

## گسترش عملکرد کیفیت (QFD) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی

جلیل حسن قاسمی<sup>۱</sup>، عالیه کاظمی<sup>۲</sup>، مهناز حسین‌زاده<sup>۳</sup>

**چکیده:** کیفیت محصولات و خدمات مهم‌ترین جنبه رضایت مشتری است. گسترش عملکرد کیفی (QFD) به عنوان ابزار مهمی در ترجمه صدای مشتری و لحاظ کردن آن در اولویت‌بندی الزامات فنی تولید به‌شمار می‌رود. سطح رضایت مشتریان در QFD به میزان برآورده‌شدن نیازهای آنها بستگی دارد. با توجه به محدودیت‌های موجود، میزان برآورده‌شدن این نیازها متفاوت است. مقاله حاضر با هدف حداکثر کردن رضایت مشتریان براساس محدودیت‌های موجود، از یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی استفاده کرده است. ابتدا از روش دلفی فازی نیازهای مشتریان اولویت‌بندی شدند، سپس با توجه به روابط موجود در QFD که هدف آنها در نهایت برآورده‌کردن نیازهای مشتریان است؛ مسئله به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌شود. در این تحقیق پس از توسعه مدل QFD، مدل پیشنهادی در قالب مطالعه موردی در صنعت ساختمان به کار می‌رود. پس از اجرای مدل، درصد اجرای بهینه هر یک از الزامات فنی تولید مشخص می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دلفی فازی، گسترش عملکرد کیفی (QFD)، مدل برنامه‌ریزی خطی فازی.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۰۶

نویسنده مسئول مقاله: عالیه کاظمی

E-mail: aliyehkazemi@ut.ac.ir

## مقدمه

امروزه کیفیت و مشتری‌مداری به‌عنوان یکی از چالش‌های جدی رقابتی مطرح است. حفظ و گسترش بازار محصول، مستلزم عرضه محصولات و خدمات با کیفیت از طریق تأمین نیازهای مشتریان در طراحی و تولید محصولات یا ارائه خدمات است. روش گسترش عملکرد فعالیت‌های کیفی (QFD) یکی از موفق‌ترین ابزارهای ارتقای کیفیت است که با در نظر گرفتن خواسته‌های مشتری در سنگ بنای توسعه کیفیت محصول، موجب می‌شود محصول یا خدمت با توجه به خواسته مشتری و در راستای تأمین نیازهای او طراحی و تولید شود (نورالسنا، اصغرپور و نصیری، ۱۳۸۴). یعنی آنچه مشتری می‌خواهد را از طریق نظم و جامعیتی که QFD به فرایند طراحی محصول می‌دهد، در محصول اعمال کنیم.

اولین و مهم‌ترین گام در جلب رضایت مشتریان، شناخت نیازها و انتظارات مشتریان و پاسخگویی به تغییرات ایجادشده در بازار است (آذر و نهاوندی، ۱۳۸۷). QFD ابزار کیفیتی پیشرفته‌ای است که سهم بازار را از طریق جلب رضایت مشتریان واقعی محصول افزایش می‌دهد (رضایی، آشتیانی و هوشیار، ۱۳۸۴: ۴-۵). یکی از ابزارهایی که در گسترش مشخصه‌های کیفیت به کار می‌رود، تکمیل ماتریس خانه کیفیت<sup>۱</sup> و در نتیجه تعیین ضریب اهمیت خواسته‌های مشتری است (مهرگان و قاسمی، ۱۳۸۱). خانه کیفیت عمومی‌ترین بخشی است که در QFD استفاده می‌شود. این خانه، شامل اتاق‌هایی است که کیفیت مدنظر و مشخص‌شده مشتریان (CRS)<sup>۲</sup> را که چه چیزهایی<sup>۳</sup> نامیده می‌شوند با ویژگی‌های فنی (DRs)<sup>۴</sup> که چگونه‌ها<sup>۵</sup> نام دارند، مرتبط می‌سازد (فضلی و علیزاده، ۱۳۸۷).

در پژوهش حاضر برای رتبه‌بندی نیازهای مشتریان از دلفی فازی، برای رتبه‌بندی الزامات فنی از مدل QFD و در نهایت برای تعیین میزان اجرای بهینه هر الزام فنی به منظور پیشینه‌سازی میزان رضایت مشتریان از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است. از آنجا که اجرای این پژوهش مستلزم استفاده از قضاوت‌های شفاهی و متغیرهای زبانی است، بنابراین استفاده از منطق فازی ضرورت پیدا می‌کند.

ساختار مقاله به این ترتیب ادامه دارد؛ در بخش بعد پیشینه تحقیق و به دنبال آن درباره QFD توضیح داده می‌شود. بخش بعد به مرور مختصر کاربرد جبر فازی در QFD اختصاص

- 
1. House of Quality (HOQ)
  2. Customer Requirements
  3. WHATs
  4. Design Requirements
  5. HOWs

دارد. در ادامه ضمن توضیح دربارهٔ ماتریس روابط فازي و مدل برنامه‌ریزی خطی فازي، یک مثال عددی بیان می‌شود و در نهایت مقاله با نتیجه‌گیری و ارائهٔ پیشنهادها پایان می‌یابد.

### پیشینه پژوهش

در دهه‌های اخیر پژوهش‌های زیادی به‌منظور بهبود و بسط روابط بین DRs و CRS در QFD صورت گرفته است تا رضایت مشتریان حداکثر شود. فانگ و همکارانش (۲۰۰۲)، در زمینهٔ بهینه‌سازی غیرخطی فازي QFD پژوهش‌هایی اجرا کردند. چن و ونگ (۲۰۰۳)، مدل برنامهٔ خطی فازي را جهت بهبود روابط ماتریس خانهٔ کیفیت ارائه نمودند. چن و همکارانش (۲۰۰۶)، ترکیب روش‌های میانگین موزون و ارزش انتظاری را به‌منظور رتبه‌بندی ویژگی‌های فنی بررسی کردند. کاهرمان و همکاران (۲۰۰۶)، نیز به بررسی بهینه‌سازی فازي فرایندهای QFD با استفاده از AHP و ANP پرداختند. بوتانی و ریزی (۲۰۰۶)، با وزن‌دهی به خود مشتریان، مدل QFD فازي را در مدیریت استراتژیک برای خدمات مطرح کردند.

چن و کو (۲۰۰۸) با اضافه کردن مدل کانو به برنامه‌ریزی خطی فازي، مدل برنامه‌ریزی غیرخطی فازي را ابداع کردند. بوتانی (۲۰۰۹)، رویکردی بر پایهٔ فازي QFD به‌منظور شناسایی شاخص‌های چابکی در جهت بهبود پایه‌های رقابتی ارائه داد. در سال ۲۰۰۹ نیز چن و کو FMEA و مدل برنامه‌ریزی خطی را ترکیب کردند (چن و کو، ۲۰۰۹). چن و کو (۲۰۱۰)، همچنین یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازي برای توسعهٔ محصول جدید در فرایند چهارمرحله‌ای QFD ارائه نمودند.

جیا و بای (۲۰۱۰)، با استفاده از QFD فازي به اولویت‌بندی استراتژی‌های تولید پرداختند. خادمی زارع و همکارانش (۲۰۱۰)، به رتبه‌بندی اقدامات استراتژیک با استفاده از مدل Topsis و AHP در QFD پرداختند. وانگ و چین (۲۰۱۱)، رتبه‌بندی ویژگی‌های فنی QFD را در محیط فازي با ادغام دو روش میانگین موزون فازي و نرمالایز کردن فازي ارائه کردند. روغنیان و علی‌پور (۲۰۱۴)، به توسعهٔ یک مدل فازي به‌منظور دستیابی به ویژگی‌های ناب برای کسب مزیت رقابتی با استفاده از روش‌های QFD، AHP و PROMETHEE پرداختند. آذر و همکارانش (۱۳۸۶)، نیز عملکرد کیفیت را با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازي و برنامه‌ریزی آرمانی توسعه دادند. رحمانی و همکارانش (۱۳۹۱)، به توسعه یک مدل ریاضی برای گسترش عملکرد کیفیت با رویکرد فازي پرداختند.

با توجه به مرور تحقیقات انجام شده، مشاهده می شود که در تحقیقات قبلی برای اولویت بندی الزامات فنی تولید، از ماتریس روابط بین CRs و DRs و همچنین ماتریس همبستگی بین DRs (چن و کو، ۲۰۰۹؛ بوتانی و ریزی، ۲۰۰۶؛ رضایی و همکاران، ۱۳۸۴) استفاده شده و ماتریس همبستگی بین CRs در نظر گرفته نشده است. در مقاله حاضر، علاوه بر وزن دهی به خود مشتریان توسط تیم QFD، ابتدا با استفاده از روش دلفی فازی نیازهای مشتریان رتبه بندی شدند؛ سپس برای اولویت بندی الزامات فنی تولید، علاوه بر موارد یاد شده در تحقیقات پیشین، ماتریس همبستگی بین CRs نیز لحاظ گردید و در نهایت بر اساس وزن های به دست آمده و محدودیت های مسئله، مدل برنامه ریزی خطی آن ارائه شد.

### روش شناسی پژوهش

تحقیق حاضر بر اساس هدف پژوهش، از نوع تحقیقات کاربردی است؛ بر اساس ماهیت مطالعه، از نوع تحقیقات توصیفی به شمار می رود؛ بر اساس زمان تحقیق، از نوع تحقیقات آینده نگر است و بر اساس نوع داده ها، از نوع تحقیقات غیر آزمایشی از نوع پیمایشی محسوب می شود. این پژوهش به رتبه بندی الزامات فنی تولید با رویکرد بهینه سازی خطی فازی می پردازد. به منظور اجرای این تحقیق نیز، طی هماهنگی های انجام شده با مدیر عامل شرکت شهرک های صنعتی استان گلستان، موافقت شد داده های لازم برای این تحقیق در اختیار محقق قرار گیرد.

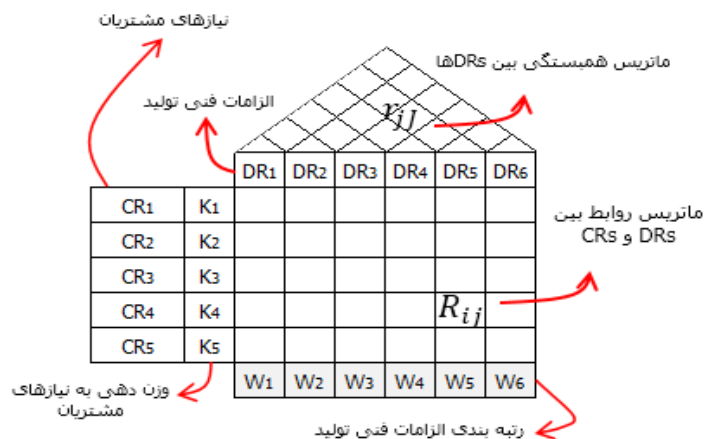
### گسترش عملکرد کیفی

QFD به طور موفق در بسیاری از صنایع به عنوان ابزاری برای بهبود فرایند، رضایت مشتری و کسب مزیت رقابتی شناخته شده است (آزادی و فرزین پور، ۲۰۱۳). دیباگرام QFD یا HOQ روش سیستماتیکی برای نمایش مهم ترین مشخصات فنی محصول با توجه به نیازهای مشتریان است (چن و همکاران، ۲۰۰۶). اولین مرحله در روش چهار مرحله ای QFD، طرح ریزی محصول است که به واسطه شباهت بسیار زیاد ماتریس آن به شکل خانه، به آن خانه کیفیت<sup>۱</sup> اطلاق می شود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۴). شکل ۱ نمونه ای از ماتریس خانه کیفیت است.

در HOQ اولین ستون نیازهای مشتریان ( $CR_i$ )، دومین ستون وزن دهی به نیازهای مشتریان ( $K_i$ )، اولین سطر مشخصه های تولیدی ( $DR_j$ )، آخرین سطر رتبه بندی الزامات فنی تولید ( $W_j$ )، ماتریس روابط بین  $CR_i$  و  $DR_j$ ، و  $r_{ij}$  ماتریس همبستگی بین  $DR_j$  ها است.

---

1. House of Quality (HOQ)



شکل ۱. ماتریس خانه کیفیت (HOQ)

### کاربرد جبر فازی در QFD

پروفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ برای اولین بار با معرفی نظریه مجموعه‌های فازی<sup>۱</sup>، مدل‌سازی اطلاعات نادقیق و چندارزشی بودن به جای یک‌ارزشی بودن، سؤال‌هایی که دو پاسخ یا حالت دارند را با معادلات ریاضی بیان کرد (لطفی‌زاده، ۱۹۶۵). به‌طور کلی می‌توان گفت جایی که پیچیدگی سیستم در حدی است که نمی‌توان با دقت و صراحت درباره پارامترها، مشخصه‌ها و رفتار سیستم قضاوت کرد، مفهوم فازی برای مدل‌سازی و تحلیل مطرح می‌شود (اصغرپور، ۱۳۸۷). در دهه‌های اخیر استفاده از مجموعه‌های فازی در روش QFD به دلیل مبهم بودن متغیرهای ورودی به‌طور شایان توجهی افزایش یافته است. بیشتر روش‌های فازی استفاده شده بر اساس وزن‌دهی ساده روابط بین مشخصه‌های فنی و نیازهای مشتری است. در QFD فازی ماتریس ارتباطات و ماتریس همبستگی را به‌صورت اعداد فازی یا متغیرهای کلامی تعریف می‌کنند (نوری و بختیاری، ۱۳۸۸).

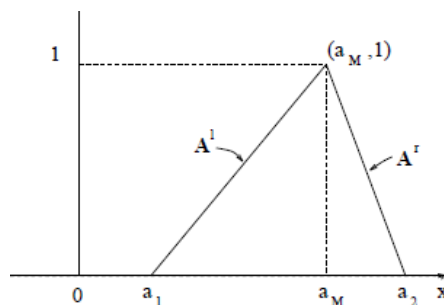
### اعداد فازی مثلثی

اعداد فازی می‌توانند نماینده پارامترها و کمیت‌های نادقیق مسائل و مدل‌های ریاضی در مهندسی باشند. عدد فازی مثلثی<sup>۲</sup> عمدتاً به‌دلیل خطی بودن و ساده بودن محاسبات با آن، برای حل مسائل مهندسی همواره در کانون توجه بوده است (حاتمی و رنجبر، ۱۳۸۷). هر عدد فازی مثلثی به‌صورت سه تایی  $(a_1, a_M, a_2)$  نشان داده می‌شود. عدد مثلثی A با تابع عضویت

1. Fuzzy Set Theory  
2. Triangular fuzzy number

$\mu_A(x)$  روی  $R$  به صورت رابطه ۱ تعریف می شود. شکل ۲ نیز نمایش یک عدد فازی مثلثی است (بوجدازیو، ۲۰۰۷).

$$A = \mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_M - a_1} & , a_1 \leq x \leq a_M \\ \frac{x - a_2}{a_M - a_2} & , a_M \leq x \leq a_2 \\ \cdot & \text{سایر} \end{cases} \quad \text{رابطه ۱}$$



شکل ۲. عدد فازی مثلثی

### ماتریس روابط فازی

مهم ترین وظیفه در فرایند QFD، تعیین میزان اهمیت هر یک از DRSها با توجه به روابط بین DRSها و CRSها و همچنین روابط بین خود DRSها با هم است. همان طور که در شکل ۱ (ماتریس خانه کیفیت) مشخص است،  $R_{ij}$  به میزان اهمیت روابط بین  $CR_i$  و  $DR_j$ ،  $r_{jj}$  به میزان اهمیت همبستگی بین  $DR_j$  و  $DR_j$ ،  $k_i$  به میزان اهمیت هر یک از نیازهای مشتریان و در نهایت  $W_j$  به رتبه بندی اهمیت هر  $DR_j$  می پردازد. برای نرمالایز کردن روابط بین  $CR_i$  و  $DR_j$ ، واسرمن رابطه ۲ را ارائه کرد.

$$R_{ij}^{norm} = R'_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^J R_{il} r_{lj}}{\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^J R_{il} r_{lj}} \quad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه ۲،  $R'_{ij}$  رابطه نرمال شده بین  $CR_i$  و  $DR_j$  می است که در آن به ازای هر  $i$ ،  $\sum_j R'_{ij} = 1$  است. نوع ارتباط و تأثیرگذاری مشخصه های فنی بر خواسته های مشتری با

استفاده از ارزش‌گذاری سه سطحی (ضعیف - متوسط - قوی) تعریف می‌شوند، سپس به هر یک از سطوح نیز با استفاده از یک مقیاس فاصله‌ای مانند ۱، ۳ و ۵ یا ۱، ۵ و ۹ مقدار کمی اختصاص داده می‌شود (نجمی و همکاران، ۱۳۸۵). برای بیان دقیق‌تر این روابط چن و ونگ براساس منطق فازی رابطه ۳ را ارائه دادند.

$$\tilde{R}'_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^J \tilde{R}_{il} \otimes \tilde{r}_{lj}}{\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^J \tilde{R}_{il} \otimes \tilde{r}_{lj}} \quad \text{رابطه ۳}$$

با استفاده از مفهوم برش آلفا می‌توان بین مجموعه‌های معمولی و فازی ارتباط برقرار کرد. زیرمجموعه عناصری از مجموعه فازی A که درجه عضویت آنها حداقل به بزرگی  $\alpha$  باشد ( $\alpha > 0$ ) را «برش A» می‌گویند و با  $A_\alpha$  نشان می‌دهند (مؤمنی، ۱۳۹۱). بنابراین:

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

آلفا برش روابط فازی  $\tilde{R}_{il}$  براساس یک حد پایین و بالا  $[(R_{il})_\alpha^L, (R_{il})_\alpha^U]$  به صورت رابطه ۴ تعریف می‌شود:

$$(R_{il})_\alpha^L = \inf\{x \mid \mu_{\tilde{R}_{il}}(x) \geq \alpha\} \quad \text{رابطه ۴-۱}$$

$$(R_{il})_\alpha^U = \sup\{x \mid \mu_{\tilde{R}_{il}}(x) \geq \alpha\} \quad \text{رابطه ۴-۲}$$

در رابطه بالا  $\mu_{\tilde{R}_{il}}(x)$  درجه عضویت x در مجموعه  $\tilde{R}_{il}$  است. چن و ونگ نیز رابطه ۳ را براساس سطوح برش مختلف به صورت رابطه نرمال شده ۵، تعدیل کردند.

$$m(R'_{ij})_\alpha^L = \frac{\sum_{l=1}^J (R_{il})_\alpha^L (r_{lj})_\alpha^L}{\sum_{\substack{m=1 \\ m \neq j}}^J \sum_{j=1}^J (R_{il})_\alpha^U (r_{jm})_\alpha^U + \sum_{j=1}^J (R_{il})_\alpha^L (r_{jm})_\alpha^L} \quad \text{رابطه ۵-۱}$$

$$m(R'_{ij})_\alpha^U = \frac{\sum_{l=1}^J (R_{il})_\alpha^U (r_{lj})_\alpha^U}{\sum_{\substack{m=1 \\ m \neq j}}^J \sum_{j=1}^J (R_{il})_\alpha^L (r_{jm})_\alpha^L + \sum_{j=1}^J (R_{il})_\alpha^U (r_{jm})_\alpha^U} \quad \text{رابطه ۵-۲}$$

تعیین میزان اهمیت هر مشخصه فنی باعث می‌شود تا هریک از آنها که وزن بیشتری دارند، بیشتر در کانون توجه قرار گیرند و بهتر اجرا شوند؛ زیرا رضایت مشتری را دربردارند. برای اولویت‌بندی میزان اهمیت هر مشخصه فنی چن و ونگ رابطه ۶ را پیشنهاد کردند.

$$(W_j)_a = [W_{j_a}^L, W_{j_a}^U] = \left[ \frac{\sum_{j=1}^I (K_i)_a^L \cdot m(R_{ij})_a^L}{\sum_{j=1}^I (K_i)_a^U}, \frac{\sum_{j=1}^I (K_i)_a^U \cdot m(R_{ij})_a^U}{\sum_{j=1}^I (K_i)_a^L} \right] \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه ۶،  $W_j$  میزان اهمیت هریک از  $DR_j$  هاست. برای اولویت‌بندی نیازهای مشتریان  $(k_i)$  می‌توان از روش دلفی فازی<sup>۱</sup> استفاده کرد (کارساک، ۲۰۰۴). از آنجا که میزان اهمیت همه مشتریان برای سازمان‌ها برابر نیست، می‌توان علاوه بر اولویت‌بندی نیازهای آنها، خود مشتریان را نیز اولویت‌بندی کرد (بوتانی، ۲۰۰۶). گام‌های زیر مراحل اجرای روش دلفی فازی است:

گام ۱. ابتدا به مشتریان ویژه‌ای که نظر آنها به‌عنوان خبره جمع‌آوری شده است، وزن داده می‌شود. این اوزان توسط تیم QFD به مشتریان اختصاص می‌یابد.

$$\tilde{f}_m = [(f_m)^a, (f_m)^b, (f_m)^c] \quad \text{رابطه ۷}$$

در رابطه ۷،  $\tilde{f}_m$  وزن مشتری  $m$  است.

گام ۲. نظر خبرگان به‌صورت بیانات زبانی جمع‌آوری شده، سپس به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شود.

$$\tilde{k}_{i,m} = [(k_{i,m})^a, (k_{i,m})^b, (k_{i,m})^c] \quad \text{رابطه ۸}$$

$\tilde{k}_{i,m}$  بیان‌های زبانی خبرگان است که به اعداد فازی مثلثی تبدیل شده است.  $\tilde{k}_{i,m}$  به‌معنای نظر مشتری  $m$  (Cust<sub>m</sub>,  $m = 1, 2, \dots, n$ ) نسبت به نیاز  $i$  (CR<sub>i</sub>,  $i = 1, 2, \dots, I$ ) است.

گام ۳. میانگین موزون<sup>۲</sup> نظر خبرگان محاسبه می‌شود.

$$\tilde{k}_i = [(k_i)^a, (k_i)^b, (k_i)^c] = \sum_{m=1}^n (k_{i,m})^a \cdot (f_m)^a, \sum_{m=1}^n (k_{i,m})^b \cdot (f_m)^b, \sum_{m=1}^n (k_{i,m})^c \cdot (f_m)^c \quad \text{رابطه ۹}$$

گام ۴. اختلاف بین گام ۲ و گام ۳ محاسبه شده و نتایج آن برای بازنگری دوباره برای خبرگان ارسال می‌شود.

1. Fuzzy delphi method  
2. Weighted average



گام ۵. نظرهای اصلاح‌شده خبرگان دوباره جمع‌آوری می‌شود.

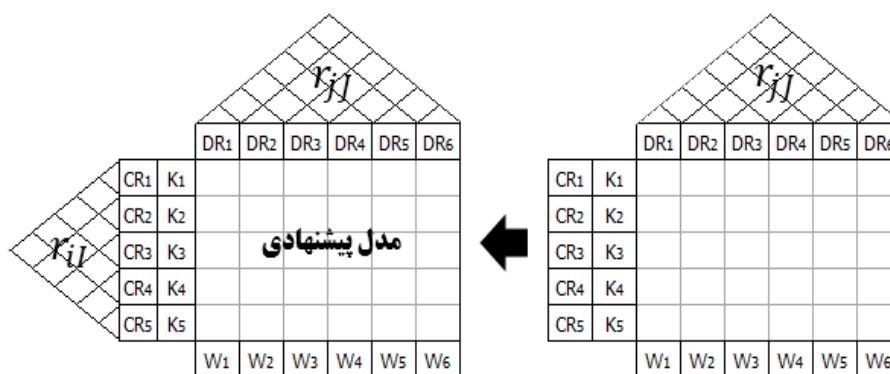
$$\tilde{k}_{i,m} = [(k'_{i,m})^a, (k'_{i,m})^b, (k'_{i,m})^c] \quad \text{رابطه ۱۰}$$

گام ۶. میانگین موزون نظرهای اصلاح‌شده مانند گام ۳ محاسبه می‌شود. اختلاف بین میانگین نظرهای اولیه و اصلاح‌شده براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود (بوجدازیو، ۲۰۰۷).  
رابطه ۱۱

$$d(\tilde{k}_i, \tilde{k}'_i) = 0/5 \{ \max \left[ \left| (\tilde{k}_i)^a - (\tilde{k}'_i)^a \right|, \left| (\tilde{k}_i)^c - (\tilde{k}'_i)^c \right| \right] + \left| (\tilde{k}_i)^b - (\tilde{k}'_i)^b \right| \}$$

گام ۷. این مراحل باید تا جایی ادامه داده شود که اختلاف بین میانگین نظرهای اولیه و اصلاح‌شده کمتر از ۰/۲ شود ( $d(\tilde{k}_i, \tilde{k}'_i) < 0/2$ ).

با توجه به رابطه‌های بالا،  $W_j$  براساس ماتریس روابط بین الزامات فنی و نیازهای مشتری ( $DR_j$  و  $CR_i$ ) و ماتریس همبستگی بین الزامات فنی با خودشان ( $DR_j$  و  $DR_j$ ) تعیین می‌شود. در این مقاله علاوه بر موارد فوق، ماتریس همبستگی بین نیازهای مشتریان با خودشان ( $CR_j$  و  $CR_j$ ) نیز در مدل QFD لحاظ شده است. شکل ۳ ماتریس خانه کیفیت براساس مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل ۳. ماتریس خانه کیفیت براساس مدل پیشنهادی

برای به دست آوردن ماتریس روابط  $(R_{ij})$ ، ابتدا ماتریس روابط براساس رابطه ۵ محاسبه می‌شود. سپس با توجه به خروجی آنها، ماتریس روابط جدید  $(R''_{ij})$  با در نظر گرفتن همبستگی بین نیازهای مشتریان با خودشان در رابطه ۱۲ به دست می‌آید.

$$m(R''_{ij})^L_a = \frac{\sum_{l=1}^I (R_{if})^L_a (r_{ij})^L_a}{\sum_{\substack{m=1 \\ m \neq j}}^I \sum_{j=1}^I (R_{if})^U_a (r_{im})^U_a + \sum_{j=1}^I (R_{if})^L_a (r_{ij})^L_a} \quad \text{رابطه ۱۲-۱}$$

$$m(R''_{ij})^U_a = \frac{\sum_{l=1}^I (R_{if})^U_a (r_{ij})^U_a}{\sum_{\substack{m=1 \\ m \neq j}}^I \sum_{j=1}^I (R_{if})^L_a (r_{im})^L_a + \sum_{j=1}^I (R_{if})^U_a (r_{ij})^U_a} \quad \text{رابطه ۱۲-۲}$$

در نهایت رابطه ۶ نیز برای محاسبه وزن مشخصه‌های فنی به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$(W_j)_a = [W_{j_a}^L, W_{j_a}^U] = \left[ \frac{\sum_{j=1}^I (K_i)^L_a \cdot m(R_{ij}^*)_a^L}{\sum_{j=1}^I (K_i)^U_a}, \frac{\sum_{j=1}^I (K_i)^U_a \cdot m(R_{ij}^*)_a^U}{\sum_{j=1}^I (K_i)^L_a} \right] \quad \text{رابطه ۱۳}$$

### مدل برنامه‌ریزی خطی فازی

میزان اجرای هر یک از مشخصه‌های فنی، براساس اولویت‌بندی آنها صورت می‌گیرد. چن و ونگ (۲۰۰۳) دو مدل برنامه‌ریزی خطی فازی براساس حد بالا و پایین آلفا برش برای تعیین درصد بهینه اجرای هر یک از مشخصه‌های فنی تولید به صورت زیر ارائه کردند.

$$(Z)_a^L = \max \sum_{j=1}^J (W_j)_a^L \cdot x_j,$$

s.t :

$$\sum_{j=1}^J (c_j)_a^U \cdot x_j \leq B, \quad \text{رابطه ۱۴-۱}$$

$$(W_s)_a^U \cdot x_s - (W_p)_a^U \cdot x_p \geq 0,$$

$$0 \leq \varepsilon_j \leq x_j \leq \tau_j \leq 1, \forall j, s, p \in \{1, 2, \dots, J\}$$

$$(Z)_a^U = \max \sum_{j=1}^J (W_j)_a^U . x_j,$$

s.t :

$$\sum_{j=1}^J (c_j)_a^L . x_j \leq B, \quad \text{رابطه ۲-۱۴}$$

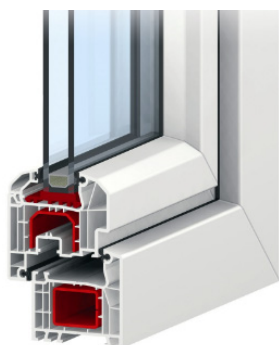
$$(W_s)_a^U . x_s - (W_p)_a^L . x_p \geq 0,$$

$$0 \leq \varepsilon_j \leq x_j \leq \tau_j \leq 1, \forall_j, s, p \in \{1, 2, \dots, J\}$$

متغیر تصمیم ( $x_j$ ) در مدل بالا میزان اجرای بهینه هریک از الزامات فنی تولید است.  $x_j = 0$  به معنای این است که آن مشخصه فنی تأثیری در رضایت مشتری ندارد و درصد اجرای آن صفر است و  $x_j = 1$  نشان می‌دهد مشخصه فنی مد نظر بیشترین تأثیر را در رضایت مشتری دارد و به طور کامل اجرا می‌شود. تابع هدف نیز حداکثر کردن رضایت مشتری است. هر مشخصه فنی که وزن بیشتری دارد، بیشتر باید اجرا شود تا رضایت مشتری حاصل شود. محدودیت اول، محدودیت بودجه است که مجموع هزینه تغییرات نباید از بودجه کل (B) بیشتر شود.  $C_j$  نیز هزینه هر واحد اجرای  $x_j$  است. محدودیت دوم، محدودیت ترجیح الزامات فنی است، یعنی در صورتی که مشخصه فنی سوم نسبت به مشخصه فنی اول ترجیح داده شود، این محدودیت به صورت  $(W_3)_a^U x_3 - (W_1)_a^L x_1 \geq 0$  نوشته می‌شود. در واقع  $W_s$  وزن مشخصه فنی مربوط به اولویت بیشتر،  $W_p$  مشخصه فنی مربوط به اولویت کمتر،  $\varepsilon$  میزان رقابت‌پذیری هر الزام فنی بین رقبا و  $\tau_j$  معرف میزان دشواری اجرای هر الزام فنی است. در نهایت با حل این مدل در نرم‌افزار Lingo 9.0 جواب‌های بهینه مدل به دست می‌آید.

### مثال عددی

مطالعه موردی این مقاله مربوط به صنعت ساختمان بخش در و پنجره UPVC است. شکل ۴ نمای برش‌خورده محصول را نشان می‌دهد.



شکل ۴. محصول درب و پنجره UPVC

اعضای تیم QFD متشکل از یک مهندس صنایع، مدیر فروش، سرپرست تولید و سرپرست کنترل کیفیت‌اند که وظیفه تکمیل کردن ماتریس خانه کیفیت را دارند. خبرگان این تحقیق نیز مشتریان سازمان هستند که جدول‌های ۵ و ۶ براساس نظر آنها تکمیل شده است. جدول‌های ۱، ۲ و ۳ نیز مشتریان و میزان اهمیت آنها برای سازمان، خواسته‌های مشتریان و مشخصه‌های فنی تولید را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشتریان و میزان اهمیت آنها برای سازمان

مشتریان	درجه اهمیت برای سازمان (بیانات زبانی)	درجه اهمیت برای سازمان (فازی)
Cust 1	۱. پیمانکاران ساختمانی	H
Cust 2	۲. مشتریان عادی	M
Cust 3	۳. مشتریان نمایندگی	H
Cust 4	۴. انبوه سازان	VH
Cust 5	۵. مشتریان درصدی	H

جدول ۳. مشخصه‌های فنی تولید

DR 1	نوع و مقدار گاز
DR 2	چسب حاشیه شیشه
DR 3	ضخامت شیشه
DR 4	نوع یراق‌آلات
DR 5	نوع پروفیل

جدول ۲. خواسته‌های مشتریان

CR 1	ماندگاری محصول
CR 2	زیبایی و تنوع
CR 3	عدم بخار بین شیشه‌ها
CR 4	روانی دستگیره
CR 5	عایق گرما و صدا

جدول ۴. اعداد فازی مثلثی

بیانات زبانی	اعداد فازی مثلثی
VH	(۰/۸، ۱، ۱)
H	(۰/۶، ۰/۸، ۱)
M	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
L	(۰، ۰/۲، ۰/۴)
VL	(۰، ۰، ۰/۲)

ابتدا نیازهای مشتریان به روش دلفی فازی اولویت‌بندی می‌شود. محاسبات مقاله براساس اعداد فازی مثلثی جدول ۴ است. با توجه به جدول ۵ نظرهای اولیه خبرگان جمع‌آوری شدند و

گسترش عملکرد کیفیت (QFD) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی ۲۵۳

میانگین موزون آنها به دست آمد. در ستون Expert وزن‌هایی اختصاص داده شده خبرگان (درجه اهمیت) نوشته شده است.

جدول ۵. نظرهای اولیه خبرگان

	Expert	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
Cust 1	H	L	M	VH	L	L
Cust 2	M	L	M	H	L	L
Cust 3	H	VL	L	H	M	L
Cust 4	VH	M	L	H	M	H
Cust 5	H	L	H	H	H	M

	Expert	CR1			CR2			CR3			CR4			CR5					
Cust 1	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۸	۱	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۲	۰/۴	
Cust 2	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۲	۰/۴	
Cust 3	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰	۰/۲	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰	۰/۲	۰/۴	
Cust 4	۰/۸	۱	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۶	۰/۸	۱	
Cust 5	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	
AVERAGE		۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۳۲	۰/۴۷	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۳۰	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۲۷			

اختلاف بین نظرها با میانگین موزون آنها محاسبه می‌شود و نتایج برای بازنگری دوباره برای خبرگان ارسال می‌شود. نظرهای اصلاح‌شده خبرگان به صورت جدول ۶ است.

جدول ۶. نظرهای اصلاح‌شده خبرگان

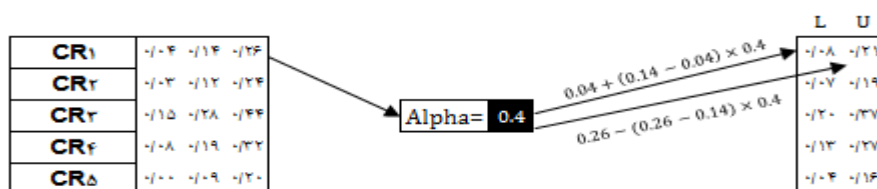
	Expert	CR <sub>1</sub>	CR <sub>2</sub>	CR <sub>3</sub>	CR <sub>4</sub>	CR <sub>5</sub>
Cust <sub>1</sub>	H	L	H	M	L	L
Cust <sub>2</sub>	M	M	L	H	M	M
Cust <sub>3</sub>	H	L	L	H	M	L
Cust <sub>4</sub>	VH	L	L	H	M	L
Cust <sub>5</sub>	H	H	L	H	H	L

	Expert	CR <sub>1</sub>			CR <sub>2</sub>			CR <sub>3</sub>			CR <sub>4</sub>			CR <sub>5</sub>					
Cust <sub>1</sub>	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۸	۱	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۲	۰/۴	
Cust <sub>2</sub>	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۲	۰/۴	
Cust <sub>3</sub>	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰	۰/۲	۰/۴	
Cust <sub>4</sub>	۰/۸	۱	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۶	۰/۸	۱	
Cust <sub>5</sub>	۰/۶	۰/۸	۱	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۶	۰/۸	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	
AVERAGE		۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۰۸	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۲۰			

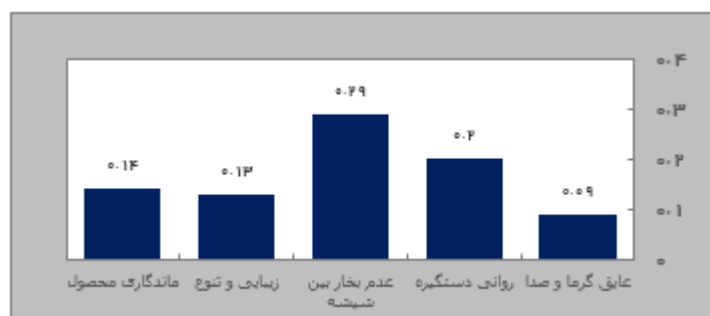
با توجه به رابطه ۱۱ اختلاف بین دو میانگین موزون محاسبه می‌شود. از آنجا که اختلاف محاسبه کمتر از ۰/۲ است، آخرین میانگین محاسبه شده به عنوان وزن نیازهای مشتریان انتخاب می‌شود. حد بالا و پایین اولویت‌های مشتریان براساس آلفا برش به صورت رابطه ۱۵ به دست می‌آید. همچنین جدول ۷ نتایج اولویت‌بندی نیازهای مشتریان را در سطح  $\alpha = 1$  نشان می‌دهد.

$$\text{رابطه ۱۵} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{حد پایین} = a + (b - a) \times \alpha \\ \text{حد بالا} = c - (c - b) \times \alpha \end{array} \right. \quad \text{عدد فازی مثلثی } (a, b, c)$$



جدول ۷. اولویت‌بندی نیازهای مشتریان در سطح  $\alpha = 1$

ماندگاری محصول (CR1)	زیبایی و تنوع (CR2)	عدم بخار بین شیشه (CR3)	روانی دستگیره (CR4)	عایق گرما و صدا (CR5)
۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۰۹



شکل ۵. اولویت‌بندی نیازهای مشتریان در سطح  $\alpha = 1$

شکل ۶ ماتریس خانه کیفیت براساس مدل پیشنهادی که در نهایت تیم QFD آن را تکمیل می‌کند، به نمایش گذاشته است.

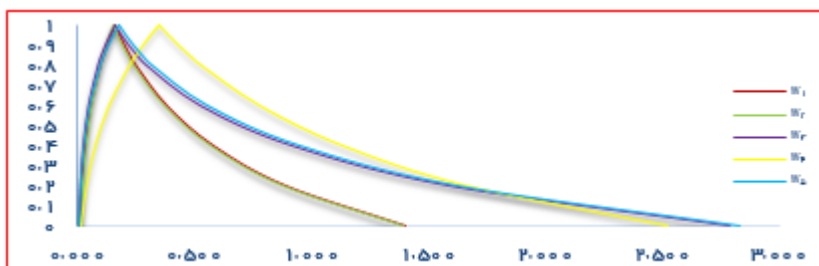
		M					L				
		DR1	DR2	DR3	DR4	DR5					
H	CR1	0.08	0.22				H				
	CR2	0.07	0.2				L	M			
H	CR3	0.21	0.38	M	H	L					
	CR4	0.13	0.28				L				
	CR5	0.04	0.16	H			M				
		W1	W2	W3	W4	W5					

شکل ۶. ماتریس خانه کیفیت براساس مدل پیشنهادی

با توجه به رابطه‌های ۵، ۱۲ و ۱۳، مقادیر  $W_j$  برای سطوح مختلف برش آلفا به صورت جدول ۸ است. نمایش اعداد فازی مثلثی  $W_j$ ، در شکل ۷ نشان داده شده است.

جدول ۸. حد بالا و پایین  $W_j$  ها

Alpha-cut	W1		W2		W3		W4		W5	
	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U
۱	۰.۱۵۸	۰.۱۵۸	۰.۱۵۸	۰.۱۵۸	۰.۱۶۲	۰.۱۶۲	۰.۳۴۸	۰.۳۴۸	۰.۱۷۵	۰.۱۷۵
۰.۹۵	۰.۱۴۹	۰.۱۷۷	۰.۱۳۹	۰.۱۷۵	۰.۱۳۹	۰.۱۸۹	۰.۳۱۲	۰.۳۸۷	۰.۱۵۱	۰.۲۰۴
۰.۹	۰.۱۲۵	۰.۱۹۸	۰.۱۲۴	۰.۱۹۵	۰.۱۱۹	۰.۲۲	۰.۲۷۹	۰.۴۳	۰.۱۳	۰.۲۳۶
۰.۸۵	۰.۱۱۲	۰.۳۲۱	۰.۱۱	۰.۳۱۵	۰.۱۰۲	۰.۳۵۵	۰.۳۴۹	۰.۴۷۷	۰.۱۱۱	۰.۳۷۳
۰.۸	۰.۱۰۹۹	۰.۳۴۷	۰.۱۰۹۸	۰.۳۴۳	۰.۱۰۸۷	۰.۳۹۸	۰.۳۲۲	۰.۵۲۷	۰.۱۰۹۵	۰.۳۱۵
۰.۶	۰.۱۰۶۱	۰.۳۷۸	۰.۱۰۶۱	۰.۳۷۳	۰.۱۰۴۶	۰.۵۲۵	۰.۱۳۴	۰.۷۷۶	۰.۱۰۵	۰.۵۵۱
۰.۴	۰.۱۰۳۷	۰.۵۷۷	۰.۱۰۳۸	۰.۵۷	۰.۱۰۲۳	۰.۹۱۶	۰.۱۰۷۵	۰.۱۳	۰.۱۰۲۵	۰.۹۴۵
۰.۲	۰.۱۰۲۲	۰.۸۸۹	۰.۱۰۲۳	۰.۸۷۹	۰.۱۰۱	۰.۵۸۷	۰.۱۰۳۶	۰.۶۵۹	۰.۱۰۱۲	۰.۶۱۹
۰	۰.۱۰۱۲	۰.۴۰۱	۰.۱۰۱۳	۰.۳۹۳	۰.۱۰۰۴	۰.۷۸۶	۰.۱۰۱۳	۰.۵۲۱	۰.۱۰۰۵	۰.۸۲۸

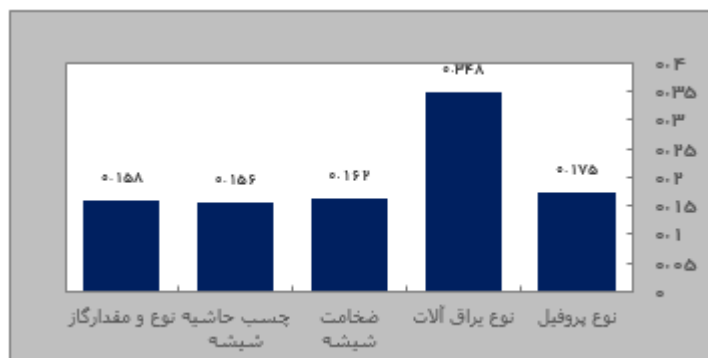


شکل ۷. اعداد مثلثی فازی برای  $W_j$  ها

جدول ۹ و شکل ۸ نتایج اولویت‌بندی الزامات فنی تولید را در سطح  $\alpha = 1$  نشان می‌دهد.

جدول ۹. اولویت‌بندی الزامات فنی تولید در سطح  $\alpha = 1$

نوع و مقدار گاز (DR1)	چسب حاشیه شیشه (DR2)	ضخامت شیشه (DR3)	نوع یراق‌آلات (DR4)	نوع پروفیل (DR5)
۰/۱۵۸	۰/۱۵۶	۰/۱۶۲	۰/۳۴۸	۰/۱۷۵



شکل ۸. اولویت‌بندی الزامات فنی تولید در سطح  $\alpha = 1$

پس از محاسبه اولویت وزن  $W_j$  ها، باید هزینه اجرا، میزان دشواری و میزان رقابت‌پذیری هر الزام فنی محاسبه شود. جدول ۱۰ هزینه اجرا، میزان دشواری و رقابت‌پذیری هر واحد  $DR_j$  را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰. هزینه اجرا، میزان دشواری و رقابت‌پذیری هر واحد اجرای  $DR_j$

	هزینه			میزان رقابت‌پذیری	میزان دشواری
	بیانات زبانی هزینه	اعداد فازی	آلفا برش هزینه	میزان رقابت‌پذیری ( $E_j$ )	میزان دشواری ( $T_j$ )
DR <sub>۱</sub>	متوسط	( ۰/۳ ۰/۵ ۰/۷ )	$[ ۰/۳۰-۰/۲ \alpha . ۰/۷-۰/۲ \alpha ]$	۰/۱	۱
DR <sub>۲</sub>	کم	( ۰ ۰/۲ ۰/۴ )	$[ ۰-۰/۲ \alpha . ۰/۴-۰/۲ \alpha ]$	۰/۱	۱
DR <sub>۳</sub>	متوسط	( ۰/۳ ۰/۵ ۰/۷ )	$[ ۰/۳۰-۰/۲ \alpha . ۰/۷-۰/۲ \alpha ]$	۰/۱	۱
DR <sub>۴</sub>	خیلی زیاد	( ۰/۸ ۱ ۱ )	$[ ۰/۸-۰/۲ \alpha . ۱ \alpha ]$	۰/۳	۱
DR <sub>۵</sub>	زیاد	( ۰/۶ ۰/۸ ۱ )	$[ ۰/۶-۰/۲ \alpha . ۱-۰/۲ \alpha ]$	۰/۳	۱

در نهایت مدل برنامه‌ریزی خطی فازی را باید برای تمام سطوح برش آلفا نوشت تا جواب‌های بهینه برای هر برش آلفا به دست آید. مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای یکی از



گسترش عملکرد کیفیت (QFD) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی ۲۵۷

سطوح برش (مثلاً سطح برش  $\alpha = 0/9$ ) به صورت زیر است که با حل آن در نرم‌افزار Lingo9/0 جواب‌های بهینه برای هر الزام فنی به دست می‌آید. جدول ۱۱ تفسیر جواب‌های مدل برنامه‌ریزی خطی فازی فوق را نشان می‌دهد.

$$(Z)_\alpha^L = \max\{ 0/125 x_1 + 0/123 x_2 + 0/119 x_3 + 0/278 x_4 + 0/129 x_5$$

s.t :

$$0/52 x_1 + 0/22 x_2 + 0/52 x_3 + 0/22 x_4 + 0/82 x_5 \leq 1,$$

$$0/12 x_5 - 0/19 x_1 \geq 0,$$

$$x_1 \geq 0/1,$$

$$x_2 \geq 0/1,$$

$$x_3 \geq 0/1,$$

$$x_4 \geq 0/3,$$

$$x_5 \geq 0/3,$$

$$x_1 \geq 0/1,$$

$$x_2 \geq 0/1,$$

$$x_3 \geq 0/1,$$

$$x_4 \geq 0/1,$$

$$x_5 \geq 0/1,$$

$$x_1^* = 0/1, x_2^* = 1, x_3^* = 0/40, x_4^* = 1, x_5^* = 0/3, Z^* = 0/515$$

$$(Z)_\alpha^U = \max\{ 0/198 x_1 + 0/195 x_2 + 0/220 x_3 + 0/430 x_4 + 0/236 x_5$$

s.t :

$$0/48 x_1 + 0/18 x_2 + 0/48 x_3 + 0/18 x_4 + 0/78 x_5 \leq 1,$$

$$0/236 x_5 - 125 x_1 \geq 0,$$

$$x_1 \geq 0/1,$$

$$x_2 \geq 0/1,$$

$$x_3 \geq 0/1,$$

$$x_4 \geq 0/3,$$

$$x_5 \geq 0/3,$$

$$x_1 \geq 0/1,$$

$$x_2 \geq 0/1,$$

$$x_3 \geq 0/1,$$

$$x_4 \geq 0/1,$$

$$x_5 \geq 0/1,$$

$$x_1^* = 0/1, x_2^* = 1, x_3^* = 0/74, x_4^* = 1, x_5^* = 0/3, Z^* = 0/880$$

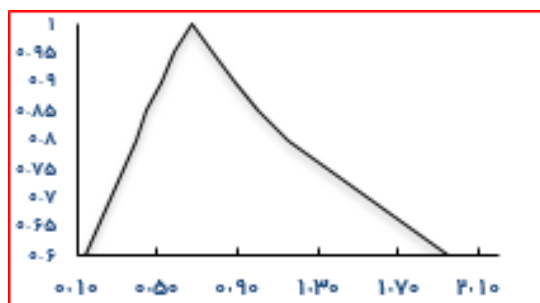
جدول ۱۱. تفسیر جواب‌های مدل برنامه‌ریزی خطی فازی

تفسیر	جواب بهینه
۱۰ درصد از الزام فنی تولید اول، یعنی نوع و مقدار گاز باید اجرا شود تا حداکثر رضایت مشتری با توجه به محدودیت‌های مسئله به دست آید.	$x_1^* = 0/10$
۱۰۰ درصد از الزام فنی تولید دوم یعنی چسب حاشیه شیشه باید اجرا شود تا حداکثر رضایت مشتری با توجه به محدودیت‌های مسئله به دست آید.	$x_2^* = 1$
با توجه به محدودیت‌های سازمان در برآورده کردن نیازهای مشتریان، حداکثر میزان رضایت مشتریان در این سازمان ۸۸ درصد است.	$Z^* = 0/880$ (حد بالا)

با توجه به جواب‌های بهینه به دست آمده از حل این مدل، جدول ۱۲ مقادیر مختلف  $Z^*$  را به ازای آلفا برش‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۹ نیز مشاهده می‌شود، مسئله برنامه‌ریزی خطی فوق به ازای آلفا برش‌های کمتر از  $0/6$  موجه نیست و تابع هدف نیز در دامنه  $0/145$  تا  $1/950$  متغیر است.

جدول ۱۲. حد بالا و پایین  $Z$

Alpha-cut	Max Z	
	L	U
۱	۰/۶۷۳	۰/۶۷۳
۰/۹۵	۰/۵۸۸	۰/۷۶۹
۰/۹	۰/۵۱۵	۰/۸۸۰
۰/۸۵	۰/۴۵۰	۱/۰۰۰
۰/۸	۰/۳۹۳	۰/۰۰۷
۰/۶	۰/۱۴۵	۰/۰۰۱
$0/6 <$	غیر موجه	غیر موجه



شکل ۹. اعداد مثلثی فازی برای مقادیر مختلف  $Z$

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

گسترش عملکرد کیفیت، هنوز هم در بسیاری از صنایع یک فرایند جدید و نوین به‌شمار می‌رود. بنابراین هنگامی که شرکت‌ها، اهمیت انگیزه مشتری را تشخیص دهند، گسترش عملکرد کیفیت به سرعت ابزار برنامه‌ریزی تولیدات و خدمات را در راستای رفع نیازهای مشتری به کار می‌گیرند. در هر محیط فازی می‌توان یک مسئله نظام ترجمان کیفی را بررسی کرد و راه‌حل‌های متفاوتی برای حل آن مسئله به کار گرفت تا بیشترین نزدیکی با نظر و خواسته مشتری و نیز، هدف مدنظر

تصمیم‌گیرنده یا (تصمیم‌گیرندگان) کسب شود. با توجه به ساختار مسئله و اعداد فازی مشخصه‌های فنی، هرچه عدد فازی مربوط به مشخصه فنی به سمت راست متمایل تر شود، بهتر و ارجح‌تر است.

از آنجا که در پژوهش‌های مشابه، فقط به بحث همبستگی بین مشخصه‌های فنی پرداخته شده است، در این تحقیق تلاش شد تا علاوه بر لحاظ کردن همبستگی بین مشخصه‌های فنی، به ارتباطی که بین نیازهای مشتریان وجود دارد نیز پرداخته شود، و این نتایج تلاش به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی ارائه شد.

در این تحقیق ابتدا نیازهای مشتریان به روش دلفی فازی اولویت‌بندی شدند. برای به دست آوردن ماتریس روابط  $(R_{ij})$ ، ابتدا محاسبات فازی براساس همبستگی بین الزامات فنی تولید انجام گرفت، سپس با توجه به خروجی آنها، ماتریس روابط جدید  $(R''_{ij})$  با در نظر گرفتن همبستگی بین نیازهای مشتریان با خودشان محاسبه گردید و میزان اولویت هر الزام فنی مشخص شد. با توجه به اینکه میزان اجرای هر یک از مشخصه‌های فنی، براساس اولویت‌بندی آنها صورت می‌گیرد و نیز با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود (هزینه اجرا، میزان دشواری و میزان رقابت‌پذیری هر مشخصه فنی) مسئله به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی، مدل‌سازی شد. جواب‌های این مدل، میزان اجرای بهینه هر الزام فنی برای دستیابی به حداکثر رضایت مشتری است.

در این پژوهش با توجه به قابلیت‌های نرم‌افزار Excel و Lingo و ابزارهای کمکی برای جمع‌آوری نیازهای مشتریان مانند Google Form و...، تمام نیازهای مشتریان از یک فضای تحت وب به سرورهای سازمان انتقال یافت. در نهایت با توجه به روابط تعریف شده در نرم‌افزار Excel و مدل فرموله شده در Lingo، مسئله به راحتی حل شد و زمان لازم برای چنین محاسباتی در مقایسه با حل دستی به یک صدم کاهش یافت. این کاهش زمان محاسبات یکی از عوامل مهم در اجرای این پژوهش در سازمان مربوطه و سایر سازمان‌هاست.

با توجه به اینکه در قسمت سمت راست ماتریس خانه کیفیت، ماتریس برنامه‌ریزی وجود دارد که به ارزیابی رقبا می‌پردازد و تحقیقات اندکی در این حوزه انجام گرفته است، پیشنهاد می‌شود محققان، استراتژی‌های مذاکره مانند استراتژی‌های رقابتی (چانه‌زنی توزیعی)، استراتژی‌های همکاری (چانه‌زنی ترکیبی)، استراتژی تبعیت و... را در ماتریس خانه کیفیت لحاظ کنند.

به دلیل ماهیت متغیر نیازهای آدمی، خواسته‌ها و نیازها در طی زمان تغییر می‌کند. مدل کانو نیازهای متغیر را دسته‌بندی کرده است. از آنجا که میزان برآورده شدن نیازها برای افراد مختلف

متفاوت است، بهتر است به نیازهایی که ارزش بالاتری دارند (مانند نیازهای انگیزشی) توجه شوند، ولی باید در نظر داشت که عمر این نیازها کم است و پس از مدت کوتاهی به نیازهای سطح پایین تر مانند نیازهای عملکردی و اساسی تبدیل می‌شوند و این سؤال را برای مدیران ایجاد می‌کند که «با توجه به عمر کم این نیازها، سرمایه‌گذاری روی آنها چقدر می‌تواند برای سازمان ارزش افزوده داشته باشد؟» و بسیاری از سؤال‌های دیگر که پاسخ به آنها برای پیشروبودن در صنعت مد نظر از رقبا حیاتی است. بنابراین پیشنهاد می‌شود این مهم با ترکیب مدل کانو و برنامه‌ریزی غیرخطی در QFD در کانون توجه قرار گیرد.

## References

- Asgharpour, M. (2008). *Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*. University of Tehran press (UTP). (in Persian)
- Azadi, M., & Farzipoor Saen, R. (2013). A combination of QFD and imprecise DEA with enhanced Russell graph measure: A case study in healthcare. *Socio-Economic Planning Sciences*, 76(4); 281-291.
- Azar, A. & Bizhan, N. (2007). Planning and Improvement of QFD Network Analysis and Goal Programing. *Modarres Human Science*, 12(37). (in Persian)
- Bojadzive, G., & Bojadzive, M. (2007). *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*, (2nd Edition). *World Scientific*, p.22.
- Bottani, E. (2009). A fuzzy QFD approach to achieve agility. *International Journal of Production Economics* 119: 380–391.
- Bottani, E., Rizzi, A. (2006). Strategic management of logistics service: A fuzzy QFD approach, *Int. J. Production Economics*, 103, 585–599.
- Chen, L. H., & Ko, W-C. (2008). A Fuzzy Nonlinear Model for quality function deployment considering Kano's concept. *Mathematical and Computer Modeling*, 38, 559-570.
- Chen, L. H., & Ko, W-C. (2009). Fuzzy Linear programming models for new product design QFD with FMEA. *Applied Mathematical Modeling*, 33, 663-647.
- Chen, L. H., & Ko, W-C. (2010). Fuzzy linear programming models for NPD using a four-phase QFD activity process based on the means-end chain concept. *European Journal of Operational Research*, 201, 619-632.
- Chen, L. H., & Weng, M-C. (2003). A Fuzzy Model for Exploiting Quality Function Deployment. *Mathematical and Computer Modeling*, 38, 559-570.

- Chen, Y., & Fung, R. Y. K., & Tang, J. (2006). Rating technical attributes in fuzzy QFD by integrating fuzzy weighted average method and fuzzy expected value operator. *European Journal of Operational Research*, 174, 1553-1566.
- Delice, E. K., & Gungor, Z. (2009). A new mixed integer linear programming model for product development using quality function deployment. *Computers & Industrial Engineering*, 57, 906-912.
- Fazli, S. & Alizade, M. (2008). Analysis and optimum Prioritizing Customer Need's (Integrated Approach Kano and QFD). *Iranian Journal of Trade Studies*, (49): 145-170. (in Persian)
- Fung, R. Y. K., & Tang, J., & Tu, Y., & Wang, D. (2010). Product design resources optimization using a non-linear fuzzy quality function deployment model. *International Journal of Production Research*, 40(3): 583-599.
- Hamtami, H. & Ranjbar, M. (2008). Principle of Fuzzy Modeling. *Shahid Bahonar University of Kerman Press*. (in Persian)
- Iraj, N. & Ali, B. (2009). Application of QFD to Identify the Main Feature of Web Design Using Fuzzy Topsis. *Journal of Industrial Management*, 4(9). (in Persian)
- Jia, G. Z., & and M. Bai. (2010). An approach for manufacturing strategy development based on fuzzy-QFD. *Computers & Industrial Engineering* 60 (3): 445-454.
- Kahraman, C., & Ertay, T., & Buyukozkan, G. (2006). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research*, 171, 390-411.
- Karsak, E. E., & Dursun, M. (2014). An integrated supplier selection methodology incorporating QFD and DEA with imprecise data. *Expert Systems with Applications*, 41, 6995-7004.
- Karsak, E. E., (2004). Fuzzy multiple objective decision making approach to prioritize design requirements in quality function deployment. *int. j. prod. res.*, 42(18): 3957-3974.
- Khademi, Z. H., & Zarei, M., & Sadeghieh, A., & Owlia, M. S. (2010). Ranking the strategic actions of Iran mobile cellular telecommunication using two models of fuzzy QFD. *Telecommunications Policy*, 34, 747-759.
- Liu, Y., & Zhou, J., & Chen, Y. (2014). Using Fuzzy Non-linear Regression to Identify the Degree of Compensation among Customer Requirements in QFD. *Neurocomputing*.
- Lotfizadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8, 338-353.

- Luo, X. G., & Kwong, C. K., & Tang, J.F. (2010). Determining optimal levels of engineering characteristics in quality function deployment under multi-segment market. *Computers & Industrial Engineering*, 59, 126–135.
- Mehregan, M. & ghasemy, M. (2002). Using Kano's Model in Deteminig Quality Score Industrial Copmanies. *Management Knowledge*, 15(56). (in Persian)
- Momeni, M. (2012). The New Topics of Operations Research. *Published By Author*. (in Persian)
- Najmi, M. & Majid, E. & Kianfar, F. (2006). Prioritizing technical Characteristics in QFD using Fuzzy Topsis. *Industirl Engineering and Management Journal*, (34): 3-9. (in Persian)
- Nourosana, R. & asgharpour, M. & Nasiri, Zh. (2005). Prioritizing Customer Requirment's in QFD. *International Journal of Engineering Science*, (2): 21-27. (in Persian)
- Prasad, K. G. D., & Subbaiah, K. V., & Narayana Rao, K. (2014). Supply chain design through QFD-based optimization. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25, 712 – 733.
- Rezaii, K. & Ashtiani, H. & Houshiar, M. (2005). QFD "Customer Oriented Approach to Design and Improve Product Quality. *Atena Press*. (in Persian)
- Roghanian, E., & Alipour, M. (2014). A fuzzy model for achieving lean attributes for competitive advantages development using AHP-QFD-PROMETHEE. *J Ind Eng Int*, 10:68.
- Sener, Z., & Karsak, E. E. (2011). A combined fuzzy linear regression and fuzzy multiple objective programming approach for setting target levels in quality function deployment. *Expert Systems with Applications*, 38, 3015–3022.
- Wang, Y. M., & Chin, K. S. (2011). Technical importance ratings in fuzzy QFD by integrating fuzzy normalization and fuzzy weighted average. *Computers and Mathematics with Applications*, 62, 4207-4221.
- Wasserman, G. S. (1993). On how to prioritize design requirements during the QFD planning process. *IIE Transactions*, 25 (3), 59–65.
- Yang, Z., & Chen, Y. (2014). Fuzzy Optimization Modeling Approach for QFD-Based New Product Design. *Journal of Industrial Engineering*, Article ID 548271.