International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2012)

September 2012, Volume 23, Number 2
pp. 175-186

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

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 explaning 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*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۲، جلـــد ۲۳، شهریـــور ۱۳۹۱
صفحـــه ۱۸۶-۱۷۶

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید
دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

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

کلمات کلیدی

QFD (گسترش عملکرد کیفیت)،
DEA (تحلیل پوششی داده ها)،
نیازمندی های مشتریان،
الزامات طراحی، اهمیت نسبی.

چکیده:

در این مقاله به دنبال برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی محصول در ماتریس QFD با در نظر گرفتن نیازمندی‌های 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 می‌آوریم.

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 بربایند. بدون تردید ایجاد رضایت درمشتریان 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 فرایندی سازمانی مبدل کند[۱،۲۰،۲۱].

بدیهی است که همیشه انتظارات مشتری با توجه به رشد روز افزون علم بالاست و منابع بسیاری از سازمان ها محدود است. اگرفقط در نظر گرفتن و دخیل کردن صدای مشتری در محصول لحاظ شود، نه تنها سود چندانی عاید سازمان نمی شود، بلکه سازمان را در مسیر ورشکستگی قرار می دهد. بنابراین سازمان ها برای تولید محصول نهایی خود، نیازمند آشکار سازی خواسته‌های 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. 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

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

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 اجتمایی، 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 می‌کنیم. 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 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[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. شرکت تویوتا[۳] 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 قرارگرفت [۲۰،۲۱]. صنایع خودروسازی، اولین‌گروه از صنایعی بودند که در ایالات متحده به‌استفاده ازQFD روی آوردند. اما به‌زودی سایر صنایع و به ویژه صنایع خدماتی نیز از آن استفاده کردند[۸،۲۰،۲۱].

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[۴]) به کار برده می شود[۹،۲۰،۲۱،۲۲]. HOQ ماتریسی است شامل تعدادی ورودیهای عددی که مهمترین نیازمندیهای مشتریان (CRs[۵])، الزامات فنی محصول(DRs[۶])، ارتباط بین CRها وDR ها (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

[1] - *New Product Development*
[2] - *Total Quality Management*
[3] -*Toyota*
[4] -*House Of Quality*
[5] -*Customer Requirements*
[6] -*Design Requirements*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

آوری داده[1] بدست آورده ایم به مقادیر عددی تبدیل می کنیم. در حالت کلی ماتریس خانه کیفیت، در بر دارنده ۶ قسمت اصلی است که در شکل۱ مشخص شده است [۱۰،۲۰،۲۱،۲۲]. پس از شناسایی نیاز های کیفی مشتریان با روش های آماری[2] (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[3] ممکن است از روش های ساده ای همچون، نرخ مستقیم[4]، یا با روش های پیچیده تری همچون، روش نوسانی[5]، برنامه ریزی سلسله مراتبی[6]، یا فرآیند شبکه تحلیلی[7] 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[8] برای این هدف پیشنهاد شده است[۱۲]:

$$R_{ij}^{norm} = \frac{\sum_{k=1}^{N} Rik \cdot Ykj}{\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{N} Rik \cdot Ykj} \qquad (۱)$$

که در آن:

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

Ykj ؛ عناصر ماتریس همبستگی فنی D که رابطه متقابل بین DR_k و DR_j را نشان می دهد.

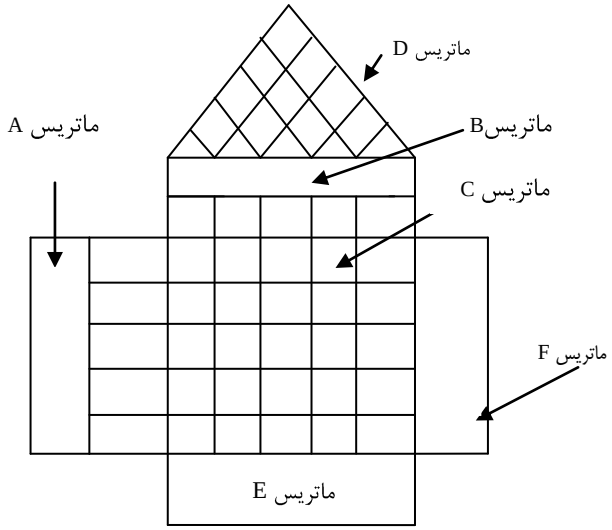
K؛ عناصر (CRs).

N؛ عضو های DR ها، می باشد .

R_{ij}^{norm} از ماتریس نرمال C حاصل می‌شود، که می‌تواند 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[9] 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[10] DR_1، میزان اهمیت قطعی بدست آمده را بر حاصل جمع تمام اهمیت قطعی 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[11] توسعه یافت، در توسعه تصمیمات و مدیریت و همچنین بدست آوردن فرآیندهای غیر منتظره در نظریه و متدولوژی و

[1] -*Data*
[2] - *Statistical Methods*
[3] - *Relative Importance*
[4] -*Direct Rating,*
[5] -*Oscillation Method*
[6] -*Analytic Hierarchy Process*
[7] -*Analytic Network Process*
[8] -*Wasserman*
[9] -*Absolute Importance*
[10] - *Relative Importance*
[11] -*Charnes*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

موارد کاربردی 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 برنامه‌ریزی 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[۱]، لیون تیف[۲]، کششی ثابت[۳] 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[۴]، مرز غیر کارایی را تعریف کرد. او با استفاده از روابط ریاضی، ملاک دور افتادگی واحد تصمیم گیرنده(DMU[۵]) از مرز فوق را به عنوان کارایی آن واحد، اندازه گیری کرد[۱۵].در سال ۱۹۷۸ چارنز، کوپر[۶] و رودز[۷] با معرفی مدل CCR[۸] 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[۹]، چارنز و کوپر به نام BCC[۱۰] ساخته شد که براساس بازده به مقیاس[۱۱] 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 و BCC و 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 می‌توان کارایی را برای این واحد ها به صورت نسبت خروجی‌ها به ورودی ها به شکل زیر تعریف کرد:

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

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

$$Efficiency = \frac{Weighted\ SUM\ oF\ Outputs}{Weighted\ SUM\ oF\ Inputs} = \frac{\text{مجموع ستاده های موزون}}{\text{مجموع نهاده های موزون}} \qquad (۳)$$

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

$$fficiency\ of\ \text{Unit}_j = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \cdots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \cdots} \qquad (۴)$$

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 درصدد 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]:

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

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 jام

x_{ij} ؛ مقدار ورودی i به واحد jام

u_r ؛ وزن تخصیص داده شده به خرو جی r

v_i ؛ وزن تخصیص داده شده به ورودی i

n؛ تعداد واحد ها، s ؛ تعداد ستاده ها، m ؛ تعداد نهاده ها، ε ؛ یک مقدار غیر منفی وبسیار کوچک.

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

---

[1]- Cobb Douglas
[2]- Lean Tyef
[3]- Strength Constant
[4] - Farrell Efficiency Frontier
[5] - Decision Making Unit
[6] - Cooper
[7] - Rhodes
[8] - Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes
[9] - Banker
[10] - Banker, Charnes, A., Cooper, W.W.
[11] - Returns-To-Scale

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

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)

$$Max\ h_0 = \sum_r u_r y_{rj_o}$$

s.t.

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

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

$$-V_i \le -\varepsilon \qquad i = 1,2,\dots,m \qquad s_r^+$$

$$-U_r \le -\varepsilon \qquad r = 1,2,\dots,t \qquad s_r^-$$

برنامه ثانویه:

Dual Model: (۷)

$$Min\ 1\ Z_0 - \varepsilon \sum_r \varepsilon_r^+ - \varepsilon \sum \varepsilon_i^-$$

s.t.

$$x_{ij_o} Z_0 - S_i^- - \sum_j x_{ij} \lambda_j = 0 \qquad i - 1, \dots, m$$

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

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

براساس 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 مدلQFD 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، DR هایی 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 نیاز های مشتریان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و برای کسب مزیت رقابتی، هر سازمان باید به این نکته توجه کند. اما مسلما 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. 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 نیاز های مشتری و هم فاکتور های 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 گیرم. 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[1] و رول[2] 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، نیازمندی‌های 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 می‌کردیم. حال در مدل DEA این برآورد ها را با استفاده از روش ناحیه اطمینان[3] حل می کنیم. این کار با افزودن محدودیت های دیگری که روابط میان ضرایب را مشخص می‌کند $(U_{mi}$ و $V_{mj})$ در مدل DEA اصلی انجام می شود. بویژه اهمیتCR ها را می توان در ضرایب با استفاده از فرمول $U_{ro} = d_r u_{1o}$ برای همه $(r = 1,2,\dots,k \text{ and } d_1 = 1)$، بدست آورد. برای مثال اگر CR_2 و CR_3 به ترتیب، نیم و سه برابر مهتر از CR_1 باشند،

[1]-*Golany*
[2]-*Roll*
[3] - *Assurance Region*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

آنگاه $d_2 = 0.5$ و $d_3 = 3$ می باشد[۹]. حال فرآیند مرحله به مرحله برای انجام تحقیق را بیان می کنیم.

۱-۴. فرآیند گام به گام مدل

۱- همه CRها، DRها 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 وC 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 مدلDEA، ورودی های ماتریس A و C (اگر همبستگی میان DR ها وجود نداشته باشد)، یا C^{norm} (اگر همبستگی کافی وجود نداشته باشد) وامتیازات 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[۹].

۵. تشریح مدل های مختلف DEA برای محاسبه این تکنیک

۱- اهمیت نسبی DRها هنگامی که هیچ عامل اضافی وارد نمی‌شود؛

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 می‌کنیم تعداد DRها مساوی n و تعداد CRها 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[۹].

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

y_{rj}؛ در جه بندی زامین DR نسبت به rامین CR می باشد.

اگر اهمیت CR ها در این فرم بوسیله ضرایب $U_{ro} = d_r u_{1o}$ 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 $\sum_{r=1}^{K} d_r y_{ro} for DR_o$ حاصل می شود. برای اثبات این امر از مدل CCR ذکر شده در بخش قبل (مدل ۶)، استفاده می کنیم. برای محاسبه وزن نهایی DR_o، مدل به صورت زیر دنبال می شود.

$$max \ \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{ro} \qquad (۸)$$

$$s.t.$$

$$v_o = 1, \ \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{rj} - v_o \leq 0,$$

$$j = 1,2, \dots, n, \ u_{ro}, v_o \geq 0, \ r = 1,2, \dots, k,$$

که ضرایب برای ورودی فرضی ثابت v_o ، ۱ است و u_{ro} ضرایب نشان داده شده برای اهمیت نسبی k، CR می باشد. هنگامی که اهمیت CR ها بوسیله محدودیت های اضافی با استفاده از فرم $U_{ro} = d_r u_{1o}$ در مدل ۶ وارد شد، مدل نهایی می تواند به صورت زیر نوشته شود؛

$$\max \quad u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro} \qquad (۹)$$

$$s.t.$$

$$u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj} \leq 1,$$

$$j = \quad 1,2, \dots, n, \quad u_{1o}, v_o \geq 0$$

مدل ۹ مقدار u_{1o} را به گونه ای انتخاب می کند، که محدودیت $u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}$ 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_{1o} برای تمامی برنامه‌های DEA یکسان می‌باشند. بنابراین نمره کارایی DMU_o متناسب با $\sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro}$ می‌باشد.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

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(مدل اضافی[۱۳]) ورودی (همانند هزینه) مطرح می‌شود، اهمیت نسبی DR ها بوسیله DEA نسبت به درجه حاصل‌جمع 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_o ضریب DR_O 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_O بدست می آید.

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

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

$$\max \quad \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{ro} \qquad (۱۰)$$

$$s.t.$$

$$v_o x_o = 1, \quad \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{rj} - v_o x_j \le 0,$$

$$j = 1,2,\dots,n, \quad u_{ro}, v_o \ge 0, \quad r = 1,2,\dots,k,$$

که در آن ضریب برای عامل ورودی اضافی v_o می باشد و u_{ro} 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 $U_{ro} = d_r u_{1o}$ در مدل قبل بدست آید، مدل می تواند به صورت زیر دنبال شود؛

$$\max \quad u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro} \qquad (۱۱)$$

$$s.t.$$

$$v_o x_o = 1, \quad \frac{u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}}{v_o x_j} \le 1,$$

$$j = 1,2,\dots,n, \quad u_{ro} v_o \ge 0, \quad r = \qquad 1,2,\dots,k.$$

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

$$\max \quad u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro} \qquad (۱۲)$$

$$s.t.$$

$$u_{1o} x_o \left(\frac{\sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}}{x_j}\right) \le 1,$$

$$j = 1,2,\dots,n, \quad u_{1o}, v_o \ge 0.$$

باید توجه داشت که DR_O برای x_o ثابت می باشد. این مدل مقادیری برای عبارت $u_{1o} x_o$ بدست می آورد به طوری که بیشترین مقدار محدودیت $u_{1o} x_o \left(\frac{\sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}}{x_j}\right)$ برابر با ۱ ، به ازای j=1,2,…,n ، می باشد. از آنجائیکه این محدودیت ها برای همه n فرمولاسیون DEA یکسانند لذا برای پیدا کردن کارایی تمام DMU ها، حاصل مقدار $u_{1o} x_o$ برای تمام مسائل DEA یکسان است. بنابراین نمره کارایی DMU_o 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 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 خبرگان در این صنعت در دو شهر یزد وشیراز 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:

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

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،

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	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 مشخصه‌های 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 می‌باشد. در این مرحله نیز با مطالعات کتابخانه ای، مراجعه به سایت‌های اینترنتی و مصاحبه با خبرگان در این زمینه، مهمترین محدودیت‌های پیش روی تولید کنندگان در این صنعت به صورت زیر بیان شد:

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 شیفت های 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 وDR12= 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. ۱= اگر ارتباط خیلی کمی بین نیازمندی ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد. ۳= اگر ارتباط متوسطی بین نیازمندی ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد. ۹= 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:

۱=خیلی کم، ۲= کم، ۳= تا حدودی، ۴= زیاد و ۵= خیلی زیاد.

برای بهتر به انجام رساندن این مرحله پرسشنامه بین ۱۰ کارخانه معتبر کاشی و سرامیک در سطح شهرهای یزد و میبد که

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

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. دراین جدول که از نتایج پرسش نامه های جمع آوری شده در سطح کارخانه ها بدست آمد رابطه میان عناصرمشخص می شوند.

جدول ۲. روابط اشکال و میزان اهمیت آنها

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

جدول۳. 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

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 می‌شوند[۱۹]:

نیازمندی‌های 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؛

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

s.t.

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

$$3u_{21} + 3u_{31} + 1u_{41} + 9u_{51} + 9u_{61} + 9u_{71} + 3u_{91} + 1u_{10,1} + 5u_{11,1} - 3v_{11} - 1v_{21} - 5v_{31} - 4v_{41} \le 0$$
$$3u_{11} + 9u_{21} + 1u_{51} + 3u_{61} + 3u_{71} + 3u_{81} + 4u_{11,1} - 3v_{11} - 4v_{21} - 2v_{31} - 4v_{41} \le 0$$
$$9u_{11} + 3u_{21} + 1u_{31} + 9u_{41} + 1u_{51} + 9u_{61} + 1u_{71} + 9u_{81} + 3u_{91} + 3u_{10,1} + 4u_{11,1} - 4v_{11} - 1v_{21} - 4v_{31} - 4v_{41} \le 0$$
$$3u_{31} + 1u_{51} + 3u_{61} + 9u_{81} + 1u_{10,1} + 1u_{11,1} - 2v_{11} - 4v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \le 0$$
$$3u_{11} + 9u_{31} + 1u_{61} + 3u_{81} + 1u_{10,1} + 1u_{11,1} - 2v_{11} - 3v_{21} - 3v_{31} - 3v_{41} \le 0$$
$$3u_{31} + 3u_{61} + 3u_{81} + 1u_{91} + 3u_{10,1} + 3u_{11,1} - 2v_{11} - 5v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \le 0$$
$$9u_{31} + 1u_{51} + 1u_{61} + 1u_{71} + 3u_{81} + 3u_{91} + 4u_{11,1} - 2v_{11} - 4v_{21} - 4v_{31} - 2v_{41} \le 0$$
$$3u_{31} + 1u_{81} + 1u_{11,1} - 3v_{11} - 4v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \le 0$$
$$9u_{31} + 1u_{61} + 1u_{81} + 1u_{91} + 1u_{11,1} - 3v_{11} - 4v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \le 0$$
$$9u_{31} + 1u_{61} + 1u_{81} + 1u_{11,1} - 2v_{11} - 5v_{21} - 3v_{31} - 2v_{41} \le 0$$
$$3u_{31} + 3u_{61} + 3u_{81} + 2u_{11,1} - 2v_{11} - 4v_{21} - 2v_{31} - 2v_{41} \le 0$$
$$1u_{11} + 9u_{21} + 1u_{31} + 3u_{41} + 3u_{51} + 3u_{91} + 4u_{11,1} - 3v_{11} - 1v_{21} - 4v_{31} - 1v_{41} \le 0$$

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

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

برای محاسبه اهمیت نسبی دیگر DRها محدودیت ها بـه همـین صورت بدست می آیند، فقط توابع هدف و محدودیت اول مربـوط به ورودی، متناسب با ستون مربوط به همان DR تغییر می کنـد. حال با استفاده از نرم افـزار Win-QSB مقـادیر اهمیـت نسـبی 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 صـنعت کاشی و سرامیک مشخص شد. بر اساس این جدول مـنظم بـودن ابعاد و ضخامت، رنگ ناپذیری و تغییر رنگ، کیفیت سطح، جـذب آب کاشی و بسته بندی و نشانه گذاری به عنوان مهمترین الزامات شناخته شدند. در این رتبه بندی، تعیـین مقاومـت شـیمیایی بـه عنوان کم اهمیت ترین الزام برآورد شد. این نتایج صنعتگران را بر آن می دارد تا توجه خاصی به الزامات با اهمیت تر داشته باشـند. در این تحقیق با در نظر گرفتن محدودیت های پیش روی تولیـد کنندگان و دخیل کردن آنها به همراه نیازمندی های مشتریان در الزامات طراحی، دغدغه های مدیران نسبت به محـدودیت هـا بـر داشته می شود و مدیران می توانند با کم شدن هزینه ها در بخش های غیر ضروری، بودجه بیشتری در جهت اصلاح و کارکرد بهتـر الزامات، اختصاص دهند. برنامه ریزی در بخش صنعت نبایـد یـک جانبه باشد، یعنـی اینکـه یـک سـازمان فقـط بـه خواسـته هـای مشتریان توجه کندو هیچ نگاهی به سایر مـوارد سـازمان نداشـته باشد یا اینکه فقط بر حسب منابع خود تولید کنـد و بـه نیازهـای مشتریان اهمیتی ندهد. در محیط رقـابتی امـروز در نظـر گـرفتن همه جوانب در طراحی محصول باعث مدیریت دقیق در این بخش شده و سازمان ها می توانند وقت و درآمد بیشتری به طـرح هـای 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 آیـد. همچنین برای بهبود در بخـش الزامـات طراحـی، مـاتریس هـای مراحل بعدی خانه کیفیت را پیشنهاد می کنیم این ماتریس ها بـا مشخص کردن ویژگی های مهم محصول، فرآیند هـای سـازمان و مشخصات قطعات و ... می توانند کمک بیشتری در بهبـود بخـش طراحی محصول ارائه دهند.

۶. نتیجه گیری

QFD، یک ابزار قدرتمند جهت ارتقای رضایت مشتری از طریـق بهبود محصول و خـدمات مـی باشـد. بـرای ورود خواسـته هـای مشتریان در محصولات نهایی از طریق مـدل QFD ایـن کـار بـه آسانی انجام می پذیرد. اما با توجه به محدودیت های پـیش روی تولید کنندگان صنعت، این صنایع مایلند علاوه بر اینکه نیازمندی های مشتریان را در محصولات خود لحاظ کننـد، بـه محـدودیت های منابع خود نیز توجه نمایند. مدل DEA که یک مدل برنامه ریزی خطی ریاضی است حل این مساله را آسان مـی کنـد، از آن جهت که این مدل محدودیتی در تعداد ورودی و خروجی نـدارد، تکنیکی مناسب برای ارزیابی و رتبه بندی الزامات فنـی اسـت. در این تحقیق با مشخص کردن نیازمندی های مشتریان در صـنعت کاشی و سـرامیک و بـرآورد اهمیـت نسـبی آنهـا در مرحلـه اول، شناسایی مشخصه های فنی و محدودیت های پـیش روی تولیـد کننـدگان در مرحلـه دوم، بـرآورد رابطـه میـان الزامـات فنـی و نیازمندی هـای مشـتریان و بـرآورد رابطـه بـین الزامـات فنـی و محدودیت های پیش روی تولید کننـدگان در مرحلـه سـوم و در نهایت تبدیل مقادیر کیفی به کمی، مدل برنامه ریزی خطی ایـن منابع را با توجه به ورودی هـا و خروجـی هـای مـاتریس بدسـت آوردیم. این مدل شامل تعدادی محدودیت است کـه بـا مشـخص شدن ورودی ها و خروجی ها مطـابق مطلـب ذکـر شـده در ایـن مقاله بدست آمد. در انتها به کمک نرم افزار DEA اهمیت نسـبی الزامات فنی را بدست آوردیم کـه مهمتـرین الزامـات فنـی رنـگ ناپذیری و تغییر رنگ، منظم بودن ابعاد و ضخامت، کیفیت سطح، جذب آب کاشی و بسـته بنـدی و نشـانه گـذاری بـرآورد شـدند. تعیین مقاومت شیمیایی به عنوان کم اهمیت ترین الزام شناسایی شد. این نتایج و اهمیت ها ، شرایطی را برای صنعت گران بوجـود می آورد که با استفاده از آن و بدون دغدغه در مورد محدودیت‌ها، می توانند توجه بیشتر به الزاماتی داشته باشند که هم به نیازهای مشـتریان اهمیـت داده و هـم اینکـه محـدودیت هـا را در نظـر می‌گیرد. ترکیب این دو مدل یـک بحـث کـارا و مـوثر در بخـش مدیریت است که می توان با برنامه ریزی دقیق در بخش طراحـی محصول در هزینه و زمان صرفه جویی کرد. برای بهبود این منابع می توان از ماتریس های مراحل بعدی QFD استفاده کنیم که به

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

عمق مهمترین مشخصه ها وارد شده و آنها را مـورد مطالعـه قـرار می دهند. این مدل برای تمامی پروژه هایی که در آنهـا قـادر بـه تبدیل مقادیر کیفی به کمی هستیم، مـی توانـد مثمـر ثمـر واقـع شود.

مراجع

[۱] منصوری، علی رضا، یاوری، زهرا، "QFD ابزاری برای انتقال صـدای مشتری به فرایند طراحی و توسعه محصول"، مجله پژوهشی شیخ بهـایی، بهار۱۳۸۲.

[۲] ویلیام کوپر، لورنس سیفورد، کـوراتن، " تحلیـل پوششـی داده هـا، مدلها و کاربردها" سید علی میر حسینی، دانشـگاه صـنعتی امیـر کبیـر، ۱۳۸۷.

[۳] رضایی ،کامران، حسـینی آشـتیانی م حمدرضـا، هوشـیار، محمـد، "QFD رویکرد مشتری مداربه طرح ریزی و بهبود کیفیـت محصـول" ، انتشارات شرکت مشارکتی ارـوِ-توف ایران، ۱۳۸۰.

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

[5] Hauser, J.R., Clausing, D., *The House of Quality*, "Harvard Business Review", May –June1988.

[6] Walker, Mike., *Customer–Driven Breakthroughs Using QFD and Policy, Deploymen* , 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 F unction Deployment (QFD): Application to Rehabilitation Services*". International journal Of Health Care Quality Assurunce. 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.

[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. ODonnell, George E. Battese, *Metaferontier Functions for the Sudy of Inter-regional Productivity Differeneces*, University of New England, 2003, pp.1-6.

[15] Farell, 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.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]