

ارائه چارچوبی جدید به منظور ارزیابی طرح محصول با به کارگیری الگوهای رفتار کیفیتی در شرایط عدم قطعیت

رضا شیخ^۱، عفت محمدی^۲

چکیده: کیفیت محصولات به میزان انطباق طرح محصول با کیفیتی که مشتری از محصول درک می کند، بستگی دارد. متناسب بودن طرح محصول با نیاز مشتری موجب ارتقای سطح ابعاد کیفیت محصولات می شود. رقابت شدید در بازار جهانی از یک سو و افزایش پیچیدگی در طراحی محصول از سوی دیگر سبب شده است که فعالیت های مرتبط با طراحی و انتخاب طرح محصول بیش از پیش به دانشی تخصصی تبدیل شود. از این رو، هدف اصلی پژوهش تصمیم گیری در زمینه انتخاب طرح محصول در بازه زمانی بلندمدت و شرایط عدم قطعیت است. برای تحقق هدف پژوهش، ابتدا با استفاده از مفاهیم نظریه مجموعه راف الگوهای رفتاری مشتریان شناسایی می شود و سپس گزینه های پیشنهادی برای طرح محصول با توجه به الگوهای رفتاری غالب با استفاده از روش بسط داده شده فرایند سلسله مراتبی مبتنی بر نظریه اعداد D ارزیابی و اولویت بندی می شوند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی

واژه های کلیدی: طرح محصول، عدم قطعیت، نظریه اعداد D، نظریه مجموعه راف.

۱. استادیار گروه مدیریت دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

۲. کارشناسی ارشد MBA، مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۱۱

نویسنده مسئول مقاله: عفت محمدی

E-mail: mohammadi.effat@gmail.com

مقدمه

تا چند دهه قبل، محصولات و خدمات ارائه شده از سوی سازمان‌ها بیشتر نتیجه فکر خلاق مهندسان طراح بود و سازمان‌های تولیدکننده به مسئله انطباق با خواسته‌ها و الزامات مشتریان کمتر توجه داشتند و مشتریان خود را با محصولات و خدمات ارائه شده تطبیق می‌دادند (وظیفه‌دوست و فرخیان، ۱۳۸۸). به اعتقاد ادوارد دمنینگ، مؤلف و مشاور کیفیت، مشتری مهم‌ترین عنصر خط تولید است و ناآگاهی از نیاز وی بر فرایند طراحی و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد (آگوا، مانلیسر و تارگت، ۲۰۱۲). همچنین، کیفیت محصول به عنوان یکی از اهرم‌های کلیدی فرایند سیستم تولید (متقی و ربانی، ۱۳۸۶)، نقش مهمی را در پذیرش محصول از سوی مشتریان ایفا می‌کند؛ به عبارت دیگر، انتخاب محصول براساس ابعاد کیفیت محصول صورت می‌گیرد. کیفیت در حوزه تولید به مفهوم شناسایی ویژگی‌های یک فرآورده یا نوعی خدمت است، به گونه ای که خواسته‌های مشتری را در سطح قابل قبولی برآورده می‌کند. به مفهوم کلی «کیفیت قدرتمندترین ابزار دفاع در برابر رقابت خارجی و تنها مسیر رشد و درآمد پایدار است». کاتلر و آرمسترانگ (۱۳۸۵) معتقدند «کیفیت ضعیف گران و کیفیت عالی ارزان است»؛ بنابراین، ارتقای سطح ابعاد کیفیت محصول اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، زیرا با این اقدام از ایجاد هزینه اضافی جلوگیری می‌شود و این امر فقط از طریق کشف و شناسایی الگوهای رفتار کیفیتی و تطبیق آن با طرح محصول به منظور ارائه محصول متناسب با مشتری میسر می‌شود.

دانشمندان به منظور بهبود ابعاد کیفیت و ترجمه صدای مشتری به ویژگی‌های مهندسی در طراحی و توسعه محصول از روش‌های مختلفی از جمله مهندسی معکوس^۱، مهندسی ارزش^۲، روش تاگوچی^۳ و گسترش عملکرد کیفی^۴ استفاده کرده‌اند (لاکمی و خپورنا، ۱۹۹۵). هدف اصلی این پژوهش، شنیدن صدای مشتریان هدف از طریق الگوهای رفتار کیفیتی است و با توجه به تغییرپذیری ذائقه مشتریان، انتخاب طرح محصول باید براساس درجه انطباق‌پذیری آن با الگوهای رفتار کیفیتی صورت گیرد، زیرا تولید انبوه طرح محصول، مستلزم سرمایه‌گذاری ثابت و بلندمدت در شرایط عدم قطعیت است. از این رو، برای ارائه محصولات با کیفیت، کارشناسان باید طرحی را که درجه انطباق‌پذیری بیشتری با الگوهای رفتار کیفیتی دارد، در محیط عدم اطمینان انتخاب و تولید کنند.

برای تحقق هدف پژوهش باید به دو پرسش پاسخ داده شود:

1. Reverse Engineering
2. Value Engineering
3. Taguchi method
4. Quality Function Deployment (QFD)

۱. کدام جنبه از ابعاد کیفیت محصول در رفتار مشتریان نهادینه می‌شود؟ یا مهم‌ترین الگوهای رفتاری مشتریان براساس کدام جنبه از ابعاد کیفیتی محصول نهادینه می‌شود؟
 قاعده‌مهندسازی رفتار مشتریان با استفاده از نظریهٔ مجموعهٔ راف^۱ انجام می‌گیرد. هدف اصلی به‌کارگیری این نظریه، شناسایی الگوهای ثابتی است که حقایق پنهان موجود در نظرهای مشتریان را کشف و به قواعد منطقی (اگر ... آنگاه) تبدیل می‌کند (محمدی و شیخ، ۱۳۹۲). این قواعد موجب شناسایی مهم‌ترین ابعاد کیفیت محصول - که به‌طور مستقیم بر تصمیم‌نهایی مشتری تأثیر دارند یا بر آن بی‌تأثیرند - می‌شود.

۲. کارشناسان چگونه می‌توانند طرح‌های پیشنهادی محصول را براساس الگوهای استخراج‌شده از نظریهٔ مجموعهٔ راف در شرایط عدم اطمینان ارزیابی کنند؟
 به‌منظور ارزیابی طرح‌های پیشنهادی، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، ویژگی‌های محصول با ابعاد کیفیت تطبیق داده می‌شوند. از این تکنیک به‌دلیل داشتن مبنای نظری قوی، دقت بالا، سهولت استفاده، داشتن ارزش و اعتبار و درستی و دقت نتیجه بیشتر استقبال می‌شود. با توجه به اینکه محیط تصمیم‌گیری از حالت ایستا به حالت پویا تغییر کرده است و قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان مبتنی بر اطلاعات ناقص و نادقیق است، این تکنیک در مقابل داده‌های ذهنی غیرقطعی و نامشخص کارایی لازم را ندارد. از این‌رو، روش ترکیبی سلسله‌مراتبی کلاسیک و نظریهٔ اعداد^۲ D (دنگ، ۲۰۱۲) با عنوان روش بسط‌داده‌شدهٔ فرایند سلسله‌مراتبی مبتنی بر نظریهٔ اعداد^۳ D استفاده می‌شود (دنگ، هو، دنگ و مهدوان، ۲۰۱۴).

پیشینه پژوهش

یکی از موضوعات شایان‌توجه سازمان‌ها، پاسخ به نیازهای پویا و منحصر به فرد مشتری است. انتخاب طرح محصول متناسب با نیاز مشتری نقش مهمی را در تأمین رضایت آن‌ها ایفا می‌کند و از جمله مسائل اساسی در سازمان‌های مدرن است. در محیط‌های رقابتی بازار جهانی، تمرکز اصلی فعالیت‌ها در بسیاری از صنایع، طراحی محصول است. همچنین، توجه به عنصر کیفیت در طرح محصول نقش مهمی را در عملکرد آیندهٔ سازمان ایفا می‌کند (حضرتی مرنگلو، شهریاری و نباتچیان، ۱۳۹۳). تاکنون در زمینهٔ طراحی و توسعهٔ محصول از روش‌های مختلفی مانند مهندسی معکوس، مهندسی ارزش، روش تاگوچی و گسترش عملکرد کیفی استفاده شده است.

1. Rough Set Theory (RST)

2. D number

3. D-AHP

روش گسترش عملکرد کیفی نسبت به سایر روش‌ها محدودیت کمتری دارد و سبب ارائه نظرات دقیق‌تر در زمینه طراحی محصول می‌شود (لاکمی و خیورنا، ۱۹۹۵). این ابزار با لحاظ کردن خواسته‌ها و رضایت مشتری در سنگ بنای توسعه کیفیت محصول، در نهایت محصولی را طراحی و تولید می‌کند که عین خواسته مشتری و در بعضی موارد فراتر از آن را نتیجه می‌دهد (اصغرپور، نورالسنا و نصیری، ۱۳۸۶). در این روش، شناسایی نیازهای مشتری از طریق مطالعه بازار و ارتباط با مشتریان محقق می‌شود. وجود متغیرهای کلامی غیرقطعی موجب می‌شود نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها اعتبار کافی نداشته باشد؛ بنابراین، محققان برای حل این مسئله از نظریه مجموعه فازی استفاده کردند و رویکردهای مختلف گسترش عملکرد محصول فازی از جمله برتردهی فازی^۱ (وانگ، ۱۹۹۹)، آنتروپی^۲ (چن، کیو و وو، ۱۹۹۹)، تحلیل تمایل فازی^۳ (شن، زی و تن، ۲۰۰۱)، تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی (سان و چوی، ۲۰۰۱)، انتگرال فازی^۴ (تسای، لو و چانگ، ۲۰۰۳)، فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (کرمن، ارتی و بایکازم، ۲۰۰۶)، برنامه‌ریزی آرمانی فازی (چنگ و ونگ، ۲۰۰۶)، سیستم‌های خبره فازی (کوانگ، چن، بی و چن، ۲۰۰۷) و... را توسعه دادند. هدف تمام رویکردهای FQFD، رتبه‌بندی مشخصه‌های مهندسی است.

به اعتقاد پژوهشگران، انتخاب طرح محصول متأثر از سه عامل مهم تقاضای بازار براساس سلیقه مشتریان، ترجیحات طراحان با توجه به دانش و تجربه آنها در مورد مسائل طراحی و بازار و عدم اطمینان در دستیابی به سطوح مشخصه‌های طراحی پیش‌بینی شده است. در زمینه انتخاب طرح محصول، تکنیک‌های تصمیم‌گیری فردی و گروهی بسیاری مانند نظریه مطلوبیت چندمشخصه^۵، تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل پیوسته^۶ وجود دارد. در هیچ‌یک از این تکنیک‌ها اثر سه عامل مؤثر بر انتخاب طرح محصول به‌طور همزمان مطالعه نشده است؛ بنابراین، در پژوهشی رویکرد مدل‌سازی خرید عمومی که تأثیر همزمان سه عامل را بررسی می‌کند، به همراه شاخص مطلوبیت مورد انتظار مشتری ارائه شد. این ابزار در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری نقش مهمی را در انتخاب طرح محصول ایفا می‌کند (بشارتی، ازارم و کنان، ۲۰۰۶). در پژوهش نجمی و ابراهیمی و کیانفر (۱۳۸۵)، اولویت‌بندی مشخصه‌های فنی (گزینه‌ها) با استفاده از خانه کیفیت به صورت مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره تعریف شده است. برای دستیابی

-
1. Fuzzy outranking
 2. Entropy
 3. Fuzzy tendency analysis
 4. Fuzzy integral
 5. Multi-Attribute Utility Theory
 6. Conjoint Analysis

به هدف- ارتقای سطح رضایت مشتری- مسئله در محیط فازی با استفاده از روش TOPSIS مدل سازی شد.

مدوپالی، ازارم و بویرس (۱۹۹۸) از روش تحلیل حساسیت با تابع ارزش ضمنی برای انتخاب طرح محصول استفاده کردند. سورستون در سال ۱۹۹۱ روشی را برای ارزیابی گزینه‌های طراحی ارائه کرد که برای سنجش گزینه‌های طراحی در فرایند طراحی مجدد به کار گرفته می‌شود. به طور کلی طبق ادبیات موجود، روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی و انتخاب در طراحی شامل تحلیل سودمندی چندمعیاره، تحلیل مجموعه فازی، روش تحلیل طراحی، روش ترکیبی و رویکرد محتوای اطلاعات است که استفاده از سه روش اول رایج‌تر است. تحلیل سودمندی چندمعیاره یک روش تحلیلی برای ارزیابی مجموعه‌ای از گزینه‌ها با توجه به مجموعه‌ای از معیارهای چندگانه است که کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مهندسی و کسب و کار دارد (جیاو و تسنگ، ۱۹۹۸). در جدول ۱ خلاصه‌ای از تحقیقات درباره موضوع طراحی ارائه می‌شود.

جدول ۱. خلاصه‌ای از تحقیقات انجام گرفته در زمینه موضوع طراحی

نویسندگان	هدف	روش	زمینه
گمسر و لیندرس (۲۰۰۱)	بررسی موضوع یکپارچه‌سازی طرح صنعتی در فرایند توسعه محصول جدید و تأثیر آن بر افزایش موقعیت رقابتی شرکت	کمی	مدیریت نوآوری
ورگانتی (۲۰۰۳)	بررسی نقش محوری طراحان در شرکت‌هایی که راهبرد آن‌ها توسعه محصول جدید است.	کیفی	مدیریت طراحی
ابرامویسی و لیندر (۲۰۱۱)	ارائه یک چارچوب برای کسب و تجزیه و تحلیل اطلاعات محصول استفاده شده و به کارگیری آن‌ها در طراحی و توسعه محصول جدید	کیفی	فناوری تولید
خولینگ، کوشنگ و دنلینگ (۲۰۰۸)	استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای افزایش رضایت مشتری. مدل معرفی شده در تعیین مقادیر نهایی مشخصه‌های مهندسی در فرایند توسعه محصول کارا و مؤثر است.	کمی	مهندسی سیستم و الکترونیک

در این پژوهش سعی شده است با استفاده از بانک اطلاعاتی مشتریان و آینده‌نگری خبرگان روشی ارائه شود که مدیریت سازمان‌ها با استفاده از آن در محیط عدم اطمینان به سمت تولید کششی حرکت کنند.

روش پژوهش

در بخش روش به نوع پژوهش، ابزار و روش جمع‌آوری اطلاعات و جامعه آماری و نمونه و روش تجزیه و تحلیل پرداخته می‌شود.

این پژوهش در نظر دارد طرح محصول را براساس الگوهای کیفیتی ارزیابی کند؛ بنابراین، نوع آن کاربردی است.

ابزار مورد استفاده برای جمع‌آوری داده پرسشنامه استاندارد شاخص مروجین خالص^۱ است (محمدی و شیخ، ۱۳۹۱) که آلفای کرونباخ آن ۰/۷۴ است. الگوهای کیفیتی پرسشنامه شامل دو بخش است: ابتدا پرسش استاندارد پرسشنامه NPS در مورد هریک از ابعاد کیفیت محصول مطرح می‌شود که به‌عنوان متغیرهای شرطی لحاظ شده است و سپس این پرسش در مورد محصول نهایی مطرح و به‌عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته می‌شود. ترکیب متغیرهای شرطی و متغیر تصمیم موجب قواعد منطقی می‌شود. متغیرهای پژوهش ابعاد کیفیت محصول گاروین است که شامل هشت بعد است: عملکرد (هزینه، زمان و آسانی طرز کار)، ویژگی (خلاقیت در طراحی و جذابیت)، قابلیت اطمینان (ثبات عملکرد در طول زمان استفاده یا خراب‌نشدن)، قابلیت انطباق (مطابقت با مشخصه‌های استاندارد)، دوام (مدت زمان عمر مفید)، قابلیت سرویس‌دهی (ارائه خدمات، آسانی تعمیر)، زیباییشناسی (وضعیت ظاهری گوشی موبایل مانند وزن، رنگ و...) و کیفیت درک‌شده (مشهور بودن مارک تجاری) (آیاس، ۲۰۱۱). همچنین، بخش مربوط به ارزیابی طرح محصول با استفاده از نظریات کارشناسان انجام گرفته است.

جامعه آماری پژوهش حاضر کاربران تلفن همراه است. با توجه به اینکه جامعه آماری نامحدود است، برای محاسبه حجم نمونه از رابطه کوکران استفاده شد. با استفاده از فرمول آماری کوکران، حجم نمونه ۲۲۴ محاسبه شد. براساس داده‌های جمع‌آوری شده تجزیه و تحلیل روی ۲۵۰ نمونه صورت گرفت.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 pq}{d^2} = \frac{(1.96 \times 1.96)(0.7 \times 0.3)}{0.06^2} = 224 \quad \text{رابطه ۱}$$

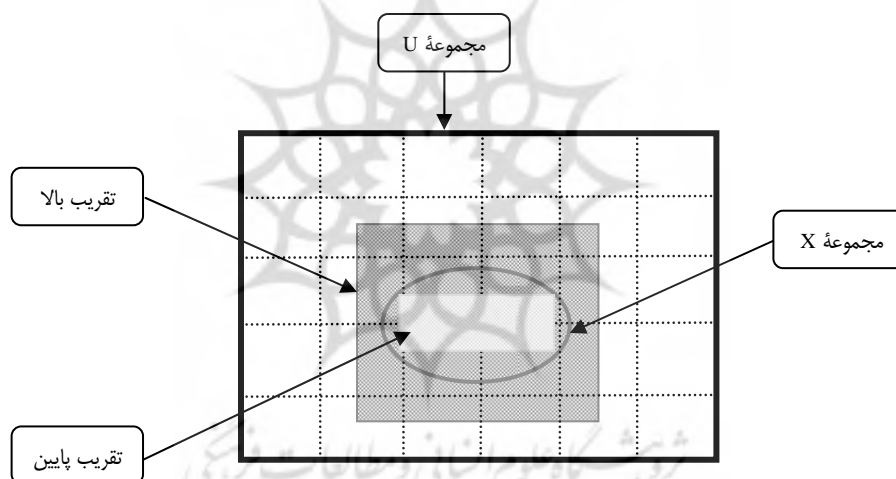
در این فرمول، Z_{α}^2 مقدار نرمال استاندارد، pq واریانس پارامتر دو جمله‌ای، d مقدار خطای نسبی است.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

از آنجاکه تحلیل موضوع با استفاده از رویکردهای جدید نظریه مجموعه راف و روش بسط‌داده‌شده فرایند سلسله‌مراتبی مبتنی بر نظریه اعداد D انجام گرفته است، باید مفاهیم RST و D-AHP ارائه شود.

نظریه مجموعه راف

ز دیسلاو پاولاک، محقق لهستانی، نظریه مجموعه راف را در دهه ۱۹۸۰ پایه گذاری کرد. این نظریه ابزاری ریاضی برای پرداختن به عدم قطعیت و ابهام است. مزیت عمده RST این است که ابهام و عدم قطعیت را با استفاده از منطقه مرزی به جای تابع عضویت بیان می کند. این نظریه در زمینه حذف اطلاعات و دانش نامربوط یا مازاد بر نیاز از پایگاه های داده، استخراج الگوهای پنهان و ایجاد مجموعه ای از قوانین تصمیم گیری کاربرد دارد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از این روش برخلاف نظریه مجموعه فازی، نظریه دمپستر- شافر و روش های آماری نیازی به اطلاعات اولیه- تابع عضویت در نظریه مجموعه فازی و توزیع احتمال در روش های آماری- برای تجزیه و تحلیل ندارد. RS یک تقریب رسمی از مجموعه دقیق است که با دو تقریب پایین^۱ و تقریب بالای^۲ مجموعه هدف نشان داده می شود (شکل ۱).



شکل ۱. نمایش مربوط به RST

فرض کنید یک سیستم اطلاعات به شکل $S = (U, A)$ تعریف شود و در آن $B \subseteq A$ و $X \subseteq U$ باشد، تقریب های مجموعه X با استفاده از اطلاعات موجود در مجموعه صفت به صورت زیر تعریف می شود.

1. Lower Approximation
2. Upper Approximation

تقریب پایین شامل عناصری است که به یقین درون مجموعه هدف قرار می‌گیرد و به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$\underline{B}(X) = \{x | [x]_B \subseteq X\} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در صورتی که تقریب بالا عناصری را در برمی‌گیرد که احتمالاً به مجموعه هدف تعلق دارند.

$$\overline{B}(X) = \{x | [x]_B \cap X \neq \emptyset\} \quad (\text{رابطه ۳})$$

RS در صورتی معنا پیدا می‌کند که تفاوت بین تقریب بالا و تقریب پایین غیر تهی - تقریب بالا و پایین یکسان نباشد - باشد و به صورت رابطه ۴ تعریف می‌شود:

$$BN_S(X) = \overline{B}(X) - \underline{B}(X) \quad (\text{رابطه ۴})$$

در غیر این صورت، مجموعه X بر اساس مجموعه صفت B یک مجموعه دقیق^۱ تعریف می‌شود.

این نظریه در بسیاری از زمینه‌ها مانند پزشکی، داروشناسی، مهندسی، بانکداری، مالی و تحلیل بازار و دیگر زمینه‌ها کاربرد دارد. به منظور مروری جامع بر ادبیات مرتبط با کاربرد RST، پژوهش پاولاک برای مطالعه پیشنهاد می‌شود. همچنین، در سال‌های اخیر به استفاده از RST در بررسی مطالعات مشتری توجه فزاینده‌ای شده است که این امر در زمینه مباحث مربوط به بررسی رضایت مشتری بیشتر به چشم می‌خورد (محمدی و شیخ، ۱۳۹۳؛ زهی، خو و زانگ، ۲۰۰۹ و گرکو، مترازو و اسلوینسکی، ۲۰۰۷).

نظریه اعداد D

امروزه اطلاعات در جهان هستی متأثر از بسیاری از منابع عدم قطعیت است. در این زمینه، بسیاری از نظریه‌های موجود مانند نظریه احتمال، نظریه مجموعه فازی (زاده، ۱۹۶۵)، نظریه شهود دمپستر - شافر DS (دمپستر، ۱۹۶۷ و شافر، ۱۹۷۶) با هدف مدل‌سازی انواعی از عدم قطعیت توسعه داده شده‌اند. نظریه DS به دلیل داشتن مزایای ذاتی در معرفی و نمایش اطلاعات غیر قطعی در بسیاری از زمینه‌ها مانند تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری، تشخیص الگو، ارزیابی ریسک، انتخاب تأمین‌کننده و... مطالعه و استفاده شده است. DS در بیان عدم قطعیت مزیت مهمی دارد (احتمال را به زیرمجموعه‌ای از چندین شیء تخصیص می‌دهد، نه به هریک از اشیا به صورت منحصر به فرد)، اما این نظریه عاری از هرگونه خطا و اشتباه نیست و با کمبودهایی

همراه است؛ برای مثال، فرضیه‌ها و محدودیت‌های قوی چارچوب تشخیص و تخصیص احتمال اولیه موجب کاهش قابلیت‌های DS در زمینه بیان اطلاعات قطعی شده‌اند.

بنابراین، به منظور رفع نواقص موجود در DS و افزایش قابلیت‌های آن در زمینه بیان اطلاعات غیرقطعی، نظریه جدید اعداد D ارائه شده است. دنگ این روش را در سال ۲۰۱۲ معرفی کرد که برای بیان انواع متفاوتی از عدم قطعیت مؤثر است (دنگ، هو و دنگ، ۲۰۱۴؛ محمدی و شیخ، ۱۳۹۴).

تعریف ۱. اگر Ω یک مجموعه غیرتهی باشد:

$$\Omega = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_i, \dots, b_n\} \quad b_i \in N^+$$

$$b_i \neq b_j \quad i \neq j \quad \forall i, j = \{1, \dots, n\}$$

یک عدد D یک نگاشت به صورت زیر است:

$$D: \Omega \rightarrow [0, 1]$$

$$\sum_{B \subseteq \Omega} D(B) \leq 1 \quad \text{and} \quad D(\emptyset) = 0 \quad \text{رابطه ۵}$$

فرض کنید عدد D به صورت زیر باشد:

$$D(\{b_1\}) = v_1 \quad \text{رابطه ۶}$$

$$D(\{b_2\}) = v_2$$

...

$$D(\{b_i\}) = v_i$$

...

$$D(\{b_n\}) = v_n$$

می‌توان نوشت:

$$D = \{(b_1, v_1), (b_2, v_2), \dots, (b_i, v_i), \dots, (b_n, v_n)\}$$

$$v_i > 0 \quad \text{and} \quad \sum_{i=1}^n v_i \leq 1$$

در صورتی که $\sum_{i=1}^n v_i = 1$ باشد، اطلاعات کامل است. در صورتی که $\sum_{i=1}^n v_i < 1$ باشد،

اطلاعات ناقص است.

تعریف ۲. قانون ترکیب اعداد D:

اگر D_1 و D_2 دو عدد به شکل D باشد:

$$D_1 = \left\{ (b_1^1, v_1^1), \dots, (b_i^1, v_i^1), \dots, (b_n^1, v_n^1) \right\}$$

$$D_r = \left\{ (b_1^r, v_1^r), \dots, (b_j^r, v_j^r), \dots, (b_m^r, v_m^r) \right\}$$

آنگاه رابطه $D_1 \leftrightarrow D_r$ برقرار است:

تعریف ۳. در صورتی که عدد D به صورت زیر تعریف شود:

$$D = \left\{ (b_1, v_1), (b_r, v_r), \dots, (b_i, v_i), \dots, (b_n, v_n) \right\}$$

$$I(D) = \sum_{i=1}^n b_i v_i \quad \text{رابطه ۷}$$

$$b_i \in \mathbb{R} \quad , \quad v_i > 0 \quad \text{and} \quad \sum_{i=1}^n v_i \leq 1$$

روش D-AHP (روش AHP توسعه یافته از طریق رابطه ترجیحی تئوری اعداد D)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین فرایندهای طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا با این روش امکان فرموله کردن مسئله به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌شود. همچنین، امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مسئله وجود دارد. در این فرایند، گزینه‌های مختلفی در تصمیم‌گیری دخالت می‌کنند و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها وجود دارد. از مزایای دیگر این روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم است. همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، این روش مزیت‌های شایان توجهی دارد که در زمان خود بسیاری از مسائل پیش روی تصمیم‌گیرندگان را در امور مختلف حل می‌کند، اما شرایط و به عبارت دیگر محیط تصمیم‌گیری از حالت ایستا به حالت پویا تغییر شکل داده است و نبود اطمینان به عنوان ویژگی بارز محیط، نقش قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان را در فرایند تصمیم‌گیری برجسته‌تر کرده است. در سال‌های اخیر، از روش AHP کلاسیک به دلیل ناتوانی در ارائه و رسیدگی به داده‌های ذهنی غیرقطعی و نامشخص در قضاوت خبرگان انتقاد شده است. به‌طور کلی، روش AHP کلاسیک مبتنی بر ماتریس مقایسات زوجی معکوس است. ماتریس مقایسات زوجی معکوس یک رابطه ترجیحی افزایشی برای نمایش رابطه ترجیحی است. در ماتریس مقایسات زوجی معکوس، طیف امتیازدهی ۱ تا ۹ برای بیان رابطه ترجیحی مناسب است (جدول ۲).

جدول ۲. طبقه‌بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها

درجه اهمیت	تعریف
۱	اهمیت یکسان
۳	اهمیت ضعیف
۵	اهمیت قوی
۷	اهمیت خیلی قوی
۹	اهمیت مطلق
۲،۴،۶،۸	ارزش‌های بینابین در قضاوت‌ها

این طیف امتیازدهی برای بیان عدم قطعیت موجود در اطلاعات نادقیق و ناقص کارا نیست. ممکن است برخی از روش‌های بسط‌داده شده FAHP برای حل این مشکل تا حدی مفید باشند، اما در صورت ناقص بودن اطلاعات، روش‌های بسط‌داده شده FAHP عملکرد ضعیفی دارند. بنابراین، روش جدید AHP بسط‌داده شده مبتنی بر اعداد D برای حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری در شرایط نبود اطمینان پیشنهاد می‌شود.

در روش D-AHP، قضاوت خبرگان (تصمیم‌گیرندگان) از طریق رابطه ترجیحی اعداد D بیان می‌شود. رابطه ترجیحی اعداد D، بسط یافته رابطه ترجیحی فازی است که در مقایسه با رابطه ترجیحی فازی، قابلیت‌های مؤثرتری برای نمایش اطلاعات نامشخص دارد. اساس کار در این روش تلفیق و یکپارچگی اوزان در سطوح است. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، ماتریس رابطه ترجیحی اعداد D، نمایش جدیدی از رابطه ترجیحی است که به صورت زیر نمایش داده می‌شود. رابطه ترجیحی اعداد D روی مجموعه‌ای از گزینه‌ها (A) از طریق ماتریس D:

$$R_D: A * A \rightarrow D \quad \text{رابطه ۸}$$

$$R_D = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ A_1 & D_{11} & D_{12} & \dots & D_{1n} \\ A_2 & D_{12} & D_{22} & \dots & D_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_n & D_{n1} & D_{n2} & \dots & D_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۹}$$

که در آن:

$$D_{ij} = \left\{ \left(b_{ij}^{ij}, v_{ij}^{ij} \right), \left(b_{ij}^{ij}, v_{ij}^{ij} \right), \dots, \left(b_{ij}^{ij}, v_{ij}^{ij} \right) \right\}$$

$$D_{ji} = \left\{ \left(1 - b_{ij}^{ij}, v_{ij}^{ij} \right), \left(1 - b_{ij}^{ij}, v_{ij}^{ij} \right), \dots, \left(1 - b_{ij}^{ij}, v_{ij}^{ij} \right) \right\}$$

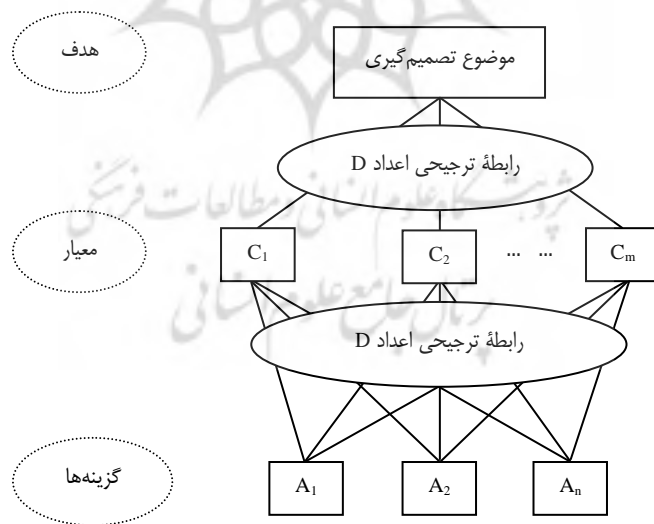
$$D_{ji} = \left\{ \left(1 - b_{1j}^{ij}, v_{1j}^{ij} \right), \left(1 - b_{2j}^{ij}, v_{2j}^{ij} \right), \dots, \left(1 - b_{mj}^{ij}, v_{mj}^{ij} \right) \right\}$$

$$\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad b_k^{ij} \in [0, 1] \quad \forall k \in \{1, 2, \dots, m\}$$

بدیهی است رابطه ترجیح فازی کلاسیک می تواند به صورت رابطه ترجیح اعداد D تعریف شود.

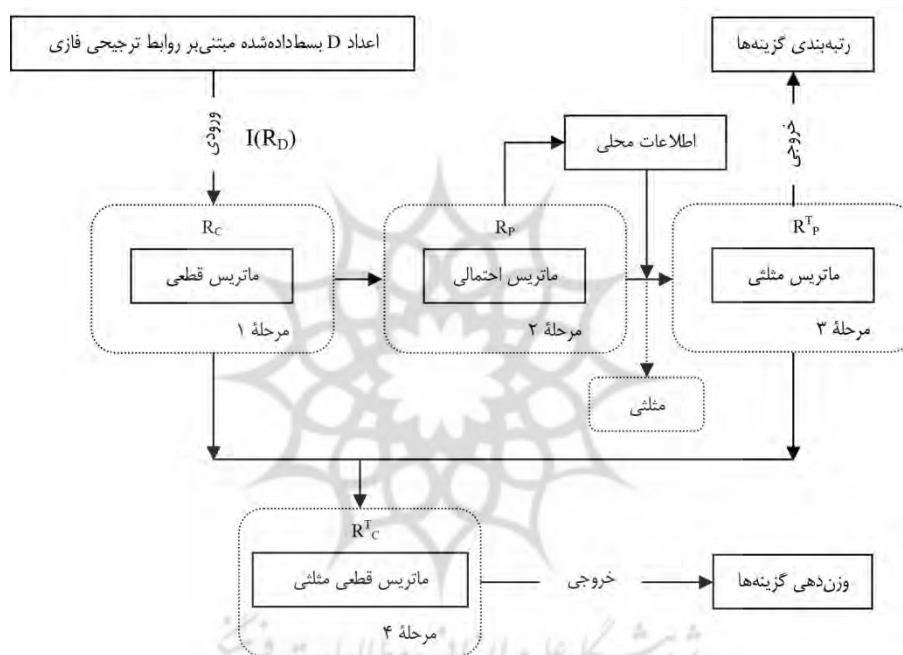
$$R_D = \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ A_1 & \{(r_{11}, 1.0)\} & \{(r_{12}, 1.0)\} & \dots & \{(r_{1n}, 1.0)\} \\ A_2 & \{(r_{21}, 1.0)\} & \{(r_{22}, 1.0)\} & \dots & \{(r_{2n}, 1.0)\} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_n & \{(r_{n1}, 1.0)\} & \{(r_{n2}, 1.0)\} & \dots & \{(r_{nn}, 1.0)\} \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

ساختار سلسله مراتبی D-AHP در شکل ۲ نمایش داده می شود. این ساختار شامل سه سطح است. در سطح اول هدف، یعنی مسئله تصمیم گیری قرار دارد. معیارها و زیرمعیارها که جنبه های گوناگون مسئله تصمیم گیری را بیان می کنند در سطح دوم (سطح معیار) قرار دارند. در سطح سوم (سطح گزینه ها)، چندین گزینه نسبت به این معیارها مقایسه و ارزیابی می شوند.



شکل ۲. ساختار سلسله مراتبی D-AHP

بعد از طراحی ساختار سلسله‌مراتب و به تبع آن مشخص شدن چارچوب پژوهش، نظرهای خبرگان مختلف جمع‌آوری شد، سپس یکپارچه‌سازی نظرها صورت گرفت. یکپارچه‌سازی نظرها، ایجاد توافق جمعی در زمینه سه نوع فناوری پیش‌رو است که این کار با استفاده از روش ترکیبی AHP و نظریه اعداد D (D-AHP) انجام گرفت. مراحل اجرایی روش D-AHP به‌طور خلاصه در شکل ۳ می‌آید.

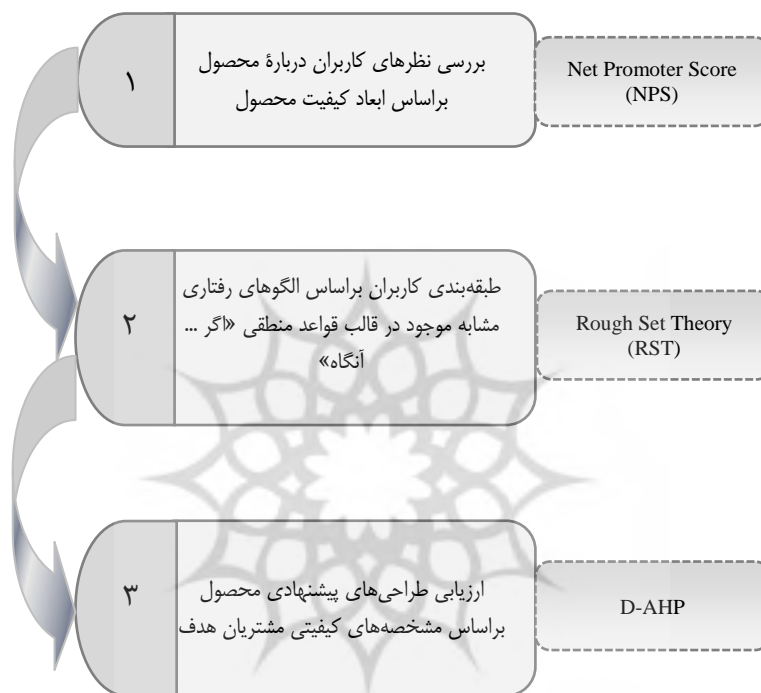


شکل ۳. چارچوب اجرایی روش D-AHP

مراحل روش تجزیه و تحلیل داده‌ها به دو بخش تقسیم می‌شود:

۱. ابتدا برای شناسایی الگوهای رفتاری کیفیتی غالب در بین مشتریان از نرم‌افزار Rosetta استفاده می‌شود. با استفاده از این نرم‌افزار، واقعیت‌های پنهان در داده‌ها کشف و به زبان طبیعی بیان می‌شود. ورودی این نرم‌افزار جدول داده‌هاست و خروجی این نرم‌افزار به شکل قوانین «اگر ... آنگاه ...» تعریف شده است.

۲. بعد از شناسایی الگوهای غالب، برای ارزیابی طرح محصول با توجه به شرایط مشتریان هدف از نظر کارشناسان کمک گرفته شده است. برای محاسبه نتایج از نرم افزار LINGO 11.0 استفاده می شود.



شکل ۴. مراحل انجام دادن تحقیق

یافته های پژوهش

براساس نتایج بررسی داده های جمع آوری شده، پاسخ دو پرسش مطرح شده در زیر می آید:

۱. الگوهای رفتاری کیفیتی با استفاده از نرم افزار Rosetta شناسایی می شوند. از بین قواعد استخراج شده، چهار قاعده پرتکرار به عنوان الگوهای غالب انتخاب شدند که نتایج آن در جدول ۲ آمد. این الگوها نشان می دهند در هر طبقه تصمیم نهایی مشتریان در زمینه توصیه کردن یا توصیه نکردن این محصول به دیگران از کدام بعد کیفیت محصول تأثیر می پذیرد.

جدول ۳. شناسایی الگوهای رفتار کیفیتی و طبقه‌بندی آن‌ها

طبقه‌بندی مشتریان				ابعاد کیفیت		
A _۴	A _۳	A _۲	A _۱			
۱	۱	۹	۹	عملکرد	C _۱	اگر
۱۰	۴	۹	۱	قابلیت انطباق	C _۲	
۹	۱۰	۱	۳	قابلیت اطمینان	C _۳	
۹	۱	۴	۴	دوام	C _۴	
۳	۳	۹	۳	سرویس‌دهی	C _۵	
۱۰	۱	۳	۲	زیباشناسی	C _۶	
۹	۱	۹	۹	کیفیت درک‌شده	C _۷	
۱۰-۹	۱۰-۹	۳	۲-۱	متغیر تصمیم		آنگاه

طبقه اول: در این طبقه، نظر نهایی مشتریان در مورد محصول بیشتر تحت تأثیر ابعاد کیفیت قابلیت انطباق، قابلیت اطمینان، دوام، سرویس‌دهی و زیباشناسی است. میزان رشد و تأثیرگذاری تبلیغات توصیه‌ای منفی زیاد است؛ بنابراین، شرکت باید درصدد بازگشت آنها باشد تا از پیامدهای آن جلوگیری کند.

طبقه دوم: این طبقه از مشتریان، بیشترین اهمیت را برای ابعاد قابلیت اطمینان، دوام و زیباشناسی قائل می‌شوند، زیرا تصمیم نهایی آن‌ها در زمینه توصیه محصول به دیگران تحت تأثیر وضعیت ادراک شده از این ابعاد است. مشتریان این طبقه از ابعاد عملکرد، قابلیت انطباق، سرویس‌دهی و کیفیت درک‌شده راضی هستند، ولی این ابعاد تأثیر مهمی بر رفتار مشتریان این طبقه نمی‌گذارند و برای این مشتریان اهمیت چندانی ندارند.

طبقه سوم: بعد قابلیت اطمینان بیشترین اهمیت را در بین مشتریان این طبقه دارد. مشتریان با در نظر گرفتن شرایط این بعد، در مورد توصیه محصول به دیگران تصمیم می‌گیرند. ویژگی ممتاز و برجسته محصول از نظر آن‌ها ثبات در عملکرد در طول زمان استفاده از محصول است.

طبقه چهارم: مشتریان طبقه چهارم از ابعاد قابلیت اطمینان، قابلیت انطباق، دوام، زیباشناسی و کیفیت درک‌شده راضی‌اند. مشتریان این طبقه در نهایت مروج‌اند، تبلیغات توصیه‌ای مثبت دارند و منبع تبلیغاتی مؤثری برای شرکت محسوب می‌شوند. همچنین، ابعاد عملکرد و سرویس‌دهی تأثیری بر تصمیم نهایی مشتری ندارند.

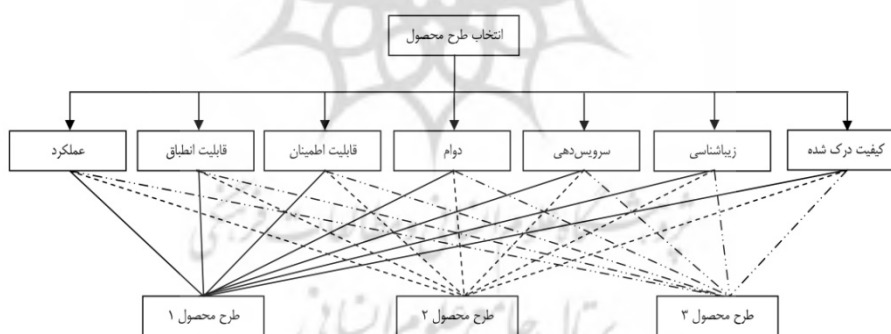
۲. این بخش از نتایج، با هدف ارزیابی طرح محصول با توجه به ویژگی‌های کیفیتی مشتریان هدف شکل گرفته است. اولویت‌بندی مشتریان براساس نظرهای کارشناسان و با استفاده از روش اعداد D انجام می‌گیرد. بعد از جمع‌آوری نظرهای کارشناسان و وزن‌دهی به معیارها، می‌توان

نتایج ارزیابی را با استفاده از رابطه ۵ به فرم اعداد D نوشت و I_i را برای هر یک از قواعد محاسبه کرد (جدول ۴).

جدول ۴. رتبه‌بندی گزینه‌ها (گروه‌های کاربران)

Alternative	A_1	A_2	A_3	A_4
I_i (D)	۰/۱۴۲۸	۰/۱۴۵۸	۰/۱۵۳۲	۰/۱۵۲۴
Ranking	۴	۳	۱	۲

براساس نتایج دیدگاه کارشناسان، مشتریان گروه سوم، چهارم، دوم و اول به ترتیب بیشترین اهمیت را دارند و سازمان باید سیاست‌های حفظ مشتریان خود را با در نظر گرفتن شرایط آن‌ها تدوین و اجرا کند. توجه به مشتریان گروه سوم، خواسته‌های آن‌ها را در راستای ارتقای کیفیتی مد نظر برآورده می‌کند و همچنین موجب افزایش رضایتمندی آن‌ها نسبت به سایر گروه‌ها می‌شود. در نتیجه، ارزیابی طرح محصول با توجه به الگوهای کیفیتی مشتریان گروه سوم انجام می‌گیرد. با توجه به توضیحات ارائه شده در روش D-AHP، ساختار سلسله‌مراتبی انتخاب طرح محصول براساس الگوهای رفتاری کیفیتی مشتریان هدف به صورت زیر تعریف می‌شود:



شکل ۵. ساختار سلسله‌مراتبی برای انتخاب طرح محصول

در ساختار سلسله‌مراتبی سه سطح وجود دارد. سطح اول، سطح هدف است که در این پژوهش انتخاب طرح محصول از بین سه طرح موجود (D_1, D_2, D_3) تعریف می‌شود. در سطح دوم، هفت معیار شامل عملکرد (C_1)، قابلیت انطباق (C_2)، قابلیت اطمینان (C_3)، دوام (C_4)، سرویس‌دهی (C_5)، زیباشناسی (C_6) و کیفیت درک شده (C_7) است. سه نوع طرح محصول مورد

بررسی سطح سوم را تشکیل می‌دهند. رابطه ترجیحی اعداد D برای تمام سطوح در نظر گرفته می‌شود؛ برای مثال، جدول ۵ روابط ترجیحی اعداد D را برای سطح معیار نشان می‌دهد. با استفاده از چارچوب اجرایی روش D-AHP، وزن مربوط به معیارها محاسبه می‌شود (λ : مقدار لاندا منعکس‌کننده اعتبار اطلاعات نگارندگان است. مقادیر وزن‌ها به پارامتر لاندا بستگی دارد و مقدار لاندا به قابلیت شناخت و آگاهی کارشناس بستگی دارد).

جدول ۵. رابطه ترجیحی اعداد D برای سطح معیار

O	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
C ₁	{(۰/۵و۱)}	{(۰/۸و۱)}	{(۰/۶۵و۱)}	{(۰/۷۵و۱)}	{(۰/۴و۰/۷)}	{(۰/۸۵و۱)}	{(۰/۷و۰/۶)}
C ₂	:	:	:	:	:	:	:
C ₃	:	:	:	:	:	:	:
C ₄	:	:	:	:	:	:	:
C ₅	:	:	:	:	:	:	:
C ₆	:	:	:	:	:	:	:
C ₇	:	:	:	:	:	:	:

جدول ۶. وزن محاسبه‌شده برای سطح معیار نسبت به هدف

O	W _o	W _o ($\lambda = [\underline{\lambda}] = 3$)	رتبه‌بندی
C ₁	(۰/۱۴۳ و ۰/۳۰۹]	۰/۲۹۵	۱
C ₂	(۰/۱۴۳ و ۰/۱۴۵]	۰/۱۴۵	۴
C ₃	(۰/۱۴۳ و ۰/۲۵۵]	۰/۲۴۵	۲
C ₄	(۰/۱۴۳ و ۰/۱۸۲]	۰/۱۷۹	۳
C ₅	[۰/۱۰۹ و ۰/۱۴۳)	۰/۱۱۲	۵
C ₆	[۰/۰۰۰ و ۰/۱۴۳)	۰/۰۱۲	۶
C ₇	[۰/۰۰۰ و ۰/۱۴۳)	۰/۰۱۲	۶

با توجه به جدول ۶، ابعاد عملکرد، قابلیت اطمینان و قابلیت انطباق مهم‌ترین معیارها هستند. در مورد سطح سوم نیز رویه‌ای مشابه صورت می‌گیرد؛ به عبارت دیگر، پس از نوشتن ماتریس ترجیحی اعداد D برای این سطح با استفاده از گام‌های اجرایی در شکل ۳، مقادیر وزن‌ها برای هر یک از انواع طرح محصول محاسبه می‌شود و براساس بیشترین مقدار طرح محصول مناسب

انتخاب می‌شود. با توجه به نتایج جدول ۶ و ۷، مناسب‌ترین طرح بعد از بررسی نظرهای کارشناسان سازمان طرح یک است.

جدول ۷. محاسبه وزن طرح محصول

انواع طرح محصول			معیارها
T_2	T_1	T_3	C_i
۰/۲۳۰	۰/۴۴۰	۰/۳۳۰	C_1
۰/۳۱۷	۰/۱۶۷	۰/۵۱۷	C_2
۰/۱۵۰	۰/۲۵۰	۰/۶۰۰	C_3
۰/۳۱۷	۰/۱۱۷	۰/۵۶۷	C_4
۰/۳۰۰	۰/۱۰۰	۰/۶۰۰	C_5
۰/۵۸۳	۰/۱۳۳	۰/۲۸۳	C_6
۰/۶۶۷	۰/۲۶۷	۰/۱۰۶۷	C_7
۰/۳۶۶	۰/۲۱۰	۰/۴۲۳	وزن دهی به طرح محصول
۲	۳	۱	رتبه‌بندی طرح محصول

نتیجه‌گیری

امروزه یکی از موضوعات درخور توجه سازمان‌ها، پاسخ به نیازهای پویا و منحصر به فرد مشتری است. با وقوع انقلاب کیفیت بعد از انقلاب صنعتی، تمرکز تولیدکنندگان به سمت بهبود مستمر سوق پیدا کرد که در این دوران، هدف تولیدکنندگان ارائه محصولات با کیفیت با هزینه کمتر بوده است. ارائه محصولات با کیفیت در عصر انقلاب مشتری با هدف حفظ مشتریان لازم و ضروری است. در این پژوهش، برای پاسخگویی به نیازها و برآورده کردن انتظارات، روشی برای درک الگوهای رفتار کیفیتی و طراحی محصولات منطبق بر الگوهای کیفیتی پیشنهاد شده است. فعالیت‌های مرتبط با طراحی و انتخاب طرح نیازمند دانش تخصصی است و یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر قضاوت‌های ذهنی کارشناسان است. اطلاعات از منابع عدم قطعیت تأثیر می‌پذیرند؛ بنابراین، محققان از مفاهیم نظریه مجموعه راف، نظریه اعداد D به دلیل سازگاری با محیط عدم قطعیت استفاده کردند. ابتدا الگوهای رفتاری غالب در بین مشتریان با استفاده از روش RST شناسایی شد. بعد از طبقه‌بندی مشتریان، اولویت‌بندی گروه‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی با عنوان نظریه اعداد D انجام گرفت. نتایج پژوهش نشان می‌دهد گروه سوم اهمیت و اولویت بیشتری دارد. در نهایت، با استفاده از روش

بسط داده شده فرایند سلسله مراتبی مبتنی بر نظریه اعداد D از بین طرح‌های محصول طرح یک که برآوردکننده انتظارات گروه سوم است، به عنوان طرح نهایی انتخاب شد. با توجه به نتایج ابعاد عملکرد، قابلیت اطمینان و قابلیت انطباق مهم‌ترین معیارها هستند. ونگ و سوها (۲۰۰۳) بعد قابلیت اطمینان را یکی از ابعاد اثرگذار بر وفاداری مشتریان شناسایی کرده‌اند. همچنین، در پژوهش دیگری نتایج آزمون بعد قابلیت اطمینان نشان می‌دهد این بعد تأثیر بسزایی بر رضایت مشتریان و تبدیل آن‌ها به طرفداران متعصب و وفاداران مادام‌العمر دارد (حمیدی‌زاده و غمخواری، ۱۳۸۸). واور (۱۹۹۷) قابلیت اطمینان را از متغیرهای مؤثر بر رضایت‌مندی معرفی کرده است.

پیشنهادها

پیشنهادهای کاربردی

به مدیر شرکت‌ها پیشنهاد می‌شود توجه بیشتری به مشتریان گروه سوم داشته باشد. توجه به مشتریان گروه سوم، خواسته‌های آنها را در راستای ارتقای کیفیتی مد نظر برآورده می‌کند و همچنین موجب افزایش رضایت‌مندی آنها نسبت به سایر گروه‌ها می‌شود. در رویکرد پیشنهادی، ابتدا طرح محصول مد نظر مشتری شناسایی می‌شود و سپس تولید انبوه صورت می‌گیرد. در نتیجه، به مدیران پیشنهاد می‌شود برنامه‌های تولیدی خود را مبتنی بر تولید کشتی قرار دهند.

پیشنهادهای نظری

با توجه به اینکه اطلاعات در زمینه طراحی محصول غیرقطعی است، به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود برای شناسایی و دسته‌بندی نیازهای مشتریان تحقیقاتی را با تلفیق نظریه مجموعه راف برتر و مهندسی کانسی انجام دهند. همچنین، پیشنهاد می‌شود در زمینه توسعه محصولات، تحقیقاتی با استفاده از روش Rough-Gray انجام گیرد. یکی از معیارهای مهم ارزیابی عملکرد در طراحی، خلاقیت اعمال شده در محصول است؛ بنابراین، به محققان آتی پیشنهاد می‌شود تحقیقاتی در زمینه ارزیابی خلاقیت در طراحی محصول انجام دهند.

محدودیت‌ها

از جمله محدودیت‌های تحقیق، حجم نمونه اندک است که قابلیت تعمیم‌پذیری آن را دشوار می‌کند. همچنین، پژوهشی وجود نداشته است که به طور مستقیم این موضوع را بررسی کرده باشد.

References

- Abramovici, M. & Lindner, A. (2011). Providing product use knowledge for the design of improved product generations, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 60(1): 211- 214.
- Aguwa, C. C., Monplaisir, L. & Turgut, O. (2012). Voice of the customer: Customer satisfaction ratio based analysis, *Expert Systems with Applications*, 39(11): 10112– 10119.
- Asgharpour, M. J., Noorossana, R. & Nasiri, J. (2005). Prioritization of customer requirements using QFD, *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 16(2): 21- 27.
- Ayas, E. (2011). *Engineering quality feelings: Applications for products, service environments and work systems*, Royal Institute of Technology.
- Besharati, B., Azarm, S. & Kannan, P. (2006). A decision support system for product design selection: A generalized purchase modeling approach, *Decision Support Systems*, 42(1): 333- 350.
- Chan, L. K., Kao, H. & Wu, M. (1999). Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy methods, *International Journal of Production Research*, 37(11): 2499- 2518.
- Chen, L. H. & Weng, M. C. (2006). An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models, *European Journal of Operational Research*, 172(1): 230- 248.
- Deng, X., Hu, Y. & Deng, Y. (2014). Bridge condition assessment using D numbers, *The Scientific World Journal*, 2014: 11.
- Deng, X., Hu, Y., Deng, Y. & Mahadevan, S. (2014). Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers, *Expert Systems with Applications*, 41(1): 156- 167.
- Deng, Y. (2012). D numbers: Theory and applications, *Journal of Information & Computational Science*, 9(9): 2421- 2428.
- Gemser, G. & Leenders, M. (2001). How integrating industrial design in the product development process impacts on company performance, *Journal of Product Innovation Management*, 18(1): 28- 38.
- Greco, S., Matarazzo, B. & Slowinski, R. (2007). Customer satisfaction analysis based on rough set approach, *Journal of Marketing*, 77(3): 325- 329.
- Hamidzadeh, M. & Ghamkhari, S. (2009). Recognizing key factors for customer loyalty based on FRO, 13(52): 187- 210. (In Persian)

- Hazrati Marangalou, H., Shahriari, H. & Nabatchiyan, M. R. (2015). Designing parameters and tolerances product based on Quality losses and analysis of variance simultaneously, *Engineering and Quality Management*, 4(2): 81-91. (in Persian)
- Jiao, J. & Tseng, M. M. (1998). Fuzzy ranking for concept evaluation in configuration design for mass customization, *Concurrent Engineering: Research and Application*, 6(3): 189- 206.
- Kahraman, C., Ertay, T. & Büyüközkan, G. (2006). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach, *European Journal of Operational Research*, 171(2): 390– 411.
- Kotler, P. & Armstrong, G. (2006). Principles of marketing, 7th edition, Translated by: Forozandeh, B., Atropat, Esfahan. (in Persian)
- Kwong, C., Chen, Y., Bai, H. & Chan, D. (2007). A methodology of determining aggregated importance of engineering characteristics in QFD, *Computers & Industrial Engineering*, 53(4): 667– 679.
- Lockamy, A. & Khurana, A. (1995). Quality function deployment: Total quality management for new product design, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 12(6): 73- 84.
- Maddulapalli, A., Azarm, S. & Boyars, A. (2006). Sensitivity analysis for product design selection with an implicit value function, *European Journal of Operational Research*, 180(3): 1245– 1259.
- Mohammadi, E. & Sheikh, R. (2012). Measure customer loyalty using net promoter score (Case study: Nokia and Sony Ericsson mobile phone), *1st Iranian Mobile Congress*, Sharif University of Technology-Center for Technology Studies, Tehran. (in Persian)
- Mohammadi, E. & Sheikh, R. (2013). Analysis of halo effect of customers behavior using net promoter score (NPS) and rough set theory (RST) (Case study: Sony Ericsson mobile phone), *Quarterly Journal of Business Management*, 5(1): 119- 142. (in Persian)
- Mohammadi, E. & Sheikh, R. (2014). Regulation and prediction of customer's behaviors based on rough set theory and selectability/ rejectability measures (Case study: Sony Ericsson mobile phones), *Journal of Business Management*, 6(1): 145- 166. (in Persian)
- Mohammadi, E. & Sheikh, R. (2015). Customer classification and prioritize them in decision making using rough set theory and D number approach (Case study: Sony Ericsson mobile phone), *Journal of Business Management*, 7(1): 163- 185. (In Persian)

- Mottaghi, H. & Rabbani, M. (2007). Product quality improvement by implying design of experiment (DOE) (Case study: On MgO-C brick in Pars factory), *Management Researches in Iran*, 11(55): 161- 179. (in Persian)
- Njmy, M., Ebrahimi, M. & Kianfar, F. (2006). Prioritization of technical and engineering features of the model in QFD using fuzzy TOPSIS, *Industrial Engineering and Management*, 22(34): 3- 9. (in Persian)
- Shen, X. X., Xie, M. & Tan, K. C. (2001). Listening to the future voice of the customer using fuzzy trend analysis in QFD, *Quality Engineering*, 13(3): 419- 425.
- Sohn, S. Y. & Choi, I. S. (2001). Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration, *Reliability Engineering & System Safety*, 72(3): 327- 334.
- Thurston, D. L. (1991). A formal method for subjective design evaluation with multiple attributes, *Research in Engineering Design*, 3(2): 105- 122.
- Tsai, C. Y., Lo, C. C. & Chang, A. C. (2003). Using fuzzy QFD to enhance manufacturing strategic planning, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 20(1): 33- 41.
- Varva, T. (1997). *Improving your measurement of customer satisfaction*, ASQ Quality Press, Mil Waukee.
- Vazifehdust, H. & Farokhian, S. (2009). Survey of customer satisfaction in Sanson product design by Kano model, *Journal of Marketing Management*, 4(7): 137-157. (in Persian)
- Verganti, R. (2003). Design as brokering of languages: Innovation strategies in Italian firms, *Design Management Journal*, 14(3): 34- 42.
- Wang, J. (1999). Fuzzy outranking approach to prioritize design requirements in quality function deployment, *International Journal of Production Research*, 37(4): 899- 916.
- Wong, D. & Sohal, S. (2003). New empirical perspectives on brand loyalty: Implications for satisfaction strategy and equity canfield, *School of Management Working Paper Series*, S.W: 27- 95.
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P. & Zhong, Z. W. (2009). Design concept evaluation in product development using rough sets and grey relation analysis, *Expert Systems with Applications*, 36(3): 7072– 7079.
- Zhaoling, L., Qisheng, G. & Dongling, Z. (2008). Product design on the basis of fuzzy quality function deployment, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 19(6): 1165- 1170.