Archive of SID

فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی شریف
تابستان ۱۳۸۵، شماره‌ی سی و چهارم، ص. ۳-۹

اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی و مهندسی در مدل QFD با استفاده از روش TOPSIS در حالت فازی

منوچهر نجمی (استادیار)
دانشکده‌ی مدیریت و اقتصاد
مجید ابراهیمی (کارشناس ارشد)
فریدون کیانفر (استاد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف

نظام ترجمان کیفیت[1] فرایندی نظام یافته است که با اعتقاد کامل به ارضای نیازها و خواسته‌های مشتری شروع می‌شود و پس از جمع‌آوری این خواسته‌ها که اصطلاحاً «ندای مشتری[2]» نامیده می‌شود آن‌ها را به مشخصه‌های کیفی تبدیل و ترجمه می‌کند و ضمن یک سلسله عملیات محاسباتی ماتریسی، پارامترهایی را که در دست‌یابی به آن خواسته‌ها مهم‌اند برجسته کرده و با استفاده از این پارامترها، فرایند دست‌یابی دقیق به آن خواسته‌ها را طراحی می‌کند.

در این تحقیق، خانه کیفیت را به‌صورت یک مسئله‌ی تصمیم‌گیریِ چندمعیاره با هدف اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی (گزینه‌ها)، چنان در نظر می‌گیرند که بتواند در مجموع بیشترین اثر و بهبود را در ارتقاء سطح رضایت مشتری از خواسته‌ها و نیازمندی‌های او (معیارها) داشته باشد. سپس آن‌را به‌صورت فازی مدل‌سازی کرده و روش TOPSIS را برای اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی در محیط فازی ارائه می‌دهد.

مقدمه

امروزه کیفیت همچنان حرف اول را در تسخیر بازار فروش محصول می‌زند. بنابراین، بهبود و ارتقاء سطح کیفی محصول و خدمت ارائه شده توسط بنگاه‌ها، اولین و اصلی‌ترین عامل پیشی‌گرفتن از رقبا و گرفتن سهم عمده‌ی بازار است. در همین راستا، و برای نیل به هدف فوق، ابزارهای گوناگونی معرفی و توسعه داده شده‌اند که یکی از آن‌ها تحت عنوان «نظام ترجمان کیفیت» در مباحث «مدیریت کیفیت جامع» معرفی و توسعه داده شده است.

نظام ترجمان کیفیت یکی از موفق‌ترین ابزارهای ارتقاء کیفی است که با ملحوظ داشتن مهم‌ترین عامل فروش محصول، یعنی رضایت مشتری در زیربنای پروژه‌ی ارتقاء کیفیت محصول، سعی در طراحی و تولید محصولی دارد که مطابق با خواسته‌ی مشتری و حتی فراتر از آن باشد.

در حالت قطعی و دقیق برای تعیین درجه‌ی اهمیت خواسته‌های مشتری، با توجه به نظر مشتری به هر یک از خواسته‌ها یک وزن اختصاص داده می‌شود و به دنبال این فرایند، وزن‌های خواسته‌ها یک مقدار دقیق و کمی را می‌گیرد. همچنین نوع ارتباط و تأثیرگذاری مشخصه‌های فنی برخواسته‌های مشتری با استفاده از ارزش‌گذاری سه سطحی (قوی ـ متوسط ـ ضعیف) تعریف می‌شوند و سپس به هر یک از این سطوح نیز با استفاده از یک مقیاس فاصله‌یی مانند (۱-۳-۹) یا (۱-۳-۵) یک مقدار کمی دقیق اختصاص داده می‌شود.[1]

خواسته و احساس انسان نیروی محرک فرایند نظام ترجمان کیفیت است. تعیین درجه‌ی اهمیت خواسته‌های مشتریان با توجه به کلمات و اطلاعات گرفته شده از مشتری است، که غالب این اطلاعات مبهم و نادقیق‌اند؛ یعنی زمانی که مشتری اهمیت یک خواسته را «تقریباً مهم» تعریف می‌کند این کلمه خود مفهومی مبهم و نا دقیق است. به عبارت دیگر نمی‌توان یک مقدار کمی دقیق و قطعی به آن اختصاص داد، زیرا ممکن است با اختصاص یک مقدار کمی قطعی نتوان تمام خواسته و احساس مشتری را در آن لحاظ کرد. البته اطلاعات جمع‌آوری شده از مشتری باز هم مبهم‌تر و نادقیق‌تر از مورد ذکر شده‌ی فوق است. زیرا مشتری با کلمات و لغات مختص به خود درجه‌ی اهمیت این خواسته‌ها را تعیین می‌کند. حال بعد از تعیین خواسته‌های مشتری و شناسایی مشخصه‌های فنی مرتبط با آنها باز هم این انسان است که میزان ارتباط بین خواسته‌ها و مشخصه‌های فنی را تعیین می‌کند. تعیین سطح این ارتباطات نیز کمی نیست، بلکه به‌صورت کیفی توسط تیم نظام ترجمان کیفیت بیان می‌شود، که باز هم در اینجا بحث فازی و ابهام مطرح می‌شود، یعنی وقتی ارتباط بین خواسته و یک مشخصه‌ی

www.SID.ir

Archive of SID

فنی، قوی بیان می‌شود، برای تبدیل این مفهوم کیفی به مقدار کمی، استفاده از مقیاس فاصله‌یی که بتواند مفهوم و منظور تیم نظام ترجمان کیفیت را کاملاً برساند، خود جای سؤال است و نمی‌توان در مورد آن به‌طور یقین صحبت کرد.

اکنون برای در نظرگرفتن این نبود دقت، می‌توان از نظریه و منطق فازی استفاده کرد. هدف نهایی از نظریه‌ی فازی ارائه‌ی افکار و احساس انسانی به‌صورت یک تابع است. این نگرش و منطق، زبانی است که اجازه می‌دهد یک تبدیل پیشرفته از حالات زبان طبیعی (احساس و افکار انسان) به یک صورت‌بندی ریاضی داشته باشیم. این زبان ریاضی به‌منظور مدل‌سازی حالات واقعی، که اغلب نادقیق و مبهم است، راهکارهای مفیدی ارائه می‌کند. از طرفی بیشتر ابزارهای سنتی و تحلیلی برای مدل‌سازی، محاسبات معین و مدل‌های قطعی‌اند، اما با توجه به موارد یاد شده در این تحقیق سعی شده نظام ترجمان کیفیت را در محیط فازی مورد بررسی قرار داده و شیوه‌های مدل‌سازی و محاسباتی این نظریه را در آن توسعه دهیم.

به دلیل جدید بودن موضوع این تحقیق، تاکنون مطالعات زیادی در مورد آن صورت نگرفته است و فقط تعداد انگشت‌شماری از افراد از سال ۱۹۹۵ به بعد تحقیقاتی در این زمینه انجام داده‌اند.[۲-۴]

در این تحقیق، خانه‌ی کیفیت را به‌صورت یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره با هدف اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی (گزینه‌ها)، به‌طوری که بتواند در مجموع بیشترین اثر و بهبود را در ارتقاء سطح رضایت مشتری از خواسته‌ها و نیازمندی‌های او (معیارها) داشته باشد، در نظر گرفته و به‌صورت فازی آن‌را مدل‌سازی می‌کند و سپس روش TOPSIS را برای اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی در محیط فازی ارائه می‌کند.

ذکر این نکته ضروری است که در این تحقیق، مشخصه‌های فنی براساس ضریب مطلق هر مشخصه اولویت‌بندی شده‌اند، به‌عبارت دیگر عواملی مثل «نرخ بهبود» و «نقطه فروش» در مسئله‌ی اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی در نظرگرفته نشده است. همچنین علت استفاده از روش TOPSIS نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیریِ چند متغیره، دقت بالای روش مذکور به دلیل مقایسه با حل بهینه است.

نظام ترجمان کیفیت

عبارت «نظام ترجمان کیفیت» برگرفته شده است از اصطلاحات ژاپنی هین شیتو (به‌معنای کیفیت، خصوصیات یا صفات)، کینو (به‌معنای وظیفه[۳] یا کارکرد[۴])، و تنکای (به‌معنای گسترش[۵] یا توسعه[۶]).

نظام ترجمان کیفیت فرایندی نظام یافته است که با هدف ارضای نیازها و خواسته‌های مشتری شروع می‌شود و پس از جمع‌آوری این خواسته‌ها که اصطلاحاً «ندای مشتری» نامیده می‌شود آن‌ها را به مشخصات کیفی تبدیل و ترجمه می‌کند و ضمن یک سلسله عملیات محاسباتی ماتریسی، پارامترهایی را که در دست‌یابی به آن خواسته‌ها مهم‌اند برجسته کرده و با استفاده از این پارامترها، فرایند دست‌یابی به آن خواسته‌ها را طراحی می‌کند.[۵]

رویکرد چهار مرحله‌یی (چهار ماتریسی)

این مدل که تحت عنوان مدل مؤسسه‌ی تأمین‌کنندگان آمریکا نیز خوانده می‌شود مشتمل بر چهار مرحله و ماتریس به شرح زیر است:[۶]

مرحله‌ی اول: طراحی یا برنامه‌ریزی محصول؛

مرحله‌ی دوم: گسترش اجزا؛

مرحله‌ی سوم: طراحی یا برنامه‌ریزی فرایند؛

مرحله‌ی چهارم: برنامه‌ریزی کنترل فرایند یا تولید.

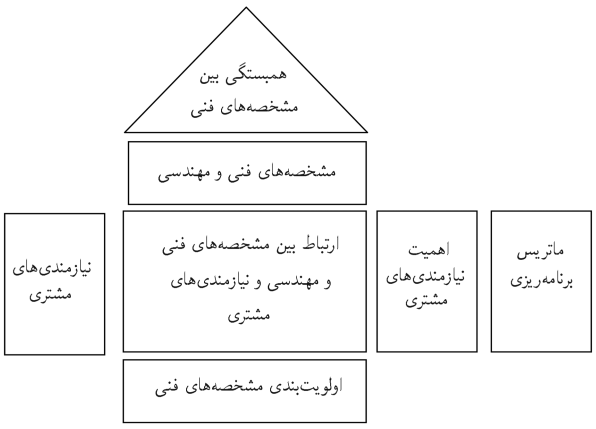
خانه‌ی کیفیت

همانگونه که عنوان شد، اولین مرحله در روش چهارمرحله‌یی نظام ترجمان کیفیت، طراحی محصول است که به‌واسطه‌ی شباهت بسیار زیاد ماتریس آن به شکل خانه، به آن «خانه‌ی کیفیت» اطلاق می‌شود. خانه‌ی کیفیت ماتریسی است که در آن رابطه‌ی میان WHATS(چه‌ها) و HOWS (چگونه‌ها) مشخص می‌شود که در آن:

- WHATS (چه‌ها) خواسته‌ها و نیازهای مشتریان از محصول و یا خدمت (الزامات مشتری) را شامل می‌شوند؛
- HOWS(چگونه‌ها) مبین چگونگی ارائه‌ی خواسته‌های مشتریان (WHATS) در محصول (الزامات فنی محصول) هستند.

شکل ۱ نشان‌دهنده‌ی یک خانه کیفیت و اجزاء آن است.

در پایان، آن قسمت از خانه‌ی کیفیت که در قسمت بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌طور خلاصه در جدول ۱ آورده شده است.[۶]



شکل ۱. خانه کیفیت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خانه کیفیت مورد استفاده در تحقیق.

مشخصه‌فنی خواسته	DC_1	DC_2	.....	DC_n	وزن خواسته مشتری
CA_1	r_{11}	r_{12}	.....	r_{1n}	w_1
CA_2	r_{21}	r_{22}	.....	r_{2n}	w_2
.	.	.		.	.
.	.	.		.	.
CA_m	r_{m1}	r_{m2}		r_{mn}	.
			.....		w_m

که در آن:

CA_i = خواسته‌ی i ام مشتری؛

DC_j = مشخصه‌ی فنی j ام؛

r_{ij} = ارتباط بین خواسته‌ی i ام مشتری و مشخصه فنی j ام؛

w_i = وزن خواسته‌ی i ام مشتری.

مفاهیم اولیه‌ی نظریه‌ی فازی

از زمان‌های بسیار دور چنین تصور می‌شد که ارزش یک گزاره یا «درست» است یا «نادرست»، و نمی‌تواند هر دو باشد. با استفاده از همین منطق، یک عضوی یا متعلق به مجموعه‌یی هست یا نیست. از زمان ارسطو این سؤال مطرح بود که آیا گزاره‌هایی وجود دارند که ارزشی جز «درست» یا «نادرست» بودن داشته باشد. با توجه به موضوع مطرح شده که آن را می‌توان به نوعی مقوله‌ی فازی خواند، می‌بینیم که دیدگاه فازی به‌طور غیر رسمی سابقه‌یی دیرینه دارد.

نظریه‌ی مجموعه‌های فازی به‌صورت رسمی اولین بار توسط پرفسور لطفی عسگرزاده دانشمند ایرانی‌تبار و استاد دانشگاه کالیفرنیا در برکلی با انتشار مقاله‌یی در مجله‌ی *اطلاعات وکنترل* در سال ۱۹۶۹ مطرح شد. این نظریه از زمان ارائه تاکنون، گسترش و تعمیق زیادی یافته و کاربردهای گوناگونی در زمینه‌های مختلف پیدا کرده است.[۷]

تعریف مجموعه‌های فازی

مجموعه‌های فازی آن دسته ازمجموعه‌ها هستند که میزان تعلق اعضای آن مجموعه دقیق و مشخص نیست؛ مانند مجموعه‌ی افراد بلندقد یا مجموعه‌ی اعداد بزرگ. دکتر عسگرزاده برای تجزیه و تحلیل این مجموعه‌ها، به هریک از اعضای چنین مجموعه‌هایی عددی از بازه [۱ و ۰] به‌عنوان درجه‌ی عضویت آن عضو درآن مجموعه نسبت داد. مثلاً در مجموعه‌ی افراد بلندقد، کلیه افراد بلندتر از ۱۷۰ سانتی‌متر یا بلندتر از ۱۸۰ سانتی‌متر و غیره هرکدام با یک مقدار عضویت به مجموعه اعداد بلندقد تعلق خواهد داشت، بدین ترتیب که افراد بلندتر از ۱۸۰ سانتی‌متر با مقدار عضویت بیشتر (مانند ۰٫۸) و افراد بلندتراز ۱۷۰ سانتی‌متر با مقدار عضویت کمتر (مانند ۰٫۷) به مجموعه‌ی افراد بلند قد متعلق‌اند.[۷]

نمایش مجموعه‌های فازی

اگر U مجموعه‌ی مرجعی باشد که هر عضو آن با x نمایش داده شود مجموعه‌ی فازی در U به‌وسیله‌ی زوج‌های مرتب بیان می‌شوند، به نحوی که:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \,|\, x \in U\}$$

که در آن، $\mu_A(x)$ تابع عضویت یا درجه‌ی عضویت است که میزان تعلق x به مجموعه‌ی فازی A را نشان می‌دهد؛ برد این تابع اعداد حقیقی غیر منفی است که یک مقدار بیشینه دارد و در حالت عادی به‌صورت فاصله‌ی بسته[۱، ۰] در نظر گرفته می‌شود. ذکر این نکته لازم است که هیچ روش قطعی برای تعیین تابع عضویت وجود ندارد و این مسئله بیش از همه یک مقوله‌ی حسی و تجربی است.[۷]

تعریف اعداد فازی

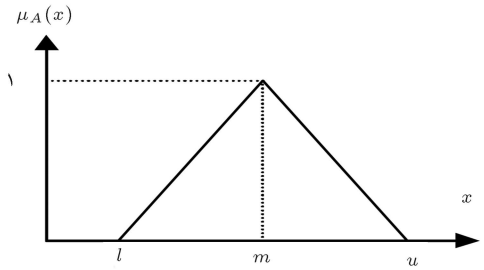
یک مجموعه‌ی فازی نرمال محدب مانند A با دامنه‌ی اعداد حقیقی R یک عدد فازی حقیقی است اگر:

۱. تنها یک $x_0 \in R$ وجود داشته باشد که برای آن $\mu_A(x_0) = 1$؛

۲. تابع عضویت $\mu_A(x)$ یک تابع پیوسته باشد.[۷]

اعداد فازی مثلثی

انجام محاسبات با اعداد فازی به‌دلیل ساختار خاص آنها بسیار زمان‌بر و پیچیده است. برای تسهیل و کاربردی کردن اعداد فازی، اعداد فازی مخصوصی در محاسبات به‌کارگرفته می‌شوند. این اعداد خاص به‌صورت اعداد زنگوله‌یی، مثلثی، ذوزنقه‌یی، L-R مثلثی، L-R ذوزنقه‌یی هستند. در این تحقیق به‌دلیل سادگی محاسبات و کاربردی بودن، اعداد فازی مثلثی مورد استفاده قرارگرفته است. یک عدد فازی مثلثی را می‌توان با سه‌تایی مرتب (l, m, u) نمایش داد (شکل ۲) که



شکل ۲. نمایش اعداد مثلثی.

www.SID.ir

Archive of SID

l و u حدود پایینی و بالایی‌اند، m مقدار میانه، و x عنصری بین l و u است.

تابع عضویت اعداد فازی به‌صورت رابطه‌ی ۱ است.[۷]

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l < x < m \\ ۱ & x = m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ ۰ & \text{در غیر این‌صورت} \end{cases} \quad (۱)$$

تعریف برش

با استفاده از مفهوم «برش» می‌توان بین مجموعه‌های معمولی و فازی به‌شرح زیر ارتباط برقرارکرد. زیرمجموعه‌یی از U راکه درجه‌ی عضویت آنها در مجموعه‌ی فازی A حداقل به بزرگی α باشد($۰ \le \alpha \le ۱$) «α ـ برش» نامند و با A_α نمایش می‌دهند.

$$A_\alpha = \{x \in U \,|\, \mu_A(x) \ge \alpha\}$$

برش قوی α یا مجموعه‌ی قوی در سطح α به شکل زیر تعریف می‌شود:[۷]

$$A_\alpha = \{x \in U \,|\, \mu_A(x) > \alpha\}$$

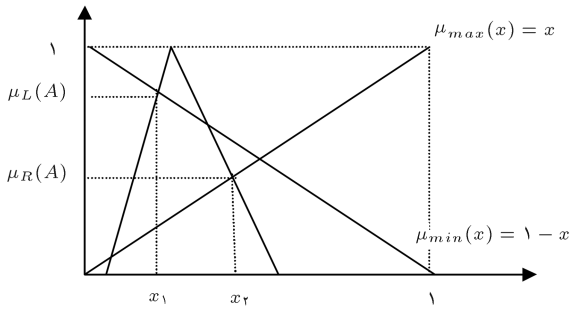
غیرفازی کردن عدد فازی

به‌منظور تبدیل یک عدد فازی به یک مقدار دقیق، روش‌های مختلفی وجود دارد؛ نظیر روش مرکز ثقل، روش بیشترین تابع عضویت، روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی و... . از آنجا که در این تحقیق به‌دلیل استفاده از تابع عضویت پیوسته از روش‌امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی استفاده شده است در ادامه، به تشریح این روش می‌پردازیم.

در این روش امتیازکل دقیق یک عدد فازی A از مقدار امتیازات چپ و راست A به دست می‌آید و این امتیازات چپ و راست نیز از دو مجموعه‌ی ویژه‌ی حداقل (Min) و حداکثر (Max) و درجه‌ی عضویت عدد فازی به‌دست می‌آید.[۷]

این دو مجموعه‌ی Minو Maxبا فرض این‌که دامنه‌ی اعداد فازی [۰، ۱] باشند مطابق رابطه‌ی تعریف می‌شوند:

$$\mu_{min}(x) = \begin{cases} ۱ - x; ۰ \le x \le ۱ \\ ۰; \quad \text{در غیر این‌صورت} \end{cases}$$



شکل ۳. شکل گرافیکی مقادیر امتیازات چپ و راست.

$$\mu_{max}(x) = \begin{cases} x; ۰ \le x \le ۱ \\ ۰; \quad \text{در غیر این‌صورت} \end{cases} \quad (۲)$$

که امتیاز سمت چپ A می‌تواند با استفاده از رابطه‌ی ۳ حاصل شود.

$$\mu_L(x) = SUP\,[\mu_{\min}(x) \wedge \mu_x(x)] \quad (۳)$$

و امتیاز سمت راست A می‌تواند از رابطه‌ی ۴ حاصل شود.

$$\mu_R(x) = SUP\,[\mu_{\max}(x) \wedge \mu_x(x)] \quad (۴)$$

با به‌دست آوردن این امتیازات، می‌توان امتیازکل را از رابطه‌ی ۵ محاسبه کرد که به‌عنوان یک مقدار دقیق و معین در محاسبات بعدی از آن استفاده می‌شود.

$$\mu_T(x) = \frac{\mu_R(x) + ۱ - \mu_L(x)}{۲} \quad (۵)$$

فرض‌کنید یک مجموعه فازی مثلثی تحت عنوان $A = (\alpha, m, \beta)$ داریم. شکل ۳ مقادیر این امتیازات چپ و راست را به‌صورت گرافیکی نشان می‌دهد.

تابع عضویت عدد فازی A نیز به‌صورت رابطه‌ی ۶ است.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-(m-\alpha)}{\alpha}; m - \alpha \le x \le m \\ \frac{(m+\beta)-x}{\beta}; m \le x \le m + \beta \end{cases} \quad (۶)$$

امتیازات سمت چپ و راست عدد فازی A از رابطه‌ی ۷ به دست می‌آید:[۸-۱۰]

$$\frac{x_۱ - (m-\alpha)}{\alpha} = ۱ - x_۱ \Rightarrow x_۱ = \frac{m}{۱+\alpha} \Rightarrow$$
$$\mu_L(A) = ۱ - x_۱ = ۱ - \frac{m}{۱+\alpha}$$
$$\frac{(m+\beta) - x_۲}{\beta} = x_۲ \Rightarrow x_۲ = \frac{m+\beta}{۱+\beta} \Rightarrow$$
$$\mu_R(A) = x_۲ = \frac{m+\beta}{۱+\beta} \quad (۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID

خانه‌ی کیفیت با عناصر فازی

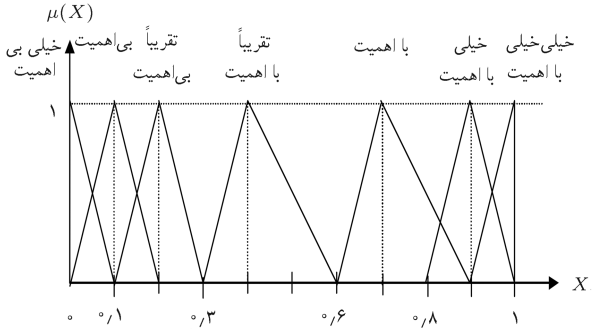
در محیط فازی برای تعریف خانه‌ی کیفیت، اطلاعات کسب شده را می‌توان به‌صورت یک متغیر زبانی بیان کرد. مثلاً برای تعریف اوزان خواسته‌ی مشتری از متغیر زبانیِ «اهمیت» استفاده می‌شود، و برای تعیین نوع ارتباط بین مشخصه‌های فنی و خواسته‌های مشتری از متغیر زبانی تحت عنوان «ارتباط» استفاده می‌شود که این دو متغیر واژه‌های زبانی زیر را شامل می‌شوند:

{خیلی خیلی با اهمیت، خیلی با اهمیت، با اهمیت، تقریباً با اهمیت، تقریباً بی‌اهمیت، بی‌اهمیت، خیلی بی‌اهمیت } = (اهمیت) T

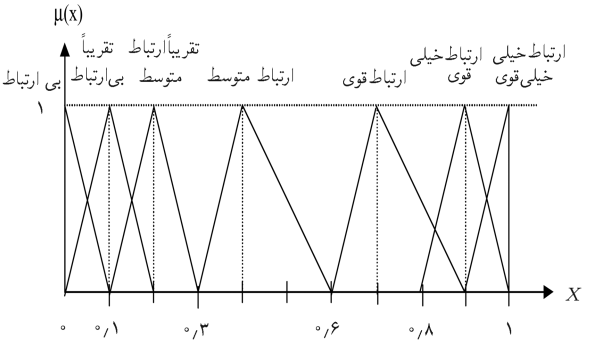
{ارتباط خیلی خیلی قوی، ارتباط خیلی قوی، ارتباط قوی، ارتباط متوسط، تقریباً با ارتباط متوسط، تقریباً بی‌ارتباط، بی‌ارتباط } = (ارتباط) T

در این تحقیق فرض می‌کنیم که تابع عضویت این مجموعه‌های فازی به‌صورت اعداد فازی مثلثی است و شکل آن، مطابق شکل‌های ۴ و ۵ است.

مجموعه جهانی مرجع (U) در اینجا عبارت است از؛ U =[۱ و ۰] این متغیرها و واژه‌های زبانی با توجه به اطلاعات و خواسته‌ها و کلمات خود مشتری استخراج شده و به‌دنبال آن مقادیر اعداد فازی به آن تخصیص داده می‌شود که می‌توان واژه‌های زبانی مختلف و اعداد



شکل ۴. تابع عضویت متغیرهای زبانی اهمیت خواسته مشتری.



شکل ۵. تابع عضویت متغیرهای زبانی رابطه بین خواسته مشتری و مشخصه‌های فنی.

فازی متناسب با آن را تهیه کرد و به کار گرفت که این بستگی به تیم نظام ترجمان کیفیت و کارشناسان مربوطه دارد.[۱۱و۱۲]

روش پیشنهادی براساس TOPSIS

در این بخش مدلی ارائه می‌شود که مبنای آن روش TOPSIS است.[۱۲] با استفاده از این شیوه‌ی پیشنهادی، می‌توان مطلوبیت مشخصه‌های فنی یک خانه‌ی کیفیت با عناصر فازی را، به‌صورت فازی به دست آورد.

در روش ارائه شده، مطلوبیت مشخصه‌های فنی به‌صورت فازی ارائه می‌شود. به این صورت که در مقاطع مختلف، فاصله‌ی سمت چپ و راست هر عدد فازی از مقادیر ایده‌آل (بهترین) و ضد ایده‌آل (بدترین) در آن مقطع اندازه‌گیری می‌شود و این معیاری است برای اندازه‌گیری مطلوبیت هر مشخصه‌ی فنی. برای به‌دست آوردن مطلوبیت فازی مشخصه‌های فنی، با استفاده از روش TOPSIS گام‌های زیر طراحی شده است:

۱. ضرب فازی اعداد فازی خواسته‌ی مشتری (w_i) در ارتباط بین مشخصه‌ها و خواسته‌ها (R_{ij}) مطابق جدول ۲؛

$$N_{ij} = R_{ij} \otimes W_i$$

که در آن N_{ij} خود یک عدد فازی مثلثی به‌صورت زیر است:

$$N_{ij} = (\alpha_{ij}, r_{ij}, \beta_{ij}) \otimes (\rho_i, y_i, \gamma_i) =$$
$$(\alpha_{ij}.y_i + r_{ij}.\rho_i, r_{ij}.y_i, \beta_{ij}.y_i + r_{ij}.\gamma_i)$$

۲. انتخاب مقطع برش $\alpha_\circ$؛

۳. محاسبه‌ی مقادیر حقیقی زیر برای هر مشخصه‌ی فنی، و سپس تهیه‌ی ماتریس‌های $L_{\alpha.}$ و $R_{\alpha.}$:

$$x_{ij}^- = \min\{x_{ij} \in R | \mu_{N_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha_\circ\}$$
$$x_{ij}^+ = \max\{x_{ij} \in R | \mu_{N_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha_\circ\}$$

ماتریس حاصل از مقادیر x_{ij}^- (محل تلاقی مقطع $\alpha_\circ$ با معادله سمت چپ عدد فازی) را ماتریس $L_{\alpha.}$ می‌نامند.

ماتریس حاصل از مقادیر x_{ij}^+ (محل تلاقی مقطع $\alpha_\circ$ با معادله سمت راست عدد فازی) ماتریس $R_{\alpha.}$ می‌نامند.

حل ایده‌آل و ضدایده‌آل را برای هریک از ماتریس‌های $L_{\alpha.}$ و $R_{\alpha.}$، با توجه به این که n گزینه (j=۱, ۲, ..., n) و m معیار (i=۱, ۲, ..., m) است چنین تعریف می‌کنیم:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقادیر فازی اهمیت خواسته‌ها و ارتباط خواسته‌ها با مشخصه‌های فنی.

اوزان فازی خواسته مشتری	DC_n.....	$DC_۲$	$DC_۱$	مشخصه فنی . خواسته
$(\rho_۱, y_۱, \gamma_۱)$	$(\alpha_{۱n}, r_{۱n}, \beta_{۱n})$	$(\alpha_{۱۲}, r_{۱۲}, \beta_{۱۲})$	$(\alpha_{۱۱}, r_{۱۱}, \beta_{۱۱})$	$CA_۱$
$(\rho_۲, y_۲, \gamma_۲)$	$(\alpha_{۲n}, r_{۲n}, \beta_{۲n})$	$(\alpha_{۲۲}, r_{۲۲}, \beta_{۲۲})$	$(\alpha_{۲۱}, r_{۲۱}, \beta_{۲۱})$	$CA_۲$
. . . (ρ_m, y_m, γ_m)	. . . $(\alpha_{mn}, r_{mn}, \beta_{mn})$.....	. . . $(\alpha_{m۱}, r_{m۱}, \beta_{m۱})$	. . . $(\alpha_{m۱}, r_{m۱}, \beta_{m۱})$	. . . CA_m

حل ایده‌آل برای ماتریس $L_{\alpha.}$

$$A^+_{L_{\alpha.}} = \{(\max_j x^-_{ij}) | j = ۱, ۲, ..., n\} = \{x^{-+}_۱, x^{-+}_۲, ..., x^{-+}_m\}$$

حل ضد ایده‌آل برای ماتریس $L_{\alpha.}$

$$A^-_{L_{\alpha.}} = \{(\min_j x^-_{ij}) | j = ۱, ۲, ..., n\} = \{x^{--}_۱, x^{--}_۲, ..., x^{--}_m\}$$

حل ایده‌آل برای ماتریس $R_{\alpha.}$

$$A^+_{R_{\alpha.}} = \{(\max_j x^+_{ij}) | j = ۱, ۲, ..., n\} = \{x^{++}_۱, x^{++}_۲, ..., x^{++}_m\}$$

حل ضد ایده‌ال برای ماتریس $R_{\alpha.}$

$$A^-_{R_{\alpha.}} = \{(\min_j x^+_{ij}) j = ۱, ۲, ..., n\} = \{x^{+-}_۱, x^{+-}_۲, ..., x^{+-}_m\}$$

۴. محاسبه‌ی فاصله‌ی‌گزینه‌های هر ماتریس از حل ایده‌آل و ضدایده‌آل همان ماتریس با استفاده از روابط زیر:

فاصله‌ی گزینه‌ی j ام ماتریس $L_{\alpha.}$ از حل ایده‌آل

$$dL^+_j = \left[\sum_{i=۱}^{m} (x^-_{ij} - x^{-+}_i)^۲\right]^{\frac{۱}{۲}}, j = ۱, ۲, \ldots, n$$

فاصله‌ی گزینه‌ی j ام ماتریس $L_{\alpha.}$ از حل ضدایده‌آل

$$dL^-_j = \left[\sum_{i=۱}^{m} (x^-_{ij} - x^{--}_i)^۲\right]^{\frac{۱}{۲}}, j = ۱, ۲, \ldots, n$$

فاصله‌ی گزینه‌ی j ام ماتریس $R_{\alpha.}$ از حل ایده‌آل

$$dR^+_j = \left[\sum_{i=۱}^{m} (x^+_{ij} - x^{++}_i)^۲\right]^{\frac{۱}{۲}}, j = ۱, ۲, \ldots, n$$

فاصله‌ی گزینه‌ی j ام ماتریس $R_{\alpha.}$ از حل ضد ایده‌آل

$$dR^-_j = \left[\sum_{i=۱}^{m} (x^+_{ij} - x^{+-}_i)^۲\right]^{\frac{۱}{۲}}, j = ۱, ۲, \ldots, n$$

۵. محاسبه‌ی نزدیکی نسبی گزینه‌ی j ام به راه حل ایده‌آل برای هر دو ماتریس $L_{\alpha.}$ و $R_{\alpha.}$ با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد:

$$C^*L_j = \frac{dL^-_j}{dL^+_j + dL^-_j}, j = ۱, ۲, \ldots, n$$

$$C^*R_j = \frac{dR^-_j}{dR^+_j + dR^-_j}, j = ۱, ۲, \ldots, n$$

۶. تعریف مطلوبیت فازی U_j در مقطع $\alpha_۰$ چنین است:

$$U_j = \{(C^*L_j, \alpha_۰), (C^*R_j, \alpha_۰)\}, \quad if \quad C^*L_j < C^*R_j$$

$$U_j = \{(C^*R_j, \alpha_۰), (C^*L_j, \alpha_۰)\}, \quad if \quad C^*L_j > C^*R_j$$

به‌عبارت دیگر، مقادیر سمت چپ و راست مطلوبیت فازی U_j با استفاده از مقادیر C^*R_j و C^*L_j به دست می‌آید. علت استفاده از روابط گام ششم این است که در روش TOPSIS اولویت‌بندی براساس درجه‌ی نزدیکی نسبی هرگزینه نسبت به حل ایده‌آل انجام می‌شود و چون ما در روش پیشنهادی می‌خواهیم از فاصله‌ی سمت چپ و راست هر عدد فازی از مقادیر ایده‌آل و ضدایده‌آل برای اندازه‌گیری مطلوبیت مشخصه‌های فنی استفاده کنیم، لذا از روابط فوق به‌عنوان سمت چپ و راست مطلوبیت فازی استفاده می‌کنیم. با ایجاد مقاطع مختلف، و تکرار گام‌های ۲ الی ۷ مطلوبیت فازی برای تمام مشخصه‌های فنی حاصل می‌شود.[۱۱و۱۲]

www.SID.ir

Archive of SID

رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی

در روش پیشنهادی ذکر شده، در فرایند تعیین مطلوبیت مشخصه‌های فنی، مطلوبیت‌ها به‌صورت فازی حاصل شدند. برای به دست آوردن یک اولویت‌بندی دقیق و قطعی از مشخصه‌های فنی لازم است مشخصه‌ی فنی را رتبه‌بندی کنیم. در اینجا برای رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی که مطلوبیت آنها به‌صورت فازی بیان شده است از روش غیرفازی کننده‌ی امتیاز تخصیص داده شده به چپ و راست اعداد فازی استفاده می‌کنیم.

با توجه به ساختار مسئله و مطلوبیت فازی مشخصه‌های فنی، مبنی بر این که هر چه عدد فازی مربوط به مطلوبیت مشخصه‌ی فنی به سمت راست متمایل‌تر شود بهینه و ارجح‌تر است، بهتر است از روشی برای امتیاز دهی و رتبه‌بندی برای اولویت‌بندی استفاده شود که به اعداد فازی که پای چپ و راست آنها به سمت راست متمایل‌ترند امتیاز بیشتری بدهد. همچنین برای اولویت بندی مشخصه‌های فنی در فرایند QFD، به یک نتیجه‌گیری دقیق برای رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی نیاز داریم؛ لذا باید روشی اتخاذ شود که یک نتیجه‌ی دقیق برای ما حاصل کند نه یک نتیجه فازی.[۱۱و۱۲]

با توجه به نتایج محاسبه شده و امتیاز کل برای هر مشخصه‌ی فنی می‌توان آنها را رتبه‌بندی کرد، بدین ترتیب که مشخصه‌های فنی با امتیاز کل بالاتر، ارجح‌تر و مشخصه فنی با کم‌ترین امتیاز کل، دارای کم‌ترین ارزش است.

نتیجه‌گیری

در هر محیط فازی می‌توان یک مسئله‌ی نظام ترجمان کیفی را مورد بررسی قرار داد و راه حل‌های متفاوتی را برای حل مسئله به‌کار گرفت تا بیشترین نزدیکی با نظر و خواسته‌ی مشتری، و نیز هدف مورد نظر تصمیم گیرنده یا (تصمیم گیرنده‌ها) حاصل شود.

به طور کلی از عمده‌ترین مزایا و نتایج حاصل شده از بررسی QFD در محیط فازی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. استفاده‌ی بیشتر از مفاهیم و اصطلاحات خود مشتریان؛

۲. مدل‌سازی بهتر و واقعی‌تر مسئله؛

۳. از بین رفتن حساسیت مسئله نسبت به مقیاس استفاده شده در ماتریس کیفیت برای تعریف سطح ارتباط بین خواسته‌ها و مشخصه‌های فنی و اهمیت خواسته‌ها.

پانوشت

1. quality function deployment
2. voice of the customer
3. function
4. mechanization
5. deployment
6. development

منابع

۱. حسینی‌آشتیانی، حمیدرضا. معرفی و تشریح QFD با تأکید به مراحل تکمیل خانه کیفیت، صنایع، سال پنجم ـ شماره ۴، (پاییز ۱۳۷۸).

2. Armacost, R., Componation, P., Mullens, M., Swart, w, "An AHP framework for prioritizing customer requirements in QFD: an industrialized housing application", *IIE Trans actions*, **26** (4), pp. 72- 79 (1994).

3. Ching-Liang Chang "Framework of a fuzzy quality function deployment system", *International Journal of Production Research*, **34** (2), pp.299-311 (1996).

4. Yeong-Hoang Lee "Fuzzy logic and optimization models for implementing QFD", *Computers & Industrial Engineering*, **32** (1-2), pp. 237-240-OCT (1998).

5. Besterfield. Dale H, Besterfield. Glen H, Besterfield. Mary, Upper Saddle River "Total quality management", second edition (1999).

۶. رضایی، کامران. QFD رویکردی مشتری مدار به طرح ریزی و بهبود کیفیت محصول، چاپ اول، شرکت آر و توف ایران، (۱۳۸۰).

۷. طاهری، سید محمود. آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی، چاپ دوم، جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد، (۱۳۷۸).

8. Gilchrist, W, "Ranking fuzzy numbers with integral valu", Fuzzy Sets and Systems, 50, pp.347-255 (1995).

9. Kwang-Jae Kim, Herbert Moskowits, "Theory and methodology fuzzy multicriteria models for quality function deployment", *European Journal of Operational Research*, 121, pp. 504-518 (2000).

10. So Young Sohn, In Su Cho, "Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration", Reliability Engineering and system safety, 72, pp. 327-334 (2001).

۱۱. ابراهیمی، سید مجید. توسعه نظام ترجمان کیفیت (QFD) و تجزیه و تحلیل خطا و اثرات آن (FMEA) در محیط فازی، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۸۱).

۱۲. جعفری، داود. نورالسنا، رسول. گسترش وظیفه‌ی کیفیت در محیط فازی، مجله علمی پژوهشی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، شماره‌ی ۵۷-د (۱۳۸۲).

www.SID.ir