گستـــــرش وظیـــفه کیـفیت در محیط فازی

رســـول نـــورالسنـاء
دانشیار

داود جعفـــری
دانشجوی کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم وصنعت ایران

چکیده

امـروزه کیفیـت یکـی از عوامـل مهم در یک محصول /خدمت بشمار می‌آیدکه ارتباط مستقیم با میزان رضایت مشتری داشته و دارد، لـذا بـنگاهها و تولـید کنندگان سعی در ارتقاء کیفیت محصولات و خدمات خود دارند تا از این طریق سطح رضایت مشتریان خـود را ارتقـا، بخشـند. در ایـن راستا دیدگاههای گوناگونی مطرح و توسعه داده شده است. یکی از این دیدگاهها گسترش وظیفه کیفیـت QFD مـی‌باشـد کـه در صـنایع جهانی به طور گسترده معرفی و به کار برده می‌شود. در این دیدگاه نظرات و نیازمندیهای مشـتریان دریافـت و بـا اسـتفاده از ابزارهای گوناگون آنها را به نیازمندیهای تولید و عملیات تبدیل می کند. از انجائیکه نیازمندیها و خواسـته‌های مشتری غالبا" بصورت نادقیق و نامعلوم بیان شده‌اند در این مقاله سعی می گردد که فرایندQFD در محیط فازی توسعه داده و راهکاری مفید در این محیط (فازی) برای پیشبرد اهداف QFD ارائه شود.

کلمات کلیدی

گسترش وظیفه کیفیت، تصمیم گیری چند معیاره، تئوری فازی، منطق فازی، صدای مشتری

Quality Function Deployment in Fuzzy Environment

R. Noorossana
Associate Professor
Industrial Engineering Department
Iran University of Science and Technology

D. Jafari
Graduate Student
Industrial Engineering Department
Iran University of Science and Technology

Abstract

Quality is an important aspect of a product or service that directly affects the customer satisfaction level. This is why organizations are after different methods and tools that can help them to improve the quality of products or services they offer to their customers. Quality function deployment (QFD) is a cross-functional planning tool that translates the customers' needs into detailed requirements at each stage of product development and product cycle. The basic idea of QFD is to translate the desire of the customer into design or engineering characteristics of a product and, subsequently, into the parts characteristics, the process plans, and the production requirements associated with the manufacturing of product. This paper discusses the use of fuzzy methodology to model the needs of the customers when they state their needs in fuzzy terminology. An example is provided which illustrates the application of the proposed method.

Keywords

Quality function deployment, Voice of the customer, Fuzzy logic, House of quality, Fuzzy set theory.

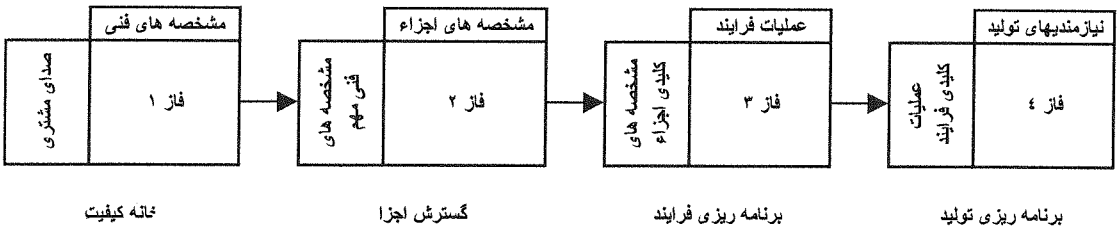
مقدمه

گسترش وظیفه کیفیت روشی است برای طراحی نظرات مشتری در محصول که این خود نیازمند ایجاد تغییراتی در مراحل مختلف فرایند تولید و برنامه‌های نظارتی آن می‌باشد. به عبارت دیگر در این روش سعی برآن است که محصول/خدمت فقط بر اساس نظر مهندسان تولید نگردد[۲]. در این دیدگاه (QFD) طی یک فرایند سیستماتیک با اعتقاد کامل به ارضای نیازها و خواسته‌های مشتری اقدام به جمع آوری خواسته‌ها که اصطلاحا" صدای مشتری۲ نامیده می‌شود کرده و این خواسته‌ها را به مشخصات کیفی تبدیل و ترجمه می‌کند و سپس طی سلسله عملیات محاسباتی ماتریس پارامترهایی که در دستیابی به آن خواسته‌ها مهم‌تر می‌باشند را برجسته و با استفاده از این پارامترها، نیازمندیهای عملیاتی و فرایند دستیابی دقیق به آن خواسته‌ها را طراحی می‌کند و این یعنی ارتقاء کیفیت [۱۶].

مفاهیم اولیه دیدگاه گسترش وظیفه کیفیت در سال ۱۹۶۶ در ژاپن توسط یوجی اکائو از دانشگاه تاماگاوای ژاپن به صنایع تولیدی و خدماتی ارائه و به طور مقدماتی و ابتدائی در کارخانه بریجستون پیاده شد. گسترش و رشد مفاهیم نظریQFD و استقرار عملی آن در صنایع ژاپن ادامه یافت و در سال ۱۹۸۰ با اعطای جایزه دمینگ به شرکت کایابا به خاطر استفاده مناسب از روش QFD به اوج خود رسید. QFD با آموزش تعدادی از مدیران تضمین کیفیت شرکت‌های امریکایی توسط اکائو در ۱۹۸۶ به صنایع امریکا نیز راه پیدا کرد. [۲].

این یک واقعیت است که امروزه بیش از صدها شرکت تولید کننده وسایل الکترونیکی، اسباب بازی، پوشاک و غیره از QFD در صنایع خود استفاده می‌کنند .[۵]

QFD به گونه‌های مختلفی ارائه گردیده است که معروفترین این مدلها روش چهار ماتریسی است که به ASI نیز خوانده می‌شود و این مدل همانگونه که از اسم آن پیداست شامل چهار ماتریس می‌باشد. شکل (۱) ماتریسهای مدل چهار ماتریسی را نشان می‌دهد.



شکل (۱) مراحل مختلف مدل چهار ماتریسی.

به طور خلاصه این چهار مرحله عبارتند از. [۱۳]

فاز ۱ـ برنامه‌ریزی محصول (خانه کیفیت ـ HOQ)

در این مرحله به شناسایی خواسته‌های مشتری (WHAT's) شناسائی و تبدیل این خواسته‌ها به مشخصه‌های فنی (HOW's) که تحت عنوان معیارهای عملکرد سیستم معرفی می‌شوند، پرداخته می‌شود.

فاز ۲ ـ گسترش اجزاء.

در این مرحله مشخصه‌های فنی کلیدی(WHAT's) که از مرحله قبل تعیین شده به مشخصه اجزا (HOW's) تبدیل می‌شوند.

فاز ۳ ـ برنامه‌ریزی فرآیند

در این فاز مشخصه‌های کلیدی اجزا (WHAT's) که از مرحله قبل تعیین شده به فرآیندهای تولید (HOW's) تبدیل می‌شود.

فاز ۴ ـ برنامه‌ریزی تولید

در این فاز فرآیندهای کلیدی تولید (WHAT's) که از مرحله قبل تعیین شده به پارامترها و نیازمندیهای تولید (HOW's) تبدیل می‌شوند.

در تمام مراحل فوق از ماتریسهایی استفاده می‌شود که در اغلب مراحل مشابه به هم می‌باشند. لذا در اینجا به طور مختصر

خانـه کیفیـت را تشـریح مـی‌کنـیم کـه از جـامع‌ترین مراحل است تشریح می‌گردد و مراحل بعدی نیز تقریبا شبیه این مرحله می‌باشد.

۲ـ خانه کیفیت (HOQ) و تکنیک محاسباتی آن در شرایط قطعی

اولین مرحله در روش چهار مرحله‌ای QFD، برنامه‌ریزی محصول است که پایه و اساس QFD را تشکیل می‌دهد. ابزاری که بـرای ایـنکار اسـتفاده مـی‌شـود اصـطلاحاً خانه کیفیت نامیده می‌شود که خود از تکنیکهای متفاوتی نظیر الگو برداری، نمودار خویشاوندی، نمودار درختی و غیره کمک می‌گردد.

یک خانه کیفیت دارای قسمت‌های مختلفی است که طی مراحل زیر می‌توان آن را تکمیل نمود. [۱۶]

۱ـ ۲ـ لیست کردن خواسته‌های مشتری یا کیفیت خواسته شده (WHAT's)

QFD بـا یـک لیسـت از اهـداف / مقاصد شروع می‌شود که این لیست اغلب به WHAT'S که احتیاجات و انتظارات مشتری از محصول می‌باشد، اشاره دارد.

۲ـ۲ـ لیست کردن توصیف کننده‌های فنی (HOW's)

بعـد از ایـنکه نـیازها خواسـته شـده مشـتری مشخص گردید، تیم QFD باید مشخصه‌های فنی و مهندسی (HOW's) که می‌توانند بر یک یا بیشتر از این نیازمندیهای مشتری تأثیر گذارد را استخراج کنند.

۳ـ۲ـ توسعه یک ماتریس ارتباط بین خواسته‌های مشتری (WHAT's) و مشخصه‌های فنی (HOW's)

در گـام بعـدی خانـه کیفیـت مـیزان ارتـباط و تأثیر گذاری مشخصه‌های فنی بر نیازمندیها و خواسته‌های مشتری تعیین مـی‌شـود. ایـن کـار توسط تیم QFD انجام می‌شود. در این راستا، برای تقویت سطح ارتباط، از نمادهایی به صورت زیر استفاده می‌گردد.

- ● = وجود یک ارتباط قوی.
- ○ = وجود یک ارتباط متوسط.
- △ = وجود یک ارتباط ضعیف.

هر یک از این نمادها با استفاده از یک مقیاس فاصله‌ای مانند(۹-۳-۱) کمی شده تا بتوان از آنها در محاسبات استفاده کرد. لازم به ذکر است که در مکانهایی که نمادی وجود ندارد وزن در نظر گرفته برابر صفر خواهد بود.

۱ـ ۲ـ توسعه یک ماتریس ارتباط درونی بین مشخصه‌های فنی (HOW's)

بـام خانـه کیفیـت کـه ماتـریس همبسـتگی نامیده می‌شود برای تعریف نوع ارتباط درونی بین مشخصه‌های فنی استفاده می‌شود.

نمادهای زیر با استفاده از مقادیر کمی معادل می‌توانند جهت تعیین نوع همبستگی بین مشخصه‌های فنی استفاده شوند:

- ● : وجود یک ا رتباط مثبت قوی = ۹+
- ○ : وجود یک ا رتباط مثبت = ۳+
- X : وجود یک ا رتباط منفی = ۳-
- ★ : وجود یک ا رتباط منفی قوی = ۹-

۱ـ۲ـ ارزیابی رقبا

ارزیابـی از دو دیدگـاه با استفاده از روشهای مختلف الگو برداری مطرح می‌شود. ابتدا ارزیابی رقبا از نظر مشتری را در نظر

بگیرید. در این نوع یک ارزیابی از جایگاه محصولات سازمان در رابطه با رقبای مهم به ازای هر خواسته مشتری می‌باشد. و دوم ارزیابی رقبا از نظر فنی و تکنیکی که یک ارزیابی از توانایی‌های فنی سازمان در مقایسه با رقبای مهم دیگر به ازای هر مشخصه فنی ارائه می‌کند.

۲ـ توسعه اولویت بندی خواسته‌های مشتری

در این قسمت با توجه به اهمیت خواسته‌های گرفته شده از مشتری، مقدار ارزش هدف تعیین شده و فاکتور نسبت بهبود به ازای هر خواسته مشتری وزن و اهمیت هر خواسته به صورت زیر محاسبه می‌شود.

[وزن خواسته مشتری] = [اهمیت ازنظر مشتری] [فاکتور نسبت بهبود خواستهٔ مورد نظر] [نقطه فروش خواستهٔ مورد نظر]

۱ـ ۲ـ توسعه اولویت بندی مشخصه‌های فنی

در این قسمت لازم است یک اولویت‌بندی از مشخصه‌های فنی داشته باشیم، تا بتوانیم مشخصه‌های فنی کلیدی را تعیین کنیم و آنها را انتخاب کرده تا به مرحله دوم فرآیند QFD ارسال شوند. برای نشان دادن میزان اهمیت هر مشخصه فنی مقدار امتیاز برای هر یک بصورت زیر محاسبه می‌شود.

$$j=1,2,\ldots,n \qquad a_j = \sum_{i=1}^{m} R_{ij} C_i$$

جائیکه:

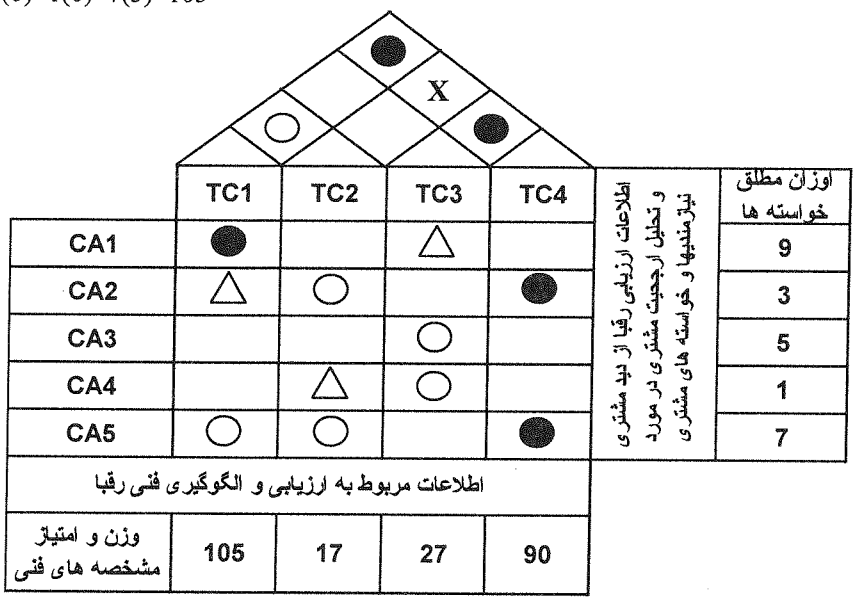
a_j : بردار سطری اوزان و امتیاز محاسبه شده برای مشخصه‌های فنی .

R_{ij} : میزان ارتباط عددی بین مشخصه فنی j ام و خواسته i ام مشتری.

Ci: بردار ستونی اوزان مطلق محاسبه شده برای مشخصه‌های فنی:

شکل ۲ یک خانه کیفیت را نشان می‌دهد که دارای ۴ مشخصه فنی (Technical Characteristic) و ۵ خواسته مشتری (Customer Attribute) است. که به عنوان مثال امتیاز ۱ TC به صورت زیر می‌شود:

a1=9(9)+3(1)+5(0)+1(0)+7(3)=105



شکل (۲) یک مثال از خانه کیفیت.

همانگونـه که اشاره شد، در دیدگاه QFD نیروی محرک، مشتری و خواسته‌های اوست. تعیین خواسته‌های مشتری و میزان اهمیـت ایـن خواسـته‌هـا بـا توجه به کلمات و اطلاعات گرفته شده از مشتری صورت می‌گیرد که غالبا" این اطلاعات و کلمات نادقـیق مـی‌باشـند. بـه عـبارت دیگر زمانیکه مشتری اهمیت یک خواسته را تقریبا" " مهم " تعریف می‌کند این کلمه خود یک مفهـوم مبهم و نادقیق می‌باشد. همچنین تعیین سطح ارتباط بین مشخصه‌های فنی و خواسته‌های مشتری این انسان است که بـا اسـتفاده از تعـاریف کیفـی آنهـا را تعریف می‌کند. یعنی باز هم با مفاهیم نادقیق مواجه می‌شویم. بنابراین در مراحل مختلف طراحی خانه کیفیت، افکار و احساسات انسان مطرح بوده و باید این افکار و احساسات با استفاده از روشهای علمی تا حد امکان درست مدل‌سازی شود.

حـال بـرای نیل به هدف مذکور می‌توان از تئوری و منطق فازی استفاده کرد، زیرا که هدف نهایی تئوری فازی ارائه افکار و احسـاس انسـان بـه صـورت یـک تـابع می‌باشد. به عبارت دیگر، این منطق اجازه می‌دهد تا یک تبدیل پیشرفته از حالات زبان طبیعـی و احسـاس و افکار انسان به یک فرمولاسیون ریاضی داشته باشیم. این زبان ریاضی به منظور مدل سازی حالات واقعی کـه اغلـب نادقـیق و مـبهم مـی‌باشد راهکارهای مفیدی ارائه می‌کند و از طرفی اغلب ابزارهای سنتی و تحلیلی برای مدلسازی محاسـبات معیـن و مدلهـای قطعـی کاربرد دارد. در این قسمت قبل از اینکه به تشریح خانه کیفیت با عناصر فازی بپردازیم به طور مختصر نکاتی در مورد تئوری فازی و مفاهیم اولیه آن بحث خواهد شد.

۳ـ مفاهیم اولیه تئوری فازی

در مـنطق دو ارزشـی کلاسیک، در کلیه موارد فرض بر این است که مرز و محدوده‌های، دقیقا" تعریف شده‌ای وجود دارد و یـک موضـوع خاص یا در محدوده آن می‌گنجد یا نمی‌گنجد مانند مسائلی چون فانی و غیر فانی و زن یا مرد. ولی اغلب مسائل در دنـیای حقیقی مرزهای تند و تیزی به سبک بالا ندارند. نظیر خیلی زیاد، قد بلند، با هوش، زیبائی و غیره. در منطق صریح و قطعـی هـر مجموعـه بـا اعضـایش بـه طور کامل شناخته می‌شود و هر مجموعه یک صفت مشخص کننده دارد. معیار عضویت عناصـر در مجموعه، صفت مشخص کننده مجموعه است و هر عنصر اگر دارای آن صفت باشد عضو مجموعه و درغیر اینصورت عنصر خارج از مجموعه شناخته می‌شود. این معیار عضویت را تابع عضویت[1] می‌نامیم.

بـا توجه به زندگی روزمره و واژه‌هایی که روزانه در زبان گفتاری استفاده می‌کنیم، می‌بینیم که طریقه ارزش‌گذاری در مغز انسـان فـازی بـوده و اکثر جملات را که در زبان گفتاری بکار می‌بریم ذاتا" مبهم و فازی است. از این رو به منظور شبیه‌سازی و بدسـت آوردن مـدل ریاضی براساس منطق زبانی از منطق فازی که از تابع عضویت μ استفاده می‌کند و نه منطق صفر و یک، کمک می‌گیریم.

یـک مجموعـه فـازی مـی‌تواند به صورتهای مختلفی نمایش داده شود ولی یکی از عمومی‌ترین شکلهای نمایش آن به شرح زیر است: [۱۰]

ـ X مجموعـه مرجعـی باشد که هر عضو آن با x نمایش داده شود. مجموعه فازی $\widetilde{A}$ در X به وسیله زوجهای مرتبی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\widetilde{A} = \{(x, \mu_{\widetilde{A}}(x)) | x \in X\}$$

بـه عـنوان مثال یک بنگاه مسکن میزان راحتی و مناسب بودن منازل ارائه شده را با تعداد اتاق خواب آن می‌سنجد و تعداد اتـاق خوابهـای آن یکـی از اعضـای مجموعه (۱۰، .....، ۲، ۱) = X باشد. مجموعه فازی ""منازل راحت برای یک خانواده چهار نفری"" به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\widetilde{A} = \{(1,0.2),(2,0.5),(3,0.8),(4,1),(5,0.7),(6,0.3)\}$$

ـ در ایـن رابطه مجموعه در سطح α را مجموعه‌ای تعریف می‌کنند که اعضای آن x های متعلق به مجموعه مرجع X بوده و تابع عضویت آنها در مجموعه فازی بیشتر یا مساوی مقدار α باشد و یا به عبارت دیگر:

$$A_\alpha = \{x \in X | \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

بطور مثال می‌توان گفت:

$$A_{0.2} = \{1,2,3,4,5,6\}$$

یکی از مفاهیم تئوری فازی که دارای کاربرد زیادی است و باعث افزایش کارآیی محاسبات و استفاده آسانتر از تئوری فازی شده، عدد فازی ($\tilde{M}$) است. این عدد یک مجموعه فازی نرمال محدب در حوزه R می‌باشد بطوریکه:

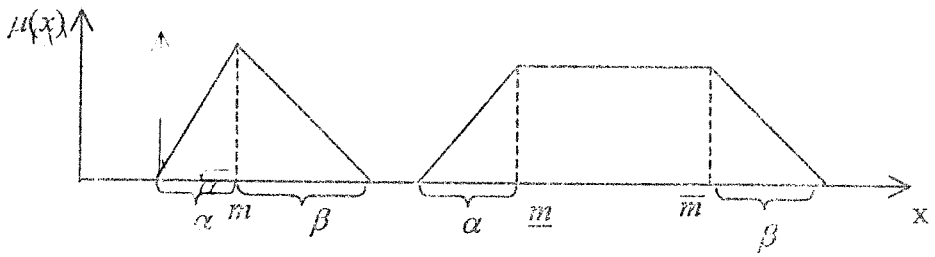
۱ـ دقیقاً یک $x \in R$ وجود داشته باشد که $\mu_{\tilde{M}}(x) = 1$

۲ـ تابع عضویت $\mu_{\tilde{M}}(x)$ به صورت قطعه پیوسته باشد.

مثال) مجموعه فازی زیر یک عدد فازی می‌باشد:

تقریبا= $\{(3,0.1),(4,0.6),(5,1),(6,0.7),(7,0.1)\}$

اعـداد فـازی دارای انواع گوناگونی است ولی اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۳ یک عدد فازی ذوزنقه‌ای و مثلثی را نشان می‌دهد:



شکل (۳) نمایشی از اعداد فازی ذوزنقه‌ای و مثلثی.

این اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای را می‌توان به ترتیب با $\tilde{M}_1$ و $\tilde{M}_2$ نمایش داد بطوریکه:

$$\tilde{M}_2 = \{\alpha, \underline{m}, \overline{m}, \beta\} \qquad \tilde{M}_1 = \{\alpha, m, \beta\}$$

یکـی دیگـر از مفاهـیم اصـلی در مـنطق نادقـیق و فازی متغیرهای زبانی می‌باشند. متغیرهای زبانی متغیرهایی هستند که مقادیر آنها را کلمات و جملات زبان طبیعی تشکیل می‌دهند که هر یک از این مقادیر زبانی خود یک مجموعه فازی است.

$$\text{سن} = \left\{ \begin{array}{l} \text{خیلی خیلی، خیلی، مسن ، تقریبا،جوان ،تقریبا ، خیلی، خیلی خیلی} \\ \text{مسن مسن مسن جوان جوان جوان} \end{array} \right\}$$

٤ـ تعریف خانه کیفیت با عناصر فازی

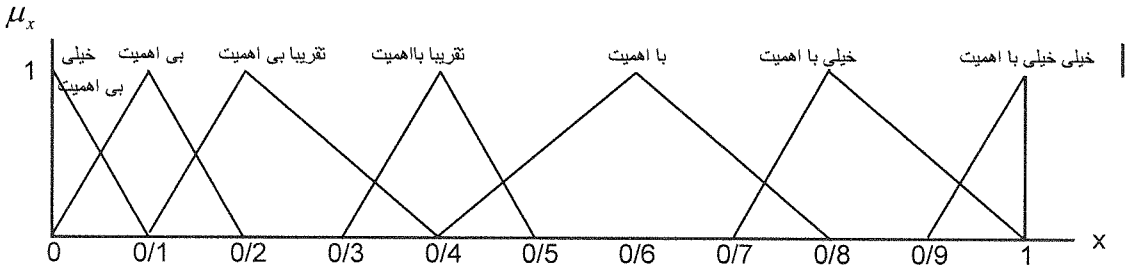
در محـیط فـازی بـرای تعریف خانه کیفیت اطلاعات گرفته شده را می‌توان به صورت یک متغیر زبانی بیان کرد. بطور مثال بـرای تعـریف درجـه اهمیـت خواسـته مشـتری از متغـیر زبانـی " اهمیت " استفاده می‌کنیم، که این متغیر خود می‌تواند از واژه‌های زبانی به صورت زیر تشکیل شده باشد:

$$T(\text{اهمیت}) = \left\{ \begin{array}{l} \text{خیلی خیلی، خیلی ، با اهمیت ، تقریباً ، تقریباً ، بی اهمیت ،خیلی} \\ \text{با اهمیت با اهمیت با اهمیت بی اهمیت بی اهمیت} \end{array} \right\}$$

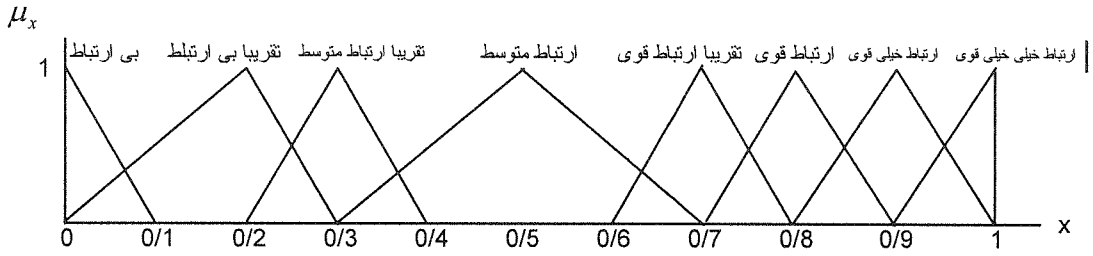
بعد از تعریف اهمیت خواسته‌های مشتری در قالب متغیرهای زبانی، لازم است نوع ارتباط و سطح ارتباط بین مشخصه‌های فنـی و خواسـته‌های مشتری را تعیین کنیم. بدین منظور می‌توان یک متغیر زبانی تحت عنوان " ارتباط " تعریف کنیم بطوریکه مقادیرآن بشرح زیر می‌باشد:

$$T(\text{ارتباط}) = \{\text{ارتباط خیلی خیلی قوی}\ ،\ \text{ارتباط خیلی قوی}\ ،\ \text{ارتباط قوی}\ ،\ \text{تقریباً قوی}\ ،\ \text{ارتباط متوسط}\ ،\ \text{تقریباً بی ارتباط}\ ،\ \text{بی ارتباط}\}$$

حـال بـرای کمـی کـردن اعضـای هـر یک از متغیرهای زبانی می‌توان از اعداد فازی مثلثی به صورت زیر بطور مثال کمک گرفت:



شکل (٤) اعداد فازی مثلثی بکار برده شده برای کمی کردن واژه‌های زبانی مربوط به متغیرهای زبانی " اهمیت ".



شکل (٥) اعداد فازی مثلثی بکار برده شده برای کمی کردن واژه‌های زبانی مربوط به متغیر زبانی " ارتباط ".

مقادیـر کمـی اختصـاص داده شـده بـه واژه‌های زبانی با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از مشتری و نظر و احساس تیم QFD تعیین می‌شود.

یـک خانـه کیفیـت را مـی‌تـوان بعد از تعریف واژه‌های زبانی متناسب با آن و تخصیص اعداد فازی مثلثی به هر یک از آنها می‌توان به صورت جدول ارائه نمود.

کمیتهای ارائه شده در جدول ١ در قالب $\widetilde{R}_{ij}$ و $\widetilde{W}_i$ به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$\widetilde{R}_{ij}$: درجـه ارتـباط بیـن خواسته i ام و مشخصه j ام که بصورت اعداد فازی مثلثی در این روش بیان شده‌اند این می‌توانند به صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای نیز تعریف شوند:

$$\widetilde{R}_{ij} = \{\alpha_{ij}, r_{ij}, \beta_{ij}\}$$

$\widetilde{W}_i$: درجـه اهمیـت خواسـته i ام کـه آنهم به صورت اعداد فازی مثلثی بیان شده که می‌تواند به صورت عدد فازی ذوزنقه‌ای باشد:

$$\widetilde{W}_i = \{\rho_i, y_i, \gamma_i\}$$

حال بعد از تعریف خانه کیفیت با عناصر فازی لازم است که مشخصه‌های فنی کلیدی و مهم را مشخص نمائیم که در بخش بعدی مقاله به این موضوع پرداخته شود.

جدول (۱) یک خانه کیفیت (HOQ) با عناصر فازی.

	اوزان فازی خواسته مشتری	TC_1	TC_2	.....	TC_n
CA_1	(ρ_1, y_1, γ_1)	$(\alpha_{11}, r_{11}, \beta_{11})$	$(\alpha_{12}, r_{12}, \beta_{12})$	.....	$(\alpha_{1n}, r_{1n}, \beta_{1n})$
CA_2	(ρ_2, y_2, γ_2)	$(\alpha_{21}, r_{21}, \beta_{21})$	$(\alpha_{22}, r_{22}, \beta_{22})$	.....	$(\alpha_{2n}, r_{2n}, \beta_{2n})$
.	.	.	.	.....	.
.	.	.	.	.....	.
.	.	.	.	.....	.
CA_m	(ρ_m, y_m, γ_m)	$(\alpha_{m1}, r_{m1}, \beta_{m1})$	$\alpha_{m2}, r_{m2}, \beta_{m2})$		$(\alpha_{mn}, r_{mn}, \beta_{mn})$

۵ـ تعیین اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی در محیط فازی

حال اینکه یک خانه کیفیت را با واژه‌های زبانی بیان کردیم و آنها را با اعداد فازی کمی نمودیم، نیاز است که از این داده‌ها و اطلاعات نتیجه‌گیری کنیم. این بدین معنا است که مشخصه‌های فنی که بیشترین تأثیر را در بهبود و ارتقاء سطح رضایت و احساس مطلوبیت مشتری دارند، انتخاب شوند .

لذا برای این منظور باید تکنیک‌ها و روشهایی را بکار برد که در این محیط (فازی) کارا بوده و بتواند یک نتیجه مطلوب را حاصل نماید. روشها و تکنیک‌های مختلفی را می‌توان ارائه کرد. ولی در این مقاله به روشی پرداخته می‌شود که مبنای آن روش TOPSIS که یک تکنیک حل در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است، این روش مطلوبیت مشخصه‌های فنی را به صورت فازی ارائه می‌کند.

حال برای بدست آوردن مطلوبیت فازی مشخصه‌های فنی با استفاده از روش پیشنهادی، گامهای زیر را طی می‌کنیم:

گام ۱ـ ضرب فازی اعدار فازی $\widetilde{W}_i$ در ماتریس خانه کیفیت ($\widetilde{R}_{ij}$ که آنها نیز به صورت فازی بیان شده‌اند.

ضرب دو عدد فازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\widetilde{N}_{ij} = \widetilde{R}_{ij} \Theta \widetilde{W}_i$$

جائیکه $\widetilde{N}_{ij}$ خود یک عدد فازی مثلثی به صورت زیر می‌باشد:

$$\widetilde{N}_{ij} = \left\{ r_{ij}.\rho_i + y_i.\alpha_{ij}, r_{ij}.y_i, r_{ij}.\gamma_i + y_i.\beta_{ij} \right\}$$

گام ۲ ـ انتخاب مقطع $\alpha 0$

گام ۳ـ مقدار حقیقی ذیل را برای هر مشخصه فنی محاسبه کنید:

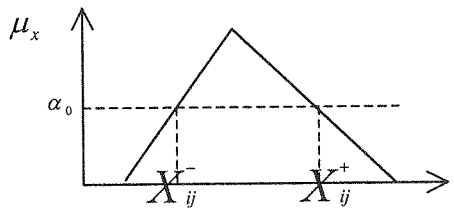
$$\forall i, j \qquad X_{ij}^{-} = \min \left\{ X_{ij} \in R \middle| \mu_{\widetilde{N}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha_0 \right\}$$

$$\forall i, j \qquad X_{ij}^{+} = \max \left\{ X_{ij} \in R \middle| \mu_{\widetilde{N}_{ij}}(x_{ij}) \geq \alpha_0 \right\}$$

شکل ۶ چگونگی بدست آوردن X_{ij}^{-} و X_{ij}^{+} را بصورت گرافیکی نمایش می‌دهد.

گام ۴ـ تشکیل ۲ ماتریس در مقطع α_0 برای خانه کیفیت به صورت زیر:

ماتریس برای مقادیر X_{ij}^{-} حاصل از مرحله قبل تحت عنوان $L\alpha_0$ و ماتریس برای X_{ij}^{+} حاصل از مرحله قبل تحت عنوان ماتریس $R\alpha_0$ جداول ۲ و ۳ ماتریسهای $L\alpha_0$ و $R\alpha_0$، را نشان می‌دهند.



شکل (٦) نمایش گرافیکی X_{ij}^- و X_{ij}^+.

جدول (۳) ماتریس $R\alpha_0$ حاصل از مقادیر X_{ij}^+.

$R\alpha_0$	TC_1	TC_2	.....	TC_n
CA_1	X_{11}^+	X_{12}^+	.....	X_{1n}^+
CA_2	X_{21}^+	X_{22}^+	.....	X_{2n}^+
.	.	.		.
.	.	.	.....	.
.	.	.		.
CA_m	X_{m1}^+	X_{m2}^+		X_{mn}^+

جدول(۲) ماتریس $L\alpha_0$ حاصل از مقادیر X_{ij}^-.

$L\alpha_0$	TC_1	TC_2	.....	TC_n
CA_1	X_{11}^-	X_{12}^-	.....	X_{1n}^-
CA_2	X_{21}^-	X_{22}^-	.....	X_{2n}^-
.	.	.		.
.	.	.	.....	.
.	.	.		.
CA_m	X_{m1}^-	X_{m2}^-		X_{mn}^-

گام ۵ـ برای هر یک از دو ماتریس $L\alpha_0$ و $R\alpha_0$ به طور جداگانه گزینه ایده‌ال و ضد ایده‌ال را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

گزینه ایده‌ال برای ماتریس $L\alpha_0$: $AL_{\alpha_0}^+ = \left\{(\max_j X_{ij}^-)\middle| j=1,2,...,n\right\} = \left\{X_1^{-+}, X_2^{-+}, ..., X_m^{-+}\right\}$

گزینه ضد ایده‌ال برای ماتریس $L\alpha_0$: $AL_{\alpha_0}^- = \left\{(\min_j X_{ij}^-)\middle| j=1,2,...,n\right\} = \left\{X_1^{--}, X_2^{--}, ..., X_m^{--}\right\}$

گزینه ایده‌ال برای ماتریس $R\alpha_0$: $AR_{\alpha_0}^+ = \left\{(\max_j X_{ij}^+)\middle| j=1,2,...,n\right\} = \left\{X_1^{++}, X_2^{++}, ..., X_m^{++}\right\}$

گزینه ضد ایده‌ال برای ماتریس $R\alpha_0$: $AR_{\alpha_0}^- = \left\{(\min_j X_{ij}^+)\middle| j=1,2,...,n\right\} = \left\{X_1^{+-}, X_2^{+-}, ..., X_m^{+-}\right\}$

گام ۶ ـ محاسبه فاصله مشخصه‌های فنی در هر ماتریس از گزینه ایده‌ال و ضد ایده‌ال همان ماتریس با استفاده از روابط زیر:

فاصله مشخصه فنی j ام ماتریس $L\alpha_0$ از گزینه ایده ال $= dL_j^+ = \left[\sum_{i=1}^m (X_{ij}^- - X_i^{-+})^2\right]^{1/2}; j=1,2,...,n$

فاصله مشخصه فنی j ام ماتریس $L\alpha_0$ از گزینه ضد ایده ال $= dL_j^- = \left[\sum_{i=1}^m (X_{ij}^- - X_i^{--})^2\right]^{1/2}; j=1,2,...,n$

فاصله مشخصه فنی j ام ماتریس $R\alpha_0$ از گزینه ایده ال $= dR_j^+ = \left[\sum_{i=1}^m (X_{ij}^+ - X_i^{++})^2\right]^{1/2}; j=1,2,...,n$

$dR_j^- =$ فاصله مشخصه فنی j ام ماتریس $R\alpha_0$ از گزینه ضد ایده ال $= \left[\sum_{i=1}^{m}(X_{ij}^{+} - X_i^{+-})^2\right]^{1/2}; j = 1,2,\ldots,n$

گام ۷ ـ محاسبه نزدیکی نسبی مشخصه j ام به گزینه ایده‌ال برای هر دو ماتریس $L\alpha_0$ و $R\alpha_0$ با استفاده از روابط زیر:

$$j=1,2,\ldots,n \quad CLL_j = \frac{dL_j^-}{(dL_j^+ + dL_j^-)}$$

$$j=1,2,\ldots,n \quad CLR_j = \frac{dR_j^-}{(dR_j^+ + dR_j^-)}$$

گام ۸ـ تعریف مطلوبیت فازی مشخصه فنی j ام (U_j) در مقطع α_0 به صورت زیر:

$$\Rightarrow U_j = \left[a_{\alpha_0}, b_{\alpha_0}\right] \quad \begin{matrix} a_{\alpha_0} = \min\left[CLL_j, CLR_j\right] \\ b_{\alpha_0} = \max\left[CLL_j, CLR_j\right] \end{matrix}$$

جائیکه $\mu_{u_j}(a_{\alpha_0}) = \mu_{u_j}(b_{\alpha_0}) = \alpha_0$

گام ۹ ـ با ایجاد مقاطع مختلف و تکرار گامهای ۲ الی ۸ مطلوبیت فازی برای تمام مشخصه‌های فنی را بدست می‌آوریم.

۶ـ رتبه بندی فازی

همانطوریکه اشاره شد، این روش مطلوبیت مشخصه‌های فنی را به صورت فازی بدست می‌آورد، لذا برای نتیجه‌گیری نیاز به خروجی دقیق و قطعی داریم تا بتوانیم مشخصه‌های فنی مهم را شناسایی کنیم. بهمین دلیل لازم است که به یکی از روشهای معمول رتبه‌بندی اعداد فازی، مشخصه‌های فنی را رتبه‌بندی نمود.

روشی که در اینجا ارائه می‌شود تحت عنوان روش امتیاز تخصیص داده شده به چپ و راست عدد فازی می‌باشد. بنابر این برای رتبه‌بندی این مشخصه‌های فنی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

ابتدا دو مجموعه ماکزیمم (max) و مینیمم (min) به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\mu_{mzx=} \begin{cases} X & 0 \le X \le 1 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$$\mu_{\min=} \begin{cases} 1-X & 0 \le X \le 1 \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

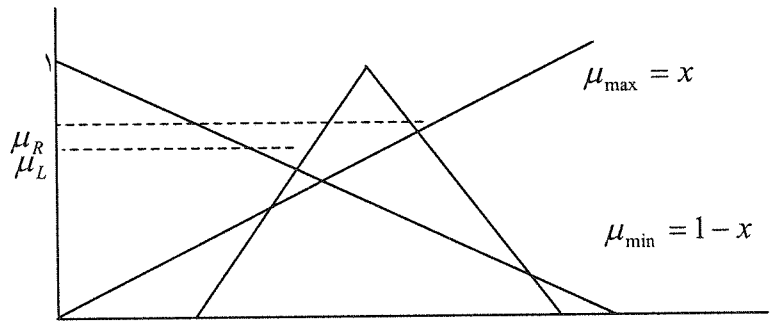
حال امتیاز راست مطلوبیت فازی مشخصه فنی j ام از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_R(U_j) = \underset{x}{SUP}\left[\mu_{U_j}(x) \wedge \mu_{\max}(x)\right]$$

و امتیاز چپ مطلوبیت فازی مشخصه فنی jام نیز از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\mu_L(U_j) = \underset{x}{SUP}\left[\mu_{U_j}(x) \wedge \mu_{\min}(x)\right]$$

شکل ۷ چگونگی محاسبه μ_L و μ_R برای یک عدد فازی به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد.



شکل (۷) مقادیر μ_L و μ_R یک عدد فازی.

بعد از محاسبه امتیازات تخصیص داده شده به چپ و راست مطلوبیت مشخصه‌های فنی، امتیاز کل برای مشخصه‌های فنی نیز از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$\mu_T(U_j) = \frac{\left[\mu_R(U_j) + \left[1 - \mu_L(U_j)\right]\right]}{2}$$

حال با توجه به نتایج محاسبه شده و امتیاز کل حاصل برای هر مشخصه فنی می‌توان آنها را رتبه‌بندی کرد اینکار بدین ترتیب انجام که مشخصه فنی با امتیاز کل بالاتر، ارجح‌تر و مشخصه فنی با امتیاز کل کمتر دارای ارجحیت کمتری خواهد بود.

۷ـ یک مثال

با استفاده از روش گسترش وظیفه کیفیت (QFD) عوامل مورد نظر مشتری در یک مداد معمولی مورد شناسایی قرار گرفته است. جدول ۴ خواسته‌های مشتری و مشخصه‌های فنی مربوط به آنها و همچنین میزان اهمیت خواسته‌های مشتری و درجه ارتباط بین مشخصه‌ها و خواسته‌ها را با استفاده از واژه‌های زبانی نشان می‌دهد.

جدول (٤) خانه کیفیت مربوط به مثال ۱.

میزان اهمیت خواسته از نظر مشتری	جنس مغزی مداد	جنس چوب	شش گوش بودن	طول مداد	مشخصه های فنی / خواسته های مشتری
با اهمیت	بی ارتباط	بی ارتباط	ارتباط خیلی خیلی قوی	ارتباط متوسط	نگهداری آسان
خیلی با اهمیت	ارتباط خیلی خیلی قوی	ارتباط متوسط	بی ارتباط	بی ارتباط	زمان بین تراشیدن
تقریبا با اهمیت	ارتباط قوی	ارتباط خیلی خیلی قوی	بی ارتباط	تقریباً بی ارتباط	خوب تراشیده شدن

جدول (۵) مقادیر اعداد فازی مثلثی که به هر یک از این واژه‌های زبانی اختصاص داده شده را نشان می‌دهد.
برای این اعداد فازی از مقیاس فاصله‌ای (۱ — ۰) استفاده شده است.

جدول (۵) مقادیر اعداد فازی مربوط به واژه‌های زبانی.

CA_i \ TC_j	TC_1	TC_2	TC_3	TC_4	W_i
CA_1	(0/1,0/5,0/1)	(0/1,0/9,0)	(0/1,0/1,0/1)	(0,0,0)	(0/2,0/6,0/1)
CA_2	(0,0,0/1)	(0/1,0/1,0/1)	(0/1,0/5,0/2)(0	(0/1,1,0)	(0/1,0/8,0/2)
CA_3	(0,0/1,0/1)	(0/1,0/1,0)	/1,0/9,0/1)	(0/1,0/8,0/1)	(0/2,0/4,0/1)

حال با استفاده از روش پیشنهاد شده مطلوبیت (U_j) مشخصه‌های فنی را طی مراحل زیر تعیین می‌کنیم:
گام ۱ـ انجام ضرب فازی بردار فازی اهمیت خواسته مشتری در ماتریس که نتیجهٔ آن در جدول ۶ آورده شده است.

جدول (٦) ضرب اعدا د فازی خانه کیفیت.

	TC_1	TC_2	TC_3	TC_4
CA_1	(0/1,0/25,0/1)	(0/14,0/45,0/09)	(0/06,0/05,0/06)	(0,0,0)
CA_2	(0,0,0/08)	(0/09,0/08,0/1)	(0/13,0/42,0/26)	(0/18,0/8,0/2)
CA_3	(0/02,0/04,0/05)	(0/06,0/04,0/01)	(0/23,0/36,0/13)	(0/2,0/32,0/12)

گام ۲ـ انتخاب مقطع α0 (α0=0/5)
گام ۳ـ مقادیر حقیقی X_{ij}^- و X_{ij}^+ را برای هر مشخصه فنی در مقطع $(\alpha_0 = ۰/۵)$ را محاسبه کنید.
گام ۴ـ تشکیل دو ماتریس، $L_{0.5}$ $R_{0.5}$ برای مقادیر محاسبه شده X_{ij}^- و X_{ij}^+ جدول ۷ و ۸ این مقادیر محاسبه شده را برای مثال مورد نظر را نشان میدهد.

جدول (۸) مقادیر X_{ij}^+ در مقطع 0/5 $(R_{0.5})$

	TC_1	TC_2	TC_3	TC_4
CA_1	0/3	0/5	0/08	۰
CA_2	0/04	0/13	0/53	0/9
CA_3	0/07	0/045	0/43	0/38

جدول (۷) مقادیر X_{ij}^- در مقطع 0/5 $(L_{0.5})$

	TC_1	TC_2	TC_3	TC_4
CA_1	0/2	0/38	0/02	0
CA_2	0	0/04	0/34	0/71
CA_3	0/3	0/01	0/25	0/22

گام ۵ـ محاسبه مجموعه‌های ایده‌آل و ضد ایده‌ال برای هر دو ماتریس $L\alpha_0$ و $R\alpha_0$

$$AL_{0.5}^+ = \left\{\max_j (X_{ij}^-) \middle| j = 1,2,3,4\right\} = \left\{X_1^{-+}, X_2^{-+}, X_3^{-+}\right\} = \{.38,.71,.25\}$$

بطور مثال برای X_1^{-+} داریم: $$X_1^{-+} = \max\{0.2,0.38,0.02,0\} = 0.38$$

$$AL_{0.5}^- = \left\{\min_j (X_{ij}^-) \middle| j = 1,2,3,4\right\} = \left\{X_1^{--}, X_2^{--}, X_3^{--}\right\} = \{0,0,0.01\}$$

بطور مثال برای X_1^{--} داریم: $$X_1^{--} = \min\{0.2,0.38,0.02,0\} = 0.$$

$$AR^{+}_{0.5} = \left\{ \max_{j} (X^{+}_{ij}) | j = 1,2,3,4 \right\} = \left\{ X^{++}_{1}, X^{++}_{2}, X^{++}_{3} \right\} = \{0.5,0.9,0.43\}$$

بطور مثال برای X^{++}_{1} داریم: $X^{++}_{1} = \max\{0.3,0.5,0.08,0\} = 0.5$

$$AR^{-}_{0.5} = \left\{ \min_{j} (X^{+}_{ij}) | j = 1,2,3,4 \right\} = \left\{ X^{+-}_{1}, X^{+-}_{2}, X^{+-}_{3} \right\} = \{0,0.04,0.045\}$$

بطور مثال برای X^{+-}_{1} داریم: $X^{+-}_{1} = \min\{0.3,0.5,0.08,0\} = 0$

گام ۶ـ محاسبه فاصله نزدیکی مشخصه‌های فنی در هر ماتریس از مجموعه ایده‌ال و ضد ایده‌ال همان ماتریس:

$$dL^{+}_{j} = \{0.765,0.716,0.52,0.381\} \qquad dL^{+}_{j} = \left[\sum_{i=1}^{m} (X^{-}_{ij} - X^{-+}_{i})^2 \right]^{1/2} ; j = 1,2,3,4$$

بطور مثال برای dL^{+}_{1} داریم: $dL^{+}_{1} = \left[(0.2 - 0.38)^2 + (0 - 0.71)^2 + (0.03 - 0.25)^2 \right]^{1/2} = 0.765$

$$dL^{-}_{j} = \{0.201,0.38,0.41,0.74\} \qquad dL^{-}_{j} = \left[\sum_{i=1}^{m} (X^{-}_{ij} - X^{--}_{i})^2 \right]^{1/2} ; j = 1,2,3,4$$

بطور مثال برای dL^{-}_{1} داریم: $dL^{-}_{1} = \left[(0.2 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0.03 - 0.01)^2 \right]^{1/2} = 0.201$

$$dR^{+}_{j} = \{0.95,0.86,0.56,0.5\} \qquad dR^{+}_{j} = \left[\sum_{i=1}^{m} (X^{+}_{ij} - X^{++}_{i})^2 \right]^{1/2} ; j = 1,2,3,4$$

بطور مثال برای dR^{+}_{1} داریم: $dR^{+}_{1} = \left[(0.3 - 0.5)^2 + (0.04 - 0.9)^2 + (0.07 - 0.43)^2 \right]^{1/2} = 0.95$

$$dR^{-}_{j} = \{0.301,0.503,0.625,0.923\} \qquad dR^{-}_{j} = \left[\sum_{i=1}^{m} (X^{+}_{ij} - X^{+-}_{i})^2 \right]^{1/2} ; j = 1,2,3,4$$

بطور مثال برای dR^{-}_{1} داریم: $dR^{-}_{1} = \left[(0.3 - 0)^2 + (0.04 - 0.04)^2 + (0.07 - 0.05)^2 \right]^{1/2} = 0.301$

گام ۷ـ محاسبه نزدیکی نسبی مشخصه jام به گزینه ایده‌ال برای هر دو ماتریس $L\alpha_0$ و $R\alpha_0$ با استفاده از روابط زیر:

$$CLL_j = \{0.208,0.348,0.442,0.66\} \qquad \text{j=1,2,3,4} \qquad CLL_j = \frac{dL^{-}_{j}}{(dL^{+}_{j} + dL^{-}_{j})}$$

بطور مثال برای CLL_1 داریم: $CLL_1 = \frac{dL^{-}_{1}}{(dL^{+}_{1} + dL^{-}_{1})} = \frac{0.201}{0.765 + 0.201} = 0.208$

$$CLR_j = \{0.24, 0.369, 0.529, 0.65\} \qquad j=1,2,3,4 \qquad CLR_j = \frac{dR_j^-}{(dR_j^+ + dR_j^-)}$$

بطور مثال برای CLR_1 داریم: $CLR_1 = \frac{dR_1^-}{(dR_1^+ + dR_1^-)} = \frac{0.301}{0.95 + 0.301} = 0.24$

گام ۸ـ تعریف مطلوبیت فازی مشخصه‌های فنی در مقطع (0/5) :

$$a_{0.5} = \min[CLL_j, CLR_j]$$
$$\Rightarrow U_j = [a_{\alpha_0}, b_{\alpha_0}] \rightarrow \mu(a_{0.5}) = \mu(b_{0.5}) = 0.5$$
$$b_{0.5} = \max[CLL_j, CLR_j]$$

بطور مثال برای گزینه ۱ مشخصه فنی اول داریم:

$$a_{0.5} = \min[0.208, 0.24] = 0.208$$
$$b_{0.5} = \max[0.208, 0.24] = 0.24$$

$$U_1 = (0.208, 0.24), U_2 = (0.348, 0.369), U_3 = (0.442, 0.529), U_4 = (0.65, 0.66)$$

گام ۹ـ تکرار گامهای ۲ الی ۸ و تعیین مطلوبیت فازی برای تمام مشخصه‌های فنی با در نظر گرفتن مقاطع مختلف.

جدول ۹ـ مقادیر محاسبه شده را برای مقاطع مختلف نشان می‌دهد.

جدول (۹) مقادیر محاسبه شده در مقاطع مختلف برای مثال مداد.

مقطع		TC_1	TC_2	TC_3	TC_4
۰	a	۰،۲۰۲	۰،۳۳	۰،۴۰۵	۰،۶۴۸
	b	۰،۲۵۷	۰،۳۷۱	۰،۵۷۳	۰،۶۷۵
۰،۲	a	۰،۱۹۹	۰،۳۳۳	۰،۴۱۷	۰،۶۴۹
	b	۰،۲۵۰	۰،۳۷۱	۰،۵۵۷	۰،۶۶۶
۰،۴	a	۰،۲۰۵	۰،۳۴۳	۰،۴۳۵	۰،۶۵۰
	b	۰،۲۴۳	۰،۳۷۰	۰،۵۳۹	۰،۶۶۲
۰،۶	a	۰،۲۱۱	۰،۳۵۲	۰،۴۵	۰،۶۵۰
	b	۰،۲۳۶	۰،۳۶۹	۰،۵۲	۰،۶۵۸
۰،۸	a	۰،۲۱۶	۰،۳۶۰	۰،۴۶۴	۰،۶۵۸
	b	۰،۲۲۹	۰،۳۶۸	۰،۴۹۹	۰،۶۵۵
۱	a	۰،۲۲	۰،۳۶۷	۰،۴۷۶	۰،۶۵۲
	b	۰،۲۲	۰،۳۶۷	۰،۴۷۶	۰،۶۵۲

۱-۷ ـ رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی

بعد از محاسبه مطلوبیت فازی مشخصه‌های فنی نیاز است که آنها را رتبه‌بندی کنیم. برای رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی از روشی که در بخش قبلی به آن اشاره شده کمک می‌گیریم نتیجه نهایی محاسبات در جدول ۱۰ نشان شده است.

جدول (۱۰) مقادیر محاسبه شده برای امتیازات کل هر مشخصه فنی.

	TC_1	TC_2	TC_3	TC_4
μ_L	۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۳۵
μ_R	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۶۶
μ_T	۰/۲۳۵	۰/۳۶۰	۰/۴۸۰	۰/۶۵۰

بطور مثال برای TC_1 داریم:

$$0.202 \le x \le 0.22 \qquad \mu_{U_1} = \begin{cases} \dfrac{x-0.202}{0.018} \\ \dfrac{0.257-x}{0.027} \end{cases} \qquad 0.22 \le x \le 0.257$$

$$0 \le X \le 1 \qquad \mu_{\max} = \begin{cases} x \\ 0 \end{cases}$$

$$0 \le X \le 1 \qquad \mu_{\min} = \begin{cases} 1-x \\ 0 \end{cases}$$

لذا برای محاسبه امتیارات می‌توان به صورت زیر عمل کرد:

$$\mu_R(U_1) = \underset{x}{SUP}\left[\mu_{U_1}(x) \wedge \mu_{\max}\right] = 0.25$$

$$\mu_L(U_1) = \underset{x}{SUP}\left[\mu_{U_1}(x) \wedge \mu_{\min}(x)\right] = 0.78$$

$$\mu_T(U_1) = \frac{\left[0.25 + (1-0.78)\right]}{2} = 0.235$$

با توجه به نتایج حاصل مشخصه‌های فنی به صورت زیر رتبه‌بندی می‌گردند.

$$TC_4 > TC_3 > TC_2 > TC_1$$

نتایج

اهمیت روز افزون مقوله کیفیت و ارتباط تنگاتنگ آن با رضایت مشتری باعث گردیده تا صاحبنظران و مهندسین کیفیت از روشهای علمی گوناگون جهت طراحی کیفیت در محصولات و خدمات کمک گیرند روش گسترش وظیفه کیفیت یکی از روشهایی است که با هدف ارتقاء کیفیت در صنعت مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله سعی گردید با استفاده از منطق فازی روش گسترش وظیفه کیفیت به دادهای زبانی تعمیم داده شود. به کمک یک مثال عددی، روش انجام محاسبات نشان داده شده.

از جمله نتایج مهمی که می‌توان در اجرای فرآیند QFD در محیط فازی به آن اشاره کرد، عبارتند از:

۱ـ استفاده بیشتر از مفاهیم و اصطلاحات خود مشتریان با کمک گرفتن از متغیرهای زبانی و واژه‌های زبانی در تعریف خانه کیفیت.

۲ـ مدل‌سازی بهتر و واقعی‌تر مسئله با استفاده از تئوری فازی.

۳ـ از بین رفتن حساسیت مسئله نسبت به مقیاس فاصله‌ای استفاده شده برای تعریف سطح ارتباط در ماتریس خانه کیفیت.

۴ـ از بین رفتن فاصله بین سطوح تعریف شده برای تعریف سطح ارتباط در ماتریس خانه کیفیت. یعنی در شرایط قطعی برای تعریف سطح ارتباط از یک تعریف سه سطحی در ارتباط (قوی، متوسط، ضعیف) استفاده می‌شود که با استفاده از

متغیرهای زبانی این فاصله بین سطوح از بین رفته.

زیرنویس‌ها

1-Quality Function Deployment (QFD)
2- Voice of Customer
3- Yoji Akao
4- American Supplier Institute
5-House of Quality
6-Benchmarking
7-Affinity Diagram
8-Tree Diagram
9-Membership Function

مراجع

[۱] دکتر محمد جواد اصغر پور- تصمیم‌گیریهای چند معیاره - انتشارات دانشگاه تهران - ۱۳۷۷

[۲] معرفی و تشریح QFD با تأکید به مراحل خانه کیفیت - صنایع - پاییز ۷۸ - سال پنجم - شماره ۴

[3] An Approach for Solving Fuzzy Problems–International Journal of Uncotainty Fuzziness and Knowledge– Bases System– 5: (4)-459-480- Agu–1997

[4] An Efficient Approach to Solving Fuzzy MADM–Fuzzy Sets and System– 88: (1)-51-67 - May – 1997

[5] Determing Optimal Design Characteristic Levels in Quality Function Deployment – Quality Engineering–10 (2)–295–307– (1997-98)

[6] Framework of Fuzzy Quality Function Deployment System–International Journal of Production Research- vol. 34– 1996

[7] Fuzzy Logic and Optimization Models for Implementing QFD–Computers & Industrial Engineering – 35: (1-2) – 237-240- OCT – 1998

[8] Young– Joulae – Chin- Lai Hwang -Fuzzy Mathematical Programing Methods and Applications – Springer-Verlag Berlin Heidelberg -1992

[9] Shu-Jen Chen- Chin–Lai Hwang -Fuzzy Multiply Attribute Decision Making Method and Applications– Springer-Verlag,Heidelberg-1991

[10] H.J. Zimmerman -Fuzzy Set Theory and its Applecations –Kluwer-Nijhoff,Hinghum-1985

[11] Proiritizing the Technical Mensures in Quality Function Deployment – Quality Engineering – 10(3) –467-479-OCT – 1998

[12] Shegeru Miauno- Yoji Akao -QFD – The Customer–Driven Approach to Quality Planning Dcployment– 1994 –Prentice Hall PTR New

[13] Lou Conen - Quality Function Deployment to How to Make QFD Work for You – 1996-Black Well Scientific publications

[14] Ranking Fuzzy Numbers with Index of Optimisn- Fuzzy Set s and Systems – 35(1990)- 143-150

[15] Ranking Fuzzy Numbers with Integral Valu- Fuzzy Sets and Systems – 50(1992)- 347-355

[16] Terninko John -Step by Step QFD: Customer – Driven Product Desing – 1997-CRCP Press LLC