تكييف دالة نشر الجودة لنمذجة تكاليف تحسين منتج باستخدام البرمجة بالأهداف المبهمة

دراسة حالة مؤسسة canal plast لإنتاج أنابيب البولي إيثيلين عالي الكثافة

بوسحابة سمية* ، أوبختي نصيرة، مكيديش محمد*****

الإرسال: ../.../....
القبول: ../.../....
النشر: ../.../....

ملخص : نبحث من خلال هذه الدراسة إلى زيادة جودة أنابيب البولي إيثيلين عالي الكثافة وذلك بتحديد تكاليف التحسين، وهذا عن طريق الرفع من متطلبات التصميم الخاصة بهذا المنتج والتي تؤثر على خصائص الأنابيب، ومن أجل ذلك قمنا بتطبيق دالة نشر الجودة (QFD) لحساب نسبة تأثير متطلبات التصميم الهندسي على خصائص أنابيب البولي إيثيلين عالي الكثافة، حيث يتم حصر كل من متطلبات التصميم الهندسي للأنابيب (DR_S)، وكذا متطلبات العملاء (CR_S) والتي تعتبر خصائص الأنابيب المنتجة، وكل هذا لبناء نموذج برمجة بالأهداف لتوزيع التكاليف الإضافية لتحسين هذه الخصائص، وتوزيعها أحسن توزيع للوصول إلى أعلى جودة ممكنة في حدود أعلى تكلفة مضحى بها من طرف المؤسسة، ولقد أظهرت النتائج مستوى التكاليف الإضافية والتي يتم توزيعها على كل من متطلبات التصميم الهندسي والتي تؤدي إلى أفضل تحسين في حدود التكاليف الإضافية الموجهة لهذا التحسين.

الكلمات المفتاحية : دالة نشر الجودة (QFD)، البرمجة بالأهداف المبهمة (FGP)، متطلبات العملاء (CR_S)، متطلبات التصميم الهندسي لأنابيب البولي إيثيلين (DR_S)، خصائص الأنابيب المنتجة.

تصنيف JEL: C44 , L15.

Quality function deployment adaptation to model the product's improvment costs using the fuzzy goal programming

A case study the Canal Plast for manufacture of high-density polyethylene pipes

* طالبة دكتوراه، المركز الجامعي مغنية ، الجزائر، s_boushaba@yahoo.fr ،**(المؤلف المرسل)**
** بروفيسور، المركز الجامعي مغنية، الجزائر، nassiraoubekhti@yahoo.fr
*** بروفيسور، المركز الجامعي مغنية، الجزائر، mkidiche@yahoo.fr

Abstract: Through this study, we are looking to increase the quality of the produced high-density polyethylene pipes by determining the costs of improvement, and this is by raising the design requirements for this product that affect the properties of the pipes, and for that we have applied the quality function deployment (QFD) to calculate the ratio of impact of engineering design requirements on pipes properties, where both pipes engineering design requirements (CRS), as well as customer requirements (DRS) are accounted, which are considered characteristics of pipes, all to build a model of fuzzy goal programming to distribute additional costs to improve these characteristics, and distribute them in the best distribution to reach the highest possible quality within The highest cost limits sacrificed by the organization, and the results showed the level of additional costs that are distributed to both engineering design requirements and that lead to the best improvement within the additional costs directed at such improvement.

Keywords: Quality Function deployment (QFD), Fuzzy goal Programming (FGP), Customer Requirements (CRS), Engineering Design Requirements for Polyethylene Pipes (DRS), Characteristics of Produced Pipes.

JEL Classification : L15 , C44.

1.مقدمة

من أجل مواجهة المنافسة السوقية، ومع تغير أذواق المستهلك توجب على المؤسسة تحسين منتجاتها، لمسايرة هذه التغيرات ولإعطائها ميزة تنافسية تؤهلها لاكتساب رضا العملاء من خلال تلبية توقعاتهم، تعد دالة نشر الجودة QFD الأداة الفعالة والمفيدة لاستخدامها في تحسين المنتجات على غرار تطويرها.

حيث تبدأ عملية QFD بتحديد متطلبات العملاء CRs وتحديد درجة الأهمية الخاصة بهم ومتطلبات التصميم الهندسي DRs المؤثرة على CRs، وكذلك حساب درجات العلاقة بين CR_S وDR_S أي درجة تأثير DR_S على CR_S، يتم التعبير عن هذه العلاقة على مقياس عددي، مثل [3,5, 1] أو [1,4,7] وتمثل التعبيرات اللغوية "ضعيفة"، "متوسطة"، "قوية" على التوالي، وبعد ذلك يتم حساب نسبة تأثير DR_S على CR_S، حيث يتم اتخاذ القرار في بيئة مبهمة لأن متطلبات العملاء تكون ذاتية ونوعية.

لقد قام الباحث (Liang-Hsuan Chen, 2016)، بالتخطيط لمنتج جديد من خلال استخدام QFD والبرمجة بالأهداف المبهمة، لتلبية متطلبات كل عميل والذي يعتبر كمتغير استجابة ومستويات الوفاء بمتطلبات التصميم المقابلة كمتغيرات توضيحية، مع مراعات أهداف أخرى. أما (Asadabadi, 2017) فقد أنشأ طريقة لاختيار الموردين المستند إلى العميل، من خلال تقييم الموردين بناء على تأثيرهم على جودة المنتجات والخدمات النهائية، كما تنظر في التغييرات المحتملة في أولويات احتياجات العملاء مع مرور الوقت، من خلال دمج عملية الشبكة التحليلية وسلسلة ماركوف مع دالة نشر الجودة. ولقد قام (Song-Man Wua, 2017) بتطوير QFD محسن من خلال دمج النموذج السحابي وطريقة MULTIMOORA، وذلك لتقييم العلاقات بين متطلبات العملاء CRS والخصائص الهندسية ECS، ولتحديد أهمية متطلبات العملاء CRS في QFD. وفي دراسة (Wu Xinglia, 2018) تم اقتراح طريقة تجميع احتمالية لدمج التقييمات الشخصية للأفراد في تقييمات مجموعة المصطلحات اللغوية، توسيع QFD في السياق اللغوي الاحتمالي للحصول على الأوزان المبهمة. ثم اقتراح وظيفة التفضيل اللغوي ولتسهيل التطبيق قاموا بتطوير إجراء طريقة التصنيف المستندة إلى QFD. أما في دراسة (Mario Fargnoli, 2018) قام الباحث بتقديم نهجا شاملا لتقييم المخاطر وإيجاد علاقة بين المخاطر والتدابير الوقائية، حيث اعتمد على استخدام QFD، مدعوما بعملية الشبكة التحليلية (ANP).

من خلال هذا البحث تمت صياغة العلاقة الغامضة بين درجة رضا كل متخذ قرار وقيم التكلفة المخصصة لكل متطلب من متطلبات تصميم أنابيب البولي إيثيلين، للوصول إلى أقصى قدر من رضا العملاء في ظل قيد التكلفة، تطبق هذه الدراسة البرمجة بالأهداف المبهمة (FGP) لدمج عددا من الأهداف والتي هي في الأساس متطلبات العملاء، هذا بحساب نسب تأثير كل من متطلبات التصميم الهندسي DR_S على متطلبات العملاء CR_S، كل هذا من أجل الإجابة على الإشكالية التالية:

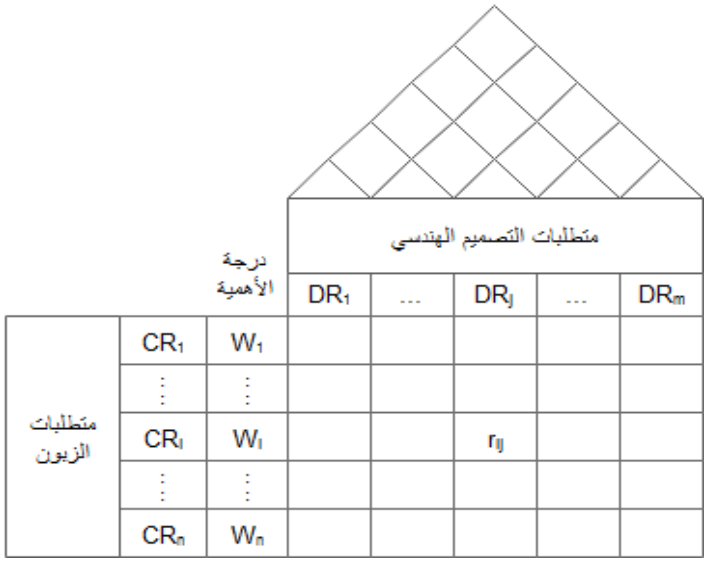
كيف يمكن توزيع تكاليف تحسين جودة أنابيب البولي إيثيلين عالي الكثافة باستخدام دالة نشر الجودة؟

ما مدى تأثير استخدام دالة نشر الجودة والبرمجة بالأهداف المبهمة في تحسين جودة الأنابيب المنتجة؟

1. دالة نشر الجودة المبهمة:

إن دالة نشر الجودة (QFD) هي عملية تطوير وتحسين المنتج، والتي تستخدم للوصول إلى أحسن تصميم للخصائص الهندسية والتي تتماشى ومتطلبات العملاء.

يتم إنجاز طريقة QFD التقليدية لتقدير العلاقات باستخدام مقياس 1- 3- 5 أو أي مقياس آخر للإشارة إلى العلاقات الضعيفة والمتوسطة والقوية بين CRi و DRj. الشكل 1 يوضح ترتيب هذين العاملين والعلاقة بينهما حسب مصفوفة علاقات دالة نشر الجودة. والذي يستعمل في حساب نسبة التأثير لمتطلبات التصميم الهندسي على متطلبات العملاء.



الشكل 1: مصفوفة علاقات دالة نشر الجودة

$$r_{ij} = \frac{W_i . R_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} W_i . R_{ij}} \qquad (1)$$

r_{ij}: نسبة تأثير DR_j على C_i

W_i: وزن CR_i

R_{ij} : العلاقة الكمية بين CR_i و DR_j

يتم إنجاز طريقة QFD التقليدية لتقدير العلاقات باستخدام مقياس 1- 3- 5 أو أي مقياس آخر للإشارة إلى العلاقات الضعيفة والمتوسطة والقوية بين CRi و DRj. وعادة ما تكون العلاقات مبهمة وغير محددة، حيث نستخدم المجموعات المبهمة لحل مشكل غموض العلاقات، يتم استبدال ثلاث أرقام وهي ij ، W_i و R_{ij}، **بثلاث أرقام مبهمة**، $\tilde{r}_{ij}$، $\widetilde{W}_i$ و $\tilde{R}_{ij}$.

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\widetilde{W}_i . \widetilde{R}_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} \widetilde{W}_i . \widetilde{R}_{ij}} \qquad (2)$$

نستخدم أسلوب المستوى α–level، والتي تكون ممثلة بمستويات مختلفة من فترات الثقة، ويعبر عنها بالصيغة التالية (Chiang Kao, 2000):

$$(\gamma_i)_\alpha = [min\{W_i \in \gamma_{ij} | \mu_{\widetilde{W}_i}(W_i) \geq \alpha\}, max\{W_i \in \gamma_{ij} | \mu_{\widetilde{W}_i}(W_i) \geq \alpha\}]$$

$$(\Re'_{ij})_\alpha = \left[min\left\{R'_{ij} \in \Re'_j \middle| \mu_{\widetilde{R'}_{ij}}(R'_{ij}) \geq \alpha\right\}, max\left\{R'_{ij} \in \Re'_j \middle| \mu_{\widetilde{R'}_{ij}}(R'_{ij}) \geq \alpha\right\}\right]$$

لتكن $S(W_i, R_j)$ والتي يمكنها أن تأخذ أي من القيم التالية r_{ij}، أو U_i، وبالاعتماد على مبدأ تمديد ***Zadeh 1978***، ووفق درجة الثقة α ، يتم تعريف العلاقة الطبيعية المبهمة لها ب:

$$\mu_{\tilde{S}}(S) = \sup_{R,W} min\left\{\mu_{\widetilde{W}_i}(W_i), \mu_{\widetilde{R}_{ij}}(R_{ij}), \forall i,j \middle| S(W_i, R_j)\right\} \qquad (5)$$

وللعثور على أعظم وأدنى القيم للدالة $\mu_{\tilde{S}}(S)$ يمكن استخدام العلاقات التالية: (Chiang Kao, 2000)

$$(\mathfrak{H})_\alpha^L = min\, S(W_i, R_j)$$

$$s.t \quad (\gamma_i)_\alpha^L \leq W_i \leq (\gamma_i)_\alpha^U \quad \forall i \qquad (6)$$

$$(\Re'_{ij})_\alpha^L \leq R'_{ij} \leq (\Re'_{ij})_\alpha^U \quad \forall i,j$$

$$(\mathfrak{H})_\alpha^U = max\, S(W_i, R_j)$$

$$s.t \quad (\gamma_i)_\alpha^L \leq W_i \leq (\gamma_i)_\alpha^U \quad \forall i \qquad (7)$$

$$(\Re'_{ij})_\alpha^L \leq R'_{ij} \leq (\Re'_{ij})_\alpha^U \quad \forall i,j$$

وبما أننا بصدد التحكم في التكاليف الاضافية لتحسين المنتجات، بحيث تكون النسب أصغر أو تساوي 1، ولذلك نستخدم اقتراح (Chen, 2003) والتي صيغت على النحو الآتي:

$$(r_{ij})_\alpha^L = \frac{(W_i)_\alpha^L . (R_{ij})_\alpha^L}{\sum_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^{n} (W_i)_\alpha^U . (R_{ij})_\alpha^U + (W_i)_\alpha^L . (R_{ij})_\alpha^L}$$

(8)

$$(r_{ij})_{\alpha}^{U} = \frac{(W_i)_{\alpha}^{U}.(R_{ij})_{\alpha}^{U}}{\sum_{\substack{l=1 \\ l\neq i}}^{n}(W_i)_{\alpha}^{L}.(R_{ij})_{\alpha}^{L} + (W_i)_{\alpha}^{U}.(R_{ij})_{\alpha}^{U}}$$

هذا لحساب القيم الدنيا والعظمى لنسب تأثير DR_j على C_i

3. النمذجة الرياضية (الصيغة):

من أجل إثبات فعالية النموذج المقترح، تم تطبيقه على صناعة أنابيب البولي إيثيلين عالي الكثافة المنتج من طرف مؤسسة canal plast، حيث يجب تحديد خصائص أنابيب البولي إثيلين، لأن صناعة هذه الأنابيب تعتمد على الآتي:

أ. **المرونة العالية**: وهو التعامل مع البيئة المحيطة، وتحمل الصدمات والمحافظة على الوظائف في مواجهة الضغوط.

ب. **المقاومة العالية التأثير**: وهي المقاومة للصقيع والحرارة المرتفعة، أي مقاومة لتغيرات درجات الحرارة.

ت. **الخسارة في الضغط**: وهو الفرق بين ضغط السوائل على طرفي الأنبوب.

إضافة إلى الوصول لرضا العميل، وذلك بتطبيق دالة نشر الجودة، تسعى المؤسسة إلى التحكم في التكاليف الإضافية التي تضحي بها من أجل تحسين خصائص الأنابيب، ولذلك قمنا بتطبيق البرمجة بالأهداف المبهمة، والتي تكون فيها متغيرات القرار x_j تعبر عن التكلفة الإضافية لكل من DR_j، حيث $j=1،2،\ldots،m$، النموذج إذن صيغ على النحو التالي:

$$\text{Max } G_i(x_j) = \text{ Max} \sum_{j=1}^{m} \tilde{r}_{ij}.x_j, \quad i = 1,2,\ldots,n$$

$$S.t:$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_j \leq c^{U}, \quad i = 1,2,\ldots,n \qquad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_j \geq c^{L}, \quad i = 1,2,\ldots,n$$

$$x_j \geq 0, \quad i = 1,2,\ldots,n, \quad j = 1,2,\ldots,m$$

بحيث c^U و c^L هي التكلفة الإضافية القصوى والدنيا على التوالي والمخصصة لتحسين وحدة واحدة من المنتج أو عدد معين من الوحدات، والتي يحددها متخذ القرار، حيث:

$$c^{L} = \sum_{i=1}^{n} G_i^{min}$$

$$c^{U} = \sum_{i=1}^{n} G_i^{max}$$

حيث G_i^{max} و G_i^{min} يمثلان أقصى وأدنى حد لطموح G_i كمستوى هدف لرضا العملاء.

من خلال هذا النموذج، نبحث في تحديد التكلفة الإضافية التي تخصص لكل متطلب من متطلبات التصميم الهندسي، التي توصلنا إلى أكبر رضا ممكن للعميل، وكيفية توزيع التكلفة الإضافية المخصصة لذلك.

4. مستوى طموح الأهداف:

من أجل الوصول إلى مستوى طموح الأهداف، يجب تحديد القيم العظمى والدنيا للأهداف، إذن $_i(x_j)$ هي درجة تحقيق الهدف عند x_j، يمكن صياغة درجة الرضا كالآتي: (ZIMMERMANN, 1978)

$$\mu_i(x_j) = \begin{cases} 0 & if\ G_i(x_j) \le G_i^{min} \\ \dfrac{G_i(x_j) - G_i^{min}}{G_i^{max} - G_i^{min}} & if\ \ G_i^{min} \le G_i(x_j) \le G_i^{max} \\ 1 & if\ \ G_i^{max} \le G_i(x_j) \end{cases}$$

تحديد الأهداف الدنيا والعليا من طرف متخذ القرار، والتي يتم تعيينها حسب إمكانيات المؤسسة، وكذا حسب أقسام أو مراحل الإنتاج.

بمجرد الحصول على حدي الأهداف، نستخدم نموذجا لمحاولة الحصول على أقصى درجات الرضا الكلية الممكنة.*(tiwari 1987)*

بما أن معاملات الصيغة مبهمة، نقوم بتحويل نموذج المعاملات المبهمة إلى نماذج الخطية القطعية وذلك بتطبيق مبدأ تمديد زاده (Zadeh, 1978) (Klir, 2003)، وتكون دالة الانتماء على الشكل التالي:

$$\mu_{\tilde{z}}(z) = \sup_{r}\ min\left\{\mu_{\tilde{r}_j},\ \ \forall j \middle| z = \sum_{h=1}^{n} \mu_h(x)\right\}$$

نقوم بحل النموذج من خلال نموذجين فرعيين، وذلك للعثور على الحدود الدنيا والعليا ل z ويكتب النموذج على النحو التالي:

$$z_{\alpha}^{L} = max \sum_{i=1}^{n} \mu_i(x)$$

$$S.t:$$

$$\mu_i(x) = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\tilde{r}_{ij})_{\alpha}^{L}.x_j - G_i^{min}}{G_i^{max} - G_i^{min}} \qquad i = 1,2,\dots,n, \quad j = 1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_j \leq \boldsymbol{c^U}, \;\; i = 1,2,\dots,n \qquad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_j \geq c^L, \;\; i = 1,2,\dots,m$$

$$x_j \geq 0, \qquad j = 1,2,\dots,m$$

$$\mu_i(x) \geq 0 \qquad i = 1,2,\dots,n,$$

$$\mu_i(x) \leq 1 \qquad i = 1,2,\dots,n,$$

$$z_{\alpha}^{U} = max \sum_{i=1}^{n} \mu_i(x)$$

$$S.t:$$

$$\mu_i(x) = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\tilde{r}_{ij})_{\alpha}^{U}.x_j - G_i^{min}}{G_i^{max} - G_i^{min}} \qquad i = 1,2,\dots,n, \quad j = 1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j}^{m} x_j \leq \boldsymbol{c^U}, \;\; i = 1,2,\dots,n$$

$$\sum_{j}^{m} x_j \geq c^L, \;\; i = 1,2,\dots,m \qquad (13)$$

$$x_j \geq 0, \qquad j = 1,2,\dots,m$$

$$\mu_i(x) \geq 0 \qquad i = 1,2,\dots,n$$

$$\mu_i(x) \leq 1 \qquad i = 1,2,\dots,n$$

5. حالة توضيحية:

دراسة حالة:

من أجل إثبات فعالية النموذج المقترح، تم تطبيقه على صناعة أنابيب البولي إيثيلين، حيث يتضمن التصميم ثلاثة أبعاد للجودة حيث هي خصائص الأنابيب المنتجة، تتم عملية الصناعة من خطوات:

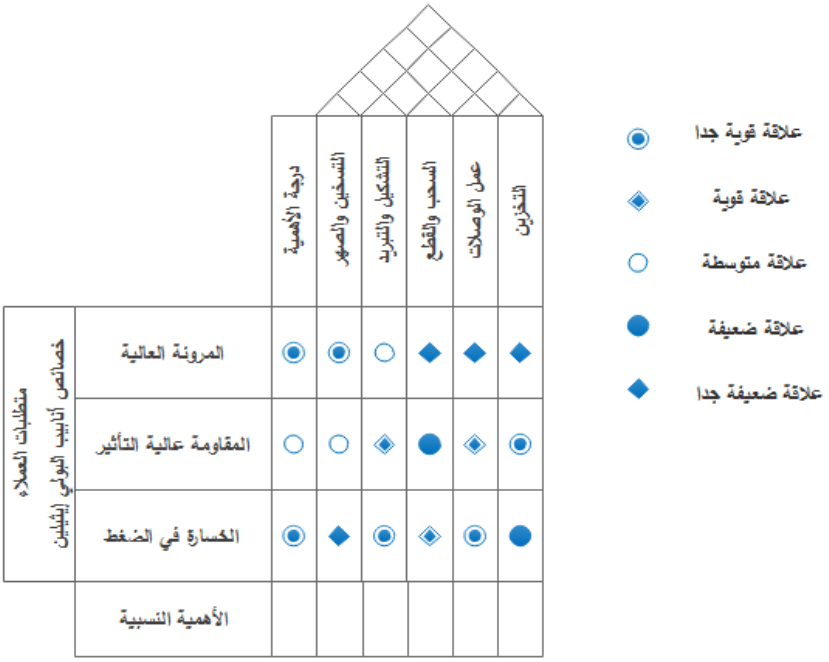
أ. **مرحلة التسخين والصهر**: في هذه المرحلة سحب حبيبات البولي إيثيلين وصهرها بدرجة حرارة عالية، لتتحول إلى عجينة قابلة للتشكيل.

ب. **مرحلة التشكيل والتبريد**: ولتشكيل العجينة تستخدم قوالب خاصة لها أقطار وأحجام معينة، ليتم تبريدها بالماء لتأخذ الأنابيب شكلها النهائي.

ت. **مرحلة السحب والقطع**: تسحب الأنابيب بعد تبريدها لتقطيعها بأطوال مختلفة.

ث. **مرحلة عمل الوصلات**: وفي هذه المرحلة زيادة حجم جانب واحد من الأنبوب، وتهدف هذه العملية إلى توصيل أنبوبين من نفس الحجم.

ج. **مرحلة التخزين**: بعد الانتهاء من العمليات السابقة يتم تخزين الأنابيب في أماكن مخصصة.



الشكل 2: تطبيق دالة نشر الجودة وتقييم المتطلبات.

أولا: يجب تحديد العلاقة المبهمة بين $\boldsymbol{CRs}$ و$\boldsymbol{DRs}$ ، وكذا درجة الأهمية ل $\boldsymbol{CRs}$ لحساب نسبة تأثير$\boldsymbol{DR_j}$ على $\boldsymbol{C_i}$، ولحساب أيضا الأهمية النسبية لمتطلبات العملاء $\boldsymbol{i}$ $(\boldsymbol{CR_i})$، يشار إلى العلاقات المبهمة على أنها ضعيفة جدا، ضعيفة، متوسطة، قوية وقوية جدا، والتي يتم تحويلها إلى أرقام مبهمة ثلاثية مثل مجموعات العناصر التالية: (0.6 ,0.4,0.2)، (0, 0.3, .0.6,)، (0.1, 0.3, 0.5)، (0.2,

0.4, 0.6) و(0.1, 0.2, 0.4)، تمثل القيم الوسطى في المجموعة القيم الأكثر امكانية للحصول على درجة الانتماء تساوي 1، حيث تكون دالة الانتماء على الشكل التالي:

$$\mu_{\tilde{r}_{ij}}(r_{ij}) = \begin{cases} \frac{r_{ij}-0.1}{0.3-0.1}, & 0.1 \le r_{ij} \le 0.3 \\ 1, & 0.3 \le r_{ij} \le 0.5 \\ \frac{0.7-r_{ij}}{0.7-0.5}, & 0.5 \le r_{ij} \le 0.7 \end{cases} \quad (14)$$

وα–level الأعلى لدالة الانتماء تكون كالآتي:

$$\left[(r_{ij})_{\alpha}^{L}, (r_{ij})_{\alpha}^{U}\right] = [0.1 + 0.2\alpha, 0.7 - 0.2\alpha] \quad (15)$$

بمجرد تحديد قيم α–level لجميع العلاقات، يتم وضعها في المعادلات لتعيين القيم العليا والدنيا للعلاقات الغامضة لنسب التأثير $\boldsymbol{D_j}$ والأهمية النسبية لمتطلبات العملاء $\boldsymbol{CR_i}$ ، حيث يتم تطبيق الصيغتان (8) و(9) على التوالي.

الهدف من تخطيط QFD التحكم في التكاليف الإضافية وكذا كيفية توزيعها، لذلك يتم تعظيم التكاليف الإضافية لتحسين كل متطلب من متطلبات العملاء والتي تأخذ قيما محصورة بين القيمة العليا والدنيا من التكلفة الإضافية المخصصة لذلك، لصياغة نموذج البرمجة بالأهداف المبهمة، يجب تحديد مستويات الأهداف G_i^{min} و G_i^{max}، حيث يمكن صياغة النموذج على النحو التالي:

$$z_{\alpha}^{U} = max \sum_{i=1}^{6} . \mu_i(x)$$

$$S.t:$$

$$u1 = (0.64 * x1 + 0.29 * x2 + 0.16 * x3 + 0.12 * x4 + 0.17 * x5 - 20)/(50 - 20)$$

$$u2 = (0.23 * x1 + 0.23 * x2 + 0.19 * x3 + 0.29 * x4 + 0.50 * x5 + -10)/(30 - 10) \quad (16)$$

$$u3 = (013 * x1 + 0.48 * x2 + 0.65 * x3 + 0.60 * x4 + 0.33 * x5 - 20)/(50 - 20)$$

$$x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 \le 130$$

$$x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 \ge 50$$

$$x_j \ge 0 \qquad j = 1,2,3,4,5$$

$u_i \geq 0 \quad i = 1,2,3$

$u_i \leq 1 \quad i = 1,2,3$

الجدول (1): مستويات الانتماء للأهداف المبهمة الثلاثة ونطاقات التكلفة الإضافية x_1، x_2، x_3، عند إحدى عشر إمكانيات مختلفة.

مستويات ألفا	U_1^u	U_1^L	U_2^u	U_2^L	U_3^u	U_3^L	X_1^u	X_1^L	X_2^u	X_2^L	X_3^u	X_3^L	X_4^u	X_4^L	X_5^u	X_5^L
1	1	1	1	1	1	1	38,6	38,6	82	82	7,87	7,87	0	0	1,54	1,54
0.9	0,98	1	1	1	1	1	36,47	38.08	73,38	97,46	11,53	0	0	0	0	3,27
0.8	0,91	1	1	1	1	1	32,91	39,86	63,57	106,2	51,09	0	0	0	0	2,76
0.7	0,85	1	1	0,95	1	1	29,39	43,79	55,72	110,84	18,61	0	0	0	0	4,21
0.6	0,79	1	1	0,86	1	1	26,21	46,48	47,79	120,2	21,79	0	0	0	0	1,52
0.5	0,75	0,99	1	0,8	1	1	23,72	48	41,47	128,64	24,28	0	0	0	0	0
0.4	0,66	0,91	1	0,77	1	1	20	48	34,22	137,37	28	0	0	0	0	0
0.3	0,61	0,9	1	0,67	1	1	17,5	48	28	151,75	30,5	0	0	0	0	0
0.2	0,54	0,81	1	0,64	1	1	14,31	48	23,04	163,47	33,68	0	0	0	0	0
0.1	0,49	0,75	1	0,57	1	1	11,41	48	18,15	170,76	36,59	0	0	0	0	0
0	0,43	0,71	1	0,53	1	1	0	48	50,79	185,19	14,29	0	0	0	0	0

المصدر: من إعداد الطالبة بالاعتماد على برنامج Lingo

حل النموذج (16) باستعمال إحدى عشر مستوى مختلف من ألفا، مع حساب درجة الانتماء الدنيا والعليا لكل هدف، إضافة إلى قيمة التكلفة لكل متطلب من متطلبات التصميم الهندسي عند كل مستوى من المستويات الإحدى عشر، والنتائج كانت وفق الجدول (1). تم اعتماد طريقة النقطة الوسطى (Kli, 1995) لإزالة الغموض ل $\tilde{X}_i$ حيث i=1,2,3,4,5 وذلك لأنها بسيطة وفعالة، حيث تكتب على النحو التالي:

$$x_i = \frac{\sum_{k=1}^{n} \mu_{x_i}(x_i^k)\, x_i^k}{\sum_{k=1}^{n} \mu_{x_i}(x_i^k)}$$

حيث يشير كل من $\mu_{x_i}(x_i^k)$ و x_i^k إلى كل من مستوى الامكانية والقيمة العددية التي تمثل الناتج ال k، على التوالي، حيث x_i هي قيمة الناتج منزوع الغموض لقيم الفاصل $\left[(x_i^k)^U, (x_i^k)^L\right]$، أما القيمة التي تمثل الحد k تعرف على أنها متوسط أكبر قيمة وأصغر قيمة للمجال:

$$x_i^k = \frac{1}{2}((x_i^k)^U + (x_i^k)^L$$

حيث كانت قيم كل من x_1، x_2، x_3، x_4، x_5، x_6، x_7، x_8 وx_9 بعد نزع الغموض كالتالي: 34,84، 87,73، 12,74، 0، o,85.

مناقشة النتائج:

يرتبط ذكر التكاليف بالتدنية، إلا أن هذا المفهوم قد لا يكون له معنى في عملية الإنتاج، فهدف المؤسسة الاقتصادية قد لا يكون تدنية التكاليف، بقدر ما يكون استغلالها أحسن استغلال للوصول إلى الأهداف المرجوة، حيث يتم ترجمة رضا العملاء إلى تكاليف إضافية تضحي بها المؤسسة، من أجل تحسين منتجها والوصول به إلى الجودة المناسبة التي تعطيها ميزة تنافسية في السوق.
وقد لوحظ من خلال النتائج أن بعض متغيرات القرار والتي هي التكاليف الاضافية المخصصة لتحسين المنتج عند الحد الأدنى أكبر من التي في الحد الأعلى لدالة الهدف المقابلة، وكذا دالة الانتماء للهدف الأول، ومع ذلك فإن درجة الانتماء للهدف الثاني في الحد الأعلى أكبر من تلك الموجودة في الحد الأدنى، وثابتة عند الواحد لدالة الانتماء الثالثة عند جميع المستويات، فهذا النموذج كل متغيراته قابلة للتنفيذ عند جميع المستويات لألفا.
عند تطبيق الطريقة المقترحة نلاحظ على سبيل المثال أن تحقيق الهدف الثالث عند جميع المستويات له درجة عالية من الرضا، أي الرضا التام، ويعني ذلك سهولة تحقيقه وهو هدف انخفاض الخسارة في الضغط للأنابيب المنتجة، أما فيما يخص الأهداف الأخرى فيوجد من صعوبة تحقيقه أو تحسينه ما توضحه درجة الانتماء المتدنية، أما فيما يخص التكاليف الاضافية لتحسين المنتج وحسب ما سبق فكانت أعلى تكلفة لتحسين متطلب التصميم الهندسي الثاني، أما متطلب التصميم الرابع يمكن الاستغناء عن تحسينه. إن هذه الطريقة مناسبة لتحسين ولتطوير المنتجات لحد سواء.

الخاتمة:

عند تحسين أي منتج تبدأ المؤسسة بتحمل تكاليف إضافية، حيث هذه التكاليف توزع على (DRs) وذلك للوصول إلى أعظم رضا للعملاء، يتم تحديد قيم التكاليف الإضافية لكل (CRs) مسبقا، حيث نقوم بتعظيم عدد من الأهداف، حيث هذه الأهداف عبارة عن متطلبات العملاء من خلال توزيع التكاليف الإضافية على متطلبات التصميم الهندسي، وذلك للوصول إلى أعظم رضا للعملاء في حدود القيود أو التكاليف المخصصة للتحسين.

تم توضيح النموذج المقترح على صناعة أنابيب البولي إيثيلين لإثبات قابليته للتطبيق العملي، حيث نظرت الدراسة في ثلاثة أهداف، هذه الأهداف هي كلا من خصائص هذه الأنابيب، وذلك بتعظيم هذه المتطلبات في حدود التكاليف الإضافية المتوفرة، وقد أنتج النموذج أفضل رضا للعملاء من خلال توزيع التكاليف الإضافية المتاحة على متطلبات التصميم الهندسي للأنابيب لتحسين إنتاجها.

Bibliography

Book:

Kli, G. J. (1995). Fuzzy sets and Fuzzy Logic – Theory and Applications.

Journal:

al, W. e. (2019). An Integrated Fuzzy QFD and Grey Decision-making Approach for Supply. Computers & Industrial Engineering, p. 35.

Asadabadi, M. R. (2017). A customer based supplier selection process that combines quality function deployment, the analytic network process and a Markov chain. European Journal of Operational Research.

Chen, L.-H. W. (2003). A Fuzzy Model for Exploiting Quality Function Deployment. Mathematical and Computer Modelling.

Chiang Kao, S.-T. L. (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. Fuzzy Sets and Systems.

Klir, G. a. (2003). FUZZY SETS AND FUZZY LOGIC Theory and Applications. New Jersey, USA.

Mario Fargnoli, M. L. (2018). Hazard Function Deployment: a QFD based tool for the assessment of working tasks – A practical study in the construction industry study in the construction industry. International Journal of Occupational Safety and.

Song-Man Wua, X.-Y. Y.-C.-E. (2017). Improving quality function deployment analysis with the cloud MULTIMOORA method. INTERNATIONAL TRANSACTIONS INOPERATIONAL RESEARCH.

Wu Xinglia, L. H. (2018). An approach to quality function deployment based on probabilistic linguistic term sets and ORESTE method for multi-expert multi-criteria decision making. Information Fusion.

ZADEH, L. (1978). FUZZY SETS AS A BASIS FOR POSSIBILITY. Fuzzy Sets and Systems.

ZIMMERMANN, H. (1978). FUZZY PROGRAMMING AND LINEAR PROGRAMMING WITH SEVERAL OBJECTIVE FUNCTIONS. Fuzzy Sets and Systems.