مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۳۹۳)
دوره‌ی ۱-۳۰، شماره‌ی ۱/۱، ص. ۱۳۷-۱۵۰، (یادداشت فنی)

Research Note

روشی جدید برای وزن‌دهی به خواسته‌های مشتریان و اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی محصول با رویکرد QFD فازی

سیدمحمدحسین حجتی * **(استادیار)**
گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز
محسن زارعی‌نژاد (دانشجوی کارشناسی ارشد)
باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

امروزه برای تبدیل خواسته‌های مشتریان به مشخصه‌های فنی محصول از رویکرد گسترش عملکرد کیفیت یا گسترش کارایی کیفی (QFD)[1] به‌طور وسیعی استفاده می‌شود. در این رویکرد رتبه‌بندی و وزن‌دهی صحیح هریک از خواسته‌های مشتریان حائز اهمیت است، چرا که این امر بر ارزش نهایی مشخصه‌های فنی محصول تأثیر خواهد گذاشت. هر فرد تصمیم‌گیرنده درک متفاوتی از ارزیابی متغیرهای زبانی در محیط فازی دارد، هدف از این تحقیق روش جدید وزن‌دهی به خواسته‌های مشتریان و مشخصه‌های فنی براساس اطلاعات رقبا و ارائه‌ی روش سیستماتیک QFD فازی است. موفقیت یک محصول نه‌تنها به مطابقت با نیازهای مشتریان، بلکه به مقایسه و ارزیابی محصولات رقبا نیز بستگی دارد. اکثر روش‌های پیشین تنها بر دیدگاه مشتری متمرکز بوده و از محیط رقابتی چشم‌پوشی کرده‌اند. روش پیشنهادی شامل موقعیت رقبا، وزن‌دهی متفاوت مشتریان گوناگون، عملکرد فعلی و نظر مشتریان به درک‌های متفاوت از متغیرهای زبانی، درنظرگرفتن سقف خانه‌ی کیفیت فازی، به‌علاوه استفاده از ریاضیات فازی به‌جای اعداد قطعی در مقایسه با روش‌های قبل است. این روش می‌تواند بهترین استراتژی طراحی محصول را در اختیار سازمان قرار دهد.

واژگان کلیدی: گسترش عملکرد کیفیت، خانه کیفیت فازی، ندای مشتری، محیط رقابتی، قاعده‌ی پارتو، آنتروپی.

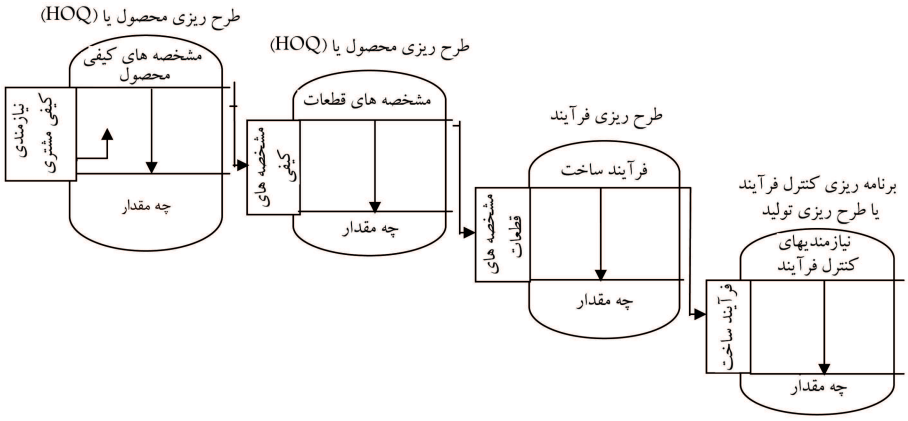
mhh@iaushiraz.ac.ir
mohsen.zareinejad@gmail.com

۱. مقدمه

امروزه از گسترش عملکرد کیفیت یا گسترش کارایی کیفی (QFD) وسیعاً استفاده می‌شود. فرایندهای مشتری‌محور و توسعه‌ی محصول در اواخر ۱۹۶۰ میلادی توسط آکائو در ژاپن مطرح شد.[1] این شیوه با کاربرد آن در شرکت فورد موتور به آمریکا معرفی شد، و از آن به بعد نقش مهمی در شرکت‌های بزرگ تولیدی و خدماتی ایفا می‌کند.[2] گسترش عملکرد کیفیت سیستمی است که نیازها و خواسته‌های مشتریان را با اطمینان کامل به طراحی محصول و فرایند تولید ترجمه می‌کند.[3] به‌طور کلی می‌توان گفت که QFD از چهار مرحله‌ی اصلی و به‌هم پیوسته به‌منظور گسترش نیازهای مشتریان تشکیل شده است.[3و4] در این فرایند چهارمرحله‌یی، در هریک از مراحل، ورودی‌های یا «چگونه‌ها» (WHATs) از خروجی‌ها یا «چه‌ها» (HOWs) با بیشترین درجه اهمیت از مراحل قبلی ایجاد می‌شوند. در واقع خروجی هر مرحله ورودی مرحله‌ی بعد است (شکل ۱). بنابر این هریک از مراحل QFD را می‌توان با ماتریس‌های «چه‌ها» و «چگونه‌ها» شرح داد. این نگرش توسط دونالد کلازینگ در شرکت فورد مطرح شد و شامل چهار ماتریس پیوسته است: ۱. طرح‌ریزی محصول[2] یا خانه‌ی کیفیت (HOQ)[3]؛ ۲. طراحی محصول[4]؛ ۳. طرح‌ریزی فرایند[5]؛ ۴. برنامه‌ریزی کنترل فرایند (طرح‌ریزی تولید[6]). در مرحله‌ی اول نیازهای مشتریان به ویژگی‌های طراحی محصول تبدیل می‌شود که به مشخصه‌های فنی محصول[7] معروف‌اند. در مرحله‌ی دوم مشخصه‌ی فنی به ویژگی قطعات محصول، در مرحله‌ی سوم ویژگی‌های قطعات به عملیات فرایند، و در مرحله‌ی چهارم عملیات کلیدی فرایند به الزامات تولید ترجمه می‌شود.

نخستین مرحله از QFD با نام خانه کیفیت (HOQ) از اهمیت اساسی و استراتژیک در سیستم استقرار عملکرد کیفیت بر خوردار است. HOQ ابزاری توانمند برای ترجمه ندای مشتری[8] و خواسته‌های کیفی او از محصول، با ترکیب اولویت‌های رقابتی، به الزامات کمی و فنی محصول است. به‌عبارت دیگر HOQ را سنگ بنای گسترش عملکرد کیفیت می‌نامند. اکثر مطالعات مربوط به QFD مربوط به مرحله‌ی اول آن یعنی HOQ است،[4] به‌همین دلیل تمرکز اصلی این تحقیق نیز بر خانه‌ی کیفیت است.

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۱/۳/۱۶، اصلاحیه ۱۳۹۱/۱۰/۱۳، پذیرش ۱۳۹۱/۱۰/۲۴.



شکل ۱. رویکرد چهار مرحله‌یی QFD.

از طرفی بسیاری از اطلاعات مورد نیاز در اجرای خانه‌ی کیفیت از ادراکات انسانی و ارزیابی زبانی حاصل می‌شود، که معمولاً به‌صورت ذهنی و مبهم بیان می‌شوند. از آنجا که قضاوت‌های افراد با متغیرهای زبانی می‌تواند بر نتیجه‌ی نهایی تأثیرگذار باشد،[۵] از راهکار طبیعی مقابله با قضاوت‌های ذهنی و غیرقطعی استفاده می‌کنیم. این راهکار چیزی نیست جز استفاده از مجموعه‌های فازی یا اعداد فازی در بیان نسبت‌های مقایسه‌یی.

ما می‌دانیم درک هر فرد از متغیرهای زبانی با فردی دیگر متفاوت است؛ چنان که مثلاً تعبیر شخصی از عدد ۶ کلمه‌ی خوب است و شخص دیگر آن را کلمه‌یی متوسط ارزیابی می‌کند. به‌همین منظور در این مطالعه از متغیرهای زبانی با اعداد فازی متفاوت برای نظرات مشتریان مختلف استفاده می‌کنیم. در این مطالعه یک رویکرد نظام‌مند و عملیاتی از فرایند QFD پس از شرح، و تجزیه و تحلیل عناصر HOQ پیشنهاد می‌دهیم که دوازده مرحله را شامل می‌شود. همچنین برای تبدیل ندای مشتری از اعداد فازی مثلثی متقارن (STFNs)[۹] استفاده می‌کنیم. با استفاده از روش آنتروپی، هم برای خواسته‌ی مشتریان و هم برای الزامات فنی، به تجزیه و تحلیل‌های رقابتی و به دست آوردن اولویت‌های رقابتی خواهیم پرداخت. از آنجا که وزن‌دهی و اولویت‌بندی صحیح خواسته‌های مشتریان بر ارزش نهایی مشخصه‌های فنی تأثیرگذار است، برای وزن‌دهی خواسته‌های کیفی از مفهوم شاخص عملکرد رقابتی استفاده می‌کنیم که از سه دیدگاه: رقابت، عملکرد، و رضایت مشتریان نشأت می‌گیرد. اوزان به دست آمده از این روش نشان‌دهنده‌ی اهمیت نیاز مشتریان است که شرکت‌ها باید به‌منظور حفظ مزیت رقابتی بر آن متمرکز شوند. همچنین استفاده از سقف خانه‌ی کیفیت فازی برای ایجاد همبستگی میان الزامات فنی این تأثیر را بیش از پیش افزایش می‌دهد.

۲. مروری بر ادبیات تحقیق

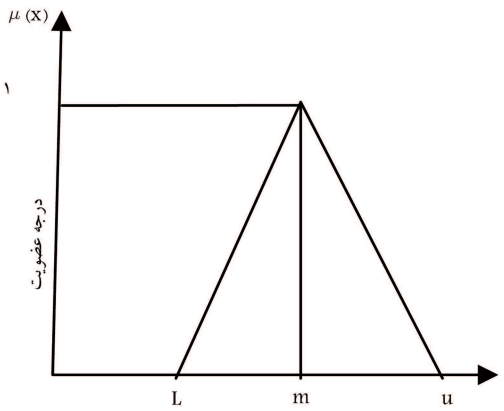
تکنیک QFD فرایندی نظام‌مند برای شناسایی و درک نیازها و خواسته‌های مشتریان است و از روش‌های نوین کیفیت در تمامی مراحل، اعم از طراحی، توسعه و ساخت محصول استفاده می‌شود. این روش به سازمان‌ها کمک می‌کند تا بتوانند محصولات رقابتی خود را در زمان کوتاه‌تر و با هزینه‌ی کم‌تر تولید کنند.[۱] مؤسسه‌ی تأمین‌کنندگان آمریکا QFD را این‌گونه تعریف می‌کند: «سیستمی است برای ترجمه‌ی خواسته‌های مشتریان به نیازمندی‌های مناسب سازمان‌ها در هر مرحله از تحقیق، و توسعه‌ی محصول به فرایند مهندسی و تولید به بازاریابی، فروش و توزیع است.»[۶] اجرای این رویکرد انعطاف لازم را در بهبود ارتباط مشتری و تولیدکننده فراهم می‌سازد و باعث اعمال نظرات مشتری و خواسته‌ها و نیازهای او در ویژگی‌های فنی محصول می‌شود. نقطه‌ی عطف تکامل روش QFD در سال ۱۹۷۸ با انتشار کتابی با عنوان «گسترش عملکرد کیفیت» از سوی آکائو همراه بود.[۷] بعد از آن به‌منظور گسترش مفاهیم کیفی و QFD تلاش‌های بسیاری صورت گرفت. در سال‌های اخیر شاهد تحقیقاتی چند در زمینه‌ی QFD بوده‌ایم که به برخی از آنها اشاره خواهیم کرد.

در یکی از تحقیق‌ها اولویت‌بندی خواسته‌های کیفی و مشخصه‌های فنی و مهندسی محصول با استفاده از رویکرد فازی بررسی شد.[۸] همچنین اولویت‌بندی خواسته‌های مشتری از طریق رویکرد فازی در یک محیط رقابتی بررسی،[۹] و براساس ارزیابی رقبا خواسته‌های مشتریان وزن‌دهی شد. در مطالعه‌یی دیگر، اولویت‌بندی اقدامات استراتژیک در بهینه‌کردن خدمات لجستیک[۱۰] با استفاده از QFD فازی و مقایسه با حالت مطلوب سازمان بررسی شد. برای اولین‌بار از گسترش عملکرد کیفی به‌عنوان یک رویکرد بهبود کیفی برای اولویت‌بندی نیازهای مشتریان نسبت به خدمات تلفن همراه استفاده شد.[۱۱] استفاده‌ی مؤثر و کارا از عوامل خانه‌ی کیفیت منجر به بهبود فرایند لجستیک و درنتیجه افزایش رضایت‌مندی مشتریان در یک شرکت مکانیکی در ایتالیا شد.[۶] در تحقیق حاضر سعی بر آن است که با ارائه‌ی رویکردی سیستماتیک و عملیاتی از فرایند QFD، شکاف‌های موجود در دیگر مقالات، از جمله: وزن‌دهی خواسته‌های کیفی براساس ارزیابی با سایر رقبا و همچنین در نظر گرفتن توابع عضویت گوناگون برای هریک از اصطلاحات توصیفی مشتریان، پوشش داده تا ماتریس کامل‌تری برای توسعه عملکرد کیفیت در اختیار داشته باشیم.

۳. نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی

۱.۳. عدد فازی مثلثی

در دنیای واقعی همواره عدم اطمینان وجود دارد. مدل سازی عدم اطمینان در تحلیل تصمیم از طریق نظریه‌ی مجموعه فازی انجام می‌شود. برای تجزیه و تحلیل این مجموعه‌ها به هریک از اعضای آن عددی در محدوده‌ی [۱و۰] به‌عنوان درجه عضویت آن عضو در آن مجموعه نسبت داده می‌شود. در این تحقیق اعداد فازی مثلثی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک عدد فازی مثلثی را می‌توان با سه‌تایی مرتب (l, m, u) نشان داد (شکل ۲).[۱۲] اگر درجه‌ی عضویت عدد فازی را با $\mu(x)$



شکل ۲. نمایش یک عدد فازی مثلثی.

نشان دهیم تابع عضویت اعداد فازی عبارت خواهد بود از:

$$\mu(x)=\begin{cases}\frac{x-l}{m-l} & \text{if} \quad l\le x\le m & (۱)\\ \frac{u-x}{u-m} & \text{if} \quad m\le x\le u & (۲)\\ ۱ & \text{if} \quad x=m & (۳)\\ ۰ & \text{if} \quad \text{else} & (۴)\end{cases}$$

۲.۳. عملیات جبری مجموعه‌ی فازی

اگر دو عدد فازی $\tilde{A}_۱=(a,b,c)$ و $\tilde{A}_۲=(d,e,f)$ داشته باشیم و r یک عدد ثابت باشد آنگاه:

$$\tilde{A}_۱\oplus\tilde{A}_۲=(a+d,b+e,c+f) \quad (۵)$$

$$\tilde{A}_۱\otimes\tilde{A}_۲=(a\times d,b\times e,c\times f) \quad (۶)$$

$$\tilde{A}_۱\div\tilde{A}_۲=(a/f,b/e,c/d) \quad (۷)$$

$$\tilde{A}_۱r=r\tilde{A}_۱=(ra,rb,rc) \quad (۸)$$

$$r\oplus\tilde{A}=(r+a,r+b,r+c) \quad (۹)$$

برای فازی‌زدایی[۱۰] نیز از رابطه‌های ۱۰ تا ۱۲ استفاده می‌کنیم:

$$DF_A=\frac{l+m+u}{۳} \quad (۱۰)$$

$$DF_A=\frac{l+۲m+u}{۴} \quad (۱۱)$$

$$DF_A=\frac{l+۴m+u}{۶} \quad (۱۲)$$

۳.۳. عدد فازی مثلثی متقارن

یک عدد فازی مثلثی متقارن را به‌صورت $\tilde{F}=[a,c]$ نمایش می‌دهیم. این عدد شکل خاصی از مجموعه‌های فازی است که تابع عضویت آن طبق رابطه‌ی ۱۳ نمایش داده می‌شود:[۸]

$$\mu_{\tilde{F}}(x)=۱-|x-(c+a)/۲|/[(c-a)/۲]\ ,\quad a\le x\le c \quad (۱۳)$$

عملیات جبری این عدد فازی مشابه اعداد فازی مثلثی است با این تفاوت که در اینجا عدد میانه وجود ندارد.

۴. خانه‌ی کیفیت

نظام ترجمان کیفیت از یک اصطلاح ژاپنی بنام «هین شیتو کینو تنکای» به‌معنای «گسترش عملکرد کیفیت» گرفته شده است.[۱] نظام ترجمان کیفیت فرایندی نظام‌یافته است که با هدف ارضای خواسته‌ی مشتری شروع و پس از جمع‌آوری آنها را که «ندای مشتری» نامیده می‌شود، به مشخصه‌های کیفی و فنی تبدیل می‌کند و ضمن یک سلسله محاسبات ماتریسی، پارامترهایی را که در دست‌یابی به آن خواسته مهم‌اند برجسته کرده و با این پارامترها، فرایند دست یابی به آن خواسته را طراحی می‌کند.[۱۳] اولین مرحله از نظام ترجمان کیفیت، طراحی محصول است که به‌واسطه‌ی شباهت بسیارِ ماتریس آن به شکل خانه، به آن «خانه‌ی کیفیت» اطلاق می‌شود. خانه‌ی کیفیت از نظر ترجمه‌ی خواسته‌ها به الزام فنی، سیستمی و استراتژیک، در استقرار عملکرد کیفیت بسیار حائز اهمیت است. این ماتریس از QFD طرح مناسبی برای نگرش به سازمان و وضعیت آن در حال حاضر و آینده است. خانه‌ی کیفیت با در نظرگرفتن عملکرد سازمان و ارزیابی رقبای سازمان در جهت تحقق خواسته‌های مشتریان گام برمی‌دارد. در این ماتریس رابطه میان «چه‌ها» و «چگونه‌ها» مشخص می‌شود. شکل ۳ نشان‌دهنده‌ی یک خانه‌ی کیفیت و اجزای آن است.

۱.۴. عناصر خانه‌ی کیفیت

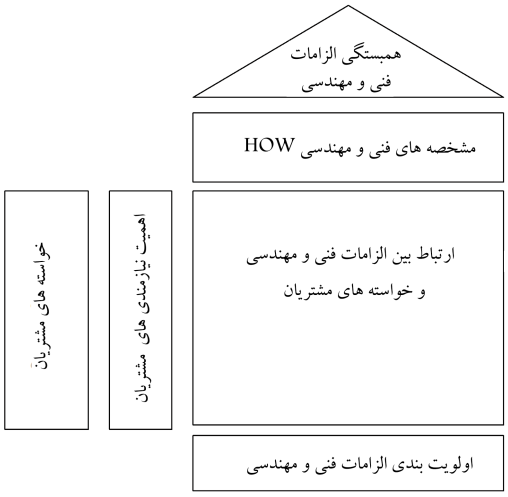
با توجه به مطالعات گذشته،[۸،۱۴و۱۵] معمولاً HOQ حاوی برخی از عناصر با تعاریف زیر است:

مشتریان. در ابتدا باید مشتریان استفاده‌کننده از محصولات یا خدمت مربوطه مشخص شوند. که طبیعتاً نظرات هر یک از آنها دارای وزن‌های متفاوتی می‌باشد.

چه‌ها. شامل خواسته‌ها و نیازهای مشتریان از محصول مربوطه است (الزامات مشتری).

گروه‌بندی خواسته‌های مشتریان. در صورت وجود ازدحام خواسته‌ها، برای درک آسان و تجزیه‌وتحلیل مناسب، آنها را در سلسله‌مراتب مختلف گروه‌بندی می‌کنند. به‌منظور انجام صحیح این امر از نمودار درختی استفاده می‌شود.

ماتریس همبستگی بین الزامات مشتریان. این ماتریس شامل ارتباط بین هر جفت از نیازهای مشتریان است که معمولاً از طریق مقایسات زوجی حاصل می‌شود.



شکل ۳. خانه کیفیت.

رتبه‌بندی اهمیت نسبی نیازمندی مشتریان. این مهم توسط مشتریان و در طیف‌های درجه‌بندی گوناگون اندازه‌گیری می‌شود.

رقبا. باید نسبت به شناسایی رقبا در بازار اقدام شود.

ارزیابی مشتری رقابتی. در این مرحله به مشتریان اجازه داده می‌شود که به ارزیابی عملکرد نسبی محصول سازمان و محصولات مشابه رقبا بپردازند.

مقدار هدف برای نیازمندی‌های مشتریان. به‌منظور تحقق هرچه بیشتر خواسته‌های مشتریان، اهداف و برنامه‌ریزی سازمان مشخص می‌شود.

ضریب تصحیح[11]. به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد که خود را در یک موقعیت منحصر به فرد کسب و کار قرار دهند. شرکت‌ها برای تأکید بیشتر یا کم‌تر و بی‌تفاوت، درمورد برخی خواسته‌های کیفی ضرایب خاصی را به آنها اختصاص می‌دهند.[۸و۱]

وزن‌دهی هریک از خواسته‌های کیفی. رتبه‌بندی و وزن‌دهی هریک از الزامات کیفی طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

ضریب تصحیح × نسبت بهبود × درجه اهمیت = وزن خواسته‌ها

که در آن نسبت بهبود از تقسیم هدف سازمان بر سطح عملکرد فعلی به دست می‌آید.

الزامات فنی و مهندسی «چگونه‌ها» (HOWs). مشخصات طراحی، ویژگی‌های فنی و مهندسی و روش‌ها را شامل می‌شود، که مبین چگونگی ارائه خواسته‌های مشتریان در محصول است.

ماتریس همبستگی الزامات فنی و مهندسی. نشان‌دهنده‌ی تأثیر هریک از الزامات فنی بر یکدیگر است.

ماتریس روابط وابستگی الزامات کیفی، و فنی و مهندسی. این ماتریس روشی سیستماتیک برای شناسایی سطح ارتباط هریک از «چه‌ها» و «چگونه‌ها» است.

ارزیابی فنی رقابتی. در این مرحله عملکرد محصول سازمان و محصولات مشابه رقبای اصلی برای هریک از الزامات فنی بررسی می‌شود.

تعیین مقادیر هدف برای الزامات فنی. از جمله آخرین عناصر و مراحل خانه کیفیت است و شامل میزان همبستگی الزامات و نتایج حاصل از الگوبرداری از محصولات رقبا درخصوص الزامات فنی است.

اولویت‌بندی هریک از الزامات فنی. وزن الزامات فنی خروجی اصلی خانه کیفیت است. تقریباً مشابه با روش SAW است و از رابطه‌ی ۱۴ به دست می‌آید:

$$W(\text{HOWs}) = \sum [W(\text{WHATs}) \times relations\ matrix\ (\text{WHATs}\ Vs.\ \text{HOWs})] \qquad (۱۴)$$

۵. خانه‌ی کیفیت فازی پیشنهادی

با توجه به مقدمات فوق، گام‌های اجرایی مدل پیشنهادی HOQ به‌شرح زیر است:[۴و۸-۱۴و۱۶]

گام اول. شناسایی مشتریان و نیازهای آنها. به‌طورکلی سازمان‌ها باید مشتریان اصلی خود را شناسایی کنند و براساس میزان مشارکت در سود سازمان آنها را اولویت‌بندی کنند. خواسته‌ها و نیازمندی آنها نیز باید شناسایی شود. این کار از طریق مصاحبه یا گزارش و غیره صورت می‌گیرد. پس از آن باید خواسته‌ها را به‌وسیله‌ی نمودارهای وابستگی و نمودار درختی گروه‌بندی کرد.[۱۴]

گام دوم. اهمیت نسبی نیازمندی مشتریان. به این منظور برای ترجمه‌ی قضاوت‌های ذهنی و زبانی مشتریان، از اعداد فازی متقارن استفاده می‌کنیم. اعداد فازی برای مشتریان با توجه به درک و توصیف آنها از متغیرهای زبانی متفاوت خواهد بود. پس برای هرکدام از آنها طیف فازی جداگانه‌یی قرار داده‌ایم.

I_{ix} یک عدد فازی مثلثی متقارن است، برای تبدیل قضاوت اهمیت‌های زبانی مشتری xام نسبت به خواسته‌های کیفی iام، و Ir اهمیت نسبی هریک از خواسته‌های مشتریان است. به این ترتیب اهمیت نسبی Ir برای iامین نیازمندی را می‌توان به‌عنوان یک متوسط وزنی برای حدود I_{ix} تعریف کرد. از آنجا که متوسط وزنی هیچ‌یک از مشتریان برابر نیست، رابطه‌ی ۱۵ برای محاسبه‌ی Ir اعمال می‌شود:

$$Ir = \sum_{x=1}^{5} A_x \otimes I_{ix}, \qquad i = 1, 2, ..., m \qquad (۱۵)$$

گام سوم. تجزیه و تحلیل مشتری رقابتی. بررسی نقاط قوت و ضعف و محدودیت‌های رقبا در تمام جنبه‌های محصولات و در مقایسه با رقبای اصلی خود برای یک سازمان تولیدی یا خدماتی ــ اگر بخواهند به بهبود رقابت‌پذیری خود در بازارهای جهانی ادامه دهند ــ امری ضروری است. این اطلاعات از طریق پاسخ مشتریان نسبت به عملکرد نسبی سازمان و رقبای خود درمورد خواسته‌های کیفی مشتریان به دست می‌آید.

فرض کنید k مشتری به عملکرد نسبی هر سازمان براساس درجه‌بندی لیکرت، امتیاز x_{mlk} را نسبت به نیازمندی iام اختصاص دهند، آنگاه نرخ عملکرد سازمان برای هریک از نیازمندی‌های از طریق رابطه‌ی ۱۶ محاسبه می‌شود.

$$x_{ml} = \sum_{k=1}^{5} x_{mlk}/k, \qquad m = 1, 2, ..., M, \qquad l = 1, 2, ..., L \quad (۱۶)$$

که در آن L نشان‌دهنده‌ی رقبای سازمان است. درنتیجه نرخ عملکرد سازمان‌ها برای خواسته‌های مشتریان را می‌توان با یک ماتریس $M \times L$ نشان داد و آن را ماتریس مقایسه‌ی مشتری نامید.

$$X = \begin{array}{c} \\ W_1 \\ W_2 \\ \cdots \\ W_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_L \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1L} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2L} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mL} \end{bmatrix}_{M \times L} \end{array}$$

طبق ماتریس X سازمان تولیدی C_1 ممکن است امتیازهای نسبی محصول خود را براساس خواسته‌های مشتریان به‌منظور دست‌یابی به یک مزیت رقابتی بیشتر نسبت به سازمان‌های دیگر تنظیم کند. اگرسازمان C_1 برای خواسته‌ی iام امتیاز بهتری داشته باشد، پس بهبود بیشتری لازم نخواهد بود. درنتیجه اولویت با خواسته‌هایی است که امتیاز نسبی (ضریب تصحیح) کم‌تری داشته باشد.

براساس اطلاعات ماتریس X می‌توان امتیاز نسبی مشتری رقابتی را برای سازمان تحت مطالعه‌ی C_1 به دست آورد. این مرحله مرتبط با ضریب تصحیح است و براساس قضاوت‌های ذهنی صورت می‌گیرد. e_m امتیاز نسبی یا اولویت

نسبی سازمان C_1 برای نیازمندی mام است. در این صورت خواهیم داشت:

$$e = (e_1, e_2, \ldots, e_m)$$

این اولویت‌بندی و امتیاز نسبی از طریق نظریه‌ی آنتروپی[12] و نظریه‌ی اطلاعات قابل دسترسی است. آنتروپی معیاری است برای مقدار اطلاعات (عدم اطمینان یا متغیر) بیان شده توسط یک تابع توزیع احتمال گسسته P_i به‌طوری که این اطلاعات در صورت پخش‌بودن[13] توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد.[17] این تابع به‌صورت رابطه‌ی ۱۷ تعریف می‌شود.

$$E(P_1, P_2, \ldots, P_l) = -k \sum_{l=1}^{L} P_l \ln(P_l) \qquad (17)$$

به‌طوری که k یک عدد ثابت مثبت است به‌منظور تأمین $0 \le E \le 1$.

در صورتی که $x_m = \sum_{l=1}^{L} x_{ml}$ برابر با امتیازکل خواسته‌ی iام باشد امتیازها طبق رابطه‌ی ۱۸ محاسبه می‌شود.

$$P_{ml} = {x_{ml}}/{x_m}, \qquad l = 1, 2, \ldots, L \qquad (18)$$

در نتیجه رابطه‌ی ۱۹ برای توزیع احتمال خواسته‌ی mام از رقیب Lام اعمال خواهد شد.

$$E(W_m) = -{1}/{\ln M} \sum_{l=1}^{L} P_{ml} \ln(P_{ml}) = -{1}/{\ln m} \sum_{l=1}^{L} ({x_{ml}}/{x_m}) \ln({x_{ml}}/{x_m}) \qquad (19)$$

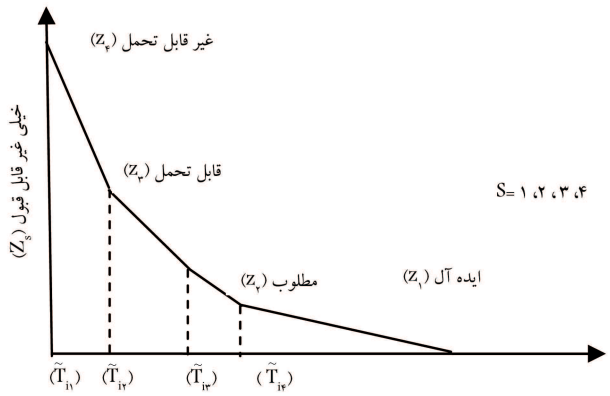
بعد از نرمال‌سازی از طریق رابطه‌ی ۲۰ مقدار e_m را می‌توان به‌عنوان اولویت‌بندی نسبی رقابتی سازمان تحت مطالعه (C_1) براساس هریک از نیازمندی‌های تعریف کرد. هرچه این مقدار بزرگ‌تر باشد، خواسته‌ی کیفی مربوطه از اولویت رقابتی بالاتری برخوردار است.

$$e_m = E(W_m) \Big/ \sum_{m=1}^{M} E(W_m), \qquad m = 1, 2, \ldots, M \qquad (20)$$

گام چهارم. وزن‌دهی خواسته‌های کیفی در فضای رقابتی. هدف از این مرحله به دست آوردن وزن اهمیت هریک از خواسته‌های کیفی از طریق تجزیه و تحلیل در محیط رقابتی است. وزن ایجاد شده از دو فاکتور مهم رقابت و عملکرد حاصل می‌شود. براین اساس موقعیت رقابت در چندین محدوده براساس عملکرد با سایر رقبا طبقه‌بندی می‌شود. این الگوریتم هم برای اعداد فازی و هم اعداد قطعی استفاده می‌شود. ما در این تحقیق از اعداد قطعی برای این الگوریتم استفاده می‌کنیم. این مرحله با رتبه‌بندی ابتدایی موقعیت‌های رقابتی محصول خود و رقبا، از دید مشتریان آغاز می‌شود. شکل ۴ نشان‌دهنده‌ی سطح طبقه‌بندی موقعیت رقابتی نیازکیفی i نسبت به رضایت مشتریان در یک محیط رقابتی است که در آن:

Z_s شاخص عملکرد رقابتی است و موقعیت رقبا را نشان می‌دهد. S تفکیک‌کننده‌ی محدوده‌های میزان رضایت و نشان‌دهنده‌ی رقبا به‌ترتیب افزایشی است. Z_s بالاتر به‌معنی آن است که رسیدگی به بهبود آن بسیار ضروری است.

T_{is} محدوده‌ی رقابتی را مشخص می‌کند و در واقع نقش رتبه‌بندی عملکرد رقبا



شکل ۴. طبقه‌بندی موقعیت رقابتی نیاز i.

را برعهده دارد. y_i ارزش مورد انتظار عملکرد نیازمندی i براساس سطح رضایت مشتری است. عملکرد رقابتی چنین تشریح می‌شود:

۱) $\tilde{y}_i \le \tilde{T}_{is}$ ایده آل
۲) $\tilde{y}_{i1} \le \tilde{y}_i \le \tilde{T}_{i2}$ مطلوب
۳) $\tilde{y}_{i2} \le \tilde{y}_i \le \tilde{T}_{i3}$ قابل تحمل
۴) $\tilde{y}_{i3} \le \tilde{y}_i \le \tilde{T}_{i4}$ غیرقابل تحمل

مقدار ارزش انتظاری $\tilde{Z}_s$ برای اعداد فازی از رابطه‌ی ۲۱ به دست می‌آید:

$$a_s = B^s a_0, \qquad a_0 = 1, \qquad B = 2$$
$$\tilde{Z}_s = (a_{s-1}, a_s, a_{s+1}), \qquad s = 1, 2, \ldots, S \qquad (21)$$

ارزش a_0 و B به میزان عملکرد محصول خود نسبت به سایر رقبا وابسته است. این که ارزش a_0 و B چه رابطه‌یی باهم دارند به تجارب طراح محصول بستگی دارد. با استفاده از تعاریف فوق می‌توانیم وزن اهمیت هریک از محدوده‌های رقابتی را به دست آوریم. وزن محدوده‌ی s برای نیازمندی iام برای اعداد فازی و قطعی چنین تعریف می‌شود:

$$fuzzy - \tilde{w}_{is} = {\tilde{z}_s}/{\tilde{t}_{is}} \qquad (22)$$
$$crisp - w_{ci} = {a_s}/{t_{is}} \qquad (23)$$

وزن نیازمندی‌های با شرط $T_{is-1} \ge y_i \ge T_{is}$ برقرار خواهد شد.

گام پنجم. به دست آوردن نسبت بهبود:

$$u_i = \frac{a_i}{x_{i1}}, \qquad i = 1, 2, \ldots, M \qquad (24)$$

گام ششم. درجه‌ی اهمیت خواسته‌های کیفی:

$$Wf_i = W_{Ci} \otimes u_i \otimes e_i, \qquad i = 1, 2, \ldots, M \qquad (25)$$

گام هفتم. درجه‌ی اهمیت نهایی خواسته‌های کیفی:

$$Wf_i^* = Wf_i \oplus Ir_i^{norm}, \qquad i = 1, 2, \ldots, M \qquad (26)$$

گام هشتم. محاسبه‌ی اهمیت نسبی مشخصه‌های فنی RI_j. در این سطر از خانه‌ی کیفیت وزن نسبی هریک از خصوصیات فنی و مهندسی (HOWs) با توجه به میزان

جدول ۱. درجه ارتباط بین **WHATs** و **HOWs** و نمادها.

درجه ارتباط	نماد	اعداد فازی
خیلی قوی	••	[۸و۱۰]
قوی	•	[۶و۸]
متوسط	O	[۴و۶]
ضعیف	Δ	[۲و۴]
خیلی ضعیف	ΔΔ	[۰و۲]
عدم ارتباط	بدون نماد	۰

جدول ۲. درجه همبستگی و اعداد فازی متناظر آنها.

درجه ارتباط	نماد	اعداد فازی	اعداد قطعی
خیلی مثبت	++	[۸و۱۰]	۹
مثبت	+	[۶و۸]	۷
منفی	−	[۲و۴]	۳
خیلی منفی	−−	[۰و۲]	۱
بدون رابطه	خانه خالی	۰	۰

ارتباط مشخصه‌ی مورد نظر با خواسته‌های مشتریان (WHATs) تعیین می‌شود:

$$RI_j = \sum_{i=1}^{m} wf_i^* \otimes r_{ij}, \qquad j = 1, 2, .., n \tag{۲۷}$$

که در آن r_{ij} میزان همبستگی را نشان می‌دهد. به‌منظور تعیین این روابط از نظرات کارشناسان مربوطه باید استفاده کرد. از نمادها و اعداد فازی مثلثی متقارنِ حاصل از تبدیل متغیرهای زبانی برای نمایش این ارتباط استفاده می‌شود (جدول ۱).

گام نهم. تعیین مقادیر هدف. وزن واقعی اهمیت نسبی الزامات فنی این سطر از خانه کیفیت با در نظر گرفتن میزان همبستگی مشخصه‌های فنی و مهندسی در سقف خانه‌ی کیفیت و از طریق رابطه‌ی ۲۸ به دست می‌آید:

$$RI_j^* = RI_j \oplus \sum_{k=j}^{N} T_{Kj} \otimes RI_j, \qquad j = 1, 2, \ldots, N,\ K \neq j \tag{۲۸}$$

که در آن T_{kj} میزان همبستگی الزامات را نشان می‌دهد. جدول ۲ نشان‌دهنده‌ی تبدیل متغیرهای زبانی درجه همبستگی الزامات فنی و مهندسی به‌صورت اعداد فازی است.

گام دهم. نرخ بهبود (HOW):

$$z_j = \frac{b_i}{y_{1j}}, \qquad j = 1, 2, ..., N \tag{۲۹}$$

در صورتی که مقدار y_{1j} بزرگ‌تر از مقدار هدف b_j باشد، آنگاه خواهیم داشت:

$$z_j = \frac{y_{1j}}{b_j}, \qquad j = 1, 2, ..., N \tag{۳۰}$$

گام یازدهم. محاسبه ضریب تصحیح برای الزامات فنی مهندسی v_{ij}. برای هریک از الزامات فنی نیز مانند گام سوم عمل می‌کنیم. تا نقاط فروش در یک محیط رقابتی به دست آید.

گام دوازدهم. درجه اهمیت نهایی برای هریک از مشخصه‌های فنی محصول.

$$WRI_j^* = RI_j^* \otimes v_i \otimes z_j, \qquad j = 1, 2, ..., N \tag{۳۱}$$

گام سیزدهم. در نظرگرفتن محدودیت‌ها در محاسبه‌ی وزن نهایی الزامات فنی. از آنجا که عوامل گوناگونی مانند محدودیت در هزینه، سرمایه و غیره، باعث تغییر در تصمیم‌گیری نهایی می‌شود، در اینجا سطرهایی را تحت عنوان مزیت الزام و هزینه‌های الزام و سختی تحقق، به‌منظور اجرایی‌شدن هریک از الزامات در نظر گرفته‌ایم تا تصمیم‌گیری درستی از انتخاب الزامات فنی و مهندسی انجام شود، و درنتیجه مهم‌ترین آنها به ماتریس بعدی QFD با مقدارهای کمی منطقی‌تر انتقال یابد؛ و در نهایت در ماتریسِ آخر، طرح‌ریزی تولید به‌مراتب بهتری داشته باشیم که این مهم به گسترش کیفیت در تمام سطوح سازمان خواهد انجامید.

C_j (هزینه‌ی الزام): هزینه‌هایی هستند که سازمان مربوطه و تیم اجرایی QFD باید متقبل شوند تا مشخصه‌های مربوطه برای مراحل بعدی تولید اجرایی گردد.

E_j (مزیت الزام): وجود هریک از مشخصه‌ها و الزامات فنی بدون شک وزن یکسانی ندارند و در واقع اهمیت نسبی الزامات را نسبت به یکدیگر مورد قضاوت قرار می‌دهد.

U_j (سختی توانایی): این سطر نشان‌دهنده‌ی مقایسه‌ی درجه‌ی سختی رسیدن به مقادیر هدف یا تغییر مقادیر خصوصیات فنی و مهندسی است. برای دست‌یابی به وزن نهایی هریک از مشخصه‌های فنی و مهندسی HOWs از رابطه‌ی ۳۲ استفاده می‌کنیم.

$$W * H = WRI_j * \times \text{مزیت الزام/هزینه الزام} \times \text{سختی الزام} \tag{۳۲}$$

در شکل ۵ خانه کیفیت پیشنهادی به تصویر کشیده شده و علائم بکار رفته در آن چنین تفسیر می‌شود:

i: اندیس مربوط به خواسته‌های کیفی $i = 1, 2, ..., M$؛

j: اندیس مربوط به مشخصه‌های فنی $j = 1, 2, ..., N$؛

l: اندیس مربوط به سازمان‌های رقیب $l = 2, 3, ..., l$؛

W_i: خواسته‌ی کیفی iام؛

C_1: سازمان مورد بررسی (خود)؛

C_l: سازمان‌های رقیب؛

W_{ci}: وزن خواسته‌ی کیفی iام در ارزیابی با رقبا؛

e_i: ضریب تصحیح برای خواسته‌های iام؛

a_i: مقدار هدف برای خواسته‌ی iام؛

u_i: نرخ بهبود برای خواسته‌ی iام؛

Wf_i: وزن نسبی خواسته‌ی کیفی iام؛

H_j: مشخصه‌ی فنی jام؛

Wf_i^*: درجه اهمیت نهایی نیازمندی iام؛

r_{ij}: درجه ارتباط بین خواسته‌ی iام و مشخصه فنی jام؛

Ir_i: اهمیت نسبی خواسته‌ی iام از دید مشتری؛

RI_j: اهمیت نسبی مشخصه‌های فنی jام؛

RI_j^*: مقادیر هدف برای الزام jام با در نظرگرفتن همبستگی الزامات؛

z_j: ضریب تصحیح مشخصه‌ی فنی j؛

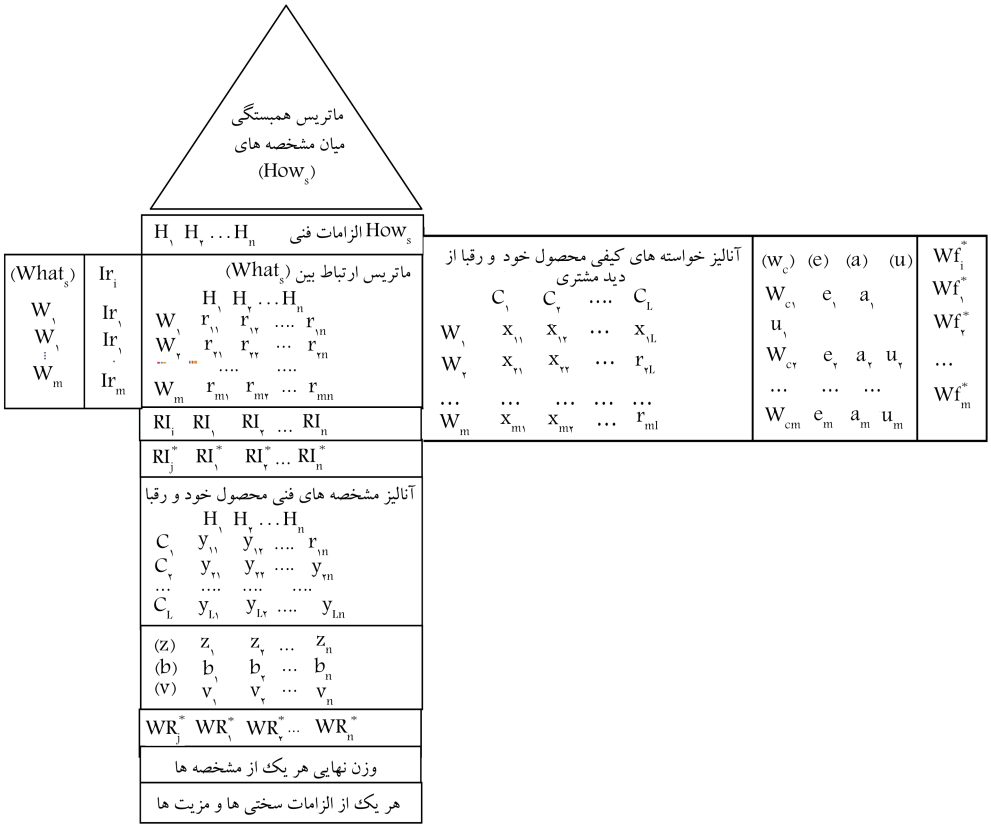
b_j: مقدار هدف برای مشخصه‌ی jام؛

v_j: نرخ بهبود برای مشخصه‌ی فنی jام؛

c_j: هزینه‌ی اجرای مشخصه‌ی فنی jام؛

WRI_j^*: درجه‌ی اهمیت نهایی مشخصه‌ی فنی jام؛

x: نظر مشتری در رابطه با محصول سازمان مورد بررسی به‌منظور تحقق خواسته‌ی



شکل ۵. خانه کیفیت فازی پیشنهادی.

کیفی iام؛

x_{il}: نظر مشتری در رابطه با محصول سازمان‌های رقیب؛

I_{ix}: اهمیت نظر مشتری xام نسبت به خواسته iام؛

T_{Kj}: ضریب همبستگی الزام فنی kام و الزام فنی jام به‌طوری که $k \neq j$ و $k = ۱, ۲, ..., N$؛

$y_{۱j}$: مقادیر فنی مشخصه‌های محصول سازمان مورد بررسی؛

y_{lj}: مقادیر فنی مشخصه‌های محصول سازمان‌های رقیب در آنالیز رقبا؛

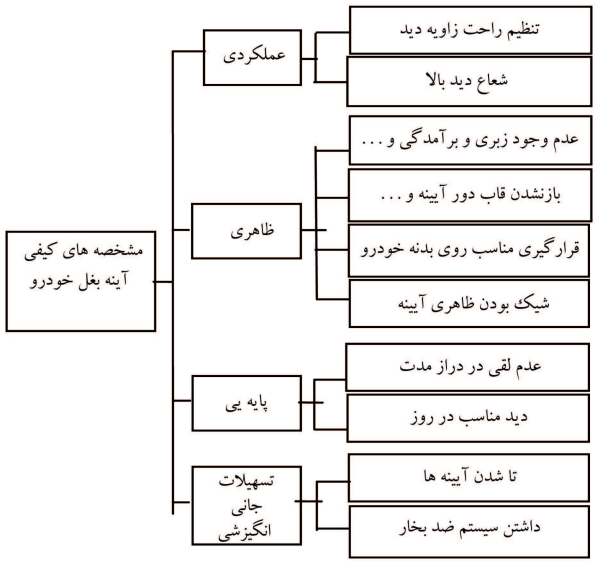
W^*H_j: درجه اهمیت نهایی نسبی هریک از الزامات فنی با در نظرگرفتن سایر محدودیت‌ها.

۶. مثال کاربردی

به‌طورکلی در ادبیات نمی‌توان نمونه‌ی کاملی از QFD و خانه‌ی کیفیت را مشاهده کرد. ما سعی می‌کنیم خانه‌ی کیفیتی با تمام شرایط لازم را ارائه دهیم.

دراین تحقیق به بررسی تولید یک کارخانه ($C_۱$) تولید آیینه بغل خودرو می‌پردازیم. محاسبات مربوطه در مقایسه با سه رقیب دیگر، با تولیدات مشابه، در خانه‌ی کیفیت پیشنهادی صورت می‌گیرد. این خانه‌ی کیفیت کمک بسیاری به شرکت $C_۱$ در تصمیم‌گیری و در نتیجه بهبود محصولات خواهد کرد. اقدامات لازم، گام به گام مطابق با مدل پیشنهادی صورت می‌گیرد.

گام اول. ابتدا از طریق نظرسنجی به درک نیازهای مشتریان شرکت $C_۱$ و شناسایی آنها می‌پردازیم. نیازهای مشتریان به‌صورت نمودار درختی در شکل ۶ مشاهده می‌شود. در این تحقیق پنج مشتری با درجه اهمیت‌های متفاوت، برداشت خود



شکل ۶. نمودار درختی مربوط به نیازمندی‌های مشتریان.

را نسبت به هریک از ۱۰ خواسته‌ی کیفی، با اصطلاحات توصیفی ابراز می‌کنند. جدول ۳ نشان‌دهنده‌ی اهمیت هر مشتری براساس سهم آنها در سود شرکت است. نظرات مشتریان در جدول ۴ قابل مشاهده است.

تبدیل اهمیت‌های نسبی داده شده به نیازمندی‌های با متغیرهای زبانی از طریق اعداد فازی مثلثی متقارن صورت می‌گیرد. به‌منظور تطابق بیشتر با واقعیت در این

جدول ۳. رتبه بندی اهمیت مشتریان اصلی سازمان.

مشتری	درصد اهمیت	اهمیت قضاوت	عدد قطعی	عدد فازی
اول	۳۳	خیلی زیاد	۹	(۱۰و۹و۸)
دوم	۲۵	زیاد	۷	(۸و۷و۶)
سوم	۲۲	نسبتاً زیاد	۶	(۷و۶و۵)
چهارم	۱۰	کم	۳	(۴و۳و۲)
پنجم	۱۰	کم	۳	(۴و۳و۲)

جدول ۴. درک نظر (رضایت‌مندی) پنج مشتری برای ۱۰ نیازمندی.

(Whats)	مشتری				
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
w_1	زیاد	خیلی زیاد	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
w_2	متوسط	خیلی زیاد	متوسط	نسبتاً زیاد	متوسط
w_3	خیلی زیاد	متوسط	خیلی زیاد	زیاد	کم
w_4	زیاد	کم	متوسط	خیلی زیاد	کم
w_5	کم	خیلی کم	کم	زیاد	زیاد
w_6	خیلی زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
w_7	متوسط	کم	خیلی زیاد	نسبتاً زیاد	متوسط
w_8	زیاد	متوسط	متوسط	نسبتاً زیاد	زیاد
w_9	کم	متوسط	خیلی کم	متوسط	متوسط
w_{10}	خیلی زیاد	کم	متوسط	خیلی کم	کم

جدول ۵. درک نظر مشتریان اول و دوم.

اعداد فازی	توصیف نقطه‌نظر مشتری
(۱۰و۹و۸)	خیلی زیاد
(۸و۷و۶)	زیاد
(۶و۵و۴)	متوسط
(۴و۳و۲)	کم
(۲و۱و۰)	خیلی کم

جدول ۶. درک نظر مشتریان سوم و پنجم.

اعداد فازی معادل	توصیف نقطه‌نظر مشتری
(۱۰و۹و۸)	خیلی زیاد
(۸و۷و۶)	زیاد
(۶و۵و۴)	متوسط
(۵و۴و۳)	کم
(۳و۲و۱)	خیلی کم

جدول ۷. درک نظر مشتری چهارم.

اعداد فازی	توصیف نقطه‌نظر مشتری
(۱و۰و۱-)	کم
(۲و۱و۰)	خیلی کم
(۴و۳و۲)	متوسط
(۶و۵و۴)	زیاد
(۸و۷و۶)	نسبتاً زیاد
(۱۰و۹و۸)	خیلی زیاد

جدول ۸. درجه اهمیت نسبی نیازمندی‌ها.

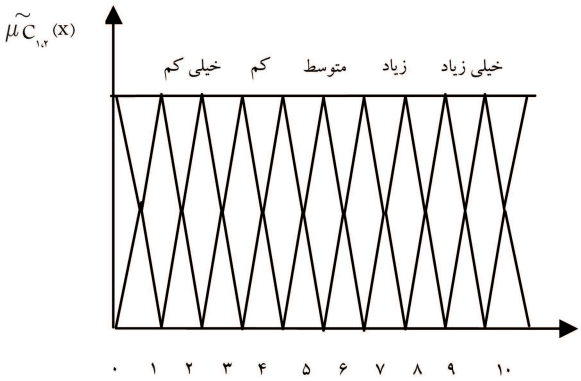
(Whats)	I_{ix}					Ir
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	
W_1	[۸و۶]	[۱۰و۸]	[۸و۶]	[۶و۴]	[۱۰و۸]	(۲۸۰و۲۱۰و۱۵۰)
W_2	[۶و۴]	[۱۰و۸]	[۶و۴]	[۸و۶]	[۶و۴]	(۲۳۸و۱۷۴و۱۲۰)
W_3	[۱۰و۸]	[۶و۴]	[۱۰و۸]	[۶و۴]	[۵و۳]	(۲۶۲و۹۷و۱۴۲)
W_4	[۸و۶]	[۴و۲]	[۶و۴]	[۱۰و۸]	[۵و۳]	(۲۱۴و۱۵۳و۱۰۲)
W_5	[۴و۲]	[۲و۰]	[۵و۳]	[۶و۴]	[۸و۶]	(۱۴۷و۱۹۴و۵۱)
W_6	[۱۰و۸]	[۸و۶]	[۸و۶]	[۶و۴]	[۱۰و۸]	(۲۸۴و۲۱۴و۱۵۴)
W_7	[۶و۴]	[۴و۲]	[۱۰و۸]	[۸و۶]	[۶و۴]	(۲۱۸و۱۵۶و۱۰۴)
W_8	[۸و۶]	[۶و۴]	[۶و۴]	[۸و۶]	[۸و۶]	(۲۳۴و۱۷۰و۱۱۶)
W_9	[۴و۲]	[۶و۴]	[۳و۱]	[۴و۲]	[۶و۴]	(۱۳۹و۹۳و۵۷)
W_{10}	[۱۰و۸]	[۴و۲]	[۶و۴]	[۲و۰]	[۵و۳]	(۲۰۲و۱۴۷و۱۰۲)

جدول ۹. وزن نسبی نرمال شده نیازمندی‌ها.

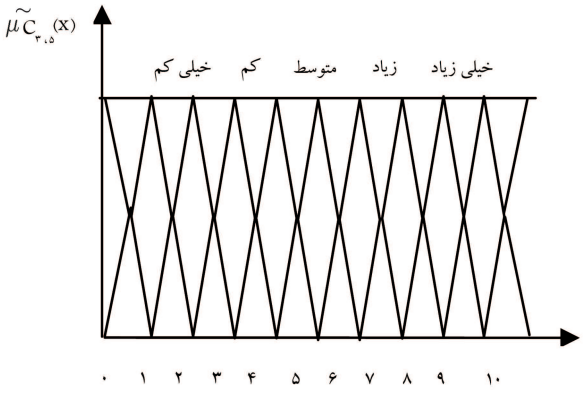
(Whats)	Ir^{norm}
W_1	(۰٫۰۶۸و۰٫۱۳و۰٫۲۵۵)
W_2	(۰٫۰۵۴و۰٫۱۰۸و۰٫۲۱۷)
W_3	(۰٫۰۶۴و۰٫۱۲۳و۰٫۲۳۹)
W_4	(۰٫۰۴۶و۰٫۰۹۵و۰٫۱۹۵)
W_5	(۰٫۰۲۳و۰٫۰۵۹و۰٫۱۳۴)
W_6	(۰٫۰۷و۰٫۱۳۳و۰٫۲۵۹)
W_7	(۰٫۰۴۷و۰٫۰۹۷و۰٫۱۹۹)
W_8	(۰٫۰۵۲و۰٫۱۰۶و۰٫۲۱۳)
W_9	(۰٫۰۲۶و۰٫۰۵۸و۰٫۱۲۷)
W_{10}	(۰٫۰۴۶و۰٫۰۹۲و۰٫۱۸۲)

مطالعه طیف‌های گوناگونی از اعداد فازی برای توصیف، در اختیار مشتریان قرار گرفت. هریک از طیف‌های جداگانه‌ی فازی برای پنج مشتری مطابق نمودارهای ۱ تا ۳ و جداول ۵ تا ۷ تعریف می‌شود.

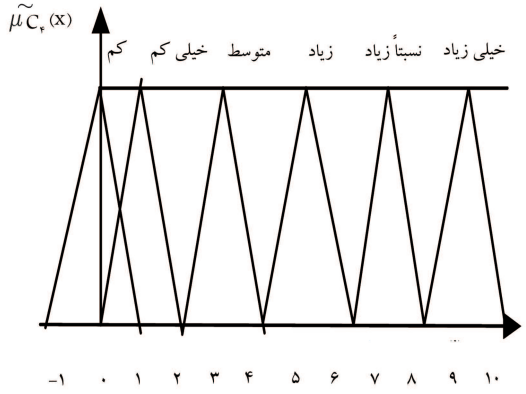
گام دوم. براساس رابطه‌ی ۱۵ محاسبه‌ی اهمیت نسبی نیازمندی‌های انجام شد



نمودار ۱. تابع عضویت ۹ رتبه‌یی فازی برای مشتری اول و دوم.



نمودار ۲. تابع عضویت ۹ رتبه‌یی فازی برای مشتری سوم و پنجم.

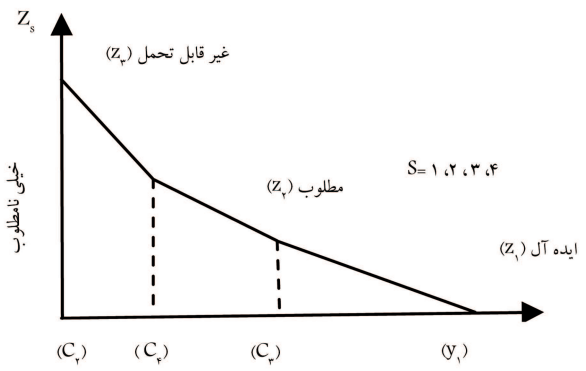


نمودار ۳. تابع عضویت ۹ رتبه‌یی فازی برای مشتری چهارم.

(جدول ۸). داده‌های حاصله پس از نرمال‌سازی در جدول ۹ ارائه شده است.

گام سوم. در این مرحله با استناد بر نظر مشتریان راجع به عملکرد شرکت تحت مطالعه و سه رقیب دیگر، از نظریه‌ی آنتروپی برای وزن‌دهی و به دست آوردن ضریب تصحیح، مطابق با مرحله‌ی سوم از بخش ۵ استفاده شد. نظرات مشتریان و همچنین نتایج حاصله در جدول ۱۰ ارائه شده است.

گام چهارم. با استفاده از ماتریس مقایسه‌ی مشتریان که در مرحله‌ی قبل به دست آوردیم و همچنین رابطه‌ی ۲۴، نسبت بهبود برای هر نیازمندی محاسبه شد. نتایج در جدول ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۷. نقاط رقابتی برای نیازمندی اول.

[ب!] ستون مربوط به ماتریس X از طریق میانگین‌گیری از ماتریس‌های $X_۱, X_۲, ..., X_۵$ به دست می‌آید. به‌عنوان مثال برای به دست آوردن نرخ عملکرد سازمان $C_۱$ برای نیازمندی دوم‌طبق رابطه‌ی ۱۶ خواهیم داشت:

$$x_{۲۱} = \frac{x_{۲۱۱} + x_{۲۱۲} + x_{۲۱۳} + x_{۲۱۴} + x_{۲۱۵}}{۵}$$
$$= \frac{۳ + ۵ + ۳ + ۷ + ۵}{۵} = ۴/۶$$

همچنین با استفاده از رابطه‌ی ۱۹ داریم:

$$(E(W۱), E(W۲), ...E(W۱۰) = (۰/۹۹۴۰, ۰/۹۹۴۴, ۰/۹۹۲۵,$$
$$۰/۹۹۷۳, ۰/۹۹۰۹, ۰/۹۹۰۵, ۰/۹۹۷۳, ۰/۹۸۵۹, ۰/۹۹۶۱, ۰/۹۹۱۹)$$

سپس از رابطه‌ی ۲۰ هریک از مقادیر e_m برای نیازمندی‌های به دست می‌آید. لازم به ذکر است که جدول ارزیابی رقبا از درجه‌بندی هفت‌گانه از «خیلی‌کم» تا «خیلی‌زیاد» تشکیل شده است.

گام پنجم. برای دست آوردن وزن خواسته‌های کیفی با در نظرگرفتن رقبا از ماتریس آنالیز رقبا در جدول ۱۰ استفاده می‌کنیم. با استناد به مرحله‌ی چهارم بخش ۵، محدوده‌های رقابتی نیازمندی‌های را مشخص می‌کنیم. برای مثال محدوده رقابتی نیازمندی اول مشتریان مطابق شکل ۷ عبارت است از:

$$[c_۲(۴/۶) < c_۲(۵/۳) < c_۳(۵/۸)]$$

درنتیجه چگونگی ارزیابی رقبا در چهار محدوده‌ی «ایده‌آل»، «مطلوب»، «قابل تحمل» و «نامطلوب» چنین نشان داده می‌شود.

۱. $(y_i \geq ۵/۸)$ ایده‌آل
۲. $(۵/۸ \geq y_i \geq ۵/۳)$ محدوده مطلوب
۳. $(۵/۳ \geq y_i \geq ۴/۶)$ محدوده قابل تحمل
۴. $(y_i \geq ۴/۶)$ محدوده نامطلوب

اکنون با استفاده از روابط مطرح شده در مرحله‌ی چهارم از بخش ۵ محدوده‌های رقابتی برای هریک از نیازمندی‌ها مشخص (جدول ۱۲)، و سپس وزن هرکدام در مقایسه با سایر رقبا (جدول ۱۳) به دست می‌آید.

گام ششم. پس از به دست آوردن اوزان خواسته‌های کیفی در محیط رقابتی، با استفاده از نظریه‌ی آنتروپی و شاخص عملکردی رقابتی، از مراحل ششم و هفتم

جدول ۱۰. آنالیز رقبا توسط مشتریان نسبت به سازمان.

w_i	مشتری اول $X_1 = [x_{mn1}]_{10\times4}$				مشتری دوم $X_2 = [x_{mn2}]_{10\times4}$				مشتری سوم $X_3 = [x_{mn3}]_{10\times4}$				مشتری چهارم $X_4 = [x_{mn4}]_{10\times4}$				مشتری پنجم $X_5 = [x_{mn5}]_{10\times4}$				ماتریس مقایسه مشتریان $X = [x_{mn}]_{10\times4}$				e_m
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3	c_4	
W_1	۵	۷	۵	۳	۷	۳	۷	۷	۹	۵	۷	۵	۵	۷	۵	۵	۷	۳	۳	۷	۶/۶	۴/۶	۵/۸	۵/۴	۰/۱
W_2	۳	۳	۵	۵	۵	۷	۳	۵	۳	۵	۳	۷	۷	۵	۵	۳	۵	۵	۷	۵	۴/۶	۵	۴/۶	۵/۰	۰/۱۰۰۶
W_3	۷	۵	۳	۷	۹	۵	۵	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۵	۳	۵	۷	۵	۷	۵	۷/۰	۵/۰	۵	۵/۴	۰/۰۹۹۹
W_4	۳	۵	۷	۵	۱	۳	۵	۵	۵	۵	۳	۷	۷	۵	۵	۳	۵	۳	۵	۵	۴/۳	۴/۲	۵/۰	۵	۰/۱۰۰۴
W_5	۱	۳	۱	۱	۳	۱	۱	۳	۱	۵	۳	۱	۵	۵	۳	۳	۳	۳	۵	۳	۲/۶	۳/۴	۲/۶	۲/۲	۰/۰۹۹۷
W_6	۷	۵	۳	۵	۹	۷	۷	۷	۵	۳	۵	۳	۷	۷	۳	۷	۷	۳	۷	۵	۷/۰	۵/۰	۴/۶	۵/۴	۰/۰۹۹۷
W_7	۹	۷	۹	۵	۷	۹	۷	۷	۵	۳	۳	۵	۷	۷	۷	۳	۹	۷	۷	۹	۷/۴	۶/۶	۶/۶	۵/۸	۰/۱۰۰۴
W_8	۳	۳	۷	۳	۵	۳	۵	۵	۳	۵	۵	۳	۱	۵	۷	۵	۷	۵	۷	۵	۳/۸	۴/۲	۶/۲	۴/۲	۰/۰۹۹۲
W_9	۵	۳	۵	۷	۷	۷	۵	۵	۷	۳	۵	۳	۵	۵	۷	۷	۳	۳	۳	۵	۵/۴	۴/۲	۵/۴	۵/۴	۰/۱۰۰۳
W_{10}	۷	۷	۳	۳	۷	۹	۷	۵	۷	۵	۷	۷	۵	۷	۵	۵	۷	۹	۷	۷	۷/۰	۷/۰	۵/۴	۵	۰/۰۹۹۸

جدول ۱۱. مقادیر هدف و نرخ بهبود برای نیازمندی‌ها.

(Whats)	ماتریس مقایسه مشتریان $X = [x_{mn}]_{10\times4}$				برنامه سازمان (هدف)	نرخ بهبود
	c_1	c_2	c_3	c_4	(a_m)	(u_M)
						U_m
W_1	۶/۶	۴/۶	۵/۸	۵/۴	۷	۱/۰۶۰۶
W_2	۴/۶	۵/۰	۴/۶	۵/۰	۵	۱/۰۸۷۰
W_3	۷/۰	۵/۰	۵/۰	۵/۴	۸	۱/۱۴۲۹
W_4	۴/۲	۴/۲	۵/۰	۵/۰	۵	۱/۱۹۰۵
W_5	۲/۶	۳/۴	۲/۶	۲/۲	۴	۱/۵۳۸۵
W_6	۷/۰	۵/۰	۴/۶	۵/۴	۸	۱/۱۴۲۹
W_7	۷/۴	۶/۶	۶/۶	۵/۸	۹	۱/۲۱۶۲
W_8	۳/۸	۴/۲	۶/۲	۴/۲	۵	۱/۳۱۵۸
W_9	۵/۴	۴/۲	۵/۴	۵/۴	۶	۱/۱۱۱۱
W_{10}	۷/۰	۷/۰	۵/۴	۵/۰	۸	۱/۱۴۲۹

بخش ۵، برای به دست آوردن وزن‌های نهایی خواسته‌های مشتریان استفاده می‌کنیم. پس از محاسبات مربوط به آن نتایج در جدول ۱۴ قابل مشاهده است. بر این اساس، هرکدام از (WHATs) به‌ترتیب زیر اولویت‌بندی می‌شوند:

$$W_5 > W_8 > W_4 > W_2 > W_6 > W_1 > W_3 > W_7 > W_{10} > W_9$$

گام هفتم. اکنون باید نیازهای مشتریان به ویژگی‌های طراحی محصول تبدیل شوند. پس از بررسی‌های کارشناسان ۹ اقدام فنی برای تحقق بخشیدن به هریک از ده نیازمندی مشتریان پیشنهاد شد (جدول ۱۵). در مقابل و پایین هریک از این مشخصه‌ها، علامت‌های (↑، ↓ و ↔) درج می‌شود. علامت (↑ و ↓) به این معناست که افزایش یا کاهش هرچه بیشتر خصوصیت مورد نظر الزاماً هدف طراحان محصول بوده، و علامت (↔) نشانه‌ی عدم تمایل طراحان محصول به انحراف (کاهش یا افزایش) خصوصیت مورد نظر از مقدار هدف مربوطه است، و تنها رسیدن به هدف تعیین شده برای خصوصیت مورد نظر اهمیت دارد.

گام هشتم. در این مرحله به تعیین روابط بین «چه‌ها» و «چگونه‌ها» با توجه به جدول ۱ می‌پردازیم. سپس با استفاده از جدول ۲ همبستگی هریک از الزامات فنی و مهندسی مشخص می‌شود. این بخش مربوط به سقف خانه‌ی کیفیت است، که تأثیر هریک از الزامات فنی بر یکدیگر را تعیین می‌کند. و تأثیر به‌سزایی بر ارزش نهایی خروجی خانه‌ی کیفیت دارد. در این مرحله اهمیت نسبی هریک از الزامات فنی و مقادیر هدف به دست می‌آید (مراحل ۸ و ۹ از بخش ۵).

گام نهم. ارزیابی الزامات فنی نسبت به رقبا. چون محصول مورد نظر را در یک محیط رقابتی ارزیابی می‌کنیم پس باید مقادیر قابل اندازه‌گیری الزامات فنی و مهندسی محصول مورد نظر را نسبت به سایر رقبا ارزیابی کنیم، تا مقادیر هدف الزامات فنی به دست آمده از ماتریس خانه‌ی کیفیت بتواند نسبت به بهبود کیفیت محصول در ارزیابی با سایر رقبا، در مراحل بعدی QFD، مؤثرتر ظاهر شوند. جدول ۱۶ مقایسه‌ی رقبا را از طریق ماتریس Y برای ارزیابی ۹ الزام فنی نشان می‌دهد. مقدار Z_N (نسبت بهبود) یا نقطه‌ی فروش الزامات فنی از روش آنتروپی، مشابه آنچه که در ارزیابی رقبا نسبت به خواسته‌های کیفی انجام دادیم، به دست می‌آید. مقدار نرخ

جدول ۱۲. نتایج حاصله از الگوریتم شاخص عملکرد نسبت به ارزیابی رقبا.

محدوده‌ها	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8	W_9	W_{10}
ایده آل	۰٫۳۴	۰٫۴	۰٫۳۷	۰٫۴	۰٫۵۸۸	۰٫۳۷	۰٫۳۰۳	۰٫۳۲۳	۰٫۳۷	۰٫۲۹
مطلوب	۰٫۷۴	۰٫۸۶۹	۰٫۸	۰٫۹۵۲۳	۱٫۵۳۸	۰٫۸	۰٫۶۸	۰٫۹۵۲	۰٫۹۵۲	۰٫۷۴
غیرقابل تحمل	۱٫۷۳۹	-	-	-	۳٫۶۳۶	۱٫۷۳۹	-	-	-	۱٫۶

جدول ۱۳. وزن هر یک از نیازمندی‌ها بر حسب ارزیابی رقبا W_c.

W_c	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8	W_9	W_{10}
Crisp weight (wc)	۰٫۳۴	۰٫۸۶۹	۰٫۳۷	۰٫۹۵۲۳	۱٫۵۳۸	۱٫۳۷	۰٫۳۰۳	۰٫۹۵۲	۰٫۳۷	۰٫۲۹

جدول ۱۴. وزن نهایی هر یک از نیازمندی‌ها (final weight importance).

(whats)	اعداد فازی	اعداد قطعی	(whats)	اعداد فازی	اعداد قطعی
Wf_1^*	(۰٫۲۹۱و۰٫۱۶۶و۰٫۱۰۴)	۰٫۱۸۷	Wf_6^*	(۰٫۳۰۱و۰٫۱۷۵و۰٫۱۱۲)	۰٫۱۹۶
Wf_2^*	(۰٫۳۱۲و۰٫۲۰۳و۰٫۱۴۹)	۰٫۲۲۱	Wf_7^*	(۰٫۲۳۶و۰٫۱۳۴و۰٫۰۸۴)	۰٫۱۵۱
Wf_3^*	(۰٫۲۸۲و۰٫۱۶۵و۰٫۱۰۶)	۰٫۱۸۴	Wf_8^*	(۰٫۳۴۰و۰٫۲۳۰و۰٫۱۷۶)	۰٫۲۴۹
Wf_4^*	(۰٫۳۰۹و۰٫۲۰۹و۰٫۱۶۰)	۰٫۲۲۶	Wf_9^*	(۰٫۱۷۰۰و۰٫۱۰۰و۰٫۰۷)	۰٫۱۱۳
Wf_5^*	(۰٫۳۷۰و۰٫۲۹۵و۰٫۲۶۰)	۰٫۳۰۸	Wf_{10}^*	(۰٫۲۲۰و۰٫۱۲۵و۰٫۰۸۰)	۰٫۱۴۲

جدول ۱۵. مشخصه‌های فنی محصول مورد نیاز.

مشخصه فنی محصول مورد نیاز (Hows)	واحد	روند مطلوب مشخصه
۱. گشتاور محور فلزی حول پایه	نیوتون‌متر	↔
۲. گشتاور مورد نیاز جهت حرکت بدنه آئینه حول محور فلزی	نیوتون‌متر	↔
۳. استحکام مواد قالب بدنه	نیوتون‌متر بر دقیقه	↔
۴. تست دوام عملکرد آئینه	هر چرخش ۹۰ درجه‌یی	↑
۵. استحکام پایه فلزی	ماکزیمم درجه	↑
۶. تست دوام عمر آئینه	سال	↑
۷. فاصله کانونی مناسب آئینه	سانتی‌متر	↔
۸. دانسیته مواد قالب نگه‌دارنده	کیلوگرم بر مترمکعب	↔
۹. حرارت ایجاد شده توسط سنسور مربوطه	سانتیگراد	↔

بهبود (V_N) نیز از طریق روابط ۲۹ و ۳۰ مطابق با مرحله‌ی دوازدهم از بخش ۵ محاسبه می‌شود.

گام دهم. و در نهایت مطابق با آنچه که در مراحل یازده و دوازده از مدل پیشنهادی گفته شد، وزن نهایی هریک از مشخصه‌های فنی و مهندسی محاسبه می‌شود. تمامی محاسبات و نتایج صورت گرفته، در شکل ۸ «خانه‌ی کیفیت» به تصویر کشیده شده است. براساس آن، اولویت‌بندی هریک از مشخصه‌های فنی به‌ترتیب زیر است:

$$H_3 > H_7 > H_5 > H_4 > H_9 > H_6 > H_1 > H_2 > H_8$$

از آنجا که بعضی از سازمان‌ها توانایی انتقال همه مشخصه‌های فنی به مراحل بعد QFD را ندارند، پیشنهاد می‌شود با استفاده از قاعده‌ی پارتو، مهم‌ترین آنها انتخاب و به مراحل بعد منتقل شود.

جدول ۱۶. آنالیز رقابتی الزامات فنی و نرخ بهبود.

H_c	ماتریس مقایسه مشخصه‌های فنی $y=[ynl]_{۹\times۴}$				ضریب تصحیح	هدف (برنامه سازمان)	نرخ بهبود
	$C_۱$	$C_۲$	$C_۳$	$C_۴$	(Z_N)	(b_N)	(V_N)
$H_۱$	۱۱	۱۳	۸	۹	۰٫۱۱۱۵	۹	۱٫۲۲۲۲
$H_۲$	۶	۹	۹	۱۰	۰٫۱۱۱۶	۸	۱٫۳۳۳۳
$H_۳$	۲۰	۲۵	۱۵	۳۰	۰٫۱۱۰۴	۲۵	۱٫۲۵۰۰
$H_۴$	۲۵۰	۳۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۰٫۱۱۲۴	۳۰۰	۱٫۲۰۰۰۰
$H_۵$	۷	۱۱	۱۰	۱۰	۰٫۱۱۱۹	۹	۱٫۲۸۵۷
$H_۶$	۸	۱۰	۵	۶	۰٫۱۱۰۱	۶	۱٫۳۳۳۳
$H_۷$	۲٫۵	۲	۱٫۵	۳	۰٫۱۱۰۴	۲	۱٫۲۵۰۰
$H_۸$	۳	۴	۳٫۵	۳٫۵	۰٫۱۱۲۵	۳٫۵	۱٫۱۶۶۷
$H_۹$	۲۰	۳۰	۱۵	۱۵	۰٫۱۰۹۳	۱۵	۱٫۳۳۳۳

جدول ۱۷. مقایسه مدل های مختلف خانه کیفیت.

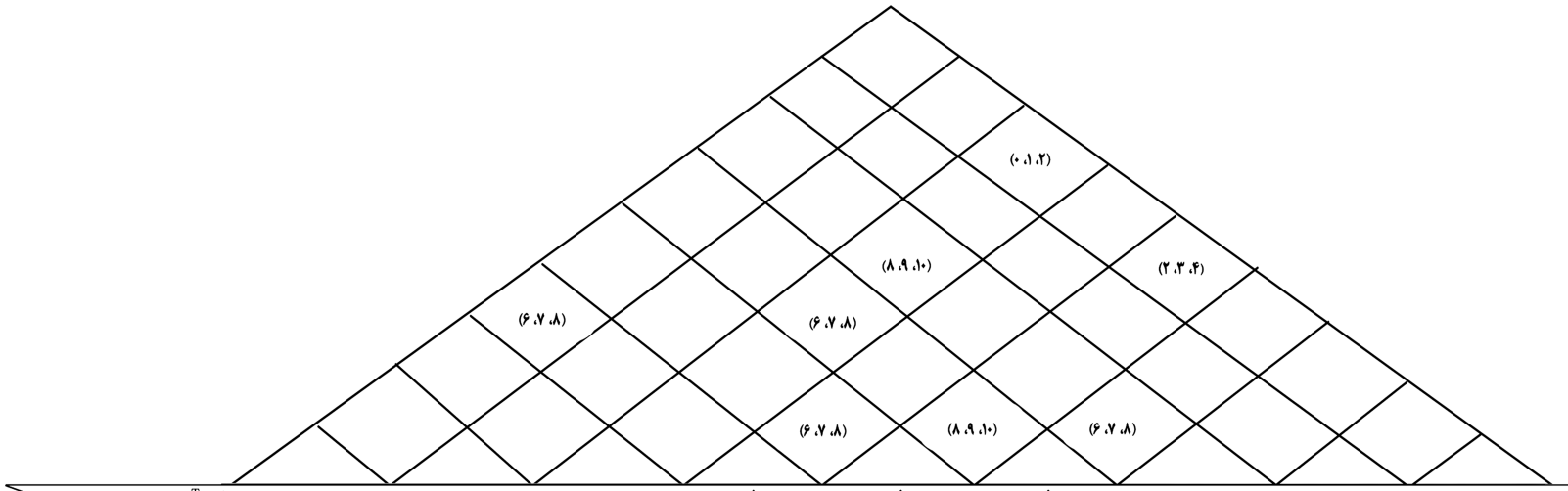
مراحل	[۸]	[۱۰]	[۱۱]	مدل پیشنهادی
۱. هدف	اولویت‌بندی الزامات کیفی و فنی	اولویت بندی الزامات کیفی و فنی	اولویت بندی الزامات کیفی و فنی	اولویت بندی الزامات کیفی و فنی
۲. تبدیل متغیرهای زبانی	مجموعه فازی (STFNs)	مجموعه فازی (TFNs)	اعداد قطعی	مجمو عه فازی (STFNs)
۳. قضاوت‌های ذهنی پاسخ دهندگان	یکسان	یکسان	یکسان	متفاوت
۴. درجه اهمیت پاسخ دهندگان	یکسان	متفاوت	یکسان	متفاوت
۵. وزن خواسته‌های کیفی «چه‌ها» در محیط رقابتی	بلی	خیر	خیر	بلی
۶. همبستگی الزامات فنی «چگونه‌ها»	خیر	بلی	بلی	بلی
۷. همبستگی خواسته‌های کیفی «چه‌ها»	خیر	خیر	خیر	خیر
۸. وزن دهی الزامات فنی «چگونه‌ها» در محیط رقابتی	بلی	خیر	خیر	بلی

۷. نتیجه‌گیری

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه‌ی QFD صورت گرفته است. در جدول ۱۷ تجزیه و تحلیل‌های لازم، ناشی از انجام مقایسه بین چند تحقیق گذشته با روش پیشنهادی ارائه شده است. به‌طورکلی هدف اصلی از اجرای QFD، دست‌یابی به تصمیمات لازم و بهینه‌سازی تولیدات یا خدمات، با توجه به مراحل اصلی (رویکرد چهارماتریسی) آن است. از ورودی‌های مهم در تکنیک QFD، می‌توان به ارزش نظرات مشتریان، تصمیم کارشناسان در میزان همبستگی‌ها، و وزن خواسته‌های مشتریان، در نتیجه‌ی ارزیابی مشتریان و تصمیم‌گیرندگان که با توصیفات کلامی بیان می‌شوند، اشاره کرد.

این قاعده با استفاده از ابزارهای مختلف ریاضی برای مدل‌سازی در شرایط عدم قطعیت امکان‌پذیر است. مجموعه‌های فازی، سیستم‌های نرم و غیره از این‌گونه ابزارها هستند. در دنیای واقعی ادراکات و نظرات مشتریان و تصمیم‌گیرندگان از توصیفات کلامی کاملاً متفاوت است. این ویژگی سبب شد، در این تحقیق طیف‌های وسیعی از اعداد فازی مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین تمایز عمده روش‌ها در اجرای QFD تفاوت در محاسبه‌ی اهمیت وزنی خواسته‌های کیفی و الزامات فنی است. تمایز مدل پیشنهادی ما در مقایسه با روش‌های دیگر، استفاده از تلفیق ویژگی‌های منحصر به‌فرد نظریه‌ی آنتروپی و شاخص عملکرد رقابتی برای وزن‌دهی خواسته‌های کیفی در یک محیط کاملاً رقابتی



(what$_s$) / Target		↔	↔	↔	↑	↑	↑	↔	↔	↔	وزن نهائی خواسته های مشتریان
(HOWs)		H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	
W_1 تنظم راحت زاویه دید		(۲، ۳، ۴)	(۸، ۹، ۱۰)								(۰/۱۰۴، ۰/۱۶۶، ۰/۲۹۱)
W_2 شعاع دید بالا		(۶، ۷، ۸)	(۴، ۵، ۶)								(۰/۱۴۹، ۰/۲۰۳، ۰/۳۱۲)
W_3 عدم وجود زبری سطح ...								(۶، ۷، ۸)			(۰/۱۰۶، ۰/۱۶۵، ۰/۲۸۲)
W_4 باز نشدن قاب دور آئینه				(۶، ۷، ۸)		(۶، ۷، ۸)					(۰/۱۶۰، ۰/۲۰۹/۳۰۹، ۰/۰)
W_5 قرار گیری مناسب ...							(۸، ۹، ۱۰)				(۰/۲۶، ۰/۲۹۵، ۰/۳۷۰)
W_6 شیک بودن ظاهری				(۰، ۱، ۲)				(۶، ۷، ۸)			(۰/۱۱۲، ۰/۱۷۵، ۰/۳۰۱)
W_7 عدم لقی در دراز مدت					(۸، ۹، ۱۰)						(۰/۰۸۴، ۰/۱۳۴، ۰/۲۳۶)
W_8 دید مناسب برای راننده									(۸، ۹، ۱۰)		(۰/۱۷۶، ۰/۲۳۰، ۰/۳۴۰)
W_9 تا شدن اتوماتیک آئینه		(۶، ۷، ۸)	(۸، ۹، ۱۰)								(۰/۰۷۰، ۰/۱۰۰، ۰/۱۷۰)
W_{10} داشتن سیستم ضدبخار										(۸، ۹، ۱۰)	(۰/۰۸۰، ۰/۱۲۵، ۰/۲۲۰)
RI		(۱/۵۲۲، ۲/۶۳، ۵/۰۲)	(۱/۹۸، ۳/۴۱، ۶/۴۸)	(۰/۹۶، ۱/۶۴، ۳/۰۸)	(۰/۱۶۷/۲،۲۱/۱۲)	(۰/۱.۹۶/۴۷، ۲/۴۷)	(۲/۰۸، ۲/۶۶، ۳/۷)	(۱/۳۱، ۲/۳۸، ۴/۶۷)	(۱/۴۱، ۲/۰۷، ۳/۴)	(۰/۶۴، ۱/۱۲۵، ۲/۲)	
RI*		(۵/۵۴، ۱۱/۱، ۲۱/۹۸)	(۱/۹۸، ۳/۴۱، ۶/۴۸)	(۲۳/۹۲، ۴۲/۸۱، ۸۳/۷۸)	(۱۶/۱۱،۴۳/۵۱، ۲۱/۹۲)	(۱۸/۸۸، ۲۸/۷۹، ۴۸/۲۷)	(۹/۹۴، ۱۹/۳۲، ۴۱/۰۶)	(۲۱/۴۷، ۳۵/۷۶، ۶۵/۰۷)	(۱/۴۱، ۲/۰۷، ۳/۴)	(۲/۵۶، ۷/۱۷۵، ۱۸/۲۴)	
WRI^*_j		(۰/۷۵۵، ۱/۵۱، ۲/۹۹)	(۰/۲۹۵، ۰/۵۰۷، ۰/۹۶۴)	(۳/۳، ۵/۹، ۱۱/۵۶)	(۰/۸۷، ۱/۵۵، ۲/۹۵)	(۲/۷۵، ۴/۱۴، ۶/۹۵)	(۱/۴۶، ۲/۸۴، ۶/۰۳)	(۲/۹۶، ۴/۹۳، ۸/۹۸)	(۰/۱۸۵، ۰/۲۷، ۰/۴۵)	(۰/۳۷۳، ۱/۰۴۶، ۲/۶۶)	
C_j		$۵	$۶	$۸	$۴	$۵	$۳	$۴	$۵	$۶	
E_j		(۲، ۳، ۴)	(۶، ۷، ۸)	(۸، ۹، ۱۰)	(۴، ۵، ۶)	(۸، ۹، ۱۰)	(۲، ۳، ۴)	(۴، ۵، ۶)	(۶، ۷، ۸)	(۸، ۹، ۱۰)	
u_j		(۴، ۵، ۶)	(۴، ۵، ۶)	(۶، ۷، ۸)	(۲، ۳، ۴)	(۸، ۹، ۱۰)	(۸، ۹، ۱۰)	(۶، ۷، ۸)	(۶، ۷، ۸)	(۴، ۵، ۶)	
W^*H		(۰/۰۵، ۰/۱۸، ۰/۰۶)	(۰/۰۴۹، ۰/۱۲، ۰/۳۲)	(۰/۴۱، ۰/۹۵، ۲/۴)	(۰/۲۲، ۰/۶۵، ۲/۲۱)	(۰/۴۴، ۰/۸۳، ۱/۷۴)	(۰/۹۷، ۰/۳۲، ۱/۰۰۵)	(۰/۳۷، ۰/۸۸، ۲/۲۵)	(۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۱۲)	(۰/۰۸، ۰/۳۱، ۱/۱۰)	
مقادیر Crisp values		۰/۲۵۲۵	۰/۱۵۲۳	۱/۱۷۷۵	۰/۹۳۲۵	۰/۹۶	۰/۴۳۵۵	۱/۰۹۵	۰/۰۶۲۵	۰/۴۵	
قطعی											
رتبه بندی		۷	۸	۱	۴	۳	۶	۲	۹	۵	

شکل ۸. نتایج خانه کیفیت.

است. در این تحقیق یک روش سیستماتیک QFD با داشتن همه جزییات خانه‌ی کیفیت ارائه شد. هدف کلی این مطالعه وزن‌دهی خواسته‌های کیفی و الزامات فنی و مهندسی در محیط رقابتی است. این مقایسات رقابتی سبب اولویت‌بندی صحیح الزامات فنی و مهندسی می‌شود. بدون شک، تمرکز بر این الزامات فنی و انتقال آنها به مراحل بعد باعث گسترش کیفیت و در نهایت کیفیت بهتر محصول یا خدمت خواهد شد.

پانوشت‌ها

1. quality function deployment (QFD)
2. product planning
3. house of quality (HOQ)
4. product design
5. process planning
6. production planning
7. technical measures
8. voice of customer
9. symmetrical tringualar fuzzy number
10. Defuzziness
11. sales point
12. entropy theory
13. broad

منابع (References)

1. Rezaei, K., Hosseini Ashtiani, H.R. and Hooshyar, M., *Development the Product Design Using Customer Regards*, RWTUV Publication, third ed. P. 74 (2006).
2. Prasad, B. "Review of QFD and related deployment techniques", *Journal of Manufacturing Systems,* **17**(3). pp. 221-234 (1998).
3. Sullivan, L.P. "Quality function deployment", *Quality Progress*, **19**(6), pp. 39-50 (1986).
4. Hauser, J.R. and Clausing, D. "The house of quality", *Harvard Business Review*, **66**(3). pp. 63-73 (1988).
5. Taskin Gumus, A. "Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology", *Expert Systems with Applications*, **36**, pp. 4067-4074 (2009).
6. Bottani, E. and Riazzi, A. "Strategic management of logistics service: A fuzzy QFD approach", *Int. J. Production Economics,* **103**, pp. 585-599 (2006).
7. Akao, Y., *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design*, Cambridge, MA, Productivity Press (1990).
8. Chan, L.K. and Wue, M.L. "A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example Omega", *International Journal of Management Scince*, **33**, pp. 119-139 (2005).
9. Lai, X., Xie, M., Kay-Chan, T. and Yang. B. "Ranking of customer requirements in a competitive environement", *Computers & Industrial Engineering*, **54**, pp. 202-214 (2008).
10. Bottani, E. and Riazi, A. "A strategic management of logistics service: A fuzzy QFD approach", *Into.Journal of Production Economics*, **103**(2), pp. 585-599 (2006).
11. Zheng, X. and Pulli, P. "Improving mobile services design: A QFD approach", *Computing and Informatics*, **26**, pp. 369-381 (2007).
12. Kumar, A., Kaur, J. and Singh, P. "A new method solvig fully fuzzy linear programming problems", *Applied Mathematical Modelling*, **35**, pp. 817-823 (2011).
13. Najmi, M., Ebrahimi, M. and Kianfar, F. "Priority of technical and engineering characteristics in QFD model using fuzzy topsis", *Sharif Publication,* **34**, pp. 3-9 (2006).
14. Griffin, A. and Hauser, J.R. "The voice of the customer", *Marketing Science*, **12**(1). pp. 1-27 (1993).
15. Chan, L.K. and Wu, M.L. "Quality function deployment: A comprehensive review of its concepts and methods", *Quality Engineering*, **15**(1), pp. 23-35 (2002).
16. Chan, L.K, Kao, H.P., Ng, A. and Wu, M.L. "Rating the importance customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy methods", *International Journal of Production Research*, **37**(11), pp. 2499-518 (1999).
17. Shannon, C.E. "A mathematical theory of communication", *Bell System Technical Journal*, **27**, pp. 106-111 (1984)