

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، امیر تنها درودزنی

استادیار، دانشکده صنایع، دانشگاه یزد. Yazm2000@yahoo.com

دانشیار، دانشکده صنایع، دانشگاه یزد. owliams@gmail.com

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه یزد. Atanha63@yahoo.com

چکیده:

در این مقاله به دنبال برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی محصول در ماتریس QFD با در نظر گرفتن نیازمندی های مشتریان و محدودیت های پیش روی تولید کنندگان هستیم. با توجه به اینکه ماتریس QFD فقط خواسته های مشتریان را در الزامات فنی دخیل می کند، لذا به دنبال تکنیکی هستیم که علاوه بر نیازمندی ها، به بررسی محدودیت ها نیز در طراحی محصول بپردازد. از این رو مدل DEA که یک مدل برنامه ریزی خطی است، پیشنهاد می شود. در آغاز به بررسی ادبیات موضوع در زمینه های QFD و DEA می پردازیم و پس از تشریح فرآیند تلفیق دو مدل با یکدیگر، مطالعه موردی را بررسی می کنیم. به برآورد نیازمندی های مشتریان و اهمیت نسبیشان، محدودیت های پیش روی تولید کنندگان و مشخصات فنی در صنعت کاشی و سرامیک می پردازیم و همچنین رابطه بین نیازمندی ها با مشخصات فنی از یک سو و محدودیت های پیش روی تولید کنندگان و مشخصات فنی از سوی دیگر را برآورد می کنیم. در نهایت با ساخت مدل DEA و محدودیت های آن، اهمیت نسبی الزامات فنی در صنعت کاشی و سرامیک را بدست می آوریم.

واژه های کلیدی: QFD (گسترش عملکرد کیفیت)، DEA (تحلیل پوششی داده ها)، نیازمندی های 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 خواسته های 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 خواسته های آنها و سپس انتقال این خواسته ها به موقعیتی است که محصولات و خدمات تولید می شوند. [۱]. بدیهی است که همیشه انتظارات مشتری با توجه به رشد روز افزون علم بالاست و منابع بسیاری از سازمان ها محدود است. سازمان ها برای تولید محصول نهایی خود، نیازمند آشکار سازی خواسته های مشتریان و محدودیت

های پیش روی خود هستند. QFD، یک ابزار قدرتمند جهت ارتقای رضایت مشتری از طریق بهبود کیفیت محصول و کاهش زمان و هزینه های تولید است. [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. 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 [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.

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. [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. اصطلاح QFD در مفاهیم و روش های توسعه محصولات جدید^۱ (NPD) و در سایه مدیریت کیفیت جامع^۲ (TQM) بوجود آمد [۶]. مبنا و ساختار ماتریسی گسترش عملکرد کیفیت به جداول 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. [۷].

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^۳ (HOQ) به کار برده می شود [۸]. HOQ ماتریسی است شامل تعدادی ورودیهای عددی که مهمترین نیازمندیهای مشتریان^۴ (CRs)، الزامات فنی محصول^۵ (DRs)، ارتباط بین CR ها و DR ها (ارتباط بین نیازمندیهای مشتریان و الزامات فنی محصول) و همچنین ارتباط بین خود الزامات فنی محصول، DR ها را نشان می دهد [۸]. ابتدا برای ورود به خانه کیفیت، شاخص های کیفی را که از ندای مشتری و همچنین ارتباط بین CR ها و DR ها با نظرات متخصصین و ابزارهای جمع آوری داده^۶ 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 [۹]. پس از شناسایی نیاز های کیفی مشتریان با روش های آماری^۷ (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^۸ را به دست آورد [۱۰]. 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

¹ - New Product Development

² - Total Quality Management

³ - House Of Quality

⁴ - Customer Requirements

⁵ - Design Requirements

⁶ - Data

⁷ - Statistical Methods

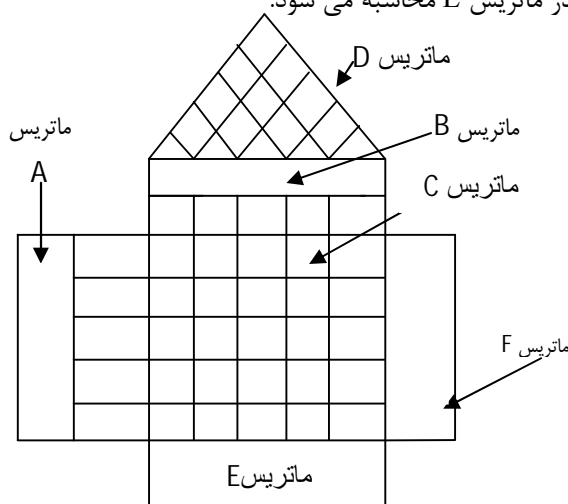
⁸ - Relative Importance

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، 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^۹ برای این هدف پیشنهاد شده است [۱۱]:

$$R = \frac{\sum \sum R_{ik} \cdot Y_{kj}}{\sum \sum R_{ik} \cdot Y_{kj}} \quad (1)$$

که در آن:

R؛ عناصر ماتریس C می باشد که ارتباط بین CR و را به نمایش می گذارد، Y_{kj}؛ عناصر ماتریس همبستگی فنی D که رابطه متقابل بین DR و DR را نشان می دهد، K؛ عناصر (CRs)، N؛ عضو های DR ها، می باشد. R از ماتریس نرمال C حاصل می شود، که می تواند C ها را مشخص کند. باید به این نکته توجه شود که C 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.



شکل ۱: ماتریس خانه کیفیت

۳- تجزیه و تحلیل پوششی داده ها

تجزیه و تحلیل پوششی داده ها که برای اولین بار بوسیله چارنز^{۱۰} توسعه یافت، در توسعه تصمیمات و مدیریت و همچنین بدست آوردن فرآیندهای غیر منتظره در نظریه و متدولوژی و موارد کاربردی گسترده در رتبه بندی از همه جوانب علمی، موثر است [۱۲]. تحلیل پوششی داده ها، یک روش بر نامه ریزی خطی است که با استفاده از اطلاعات سازمان ها و واحد های 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 [۱۳]. 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^{۱۱}، لیون تیف^{۱۲}، کششی ثابت^{۱۳} و... در نظریه های اقتصاد خرد با این انگیزه ایجاد شده اند. فارل نخستین بار

^۹-Wasserman

^{۱۰}-Charnes

^{۱۱}- Cobb Douglas

^{۱۲}- Lean Tyef

بار در سال ۱۹۵۷ با ارائه روش مرزی به نام مرز کارایی فارل^{۱۴}، مرز غیر کارایی را تعریف کرد. او با استفاده از روابط ریاضی، ملاک دور افتادگی واحد تصمیم گیرنده^{۱۵} از مرز فوق را به عنوان کارایی آن واحد، اندازه گیری کرد [۱۴]. در سال ۱۹۷۸ چارنز، کوپر^{۱۶} و رودز^{۱۷} با معرفی مدل^{۱۸} بر اساس مدل های ریاضی توسعه یافته، آن را به عنوان تحلیل پوششی داده ها معرفی کردند. شش سال پس از ارائه مدل^{۱۹}، دومین مدل از این نوع توسط بنکر^{۲۰}، چارنز و کوپر به نام ساخته شد که براساس بازده به مقیاس^{۲۱} متغیر طراحی شده بود [۱۵]. چارنز، کوپر و رودز مدل زیر را برای اندازه گیری کارایی واحد [در مقایسه با مجموعه ای از واحد ها ارائه کردند] [۱۶]:

$$h = \frac{\sum}{\sum} \quad (2)$$

s.t. $\frac{\sum}{\sum} \leq 1$ برای هر واحد j
 $u, v \geq \varepsilon$

که در آن:

مقدار خروجی از واحد j ام، x ؛ مقدار ورودی به واحد j ام، u ؛ وزن تخصیص داده شده به خروجی v ؛ وزن تخصیص داده شده به ورودی n ؛ تعداد واحد ها، S ؛ تعداد ستاده ها، m ؛ تعداد نهاده ها، ε ؛ یک مقدار غیر منفی و بسیار کوچک.

اگر مقدار $h = 1$ باشد، می گوییم واحد [نسبت به سایر واحد های مورد مقایسه کارا است. ولی اگر این مقدار کوچکتر از ۱ باشد، این واحد نسبت به سایر واحد ها از کارایی کمتری برخوردار است] [۱۷]. بر اساس مدل فوق چنانچه یک واحد تصمیم گیری بتواند با منبع مصرفی 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 DEA و QFD

مسئله همیشه انتظارات مشتری با توجه به رشد روز افزون علم بالاست و 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. 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 [۸]. برای اینکه تمامی خواسته های مشتریان و محدودیت ها را به صورت عناصر ورودی و خروجی طبقه بندی کنیم بنا به ادعای گلانی^{۲۲} و رول^{۲۳} 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

¹³- Strength Constant

¹⁴- Farell Efficiency Frontier

¹⁵- Decision Making Unit

¹⁶- Cooper

¹⁷- Rhodes

¹⁸- Charnes, Cooper, Rhodes

¹⁹- Banker

²⁰- Banker, Charnes, Cooper

²¹- Returns-To-Scale

²²-Golany

²³-Roll

غیر اینصورت یک عامل ورودی است [۱۸]. 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 CR ها در هنگام محاسبه اهمیت مطلق DR ها استفاده می کردیم. حال در مدل DEA این برآورد ها را با استفاده از روش ناحیه اطمینان^{۲۴} حل می کنیم. این کار با افزودن محدودیت های دیگری که روابط میان ضرایب را مشخص می کند (U و V) در مدل DEA اصلی انجام می شود. بویژه اهمیت CR ها را می توان در ضرایب با استفاده از فرمول $\frac{U}{V} = \dots$ برای همه $(r = 1, 2, \dots, k \text{ and } d = 1)$ بدست آورد. برای مثال اگر $\frac{U}{V}$ به ترتیب، نیم و سه برابر مهتر از CR باشند، آنگاه $d = 0.5$ و $d = 3$ می باشد [۸]. حال فرآیند مرحله به مرحله برای انجام تحقیق را بیان می کنیم.

۱-۴- 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 را محاسبه کرد.
- ۴- برای ساخت مدل ، ورودی های ماتریس و (اگر همبستگی میان ها وجود نداشته باشد)، یا C (اگر همبستگی کافی وجود نداشته باشد) و امتیازات 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 [۸].

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 حاصلجمع 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 باشند، حال نسبت DR ها نسبت به CR ها بوسیله ماتریس زیر محاسبه می شود [۸].

$$\begin{matrix} & y & \dots & y \\ y & & & \\ \vdots & & & \\ y & y & \dots & y \end{matrix}$$

²⁴ -assurance region

درجه بندی λ نسبت به λ آمین می باشد.
اگر اهمیت ها در این فرم بوسیله ضرایب λ برای همه $(\lambda = 1, 2, \dots)$ بدست آید،
آنگاه اهمیت نسبی ها با استفاده از نسبت به حاصل جمع وزنی \sum حاصل می شود. برای
اثبات این امر از مدل CCR ذکر شده در بخش قبل (مدل ۶)، استفاده می کنیم. برای محاسبه وزن نهایی، مدل به صورت زیر دنبال می شود.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \theta_j - \sum_{j=1}^n \lambda_j \tau_j \leq 0, \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

که ضرایب برای ورودی فرضی ثابت θ ، λ است و ضرایب نشان داده شده برای اهمیت نسبی λ ، CR می باشد.
هنگامی که اهمیت ها بوسیله محدودیت های اضافی با استفاده از فرم λ در مدل ۳ وارد شد، مدل نهایی می تواند به صورت زیر نوشته شود؛

$$\max \sum_{j=1}^n \lambda_j \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \theta_j - \sum_{j=1}^n \lambda_j \tau_j \leq 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

مدل ۴ مقدار λ را به گونه ای انتخاب می کند، که محدودیت $\sum_{j=1}^n \lambda_j \theta_j - \sum_{j=1}^n \lambda_j \tau_j \leq 1$ به ازای $\lambda = 1, 2, \dots$ برابر با ۱ شود. از آنجا که این محدودیت ها به ازای فرمول برای یافتن کارایی تمامی λ ها (در اینجا همان $\lambda = 1, 2, \dots$) یکسان هستند، مقدار برای تمامی برنامه های یکسان می باشند. بنابراین نمره کارایی متناسب با \sum می باشد.

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 اضافی ورودی (همانند هزینه) مطرح می شود، 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 DR ها مساوی n و تعداد CR ها 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 [۸].

x
:
x

که در آن ضریب DR 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 بدست می آید.

$$\frac{\sum_{j=1}^n \lambda_j \theta_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j \tau_j} \quad (5)$$

برای اثبات این قضیه از منطق بخش قبل استفاده می کنیم. با ورود یک فاکتور ورودی، مدل ۴ به صورت زیر اصلاح می شود؛

$$\max \sum_{j=1}^n \lambda_j \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \theta_j - \sum_{j=1}^n \lambda_j \tau_j \leq 0, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

که در آن ضریب برای عامل ورودی اضافی می باشد و ضرایب نشان داده شده برای اهمیت نسبی می باشد. در اینجا نیز هنگامی که اهمیت ها بوسیله قیود اضافی با استفاده از فرم $\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j = 1$ در مدل قبل بدست آید، مدل می تواند به صورت زیر دنبال شود؛

$$\max \sum_{j=1,2,\dots,n} w_j = 1, \quad \frac{\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j}{\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j} \leq 1, \quad w_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

از آنجایی که $\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j = 1$ می باشد، در مدل یک جابجایی به صورت $\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j = 1$ انجام می دهیم و مدل نهایی به صورت زیر به دست می آید؛

$$\max \sum_{j=1,2,\dots,n} w_j \leq 1, \quad w_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

باید توجه داشت که برای DR ثابت می باشد. این مدل مقادیری برای عبارت $\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j$ ، بدست می آورد به طوری که بیشترین مقدار محدودیت $\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j$ 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 $\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j$ برای تمام مسائل DEA یکسان است. بنابراین نمره کارایی DMU متناسب است با نسبت $\frac{\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j}{\sum_{j=1,2,\dots,n} w_j}$.

۶- مطالعه موردی (صنایع کاشی و سرامیک) و اجرای تکنیک

صنعت کاشی و سرامیک از پیشینه تاریخی زیادی در کشور برخوردار بوده و نمونه‌های به کار 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. در این تحقیق با توجه به موارد ذکر شده در بحث ادبیات موضوع، ابتدا به بررسی نیازمندی های 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 نیازمندی های مشتریان به عنوان گام اول در این صنعت به صورت زیر لیست شد:

CR1=رنگ، CR2= طرح، CR3=مقاومت و استحکام کاشی، CR4= مارک، CR5=تنوع، CR6=یکنواختی سطح، CR7=همه‌انگي 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. پس از جمع آوری نهایی پرسشنامه ها، میزان اهمیت هر کدام از مشخصه ها به صورت زیر مشخص شد. امتیازات پرسشنامه به صورت، ۱=اهمیت خیلی کم، ۲=اهمیت کم، ۳=اهمیت تا حدودی، ۴=اهمیت زیاد و ۵=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	همه‌انگي و مطابقت	۳.۸
مقاومت و استحکام	۳.۵	عدم سایش و صافی سطح	۳.۱۶

مارک	۲.۸۶	سهولت نصب	۲۰۸
تنوع	۳.۳	خدمات پس از فروش	۲.۱

با توجه به جدول بالا، 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 و برآورد نیازمندی ها و اهمیت نسبی آنها، قدم دوم شناسایی محدودیت های پیش روی تولید کنندگان در این صنعت می باشد. ، مهمترین محدودیت های پیش روی تولید کنندگان در این صنعت به صورت زیر بیان شد:

۱- هزینه و قیمت ۲- عوامل محیطی ۳- توسعه پذیری ۴- توانایی تولید ۵- کاربرد و پیاده سازی آسان
قدم دوم در این تحقیق شناسایی مشخصات فنی در صنعت کاشی و سرامیک است که مهمترین مشخصه ها 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 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 دارای گواهینامه بین المللی (استاندارد مدیریت کیفیت) ISO 9001-2000 هستند توزیع شد. پس از بررسی نتایج این روابط به صورت جدول 3 در ماتریس خانه کیفیت وارد شد.

جدول ۲: روابط اشکال و میزان اهمیت آنها

رابطه	قوی و خیلی قوی	متوسط	کم	بدون رابطه
اشکال	☺	▲	☹	

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

		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

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 [۱۸]:

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

حال پس از ساخت مدل DEA با توضیحات بالا و 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

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

با توجه به جدول ۵، 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. استفاده از روش به کار گرفته شده در این تحقیق، یک روش موثر برای مدیریت دقیق در بخش طراحی محصول به حساب می آید.

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 های منابع خود نیز توجه نمایند. مدل DEA که یک مدل برنامه ریزی خطی ریاضی است حل این مساله را آسان می کند، از آن 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 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 و ثمر واقع شود.

مراجع

- [1] منصوری، علی رضا، یوری، زهرا، "QFD ابزاری برای انتقال صدای مشتری به فرایند طراحی و توسعه محصول"، مجله پژوهشی شیخ بهایی، ۱۳۸۲، بهار.
- [2] Hauser, J.R., Clausing, D. (1988). The House of Quality, "Harvard Business Review", May-June.
- [3] ویلیام کوپر، لورنس سیفورد، کوراتن، "تحلیل پوششی داده ها، مدلها و کاربردها" سید علی میر حسینی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۷.
- [4] Walker, Mike. (2002). Customer-Driven Breakthroughs Using QFD and Policy, Deployment, Management Decision, Vol 40. Number 3, PP. 248-256.
- [5] رضایی، کامران-حسینی آشتیانی، محمدرضا-هوشیار، محمد، "QFD رویکرد مشتری مدار به طرح ریزی و بهبود کیفیت محصول"، انتشارات شرکت مشارکتی ار-توف ایران، ۱۳۸۰.
- [6] Jui-Chin Jiang and 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.
- [7] برادران کاظم زاده رضا، بشیری مهدی، "گسترش عملکرد کیفیت". تهران: انتشارات کیفیت ایران، چاپ اول، ۱۳۸۰.
- [8] 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.
- [9] Chan L-K, Wu M-L. Quality function deployment: a comprehensive review of its concepts and methods. Quality Engineering 2002-03;15(1):23-35.
- [10] Partovi FY. An analytic model for locating facilities strategically. Omega 2006;34(1):41-55.
- [11] Wasserman GS. On how to prioritize design requirements during the QFD planning process. IIE Transactions 1993;25(3):59-65.

- [12] A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes, Measuring the efficiency of decision making units, *European J. Oper. Res.* 2 (1978) 429–444.
- [13] D.S prasada Rao, Christopher j. ODonnell, George E. Battese (2003) Metaferontier Functions for the study of Inter-regional Productivity Differeneeces, University of New England, pp.1-6.
- [14] Farell, R, Grosskopf, S.& lovell, C.(1985). The measurement of efficiency of production. Boston: Kluwer Nijhoff.
- [15] M.B.M. de Koster, B.M. Balk, W.T.I. van Nus, “On using DEA for benchmarking container terminals:, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29 No. 11, 2009, pp. 1140-1155.
- [16] Farrel, M.(1957),” The measurement Of Production Efficiency” *Journal Of Royal Statistical Society, Series A (General)*, Vol, 120, PP: 253-281.
- [17] Charnes, A, W.W. Cooper, A.Y. Lewin, and L.M. Seiford,(1994), “ *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*”, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- [18] Golany B, Roll Y. “An application procedure for DEA”. *Omega*,1989;17(3), 237–50.