نموذج مقترح لإدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي في بيئة التصنيع المصرية: دراسة حالة

د. مايكل صموئيل الفونس باسيلي
مدرس المحاسبة

د. عبد العظيم محمد عبد العظيم السيد
مدرس الإحصاء وبحوث العمليات

المعهد العالي للتسويق والتجارة ونظم المعلومات
القاهرة الجديدة - جمهورية مصر العربية

الملخص

على الرغم من أن نموذج تكاليف دورة حياة المنتج التقليدي من أكثر النماذج استخدامًا في عملية اتخاذ القرار المتعلق بالمفاضلات بين تصنيع المنتجات المختلفة؛ حيث إنه يأخذ في الاعتبار جميع التكاليف التي تظهر خلال دورة الحياة للبدائل المتنافسة، إلا أن تكاليف دورة حياة المنتج بشكله التقليدي لا يمكنه التعامل بفعالية مع حالات عدم التأكد، ومن هنا ظهرت الحاجة إلي المنطق الضبابي الذي يتعامل مع البيانات غير المؤكدة بطريقة منهجية؛ لهذا تقدم هذه الدراسة إطارًا معرفيًا لفهم بعض الأسس التي ترتكز عليها عملية إدارة تكاليف دورة حياة المنتج؛ كما تقدم هذه الدراسة توصيفًا عامًا لمفهوم المنطق الضبابي؛ بالإضافة إلي ذلك تناقش هذه الدراسة كيفية إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي؛ لذلك فقد ركز هذا البحث على دراسة العلاقة بين استخدام المنطق الضبابي، وإدارة تكاليف دورة حياة المنتج؛ وقد قدمت هذه الدراسة نموذج مقترح لإدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي في بيئة التصنيع المصرية؛ هذا وقد اقترحت الدراسة أن استخدام المنطق الضبابي في تقدير تكاليف دورة حياة المنتج يتوقع أن يؤثر على إدارة تكاليف المنتج، وباستخدام مدخل دراسة الحالة لإحدى الشركات الصناعية المصرية في مجال تصنيع الأجهزة الكهربائية المنزلية، أوضحت نتائج الدراسة أن استخدام المنطق الضبابي في تقدير تكاليف دورة حياة المنتج قد أثر بشكل إيجابي على إدارة تكاليف المنتج بالشركة محل الدراسة؛ كما أثبتت نتائج دراسة الحالة فعالية النموذج المقترح.

الكلمات المفتاحية: *تكاليف دورة حياة المنتج، المنطق الضبابي، بيئة التصنيع المصرية.*

المقدمة

تتطلب عملية اتخاذ قرار الاستثمار في تصنيع منتج جديد تقديرًا شاملاً لتكاليف المنتج، بهدف التحقق من الجدوى المالية للاستثمار (Tokede et al., 2014: 2)، ومن الأدوات الأساسية التي تستخدم في تقدير تكاليف المنتج في مراحل عمره المختلفة، نموذج تكاليف دورة حياة المنتج Product Life Cycle Costs (Mitake et al., 2021: 1425)، وهو منهجية لتقدير التكاليف الإجمالية للمنتج خلال فترة عمره المقدرة (Petrović et al., 2021: 1)، ويتكون من أربع مراحل متتالية، وهي: التصميم والتطوير، والإنتاج، والتسويق، والصيانة والإصلاح (Jusas, 2012: 23). وتعتبر المرحلة الأولى هي أهم مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج، حيث يمكن اتخاذ إجراءات وقائية، من حيث التعديل في تصميم المنتج بما يؤثر إيجابيًا على تكاليف المراحل المتتالية (Chan et al., 2014: 344)، ولاسيما تكاليف الإنتاج، لأن الأخطاء التي تنشأ في المرحلة الأولى يمكن أن تؤدي إلى زيادة تكاليف الإنتاج بنسبة تصل إلى 60% (Todic et al., 2017: 556)، كما أن تكاليف الصيانة والإصلاح تتحدد مسبقاً في المرحلة الأولى، وتتناقص فرص التأثير على تكاليف الصيانة والإصلاح مع تقدم المنتج في المراحل المتتالية (Heralova, 2018: 1223). لذلك فإن إدارة تكاليف دورة حياة المنتج تبدأ في مرحلة التصميم والتطوير، حيث يؤخذ في الاعتبار جميع عناصر التكاليف؛ كما أنها مرحلة التصور، واختيار الأفكار، وتقييم الحلول في عملية التصميم الأولى؛ حيث يراعى في تصميم المنتج الجديد توافر المتطلبات الوظيفية من جهة، والمواصفات التي تميز المنتج عن المنتجات المنافسة من

* تم استلام البحث في مايو 2022، وقبل للنشر في يوليو 2022، وتم نشره في يونيو 2024.
© المنظمة العربية للتنمية الإدارية - جامعة الدول العربية، 2024، ص ص 181- 194، (معرف الوثائق الرقمي): DOI: 10.21608/aja.2021.83953.1114

جهة أخرى، مع الأخذ في الاعتبار مقارنة التكلفة المقدرة للمنتج الجديد بتكاليف منتجات أهم المنافسين، بهدف تحديد مواطن القوة والضعف في المنتج الجديد، ومن ثم تحديد الخطط الملائمة لمعالجة مواطن الضعف (Todic et al., 2017: 556). كما يؤخذ في الاعتبار أيضاً متطلبات العملاء؛ ويساعد نموذج تكاليف دورة حياة المنتج متخذ القرار على اتخاذ قرارات أكثر دقة لأغراض مختلفة مثل: اختيار التصاميم البديلة، أو طرق إنجاز المهام، أو إدارة عمليات الإنتاج، مما يؤدي إلي زيادة العوائد المالية للاستثمار (Khodabakhshian & Toosi, 2021: 1)، لذلك يُستخدم نموذج تكاليف دورة حياة المنتج في المقارنة بين استراتيجيات الاستثمارات البديلة المتنافسة، حيث أنه يأخذ في الاعتبار جميع عناصر التكاليف التي تظهر خلال دورة حياة المنتج للبدائل المتنافسة (Ammar et al., 2013: 556). وتشمل عناصر تكاليف: مرحلة التصميم والتطوير (دراسة السوق، ودراسة المنافسين، وتحديد متطلبات العملاء، وتصميم وتطوير)، ومرحلة الإنتاج (مواد، وعمالة، وطاقة، وعمليات إنتاجية، ومراقبة جودة)، ومرحلة التسويق (تغليف، ونقل، وتخزين)، ومرحلة الصيانة والإصلاح (سحب المنتج، وتفكيك، وإعادة معالجة، والتخلص). (Jusas, 2012: 22-23). وعلى الرغم من أن نموذج تكاليف دورة حياة المنتج هو النموذج الأكثر استخدامًا في عملية اتخاذ القرار المتعلق بالمفاضلات بين تصنيع المنتجات المختلفة (Mulubrhan et al., 2018:1)، سواء أكانت مفاضلات مالية، أو مفاضلات بيئية (Besné & Güereca, 2018: 38) إلا أن نموذج تكاليف دورة حياة المنتج بشكله التقليدي لا يمكنه دعم اتخاذ القرار بفعالية لأنه يعتمد في كثير من الأحيان على بيانات تكاليف غير مؤكدة (Chen, 2007: iii). فعادةً ترتبط عناصر التكاليف بعدم التأكد (Ammar et al., 2013: 556)، وهو الفرق بين كمية البيانات المطلوبة، وكمية البيانات المتاحة، ولا يمكن قياسه، فهو ينتج عن نقص البيانات (Ilg et al., 2017: 278)، وخاصةً في المرحلة الأولى من مراحل دورة حياة المنتج (Umer, 2015: 82)، حيث تتصف هذه المرحلة بغياب أو نقص بيانات التكاليف التاريخية (Wang & Horner, 2007: 25). كذلك التقديرات الخاطئة المصاحبة لتوقع الأحداث المستقبلية، والمتمثلة في تقدير: التكاليف المستقبلية، والتغير في سعر الفائدة، والتكاليف المستترة (Mulubrhan et al., 2015: 1)، هذا فضلاً عن غياب أو نقص بيانات التكاليف المتعلقة بالصيانة والإصلاح والاستبدال، مما له تأثيرًا على عدم التأكد من النتائج النهائية (Petrović et al., 2021: 2). لذلك أرتبط فشل الاستثمارات في المنتجات الجديدة بتقدير خاطئ للتكاليف في المرحلة الأولى من مراحل دورة حياة المنتج (Nwaiwu & Oluwadare, 2016: 22). ففي ظل التوافر المحدود للبيانات الدقيقة، ومع وجود تقديرات متحيزة، يجب العمل على استنباط قيم المتغيرات غير المؤكدة (Kishk & Al-Hajj, 2000: 577)، ومن هنا ظهرت الحاجة إلي المنطق الضبابي Fuzzy Logic الذي يتعامل مع البيانات غير المؤكدة بطريقة منهجية (Kamble et al., 2017: 14)، فهو طريقة للتعامل مع المنطق الذي يكون تقريبيًا، وليس دقيقًا (Poonam & Rekha, 2020: 437). كما إنه طريقة لإزالة التحيزات الذاتية (Bécaert et al., 2006: 155). وقد قدم لطفي زادة المنطق الضبابي عام 1965م، والذي يعتبر نموذجاً فعالاً لمحاكاة تفكير العقل البشري، وهو يعتبر امتداد للمنطق متعدد القيم المرتكز على النظم الخبيرة التي تتضمن بيانات غير مؤكدة في عملية اتخاذ القرار. (Santos et al., 2020: 4) ويستند المنطق الضبابي على المجموعة الضبابية Fuzzy Set التي تُستخدم عندما لا يتوافر صيغ رياضية دقيقة؛ (Chikov & Yikob, 2021: 127) فالمجموعة الضبابية Ã في X هي مجموعة من الأزواج المرتبة المعرفة بالشكل $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\}$ حيث $\mu_{\tilde{A}}(x)$ هي دالة الانتماء Membership Function، والتي تقيس درجة انتماء العنصر x إلى المجموعة X، ويمكن تعريف مجالها، ومجالها المقابل كما يلي: $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$ ، وهناك تعريفات عديدة لتعريف قاعدة حساب دالة الانتماء، والتي منها دالة الانتماء المثلثة Triangular، وشبه المنحرف Trapezoidal، ومنحنى الجرس Bell Shape، وغيرها العديد من التعريفات الأخرى، والتي ترتبط تسميتها بالشكل الذى يمثل رسم دالة الانتماء. أما المجموعة غير الضبابية A Crisp Set في X فهي مجموعة من الأزواج المرتبة، والمعرفة بالشكل $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$ ، حيث $\mu_{\tilde{A}}(x)$ هي دالة الانتماء التي تقيس درجة انتماء العنصر x إلى المجموعة X، ويمكن تعريف مجالها ومجالها المقابل كما يلي: $\mu_A(x): X \rightarrow \{0,1\}$ (Osman et al., 2018: 662) والرقم الضبابي Fuzzy Number هو مجموعة ضبابية معرفة على مجموعة الأعداد الحقيقية $B \subset R$ ويمكن تعريفه بالشكل $\tilde{a} = \{(x, \mu_{\tilde{a}}(x)) | x \in B \subset R\}$، ويتم نسب الرقم الضبابي إلى دالة الانتماء المستخدمة معه، ففي حالة استخدام دالة الانتماء المثلثة، فإنه يسمى الرقم الضبابي المثلث. ويمكن تعريف قاعدة دالة الانتماء له كما يلي:

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \dfrac{a_1 - x}{a_1 - a_2}, & a_1 \le x \le a_2, \quad a_1 \ne a_2, \\ \dfrac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \le x \le a_3, \quad a_2 \ne a_3, \\ 0, & x \in R - [a_1, a_3] \end{cases}$$

وفي هـذه الحـالـة يـتـم كـتـابـة الـرقـم الـضـبـابي $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ بـالـشـكـل؛ أمـا الـرقـم غير الـضـبـابي Crisp Number فهو مجموعة غير ضبابية معرفة على مجموعة الأعداد الحقيقية $B \subset R$ ويمكن تعريفه على النحو التالي: $a = \{(x, \mu_a(x)) | x \in B \subset R\}$ ، وبالتالي تتخذ دالة الانتماء في حالة الرقم غير الضبابي تعريف ثابت في جميع الأحوال، ويمكن تعريفها كما يلي:

$$\mu_a(x) = \begin{cases} 1, & x \in B \\ 0, & x \notin B \end{cases}$$

وعند التعامل مع المشكلات التي تحتوي الأرقام الضبابية يتم اللجوء إلى عملية تصحيح الضبابية Defuzzification وفيها يتم تحويل الأرقام الضبابية إلى أرقام غير ضبابية، وأحد أهم الطرق المستخدمة لإتمام عملية التصحيح الضبابي طريقة مستوى ألفا Alpha Level، ويمكن تعريفها في حالة الرقم الضبابي المثلث $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ كما يلي:

$$a_I^{\alpha}(x) = \begin{cases} a_L^{\alpha} = \alpha(a_2 - a_1) + a_1, & a_1 \le x \le a_2, \ \alpha \in]0,1] \\ a_U^{\alpha} = \alpha(a_2 - a_3) + a_3, & a_2 \le x \le a_3, \ \alpha \in]0,1] \end{cases}$$

وعلى ذلك فإن قيمة الرقم غير الضبابي تمثل بصفة عامة من خلال الفترة $[a_L^{\alpha}, a_U^{\alpha}]$ عند كل قيمة لـ α وسوف نستخدم العلاقة التالية لتحويلها إلى قيمة واحدة غير ضبابية ممثلة لتلك الفترة: $a^{\alpha} = \frac{a_L^{\alpha} + a_U^{\alpha}}{2}$ (Deshmukh et al., 2021: 3941) (Ghoushchi et al., 2021: 2937).

مشكلة الدراسة:

يتمثل أساس المشكلة لهذه الدراسة في السؤال التالي: هل يمكن إدارة تكاليف دورة حياة المنتج في بيئة التصنيع المصرية عن طريق استخدام المنطق الضبابي؟

الدراسات السابقة

تم تحليل الدراسات السابقة المرتبطة بموضوع الدراسة من خلال النقاط التالية:

دراسة (Chen, 2007) بحثت في تطوير نموذج تحليل تكاليف دورة حياة البنية التحتية للطرق باستخدام المنطق الضبابي؛ حيث ترى الدراسة أن نموذج تحليل تكاليف دورة الحياة بشكله التقليدي لا يمكنه التعامل بفعالية مع حالات عدم التأكد؛ لذلك دمجت الدراسة بين نموذج تحليل تكاليف دورة الحياة، والمنطق الضبابي بهدف تحسين نموذج تحليل تكاليف دورة حياة البنية التحتية للنقل. وقد توصلت الدراسة إلى فعالية النموذج المطور في التعامل مع حالات عدم التأكد.

دراسة (Ammar et al., 2013) اقترحت نموذج نظري لتكاليف دورة حياة مرتكز على المجموعات الضبابية لاتخاذ القرار في ظل عدم التأكد؛ فقد أوضحت الدراسة أن نموذج تكاليف دورة الحياة هو النموذج الأكثر استخدامًا، والذي يأخذ في الاعتبار جميع عناصر التكاليف التي تظهر خلال دورة حياة المشروع، إلا أن عناصر التكاليف ترتبط بعدم التأكد نتيجة طول عمر المشروع، ونقص البيانات للبنية التحتية مثل الطرق؛ لذلك ترى الدراسة أن المجموعات الضبابية أكثر ملائمة للتعامل مع عدم التأكد المصاحب لتقدير عناصر التكاليف.

دراسة (Tokede et al., 2014) سعت إلى تطوير نموذج تكاليف الحياة الكاملة للمباني الإدارية، استنادًا إلى المجموعات الضبابية؛ وذلك من خلال اقتراح نموذج تكاليف الحياة الكاملة للجيل الجديد الضبابي؛ وأجريت الدراسة على عدد 25 مبنى إداري متوسط الحجم في منطقة فيلادلفيا بالولايات المتحدة الأمريكية. وقد توصلت الدراسة إلى أن استخدام المجموعات الضبابية في التعامل مع عدم التأكد المصاحب لنموذج تكاليف الحياة الكاملة يمثل نموذج فعال لتقدير التكاليف على مدى العمر التقديري للمباني.

دراسة (Umer, 2015) اقترحت مدخل لتقييم الاستدامة للبنية التحتية للطرق في ظل عدم التأكد استنادًا إلى المنطق الضبابي؛ حيث ترى الدراسة أنه على الرغم من أن نموذج تحليل تكاليف دورة الحياة, ونموذج تقييم دورة الحياة يتم تطبيقهما على نطاق واسع لاختيار بدائل الرصف المستدامة، إلا أن البيانات المستخدمة غير مؤكدة في مراحل المشروع المبكرة. وتوصلت الدراسة إلى أن النماذج المستندة إلى المنطق الضبابي أكثر ملائمة للتعامل مع حالات عدم التأكد الناتجة

عن عدم دقة البيانات البيئية، والاقتصادية المستخدمة. وأوصت الدراسة بإجراء المزيد من الدراسات في مجال تقييم الاستدامة لرصف الطرق كبيرة الحجم؛ حيث أن هذه الدراسة ركزت على الطرق الصغيرة، والمتوسطة الحجم.

دراسة (Plebankiewicz et al., 2015) آجرت مقارنة بين ثلاث نماذج رياضية تستخدم في حساب تكاليف دورة الحياة للمباني، بهدف اختيار النموذج الأكثر فعالية، وهم: الطريقة الحتمية Deterministic Method، والمجموعات الضبابية، وعملية التحليل الهرمي Analytic Hierarchy Process. وقد أجريت دراسة الحالة على مبنى سكني مكون من 5 طوابق دورة حياته مدتها 30 عامًا. وتوصلت الدراسة إلى أنه لا يوجد طريقة واحدة توفر بيانات مؤكدة؛ فالطريقة الحتمية، والمجموعات الضبابية تهتمان بمعايير الربحية المالية فقط، في حين أن عملية التحليل الهرمي تهتم بمعايير أخرى، إلا أن لها عيوبها أيضاً؛ لذلك أوصت الدراسة بضرورة ابتكار طريقة هجينة تجمع بين مزايا الثلاث نماذج، وتحد من عيوبها.

دراسة (Nwaiwu & Oluwadare, 2016) استكشفت العوامل المختلفة التي تعزز من أداء النماذج القائمة على المنطق الضبابي لتقدير تكاليف مشاريع البرمجيات؛ حيث ترى الدراسة أن إخفاق مشاريع البرمجيات يرجع إلى الإخفاق في تقدير تكاليف دورة الحياة بدقة، وخاصة في المراحل المبكرة من عمر هذه المشاريع. وتم إجراء تحليل مقارن لأداء نموذجين ضبابيين في تقدير التكاليف على عينة مكونة من 93 مشروع لتطوير البرمجيات يتبع مؤسسة COCOMO NASA؛ وقد توصلت الدراسة إلى أن النموذج الضبابي Tagaki-Sugeno أفضل من النموذج الضبابي Mamdani في تقدير تكاليف البرمجيات؛ كما توصلت إلى أنه من غير المرجح أن يتم التوصل إلى نموذج ضبابي يعطي تقدير بنسبة دقة 100%؛ لذلك أوصت الدراسة بإجراء المزيد من دراسات المقارنة للنماذج الضبابية باستخدام بيانات من مشاريع البرمجيات المحلية.

دراسة (Kouloumpis & Azapagic, 2018) قدمت نموذج لتقييم استدامة دورة الحياة المتكاملة باستخدام المنطق الضبابي، وذلك من خلال دمج مفاهيم: تقييم دورة الحياة، وتكاليف دورة الحياة، وتقييم دورة الحياة الاجتماعي Social Life Cycle Assessment، والمنطق الضبابي. وتم تطبيق هذا النموذج على نظم كهربائية مختلفة باستخدام النموذج الضبابي Mamdani. ومن خلال دراسة الحالة تم التوصل إلى فاعلية النموذج المقترح في تقييم استدامة دورة الحياة المتكاملة، حيث إنه يخفض من الطابع الذاتي في عملية صنع القرار؛ لذلك أوصت الدراسة الشركات باستخدام النموذج المقترح لإجراء تقييمات الاستدامة المتكاملة لمنتجاتها.

دراسة (Mulubrhan et al., 2018) ركزت على تحليل الحساسية لمحاسبة تكاليف دورة الحياة على أساس النشاط الضبابي؛ من خلال دمج مفاهيم: تحليل الحساسية Sensitivity Analysis، وتكاليف دورة الحياة، ومحاسبة التكاليف على أساس النشاط Activity Based Costing, والمنطق الضبابي. وتم إجراء دراسة حالة على مضخة يصل عمر خدمتها إلى 45 عاماً؛ حيث تم استخدام محاسبة التكاليف على أساس النشاط في تحديد محركات التكاليف في مراحل (الاقتناء - التشغيل - الصيانة) للمضخة. أما المنطق الضبابي فتم استخدامه لدمج القيم غير المؤكدة في قيمة التكلفة للمضخة، وتم استخدام طرق DSW، وVertex لتطوير العمليات الجبرية العادية إلى جبرية ضبابية، واستخدم تحليل الحساسية لتحديد مدى حساسية المخرجات للتغيرات في المدخلات. وقد توصلت الدراسة إلى أن سعر الفائدة، وتكاليف التشغيل هي المدخلات الأكثر حساسية، حيث يعطيان تأثيرًا كبيرًا على الناتج النهائي.

دراسة (Wieczorek et al., 2019) اقترحت نموذج لتقدير تكاليف الحياة الكاملة للمباني مع الأخذ في الاعتبار المخاطر التي قد يتضمنها النموذج، استنادا إلى نظرية الاحتمالات Probabilistic Theory، والمجموعات الضبابية. وقد عرفت الدراسة المخاطر بأنها الفرق الذي يتم التعبير عنه بالوحدات النقدية بين مجموع تكلفة دورة حياة المبنى الذي يتضمن مخاطر، ومجموع تكاليف دورة حياة المبنى الذي لا يتضمن مخاطر. وتم اختبار النموذج المقترح على مبنى إداري، وقد توصلت الدراسة إلى فاعلية النموذج المقترح في تحديد مقدار الزيادة في التكاليف الناجمة عن المخاطر المقدرة.

دراسة (Iskandar et al., 2020) اقترحت نموذج لإدارة صيانة الطرق باستخدام تحليل تكاليف دورة الحياة، والمنطق الضبابي مع مراعاة تكاليف المستخدم. وقد توصلت الدراسة إلى أن البيانات غير المؤكدة تمثل مشكلة في تطبيق تحليل تكاليف دورة الحياة، لذلك ترى الدراسة أن الحوسبة البرمجية المستندة إلى المنطق الضبابي هي الاختيار الصحيح لحل هذه المشكلة؛ كما توصلت إلى أن تلف الطرق يؤدي إلى زيادة في تكاليف تشغيل المركبات. وقد أوصت الدراسة بإجراء المزيد من البحوث لتطوير تحليل تكاليف دورة الحياة للطرق المستند إلى المنطق الضبابي باستخدام متغيرات مثل: التكاليف المتغيرة، ومعدل الحوادث، والتأثير البيئي.

دراسة (Plebankiewicz et al., 2020) آجرت تحليل مقارن لأداتين تُستخدمان في تقدير تكاليف دورة الحياة للمباني في ظل التعرض للمخاطر، وهما نظرية الاحتمالات، والمنطق الضبابي؛ حيث ترى الدراسة أن هناك ضعف في النماذج الرياضية المستخدمة في تقدير تكاليف دورة الحياة للمباني، فهي لا تأخذ في الاعتبار سوى المخاطر المالية فقط؛ لذلك وضعت الدراسة نموذج لإدارة المباني يعالج هذا الضعف؛ حيث يتيح النموذج للمستثمر إجراء مقارنة بين المباني طبقا لعدد من المعايير الاقتصادية، ومن ثَم يمكن تحديد التكاليف الإجمالية، وكذلك المخاطر المتوقعة. وقد توصلت الدراسة إلى أن النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام نظرية الاحتمالات تتسق مع النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام المنطق الضبابي.

دراسة (Poonam & Rekha, 2020) اقترحت نموذج نظري لخفض تكلفة صيانة البرمجيات من خلال تطوير دورة الحياة للبرمجيات القابلة للصيانة باستخدام المنطق الضبابي. وقد توصلت الدراسة إلى أن المنطق الضبابي له القدرة على التعامل مع البيانات التقريبية غير المؤكدة؛ لذلك استخدمت الدراسة المنطق الضبابي في تقدير تكلفة صيانة البرمجيات. وقد أوصت الدراسة بإجراء المزيد من البحوث لزيادة دقة القياس في مجال تقدير تكلفة صيانة البرمجيات؛ كما أوصت بالاختبار العملي لهذا النموذج النظري المقترح.

دراسة (Zhou et al., 2021) استخدمت الرياضيات الضبابية Fuzzy Mathematics، وشبكات Bayesian في إنشاء نموذج لتقييم دورة حياة الجسور، بهدف خفض تكاليف دورة حياة الجسور، والحد من الآثار البيئية الضارة لصناعة البناء؛ ومن خلال دراسة الحالة تم التوصل إلي فاعلية النموذج المقترح في خفض انبعاث التلوث المروري، مما يسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة؛ كما توصلت الدراسة إلى اتساق، ودقة نتائج النموذج؛ لذلك أوصت الدراسة باستخدام النموذج المقترح في الصناعات الأخرى؛ كما أوصت بمزيد من الدراسات التي تجمع ما بين الرياضيات الضبابية، والتحسين البيئي، للحد من التلوث البيئي لصناعة البناء.

تحليل الدراسات السابقة

بتحليل الدراسات السابقة تلاحظ للباحثين ما يلي:

أ- اهتمت بعض الدراسات مثل: دراسة (Tokede et al., 2014)، ودراسة (Plebankiewicz et al., 2015)، ودراسة (Wieczorek et al., 2019)، ودراسة (Plebankiewicz et al., 2020) بتقدير التكاليف على مدى العمر التقديري للمباني باستخدام المنطق الضبابي، بهدف معالجة الضعف المصاحب للأساليب التقليدية لتقدير تكاليف دورة حياة المباني.

ب- كما اهتمت دراسات (Chen, 2007)، و(Ammar et al., 2013)، و(Umer, 2015)، و(Iskandar et al., 2020) بتحليل تكاليف دورة حياة الطرق باستخدام المنطق الضبابي، بهدف تحسين إدارة وصيانة شبكة الطرق.

ج- وقد ركزت دراسة (Zhou et al., 2021) على تقييم دورة حياة الجسور باستخدام المنطق الضبابي، بهدف خفض التكاليف، والحد من الآثار البيئية الضارة لصناعة البناء.

د- أما دراسة (Mulubrhan et al., 2018) فقد ركزت على تقدير تكاليف دورة حياة الطلمبات باستخدام المنطق الضبابي لتحقيق دقة تقدير التكاليف في مراحل عمرها المختلفة.

هـ- بينما سعت دراسة (Nwaiwu & Oluwadare, 2016)، ودراسة (Poonam & Rekha, 2020) إلى تقدير تكاليف دورة حياة مشاريع البرمجيات باستخدام المنطق الضبابي.

و- أما دراسة (Kouloumpis & Azapagic, 2018) فقد سعت إلي تقييم استدامة دورة الحياة لبعض النظم الكهربائية باستخدام المنطق الضبابي.

هذا؛ وبعد استعراض، وتحليل الدراسات السابقة.. تم التوصل إلى ما يلي:

- أن الطرق التقليدية في تقدير تكاليف دورة حياة المنتج غير دقيقة بسبب عدم التأكد الناتج عن النقص في بيانات التكاليف المؤكدة.
- المنطق الضبابي من أفضل الطرق للتعامل مع بيانات التكاليف غير المؤكدة بطريقة منهجية للتنبؤ بنتيجة عددية.
- يتم استخدام المنطق الضبابي في تقدير تكاليف دورة حياة المنتج بهدف تحقيق دقة تقدير جميع التكاليف في مختلف المراحل لعمر المنتج.
- القطاع الأكبر من هذه الدراسات يركز على تقدير تكاليف دورة حياة الأصول ذات العمر الطويل، وخاصةً في مجال البنية التحتية (مباني - طرق - جسور)، والطلمبات؛ كذلك في مجال البرمجيات، والنظم الكهربائية.
- لم تطبق أي من هذه الدراسات في بيئة التصنيع المصرية.

الفجوة البحثية

سوف يضيف الباحثين مجالاً جديدًا للتطبيق بالإضافة إلي مجالات التطبيقات السابقة التي شملتها الدراسات السابقة في أنها سوف تركز على التطبيق في مجال الأجهزة الكهربائية المنزلية في بيئة التصنيع المصرية.

هدف الدراسة

أن الهدف الأساسي لهذه الدراسة يتمثل في اقتراح نموذج لاستخدام المنطق الضبابي في إدارة تكاليف دورة حياة المنتج في بيئة التصنيع المصرية.

أهمية الدراسة

لهذه الدراسة أهميه أكاديمية، وأخرى تطبيقية؛ فمن **الناحية الأكاديمية**، تُعد هذه الدراسة مساهمة على المستوى الأكاديمي، وخاصةً في ظل ندرة الدراسات - في حدود علم الباحثين - في المكتبة العربية، والمتعلقة باستخدام المنطق الضبابي في إدارة تكاليف دورة حياة المنتج. أما **الناحية التطبيقية**، فتقترح هذه الدراسة نموذج لدمج المنطق الضبابي، وتكاليف دورة الحياة، بما يساعد الشركات على إدارة التكاليف، ويدعم قدراتها التنافسية، وهو ما تهدف إلى تحقيقه الشركات في ظل الظروف التنافسية لبيئة التصنيع الحديثة.

حدود الدراسة

يتم تناول هذه الدراسة في إطار الحدود التالية:

- تهتم هذه الدراسة بتناول تكاليف دورة حياة المنتج من منظور المُصْنّع، وبالتالي لن تتعرض هذه الدراسة لتكاليف دورة حياة المنتج من منظور المستخدم أو المجتمع.
- تركز هذه الدراسة على تقدير تكاليف دورة حياة المنتج في حالة وجود البيانات غير المؤكدة، والمعبر عنها بالأرقام الضبابية.
- تستخدم هذه الدراسة المنطق الضبابي في مجال إدارة تكاليف دورة حياة المنتج، إلا أن هذه الدراسة لن تغطي الأساليب الأخرى المستخدمة في إدارة تكاليف دورة حياة المنتج، والتي تتجاوز المنطق الضبابي.

منهج البحث المستخدم في الدراسة

تحقيقاً لهدف البحث، اعتمدت الدراسة على **المنهج التحليلي** للدراسات السابقة، والمتعلقة بإدارة تكاليف دورة الحياة باستخدام المنطق الضبابي، وما يرتبط بها من أبعاد مختلفة، بهدف الاستفادة منها في معالجة مشكلة الدراسة؛ وبما أن السؤال الرئيسي لهذه الدراسة هو: **هل يمكن إدارة تكاليف دورة حياة المنتج في بيئة التصنيع المصرية عن طريق استخدام المنطق الضبابي؟** لذا تركز هذه الدراسة على محاولة التوصل إلي إجابة لهذا السؤال، وهو ذو طبيعة استقرائية؛ لذلك يحبذ استخدام مدخل دراسة الحالة لمحاولة إيجاد إجابة لهذا السؤال، مما يتطلب الحصول على معلومات كافية عن كيفية إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي من خلال دراسة حالة إحدى الشركات الصناعية المصرية، وهي شركة تعمل في مجال صناعة الأجهزة الكهربائية المنزلية، ومن ثم يمكن الحكم على مدى الفاعلية، والملائمة للتطبيق في بيئة التصنيع المصرية، وتم الحصول على معلومات تفصيلية عن الشركة محل الدراسة من مصادر متعددة؛ بحيث شملت المقابلات الشخصية مع المسئولين بالشركة، والملاحظة، والاطلاع على الوثائق.

وقد تم اختيار هذه الشركة للأسباب التالية:

- أن هذه الشركة تعتزم تصنيع منتج جديد في مجال الأجهزة الكهربائية المنزلية؛ مما يمكن الباحثين من اختبار النموذج المقترح لإدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي، ومن ثم يمكن التوصل إلي مدى تأثير المنطق الضبابي - إن وجد - على إدارة تكاليف دورة حياة المنتج بالشركة محل الدراسة.
- تدرك إدارة هذه الشركة أهمية البحث العلمي، لذلك تساعد الباحثين في توفير المعلومات اللازمة لإنجاز البحوث العلمية.

التبويب العام للدراسة:

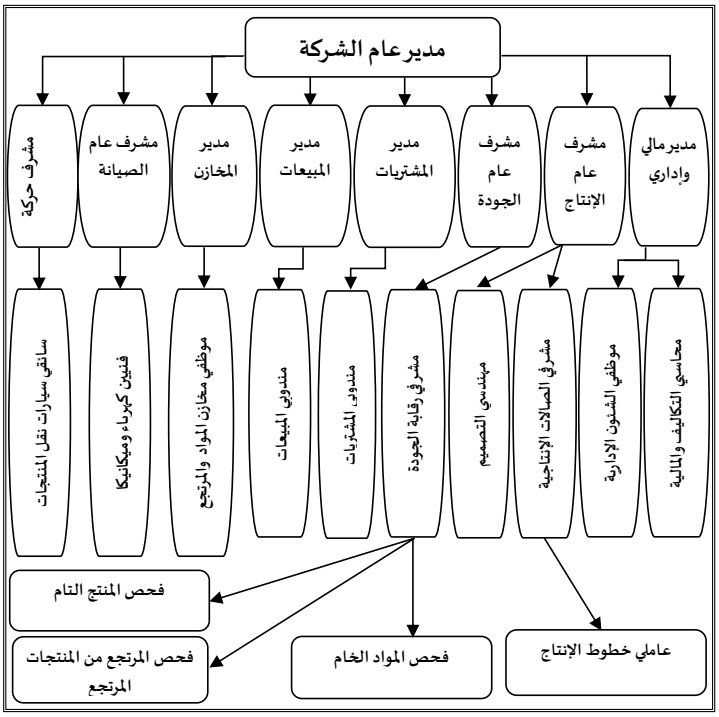
قدم الجزء الأول لهذه الدراسة: المقدمة، والمشكلة، واستعراض وتحليل للدراسات السابقة، وهدف الدراسة، وأهميتها، وحدودها، ومنهج البحث المستخدم؛ وفيما يلي سوف يتم تناول:

- دراسة الحالة.
- نتائج الدراسة، والتوصيات، والدراسات المستقبلية.

دراسة الحالة

أولاً- التعريف بالشركة محل الدراسة

هي شركة صناعية مصرية في مجال تصنيع الأجهزة الكهربائية المنزلية (مراوح، ومكانس، وخلاطات، ومحضرات طعام، ومفارم، ومضارب، ومعاجن)، وتقع الشركة بمدينة بدر، وللشركة أسطول من سيارات النقل التي تقوم بتوزيع منتجات الشركة، ويبلغ عدد الموظفين 165موظف موزعين على الهيكل التنظيمي للشركة؛ كما هو موضح في الشكل رقم (1).



المصدر: إعداد الباحثين من خلال الاطلاع على الهيكل التنظيمي للشركة محل الدراسة

شكل رقم (1): الهيكل التنظيمي للشركة محل الدراسة

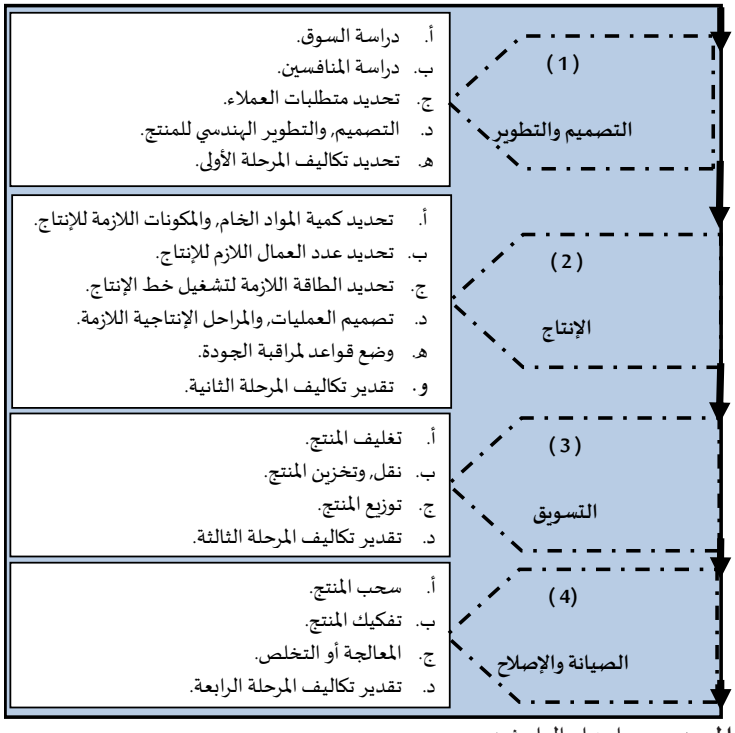
ثانيًا - إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي

يعبر الشكل رقم (2) التالي عن النموذج المقترح الذي سيتم من خلاله إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي في الشركة محل الدراسة.

وبعد عرض النموذج المقترح لإدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي، سوف يتم اختبار النموذج المقترح من خلال تطبيقه على منتج جديد (فرن كهربائي منزلي) تعتزم الشركة محل الدراسة إنتاجه، بهدف محاولة التوصل إلي التكاليف التقديرية للمنتج الجديد من خلال دراسة دورة حياته، ومن ثم إدارة هذه التكاليف على النحو التالي:

1- **مرحلة التصميم والتطوير: في هذه المرحلة يتم:**

أ- **دراسة السوق** بهدف تحديد أفضل المنافسين؛ فمن خلال المناقشات التي تمت مع بعض كبار تجار الأجهزة المنزلية التي تتعامل معهم



المصدر: من إعداد الباحثين.

شكل رقم (2): إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي (النموذج المقترح)

الشركة، أمكن تحديد أكثر خمسة أفـران كهربائية مبيعاً في السوق المحلي، وهـم: (ن45)، (ن50)، (أ60)، (ت46)، (ف45).

ب- **دراسة المنافسين بغرض تحديد** العوامل الهامة للمقارنة؛ فتم الحصول على مواصفات الأفران الكهربائية الأكثر مبيعاً بالسوق المحلي؛ كما يوضحه جدول (1).

ج- **تحديد متطلبات العملاء من خلال** دراسة شكاوى العملاء التي وردت إلى كبار تجار الأجهزة المنزلية من عيوب في الأفـران، والتي ظهرت مع استخدامهم لها؛ تم تحديد أهم العيوب التي تمثل عدم رضاء للعملاء في مواصفات الأفـران؛ كما هو موضح بجدول رقم (2).

وبناء على الجدول رقم (2)، وبمناقشة مهندسي التصميم بالشركة، تم استبعاد الفرنين (ن 45)، و(ن 50) من الدراسة، وذلك لوجود عيب في التصنيع يؤدي إلي توقف الفرن عن العمل في ظل توافر شرط محدد؛ كما تم استبعاد الفرن (أ 60) بالرغم من انخفاض استهلاكه للكهرباء مقارنة بالأفران الأخرى، وذلك لعدم استيفاءه لمتطلبات الأمان؛ وتم أيضًا استبعاد الفرن (ف 45)، وذلك لاحتواء المنتج على عدّه عيوب تصنيعية، بالإضافة إلى عدم الالتزام بمعايير الجودة في الخامات المستخدمة؛ وبالتالي تم الاقتصار على الفرن (ت 46) باعتباره أقل المنتجات عيوبًا، وأصبح هدف إنتاج فرن كهربائي سعة 46 لتر يحظى بقبول العملاء، وبسعر يقترب من سعر بيع المنتج المنافس يمُثل التحدي الأكبر للشركة محل الدراسة.

جدول رقم (1)
مواصفات الأفران الكهربائية الأكثر مبيعاً بالسوق المحلي

م	الأفران الكهربائية	السعة (لتر)	القدرة (وات)	أقصى ضبط للحرارة	ميقاتي (دقيقة)	مراحل اختيار التسوية	هيكل داخلي استانلس	مروحة توزيع الحرارة	مفاتيح خيارات طهي	مصباح إضاءة داخلية	سيخ شواء دوار	رف شبكة سلكية	صينية خبز	اللون	الضمان (سنة)	السعر (جنية مصري)
1	ن45	45	1800	250	60	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	أسود	2	1009
2	ن50	50	1800	250	60	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	أسود	2	1099
3	أ60	60	1500	250	60	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	أسود	1	1062
4	ت46	46	1800	250	60	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	متعدد	1	1569
5	ف45	45	2000	250	90	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	أسود	1	1050

المصدر: إعداد الباحثين من واقع المناقشات التي تمت مع كبار تجار الأجهزة المنزلية.

جدول رقم (2)
العيوب التي تمثل عدم رضاء للعملاء في مواصفات الأفران الكهربائية

م	الأفران	العيوب التي تمثل عدم رضاء للعملاء في مواصفات الأفران الكهربائية
1	ن45	- توقف الفرن عن العمل في حالة تشغيل الرفين العلوي والسفلي سوياً.
2	ن50	- توقف الفرن عن العمل في حالة تشغيل الرفين العلوي والسفلي سوياً.
3	أ60	- زجاج باب الفرن من النوع العاكس كالمرآة، مما يصعب من متابعة طهي الطعام. - الجسم الخارجي غير معزول حرارياً، مما يجعله يتأثر بالحرارة الداخلية للفرن. - لا يحتوي على قفل أمان ضد عبث الأطفال.
3	ت46	- زجاج باب الفرن مزدوج، مما يصعب من عملية تنظيفه. - الجزء الأسفل من الفرن لا يعمل منفصلاً ، مما يصعب نضج المعجنات من الأسفل.
5	ف45	- توقف الفرن عن العمل عند ضبط درجة الحرارة على 180 درجة مئوية، مع العلم أن من المفترض أن أقصى درجة حرارة للفرن هي 250درجة مئوية. - المروحة تعمل مع جميع المستويات، ولا يمكن فصلها أثناء الرغبة في نضج الطعام من الأسفل فقط، لذلك فهو غير مناسب لطهي بعض أنواع الطعام كالمعجنات. - الباب الخاص بالفرن خامته ضعيفة، ولا يتحمل الاستخدام الشاق.

المصدر: إعداد الباحثين من واقع المناقشات التي تمت مع كبار تجار الأجهزة المنزلية.

د- **التصميم، والتطوير الهندسي للمنتج** من حيث انتهى المنافس الرئيسي؛ فقد تم الحصول على عينة من الفرن (ت 46)، وتم تفكيكه بواسطة مهندسي التصميم بالشركة، بهدف التعرف على أبعاده ومواصفاته بدقة، ومن ثم إعداد الرسم الهندسي للفرن الكهربائي سعة 46 لتر؛ وبمناقشة مهندسي التصميم عن العيوب التي تمثل عدم رضاء للعملاء في مواصفات المنتج المنافس، وعن إمكانية تلافي هذه العيوب من حيث استبدال الباب الزجاجي المزدوج بباب أخر مفرد ليسهل تنظيفه، أوضح مهندسي التصميم أن باب الفرن مزود بطبقتين من الزجاج الحراري، إحداهما خارجية، والأخرى داخلية، وذلك لزيادة الأمان، وبحيث تكون درجة حرارة الطبقة الخارجية أقرب لدرجة الحرارة الطبيعية ولا تؤذي المستخدم، والطبقة الداخلية هي التي تكون معرضة للحرارة، وتمنع انتقالها للخارج، وبينهما طبقة من الفراغ لتقليل انتقال الحرارة، ومنع تسريبها؛ فوجود باب زجاج حراري مزدوج هو ميزة وليس عيبًا. كذلك بمناقشة مهندسي التصميم عن شكوى العملاء من أن الجزء الأسفل من الفرن لا يعمل منفصلاً، مما يصعب نضج المعجنات من الأسفل؛ أوضحا أنه لتفادي ذلك الأمر يمكن للمستخدم إزالة الصينية الموجودة داخل الفرن، واستخدام الشبكة بدلا منها مع وضعها بالأسفل قرب قاع الفرن لتنضج بشكل

جيد؛ فهذا أيضًا ليس عيبًا، ولكنها عملية تنظيمية يمكن توضيحها في كتيب إرشادات الاستخدام؛ كما يمكن أيضًا توضيح طريقة التنظيف السليمة للباب المزدوج في الكتيب. وأما عن تطوير المنتج بهدف تميزه عن المنتج المنافس، فأوضحا أنه يمكن جعل المنتج المزمع إنتاجه اقتصادي في استخدام الكهرباء مقارنة بالمنتج المنافس، بحيث يمكن التعديل في القدرة الكهربائية للمنتج لتصبح 1500 وات بدلاً من 1800 وات؛ كما يمكن إتاحة ألوان متعددة للمنتج لتناسب الأذواق المختلفة للعملاء مقارنة بالمنتج المنافس الذي يتيح اللونين الأسود والفضي فقط.

هـ- **تحديد تكاليف المرحلة الأولى**، والتي تتمثل في تكلفة دراسة السوق، ودراسة المنافسين، كذلك تكلفة الحصول على عينة من المنتج المنافس وتفكيكه، وعدد الساعات التي استغلت في تصميم وتطوير المنتج، وتكلفة مواد ومهمات التصميم والتطوير، وهي تكاليف غير متكررة، فهي تحدث مرة واحدة في بداية عمر المنتج؛ كما هو موضح بالجدول رقم (3).

يتضح من الجدول رقم (3) أن إجمالي تكلفة المرحلة الأولى للفرن الكهربائي سعة 46 لتر هي 43200 جنيهًا وتستهدف الشركة إنتاج 7200 جهاز في السنة الأولى، وستقوم بتحميل تكلفة التصميم، والتطوير على كمية الإنتاج للسنة الأولى، وبالتالي يكون نصيب الوحدة الواحدة من تكاليف التصميم والتطوير هو 43200 ÷ 7200 = 6 جنيه للوحدة الواحدة.

جدول رقم (3)
تكاليف المرحلة الأولى للفرن الكهربائي سعة 46 لتر

عنصر التكلفة	مسبب التكلفة	القيمة (بالجنية)
دراسة السوق.	ساعات دراسة السوق	5458
دراسة المنافسين.	ساعات دراسة المنافسين	3456
شراء عينة من المنتج المنافس.	عدد أوامر الشراء	1559
تفكيك عينة المنتج المنافس.	ساعات تفكيك المنتج المنافس	416
الرسم الهندسي.	ساعات الرسم الهندسي	3575
مواد ومهمات التصميم والتطوير الهندسي.	عدد أوامر الشراء	1136
أجور مهندسي التصميم.	ساعات العمل	27600
إجمالي تكاليف التصميم والتطوير الهندسي للمنتج.		**43200**

المصدر: إعداد الباحثين من واقع المناقشات التي تمت مع مهندسي التصميم بالشركة.

2- **مرحلة الإنتاج: في هذه المرحلة يتم:**

أ- **تحديد كمية المواد الخام، والمكونات اللازمة لإنتاج** وحدة واحدة من الفرن الكهربائي سعة 46 لتر بناء على الرسم الهندسي المعد بواسطة مهندسي التصميم بالشركة.

ب- **تحديد عدد العمال اللازم لإنتاج** وحدة واحدة من المنتج محل الدراسة.

ج- **تحديد الطاقة اللازمة لتشغيل خط الإنتاج** بناء على عدد ساعات عمل الآلات اللازم لإنتاج وحدة واحدة من المنتج محل الدراسة.

د- **تصميم العمليات، والمراحل الإنتاجية اللازمة** بالتعاون بين مشرفي الإنتاج، ومهندسي التصميم، بحيث تصمم المراحل الإنتاجية بشكل متتابع، وبما لا يسمح بوجود اختناقات أو فاقد في الوقت أو المواد بين المراحل الإنتاجية.

هـ- **وضع قواعد لمراقبة الجودة** بناء على الرسم الهندسي الذي تم إعداده بواسطة مهندسي التصميم بالشركة.

و- **تقدير تكاليف المرحلة الثانية**؛ كما هو موضح بالجدول رقم (4).

جدول رقم (4)
التكاليف المقدرة للمرحلة الثانية للفرن الكهربائي سعة 46 لتر

عنصر التكلفة	مسبب التكلفة	القيمة (بالجنية)
تكلفة مواد خام (صاج، استانلس، مسحوق بلاستيك، بترو كيماويات)	مباشر	261
تكلفة مكونات (مروحة، زجاج حراري، موتور الشواية، سيخ الشواية، شوكة الشواية، مقابض استانلس، مصباح إضاءة، وحدة تحكم في درجة الحرارة، لوحة تحكم، سخان، ميقاتي، شبكة سلك، دوائر كهربائية، أسلاك كهرباء، مسامير، صواميل، ورد، مفصلات باب).	مباشر	775
تكلفة مواد ومهمات إنتاج.	عدد أوامر الشراء	6
أجور العاملين.	ساعات العمل	5
تكلفة تدريب العاملين.	ساعات التدريب	3
تكلفة تجميع المكونات.	ساعات التجميع	7
تكلفة استخدام الآلات.	ساعات عمل الآلات	2
تكلفة فحص ورقابة الجودة.	ساعات الفحص	4
تكلفة إعادة تشغيل للمنتج المعيب.	ساعات إعادة التشغيل	2
مصاريف إدارية وعمومية.	ساعات العمل	3
إجمالي التكاليف المقدرة لإنتاج وحدة واحدة من المنتج.		**1068**

المصدر: إعداد الباحثين من واقع المناقشات التي تمت مع مهندسي التصميم بالشركة

3- **مرحلة التسويق: في هذه المرحلة يتم:**

أ- **تغليف المنتج** بهدف الحفاظ عليه حتى تسليمه للعميل.

ب- **نقل، وتخزين المنتج** في مخازن المنتج التام التابعة للشركة محل الدراسة.

ج- **توزيع المنتج** على كبار تجار الأجهزة الكهربائية

المنزلية باستخدام أسطول سيارات النقل التابع للشركة محل الدراسة.

د- **تقدير تكاليف المرحلة الثالثة**؛ كما هو موضح بالجدول رقم (5).

4- **مرحلة الصيانة والإصلاح: في هذه المرحلة يتم:**

أ- **سحب المنتج المعطل** من العميل بواسطة سيارات الصيانة، وإيداعه بمخزن المرتجع.

ب- **تفكيك المنتج المعطل** بهدف التوصل إلي العطل.

ج- **المعالجة أو التخلص**؛ يتم معالجة العطل في الفرن الكهربائي بواسطة عمال الإنتاج، وتركيب قطع غيار بديلة إذا كان في حاجة إلي قطع غيار، ومن ثم إعادته مرة أخرى للعميل. إما في حالة تلف المنتج، ولا يمكن إصلاحه، يتم إعطاء وحدة بديلة للعميل، ثم يتم تفكيك المنتج التالف، والاحتفاظ بالأجزاء السليمة لاستخدامها كقطع غيار للأفران المعطلة، كذلك الأجزاء البلاستيكية يتم تكسيرها بماكينة الكسر، ثم يعاد استخدامها مرة أخرى، أما الأجزاء التي لا يمكن الاستفادة منها يتم التخلص منها، وبيعها كخردة.

د- **تقدير تكاليف المرحلة الرابعة**، وهي تكاليف يصعب التنبؤ بها، حيث لا تتوافر بيانات تاريخية مؤكدة عن تكاليف الصيانة والإصلاح، ومن خلال المناقشات التي تمت مع مهندسي التصميم بالشركة تم التوصية باستخدام الأرقام الضبابية المثلثة لوصف تكاليف تلك المرحلة، حيث تعتبر الأرقام الضبابية من أفضل الطرق للتعامل مع بيانات التكاليف غير المؤكدة بطريقة منهجية ؛كما هو موضح بالجدول رقم (6).

جدول رقم (5)
تكاليف المرحلة الثالثة للفرن الكهربائي 46 لتر

عنصر التكلفة	مسبب التكلفة	القيمة (بالجنية)
تكلفة التسويق (تغليف، نقل، توزيع).	عدد أوامر البيع	8
تكلفة التخزين.	نسبة من المواد الخام	5
تكلفة مناولة المواد.	ساعات المناولة	2
تكلفة خدمة العملاء.	عدد العملاء	2
إجمالي التكاليف المقدرة لتسويق وحدة واحدة من المنتج.		17

المصدر: إعداد الباحثين من واقع المناقشات التي تمت مع مهندسي التصميم بالشركة

يتضح من الجدول رقم (6) أن تكلفة سحب الفرن الكهربائي سعة 46 لتر تتراوح بين 8 و20 جنية تقريباً، وتكلفة تفكيك الفرن فتتراوح بين 20 و28 جنية تقريباً، أما تكلفة المعالجة أو التخلص من الفرن فتتراوح بين 10 و15 جنية تقريباً.

وبتطبيق تصحيح الضبابية باستخدام مستوى ألفا تم تحديد التكلفة لكل عنصر؛ كما هو موضح بالجدول رقم (7).

ويتضح من الجدول رقم (8) أن إجمالي تكلفة الفرن الكهربائي سعة 46 لتر تتراوح بين 1139 و1143،05 جنيهًا، والشركة تستهدف الحصول على هامش ربح قدره 20% من تكلفة المنتج، وبالتالي السعر المستهدف أن تبيع الشركة به هو 1143,05 جنيهاً + 20% من تكلفة المنتج = 1143,05+ 228,61 = 1371,66 جنيهاً، ويضاف 14% ضريبة قيمة مضافة ليصبح سعر الفرن = 1371,66+ 192,03 = 1563,69 جنيهاً.

جدول رقم (6)
التكاليف الضبابية للمرحلة الرابعة للفرن الكهربائي 46 لتر

عنصر التكلفة	مسبب التكلفة	التكلفة الضبابية (بالجنية)		
تكلفة سحب المنتج.	عدد الأجهزة التالفة	8	12	20
تكلفة تفكيك المنتج.	ساعات تفكيك المنتج	20	22	28
تكلفة المعالجة أو التخلص.	ساعات المعالجة أو التخلص	10	12	15

المصدر: الباحثين من واقع المناقشات التي تمت مع مهندسي التصميم بالشركة

جدول رقم (7)
تكاليف المرحلة الرابعة غير الضبابية للفرن الكهربائي سعة 46 لتر عند مستويات ألفا مختلفة

مستوى ألفا	التكلفة غير الضبابية (بالجنيه)			إجمالي التكلفة
	سحب المنتج	تفكيك المنتج	المعالجة أو التخلص	
0.1	13.8	23.8	12.45	50.05
0.2	13.6	23.6	12.4	49.6
0.3	13.4	23.4	12.35	49.15
0.4	13.2	23.2	12.3	48.7
0.5	13	23	12.25	48.25
0.6	12.8	22.8	12.2	47.8
0.7	12.6	22.6	12.15	47.35
0.8	12.4	22.4	12.1	46.9
0.9	12.2	22.2	12.05	46.45
1	12	22	12	46

المصدر: إعداد الباحثين من خلال تطبيق تصحيح الضبابية

جدول رقم (8)
إجمالي التكاليف المقدرة للفرن الكهربائي سعة 46 لتر طبقا للمرحلة ومستويات ألفا المختلفة

مستوى ألفا	تكلفة المرحلة (بالجنيه)				إجمالي التكلفة (بالجنيه)
	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	
0.1	6	1068	19	50.05	1143. 05
0.2	6	1068	19	49.6	1142.6
0.3	6	1068	19	49.15	1142.15
0.4	6	1068	19	48.7	1141.7
0.5	6	1068	19	48.25	1141.25
0.6	6	1068	19	47.8	1140.8
0.7	6	1068	19	47.35	1140.35
0.8	6	1068	19	46.9	1139.9
0.9	6	1068	19	46.45	1139.45
1	6	1068	19	46	1139

المصدر: من إعداد الباحثين.

وبالتالي يمكن للشركة محل الدراسة طرح المنتج في السوق بسعر يقل عن سعر المنافس الرئيسي الذي يبلغ 1569جنيهاً.

نتائج الدراسة، والتوصيات، والدراسات المستقبلية

أولاً - نتائج الدراسة

من خلال الدراسة النظرية والتطبيقية، فإن أبرز النتائج التي تم التوصل إليها، هي:

- يعتبر نموذج تكاليف دورة حياة المنتج أداة أساسية لتقدير تكاليف المنتج في مراحل عمره المختلفة؛ لذلك يُستخدم في المقارنة بين استراتيجيات الاستثمارات البديلة المتنافسة.
- إن إدارة تكاليف دورة حياة المنتج تبدأ في مرحلة التصميم والتطوير؛ لذا يراعى في تصميم المنتج الجديد توافر المتطلبات الوظيفية، والمواصفات التي تميز المنتج عن غيره من المنتجات المنافسة، مع مراعاة مقارنة التكلفة المقدرة للمنتج الجديد بتكاليف منتجات أهم المنافسين.
- أن نموذج تكاليف دورة الحياة بشكله التقليدي لا يمكنه دعم اتخاذ القرار بفعالية؛ حيث أنه يعتمد في كثير من الأحيان على بيانات تكاليف غير مؤكدة, وخاصةً في المرحلة الأولى من دورة حياة المنتج، نتيجة نقص بيانات التكاليف التاريخية؛ كذلك التقديرات الذاتية المصاحبة لتوقع الأحداث المستقبلية.
- المنطق الضبابي يتعامل مع البيانات غير المؤكدة بطريقة منهجية؛ فهو طريقة للتعامل مع المنطق الذي يكون تقريبيًا، وليس دقيقًا.
- أن استخدام المنطق الضبابي في تقدير تكاليف دورة الحياة يحقق دقة تقدير جميع التكاليف في مختلف المراحل لعمر المنتج.
- أثبتت دراسة الحالة أنه يمكن إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي في بيئة التصنيع المصرية؛ كما أثبتت دراسة الحالة فعالية النموذج المقترح.

ثانيًا - توصيات الدراسة

استنادًا على النتائج التي تم التوصل إليها، يوصي الباحثين بما يلي:

- الاتجاه إلى تدريس إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي في الكليات، والمعاهد التجارية لما لها من دور مهم في زيادة الأرباح، وتحقيق الميزة التنافسية.
- تشجيع متخذ القرار في الشركات على استخدام المنطق الضبابي في تقدير تكاليف دورة حياة المنتج، حيث أن استخدام المنطق الضبابي يساعد على تقدير جميع التكاليف في مختلف المراحل لعمر المنتج، ومن ثم التمكن من إدارة هذه التكاليف.
- تقديم مقترحات للمؤسسات المهنية المصرية المتخصصة في إصدار المعايير والإرشادات، بهدف معاونتها في إصدار المعايير والإرشادات التي تنظم عمل إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي.
- تطبيق الشركات للنموذج المقترح الوارد في هذه الدراسة، والذي ثبت فعاليته بالتطبيق في الشركة محل الدراسة، بهدف إدارة تكاليف دورة حياة المنتج، ومن ثم زيادة الأرباح، وتحقيق الميزة التنافسية.

ثالثًا - الدراسات المستقبلية

في إطار النتائج والتوصيات لهذه الدراسة، يقدم الباحثين مجموعة من المقترحات الخاصة بإجراء دراسات مستقبلية عن:

- دمج مفهوم المنطق الضبابي في مجال جديد يتعلق باتخاذ القرار المتعلق بالتعاقد الخارجي في الشركات الصناعية.
- أثر استخدام المقارنة المرجعية بالمنافسين على إدارة تكاليف دورة حياة المنتج.
- دراسة كيفية إدارة تكاليف دورة حياة المنتج باستخدام المنطق الضبابي في الوحدات الحكومية، حيث إن هذا البحث ركز على الشركات الصناعية.

المراجع

- Ammar, Mohammad et al., (2013). "Fuzzy-Based Life-Cycle Cost Model for Decision Making Under Subjectivity.", ***Journal of Construction Engineering and Management***, Vol. 139, May. http://www.researchgate.net
- Bécaert, Valêrie et al., (2006). "Fuzzy Life Cycle Evaluation: A Tool to Interpret Qualitative Information in Stream Lined LCA.", Working Paper, ***13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering***.
- Besné, Alfredo Garcia & Güereca, Leonor Patricia. (2018). "A Methodological Framework of Eco-efficiency Based on Fuzzy Logic and Life Cycle Assessment Applied to a Mexican SME.", ***Environmental Impact Review***, Vol. 68, January.
- Chan, Hing Kai et al., (2014). "An Integrated Approach for Green Design: Life-Cycle, Fuzzy AHP and Environmental Management Accounting.", ***The British Accounting Review***, Vol. 46. http://www.elsevier.com/locate/bar
- Chen, Chen. (2007). "Soft Computing Based Life-cycle Cost Analysis Tools for Transportation Infrastructure Management.", ***Doctor of Philosophy's Thesis in Civil and Environmental Engineering***, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, U.S.A., 7th June.
- Chikov, I. A. & Yikob, I. A. (2021). "Modeling of Identification of the Stage of the Life Cycle of the Enterprise by Methods of Fuzzy Logic.", ***Modern Engineering and Innovative Technologies***, Vol. 16, No. 4, April.
- Deshmukh, Ambadas et al., "Fuzzy Transportation Problem by Using Triangular Fuzzy Numbers with Ranking Using Area of Trapezium, Rectangle and Centroid at Different Level of a-Cut", ***Turkish Journal of Computer and Mathematics Education***, Vol.12, No.12, 2021.
- Ghoushchi, S.J. et al., "A Novel Approach to Solve Fully Fuzzy Linear Programming Problems with Modified Triangular Fuzzy Numbers.", ***Mathematics,*** Vol. 9, No. 22, 2021.
- Heralova, Renata Schneiderova. (2018). "Importance of Life Cycle Cost Costing for Construction Projects.", ***17th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development***, Jelgava, Latvia, 23-25 May.
- Ilg, Patrick et al. (2017). "Uncertainty in Life Cycle Costing for Long-Range Infrastructure. Part I: Leveling the playing Field to Address Uncertainties.", ***The International Journal of Life Cycle Assessment***, Vol. 22, No. 2.
- Iskandar, Dadang et al., (2020). "Fuzzy Logic Based Life Cycle Cost Analysis Model for Preventive Road Maintenance by Considering User Costs.", ***International Journal of Engineering Research and Technology***, Vol. 13, No. 4,.
- Jusas, Regimantas. (2012). "Generic Life Cycle Cost Model and Cost-Effective Solutions.", ***Master Thesis in Applied Science***, Department of Industrial Engineering and Management, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, April.
- Kamble, Sheetal Jaisingh et al., (2017). "A Hybrid Life Cycle Assessment Based Fuzzy Multi-criteria Decision Making Approach for Evaluation and Selection of an Appropriate Municipal Wastewater Treatment Technology", ***Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration***, Springer International Publishing, Switzerland, Vol. 2, No. 9, March.
- Khodabakhshian, Ania & Toosi, Hosseein. (2021). "BIM- Based Life Cycle Cost Estimation Framework for Construction Projects.", ***International Congress on the Phenomenological Aspects of Civil Engineering***, Department of Civil Engineering, Engineering Faculty, Ataturk University, Turkey, 20-23 June.
- Kishk, Mohammed & Al-Hajj, Assem. (2000). "Fuzzy Modeling of Life Cycle Costs of Alternatives with Different Lives", Working Paper, ***16th Annual ARCOM Conference***, Caledonian University, Glasgow, 6-8 September.

- Kouloumpis, Victor & Azapagic, Adisa. (2018). "Integrated Life Cycle Sustainability Assessment Using Fuzzy Inference: A Novel FELICITA Model.", ***Sustainable Production and Consumption***, Vol. 15. http://doi.org/10.1016/j.spc.
- Mitake, Yuya et al., (2021). "A Life Cycle Cost Analysis Method Accelerating IoT Implementation in SMEs", Working Paper, ***54th Conference on Manufacturing Systems (CIRP)***, ***Procedia***, Vol. 104, Elsevier. http://www.sciencedirect.com
- Mulubrhan, Freselam et al., (2015). "Fuzzy Activity Based Life Cycle Costing for Repairable Equipment.", Working Paper, ***3th International Conference on Mechanical Engineering Research (ICMER)***, Institute of Physics, Kuantan, Malaysia, 18-19 August.
- Mulubrhan, Freselam et al., (2018). "Sensitivity Analysis of Fuzzy Activity-Based Life Cycle Costing", Working Paper, ***SES-UTP-UMP Symposium on Energy Systems (SES)***, Perak, Malaysia, 18-19 Sept.
- Nwaiwu, John Chibuike & Oluwadare, Samuel Adebayo. (2016). "Analytic Study of Fuzzy-Based Model for Software Cost Estimation.", Working Paper, ***2th International Conference on Computing Research and Innovations (CoRI 16)***, Department of Computer Science, Ibadan University, Ibadan, Nigeria, 7-9 September.
- Osman, M. S. et al., (2018). "Duality in the Fuzzy-Parametric Space for Fuzzy-Parametric Nonlinear Programming Problem", ***OPSEARCH***, Springer, Vol. 55.
- Petrović, Bojana et al., (2021). "Life Cycle Cost Analysis of a Single-Family House in Sweden.", ***Buildings***, Vol. 11, No. 215. http://doi.org/10.3390/buildings
- Plebankiewicz, Edyta et al., (2015). "Review of Methods of Determining the Life Cycle Cost of Buildings", Working Paper, ***Creative Construction Conference (CCC)***,Cracow University of Technology, Krakow, Poland, 21-24 June.
- Plebankiewicz, Edyta et al., (2020). "Probabilistic and Fuzzy Approaches for Estimating the Life Cycle Costs of Buildings Under Conditions of Exposure to Risk.", ***Sustainability***, Vol. 12, No. 226. http://www.mdpi.com/journal/Sustain
- Poonam & Rekha. (2020). "Life Cycle of Software Development Maintainability Attributes Model Using Fuzzification: A Review.", ***International Journal of Scientific Development and Research (IJSDR)***, Vol. 5, No. 4, April.
- Santos, Joâo et al., (2020). "A Fuzzy Logic Expert System for Selecting Optimal and Sustainable Life Cycle Maintenance and Rehabilitation Strategies for Road Pavements.", ***International Journal of Pavement Engineering***, Taylor and Francis Group, April. http://doi.org/10.1080/10298436.2020.1751161
- Todic, V. et al., (2017). "Model for Simulation of Life Cycle Costs at the Stage of Product Development.", ***International Journal of Simulation Modeling***, Vol. 16, No. 1.
- Tokede, O. O. et al., (2014). "Developing A Fuzzy New-Generation Whole-Life Cost Model for Medium-Sized Office Buildings.", Working Paper, ***19th International Cost Engineering Council (ICEC) IX World Congress***, Milan, Italy, October.
- Umer, Adil, (2015). "Sustainability Evaluation of Transportation Infrastructure Under Uncertainty: A Fuzzy-Based Approach.", ***Master Thesis in Applied Science***, The College of Graduate Studies (Civil Engineering), The University of British Columbia (Okanagan), British Columbia, Kelowna, Canada, April.
- Wang, N. & Horner, R. M. W. (2007). "Fuzzy Rule Based System Approach to Assess Cleaning Costs of Carpet Flooring.", ***Journal of Financial Management of Property and Construction***, Glasgow Caledonian University, Great Britain, Vol. 12, No. 1, March.
- Wieczorek, Damian et al., (2019). "Model Estimation of the Whole Life Cost of a Building with Respect to Risk Factors.", ***Technological and Economic Development of Economy***, Vol. 25, No. 1. http://doi.org/10.3846/tede.2019.7455
- Zhou, Zhi -Wu et al, (2021). "Life Cycle Assessment of Bridges Using Bayesian Networks and Fuzzy Mathematics.", ***Applied Sciences***, Vol. 11, No. 4916.

Proposed Model to Manage Product Life Cycle Costs Using Fuzzy Logic in Egyptian Manufacturing Environment: Case Study

Dr. Michael Samwel Alfons Basily
Accounting Lecturer
High Institute of Marketing, Commerce & Information Systems
New Cairo, Egypt
dr.michael.samwel@gmail.com

Dr. Abd elazeem Mohamed Abd elazeem Alsayed
Statistics and Operations Lecturer
High Institute of Marketing, Commerce & Information Systems
New Cairo, Egypt
abd-elazeem1@hotmail.com

ABSTRACT

Although the traditional product life cycle cost model is one of the most commonly used models in the decision-making process on trade-offs between the manufacture of different products, taking into account all the costs that arise during the life cycle of competing alternatives, the costs of the product's life cycle in its traditional form cannot effectively deal with uncertainties, hence the need for Fuzzy logic that deals with uncertain data in a systematic manner; Therefore this study provides a knowledge framework for understanding some of the foundations of product life cycle cost management; Therefore this research focused on examining the relationship between the use of fuzzy logic and product life cycle cost management; This study presented a proposed model for managing product life cycle costs using fuzzy logic in the Egyptian manufacturing environment.

The study suggested that the use of fuzzy logic in estimating product life cycle costs is expected to affect product cost management, Using the introduction of a case study of an Egyptian industrial company in the field of home electrical appliance manufacturing, the results of the study showed that the use of fuzzy logic in estimating the cost of the product life cycle has positively affected the management of product costs in the company, and the results of the case study also demonstrated the effectiveness of the proposed model.

Keywords: *Product Life Cycle Costs, Fuzzy Logic, Egyptian Manufacturing Environment.*