



## Evaluation and Ranking the Relative Importance of Design Requirements by Combining QFD and DEA Techniques (Case Study: Tile Industry of Iran)

Y. Zare Mehrjerdi\*, M.S. Owlia & A. Tanha Dorodzani

Yahia Zare Mehrjerdi, Industrial Engineering Department  
Mohammad Saleh Owlia, Industrial Engineering Department  
AmirTanha Dorodzani Industrial Engineering Department

### Keywords

Quality Function Deployment (QFD),  
Data Envelopment Analysis (DEA),  
Customer Needs,  
Design Requirements,  
Relative Importance

### ABSTRACT

*This article aims to evaluate the relative importance of product design requirements in Quality Function Deployment (QFD) environment taking customer needs and producers constraints. Considering the matrix of QFD, we can take the customers needs into consideration only. However, we present a technique that can take into account the production constraints in the product design process as well as the customer needs. In this regard, the DEA technique which is a linear based model is proposed here. First, we discuss about the literature review on the context of QFD and DEA, and after explaining the combination process of these techniques a case study is represented. The tile industry case study proposed here takes into consideration the customer needs, their relative importance, constraints against the producers, and design requirements in the specified field. We evaluate not only the relationship between the customer needs and design requirements but we evaluate the relationship between the design requirements and producers constraints. Finally, by constructing the model using DEA and the regarding constraints we calculate the relative importance of design requirements..*

© 2012 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 23, No. 2, All Rights Reserved

\*  
Corresponding author. Yahia Zare Mehrjerdi  
Email: yazm2000@yahoo.com



# ارزیابی و رتبه بندی اهمیت نسبی الزامات فنی محصول با تلفیق مدل‌های QFD و DEA: مطالعه موردی (صنایع کاشی و سرامیک)

یحیی زارع مهرجردی\*، محمد صالح اولیاء و امیر تنها درودزنی

## چکیده:

در این مقاله به دنبال برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی محصول در ماتریس QFD با در نظر گرفتن نیازمندی‌های مشتریان و محدودیت‌های پیش روی تولید کنندگان هستیم. با توجه به اینکه ماتریس QFD فقط خواسته‌های مشتریان را در الزامات فنی دخیل می‌کند، لذا به دنبال تکنیکی هستیم که علاوه بر نیازمندی‌ها، به بررسی محدودیت‌ها نیز در طراحی محصول بپردازد. از این رو مدل DEA که یک مدل برنامه ریزی خطی است، پیشنهاد می‌شود. در آغاز به بررسی ادبیات موضوع در زمینه‌های QFD و DEA می‌پردازیم و پس از تشریح فرآیند تلفیق دو مدل با یکدیگر، مطالعه موردی را بررسی می‌کنیم. به برآورد نیازمندی‌های مشتریان و اهمیت نسبی‌شان، محدودیت‌های پیش روی تولید کنندگان و مشخصات فنی در صنعت کاشی و سرامیک می‌پردازیم و همچنین رابطه بین نیازمندی‌ها با مشخصات فنی از یک سو و محدودیت‌های پیش روی تولید کنندگان و مشخصات فنی از سوی دیگر را برآورد می‌کنیم. در نهایت با ساخت مدل DEA و محدودیت‌های آن، اهمیت نسبی الزامات فنی در صنعت کاشی و سرامیک را بدست می‌آوریم.

## کلمات کلیدی

QFD (گسترش عملکرد کیفیت)،  
DEA (تحلیل پوششی داده‌ها)،  
نیازمندی‌های مشتریان،  
الزامات طراحی، اهمیت نسبی.

## ۱. مقدمه

مشتری و مشتری مداری از جمله مباحث پر اهمیت و از موضوعات جالب توجه در ادبیات مدیریت است. در محیط پرتلاطم و رقابتی امروز، سازمانهایی در عرصه رقابت پیشرو خواهند بود که در برآوردن نیازها و خواسته‌های مشتریان گوی سبقت را از سایر رقبای بازار برابند. بدون تردید ایجاد رضایت در مشتریان و حتی به شوق درآوردن آنها از کیفیت محصولات و خدمات، در مرحله اول نیازمند شناخت نیازها و خواسته‌های آنها و سپس انتقال این

خواسته‌ها به موقعیتی است که محصولات و خدمات تولید می‌شوند. این امر با توجه به پیچیده شدن روزافزون سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، خودبه خود اتفاق نمی‌افتد، بلکه نیازمند روشها و رویه‌هایی نظام مند است که این مفاهیم را به فرآیندی سازمانی مبدل کند [۱، ۲۰، ۲۱].

بدیهی است که همیشه انتظارات مشتری با توجه به رشد روز افزون علم بالاست و منابع بسیاری از سازمان‌ها محدود است. اگر فقط در نظر گرفتن و دخیل کردن صدای مشتری در محصول لحاظ شود، نه تنها سود چندانی عاید سازمان نمی‌شود، بلکه سازمان را در مسیر ورشکستگی قرار می‌دهد. بنابراین سازمان‌ها برای تولید محصول نهایی خود، نیازمند آشکار سازی خواسته‌های مشتریان و محدودیت‌های پیش روی خود هستند. QFD، یک ابزار قدرتمند جهت ارتقای رضایت مشتری از طریق بهبود کیفیت محصول و کاهش زمان و هزینه‌های تولید است. با استفاده از QFD ضمن بهبود کیفیت محصول امکان کاهش زمان و هزینه

تاریخ وصول: ۸۹/۳/۲۵

تاریخ تصویب: ۹۰/۴/۵

\*نویسنده مسئول مقاله: دکتر یحیی زارع مهرجردی، دانشیار، دانشکده صنایع، دانشگاه یزد. Yazm2000@yahoo.com  
دکتر محمد صالح اولیاء، دانشیار، دانشکده صنایع، دانشگاه یزد. owliams@gmail.com  
امیر تنها درودزنی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه یزد. Atanha63@yahoo.com

مصرف به حداکثر خود می رسد. اما با استفاده از تکنیک های نوین و فرآیندهای جدید طراحی با گذشت زمان هزینه و منابع مورد استفاده رو به کاهش می روند [۵]. با بررسی در زمینه QFD و پیگرد آن مشخص می شود که مفهوم QFD در واقع در زمینه های بارز و پایداری همچون تفکر مدیریت از سال ۱۹۴۰ میلادی وارد علم مدیریت شد. در ابتدا سازمان ها از کنترل کیفیت برای تولید و مناطقی که نیازمند نظارت بود استفاده کردند.

اما از اواسط دهه ۱۹۵۰ میلادی این موضوع گسترش یافت و در همه بخش های سازمان، به عنوان یک ابزار مدیریتی شناخته شد. اصطلاح QFD در مفاهیم و روش های توسعه محصولات جدید (NPD) و در سایه مدیریت کیفیت جامع (TQM) بوجود آمد [۶]. مبنا و ساختار ماتریسی گسترش عملکرد کیفیت به جدول کیفیت برمی گردد که برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ در صنایع کشتی سازی کوبه توسط پرفسور یوجی آکائو به منظور طراحی تانکرهای کشتی مورد استفاده قرار گرفت. شرکت تویوتا در سال ۱۹۷۷ به توسعه آن اقدام کرد و آن را در توسعه محصولات خود به کار گرفت.

نقطه عطف تکامل روش QFD در سال ۱۹۷۸ با انتشار کتابی با عنوان گسترش عملکرد کیفیت، از سوی دکتر یوجی آکائو و شیگرو میزونو همراه بود [۷]. این تکنیک برای توسعه محصولات از ابتدای دهه ۱۹۸۰ (برای اولین بار در سال ۱۹۸۳) در صنایع آمریکایی مورد استفاده قرار گرفت [۲۱، ۲۰]. صنایع خودروسازی، اولین گروه از صنایعی بودند که در ایالات متحده به استفاده از QFD روی آوردند. اما به زودی سایر صنایع و به ویژه صنایع خدماتی نیز از آن استفاده کردند [۲۱، ۲۰، ۸].

در بررسی فرآیند مدل QFD، هنگامی که از QFD برای توسعه محصول استفاده می کنیم، انتظارات مشتریان مربوط به ویژگی های اصلی طراحی محصول در ماتریس اصلی خانه کیفیت (HOQ) به کار برده می شود [۲۲، ۲۱، ۲۰، ۹]. HOQ ماتریسی است شامل تعدادی ورودیهای عددی که مهمترین نیازمندیهای مشتریان (CRs<sup>۵</sup>)، الزامات فنی محصول (DRs<sup>۶</sup>)، ارتباط بین CRها و DRها (ارتباط بین نیازمندیهای مشتریان و الزامات فنی محصول) و همچنین ارتباط بین خود الزامات فنی محصول، DRها را نشان می دهد [۹]. ابتدا برای ورود به خانه کیفیت، شاخص های کیفی را که از ندای مشتری و همچنین ارتباط بین CRها و DRها با نظرات متخصصین و ابزارهای جمع

تولید نیز بوجود می آید [۲]. خانه کیفیت به عنوان مهمترین بخش QFD، یک نمودار ماتریس گونه است که خواسته های مشتری را با ویژگی های فنی مرتبط می سازد. بنابراین، برای در نظر گرفتن خواسته های مشتریان در محصول نهایی از ماتریس QFD استفاده می شود. در این مقاله ما به دنبال آن هستیم که علاوه بر نیازمندی های مشتریان، محدودیت های پیش روی تولید کنندگان این صنعت را نیز در طراحی محصولات دخیل کنیم. مسلم است که استفاده از ماتریس QFD سنتی نمی تواند پاسخ گوی این امر باشد. لذا از مدل DEA برای انجام این مساله استفاده می کنیم. علت مقبولیت گسترده این روش نسبت به سایر روش ها، امکان بررسی روابط پیچیده و اغلب نامعلوم بین چندین ورودی و چندین خروجی (معمولا اندازه ناپذیر) است که در این فعالیت ها وجود دارد.

این مدل به ارزیابی عملکرد شهرها، مناطق و کشورها، با انواع مختلف ورودی از قبیل هزینه های اجتماعی، شبکه های ایمنی و انواع خروجی از قبیل ابعاد مختلف کیفیت زندگی و... نیز قابل گسترش می باشد. این روش امکان نگرش به فعالیت هایی که قبلا به روش های دیگر ارزیابی شده اند را فراهم می کند [۳]. در این تحقیق برای برآورد اهمیت نسبی الزامات طراحی محصول در صنعت کاشی و سرامیک هنگامی که نیازمند دخیل کردن نیازمندی های مشتریان و محدودیت های پیش روی تولید کنندگان هستیم از مدل DEA استفاده می کنیم. در زمینه ادبیات موضوع و کاربرد این دو مدل در بخش های مختلف صنعت مقالات متعدد و گسترده ای وجود دارد. ابتدا شرح مختصری از ادبیات موضوع این دو تکنیک ارائه می گردد و در ادامه در مورد روش تلفیق این دو مدل و چگونگی کاربرد آن در صنعت کاشی و سرامیک بحث می کنیم.

## ۲. گسترش عملکرد کیفیت

QFD یکی از ابزارهای کیفی جهت دستیابی به نیازها و خواسته های مشتریان است که با کمک آن می توان خدمات و محصولات منطبق با نیازهای مشتری را طراحی کرد [۳]. به عبارت بهتر، آن دسته از نیازمندی های مشتری را که می توان با استفاده از عملکرد محصول ارضاء نمود در QFD قابل اجرا است [۴]. گسترش عملکرد کیفیت، به عنوان یکی از روشهای نوین مهندسی از مطالعه بازار و شناسایی مشتریان محصول شروع شده و ضمن شناسایی و خواسته های کاربران سعی دارد که خواسته های کاربران و مشتریان را در مراحل طراحی اعمال نماید تا از دوباره کاری ها و تغییرپذیری فرآیند طراحی کاسته شود. نکته قابل توجه و مهم در مورد روشهای سنتی طراحی، استفاده بسیار کند از منابع و هزینه بالا در ابتدای پروژه است که به مرور زمان این

<sup>1</sup> - New Product Development

<sup>2</sup> - Total Quality Management

<sup>3</sup> - Toyota

<sup>4</sup> - House Of Quality

<sup>5</sup> - Customer Requirements

<sup>6</sup> - Design Requirements

$R_{ik}$ ؛ عناصر ماتریس C می باشد که ارتباط بین  $CR_i$  و  $DR_k$  را به نمایش می گذارد.

$Y_{kj}$ ؛ عناصر ماتریس همبستگی فنی D که رابطه متقابل بین  $DR_k$  و  $DR_j$  را نشان می دهد.

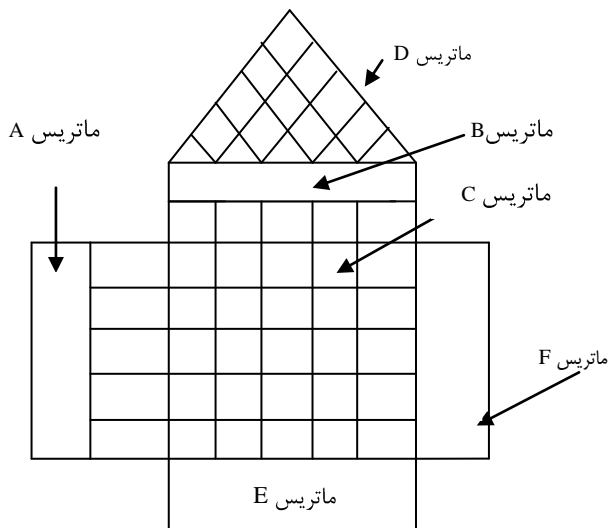
K؛ عناصر (CRs).

N؛ عضو های DR ها، می باشد.

$R_{ij}^{norm}$  از ماتریس نرمال C حاصل می شود، که می تواند  $C^{norm}$  ها را مشخص کند.

باید به این نکته توجه شود که  $C^{norm}$  ها، زمانی نیازمند محاسبه است که رابطه متقابل بین DR ها وجود داشته باشد.

اهمیت نسبی و قطعی DR ها در ماتریس E محاسبه می شود. به عنوان مثال برای محاسبه اهمیت قطعی  $DR_1$ ، تمامی اهمیت نسبی به دست آمده از نیازمندیهای مشتریان را در روابطی که به صورت عددی بین  $DR_1$  و CRها وجود دارد ضرب کرده و اهمیت قطعی برای  $DR_1$  به دست می آید. حال برای برآورد اهمیت نسبی  $DR_1$ ، میزان اهمیت قطعی بدست آمده را بر حاصل جمع تمام اهمیت نسبی بدست آمده از DR ها، تقسیم می کنیم و میزان اهمیت نسبی برای  $DR_1$  به دست می آید.



شکل ۱. ماتریس خانه کیفیت

### ۳. تجزیه و تحلیل پوششی داده ها

تجزیه و تحلیل پوششی داده ها که برای اولین بار بوسیله چارنز<sup>۱۱</sup> توسعه یافت، در توسعه تصمیمات و مدیریت و همچنین بدست آوردن فرآیندهای غیر منتظره در نظریه و متدولوژی و

آوری داده<sup>۱</sup> بدست آورده ایم به مقادیر عددی تبدیل می کنیم. در حالت کلی ماتریس خانه کیفیت، در بر دارنده ۶ قسمت اصلی است که در شکل ۱ مشخص شده است [۲۱، ۲۰، ۱۰]. پس از شناسایی نیاز های کیفی مشتریان با روش های آماری<sup>۲</sup> (همچنین می توان از درجه بندی های متفاوتی مثلا (۱ تا ۵) یا (۱ تا ۱۰) استفاده کرد)، که با درک مناسب از نظرات مشتریان و افراد با تجربه سازمان می باشد، می توان میزان اهمیت نسبی را به دست آورد.

این اهمیت نسبی<sup>۳</sup> ممکن است از روش های ساده ای همچون، نرخ مستقیم<sup>۴</sup>، یا با روش های پیچیده تری همچون، روش نوسانی<sup>۵</sup>، برنامه ریزی سلسله مراتبی<sup>۶</sup>، یا فرآیند شبکه تحلیلی<sup>۷</sup> محاسبه شود [۱۱]. این بخش مربوط به ماتریس A می شود. الزامات فنی در ماتریس B فهرست می شوند، درجه رابطه بین CR ها و DR ها در ماتریس C و با نظر متخصصان اندازه گیری می شود. این ارتباط معمولا با استفاده از چهار سطح رابطه به کار گرفته شده است: بدون رابطه، رابطه ضعیف/کم، ارتباط متوسط/میانه، رو، و ارتباط قوی. معمولا با استفاده از علائمی شبیه به علائم ذکر شده در جدول شماره ۳ مشخص می شوند. این علائم با سنجش داخلی به اعداد برگردانده می شوند که معمولا این علائم را با اعداد (۰، ۱، ۳، ۵) و اخیرا با اعداد (۰، ۱، ۳، ۹) نشان می دهند.

بخش D ماتریس مربوط به همبستگی میان الزامات طراحی محصول می باشد، زیرا بعضی از الزامات طراحی به هم وابسته اند و در این ماتریس میزان ارتباط آنها سنجیده می شود که درجه همبستگی آنها با استفاده از همان علائم نمادین در جدول شماره ۳ شبیه به آنچه برای ماتریس C در نظر گرفته شد به کار برده می شود. هنگامی که رابطه یا اهمیت نسبی DR ها، بوسیله ماتریس D نشان داده می شود، این اطلاعات باید به صورت عادی در ورودی ماتریس C مورد استفاده قرار گیرد. در زیر یک رویه توسط واسرمن<sup>۸</sup> برای این هدف پیشنهاد شده است [۱۲]:

$$R_{ij}^{norm} = \frac{\sum_{k=1}^N R_{ik} \cdot \gamma_{kj}}{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N R_{ik} \cdot \gamma_{kj}} \quad (1)$$

که در آن:

- 1 - Data
- 2 - Statistical Methods
- 3 - Relative Importance
- 4 - Direct Rating
- 5 - Oscillation Method
- 6 - Analytic Hierarchy Process
- 7 - Analytic Network Process
- 8 - Wasserman

<sup>9</sup> - Absolute Importance

<sup>10</sup> - Relative Importance

<sup>11</sup> - Charnes

$$Efficiency = \frac{Outputs}{Inputs} \quad (۲)$$

فارل در سال ۱۹۶۲ پیشنهاد اضافه نمودن ضرایب وزنی را به ورودی و خروجی ها برای محاسبه کارایی ارائه نمود:

$$Efficiency = \frac{Weighted\ SUM\ of\ Outputs}{Weighted\ SUM\ of\ Inputs} = \frac{مجموع\ ستاده\ های\ موزون}{مجموع\ نهاده\ های\ موزون} \quad (۳)$$

و برای اندازه گیری یک واحد تصمیم گیری می توان را بطه فوق را به صورت زیر نوشت:

$$Efficiency\ of\ Unit_j = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots} \quad (۴)$$

که در آن :

$u_1$ ؛ وزن داده شده به خروجی شماره ۱

$Y_{1j}$ ؛ مقدار خروجی شماره ۱ از واحد  $j$

$V_1$ ؛ وزن داده شده به ورودی شماره ۱

$X_{1j}$ ؛ مقدار ورودی شماره ۱ به واحد  $j$

چنانچه بتوان این نسبت را برای هر یک از واحد های تصمیم گیری در مقایسه با سایر آنها حل نمود، می توان به مقایسه این واحدها از نقطه نظر کارایی پرداخت و واحد های کارا را در برابر واحدهای فاقد کارایی مشخص کرد و آنگاه درصد افزایش کارایی واحد های نا کارا بود.

چارنز، کوپر و رودز مدل زیر را برای اندازه گیری کارایی واحد  $J_0$  در مقایسه با مجموعه ای از واحد ها ارائه کردند [۱۷]:

$$Max\ h_0 = \frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \quad (۵)$$

s.t.

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1 \quad \text{برای هر واحد } j$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

که در آن:

$y_{rj}$ ؛ مقدار خروجی  $r$  از واحد  $j$

$x_{ij}$ ؛ مقدار ورودی  $i$  به واحد  $j$

$u_r$ ؛ وزن تخصیص داده شده به خروجی  $r$

$v_i$ ؛ وزن تخصیص داده شده به ورودی  $i$

$n$ ؛ تعداد واحد ها،  $s$ ؛ تعداد ستاده ها،  $m$ ؛ تعداد نهاده ها،  $\varepsilon$ ؛ یک مقدار غیر منفی و بسیار کوچک.

اگر مقدار  $h_0 = 1$  باشد، می گوئیم واحد  $J_0$  نسبت به سایر واحدهای مورد مقایسه کارا است. ولی اگر این مقدار کوچکتر از ۱

موارد (کوپر و چارنز) گسترده در رتبه بندی از همه جوانب علمی، موثر است [۱۳].

تحلیل پوششی داده ها، یک روش بر نامه ریزی خطی است که با استفاده از اطلاعات سازمان ها و واحدهای تولیدی به عنوان واحدهای تصمیم گیرنده اقدام به ساخت مرز کارایی می کند. مرز فوق بر اساس اطلاعات در قالب نهاده ها و ستاده ها و بر اساس نتایج برنامه ریزی خطی متوالی ساخته می شود و در واقع در جه عدم کارایی هر واحد تصمیم گیرنده به میزان فاصله واحد مزبور تا مرز کارایی است [۱۴]. در واقع تلاش برای تابعی کردن رابطه بین نهاده ها و ستاده ها و تعیین حداکثر ستاده قابل حصول از نهاده ها، منجر به طرح توابع تولید پارامتری در سیر مطالعات اقتصادی گردید. توابعی مانند کاب داگلاس<sup>۱</sup>، لیون تیف<sup>۲</sup>، کششی ثابت<sup>۳</sup> و... در نظریه های اقتصاد خرد با این انگیزه ایجاد شده اند. فارل نخستین بار در سال ۱۹۵۷ با ارائه روش مرزی به نام مرز کارایی فارل<sup>۴</sup>، مرز غیر کارایی را تعریف کرد. او با استفاده از روابط ریاضی، ملاک دور افتادگی واحد تصمیم گیرنده (DMU<sup>۵</sup>) از مرز فوق را به عنوان کارایی آن واحد، اندازه گیری کرد [۱۵]. در سال ۱۹۷۸ چارنز، کوپر<sup>۶</sup> و رودز<sup>۷</sup> با معرفی مدل CCR<sup>۸</sup> بر اساس مدل های ریاضی توسعه یافته، آن را به عنوان تحلیل پوششی داده ها معرفی کردند.

شش سال پس از ارائه مدل CCR، دومین مدل از این نوع توسط بنکر<sup>۹</sup>، چارنز و کوپر به نام BCC<sup>۱۰</sup> ساخته شد که براساس بازده به مقیاس<sup>۱۱</sup> متغیر طراحی شده بود. گرچه تعداد مدل های تحلیل پوششی داده ها روز به روز در حال گسترش است، اما پایه و مبنای همه آنها چند مدل اصلی به نام های CCR-BCC و BCC-CCR است که توسط بنیان گذاران این شاخه از علوم طراحی شده اند. تا کنون مدل های متعددی از سوی دانشمندان این حوزه از دانش بشری ارائه گردیده و وجود بالغ بر ۵۰۰ مدل ریاضی و گزارش کاربردی فراوان در این زمینه حاکی از رشد و گسترش این شیوه اندازه گیری بهره وری محسوب می شود [۱۶].

در بررسی فرآیند مدل، اگر تعدادی واحد همگن داشته باشیم می توان کارایی را برای این واحد ها به صورت نسبت خروجی ها به ورودی ها به شکل زیر تعریف کرد:

<sup>1</sup>- Cobb Douglas

<sup>2</sup>- Lean Tyef

<sup>3</sup>- Strength Constant

<sup>4</sup>- Farrell Efficiency Frontier

<sup>5</sup>- Decision Making Unit

<sup>6</sup>- Cooper

<sup>7</sup>- Rhodes

<sup>8</sup>- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes

<sup>9</sup>- Banker

<sup>10</sup>- Banker, Charnes, A., Cooper, W.W.

<sup>11</sup>- Returns-To-Scale

منابع بسیاری از سازمان ها محدود است. در اینجا لازم می شود سایر عواملی که می توانند در تولید محصول نهایی تاثیر گذار باشند را در خانه کیفیت وارد کرد. با مطالعات کتابخانه ای، استفاده از نظرات خبرگان، مصاحبه و... می توان این عوامل را شناسایی کرد. این عوامل نیز همانند صدای مشتری باید در جدول خانه کیفیت به عنوان عوامل تاثیر گذار وارد شوند. به این ترتیب به دست آوردن اهمیت نسبی الزامات طراحی مستلزم هم نیازهای مشتری و هم فاکتورهای اضافی است. برای بدست آوردن اهمیت نسبی الزامات طراحی می توان از مدل DEA که در دریافت ورودی ها و خروجی ها محدودیتی ندارد استفاده کرد. برای تلفیق مدل QFD در DEA، DR ها را که باید اهمیت نسبی شان برآورد شود به عنوان DMU ها در نظر می گیریم. امتیاز کارایی یک DR همان مقدار اهمیت نسبی پیشنهاد می شود. بنابر این یک DR با کارایی بالاتر، با اهمیت تر مطرح می شود [۹]. برای اینکه تمامی خواسته های مشتریان و محدودیت ها را به صورت عناصر ورودی و خروجی طبقه بندی کنیم بنا به ادعای گلانی<sup>۱</sup> و رول<sup>۲</sup> برای این طبقه بندی پرسشی به صورت زیر مطرح می شود: آیا یک DR برحسب یک عامل (مثلا هزینه)، با مقدار بالا با اهمیت تر مطرح می شود؟ اگر جواب آری است، پس آن فاکتور به عنوان عامل خروجی در نظر گرفته می شود در غیر اینصورت یک عامل ورودی است [۱۹]. با این توضیح مشخص می شود که یک DR با مقدار بالای نیازمندی های مشتری با اهمیت تر است و به عکس یک DR با مقدار پایین هزینه مقدم تر می شود. بنابراین، نیازمندی های مشتریان فاکتورهای خروجی و هزینه فاکتور ورودی است. در صورتی که عاملی به عنوان ورودی وجود نداشته باشد، در این مدل باید یک ورودی ساختگی به تعداد الزامات طراحی وارد کرد که مقدار آن به تعداد این الزامات عدد ۱ می باشد. لازم به ذکر است که این ورودی ساختگی تاثیری در محاسبات نهایی ندارد.

نکته دیگر این که در محاسبات QFD از برآورد های نسبی CRها در هنگام محاسبه اهمیت مطلق DR ها استفاده می کردیم. حال در مدل DEA این برآورد ها را با استفاده از روش ناحیه اطمینان<sup>۳</sup> حل می کنیم. این کار با افزودن محدودیت های دیگری که روابط میان ضرایب را مشخص می کند ( $U_{mi}$  و  $V_{mj}$ ) در مدل DEA اصلی انجام می شود. بویژه اهمیت CRها را می توان در ضرایب با استفاده از فرمول  $U_{r0} = d_r u_{10}$  برای همه ( $r = 1, 2, \dots, k$  and  $d_1 = 1$ )، بدست آورد. برای مثال اگر  $CR_3$  و  $CR_2$  به ترتیب، نیم و سه برابر مهتر از  $CR_1$  باشند،

باشد، این واحد نسبت به سایر واحد ها از کارایی کمتری برخوردار است. مدل ۵، یک مدل غیر خطی کسری است که برای حل باید به یک مدل خطی معمولی تبدیل شود. این کار به صورت زیر انجام می شود [۱۸]:  
برنامه اولیه:

Primal model: (۶)

$$\text{Max } h_0 = \sum_r u_r y_{rj_0}$$

s.t.

$$\sum_i v_i y_{ij_0} = 1 \text{ (say)}$$

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i y_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$-V_i \leq -\varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m \quad s_r^+$$

$$-U_r \leq -\varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, t \quad s_r^-$$

برنامه ثانویه:

Dual Model: (۷)

$$\text{Min } 1 Z_0 - \varepsilon \sum_r \varepsilon_r^+ - \varepsilon \sum_i \varepsilon_i^-$$

s.t.

$$x_{ij_0} Z_0 - s_i^- - \sum_j x_{ij} \lambda_j = 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$-s_r^+ + \sum_j y_{rj} \lambda_j = y_{rj_0} \quad r = 1, \dots, t$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0, Z_0 \text{ unconstrained}$$

براساس مدل فوق چنانچه یک واحد تصمیم گیری بتواند با منبع صرفی کمتری خروجی بیشتری نسبت به دیگر واحد ها داشته باشد، به آن یک واحد کارا می گویند و آنگاه بر اساس نتایج بدست آمده برای بقیه واحد ها آنها را به ترتیب دسته بندی می کنند.

#### ۴. تلفیق دو مدل QFD و DEA

با بررسی ساختار و خانه کیفیت، این سوال مطرح می شود که آیا در این خانه پس از محاسبه اهمیت نسبی الزامات طراحی محصول، DRهایی که بیشترین مقدار اهمیت نسبی را دارا هستند حال با افزودن عاملی همچون (هزینه)، هنوز هم با اهمیت تر مطرح می شوند؟ در صنعت رو به رشد امروز توجه به نیازهای مشتریان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و برای کسب مزیت رقابتی، هر سازمان باید به این نکته توجه کند. اما مسلماً همیشه انتظارات مشتری با توجه به رشد روز افزون علم بالاست و

<sup>1</sup>-Golany

<sup>2</sup>-Roll

<sup>3</sup> - Assurance Region

باشند، حال نسبت DR ها نسبت به CR ها بوسیله ماتریس زیر محاسبه می شود [9].

$$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{21} & \dots & y_{k1} \\ y_{12} & y_{22} & \dots & y_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{1n} & y_{2n} & \dots & y_{kn} \end{bmatrix}$$

$y_{rj}$ ؛ درجه بندی ژامین DR نسبت به ژامین CR می باشد. اگر اهمیت CR ها در این فرم بوسیله ضرایب  $U_{r0} = d_r u_{10}$  برای همه  $(d_1 = 1, r = 1, 2, \dots, k)$  بدست آید، آنگاه اهمیت نسبی DR ها با استفاده از DEA نسبت به حاصل جمع وزنی مدل CCR ذکر شده در بخش قبل (مدل ۶)، استفاده می کنیم. برای محاسبه وزن نهایی  $DR_0$  مدل به صورت زیر دنبال می شود.

$$\max \sum_{r=1}^k u_{r0} y_{r0} \quad (8)$$

s. t.

$$v_0 = 1, \sum_{r=1}^k u_{r0} y_{rj} - v_0 \leq 0, \\ j = 1, 2, \dots, n, u_{r0}, v_0 \geq 0, r = 1, 2, \dots, k,$$

که ضرایب برای ورودی فرضی ثابت  $v_0$ ، ۱ است و  $u_{r0}$  ضرایب نشان داده شده برای اهمیت نسبی  $k$  CR می باشد. هنگامی که اهمیت CR ها بوسیله محدودیت های اضافی با استفاده از فرم  $U_{r0} = d_r u_{10}$  در مدل ۶ وارد شد، مدل نهایی می تواند به صورت زیر نوشته شود؛

$$\max u_{10} \sum_{r=1}^k d_r y_{r0} \quad (9)$$

s. t.

$$u_{10} \sum_{r=1}^k d_r y_{rj} \leq 1, \\ j = 1, 2, \dots, n, u_{10}, v_0 \geq 0$$

مدل ۹ مقدار  $u_{10}$  را به گونه ای انتخاب می کند، که محدودیت  $\sum_{r=1}^k d_r y_{rj}$  به ازای  $j = 1, 2, \dots, n$  برابر با ۱ شود. از آنجا که این محدودیت ها به ازای  $n$  فرمول DEA برای یافتن کارایی تمامی  $n$  DMU ها (در اینجا همان DR ها) یکسان هستند، مقدار  $u_{10}$  برای تمامی برنامه های DEA یکسان می باشند. بنابراین نمره کارایی  $DMU_0$  متناسب با  $\sum_{r=1}^k d_r y_{r0}$  می باشد.

آنگاه  $d_2 = 0.5$  و  $d_3 = 3$  می باشد [9]. حال فرآیند مرحله به مرحله برای انجام تحقیق را بیان می کنیم.

#### ۴-۱. فرآیند گام به گام مدل

۱- همه CR ها، DR ها و دیگر فاکتورهایی که برای برآورد اهمیت نسبی مقادیر DR ها بررسی شده اند را لیست کنید.

۲- درجه روابط بین DR ها و CR ها (یعنی ماتریس C در شکل شماره ۱)، ماتریس همبستگی فنی D و امتیازات DR ها بر حسب فاکتورهای اضافی با استفاده از رویه منظم به کار گرفته شده در هر مرحله از اجرای QFD را بدست آورید.

۳- مقادیر عددی مناسب را به ورودیهای ماتریس D و C تخصیص دهید، هنگامی که همبستگی کافی میان DR ها که به عنوان ورودی های ماتریس D می باشند وجود دارد، باید ماتریس  $C^{norm}$  را محاسبه کرد.

۴- برای ساخت مدل DEA، ورودی های ماتریس A و C (اگر همبستگی میان DR ها وجود نداشته باشد)، یا  $C^{norm}$  (اگر همبستگی کافی وجود نداشته باشد) و امتیازات DR ها مربوط به فاکتورهای اضافی مورد نیاز است. در نتیجه امتیازات کارایی محاسبه شده با استفاده از DEA می تواند به عنوان اهمیت نسبی DR ها استفاده شود.

روشن است که استفاده از DEA به جای محاسبات ساده QFD حس خوبی ایجاد نمی کند، اما فرآیند QFD سنتی فقط می تواند در موارد QFD ساده هنگامی که بحث کاربرد فاکتورهای اضافی مطرح نباشد و هنگامی که فقط یک فاکتور اضافی مطرح است استفاده می شود. با استفاده از DEA این محدودیت حل شده و ما می توانیم هر عاملی را در این مدل برآورد کنیم [9].

#### ۵. تشریح مدل های مختلف DEA برای محاسبه این

##### تکنیک

۱- اهمیت نسبی DR ها هنگامی که هیچ عامل اضافی وارد نمی شود؛

برای این حالت، در ابتدا اهمیت میان CR ها مشخص می شود و اهمیت CR ها در مدل DEA بوسیله محدودیت های دیگر مشروط در ضرایب استفاده می شود و هنگامی که هیچ فاکتور اضافی دیگری در QFD مطرح نمی باشد، اهمیت نسبی DR ها بوسیله DEA نسبت به حاصل جمع وزن های درجه بندی شده DR ها نسبت به CR ها محاسبه می شوند.

قضیه ۱: فرض می کنیم تعداد DR ها مساوی  $n$  و تعداد CR ها مساوی  $k$  و همچنین  $a$  یک ورودی ساختگی با مقدار ثابت ۱

از آنجایی که  $v_0 x_0 = 1$  می باشد، در مدل یک جابجایی به صورت  $v_0 = \frac{1}{x_0}$  انجام می دهیم و مدل نهایی به صورت زیر به دست می آید؛

$$\max u_{10} \sum_{r=1}^k d_r y_{r0} \quad (12)$$

s.t.

$$u_{10} x_0 \left( \frac{\sum_{r=1}^k d_r y_{rj}}{x_j} \right) \leq 1, \\ j = 1, 2, \dots, n, \quad u_{10}, v_0 \geq 0.$$

باید توجه داشت که  $DR_0$  برای  $x_0$  ثابت می باشد. این مدل مفادیری برای عبارت  $u_{10} x_0$  بدست می آورد به طوری که بیشترین مقدار محدودیت  $u_{10} x_0 \left( \frac{\sum_{r=1}^k d_r y_{rj}}{x_j} \right)$  برابر با ۱ ، به ازای  $j=1,2,\dots,n$  ، می باشد. از آنجائیکه این محدودیت ها برای همه  $n$  فرمولاسیون DEA یکسانند لذا برای پیدا کردن کارایی تمام DMU ها، حاصل مقدار  $u_{10} x_0$  برای تمام مسائل DEA یکسان است. بنابراین نمره کارایی  $DMU_0$  متناسب است با نسبت  $\left( \frac{\sum_{r=1}^k d_r y_{rj}}{x_j} \right)$ .

## ۶. مطالعه موردی (صنایع کاشی و سرامیک) و اجرای

### تکنیک

صنعت کاشی و سرامیک از پیشینه تاریخی زیادی در کشور برخوردار بوده و نمونه‌های به‌کار رفته در آثار و ابنیه تاریخی موید آن است. صنعت کاشی و سرامیک با توجه به نقش مهمی که در بالا رفتن سطح بهداشت جامعه داشته و همچنین برخورداری از مزیت‌های فراوان تولیدی از جمله مواد اولیه، سوخت، انرژی، نیروی انسانی و غیره طی سال‌های اخیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار و رشد فراوانی را در گروه صنعت کانی غیرفلزی به خود اختصاص داده است. تغییر فرهنگ مصرف و استفاده از مصالح مرغوب و مناسب در ساختمان‌سازی، مشارکت دولت در ساخت و سازهای گسترده برای قشر بدون مسکن و ممنوعیت ورود آن باعث شد که تولید کاشی و سرامیک به نحو چشمگیری توسعه یابد. در این تحقیق با توجه به موارد ذکر شده در بحث ادبیات موضوع، ابتدا به بررسی نیازمندی‌های مشتریان در صنعت کاشی و سرامیک پرداختیم، این کار با مراجعه متعدد به نمایندگی ها، پیمانکاران، کارخانه ها ، عمده فروشان، خرده فروشان و خبرنگاران در این صنعت در دو شهر یزد و شیراز انجام شد. پس از مطالعات و بررسی های انجام شده، مهمترین نیازمندی‌های مشتریان به عنوان گام اول در این صنعت به صورت زیر لیست شد:

۲- اهمیت نسبی DR ها هنگامی که فاکتور اضافی (ورودی) مطرح می باشد؛

هنگامی که اهمیت CR ها در مدل DEA بوسیله محدودیت های دیگر، متناسب با مقادیر ضرایب استفاده شده و هنگامی که یک فاکتور (مطابق<sup>۱</sup>) ورودی (همانند هزینه) مطرح می‌شود، اهمیت نسبی DR ها بوسیله DEA نسبت به درجه حاصل جمع وزنی نشان داده شده در فرمول قبل، بنابر مقدار فاکتور ورودی محاسبه می شود.

**قضیه ۲:** فرض می کنیم تعداد DRها مساوی  $n$  و تعداد CRها مساوی  $k$  و یک فاکتور ورودی اضافی وجود دارد. همچنین اهمیت DR ها در مقایسه با عامل ورودی اضافی، بوسیله ماتریس زیر نشان داده شده است [۹].

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

که در آن  $x_0$  ضریب  $DR_0$  بر حسب فاکتور اضافی می باشد. اگر میزان اهمیت CR ها (که در قسمت قبل در مورد آن بحث شد) استفاده شود، اهمیت نسبی DR ها با استفاده از DEA متناسب با نسبت زیر برای  $DR_0$  بدست می آید.

$$\left( \frac{\sum_{r=1}^k d_r y_{r0}}{x_0} \right)$$

برای اثبات این قضیه از منطق بخش قبل استفاده می کنیم. با ورود یک فاکتور ورودی، مدل ۹ به صورت زیر اصلاح می شود؛

$$\max \sum_{r=1}^k u_{r0} y_{r0} \quad (10)$$

s. t.

$$v_0 x_0 = 1, \quad \sum_{r=1}^k u_{r0} y_{rj} - v_0 x_j \leq 0, \\ j = 1, 2, \dots, n, \quad u_{r0}, v_0 \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, k,$$

که در آن ضریب برای عامل ورودی اضافی  $v_0$  می باشد و  $u_{r0}$  ضرایب نشان داده شده برای اهمیت نسبی  $k$  CR می باشد. در اینجا نیز هنگامی که اهمیت CR ها بوسیله قیود اضافی با استفاده از فرم  $U_{r0} = d_r u_{10}$  در مدل قبل بدست آید، مدل می تواند به صورت زیر دنبال شود؛

$$\max u_{10} \sum_{r=1}^k d_r y_{r0} \quad (11)$$

s. t.

$$v_0 x_0 = 1, \quad \frac{u_{10} \sum_{r=1}^k d_r y_{rj}}{v_0 x_j} \leq 1, \\ j = 1, 2, \dots, n, \quad u_{r0} v_0 \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, k.$$



۱. هزینه و قیمت شامل (هزینه های مواد اولیه، حمل و نقل، فرآیند تولید، بازگشتی، مالیات، قیمت پایین محصول و...)
۲. عوامل محیطی (سرما، گرما، تغییرات جوی، نقاط مختلف آب و هوایی و...)
۳. توسعه پذیری (افزایش و به روز کردن روش های تولید و ایجاد نوآوری و...)
۴. توانایی تولید (بالا بردن میزان ظرفیت تولید با افزایش شیفتهای کاری و...)
- کاربرد و پیاده سازی آسان (متدهای جدید برای به کارگیری بهتر و...)

قدم دوم در این تحقیق شناسایی مشخصات فنی در صنعت کاشی و سرامیک است که این کار نیز با مراجعه به موسسه استاندارد ایران، مصاحبه با خبرگان صنعت انجام شد و مهمترین مشخصهها به صورت زیر لیست شد:

- DR1 = منظم بودن ابعاد و ضخامت، DR2 = رنگ ناپذیری و تغییر رنگ، DR3 = کیفیت سطح، DR4 = تعیین سایش عمق و سطح، DR5 = تعیین مدول گسیختگی و ضریب شکست، DR6 = مقاومت در برابر یخ زدگی، DR7 = جذب آب کاشی، DR8 = تعیین مقاومت شیمیایی، DR9 = انبساط رطوبتی، DR10 = ضریب انبساط حرارتی خطی، DR11 = سختی سطح در برابر شوک حرارتی و DR12 = بسته بندی و نشانه گذاری.

پس از شناسایی مهمترین مشخصه ها، قدم سوم در این تحقیق برآورد میزان رابطه بین نیازمندی ها و مشخصات فنی از یک سو و محدودیت های پیش روی تولید کنندگان و مشخصات فنی از سوی دیگر است. برای انجام این کار پرسشنامه ای شامل جداولی برای برآورد رابطه میان این ویژگی ها در اختیار مدیران بخش تولید و طراحی و مدیران آزمایشگاه ها قرار داده شد و از آنها درخواست شد تا رابطه بین نیازمندی ها و مشخصات فنی را با اعداد زیر نشان دهند:

0 = اگر هیچ ارتباطی بین نیازمندی ها و مشخصات فنی وجود نداشته باشد. 1 = اگر ارتباط خیلی کمی بین نیازمندی ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد. 3 = اگر ارتباط متوسطی بین نیازمندی ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد. 9 = اگر ارتباط خوب، یا خیلی خوبی بین نیازمندی ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد. همچنین از آنها درخواست شد رابطه بین محدودیت های پیش روی تولید کنندگان و مشخصات فنی را با اعداد زیر مشخص کنند:

1 = خیلی کم، 2 = کم، 3 = تا حدودی، 4 = زیاد و 5 = خیلی زیاد. برای بهتر به انجام رساندن این مرحله پرسشنامه بین 10 کارخانه معتبر کاشی و سرامیک در سطح شهرهای یزد و میبد که

CR1 = رنگ، CR2 = طرح، CR3 = مقاومت و استحکام کاشی، CR4 = مارک، CR5 = تنوع، CR6 = یکنواختی سطح، CR7 = هماهنگی و مطابقت ابعاد و محتوا، CR8 = عدم سایش و صافی سطوح، CR9 = سهولت نصب و CR10 = خدمات پس از فروش. پس از شناسایی نیازمندی ها، نوبت به برآورد میزان اهمیت نسبی آنها می باشد. این کار با طراحی پرسشنامه و توزیع ابتدایی آن بین نمایندگی ها (خرده فروشان و عمده فروشان) این صنعت انجام گرفت. با توجه به اینکه نمایندگی ها ارتباط مستمری با مشتریان دارند و بهتر می توانند نیازمندی ها را درک کنند، لذا جامعه آماری برای برآورد اهمیت نسبی نیازمندی های مشتریان این گروه انتخاب شدند. پس از جمع آوری پرسشنامه های ابتدایی و بررسی میزان روایی و پایایی آن با نظرات خبرگان و تحلیل های آماری، توزیع گسترده آن بین نمایندگی ها آغاز شد. پس از جمع آوری نهایی پرسشنامه ها، میزان اهمیت هر کدام از مشخصه ها به صورت زیر مشخص شد. امتیازات پرسشنامه به صورت،

1 = اهمیت خیلی کم،

2 = اهمیت کم،

3 = اهمیت تا حدودی،

4 = اهمیت زیاد و

5 = اهمیت خیلی زیاد بود.

### جدول ۱. اهمیت نسبی نیازمندی های مشتریان در صنعت

#### کاشی و سرامیک

نیازمندی ها	میزان اهمیت	نیازمندی ها	میزان اهمیت
رنگ	۴.۲	یکنواختی سطح	۳.۵۶
طرح	۴.۳۶	هماهنگی و مطابقت	۳.۸
مقاومت و استحکام	۳.۵	عدم سایش و صافی سطح	۳.۱۶
مارک	۲.۸۶	سهولت نصب	۲.۰۸
تنوع	۳.۳	خدمات پس از فروش	۲.۱

با توجه به جدول ۱، طرح و رنگ به عنوان مهمترین مشخصه های کیفی مورد نیاز مشتریان و خدمات پس از فروش به عنوان کم اهمیت ترین فاکتور مشخص شد. پس از شناسایی برآورد نیازمندی ها و اهمیت نسبی آنها، قدم دوم شناسایی محدودیت های پیش روی تولید کنندگان در این صنعت می باشد. در این مرحله نیز با مطالعات کتابخانه ای، مراجعه به سایت های اینترنتی و مصاحبه با خبرگان در این زمینه، مهمترین محدودیت های پیش روی تولید کنندگان در این صنعت به صورت زیر بیان شد:

جدول ۲. روابط اشکال و میزان اهمیت آنها

رابطه	قوی و خیلی قوی	متوسط	کم	بدون رابطه
اشکال	●	▲	◎	

دارای گواهینامه بین المللی (استاندارد مدیریت کیفیت) ISO 9001-2000 هستند توزیع شد. پس از بررسی نتایج این روابط به صورت جدول ۳ در ماتریس خانه کیفیت وارد شد. در این جدول که از نتایج پرسش نامه های جمع آوری شده در سطح کارخانه ها بدست آمد رابطه میان عناصر مشخص می شوند.

جدول ۳. برآورد رابطه بین نیازمندی ها و محدودیت ها با الزامات طراحی

نیازمندی ها ↓	اهمیت ↓	DR1 DR2 DR3 DR4 DR5 DR6 DR7 DR8 DR9 DR10 DR11 DR12											
		CR1	۴.۲		▲	●		▲					
CR2	۴.۳۶	▲	●	▲									●
CR3	۳.۵	▲		◎	▲	●	▲	●	▲	●	◎	▲	◎
CR4	۲.۸۶	◎		●									▲
CR5	۳.۳	●	◎	◎	◎			◎					▲
CR6	۳.۵۶	●	▲	●	▲	◎	▲	◎		◎		▲	
CR7	۳.۸	●	▲	◎				◎					
CR8	۳.۱۶		▲	●	●	▲	▲	▲	◎	◎	◎	▲	
CR9	۲.۸	▲		▲			◎	▲		◎			▲
CR10	۲.۱	◎		▲	◎	◎	▲						
هزینه		۳	۴	۴	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۳
عوامل محیطی		۱	۴	۱	۴	۳	۵	۴	۴	۴	۵	۴	۱
توسعه پذیری		۵	۲	۴	۳	۳	۳	۴	۳	۳	۳	۲	۴
توانایی تولید		۴	۴	۴	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱
کاربرد و پیاده		۵	۴	۴	۱	۱	۳	۴	۱	۱	۱	۲	۴

نیازمندی های مشتریان و کاربرد و پیاده سازی آسان، به عنوان عوامل خروجی، هزینه، عوامل محیطی، توسعه پذیری و توانایی تولید به عنوان فاکتورهای ورودی در مدل DEA، در نظر گرفته می شوند. با این توضیحات مدل ساخته شده DEA برای DR1 به صورت زیر است؛

آخرین مرحله محاسباتی تحقیق برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی با استفاده از مدل DEA است. طبق توضیحات داده شده در قسمت سوم این مقاله، برای ساخت مدل DEA به تعدادی ورودی و خروجی نیاز داریم که با توجه به گفته گلانی و رول، ورودی ها و خروجی ها در صنعت کاشی و سرامیک به صورت زیر لیست می شوند [۱۹]:

$$\max \quad 0u_{11} + 3u_{21} + 3u_{31} + 1u_{41} + 9u_{51} + 9u_{61} + 9u_{71} + 0u_{81} + 3u_{91} + 1u_{10,1} + 5u_{11,1}$$

s.t.

$$3v_{11} + 1v_{21} + 5v_{31} + 4v_{41} = 1$$

$$3u_{21} + 3u_{31} + 1u_{41} + 9u_{51} + 9u_{61} + 9u_{71} + 3u_{91} + 1u_{10,1} + 5u_{11,1} - 3v_{11} - 1v_{21} - 5v_{31} - 4v_{41} \leq 0$$

$$3u_{11} + 9u_{21} + 1u_{51} + 3u_{61} + 3u_{71} + 3u_{81} + 4u_{11,1} - 3v_{11} - 4v_{21} - 2v_{31} - 4v_{41} \leq 0$$

$$9u_{11} + 3u_{21} + 1u_{31} + 9u_{41} + 1u_{51} + 9u_{61} + 1u_{71} + 9u_{81} + 3u_{91} + 3u_{10,1} + 4u_{11,1} - 4v_{11} - 1v_{21} - 4v_{31} - 4v_{41} \leq 0$$

$$3u_{31} + 1u_{51} + 3u_{61} + 9u_{81} + 1u_{10,1} + 1u_{11,1} - 2v_{11} - 4v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \leq 0$$

$$3u_{11} + 9u_{21} + 1u_{61} + 3u_{81} + 1u_{10,1} + 1u_{11,1} - 2v_{11} - 3v_{21} - 3v_{31} - 3v_{41} \leq 0$$

$$3u_{31} + 3u_{61} + 3u_{81} + 1u_{91} + 3u_{10,1} + 3u_{11,1} - 2v_{11} - 5v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \leq 0$$

$$9u_{31} + 1u_{51} + 1u_{61} + 1u_{71} + 3u_{81} + 3u_{91} + 4u_{11,1} - 2v_{11} - 4v_{21} - 4v_{31} - 2v_{41} \leq 0$$

$$3u_{31} + 1u_{81} + 1u_{11,1} - 3v_{11} - 4v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \leq 0$$

$$9u_{31} + 1u_{61} + 1u_{81} + 1u_{91} + 1u_{11,1} - 3v_{11} - 4v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \leq 0$$

$$9u_{31} + 1u_{61} + 1u_{81} + 1u_{11,1} - 2v_{11} - 5v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \leq 0$$

$$3u_{31} + 3u_{61} + 3u_{81} + 2u_{11,1} - 2v_{11} - 4v_{21} - 2v_{31} - 2v_{41} \leq 0$$

$$1u_{11} + 9u_{21} + 1u_{31} + 3u_{41} + 3u_{51} + 3u_{91} + 4u_{11,1} - 3v_{11} - 1v_{21} - 4v_{31} - 1v_{41} \leq 0$$

$$\begin{aligned}
 &1.038u_{11} - u_{21} = 0 \quad 0.83u_{11} - u_{31} = 0 \quad ,0.68u_{11} - u_{41} = 0 \quad ,0.79u_{11} - u_{51} = 0 \\
 &0.85u_{11} - u_{61} = 0 \quad ,0.9u_{11} - u_{71} = 0 \quad ,0.86u_{11} - u_{81} = 0 \quad ,0.66u_{11} - u_{91} = 0 \quad ,0.5u_{11} - u_{10,1} = 0 \\
 &u_{11}, u_{21}, u_{31}, u_{41}, u_{51}, u_{61}, u_{71}, u_{81}, u_{91}, u_{10,1}, u_{11,1}, v_{11}, v_{21}, v_{31}, v_{41} \geq 0
 \end{aligned}$$

مشخصات قطعات و ... می توانند کمک بیشتری در بهبود بخش طراحی محصول ارائه دهند.

### ۶. نتیجه گیری

QFD، یک ابزار قدرتمند جهت ارتقای رضایت مشتری از طریق بهبود محصول و خدمات می باشد. برای ورود خواسته های مشتریان در محصولات نهایی از طریق مدل QFD این کار به آسانی انجام می پذیرد. اما با توجه به محدودیت های پیش روی تولید کنندگان صنعت، این صنایع مایلند علاوه بر اینکه نیازمندی های مشتریان را در محصولات خود لحاظ کنند، به محدودیت جهت که این مدل محدودیتی در تعداد ورودی و خروجی ندارد، تکنیکی مناسب برای ارزیابی و رتبه بندی الزامات فنی است. در این تحقیق با مشخص کردن نیازمندی های مشتریان در صنعت کاشی و سرامیک و برآورد اهمیت نسبی آنها در مرحله اول، شناسایی مشخصه های فنی و محدودیت های پیش روی تولید کنندگان در مرحله دوم، برآورد رابطه میان الزامات فنی و نیازمندی های مشتریان و برآورد رابطه بین الزامات فنی و محدودیت های پیش روی تولید کنندگان در مرحله سوم و در نهایت تبدیل مقادیر کیفی به کمی، مدل برنامه ریزی خطی این منابع را با توجه به ورودی ها و خروجی های ماتریس بدست آوردیم. این مدل شامل تعدادی محدودیت است که با مشخص شدن ورودی ها و خروجی ها مطابق مطلب ذکر شده در این مقاله بدست آمد. در انتها به کمک نرم افزار DEA اهمیت نسبی الزامات فنی را بدست آوردیم که مهمترین الزامات فنی رنگ ناپذیری و تغییر رنگ، منظم بودن ابعاد و ضخامت، کیفیت سطح، جذب آب کاشی و بسته بندی و نشانه گذاری برآورد شدند. تعیین مقاومت شیمیایی به عنوان کم اهمیت ترین الزام شناسایی شد. این نتایج و اهمیت ها، شرایطی را برای صنعت گران بوجود می آورد که با استفاده از آن و بدون دغدغه در مورد محدودیت ها، می توانند توجه بیشتر به الزاماتی داشته باشند که هم به نیازهای مشتریان اهمیت داده و هم اینکه محدودیت ها را در نظر می گیرد. ترکیب این دو مدل یک بحث کارا و موثر در بخش مدیریت است که می توان با برنامه ریزی دقیق در بخش طراحی محصول در هزینه و زمان صرفه جویی کرد. برای بهبود این منابع می توان از ماتریس های مراحل بعدی QFD استفاده کنیم که به

برای محاسبه اهمیت نسبی دیگر DRها محدودیت ها به همین صورت بدست می آیند، فقط توابع هدف و محدودیت اول مربوط به ورودی، متناسب با ستون مربوط به همان DR تغییر می کند. حال با استفاده از نرم افزار Win-QSB مقادیر اهمیت نسبی الزامات فنی به صورت زیر بدست می آیند.

### جدول ۴. برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی با نرم افزار

Win-QSB					
الزامات فنی	اهمیت نسبی	الزامات فنی	اهمیت نسبی	الزامات فنی	اهمیت نسبی
DR1	1.000	DR5	0.690	DR9	0.44
DR2	1.000	DR6	0.88	DR10	0.47
DR3	1.000	DR7	1.000	DR11	0.71
DR4	0.710	DR8	0.27	DR12	1.000

با توجه به جدول ۴، اهمیت نسبی تمامی الزامات فنی در صنعت کاشی و سرامیک مشخص شد. بر اساس این جدول منظم بودن ابعاد و ضخامت، رنگ ناپذیری و تغییر رنگ، کیفیت سطح، جذب آب کاشی و بسته بندی و نشانه گذاری به عنوان مهمترین الزامات شناخته شدند. در این رتبه بندی، تعیین مقاومت شیمیایی به عنوان کم اهمیت ترین الزام برآورد شد. این نتایج صنعتگران را بر آن می دارد تا توجه خاصی به الزامات با اهمیت تر داشته باشند. در این تحقیق با در نظر گرفتن محدودیت های پیش روی تولید کنندگان و دخیل کردن آنها به همراه نیازمندی های مشتریان در الزامات طراحی، دغدغه های مدیران نسبت به محدودیت ها بر داشته می شود و مدیران می توانند با کم شدن هزینه ها در بخش های غیر ضروری، بودجه بیشتری در جهت اصلاح و کارکرد بهتر الزامات، اختصاص دهند. برنامه ریزی در بخش صنعت نباید یک جانبه باشد، یعنی اینکه یک سازمان فقط به خواسته های مشتریان توجه کند و هیچ نگاهی به سایر موارد سازمان نداشته باشد یا اینکه فقط بر حسب منابع خود تولید کند و به نیازهای مشتریان اهمیتی ندهد. در محیط رقابتی امروز در نظر گرفتن همه جوانب در طراحی محصول باعث مدیریت دقیق در این بخش شده و سازمان ها می توانند وقت و درآمد بیشتری به طرح های نو و به روز اختصاص دهند. استفاده از روش به کار گرفته شده در این تحقیق، یک روش موثر برای مدیریت دقیق در بخش طراحی محصول به حساب می آید. همچنین برای بهبود در بخش الزامات طراحی، ماتریس های مراحل بعدی خانه کیفیت را پیشنهاد می کنیم این ماتریس ها با مشخص کردن ویژگی های مهم محصول، فرآیند های سازمان و

- [12] Wasserman, G.S., *On How to Prioritize Design Requirements During the QFD Planning Process*. IIE Transactions 1993;25(3):pp. 59–65.
- [13] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., *Measuring the Efficiency of Decision Making Units*, European J. Oper. Res. 2 (1978) pp. 429–444.
- [14] prasada, D.S., Rao, Christopher j. O'Donnell, George E. Battese, *Metaferontier Functions for the Study of Inter-regional Productivity Differences*, University of New England, 2003, pp.1-6.
- [15] Farrell, R., Grosskopf, S., Lovell, C., *The measurement of efficiency of production*. Boston: Kluwer Nijhoff. 1985.
- [16] de Koster, M.B.M., Balk, B.M., van Nus, W.T.I., "On using DEA for Benchmarking Container Terminals", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 29 No. 11, 2009, pp. 1140-1155.
- [17] Farrel, M., "The measurement Of Production Efficiency" Journal Of Royal Statistical Society, Series A (General), Vol, 120, 1957, pp. : 253-281.
- [18] Charnes, A, Cooper, W.W., Lewin, A.Y., Seiford, L.M., "Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application", Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [19] Golany, B., Roll, Y., "An Application Procedure for DEA". Omega, 1989;17(3), 237–50.
- [5] Hauser, J.R., Clausing, D., *The House of Quality*, "Harvard Business Review", May –June 1988.
- [6] Walker, Mike., *Customer–Driven Breakthroughs Using QFD and Policy*, *Deployment*, Management Decision, Vol. 40 . No. 3, pp . 248-256 .
- [7] Jui-Chin Jiang, Ming-Li Shiu, Mao-Hsiung Tu, "Quality Function Deployment (QFD) Technology Designed for Contract Manufacturing" The TQM Magazine ,Vol. 19 No. 4, 2007, pp. 291-307.
- [8] Edit M., Einsprush. "Quality Function Deployment (QFD): Application to Rehabilitation Services". International journal Of Health Care Quality Assurance. Vol. 9 No. 3 1996, pp.41-46.
- [9] Ramakrishnan Ramanathana, Jiang Yunfengb, "Incorporating Cost and Environmental Factors in Quality Function Deployment using Data Envelopment Analysis", The International Journal Of Management Science, Omega 37, 2009, 711 – 723.
- [10] Chan, L.K., Wu, M.L., *Quality Function Deployment: a Comprehensive Review of its Concepts and Methods*. Quality Engineering 2002-03;15(1):pp. 23–35.
- [11] Partovi, F.Y., *An Analytic Model for Locating Facilities Strategically*. Omega 2006;34(1):pp. 41–55.
- عمق مهمترین مشخصه ها وارد شده و آنها را مورد مطالعه قرار می دهند. این مدل برای تمامی پروژه هایی که در آنها قادر به تبدیل مقادیر کیفی به کمی هستیم، می تواند مثر ثمر واقع شود.

## مراجع

[۱] منصورى، على رضا، ياورى، زهرا، "QFD ابزاری برای انتقال صدای مشتری به فرایند طراحی و توسعه محصول"، مجله پژوهشی شیخ بهایی، بهار ۱۳۸۲.

[۲] ویلیام کوپر، لورنس سیفورد، کورانتن، "تحلیل پوششی داده ها، مدلها و کاربردها" سید علی میر حسینی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۷.

[۳] رضایی، کامران، حسینی آشتیانی م حمدرضا، هوشیار، محمد، "QFD رویکرد مشتری مداربه طرح ریزی و بهبود کیفیت محصول"، انتشارات شرکت مشارکتی ارج-توف ایران، ۱۳۸۰.

[۴] برادران کاظم زاده، رضا، بشیری، مهدی، "گسترش عملکرد کیفیت". تهران: انتشارات کیفیت ایران، چاپ اول، ۱۳۸۰.