استفاده از تابع مطلوبیت، در رتبه‌بندی گزینه‌های ماتریس تصمیم در مطالعات چندی صورت گرفته است. برای مثال راستی و اختیاری [۹] در مقاله خود با عنوان "تصمیم‌گیری گروهی برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان در شبکه بانکی کشور"، استفاده از تابع مطلوبیت چند شاخصه را برای برآورد اعتبار مشتری توصیه می‌کنند. در این مطالعه، تابع مطلوبیت به صورت خطی و بر اساس فرمول سویچ و درینگر برآورد شده‌است و مطلوبیت کلی، با مفروض‌گرفتن استقلال جمع‌پذیر مطلوبیت شاخص‌ها محاسبه شده‌است.

فیروزآبادی و همکاران [۱۰] در مقاله "ارایه سیستم پشتیبانی تصمیم در رابطه با انتخاب و ارزیابی تامین کننده با استفاده از روش UTA"، با تکنیک UTAکه بر پایه برنامه‌ریزی خطی برای تعیین مطلوبیت‌ها ابداع شده است، به ارزیابی و انتخاب گزینه برتر پرداخته‌اند. این تکنیک مشکل وابستگی شاخص‌ها به یکدیگر در برآورد تابع مطلوبیت کلی تصمیم‌گیرنده را حل می‌کند؛ اما به یک رتبه‌بندی اولیه از گزینه ها نیاز دارد.

از سوی دیگر در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مهندسی و مدیریت ساخت رایج شده است. در این خصوص می‌توان به این موارد اشاره کرد: کامال و الصبحی[۱۱] کاربرد AHP را در مدیریت پروژه بررسی کرده‌اند. تیواری و بانرجی [۱۲] از AHP برای انتخاب فرآیند بتن‌ریزی استفاده‌کرده‌اند. وانگ و همکاران [۱۳] از دو رویکرد AHP و ANP برای ارزیابی سطح هوشمندی سیستم‌های ساختمانی بهره برده‌اند. متین [۱۴] از ترکیب روش‌های AHP و پروموته برای انتخاب ماشین آلات در پژوژه‌های ساختمانی استفاده کرده‌است.

در تحقیقات داخل کشور نیز، بلالی و همکاران [۱۵] با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP گروهی، به چگونگی انتخاب بین ۵ سیستم ساختمانی بر اساس ۶ معیار پرداخته‌اند و در این زمینه از نظرات مشاوران، کارشناسان و پیمانکاران فعال در صنعت ساختمان بهره گرفته‌اند. همچنین همین نگارندگان در سال ۲۰۱۰، در مقاله‌ای دیگر به نحوه انتخاب سیستم ساختمانی مناسب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره پروموته پرداخته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

در رابطه با استفاده از تابع مطلوبیت در مطالعات مدیریت ساخت و ساز، می‌توان به کار محقر و همکاران [۱۶] اشاره کرد که در پژوهشی با عنوان "انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تلفیق تئوری مطلوبیت چند شاخصه و روش الکتره ۱ در شرکت مپنا"، پس از شناسایی معیارهای تصمیم‌گیری و وزن دهی به آن‌ها، توابع مطلوبیت تک شاخصه را با فرض خنثی بودن دیدگاه تصمیم‌گیرنده نسبت به ریسک، به صورت خطی محاسبه نموده و پس از جایگزینی مطلوبیت هرگزینه در هر شاخص در ماتریس تصمیم‌گیری، با استفاده از روش الکتره‌ی یک، گزینه‌های تصمیم را رتبه‌بندی نموده‌اند.

٤ هدف تحقیق

در این مطالعه، یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، ابتدا با استفاده از روش‌های تقریبی برآورد مطلوبیت حل شده و سپس برای همین مدل مطلوبیت گزینه‌ها با استخراج مستقیم تابع مطلوبیت برای هر شاخص و استفاده از فرم مناسب یکپارچه سازی توابع مطلوبیت جزیی برای رسیدن به مطلوبیت کلی گزینه‌ها محاسبه شده‌است. در نهایت خروجی دو روش به تصمیم‌گیرندگان عرضه شده و نظرات آنان نسبت به درجه تطبیق خروجی‌ها با قضاوت‌های متعارف و تجربیات آنان احراز شده‌است. هدف نهایی نشان‌دادن این نکته است که ساده سازی توابع مطلوبیت و عدم کنترل مفروضات، موجب انحراف قابل توجه نتایج از واقعیت می‌شود.

٥ روش اجرای تحقیق

اجرای تحقیق حاضر در چند مرحله و به ترتیب زیر انجام گرفته است:

٥-١ تنظیم ماتریس تصمیم‌گیری

برای رسیدن به ماتریس تصمیم، با گروهی از انبوه‌سازان منطقه جنوب غرب مشهد که ایده‌ی اولیه گزینش مساله را در اختیار محقق قرار داده بودند، گفتگوهایی انجام گرفت. در نهایت از بین روش‌های مختلف اجرای سازه، ۵ گزینه که استفاده از آن‌ها در پروژه‌های ساختمانی منطقه رواج دارد و اکثر سازندگان ساختمان‌های با تراکم زیاد در انتخاب میان آن‌ها مردد هستند معرفی شد. این گزینه‌ها شامل اجرای سازه به صورت: اسکلت فلزبا اتصالات جوشکاری، اسکلت فلز با اتصالات پیچ و مهره، سازه بتنی دال و پوتر، سازه بتنی کوبیاکس، و سازه ترکیبی فلز و بتن می‌باشد.

انتخاب معیارهای تصمیم براساس مزایا و معایب اجرای هر سازه از نگاه تصمیم‌گیران و با فرض امکان پذیر بودن اجرای همه سازه‌ها انجام گرفت. پس از تجمیع نظرات گروه، پنج شاخص: قیمت تمام شده، نحوه تخصیص منابع مالی، سرعت اجرا، ملاحظات معماری و دسترسی به مجریان ماهر در منطقه، انتخاب و نهایی شد. بر اساس این معیارها، گزینه ها در وضعیت‌های ناسازگاری از شاخص‌های مختلف قرار می‌گیرند. برای مثال سازه‌های بتنی به علت نحوه تخصیص منابع مالی مورد اقبال هستند؛ زیرا نیاز به نقدینگی کم‌تری در شروع اجرا و هزینه‌کرد تدریجی دارند؛ اما از نقطه نظر ملاحظات معماری به دلیل نیاز به ستون‌های متعدد، کیفیت طراحی فضاهای داخلی

www.SID.ir

را با محدودیت‌هایی روبرو می‌کنند. مروری بر نشریات تخصصی صنعت ساختمان نشان می‌دهد که معیارهای گروه تصمیم، برای اغلب سازندگان فعال حایز اهمیت است.

در نهایت ماتریس تصمیم برای یکی از پروژه‌های در دست مطالعه شرکت، مقدار دهی شد تا انجام مطالعه با داده‌های عینی و واقعی ممکن شده و از اتکا به قضاوت‌های صرفا کیفی پرهیز گردد. اگر چه انجام مطالعه با داده‌های عمومی کیفی نیز امکان‌پذیر می‌باشد.

جدول ۱. ماتریس تصمیم

	قیمت تمام شده (صدمیلیون ریال)	تخصیص منابع مالی	سرعت اجرا(ماه)	کیفیت معماری	تعدد مجریان ماهر
فلز–جوش	۳۲۰	بد	۱۰	خوب	خوب
فلز– پیچ و مهره	۳۰۰	بد	۹	خوب	خوب
بتن– کوبیاکس	۱۹۸	خوب	۱۲	متوسط	بد
بتن– دال و پوتر	۱۶۵	خوب	۱۳	بد	بد
ترکیب فلز و بتن	۱۸۷	متوسط	۱۱	بد	متوسط

۵-۲ تعیین اوزان معیارهای تصمیم‌گیری

از آنجا که در این رویکرد اوزان شاخص‌ها نقشی اساسی دارند، ابتدا تعیین وزن شاخص‌ها انجام گرفته است. در این مطالعه با توجه به موجود بودن ماتریس تصمیم، نخست از روش آنتروپی برای وزن‌دهی به شاخص‌ها استفاده شد؛ اما وزن‌های ایجاد شده ازآن، از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان دور از واقعیت و غیر قابل قبول ارزیابی‌شدند؛ لذا شاخص‌ها به روش بردار ویژه مجددا وزن دهی گردید. به این منظور میانگین هندسی قضاوت تصمیم‌گیرندگان از اهمیت نسبی شاخص‌های کیفی در قالب مقایسات زوجی احصا شد. نتیجه این مرحله در جدول ۳ قابل مشاهده است. مقداردهی برای تعیین اهمیت‌های نسبی، بر اساس مقیاس فاصله‌ای جدول ۲ صورت گرفته‌است. نرخ ناسازگاری ماتریس ایجاد شده از رابطه $C.I.=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1}$ برابر با ۰/۰۳۵ می‌باشدکه کم‌تر از ۰/۱ است لذا دقت ارزیابی‌ها قابل قبول می‌باشد.

جدول ۲. مقیاس سنجش اهمیت نسبی شاخص‌ها

اهمیت برابر	تا حدی مهم‌تر	مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	کاملا مهم‌تر
۱	۳	۵	۷	۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. ماتریس اهمیت نسبی شاخص‌ها

	قیمت تمام شده	تخصیص منابع مالی	سرعت اجرا(ماه)	کیفیت معماری	تعدد مجریان ماهر
قیمت تمام شده	۱	۴	۶	۷	۹
تخصیص منابع مالی	۰/۲۵	۱	۲	۳	۳
سرعت اجرا(ماه)	۰/۱۶	۰/۵	۱	۳	۳
کیفیت معماری	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۲
تعدد مجریان ماهر	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۱

در نهایت به روش بردار ویژه از رابطه $AW = \lambda_{max} W$ که در آن A ماتریس مقایسات زوجی و $\lambda_{max} = ۵/۱۳۹$ بیش‌ترین مقدار ویژه ماتریس است، بردار W که همان اوزان شاخص‌هاست به صورت زیر به دست می‌آید:

$$W = \{w_۱ = ۰/۵۷ \ , w_۲ = ۰/۱۸ \ , w_۳ = ۰/۱۳, w_۴ = ۰/۰۷, w_۵ = ۰/۰۵\}$$

۵-۳ رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مطلوبیت خطی و تقریبی

در بخش ادبیات تحقیق بیان شد که شکل کلی تابع مطلوبیت‌های تک‌شاخصه در این رویکرد، غالباً از فرمول سویچ و درینگر و به صورت خطی محاسبه می‌شود که می‌توان آن را نوع خاصی از نرمال‌سازی ماتریس تصمیم در نظر گرفت. این دیدگاه، اساس روش‌های معروفی چون روش saw که یکی از قدیمی‌ترین روش‌های به‌کارگیری شده در MADM می‌باشد تشکیل می‌دهد. برای برازش خط به تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده در هر شاخص بر اساس رابطه (۳) به طریق زیر عمل می‌کنیم:

برای مطلوب‌ترین ارزش شاخص در ماتریس تصمیم، مطلوبیت "یک" و برای نامطلوب‌ترین ارزش موجود، مطلوبیت "صفر" را در نظر گرفته، خط واصل این نقاط را می‌یابیم. سایر ارزش‌های شاخص را در معادله این خط قرار داده و مطلوبیت آن را محاسبه می‌کنیم. بدین‌ترتیب برای هر یک از موارد فوق داریم:

تابع مطلوبیت شاخص "قیمت تمام شده" (خط گذرنده از دو نقطه(۱،۱۶۵) و(۰،۳۲۰)):

$$u_۱ = -\frac{r_{i۱} - ۳۲۰}{۱۵۵}$$

تابع مطلوبیت شاخص "سرعت اجرا" (خط گذرنده از دو نقطه(۱،۹) و(۰،۱۳)):

$$u_۳ = -\frac{r_{i۳} - ۱۳}{۴}$$

چون سه شاخص دیگر تنها شامل سه ارزش هستند برای ارزش متوسط مقدار تابع مطلوبیت خطی $\frac{۱}{۲}$ خواهد بود.

در نهایت ماتریس تصمیم بر اساس توابع مطلوبیت خطی به صورت زیر درخواهد آمد:

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤. ماتریس مطلوبیت‌های جزیی از روش خطی- تقریبی

	قیمت تمام شده	تخصیص منابع مالی	سرعت اجرا	کیفیت معماری	تعدد مجریان ماهر
فلز-جوش	۰	۰	۰/۷۵	۱	۱
فلز- پیچ و مهره	۰/۱۳	۰	۱	۱	۱
بتن- کوبیاکس	۰/۷۹	۱	۰/۲۵	۰/۵	۰
بتن- دال و پوتر	۱	۱	۰	۰	۰
ترکیب فلز و بتن	۰/۸۶	۰/۵	۰/۵	۰	۰/۵

حال با در نظرگرفتن فرم ترکیب خطی جمع‌پذیر، برای تابع مطلوبیت کلی و استفاده از اوزان شاخص‌ها به عنوان ضرایب توابع مطلوبیت جزیی، مطلوبیت هر گزینه از رابطه (۲) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$U_1 = ۰/۲۱ \quad U_2 = ۰/۳۲ \quad U_3 = ۰/۶۹ \quad U_4 = ۰/۷۵ \quad U_5 = ۰/۶۷$

ملاحظه می‌شود که گزینه ارجح "سازه بتنی- دال و پوتر" می‌باشد. و پس از آن: سازه بتنی کوبیاکس، سازه ترکیبی فلز و بتن، سازه اسکلت فلزی با اتصالات پیچ و مهره و سازه فلزی با اتصالات جوشکاری در رتبه‌های بعد قرار می‌گیرند.

٤-٥ استخراج مستقیم تابع مطلوبیت

در این مرحله با اجرای الگوریتم فن- نیومن برای هر شاخص، استخراج توابع مطلوبیت جزیی به صورت مستقیم انجام گرفته‌است. با توجه به گسسته بودن فضای تصمیم، تابع مطلوبیت هر معیار به صورت یک تابع گسسته محاسبه و در این راستا به حد بالا و پایین ارزش هر شاخص مطلوبیت ۱ و ۰ اختصاص داده‌شده و برای ارزش‌های میانی با طرح بازی استاندارد مطابق رابطه (۴)، مقدار مطلوبیت مشخص گردید. نتایج زیر حاصل شده است:

تابع مطلوبیت شاخص قیمت تمام شده:

$U(R_1) = \{(۳۲۰,۰),(۳۰۰,۰/۳),(۱۹۸,۰/۹),(۱۸۷,۰/۹۵),(۱۶۵,۱)\}$

رسم نمودار پراکنش نشان خواهد داد که تابع ترجیحات تصمیم‌گیرنده مقعر است و تصمیم‌گیرنده در گروه ریسک‌گریز قرار می‌گیرد.

تابع مطلوبیت شاخص تخصیص منابع مالی:

$U(R_2) = \{(۱،\text{خوب}),(۰/۵،\text{متوسط}),(۰،\text{بد})\}$

تابع مطلوبیت شاخص سرعت اجرا:

$U(R_3) = \{(۱۳,۰),(۱۲,۰/۳),(۱۱,۰/۷),(۱۰,۰/۹),(۹,۱)\}$

تابع مطلوبیت شاخص کیفیت معماری:

$U(R_4) = \{(۱،\text{خوب}),(۰/۷،\text{متوسط}),(۰،\text{بد})\}$

Archive of SID

www.SID.ir

تابع مطلوبیت شاخص دسترسی به مجریان ماهر:

$U(R_5)=\{(1،خوب)،(0/4،متوسط)،(0، بد)\}$

ملاحظه می‌شود که شرکت تنها در شاخص دستیابی به مجریان ماهر، حاضر به پذیرش ریسک است و در سایر شاخص‌ها محتاطانه رفتار می‌کند.

اکنون می‌توان ماتریس تصمیم را بر مبنای مطلوبیت‌های جزیی به صورت زیر داشته باشیم:

جدول ۵. ماتریس مطلوبیت‌های جزیی از روش استخراج مستقیم

	قیمت تمام شده(صدمیلیون ریال)	تخصیص منابع مالی	سرعت اجرا(ماه)	کیفیت معماری	تعدد مجریان ماهر
فلز-جوش	۰	۰	۰/۹	۱	۱
فلز- پیچ و مهره	۰/۲	۰	۱	۱	۱
بتن- کوبیاکس	۰/۹	۱	۰/۳	۰/۷	۰
بتن- دال و پوتر	۱	۱	۰	۰	۰
ترکیب فلز و بتن	۰/۹۵	۰/۵	۰/۷	۰	۰/۴

برای رسیدن به تابع مطلوبیت کلی، لازم است ابتدا آزمون‌های استقلال شاخص‌ها را اجرا کنیم. برای این کار باید استقلال ترجیحات هر شاخص از شاخص‌های مکمل خود را بررسی کنیم. این کار با تنظیم قرعه‌هایی بر مبنای رابطه (۵)، انجام پذیر است. مثلا برای بررسی استقلال شاخص قیمت تمام شده از دیگر شاخص‌ها قرعه‌های زیر را طرح می‌کنیم:

$L_1: \xrightarrow{1} (0,0,0,300) \cong L_2:$ ۰/۲ → $(165,0,0,0,0)$؛ ۰/۸ → $(320,0,0,0,0)$

$L_3: \xrightarrow{1} (300,x_2,x_3,x_4,x_5) \cong L_4:$ ۰/۲ → $(165,x_2,x_3,x_4,x_5)$؛ ۰/۸ → $(320,x_2,x_3,x_4,x_5)$

که در آن x_1 تا x_5 هر ارزش دلخواه از سایر شاخص‌ها می‌باشند. قبلاً بی‌تفاوتی شرکت بین قرعه‌های اول و دوم احراز شده‌است. بی‌تفاوتی شرکت بین قرعه‌های سوم و چهارم به معنای استقلال مطلوبیت قیمت تمام شده از سایر شاخص‌هاست.

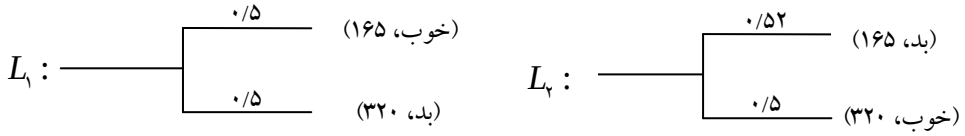
اکنون با احراز استقلال مطلوبیت بین شاخص‌ها می‌توان از فرم ترکیب خطی چندگانه برای محاسبه مطلوبیت کلی استفاده کرد. از آنجا که این فرم در صورت وجود استقلال جمع پذیر بین شاخص‌ها به صورت ساده‌تری در می‌آید، آزمون وجود استقلال جمع پذیر بین شاخص‌ها انجام گرفته‌است. در این مسیر برای هر

Archive of SID

www.SID.ir

ترکیب دو تایی از شاخص‌ها مثل ترکیب (i,j)، قرعه‌هایی بر اساس رابطه (۶)، تنظیم و در اختیار شرکت قرار داده‌شد.

مثلاً برای بررسی استقلال جمع پذیر بین دو شاخص قیمت تمام‌شده و نحوه تخصیص منابع مالی داریم:



شرکت بین دو قرعه فوق بی تفاوت نیست. آزمون‌های مشابه برای ترکیب شاخص‌های دیگر نیز نشان می‌دهد که استقلال جمع پذیر بین شاخص‌ها وجود ندارد.

نتیجه تست استقلال جمع پذیر برای ترکیبات سه‌تایی و بیش‌تر مثبت بوده‌است. به عبارتی چنانچه با احتمال برابر مقدار دو شاخص یا بیش‌تر در بدترین وضعیت ممکن یا بهترین وضعیت ممکن باشد، تصمیم‌گیرنده نسبت به تغییر در ارزش شاخص‌های باقی مانده با (احتمال برابر) بی‌تفاوت است. به این ترتیب فرم تابع مطلوبیت کلی تصمیم‌گیرنده به صورت زیر در می‌آید:

$$U(A)=\sum_{j=1}^{5}k_j U_j(r_j)+\sum_{j=1}^{5}\sum_{j'>j}k_{jj'}U_j(r_j)U_{j'}(r_{j'}) \qquad (۷)$$

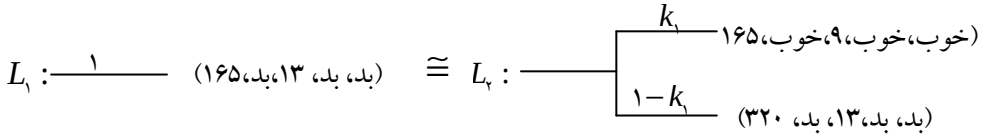
در این جا برای رسیدن به مطلوبیت کلی هر گزینه تنها نیاز به دانستن مقادیر k_j داریم. با احتساب ارزش‌های k_1 تا k_5، سایر مقادیر به صورت زیر محاسبه می‌شود: $k_{jj'}=1-(k_j+k_{j'})$

ارزش k_j بیانگر میزان اهمیت نسبی شاخص ژام می‌باشد و با طرح بازی زیر به‌دست می‌آید:

$$L_1 :\xrightarrow{1}\left(x_{1,w},\ldots,x_{j-1,w},x_{j,b},x_{j+1,w},\ldots x_{nw}\right)$$

$$\cong\ L_2 :\begin{cases}\xrightarrow{k_j}\left(x_{1,b},\ldots,x_{j-1,b},x_{j,b},x_{j+1,b},\ldots,x_{nb}\right)\\ \xrightarrow{1-k_j}\left(x_{1,w},\ldots,x_{j-1,w},x_{j,w},x_{j+1,w},\ldots,x_{nw}\right)\end{cases}$$

برای مثال برای به‌دست آوردن k_1 دو قرعه زیر را طرح کرده‌ایم:



شرکت مقدار احتمال را ۰.۸ برآورد کرده است. به عبارتی تصمیم‌گیرنده تنها با احتمال برد ۸۰ درصد می‌پذیرد که در مقابل تغییر وضعیت شاخص‌های ۲ تا ۵ از بدترین وضعیت به بهترین وضعیت، مقدار بهینه شاخص اول را درمعرض ریسک قرار دهد. این آزمون برای سایر شاخص‌ها نیز انجام گرفته و نتایج آن در جدول ۶ آمده‌است.

www.SID.ir

جدول ٦. نتایج آزمون استقلال مطلوبیت شاخص‌ها

$k_{۴و۵}$	$k_{۳و۵}$	$k_{۳و۴}$	$k_{۲و۵}$	$k_{۲و۴}$	$k_{۲و۳}$	$k_{۱و۵}$	$k_{۱و۴}$	$k_{۱و۳}$	$k_{۱و۲}$	$k_۵$	$k_۴$	$k_۳$	$k_۲$	$k_۱$
۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۶	۰/۶	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۱	۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۱	۰/۱	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۳	۰/۸

حال می‌توان مطلوبیت هر گزینه را از رابطه (۷) محاسبه کرد:

$$U_۱ = (۰/۹ \times ۰/۲۵) + (۱ \times ۰/۱۵) + (۰/۱ \times ۱) + (۰/۶ \times ۰/۹ \times ۱) + (۰/۶۵ \times ۰/۹ \times ۱) + (۰/۷۵ \times ۱ \times ۱)$$

در نهایت:

$U_۱ = ۲/۳۵$

$U_۲ = ۲/۴۴$

$U_۳ = ۲/۷۵$

$U_۴ = ۱$

$U_۵ = ۱/۵۶$

بنابراین ترتیب ارجحیت سازه‌ها به صورت: سازه بتنی کوبیاکس ، فلزی با اتصالات پیچ و مهره، فلزی با اتصالات جوشکاری، ترکیب فلزو بتن و بتنی دال و پوتر می‌باشد.

٦ بحث و نتیجه گیری

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، استخراج و ترکیب توابع مطلوبیت به صورت مستقیم منتج به رتبه‌بندی شد که اختلاف آشکاری با رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس محاسبه مطلوبیت به صورت خطی و تقریبی دارد؛ تا جایی که بهترین گزینه روش تقریبی، بدترین گزینه روش مستقیم می‌باشد. پس از ارایه نتایج به شرکت، رتبه‌بندی روش مستقیم تجانس قابل قبولی با ذهنیت‌ها و قضاوت‌های شهودی تصمیم‌گیرندگان و دیدگاه متعارف موجود در صنعت داشت.

اکنون می‌توان نتیجه گرفت که ساده سازی تابع مطلوبیت می‌تواند به نتایج گمراه کننده‌ای در اولویت بندی گزینه‌ها منجر شود. این انحراف ناشی از مفروضات پذیرفته شده در فرآیند ساده‌سازی است. فرض خنثی بودن تصمیم‌گیرنده نسبت به ریسک (و در نتیجه خطی بودن توابع مطلوبیت) برای فعالان اقتصادی نمی‌تواند فرض صحیحی باشد. به ویژه این که حساسیت نسبت به ریسک تابعی از شرایط بازار نیز می‌باشد و در شرایط فعلی رکود حاکم بر بازار مسکن که عدم اطمینان سازندگان از منطقی بودن نرخ و دوره بازگشت سرمایه جدی است، رفتار ریسک گریزانه‌تر دور از انتظار نیست. فرض عدم تبادل بین شاخص‌ها که مبنای در نظر گرفتن مطلوبیت کلی به صورت مجموع وزنی مطلوبیت‌های جزیی است نیز علت دیگر تفاوت رتبه‌بندی در دو روش است. از آنجا که تصمیم‌گیرندگان معمولا در واکنش نسبت به تغییرات شدید در یک شاخص، سطوح دیگر شاخص‌ها را نیز مد نظر قرار می‌دهند و ترکیبی از کل شرایط را در تصمیمات خود لحاظ می‌کنند، این فرض نیز نمی‌تواند به صورت فراگیر ملاک عمل باشد. در نهایت می‌توان ادعا کرد که محاسبه مستقیم و دقیق تابع مطلوبیت پیچیده و

Archive of SID

www.SID.ir

زمان‌بر است و به تعامل زیادی با تصمیم‌گیرندگان نیاز دارد؛ اما نتایج آن به‌ویژه در تصمیمات اقتصادی خرد، اطمینان بخش‌تر خواهد بود.

منابع

[۱] مهرگان، م. ر.، (۱۳۸۶). تصمیم‌گیری با چندین هدف، چاپ اول، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

[۲] بحرینی، ک.، رضازاده، م.، (۱۳۸۸). ارایه یک مدل در ارزیابی مدیریت پروژه با تلفیقی از روش‌های BSC، MAUT و استاندار PMBOK. پژوهشگر (فصلنامه مدیریت)، سال ۶، ویژه‌نامه، ۶۰-۵۱.

[۳] فردوسی، ر.، کوپاهی، م.، (۱۳۸۴). تعیین گرایش کشاورزان گندمکار به ریسک مطالعه موردی استان گلستان. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۵۲، ۴۳-۲۷.

[۴] رئیسی، ص.، حمزه، ا.، ماکوئی، ا.، (۱۳۹۰). طراحی مدل ترکیبی چندمعیاره به منظور انتخاب پروژه‌های شش سیگما. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۴(۳۱)، ۹۲-۷۱.

[۵] شجری، ش. ، ترکمانی، ج.، (۱۳۸۷). مدیریت تقاضای آب آبیاری، کاربرد روش مطلوبیت چند معیاره. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی- علوم آب و خاک، ۴۴، ۳۹۷-۳۸۷.

[۶] اولسن، دیوید.، (۱۳۸۷). روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره، علی خاتمی فیروزکوهی،تهران، مدیران امروز.

[۷] نور السنا، ر. ، ربانی، آ.، (۱۳۸۶). یک رویکرد ترکیبی فرا ابتکاری برای بهینه سازی مسایل چند پاسخی در چهارچوب تابع مطلوبیت. مجله مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، ۲(۳) ، ۱۲-۲.

[۹] راستی، م. ر.، اختیاری، م.، (۱۳۹۰). تصمیم‌گیری گروهی برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان. نشریه بانک سپه، ۱۲۲، ۳۱-۲۶.

[۱۰] خاتمی فیروزآبادی، ع.، بامداد صوفی، ج.، طاهری، ف.، صالحی، م.، (۱۳۸۸). ارایه ی سیستم پشتیبانی تصمیم در رابطه با انتخاب و ارزیابی تامین کننده با استفاده از روش UTA. مجله مدیریت توسعه و تحول، ۱، ۲۸-۲۱.

[۱۵] بلالی، و.، حسینی، ع.، زهرائی، ب.، روزبهانی، ع.، (۱۳۹۰). انتخاب سیستم ساختمانی مناسب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHP گروهی. ششمین کنگره ملی ساختمان، ۶ و ۷ اردیبهشت، دانشگاه سمنان.

[۱۶] محقر، ع.، کاشی، ک.، سلامی، ه.، (۱۳۹۱). انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تلفیق تئوری مطلوبیت چند شاخصه و روش الکتره یک در شرکت مپنا. مجله مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۴(۸)، ۱۰۸-۸۵.

[8] Winston, L., (1994). Operations Research: application and algorithms. International Thomson publishing.

[11] Kamal, M., Al-Subhi, A. H., (2001). Application of the AHP in project management. International journal of project management, 12, 689-694.

[12] Tiwari, M. K., Banerjee, R., (2001). A Decision Support System for the Selection of a Casting process using AHP. Production Planning and control, 12, 689-694.

[13] Wong, J., Li, H., Lai, J., (2008). Evaluating the system intelligence of the intelligent building system. Automation in Construction, 17, 284-302.

[14] Metin, D., (2008). Decision Making in Equipment Selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE. Springer, 19, 397-406.

Archive of SID

www.SID.ir