مجله بین‌المللی علوم مهندسی، شماره ۴، جلد۱۷، پاییز ۱۳۸۵، صفحه ۱۱-۱
دانشگاه علم و صنعت ایران

ارائه روشی برای اولویت‌بندی مشخصه‌های مهندسی در ماتریس خانه کیفیت

غلامعلی رئیسی اردلی، سید رضا حجازی و کامبیز رادمان

چکیده: QFD یک ابزار توانمند، برای شنیدن صدای مشتری و ترجمه آن به مشخصه‌های فنی می‌باشد که می‌تواند سازمان را بصورت سیستماتیک در تعیین الزامات طراحی برای بسط محصول در راستای تحقق رضایت مشتری یاری دهد. اولین ماتریس QFD را خانه کیفیت می‌نامند که در این ماتریس تعیین اهمیت الزامات طراحی، یک عامل مهم و حیاتی برای توسعه محصول می‌باشد، زیرا باعث سوق دادن موفقیت آمیز محصولات با کیفیت بالا به سمت مشتریان، در کوتاهترین زمان ممکن می‌شود. در فرآیند QFD غالب اطلاعات در دسترس، به صورت ترم‌های زبانی می‌باشند که مبهم و نادقیقند، بنابراین در اکثر مواقع تشخیص و تعیین الزامات طراحی بصورت مقادیرکمی بسیار مشکل است.

در این مقاله علاوه بر کمی کردن ترم‌های زبانی با استفاده از مجموعه‌های فازی، رهیافت جدیدی با عنوان روش برتری‌دهی فازی (Fuzzy Outranking) برای رتبه‌بندی الزامات طراحی بکار گرفته شده است. همچنین با استفاده از این رهیافت، برای تعیین اولویت بین الزامات طراحی از ادغام تئوری امکان با تئوری مجموعه‌های فازی با توجه به ساختار سازمان استفاده شده و هر یک از الزامات بر این اساس سنجیده شده است.

واژه‌های کلیدی: Quality Function Deployment، تئوری مجموعه‌های فازی، FQFD، Outranking و تئوری امکان

۱. مقدمه

امروزه شرکت‌ها برای حفظ خود و رسوخ در بازار در این برهه از تجارت جهانی بیشتر از گذشته اهمیت و توجه به مشتری را سرلوحه کارهای خود قرار داده‌اند. محصولی که کارایی کمتری داشته باشد شرکت را به سوی از دست دادن مشتری و موقعیت تجاری سوق خواهد داد. بنابراین شرکت‌ها در صدد هستند که توجه و رضایت مشتریان را با تولید محصولات مناسب درکوتاه‌ترین زمان تولید برآورده نمایند.

الزامات طراحی بطور عمومی از طریق تیم طراحی و در هر مرحله از فرآیند طراحی محصول با توجه به خواسته‌های مشتری، اهداف استراتژیکی شرکت، قوانین دولتی و یا استانداردهای مشخص شده در این خصوص تعیین می‌گردند. تیم طراحی نیاز به ایجاد و یا بهبود طرح یک محصول در مراحل طراحی آن را دارد و بر این اساس الزامات طراحی را تعریف می‌کند.

"بسط وظایف کیفی[1]" یعنیQFD در سال ۱۹۷۲ در صنایع سنگین میتسوبیشی توسط آکائو[1] معرفی گردید. این ابزار بطور سیستماتیکی تیم مجری پروژه را در گسترش محصولی مطابق با نیازهای مشتری یاری می‌نماید، چرا که QFD را مترجمی برای شنیدن خواسته‌های مشتری[2] (VoC) و انتقال آن به تیم مهندسی می‌دانند. این ابزار در صنایع مختلف ژاپن و آمریکا بطور موفقیت‌آمیزی بکار گرفته شده است. تکنیک QFD با متدهایی نظیر سی ماتریسی، هجده ماتریسی و چهار ماتریسی و غیره در دنیا معرفی و شناخته شده است. در این بین متد چهار ماتریسی که انستیتوی تامین کنندگان آمریکا هم آنرا مورد تائید و استفاده قرار داده است به علل زیر مورد توجه بیشتر قرار گرفته است:

۱- رواج بیشتر نسبت به سایر دیدگاه‌های موجود در بین متخصصان و کاربران QFD

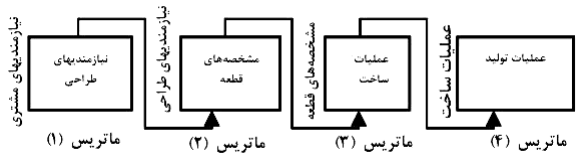
نسخه اصلی مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۶/۱۲ واصل، و پس از بازنگری‌های لازم، در تاریخ ۱۳۸۳/۳/۳۱ به تصویب نهایی رسیده است.

دکتر غلامعلی رئیسی اردلی، استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان، raissi@cc.iut.ac.ir
دکتر سیدرضا حجازی، استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان.
کامبیز رادمان، کارشناس ارشد مهندسی صنایع.

[1] Quality Function Deployment
[2] Voice of the Customer

Archive of SID
www.SID.ir

۲- سادگی یادگیری و خلاصه بودن نسبت به سایر رویکردها
۳- ارتباط منطقی و ساده مراحل مختلف با یکدیگر
۴- پوشش مراحل مهم تولید محصول با استفاده از چهار ماتریس
شکل ۱ روند روش چهار ماتریسی را نشان می‌دهد.



شکل۱. نمایش روند روش چهار ماتریس

اولین ماتریس این روش را "ماتریس خانه کیفیت" گویند. متخصصین QFD اذعان دارند که اگر این ماتریس به صورت کامل و جامع تکمیل گردد پروژه در همان گام اولیه خاتمه می‌یابد. بنا به اهمیت این ماتریس، هفت بخش آن به قرار زیر آورده شده است:
الف- نیازهای مشتریان
ب- ویژگی‌های محصول
ج- اهمیت نیازهای مشتری
د- ماتریس طرح‌ریزی
ه- ارتباط بین نیازهای مشتری و ویژگی‌های محصول
و- ماتریس همبستگی بین مشخصه‌های مهندسی
ز- اولویت‌ها و اهداف هر یک از مشخصه‌های مهندسی
تیم طراحی نیاز دارد که محصول را بر اساس الزامات طراحی بدست آمده از فرآیند QFD، ایجاد و یا بهبود بخشد و با توجه به این که تعیین همه الزامات طراحی برای گسترش محصول مقدور نیست و کامل شدن یک محصول (بطور نسبی) نیاز به زمان زیاد و هزینه بالا دارد، طراحان محصول نیاز دارند که بدانند چگونه از بین الزامات طراحی، الزامی را انتخاب کنند که در بالاترین سطح رضایت مشتری باشد.

از طرفی در هر مرحله طراحی اطلاعات حاصله مبهم و نادقیق هستند بطوری که تشخیص اهمیت خواسته‌های مشتری، روابط بین خواسته‌های مشتری و الزامات طراحی، هزینه‌های برآورده شده و ... بسیار مشکل است. اغلب رهیافت‌ها برای نمایش ورودی‌های QFD از مقادیر عددی ذهنی استفاده می‌کنند. برای مثال از مقیاس عددی ۹-۵-۱ به ترتیب قوی، متوسط و ضعیف برای ارتباط دهی بین خواسته‌های مشتری و الزامات طراحی استفاده شده است. اهمیت فنی هر الزام طراحی به عنوان مجموع وزنی روابط خواسته‌های مشتری محاسبه می‌گردد یعنی اهمیت نسبی برای هر خواسته مشتری به عنوان فاکتور وزنی محسوب شده است. برای سایر معیارها نیز چنین است.

در نهایت رتبه‌بندی الزامات طراحی بر اساس نظر تیم که بر پایه معیارهای مختلفی چون هزینه‌های برآورد شده، مشکلات فنی و .... تعیین شده‌اند.

در این مقاله QFD به عنوان یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره قلمداد شده و مدل رتبه‌بندی فازی برای برتری‌دهی الزامات طراحی بکار رفته در QFD پیشنهاد می‌شود. ورودی‌های QFD به صورت ترم‌های زبانی یا مجموعه‌های فازی نمایش داده شده است، بطوری که غالب اطلاعات در مورد محصول مبهم و نادقیق می‌باشد. رابطه نوین برتری‌دهی فازی روی تئوری امکان استوار شده و توانسته ابهام روابط برتری‌دهی بین الزامات طراحی را رفع نماید.

در ادامه این مقاله ضمن مرور بر کارهای انجام شده، مختصری از مفاهیم فازی بیان می‌گردد و سپس روش کمی نمودن مقادیر فازی و تشریح اطلاعات مبهم با مجموعه‌های فازی تشریح می‌شود. سپس رهیافت برتری‌دهی فازی برای رتبه‌بندی الزامات طراحی ارایه شده و نتیجه‌گیری در این مورد به عمل می‌آید.

۲. مروری بر کارهای انجام شده

طبق بررسی‌های به عمل آمده از مقالات مختلف که به نوعی به QFD و فازی مربوط می‌شوند، کنی و ریفا[2] ، برتری‌دهی الزامات طراحی را به صورت یک مساله تصمیم گیری چند معیاره مطرح نمودند. در هر مرحله طراحی به دلیل عدم وجود اطلاعات جامع طراحی و یا به خاطر وجود اطلاعات زیاد که عموماً ذهنی می‌باشند، اعضای تیم طراحی برای مقایسه نمودن الزامات طراحی دچار مشکل می‌گردند، زیرا مقایسه الزامات طراحی با توجه به دانسته‌های مبهم و نادقیق بسیار مشکل است.

روی[3] در طی مقاله‌ای استفاده از خصوصیات فازی را در تفسیر و توضیح این گونه دانسته‌ها پیشنهاد نمود و توانست تا حدودی الزامات طراحی را رتبه‌بندی کند.

آکائو[4] و به دنبال وی کلوزینگ[5] بر این نکته اذعان داشتند که غالب اطلاعات ورودی به QFD مبهم و نادقیق‌اند و اعضای تیم در تفسیر آن‌ها دچار مشکل هستند زیرا افراد تفسیرهای مختلفی را از عبارات و جملات برای خود دارند و اتفاق نظر در این موارد گاهی بسیار مشکل است.

پروفسور زاده[6] بیان داشت که ترم‌های زبانی می‌توانند توسط تئوری مجموعه فازی تفسیر و جمع‌بندی گردند. وی با انتشار مقالات مختلف در خصوص بهره‌گیری از تئوری امکان در تئوری مجموعه‌های فازی، مرزی را بین امکان و احتمال بنا نمود که سابقا وجود نداشت.

به نظر زو[7] و مسود[8] در رهیافت QFD اطلاعات غالبا مبهم و نادقیق بوده و بصورت مقادیر زبانی بیان می‌گردند، آن‌ها نیز علوم تصمیم‌گیری چند معیاره را توصیه کردند.

Archive of SID

www.SID.ir

قوت تأثیر مشخصه‌های مهندسی[3] (EC) روی نیازمندی‌های مشتریان[4] (CA) غالباً به صورت مقیاسی و به صورت ۵-۳-۱یا ۹-۳-۱ یا ۹-۵-۱ بیان می‌شود، که نشان دهندهٔ حالات زبانی همچون مثبت، منفی، یا بی‌اهمیت هستند، این مطلب در مقاله پارک [9] دیده شده است.

صدای مشتری در واقع زبانی و غیرفنی است و می‌بایستی به صورت کمی بسط داده شود، یعنی EC ها معمولاً توسط اعضای تیم طراحی به صورت ذهنی یا تجربی تعریف می‌شوند. برآورد اهداف EC ها بایستی روی قیودی چون رضایت مشتری، هزینه‌های بهبود یافته (محدودیت بودجه)، موقعیت بازار و مشکلات فنی و ... تعیین گردند، که رهیافت مرسوم فقط روی رضایت‌مندی مشتری تمرکز کرده است.

از کاربردهای جدی QFD یکی نمودن صدای مشتری با فازهای مختلفی از سیکل گسترش و تولید محصول، آن هم برای یک محصول جدید بوده که بواسطهٔ بررسی بازار و مصاحبه و فرضیات بدست آمده از خواسته‌های کیفی مشتری حاصل می‌شود (بوسرت[10]).

خو و هو[11]، برای بررسی روابط بین نیازمندی‌های مشتری، که به صورت کلامی یا به عبارتی کیفی مطرح است از رهیافت فازی استفاده نمودند. تراپی و همکاران[12]، از یک الگوریتم طبقه‌بندی شده خصوصیت کیفی، برای نسبت‌های CA ها استفاده کردند. ساتی[13]، استفاده از AHP را برای تعریف اهمیت نسبی CA ها پیشنهاد نمود. شیرلند و جس[14] با استفاده از آنالیز خصوصیت تطبیقی(CAA)، CA را اولویت‌بندی نمودند و با استفاده از این روش یک مدل برنامه‌ریزی با هدف غیرخطی بدست آمد که اولویت‌دهی را بهتر از AHP گسترش داد و با بیان اهمیت نسبی، لیستی از خصوصیات را برای کاربردهای QFD بیان نمود. در کل نتایج با آنچه که از AHP انتظار می‌رفت مطابقت داشت. با وجود این به علت محدودیت برنامه‌ریزی با هدف غیرخطی، این روش از سوی غالب محققین روشی مناسب معرفی نشد. زو[7]، رهیافتی را پیشنهاد کرد که تئوری مجموعه فازی را با برنامه‌ریزی ریاضی ترکیب می‌نمود. وی تأثیری که EC ها روی CA ها دارند (بسیار منفی و ... و بسیار مثبت) را توسط اعداد فازی مثلثی نشان داد و اهمیت هر یک از CAها را بوسیلهٔ یک مقدار حقیقی(کمی) به‌دست آورد، که می‌توان برای این منظور از روش AHP هم کمک گرفت در ضمن برای اولویت‌بندی EC ها روش FWA را پیشنهاد نمود. روش طبقه‌بندی بکار گرفته شده توسط زو[7] تکمیل کار چن[15] بود که با موفقیت نسبی روبرو شد. زو[16] روش اولویت‌بندی مشابهی را بر اساس رهیافت منطق فازی ارائه نمود، روش پیشنهادی او به صورت اگر ـ آنگاه بود. داوسون و آسکین[17]، استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی برای تعیین EC های بهینه را پیشنهاد کردند.

[3] Engineering Characteristics
[4] Customer Attribute

۳. رهیافت برتری‌دهی فازی برای رتبه‌بندی الزامات طراحی

سابقا رهیافت‌های برتری‌دهی فازی برای مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه شده‌اند که فقط بر ارزیابی مقادیر عددی محدود می‌شد (روی[3]، سیسکو[18] و برانز[19]). این بخش به معرفی یک رهیافت برتری‌دهی بر اساس تئوری امکان می‌پردازد. بطوری که با استفاده از مجموعه‌های فازی می‌توان ساختار روابط برتری‌دهی بین الزامات طراحی را مورد بررسی قرار داد.

۳-۱. تعیین عدد فازی نماینده

با توجه به نوع متغیرهای فازی و کاربرد آن‌ها در مساله تابع عضویت عدد فازی نماینده با تلفیق اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای بصورت زیر تعیین می‌شود.

اگر تیم QFD دارای t عضو باشد و لیستی از متغیرهای زبانی همانند جدول۱ ضمیمه تعیین گردد آنگاه عدد فازی ذوذنقه ای مربوط به هر ترم به صورت زیر بدست می‌آیند:

$$M_i^k = \left(e_k^i, m_k^i, n_k^i, r_k^i\right).....i = 1,2,3,...,t \qquad (۱)$$

k نشان دهندهٔ تعداد معیارهایی نظیر استهلاک ماشین آلات، اهمیت فنی محصول، هزینه‌های برآورده شده و ... است.

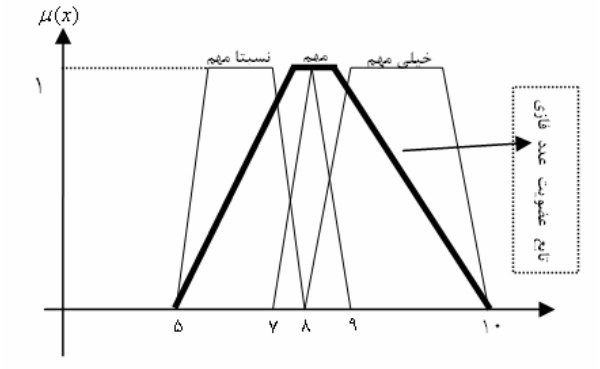
حال فرض کنید تیم QFD، t عضو داشته باشد. بنابراین برای هر یک از ورودی‌های ماتریس خانه کیفیت، t تا مجموعه از ترم‌های زبانی مطرح می‌گردد که هر یک با عدد فازی ذوزنقه‌ای همانند رابطه۱ نشان داده می‌شود و در جهت نیل به هدف پروژه بایستی عددی را انتخاب نمود که بتواند سایر اعداد هم گروهی خود را پوشش داده و با این قابلیت در عملیات‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد. اعداد حاصل از دو یا چند تابع عضویت مرتبط با هم، اعداد هم گروهی نامیده می‌شود. مانند تابع عضویت مقدار زبانی "مهم" در شکل۲ که با توابع عضویت مقادیر زبانی "نسبتاً مهم" و "خیلی مهم" هم‌گروه است. برای این منظور از قاعده زیر استفاده می‌شود:

$$\begin{aligned} m_k &= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} m_k^i \\ n_k &= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} n_k^i \\ e_k &= Min\left\{ e_k^i \right\}, i = 1,2,..., t \\ r_k &= Max\left\{ r_k^i \right\}, i = 1,2,..., t \end{aligned} \qquad (۲)$$

از معادلات ۲ عددی مانند $M_k = (e_k, m_k, n_k, r_k)$ حاصل می‌آید که یک عدد فازی ذوزنقه‌ای بوده و M_k عدد فازی نماینده نامیده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲. عدد فازی نماینده

برای متغیر زبانی مانند:"درب ماشین از بیرون راحت بسته شود"، خروجی تیم به صورت مجموعه‌ای از مقادیر زبانی زیر بود:

A= { " مهم و" خیلی مهم و " خیلی مهم و" مهم و" نسبتاً مهم و" نسبتاً مهم " }

حال می‌بایستی این مجموعه، به مقادیر عددی تبدیل گردد، برای این منظور به کمک تئوری مجموعه‌های فازی از عدد فازی ذوزنقه‌ای استفاده شده است.

برای هر آیتم مجموعه A عدد فازی مربوطه‌اش نوشته می‌شود(عدد فازی ذوزنقه‌ای آیتم i با M_i نشان داده شده است). چون ۶ عضو در تیم وجود داشت بنابراین در اینجا t=6 (تعداد اعضای تیمQFD) درنظر گرفته شده است:

M_1=(5,6,7,8) M_3=(7,8,8,9) M_5=(8,9,9,10)
M_2=(5,6,7,8) M_4=(8,9,9,10) M_6=(7,8,8,9)

همانطور که اشاره شد، اعداد فازی فوق از روی تابع عضویت مساله نوشته شده اند، مثلا M_1 مقدار زبانی اول یعنی «نسبتاً مهم» در نظر گرفته شده و از روی شکل۴ ضمیمه، تابع عضویت آن روی (۵,۷,۸,۹) قرار گرفته است و بقیه نیز به همین ترتیب نوشته شده-اند و سپس عدد فازی نماینده به‌صورت زیر محاسبه می‌گردید:

$$M = (Min\{5,5,7,8,8,7\}, \frac{6+6+8+9+9+8}{6}, \frac{7+7+8+9+9+8}{6}, Max\{8,8,9,10,10\})$$

$$\Rightarrow M = (5,7.7,8.3,10)$$

۳-۲. اندازه امکان و اندازه لزوم

در این قسمت اندازه‌های لزوم و اندازه‌های امکان برای رتبه‌بندی الزامات طراحی بکار گرفته می‌شوند. اگر T و V دو عدد فازی باشند، اندازهٔ امکان $T \geq V$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Poss(T \geq V) = \sup_{u:u \geq v} \{\min[\mu_T(u), \mu_V(v)]\} \qquad (۳)$$

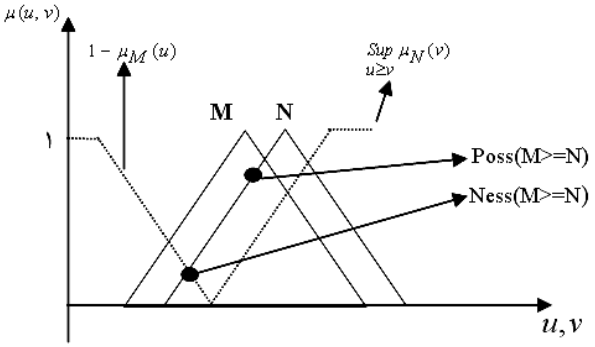
معادلهٔ ۳ بیان می‌داردکه امکان این قضیه که،" T بزرگتر یا مساوی V است"، وجود دارد. به عبارتی برآوردن حداکثر شانس رخ دادن $T \geq V$ را اندازهٔ امکان گویند.

بطور مشابه، اندازهٔ لزوم این که " T بزگتر یا مساوی V است" به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Ness(T \geq V) = \inf_{u:u \geq v} \{\max[1-\mu_T(u), \mu_V(v)]\} \qquad (۴)$$

معادله ۴ نیز بیان می‌دارد که لزوم این قضیه که" T بزرگتر یا مساوی V است"، وجود دارد.

حال اگر دو عدد فازی N,M در نظر گرفته شوند، اندازهٔ لزوم و اندازهٔ امکان را می‌توان به صورت شکل ۳ به‌دست آورد:



شکل۳. اندازه‌های لزوم و امکان

۳-۳. ساختار روابط برتری‌دهی فازی

بعد از تعریف مفاهیم اندازه امکان و اندازه لزوم، مشاهده شد که در هر مرحله از برنامه‌ریزی QFD اطلاعات طراحی، مبهم و نادقیق می‌باشند، مانند "لزوما r_i بهتر یا مساوی r_j است" که یک عبارت نادقیق است. سؤالی مطرح است که برای برتری‌دهی الزامات مهندسی چه باید کرد؟

برای جواب دهی به سوال فوق، همان‌طوری که قبلا اشاره شد رهیافت برتری‌دهی فازی به علت انعطاف‌پذیر بودن آن در به-کارگیری از تئوری مجموعه‌های فازی و تئوری امکان پیشنهاد شده است.

برای ایجاد رابطه برتری‌دهی فازی، از دو نسبت تطابق و نسبت عدم تطابق استفاده می‌شود، مثلاً می‌توان برای دو الزام طراحی r_i , r_j نسبت تطابق، فرضیهٔ "r_i حداقل به خوبی r_j است" را با قطعیت تعریف کرد ولی نسبت عدم تطابق، فرضیه‌ها را با شک مطرح می-نماید به طوری که "r_i حداقل به خوبی r_j نیست" این عبارت طبق نسبت عدم تطابق یک عبارت تردید دار است و به عبارت بهتر کمترین شانسی که الزام r_j می‌تواند بهتر ویا مساوی r_i باشد با درجه تردید r_i بهتر ویا مساوی r_j می‌باشد، برابری دارد. می‌توان نسبت تطابق را برای عبارت"r_i حداقل به خوبی r_j است" به صورت زیر در نظر گرفت، لازم به ذکر است که هر یک از این عبارات نسبت به معیارهایی مانند هزینه برآوردشده، مشکلات فنی، استهلاک ماشین آلات و ... بیان می‌گردند.

Archive of SID

www.SID.ir

θ را نرخ رجحان می‌نامند و نسبت تطابق جزئی$CR(r_i,r_j)$ به‌صورت زیر مشخص می‌شود:

$$CR(r_i, r_j) = \theta \times Poss(r_i \geq r_j) + (1-\theta) \times Ness(r_i \geq r_j) \quad (۵)$$

و $0 \leq \theta \leq 1$

نسبت عدم تطابق عبارت"r_i حداقل به‌خوبی r_j است" نیز به صورت زیر مطرح می‌گردد(این نسبت با نماد $DR(r_i,r_j)$ نشان داده شده است):

$$DR(r_i, r_j) = Ness(r_j \geq r_i) \quad (۶)$$

به عبارتی حداقل شانسی که الزام r_j بهتر از r_i می‌باشد، همان اندازهٔ لزوم است.

همانطور که دیده می‌شود اندازه‌های امکان و لزوم در تعاریف فوق گنجانده شده‌اند و بدین طریق اهمیت تئوری امکان ملموس‌تر گردیده است.

در تعاریف فوق مفهوم $Ness(r_i \geq r_j)$ یعنی، r_i حداقل به خوبی r_j است، پس در اینجا حداقل شانس سنجده می‌شود و برعکس مفهوم $Poss(r_i \geq r_j)$ یعنی: سنجیدن بهترین فرصت این که "r_i حداقل به خوبی r_j است" می‌باشد. از دیدگاه متخصصین و صاحب نظران فازی مفهوم $Ness(r_i \geq r_j)$ یک دید محافظه‌کارانه و مفهوم $Poss(r_i \geq r_j)$ یک نقطه نظر جسورانه است و عبارت "r_i حداقل بخوبی r_j است" بایستی مکانی مابین ارزش اندازهٔ امکان واندازهٔ لزوم داشته باشد.

در ادامه، همان‌طوری که در معادله ۵ بیان شد، θ نرخ رجحان نام دارد و برای ادغام و یکی نمودن نقطه نظرات تیم طراحی در مدل تصمیم‌گیری مد نظر قرار گرفته است و ترکیب خطی از این ترم‌ها که در اکثر اعداد فازی ذوزنقه‌ای آمده است، دارای خاصیت تحدب بوده و علت آن این است که با توجه به نوع مساله، توابع عضویت حاصل آمده بایستی زنجیروار به هم ربط داشته باشند.

از طرفی باید مقادیر مناسبی به θ اختصاص داده شود. برای این منظور از اعضای تیم QFD خواسته شد که نظر خود را در خصوص مقدار اختصاص یافته به θ اعلام دارند. در نظرسنجی تیمی این نتیجه بدست آمد که اگر دید اعضا در راستای خوش‌بینانه باشد ارزش θ را ۰/۵ و بیشتر از آن لحاظ کرده و در غیر این صورت ارزش آن کمتر از ۰/۵ در نظر گرفته شود.

چون در رتبه بندی الزامات طراحی، عوامل دیگری مانند: استهلاک ماشین آلات، اهمیت فنی محصول و ... دخیل شده‌اند، بایستی نسبت‌های تطابق بین الزامات طراحی را به نوعی با این عوامل ترکیب کرده تا نسبت تطابق کل حاصل آید. برای این منظور با توجه به ساختار سازمان و دغدغه مدیریت ارشد عواملی مانند آنچه مطرح شدند را لیست کرده و ازترکیب خطی زیر برای این منظور استفاده می‌شود:

$$GCR(r_i, r_j) = \sum_k w_k \times CR_k(r_i, r_j) \quad (۷)$$

GCR، نسبت تطابق کل است و w_k نماینده عوامل وزنی اهمیت نسبی فاکتورهایی چون اهمیت فنی محصول، برآورد هزینه‌ها، مشکلات فنی، استهلاک و ... می‌باشد. لازم به ذکر است که تیم جهت اخذ صحیح خواسته‌های مشتری می‌بایستی این معیارها را هم علاوه بر چیزهای دیگر مد نظر قرار دهد.

معادله۷ می‌تواند یکی از شاخص‌های مهم در نحوه تعیین رتبه‌بندی الزامات طراحی باشد، چرا که تمام آنچه را که می‌توانست باعث رضایت‌مندی و یا موافقت شود را در خود نهفته دارد.

بعد از انجام مراحل فوق نوبت معرفی تابعی است که بتواند وظیفه رتبه‌بندی را به انجام رساند. برای این منظور از بررسی مقالات و منابع متعدد توابع مختلفی حاصل آمد. اما روند کار به گونه‌ای بود که تنها رتبه بندی نمودن الزامات طراحی آن هم به صورت مولفه-های احتمالی مورد نظر نبوده و در رهیافت برتری‌دهی فازی پیشنهاد شده برای رتبه بندی الزامات طراحی از تئوری امکان استفاده شده است. پس با اعمال تغییراتی روی توابع به‌دست آمده از منابع مختلف ـ به ویژه رهیافت‌های "روی" و "سیسکو"- تابع زیر مناسب پروژه دیده شد:

$$L(r_i, r_j) = \begin{cases} GCR(r_i, r_j) & , \forall c_k \in C \mid GCR(r_i, r_j) \geq DR_k(r_i, r_j) \\ \Pi\left[1 - DR(r_i, r_j)^*_k\right] \times \dfrac{GCR(r_i, r_j)}{1 - GCR(r_i, r_j)} & \left\{\exists k^* \mid GCR(r_i, r_j) < DR(r_i, r_j)\right\} \end{cases} \quad (۸)$$

در معادله ۶ $L(r_i,r_j)$ را درجهٔ برتری‌دهی گویند (تابع‌نماینده).

در معادله فوق، اگر نسبت عدم تطابق یعنی $DR(r_i,r_j)=1$ آنگاه $L(r_i,r_j) =0$ به عبارتی r_i نسبت به r_j برتری ندارد. برای رسیدن به جواب مورد قبول بایستی شرط توقفی معرفی گردد. برای این منظور با تشکیل تیم QFD و هم فکری اعضای آن تیم، این نتیجه حاصل آمد که بهترین معیار، استفاده از تائیدیه تیم طراحی در خصوص صریح و بی‌نقص بودن اطلاعات خروجی آن تیم، به اعضای تیم QFD است. یعنی تیم طراحی ادعا کند که الزاماتی را که برای هر یک از خواسته‌های مشتریان بیان می‌دارد از صحت و قوت لازم برخوردارند.

بدین منظور برای توقف به معنی دست‌یابی به نتیجه مطلوب، معیار حدی مانند δ معرفی شد تا مقادیر بدست آمده از تابع نماینده را مورد ارزیابی قرار دهد. با توجه به خواص فازی و به‌کارگیری توابع فازی در تشکیل تابع نماینده، بایستی δ را بین ۰ و ۱ لحاظ نمود، چرا که مقادیر بدست آمده از تابع نماینده نیز بین ۰ و ۱ قرار دارند. پس δ به عنوان حد معیاری به صورت زیر تعریف می‌گردد:

اگر $\forall r_i, r_j \ldots\ldots L(r_i, r_j) \geq \delta$ آنگاه $r_i \, L \, r_j$

$$o \leq \delta \prec 1 \quad (۹)$$

δ یک حد آستانه است.

δ وجود رابطه برتری‌دهی بین r_i , r_j را تعیین می‌کند و از دیگر کاربردهای آن، به عنوان معیاری جهت تعیین درجه برتری‌دهی بین r_i , r_j می‌باشد. هرگاه درجه برتری‌دهی بین r_i و r_j از حد معیار

Archive of SID

www.SID.ir

بگذرد، آنگاه آن درجه مهم به نظر نرسیده و لزوما r_j برتر از r_i نخواهد بود.به طور عملی دیده شد که با تغییر مقدار حد معیار در رتبه‌بندی‌ها جابجایی صورت می‌گیرد.

در انتها ذکر این نکته ضروری است که باید برای روابط معرفی شده در بالا به صورت مجزا ماتریس‌هایی که نشان‌دهندهٔ رابطه بین $r_i, r_j \ (i \neq j)$ می‌باشند، به‌دست آورد.

۴-۳. الگوریتم روش پیشنهادی

برای سادگی در مرور رهیافت پیشنهادی، الگوریتم زیر ارائه می‌شود:

گام ۱- با توجه به مساله تصمیم‌گیری ترم‌های زبانی را در بازه‌ای که مناسب حال مساله باشد، مثلا از "بی اهمیت" تا "خیلی مهم" و .... لیست کنید.

گام ۲- شکل توابع عضویت مربوط به مساله تصمیم‌گیری را با توجه به ترم‌های بدست آمده از گام ۱ ترسیم کنید.

گام ۳- مقادیر زبانی هر یک از ترم‌های لیست شده در گام ۱ را با توجه به شکل تابع عضویت آن گام ۲، به صورت اعداد فازی بنویسید.

گام ۴- عدد نماینده هر یک از مجموعه مقادیر زبانی را از طریق معادلات ۴-۱ بدست آورید.

گام ۵- ماتریس اندازه امکان متغیرهای زبانی را نسبت به معیارهای مساله و از طریق معادله ۱ تشکیل دهید.

گام ۶- ماتریس اندازه لزوم متغیرهای زبانی را نسبت به معیارهای مساله و از طریق معادله ۲ تشکیل دهید.

گام ۷- ماتریس تطابق جزئی متغیرهای زبانی را نسبت به معیارهای مساله و از طریق معادله ۳ تشکیل دهید.

گام ۸- ماتریس عدم تطابق جزئی متغیرهای زبانی را نسبت به معیارهای مساله و از طریق معادله ۴ تشکیل دهید.

گام ۹- ماتریس تطابق کل متغیرهای زبانی را نسبت به معیارهای مساله و از طریق معادله ۵ تشکیل دهید.

گام۱۰- ماتریس رابطه برتری دهی فازی را از طریق معادله ۶ تشکیل دهید.

گام ۱۱- با تعیین مقدار مناسب برای حد معیار، مولفه‌های ماتریس گام۱۰ را از طریق معادله۷ محک زده تا رتبه‌بندی به صورت مناسب ایجاد شود.

۴. مطالعه موردی

در این پژوهش محصول مورد مطالعه کابین لودر است. لودر یکی از محصولات شرکت ماشین آلات صنعتی وابسته به شرکت تراکتورسازی ایران است. محصول مورد نظر با توجه به خواسته‌های مشتریان اشکالات زیادی دارد، مثلاً از لحاظ استوار نبودن و حرکت کردن کابین همراه با بیل به این سو و آن سو در حین عملیات، مناسب نبودن امکانات کابین برای راننده، شکنندگی ناخن‌های بیل عقب (بیل دکلی) و ... . متخصصین شرکت بر آن شدند که این اشکالات را به حداقل برسانند و برای این منظور استفاده از QFD به عنوان یک ابزار توانمند مطرح گردید.

۴-۱. روش انجام کار

با بررسی فرم‌های رسیدگی به شکایات مشتری و همچنین توزیع پرسشنامه در بین مشتریان گله مند، مشتریان جدید و پرسنل کارخانه نقطه نظرات آن‌ها در غالب دو نقطه نظر به قرار زیر مورد تحلیل قرار داده شد:

۴-۱-۱. آنچه مشتری می‌خواهد

از جمله اعتراضات عمدهٔ مشتریان، در مورد کابین بود. چون مشتریان بر این ادعا بودند که به علت کاربرد بکهو لودر در جاهای مختلف و با شرایط اقلیمی گوناگون، مثلاً در مورد درب آن مشکلاتی بدین صورت وجود دارد که در شیب‌های بیشتر از۳۰ درجه، خوب باز و بسته نمی‌شود، به همین خاطر در بارندگی راننده از چکه‌های باران‌که از لای درب واردکابین می‌شود در امان نیست، راننده باید از آلودگی‌های صوتی در امان باشد مثلاً از صدای موتور و ... . در نتیجه با هماهنگی مسئولین شرکت تصمیم بر این شد که متدلوژی فصل قبل در مورد کابین بکهو لودر بکار گرفته شود.

۴-۱-۲. نحوه جمع‌آوری اطلاعات

در ابتدا شکایات رسیده از سوی مشتریان مورد بررسی قرار گرفت و در ضمن یک سری سوالات در غالب تستی و تشریحی از گروهی از مشتریان پرسیده شد که این پرسش‌ها هم همراه با فرم‌های شکایات مد نظر قرار داده شدند. مجموعه‌ای از خواسته‌های مشتریان که از بررسی پرسشنامه‌ها و فرم‌های شکایت بدست آمده بودند به صورت زیر لیست گردیدند:

الف: درب از بیرون راحت بسته شود.

ب: درب خود به خود بسته نشود.

ج: از بیرون راحت باز شود.

د: لنگی نداشته باشد.

ه: در باران چکه ندهد.

و: صدای اطراف را به داخل انتقال ندهد.

بدین ترتیب مولفه‌های ورودی QFD (سمت چپ ماتریس خانه کیفیت) مشخص شدند نماد C_i برای این مولفه‌ها در نظر گرفته شد.($i = 1,2,3,4,5,6$)

۴-۱-۳. تعیین الزامات طراحی EC مربوط به CA

با بررسی خصوصیات مشتری، مشخصه‌های فنی مرتبط با هر یک از آن‌ها به قرار زیر لیست شده‌اند:

۱- انرژی لازم برای بستن درب

۲- بررسی نیروهای وارد شده بر درب از سوی زمین

Archive of SID

www.SID.ir

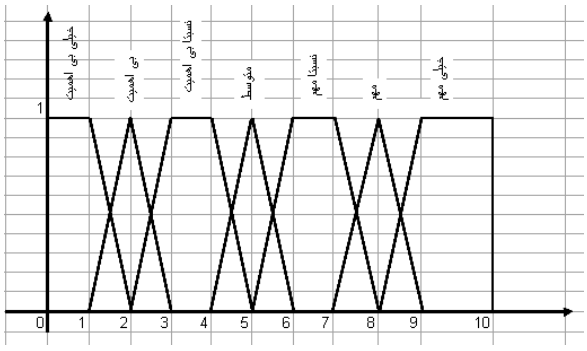
۳- بررسی نیروی وارد آمده در سراشیبی‌ها
۴- انرژی لازم برای باز کردن درب
۵- حداکثر نیروی لازم برای نگه داشتن درب
۶- استحکام درب
۷- عایق بودن
۸- میزان کاهش عبور صدا
۹- مقاومت در برابر چکه نمودن

برای راحتی مولفه‌های مربوط به الزامات طراحی با نماد r_j $(j=1,2,3,4,5,6,7,8,9)$ مشخص شده‌اند. این مولفه‌ها در واقع همان متغیرهای زبانی هستند.

لازم به توجه است که سه فاکتور برآورد هزینه‌ها، اهمیت فنی مولفه و مشکلات فنی از جمله موارد دغدغه‌آمیز شرکت محسوب می‌شدند که نسبت به سایر فاکتورها از اهمیت خاصی برای مدیریت برخوردار بودند. بدین ترتیب با هم فکری و مشارکت اعضای تیم، این سه فاکتور از بین سایر فاکتورهای موجود در شرکت برگزیده شدند.

۴-۱-۴. نحوه انتخاب توابع عضویت

عموماً اعداد فازی به دو گونه مثلثی و یا ذوزنقه‌ای بیان می‌شوند. عدد مثلثی نوع خاصی از عدد ذوزنقه‌ای است و در این پروژه از هر دو استفاده شده است. با مراجعه به منابعی که مجموعه اعداد فازی برای متغیرهای بیانی مطرح می‌کنند، اعداد فازی مانند شکل ۴ برای مسئله مورد نظر مناسب خواهد بود[17].



شکل۴. نمایش توابع عضویت هر یک از ترم‌های مورد نظر

بعد از تعیین اعداد فازی متناظر مقادیر بیانی اطلاعات مربوط به اهمیت نسبی بین CA ها و EC ها از افراد متخصص شرکت جمع‌آوری گردید.

اعضای تیم اهمیت نسبی خصوصیات مشتری را برای هر یک از۶ مولفه خصوصیات مشتری که در بالا آمده بود، مطرح نمود. مثلاً برای مولفه اول(متغیر زبانی اول) یعنی:" درب از بیرون راحت بسته شود"، خروجی تیم به صورت مجموعه‌ای از مقادیر زبانی زیر بود:

{ " مهم و" خیلی مهم و " مهم و" نسبتاً مهم و" نسبتاً مهم " } =A

اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از شکل ۴ به اعداد فازی تبدیل می‌شود. برای مثال برای "درب از بیرون راحت بسته شود" اعداد زیر بدست آمد.

$M_1=(5,6,7,8)$ $M_3=(7,8,8,9)$ $M_5=(8,9,9,10)$
$M_2=(5,6,7,8)$ $M_4=(8,9,9,10)$ $M_6=(7,8,8,9)$

عدد فازی نماینده با استفاده از روش قسمت ۳-۱ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$M = (Min\{5,5,7,8,8,7\}, \frac{6+6+8+9+9+8}{6}, \frac{7+7+8+9+9+8}{6}, Max\{8,8,9,10,10\})$$

$$\Rightarrow M = (5,7.7,8.3,10)$$

و به همین ترتیب عدد فازی نماینده ۵ آیتم بعدی خصوصیات مشتری محاسبه شدند و در کل در جدولی به صورت جدول۱ ضمیمه تعیین می‌شود.

ماتریس روابط بین مشخصات فنی و خصوصیات مشتری نیز بصورت جدول ۲ ضمیمه به‌دست می‌آید. این ماتریس برای محصول شرکت با توجه به آنچه از فرم‌های شکایات بدست آمده بود و به اتفاق نظر اعضای تیم به صورت زیر تهیه شد:

برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از مولفه‌های ماتریس فوق از خروجی نظریات بدست آمده از تحلیل‌های تیم QFD، مجددا مجموعه‌ای از مقادیر زبانی برای هر مولفه (متغیر زبانی) بدست آمده است که همانند بالا عمل نموده و برای هر آیتم آن مجموعه، عدد فازی ذوزنقه‌ای و پیرو آن عدد فازی نماینده (اهمیت نسبی) را محاسبه کرده و لیستی از عددهای فازی نماینده هر یک از آیتم‌ها به صورت جدول ۳ ضمیمه به‌دست می‌آید.

۴-۲. محاسبه فاکتورهای موثر

همانطوری که قبلاً اشاره شد در این پروژه از تئوری امکان و به دنبال آن اندازه امکان و اندازه لزوم استفاده شده است. پس در ابتدا نیاز است که مقادیر مناسبی برای اندازه‌های امکان و اندازه لزوم یافته شود.

با مشورت مدیریت ارشد، سه فاکتور دغدغه آمیز مدیریت یعنی: برآورد هزینه‌ها، اهمیت فنی محصول و مشکلات فنی برای اولویت‌دهی الزامات طراحی انتخاب گردید. سپس تیم متخصصین انتخابی مطابق گام ۱ الگوریتم، متغیرهای زبانی و مقادیر زبانی مربوط به آن‌ها را به صورت جدولی لیست نمود.

علاوه بر متغیرهای فوق، طبق خصوصیات خانه کیفیت، ستون‌های آن ماتریس که مشخصه‌های مهندسی هستند، نیز باید تکمیل گردند. برای این منظور آنچه از مشتریان بدست آمده بود را در اختیار تیم طراحی قرار داده و آن‌ها متغیرهای مربوط به هر یک را مطرح نمودند و پس از آن این مقادیر زبانی طی جدولی لیست گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

حال هر یک از مقادیر جداول فوق به صورت عدد فازی درآورده شده، مثلا برای متغیر زبانی "انرژی لازم برای بستن درب" نسبت به برآورد هزینه، خروجی به صورت مجموعه‌ای از۶ مقدار زبانی عدد فازی نماینده آن برابر با (۸ و ۵ و ۴/۵ و ۲) گردید.

بدین ترتیب نظرات اعضای تیم را در غالب نمودار توابع عضویت (مطابق گام ۲ الگوریتم) لحاظ کرده و شش مقدار زبانی به‌دست می‌آید و با استفاده از شکل ۱ اعداد فازی مربوط به هر مقدار زبانی را بدست آورده و مطابق با روش قسمت (۱-۳) عدد فازی نماینده محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از تعاریف اندازه‌های امکان و لزوم، ماتریس‌هایی تشکیل داده و نسبت به سه فاکتور دغدغه آمیز شرکت مولفه‌هایشان محاسبه گردیدند(جداول به صورت مجزا در پیوست موجودند).

اعضای تیم برای نرخ رجحان ارزش۰/۵ را در نظر گرفتند چرا که معتقدند دارای دید خوش بینانه‌ای هستند. در ضمن بایستی برای سه فاکتور مد نظر، وزن‌های مناسبی در نظر گرفته شود تا بدین طریق بتوان ارتباط‌های انطباقی مناسبی بین الزامات طراحی بدست آورد. پس با توجه به میزان اهمیت توافقی فاکتورها برای شرکت برای فاکتور برآوردن هزینه‌ها وزن۰/۵۰ و برای دو فاکتور دیگر وزن ۰/۲۵۰ انتخاب گردید.

با توجه به ماتریس روابط بین CA ها وEC ها، می‌توان اهمیت نسبی الزامات طراحی که که با نماد t_j $(j=1,2,3,4,5,6,7,8,9)$ نشان داده شده‌اند را به صورت زیر محاسبه کرد:

برای الزام اول (j=1): $t_1 = (S_1 \otimes d_{11})$

برای الزام دوم (j=2): $t_2 = (S_1 \otimes d_{12}) \oplus (S_4 \otimes d_{42})$

و به همین ترتیب برای (j=9): $t_9 = S_5 \otimes d_{59}$

برای تعیین اهمیت نسبی دو فاکتور دیگر موردنظر در شرکت نسبت به عوامل ۹ گانه مشخصه‌های فنی محصول، با تشریک مساعی تیمی جدول ۴ ضمیمه استخراج گردیده است.

با توجه به جدول ۴، هریک از مولفه‌های ۹ گانه مشخصه فنی را با برآورد هزینه و مشکلات محصول مقایسه کرده و برای هر یک از آن مولفه‌ها از تیم نظرسنجی گردید.

مثلا برای مولفه اول یعنی: "انرژی لازم برای بستن درب"، خروجی اعضای تیم مجموعه‌ای متشکل از ۶ مقدار زبانی بود، که با استفاده از شکل۱، مجددا برای هر آیتم این مجموعه عدد فازی مربوطه به‌دست آمد و در نهایت با بکار گیری معادلات ۲ اعداد فازی نماینده هر آیتم بدست آمدند. این اعداد به تفکیک هر مولفه در جدول ۵ ضمیمه ارائه شده است.

برای تعیین اندازه‌های لزوم و امکان بین الزامات طراحی، بر اساس معادلات ۶ و ۷ فصل سوم عمل شده است. برای این منظور ماتریسی که سطرهایش الزامات r_i و ستون‌هایش الزامات r_j باشد تشکیل گردید.

در این ماتریس هر مولفه را در جهت این که "r_i حداقل به خوبی r_j است" تنظیم نموده و هر مولفه ماتریس امکان با نام pm_{ij}^k و هر مولفه ماتریس لزوم با نام nm_{ij}^k مشخص شدند که در آن k=1,2,3 (یعنی اندیس سه فاکتور اهمیت فنی و برآورد هزینه و مشکلات فنی).

به عبارتی اندازهٔ امکان و اندازه لزوم اهمیت فنی، تخمین هزینه‌ها و مشکلات فنی الزامات طراحی "r_i بهتر و یا مساوی r_j" می‌باشد، به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$Pm_{ij}^k = Poss_k(r_i \geq r_j)\, j \;\&\; nm_{ij}^k = Ness_k(r_i \geq r_j)$$

مثلا برای مولفه (1,2) اهمیت فنی الزامات طراحی r_2 و r_1 عبارت است از:

$$Pm_{12}^1 = Poss_1(r_1 \geq r_2) = Sup\left\{\min\left(\mu_{r_1}(v), \mu_{r_2}(u)\right)\right\}$$

$$nm_{12}^1 = Ness_1(r_1 \geq r_2) = \inf\left\{Max\left(\mu_{r_1}(v), \mu_{r_2}(u)\right)\right\}$$

می‌توان چنین ادعا کرد که $Poss(r_1 \geq r_2)$ همان قطع دو تابع عضویت مربوط به r_1 و r_2 است.

مثلا اگر اعداد نماینده فازی دو الزام طراحی $r_2 = (28,67.08,76.28,154), r_1 = (35,65.45,74.70,100)$ باشند توابع عضویت مربوط به آن‌ها به صورت زیر به‌دست می‌آید (نحوه بدست آوردن تابع عضویت در پیوست آمده است):

$$\mu_{r_1}(u) = \begin{cases} \dfrac{u-35}{30.45} & ,35 < u < 65.45 \\ 1 & ,65.45 \leq u < 74.7 \\ \dfrac{100-u}{25.3} & ,74.7 \leq u < 100 \\ 0 & ,o.w. \end{cases}$$

$$\mu_{r_2}(v) = \begin{cases} \dfrac{v-28}{39.08} & ,28 < v < 67.08 \\ 1 & ,67.08 \leq v < 76.28 \\ \dfrac{154-v}{77.72} & ,76.28 \leq v < 154 \\ 0 & ,o.w \end{cases}$$

بعد از به‌دست آوردن توابع عضویت فوق، از قطع دادن این توابع با هم نتایج بصورت جدول ۶ ضمیمه به‌دست می‌آید. از بین اعداد حاصل شده مینیمم گرفته شده (آنچه در آخرین ستون آورده شده است) و از ستون مینیمم، سوپریمم‌گیری شده که مقدار ۰/۹۵ برای اندازه امکان دو الزام فوق (مولفه (۲و۱)) حاصل شده است. به طور مشابه برای مولفه (۲و۱) اندازه لزوم، ماتریس اهمیت فنی محصول ۰/۳۹ بدست می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

به همین منوال اندازه‌های امکان و لزوم، ماتریس برآورد هزینه و اهمیت مشکلات محصول برای الزامات پروژه بدست می‌آید (تمامی این ماتریس‌ها در پیوست این تحقیق آمده است).

همان‌طوری که قبلا اشاره شد با نگرش خوش‌بینانه به مساله θ برابر ۰/۵ در نظر گرفته شده است و برای هر یک از عوامل سه گانه (اهمیت فنی W_1، بر آورد هزینه W_2 و مشکلات فنی W_3) وزنی منظور شد تا بدین ترتیب ماتریس‌های تطابق منفرد برای هر یک از آن‌ها محاسبه گردد. مولفه ماتریس تطابق جزئی cr_{ij}^k (k=1,2,3) نام‌گذاری گردید (طبق نظر مدیریت ارشد و اعضای تیم FD، W_1=0.5,W_2=0.25,W_3=0.25 لحاظ شدند).

حال طبق فرمول ۸ فصل سوم، مثلاً برای مولفهٔ (۱,۲)، عامل اهمیت فنی ماتریس تطابق بین الزامات r_2 و r_1 به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$cr_{12}^1 = 0.5 * pm_{12}^1 + 0.5 * nm_{12}^1 = 0.5 * 0.95 + 0.5 * 0.39 = 0.67$$

به همین ترتیب سایر مولفه‌ها هم محاسبه می‌گردند. در نهایت ماتریس‌هایی برای عوامل سه گانه حاصل می‌شوند.

بعد از تعیین این ماتریس‌ها برای بدست آوردن نسبت انطباق کلی به روش زیر عمل می‌گردد:

برای مولفهٔ (۲و۱):
$$gcr_{12} = \sum_{k=1}^{3} w_k . GCR(r1, r2)$$
$$gcr_{12} = 0.54$$

بقیه مولفه‌ها هم به صورت فوق بدست می‌آیند.

برای تعیین درجهٔ برتری‌دهی بین r_j و r_i می‌بایستی ماتریس نسبت عدم تطابق‌ها هم بدست آید.

برای این منظور ماتریسی با مولفه‌های به نام dr_{hj}^k به صورت زیر حاصل می‌گردد: (k=1,2,3)

برای‌مولفهٔ(۲و۱): $dr_{12}^1 = DR_1(r_1, r_2) = Ness_1(r_2 \geq r_1) = 0.65$

و بدین منوال ماتریس‌های نسبت عدم تطابق نسبت به سه عامل مساله بدست می‌آید.

با استفاده از ماتریس‌های نسبت تطابق و عدم تطابق، ماتریسی برای$L(r_i,r_j)$ محاسبه می‌گردد و مولفه‌هایش با Sr_{hj} مشخص می‌گردند. مثلا برای مولفه (۲و۱):

$$sr_{12} = (1 - dr_3(r_1, r_2)) * \frac{GCR(r_1, r_2)}{1 - GCR(r_1, r_2)} = 0.54$$

با نگرش خوش بینانه یعنی $\theta = 0.5, \delta = 0.8$، یک ساختار برتر از الزامات طراحی به صورت زیر ایجاد می‌گردد:

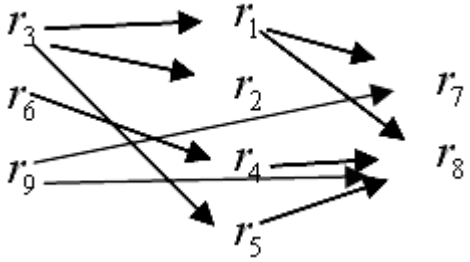
$H_1 = \{r_3, r_6, r_9\}$
$H_2 = \{r_1, r_2, r_4, r_5\}$
$H_3 = \{r_7, r_8\}$

ترتیب‌های فوق با اعمال حد آستانه ۰/۸بر روی ماتریس حاصل آمده از تابع نماینده، به شکل ارتباطات زیر بدست آمده‌اند:

$r_3 Lr_1, r_3 Lr_2, r_3 Lr_5$
$r_1 Lr_8, r_1 Lr_7$
$r_5 Lr_7, r_5 Lr_8$
$r_6 Lr_1, r_6 Lr_4, r_6 Lr_7, r_6 Lr_8$
$r_9 Lr_7, r_9 Lr_8$
$r_4 Lr_8$

و بدین‌ترتیب می‌توان گراف ساده‌ای از نحوه ارتباطات فوق را رسم کرد:

شکل ۵ بیان می‌دارد که الزامات ۳، ۶ و۹ از اهمیت بالاتری نسبت به بقیه برخوردارند و نقش بارزی را در گسترش محصول بازی می‌کنند. به همین منوال، الزامات ۲،۱، ۴ و ۵ هم از دو الزام دیگر برتر می‌باشند.



شکل۵. گراف نحوه ارتباطات برای مثال فوق

لازم به ذکر است که با تغییر مقادیر θ, δ تغییراتی در این اولویت-بندی ایجاد خواهد شد، که برای مثال برای حد معیار ۰/۹ با نرخ رجحان ۰/۵ ترتیب زیر بدست می‌آمد:

$H1 = \{r_2, r_3, r_6, r_9\}$
$H2 = \{r_1, r_4, r_5\}$
$H3 = \{r_7, r_8\}$

همان طوری که دیده می‌شود با نرخ رجحان ثابت و تغییر ۰/۱ حد معیار از ۰/۸ به ۰/۹، ترتیب اولویت‌بندی الزامات تغییر می‌نماید و الزامات ۲، ۳، ۶ و ۹ از اهمیت بالاتری نسبت به سایر الزامات برخوردار می‌گردند.

برای بالا رفتن اطمینان از انتخاب حد معیار مناسب، می‌توان روی اطمینان تیم طراحی از اطلاعاتی که در دسترس تیم QFD قرار داده‌اند، حساب نمود.

۵. نتیجه‌گیری

در رهیافت پیشنهادی اطلاعاتی که از مشتری گرفته می‌شود مقادیر بیانی در نظر گرفته شده است ضمن اینکه این رهیافت نسبت به رهیافت‌های مشابه آن به علت کم بودن تعداد محدودیت در مساله، اعمال یک حد معیار ساده‌تر، انجام محاسبات حتی به صورت دستی در زمان کمتر، استفاده از تئوری امکان به ویژه اندازه لزوم و اندازه امکان مزیت دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

مراجع

[1] Akao Y., *"QFD: Past, Present, and Future"*, International Symposium on QFD, 1997.

[2] Keeney R. L., Raiffa H., *"Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs"*, New York, 1976.

[3] Roy B., *Partial Preference Analysis and Decision Aid: the Fuzzy Outranking Relation Concept*, Conflicting Objectives in Decisions, New York: Chichester, 1977.

[4] Akao, Y., *An Introduction to Quality Function Deployment*, 1990.

[5] Clausing D., *Total Quality Development*, NY: ASME Press, 1994.

[6] Zadeh L. A., *"The Concept of a Linguistic Variable and its application to approximate"*, IS 8:199-249, Part II IS 8:301-357; Part III, IS 9: 43-80, 1975.

[7] Zhou M., *"Fuzzy logic based models for quality planning and improvement"*, ASME Conference: Intelligent Engineering Systems through Arti® cial Neural Networks, 7, 311-316; 1998.

[8] Masud A. S. M. and Dean E.B., *"Using Fuzzy Sets in Quality Function Deployment"*, Proceedings of the 2nd Industrial Engineering Research Conference, pp. 270-274, 1993.

[9] Park T. and KIM K. J., *"Determination of an optimal set of design requirements using house of quality"*, Journal of Operations Management, 16, 569-581, 1998.

[10] Bossert J., *Quality Function Deployment a Practitioners Approach*, Milwaukee, WI: ASQC Press/Marcel Dekker, 1991.

[11] Khoo L. P. and HO N. C., *"Framework of a Fuzzy Quality Function Deployment System"*, International Journal of Production Research, 34, 299-311, 1996.

[12] Trappey C. V., Trappey A. J. C. and Hwang, S. J. *"A Computerized Quality Function Deployment Approach for Retail Services"*, Computers and Industrial Engineering, 30, 611-622, 1996.

[13] Saaty T. L., *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytical Hierarchy Process*, Pittsburgh, USA: RWS Publications, 1994.

[14] Shirland L. E., and Jesse R. R., *"Prioritizing customer requirements using goal programming"*, ASQC's 51st Annual Quality Congress Proceedings, pp. 297- 308, 1997.

[15] Chen S. J. and Hwang C. L., *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1992.

[16] Zhou M., *"Fuzzy logic based for quality Planning and improvement"*, ASME Conference: Intelligent Engineering Systems Through Artifcial Neural Networks, 7,311-316, 1999.

[17] Dawson D. and Askin R.G., *"Optimal New Product Design Using Quality Function Deployment with Empirical Value Functions"*, Quality and Reliability Engineering International, 15, 17- 32, 1999.

[18] Sisko J. L., Lochard J., Lombard J., *"A Multicriteria Decision Making Methodology Under Fuzziness: Application to the Evaluation of Radiological Protection in Nuclear Power Plants"*, TIMS/Studies in the management sciences, edited by H. J. Zimmermann (Amsterdam: North – Holland), pp. 261 – 283, 1984.

[19] Brans J. P., Mareshal B., Vincke PH., *Promethee: A new Family of Outranking Methodes in Multicriteria Analysis*, Operational Research, 84, pp. 477 – 490, 1984.

پیوست

جدول۱. اعداد فازی نماینده اهمیت مشخصات طراحی در خصوصیات مشتری

خصوصیات مشتری (Ci)	اهمیت نسبی هر یک از Ci ها (Si)
۱- درب از بیرون راحت بسته شود	(۵,۷/۷,۸/۳,۱۰)
۲- درب خود به خود بسته نشود	(۵,۴/۸,۶/۲,۹)
۳- درب از بیرون راحت باز شود	(۱,۳/۵,۴,۶)
۴- درب لنگی نداشته باشد	(۲,۴/۲,۴/.۸,۸)
۵- در باران چکه نکند	(۱,۲/۷,۳/۳,۵)
۶- صدای اطراف راانتقال ندهد	(۰و۱,۱/۵,۳)

جدول۲. ماتریس روابط بین مشخصات فنی و خصوصیات مشتری

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1	✓					
R2		✓		✓		
R3		✓		✓		
R4			✓	✓		
R5	✓					
R6	✓		✓	✓	✓	✓
R7						✓
R8						✓
R9					✓	

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳. عدد فازی نماینده اهمیت نسبی

dij	اهمیت نسبی	dij	اهمیت نسبی
(۱,۱)	(۷،۸/۵,۹,۱۰)	(۴,۳)	(۲,۳/۷,۴/۳,۶)
(۱,۵)	(۵,۷/۵,۸,۱۰)	(۴,۴)	(۲,۴,۴/۵,۶)
(۱,۶)	(۱,۳,۳/۵,۶)	(۴,۶)	(۱,۲/۸,۳/۶،۲)
(۲,۲)	(۵,۷/۸,۸/۲,۱۰)	(۵,۶)	(۵,۷/۵,۸,۱۰)
(۲,۳)	(۷,۸/۵,۹,۱۰)	(۵,۹)	(۷,۸/۵,۹,۱۰)
(۳,۴)	(۷,۸/۷,۹/۳,۱۰)	(۶,۶)	(۴,۵/۸,۶/۲,۹)
(۳,۶)	(۴,۵/۵ ،۶,۸)	(۶,۷)	(۴,۶/۲,۶/۸,۹)
(۴,۲)	(۴,۵/۲,۵/۳,۸)	(۶,۸)	(۷,۸/۷,۹/۳,۱۰)

مولفه (i,j) با d_{ij} نشان داده می‌شود.

جدول۴. مقیاس زبانی برای برآورد هزینه و مشکلات فنی

مقیاس زبانی برایبرآورد هزینه	مقیاس زبانی برای‌مشکلات فنی
خیلی گران	خیلی مشکل
گران	مشکل
نسبتا گران	نسبتا مشکل
متوسط	متوسط
نسبتا قابل قبول	نسبتا آسان
قابل قبول	آسان
خیلی قابل قبول	خیلی آسان

جدول۵. اعداد نماینده اهمیت نسبی مشخصات فنی نسبت به براورد هزینه و مشکلات فنی

شماره مولفه	اهمیت نسبی برآورد هزینه	اهمیت نسبی مشکلات فنی
۱	(۲،۴/۵,۵,۸)	(۲,۴/۳,۴/۷,۶)
۲	(۵,۷/۸,۸/۲,۱۰)	(۱,۲/۲,۲/۳,۵)
۳	(۵,۷/۸,۸/۲,۱۰)	(۵,۸,۸/۵،۱۰)
۴	(۰,۱/۵,۲,۵)	(۷,۸/۷,۹/۳,۱۰)
۵	(۴,۵/۳,۵/۷,۸)	(۲,۴/۷,۵/۳,۸)
۶	(۱,۳/۷,۴/۳,۸)	(۷,۸/۵,۹,۱۰)
۷	(۱,۲/۷ ،۲/۸,۶)	(۱,۳/۸,۴/۲,۶)
۸	(۰,/۷ ،۱/۳,۳)	(۲,۳/۷ ،۴/۳,۶)
۹	(۷,۸/۷,۹/۳,۱۰)	(۴,۶/۵,۷,۹)

جدول۶. اندازه‌های لزوم و امکان بین الزامات طراحی

مقادیر بدست آمده در بازه‌های مساوی				مینیموم
	r_2		r_1	
36	0.032841	36	0.204708	0.032841
37	0.065681	37	0.230297	0.065681
38	0.098522	38	0.255885	0.098522
39	0.131363	39	0.281474	0.131363
40	0.164204	40	0.307062	0.164204
41	0.197044	41	0.332651	0.197044
42	0.229885	42	0.35824	0.229885
43	0.262726	43	0.383828	0.262726
44	0.295567	44	0.409417	0.295567
45	0.328407	45	0.435005	0.328407
46	0.361248	46	0.460594	0.361248
47	0.394089	47	0.486182	0.394089
48	0.426929	48	0.511771	0.426929
49	0.45977	49	0.537359	0.45977
50	0.492611	50	0.562948	0.492611
51	0.525452	51	0.588536	0.525452
52	0.558292	52	0.614125	0.558292
53	0.591133	53	0.639713	0.591133
54	0.623974	54	0.665302	0.623974
55	0.656814	55	0.69089	0.656814
56	0.689655	56	0.716479	0.689655
57	0.722496	57	0.742068	0.722496
58	0.755337	58	0.767656	0.755337
59	0.788177	59	0.793245	0.788177
60	0.821018	60	0.818833	0.818833
61	0.853859	61	0.844422	0.844422
62	0.8867	62	0.87001	0.87001
63	0.91954	63	0.895599	0.895599
64	0.952381	64	0.921187	0.921187
76	0.94862	76	1.0036	0.94862
77	0.90909	77	0.99074	0.90909
78	0.86957	78	0.97787	0.86957
79	0.83004	79	0.965	0.83004
80	0.79051	80	0.95214	0.79051
81	0.75099	81	0.93927	0.75099
82	0.71146	82	0.9264	0.71146
83	0.67194	83	0.91354	0.67194
84	0.63241	84	0.90067	0.63241
85	0.59289	85	0.8878	0.59289
86	0.55336	86	0.87494	0.55336
87	0.51383	87	0.86207	0.51383
88	0.47431	88	0.8492	0.47431
89	0.43478	89	0.83634	0.43478
90	0.39526	90	0.82347	0.39526
91	0.35573	91	0.8106	0.35573
92	0.31621	92	0.79774	0.31621
93	0.27668	93	0.78487	0.27668
94	0.23715	94	0.772	0.23715
95	0.19763	95	0.75914	0.19763
96	0.1581	96	0.74627	0.1581
97	0.11858	97	0.7334	0.11858
98	0.07905	98	0.72054	0.07905
99	0.03953	99	0.70767	0.03953

Archive of SID

www.SID.ir