

## به کار گیری AHP در QFD برای ارزیابی خواسته‌های مشتریان و رتبه‌بندی الزامات فنی و مهندسی در شرکت فرش شایسته کاشان

علی خاتمی فیروزآبادی\* اسماعیل مزروعی\*\*

### چکیده

استفاده از ابزارهای کیفی، از جمله گسترش عملکرد کیفی در صنایع مختلف به منظور بالا بردن کیفیت فرایند تولید و محصولات تولیدی، قابل توجه می‌باشد. اما با توجه به اینکه ارزیابی‌های صورت گرفته در ماتریس‌های گسترش عملکرد کیفی از دقت کافی برخوردار نیست و دارای ناسازگاری در قضاوت‌هاست، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به رفع این نقص پرداخته شده است. مقاله‌های قبلی در زمینه استفاده از این روش در ماتریس خانه کیفیت و سایر ماتریس‌ها مشکل داشته‌اند که در این مقاله با توضیح آن مشکل، روشی برای حل آن ارائه می‌شود. در این مقاله، ماتریس اول (خانه کیفیت) بررسی شده است. داده‌های مربوط به خواسته‌های مشتریان، از جامعه هدف جمع‌آوری و با استفاده از نظرات کارشناسان، الزامات فنی و مهندسی مربوط به خواسته‌ها تعیین شد. سپس با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ارجحیت معیارها تعیین گردید. در نهایت، ماتریس خانه تکمیل گردید و مشخص گردید که دو خواسته قیمت و عملکرد فرش و همچنین دو الزام فنی و مهندسی تعداد گره در هر متر مربع و مقدار آهار، دارای بیشترین اهمیت هستند و با توجه به روابط موجود در خانه کیفیت و سقف خانه کیفیت، افزایش تعداد گره در هر متر مربع می‌تواند منجر به بهبود محصول گردد.

**کلید واژه‌ها:** گسترش عملکرد کیفی، روش تحلیل سلسله مراتبی، الزامات فنی و مهندسی، خواسته‌های مشتریان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۲/۱۸، تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۹/۳۰

\* گرایش تولید صنعتی دانشگاه لیدز انگلستان. (نویسنده مسئول).

Email: A.Khatami@atu.ac.ir

\*\* دکتری مدیریت صنعتی گرایش تولید دانشگاه علامه طباطبائی.

### مقدمه

با توجه به قدمت فرش بافی در ایران و جایگاه فرش دستبافت و همچنین فرش ماشینی، صنعت فرش همواره جایگاه خاصی در صنعت ایران داشته است [۳]. عدم توجه مناسب به صنعت فرش باعث از دست رفتن جایگاه ما در این صنعت شده است. همچنین رقابت سنگین بین شرکت‌های تولیدی باعث توجه روزافزون به مباحث کیفیت شده است [۱۲]. در عرصه رقابت، شرکت‌هایی دارای جایگاه مناسب هستند که توجه لازم را به خواسته‌های مشتریان داشته باشند و آن‌ها را به نحو مناسب در طراحی محصول به کار برند. روش گسترش عملکرد کیفی، جایگاه قابل توجهی در بین روش‌های کیفیت دارد [۲]. با توجه به ضرورت ورود هر چه بیشتر و سریعتر علم به این صنعت، در این مقاله با استفاده از ابزار گسترش عملکرد کیفی و رویکرد تحلیل سلسله مراتبی، به بررسی خواسته‌های مشتریان و بررسی ارتباط آن با الزامات فنی و مهندسی و رتبه‌بندی الزامات فنی و مهندسی پرداخته شده است. در روش گسترش عملکرد کیفی، چهار ماتریس وجود دارد که با تکیه بر ماتریس اول یا همان خانه کیفیت، به ارزیابی ارتباط بین خواسته‌های مشتریان و الزامات فنی و مهندسی می‌پردازند. همچنین در این ماتریس، از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی برای دستیابی به اعداد دقیقتر و مناسبتر استفاده می‌شود. هدف این تحقیق، استفاده از رویکرد تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی در گسترش کیفی عملکرد به منظور کاهش ناسازگاری‌های اعداد و دستیابی به نتایج بهتر و رفع اشکال موجود در مقالات قبلی - که از روش تحلیل سلسله مراتبی در ماتریس خانه کیفیت استفاده کرده‌اند است. رویکرد مزبور در شرکت فرش شایسته کاشان صورت گرفته است و از آنجا که خواسته‌های مشتریان فرش، عموماً یکسان هستند و در این تحقیق هم از خریداران عمده و هم از خریداران جزء نظرسنجی شده است، نتایج آن می‌تواند مفید باشد. همچنین الزامات فنی و مهندسی، محصول مطالعه متون مرتبط و نظر تیم گسترش عملکرد کیفی است.

### پیشینه تحقیق

گسترش عملکرد کیفی، روشی نوین است که در آن، خواسته‌های مشتری در کل سازمان شنیده می‌شود. این کار، از راه شنیدن خواسته‌های مشتری و هدایت آنها به داخل سازمان و فرایند تولید صورت می‌گیرد. QFD، راهکاری سیستمی است تا اطمینان حاصل نماییم که ندای مشتری در تمامی مراحل برنامه ریزی و طراحی محصول لحاظ می‌شود [۲۰]. خانه کیفیت، ابزار توانمند توسعه عملکرد کیفی برای بیان ندای مشتری و خواسته‌های کیفی او می‌باشد. روش گسترش عملکرد کیفی، شامل چهار ماتریس است. با توجه به اینکه اجرای کامل رویکرد چهار ماتریسی، زمانبر است، در این مقاله، بر ماتریس اول آن، یعنی خانه کیفیت، تکیه شده است. به

طور کلی، در این ماتریس، ابتدا باید ضمن شناسایی خواسته‌های مشتریان، اهمیت هر یک را تعیین نمود و سپس الزامات فنی و مهندسی برای ارضاء خواسته‌ها را مشخص کرد. در مرحله بعد، به بررسی ارتباط خواسته‌های مشتری با الزامات فنی و مهندسی پرداخته می‌شود و در نهایت، رتبه‌بندی الزامات فنی و مهندسی انجام می‌گیرد. گسترش عملکرد کیفی، برای اولین بار در ۱۹۶۶ در ژاپن مطرح شد. در ۱۹۷۲، روش تکامل یافته توسعه عملکرد کیفی در شرکت کشتی‌سازی کوبه توسط آکائو به کار گرفته شد. شرکت فورد در ۱۹۸۶ از این روش استفاده کرد و از آن پس، استفاده از روش توسعه عملکرد کیفی در آمریکا و اروپا گسترش یافت [۱]. این رویکرد با لحاظ نمودن خواسته‌های مشتری در طراحی محصول و طراحی فرایند باعث افزایش قابلیت رقابتی سازمان، کاهش ضایعات و دوباره‌کاری، افزایش سرعت پاسخگویی به نیازهای بازار و افزایش سودآوری سازمان می‌شود [۱۷]. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، به دنبال حل مسائل هستند [۱۳]. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. این روش که توسط ساعتی ارائه شده است، دارای ۴ گام عمده است: مدل سازی، قضاوت ترجیحی، محاسبات وزن‌های نسبی، و ادغام وزن‌های نسبی [۱۴]. در دهه گذشته، پژوهش‌های مختلفی درباره کمی‌سازی مباحث مربوط به خانه کیفیت انجام شده است که بیشتر بر شناسایی نیاز مشتری متمرکز بوده‌اند، از جمله استفاده از نظریه فازی برای رتبه‌بندی نیازهای مشتری [۱۹]، به‌کارگیری نظریه فازی به همراه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره [۲۲]، به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین اهمیت نسبی خواسته‌های مشتری [۱۸]، به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی خطی در فرایند طرح‌ریزی محصول به منظور حداکثر کردن رضایت مشتری، و به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی به همراه روش توسعه عملکرد کیفی [۱۵]. بعضی نیز سعی کرده‌اند مدل QFD را بهبود بخشند و مثلاً مدل ۳ ماتریسی آن را ارائه دهند [۲۴]. اشکال روش گسترش عملکرد کیفی برای شناسایی خواسته‌های مشتریان و استفاده از آنها در طراحی محصول و طراحی فرایند، آن است که اعداد وارد شده در ماتریس‌های آن ممکن است ناسازگار باشند. رویکرد تلفیقی این تحقیق می‌تواند این ضعف را برطرف کند. در فرایند استفاده از AHP در روش QFD، در بعضی مقالات، صرفاً از AHP برای محاسبه اوزان خواسته‌های مشتریان استفاده شده است [۲۳]. برخی مقالات نیز از رویکرد تلفیقی QFD و AHP استفاده کرده‌اند [۲۱]. در برخی مقالات نیز از این روش برای محاسبه اعداد داخل ماتریس استفاده شده است که روشی اصلاح شده از حالت دوم در این مقاله استفاده می‌شود.

## روش تحقیق

این تحقیق، دارای سه هدف اصلی است که عبارتند از: به‌کارگیری رویکرد تحلیل سلسله مراتبی در گسترش کیفی عملکرد به منظور رفع ناسازگاری‌ها در تصمیم‌گیری‌های مشتریان و تیم توسعه عملکرد کیفی، ارائه راه حلی برای مشکل موجود در زمینه استفاده از روش گسترش عملکرد کیفی در خانه کیفیت، و اولویت‌بندی الزامات فنی و به‌کارگیری آنها در فرایند تولید فرش ماشینی.

از سوی دیگر، اهداف فرعی این تحقیق عبارتند از: شناسایی خواسته‌های مشتریان فرش ماشینی و شناسایی الزامات فنی و مهندسی مرتبط با این خواسته‌ها.

سؤالات اساسی که این تحقیق در پی پاسخگویی به آنهاست عبارتند از: آیا با به‌کارگیری تکنیک توسعه عملکرد کیفی به همراه تحلیل سلسله مراتبی می‌توان به اوزان مناسبتری در ماتریس خانه کیفیت دست یافت؟ و آیا با به‌کارگیری تکنیک توسعه عملکرد کیفی تعدیل شده می‌توان پاسخ مناسب‌تری به خواسته‌های مشتریان داد؟

داده‌های مربوط به این تحقیق، نه تنها از راه بررسی مجلات مرتبط، مستندات و سوابق موجود و بررسی شکایات مشتریان به دست آمده است بلکه محصول مطالعات میدانی از طریق مصاحبه با مشتریان، مدیران تولید و سرپرستان شرکت و برگزاری جلسات و توزیع پرسشنامه بین آنهاست. اقدامات بنیادین این فرایند، شامل شناسایی خواسته‌های مشتریان و بررسی ارتباط خواسته‌های آنها با الزامات فنی و مهندسی است. با شناسایی خریداران اصلی شرکت و مشتریان معمولی و توزیع پرسشنامه بین آنها، خواسته‌های مشتریان رتبه‌بندی شده است. شناخت خواسته‌ها از طریق بررسی سوابق، مستندات و شکایات و همچنین مصاحبه با مصرف‌کنندگان نهایی و فروشندگان عمده فرش و بررسی نهایی توسط مسئولین شرکت صورت گرفته است. فرایند اجرای تحقیق به شرح زیر است:

تشکیل تیم توسعه عملکرد کیفی: در این تیم سعی شد برای دستیابی به نتایج مطلوب، از افرادی با سطح دانش و نگرش‌های متفاوت استفاده شود. این تیم به شناسایی مشتریان، بررسی خواسته‌های آنها و چگونگی برآورده ساختن آنها می‌پردازد. مشتریان این شرکت، خریداران اصلی (آنهايي که دارای دفعات فراوان از شرکت خرید می‌کنند) و خریداران معمولی هستند که ۴۰۰ پرسشنامه بین آنها توزیع می‌شود (با توجه به فرمول کوکران).

خواسته‌های اولیه مشتریان عبارتند از: عملکرد فرش در محل‌های متغیر، ریز بودن گل‌ها، ظرافت و زیبایی ریشه و شیرازه، لطیف بودن، عدم پرزدهی، قیمت مناسب، نداشتن سرکجی، یکنواختی تراش و پرداخت، سبک بودن، ضد الکتریسیته ساکن بودن، راحت جارو شدن،

هماهنگی رنگ‌ها، طول عمر بالا و دوام، از دست ندادن کیفیت در اثر شستشو. پس از بررسی خواسته‌ها و غربال‌سازی اولیه (از پاسخ‌دهندگان خواسته شده بود پنج خواسته مهمتر خود را اعلام کنند) در تیم توسعه عملکرد کیفی نیز خواسته‌ها بررسی شد و در نهایت، شش خواسته زیر به عنوان خواسته‌های مهمتر انتخاب شدند:

۱. عملکرد فرش در محل‌های متغیر ( $W_{w1}$ ): مثلاً عملکرد فرش روی زمین‌های صاف و صیقلی، روی زمین‌های زبر و خشن. همچنین عملکرد فرش در خانه‌ها، اماکن تفریحی و ...
۲. عدم پرزدهی ( $W_{w2}$ ): پرز به تارهای کوچک رنگ گفته می‌شود که از سطح فرش جدا می‌شوند و یکی از خصوصیات فرش خوب، عدم پرزدهی است.
۳. قیمت مناسب ( $W_{w3}$ )
۴. هماهنگی رنگ‌ها ( $W_{w4}$ ): عدم وجود رنگ‌ها و بافت‌های زائد (دورنگی و جفتی) روی فرش.
۵. طول عمر بالا و دوام ( $W_{w5}$ )
۶. از دست ندادن کیفیت در اثر شستشو ( $W_{w6}$ ): آب نرفتن، شل نشدن، از دست ندادن رنگ در اثر شستشو، و ...

بعد از مشخص شدن این خواسته‌ها، مقایسات زوجی آنها، با توزیع پرسشنامه بین مشتریان انجام شد.

الزامات فنی و مهندسی برای برآورده کردن خواسته‌های مشتری، با توجه به نقطه نظرات تیم توسعه عملکرد کیفی و مستندات مرتبط و همچنین سایت‌های اینترنتی شناسایی شد که به صورت زیر می‌باشد [۴، ۷، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۶، ۵، ۹، ۴]:

- ۱- تعداد گره در هر متر مربع ( $W_{h1}$ ): منظور، تعداد ریشه‌های بافته شده در هر متر مربع است. هر چه تعداد ریشه‌ها بیشتر باشد، قیمت فرش بالاتر می‌رود.
- ۲- ارتفاع نخ خاب ( $W_{h2}$ ): ارتفاعی که هر ریشه دارد.
- ۳- ضخامت بافت زمینه ( $W_{h3}$ ): بافتی که ریشه‌ها در داخل آن قرار دارند.
- ۴- درجه ثبات رنگ ( $W_{h4}$ ): قابلیت فرش در نگهداری رنگ در برابر شستشو، مالش خشک و مرطوب، نور آفتاب و حلال‌های آلی.
- ۵- مقدار آهار ( $W_{h5}$ ): وزن آهار پشت فرش در هر متر مربع. آهار به پشت فرش زده می‌شود و برای سفت کردن فرش و استحکام بیشتر آن است.

- ۶- میزان برگشت‌پذیری در برابر بار ثابت و متحرک ( $W_{h6}$ ): برگشت‌پذیری فرش در برابر بار نسبت به ضخامت اولیه آن. میزانی که ارتفاع هر رنگ پس از تحمل فشار، دوباره به حالت طبیعی برمی‌گردد.
- ۷- تعداد پیکسل به‌کار رفته ( $W_{h7}$ ): میزان استفاده از ۲۵۰۰۰۰ پیکسل در هر متر مربع از صفحه طراحی فرش.
- ۸- نیروی پایل ( $W_{h8}$ ): نیروی لازم برای بیرون کشیدن نخ خاب.
- ۹- وزن در هر متر مربع ( $W_{h9}$ )
- ۱۰- جمع‌شدگی و چین‌خوردگی ( $W_{h10}$ ): کوچک شدن ابعاد فرش نسبت به حالت اولیه در اثر آب رفتگی، تا شدن و برجسته ایستادن قسمتی از فرش.

بعد از تعیین روند مطلوب برای تغییر این خواسته‌ها و همچنین بررسی رابطه این مشخصه‌ها با یکدیگر، مقایسات زوجی مربوط به این مشخصه‌ها در قالب برگزاری جلسات اعضای تیم توسعه عملکرد کیفی صورت می‌گیرد. در واقع، در این تیم، افراد در جلسات گروهی به تعیین اعداد می‌پردازند. بعد از تعیین این موارد، خانه کیفیت تکمیل می‌گردد. در نهایت، با توجه به محاسبات انجام شده، نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

#### یافته‌های تحقیق

بعد از تعیین شش خواسته مهمتر مشتریان، با استفاده از پرسشنامه‌ای که بین آنها توزیع شد، مقایسات زوجی صورت گرفت و وزن هر یک از خواسته‌ها به شرح زیر به دست آمد:

جدول شماره ۱

| خواسته                                       | وزن   |
|--|-------|
| عملکرد فرش در محل‌های متغیر ( $W_{w1}$ )     | ۰/۲۳۸ |
| عدم پزدهی ( $W_{w2}$ )                       | ۰/۰۵۲ |
| قیمت مناسب ( $W_{w3}$ )                      | ۰/۳۳۶ |
| هماهنگی رنگ‌ها ( $W_{w4}$ )                  | ۰/۰۸۴ |
| طول عمر بالا و دوام ( $W_{w5}$ )             | ۰/۱۶۲ |
| از دست ندادن کیفیت در اثر شستشو ( $W_{w6}$ ) | ۰/۱۲۹ |

بردار زیر بیانگر اهمیت نسبی خواسته‌های مشتری است.

$$w_w = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \\ w_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0/238 \\ 0/052 \\ 0/336 \\ 0/084 \\ 0/162 \\ 0/129 \end{pmatrix}$$

پس از بررسی خواسته‌ها و محاسبه اوزان، به بررسی الزامات فنی و مهندسی می‌پردازیم. در این مرحله، مقایسات زوجی الزامات فنی و مهندسی بر اساس هر یک از خواسته صورت گرفته است. این مقایسات زوجی در گروه گسترش عملکرد کیفی انجام شده است و نتایج آن در جداول زیر آمده است. در این مرحله، نرخ ناسازگاری نیز محاسبه می‌شود. برای اینکه این مقایسات زوجی سازگار باشند، نرخ ناسازگاری باید کوچکتر یا مساوی ۱ باشد [۱۴]. جدول شماره ۲، دربردارنده مقایسات زوجی خواسته‌ها برحسب عملکرد در محل‌های متغیر است.

جدول شماره ۲

|          | $W_{h1}$ | $W_{h2}$ | $W_{h3}$ | $W_{h4}$ | $W_{h5}$ | $W_{h6}$ | $W_{h7}$ | $W_{h8}$ | وزن   |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| $W_{h1}$ | ۱        | ۲        | ۱        | ۲        | ۰/۵      | ۲        | ۲        | ۲        | ۰/۱۶۳ |
| $W_{h2}$ | ۰/۵      | ۱        | ۰/۲۵     | ۲        | ۲        | ۱        | ۰/۵      | ۰/۲۵     | ۰/۱۰۳ |
| $W_{h3}$ | ۱        | ۴        | ۱        | ۲        | ۰/۵      | ۱        | ۲        | ۲        | ۰/۱۴۹ |
| $W_{h4}$ | ۰/۵      | ۰/۵      | ۰/۵      | ۱        | ۲        | ۰/۲۵     | ۰/۲۵     | ۲        | ۰/۰۹۸ |
| $W_{h5}$ | ۲        | ۰/۵      | ۲        | ۰/۵      | ۱        | ۲        | ۲        | ۲        | ۰/۱۷۴ |
| $W_{h6}$ | ۰/۵      | ۱        | ۱        | ۴        | ۰/۵      | ۱        | ۲        | ۱        | ۰/۱۱۶ |
| $W_{h7}$ | ۰/۵      | ۲        | ۰/۵      | ۴        | ۰/۵      | ۰/۵      | ۱        | ۰/۵      | ۰/۰۹۵ |
| $W_{h8}$ | ۰/۵      | ۴        | ۰/۵      | ۰/۵      | ۰/۵      | ۱        | ۲        | ۱        | ۰/۱۰۲ |

نرخ ناسازگاری، ۰/۰۹۳ است و چون کمتر از ۰/۱ می‌باشد، مورد قبول است. جدول شماره ۳، دربردارنده مقایسات زوجی خواسته‌ها برحسب خواسته عدم پرزدهی است.

جدول شماره ۳

|          | $W_{h1}$ | $W_{h2}$ | $W_{h3}$ | $W_{h5}$ | وزن   |
|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| $W_{h1}$ | ۱        | ۰/۵      | ۲        | ۳        | ۰/۲۹۳ |
| $W_{h2}$ | ۲        | ۱        | ۲        | ۳        | ۰/۴۱۲ |
| $W_{h3}$ | ۰/۵      | ۰/۵      | ۱        | ۲        | ۰/۱۸۷ |
| $W_{h5}$ | ۰/۳۳۳    | ۰/۳۳۳    | ۰/۵      | ۱        | ۰/۱۰۸ |

نرخ ناسازگاری،  $۰/۰۲۶$  است. جدول شماره ۴، دربردارنده مقایسات زوجی خواسته‌ها برحسب خواسته قیمت مناسب است.

جدول شماره ۴

|          | $W_{h1}$ | $W_{h2}$ | $W_{h3}$ | $W_{h4}$ | $W_{h5}$ | $W_{h6}$ | $W_{h9}$ | وزن   |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| $W_{h1}$ | ۱        | ۲        | ۲        | ۳        | ۷        | ۳        | ۴        | ۰/۳۳۰ |
| $W_{h2}$ | ۰/۵      | ۱        | ۲        | ۳        | ۲        | ۲        | ۲        | ۰/۱۸۸ |
| $W_{h3}$ | ۰/۵      | ۰/۵      | ۱        | ۱        | ۲        | ۱        | ۰/۵      | ۰/۰۹۸ |
| $W_{h4}$ | ۰/۳۳۳    | ۰/۳۳۳    | ۱        | ۱        | ۲        | ۱        | ۰/۳۳۳    | ۰/۰۸۳ |
| $W_{h5}$ | ۰/۱۴۳    | ۰/۵      | ۰/۵      | ۰/۵      | ۱        | ۰/۵      | ۰/۲۵     | ۰/۰۵۱ |
| $W_{h6}$ | ۰/۳۳۳    | ۰/۵      | ۱        | ۱        | ۲        | ۱        | ۰/۳۳۳    | ۰/۰۸۸ |
| $W_{h9}$ | ۰/۲۵     | ۰/۵      | ۲        | ۳        | ۴        | ۳        | ۱        | ۰/۱۷۲ |

نرخ ناسازگاری،  $۰/۰۴۲$  است. جدول شماره ۵، دربردارنده مقایسات زوجی خواسته‌ها برحسب خواسته هماهنگی رنگهاست.

جدول شماره ۵

|          | $W_{h2}$ | $W_{h4}$ | $W_{h7}$ | وزن   |
|----------|----------|----------|----------|-------|
| $W_{h2}$ | ۱        | ۰/۳۳۳    | ۲        | ۰/۲۳۰ |
| $W_{h4}$ | ۳        | ۱        | ۵        | ۰/۶۴۸ |
| $W_{h7}$ | ۰/۵      | ۰/۲      | ۱        | ۰/۱۲۲ |



نرخ ناسازگاری،  $0/003$  است. جدول شماره ۶، دربردارنده مقایسات زوجی خواسته‌ها برحسب خواسته طول عمر بالا و دوام فرش است.

جدول شماره ۶

|          | $W_{h4}$ | $W_{h5}$ | $W_{h6}$ | $W_{h8}$ | وزن     |
|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| $W_{h4}$ | ۱        | $0/25$   | $0/5$    | $0/5$    | $0/102$ |
| $W_{h5}$ | ۴        | ۱        | ۴        | ۳        | $0/530$ |
| $W_{h6}$ | ۲        | $0/25$   | ۱        | ۲        | $0/208$ |
| $W_{h8}$ | ۲        | $0/333$  | $0/5$    | ۱        | $0/160$ |

نرخ ناسازگاری،  $0/049$  است. جدول شماره ۷، دربردارنده مقایسات زوجی خواسته‌ها برحسب خواسته از دست ندادن کیفیت در اثر شستشو است.

جدول شماره ۷

|           | $W_{h1}$ | $W_{h2}$ | $W_{h5}$ | $W_{h8}$ | $W_{h10}$ | وزن     |
|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|
| $W_{h1}$  | ۱        | ۳        | ۱        | ۳        | ۲         | $0/300$ |
| $W_{h2}$  | $0/333$  | ۱        | $0/5$    | $0/25$   | $0/25$    | $0/078$ |
| $W_{h5}$  | ۱        | ۲        | ۱        | ۲        | ۲         | $0/264$ |
| $W_{h8}$  | $0/333$  | ۴        | $0/5$    | ۱        | $0/333$   | $0/140$ |
| $W_{h10}$ | $0/5$    | ۴        | $0/5$    | ۳        | ۱         | $0/218$ |

نرخ ناسازگاری،  $0/095$  است. ماتریس نشان‌دهنده اوزان مشخصه‌های فنی و مهندسی، به صورت زیر است:

$$w_h = \begin{matrix} & w_1 & w_2 & w_3 & w_4 & w_5 & w_6 \\ \begin{matrix} w_{h1} \\ w_{h2} \\ w_{h3} \\ w_{h4} \\ w_{h5} \\ w_{h6} \\ w_{h7} \\ w_{h8} \\ w_{h9} \\ w_{h10} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0/163 & 0/293 & 0/320 & 0 & 0 & 0/300 \\ 0/103 & 0/412 & 0/118 & 0/230 & 0 & 0/078 \\ 0/149 & 0/187 & 0/098 & 0 & 0 & 0 \\ 0/098 & 0 & 0/083 & 0/648 & 0/102 & 0 \\ 0/174 & 0/108 & 0/051 & 0 & 0/530 & 0/264 \\ 0/116 & 0 & 0/088 & 0 & 0/208 & 0 \\ 0/095 & 0 & 0 & 0/122 & 0 & 0 \\ 0/102 & 0 & 0 & 0 & 0/160 & 0/140 \\ 0 & 0 & 0/172 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0/218 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

در مقالات قبلی، این اوزان به صورت مستقیم به خانه کیفیت وارد می‌شدند. این کار اشکال دارد. با یک مثال ساده، این مشکل را توضیح می‌دهم. از آنجا که در این ماتریس، جمع هر

ستون باید یک شود و این ستون‌ها (طبق این روش) سطرهای خانه کیفیت هستند، اگر در بررسی الزامات فنی و مهندسی بر حسب خواسته شماره ۱، فرضاً فرض همه الزامات فنی از اهمیت ۳ برخوردار باشند، چون مجموع وزن آنها باید ۱ باشد، این وزن بین آنها تقسیم می‌شود. حال اگر برای خواسته شماره ۲ (سطر دوم) مثلاً فقط الزام فنی و مهندسی شماره ۳ (ستون سوم) دارای رابطه باشد و این رابطه از شدت ۳ برخوردار باشد، وزن این الزام ۱ می‌شود و با توجه به اینکه این رابطه هم مثل روابط قبلی از اهمیت ۳ برخوردار بوده است ولی وزن بیشتری گرفته است، جواب‌های نهایی ما اشتباه می‌شود. راه حل ما برای رفع این مشکل این است که از مشتریان بخواهیم در هر سطر از خانه کیفیت، برای مهمترین الزام فنی و مهندسی برای خواسته آن سطر، عددی در نظر بگیرند و سپس با ضرب جواب به دست آمده از تقسیم وزن‌های موجود در هر سطر بر بزرگترین وزن موجود در آن سطر، اعداد آن سطر را به دست آوریم. برای فهم بیشتر، هر دو روش در زیر آورده شده است.

در روش اول (روش اشتباه) برای محاسبه اوزان نسبی نهایی الزامات فنی و مهندسی، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$W = W_h \times W_w$$

$$w_h = \begin{pmatrix} w_{h1} & 0/200 \\ w_{h2} & 0/138 \\ w_{h3} & 0/078 \\ w_{h4} & 0/122 \\ w_{h5} & 0/184 \\ w_{h6} & 0/091 \\ w_{h7} & 0/033 \\ w_{h8} & 0/068 \\ w_{h9} & 0/058 \\ w_{h10} & 0/028 \end{pmatrix}$$

جدول تکمیل شده در زیر آورده شده است.

جدول شماره ۱

|                      | ۱              | ۲                        | ۳             | ۴                | ۵             | ۶          | ۷                        | ۸                       | ۹                  | ۱۰       |                       |
|----------------------|----------------|--------------------------|---------------|------------------|---------------|------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|----------|-----------------------|
| الزامات فنی و مهندسی | مقدار آهار     | تعداد گره در هر متر مربع | ارتفاع نخ خاب | ضخامت بافت زمینه | درجه ثبات رنگ | نیروی پایل | برگشت پذیری در برابر بار | تعداد پیکسل به کار رفته | وزن در هر متر مربع | جمع شدگی | میزان اهمیت خواسته‌ها |
| نیازهای مشتری        | •              | ↑                        | •             | •                | ↑             | ↑          | ↑                        | ↑                       | •                  | ↓        |                       |
| ۱                    | عملکرد         | ۰/۱۷                     | ۰/۱۶          | ۰/۱۰             | ۰/۱۵          | ۰/۱۰       | ۰/۱۲                     | ۰/۰۹                    | •                  | •        | ۰/۲۳۸                 |
| ۲                    | پرزدهی         | ۰/۱۱                     | ۰/۳۹          | ۰/۴۱             | ۰/۱۹          | •          | •                        | •                       | •                  | •        | ۰/۰۵۳                 |
| ۳                    | قیمت           | ۰/۰۵                     | ۰/۳۲          | ۰/۱۹             | ۰/۱۰          | ۰/۰۸       | •                        | ۰/۰۹                    | •                  | ۰/۱۷     | ۰/۳۳۶                 |
| ۴                    | هماهنگی رنگ‌ها | •                        | •             | ۰/۲۳             | •             | ۰/۶۵       | •                        | •                       | ۰/۱۲               | •        | ۰/۰۸۴                 |
| ۵                    | طول عمر        | ۰/۵۳                     | •             | •                | •             | ۰/۱۰       | ۰/۱۶                     | ۰/۲۱                    | •                  | •        | ۰/۱۶۲                 |
| ۶                    | حفظ کیفیت      | ۰/۲۶                     | ۰/۳۰          | ۰/۰۸             | •             | •          | ۰/۱۴                     | •                       | •                  | •        | ۰/۱۲۹                 |
|                      | وزن            | ۰/۱۸                     | ۰/۲۰          | ۰/۱۴             | ۰/۰۸          | ۰/۱۲       | ۰/۰۷                     | ۰/۰۹                    | ۰/۰۳               | ۰/۰۶     | ۰/۰۳                  |
|                      | رتبه           | ۲                        | ۱             | ۳                | ۶             | ۴          | ۷                        | ۵                       | ۹                  | ۸        | ۱۰                    |

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، تعداد گره در هر متر مربع، دارای بالاترین اهمیت است. برای حل این مشکل، با توجه به داده‌های به دست آمده، در سطر اول به مقدار آهار؛ عدد ۷ (بین ۱ و ۹)؛ در سطر دوم به ارتفاع نخ خاب، عدد ۴؛ در سطر سوم به تعداد گره، عدد ۵؛ در سطر چهارم به درجه ثبات رنگ، عدد ۷؛ در سطر پنجم به مقدار آهار، عدد ۵؛ در سطر ششم به تعداد گره، عدد ۵ تخصیص داده شد و خانه کیفیت به شکل زیر تکمیل گردید.

جدول شماره ۲

|                       |                          | ۱    | ۲    | ۳    | ۴    | ۵    | ۶    | ۷    | ۸    | ۹    | ۱۰   |      |
|-----------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| الزامات فنی و مهندسی  | مقدار آهار               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | تعداد گره در هر متر مربع |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| نیازهای مشتری         | ارتفاع خاب               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | ضخامت بافت زمینه         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | درجه ثبات رنگ            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | نیروی پائل               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | برگشت پذیری در برابر بار |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | تعداد پیکسل به کار رفته  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | وزن در هر متر مربع       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       | جمع شدگی                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| میزان اهمیت خواسته‌ها |                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                       |                          | •    | ↑    | •    | •    | ↑    | ↑    | ↑    | ↑    | ↑    | •    | ↓    |
| ۱                     | عملکرد                   | ۷    | ۶/۵۸ | ۴/۱۴ | ۶    | ۳/۹۵ | ۴/۱۳ | ۴/۶۹ | ۳/۸۲ | •    | •    | ۰/۲۴ |
| ۲                     | پرزدهی                   | ۱/۰۵ | ۲/۸۵ | ۴    | ۱/۸۲ | •    | •    | •    | •    | •    | •    | ۰/۰۵ |
| ۳                     | قیمت                     | ۰/۸۰ | ۵    | ۲/۹۳ | ۱/۵۴ | ۱/۳۰ | •    | ۱/۳۷ | •    | ۲/۶۹ | •    | ۰/۳۴ |
| ۴                     | هماهنگی رنگ‌ها           | •    | •    | ۲/۴۸ | •    | ۷    | •    | •    | ۱/۳۲ | •    | •    | ۰/۰۸ |
| ۵                     | طول عمر                  | ۵    | •    | •    | •    | ۰/۹۶ | ۱/۵۱ | ۱/۹۷ | •    | •    | •    | ۰/۱۶ |
| ۶                     | حفظ کیفیت                | ۴/۴۰ | ۵    | ۱/۳۱ | •    | •    | ۲/۳۴ | •    | •    | •    | ۳/۶۴ | ۰/۱۳ |
|                       | وزن مطلق                 | ۳/۳۷ | ۴/۰۴ | ۲/۵۶ | ۲/۰۴ | ۲/۱۲ | ۱/۵۳ | ۱/۹۰ | ۱/۰۲ | ۰/۹۰ | ۰/۴۷ | ۰/۴۷ |
|                       | وزن نسبی                 | ۰/۱۷ | ۰/۲۰ | ۰/۱۳ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۰۸ | ۰/۱۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ |

برای مثال، عدد ۶/۵۸۰ که در تقاطع سطر اول و ستون دوم قرار دارد، به صورت زیر حساب شده است.

$$\frac{۰/۱۶۳}{۰/۱۷۴} \times ۷ = ۶/۵۸۰$$

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اینکه روش AHP به حذف (کاهش) ناسازگاری‌ها در قضاوت‌ها کمک می‌کند، می‌تواند باعث شود تا قضاوت‌های بهتری صورت بگیرد و اوزان مناسب‌تری به دست آیند. همچنین طبق نظر کارشناسان تیم گسترش کیفی عملکرد، اوزان به دست آمده از خانه کیفیت، معقول‌تر و منطقی‌تر از حالتی بودند که AHP استفاده نشده بود (حالت خانه کیفیت بدون استفاده از AHP نیز یک بار توسط تیم به صورت آزمایشی انجام شده بود تا اهمیت روش AHP برای اعضای تیم مشخص گردد). با توجه به اینکه اوزان به دست آمده بر اساس نظر تیم گسترش کیفی عملکرد، معقول‌تر هستند، می‌توان امیدوار بود که خواسته‌های مشتریان به نحو مناسب‌تری برآورده شوند. با توجه به وزن‌های به دست آمده، ملاحظه می‌شود که بین در میان خواسته‌های مشتریان، دو خواسته قیمت و عملکرد، دارای بیشترین اهمیت است و توجه به این دو خواسته، اهمیت زیادی دارد. همچنین دو الزام فنی و مهندسی تعداد گره در هر متر مربع و مقدار آهار، دارای بیشترین اهمیت هستند و نقشی اساسی در ارضای نیازهای مشتری دارند. همانطور که در خانه کیفیت ملاحظه می‌شود، افزایش تعداد گره در هر متر مربع باعث بهبود نیروی پایل، میزان برگشت‌پذیری در برابر بار و جمع‌شدگی می‌شود و افزایش این الزام، سه الزام دیگر را نیز بهبود می‌بخشد. در مورد نیروی پایل، از آنجا که جهت مطلوب تغییر آن افزایش می‌باشد و نیز رابطه منفی با الزام میزان آهار دارد، در نتیجه، افزایش آن تاثیر منفی بر میزان آهار - که خواسته‌ای مهم است - در نتیجه، بهتر است برای افزایش نیروی پایل، به رابطه مثبت آن با الزام تعداد گره در هر متر مربع توجه کرد و با افزایش آن، نیروی پایل را نیز بهبود بخشید. پیشنهاد می‌شود برای تجزیه و تحلیل حساسیت اوزان خواسته‌های مشتریان، برنامه‌ریزی خطی زیر بررسی شود و پس از تکمیل به کار رود:

تابع هدف، بیانگر حداکثر کردن بازه هر یک از اوزان خواسته‌هاست.

$$MAX = \sum u_j - \sum l_j$$

محدودیت اول، بیانگر این است که حاصل ضرب اعداد موجود در ستون هر یک از الزامات در اوزان خواسته‌ها برابر است با اهمیت آن الزام ( $K_i$ ).

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \times w_j = w_i$$

محدودیت دوم بیان می‌کند که مجموع اوزان الزامات باید یک شود.

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1$$

محدودیت سوم بیان می‌کند که مجموع اوزان خواسته‌ها باید یک شود.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

محدودیت‌های دسته چهارم، بیانگر بزرگتر بودن هر یک از اوزان الزامات از اوزان کوچکتر از خود است (یعنی اولویت‌ها باید همچنان برقرار باشد).

محدودیت‌های دسته پنجم بیان می‌کنند که هر یک از اوزان مشتری می‌تواند بین حد بالا و پایین خود تغییر کند.

$$w_j \leq u_j \text{ و } w_j \geq l_j$$

محدودیت‌های دسته ششم بیان می‌کنند که حاصل ضرب اعداد موجود در ستون هر یک از الزامات در حد پایین وزن هر یک از خواسته‌ها برابر است با  $X_i$ .

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \times l_j = x_i$$

محدودیت‌های دسته هفتم بیان می‌کنند که حاصل ضرب اعداد موجود در ستون هر یک از الزامات در حد بالای وزن هر یک از خواسته‌ها برابر است با  $Y_i$ .

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \times u_j = y_i$$

محدودیت دسته هشتم بیان می‌کند که اولویت برتری وزن هر یک از الزامات باید در مورد  $X_i$  های به دست آمده نیز صادق باشد.

محدودیت دسته نهم بیان می‌کند که اولویت برتری وزن هر یک از الزامات باید در مورد  $Y_i$  های به دست آمده نیز صادق باشد.

محدودیت دسته دهم بیان می‌کند که مجموع اوزان الزامات باید ۱ شود.

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1$$

در این مدل،  $U_j$ ، حد بالای وزن خواسته؛  $L_j$ ، حد پایین وزن خواسته؛  $a_{ij}$ ، عدد مربوط به سطر  $i$  ام و ستون  $j$  ام؛  $W_j$ ، وزن خواسته‌ها. و  $W_i$ ، وزن الزامات هستند.

مدیران شرکت‌ها با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توانند اولاً به خواسته‌های مهم مشتریان پی ببرند و ثانیاً آن دسته از الزامات فنی و مهندسی را که خواسته‌های مهم مشتریان را به نحو مناسبی برآورده می‌کنند بشناسند و برای بهبود آنها تلاش کنند. همچنین با تولید فرش‌های مطابق با خواسته‌های مصرف‌کنندگان، مشتریان نیز از کار انجام شده در این تحقیق سود خواهند برد.

فرش، محصولی است که غیر از الزامات فنی، مسائل هنری نیز در آن برای جلب رضایت مشتری و ارتقاء کیفیت محصول دخیل است. تا کنون هیچ معیاری برای اندازه‌گیری مشخصه‌های هنری تعیین نشده است و هیچ گونه استانداردی در این زمینه وجود ندارد. برای دسترسی به کیفیت بالاتر در صنعت فرش، پیشنهاد می‌شود با نظر کارشناسان و طراحان فرش، تعریفی برای هر مشخصه هنری ارائه شود که قابل استفاده در ماتریس باشد و بتوان از آن برای پاسخگویی به نیازهای کیفی استفاده کرد.

### پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

۱. بررسی مسائل هنری و زیباشناختی، تعیین نحوه سنجش آنها و به‌کارگیری آنها در خانه کیفیت.
۲. استفاده از رویکرد ۴ ماتریسی کامل برای انتقال خواسته‌های مشتریان به طراحی فرایند.
۳. بررسی روش‌های MCDM استفاده شده در روش QFD و شناسایی مزایا و معایب هر یک از آنها.
۴. تکمیل الگوی پیشنهادی برای دستیابی به دامنه تغییرات وزن‌های خواسته‌ها به نحوی که رتبه‌های الزامات فنی و مهندسی ثابت بماند.





18. Hunt, Robert A and Xavier, Fernando B. (2003). The leading edge in strategic QFD. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 20(1), 56-73.
19. Jia, G.Z., Bai, M. (2010). *An approach for manufacturing strategy development based on fuzzy-QFD*. Computers & Industrial Engineering. In Press, Corrected Proof, Available online 8 July 2010 at: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
20. Liang-hsuan Chen and Ming-Chu Weng. (2003). A Fuzzy Model for Exploiting Quality Function Deployment. *Mathematical and Computer Modelling*, 38 559-570
21. Lin , YuanHsu., Cheng, Hui-Ping., Tseng, Ming-Lang., Tsai, Jim C.C. (2010). *Using QFD and ANP to analyze the environmental production requirements in linguistic preferences*. *Expert Systems with Applications*, Volume 37, Issue 3, Pages 2186-2196.
22. Liu, Hao-Tien . (2011). *Product design and selection using fuzzy QFD and fuzzy MCDM approaches*. *Applied Mathematical Modelling*, Volume 35, Issue 1, Pages 482-496.
23. Nicolai J. Foss. (1997). *The classical theory of production and the capabilities view of the firm*. *Journal of Economic Studies*, Vol. 24 Iss: 5, pp.307 – 323.
24. Zarei, M., Fakhrzad, M.B., Jamali Paghaleh, M. (2011). *Food supply chain leanness using a developed QFD model*. *Journal of Food Engineering*. Volume 102, Issue 1, Pages 25-33.