

اولویت بندی خواسته های مشتریان در روش QFD با استفاده از کنترل فازی

رضا شکری زاده^۱، حمید رضا خاضکی، مهدی مهدیار^۲

دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان

چکیده

QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) یکی از ابزارهای کارآمد در مدیریت کیفیت است که جهت بهبود کیفیت محصول و خدمت در صنایع مختلف کاربرد وسیعی دارد و به عنوان یکی از روش های مهندسی کیفیت سعی در لحاظ نمودن نیازهای مشتریان در محصول به منظور افزایش رضایت آنها دارد. اهمیت نیازها و خواسته های مشتریان به صورت مقادیر مبهم می باشد، از طرفی در رتبه بندی نیازها تنها به بعد اهمیت توجه می شود. در این مقاله علاوه بر کمی کردن ترم های زبانی به وسیله منطق فازی و شناسایی فاکتورهای کلیدی به کمک ماتریس اهمیت-رضایت، با استفاده از کنترل فازی با در نظر گرفتن اثر توام اهمیت و رضایت نیازها، روشی جهت اولویت بندی خواسته های مشتریان در ماتریس خانه کیفیت به همراه یک مطالعه موردی برای محصول یک کارخانه لاستیک سازی معرفی می گردد.

کلمات کلیدی: خانه کیفیت (House of Quality)، ماتریس اهمیت رضایت، (Analytical Hierarchy Process)

AHP، کنترل فازی.

۱ مقدمه

روش گسترش فعالیت های کیفی (QFD) یکی از موفق ترین ابزارهای ارتقاء کیفیت است که با ملحوظ نمودن خواسته ها و رضایت مشتری در سنگ بنای توسعه کیفیت محصول، نهایتاً طراحی و تولید محصول و خدماتی را ارایه می کند که عین خواسته مشتری و در بعضی موارد، فراتر از آن را نتیجه می دهد. به عبارت دیگر استفاده از روش QFD در طراحی کلیه مراحل و فرایندهای تکوین و فرآوری محصول باعث می شود تا تمامی این فرایندها بر اساس نیازمندی های عنوان شده از طرف مشتری در جهت ارضا نمودن این نیازمندی ها شکل بگیرد و در این راستا عمل کند. روش های مختلفی برای استفاده از این تکنیک ارایه شده است که در همه آن ها

^۱ - کارشناس ارشد مهندسی صنایع - هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان - reza_sh2540@yahoo.com

^۲ کارشناس ارشد مهندسی صنایع - مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان -

^۳ کارشناس ارشد مهندسی صنایع - هیات علمی دانشگاه پیام نور -

سعی بر آن است تا با اعمال خواسته‌ها و الزامات بیان شده بر مشخصات محصول، مشخصات اجزای محصول، فرایند ساخت آن و امور کنترل بر فرآیند ساخت؛ رضایت مشتری برآورده شود. در نخستین مرحله از همه روش‌های متداول برای *QFD* از ماتریسی به نام خانه کیفیت استفاده می‌شود که ابزاری توانمند برای ترجمه ندای مشتری و خواسته‌های کیفی او از محصول به الزامات کمی می‌باشد و به نحو چشم‌گیری قابلیت پیگیری و لحاظ نمودن آنها را در محصول از طرف سازمان بالا می‌برد [۱].

QFD زمانی نتایج موثری را نتیجه می‌دهد که تیم بر نیازمندی‌های موثر و حساس (کلیدی) بر موفقیت محصول تمرکز کند. بدون تردید اولویت تمامی خواسته‌های مشتریان یکسان نبوده و از نظر مشتری و تولیدکننده، تعدادی از آنها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. برای اولویت‌بندی خواسته‌های مشتریان روش‌های مختلفی مانند روش *FUZZY AHP*، *AHP*، برنامه‌ریزی غیرخطی آرمانی و متوسط‌گیری درجه اهمیت نیازها وجود دارد [۳] که در تمامی این روش‌ها، اولویت‌بندی تنها بر اساس اهمیت هر نیاز بوده است و هیچ توجهی به میزان رضایت کنونی مشتری از آن نیاز در اولویت‌بندی نشده است، به عبارت دیگر اگر دو یا چند فاکتور دارای اهمیت یکسان و رضایت کنونی متفاوت برای مشتری باشند در این روش‌ها اولویت یکسانی خواهند داشت. بدیهی است فاکتوری که رضایت کنونی مشتری را بیشتر افزایش دهد باید دارای اولویت بیشتری باشد. از طرف دیگر این روش‌ها اقدام به دسته‌بندی نیازها از نظر موثر بودن یا نبودن در افزایش رضایت نمی‌شود. در صورتی که با در نظر گرفتن اثر توأم اهمیت و رضایت هر فاکتور دیگر نیازی به در نظر گرفتن تمامی نیازمندی‌ها در ماتریس خانه کیفیت نمی‌باشد.

در این مقاله برای رفع نواقص فوق، علاوه بر کمی کردن نظرات و داده‌های ذهنی مشتریان توسط منطق فازی، در ابتدا با استفاده از ماتریس اهمیت - رضایت، نیازهای کلیدی و مهم شناسایی می‌گردند سپس به وسیله کنترل فازی، نیازمندی‌های کلیدی با در نظر گرفتن اثر توأم اهمیت و رضایت، اولویت‌بندی می‌شوند و در نهایت نتایج یک مطالعه موردی بر روی محصول تولیدی یک واحد لاستیک سازی ارائه می‌شود.

۲ تئوری مجموعه‌های فازی

نظریه مجموعه‌ها فازی تعمیمی بر نظریه مجموعه‌ی کلاسیک یا قطعی است که با زبان و فهم روزمره انسان-ها انطباق دارد. زاده (۱۹۶۵) بیان داشت که یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای از اشیایی با درجات عضویت مختلف می‌باشد و یک تابع عضویت به هر یک از این اشیاء درجه عضویتی را نسبت می‌دهد. طبق تعریف زاده، تابع عضویت، تابعی با برد $[0,1]$ به جای $\{0,1\}$ می‌باشد. اعضایی که دارای تابع عضویت یک هستند با قطعیت کامل ($\mu_B = 1$) به مجموعه مورد نظر تعلق دارند و سایر مقادیر با قطعیتی متناسب با تابع عضویت‌شان به مجموعه مورد نظر متعلق هستند.

۲-۱ اعداد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی، یک مجموعه فازی پیوسته است که تابع عضویت آن به صورت زیر می باشد؛

$$\begin{cases} 0 & x < a_1 \\ -\left(\frac{a_2 - x}{a_2 - a_1}\right) + 1 & a_1 < x < a_2 \\ -\left(\frac{x - a_2}{a_3 - a_2}\right) + 1 & a_2 < x < a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases}$$

اعداد فازی مثلثی به صورت سه تایی (a_1, a_2, a_3) نشان داده می شوند. هر عدد قطعی مانند m را نیز می توان

به صورت عدد فازی (m, m, m) نشان داد. برای دو عدد فازی مانند $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ و $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ که دارای مجموعه های مرجع یکسان هستند. چهار عمل اصلی جمع، تفریق، ضرب و تقسیم به ترتیب به صورت زیر می باشند:

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (1)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \quad (2)$$

$$\tilde{A} \cdot \tilde{B} = (a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3) \quad (3)$$

$$\tilde{A} / \tilde{B} = (a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1) \quad (4)$$

۲-۲ متغیر زبانی

یک متغیر زبانی توسط پنج تایی زیر تعریف می شود:

$\{X, T(X), U, G, M\}$ که در آن X اسم متغیر و $T(X)$ مجموعه نام های مقادیر زبانی X به صورت اعداد

فازی در مجموعه مرجع U تعریف شده اند. G یک قانون گرامری که برای تولید مجموعه ترم های $T(X)$ و M

یک قاعده معنایی است که به هر ترم، معنای آن را مربوط می سازد. قاعده G می تواند بر اساس نوع کاربرد و یا

نحوه نگرش به متغیر زبانی، متفاوت باشد. مفهوم متغیر زبانی یک قالب مناسب جهت بیان ریاضی مفاهیم پیچیده

و مبهم ذهنی به خصوص در مواردی که نیاز به طبقه بندی حالت های مختلف از یک مفهوم داشته باشیم در اختیار

ما قرار دهد.

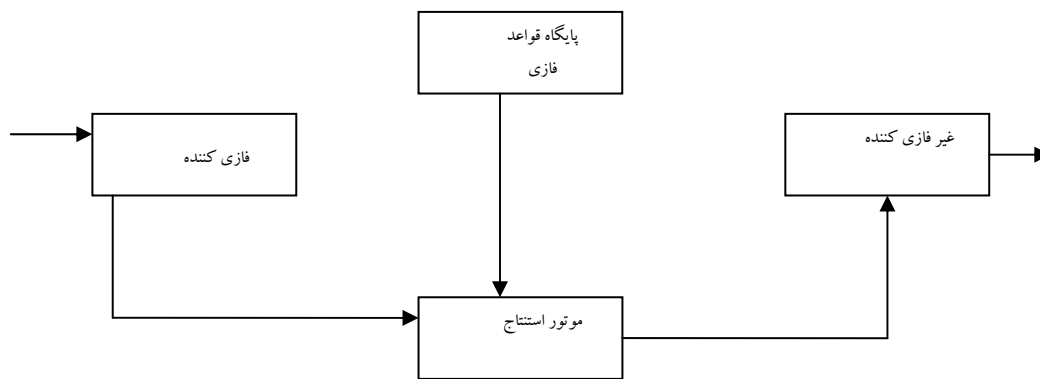
۲-۳ کنترل فازی

اولین کنترل کننده فازی در سال ۱۹۷۵ توسط پروفیسور ممدانی ارایه شد و زمینه ساز استفاده از نظریه

مجموعه ی فازی در بسیاری از سیستم های کنترلی گردید [۲]. در محصولاتی که از کنترل فازی استفاده می

کردند نظریه مجموعه های فازی موفقیت های اقتصادی چشمگیری از خود نشان داد و باعث ایجاد تحقیقات بیشتر

و پیشرفت سریع تر در زمینه کنترل فازی شد تا در سال ۱۹۸۵ تا کماگی و ساگنو مدل دیگری از کنترل فازی را ارائه کردند. از آن سال تا کنون روش های مختلفی جهت توسعه کنترل کننده های فازی پیشنهاد شده است [۵]. در کنترل فازی ایده اصلی مراحل فکر و پایگاه دانش انسان است و انسان برای بیان فکر و دانش خود از متغیر-های زبانی استفاده می نماید. پس از تعیین مقادیر پارامترهای کنترل در قالب متغیرهای زبانی، با استفاده از متغیرهای کنترل و مقادیری که ممکن است اخذ نماید یک پایگاه دانش تشکیل می شود. این پایگاه دانش به صورت مجموعه ای از قواعد بیان می شود که اصطلاحاً به آن پایگاه دانش قاعده - پایه گفته می شود. استفاده از این پایگاه نیاز به یک استراتژیک یا موتور استنتاج دارد تا در مواردی که قواعد برای حالتی در نظر گرفته نشده و یا در یک حالت، استفاده از دو یا چند قاعده ممکن می باشد یک روش رقابتی به کار گرفته شود. در انتها خروجی های فازی موتور استنتاج توسط غیر فازی کننده ها به مقادیر قطعی تبدیل می شوند. بلوک دیاگرام کلی یک کنترل کننده فازی در شکل ۱ آمده است [۲]:



شکل ۱: نمایش ساختار کنترل کننده فازی

- ۱- پایگاه قواعد فازی: شامل مجموعه قواعد اگر - آن گاه فازی است که استنتاج بر اساس این قواعد صورت می گیرد.
- ۲- موتور استنتاج فازی: قواعد پایگاه را به یک نگاهت از مجموعه از فازی در فضای ورودی به مجموعه از فازی در فضای خروجی بر اساس اصول منطق فازی تبدیل می کند. از جمله این مو توره های استنتاج، موتور استنتاج مددانی است که در بسیاری از سیستم ارکنترلی مورد استفاده قرار می گیرد.
- ۳- فازی سازها: چون ورودی های سیستم اطلاعات فازی هستند، پس برگرداندن این اطلاعات به زبان ریاضی می باشد، فازی سازها این عمل را انجام می دهند.
- ۴- غیر فازی ها کننده ها: حاصل بخش استنتاج فازی یک مجموعه فازی است که به دلیل این که در عمل ما نیاز به یک عدد دقیق به عنوان خروجی سیستم داریم، لازم است این خروجی غیر قطعی را به صورت قطعی در آوریم، نافازی کننده این مجموعه فازی را به یک متغیر با مقدار حقیقی در خروجی تبدیل می کند.

۳ روش پیشنهادی

روش پیشنهادی جهت اولویت بندی خواسته های مشتریان شامل گام های زیر می باشد:

- گام ۱ تعیین دقیق محصول و یا خدمت
- گام ۲ شناسایی گروه های مشتریان و یا خدمت
- گام ۳ جمع آوری نیازهای مشتریان
- گام ۴ تعیین اهمیت نیازها با استفاده از تکنیک *AHP*
- گام ۵ تعیین متوسط رضایت هر فاکتور
- گام ۶ شناسایی و اولویت بندی فاکتورهای کلیدی

۱-۳ تعیین متوسط رضایت و رضایت کلی محصول

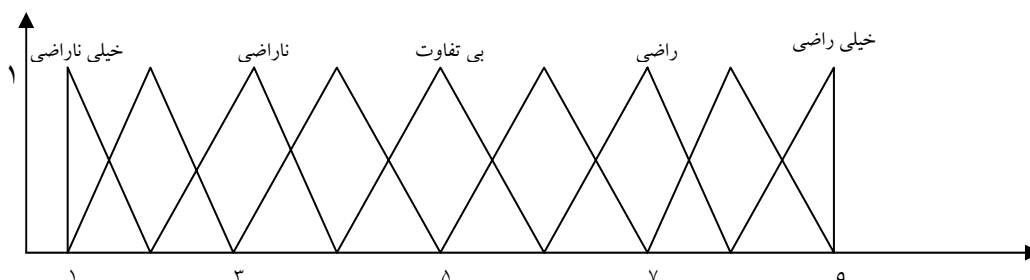
پس از جمع آوری نیازهای مشتریان و تعیین اهمیت هر یک از نیازها (فاکتورها) جهت، تعیین میزان رضایت هر فاکتور و رضایت کلی محصول، لازم است گام های زیر انجام شوند:

گام ۱ تعیین متغیرهای زبانی

در این قسمت از مشتریان خواسته می شود که میزان رضایت خود از هر فاکتور را با یکی از عبارت های (متغیرهای زبانی) خیلی ناراضی، نسبتاً ناراضی، بی تفاوت، کمی ناراضی، راضی، نسبتاً راضی و خیلی راضی بیان کنند.

گام ۲ تبدیل ترم های زبانی به اعداد فازی

در این قسمت متغیرهای زبانی مطابق شکل ۲ به اعداد فازی تبدیل می شوند:



شکل ۲: تبدیل ترم های زبانی به اعداد فازی

گام ۳ محاسبه رضایت هر فاکتور

رضایت هر فاکتور برابر است با متوسط رضایتی که مشتریان به آن فاکتور داده اند و از رابطه زیر به دست

می آید:

$$\tilde{CS}_i = \sum_{k=1}^q \frac{\tilde{CS}_i^k}{q} = \frac{\left[\sum_{k=1}^q \tilde{CS}_{i1}^k, \sum_{k=1}^q \tilde{CS}_{i2}^k, \sum_{k=1}^q \tilde{CS}_{i3}^k \right]}{q} = \left[\tilde{CS}_{i1}, \tilde{CS}_{i2}, \tilde{CS}_{i3} \right] \quad (5)$$

در این رابطه q تعداد مشتریان، \tilde{CS}_i^k رضایت مشتری k ام از فاکتور i ام و \tilde{CS}_i متوسط رضایت فاکتور i ام است.

مقدار به دست آمده برای متوسط رضایت هر خواسته با استفاده از رابطه زیر به ترم زبانی مربوط تبدیل می شود [۶]:

$$x = \frac{\tilde{CS}_{i1} + 2\tilde{CS}_{i2} + \tilde{CS}_{i3}}{4} \quad (6)$$

با توجه به مقدار به دست آمده و شکل ۲ می توان میزان متعلق بودن x به هر یک از ترم های زبانی را مشخص نمود. لازم به ذکر است که x با ترمی بیان می شود که در آن بیشترین میزان عضویت را دارد.

۲-۳ شناسایی و اولویت بندی فاکتورهای کلیدی

الف: شناسایی فاکتورهای کلیدی

پس از این که اهمیت و رضایت کلیه فاکتورها مشخص گردید، جهت شناسایی فاکتورهای کلیدی از ماتریس اهمیت - رضایت به صورت زیر استفاده می شود.

	(۲)	(۴)
متوسط	(۱)	(۳)

متوسط

رضایت

شکل ۳: ماتریس اهمیت - رضایت

شرایط تصمیم گیری به کمک این ماتریس به صورت زیر است [۴]:

۱- اهمیت کم - رضایت کم

در صورتی که فاکتور پایه باشد کلیدی محسوب می شود، در غیر این صورت هیچ اقدامی لازم نیست.

۲- اهمیت بالا - رضایت کم

معیارها و زیر معیارها نیازمند توجه هستند و کلیدی محسوب می شوند.

۳- اهمیت کم - رضایت بالا

منابع در جای دیگر صرف می شوند.

۴- اهمیت بالا - رضایت بالا

این معیارها می توانند به عنوان یک منبع سودآوری در مقابل رقبا استفاده گردند.

در این ماتریس مقدار متوسط اهمیت برابر با $\frac{1}{n_i}$ در نظر گرفته می شود که n_i برابر با تعداد فاکتورها و یا زیر فاکتورها است، متوسط رضایت نیز به حالت بی تفاوتی (نه راضی و نه ناراضی) است.

ب: رتبه بندی فاکتورهای کلیدی

گام ۱ فازی کردن

در این گام، پارامترهای کنترلی که همان اهمیت و رضایت هستند باید به متغیرهای زبانی تبدیل گردند.

گام ۲ تشکیل پایگاه

پایگاه دانش از مجموعه‌های قوانین اگر - آن گاه فازی به صورت زیر تشکیل می گردد:

If $x \in \tilde{A}_1$ and $y \in \tilde{B}_1$ then $z \in \tilde{C}_1$

If $x \in \tilde{A}_2$ and $y \in \tilde{B}_2$ then $z \in \tilde{C}_2$

که در آن x و y به ترتیب مقادیر مربوط به رضایت و اهمیت هر خواسته، Z خروجی سیستم منطق فازی (مقادیر مربوط به میزان اولویت خواسته‌ها)، \tilde{A}_1 و \tilde{A}_2 به ترتیب مجموعه‌های فازی مربوط به رضایت، \tilde{B}_1 و \tilde{B}_2 مجموعه‌های فازی مربوط به اهمیت و \tilde{C}_1 و \tilde{C}_2 مجموعه‌های فازی مربوط به میزان اولویت خواسته‌ها هستند. مقادیر زبانی مربوط به اولویت خواسته‌ها به صورت کاملاً موثر، نسبتاً موثر، کمی موثر و بی تفاوت تعریف می شوند.

گام ۳ موتور استنتاج

اگر x_0 و y_0 ورودی‌های سیستم باشند و به فرم \tilde{x}_0 و \tilde{y}_0 آنها را فازی نماییم و x_0 مجموعه‌های \tilde{A}_1 و \tilde{A}_2 را در نقاطی با تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}_1}(x_0)$ و $\mu_{\tilde{A}_2}(x_0)$ و y_0 مجموعه‌های \tilde{B}_1 و \tilde{B}_2 را در نقاطی با تابع عضویت $\mu_{\tilde{B}_1}(y_0)$ و $\mu_{\tilde{B}_2}(y_0)$ قطع نمایند. قدرت هر یک از قاعده‌های فوق را می توان به صورت زیر به دست آورد [۲]:

$$\alpha_1 = \mu_{\tilde{A}_1}(x_0) \wedge \mu_{\tilde{B}_1}(y_0)$$

(۷)

$$\alpha_2 = \mu_{A_2}^-(x_0) \wedge \mu_{B_2}^-(y_0)$$

که در آن ۸ همان اپراتور عطف است و می توان آن را با عملگر مینیمم مدل کرد. پس از به دست آوردن قدرت هر یک از قاعده های شرکت کننده در رقابت می توان خروجی قاعده ها را به صورت زیر به دست آورد [۲]:

$$\mu_{C_1}^-(z) = \alpha_1 * \mu_{c_1}^-(z) \quad z \in Z \quad (8)$$

$$\mu_{C_2}^-(z) = \alpha_2 * \mu_{c_2}^-(z) \quad z \in Z$$

که در رابطه بالا * یک عملکرد نرم t و Z حوزه مقادیری است که خروجی هر یک از دو قاعده می تواند اخذ نماید. پس از به دست آوردن خروجی فازی توسط هر یک از قاعده ها با اجتماع این نتایج، می توان نتیجه رقابت را به صورت زیر به دست آورد [۲]:

$$\mu_c^-(z) = \mu_{c_1}^-(z) \vee \mu_{c_2}^-(z) = \left[\alpha_1 * \mu_{c_1}^-(z) \right] \vee \left[\alpha_2 * \mu_{c_2}^-(z) \right]$$

که در آن $\mu_c^-(z)$ تابع عضویت خروجی کنترل کننده، حاصل از ترکیب دو قاعده و \vee عملگر ماکزیمم است.

گام ۴ غیر فازی کردن

با استفاده از رابطه زیر که به روش ارتفاع معروف است می توان خروجی قطعی را به صورت زیر به دست آورد [۲]:

$$Z^* = \frac{\sum_{k=1}^n \alpha_k^{(k)} * z}{\sum_{k=1}^n \alpha_k} \quad (9)$$

که در این رابطه Z^* میزان اولویت هر فاکتور، n تعداد قوانین، α_k قدرت هر قاعده و $z^{(k)}$ مقداری است که در آن، تابع عضویت متغیر مربوط به قاعده k ام، بیشترین میزان عضویت را دارد.

۴ مطالعه موردی

۴-۱ تعیین دقیق محصول

محصول تولیدی کارخانه لاستیک سازی انواع تایر های سواری، تایر های کامیونی سبک، تایر های کامیونی نیمه سنگین، تایر های سنگین و تایر های رادیال می باشند. در این تحقیق به دلیل اینکه استفاده از تایر های سواری و رادیال بیشتر بوده و درصد بیشتری از مشتریان با این نوع تایر سر و کار دارند، تایر رادیال و سواری جهات انجام مطالعه موردی انتخاب شدند.

۴-۲ تعیین دقیق مشتریان

مشتریان یک محصول الزاماً مانند یکدیگر نیستند. تفاوت هایی مانند ملیت، درآمد، تحصیلات و... عواملی هستند که معمولاً روی رفتار خرید مصرف کننده و انتظارات و نیازهای او از محصول و اهمیت هایی که برای عملکرد های مختلف آن قائل است تأثیر می گذارد. بنابراین بدیهی است قبل از تعیین نیازهای مشتریان، ابتدا گروه های مختلف مشتریان مشخص شوند. مشتریان کنونی لاستیک طیف وسیعی از افراد با سلیقه ها، خواسته ها، فرهنگ ها و... را در بر می گیرد که عبارتند از:

- ۱- مشتریان داخلی ۲- افراد یا مشتری نهایی ۳- تعمیر کاران ۴- خرده فروشان ۵- عمده فروشان

۴-۳ جمع آوری و تعیین نیازمندیهای مشتریان

جهت تسریع در جمع آوری نیازهای مشتریان و همچنین کمک به آنها در بیان این نیازها به صورت تشریحی تصمیم گرفته شد که با استفاده از نظرات یک گروه کوچک چند نفری از افرادی که از این لاستیک استفاده می کنند، (و با حضور نگارنده به عنوان هدایت کننده جلسه) لیستی کلی از انتظارات و نیازمندیهایی که یک مشتری یا مصرف کننده می تواند داشته باشد، تهیه گردد. پس از انجام این امر لیست تهیه شده توسطی چند تن از خبرنگاران و کارشناسان لاستیک اصلاح گردیده و مورد تأیید قرار گرفت. پس از آن لیست به صورت پرسش نامه ای تدوین شده و برای توزیع بین مشتریان و کاربران لاستیک، آماده گردید. سپس این پرسشنامه ها به صورت آزمایشی و محدود بین تعدادی از استفاده کنندگان از لاستیک توزیع گردید و از آنها خواسته شد تا علاوه بر اظهار نظر در مورد صحت و سقم نیازمندی های مطرح شده در پرسشنامه، نیازمندی هایی را که لازم بوده و در سؤالات وجود ندارند، به لیست مذکور اضافه نمایند. با استفاده از نتایج توزیع آزمایشی پرسش نامه، پس از اصلاحات لازم، لیست به تأیید کارشناسان لاستیک رسیده و به صورت وسیع میان استفاده کنندگان توزیع شد. و این بار از پرسش شوندگان خواسته شد تا میزان رضایت خود را از هر یک از نیازمندیها با توجه به معیار مشخص شده در پرسش نامه و همچنین نوع نیازمندی را از نظر پایه، عملکردی و انگیزشی مشخص نمایند.

نهایتاً پس از طی مراحل فوق الذکر نیازمندیهای مشتریان به صورت ذیل در پرسشنامه مطرح شدند:

- ۱- لاستیک بالانس باشد. ۲- تایر لیز نخورد. ۳- قدرت فرمان گیری آن خوب باشد.
- ۴- بسته بندی لاستیک مناسب باشد. ۵- مقاومت آن در برابر سرما و گرما زیاد باشد.
- ۶- لاستیک پله نکند. ۷- در برابر ضربات با توجه به ساختار مقاوم باشد.
- ۸- دارای ایمنی باشد. ۹- آج آن سنگریزه های کمتری در خود نگه دارد.
- ۱۰- در برابر سوراخ شدن مقاوم باشد. ۱۱- داخل لاستیک به گونه ای باشد که تیوپ را گاز نگیرد.
- ۱۲- قابلیت تحمل سرعت های بالا را داشته باشد. ۱۳- آج لاستیک به گونه ای باشد که تیوپ را گاز نگیرد.

- ۱۴- لاستیک دارای انعطاف باشد . ۱۵- ظاهر آن ، قابلیت تشخیص عمر داشته باشد.
- ۱۶- در سرعت های بالا صدای غیر عادی تولید ننماید. ۱۷- قابلیت خود پنچره گیری برای مدت رسیدن به تعمیرگاه داشته باشد.
- ۱۸- قابلیت بازیافت داشته باشد. ۱۹- وزن آن کم باشد. ۲۰- قیمت آن مناسب باشد.
- ۲۱- منجر به سوخت کم در اتومبیل گردد.

۴-۴ تعیین اهمیت نیازها

به منظور تعیین وزن و یا اهمیت هر یک از نیازهای مشتریان، از سه کانال اقدام به استخراج اطلاعات اولیه برای مقایسه های دو به دویی نیازهای مشتریان گردید. این سه کانال عبارتند از :

- ۱- فرد محقق با توجه به مصاحبه های انجام شده با مشتریان
 - ۲- افراد متخصص در صنعت لاستیک
 - ۳- اطلاعات عددی به دست آمده از شاخص های نیازهای مشتریان
- پس از این که ماتریس دو به دویی برای هر سه کانال ورودی تکمیل شد. قضاوت های فردی این سه کانال با استفاده از میانگین هندسی آنها به قضاوت گروهی (برای هر مقایسه زوجی) تبدیل شد. در نهایت وزن معیارها و زیر معیارها تعیین شده با استفاده از ماتریس های مقایسه زوجی مربوط به هر یک، در تمامی ماتریس ها نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ و به عبارت بهتر نزدیک به صفر است.

نیازمندها	اهمیت
نیازهای فنی	۰/۱۸۹
نیاز ۱۶	۰/۰۴۲
نیاز ۱۴	۰/۰۹۹
نیاز ۹	۰/۳۴۰
نیاز ۶	۰/۰۷۷
نیاز ۲	۰/۲۶۶
نیاز ۵	۰/۱۰۹
نیاز ۳	۰/۱۸۴
نیاز ۱	۰/۱۸۷

جدول ۱: نتایج اولویت دهی نیازهای فنی

نیازمندها	اهمیت
نیازهای اقتصادی و محیطی	۰/۵۸
نیاز ۱۸	۰/۵
نیاز ۱۰	۰/۲
نیاز ۲۱	۰/۳

جدول ۲: نتایج اولویت دهی نیازهای اقتصادی و محیطی

نیازمندها	اهمیت
نیازهای کیفی	۰/۱۶
نیاز ۷	۱/۰۶۳
نیاز ۸	۱/۰۲۵
نیاز ۱۰	۱/۲۰۹
نیاز ۱۱	۱/۱۰۸
نیاز ۱۲	۰/۲۱۲
نیاز ۱۷	۰/۳۶۵

جدول ۳: نتایج اولویت دهی نیازمندهای کیفی

نیازمندها	اهمیت
نیازهای ظاهری و زیبایی	۱/۰۷۱
نیاز ۴	۱/۱۶۶
نیاز ۱۳	۰/۱۸۳
نیاز ۱۵	۰/۳۸۶
نیاز ۱۹	۰/۲۶۵

جدول ۴: نتایج اولویت دهی فاکتورهای زیبایی و ظاهری

۴-۵ تعیین رضایت هر فاکتور

جهت تعیین متوسط رضایت هر فاکتور و رضایت کلی محصول مطابق با گام های قسمت ۳-۱ عمل می شود.

نیاز	عدد رضایت	ترم زبانی	نوع نیاز
نیاز ۱۶	(5.7,6.7,7.7)	راضی	عملکردی
نیاز ۱۴	(6.2,7.2,8.2)	راضی	پایه
نیاز ۹	(6.06,7.06,8.06)	راضی	عملکردی
نیاز ۶	(6.6,7.6,8.5)	نسبتا راضی	عملکردی
نیاز ۲	(7.13,8.13,8.76)	نسبتا راضی	پایه
نیاز ۵	(6.3,7.3,8.3)	راضی	عملکردی
نیاز ۳	(6.13,7.13,8.13)	راضی	عملکردی
نیاز ۱	(6.73,7.73,8.6)	نسبتا راضی	عملکردی
نیاز ۱۸	(2.2,3.2,4.2)	ناراضی	عملکردی
نیاز ۲۰	(5.16,6.15,7.16)	کمی راضی	عملکردی
نیاز ۲۱	(7.3,8.3,6.3)	راضی	عملکردی
نیاز ۷	(7.4,8.4,8.86)	نسبتا راضی	پایه
نیاز ۸	(6.6,7.6,8.46)	راضی	پایه
نیاز ۱۰	(2.3,3.32,4.32)	کمی ناراضی	عملکردی
نیاز ۱۱	(6.2,7.2,8.2)	راضی	عملکردی
نیاز ۱۲	(5.93,6.93,7.93)	راضی	پایه

جذاب	کمی ناراضی	(2.9,3.83,4.83)	نیاز ۱۷
عملکردی	خیلی راضی	(7.9,8.9,9)	نیاز ۴
عملکردی	نسبتاً راضی	(7.36,8.36,8.8)	نیاز ۱۳
جذاب	ناراضی	(2,2.6,3.6)	نیاز ۱۵
عملکردی	راضی	(6.3,7.8,8.3)	نیاز ۱۹

جدول ۵: نتایج متوسط رضایت خواسته‌ها

۴-۶ شناسایی و اولویت بندی فاکتور کلیدی

طبق نتایج به دست آمده از میزان اولویت، میزان رضایت و نوع نیازها و با توجه به ماتریس اهمیت - رضایت، نیازهای زیر به عنوان نتایج کلیدی شناسایی شده اند:

۱- قابلیت بازیافت داشته باشد.

۲- در برابر سوراخ شدن مقاوم باشد.

۳- قابلیت پنچر گیری برای مدت رسیدن به تعمیرگاه داشته باشد.

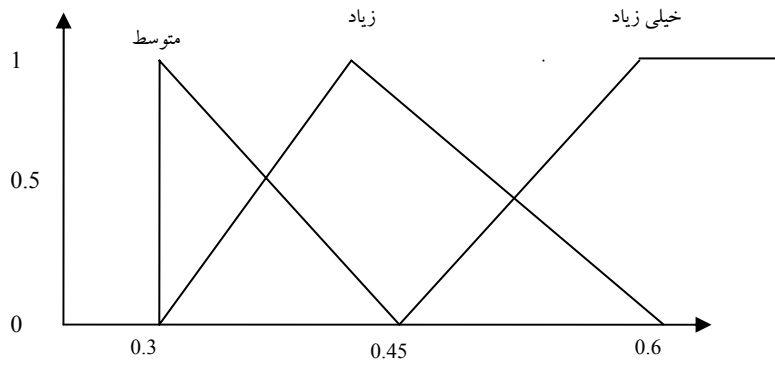
۴- ظاهر آن قابلیت تشخیص عمر داشته باشد.

پس از تعیین نیازها کلیدی باید میزان اولویت آنها جهت لحاظ شدن در محصول مشخص گردد. بدین منظور مطابق با گام های مطرح شده در قسمت رتبه بند فاکتورهای کلیدی عمل شده است:

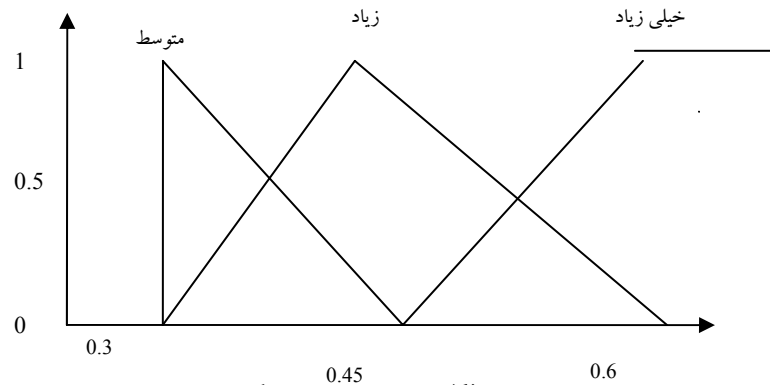
گام ۱ فازی کردن

پارامترهای کنترلی، اهمیت و رضایت فاکتورهای کلیدی هستند که باید به متغیرهای زبانی تبدیل گردند. از آنجا که این فاکتورها، فاکتورهای با اهمیت بالا (متوسط به بالا) و رضایت کم (متوسط به پایین) هستند، متغیرهای زبانی برای اهمیت به صورت متوسط، زیاد، خیلی زیاد، و برای رضایت به صورت کاملاً ناراضی، نسبتاً ناراضی، کمی ناراضی و بی تفاوت در نظر گرفته شد.

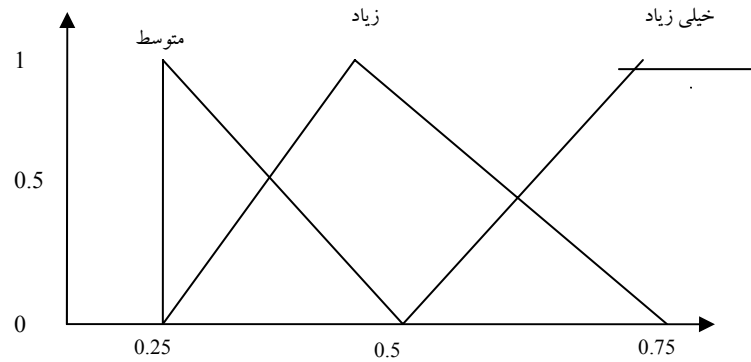
همانطور که قبلاً گفته شد متوسط اهمیت برای هر دسته، از رابطه I/ni محاسبه می گردد که ni تعداد زیر معیارهای هر دسته است بنابراین متوسط اهمیت برای نیازهای محیطی برابر با $0/3$ ، برای نیازهای کیفیتی برابر با $0/16$ و برای نیازهای زیبایی و ظاهری برابر با $0/25$ است. شکل توابع عضویت میزان اهمیت و میزان رضایت نیازها به صورت زیر است:



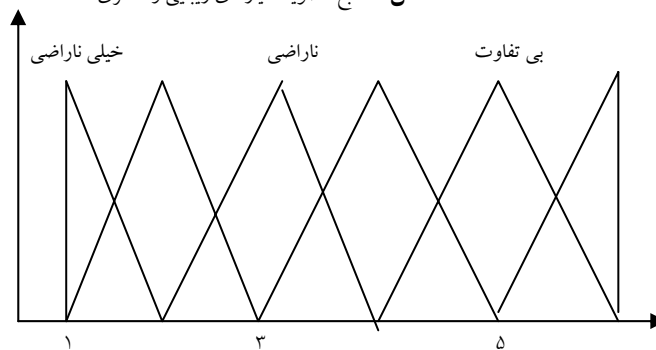
شکل ۴: تابع عضویت نیازهای محیطی



شکل ۵: تابع عضویت نیازهای کیفیتی



شکل ۶: تابع عضویت نیازهای زیبایی و ظاهری



شکل ۷: تابع عضویت میزان رضایت خواسته‌ها

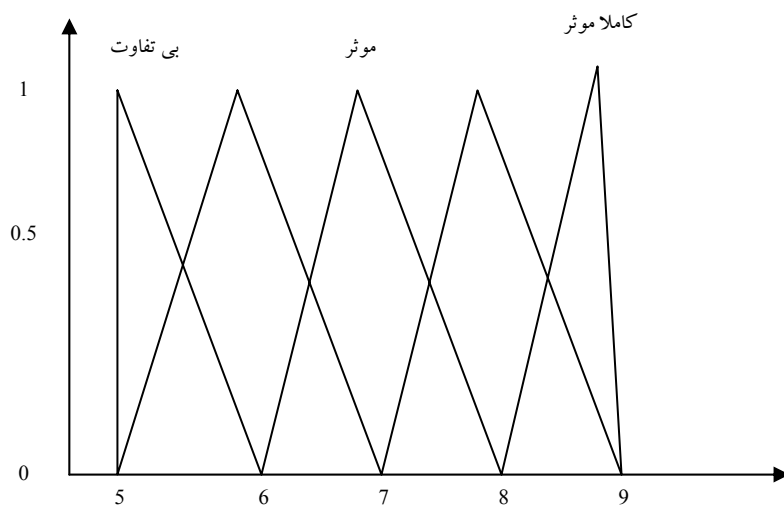
گام ۲ تشکیل پایگاه دانش

با استفاده از نظر کارشناسان و افراد متخصص در حوزه لاستیک، پایگاه دانش و شکل توابع عضویت ترم های زبانی آن مطابق جدول ۶ و شکل ۸ تعیین گردید:

اهمیت رضایت	خیلی زیاد	زیاد	متوسط
خیلی ناراضی	کاملاً مؤثر	کاملاً مؤثر	نسبتاً مؤثر
نسبتاً ناراضی	کاملاً مؤثر	نسبتاً مؤثر	نسبتاً مؤثر
ناراضی	نسبتاً مؤثر	نسبتاً مؤثر	مؤثر
کمی ناراضی	مؤثر	مؤثر	کمی مؤثر
بی تفاوت	کمی مؤثر	کمی مؤثر	بی تفاوت

جدول ۶: جدول پایگاه دانش

شکل توابع عضویت ترم های زبانی پایگاه دانش به صورت زیر است:



شکل ۸: تابع عضویت درجه اولویت خواسته های کلیدی

گام ۳ استنتاج

پس از به دست آوردن قواعد و تشکیل پایگاه قوانین فازی، با استفاده از رابطه ذیل مقادیر α_1 و α_2 که بیانگر قدرت قواعد می باشند محاسبه شد:

$$\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0)$$

$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0)$$

به عنوان مثال برای نیاز ۱۰ (در برابر سوراخ شدن مقاوم باشد) که دارای اهمیت ۰/۲۰۹ و عدد رضایت (۲/۳، ۳/۲۳، ۴/۲۳) است. مقادیر $\mu_{A_1}(X_0)$ ، $\mu_{A_2}(X_0)$ ، $\mu_{B_1}(y_0)$ و $\mu_{B_2}(y_0)$ به ترتیب برابر با ۰/۷۵،

۰/۲۵، ۰/۱۹، ۰/۸۱ است و \tilde{A}_1 ، \tilde{A}_2 ، \tilde{B}_1 و \tilde{B}_2 به ترتیب ترم های زبانی کمی ناراضی، بی تفاوت، اهمیت زیاد و اهمیت متوسط هستند. بنابراین طبق رابطه ۳-۷ مقادیر α_1 و α_2 به ترتیب برابر با ۰/۱۹ و ۰/۲۵ به دست می آید. پس از بدست آوردن مقادیر α_1 و α_2 طبق رابطه ۳-۸ که به صورت ذیل است:

$$\mu_{c_1}^-(z) = \alpha_1 * \mu_{c_1}^- \quad z \in Z$$

$$\mu_{c_2}^-(z) = \alpha_2 * \mu_{c_2}^- \quad z \in Z$$

خروجی قواعد به دست آمد. به عنوان مثال فاکتور ۱۰ با میزان عضویت ۰/۱۹ یک فاکتور موثر و با میزان عضویت ۰/۲۵ متعلق به ترم های زبانی کمی موثر است. سپس با استفاده از رابطه زیر تابع عضویت خروجی (میزان اولویت) به دست آمد:

$$\mu_c^-(z) = \mu_{c_1}^-(z) \vee \mu_{c_2}^-(z) = \left[\alpha_1 * \mu_{c_1}^-(z) \right] \vee \left[\alpha_2 * \mu_{c_2}^-(z) \right]$$

به همین ترتیب نیاز ۱۸ با میزان عضویت ۰/۳۳ یک فاکتور نسبتاً موثر و با میزان عضویت ۰/۰۵ موثر، نیاز ۱۷ با میزان عضویت ۰/۱۵ نسبتاً موثر و با میزان عضویت ۰/۷۲ موثر و نیاز ۱۵ با میزان عضویت ۰/۳ نسبتاً مؤثر و با میزان عضویت ۰/۴۶ موثر است.

گام ۴ غیر فازی کننده

از آن جا که پارامترهای کنترلی که به فرآیند اعمال می شوند باید اعداد و مقادیر قطعی و غیر فازی باشند، در این گام با توجه به رابطه ذیل خروجی موتور استنتاج به اعداد غیر فازی تبدیل شد:

$$Z^* = \frac{\sum_{k=1}^n \alpha_k * z^{(k)}}{\sum_{k=1}^n \alpha_k}$$

به عنوان مثال برای نیاز ۱۰ (در برابر سوراخ شدن مقاوم باشد) مقدار Z^* به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Z^* = \frac{(0.25 * 6) + (0.19 * 7)}{0.25 + 0.19} = 6.4$$

بنابراین این نیاز در دسته خود یعنی نیازهای کیفیتی دارای عدد اولویت ۶/۴ است، به همین ترتیب نیازهای ۱۸، ۱۷ و ۱۵ به ترتیب در دسته های خود دارای عدد اولویت ۷/۸، ۷/۱، ۷/۴ هستند. با در نظر گرفتن وزن هر دسته، اهمیت نسبی این نیازها (۱۰، ۱۸، ۱۷، ۱۵) به ترتیب برابر با ۰/۱۴۲، ۰/۶۲۷، ۰/۱۵۷ و ۰/۰۷۲ به دست آمد.

۶ نتیجه گیری

روش پیشنهادی در این مقاله می تواند برای محاسبات درجات اهمیت در روش گسترش فعالیت های کیفی یا QFD به کار رود. روش پیشنهادی با در نظر گرفتن اثر توام اهمیت و رضایت نسبت به روش های معمول تصمیم گیری، نتایج صحیح تری را ارائه می کند. که نتایج به دست آمده می تواند به عنوان درجات اهمیت خواسته های مشتریان وارد خانه کیفیت شود. همچنین در این روش نیازهای بحرانی و کلیدی شناسایی می گردند و نیازی به در نظر گرفتن تمامی خواسته ها در ماتریس خانه کیفیت نمی باشد. از آن جا که ماهیت موضوع کاربردی هست یک مطالعه موردی جهت پشتیبانی آن برای محصول کارخانه لاستیک سازی انجام گرفت.

۷ منابع

- [۱] رضایی، کامران؛ هوشیار، محمد؛ حسینی حمیدرضا: QFD رویکردی مشتری مدار به طرح ریزی و بهبود کیفیت محصول. نشر آتنا، ۱۳۸۰
- [۲] زاهدی، مرتضی: نظریه مجموعه فازی و کاربردهای آن، نشر و کتاب دانشگاهی، ۱۳۷۸
- [3] Armacost, R. L; P. J. Componantion; M. A. Mullens; W. W. Swart. *An AHP framework for prioritizing customer requirement in QFD: An industrialized housing application*. IIE Transactions, 26, July 1994, 372- 379.
- [4] Siskos, Y., Grigoroudis, E., Oliver, S. "TEOLS: a customer satisfaction evaluation soft-ware", Computer and Operation Research, 27, 2000, 799 - 817.
- [5] Sugno, M. , yasukawa, T. "A Fuzzy Logic - Based Approach To Qualitative Modeling", IEE Transaction of fuzzy systems, Vol. 1, No. 1, 1993.
- [6] Qing yang, Y., Quing wang, s., Dulaimi, M., Phenglow, s. "A Fuzzy quality function deployment system for buildable design decision - makings", Automation in coition, 2003, 381 -393.