# التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وأسلوب هندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة لإدارة تكلفة المنتجات: نموذج مقترح

# The Integration of Quality Functional Deployment (QFD), Value Engineering (VE) and Target Costing (TC) to Manage Product Cost: A Proposed Model


**إعـــــــداد**

**دكتور / محمد شحاتة خطاب خطاب**
**أستاذ مساعد بقسم المحاسبة**
**كلية التجارة - جامعة طنطا**


**٢٠١٥**

# التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وأسلوب هندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة لإدارة تكلفة المنتجات: نموذج مقترح


## مستخلص Abstract

يتناول الباحث فى هذا البحث العلاقات التبادلية والتفاعلية بين ثلاثة أدوات من الأدوات الهامة لإدارة التكلفة تتمثل فى: مدخل الدالة الوظيفية للجودة Quality Functional Deployment (QFD)، وأسلوب هندسة القيمة Value Engineering (VE)، ونظام التكاليف المستهدفة Target Costing (TC)، من اجل زيادة تحقيق رغبات العملاء والاحتفاظ بهم، والوصول لمستويات جودة عالية، فمع تطبيق تكنولوجيات هندسة القيمة يمكن الوقوف على بدائل تصميمات مختلفة تُمكن من الوصول الى مكونات منتج يتميز بجودة عالية وفى نفس الوقت تكون قابلة للإنتاج بمواد أولية ذات تكلفة أقل مما يساهم فى خفض التكاليف ويزيد من دعم القدرات التنافسية، ويهدف البحث أساساً الى وضع إطار للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) يساعد في إدارة تكلفة المنتجات من خلال تحقيق رغبات وحاجات وتوقعات العملاء بأقل تكلفة ممكنة تمكن من المنافسة فى السوق المحلية والإقليمية والعالمية، وتساعد الشركات على البقاء والنمو والاستمرار، من خلال بناء نموذج يساعد فى إبراز أولويات العملاء للحاجات التى يحتاجون إليها والتعرف على بدائل التصميمات التى يمكن إنتاجها بتكلفة أقل، وقد تناول الباحث مفاهيم مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ومزايا استخدمه ومراحله وكيفية استخدامه فى ترتيب أولويات حاجات العملاء، وأسلوب هندسة القيمة (VE) وكيفية استخدامه فى الوصول الى تشكيلة مكونات للمنتج تجعله فى محل إعجاب وقبول من قبل العميل من خلال دراسة بدائل تصميمات بتشكيلة مواد أولية مختلفة، وفى نفس الوقت تكون هذه التشكيلة من مكونات المنتج قابلة للتصنيع بأقل تكلفة ممكنة، كما تناول الباحث نظام التكاليف المستهدفة (TC) كأحد أهم أدوات إدارة التكلفة التى تركز على مرحلة تصميم المنتجات وتعمل على تلبية المواصفات التى يجب توافرها فى المنتج لتلبية رغبات العملاء مع حساب التكلفة المستهدفة التى تحقق هامش ربح مرضى للملاك، ثم تناول الباحث المحاولات التى تمت من قبل الباحثين عن التكامل بين أسلوبين منهم ومحاولات باحثين آخرين لوضع تكامل بين الثلاثة مداخل، وفى النهاية تناول الباحث نموذج رياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة) للتكامل بين النظم الثلاثة وتطبيقه على إحدى الشركات المصرية التى تنتج منتجات تعتمد على الجودة والتصميم الجذاب للعملاء، وقد توصل الباحث من خلال دراسة حالة الى أنه إذا كان مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يساعد فى تحديد أولويات احتياجات وطلبات وتوقعات العملاء، وأسلوب هندسة القيمة (VE) يساعد فى الوصول الى بدائل مكونات منتج به الخصائص والصفات والميزات التى يتطلبها العملاء، ونظام التكاليف المستهدفة (TC) للبحث عن خفض التكلفة دون المساس بالجودة خلال مرحلة تصميم المنتجات، فإن التكامل بين المداخل الثلاثة من خلال نموذج رياضى يساعد فى الوصول الى منتجات ترضى وتلبى احتياجات العملاء، وبمكونات فنية تتميز بخصائص وصفات وميزات يحتاجها ويتوقعها العملاء، وبتكلفة أقل.

**المصطلحات المستخدمة Key Words**

**[مدخل الدالة الوظيفية للجودة Quality Functional Deployment (QFD)، أسلوب هندسة القيمة Value Engineering (VE)، نظام التكاليف المستهدفة Target Costing (TC)، بيت الجودة House Of Quality (HOQ)، الميزات الفنية المترابطة Inter-related Technical Features ، الميزة الفنية Technical Attribute (TA)، المنظور الوظيفى لهندسة القيمة Value Engineering Functionalism Perspective، مدخل التوجه نحو العميل Customer-Oriented Approach (COA)، البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة Mixed Integers Programming]**

**١. مقدمة**

من نتائج انتشار الأسواق العالمية ذات المنافسة الحادة أنها ساعدت الشركات الصناعية فى إيجاد فرص جيدة للمنافسة بالإضافة الى إمكانية فرض رقابة على التكاليف، وظهر نظام التكاليف المستهدفة كأحد الأدوات الرئيسية التى تساعد تلك الشركات فى الدخول الى المنافسة العالمية، ويتطلب ذلك من الشركات أن تتميز منتجاتها بصفات منها الأداء Performance الوظيفى للمنتج وشكله الجمالى Aesthetics والتسليم Delivery فى الموعد المحدد والجودة Quality والتكلفة Cost، فمع ظروف المنافسة التى أصبحت أكثر من أى وقت مضى أدركت الشركات الصناعية بأن التكلفة ستكون عاملاً رئيسياً فى اقتناء المنتج، حيث يصبح سعر المنتج تحت ضغط مستمر من السوق، ولكى تحافظ الشركة على البقاء فى تلك البيئة التنافسية يجب أن يكون لديها خبراء فى تطوير المنتجات والتسلم للعملاء بالجودة والأداء الوظيفى الذى ينتظره العملاء، كما تعمل فى نفس الوقت على توليد الأرباح المطلوبة، وأحد طرق ضمان ربحية المنتجات هو نظام التكاليف المستهدفة الذى ينظر إليه كجزء أساسى من عملية تطوير المنتجات فى اليابان.

(Cooper & Slagmulder, 1997, 1999)

وبدأ ظهور مصطلح الدالة الوظيفية للجودة Quality Function Deployment (QFD) فى اليابان كنظام جودة يركز على تقديم السلع والخدمات التى ترضى وتلبى رغبات واحتياجات العملاء، فلكى يتم تقديم قيمة للعملاء بكفاءة فمن الضرورى الاستماع لصوت العملاء فى كل مرحلة مرتبطة بتطوير المنتجات أو الخدمات، وقد بدأ كل من Shigeru Mizimo ، Yoji Akao وغيرهم من خبراء الجودة فى اليابان بتطوير أدوات وأساليب الدالة الوظيفية للجودة (QFD) من خلال وضع نظام شامل للتأكيد على الجودة وإشباع رغبات العملاء بتقديم منتجات وخدمات جديدة، فمنذ عام ١٩٨٣ م والشركات تستخدم مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) من خلال إدخال فرق متعددة الوظائف

Cross-Functional Teams والهندسة المتزامنة Concurrent Engineering لتحسين منتجاتها وخدماتها بالإضافة الى تصميم وتطوير عملياتها. (Chaoqun, 2010)

ونتيجة لزيادة حدة المنافسة أمام الشركات أصبحت التكلفة والوقت والجودة مؤشرات رئيسية يجب أخذها فى الاعتبار عند إدارة أى مشروع، وبالتالى ظهرت الحاجة الى أسلوب مثل هندسة القيمة (VE) كأحد الأدوات الهامة التى تم طرحها لتحسين أداء المنشآت، حيث تركز الانتباه بدءاً من مكونات المنتجات الى الوظائف التى تؤديها تلك المكونات بالمنتج من خلال تفسير وظائف النظام أو العملية التى توفر مجال الإبداع فى تلك الوظائف، فالمنظور الوظيفى لهندسة القيمة Value Engineering Functionalism Perspective أثر كثيراً فى تحليل وظائف المنتجات وكان بمثابة أساس منهجى يميزها عن طرق التحسين الأخرى. (Karimi and Jafari, 2014)

## ٢. الإطار العام للبحث

### ٢-١. مشكلة البحث والباعث على الدراسة

فى الآونة الأخيرة تتزايد المنافسة العالمية بين الشركات الصناعية والتى تواجه تغييرات فى حالة السوق أكثر من أى وقت مضى، وتحرص جميع الشركات على زيادة قدراتها التنافسية من خلال التركيز على الابتكار والتجديد فى منتجاتها وخصائصها وصفاتها التى تميزها عن غيرها من الشركات الأخرى للمحافظة على التواجد فى السوق، ولكى تستطيع الشركات غزو الأسواق يجب أن تصنع منتجاتها الجديدة بتكلفة أقل تجعل سعرها أقل من منافسيها مع الحفاظ على الجودة التى ينتظرها العميل، فالمبدأ التسويقى الأكثر أهمية والذى قفز على السطح فى الآونة الأخيرة هو أن نولى اهتماماً كبيراً لحاجات العملاء سواء كانت المنشأة مستمرة أو غير مستمرة، فحتى قبل ظهور التسويق كعلم كانت كل المنشآت تحاول أن ترضى طلبات وحاجات العملاء.

إن النظر الى الأمور من وجهة نظر العميل فلسفة تسويقية جديدة تتمثل فى التوجه نحو العميل Customer Orientation، فرغبات واحتياجات وتوقعات العملاء دائماً فى تغيير، لذلك يجب البحث عن أداة أو طريقة تساعد فى تحقيق تلك الاحتياجات، وتلعب مرونة الإنتاج Production Flexibility دوراً هاماً فى إظهار قدرة المنشآت على الاستجابة لحاجات العملاء المتغيرة بالإضافة الى مراعاة التغيرات غير المتوقعة بسبب ازدياد حدة المنافسة بين الشركات، فالمرونة فى تصميم وتقديم وتسويق المنتجات الجديدة (قدرة نظام الإنتاج على التكيف مع تغيرات السوق) هى من أهم مظاهر المرونة المرتبطة بالسوق والعملاء، ويجب على العملاء أن يكونوا أكثر فهماً وتحديداً لحاجاتهم حتى يتمكن المنتجين من تحقيق المرونة الكافية ويستطيعوا مواجهه المنافسة فى الوقت الراهن، ولذلك ينبغى

النظر الى العملاء على أنهم ركن أساسى فى التنظيم وعلى إدارة المنشأة الاحتفاظ بمعلومات عن خصائص العملاء والتى تحدد توقعاتهم واحتياجاتهم.

ويجب على المنشآت لفهم متطلبات العملاء فى الوقت الحاضر وتوقعها فى المستقبل أن تبدأ بتصميم المنتجات من خلال التعرف على احتياجات وطلبات العملاء ووفقاً لتوقعاتهم، وهذا يتطلب ضرورة وضع خطة وبرنامج محدد لتنفيذ ذلك، وتكامل أدوات تساعد فى التصميم مثل هندسة القيمة (VE) والدالة الوظيفية للجودة (QFD) سوف يساهم فى تلبية رغبات واحتياجات وتوقعات العملاء. (Jariri and Zegordi, 2008)

ويعتبر الاهتمام بالتكلفة مسألة هامة وضرورية عند القيام بعملية تصميم المنتجات والتى يتحدد فيها الصفات والخصائص الواجب توافرها فى كل منتج وطريقة الإنتاج المستخدمة، وهذا يشجع على القيام بدراسة متأنية لجميع مراحل أنشطة التصميم، وقد تناولت العديد من الدراسات موضوع التكلفة خلال مرحلة التخطيط لمدخل الدالة الوظيفية للجودة Quality Function Deployment (QFD) Planning، ودراسات أخرى تناولت استخدام منهجية هندسة القيمة Value Engineering (VE) Methodology فى أنشطة التصميم، كما استخدم نظام التكاليف المستهدفة Target Costing (TC) كمدخل لتصميم وإدارة التكلفة

[(Wasserman, 1993) (Cooper & Slagmulder, 1997) (Bode & Fung, 1998) (Younker, 2003) (Dekker & Smidt, 2004)]

حيث تعمل تلك النظم والمداخل الثلاثة على كيفية إدارة التكلفة فى مرحلة تصميم المنتجات، لإنتاج نوعية من المنتجات التى يكون لها قدرة تنافسية عالية.

وتتمثل مشكلة الدراسة فى كيفية تصميم وإنتاج منتجات تتميز بصفات وخصائص وميزات يطلبها ويتوقعها العملاء وبأقل تكلفة ممكنة تمكن منشآت الأعمال من المنافسة والبقاء فى السوق، ويرى الباحث أن اقتراح نموذج يجمع بين ثلاثة من أدوات إدارة التكلفة الهامة مثل مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) سوف يساعد فى حل مشكلة الدراسة.

**٢-٢. هدف البحث**

يهدف البحث أساساً الى وضع إطار للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) يساعد فى إدارة تكلفة المنتجات، من خلال تحقيق رغبات وحاجات وتوقعات العملاء بأقل تكلفة ممكنة تمكن من المنافسة فى السوق المحلية والإقليمية والعالمية، وتساعد الشركات على البقاء والنمو

والاستمرار، من خلال بناء نموذج يساعد فى إبراز أولويات العملاء للحاجات التى يحتاجون إليها والتعرف على بدائل التصميمات التى يمكن إنتاجها بتكلفة أقل.

**٢-٣. تساؤلات بحثية**

من مشكلة البحث وهدف البحث يستلزم على الباحث الإجابة عن الأسئلة البحثية التالية:

(١) متى بدأ استخدام مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD)؟ وكيف يمكن استخدام ذلك المدخل فى تحديد أولويات حاجات ومتطلبات العملاء؟ وما هو الهدف منه؟ ومراحله التى يجب تطبيقها لتحقيق الهدف من ذلك المدخل؟.

(٢) كيف يمكن لأسلوب هندسة القيمة (VE) أن يحدد بدائل التصميمات الممكنة لأجزاء المنتج ؟.

(٣) هل نظام التكاليف المستهدفة (TC) هو الأداة الهامة لخفض التكلفة ؟.

(٤) ما هى أوجه التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) ؟.

(٥) هل يمكن بناء نموذج رياضى لقياس المتغيرات التى تبرز علاقات التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) ؟.

(٦) هل يساعد التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) فى الوصول الى منتجات ترضى وتلبى احتياجات العملاء، وبمكونات فنية تتميز بخصائص وصفات وميزات يحتاجها ويتوقعها العملاء، وبتكلفة أقل.

**٢-٤. منهج البحث**

لتحقيق هدف البحث، ومحاولة الإجابة على مجموعة الأسئلة البحثية التى وضعها الباحث، والتى تمثل جوهر المشكلة، وفى محاولة الباحث لاختبار فروض البحث استخدم الباحث:

**أولا: المنهج الإستقرائى** Inductive Approach للتعرف على ما تقوم به الشركات فى الواقع العملى فى التعامل مع العملاء ومدى تلبيتها لاحتاجتهم، وما إذا كانت تطبق مدخل الدالة الوظيفية (QFD) لتحديد احتياجات العملاء وكيفية ترتيب أولوياتهم، وكذلك مدى تطبيقها لأسلوب هندسة القيمة (VE) للاستفادة من دراسة المكونات الفنية للمنتج وتحديد تشكيلة المنتجات، وكذلك مدى قبولها وتطبيقها لنظام التكاليف المستهدفة (TC) فى مرحلة تصميم المنتجات.

**ثانياً: استخدام المنهج الاستنباطي** Deductive Approach للوصول الى ما يجب أن يكون عليه النظام المتكامل الذى يلبى احتياجات ورغبات العملاء ويقدم منتج بمكونات وصفات وميزات يرغبها العملاء وبأقل تكلفة ممكنة.

وفى سبيل تحقيق ذلك يعتمد الباحث على مجموعة من المراجع الأجنبية التى تساعد فى بناء الإطار النظرى للبحث، كما يستخدم الباحث الأسلوب البنائى التركيبى لاشتقاق نموذج رياضى يجمع بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC).

**٢-٥. أهمية البحث**

للبحث أهمية علمية وعملية:

**الأهمية العلمية،** نظراً للمنافسة الحادة بين المنشآت الصناعية كان لزاماً عليها التوجه نحو العميل والتعرف على احتياجاته والصفات والميزات التى يفضلها فى المنتج الذى يقدم له، لذلك ظهرت الحاجة الى البحث عن مداخل وأساليب ونظم تلبى وتحقق رضا العميل، وفى نفس الوقت تنتج المنتجات بتكلفة أقل، فتناول الباحث لثلاثة أدوات من أهم أدوات إدارة التكلفة وهى مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) والتعرف عليها وعلى أهمية ومزايا كل أداة منها مع إجراء تكامل بينهم يبرز مزايا كل أداة على حدة، وتقديم نموذج رياضى للتكامل بين الأدوات الثلاثة يمثل أهمية علمية يمكن أن يستفيد منها الباحثين فى استكمال دراسات أخرى لهذا الموضوع.

**الأهمية العملية،** إن تطبيق النموذج المقترح الذى يبرز مزايا كل أداة من أدوات إدارة التكلفة المختارة (مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) )، سوف يساعد الشركات فى الوصول الى منتجات ترضى وتلبى احتياجات عملائها وبمكونات منتج يتميز بمجموعة من الخصائص والصفات والميزات التى يطلبها العملاء وبتكلفة أقل، مما يزيد من قدرة الشركة على المنافسة فى الأسواق المحلية والإقليمية والعالمية، وبالتالى يساعد الشركات على تحقيق الهدف الأساسى وهو البقاء والنمو والاستمرار.

**٢-٦. خطة البحث**

فى إطار محاولة الباحث للإجابة عن مجموعة الأسئلة البحثية، ولتحقيق هدف البحث، قام الباحث بتنظيم خطة البحث على النحو الآتي:

- الدراسات السابقة.
- مدخل الدالة الوظيفية للجودة.

- أسلوب هندسة القيمة.
- نظام التكاليف المستهدفة.
- التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وأسلوب هندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة.
- النموذج المقترح للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC).
- الدراسة الميدانية لتطبيق النموذج المقترح للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC)
- نتائج وتوصيات البحث.

## ٣. الدراسات السابقة

قام الباحث بالاطلاع على العديد من المراجع العلمية التى تناولت موضوع الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC)، والمراجع التى جمعت بين أسلوبين أو الثلاثة فى علاقات تكاملية، وقد تناول الباحث الدراسات السابقة على النحو التالى:

**(١) دراسة Adiano & Roth, 1994**

قامت هذه الدراسة على اقتراح المدخل الديناميكى للدالة الوظيفية للجودة (DQFD) الذى يتصف بأنه ترجمة لاحتياجات العملاء فى المنتج والعمليات التى تتم لإنجاز المنتج بالمواصفات التى يحتاجها العملاء، وتوصلت الدراسة الى أنه يمكن عن طريق الاستفادة من بيانات الرجع Feedback أن يستخدم المدخل الديناميكى (DQFD) للقيام بتجديد مستمر للبيانات التى تحقق رضا العميل وربطها بطريقة ديناميكية بمتطلبات العملاء وبصورة مباشرة بعمليات التصنيع التى تقوم بإنتاج تلك المتطلبات، وتمثل بيانات التجديد المستمر لمتطلبات العملاء المعلمات Parameters الرئيسية لوضع الخرائط الإحصائية لرقابة العمليات Statistical Process Control Charts.

**(٢) دراسة Chan & Wu, 2002**

قامت هذه الدراسة على مراجعة أدبيات الدالة الوظيفية للجودة (QFD) بالاطلاع على مصادر عديدة تتمثل فى حوالى ٦٥٠ مرجع منشور عن مدخل الدالة الوظيفية للجودة، والتعرف على التطور التنظيمى والتاريخى لها فى اليابان والولايات المتحدة الأمريكية، ثم التوصل الى التحليل الطبقى Categorical Analysis لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) لتطوير المجالات الوظيفية والصناعية والمنهجية التى تدخل على المنتجات من أجل تلبية احتياجات العملاء، وتوصلت الدراسة الى وضع ١٠ اقتراحات استرشادية لمن ليسوا على دراية بهذا المدخل، وبالتالى تخدم هذه الدراسة احتياجات الباحثين والتطبيقيين

كمرجع للدراسة النظرية والعملية لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) مما يعزز ويطور هذا المدخل فى المستقبل.

**(٣) دراسة Akao & Mazur, 2003**

قامت الدراسة على ملاحظة قيام العديد من الشركات الرائدة حول العالم منذ عام ١٩٦٦ م بتطبيق مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) لتحقيق هدف ذو شقين، **الأول**: هو التأكد من أن الاحتياجات الحقيقية للعميل سوف يتم تحقيقها كما ينبغى خلال تصميم وإنتاج وتسليم المنتجات الجديدة، سواء بتجميع تلك الاحتياجات وتشغيلها وصيانتها وكذلك عمل برامج Software لها، **الثانى**: تحسين عملية تطوير المنتج نفسه. وتهدف هذه الدراسة الى وصف وتقييم الطريقة التى تطبق فى الوقت السابق، والتوصل الى أفضل الممارسات فى الوقت الحالى، وتحديد مقترحات للمستقبل، وللوصول الى إثراء وعمق تطبيق ذلك المدخل فى العديد من الصناعات.

**(٤) دراسة Gandhinathan, et al., 2004**

تقوم هذه الدراسة على تحليل أثر مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) على نظام التكاليف المستهدفة (TC) واستخدام هذه الأدوات فى اكتشاف الطريقة التى تساعد فى تحقيق والوصول الى التكلفة المستهدفة، حيث قامت الدراسة بتعديل نموذج التكاليف المستهدفة الذى طوره Cooper & Slagmulder وأدرج الى هذا النموذج أدوات مثل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وهندسة القيمة (VE)، وذلك بسبب عدم التأكد المصاحب للتكاليف المرتبطة بالعديد من العناصر، واستخدمت الدراسة المنطق الضبابى Fuzzy Logic فى بناء النموذج، والذى تم تطبيقه على إحدى شركات تصنيع مكونات السيارات فى الهند مع تحليل النتائج من تطبيق هذا النموذج، ولاحظت الدراسة أن التطبيق الفعال لنظام التكاليف المستهدفة (TC) يعتمد بدرجة كبيرة على مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE)، وتوصلت الدراسة الى أن عدم التأكد المصاحب لتقدير التكاليف يلعب دوراً جوهرياً فى نظام التكاليف المستهدفة (TC)، لذلك تظهر أهمية استخدام المنطق الضبابى Fuzzy Logic فى المحاسبة وبالأخص فى عمليات تقدير التكاليف المستهدفة حيث يعطى وجهات نظر مختلفة للوصول الى التكلفة، فأسلوب هندسة القيمة (VE) كمدخل وظيفى يندمج مع مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) لتدعيم المنهج الضبابى Fuzzy Approach مما يساعد فى جعل نظام التكاليف المستهدفة يعمل بفعالية.

**(٥) دراسة Chan & Wu, 2005**

قامت هذه الدراسة على وضع منهج نظامى تشغيلى للدالة الوظيفية للجودة(QFD) كنظام لتطوير المنتجات قائم على نظام إدارة الجودة الموجه للعميل a Customer-Driven Quality Management System، وذلك بعد وضع توصيف شامل للعناصر

التى تدخل فى بيت الجودة House of Quality (HOQ) التى تعتبر المرحلة الأولى من مراحل مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD)، واقترحت الدراسة نموذج قائم على تسعة خطوات تساعد فى بناء هيكل بيت الجودة (HOQ)، كما حددت الدراسة عدد تسعة مقاييس للتطوير تستخدم للمساعدة فى توحيد القياسات المتعددة فى بيت الجودة (HOQ) لتجنب الوقوع فى الحكم الشخصى Arbitrariness، مع الاهتمام بشكل خاص بالتقييمات الذاتية فى مرحلة بناء بيت الجودة (HOQ)، واقتراح الأرقام الغامضة ثلاثية التماثل Symmetrical Triangular Fuzzy Numbers (STFNs) فى التعرف على لغة الغموض فى تقييمات العملاء للمنتجات، بدلا من استخدام المفهوم الشخصى الذى يظهر عند نقطة البيع Subjective Sales-Point Concept، مع استخدام الدراسة لطريقة الانتروبيا Entropy Method لإجراء التحليل التنافسى وترتيب الأولويات التى يمكن المنافسة من خلالها، كما تناولت الدراسة شرح دقيق للمفاهيم والعمليات الحسابية وكيفية تنفيذ نموذج بيت الجودة (HOQ) من خلال مثال تفصيلى يبين خطوة بخطوة كل التفاصيل الملائمة لتسهيل فهم وتطبيق مراحل مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD).

**(٦) دراسة Jariri & Zegordi, 2008**

فى هذه الدراسة تم دمج ثلاثة طرق شهيرة لإدارة التكلفة تتمثل فى مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وهندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) فى نموذج واحد، على أساس أن كل طريقة من هذه الطرق تؤدى دوراً ما لخدمة ومساعدة أنشطة التصميم لإتمام عملية إدارة التكلفة، وقد تم دمج تلك الطرق فى نموذج البرمجة الرياضية Mathematical Programming Model للحصول على أقصى منفعة من كل طريقة، كما يعمل ذلك النموذج بصورة أساسية على تعظيم رضا العملاء من خلال موضوع التكلفة المستهدفة، ويتم استخدام نموذج البرمجة غير الخطية المختلطة بالأعداد الصحيحة، وقد تم اقتراح نموذج موحد Unified Model لمنع وجود حل غير أمثل prevent a non-optimal solution نتيجة تفاعل الطرق الثلاثة مع بعضها، ويقوم النموذج الرياضى على أساس تتابع الطرق بعضها البعض، وتم تطبيق النموذج على تصميم صناعة السيارات لإظهار أدائه، ويتمثل هدف الدراسة فى استخدام نموذج البرمجة الرياضية لتحقيق التكامل بين تلك المداخل، وتوصلت الدراسة الى أن استخدام نموذج البرمجة الرياضية سيحقق النتيجة المثلى لدمج تلك المداخل من خلال مثال رقمى مستمد من صناعة السيارات.

**(٧) دراسة Wu & Shieh, 2008**

قامت هذه الدراسة على التعرف على العلاقة بين متطلبات العملاء Customer Requirements والمقاييس الفنية Technical Measures وكيفية تحديدها وحلها بموضوعية من خلال فريق متعدد الوظائف a Cross-Functional Team ، إلا أن

الدراسة توصلت الى محدودية المعرفة والخبرات الواجب توافرهما فى فريق العمل حيث يكون من الصعب تحديد العلاقات الملائمة بين متطلبات العملاء والمقاييس الفنية الواجب توافرها فى المنتج لتلبية هذه المتطلبات، حيث لا تتوافر أمام متخذ القرار المعلومات الكافية لتقييم العلاقة الفعلية، ويكون من السهل تحديد أهمية المقاييس الفنية فى الفترة الجارية مع تتبع الاتجاهات المستقبلية لتلك المقاييس الفنية لاستيفاء احتياجات العملاء فى المستقبل، لذلك اقترحت الدراسة نموذج سلاسل ماركوف Markov Chain كمنهج للتعرف على العلاقة بين متطلبات العملاء والمقاييس الفنية ورصد اتجاهات المقاييس الفنية واحتمالات تغير وجهات نظر العملاء، مع تحديد الاحتمالات المطلوبة للعلاقات الديناميكية والتعرف على قدرة أداء المقاييس الفنية الواجب توافرها فى المنتج فى فترات مختلفة، خاصة وأن نموذج سلاسل ماركوف يسمح بإدخال معلومات جديدة حين توافرها للتعرف بصورة أدق على العلاقات والاتجاهات المستقبلية للمقاييس الفنية.

**(٨) دراسة Chaoqun, 2010**

تناولت هذه الدراسة نقاط الضعف فى مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وتفوق نظرية الحل الإبداعي للمشاكل (نظرية تريز TRIZ)، ثم بناء نظام تطبيقى قائم على المنطق النظرى للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ونظرية تريز (TRIZ)، وتوصلت الدراسة الى أن التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ونظرية تريز (TRIZ) سيساعد فى تحويل احتياجات العملاء الى متطلبات قابلة للتصميم ومن ثم الإنتاج.

**(٩) دراسة Annappa & Panditrao, 2013**

قامت الدراسة على صناعة الأثاث فى الهند والتى تشهد حالياً منافسة شديدة، وبالتالى يجب على الشركات التى تعمل فى هذا المجال البحث وراء تحسين جودة المنتجات وتطوير العمليات بما فيها إدارة الجودة من أجل الوصول الى تصاميم جديدة ومتطورة، واستخدمت الدراسة مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى تطوير القسم الخاص بإنتاج الأثاث الذى يستخدم فى محطات عمل الحاسب الآلى لتحسين رضا العملاء، على أساس أن مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يُمكن من تحقيق فرص كبيرة للنجاح فى إنتاج منتجات ذات جودة عالية وبتكلفة أقل، واختارت الدراسة قسم إنتاج الأثاث الذى يستخدم فى محطات عمل الحاسب الآلى لعدة أسباب تتمثل فى: ارتفاع حجم المبيعات من هذا المنتج، تعقد العمليات اللازمة للتصنيع بمقارنته مع منتجات الأثاث الأخرى، وتهدف الدراسة الى تصميم وإنتاج نوعية جديد من أثاث محطات عمل الحاسب الآلى من خلال التطبيق الفعال لأسلوب هندسة القيمة (VE) مع مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) من أجل ترتيب وتصنيف متطلبات ورغبات العملاء، وتوصلت الدراسة الى زيادة رضا العملاء مع إنتاج تصميم جديد لمنتج

أثاث محطة عمل الكمبيوتر بنسبة ٥٤,٤٥٪، مع إمكانية تحقيق زيادة مستهدفة فى رضا العملاء من التصاميم تصل نسبتها الى ٧٩,١٤٪، وأن استخدام مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يؤدى الى زيادة جوهرية فى متوسط رضا العملاء بين التصاميم الحالية والجديدة.

**(١٠) دراسة Singh & Kumar, 2013**

قامت هذه الدراسة على اقتراح منهجية للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) على أساس أن كل منهما يؤثر بدرجة كبير فى تصميم المنتجات، فنظام التكاليف المستهدفة (TC) ما هو إلا أسلوب لإدارة التكاليف يهتم بالتخطيط الذى يركز على متطلبات العميل والخصائص التى يجب توافرها فى المنتجات والتى تجعل العميل على استعداد لدفع مبالغ أعلى فى السلعة، أما مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يساعد فى تحديد متطلبات العملاء فى المراحل البدائية لتطوير المنتجات، فهو مدخل موجه للعميل Customer Driven Approach لترجمة احتياجات العملاء الى خصائص فنية خلال مرحلة تصميم المنتج والتى فى النهاية تلبى طلبات العملاء.

وكان هدف الدراسة من التكامل بين الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) أن يتم تنفيذه فى المرحلة الأولى لتطوير المنتجات مع وصف مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وخطوات عملية التكامل بين الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ونظام التكاليف المستهدفة (TC).

**(١١) دراسة Karimi & Jafari, 2014**

هدفت هذه الدراسة الى وضع نظام لإدارة التكلفة باستخدام نظام التكاليف المستهدفة (TC) ومدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE)، حيث تقوم هذه الدراسة على تطوير المبادئ النظرية للمداخل الثلاثة تمهيداً لوضع نموذج رياضى للتكامل بين تلك النظم الثلاثة من خلال تقديم منتج جديد.

وجاءت أهمية الدراسة الى البحث عن نموذج رياضى يمثل منهج شامل ومتكامل لتحسين إدارة التكاليف تمشياً مع تصنيع المنتجات الجديدة من خلال الثلاثة نماذج التى تتصف بالفعالية وإمكانية الوثوق فيها وهى مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD)، أسلوب هندسة القيمة (VE)، نظام التكاليف المستهدفة (TC)، فكل هذه النماذج على الرغم من وجود نقاط ضعف فيها إلا أنها بتكاملها مع بعضها يمكن الحفاظ على فوائدها وقدراتها، وتوصلت الدراسة الى وضع نموذج البرمجة الرياضية غير الخطية يتكامل فيه المناهج الثلاثة ويحقق تعظيم ربح المنشأة وتدنيه تكاليفها ومقابلة احتياجات العملاء.

**التعليق على الدراسات السابقة**: يرى الباحث أن هناك عدد كبير من الكتب والمقالات والدراسات الأجنبية التى تناولت كل أداة من أدوات إدارة التكلفة محل الدراسة (مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) )،

كما جرت محاولات محدودة من قبل الباحثين حول كيفية إجراء تكامل بين أداتين أو بين الثلاثة أدوات، لذلك يرى الباحث أن تقديم دراسة قائمة على وضع نموذج يجمع بين الأدوات الثلاثة وتطبيق هذا النموذج على شركة صناعية مصرية سيكون بمثابة إضافة علمية للمراجع والمكتبات العربية.

## ٤. مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD)

### ٤-١. مدخل الدالة الوظيفة للجودة (QFD): النشأة

بدأت الصناعة اليابانية فى إضفاء الطابع الرسمى على مفاهيم الدالة الوظيفية للجودة (QFD) عندما بدأ Oshiumi عام ١٩٦٦ م فى مصنع بريدجستون لإنتاج إطارات السيارات للاتجاه نحو تطبيق بعض أساسيات مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) من خلال التعرف على الخصائص الرئيسية التى يجب توافرها فى المنتج، ثم طور Ishihara أفكار مشابهه لتلك التى تطبق فى مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وتطبيقها فى أواخر الستينات من القرن العشرين الميلادى. (Marsh et al., 1991; Cohen, 1995)

وقد أدرك Akao لأول مرة فائدة هذا المنهج (QFD) فى عام ١٩٦٩ م واستخدمه فى مرحلة تصميم المنتجات من خلال تحويل خصائص معينة عند مرحلة تصميم المنتج الى نقاط دقيقة لمراقبة الجودة على شكل خرائط مراقبة جودة التصنيع (Hill, 1994)، وبعد تجارب صناعية عديدة قام Akao بنشر بحث فى عام ١٩٧٢م عن المنهج الجديد بعنوان "hinshitsu tenkai" والتى تعنى التعريف بالجودة "Quality Deployment" ، ويمثل هذا البحث (بحث Akao عام ١٩٧٢م) وبحث Nishimura فى نفس العام أول ورقتين حقيقتين لتعزيز مفهوم الدالة الوظيفية للجودة (QFD). (Akao, 1972; Nishimura, 1972; Chan & Wu, 2002, Akao & Mazur, 2003)

إلا أن نقص التطبيق العملى لهذا المدخل أثار اهتمام العديد من العملاء نحو إضافة أساليب تحليلية إضافية لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD)، فالابتكار والتجديد فى المنتجات يتوقف على إمكانية تحويل احتياجات العملاء الى متطلبات قابلة للتصميم ومن ثم الإنتاج، وأوضحا Adiano and Roth أن مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) بشكله التقليدى لا يساعد فى حل المشاكل الناتجة عن الرجع Feedback بين احتياجات العملاء والعمليات الصناعية، لذلك اقترحا الدالة الوظيفية الديناميكية للجودة Dynamic Quality Function Deployment (DQFD). (Adiano & Roth, 1994)

وبعد أكثر من ١٠ سنوات من التطوير فى منهج الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى اليابان، والأبحاث التى نشرها Akao عن هذا المنهج، ظهر بالولايات المتحدة الأمريكية فى أكتوبر ١٩٨٣م مصطلح التقدم نحو الجودة Quality Progress والذى كان بمثابة البداية نحو انتشار منهج الدالة الوظيفية للجودة (QFD) (Chan & Wu, 2002)، حيث

قام كل من King [المؤسس والمدير التنفيذى لتحالف لورانس لفرص النمو / مركز الجودة والإنتاجية Growth Opportunity Alliance of Lawrence/ Quality Productivity Center (GOAL/QPC)]، وClausing من شركة زيروكس Xerox بتعليم مبادئ الدالة الوظيفية للجودة (QFD)، كما أن Sullivan بشركة فورد موتور Ford Motor ومؤسس المعهد الأمريكى للتوريد American Supplier Institute (ASI) كان أيضاً من أوائل المهتمين بمفهوم الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى الولايات المتحدة الأمريكية (Cohen, 1995; Chan & Wu, 2002)، وقد نشر King أول كتاب عن الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى الولايات المتحدة الأمريكية بعنوان أفضل التصاميم فى نصف الوقت Better Designs in Half the Time. (King, 1987)

**٢-٤. مدخل الدالة الوظيفة للجودة (QFD): المفهوم**

هو مفهوم شامل يوفر الوسيلة التى تستخدم لترجمة متطلبات العملاء الى ميزة فنية Technical Attribute (TA) لكل مرحلة من مراحل تطوير الإنتاج والمنتجات، وتأخذ فى الاعتبار التكلفة عند دراسة بيت الجودة House Of Quality (HOQ) الذى قدم من قبل العديد من الباحثين، كما تمثل أداة لإدارة التكلفة فى مرحلة تصميم المنتجات (Jariri & Zegordi, 2008) ، وبالتالى يمثل مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) أداة قوية من خلالها يتم سماع صوت العميل فى جميع مراحل عملية تصميم المنتجات، والفلسفة الرئيسية من استخدام هذا المدخل (QFD) هو تطبيق متطلبات الجودة للعميل في مراحل مختلفة من تصميم المنتج، لذلك يتم الحصول على جميع المواصفات والخصائص التى يطلبها العملاء لأخذها فى الاعتبار عند تصميم المنتجات.

(Karimi and Jafari, 2014)

كما يرى آخرون أن مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يمثل منهج منظم لترجمة متطلبات واحتياجات العملاء الى خصائص فنية للتأكيد على ضمان الجودة فى مرحلة الإنتاج، وتتبنى منهج التوجه نحو العميل Customer Driven Approach لضمان تقديم المنتج النهائى بالشكل الذى يلبى متطلبات واحتياجات العملاء.

(Gonzalez, et al., 2003)

يرى Blocher et al. أن مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) هو نظام يبرز التكامل بين أسلوب هندسة القيمة (VE)، وبحوث التسويق Marketing Analysis، ونظام التكاليف المستهدفة (TC) للمساعدة في تحديد أي مكونات المنتج يجب أن يكون محل إعادة تصميم أو يساعد فى خفض التكاليف، كما يساعد الإدارة وفريق التصميم على إيجاد نقاط التخفيض الممكنة فى التكلفة المستهدفة لبعض مكونات تشكيلة المنتج، وأن هناك أربعة خطوات يقوم بها هذا المدخل تتمثل فى: (Blocher et al., 2010)

(١) تحديد الحاجات أو المعايير التى بناء عليها يتحمس العميل الى شراء المنتج (مثل السلامة، الأداء، الاقتصاد).
(٢) التعرف على خصائص أو مكونات المنتج وتكلفة تصنيع كل مكون.
(٣) تحديد الكيفية التي بها تسهم خصائص أو مكونات معينة فى إرضاء العملاء.
(٤) تحديد مؤشر أهمية كل خاصية فنية أو مكون، من خلال الجمع بين المعلومات في الخطوات ١ ، و ٣ ومقارنتها مع معلومات التكلفة في الخطوة ٢.

ويختلف مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) عن نظم الجودة التقليدية Traditional Quality Systems التى تهدف الى تدنيه الجودة السلبية Minimizing Negative Quality التى تنتج من سوء الخدمة والاختلاف بين ما وجده العميل فى السلعة وما كان ينتظره منها، فمع زيادة الجودة الإيجابية Maximize Positive Quality التى ينتج عنها ترف ومتعة فى استخدام السلعة والتى تخلق ميزة تنافسية Competitive Advantage بدأ الاهتمام بذلك المدخل.

وعليه فإن مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ما هو إلا مدخل التوجه نحو العميل Customer-Oriented Approach (COA) من خلال ابتكار وتطوير منتجات وخدمات، ويساعد فى توجيه الإدارة نحو صياغة مفاهيم وخلق وتحقيق منتجات جديدة، كما يشجع هذا المدخل (QFD) الإدارة على اكتساب فهم أعمق لمتطلبات وحاجات عملائها مما يتيح لها إمكانية إعطاء الأولويات التى توضح الميزات والفوائد المطلوبة فى المنتج أو الخدمة المقدمة للعملاء، فهو مدخل يساعد فى تحديد الأهداف التى تعكس الاحتياجات الحقيقية للعملاء، حيث أن تحديد الأهداف من وجهة نظر العملاء يؤدى الى خلق قيمة لهم من خلال صياغة المفاهيم الأساسية التى ترتبط بالمنتج فى مرحلة التطوير والابتكار، كما أن الدالة الوظيفية للجودة (QFD) تمثل مدخل تطويرى Evolutionary Approach لتجديد وابتكار السلع والخدمات، فالتخطيط الجيد للمنتجات والخدمات يتم من خلال العناية والاهتمام بتقييم تلك المنتجات والخدمات من خلال وجهات نظر السوق والعملاء، ومن خلال أداء المنتجات والخدمات الحالية فى الفترات السابقة، وتعتبر الدالة الوظيفية للجودة (QFD) طريقة للتحسين المستمر Continuous Improvement (CI) تركز على التجديدات والابتكارات المكتسبة داخل المنشأة.

وعلى ذلك فمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) هو نظام شامل للجودة يساعد على رضا العميل من خلال التركيز على الأشياء التى تعظم من رضائه وإشباع رغباته بما يعنيه تحقيق جوده إيجابية Positive Quality حيث يقاس ذلك بمقاييس مثل حجم المردودات، ودرجة الموافقة على السلعة، فهذا المدخل (QFD) يركز على القيمة المقدمة للعميل من خلال السعى وراء كل ما يحتاج إليه العميل فى السلعة سواء المعلنة من قبل العميل أو غير

المعلنة التى تمثل ابتكار جديد فى السلعة، مع ترجمة هذه الحاجات الى واقع قابل للتنفيذ وتوصيلها فى جميع أنحاء المنشأة.

علاوة على ذلك، يسمح مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) للعملاء بتحديد ترتيب لأولوياتهم التى يحتاجون إليها فى السلعة وكيفية تنفيذها مقارنة بالمنافسين، والمساعدة فى تحسين الاحتياجات مما يحقق ميزة تنافسية أكبر للمنشأة.

**٤-٣. مدخل الدالة الوظيفة للجودة (QFD): الأهداف**

يستخدم مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى مرحلة التصميم من أجل التركيز على متطلبات العملاء، ويساعد فى تقليل الوقت الذى يقضى فى إعادة تصميم المنتجات والتعديلات المستحبة من وجهه نظر العملاء، كما يساعد فى تحقيق توفير من ثلث الى نصف الوقت الذى كان يستغرق فى إعادة التصميم بالأساليب التقليدية، وهذا التوفير فى الوقت اللازم لإعادة التصميم يعنى انخفاض تكلفة تطوير المنتجات مع تحقيق دخل إضافى نتيجة سرعة إدخال المنتج للسوق. (Besterfield, et al., 2006)

لذلك قُدم مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) بصورة أساسية لجمع وتحليل آراء العملاء لتطوير جودة المنتجات لتلبية احتياجاتهم، فالوظيفة الرئيسية لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) هى تطوير المنتجات Product Development، وإدارة الجودة Quality Management، وتحليل حاجات العملاء Customer Need Analysis، ثم توسعت وظيفتها الى: التصميم Design، والتخطيط Planning، واتخاذ القرار Decision-making، والهندسة Engineering، والإدارة Management، والعمل الجماعى Teamwork، والوقت والتكلفة Time and Cost، ومن المنافع الرئيسية لمدخل الدالة الوظيفية للجودة ما يلى: (Jariri & Zegordi, 2008)

(١) مساعدة الشركات فى الموازنة بين ما يطلبه العملاء وما تنتجه الشركة.
(٢) تحسين التواصل بين أقسام الشركة وتعزيز العمل الجماعى.
(٣) إنشاء الجودة من المنبع Quality is built in upstream.
(٤) زيادة رضا العملاء عن طريق التأكد من أن طلبات العملاء قد أخذت فى الاعتبار أثناء عملية تطوير المنتجات.
(٥) عدم إهمال النقاط الهامة لمراقبة الإنتاج.
(٦) جمع كافة البيانات المطلوبة لتطوير المنتجات، وإمداد فريق التطوير برأى سريع عن أسلوب التطوير الذى يحقق منتجات تلبى طلبات العملاء.
(٧) قصر وقت وصول المنتج للسوق.

كما أورد البعض الأهداف الرئيسية لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى ما يلى: (Annappa and Panditrao, 2013)

(١) إعطاء الأولوية للحاجات والاحتياجات المعلنة وغير المعلنة من قبل العميل.
(٢) ترجمة حاجات واحتياجات العملاء الى خصائص ومواصفات فنية.
(٣) إنتاج وتقديم منتجات وخدمات ذات جودة عالية بالتركيز على كل ما يرضى ويشبع احتياجات ورغبات العملاء.

فإذا كان مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يركز جهود التطوير نحو تحقيق الأهداف التى من شأنها خلق قيمة للعملاء، فإنه يمكن تناول الأهداف التالية لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD):

**أولاً: التركيز على العملاء Focus on the Customer**

إن العديد من المنتجات والخدمات الجديدة غالباً ما تلقى رفض فى السوق بسبب عدم التركيز على متطلبات العملاء، ومدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يساعد إدارة المنشأة فى التركيز على العملاء، عن طريق دمج كل من وجهات نظر العملاء والسوق فى مرحلة ابتكار المنتجات والخدمات، وتظهر أهمية الدالة الوظيفية للجودة (QFD) من خلال مساعدتها لإدارة المنشأة فى التركيز على جهود الابتكار للعملاء الحقيقيين بدلاً من التركيز على سوق ضمنى ليس به أشخاص بالقدر الكافى Impersonal Market ، علاوة على ذلك يساعد مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى وضع تفسير مشترك لاحتياجات العملاء من خلال فريق عمل داخل المنشأة مع ترتيب أولويات هذه الاحتياجات وترجمتها الى متطلبات قابلة للقياس.

**ثانياً: تخفيض وقت الوصول للسوق Reduce Time-to-Market**

إن حدوث تقديرات خاطئة فى الجدوى الفنية المرتبطة بعدد مرات التغييرات فى تصميم المنتجات التى تقدم للسوق سوف تؤثر بشكل مباشر على توصيل تلك المنتجات الجديدة للسوق فى الوقت المستهدف، وذلك بسبب عدم دراسة المنتج الجديد بشكل كاف، ويمكن حل ذلك بطريقتين هما: **الطريقة الأولى**: إدارة مستوى عدم التأكد Managing the Level of Uncertainty، **الطريقة الثانية**: إدارة مجال التغير Managing the Scope of Change ويتم استخدام مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) لدعم كل من الطريقتين من خلال فريق عمل متعدد التخصصات يضم معارف مختلفة تستخدم فى تحقيق الأهداف الفنية التى تعظم المنفعة للعميل.

**ثالثاً: خفض التكاليف Reduce Cost**

حيث يساعد مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى التعرف على خصائص المنتج التى يعتبرها العميل ذات أقل أهمية إلا أنها ذات أداء عالى مع مقارنة هذه الخصائص التى يحتويها المنتج بنظيرها فى منتجات منافسة وتوفير فرصة لخفض التكاليف.

**رابعاً: إدارة المعلومات Manage Information**

تعانى العديد من المفاهيم المرتبطة بالمنتجات من مشكلة الحمل الزائد من المعلومات Information Overload، فالمعلومات المطلوبة المرتبطة بالمنتجات قد تكون متوافرة ولكن قد يكون من الصعب التمييز بين الملائم منها وغير الملائم، ومدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يساعد فى تنشيط المعرفة المتاحة عن المنتجات وهيكلة كل المعلومات والخبرات الملائمة وذات الصلة بالمنتجات.

**خامساً: تحسين وتطوير عملية التسويق والتعاون Improve Marketing and Development Collaboration**

تتوقف إنتاجية المنتجات الجديدة على الطريقة التى يتم بها تسويق وتطوير تلك المنتجات وفريق العمل الذى يعمل فى مرحلة ابتكار منتجات جديدة، فمستوى التعاون بين فريق العمل يظهر مجالات للتحسين، ففى العديد من الحالات يحدد فيها إما التسويق لمواصفات منتج جديد ومحاولة تطوير تلك المواصفات أو ابتكار تطوير لكل المواصفات التى يتم تسويقها، وكل من المدخلين يترتب عليه فقد جوهرى فى جهود التطوير، فمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يوفر وسيلة تسويق مناسبة لمنتجات المنشأة الجديدة ويحدد فريق تطوير يساهم فى زيادة وتنمية المعرفة، كما يساعد فى التواصل بين عمليتى التسويق والتعاون بين فريق العمل.

**سادساً: التعلم التنظيمى Organisational learning**

فى بعض الأحيان قد يكون ابتكار وتقديم منتج جديد شئ مظلم لاحتمال فشل المنتج الجديد وعدم تقبل السوق له، فهو يتبع منهج التجربة والخطأ Trial-and-Error Approach وبالتالى قد يصعب استخدامه كنقطة انطلاق للتعلم، ولذلك يجب وضع افتراضات عند تصميم المنتجات الجديدة بناء على دراسات دقيقة لأن اكتشاف افتراضات غير سليمة عملية صعبة ومستحيلة لذلك يجب مراجعة تلك الافتراضات التى توضع عند تصميم المنتجات الجديدة بصفة دورية لتحسينها وجعلها تلبى رغبات واحتياجات العملاء، ففى ظل تطبيق مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يتم جمع كل الأدلة التى توضح تفضيلات العملاء ووضعها فى شكل مجموعة من المتطلبات التى تحتاجها العملاء وربطها بالوسائل التكنولوجية التى تعمل على تحقيق تلك المتطلبات مما يجعل من هذا المدخل أساس للتعلم التنظيمى.

## ٤-٤. مدخل الدالة الوظيفة للجودة (QFD): الهيكل/ المراحل

### ٤-٤-١. مراحل مدخل الدالة الوظيفة للجودة

يعتبر مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) أحد أدوات نظم إدارة الجودة التى تستخدم فى تلبية متطلبات العملاء وترتيب أولويات تلك المتطلبات لتحسين رضاهم من خلال العمل على تطوير المنتجات والعمليات الإنتاجية، وفلسفة مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) تقوم على تحديد المواصفات التى يجب مراعاتها لتحقيق متطلبات الجودة وتعريفها داخل المنتجات التى يجب أن تبدأ مبكراً فى دورة حياة المنتج، ويتكون هيكل الدالة الوظيفية

للجودة من ٤ مراحل هى: (١) تخطيط المنتجات والتى تعرف باسم بيت الجودة (HOQ) ، (٢) التعريف بأجزاء المنتج، (٣) تخطيط العمليات، (٤) تخطيط الإنتاج (Chan and Wu, 1998, 2002, 2002-03, 2005). كما يلى:

**المرحلة الأولى: بيت الجودة House of Quality (HOQ)**

وهى ترجمة متطلبات واحتياجات العملاء (ما هى) الى خصائص فنية رئيسية (كيف).

**المرحلة الثانية: التعريف بالأجزاء Parts Deployment**

وهى التعريف بمكونات المنتج والتى تترجم الخصائص الفنية الرئيسية (ما الجديد) المحددة فى الخطوة السابقة الى خصائص المكونات الجزئية أو الفرعية (كيف).

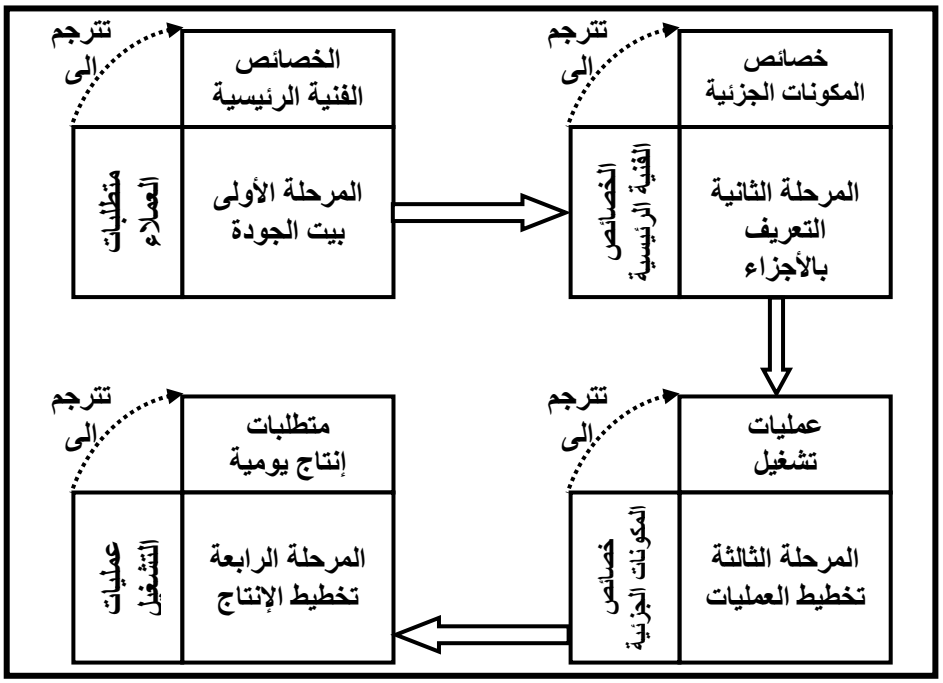
**المرحلة الثالثة: تخطيط العمليات Process Planning**

وهذه المرحلة تعمل على ترجمة خصائص المكونات الجزئية (ما الجديد) التى تم تحديدها فى المرحلة السابقة الى عمليات تشغيل (كيف)، حيث خلال هذه المرحلة توثق عمليات التصنيع بخرائط تدفق وقيم مستهدفة.

**المرحلة الرابعة: تخطيط الإنتاج Production Planning**

وهذه المرحلة تساعد الشركة على وضع خطة إنتاج صحيحة لضمان تحقيق فعالية وكفاءة العمليات التشغيلية والتى ينتج عنها ترجمة العمليات التشغيلية الرئيسية (ما الجديد) الى متطلبات إنتاج يوم بعد يوم (كيف).

والشكل التالى (شكل رقم ١) يبين مراحل مدخل الدالة الوظيفية للجودة:




**شكل (١) مراحل الدالة الوظيفية للجودة** **المصدر** (Chan & Wu, 1998)

### ٤-٤-٢. إنشاء بيت الجودة Construction of House of Quality (HOQ)

لتحليل مدخل الدالة الوظيفية للجودة يتم استخدام مصفوفة بيت الجودة (HOQ) لتنظيم وتحديد العلاقات المتداخلة بين متطلبات العملاء (التى تشير الى ما الذى يريده العملاء؟) والخصائص الفنية الرئيسية (التى تشير الى الكيفية التى بها تتحقق متطلبات العملاء)، وهذه المصفوفة تلخص معلومات عن الخصائص الفنية الرئيسية التى يجب تواجدها فى المنتج والتى ترتبط بترتيب أولويات العملاء والترابط بين تلك الخصائص الفنية، حيث يتطلب إنشاء بيت الجودة ٦ خطوات تتمثل فى: (Chan & Wu, 2005)

**الخطوة الأولى**: وضع قائمة باحتياجات العملاء وتحديد درجة أهمية كل واحدة من هذه الاحتياجات.

**الخطوة الثانية**: تجميع بيانات عن السوق ووضع هدف استراتيجى للمنتجات الجديدة وتحديد أولويات احتياجات العملاء.

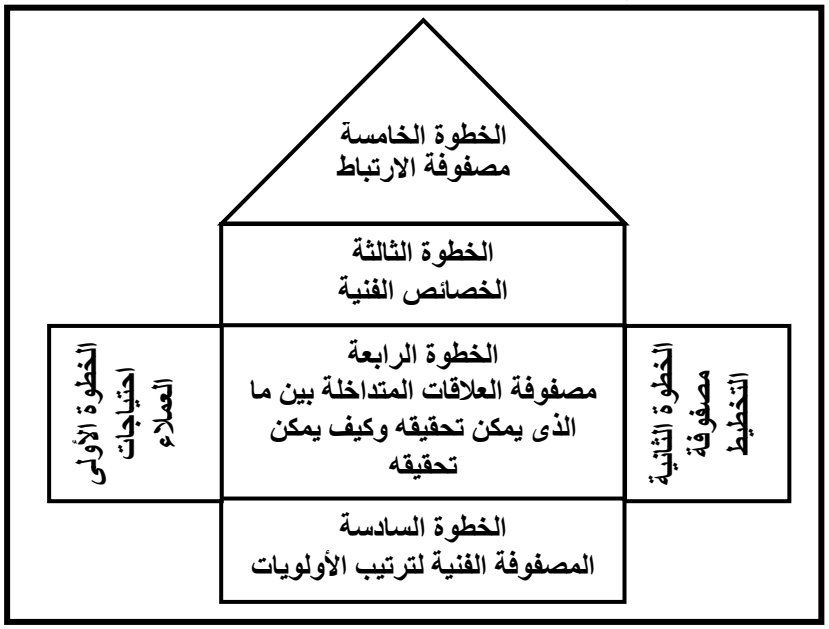
**الخطوة الثالثة**: تجميع معلومات تساعد فى ترجمة حاجات العملاء الى خصائص وصفات فنية هندسية.

**الخطوة الرابعة**: وضع مصفوفة العلاقات بين كل حاجة من حاجات العملاء وكل خاصية فنية مطلوبة فى المنتج.

**الخطوة الخامسة**: وضع سقف لتقييم مصفوفة الارتباط بين الخصائص الفنية.

**الخطوة السادسة**: تجميع معلومات لترتيب أولويات الخصائص الفنية، ومعلومات عن المنافسين والأهداف الفنية.

والشكل التالى (شكل رقم ٢) يبين خطوات بناء بيت الجودة:




**شكل (٢) خطوات بناء بيت الجودة** **المصدر** (Chan & Wu, 2005)

وتساعد مصفوفة بيت الجودة المهندسين والفنيين فى تحديد العديد من السمات الهندسية التى تؤدى الى تحسين أداء المنتج، كما تساعد فريق التصميم فى التحسينات المستهدفة التى يجب إدخالها على المنتج بما يحقق خفض فى التكاليف، وتساعد أيضا فريق خفض التكلفة فى تحديد مجموعة الميزات الفنية المترابطة Inter-related technical features.

ويستخدم مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) كإجراء لدمج حاجات ومتطلبات العملاء الى مجموعة ميزات Features يجب توافرها فى المنتج عند التخطيط للمنتجات، واستخدمت مصفوفة بيت الجودة House of Quality للمساعدة فى تحويل معلومات السوق الى استراتيجيات يجب توافرها فى المنتج، ويمثل هذا المدخل (QFD) مجموعة من إجراءات التخطيط والاتصال التى تربط بين وظائف التسويق والتصميم والتصنيع، وتتمثل متطلبات Requirements العملاء فى السمات Attributes أو الصفات التى يطلبها العميل والتى يجب توافرها فى المنتج، بينما تتمثل الخصائص الهندسية Engineering Characteristics أو الفنية بتلك التى تؤثر فى واحدة أو أكثر من السمات Attributes أو الصفات التى يطلبها العميل والتى يجب توافرها فى المنتج.

## ٥. أسلوب هندسة القيمة (VE)

ظهر مفهوم هندسة القيمة (VE) منذ أكثر من نصف قرن، وبدأ تطبيقها في قطاع المقاولات لا سيما في العقود العامة في الولايات المتحدة، إلا أن تطبيق هذا المفهوم نادراً في صناعة البناء والتشييد في جنوب شرق آسيا، ووجد أن هناك عدم فهم في مفاهيم هندسة القيمة بين الصناعيين وأنه من المهم بالنسبة للحكومة أن تأخذ زمام المبادرة في تعزيز ممارسات هندسة القيمة في المشاريع المحلية، وعلاوة على ذلك، فإن نطاق هندسة القيمة يمكن توسيعها لمعالجة الأنظمة والمبادرات على مستوى الشركات (Cheah & Ting, 2005). ومن خلال تطبيق أسلوب هندسة القيمة (VE) على مشروع ما أو منتج ما يتم أخذ جميع البدائل المختلفة التي تلبى وظيفة معينة، ثم إعادة النظر في تلك البدائل واختيار البديل الأفضل بناء على تفضيلات العملاء والتكلفة المرتبطة بها. (Jariri & Zegordi, 2008)

وعرفت جمعية هندسة القيمة الأمريكية The society of American Value Engineering هندسة القيمة (VE) بأنها التطبيق المنهجى للأساليب والتقنيات المعترف بها والتى تساعد فى تحديد وظيفة المنتج أو الخدمة وتعطى قيمة نقدية لتلك الوظيفة وتوفر الثقة فى تلك الوظيفة بأقل تكلفة، ففى هندسة القيمة (VE) يشير مصطلح "الوظيفة" الى ما الذى يجعلنا نقوم بصنع منتج وبيعه، وناقش العديد من الباحثين بأن الفائدة من وراء تطبيق أسلوب هندسة القيمة (VE) تكمن فى المراحل المبكرة لتطوير المنتجات والتى تتمثل فى مرحلة التصميم الأولى للمنتجات، وأن تحقيق النجاح من وراء تحليل هندسة القيمة (VE) يكون فى إدارة تكاليف التصميم. (Elias, 1998) (Cheah & Ting, 2005)

ويرى Blocher et al. أن أسلوب هندسة القيمة (VE) يستخدم مع نظام التكاليف المستهدفة (TC) لخفض تكلفة المنتج عن طريق تحليل المفاضلة بين أنواع مختلفة من وظائف ومكونات المنتج مما يؤثر على إجمالي تكلفة المنتج، فالخطوة الأولى الهامة في هذا الأسلوب هى إجراء تحليل المستهلك Consumer Analysis خلال مرحلة تصميم المنتج الجديد أو الحالى المراد تطويره وتحسينه للتعرف على تفضيلات وأذواق المستهلكين الهامة التي من خلالها تتحدد الوظيفة المرجوة من المنتج الجديد، وتبرز أهمية أسلوب هندسة القيمية (VE) فى العديد من الصناعات مثل صناعة السيارات والحاسبات الآلية والصناعات الإلكترونية والمعدات الكهربائية وغيرها حيث تتميز تلك الصناعات بتعدد أجزاء ومكونات المنتج التى يمكن إعادة تصميمها بطريقة يسهل فيها حذف وظيفة ما دون أن يؤثر ذلك على كفاءة وجودة المنتج النهائى، والشركات المصنعة تختار مجموعة معينة من الميزات مع كل نموذج جديد للمنتج يتوقع أن تؤدى أداء أفضل ومزايا جديدة.

ويستخدم مع أسلوب هندسة القيمة (VE) عدة أساليب مثل:التحليل الوظيفي Functional Analysis، وتحليل التصاميم Design Analysis، وتكنولوجيا المجموعات Group Technology، والهندسة المتزامنة Concurrent Engineering أو الهندسة في وقت واحد Simultaneous Engineering. (Blocher et al., 2010)

فالتحليل الوظيفي Functional Analysis هو نوع شائع يستخدم مع هندسة القيمة (VE) من خلالها يتم فحص أداء وتكلفة كل وظيفة رئيسية وميزة فرعية للمنتجات، والهدف من هذا التحليل هو تحديد التوازن المنشود بين وظائف المكونات الفرعية وتكلفة كل مكون من أجل الحصول على المستوى المطلوب لأداء كل وظيفة مع جعل تكلفة تلك الوظائف أقل من التكلفة المستهدفة.

أما تحليل التصاميم Design Analysis هو شكل شائع الاستخدام مع هندسة القيمة (VE) من خلاله يقوم فريق التصميم بإعداد عدة تصاميم للمنتج لكل تصميم منها خصائص وميزات متشابهة مع مستويات مختلفة لأداء تلك الخصائص والميزات وتكاليف كل واحدة منها.

بينما تكنولوجيا المجموعات Group Technology هو وسيلة لتحديد أوجه التشابه في أجزاء من المنتجات المصنعة بحيث يمكن استخدام نفس الجزء في اثنين أو أكثر من المنتجات، وبالتالي خفض التكاليف.

فى حين الهندسة المتزامنة Concurrent Engineering أو الهندسة في وقت واحد Simultaneous Engineering هى طريقة جديدة هامة تقوم على تكامل مرحلة تصميم المنتجات مع مراحل التصنيع والتسويق في خلال دورة حياة المنتج، حيث لا يمكن لفريق

التصميم أن يعمل بمعزل عن تصنيع وتسويق المكونات المتخصصة للمنتج بل يتم العمل فى كل مراحل سلسلة القيمةValue Chain فى آن واحد.

### ٦. نظام التكاليف المستهدفة (TC)

إن نظام التكاليف المستهدف (TC) ليس فقط أسلوب لخفض التكاليف بل هو أده للتخطيط الاستراتيجى Strategic Planning Tool حيث يقوم هذا النظام على تجميع المعلومات فى مرحلة تخطيط وتصميم المنتجات لخفض تكلفة المنتجات من خلال حذف والتخلص من الوظائف والأنشطة التى لا تضيف قيمة، فهو يطبق فى مرحلة مبكرة لمرحلة تطوير المنتجات وكذلك داخل كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج Product Life Cycle.

ويعتبر نظام التكاليف المستهدفة (TC) نظاماً شاملاً لتخطيط الأرباح وإدارة التكلفة قبل أن تحدث فعلاً وهو يمتد الى ما هو أبعد من هندسة القيمة Value Engineering أو خفض التكاليف Cost Reduction، حيث يقدم هذا النظام منهج مختلف لتخطيط الأرباح وإدارة التكلفة، فهو يمثل منهجاً متكاملاً للأركان الإستراتيجية الثلاثة وهى: الجودة، التكلفة، الوقت، وذلك من خلال (الهلباوى، النشار ٢٠١٣) :

(١) أن الأسعار هى التى تقود التكاليف، فالتكاليف المستهدفة= الأسعار التنافسية – هامش الربح المستهدف

(٢) فى ضوء نظام التكاليف المستهدفة (TC) يتم تحديد التكلفة من منظور السوق وبالتالى تحقيق التكاليف المستهدفة لا يجب أن يكون عن طريق التضحية بالخصائص التى يرغبها المستهلك.

(٣) أن نظام التكلفة المستهدفة يركز على مرحلة تصميم المنتج على عكس النظام التقليدى الذى يركز على خفض التكاليف عن طريق وفورات الحجم وخفض مظاهر الضياع والتلف، حيث يقدم نظام (TC) منه بديل يتمثل فى التحكم فى التكاليف خلال مرحلة تصميم المنتج وقبل حدوث التكاليف.

(٤) أن نظام (TC) يتطلب مشاركة تخصصات مختلفة مرتبطة بالتصميم والتصنيع والإنتاج والهندسة والمبيعات والتسويق ومحاسبة التكاليف وخدمات ما بعد البيع وصيانة المنتج بخلاف أطراف خارجية مثل الموردين والعملاء والموزعين والقائمين على تدوير المنتجات بعد انتهاء صلاحيتها.

وتحسب التكاليف المستهدفة من خلال العلاقات الرياضية التالية:

(١) التكلفة المسموح بها = سعر البيع المستهدف – هامش الربح المستهدف

(٢) هامش الربح المستهدف:

فى حالة منتج جديد = تكاليف بيعية وإدارية + العائد المستهدف وهو (الاستثمارات × معدل العائد على الاستثمار)

وفى حالة منتج قائم = تكاليف بيعية وإدارية + العائد المستهدف وهو (أيراد المبيعات × معدل العائد على المبيعات)

(٣) التكلفة المسموح بها للوحدة = التكاليف المستهدفة المسموح بها ÷ عدد الوحدات

(٤) فجوة التكاليف = التكلفة المسموح بها – التكلفة المبدئية المقدرة

(٥) تقسيم فجوة التكاليف الى : خفض قابل للتحقيق ، وخفض يصعب تحقيقه (تحدى)

(٦) التكلفة المستهدفة = التكلفة المبدئية المقدرة –خفض التكلفة القابل للتحقيق

(٧) التكاليف المستهدفة للوحدة = التكلفة المستهدفة ÷ عدد الوحدات

لذلك يساعد نظام التكاليف المستهدفة (TC) فى تحديد سعر البيع الذى يكون فيه العميل على استعداد لدفعه عندما يجد مستوى معين من الجودة فى المنتج الذى يرغب فى شراؤه، حيث يستخدم هذا النظام سعر البيع وهامش الربح المرغوب فيه فى تحديد التكلفة المسموح بها لتصنيع المنتجات الجديدة والمنتجات القائمة (Dekker & Smidt, 2003) ، ثم تحديد الفجوة التكاليفية وتقسيمها الى خفض قابل للتحقيق (بجهود معينة يمكن تحقيقه) وخفض يصعب تحقيقه والذى يصبح التحدى الرئيسي أما الإدارة.

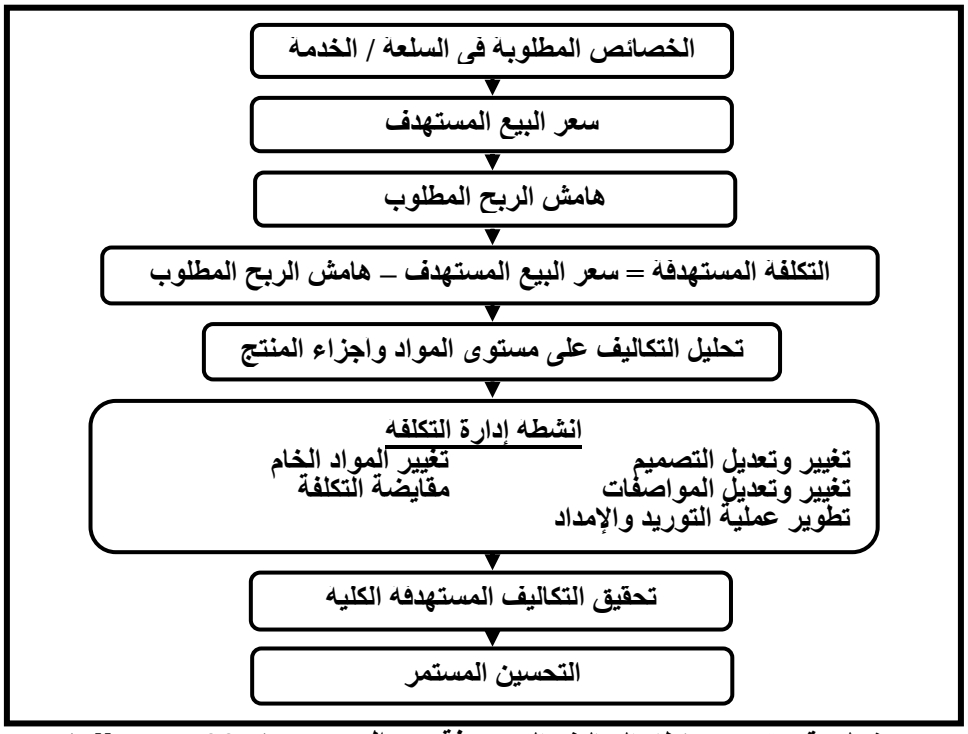
وتستخدم الإدارة نظام التكاليف المستهدفة (TC) لتغيير طريقة التفكير فى العلاقة بين التكلفة وسعر البيع والربحية، ففى نظم التكاليف التقليدية يتم تحديد وقياس تكلفة الإنتاج وسعر البيع ثم ينتج بعد ذلك إما ربح أو خسارة، أما فى ضوء نظام التكاليف المستهدفة (TC) يتم تحديد سعر البيع وهامش الربح المستهدف ثم يتحدد بعد ذلك أقصى تكاليف مسموح بها لتحقيق هامش الربح المستهدف، وبالتالى فى ضوء نظام التكاليف المستهدفة (TC) تعتمد التكاليف على أسعار البيع بدلاً من أن تعتمد أسعار البيع على التكاليف، ونتيجة لذلك نجد المبرر لحذف التكاليف غير الضرورية دون المساس بجودة المنتجات وأدائها الوظيفى Functionality من خلال النظرة الشمولية للمنتجات ومكوناتها للتعرف على فرص خفض التكاليف وتحسين المنتجات. (Sharma, 2012)

وليس الهدف من نظام التكاليف المستهدفة (TC) مجرد تحديد التكلفة المستهدفة فحسب بل يمثل إطار متكامل لسلسة القيمة يبدأ من العميل ثم تحليل السوق ثم الخصائص الفنية ثم البيع، وذلك لإدارة أهداف المنشأة والعمل على تحقيقها، فيجب فهم القيم السوقية، وما هى احتياجات العملاء، وما المبلغ الذى يكون العميل على استعداد لدفعه ثمناً للسلعة التى تحتوى على خصائص فنية معينة، حيث يعمل نظام التكاليف المستهدفة على تطوير كل من المنتجات الموجهة للسوق Market-Driven Product، والمنتجات الموجهة للتكلفة Cost-Driven Product، **فالأول** يتطلب بحوث موسعة عن السوق بالتركيز على خصائص معينة لتصميم منتج جديد من خلال فريق عمل، **والثانى** يقوم على تطوير

منتجات قائمة لخفض تكلفتها من خلال التركيز على وظيفة فنية فى المنتج والعمليات التصنيعية لها. (Sani & Allahverdizadeh, 2012)

ويشير نظام التكاليف المستهدفة (TC) الى منهج الإدارة الإستراتيجية الذى يساعد فى تخفيض التكاليف فى مرحلة تخطيط وتصميم المنتج، على أساس أنه أداة إستراتيجية قوية تمكن المنشأة من تحقيق ثلاثة أبعاد فى وقت واحد هى الجودة والتكلفة والوقت المناسب، مع الرقابة على التكاليف قبل حدوثها مع تحقيق قيمة للعميل، كما يركز أكثر على احتياجات العملاء، فنتيجة لتزايد معدلات التغيرات التكنولوجية والاقتصادية فى جميع أنحاء العالم أدى بالمنشآت الى استخدام نظام التكاليف المستهدفة (TC) من أجل البقاء فى ظل بيئة تتسم بحدة المنافسة (Karimi and Jafari, 2014) ، وهذا النظام (TC) يحقق هدفين رئيسيين للمنشأة، **أولهما** تخفيض تكاليف التصنيع للمنتجات الجديدة لتحقيق ربح يساعد فى بقاء المنشأة، **ثانيهما** تحفيز العاملين بالمنشأة نحو تحقيق ربح أعلى خلال دورة حياة المنتج. (Kee, 2014)

فنظام التكاليف المستهدفة (TC) أداة هامة لخفض التكاليف وزيادة القدرة التنافسية للشركة، ويجب الاعتراف به كفلسفة محاسبية جديدة تركز على سعر المنتج من بداية مرحلة التصميم خاصة بعد التطبيق الناجحة لهذه الفلسفة فى شركة تويوتا اليابانية (Jariri & Zegordi, 2008). والشكل التالى (شكل رقم ٣) يظهر نظام التكاليف المستهدفة:




**شكل رقم (٣) يبين نظام التكاليف المستهدفة المصدر:** (Ellram, 2002 )

## ٧. التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC)

لنظام التكاليف المستهدفة أهمية خاصة في ظل ظروف المنافسة الحادة من أجل البقاء والنمو والاستمرار، ويصبح لدى المنشأة خيارين لخفض التكاليف وجعلها تصل إلى مستوى التكلفة المستهدفة:

**الخيار الأول**: دمج تكنولوجيات تصنيع جديدة واستخدام تقنيات متطورة لإدارة التكاليف مثل نظام التكاليف على أساس النشاط والسعي نحو زيادة الإنتاجية.

**الخيار الثانى**: إعادة تصميم المنتجات أو الخدمات.

والعديد من الشركات تستخدم كلا الخيارين: الجهود المبذولة لتحقيق زيادة فى الإنتاجية وتحديد تصميمات أقل تكلفة مما يؤدى الى الوصول الى التكاليف المستهدفة، وتم استخدام نظام التكاليف المستهدفة (TC) فى العديد من المنشآت اليابانية والأمريكية والأوروبية نتيجة تزايد المنافسة بينها من حيث ريادة التكلفة Cost Leadership أو التمايز Differentiation مما أظهر أهمية التنافس على السعر والأداء الوظيفي، وأعتبر هذا النظام وسيلة مفيدة من خلالها يمكن المفاضلة بين أداء وظيفة ما وتكلفة تلك الوظيفة، ويرى Blocher et al, أن انجاز نظام التكاليف المستهدفة (TC) يتطلب عدة خطوات تتمثل فى: (Blocher et al., 2010)

(١) تحديد سعر السوق المستهدف.
(٢) تحديد هامش الربح المرغوب.
(٣) حساب التكلفة المستهدفة المسموح بها.
(٤) استخدام أسلوب هندسة القيمة (VE) لتحديد طرق خفض التكلفة.
(٥) استخدام نظام تكاليف كايزن Kaizen Costing والرقابة التشغيلية Operational Control لإحداث خفض إضافى فى تكلفة المنتجات.

ويرى الباحث أن إدخال مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) لهذه الخطوات سيساعد فى الوقوف على أولويات حاجات العملاء وترتيب هذه الأولويات للتعرف على المكان المناسب لخفض التكلفة، وهذا ما أكد عليه البعض بأن استخدام مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يعنى سيادة معيار الجودة عند دراسة العلاقة بين التكاليف وخصائص المنتج من خلال تكامل أسلوب هندسة القيمة (VE) مع نظام التكاليف المستهدفة (TC) وتحليل السوق بغض تحديد أى من أجزاء المنتج يمكن أن يطبق عليه التكاليف المستهدفة بأولوية أكبر والتالى إعادة تصميمه لأغراض إحداث أكبر خفض فى التكاليف (الهلباوى، النشار، ٢٠١٣). لذلك سيحقق نظام التكاليف المستهدفة (TC) فى تكامله مع مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) العديد من المزايا منها:

(١) زيادة رضا العملاء من خلال التركيز على التصميمات التى تضيف قيمة لهم بتطبيق مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD).
(٢) تخفيض التكاليف من خلال زيادة كفاءة وفعالية التصميمات من خلال الاستفادة من أسلوب هندسة القيمة (VE) بالبحث عن نوعية من المواد الأولية التى تستخدم فى انجاز عدة خصائص فى نفس الوقت.
(٣) مساعدة المنشآت نحو تحقيق الربح المرغوب فيه على منتجاتها الجديدة وكذلك منتجاتها الحالية التى يعاد تصميمها.
(٤) تخفيض الوقت الإجمالى اللازم لتطوير المنتجات من خلال تحسين التنسيق بين مراحل التصميم والتصنيع والتسويق وذلك بتطبيق أسلوب كايزين Kaizen للتحسين المستمر لاستكمال برامج خفض التكلفة.
(٥) مساعدة المنشآت نحو إيجاد ميزة تنافسية Competitive Edge فى أوقات الكود الاقتصادى Economic Recession .
(٦) تحسين الجودة الشاملة للمنتجات من خلال العناية بمرحلة التصميم ومراعاة قضايا التصنيع عند وضع التصميمات الممكنة.

ولقد جرت محاولات عديدة لدمج مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) مع كل من أسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) وأعتقد Jariri & Zegordi بأن النموذج الرياضى سيكون الأداة المناسبة لتحقيق الدمج بين المداخل والنظم الثلاثة (QFD,VE,TC)، ويساهم فى تحديد منطقة بقاء المنتج داخل المنافسة.

(Jariri & Zegordi, 2008)

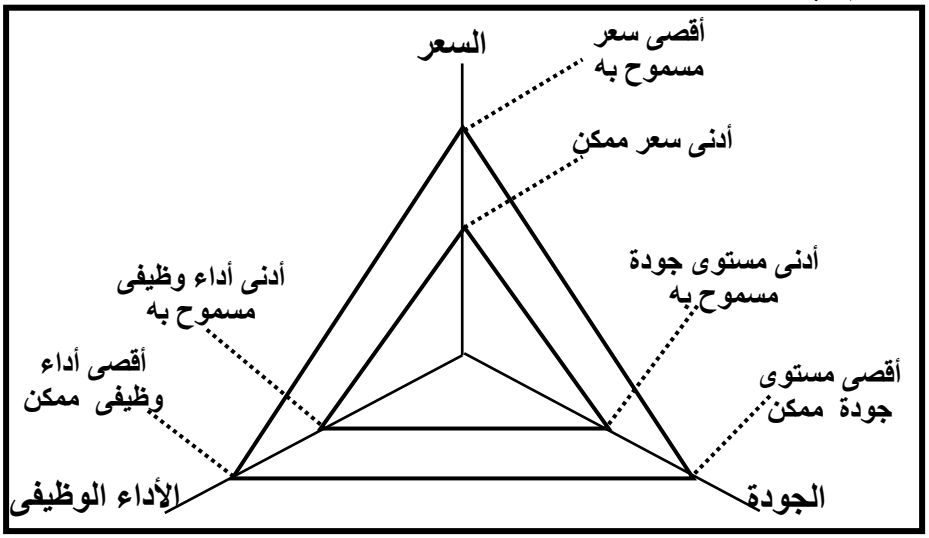
**٧-١. التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC): أوجه التكامل**

تشير ملاحظات كل من Monden (1992) و Cooper and Slagmulder (1997) وأيضاً الممارسات الصناعية الحالية الى أن نظام التكاليف المستهدفة (TC) قد مهد الطريق لوضع أهداف التكلفة بالاعتماد على أدوات مثل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وهندسة القيمة (VE) والتصميم من أجل التصنيع Design for Manufacture (DFM) لتحقيق التكلفة المطلوبة. (Gandhinathan et al., 2004)

فتطبيق أده من أدوات إدارة التكلفة مثل نظام التكاليف المستهدفة (TC) يؤدى الى الوصول الى نموذج لتصميم المنتج يتميز بقدرات عالية، ومدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يحدد احتياجات العملاء ويربطها مع المتطلبات الهندسية من أجل الوصول الى تصميم مستند على احتياجات العملاء ويقلل من سرعة تغير تلك الاحتياجات، ومن ناحية أخرى يؤدى أسلوب هندسة القيمة (VE) الى التخصيص الأمثل للموارد وفقاً لمستوى أهمية وظائف المنتج، فمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يؤكد على أن المنتج المناسب

Right Product هو الذى يجب تصميمه، أما أسلوب هندسة القيمة (VE) يؤكد على تصميم المنتج المناسب Right Product Design يجب أن يكون بأفضل طريقة ممكنه.
(Karimi and Jafari, 2014)

وقد ناقش Cooper & Slagmulder فى كتابيهما عام ١٩٩٧ التفاعل بين نظام التكاليف المستهدفة وهندسة القيمة، وتوصلا الى أن البقاء لأى منتج يتطلب أن يتوافر فيه ثلاثة خصائص هى: السعر Price، والأداء الوظيفى Functionality، والجودة Quality، وتوصلا الى كيف يمكن لهذه العوامل الثلاثة أن تتفاعل مع بعضها البعض لتوفير منطقة عمل تساعد المنشأة على بقاء منتجاتها فى سوق المنافسة، وقدما الشكل التالى (شكل رقم ٤) لإظهار التفاعل بين العوامل الثلاثة:




**شكل رقم (٤) يبين عوامل بقاء المنتج: السعر والجودة والأداء الوظيفى**

**المصدر** (Cooper & Slagmulder, 1997)

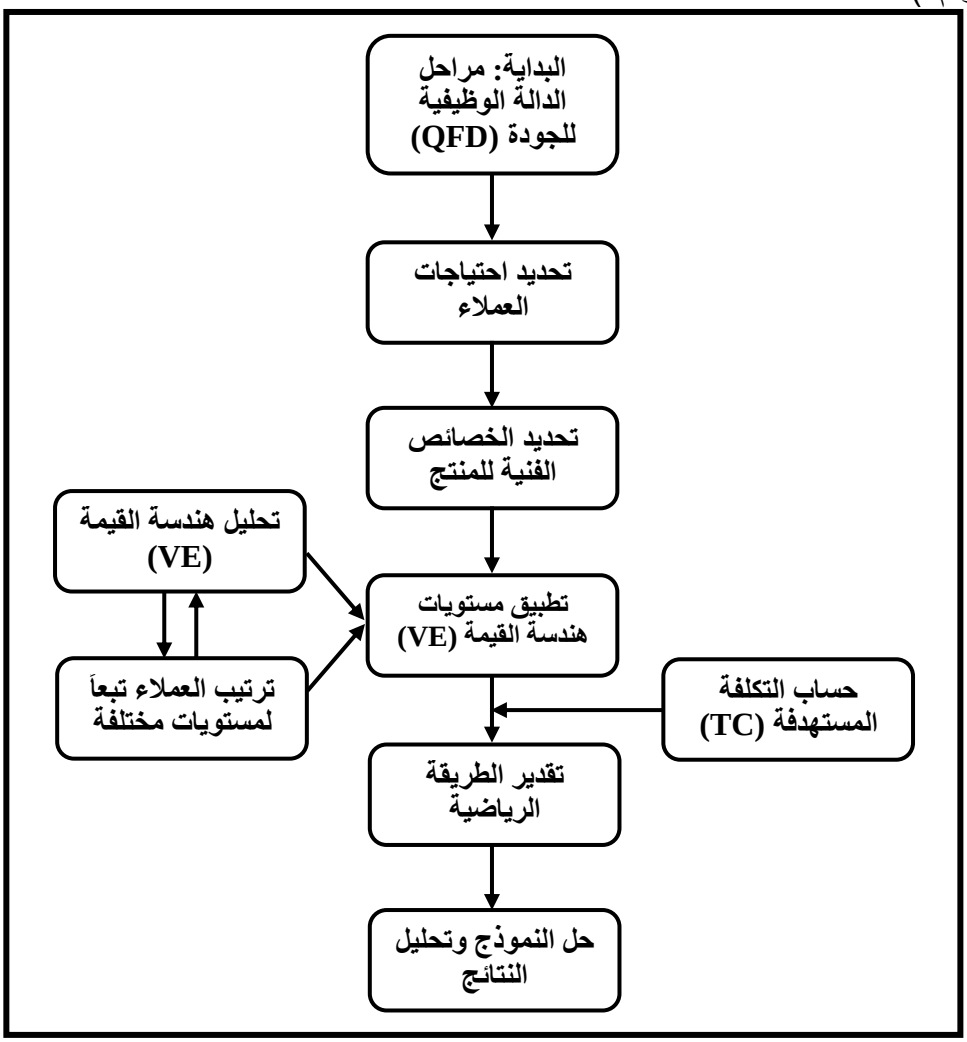
ويلاحظ أن التصميم الفعال للمنتج يتطلب وجود علاقات ثقة وظيفية بين مختلف المهام الإدارية، فتحديد تفضيلات ومستويات رضا العملاء يمكن أن يتحقق عن طريق تحليل الدالة الوظيفية للجودة (QFD)، كما أن تحديد مستوى الجودة والتكاليف المستهدفة يمكن أن يتم عن طريق نظام التكاليف المستهدفة (TC)، فتطبيق كل من مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) يتطلب وجود فريق عمل متعدد الوظائف Multi-Functional Team Work يضم عملاء ومهندسين ومصممين ومحاسبين ورجال بيع، ويساعد هذا الفريق على تصحيح الجودة والأداء الوظيفى للمنتجات مع التسعير السليم لتلك المنتجات. (Singh & Kumar, 2014)

فإذا كان مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يركز على احتياجات العملاء فى مرحلة تصميم المنتجات، فإن نظام التكاليف المستهدفة (TC) يركز على رغبات العملاء وجودة المنتجات وأدائها الوظيفى دون زيادة تكاليف إنتاجها، ويتكامل مدخل الدالة الوظيفية

للجودة (QFD) مع نظام التكاليف المستهدفة (TC) للمساعدة فى إدارة تكلفة المنتجات مع تعزيز مواصفات الجودة من خلال تلبية احتياجات العملاء والمساعدة فى التخلص من الوظائف التى لا تضيف قيمة للمنتجات. (Hertenstein & Platt, 1999)

**٧-٢. الإطار المفاهيمى لنموذج التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC)**

لقد توصل Karimi and Jafari عام ٢٠١٤ الى وضع إطار مفاهيمى للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وهندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة يوضح العلاقة بين المتغيرات المستقلة Independent والتابعة Dependent كما فى الشكل التالى (شكل رقم٥):

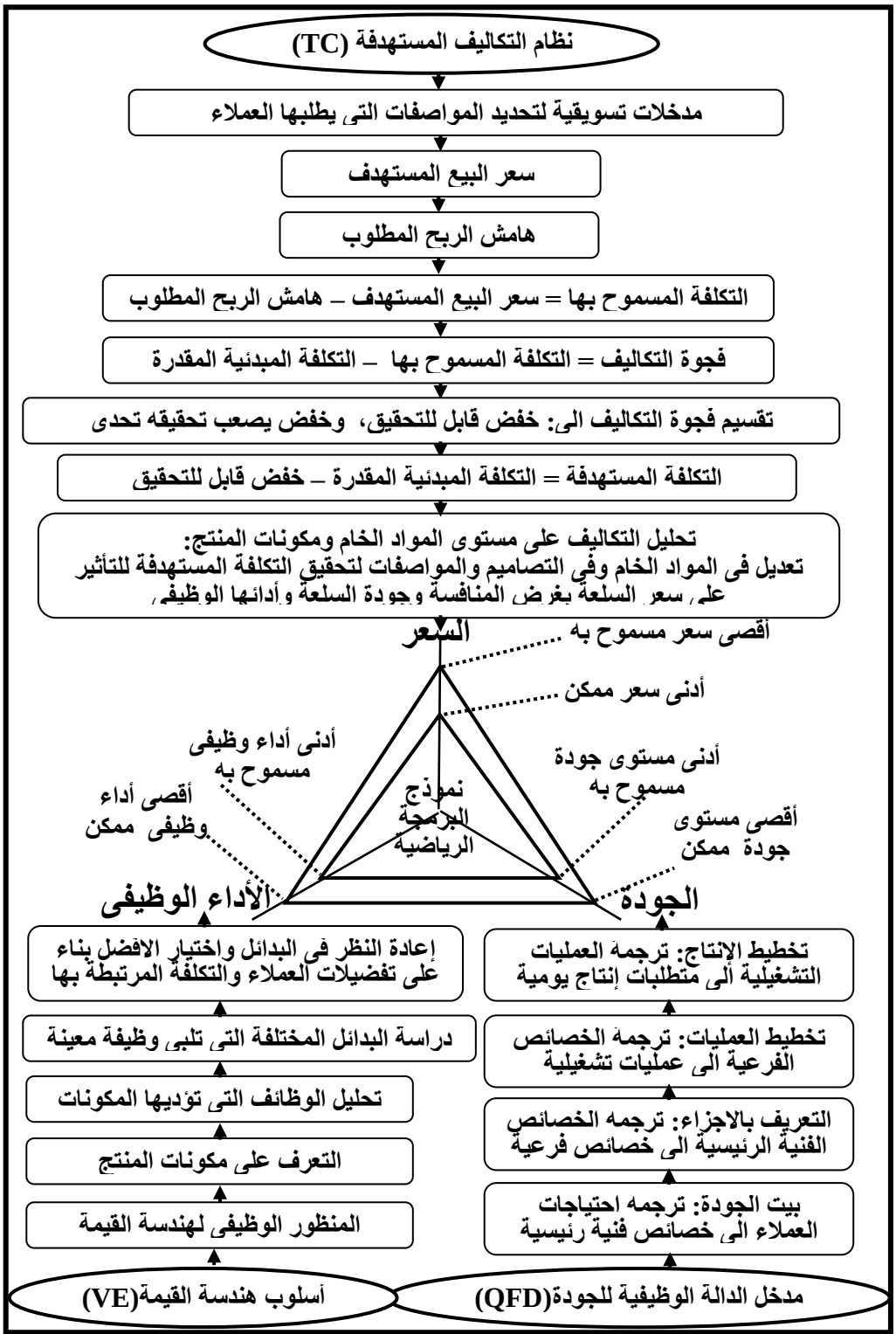



**شكل رقم (٥) نموذج مفاهيمى للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وأسلوب هندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة [ المصدر: (Karimi and Jafari, 2014, p. 235) ]**

فالتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) يصبح أكثر موضوعية عندما يساعد هذا التكامل فى تحديد متطلبات العملاء، على أساس أن مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يساعد فى التعرف على احتياجات العملاء التى يحتاجون إليها بدرجة أعلى، كما يساعد فى كيفية تخفيض الخصائص الفنية للمنتجات، فى حين أن نظام التكاليف المستهدفة (TC) يساعد فى العثور على بدائل لتقديم أفضل الميزات التى يجب توافرها فى المنتج وتقديم البديل الأمثل لمكوناته دون التضحية بجودته وميزاته، فنظام التكاليف المستهدفة (TC) ما هو إلا أسلوب لإدارة التكاليف بالتخطيط الذى يركز على متطلبات العميل والخصائص التى يجب توافرها فى المنتجات والتى تجعل العميل على استعداد لدفع مبالغ أعلى فى السلعة، فنظام (TC) يتعامل مع رضا العميل Customers Satisfaction والتكاليف Costs والجودة Quality على أنها العوامل الأكثر أهمية لتحقيق الميزة التنافسية، حيث تعمل على تخفيض تكاليف المنتجات عن طريق إزالة الأنشطة التى لا تضيف قيمة أو وظيفة معينة للمنتج. (Singh & Kumar, 2014)

وعلى ذلك يلاحظ أن نظام التكاليف المستهدفة (TC) يركز على متطلبات العملاء وينظر الى التكاليف كنتيجة بينما ينظر الى متطلبات العملاء على أنها قيود تنافسية ملزمة، وينظر الى متطلبات العملاء Customer Requirements، ووظائف المنتج Product Functions، والتكلفة Cost على أنهم ثلاثة عناصر هامة وحيوية فى نظام التكاليف المستهدفة (TC)، لذلك تظهر أهمية كل من مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وهندسة القيمة (VE) كأدوات تلعب دوراً حيوياً فى تدعيم نظام التكاليف المستهدفة (TC) للحفاظ على المتطلبات الوظيفية للمنتج ورضا العملاء. (Gandhinathan et al., 2004)

ويعتمد الباحث فى تركيب الإطار النظرى المفاهيمى للنموذج المقترح على كل من نموذج العلاقات التفاعلية بين عوامل بقاء المنتج فى المنافسة (السعر، الجودة، الأداء الوظيفى) الذى قدمه Cooper & Slagmulder عام ١٩٩٧ ، ونموذج التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكلفة المستهدفة الذى قدمه Jariri & Zegordi عام ٢٠٠٨ والذى تناوله أيضاً Karimi and Jafari عام ٢٠١٤ ويأخذ الشكل التالى (شكل رقم ٦):




شكل رقم ( ٦ ) يبين الإطار المفاهيمى للنموذج المقترح

ويتميز الإطار المفاهيمى للنموذج المقترح من قبل الباحث للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) بالآتى:

- إمكانية تجميع مزايا كل من مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) للاستفادة منها فى تحسين وزيادة القدرة التنافسية للشركة.
- إلقاء الضوء على العوامل الثلاثة لبقاء المنتج فى السوق وهى السعر والجودة والأداء الوظيفى.
- إمكانية إخضاع عناصر الإطار المفاهيمى للنموذج المقترح بعوامله ومتغيراته للدراسة والتحليل النظرى.
- إمكانية دمج عناصر الإطار المفاهيمى للنموذج المقترح بعوامله ومتغيراته فى نموذج رياضى من خلال الدراسة الميدانية.
- إمكانية التطبيق الفعلى للإطار المفاهيمى للنموذج المقترح على منشآت الأعمال.

**٧-٣. متغيرات الإطار المفاهيمى للنموذج المقترح**

يمكن تقسيم عناصر الإطار المفاهيمى للنموذج المقترح على النحو التالى:

- **مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD).**
  - بيت الجودة: ترجمة احتياجات العملاء الى خصائص فنية رئيسية.
  - التعريف بالأجزاء: ترجمة الخصائص الفنية الرئيسية الى خصائص فرعية.
  - تخطيط العمليات: ترجمة الخصائص الفرعية الى عمليات تشغيلية.
  - تخطيط الإنتاج: ترجمة العمليات التشغيل الى متطلبات إنتاج يومية.
  - التأثير على جودة المنتج.
- **أسلوب هندسة القيمة (VE).**
  - المنظور الوظيفى لهندسة القيمة.
  - التعرف على مكونات المنتج.
  - تحليل الوظائف التى تؤديها المكونات.
  - دراسة البدائل المختلفة التى تلبى وظيفة معينة.
  - إعادة النظر فى البدائل واختيار البديل الأفضل بناء على تفضيلات العملاء والتكلفة المرتبطة بها.
  - التأثير على الأداء الوظيفى للمنتج.
- **نظام التكاليف المستهدفة (TC).**
  - مدخلات تسويقية لتحديد المواصفات التى يطلبها العملاء.

- سعر البيع المستهدف.
- هامش الربح المطلوب.
- التكلفة المسموح بها = سعر البيع المستهدف-هامش الربح المطلوب.
- فجوة التكاليف = التكلفة المسموح بها – التكلفة المبدئية المقدرة.
- تقسيم فجوة التكاليف الى: خفض قابل للتحقيق، وخفض يصعب تحقيقه تحدى.
- التكلفة المستهدفة = التكلفة المبدئية المقدرة – خفض قابل للتحقيق.
- تحليل التكاليف على مستوى المواد الخام ومكونات المنتج: تعديل فى المواد الخام وفى التصاميم والمواصفات لتحقيق التكلفة المستهدفة للتأثير على سعر السلعة بغرض المنافسة وجودة السلعة وأدائها الوظيفى
- التأثير على سعر بيع المنتج.

▪ **النموذج الرياضى.**

- بناء النموذج.
- حل النموذج.

## ٨. النموذج المقترح للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC)

يتوقف النموذج الرياضى المقترح على تحديد الأسلوب الرياضى الذى يناسب الدراسة ثم بناء النموذج بمتغيراته ومعادلاته الرياضية ثم حل هذا النموذج من خلال دراسة حالة على إحدى الشركات الصناعية التى يظهر فيها أهمية التصميم ودراسة حاجات العملاء وأذواقهم.

### ٨-١. اختيار النموذج الرياضى المناسب

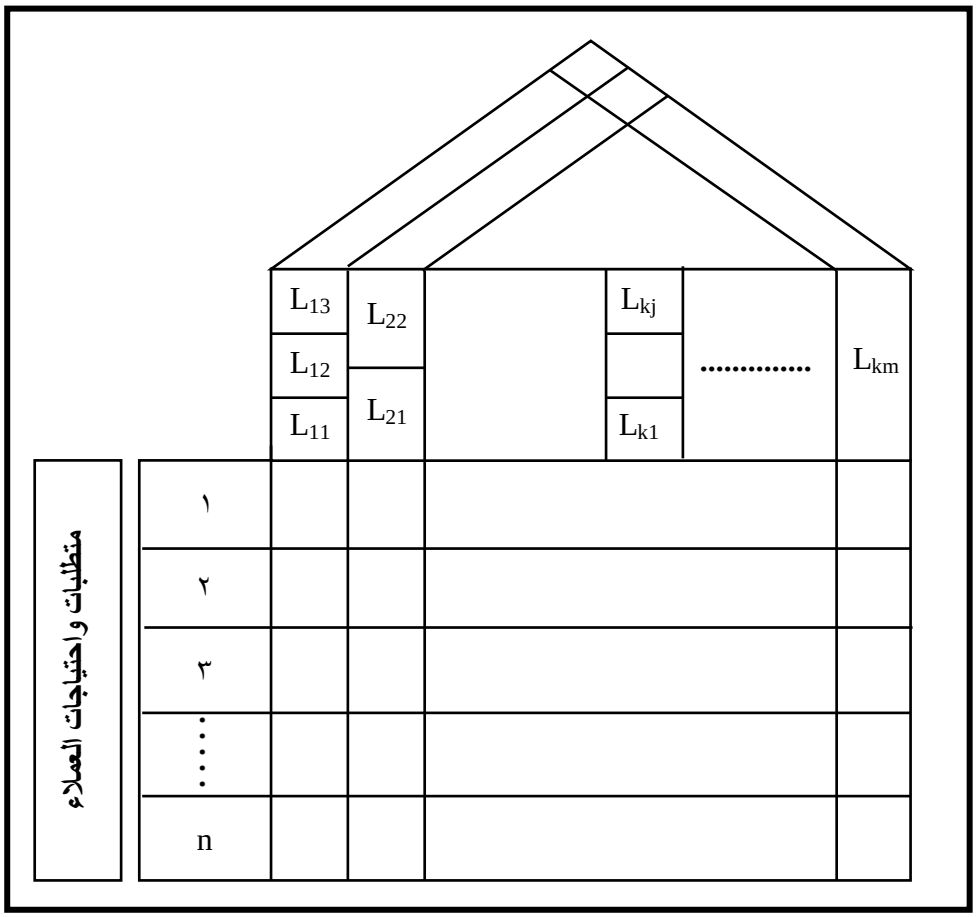
تتعدد النماذج الرياضية التى يمكن أن تتناسب مع هدف الدراسة منها: نموذج البرمجة الرياضية Mathematical Programming (البرمجة الخطية Linear Programming ، البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة Mixed Integers Programming)، ونموذج سلاسل ماركوف Markov Chains وقد وقع اختيار الباحث على نموذج البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة Mixed Integers Programming لملائمته لمتغيرات الدراسة وهدف البحث.

### ٨-٢. بناء النموذج الرياضى للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC)

يتطلب بناء النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة Mixed Integers Programming) العديد من الخطوات الأساسية تتمثل فى:

**الخطوة الأولى: التعرف على مصفوفة بيت الجودة**

إن لكل مدخل وأسلوب ونظام (مدخل الدالة الوظيفية للجودة QFD ، وأسلوب هندسة القيمة VE ، ونظام التكاليف المستهدفة TC) أهداف ومزايا عديدة، وقد بذلت محاولات كثيرة لدمجها مع بعضها من خلال نموذج البرمجة الرياضية Mathematical Programming Model لتحقيق المنافع التى يقدمها كل مدخل بصورة مجمعه. فأسلوب هندسة القيمة (VE) له فائدة أكبر فى مرحلة تصميم المنتجات لان هذا الأسلوب يؤدى الى اقتراح حلول للتصميم نتيجة التحليلات التى تجرى من أجل الوصول الى بدائل تصميم متعددة، وتعتبر هذه الحلول لبدائل التصميم بمثابة مدخلات لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى مرحلة بيت الجودة (HOQ) التى تظهر المستويات المختلفة لكل خاصية فنية من خصائص مكونات المنتج كما فى الشكل التالى (شكل رقم ٧).




**شكل رقم (٧) يبين مصفوفة بيت الجودة التى تعرض مستويات الخصائص الفنية وعلاقتها مع متطلبات واحتياجات العملاء**

ويتضح من الشكل رقم (٧) أن العمود الأول من مصفوفة بيت الجودة (HOQ) يقسم الى ثلاثة مستويات للخصائص الفنية للمنتج التى تم التوصل إليها من أسلوب هندسة القيمة وهى: $L_{11}$ ، $L_{12}$ ، $L_{13}$ ، وأن K تتمثل فى الخاصية الفنية لكل مستوى من مستويات الخصائص الفنية التى يرغبها العميل فى السلعة حتى المستوى j ، حيث تقسم الى المستويات $L_{k1}$ ، $L_{k2}$ ، ... ، $L_{kj}$ ، وتلك النقطة تمثل التفاعل بين أسلوب هندسة القيمة (VE) ومدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ، مع حساب التكلفة المستهدفة (TC) وإدخالها الى النموذج الرياضى مع حاجات ومتطلبات ومستويات الخصائص الفنية للسلعة يحدث التكامل بين كل من مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) .

**الخطوة الثانية: تحديد معلمات Parameters النموذج الرياضى**

بعد تحديد بدائل مستويات الخصائص الفنية للمنتج من خلال هندسة القيمة (VE)، تصبح الخطوة التالية تحديد معلمات Parameters النموذج الرياضى $U_{ijk}$ والتى تمثل صوت العميل Voice of Customer من خلال مصفوفة بيت الجودة (HOQ) التى تمثل أحد الخطوات الرئيسية لمدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) ومنها يمكن الوصول الى وزن كل حاجة من حاجات العميل، ثم يلى ذلك تقدير مصفوفة العلاقة بين كل حاجة من حاجات العميل وكل خاصية فنية من مستويات الخصائص الفنية للمنتج، ثم تقدير التكاليف اللازمة من خلال نظام التكاليف المستهدفة (TC) ثم تجميع تلك المعلومات كمدخلات للنموذج الرياضى على النحو التالى:-

**(أ) تحديد الوزن النسبى لحاجات وطلبات العميل:**

ويتم ذلك من مرحلة بيت الجودة (HOQ) حيث يعتمد على استقصاء يوزع على العملاء حسب مقياس ليكرت خماسى الأبعاد ومنه نصل الى:

- تحديد درجة أهمية كل حاجة من وجهة نظر العميل.
- تحديد معدل التحسن الذى يظهر على المنتج من خلال قسمة النتائج التى تم التوصل إليها من استبيان تقييم العملاء الموزع عليهم للخطة الإستراتيجية للشركة وسياساتها المرسومة نحو تطوير المنتجات على نتائج تقييم ورضا العملاء عن المنتجات الحالية.
- تحديد نقطة المبيعات التى تبين ما الذى يطلبه العميل وما السمات التى يجب توافرها فى المنتج والتى تؤدى الى وجود ميزة تنافسية للشركة من خلال تبادل الأفكار بين خبراء قسم تطوير المنتجات بالشركة.
- تحديد الوزن المطلق لحاجات ومتطلبات العملاء بضرب درجة الأهمية × معدل التحسن × نقطة المبيعات.

- تحديد الوزن النسبى لكل حاجة من حاجات العملاء بقسمة (كل رقم من أرقام الوزن المطلق لكل حاجة من حاجات العملاء ÷ إجمالى أرقام الوزن المطلق لكل الحاجات) × ١٠٠ .

ويستخدم الوزن النسبى لحاجات العملاء كمعلمات لدالة الهدف فى النموذج الرياضى.

**(ب) تحديد معلمات المصفوفة التى توضح العلاقة بين كل حاجة من حاجات العملاء والخصائص الفنية التى يجب توافرها فى المنتج:**

حيث تصنف الى أربعة مجموعات تتمثل فى:

- الدرجة ٩ تشير الى العلاقة القوية بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.
- الدرجة ٣ تشير الى العلاقة المتوسطة بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.
- الدرجة ١ تشير الى العلاقة الضعيفة بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.
- الدرجة صفر تشير الى عدم وجود علاقة بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.

فالحاجة i للخاصية الفنية k من مستوى الخاصية الفنية L والتى تتمثل فى $U_{ikL}$ تظهر فى الجدول التالى (جدول رقم ١ ) :

**جدول رقم (١) يبين معلمات النموذج الرياضى**

| الخصائص الفنية للمنتج K | الخاصية الأولى | | | الخاصية الثانية | | | الخاصية الثالثة | | | الخاصية الرابعة | | | الخاصية الخامسة | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مستويات الخصائص الفنية L / حاجات أو متطلبات العملاء i | الدرجة الأولى | الدرجة الثانية | الدرجة الثالثة | الدرجة الأولى | الدرجة الثانية | الدرجة الثالثة | الدرجة الأولى | الدرجة الثانية | الدرجة الثالثة | الدرجة الأولى | الدرجة الثانية | الدرجة الثالثة | الدرجة الأولى | الدرجة الثانية | الدرجة الثالثة |
| الحاجة الأولى | $U_{111}$ | $U_{112}$ | $U_{113}$ | $U_{121}$ | $U_{122}$ | $U_{123}$ | $U_{131}$ | $U_{132}$ | $U_{133}$ | $U_{141}$ | $U_{142}$ | $U_{143}$ | $U_{151}$ | $U_{152}$ | $U_{153}$ |
| الحاجة الثانية | $U_{211}$ | $U_{212}$ | $U_{213}$ | $U_{221}$ | $U_{222}$ | $U_{223}$ | $U_{231}$ | $U_{232}$ | $U_{233}$ | $U_{241}$ | $U_{242}$ | $U_{243}$ | $U_{251}$ | $U_{252}$ | $U_{253}$ |
| الحاجة الثالثة | $U_{311}$ | $U_{312}$ | $U_{313}$ | $U_{321}$ | $U_{322}$ | $U_{323}$ | $U_{331}$ | $U_{332}$ | $U_{333}$ | $U_{341}$ | $U_{342}$ | $U_{343}$ | $U_{351}$ | $U_{352}$ | $U_{353}$ |
| الحاجة الرابعة | $U_{411}$ | $U_{412}$ | $U_{413}$ | $U_{421}$ | $U_{422}$ | $U_{423}$ | $U_{431}$ | $U_{432}$ | $U_{433}$ | $U_{441}$ | $U_{442}$ | $U_{443}$ | $U_{451}$ | $U_{452}$ | $U_{453}$ |
| الحاجة الخامسة | $U_{511}$ | $U_{512}$ | $U_{513}$ | $U_{521}$ | $U_{522}$ | $U_{523}$ | $U_{531}$ | $U_{532}$ | $U_{533}$ | $U_{541}$ | $U_{542}$ | $U_{543}$ | $U_{551}$ | $U_{552}$ | $U_{553}$ |

وتدخل هذه الدرجات ٩ ، ٣ ، ١، صفر ، كمعلمات لقيود النموذج الرياضى.

**(ج) تقدير التكاليف المستهدفة:**

حيث يتم تقدير تكلفة كل خاصية فنية للمنتج وتدخل كمعلمات لقيود النموذج الرياضى.

**الخطوة الثالثة: تحديد رموز ووصف الخصائص الفنية لمتغيرات النموذج الرياضى**

الجدول التالى (جدول رقم ٢) يوضح الرموز ووصف الخصائص المطبقة فى النموذج.

**جدول رقم (٢) يبين رموز متغيرات النموذج الرياضى**

| الرمز | الوصف |
|---|---|
| I | الحاجة i ، حيث i = 1 ، 2 ، ..... ، n |
| K | الخاصية الفنية k ، حيث k = 1 ، 2 ، ..... ، m |
| $L_{KL}$ | عدد مستويات الخاصية الفنية k ، حيث L = 1 ، 2 ، .....، $L_k$ |
| $U_{ikL}$ | درجة قوة العلاقة بين الحاجة i من حاجات العملاء والخصائص الفنية k التى يجب توافرها فى المنتج بالمستوى L |
| $W_i$ | وزن الحاجة i |
| $X_{kL}$ | متغير القرار الذى يساوى 1 إذا تم تنفيذ الخاصية الفنية k عند المستوى L وإلا يكون 0 |
| $C_{kL}$ | تكلفة تنفيذ الخاصية الفنية k عند المستوى L |
| $Y_i$ | الناتج الإجمالى للخاصية الفنية للحاجة i (تحسب هذه المعلمة من خلال صيغة رياضية معينة) |
| $Y_{iKj}$ | العلاقة بين الخصائص الفنية (سقف بيت الجودة) |

**الخطوة الرابعة: الصيغة الرياضية للنموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)**

تتمثل الصيغة الرياضية فى تحديد دالة الهدف والقيود المفروضة عليها على النحو التالى:

**أولاً**: تحديد دالة الهدف: "تعظيم رضا العميل" وتأخذ الصيغة الرياضية التالية:

$$\max Z = \sum_{i=1}^{n} W_i Y_i$$

**ثانياً**: قيود مجموع الخصائص الفنية عند المستوى L والتى تساوى واحد صحيح، وتأخذ الصيغة الرياضية التالية:

$$\sum_{L=1}^{m} X_{kL} = 1 \quad , \; k = 1 , 2 , \ldots , m$$

**ثالثاً**: قيود مجموع ناتج الخصائص الفنية للحاجة i والتى تعكس تأثير أولويات العميل والتى أظهرها سقف بيت الجودة، حيث تشير $Y_{iKj}$ الى التفاعل بين الخصائص الفنية k ، j للحاجة i ، وتأخذ الصيغة الرياضية التالية:

$$Y_i = \sum_{k=1}^{m} \sum_{L=1}^{L_k} U_{ikL} X_{kL}$$

**رابعاً**: قيود تضمن ألا تزيد التكاليف الإجمالية للنظم الفرعية عن تلك المحددة فى دالة الهدف، وتأخذ الصيغ الرياضية التالية:

$$\sum_{L=1}^{L_k} C_{kL} X_{kL} \leq TC_k \qquad , \; k = 1 , 2 , \ldots, m$$

$$\sum_{i=1}^{m} TC_i \leq \text{Target Cost}$$

**خامساً**: قيود متغيرات القرار والتى تتمثل فى المجموعة صفر ، ١ ، وتأخذ الصيغة الرياضية التالية:

$$X_{KL} \in \{0.1\}$$

**الخطوة الخامسة: حل النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)**

يستعين الباحث ببرنامج لينجو Lingo لحل النموذج الرياضى، وهو أداة شاملة مصممة لبناء وحل نماذج البرمجة الخطية Linear وغير الخطية Nonlinear والبرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة Mixed Integers Programming والمحدبة convex وغير المحدبة nonconvex والدائرية Global والتربيعية Quadratic والتربيعية المقيدة Quadratically Constrained، والنماذج من الدرجة الثانية على شكل مخروطى Second Order Cone ، والنماذج العشوائية الاحتمالية Stochastic، ونماذج الأمثلية بالأعداد الصحيحة Integer optimization، ويمثل حزمة متكاملة يتضمن لغة قوية للتعبير عن نماذج الأمثلية.

## ٩. الدراسة الميدانية لتطبيق النموذج المقترح للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC)

قام الباحث بتطبيق النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة) للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) من خلال دراسة حالة شركة إنتاج الثلاجات المنزلية (كريازى) بالمنطقة الصناعية B2 بجمهورية مصر العربية، حيث تقوم الشركة بإنتاج أربعة خطوط إنتاج رئيسية هى: الثلاجات، ووحدات التبريد، والديب فريزير، وغسالات الملابس.

### ٩-١. مدخلات النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)

تم التركيز فى دراسة الحالة على خط إنتاج الثلاجات ولوحظ أن الشركة تنتج موديلات كثيرة من الثلاجات تم اختيار ثلاثة منها، مع الاستعانة بخبراء بيوت الجودة للتعرف على حاجات العملاء ووزن كل حاجة، والخصائص الفنية للمنتج والدرجة التى تبين علاقة كل حاجة مع كل خاصية من الخصائص الفنية للمنتج على النحو التالى:

**أولاً: تحديد حاجات العملاء ووزن كل حاجة**

من مزايا مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) أنه يساعد فى التعرف على حاجات العملاء من منتجات معينة، وترجمة هذه الحاجات الى خصائص فنية تتوافر فى المنتج، وبالاستعانة بخبراء بيت الجودة (HOQ) الذى يمثل الخطوة الأولى من خطوات مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) أمكن تحديد حاجات العملاء من الثلاجات ووزن كل حاجة بافتراض درجات الوزن من ١ : ٥ بحيث أن الحاجة الأقل أهمية بالنسبة للعميل تأخذ وزن ١ وبالتدريج حتى تصل الى وزن ٥ للحاجة الأكثر أهمية بالنسبة للعميل، والجدول التالى (جدول رقم ٣) يعرض حاجات العملاء ووزن كل حاجة:

**جدول رقم (٣) يبين حاجات العملاء ووزن كل حاجة**

| رقم الحاجة i | وصف الحاجة i | | وزن الحاجة i $w_i$ |
|---|---|---|---|
| ١ | المظهر الجمالى | $i_1$ | ٣ |
| ٢ | درجة الأمان | $i_2$ | ٥ |
| ٣ | توفير فى استهلاك الكهرباء | $i_3$ | ٥ |
| ٤ | سرعة التبريد | $i_4$ | ٤ |
| ٥ | مقاومة الظروف الجوية والتآكل | $i_5$ | ٣ |
| ٦ | ارتفاع درجة التحمل | $i_6$ | ٤ |
| ٧ | ارتفاع العمر الاقتصادى | $i_7$ | ٣ |
| ٨ | قلت الأعطال | $i_8$ | ٤ |
| ٩ | توافر مراكز الصيانة | $i_9$ | ٥ |

**ثانياً: تحديد الخصائص الفنية للمنتج ومستوياتها ودرجة قوة العلاقة بين حاجات العميل والخصائص الفنية**

بعد التعرف على حاجات العملاء من منتجات معينة، يتطلب الأمر ترجمة هذه الحاجات الى خصائص فنية تتوافر فى المنتج، وبالاستعانة أيضاً بخبراء بيت الجودة (HOQ) يتم تحديد الخصائص الفنية ومستويات كل خاصية فنية، ثم ترجمة العلاقة بين كل حاجة من حاجات العملاء مع كل خاصية من مستويات الخصائص الفنية للمنتج الى قوة علاقة تتراوح بين علاقة قوية تحصل على الدرجة ٩ وعلاقة متوسطة تحصل على الدرجة ٣ وعلاقة ضعيفة تحصل على الدرجة ١ أو لا توجد علاقة على الإطلاق لا تأخذ أى درجة، والجدول التالى (جدول رقم٤) يبين الخصائص الفنية التى يجب توافرها فى المنتج ومستوياتها.

**جدول رقم (٤) الخصائص الفنية للمنتج ومستوياتها**

| رقم الخاصية k | وصف الخاصية k | مستويات الخاصية الفنية | الرمز $L_{kL}$ |
|---|---|---|---|
| ١ | قدرة الموتور بالوات $K_1$ | ١٨٥ وات | $L_{11}$ |
| | | ٢٢٢ وات | $L_{12}$ |
| | | ٢٥١ وات | $L_{13}$ |
| ٢ | السعة الكلية باللتر $K_2$ | ٤٢٥ لتر | $L_{21}$ |
| | | ٥٤٠ لتر | $L_{22}$ |
| | | ٦٩٠ لتر | $L_{23}$ |
| ٣ | الأبعاد الخارجية (ارتفاع، عمق، عرض) بالسنتيمتر سم $K_3$ | ١٧٦٠ ، ٧٧٠ ، ٦٧٠ | $L_{31}$ |
| | | ١٨١٠ ، ٨١٠ ، ٧٤٥ | $L_{32}$ |
| | | ١٨٦٠ ، ٨٤٠ ، ٨٤٠ | $L_{33}$ |
| ٤ | صلابة الجسم $K_4$ | طبقة صاج خفيفة | $L_{41}$ |
| | | طبقة صاج متوسطة | $L_{42}$ |
| | | طبقة صاج سميكة | $L_{43}$ |
| ٥ | إزالة الروائح $K_5$ | فلتر كربونى | $L_{51}$ |
| | | فلتر عادى | $L_{52}$ |
| ٦ | التحكم بوظائف الثلاجة $K_6$ | تحكم إلكترونى كامل | $L_{61}$ |
| | | تحكم يدوى | $L_{62}$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ٧ | شاشة بيان $K_7$ | شاشة ديجيتال | $L_{71}$ |
| | | شاشة عادية | $L_{72}$ |
| ٨ | إنذار ترك الباب مفتوح $K_8$ | إنذار تلقائى | $L_{81}$ |
| | | لا يوجد إنذار | $L_{82}$ |
| ٩ | مفاتيح ضبط $K_9$ | لا تسمح بعبث الأطفال | $L_{91}$ |
| | | تسمح بعبث الأطفال | $L_{92}$ |
| ١٠ | التحكم بالتبريد $K_{10}$ | مفتاح للكابينة وآخر للفريزر | $L_{10\,1}$ |
| | | مفتاح واحد للكابينة والفريزر | $L_{10\,2}$ |
| ١١ | تعقيم الخضروات $K_{11}$ | لمبات فوق بنفسجية | $L_{11\,1}$ |
| | | لا توجد لمبات | $L_{11\,2}$ |
| ١٢ | كفاءة التبريد $K_{12}$ | مراوح إضافية | $L_{12\,1}$ |
| | | عدم وجود مراوح | $L_{12\,2}$ |

وبعد تحديد الخصائص الفنية للمنتج ومستويات كل خاصية فنية يتطلب الأمر تحديد درجة قوة العلاقة بين كل حاجة والخاصية الفنية فى كل مستوى وهى التى تمثل القيم $U_{ikL}$ التى تنتج من تفاعل مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ويتم تحديد تلك القيمة فى شكل مصفوفة على اعتبار أن الدرجة ٩ تمثل العلاقة القوية، والدرجة ٣ تمثل العلاقة المتوسطة، والدرجة ١ تمثل العلاقة الضعيفة، وفى حالة عدم توافر علاقة بين الحاجة والخاصية الفنية يفترض أن الدرجة صفر.

والجدول التالى (جدول رقم٥) يبين مصفوفة المعلمات $U_{ikL}$ المرتبطة بالعلاقة بين كل حاجة من حاجات العميل والخاصية الفنية التى يجب توافرها فى المنتج داخل مستويات كل خاصية فنية.

**جدول رقم (٥) معلمات النموذج الرياضى التى تمثل درجة قوة العلاقة بين الحاجات والخصائص الفنية للمنتج**

| الخاصية الفنية k | $K_1$ قدرة الموتور بالوات | | | $K_2$ السعة الكلية باللتر | | | $K_3$ الأبعاد الخارجية (ارتفاع، عمق، عرض) سم | | | $K_4$ صلابة الجسم | | | $K_5$ إزالة الروائح | | $K_6$ تحكم بوظائف الثلاجة | | $K_7$ شاشة بيان | | $K_8$ إنذار ترك الباب | | $K_9$ مفاتيح ضبط | | $K_{10}$ التحكم بالتبريد | | $K_{11}$ تعقيم الخضروات | | $K_{12}$ كفاءة التبريد | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مستويات الخاصية الفنية L | $L_{11}$ ١٨٥ وات | $L_{12}$ ٢٢٢ وات | $L_{13}$ ٢٥١ وات | $L_{21}$ ٤٢٥ لتر | $L_{22}$ ٥٤٠ لتر | $L_{23}$ ٦٩٠ لتر | $L_{31}$ ٦٧٠ ، ٧٧٠ ، ٧٤٥ ، ٨٤٠ | $L_{32}$ ٧٤٥ ، ٨١٠ ، ٨٤٠ | $L_{33}$ ٨٤٠ ، ١٨٦٠ | $L_{41}$ طبقة صاج خفيفة | $L_{42}$ طبقة صاج متوسطة | $L_{43}$ طبقة صاج سميكة | $L_{51}$ فلتر كربونى | $L_{52}$ فلتر عادى | $L_{61}$ تحكم إلكترونى كامل | $L_{62}$ تحكم يدوى | $L_{71}$ شاشة ديجيتال | $L_{72}$ شاشة عادية | $L_{81}$ إنذار تلقائى | $L_{82}$ لا يوجد إنذار | $L_{91}$ لا تسمح بعبث الأطفال | $L_{92}$ تسمح بعبث الأطفال | $L_{101}$ مفتاح للكابينة وآخر للفريزر | $L_{102}$ مفتاح واحد للكابينة والفريزر | $L_{111}$ لمبات فوق بنفسجية | $L_{112}$ لا توجد لمبات | $L_{121}$ مراوح إضافية | $L_{122}$ عدم وجود مراوح |
| الحاجة i | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_1$ المظهر الخارجى | - | - | - | ١ | ٣ | ٩ | ١ | ٣ | ٩ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| $i_2$ درجة الأمان | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ١ | ٣ | ٩ | - | - | ٩ | ١ | - | - | ٩ | ١ | ٩ | ١ | - | - | - | - | - | - |
| $i_3$ توفير الكهرباء | ٩ | ٣ | ١ | ٩ | ٣ | ١ | - | - | - | - | - | - | - | - | ٩ | ١ | ٩ | ٣ | ٩ | ١ | - | - | ٩ | ٣ | ١ | ٩ | ١ | ٩ |
| $i_4$ سرعة التبريد | ٣ | ٣ | ٩ | ٩ | ٣ | ٣ | - | - | - | - | - | - | - | - | ٩ | ٣ | ٩ | - | - | - | ١ | ٩ | ١ | ٣ | ٩ | ٣ | - | ١ |
| $i_5$ مقاومة التآكل | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ١ | ٣ | ٩ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| $i_6$ درجة التحمل | ١ | ٣ | ٩ | - | - | - | - | - | - | ١ | ٣ | ٩ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| $i_7$ العمر الاقتصادى | ٣ | ٩ | ٩ | ٣ | ٩ | ٩ | - | - | - | ٣ | ٩ | ٩ | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | - | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | ٩ | - | ٩ |
| $i_8$ قلت الأعطال | ١ | ٣ | ٩ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | - | ٩ | ١ | ٩ | ١ | ٩ | - | ٩ |
| $i_9$ مراكز الصيانة | ٣ | ٣ | ٩ | - | - | - | - | - | - | ٩ | ٩ | ١ | ٩ | ٣ | ٩ | - | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | - | ٩ | ٣ | ٩ | ٣ | ٩ | - | ٩ |

من الجدول السابق (جدول رقم ٥) يستخرج النتائج التالية التى تعتبر كمدخلات للنموذج الرياضى على النحو التالى:

**(١) درجة قوة العلاقة بين الحاجة الأولى $i_1$ (المظهر الخارجى) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{121}=1$ $U_{122}=3$ $U_{123}=9$ $U_{131}=1$ $U_{132}=3$ $U_{133}=9$

**(٢) درجة قوة العلاقة بين الحاجة الثانية $i_2$ (درجة الأمان) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{241}=1$ $U_{242}=3$ $U_{243}=9$ $U_{261}=9$ $U_{262}=1$ $U_{281}=9$ $U_{282}=1$ $U_{291}=9$ $U_{292}=1$

**(٣) درجة قوة العلاقة بين الحاجة الثالثة $i_3$ (توفير الكهرباء) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{311}=9$ $U_{312}=3$ $U_{313}=1$ $U_{321}=9$ $U_{322}=3$ $U_{323}=1$ $U_{361}=9$ $U_{362}=1$ $U_{371}=9$ $U_{372}=3$ $U_{381}=9$ $U_{382}=1$ $U_{3\,10\,1}=9$ $U_{3\,10\,2}=3$ $U_{3\,11\,1}=1$ $U_{3\,11\,2}=9$ $U_{3\,12\,1}=1$ $U_{3\,12\,2}=9$

**(٤) درجة قوة العلاقة بين الحاجة الرابعة $i_4$ (سرعة التبريد) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{411}=3$ $U_{412}=3$ $U_{413}=9$ $U_{421}=9$ $U_{422}=3$ $U_{423}=3$ $U_{461}=9$ $U_{462}=3$ $U_{491}=9$ $U_{492}=1$ $U_{4\,10\,1}=9$ $U_{4\,10\,2}=3$ $U_{4\,12\,1}=9$ $U_{4\,12\,2}=1$

**(٥) درجة قوة العلاقة بين الحاجة الخامسة $i_5$ (مقاومة التآكل) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{541}=1$ $U_{542}=3$ $U_{543}=9$

**(٦) درجة قوة العلاقة بين الحاجة السادسة $i_6$ (درجة التحمل) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{611}=1$ $U_{612}=3$ $U_{613}=9$ $U_{641}=1$ $U_{642}=3$ $U_{643}=9$

**(٧) درجة قوة العلاقة بين الحاجة السابعة $i_7$ (العمر الاقتصادى) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{711}=3$ $U_{712}=9$ $U_{713}=9$ $U_{721}=3$ $U_{722}=9$ $U_{723}=9$ $U_{741}=3$ $U_{742}=9$ $U_{743}=9$ $U_{751}=9$ $U_{752}=3$ $U_{761}=9$ $U_{762}=3$ $U_{771}=9$ $U_{772}=3$ $U_{781}=9$ $U_{791}=9$ $U_{792}=3$ $U_{7\,10\,1}=9$ $U_{7\,10\,2}=3$ $U_{7\,11\,1}=9$ $U_{7\,12\,1}=9$

**(٨) درجة قوة العلاقة بين الحاجة الثامنة $i_8$ (قلت الأعطال) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{811}=1$ $U_{812}=3$ $U_{813}=9$ $U_{851}=9$ $U_{852}=3$ $U_{861}=9$
$U_{862}=3$ $U_{871}=9$ $U_{872}=3$ $U_{881}=9$ $U_{891}=9$ $U_{892}=1$
$U_{8\,10\,1}=9$ $U_{8\,10\,2}=1$ $U_{8\,11\,1}=9$ $U_{8\,12\,1}=9$

**(٩) درجة قوة العلاقة بين الحاجة التاسعة $i_9$ (مراكز الصيانة) وكل خاصية فنية داخل كل مستوى من مستويات الخاصية الفنية**

$U_{911}=3$ $U_{912}=3$ $U_{913}=9$ $U_{941}=9$ $U_{942}=9$ $U_{943}=1$
$U_{951}=9$ $U_{952}=3$ $U_{961}=9$ $U_{971}=9$ $U_{972}=3$ $U_{981}=9$
$U_{991}=9$ $U_{992}=3$ $U_{9\,10\,1}=3$ $U_{9\,10\,2}=9$ $U_{9\,11\,1}=9$
$U_{9\,12\,1}=9$

وباقى قيم $U_{ikL}$ = صفر

**ثالثاً: تقدير التكاليف المستهدفة**

بعد استخدام تحليل هندسة القيمة (VE) فى تحديد الحلول المختلفة لكل خاصية فنية والتى يطلق عليها مستويات كل خاصية فنية، يتم تقدير تكلفة كل خاصية فنية بكل مستوى من مستويات الخصائص الفنية للمنتج، وتدخل كمعلمات لقيود النموذج الرياضى، وهنا يبرز دور التكاليف المستهدفة (TC) فى الوقوف على التقدير الأكثر دقة لتكلفة كل خاصية فنية والذى يأتى من الوصول الى الفجوة التكاليفية وتقسيمها الى تكاليف قابلة للتحقيق يمكن خفضها وتكاليف يصعب تخفيضها وتعتبر تحدى أما إدارة المنشأة، والجدول التالى (جدول رقم٧) يبين التقديرات المتوقعة لتكلفة كل خاصية فنية بالاستعانة بمحاسبى التكاليف والمهندسين بالشركة محل الدراسة.

**جدول رقم (٦) التكلفة المتوقعة لكل خاصية من كل مستوى من مستويات الخصائص الفنية**

| الخاصية الفنية k | مستويات الخاصية $L_{kL}$ | تكلفة الخاصية $C_{kL}$ |
|---|---|---|
| $K_1$ قدرة الموتور بالوات | $L_{11}$ = ١٨٥ وات | $C_{11}$ = 400 |
| | $L_{12}$ = ٢٢٢ وات | $C_{12}$ = 500 |
| | $L_{13}$ = ٢٥١ وات | $C_{13}$ = 700 |
| $K_2$ السعة الكلية باللتر | $L_{21}$ = ٤٢٥ لتر | $C_{21}$ = 200 |
| | $L_{22}$ = ٥٤٠ لتر | $C_{22}$ = 300 |

| | | |
|---|---|---|
| | $L_{23}$ = ٦٩٠ لتر | $C_{23}$ = 400 |
| $K_3$ الأبعاد الخارجية (ارتفاع، عمق، عرض) بالسنتيمتر سم | $L_{31}$ = ١٧٦٠ ، ٧٧٠ ، ٦٧٠ | $C_{31}$ = 600 |
| | $L_{32}$ = ١٨١٠ ، ٨١٠ ، ٧٤٥ | $C_{32}$ = 700 |
| | $L_{33}$ = ١٨٦٠ ، ٨٤٠ ، ٨٤٠ | $C_{33}$ = 800 |
| $K_4$ صلابة الجسم | $L_{41}$ = طبقة صاج خفيفة | $C_{41}$ = 200 |
| | $L_{42}$ = طبقة صاج متوسطة | $C_{42}$ = 400 |
| | $L_{43}$ = طبقة صاج سميكة | $C_{43}$ = 500 |
| $K_5$ إزالة الروائح | $L_{51}$ = فلتر كربونى | $C_{51}$ = 150 |
| | $L_{52}$ = فلتر عادى | $C_{52}$ = 50 |
| $K_6$ التحكم بوظائف الثلاجة | $L_{61}$ = تحكم إلكترونى كامل | $C_{61}$ = 200 |
| | $L_{62}$ = تحكم يدوى | $C_{62}$ = 0 |
| $K_7$ شاشة بيان | $L_{71}$ = شاشة ديجيتال | $C_{71}$ = 150 |
| | $L_{72}$ = شاشة عادية | $C_{72}$ = 0 |
| $K_8$ إنذار ترك الباب مفتوح | $L_{81}$ = إنذار تلقائى | $C_{81}$ = 150 |
| | $L_{82}$ = لا يوجد إنذار | $C_{82}$ = 0 |
| $K_9$ مفاتيح ضبط | $L_{91}$ = لا تسمح بعبث الأطفال | $C_{91}$ = 300 |
| | $L_{92}$ = تسمح بعبث الأطفال | $C_{92}$ = 0 |
| $K_{10}$ التحكم بالتبريد | $L_{10\,1}$ = مفتاح للكابينة وآخر للفريزر | $C_{10\,1}$ = 200 |
| | $L_{10\,2}$ = مفتاح واحد للكابينة والفريزر | $C_{10\,2}$ = 0 |
| $K_{11}$ تعقيم الخضروات | $L_{11\,1}$ = لمبات فوق بنفسجية | $C_{11\,1}$ = 350 |
| | $L_{11\,2}$ = لا توجد لمبات | $C_{11\,2}$ = 0 |
| $K_{12}$ كفاءة التبريد | $L_{12\,1}$ = مراوح إضافية | $C_{12\,1}$ = 250 |
| | $L_{12\,2}$ = عدم وجود مراوح | $C_{12\,2}$ = 0 |

وقد حرصت الشركة محل الدراسة على أن تعمل جاهدة على تلبية احتياجات العملاء بتوفير مجموعة متنوعة من الخصائص الفنية لمنتجاتها من موديلات الثلاجات الثلاثة التى تم التركيز عليها فى دراسة الحالة، وهى الموديلات التى تحمل ثلاثة قدرات مختلفة للموتور وهى ١٨٥ وات، ٢٢٢ وات، ٢٥١ وات، ومن خلال تقدير سعر البيع المستهدف لكل موديل وهامش الربح المستهدف يتم التوصل الى التكاليف المستهدفة المسموح بها لكل موديل والتى هى على وجه التقريب ٣٠٠٠ جنية ، وقد تم بناء النموذج بالاعتماد على تكلفة

مستهدفة ٣٠٠٠ ريال، ثم يتم إجراء تحليل الحساسية بتغير رقم التكلفة المستهدفة مرات أعلى من ٣٠٠٠ جنية للوصول الى الحد الذى لا يصلح أن تزيد عنه التكلفة المستهدفة، ومرات أقل من ٣٠٠٠ جنية للوصول الى الحد الذى لا يصلح أن تقل عنه التكلفة المستهدفة.

## ٩-٢. الصيغة الرياضية للنموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)

يتم بناء النموذج الرياضى بناء على تحديد دالة الهدف التى تقوم على تعظيم حاجات العملاء لتحقيق رضائهم بشرط مجموعة قيود تتمثل فى:

- قيود بمجموع الخصائص الفنية بكل مستوى من مستويات الخصائص الفنية والتى تساوى واحد صحيح.
- قيود مجموع الخصائص الفنية لكل حاجة من حاجات العميل وقوة العلاقة بين الخصائص الفنية.
- قيود تكلفة كل خاصية فنية من مستويات الخصائص الفنية وقيود التكلفة المستهدفة.
- قيود انتماء المتغيرات الى صفر أو ١.

وباستخدام بيانات دراسة الحالة يظهر النموذج الرياضى على الشكل التالى:

$$\text{Max } Z = 3y_1 + 5y_2 + 5y_3 + 4y_4 + 3y_5 + 4y_6 + 3y_7 + 4y_8 + 5y_9$$

S.t.

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1$$
$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1$$
$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 1$$
$$x_{41} + x_{42} + x_{43} = 1$$
$$x_{51} + x_{52} = 1$$
$$x_{61} + x_{62} = 1$$
$$x_{71} + x_{72} = 1$$
$$x_{81} + x_{82} = 1$$
$$x_{91} + x_{92} = 1$$
$$x_{10\,1} + x_{10\,2} = 1$$
$$x_{11\,1} + x_{11\,2} = 1$$
$$x_{12\,1} + x_{12\,2} = 1$$
$$y_1 = x_{21} + 3x_{22} + 9x_{23} + x_{31} + 3x_{32} + 9x_{33}$$
$$y_2 = x_{41} + 3x_{42} + 9x_{43} + 9x_{61} + x_{62} + 9x_{81} + x_{82} + 9x_{91} + x_{92}$$

$$y_3= 9x_{11} + 3x_{12} + x_{13} + 9x_{21} + 3x_{22} + x_{23} + 9x_{61} + x_{62} + 9x_{71} + 3x_{72} + 9x_{81} + x_{82} + 9x_{10\,1} + 3x_{10\,2} + x_{11\,1} + 9x_{11\,2} + x_{12\,1} + 9x_{12\,2}$$

$$y_4= 3x_{11} + 3x_{12} + 9x_{13} + 9x_{21} + 3x_{22} + 3x_{23} + 9x_{61} + 3x_{62} + 9x_{91} + x_{92} + 9x_{10\,1} + 3x_{10\,2} + 9x_{12\,1} + x_{12\,2}$$

$$y_5= x_{41} + 3x_{42} + 9x_{43}$$

$$y_6= x_{11} + 3x_{12} + 9x_{13} + x_{41} + 3x_{42} + 9x_{43}$$

$$y_7= 3x_{11} + 9x_{12} + 9x_{13} + 3x_{21} + 9x_{22} + 9x_{23} + 3x_{41} + 9x_{42} + 9x_{43} + 9x_{51} + 3x_{52} + 9x_{61} + 3x_{62} + 9x_{71} + 3x_{72} + 9x_{81}+ 9x_{91} + 3x_{92}+ 9x_{10\,1} +3x_{10\,2} + 9x_{11\,1} + 9x_{12\,1}$$

$$y_8= x_{11} + 3x_{12} + 9x_{13} + 9x_{51} + 3x_{52} + 9x_{61} + 3x_{62} + 9x_{71} + 3x_{72} + 9x_{81}+ 9x_{91} + x_{92} + 9x_{10\,1} + x_{10\,2} + 9x_{11\,1} + 9x_{12\,1}$$

$$y_9= 3x_{11} + 3x_{12} + 9x_{13} + 9x_{41} + 9x_{42} + x_{43} + 9x_{51} + 3x_{52} + 9x_{61} + 9x_{71} + 3x_{72} + 9x_{81} + 9x_{91} + 3x_{92} + 3x_{10\,1} + 9x_{10\,2} + 9x_{11\,1} + 9x_{12\,1}$$

$$400x_{11} + 500x_{12} + 700x_{13} \leq tc_1$$

$$200x_{21} + 300x_{22} + 400x_{23} \leq tc_2$$

$$600x_{31} + 700x_{32} + 800x_{33} \leq tc_3$$

$$200x_{41} + 400x_{42} + 500x_{43} \leq tc_4$$

$$150x_{51} + 50x_{52} \leq tc_5$$

$$200x_{61} \leq tc_6$$

$$150x_{71} \leq tc_7$$

$$150x_{81} \leq tc_8$$

$$300x_{91} \leq tc_9$$

$$200x_{10\,1} \leq tc_{10}$$

$$350x_{11\,1} \leq tc_{11}$$

$$250x_{12\,1} \leq tc_{12}$$

$$tc_1 + tc_2 + tc_3 + tc_4 + tc_5 + tc_6 + tc_7 + tc_8 + tc_9 + tc_{10} + tc_{11} + tc_{12} \leq 3000$$

$$x_{KL} \in \{0.1\}$$

## ٩-٣. حل النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)

أعتمد الباحث فى حله للنموذج الرياضى على برنامج لينجو LINGO النسخة ١٣ وجاءت نتائج حل النموذج الرياضى وتفسيرات الحل على النحو التالى:

### ٩-٣-١. نتائج حل النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)

الجدول التالى (جدول رقم ٨) يبين نتائج حل النموذج الرياضى المستخلصة من ملحق (٤):

**جدول رقم (٧) نتائج حل النموذج الرياضى**

| التكلفة المستهدفة | الخصائص الفنية الأساسية – التكلفة المستهدفة لكل خاصية فنية | | | | | | | | | | | | دالة الهدف | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $K_1$ قدرة الموتور بالوات | $K_2$ السعة الكلية باللتر | $K_3$ الأبعاد الخارجية (ارتفاع، عمق، عرض) | $K_4$ صلابة الجسم | $K_5$ إزالة الروائح | $K_6$ تحكم بوظائف الثلاجة | $K_7$ شاشة بيان | $K_8$ إنذار ترك الباب | $K_9$ مفاتيح ضبط | $K_{10}$ التحكم بالتبريد | $K_{11}$ تعقيم الخضروات | $K_{12}$ كفاءة التبريد | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ | $y_4$ | $y_5$ | $y_6$ | $y_7$ | $y_8$ | $y_9$ |
| ٤٠٠٠ | ٣ | ١ | ٣ | ٣ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ٢٣٩٦ | | | | | | | | |
| جنيه | ٧٠٠ | ٢٠٠ | ٨٠٠ | ٥٠٠ | ١٥٠ | ٢٠٠ | ١٥٠ | ١٥٠ | ٣٠٠ | ٢٠٠ | ٣٥٠ | ٢٥٠ | ٢٨ | ٥٤ | ٦٦ | ٧٢ | ٢٧ | ٣٦ | ١١١ | ٩٩ | ٩٤ |
| ٣٥٠٠ | ٣ | ١ | ٢ | ٣ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ٢ | ١ | ٢٣١٠ | | | | | | | | |
| جنيه | ٧٠٠ | ٢٠٠ | ٧٠٠ | ٥٠٠ | ١٥٠ | ٢٠٠ | ١٥٠ | ١٥٠ | ٣٠٠ | ٢٠٠ | ٠ | ٢٥٠ | ٢٢ | ٥٤ | ٧٤ | ٧٢ | ٢٧ | ٣٦ | ١٠٢ | ٩٠ | ٨٥ |
| ٣٠٠٠ | ١ | ١ | ١ | ٢ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ٢ | ١ | ٢١٧٦ | | | | | | | | |
| جنيه | ٤٠٠ | ٢٠٠ | ٦٠٠ | ٤٠٠ | ١٥٠ | ٢٠٠ | ١٥٠ | ١٥٠ | ٣٠٠ | ٢٠٠ | ٠ | ٢٥٠ | ٢٠ | ٤٨ | ٨٢ | ٦٦ | ٢١ | ٢٢ | ٩٦ | ٨٢ | ٨٧ |
| ٢٠٠٠ | ١ | ١ | ١ | ١ | ٢ | ١ | ١ | ١ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | ١٧٣٦ | | | | | | | | |
| جنيه | ٤٠٠ | ٢٠٠ | ٦٠٠ | ٢٠٠ | ٥٠ | ٢٠٠ | ١٥٠ | ١٥٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٢٠ | ٣٨ | ٨٤ | ٤٤ | ١٩ | ٢٠ | ٦٣ | ٥١ | ٧٢ |
| ١٤٥٠ | ١ | ١ | ١ | ١ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | ١٢٥٥ | | | | | | | | |
| جنيه | ٤٠٠ | ٢٠٠ | ٦٠٠ | ٢٠٠ | ٥٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٢٠ | ٢٢ | ٦٢ | ٣٨ | ١٩ | ٢٠ | ٤٢ | ٣٠ | ٤٨ |
| ١٤٠٠ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | حل غير ممكن | | | | | | | | |
| جنيه | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

### ٩-٣-٢. تفسيرات نتائج حل النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)

من جدول نتائج الحل (جدول رقم ٧) يتضح الآتى:

**أولاً**: أقصى دالة هدف يمكن تحقيقها ٢٣٩٦ جنية عندما تكون التكاليف المستهدفة ٤٠٠٠ جنية، والتى عندها يظهر النموذج الرياضى اختيار المستوى الثالث من الخاصية الأولى (الثلاجة ذات قوة موتور ٢٥١ وات)، واختيار المستوى الأول من الخاصية الثانية (الثلاجة ذات سعة كلية ٤٢٥ لتر)، واختيار المستوى الثالث من الخاصية الثالثة (الثلاجة ذات أبعاد ١٨٦٠سم، ٨٤٠ سم، ٨٤٠ سم)، واختيار المستوى الثالث من الخاصية الرابعة (الثلاجة ذات طبقة صاج سميكة)، واختيار المستوى الأول لكل الخصائص الفنية الأخرى (فلتر كربونى، تحكم إلكترونى كامل، شاشة ديجيتال، إنذار تلقائى، مفاتيح ضبط لا تسمح بعبث الأطفال، مفتاح للكابينة وآخر للفريزر، لمبات فوق بنفسجية، مراوح إضافية)، وأن زيادة للتكاليف المستهدفة عن ٤٠٠٠ جنية لن تغير من دالة الهدف، ولا تغير من مستوى الخاصية الفنية المختارة.

**ثانياً**: أقل دالة هدف يمكن تحقيقها ١٢٥٥ جنية عندما تكون التكاليف المستهدفة ١٤٥٠ جنية، والتى عندها يظهر النموذج الرياضى اختيار المستوى الأول فى الخصائص الفنية الأربعة الأولى والمستوى الثانى فى باقى الخصائص الفنية.

**ثالثاً**: إذا تم تخفيض التكاليف المستهدفة عن ١٤٥٠ جنية، يصبح الحل غير ممكن.

## ١٠. نتائج وتوصيات البحث

**أولاً: نتائج البحث**

(١) بدأ ظهور مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى اليابان على يد Oshiumi عام ١٩٦٦ م، ثم طوره Ishihara فى أواخر الستينات من القرن العشرين الميلادى، ثم أدرك Akao فائدته فى عام ١٩٦٩ م واستخدمه فى مرحلة تصميم المنتجات من خلال تحويل خصائص معينة عند مرحلة تصميم المنتج الى نقاط دقيقة لمراقبة الجودة على شكل خرائط مراقبة جودة التصنيع، ثم قام Akao بنشر بحث فى عام ١٩٧٢م بعنوان "hinshitsu tenkai" والتى تعنى التعريف بالجودة "Quality Deployment"، ثم ظهر بالولايات المتحدة الأمريكية فى أكتوبر ١٩٨٣م مصطلح التقدم نحو الجودة Quality Progress والذى كان بمثابة البداية نحو انتشار منهج الدالة الوظيفية للجودة (QFD).

(٢) مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) هو مفهوم شامل يوفر الوسيلة التى تستخدم لترجمة متطلبات العملاء الى ميزة فنية Technical Attribute (TA) لكل مرحلة من مراحل تطوير الإنتاج والمنتجات، ويمثل أداة قوية من خلالها يتم سماع صوت

العميل فى جميع مراحل عملية تصميم المنتجات، ويساعد فى الوصول الى ترتيب أولويات حاجات العملاء حيث يتم البدء الحاجة الأكثر أهمية.

(٣) يهدف مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) الى: مساعدة الشركات فى الموازنة بين ما يطلبه العملاء وما تنتجه الشركة، وتحسين التواصل بين أقسام الشركة وتعزيز العمل الجماعى، وإنشاء الجودة من المنبع Quality is built in upstream، وزيادة رضا العملاء عن طريق التأكد من أن طلبات العملاء قد أخذت فى الاعتبار أثناء عملية تطوير المنتجات، وعدم إهمال النقاط الهامة لمراقبة الإنتاج، وجمع كافة البيانات المطلوبة لتطوير المنتجات، وإمداد فريق التطوير برأى سريع عن أسلوب التطوير الذى يحقق منتجات تلبى طلبات العملاء، وقصر وقت وصول المنتج للسوق.

(٤) يتكون هيكل الدالة الوظيفية للجودة من ٤ مراحل هى: تخطيط المنتجات والتى تعرف باسم بيت الجودة (HOQ)، والتعريف بأجزاء المنتج، وتخطيط العمليات، وتخطيط الإنتاج.

(٥) أولى متطلبات مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) مصفوفة بيت الجودة (HOQ) والتى تستخدم لتنظيم وتحديد العلاقات المتداخلة بين متطلبات العملاء (التى تشير الى ما الذى يريده العملاء؟) والخصائص الفنية الرئيسية (التى تشير الى الكيفية التى بها تتحقق متطلبات العملاء)، وهذه المصفوفة تلخص معلومات عن الخصائص الفنية الرئيسية التى يجب تواجدها فى المنتج والتى ترتبط بترتيب أولويات العملاء والترابط بين تلك الخصائص الفنية.

(٦) عرفت جمعية هندسة القيمة الأمريكية The society of American Value Engineering هندسة القيمة (VE) بأنها التطبيق المنهجى للأساليب والتقنيات المعترف بها والتى تساعد فى تحديد وظيفة المنتج أو الخدمة وتعطى قيمة نقدية لتلك الوظيفة وتوفر الثقة فى تلك الوظيفة بأقل تكلفة، ويساعد هذا الأسلوب فى تحديد بدائل للتصميمات الخاصية الفنية المكونة للمنتج واختيار البديل الذى يتطلب مواد أولية تحقق التصميم الذى يطلبه العميل وفى نفس الوقت يتطلب تكلفة أقل.

(٧) إن نظام التكاليف المستهدف (TC) ليس فقط أسلوب لخفض التكاليف بل هو أده للتخطيط الاستراتيجى Strategic Planning Tool حيث يقوم هذا النظام على تجميع المعلومات فى مرحلة تخطيط وتصميم المنتجات لخفض تكلفة المنتجات من خلال حذف والتخلص من الوظائف والأنشطة التى لا تضيف قيمة، فهو يطبق فى مرحلة مبكرة لمرحلة تطوير المنتجات وكذلك داخل كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج Product Life Cycle.

(٨) يساعد نظام التكاليف المستهدفة (TC) فى تحديد سعر البيع الذى يكون فيه العميل على استعداد لدفعه عندما يجد مستوى معين من الجودة فى المنتج الذى يرغب فى شراؤه، حيث يستخدم هذا النظام سعر البيع وهامش الربح المرغوب فيه فى تحديد التكلفة المسموح بها لتصنيع المنتجات الجديدة والمنتجات القائمة، ثم تحديد الفجوة التكاليفية وتقسيمها الى خفض قابل للتحقيق (بجهود معينة يمكن تحقيقه) وخفض يصعب تحقيقه والذى يصبح التحدى الرئيسي أمام الإدارة.

(٩) إذا كان مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) يركز على احتياجات العملاء فى مرحلة تصميم المنتجات، فإن نظام التكاليف المستهدفة (TC) يركز على رغبات العملاء وجودة المنتجات وأدائها الوظيفى دون زيادة تكاليف إنتاجها، ويتكامل مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) مع نظام التكاليف المستهدفة (TC) للمساعدة فى إدارة تكلفة المنتجات مع تعزيز مواصفات الجودة من خلال تلبية احتياجات العملاء والمساعدة فى التخلص من الوظائف التى لا تضيف قيمة للمنتجات.

(١٠) توصلت الدراسة النظرية والتطبيقية للنموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة) الى تحقيق فروض البحث حيث: سيساعد مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) فى تحديد احتياجات وطلبات وتوقعات العملاء مما حقق الفرض الأول للبحث، كما سيساعد أسلوب هندسة القيمة (VE) فى الوصول الى مكونات منتج به الخصائص والصفات والميزات التى يتطلبها العملاء مما حقق الفرض الثانى للبحث، كما سيساعد نظام التكاليف المستهدفة (TC) فى خفض التكلفة دون المساس بالجودة خلال مرحلة تصميم المنتجات مما حقق الفرض الثالث للبحث، كما سيساعد التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة (QFD) وأسلوب هندسة القيمة (VE) ونظام التكاليف المستهدفة (TC) فى الوصول الى منتجات ترضى وتلبى احتياجات العملاء، وبمكونات فنية تتميز بخصائص وصفات وميزات يحتاجها ويتوقعها العملاء، وبتكلفة أقل مما حقق الفرض الرابع للبحث.

**ثانياً: توصيات البحث ومقترحات لأبحاث قادمة**

(١) الاهتمام بضرورة نشر أفكار مدخل الدالة الوظيفية للجودة وجعلها جزء من ثقافة العاملين.

(٢) الاهتمام بتكوين فريق عمل يضم العديد من التخصصات تساعد على تطبيق مدخل الدالة الوظيفية الجودة وأسلوب هندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة.

(٣) التوسع فى استخدام الأساليب والنماذج الرياضية داخل الشركات للوصول الى نتائج ذات أمثلية وبعيدة عن التحيز.

(٤) يوصى الباحث بإجراء المزيد من الدراسات على نوعية أخرى من مجالات الأعمال التى لم تخضع للدراسة الميدانية من قبل الباحث.
(٥) إجراء دراسة تربط بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وستة سيجما.
(٦) بناء إطار متكامل لإدارة التكلفة من خلال التكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وأسلوب هندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة.
(٧) استخدام النماذج الرياضية للتكامل بين مدخل الدالة الوظيفية للجودة وأسلوب هندسة القيمة ونظام التكاليف المستهدفة فى المؤسسات الخدمية.

# قائمة المراجع

## المراجع العربية

(١) الهلباوى، سعيد محمود ، النشار، تهانى محمود (٢٠١٣). ***المحاسبة الإدارية المتقدمة: مدخل إدارة التكلفة***، الطبعة الرابعة، كلية التجارة- جامعة طنطا.

## المراجع الأجنبية

(1) Adiano, Cindy and Aleda V. Roth, (1994), "Beyond the House of Quality: Dynamic QFD", ***Benchmarking: An International Journal***, Vol. 1, No. 1, pp. 25-37.

(2) Akao, Yoji, (1972), "New product development and quality assurance deployment system (in Japanese)", ***Standardisation and Quality Control***, Vol. 25, No. 4, pp. 243–246.

(3) Akao, Yoji and Glenn H. Mazur, (2003), "The Leading Edge in QFD: Past, Present and Future", ***International Journal of Quality & Reliability Management***, Vol. 20, No. 1, pp. 20-35.

(4) Annappa, C. M. and K. S. Panditrao, (2013), "Integration of Quality Function Deployment and Value Engineering in Furniture Manufacturing Industry for Improvement of Computer Work Station", ***International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)***, Vol. 2, No .6, pp. 45-52.

(5) Besterfield, D. H.; C. B. Michna; G. H. Besterfield and M. B. Sacre, (2006). ***Total Quality Management***, (Prentice Hall of India, 3rd edition).

(6) Blocher, Edward J.; David E. Stout and Gary Cokins, (2010), ***Cost Management: A Strategic Emphasis***, (New York: McGraw-Hill/Irwin, Fifth Edition).

(7) Chan, L. K. and M. L. Wu, (1998), "Prioritizing the technical measures in quality function deployment", ***Quality Engineering (Qual. Eng.)***, Vol. 10, No. 3, pp. 467-479.

(8) ----------, (2002),"Quality function deployment: a literature review", ***European Journal of Operational Research*** (***Eur. J. Operation. Res.)***, Vol. 143, pp. 463–497.

(9) ----------, (2002-03),"Quality function deployment: a comprehensive review of its concepts and methods", ***Quality Engineering (Qual. Eng.)***, Vol. 15, No. 1, pp. 23–35.

(10) ----------, (2005),"A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example", ***Omega*** , Vol. 33, No. 2, pp. 119–139.

(11) Chaoqun, Deng (2010), "Research on Application System of Integrating QFD and TRIZ", ***Proceedings of the 7th International Conference on Innovation & Management***, http://www.pucsp.br/icim/ingles/downloads/papers_2010/part_4/14_, pp. 499-503.

(12) Cheah, C. Y. J. and S. K. Ting, (2005), "Appraisal of value engineering in construction in southeast asia", ***International Journal of Project Management***. Vol. 23, No. 2, pp. 151-158.

(13) Cohen, L., (1995). ***Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You***, (Addison-Wesley, Reading, MA).

(14) Cooper, R. and R. Slagmulder, (1997), ***Target Costing and Value Engineering***, (Productivity Press, New York, NY).

(15) ----------, (1999), "Develop profitable new products with target costing", ***Sloan Management Review***, pp. 23-33.

(16) Dekker H., and P. Smidt, (2003), "A survey of the adoption and use of Target costing in Dutch firms", ***International Journal of Production Economics***, Vol. 84, No. 3, pp. 293–305

(17) Elias, S. (1998), "Value engineering. A powerful productivity tool", ***Computers Industrial Engineering***, Vol. 35, No. 3-4, pp. 381-393.

(18) Ellram, L. M., (2002), "Supply management's involvement in the target costing process", ***European Journal of Purchasing and Supply Management***, Vol. 8, No. 4, pp. 235-244.

(19) Gandhinathan, R.; N. Raviswaran and M. Suthakar, (2004), "QFD- and VE-enabled target costing: a fuzzy approach", ***The International Journal of Quality & Reliability Management***, Vol. 21, No. 9, pp. 1003-1011.

(20) Gonzalez M. F.; G. Quesada and A. T. Bahill, (2003), "Improving Product Design Using Quality Function Deployment: The School Furniture Case in Developing Countries", ***Quality Engineering***, Vol. 16, No. 1, pp. 47-58.

(21) Hertenstein J., and M. Platt, (1999), "A Cost/Time Trade-off Framework for New Product Development", ***International Journal of Strategic Cost Management***, Vol. 2, No.2, pp. 31-47.

(22) Jariri, F. and S.H. Zegordi, (2008), "Quality Function Deployment, Value Engineering and Target Costing, an Integrated Framework in Design Cost Management: A Mathematical Programming Approach", ***Scientia Iranica***, Vol. 15, No. 3, pp. 405-411.

(23) Karimi, Zahra and Alireza Jafari, (2014), "Cost Management through Using Target Costing, Quality Function Deployment and Value Engineering", ***Research Journal of Environmental and Earth Sciences***, Vol. 6, No. 4, pp. 233-240.

(24) Kee, R., (2010), "The Sufficiency of Target Costing for Evaluating Production-Related Decisions", ***International***

***Journal of Production Economics***, Vol. 126, No. 2, pp. 204-211.

(25) King, B., (1987), ***Better Designs in Half the Time: Implementing Quality Function Deployment in America***, (GOAL/QPC, Methuen, MA).

(26) Marsh, S.; J. W. Moran; S. Nakui; and G. Hoffherr, (1991). ***Facilitating and Training in Quality Function Deployment***, (GOAL/QPC, Methuen, MA).

(27) Nishimura, H., (1972), "Ship design and quality table (in Japanese)", ***Quality Control (JUSE)***, Vol. 23, (May), pp. 16–20.

(28) Sani A. A. and M. Allahverdizadeh, (2012), "Target and Kaizen costing", ***World academy of science, engineering and Technology***, Vol. 6, p. 40-46.

(29) Sharma J. (2012), "A cross disciplinary approach to product development and design through QFD, TC and value engineering", ***international journal of productivity and quality management***, Vol. 9, No. 3, pp. 309-331.

(30) Singh, Shailender and Manish Kumar, (2014), "Integration of Quality Function Deployment and Target Costing", ***International Journal of Computer Applications National: Conference on Advances in Technology & Applied Sciences***, pp. 16-19.

(31) Wu, Hsin-Hung and Jiunn-I Shieh, (2008), "Applying a markov chain model in quality function", ***Quality and Quantity (Qual Quant)***, Vol. 42, pp. 665–678.

## ملاحق البحث

### ملحق رقم (١)
### استمارة تحديد وزن حاجات العملاء

يعتمد تحديد وزن حاجات العملاء على طرح مجموعة من الحاجات التى يتوقع أن يطلبها العملاء فى الموديلات المختلفة من الثلاجات التى تنتجها شركة كريازى من خلال الاستمارة التالية:

| الحاجة | ٥ الدرجة القوية جداً للحاجة | ٤ الدرجة القوية للحاجة | ٣ الدرجة المتوسطة للحاجة | ٢ الدرجة المنخفضة للحاجة | ١ الدرجة المنخفضة جداً للحاجة |
|---|---|---|---|---|---|
| المظهر الجمالى | | | | | |
| درجة الآمان | | | | | |
| توفير فى استهلاك الكهرباء | | | | | |
| سرعة التبريد | | | | | |
| مقاومة الظروف الجوية والتآكل | | | | | |
| ارتفاع درجة التحمل | | | | | |
| ارتفاع العمر الاقتصادى | | | | | |
| قلت الأعطال | | | | | |
| توافر مراكز الصيانة | | | | | |

### ملحق رقم (٢)
### استمارة تحديد درجة قوة العلاقة بين كل حاجة من حاجات العملاء وكل خاصية من مستويات الخصائص الفنية المتوافرة فى المنتج

تم تصميم هذه الاستمارة بالاستعانة مع بيوت بيت الجودة والتى لها خبرة فى هذا المجال على أساس أن:

- الدرجة ٩ تشير الى العلاقة القوية بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.
- الدرجة ٣ تشير الى العلاقة المتوسطة بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.

- الدرجة ١ تشير الى العلاقة الضعيفة بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.
- الدرجة صفر تشير الى عدم وجود علاقة بين حاجة العميل والخاصية الفنية فى المنتج.

| الخاصية الفنية k | $K_1$ قدرة الموتور بالوات | | | $K_2$ السعة الكلية باللتر | | | $K_3$ الأبعاد الخارجية (ارتفاع، عمق، عرض) سم | | | $K_4$ صلابة الجسم | | | $K_5$ إزالة الروائح | | $K_6$ تحكم بوظائف الثلاجة | | $K_7$ شاشة بيان | | $K_8$ إنذار ترك الباب | | $K_9$ مفاتيح ضبط | | $K_{10}$ التحكم بالتبريد | | $K_{11}$ تعقيم الخضروات | | $K_{12}$ كفاءة التبريد | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مستويات الخاصية الفنية L | $L_{11}$ ١٨٥ وات | $L_{12}$ ٢٢٢ وات | $L_{13}$ ٢٥١ وات | $L_{21}$ ٤٢٥ لتر | $L_{22}$ ٥٤٠ لتر | $L_{23}$ ٦٩٠ لتر | $L_{31}$ ٦٧٠ ، ٧٤٥ ، ٧٧٠ | $L_{32}$ ٨١٠ ، ٨٤٠ ، ١٨٦٠ | $L_{33}$ ٨٤٠ | $L_{41}$ طبقة صاج خفيفة | $L_{42}$ طبقة صاج متوسطة | $L_{43}$ طبقة صاج سميكة | $L_{51}$ فلتر كربونى | $L_{52}$ فلتر عادى | $L_{61}$ تحكم إلكترونى كامل | $L_{62}$ تحكم يدوى | $L_{71}$ شاشة ديجيتال | $L_{72}$ شاشة عادية | $L_{81}$ إنذار تلقائى | $L_{82}$ لا يوجد إنذار | $L_{91}$ لا تسمح بعبث الأطفال | $L_{92}$ تسمح بعبث الأطفال | $L_{101}$ مفتاح للكابينة وآخر للفريزر | $L_{102}$ مفتاح واحد للكابينة والفريزر | $L_{111}$ لمبات فوق بنفسجية | $L_{112}$ لا توجد لمبات | $L_{121}$ مراوح إضافية | $L_{122}$ عدم وجود مراوح |
| الحاجة i | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_1$ المظهر الخارجى | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_2$ درجة الأمان | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_3$ توفير الكهرباء | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_4$ سرعة التبريد | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_5$ مقاومة التآكل | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_6$ درجة التحمل | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_7$ العمر الاقتصادى | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_8$ قلت الأعطال | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $i_9$ مراكز الصيانة | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**ملحق رقم (٣)**

**وضع النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة) على الصورة التى يفهمها برنامج الحل لينجو LINGO**

لأغراض حل النموذج الرياضى يتم وضعه على الصورة التالية لإمكانية إدخاله فى برنـامج الحل **LINGO**:

$$\text{Max} = 3 * y_1 + 5 * y_2 + 5 * y_3 + 4 * y_4 + 3 * y_5 + 4 * y_6 + 3 * y_7 + 4 * y_8 + 5 * y_9;$$

$$x_{1_1} + x_{1_2} + x_{1_3} = 1;$$

$$x_{2_1} + x_{2_2} + x_{2_3} = 1;$$

$$x_{3_1} + x_{3_2} + x_{3_3} = 1;$$

$$x_{4_1} + x_{4_2} + x_{4_3} = 1;$$

$$x_{5_1} + x_{5_2} = 1;$$

$$x_{6_1} + x_{6_2} = 1;$$

$$x_{7_1} + x_{7_2} = 1;$$

$$x_{8_1} + x_{8_2} = 1;$$

$$x_{9_1} + x_{9_2} = 1;$$

$$x_{10_1} + x_{10_2} = 1;$$

$$x_{11_1} + x_{11_2} = 1;$$

$$x_{12_1} + x_{12_2} = 1;$$

$$x_{2_1} + 3 * x_{2_2} + 9 * x_{2_3} + x_{3_1} + 3 * x_{3_2} + 9 * x_{3_3} - y_1 = 0;$$

$$x_{4_1} + 3 * x_{4_2} + 9 * x_{4_3} + 9 * x_{6_1} + x_{6_2} + 9 * x_{8_1} + x_{8_2} + 9 * x_{9_1} + x_{9_2} - y_2 = 0;$$

$$9 * x_{1_1} + 3 * x_{1_2} + x_{1_3} + 9 * x_{2_1} + 3 * x_{2_2} + x_{2_3} + 9 * x_{6_1} + x_{6_2} + 9 * x_{7_1} + 3 * x_{7_2} + 9 * x_{8_1} + x_{8_2} + 9 * x_{10_1} + 3 * x_{10_2} + x_{11_1} + 9 * x_{11_2} + x_{12_1} + 9 * x_{12_2} - y_3 = 0;$$

$3 * x_{1_1} + 3 * x_{1_2} + 9 * x_{1_3} + 9 * x_{2_1} + 3 * x_{2_2} + 3 * x_{2_3} + 9 * x_{6_1} + 3 * x_{6_2} + 9 * x_{9_1} + x_{9_2} + 9 * x_{10_1} + 3 * x_{10_2} + 9 * x_{12_1} + x_{12_2} - y_4 = 0;$

$x_{4_1} + 3 * x_{4_2} + 9 * x_{4_3} - y_5 = 0;$

$x_{1_1} + 3 * x_{1_2} + 9 * x_{1_3} + x_{4_1} + 3 * x_{4_2} + 9 * x_{4_3} - y_6 = 0;$

$3 * x_{1_1} + 9 * x_{1_2} + 9 * x_{1_3} + 3 * x_{2_1} + 9 * x_{2_2} + 9 * x_{2_3} + 3 * x_{4_1} + 9 * x_{4_2} + 9 * x_{4_3} + 9 * x_{5_1} + 3 * x_{5_2} + 9 * x_{6_1} + 3 * x_{6_2} + 9 * x_{7_1} + 3 * x_{7_2} + 9 * x_{8_1} + 9 * x_{9_1} + 3 * x_{9_2} + 9 * x_{10_1} + 3 * x_{10_2} + 9 * x_{11_1} + 9 * x_{12_1} - y_7 = 0;$

$x_{1_1} + 3 * x_{1_2} + 9 * x_{1_3} + 9 * x_{5_1} + 3 * x_{5_2} + 9 * x_{6_1} + 3 * x_{6_2} + 9 * x_{7_1} + 3 * x_{7_2} + 9 * x_{8_1} + 9 * x_{9_1} + x_{9_2} + 9 * x_{10_1} + x_{10_2} + 9 * x_{11_1} + 9 * x_{12_1} - y8 = 0;$

$3 * x_{1_1} + 3 * x_{1_2} + 9 * x_{1_3} + 9 * x_{4_1} + 9 * x_{4_2} + x_{4_3} + 9 * x_{5_1} + 3 * x_{5_2} + 9 * x_{6_1} + 9 * x_{7_1} + 3 * x_{7_2} + 9 * x_{8_1} + 9 * x_{9_1} + 3 * x_{9_2} + 3 * x_{10_1} + 9 * x_{10_2} + 9 * x_{11_1} + 9 * x_{12_1} - y_9 = 0;$

$400 * x_{1_1} + 500 * x_{1_2} + 700 * x_{1_3} - tc_1 <= 0;$

$200 * x_{2_1} + 300 * x_{2_2} + 400 * x_{2_3} - tc_2 <= 0;$

$600 * x_{3_1} + 700 * x_{3_2} + 800 * x_{3_3} - tc_3 <= 0;$

$200 * x_{4_1} + 400 * x_{4_2} + 500 * x_{4_3} - tc_4 <= 0;$

$150 * x_{5_1} + 50 * x_{5_2} - tc_5 <= 0;$

$200 * x_{6_1} - tc_6 <= 0;$

$150 * x_{7_1} - tc_7 <= 0;$

$150 * x_{8_1} - tc_8 <= 0;$

$300 * x_{9_1} - tc_9 <= 0;$

$200 * x_{10_1} - tc_{10} <= 0;$

$350 * x_{11_1} - tc_{11} <= 0;$

$250 * x_{12_1} - tc_{12} <= 0;$

$tc_1 + tc_2 + tc_3 + tc_4 + tc_5 + tc_6 + tc_7 + tc_8 + tc_9 + tc_{10} + tc_{11} + tc_{12} <= 3000;$

$@bin(x_{1_1});$ $@bin(x_{1_2});$ $@bin(x_{1_3});$ $@bin(x_{2_1});$ $@bin(x_{2_2});$
$@bin(x_{2_3});$ $@bin(x_{3_1});$ $@bin(x_{3_2});$ $@bin(x_{3_3});$ $@bin(x_{4_1});$
$@bin(x_{4_2});$ $@bin(x_{4_3});$ $@bin(x_{5_1});$ $@bin(x_{5_2});$ $@bin(x_{6_1});$
$@bin(x_{6_2});$ $@bin(x_{7_1});$ $@bin(x_{7_2});$ $@bin(x_{8_1});$ $@bin(x_{8_2});$
$@bin(x_{9_1});$ $@bin(x_{9_2});$ $@bin(x_{10_1});$ $@bin(x_{10_2});$ $@bin(x_{11_1});$
$@bin(x_{11_2});$ $@bin(x_{12_1});$ $@bin(x_{12_2});$

**ملحق رقم (٤)**

**نتائج حل النموذج الرياضى (البرمجة المختلطة بالأعداد الصحيحة)**

| المتغير | القيمة عند تكلفة مستهدفة ٤٠٠٠ جنيه دالة الهدف ٢٣٩٦ | القيمة عند تكلفة مستهدفة ٣٥٠٠ جنيه دالة الهدف ٢٣١٠ | القيمة عند تكلفة مستهدفة ٣٠٠٠ جنيه دالة الهدف ٢١٧٦ | القيمة عند تكلفة مستهدفة ٢٠٠٠ جنيه دالة الهدف ١٧٣٦ | القيمة عند تكلفة مستهدفة ١٤٥٠ جنيه دالة الهدف ١٢٥٥ | القيمة عند تكلفة مستهدفة ١٤٠٠ جنيه دالة الهدف غير ممكنة No feasible solution |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $y_1$ | 28.00 | 22.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 0.00 |
| $y_2$ | 54.00 | 54.00 | 48.00 | 38.00 | 22.00 | 0.00 |
| $y_3$ | 66.00 | 74.00 | 82.00 | 84.00 | 62.00 | 0.00 |
| $y_4$ | 72.00 | 72.00 | 66.00 | 44.00 | 38.00 | 0.00 |
| $y_5$ | 27.00 | 27.00 | 21.00 | 19.00 | 19.00 | 0.00 |
| $y_6$ | 36.00 | 36.00 | 22.00 | 20.00 | 20.00 | 0.00 |
| $y_7$ | 111.00 | 102.00 | 96.00 | 63.00 | 42.00 | 0.00 |
| $y_8$ | 99.00 | 90.00 | 82.00 | 51.00 | 30.00 | 0.00 |
| $y_9$ | 94.00 | 85.00 | 87.00 | 72.00 | 48.00 | 0.00 |
| $x_{1_1}$ | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{1_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{1_3}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{2_1}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{2_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{2_3}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{3_1}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **0.00** | $x_{3_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | $x_{3_3}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{4_1}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{4_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{4_3}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{5_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{5_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{6_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{6_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{7_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{7_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{8_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{8_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{9_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{9_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{10_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{10_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | $x_{11_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **0.00** | $x_{11_2}$ |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | $x_{12_1}$ |
| **0.00** | **1.00** | **1.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | $x_{12_2}$ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **0.00** | **400.00** | **400.00** | **400.00** | **700.00** | **700.00** | **$tc_1$** |
| **0.00** | **200.00** | **200.00** | **200.00** | **200.00** | **200.00** | **$tc_2$** |
| **0.00** | **600.00** | **600.00** | **600.00** | **700.00** | **800.00** | **$tc_3$** |
| **0.00** | **200.00** | **200.00** | **400.00** | **500.00** | **500.00** | **$tc_4$** |
| **0.00** | **50.00** | **50.00** | **150.00** | **150.00** | **150.00** | **$tc_5$** |
| **0.00** | **0.00** | **200.00** | **200.00** | **200.00** | **200.00** | **$tc_6$** |
| **0.00** | **0.00** | **150.00** | **150.00** | **150.00** | **150.00** | **$tc_7$** |
| **0.00** | **0.00** | **150.00** | **150.00** | **150.00** | **150.00** | **$tc_8$** |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **300.00** | **300.00** | **300.00** | **$tc_9$** |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **200.00** | **200.00** | **200.00** | **$tc_{10}$** |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **350.00** | **$tc_{11}$** |
| **0.00** | **0.00** | **0.00** | **250.00** | **250.00** | **250.00** | **$tc_{12}$** |