مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية
Journal of Managerial, Financial & Quantitative Research
جامعة السويس
كلية التجارة

دراسة تحليلية لأثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية

(بحث مقبول للنشر كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير في المحاسبة)

إعداد

ندا محى الدين محجوب محمد
باحث ماجستير – كلية التجارة – جامعة السويس

الأستاذ الدكتور
بهاء محمد حسين منصور
أستاذ المحاسبة والمراجعة المساعد
كلية التجارة – جامعة السويس

دكتور
وفاء السيد زكي
مدرس المحاسبة والمراجعة
كلية التجارة – جامعة السويس

مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية
كلية التجارة – جامعة السويس
المجلد الرابع – العدد الثالث
سبتمبر 2024

رابط المجلة: https://safq.journals.ekb.eg/

دراسة تحليلية لأثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية

الملخص:

يعد نموذج الهندسة المتزامنة أحد النماذج الحديثة المستخدمة في إدارة التكلفة الاستراتيجية الذي يعمل على تطوير المنتجات، تخفيض التكاليف، تقليل مهلة الإنتاج ، مما يزيد القدرة التنافسية للمنشأة وزيادة رضا العملاء وتنعكس في النهاية على تحقيق أهداف الإدارة الاستراتيجية للتكلفة.

استهدفت الدراسة دراسة نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد واقترح الباحث إضافة بعداً رابعاً وهو "تصميم استدامة المنتج" لهذا النموذج، ليصبح نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد، وكيفية التكامل ودمج البعد الرابع لنموذج الهندسة المتزامنة مع الأبعاد الثلاث الأخرى، واستخدام هذا النموذج في تحديد التكاليف البيئية واختبار انعكاسه على دعم إدارة التكلفة البيئية.

واعتمد الباحث على المنهج الاستقرائي من خلال عرض وتحليل الدراسات السابقة المرتبطة بموضوع الدراسة لصياغة الإطار النظري ، والمنهج الاستنباطي في الدراسة الميدانية. تم تطبيق الدراسة الميدانية على بعض المنشآت الصناعية بالمنطقة الإقتصادية الخاصة بشمال غرب خليج السويس من خلال استمارات الاستقصاء الموزعة ، وقام الباحث بإستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية(SPSS V.26) لتحليل البيانات من خلال بعض الأساليب الإحصائية (الفآ كرونباخ- الوسط الحسابي -الانحراف المعياري- تحليل الإنحدار البسيط) لاختبار فرض الدراسة، والوصول إلى النتائج.

وتوصلت الدراسة إلى أن هناك موافقة من وجهة نظر العينة للمتغير المستقل نموذج الهندسة المتزامنة وذلك من وجهة نظر عينة الدراسة وغالبية الآراء تتجه نحو الموافقة، هناك علاقة بين المتغير المستقل وتصميم استدامة المنتج وذلك من وجهة نظر عينة الدراسة، ويوجد علاقة ذات دلالة احصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية.

الكلمات المفتاحية:

نموذج الهندسة المتزامنة– نموذج الهندسة المتزامنة رباعى الأبعاد-تصميم استدامة المنتج – إدارة التكلفة البيئية.

Abstract:

The concurrent engineering model is one of the modern models used in strategic cost management, which works to develop products, reduce costs, reduce production lead times, and speed up the arrival of products to the market, which increases the competitiveness of the facility, increases customer satisfaction, and is ultimately reflected in achieving the goals of strategic cost management.

The study focused on examining the three-dimensional concurrent engineering model, and the researcher proposed adding a fourth dimension, which is “product sustainability design,” to this model, so that the concurrent engineering model becomes four-dimensional, and how to integrate the fourth dimension of the concurrent engineering model with the other three dimensions, and use this model in determining environmental costs and testing Its impact on environmental cost management.

The researcher relied on the inductive approach by presenting and analyzing previous studies related to the subject of the study to formulate the theoretical framework, and the deductive approach in the field study. The field study was applied to some industrial establishments in the Special Economic Zone in the northwestern Gulf of Suez through distributed survey lists, and the researcher used the Statistical Package for the Social Sciences (SPSSV.26) program to analyze the data through some statistical methods

(Cronbach's Alpha - arithmetic mean - standard deviation - simple regression analysis) to test study hypothes, and arriving at the results.

Keyword:
Concurrent Engineering Model _ Four-Dimensional Concurrent Engineering Model _ Design for Sustainable Product _ Environmental Cost Management.

أولاً الإطار العام للدراسة:

1. المقدمة و مشكلة الدراسة

تشهد بيئة الأعمال تحديات كبيرة في الوقت الحالي؛ من أهمها العولمة والمنافسة الشديدة وثورة تكنولوجيا المعلومات، وخاصةً في الفترة الأخيرة أثرت مجموعة من المتغيرات والعوامل على بيئة الأعمال التي تعمل في إطارها المنشآت الصناعية والاقتصادية؛ مما جعل هذه البيئة تتصف بسمات تختلف عما كانت عليه في الماضي، ويعتبر كلٌ من: زيادة حدة المنافسة وتنوع وتعدد رغبات العملاء وقصر دورة حياة المنتجات، والتطورات المتلاحقة في نظم المعلومات وتكنولوجيا الاتصالات واستراتيجيات الإنتاج- من أهم السمات والملامح التي تتصف بها بيئة الأعمال الحالية؛ إذ دفعت تلك السمات الجديدة الكثير من المنشآت إلى ضرورة تقديم القيمة لعملائها؛ من خلال تقديم مجموعة جديدة ومتنوعة ومبتكرة من المنتجات والخدمات؛ بحيث تتصف بمستوى عالٍ من الجودة وبسعر مناسب وفي أقل زمن استجابة مقارنة بالمنافسين. وعند اتجاه المنشآت المعاصرة نحو تحقيق قيمة لعملائها للحصول على رضائهم- فسوف تواجه بتحديات، وسوف تخطط لتحقيق أهداف واتخاذ قرارات جميعها تختلف عن التحديات والأهداف والقرارات التي كانت تتعامل معها تلك المنشآت في الماضي.

وأوضحت الدراسات أن هناك حاجة لطرق بديلة لزيادة معدل الإنتاج بمزيد من الكفاءة في أقل وقت ممكن وتحسين الجودة وتخفيض زمن الإنتاج والحد من الأضرار الناتجة من الإنبعاثات الملوثة للبيئة وتخفيض التكاليف البيئية، وذلك يمكن تحقيقه من خلال تطبيق أدوات الإدارة الاستراتيجية للتكلفة ومن هذه الأدوات " نموذج الهندسة المتزامنة" (Kušar&Rihar,2021,P:1; Kumar,2017,p:1066).

ظهر نموذج الهندسة المتزامنة كوسيلة للتعامل مع المشاكل التي تنشأ من اعتماد وتبني المنشآت للمنهج التقليدي لتطوير المنتجات، والذي يعتمد على التخصص الوظيفي وتقسيم المنشآت إلى إدارات، حيث يعد نموذج الهندسة المتزامنة استراتيجية لوضع نظام متكامل لتحسين تحقيق أهداف المرونة والاستجابة؛ من خلال تطوير عمليات تصنيعية عالية التنوع وقليلة الحجم، ويكون العميل فيها هو محور العملية التصنيعية من حيث توفير منتجات ذات جودة وأسعار تنافسية (أبو شعيشع، رياض،2015، ص: 152). وقامت معظم المنشآت التي تشارك في العمليات طويلة الأجل بتطبيق نموذج الهندسة المتزامنة ؛ لما أظهره هذا النموذج من الكثير من النتائج الإيجابية مثل: زيادة المشاركة في الأسواق، الحد من التكاليف ووقت الإنتاج، وتحقيق رضاء العملاء، وتقديم المعلومات الدقيقة للإدارات المختلفة، تحقيق الإستدامة.

ولقد كان نتيجة زيادة حدة المنافسة والتطور أن أصبحت الاستدامة من الأهداف الاستراتيجية للمنشأة، وأصبحت استدامة الأعمال تكتسب اهتمامًا متزايدًا، وشملت العديد من المنشآت الكبرى الاستدامة كجزء من أهدافها الاستراتيجية، وتبني مفهوم الاستدامة أصبح أمرًا ضروريًا، خاصة في المنشآت الصناعية التي تلعب دورًا رئيسيًا في استنفاذ الموارد وانبعاثات غازات الاحتباس الحرارى؛ نظرًا لما للنشاط الصناعي من تأثير جوهري على المجتمع (باسيلي وآخرون، 2017، ص: 525).

ويرى (باسيلي وآخرون) أن الاهتمام بالتكاليف البيئية يعد من الظواهر الحديثة نسبيًا؛ حيث يبين التتبع التاريخي لتلك الظاهرة أن المنشآت لم تكن تهتم بالآثار السلبية لأنشطتها، فهي لم تكن تهتم بالانبعاثات الضارة الملوثة للهواء، أو بتصريف المخلفات الضارة في مياه الأنهار. وقد عرفت إصدارات مجموعة خبراء المحاسبة البيئية بالأمم المتحدة التكاليف البيئية بأنها: "كافة عناصر التكاليف الخاصة بتخفيض الفاقد في الخامات والطاقة والموارد الاقتصادية المتاحة، فضلًا عن تكلفة إعادة تدوير المخلفات بكافة أنواعها (صلبة- سائلة – غازية)، هذا إلى جانب إيجاد منتجات

صديقة للبيئة"، وبذلك فإن التكاليف البيئية أصبحت ذات مردود إيجابي مستهدف، يتمثل في وفورات الخامات والطاقة وكافة الموارد الاقتصادية المتاحة والمستخدمة (باسيلي وآخرون، 2017، ص: 528).

ولذلك من الضروري أن تهتم المنشآت بتحسين الأداء البيئي؛ حيث تكمن أهمية تحسين الأداء البيئي للمنشآت من خلال دمج المؤشرات البيئية في استراتيجيات طويلة الأجل، وتطبيق بعض الأدوات الاستراتيجية لإدارة التكلفة، ونظم التصنيع الحديثة التي ليس لديها آثارٌ سلبية على البيئة، وليس الالتزام بالقوانين والتشريعات البيئية فقط؛ لما لذلك من تأثير في تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنشأة. ومن هنا يمكن القول بأن نجاح المنشأة يعتمد على فهم بيئة العمل الحقيقية، واختيار الأساليب والأدوات المناسبة التي تجعلها قادرة على اتخاذ القرارات السليمة وتحقيق أهدافها الاستراتيجية.

وبالتالي أصبح على المنشآت يجب أن تبادر بوضع استراتيجية تطبق نظم الإدارة البيئية، وأن تتبنى استراتيجية أو أكثر من الاستراتيجيات المناسبة لتحسين الأداء البيئي؛ من خلال دمج المؤشرات البيئية في استراتيجيات طويلة الأجل، وتطبيق بعض الأدوات الاستراتيجية لإدارة التكلفة ونظم التصنيع الحديثة التي ليس لديها آثار سلبية على البيئة، حيث إن ذلك يعتبر أداة تنافسية يضمن لها البقاء والاستمرار في السوق العالمي، ويحقق لها النجاح في المستقبل، ويساعدها على تحقيق أهدافها الاستراتيجية.

ومن هنا تتلخص مشكلة الدراسة في مجموعة من التساؤلات وهى:

- ❖ هل يمكن تحقيق التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج ؟
- ❖ ما هى أدوات التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد وتصميم استدامة المنتج؟
- ❖ ما هي العلاقة بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية ؟

2. عرض وتحليل الدراسات السابقة

يتمثل الهدف الرئيسي للدراسة الحالية في دراسة أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية، ونظراً لتنوع الدراسات السابقة التي ترتبط بموضوع الدراسة وأهمية النتائج التي توصلت إليها، وفى إطار استكمال جهود تلك الدراسات، قام الباحث بتنظيمها على النحو التالي:

1/2 دراسة (Kumar , 2017) :

بعنوان :"Concurrent Engineering for Environment and Sustainability"

هدفت هذه الدراسة إلى تقديم وبيان فاعلية الهندسة المتزامنة لعمليات التصنيع والبيئة، من خلال عرض تعريف للهندسة المتزامنة والمبادئ التي تقوم عليها، وتوضيح وإجراء مقارنة بين الهندسة المتزامنة والهندسة التقليدية، وكيفية التغلب على أوجه القصور في الهندسة التقليدية من خلال نهج الهندسة المتزامنة، ثم قام الباحث بتعريف وإيضاح مفهوم الاستدامة وكيفية تضمين الجوانب البيئية للمنتج عن طريق وظيفة نشر الجودة أثناء اختيار مادة لتصميم المنتج يأخذ التأثير البيئي في الاعتبار، وقام الباحث بعرض الأسباب التي أدت إلى الحاجة إلى الهندسة المتزامنة المستدامة.

وقد توصلت الدراسة إلى عدة نتائج من أهمها إنه يجب على المنشآت الصناعية التي تشارك في عمليات طويلة الأجل النظر في مزايا الهندسة المتزامنة، وأن الهندسة المتزامنة هي أداة قوية لتحقيق النجاحات في تلك المنشآت حيث إنها تعمل على تخفيض التكاليف وزيادة المشاركة في الأسواق ورضاء العملاء والحد من مهلة الإنتاج، وأن هناك الكثير من الجوانب لتحسين أعمال الهندسة المتزامنة مع التصميم الأخضر أو البيئي ومن أهم النتائج أيضاً أن الهندسة المتزامنة للاستدامة لها العديد من الفوائد والمزايا ومنها " استجابة فورية لمتطلبات السوق- الاستخدام الأمثل والأفضل للموارد المحلية- انخفاض التأثيرات البيئية- تحسين كفاءة الطاقة".

وقد أوصت الدراسة بإتباع نهج الهندسة المتزامنة لإعادة استخدام وتدوير المواد في ضوء توافر العديد من المعلومات وفقاً لمطالب المستهلكين، وضرورة استغلال الموارد الطبيعية الاستغلال الأمثل لأن هناك استغلال غير منضبط للموارد الطبيعية التي ثبتت أن لديها أضرار بيئية واسعة النطاق.

2/2 دراسة (الركايبي وآخرون ،2018) :

بعنوان:

"أهم أساليب المحاسبة الإدارية لتخصيص التكاليف البيئية على المنتجات: دليل من الشركات المصرية"

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة مجموعة من أساليب المحاسبة الإدارية التي يمكن استخدامها في تخصيص التكاليف البيئية، والتي تناسب بيئة الأعمال المصرية لتحديد أفضل تلك الأساليب، والذي يترتب على تطبيقها تحسين أداء المنشأة ككل متمثلًا في تحسين صورة المنشأة؛ من خلال تقديم منتجات صديقة للبيئة إلى السوق، وتحسين الأداء المالي بصفة خاصة؛ من خلال تحسين قرارات التسعير، وكذلك تحسين العلاقات مع الأطراف المهتمة بالبيئة؛ مما يعد جزءاً من العائد الذي يمكن أن تحققه المنشأة نتيجة تقديم منتجات صديقة للبيئة.

وقد قام الباحث بدراسة أهم أساليب المحاسبة الإدارية وإقتصرت هذه الدراسة على دراسة (6) أساليب فقط والتى تتمثل فى " نظام التكاليف على أساس النشاط -نظام التكاليف على أساس النشاط بالتزامن مع أسلوب محآكاة الحدث المتميز – الجمع بين نظام التكاليف على أساس النشاط وتكاليف دوره حياة المنتج – الجمع بين نظام التكاليف على أساس النشاط وإدارة الجودة الشاملة – مدخل تحليل المدخلات والمخرجات – مدخل المحاسبة عن تدفق التكاليف " التي يمكن استخدامها في تخصيص التكاليف البيئية على المنتجات.

وتوصلت الدراسة إلى أن الجمع بين نظام التكاليف على أساس الأنشطة وإدارة الجودة الشاملة- يمكن أن يساعد في تحسين الأداء المالي للمنشأة.

وأوصت الدراسة بضرورة إجراء المزيد من الدراسات والأبحاث حول إختبار مدى فاعلية الأساليب الإدارية الأخرى على تخفيض التكاليف البيئية وتحسين الأداء البيئي.

3/2 دراسة (Lumasakol et al., 2018) :

بعنوان:

"The Sustainable Co- Design of Products and Production Systems"

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة متطلبات التكامل السلس في تصميم المنتجات ونظم الإنتاج التي ترتبط بها، وتبحث الدراسة في العلاقة والتفاعل بين عمليات التصميم من وجهة نظر كفاءة الموارد وفوائد أخذ البيئة في الاعتبار ومشاركتها في تصميم المنتجات ونظام الإنتاج في المستقبل، واقترح الباحث نموذج التصميم المشترك المستدام هذا على وجه التحديد لإطلاق العنان لإمكانيات التصميم لتعزيز كفاءة الموارد في تطبيقات التصنيع. ويتمثل الهدف الرئيسي من النهج المقترح في " أهمية قرارات التصميم المتعلقة بالقضايا البيئية وتحسين عملية اتخاذ القرار بواسطة توفير نظرة متعمقة في الوقت المناسب على العلاقات المتبادلة الأيكولوجية "الترابط البيئي"، وأوضح الباحث إنه تم اقتراح الهندسة المتزامنة كأداة لتنفيذ النهج المقترح بهدف وجود تصميم متكامل ومتزامن للمنتجات والعمليات ذات الصلة.

وقد توصلت الدراسة إلى أن النهج المقترح يشمل الاستجابة للتغير في الطلب ومتطلبات تحديث المنتجات.

وأوصت الدراسة بضرورة إيجاد أدوات دعم جديدة لتحسين التعاون والمشاركة بين فرق التصميم المسئولة عن تطوير المنتجات وأنظمة الإنتاج.

4/2 دراسة (Stoffles et al., 2018):

بعنوان:

"Integrated Production Engineering Approach: A Tool-Based Method for a Holistic Sustainable Design, Process and Material Selection"

هدفت هذه الدراسة إلى تقديم وتطوير أداة متكاملة من حيث الأسلوب الذي يدعم المصمم من خلال فحص مجموعات محتملة من المبادئ الوظيفية وعمليات التصنيع والمواد فيما يتعلق بالبيانات متعددة الأبعاد أي "البيئية- الاقتصادية- الاجتماعية"؛ حيث قام الباحث بدراسة الأساليب الحديثة المناسبة ومنها الهندسة المتزامنة فيما يتعلق باختيار متكامل وشامل المنهجية في عملية تطوير المنتج.

وتوصلت الدراسة إلى أن مواجهة التحديات المتزايدة للتطورات الجديدة للمنتج تتطلب استدامة حقيقية شاملة ومتكاملة واختيار المبدأ الوظيفي الفعلي وهيكل المنتج وعملية تصنيع المواد، و بمراجعة الأدبيات توصل الباحث إلى

أن هناك افتقار فى أساليب التقييم والاختيار المتكاملة، ويؤدى العمل مع مجموعات وتقديم الحلول على تعويض عدم اليقين من المعلومات في وقت مبكر.

وأوصت الدراسة بضرورة النظر فى أساليب التقييم والإختيار المتكاملة ومتطلبات إستدامة المنتج.

5/2 دراسة (نور الدين وآخرون، 2020) :

بعنوان:

" أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على التصنيع المستدام : دراسة ميدانية"

هدفت هذه الدراسة إلى اقتراح نموذج لتطوير مفهوم الهندسة المتزامنة الذى يتكون من ثلاثة أبعاد وهم تصميم المنتج والعملية وسلسلة التوريد ليشمل أيضاً بعداً رابعاً وهو التخلص من المنتجات عن طريق سلسلة التوريد العكسية، ثم قياس أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على التصنيع المستدام.

وتوصلت الدراسة إلى أن هناك تأثير إيجابي للهندسة المتزامنة فيما يتعلق بإدارة تصميم المنتجات والعمليات وسلسلة التوريد على التصنيع المستدام وتقديم منتجات مستدامة.

وأوصت الدراسة بضرورة النظر في جميع عناصر دورة حياة المنتجات من خلال منظور الهندسة المتزامنة وتزويد خطوط الإنتاج بماكينات خاصة بإعادة تدوير المنتجات، والتركيز على الجودة في جميع مراحل الهندسة المتزامنة لتجنب الهدر وعمليات الإصلاح التي من شأنها إطالة عمر المنتجات.

6/2 دراسة (Rihar & Kušar,2021)

بعنوان :

"Implementing Concurrent Engineering and QFD Method to Achieve Realization of Sustainable Project"

هدفت هذه الدراسة إلى بيان تأثير استراتيجيات أسلوب الهندسة المتزامنة كأحد أدوات تحقيق استدامة المنتج. حيث اوضح الباحث أنه من الضروري توسيع نطاق تطوير المنتج ليشمل عناصر الاستدامة ويعتبر تحقيق أهداف استدامة المنتج أمراً مهماً للمنتجات الجديدة. ويمكن أن تتأثر استدامة المنتج بشكل أكبر في المراحل الأولى من تطوير المنتج.

وتوصلت الدراسة لعدة نتائج من أهمها أنه عند تطوير المنتجات الجديدة المستدامة من المهم أن يتم في أقصر وقت ممكن وبأقل التكاليف وبالجودة المطلوبة ويمكن تحقيق ذلك من خلال الهندسة المتزامنة ووظيفة نشر الجودة.

وأوصت الدراسة باستخدام وظيفة نشر الجودة باعتبارها أحد أدوات الهندسة المتزامنة لتطوير المنتجات المستدامة.

7/2 دراسة (مهلهل ونوري،2023) :

بعنوان:

"دور التكاليف البيئية في تحقيق الميزة التنافسية في الوحدات الاقتصادية"

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة تأثير التكاليف البيئية في تحقيق الميزة التنافسية للوحدات الاقتصادية، حيث تم قياس التكاليف البيئية عبر مراحل الإنتاج وتصنيف التكاليف البيئية في معمل أسمنت الكوفة عينة الدراسة.

وتوصلت الدراسة إلى أنه يجب أن يتضمن النظام المطبق في المنشأة تحديد لأنشطة التكاليف البيئية والكشف عنها، بالإضافة إلى الإفصاح في التقارير المالية عن المعلومات البيئية؛ كالنفقات والإيرادات المرتبطة بالبيئة، وبالتالي هذا سيؤدي إلى اتخاذ قرارات إدارية صحيحة واختيار البدائل المناسبة وإنتاج منتجات صديقة للبيئة، وبالشكل الذي يساعد في تحقيق الميزة التنافسية لتلك الوحدات.

وأوصت الدراسة بضرورة حساب التكاليف البيئية التى تتعلق بالنفايات والتلوث الذى ينتج عن الغازات والسوائل والمخاطر البيئية التى تنتج عن العملية الإنتاجية، وضرورة تزويد المعمل محل التطبيق بالغاز السائل بدلاً من النفط الأسود ذو التأثيرات البيئية الضارة.

8/2 دراسة (Mahdi,2024) :

بعنوان:

"Implement Differentiation Strategy by Using Sustainable Costs Management Techniques (Applied Study)"

هدفت الدراسة إلى دراسة إحدى التقنيات لإدارة التكاليف وهي تقنية إدارة التكاليف المستدامة وإبراز دورها في تخفيض التكاليف وتقصير دورة حياة المنتج وتلبية متطلبات العملاء والتركيز على البعد البيئي، وقام الباحث بتطبيق الهندسة المتزامنة المستدامة في تطوير المنتجات الجديدة باعتبارها التكنولوجيا الأكثر إستخداماً في نطاق تطوير المنتجات الجديدة (NPD) والتي بدورها تتماشى مع استراتيجية التميز فى المنشأة محل التطبيق،

وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من الاستنتاجات من أهمها ضرورة تطبيق الهندسة المتزامنة المستدامة في المنشآت لما تقدمة هذه التكنولوجيا من فوائد عديدة ومنها تقليل الوقت وتخفيض التكاليف وتقديم منتجات ذات جودة عالية وصديقة للبيئة بما يحقق رضا العملاء وزيادة حصة المنشأة في السوق.

- التعليق على الدراسات السابقة:

من خلال استقراء الدراسات السابقة توصل الباحث إلى بعض الحقائق التي يمكن إيجازها فيما يلي:

- أكدت جميع الدراسات السابقة على الأثر الإيجابي الناتج من تطبيق نموذج الهندسة المتزامنة في مجال تصميم وتطوير المنتجات الجديدة مما يؤدى إلى تحسين المزايا التنافسية.
- أتفقت دراسة (Lumasakol et al., 2018، Stoffles et al., 2018) على إستخدام الهندسة المتزامنة كأداة تحقق وجود تصميم متكامل ومتزامن للمنتجات والعمليات ذات الصلة.
- أكدت دراسة (الركايبي وآخرون،2018) على أهمية تحديد وقياس التكاليف البيئية والآثار البيئية، والاهتمام بتحسين الأداء البيئي.
- اتفقت دراسة (الركايبي وآخرون،2018، مهلهل ونوري، 2023) على ضرورة تبني المنشآت للأساليب الإنتاجية المتقدمة؛ مما يساعد على تخفيض التكاليف البيئية، وتحسين الأداء البيئي.
- بينما إقترحت دراسة (نور الدين وآخرون، 2020) نموذج لتطوير مفهوم الهندسة المتزامنة الذى يتكون من ثلاثة أبعاد ليشمل أيضاً بعداً رابعاً وهو (التخلص من المنتجات عن طريق سلسلة التوريد العكسية)، ثم قياس أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على التصنيع المستدام.
- أوضحت دراسة (Rihar & Kušar,2021 ، kumar,2017) أن تطوير المنتجات الجديدة المستدامة من المهم أن يتم في أقصر وقت ممكن وبأقل التكاليف وبالجودة المطلوبة، ويمكن تحقيق ذلك من خلال الهندسة المتزامنة ووظيفة نشر الجودة.
- بينما أكدت دراسة (Mahdi,2024) على ضرورة تطبيق الهندسة المتزامنة المستدامة في المنشآت لما تقدمة هذه التكنولوجيا من فوائد عديدة ومنها تقليل الوقت وتخفيض التكاليف وتقديم منتجات ذات جودة عالية وصديقة للبيئة بما يحقق رضاء العملاء وزيادة حصة المنشأة في السوق.

ومن ضوء ما سبق، يمكن تحديد الفجوة البحثية للدراسة الحالية وأهم ما يميزها عن الدراسات السابقة فيما يلي:

- في حدود علم الباحث هناك قلة في الدراسات العربية والأجنبية التي تربط بين الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج وإدارة التكلفة البيئية.
- لم تتناول الدراسات السابقة عرض كيفية دمج تصميم استدامة المنتج واعتبارها بعداً رابعاً للهندسة المتزامنة.
- لم تقدم استراتيجية تساعد بها المنشآت على تبنيها تحقق لها الأهداف الاستراتيجية " زيادة الميزة التنافسية – تخفيض تكلفة المنتجات - البقاء في الأسواق – تخفيض التكاليف والآثار البيئية ".
- تختلف هذه الدراسة عن الدراسات السابقة من الناحية الموضوعية في محاولة تبنيها لاستراتيجية تطبق نظم الإدارة البيئية من خلال التكامل بين الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد وإضافة بعداً رابعاً لهذا النموذج وهو "تصميم استدامة المنتج "بهدف دعم إدارة التكلفة البيئية مما تساعد المنشآت على تحقيق أهدافها الاستراتيجية، ومن الناحية الجغرافية حيث إنه تم تطبيق الدراسة الميدانية على بعض المنشآت الصناعية في المنطقة الاقتصادية الخاصة بشمال غرب خليج السويس على الرغم من أن بعض الدراسات السابقة تم تطبيقها على بعض المنشآت الصناعية فى مصر إلا إنها تناولت متغير واحد من متغيرات هذه الدراسة.

وبناءً على ذلك قدمت الدراسة الحالية لمعالجة الفجوة البحثية وإثبات وعرض النتائج المتعلقة بالدراسة "أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد في دعم إدارة التكلفة البيئية ".

3. أهداف الدراسة

في ضوء مشكلة الدراسة يتمثل الهدف الرئيسي للدراسة في دراسة "أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية " وفى إطار هذا الهدف الرئيسي يسعى الباحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الفرعية التالية:

- ❖ تحليل أبعاد وأهمية وأهداف نموذج الهندسة المتزامنة وإمكانية تطويره.
- ❖ توضيح كيفية تكامل ودمج وتصميم استدامة المنتج كبعداً رابعاً لنموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد بهدف بيان أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية.

4. أهمية الدراسة

تستمد الدراسة أهميتها من خلال الاعتبارات التالية :

- ❖ **الأهمية العلمية**: يعد نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد من الموضوعات الحديثة التي تقل فيها الأبحاث والأدبيات العربية حتى الآن فى حدود علم الباحث، وبالتالي فإن تناول هذا الموضوع في الدراسة يعد امتداداً لأدبيات الفكر المحاسبي التي اهتمت بدراسة نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وتنبع أهميتها أيضاً من قلة الأبحاث العربية وقلة الأبحاث الأجنبية التي تناولت تكامل نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد وبعد تصميم استدامة المنتج، وكيفية تصميم استدامة المنتج واعتبارها بعداً رابعاً لهذا النموذج، وإنعكاس هذا النموذج على دعم إدارة التكلفة البيئية.
- ❖ **الأهمية العملية** : تستمد هذه الدراسة أهميتها العملية من حاجة المنشآت لتبنى وتطبيق استراتيجية تساعدها على تحقيق أهدافها، ومن أن تطبيق نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد ودمج بعد تصميم استدامة المنتج باعتباره بعداً رابعاً من المتوقع أن يحقق للمنشآت أهدافها الاستراتيجية من خلال تدعيم وتطوير المركز التنافسي، ترشيد وتخفيض التكاليف، تخفيض زمن الإنتاج، تخفيض التكاليف والآثار السلبية البيئية، زيادة قيمة المنتج بالنسبة للعميل بما يحقق رضاءه خصوصاً إذا كان هذا المنتج صديقاً للبيئة.

5. فرض الدراسة

انطلاقاً من مشكلة وأهداف وأهمية الدراسة، قام الباحث بصياغة الفرض التالي:

لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية.

6. منهج الدراسة

من أجل تحقيق أهداف الدراسة والوقوف على صحة فرضها قام الباحث باستخدام المنهج الاستقرائي والاستنباطي معاً وذلك من خلال:

- ❖ **المنهج الاستقرائي:** اعتمد الباحث على المنهج الاستقرائي من خلال دراسة وقراءة الكتب والدوريات والرسائل العلمية وتحليل وتقييم الدراسات السابقة المرتبطة بموضوع الدراسة بهدف الحصول على المعلومات اللازمة لإعداد الإطار النظري للدراسة والذى يوضح أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد في دعم إدارة التكلفة البيئية، ومعرفة ما توصلت إليه تلك الدراسات، وتفسير النتائج للوصول إلى الحقائق والتعميمات العلمية.
- ❖ **المنهج الاستنباطي**: استخدم الباحث المنهج الاستنباطي من خلال الفرض التي تم اختباره بهدف التحقق من مدى صحته عن طريق بعض الأساليب الاحصائية (ألفآ كرونباخ- الوسط الحسابي -الانحراف المعياري- تحليل الإنحدار البسيط) لتحليل البيانات التى تم جمعها من خلال استمارة الاستقصاء الموزعة ، بهدف الوصول إلى النتائج التي توضح أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد في دعم إدارة التكلفة البيئية.

7. حدود الدراسة

تتمثل حدود الدراسة فيما يلي:

- ❖ مجال الدراسة: تقتصر الدراسة على دراسة نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثى الأبعاد، ومحاولة إضافة بعد تصميم استدامة المنتج كبعد رابع لهذا النموذج؛ بهدف دعم إدارة التكلفة البيئية.

- ❖ الحدود الموضوعية: لم تتطرق الدراسة إلى الأساليب الاستراتيجية الحديثة الأخرى ، التي من الممكن أيضًا أن تدعم إدارة التكلفة البيئية.
- ❖ الحدود المكانية: المنشآت الصناعية في المنطقة الاقتصادية الخاصة بشمال غرب خليج السويس؛ نظرًا لاهتمام هذه المنشآت بتطبيق الأساليب الحديثة لإدارة التكلفة، وتحقيق الاستدامة.
- ❖ الحدود الزمانية: مدة الدراسة من عام 2020 حتى2024، حيث تم صياغة الإطار النظري للدراسة من عام 2020، وتم تطبيق الدراسة الميدانية من عام 2023 حتى بداية عام 2024.

8. تقسيمات الدراسة

تم تقسيم الدراسة كما يلي:

- ❖ **الاطار النظري للدراسة: ويتم تناوله من خلال محورين هما:**

المحور الأول: الإطار الفكري لنموذج الهندسة المتزامنة.

المحور الثاني: التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد وبعد تصميم استدامة المنتج وانعكاسهما على دعم إدارة التكلفة البيئية.

- ❖ **الدراسة الميدانية لاختبار أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على إدارة التكلفة البيئية.**

ثانياً الإطار النظري للدراسة

المحور الأول: الإطار الفكري لنموذج الهندسة المتزامنة:

1/1 نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد (2D-Concurrent Engineering Model) :

ظهر نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد في عام "1987" نتيجة للعديد من المشكلات التي واجهت المنشآت في تصميم وتطوير المنتجات من استخدام الأسلوب التقليدي المتبع في تصميم وتطوير المنتجات، ويركز نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد على تصميم المنتج والعملية المرتبطة به بشكل متزامن منذ المراحل الأولى لعملية تطوير المنتج مع التأكيد على المرونة والاستجابة لطلبات العملاء وأهمية فرق العمل متعددة التخصصات والمشاركة الجماعية وتبادل وتدفق المعلومات في كلا الاتجاهين بين فرق العمل المختلفة (حسين،2020،ص.460). وتقوم هذه المرحلة على أساس تصميم كلاً من المنتج والعملية الإنتاجية بشكل متزامن حيث يؤدى تصميم أجزاء المنتج المختلفة بالتزامن مع تصميم العملية الإنتاجية المتضمنة تخطيط الإنتاج وطرق التصنيع والموارد المطلوبة إلى تقصير دورة حياة المنتج الأمر الذى يؤدى إلى وصول المنتج إلى الأسواق في وقت مبكر(أبو عميمة والحمدانى، 2021، ص: 615).

كما أن تطبيق واستخدام نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد أدى إلى تحقيق العديد من النتائج الإيجابية ومنها تقليل وقت وصول المنتج إلى السوق بنسبة (20 إلى 90%)، انخفاض عدد تغييرات التصميم بنسبة (95%) ، تقليل وقت الإنتاج بنسبة (40-70%) ، تقليل وقت تطوير المنتج بنسبة(70%) (محمد ومحمد، 2021،ص:25).

وعلى الرغم من النتائج الإيجابية التي حققها نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد إلا إنه يؤخذ عليه عدم أخذ تصميم سلسلة التوريد في الاعتبار إذ أن فلسفته تقوم على تصميم المنتج والعملية الإنتاجية بطريقة متزامنة متضمنة الفريق المتعدد التخصصات، وعدم أخذ تصميم سلسلة التوريد في الاعتبار وتصميمها بشكل متزامن مع تصميم المنتج و العملية الإنتاجية قد يؤدى إلى الوقوع في كثير من المشكلات والتي أطلق عليها بعض الباحثين مخاطر سلسلة التوريد (على، 2015، ص:54).

ومما سبق يستنتج الباحث أن نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد هو تصميم المنتج والعملية الإنتاجية المتعلقة به بشكل متزامن مما يؤدى إلى تخفيض التكاليف ووقت وصول المنتج إلى السوق وعلى الرغم من الفوائد التي حققتها المنشآت من تطبيق نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد إلا إنه يؤخذ عليه عدم أخذ تصميم سلسلة التوريد في الاعتبار

بالتزامن مع تصميم المنتج وتصميم العملية الإنتاجية. ومن هنا ظهر ما يسمى بنموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد (3D-CEM).

2/1 نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد (3D -Concurrent Engineering Model):

قدم (Fine) نموذج جديد للهندسة المتزامنة عام (1998) للتغلب على مشاكل نموذج الهندسة المتزامنة ثنائي الأبعاد عن طريق إضافة بعداً ثالثاً وهو تصميم سلسلة التوريد بالتزامن مع تصميم المنتج وتصميم العملية ومن هنا ظهر ما يسمى بنموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد (شكر، 2022، ص:139).

وأصبح نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد يعد أكثر ملاءمة لبيئة التصنيع الحديثة وزيادة الميزة التنافسية للمنشآت، حيث إنه يساعد المنشآت على تخفيض وقت التصميم والتطوير وتخفيض دورة حياة المنتج وتخفيض التكاليف ووقت وصول المنتجات إلى الأسواق وتحسين الجودة والاستجابة السريعة لمتطلبات العملاء المتغيرة لتحقيق رضاء العملاء مما يضمن النصيب السوقي الأكبر للمنشأة فضلاً عن زيادة المبيعات (حسين،2020، ص:46).

مما سبق يلاحظ أن الهندسة المتزامنة تتضمن ثلاث أبعاد رئيسية يتم تنفيذها بالتزامن وهى (بعد تصميم المنتج، بعد تصميم العملية الإنتاجية، بعد تصميم سلسلة التوريد). ويقترح الباحث في هذه الدراسة إضافة بعداً رابعاً للهندسة المتزامنة وهو بعد تصميم استدامة المنتج ليتحول من نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد إلى نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد (4D-CEM)، وهذا ما سوف يتم تناوله في المحور الثاني.

المحور الثاني: نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد ودوره في دعم إدارة التكلفة البيئية:

1/2 نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد (4D-Concurrent Engineering Model):

أصبح نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد هو الأكثر شيوعاً في الكثير من المنشآت التي تتبنى نموذج الهندسة المتزامنة وجاءت الدراسة الحالية كمرحلة أكثر توسعاً لأبعاد نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد ليصبح نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد، وذلك بإضافة بعداً رابعاً لهذا النموذج وهو(بعد تصميم استدامة المنتج) إذ يشمل هذا البعد دراسة جوانب الاستدامة، وتعتبر الاستدامة من الأهداف الاستراتيجية للمنشأة، وأصبحت استدامة الأعمال تكتسب اهتماما متزايداً وشملت العديد من المنشآت الكبرى الاستدامة كجزء من أهدافها الرئيسية.

1/1/2 أبعاد نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد :

تتمثل أبعاد نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد فيما يلى:

- ❖ بعد تصميم المنتج.
- ❖ بعد تصميم العملية الإنتاجية.
- ❖ بعد تصميم سلسلة التوريد.
- ❖ بعد تصميم استدامة المنتج.

البعد الأول: بعد تصميم المنتج:

عرف تصميم المنتج على إنه "ممارسة تشمل إبتكار منتجات وظيفية وجمالية جديدة أو تطوير منتج حالى، وتحديد الشكل الخارجي وهيكلة الأجزاء المكونة وطريقة التركيب والمكونات وآلية استخدامها بالشكل الذى يمكن من خلاله تقديم أو خلق قيمة محددة، أما تطوير المنتج فيعرف بإنه "التحسين والتحديث في خصائص المنتج وإضافة أفكار وأعمال ومداخل جديدة لم يكن متعارف عليها من قبل وتعتمد على نظرية مراحل المنتج" (مجيد و مهند،2018، ص:279؛ أبو اليزيد وآخرون، 2024، ص:318-319).

ويهتم بعد تصميم المنتج بالعديد من الجوانب من أهمها (خصائص و مواصفات المنتج- تكلفة المنتج- قابلية تسويق المنتج).

البعد الثاني: بعد تصميم العملية الإنتاجية:

عرف (Monge وآخرون) تصميم العملية الإنتاجية على إنها "العملية التي من خلالها يتم إشباع المتطلبات الوظيفية للأفراد من خلال وضع إطار أو شكل للموارد والنشاطات التي تشكل المنتج او الخدمة أو عملية التحويل التي تقدمها"، ويتضمن بعد تصميم العملية الإنتاجية تحديد كافة الأنشطة الفردية لتحقيق الأهداف المطلوبة مع تحديد والأخذ في الاعتبار التتابع الزمنى للعملية الذى سيتم من خلاله أداء الفعاليات اليومية لكل فرد مشترك في تنفيذ العملية.

ويتطلب الأمر تحديد ثلاث متغيرات مستمرة لكل عملية وهى: (Monge et al.,2020, p:303).

- ❖ تاريخ البدء (Operation Start Date).
- ❖ تاريخ الانتهاء (Operation End Date).
- ❖ المدة (Operation Duration) .

وأشار البعض إلى ضرورة فهم أهداف تصميم العملية بشكل جيد من أجل الوصول إلى تصميم فعال للعملية يسهم في دعم الأنشطة الأخرى وبالشكل الذى يؤدى إلى استجابة أكثر فاعلية لمتطلبات العملاء الداخليين والخارجيين (داوود و مازن، 2016، ص:190). وأشار الباحثان إلى أن من أهم الجوانب التي يتم التركيز عليها بعد تصميم العملية الإنتاجية هي (قابلية المنتج للتصنيع – الجودة).

البعد الثالث: بعد تصميم سلسلة التوريد:

أصبحت سلسلة التوريد أحد العناصر الهامة في المنشآت نتيجة للتغيرات السريعة في بيئة الأعمال وزيادة حدة المنافسة.

وتعرف سلسلة التوريد على أنها "جميع الأطراف المشاركة بشكل مباشر أو غير مباشر في تلبية متطلبات العملاء، حيث لا تشمل سلسلة التوريد المنشأة المصنعة والموردين فحسب؛ بل تشمل أيضاً الناقلين والمستودعات وتجار التجزئة و العملاء أنفسهم. وجميع الوظائف التي ينطوي عليها طلب العميل مثل تطوير المنتجات الجديدة والتسويق، العمليات والتوزيع والتمويل وخدمة العملاء" . وتؤدى المشاركة بين المورد والعميل في العملية الإنتاجية مع التركيز على التكامل الداخلي إلى تطوير المنتج من خلال التنسيق الوظيفي والفرق متعددة التخصصات مما ينعكس على تحسين التعاون في المنشأة، والاستجابة لمتطلبات العملاء و خلق القيمة(Abdel-shafie & Elgazzar, 2021, p.263).

وأوضحت احدى الدراسات أن تحقيق أهداف سلسلة التوريد يتطلب التكامل بين أنشطة المنشأة الرئيسية من خلال نموذج الهندسة المتزامنة بدءً من الشروع في عمليات التخطيط والرقابة الخاصة بالمواد والإمدادات والخدمات وتدفق المعلومات من المورد إلى المنتج وصولاً إلى تقديم المنتج إلى العميل النهائى (Ewout et al., 2023, p:2-5).

ويري (Khan وآخرون) أنه يمكن لسلاسل التوريد تقليل بعض المخاطر المرتبطة بعدم رضا العملاء في مرحلة مبكرة، بالإضافة إلى دمج تصميم المنتج بشكل أكثر فاعلية في سلسلة التوريد، حيث يمكن تقليل تكلفة إعادة التصميم بسبب توقعات العملاء الجدد أو التغيير في المتطلبات بشكل كبير وكذلك يمكنها تقليل وقت الإنتاج الإجمالي مما يحقق القدرة على الاستجابة بسرعة أكبر لمتطلبات العملاء من خلال التطوير السريع (Khan et al., 2016, p:4).

البعد الرابع: بعد تصميم استدامة المنتج:

تعتبر استدامة المنشآت وسيلة للمنشأة لخلق قيمة لمساهميها من خلال التقليل من الآثار السلبية للقضايا البيئية والاقتصادية والاجتماعية، فلقد أصبح تبنى مفهوم الاستدامة أمراً ضرورياً خاصةً في المنشآت الصناعية التي تلعب دوراً رئيسياً في استنفاذ الموارد وانبعاثات غازات الاحتباس الحرارى نظراً لما للنشاط الصناعي من تأثير جوهري على المجتمع (باسيلى وآخرون,2017، ص: 525). وأصبحت الاستدامة مؤخراً إحدى السمات الرئيسية للمنتجات الجديدة، وتعني الاستدامة خصائص المنتج التي تميزها من الفكرة إلى جميع مراحل التطوير والإنتاج والاستخدام والصيانة إلى نهاية عمر المنتج (التخلص)، حيث ان المنتج لا يفي بالغرض الأساسي فقط أي (الوظيفة الفنية)، ولكن خصائص المنتج من حيث الأبعاد الاجتماعية والسياسية والبيئية والاقتصادية يجب ان تؤخذ فى عين الاعتبار أيضاً (Rihar& Kušar, 2021, p:1).

ويعرف(Xiaona و Liu) تصميم الاستدامة على إنها "عملية تصميم تدور حول الموارد البيئية، أي خلال دورة حياة المنتج بأكملها ويجب إعطاء الأولوية للسمات البيئية للمنتج، والتفكيك، وإعادة التدوير....الخ ، والتي تمثل أهدافًا لتصميم المنتج أثناء تحقيق الأهداف البيئية، والتأكد من الأهداف المادية والأداء الأساسي وعمر الخدمة والجودة..... وما إلى ذلك؛ ويأخذ تصميم الاستدامة بعين الاعتبار استهلاك الطاقة واستخدام الموارد والتلوث البيئي والتأثير على صحة الإنسان والفوائد البيئية في دورة حياة المنتجات بأكملها" (Xiaona & Liu, 2019, p:2).

ويرى الباحثان (Dyllick و Rost) أن استدامة المنتج هي "النظر في إمكانية تحقيق المنتجات للفوائد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية للمنشآت والمجتمع بشكل عام في نفس الوقت، وعادةً يمكن النظر إلى استدامة المنتج من منظور تجاري بهدف الحد من وتقليل المخاطر المتعلقة بالمنتج أو لتمييز هذا المنتج عن تلك المنتجات الخاصة بالمنافسين التي في الغالب يكون معظمها ذات تأثيرات محدودة للاستدامة" (Dyllick & Rost, 2017, p:346).

2/2: دوافع تبنى نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد لإضافة بعد تصميم استدامة المنتج:

نظراً لظهور التكنولوجيا الحديثة في بيئة الأعمال أصبح هناك حاجة للمنشآت لتطبيق تقنيات تتمشى مع بيئة الأعمال المتغيرة وتحقيق متطلبات العملاء وتقديم منتجات صديقة للبيئة لتحقيق الاستدامة. ولذلك قامت معظم المنشآت بتطبيق واستخدام نموذج الهندسة المتزامنة، حيث أصبح نموذج الهندسة المتزامنة هو النهج الرئيسي لتصميم وتطوير المنتج ويرجع ذلك جزئيًا إلى التطور السريع للعلوم والتكنولوجيا، بالإضافة إلى أن الأهداف الرئيسية لمبادئ نموذج الهندسة المتزامنة هو تصميم و تطوير المنتجات في وقت قصير بتكلفة أقل وجودة أعلى للاستدامة البيئية من خلال: (Azeez & AL-tayar, 2021, p:323)

- ❖ أن تكون الاجراءات ضد أي تغيير سريعة وفعالة ومسئولة.
- ❖ تجنب التكرار وتصنيع المنتجات بطريقة صحيحة من المرة الأولى.
- ❖ التحسين المستمر مطلوب دائمًا ويستهدف نموذج الهندسة المتزامنة التحسينات المستمرة.
- ❖ إمكانيات تصميم المنتجات والعمليات بحيث يتم استخدام النفايات من كمدخلات عن طريق إعادة التدوير.
- ❖ سهولة تضمين القيود البيئية والاجتماعية مع الاعتبارات الاقتصادية لاتخاذ القرارات.

هذا ويؤكد (Kumar) على إن العملية الإنتاجية يجب أن تتضمن الحد الأدنى من استخدام الطاقة وتقليل الانبعاثات والحد من النفايات والمنتجات الثانوية للحفاظ على الأداء البيئي(Kumar,2017, p:1069).

مما سبق يلاحظ أن بعد تصميم استدامة المنتج يقوم على قضيتين مهمتين من قضايا الاستدامة ألا وهما (أن يكون المنتج صديقاً للبيئة، وإمكانية إعادة تدوير المنتج)؛ حيث إن فكرة ومبادئ نموذج الهندسة المتزامنة تدور حول مفهومين؛ المفهوم الأول أن جميع عناصر دورة حياة المنتج من الناحية الوظيفية والإنتاجية والتجميع وقابلية الاختبار وقضايا الصيانة والتأثير البيئي والتخلص النهائي وإعادة التدوير يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار بعناية في مراحل التصميم المبكرة، أما المفهوم الثاني هو أن جميع أنشطة التصميم السابقة ينبغي أن يتم تنفيذها جميعاً في نفس الوقت لأن الطبيعة المتزامنة لهذه العمليات تزيد بشكل كبير من إنتاجية وجودة المنتجات (Dongre et al., 2017, p:2799).

وبناءً على ماسبق يلاحظ أهمية التزامن بين أبعاد نموذج الهندسة المتزامنة (تصميم المنتج- تصميم العملية الإنتاجية- تصميم سلسلة التوريد) وبعد تصميم استدامة المنتج.

3/2 أدوات التكامل بين أبعاد نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد وبعد تصميم استدامة المنتج:

يعتبر تصميم دورة حياة المنتج من أهم أدوات نموذج الهندسة المتزامنة ، ولقد ناقش العديد من الباحثين أهمية تصميم دورة حياة المنتج في تحقيق الاستدامة حيث أن تصميم دورة حياة المنتج هو الأداة الأكثر أهمية وبروزًا في تصميم استدامة المنتج حيث يرى (Abouelsoud) أن **دورة حياة المنتج** تعبر عن استدامة المنتج بصفة أساسية عبر جميع مراحل الإنتاج والاستهلاك من بدايته حتى نهايته (Abouelsoud,2019,p:21).

ويؤكد (Choudhury و آخرون) على حقيقة أن تصميم استدامة المنتج يتطلب أن تحقق عملية تصميم المنتج الحد الأدنى من التأثيرات البيئية أو إنعدامها بالإضافة إلى تلبية معايير التصميم مثل جودة المنتج والميزة التنافسية والتكاليف والوقت اللازم لتسويق المنتج، لذلك يجب دمج التقييمات البيئية في مرحلة التصميم، ومن هنا يتم اشتقاق

المتطلبات الوظيفية من احتياجات العملاء مما يعكس الهدف الوظيفي للمنتج، وتعكس المتطلبات البيئية حاجة المجتمع لحماية الموارد الطبيعية والبيئية والمتطلبات الإقتصادية بحيث تضمن أهداف العمل الأساسية للمنشأة ولذلك يؤكد الباحثون على أن تصميم استدامة المنتج تهدف إلى تنفيذ مهمتي تصميم الهياكل المادية ودورة الحياة للمنتجات في وقت واحد، أي يلزم إجراء تحليل جودة دورة الحياة وتقييم دورة الحياة وتكلفة دورة الحياة أثناء مرحلة التقييم لتصميم المنتج وهذه التقييمات يتم اجراؤها للتقييم الوظيفي والبيئي والاقتصادي للمنتج قيد التصميم، ومع ذلك يرون بالنسبة للتقييمات البيئية يتم استخدام تقييم دورة الحياة المبسط من أجل تقييمات التصميم الفعالة (Choudhury et al., 2021, p:73).

وفى هذا السياق يرى (Kumar) أن هناك حاجة إلى نشر التكنولوجيا الصديقة للبيئة وهذا هو المكان الذى يجد فيه نموذج الهندسة المتزامنة موقعه حيث إنه يمكن تضمين التأثيرات البيئية للمنتج من خلال **وظيفة نشر الجودة** أثناء اختيار المادة المستخدمة عند تصميم منتج مع الأخذ فى الاعتبار التأثير حيث أن هناك ثلاثة عناصر رئيسية للتصميم البيئي وتشمل (تصميم التصنيع البيئي- تصميم التغليف البيئي- تصميم للتخلص وإعادة التدوير) (Kumar, 2017, p:1069).

بينما يرى (Rihar و Kušar) أنه يمكن التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد وبعد تصميم استدامة المنتج **عن طريق دورة حياة المنتج ووظيفة نشر الجودة**، ولقد أوضح الباحثان أن استراتيجيات المسئولية الاجتماعية للمنشآت تهدف إلى التفكير بشكل أكثر فعالية في دورة حياة المنتج بهدف التسريع بتكامل المسئولية البيئية والاجتماعية لمعالجة العديد من القضايا الملحة المتعلقة بالاستدامة ودورة حياة المنتج، لما يؤكدان على أن نظام تصميم وتطوير المنتجات المستدامة ويجب أن يشمل جميع أصحاب المصلحة في سلسلة الخدمات اللوجستية الكاملة لتصميم وتطوير المنتج، من الموردين والمصنعين والمقاولين من الباطن إلى المبيعات والمستخدمين والمنشآت التي ستستخدم المنتج لاحقاً، ونظراً لأن تصميم وتطوير المنتجات دائماً ما يكون محدوداً من حيث الوقت والتكلفة فإن المنشآت عادةً ما تختار تصميم وتطوير المنتج المتزامن، حيث أن في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج هناك إمكانية لتقليل استهلاك الموارد وتحسين كفاءة المنتج وأخذ جميع الاعتبارات البيئية في الحسبان في وقت مبكر، ويقوم نموذج الهندسة المتزامنة باستخدام وظيفة نشر الجودة في المراحل الأولى من تطوير المنتج. حيث تسمح وظيفة نشر الجودة بإجراء تقييم نوعي لمتطلبات المدخلات (صوت العميل) وتحويلها إلى خصائص تقنية وخصائص أخرى للمنتج، وتعتبر وظيفة نشر الجودة هي إحدى أدوات نموذج الهندسة المتزامنة، وهى طريقة يتم فيها البحث عن متطلبات الإدخال في بداية تطوير منتج جديد والتي نسميها "صوت العميل" الذي سيستخدم المنتج و ربطها بالخصائص التقنية للمنتج، حيث إنه عند تطوير منتج جديد من المهم أن يتم تحديد متطلبات الإدخال بأكبر قدر ممكن من الدقة منذ البداية (أي تحديد رغبات كل من المنشأة والعملاء المستخدمين للمنتج)، هذا ويؤكد الباحثان أنه من وجهة نظر استدامة المنتج من المهم بالطبع تحديد متطلبات الاستدامة في وقت مبكر مثل المرحلة الأولى من تطوير المنتج الجديد أي تحديد الأهداف ومتطلبات تحقيق الاستدامة حيث أن جميع الاجراءات والحلول الأخرى للمنتج يجب أن تخضع لتحقيق هذه الأهداف(Rihar & Kušar, 2021, P:2,5).

مماسبق يرى الباحث أنه يمكن دمج تصميم استدامة المنتج من خلال تحليل دورة حياة المنتج ووظيفة نشر الجودة عن طريق دمج وتحديد متطلبات الاستدامة ومتطلبات العملاء في وقت مبكر ودمجها في المتطلبات الوظيفية والفنية للمنتج خلال مراحل دورة حياة المنتج.

ولذا يقترح الباحث أنه يمكن التكامل بين أبعاد نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد وبعد تصميم استدامة المنتج عن طريق **البحث وتطوير إصدارات معدلة من أدوات نموذج الهندسة المتزامنة Design for X ، والاستفادة من معايير الاستدامة** حيث أنه عند تصميم المنتج لابد وأن يأخذ مصممي المنتج في الاعتبار كيفية حفاظ المنتج على سلامة البيئة والتخلص من النفايات بطرق آمنة وإعادة التدوير وتطبيق معايير الاستدامة في كل مرحلة من مراحل المنتج وتقييم استدامة دورة حياة المنتج ، لهذا يرى الباحث أنه يمكن تصميم وإنتاج منتجات يراعي فيها سلامة البيئة وهو ما يسمى بالتصميم للاستدامة Design for Sustainability (DFS) أو التصميم من أجل البيئة Design for Environment (DFE)ويمكن أن يتحقق هذا من خلال استخدام طاقات ومواد نظيفة وبديلة عن تلك التي تطرح نفايات

صناعية الأمر الذى من شأنه إحترام المسئولية القانونية تجاه البيئة المحيطة وتعزيز المركز التنافسي والدخول إلى أسواق جديدة وبهذا يتم تصميم وتطوير منتجات سليمة تراعي الحفاظ على البيئة.

وفى ضوء ماسبق مناقشته يرى الباحث أنه يمكن تحقيق التكامل بين نموذج الهندسة ثلاثى الأبعاد وتصميم استدامة المنتج وفقاً للخطوات التالية:

أ- تحديد مجموعة من معايير تصميم استدامة المنتج الخاصة بنوع النشاط عن طريق فرق التصميم.

ب- يقوم فريق التصميم بإدراج معايير الاستدامة والتصميم للاستدامة (DFS) كجزء من قيود التصميم و التطوير التي يمكن دمجها مع العديد من أدوات التصميم الشائعة مثل وظيفة نشر الجودة والتصميم للتصنيع.

ج- يعمل فرق التصميم على إنشاء نطاق واسع من بدائل التصميم تسمح بتقييم التكاليف الحقيقية وعملية المعالجة وتقييم شواغل الاستدامة في جميع مراحل دورة حياة المنتج.

د- بعد ذلك يتم إدخال معايير الجودة مثل تقييم استدامة دورة حياة المنتج لدعم القرارات داخل عملية تصميم وتطوير المنتج.

حيث تعتبر تقييم استدامة دورة حياة المنتج طريقة شاملة تدمج الاستدامة بأبعادها الثلاثة، فيشمل تقييم استدامة دورة حياة المنتج وفقًا لمعايير (ISO) على التأثيرات البيئية على سبيل المثال (الانبعاثات في الهواء، وتلوث المياه)، وتكاليف دورة الحياة وهي طريقة لتقييم الآثار الاقتصادية (مثل التكاليف والإيرادات) وهي موحدة إلى حد ما أيضاً، حيث يساعد تقييم دورة الحياة الاجتماعية على تقييم التأثيرات الاجتماعية على سبيل المثال (الراتب العادل ، ساعات العمل) ولقد تم تقديم إرشادات حول تقييم استدامة دورة حياة المنتج في عام (2011) وفقاً لهذه الارشادات يتبع إجراء التقييم لاستدامة دورة حياة المنتج معيار (ISO 14040) بخطواته: (تعريف الهدف والنطاق - تحليل مخزون دورة الحياة - تقييم تأثير دورة الحياة - تفسير دورة الحياة) (Schramm et al., 2020, p:713).

مما سبق يلاحظ أن بعد التكامل ودمج بعد تصميم استدامة المنتج للأبعاد الثلاثة (بعد تصميم المنتج والعملية الإنتاجية وسلسلة التوريد) لنموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد ظهر ما يسمى بنموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد (4D-CEM).

4/2 استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد في دعم إدارة التكلفة البيئية:

يتطلب نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد أن يأخذ مطوروا المنتجات المستدامة في الاعتبار جميع العوامل المتعلقة بالمنتج من تكوين المفهوم إلى تقادم المنتج في دورة حياة المنتج بأكملها، بما في ذلك الجودة والتكلفة والجدول الزمني ومتطلبات المستخدم والتأثير البيئي وإعادة التدوير في المرحلة المبكرة من تطوير المنتج. حتى يتمكنوا من إكتشاف المشاكل التى تظهر في عملية تطوير المنتج بأكملها في الوقت المناسب، مما يقلل من دورة تطوير المنتج وتحسين الأداء البيئي وتخفيض التكاليف العامة والبيئية وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت في السوق (Xiaona & Liu, 2019, p:2).

هذا ويزيد التعاون الاستراتيجي بين الشركاء في سلاسل التوريد من فرص تحسين الأداء البيئي من خلال السماح للمنشآت بالنظر إلى ما وراء حدودها التنظيمية للعثور على طرق جديدة لتقليل الأعباء البيئية على طول سلسلة التوريد. حيث يمكن أن ينشأ ذلك التعاون بطريقتين مختلفتين: بمبادرة من منشأة محورية لها موقع مؤثر في سلسلة التوريد أو من خلال التعاون الجماعي بين مختلف الأطراف التي تشارك في سلسلة التوريد، ويرى (Penela وآخرون) أن التعاون بين المنشآت الذي يهدف إلى إنتاج منتجات صديقة للبيئة قد يؤدى إلى قيام العديد من المنشآت المهتمة بإدارة البيئة بتحسين أداءها البيئي من خلال التركيز على الأنشطة التنظيمية داخل المنشأة المتعلقة بالتقنيات التطبيقية وأنشطة منع التلوث وإدارة النفايات أو إعادة التفكير في طريقة تصميم منتجاتها. وغالباً ما تكون هذه الأنشطة مكلفة وتحد من الفوائد المحتملة لإدارة البيئة

(Penela et al., 2017, p:731).

مماسبق يتضح دور نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد حيث يعمل هذا النموذج على تبادل المعلومات المفيدة والتركيز بشكل أفضل على تصميم تدفق المواد الصديقة للبيئة في مرحلة تطوير المنتج، واختيار الموردين الأكثر تناسباً لشراء المواد بأقل تأثير بيئي ممكن، واختيار التكنولوجيا المؤدية إلى استهلاك أقل للطاقة والحد الأدنى من

التأثير السلبي على البيئة وإدارة أسهل للنفايات، وتنفيذ عمليات إعادة التدوير وإعادة الاستخدام (Rihar & Kušar, 2021, P:2) مما قد يؤدى إلى الحد من الآثار البيئية السلبية و تحسين الأداء البيئي وتخفيض التكاليف.

وهذا تتطلب ممارسات التصميم البيئي والتصنيع المسئول بيئياً التحليل لسلسلة التوريد بأكملها، حيث تزداد أهمية النظر المبكر في جوانب سلسلة التوريد من خلال التصميم المبكر لسلسلة التوريد، من خلال توافر معلومات محددة ودقيقة تتعلق بسلسلة التوريد للمنتج وخصائص المكونات والمواد خلال مرحلة التصميم، فتوفر تلك المعلومات يمكن من إجراء تقييمات بيئية مختلفة، والتي تكون دقيقة قدر الإمكان لأنها ستستند إلى معلومات محددة لسلسلة التوريد. بالإضافة إلى ذلك يمكن رؤية تأثيرات إجراء التعديلات على سلسلة التوريد للمنتج في الوقت الفعلي أثناء تصميم المنتج، هذا ويسمح توفر هذه المعلومات ببعض الاعتبارات البيئية والتقييمات التي يتعين إجراؤها أثناء تطوير المنتج وليس بعد الانتهاء من تصميم المنتج حيث يقدم أحد أعضاء سلسلة التوريد معلومات تتعلق بالمكون، بما في ذلك وزن المكون، والنقل المستخدم لشحنه وعندما يحدد المصمم هذا المكون أثناء عملية التصميم، يمكنه الوصول إلى المعلومات المتعلقة بسيناريو النقل المرتبط به ويتم استخدام هذه المعلومات كجزء من العمليات المتعلقة بالتكلفة مثل التأثير البيئي لدورة حياة المنتج والتكلفة البيئية المتعلقة به لإعطاء المصمم ملاحظات بيئية في الوقت المناسب الذى يتم فيه تصميم المنتج ، بناءً على استخدام مكونات مختلفة من مورد مختلف، وعند تصميم المنتجات والعمليات المستدامة في وقت واحد بالتزامن مع مشاركة أعضاء سلسلة التوريد ومراعاة دورة حياة المنتج بأكملها تتحقق الفوائد المفاهيمية لدمج نموذج الهندسة المتزامنة ثلاثي الأبعاد وتصميم استدامة المنتج والتي تتمثل في انخفاض تكاليف التشغيل والميزة التنافسية وتحسين صورة المنشأة فى الأسواق وتقليل تكاليف الامتثال للتشريعات والقوانين البيئية وهذا ما تسعى إدارة التكلفة البيئية إلى تحقيقه (Mombeshora et al., 2014, p:1605).

حيث يوفر نموذج الهندسة المتزامنة معلومات تكاليفية دقيقة من خلال تتبع التكاليف خلال دورة حياة المنتج من البداية إلى التخلص النهائي منه وإعادة التدوير. وذلك باستخدام تقييم استدامة دورة حياة المنتج، الذى يتكون من تقييم دورة حياة المنتج وتكاليف دورة حياة المنتج وتقييم الجوانب الاجتماعية لدورة حياة المنتج، هذا ويعتبر تقييم دورة حياة المنتج هو الأداة الوحيدة التي تم توحيدها بالفعل وفقاً لمعيار (ISO 14040) والذى تم تعريفه على أنه "إجراء لمعالجة الجوانب البيئية والتأثيرات البيئية المحتملة طوال دورة حياة المنتج من أول الحصول على المواد الخام إلى الإنتاج والاستخدام ومعالجة نهاية العمر الإنتاجى وإعادة التدوير والتخلص النهائي" (Vasssallo & Refalo, 2024, p: 2).

ومع ذلك، يلاحظ أن تقييم دورة حياة المنتج يعتمد على المعايير البيئية فقط، فوفقًا لمجموعة عمل (SETAC) حول تكاليف دورة حياة المنتج أنه تم اعتبار تكاليف دورة حياة المنتج البيئية هي الأكثر ملاءمة لتطبيقها مع تقييم دورة حياة المنتج، ودمجها في تقييم استدامة دورة الحياة، وتم تشكيلها على نفس نهج تقييم دورة حياة المنتج لإنها تغطي جميع تدفقات الأموال الحقيقية المرتبطة بالمنتج على مدار دورة حياته. هذا ويعرف (Hannouf و Assefa) تكاليف دورة حياة المنتج البيئية على أنها "تقييم لجميع التكاليف المرتبطة بدورة حياة المنتج التي يتم تغطيتها مباشرة من قبل أي واحد أو أكثر من الجهات الفاعلة في دورة حياة المنتج على سبيل المثال (المورد أو الشركة المصنعة أو المستخدم أو المستهلك) مع التضمين التكميلي للعوامل الخارجية المتوقع استيعابها في المستقبل ذي الصلة بالقرار، والمكون الأخير من تقييم استدامة دورة حياة المنتج هو تقييم الجوانب الاجتماعية لدورة حياة المنتج والذي لم يتم تطويرهها بشكل جيد بعد، وتم تعريفه على أنه "تقييم جميع الجوانب الاجتماعية والاقتصادية للمنتجات وتأثيراتها الايجابية والسلبية المحتملة على طول دورة حياة المنتج" (Hannouf & Assefa, 2017, p:2).

فى ضوء ماسبق يرى الباحث أن نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد يعتبر من الطرق التي يمكن أن تستخدم لقياس التكاليف البيئية بدقة، وتوفير المعلومات البيئية اللازمة لإدارة التكلفة البيئية عن طريق تقييم استدامة دورة حياة المنتج وتتبع ورصد التكاليف العامة والتكاليف البيئية في جميع مراحل دورة حياة المنتج مما يدعم الإدارة في عملية اتخاذ القرارات وتحقيق الاستدامة وفقاً لدراسة (Vasssallo & Refalo, 2024, p: 2).

ثالثاً: الدراسة الميدانية لاختبار أثر نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على إدارة التكلفة البيئية

1/3 أهداف الدراسة الميدانية:

تهدف الدراسة الميدانية إلى اختبار العلاقة بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد الذي يتكون من أربعة أبعاد رئيسية (تصميم المنتج، تصميم العملية الإنتاجية، تصميم سلسلة التوريد، تصميم استدامة المنتج) وإدارة التكلفة البيئية بهدف التوصل إلى أدلة عملية حول طبيعة العلاقة بينهم والتعرف على اثر نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على تخفيض التكاليف البيئية وتقديم منتجات صديقة للبيئة وتوفير المعلومات الدقيقة عن التكاليف البيئية والتكاليف العامة مما يساعد على اتخاذ القرارات السليمة وتحقيق الاستدامة والأهداف الاستراتيجية للمنشأة.

2/3 فرض الدراسة:

يتمثل الفرض الذي يحاول الباحث اختباره لتحقيق أهداف الدراسة الميدانية في التالي:

لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية.

3/3 أداة جمع البيانات:

اعتمد الباحث على استمارة الاستقصاء كأداة لجمع البيانات اللازمة للتحقق من صحة فرض الدراسة، وتم تصميم استمارة الاستقصاء بشكل مبسط وواضح يسهل معه فهمها من قبل مفردات العينة، هذا بالإضافة إلى مراعاة شمولها على مجموعة من الأسئلة التي يمكن من خلالها قياس كافة متغيرات الدراسة على نحو ملائم، بما يساهم في استخلاص نتائج وأدلة عملية تحقق أهداف الدراسة الميدانية.

4/3 متغيرات الدراسة:

تتمثل متغيرات الدراسة فيمايلى:

- المتغير المستقل: نموذج الهندسة المتزامنة رباعى الأبعاد.
- المتغير التابع: إدارة التكلفة البيئية.

5/3 مجتمع وعينة الدراسة:

1/5/3 مجتمع الدراسة:

تحقيقاً لأهداف الدراسة الميدانية، اعتمد الباحث في الحصول على البيانات اللازمة لاختبار الفرض على تحديد مجتمع الدراسة في ثلاث فئات من العاملين بالمنشآت الصناعية في المنطقة الاقتصادية الخاصة بشمال غرب خليج السويس وهم:

- **الفئة الأولى: مديرو الإنتاج،** بإعتبار أن طبيعة عملهم تجعلهم أكثر الفئات دراية بنظم التصنيع الحديثة كنظام التصنيع المتداخل الذي يجمع بين مزايا كل من نظام التصنيع المرشد ونظام التصنيع الفعال.
- **الفئة الثانية: مديرو الجودة،** بإعتبارهم من الفئات الأكثر صلة بمتغيرات الدراسة وخاصة نموذج الهندسة المتزامنة، وتصميم استدامة المنتج لما يحققه من تقديم منتجات وخدمات ذات جودة عالية تلبي احتياجات العملاء بشكل فعال دون الإضرار بالبيئة والمجتمع.
- **الفئة الثالثة: محاسبى التكاليف والمحاسبين الإداريين،** بإعتبارهم أحد الأطراف المشاركة في صناعة القرارات من خلال درايتهم بنموذج الأداء المتزامن ثلاثي ورباعي الأبعاد كأحد أدوات إدارة التكلفة الاستراتيجية التي ترغب في تخفيض التكاليف وتحسين جودة المنتج، فضلاً عن مسئوليتهم عن إدارة التكلفة البيئية من خلال الامتثال للقوانين والتشريعات البيئية وتتبع التكاليف البيئية لمحاولة تخفيضها.

2/5/3 عينة الدراسة:

اعتمد الباحث على أسلوب العينة الحكمية غير الاحتمالية لاختيار مفردات الدراسة، وقد روعي في هذه العينة أن تكون ممثلة للمجتمع محل الدراسة وأن تنطبق عليها المواصفات المطلوبة لأغراض الدراسة، ولذلك قام الباحث بتوزيع (30) استمارة استقصاء على الفئة الأولى من مديري الإنتاج، (35) استمارة على الفئة الثانية من مديري الجودة، و(95) استمارة على الفئة الثالثة من محاسبي التكاليف والمحاسبين الإداريين بمنشآت العينة.

3/5/3 جمع البيانات:

قام الباحث بتوزيع استمارة الاستقصاء على مفردات العينة الممثلة لمجتمع الدراسة عن طريق المقابلات الشخصية وقد تم شرح أهم المتغيرات التي استندت عليها الدراسة والغرض من استمارة الاستقصاء من أجل تعظيم الاستفادة من استطلاع آرائهم وضمان جودة البيانات التي يتم الحصول عليها، وكانت الاستجابة جيدة من قبل مفردات العينة كما هي موضحة في الجدول رقم (1).

جدول (1)
استجابات فئات الدراسة

فئات الدراسة	عدد الاستمارات الموزعة	الاستمارات الواردة		الاستمارات المستبعدة		الاستمارات الصحيحة	
		العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة
مديرو الإنتاج	30	27	%90	2	%7.4	25	%92.6
مديرو الجودة	35	29	%82.9	3	%10.3	26	%89.7
محاسبى التكاليف والمحاسبين الاداريين	95	87	%91.6	6	%6.9	81	%93.1
الإجمالي	**160**	**143**	**%89.4**	**11**	**%7.7**	**132**	**%92.3**

6/3 الأساليب الإحصائية المستخدمة:

اعتمد الباحث على استخدام برنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS, Version 26) لإجراء الاختبارات الإحصائية اللازمة للبيانات التي تم الحصول عليها من قبل مفردات العينة، وذلك من خلال استخدام الأساليب الإحصائية التالية:

❖ **تحليل الاعتمادية (Reliability Analysis):**

يتم الاعتماد على معامل الصدق والثبات المعروف بآلفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لاختبار مدى مصداقية العبارات التي تمثل متغيرات الدراسة، وذلك لتقييم ثبات واعتمادية ومصداقية المقاييس المستخدمة في الدراسة.

❖ **مجموعة الإحصاءات الوصفية (Descriptive Analysis):**

اعتمد الباحث على أساليب التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة لوصف خصائصها والتعرف على اتجاهات المستقصي منهم نحوها، وتشمل تلك الأساليب الوسط الحسابي والانحراف المعياري اللذان يستخدمان في ترتيب درجة الأهمية النسبية لعبارات استمارة الاستقصاء الممثلة لمتغيرات الدراسة، وذلك وفقاً لآراء مفردات العينة ككل من ناحية وآراء كل فئة بصورة مستقلة من ناحية أخرى.

❖ **تحليل الانحدار البسيط (Simple Regression Analysis):**

يعتبر تحليل الانحدار الخطي البسيط أحد أدوات التحليل الإحصائي التي تستخدم في اختبار الفروض القائمة على تحليل العلاقة بين متغيرين أحدهما مستقل والآخر تابع، حيث يمكن من خلاله الاستدلال على طبيعة وقوة ودلالة العلاقة بينهما، وتحديد درجة التغير التي تحدث في المتغير التابع ويفسرها المتغير المستقل.

7/3 التحليل الإحصائي واختبار الفروض:

1/7/3 تحليل الاعتمادية والمصداقية لمتغيرات الدراسة:

اعتمد الباحث على استخدام معامل آلفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لتحديد معاملي الثبات والصدق الذاتي لعبارات استمارة الاستقصاء التي تعبر عن متغيرات الدراسة، وذلك لاختبار مدى مصداقية تلك العبارات وثباتها

واتساقها داخلياً ومن ثم إمكانية الاعتماد عليها في استخلاص نتائج الدراسة والتحقق من عدم وجود تحريف أو تحيز في تلك النتائج، ويوضح الجدول (2) معاملي الصدق والثبات لمتغيرات الدراسة على النحو التالي:

جدول (2)

تحليل الاعتمادية والمصداقية لمتغيرات الدراسة

متغيرات الدراسة	رمز المتغير	عدد الفقرات	معامل الثبات (Alpha)	معامل الصدق الذاتي
نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد	(X)	8	0.632	0.795
إدارة التكلفة البيئية	(Y)	9	0.724	0.851

يتضح من الجدول السابق أن قيم معاملات الثبات (ألفا كرونباخ - Cronbach's Alpha) تراوحت بين (0.632 – 0.724)، كما تراوحت قيم معامل الصدق الذاتي بين (0.795 – 0.851)، وهي بذلك ترتفع عن الحد الأدنى المقبول لمستوى الاعتمادية والمصداقية والذي يبلغ (0.6)، مما يشير إلى ارتفاع درجة الاتساق الداخلي بين العبارات الممثلة لكل متغير من متغيرات الدراسة، ومن ثم إمكانية عليها في الحصول على أدلة ميدانية يمكن تعميمها في الواقع العملي.

2/7/3 التحليل الإحصائي الوصفي لمتغيرات الدراسة:

اعتمد الباحث على إجراء التحليل الإحصائي الوصفي لعبارات استمارة الاستقصاء للتعرف على شكل وطبيعة وخصائص كل متغير من متغيرات الدراسة وفقاً لآراء مفردات العينة بكافة فئاتها المختلفة، وذلك من خلال قيم المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكافة العبارات الدالة على تلك المتغيرات.

ويمكن توضيح نتائج ذلك التحليل بشيء من التفصيل على النحو التالي:

1/2/7/3 الإحصاء الوصفي للمتغير الأول "نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد (X):

لمعرفة رؤية مفردات العينة حول متغير "نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد" الذي يرمز له بالرمز (X) تم الاعتماد على الوسط الحسابي والانحراف المعياري لعبارات السؤال الثاني باستمارة الاستقصاء ومحتواه "يساهم نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد في تحقيق العديد من الآثار الإيجابية للمنشأة من خلال العديد من العوامل" ويرمز لعباراته بالرموز (X_1: X_8). **ويمكن توضيح نتائج الإحصاء الوصفي لذلك المتغير من خلال الجدول (3) التالي:**

جدول (3)

الإحصاء الوصفي للمتغير الأول

نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد (X)

العبـــــارة	رمز المتغير	مديرو الإنتاج			مديرو الجودة			محاسبى التكاليف والمحاسبين الاداريين			عينة الدراسة كوحدة واحدة		
		الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
يحقق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد إمكانية تصميم المنتجات والعمليات من خلال استخدام النفايات من أحدها	X_1	4.44	0.58	2	4.35	0.69	1	4.23	0.58	4	4.3	0.6	3

كمدخلات إلى أخرى عن طريق إعادة التدوير.												
يمكن التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج من خلال النظر في دورة حياة المنتج بأكملها بداية من الحصول على المواد الخام إلى التخلص النهائي.	X_2	4.36	0.57	3	4.31	0.74	2	4.48	0.69	2	4.42	0.68	2

العبـــــارة	رمز المتغير	مديرو الإنتاج			مديرو الجودة			محاسبى التكاليف والمحاسبين الاداريين			عينة الدراسة كوحدة واحدة		
		الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
يمكن التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج من خلال وظيفة نشر الجودة (QFD)التي تقوم بتحديد متطلبات العملاء.	X_3	3.56	0.51	7	3.5	0.76	7	3.62	0.77	8	3.58	0.72	7
يقوم نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد بتقديم منتجات صديقة للبيئة.	X_4	4.48	0.65	1	4.35	0.69	1	4.51	0.67	1	4.47	0.67	1
يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دمج معايير الاستدامة في مرحلة مبكرة من التصميم.	X_5	4.44	0.58	2	4.27	0.72	5	4.47	0.69	3	4.42	0.68	2
يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على تبادل المعلومات المفيدة والتركيز بشكل أفضل على تصميم تدفق المواد الصديقة للبيئة في مرحلة تطوير المنتج.	X_6	4.08	0.4	4	4.27	0.6	3	4.21	0.59	6	4.19	0.56	5
يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على اختيار الموردين الأكثر ملاءمة وشراء المواد بأقل تأثير بيئي.	X_7	4.08	0.64	5	4.27	0.67	4	4.22	0.61	5	4.2	0.63	4
يحقق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد التحسين المستمر وتصميم وتطوير المنتجات بتكلفة أقل وجودة أعلى للاستدامة البيئية مما يحقق رضاء العملاء.	X_8	4.04	0.68	6	4.23	0.65	6	4.21	0.61	7	4.18	0.63	6
الوسط الحسابي العام		4.19			4.19			4.24			4.22		

الانحراف المعياري العام	0.28	0.42	0.39	0.38

يتضح من الجدول السابق ما يلي:

- ❖ إجماع آراء فئات الدراسة كوحدة واحدة على العوامل التي تساهم في انعكاس نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد بالآثار الإيجابية على المنشأة، حيث بلغ الوسط الحسابي العام لإجمالي العبارات التي تقيس تلك العوامل والتي يعبر عنها بالرمز"X" (4.22)، كما تراوح الوسط الحسابي الخاص بها (X_1: X_8) بين (3.58-4.47)، وتمثلت أهم تلك العوامل طبقاً لمعيار الوسط الحسابي المرجح في العبارة رقم (4) والتي يرمز لها بالرمز (X_4) وتنص على (يقوم نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد بتقديم منتجات صديقة للبيئة)، حيث بلغ متوسطها الحسابي (4.47) بانحراف معياري (0.67)، يليها العبارة رقم (5) والتي يرمز لها بالرمز (X_5) وتنص على (يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دمج معايير الاستدامة في مرحلة مبكرة من التصميم)، حيث بلغ متوسطها الحسابي (4.42) بانحراف معياري (0.68).
- ❖ موافقة جميع فئات الدراسة على أن نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد يحقق العديد من الآثار الإيجابية للمنشأة من خلال عدة عوامل، حيث بلغ الوسط الحسابي العام للعبارات الدالة على ذلك (4.19) بحد أدني (3.56) وحد أقصى (4.48) وذلك وفقاً لآراء فئة مديرو الإنتاج، بينما بلغ الوسط الحسابي العام (4.19) بحد أدني (3.5) وحد أقصى (4.35) وذلك وفقاً لآراء فئة مديرو الجودة، كما بلغ الوسط الحسابي العام (4.24) بحد أدني (3.62) وحد أقصى (4.51) وذلك وفقاً لآراء محاسبى التكاليف والمحاسبين الإداريين بشركات العينة. واجتمعت جميع فئات الدراسة على أن العبارة رقم (4) والتي يرمز لها بالرمز (X_4) وتنص على (يقوم نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد بتقديم منتجات صديقة للبيئة) تمثل أكثر أهمية، بينما جاءت العبارة رقم (3) والتي يرمز لها بالرمز (X_3) وتنص على (يمكن التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج من خلال وظيفة نشر الجودة (QFD) التي تقوم بتحديد متطلبات العملاء) في الترتيب الأخير للعوامل التي تساهم في تحقيق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد للعديد من الآثار الإيجابية للمنشأة.
- ❖ اختلفت آراء فئات الدراسة حول ترتيب العوامل الأخرى، حيث تمثلت أهم تلك العوامل وفقاً لآراء كل فئة من فئات الدراسة طبقاً لمعيار الوسط الحسابي المرجح فيما يلي:

(أ) بالنسبة لفئة مديرو الإنتاج:

- ❖ يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دمج معايير الاستدامة في مرحلة مبكرة من التصميم (X_5).
- ❖ يحقق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد إمكانية تصميم المنتجات والعمليات من خلال استخدام النفايات من أحدها كمدخلات إلى أخرى عن طريق إعادة التدوير (X_1).
- ❖ يمكن التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج من خلال النظر في دورة حياة المنتج بأكملها بداية من الحصول على المواد الخام إلى التخلص النهائي (X_2).

(ب) بالنسبة لفئة مديرو الجودة:

- ❖ يحقق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد إمكانية تصميم المنتجات والعمليات من خلال استخدام النفايات من أحدها كمدخلات إلى أخرى عن طريق إعادة التدوير (X_1).
- ❖ يمكن التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج من خلال النظر في دورة حياة المنتج بأكملها بداية من الحصول على المواد الخام إلى التخلص النهائي (X_2).
- ❖ يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على تبادل المعلومات المفيدة والتركيز بشكل أفضل على تصميم تدفق المواد الصديقة للبيئة في مرحلة تطوير المنتج (X_6).

(ج) بالنسبة لفئة محاسبى التكاليف والمحاسبين الإداريين:

- ❖ يمكن التكامل بين نموذج الهندسة المتزامنة وتصميم استدامة المنتج من خلال النظر في دورة حياة المنتج بأكملها بداية من الحصول على المواد الخام إلى التخلص النهائي (X_2).
- ❖ يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دمج معايير الاستدامة في مرحلة مبكرة من التصميم (X_5).
- ❖ يحقق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد إمكانية تصميم المنتجات والعمليات من خلال استخدام النفايات من أحدها كمدخلات إلى أخرى عن طريق إعادة التدوير (X_1).

– هذه الاختلافات الطفيفة في ترتيب العوامل التي تساهم في تحقيق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد للعديد من الآثار الإيجابية بالمنشأة حسب أهميتها وفقاً لآراء كل فئة من فئات الدراسة لا يعني أهمية بعض المزايا دون البعض الأخر، حيث لم يقل الوسط الحسابي لكافة العبارات الممثلة لتلك المزايا عن (3.5)، مما يعنى موافقتهم عليها، وقد يرجع ذلك إلى طبيعة عمل كل فئة وخبراتهم المختلفة.

– انخفاض درجة التشتت في استجابات وآراء عينة الدراسة حول العوامل التي تنعكس إيجابياً على المنشأة من خلال تطبيق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد، حيث إن الانحراف المعياري للعبارات الدالة على تلك العوامل لجميع مفردات العينة لم يتجاوز الواحد الصحيح.

2/2/7/3 الإحصاء الوصفي للمتغير الثاني "إدارة التكلفة البيئية (Y):

لمعرفة رؤية مفردات العينة حول متغير "إدارة التكلفة البيئية" الذي يرمز له بالرمز (Y) تم الاعتماد على الوسط الحسابي والانحراف المعياري لعبارات السؤال الخامس باستمارة الاستقصاء ومحتواه "تعتمد المنشأة على مجموعة من الأساليب الحديثة لقياس التكلفة البيئية الخاصة بها كي تتمكن من إدارتها بما يحقق العديد من الانعكاسات على المنشأة" ويرمز لعباراته بالرموز (Y_1: Y_9).

ويمكن توضيح نتائج الإحصاء الوصفي لذلك المتغير من خلال الجدول (4) التالي:

جدول (4)

الإحصاء الوصفي للمتغير الثاني:

إدارة التكلفة البيئية (Y)

العبـــــارة	رمز المتغير	مديرو الإنتاج			مديرو الجودة			محاسبى التكاليف والمحاسبين الاداريين			عينة الدراسة كوحدة واحدة		
		الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
تعتمد المنشأة على إدارة التكلفة البيئية في اتخاذ القرارات.	Y_1	4.44	0.58	4	4.35	0.69	2	4.23	0.58	6	4.3	0.6	5
تعمل إدارة التكلفة البيئية على تطبيق نظم الإدارة البيئية.	Y_2	4.36	0.57	5	4.31	0.74	3	4.48	0.69	2	4.42	0.68	2
تقوم إدارة التكلفة البيئية بتتبع التكاليف البيئية والامتثال للقوانين والتشريعات البيئية.	Y3	3.56	0.51	8	3.5	0.76	7	3.62	0.77	9	3.58	0.72	8

تستخدم المنشأة الأساليب الحديثة في قياس التكاليف البيئية ومن ثم إدارتها.	Y4	4.48	0.65	2	4.35	0.69	2	4.51	0.67	1	4.47	0.67	1
تعتمد المنشأة على نظام تقييم دورة حياة المنتج باعتباره أحد الأدوات التي تساعد في توفير بيانات دقيقة ومحددة عن تكلفة المنتج أو النشاط.	Y5	4.44	0.58	4	4.27	0.72	6	4.47	0.69	3	4.42	0.68	2
يمكن قياس التكاليف البيئية من خلال نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وتقييم استدامة دورة حياة المنتج.	Y6	4.08	0.4	6	4.27	0.6	4	4.21	0.59	8	4.2	0.56	6
يعمل نظام تقييم استدامة دورة حياة المنتج على قياس تكاليف المنتج ومن بينها قياس استدامة المنتج (البيئية- الاقتصادية- الاجتماعية).	Y7	4.08	0.64	7	4.27	0.67	5	4.22	0.61	7	4.2	0.63	7

العبارة	رمز المتغير	مديرو الإنتاج			مديرو الجودة			محاسبى التكاليف والمحاسبين الاداريين			عينة الدراسة كوحدة واحدة		
		الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
يوفر نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد المعلومات الدقيقة عن التكاليف البيئية.	Y_8	4.52	0.51	1	4.27	0.67	5	4.4	0.68	4	4.39	0.65	3
يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية في اتخاذ القرارات.	Y_9	4.44	0.51	3	4.35	0.49	1	4.33	0.55	5	4.36	0.53	4
الوسط الحسابي العام		4.27			4.21			4.27			4.26		
الانحراف المعياري العام		0.25			0.37			0.38			0.36		

يتضح من الجدول السابق ما يلي:

- إجماع آراء فئات الدراسة كوحدة واحدة على اتباع المنشأة لأساليب إدارة التكلفة البيئية مما ينعكس إيجابياً على المنشأة، حيث بلغ الوسط الحسابي العام لإجمالي العبارات الدالة على ذلك والتي يعبر عنها بالرمز"Y" (4.26)، كما تراوح الوسط الحسابي الخاص بتلك العبارات (Y_1: Y_9) بين (3.58-4.47)، وتمثلت أهم تلك العبارات طبقاً لمعيار الوسط الحسابي المرجح في العبارة رقم (4) والتي يرمز لها بالرمز (Y_4) وتنص على (تستخدم المنشأة الأساليب الحديثة في قياس التكاليف البيئية ومن ثم إدارتها)، حيث بلغ متوسطها الحسابي (4.47) وانحرافها المعياري (0.67)، يليها العبارة رقم (2) والتي يرمز لها بالرمز (Y_2) وتنص على (تعمل إدارة التكلفة البيئية على تطبيق نظم الإدارة البيئية)، والعبارة رقم (5) والتي يرمز لها بالرمز (Y_5) وتنص على (تعتمد المنشأة على نظام تقييم دورة حياة المنتج باعتباره أحد الأدوات التي تساعد في توفير بيانات دقيقة ومحددة عن تكلفة المنتج أو النشاط)، حيث بلغ متوسطهما الحسابي (4.42) وانحرافهما المعياري (0.68)، بينما جاءت

العبارة رقم (3) والتي يرمز لها بالرمز (Y_3) وتنص على (تقوم إدارة التكلفة البيئية بتتبع التكاليف البيئية والامتثال للقوانين والتشـريعات البيئية) في الترتيب الأخير، حيث بلغ متوسـطها الحسـابي (3.58) وانحرافها المعياري (0.72).

- ❖ موافقة جميع فئات الدراسة على العبارات الدالة على إدارة التكلفة البيئية، حيث بلغ الوسط الحسابي العام (4.27) بحد أدني (3.56) وحد أقصـى (4.52) وذلك وفقاً لآراء فئة مديرو الإنتاج، بينما بلغ الوسـط الحسـابي العام (4.21) بحد أدني (3.5) وحد أقصى (4.35) وذلك وفقاً لآراء فئة مديرو الجودة، كما بلغ الوسط الحسابي العام (4.27) بحد أدني (3.62) وحد أقصـى (4.51) وذلك وفقاً لآراء محاسـبى التكاليف والمحاسـبين الإداريين بشركات العينة.
- ❖ اختلفت آراء فئات الدراسة حول ترتيب العبارات التي يمكن من خلالها الاستدلال على إدارة التكلفة البيئية، حيث تمثلت أهم تلك العبارات وفقاً لآراء كل فئة من فئات الدراسة طبقاً لمعيار الوسط الحسابي المرجح فيما يلي:

(أ) بالنسبة لفئة مديرو الإنتاج:

- ❖ يوفر نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد المعلومات الدقيقة عن التكاليف البيئية (Y_8).
- ❖ تستخدم المنشأة الأساليب الحديثة في قياس التكاليف البيئية ومن ثم إدارتها (Y_4).
- ❖ يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية في اتخاذ القرارات (Y_9).

(ب) بالنسبة لفئة مديرو الجودة:

- ❖ يعمل نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد على دعم إدارة التكلفة البيئية في اتخاذ القرارات (Y_9).
- ❖ تستخدم المنشأة الأساليب الحديثة في قياس التكاليف البيئية ومن ثم إدارتها (Y_4).
- ❖ تعتمد المنشأة على إدارة التكلفة البيئية في اتخاذ القرارات (Y_1).

(ج) بالنسبة لفئة محاسبى التكاليف والمحاسبين الإداريين:

- ❖ تستخدم المنشأة الأساليب الحديثة في قياس التكاليف البيئية ومن ثم إدارتها (Y_4).
- ❖ تعمل إدارة التكلفة البيئية على تطبيق نظم الإدارة البيئية (Y_2).
- ❖ تعتمد المنشأة على نظام تقييم دورة حياة المنتج باعتباره أحد الأدوات التي تساعد في توفير بيانات دقيقة ومحددة عن تكلفة المنتج أو النشاط (Y_5).

- هذه الاختلافات الطفيفة في ترتيب العبارات الخاصـة بإدارة التكلفة البيئية حسـب أهميتها وفقاً لآراء كل فئة من فئات الدراسـة لا يعني أهمية بعض العبارات دون البعض الأخر، حيث لم يقل الوسـط الحسـابي لكافة العبارات عن (3.5)، مما يعنى موافقتهم عليها، وقد يرجع ذلك إلى طبيعة عمل كل فئة وخبراتهم المختلفة.
- انخفاض درجة التشتت في استجابات وآراء عينة الدراسة حول العبارات التي يمكن من خلالها الاستدلال على إدارة التكلفة البيئيـة، حيث إن الانحراف المعيـاري للعبـارات الدالة على ذلك لجميع مفردات العينة لم يتجاوز الواحد الصحيح.

8/3 اختبار فرض الدراسة

"لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية"

لاختبار صحة هذا الفرض اعتمد الباحث على استخدام نموذج تحليل الانحدار البسيط لقياس اتجاه وقوة العلاقة بين المتغير المستقل (نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد) الذي يرمز له بالرمز (X) والمتغير التابع (إدارة التكلفة البيئية) الذي يرمز له بالرمز (Y)، ويتضح من الجدول التالي (5) أهم نتائج هذا التحليل.

جدول (5)

نتائج اختبار فرض الدراسة

"لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية"

المتغير المستقل (X) نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد		المتغير التابع (Y) إدارة التكلفة البيئية	
قيمة معامل الانحدار (Beta)		0.888	
قيمة (F)	1019.537	مستوى معنوية (F)	0.000
قيمة (T)	31.93	مستوى معنوية (T)	0.000
معامل الارتباط (R)	0.942	معامل التحديد (R^2)	0.887
مستوى الدلالة الإحصائية	0.05	درجات الحرية عند (F)	(130-1)

ويمكن تفسير نتائج هذا التحليل على النحو التالي:

❖ **القوة التفسيرية للنموذج:**

بلغت قيمة معامل الارتباط (R) التي تشير إلى معامل الارتباط الثنائي بين متغيرين (0.942) مما يدل على وجود علاقة معنوية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية، كما أن معامل التحديد (R^2) بلغ (0.887) مما يشير إلى أن المتغير المستقل (نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد) يفسر (88.7%) من التغير في المتغير التابع (إدارة التكلفة البيئية)، أما باقي النسبة (11.3%) فقد ترجع إلى الخطأ العشوائي في المعادلة أو لعدم إدراج متغيرات مستقلة أخرى كان من المفترض إدراجها ضمن نموذج الانحدار.

❖ **المعنوية الكلية للنموذج:**

يشير اختبار (F) إلى معنوية نموذج الانحدار ككل، حيث ارتفعت قيمة (F) المحسوبة البالغة (1019.537) عن قيمة (F) الجدولية البالغة (3.91) عند درجات حرية (1-130) بمستوى معنوية (5%)، وهو ما يدل على أن نموذج الانحدار ذو دلالة إحصائية وأن المتغير المستقل (نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد "X") يسهم إسهاماً معنوياً في التأثير على المتغير التابع (إدارة التكلفة البيئية "Y")، كما بلغ مستوى معنوية "F" (0.000) مما يشير إلى أن نسبة الخطأ في قبول هذا النموذج تقترب من الصفر.

كما تشير نتائج تحليل الانحدار إلى معنوية تأثير المتغير المستقل على المتغير التابع، حيث يتضح ارتفاع قيمة (T) المحسوبة وتبلغ (13.93) عن قيمة (T) الجدولية وتبلغ (1.99) عند درجة حرية (131) ومستوى معنوية (5%)، وأيضاً اقتراب مستوى المعنوية عند (T) من الصفر، مما يؤكد على صلاحية نموذج الانحدار للتنبؤ بالمتغير التابع.

وتأسيساً على ذلك، خلص الباحث إلى رفض الفرض العدم وهو:

ومن ثم قبول الفرض

~~لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة~~

توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية

رابعاً نتائج وتوصيات الدراسة:

يهدف هذا الجزء إلى عرض ملخص النتائج التي تم التوصل إليها في الدراسة الميدانية واختبار فرض الدراسة ومناقشته للوقوف على أهم النتائج التي تجيب على تساؤلات الدراسة وتتحقق من صحة الفرض وبناءً عليه تم تقديم بعض التوصيات والمقترحات التي يمكن تعميمها والاستفادة منها في التطبيق العملي وذلك على النحو التالي:

1/4 نتائج الدراسة:

توصلت الدراسة إلى عدة نتائج يمكن أن تسهم في حل مشكلة الدراسة واختبار فرضها، وقد قام الباحث بتصنيف نتائج الدراسة الميدانية وفقا للمتغيرات التي وضعها للبحث لدراسة أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد في دعم إدارة التكلفة البيئية وذلك لصياغة النتائج الملائمة كما يلي:

أ- توصلت الدراسة الحالية إلى أن هناك موافقة من وجهة نظر العينة للمتغير المستقل نموذج الهندسة المتزامنة وذلك من وجهة نظر عينة الدراسة وغالبية الآراء تتجه نحو الموافقة.
ب- هناك علاقة بين المتغير المستقل وتصميم استدامة المنتج وذلك من وجهة نظر عينة الدراسة.
ج- يوجد علاقة ذات دلالة احصائية بين نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد وإدارة التكلفة البيئية.

2/4 توصيات الدراسة:

أوصت الدراسة بالعديد من التوصيات ومنها:

أ- تشجيع المنشآت الصناعية على تطبيق نموذج الهندسة المتزامنة رباعي الأبعاد لما يقدمه هذا النموذج من فوائد إيجابية، وضرورة تبنى المنشآت لنظم الإدارة الاستراتيجية الحديثة.
ب- زيادة الوعى وتشجيع للعاملين بالنظم البيئية والوعى البيئي.
ج- إجراء المزيد من الأبحاث حول أثر استخدام نموذج الهندسة المتزامنة رباعى الأبعاد فى ظل معايير الاستدامة.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية:

- أبو اليزيد، مى محمد؛ أحمد، سيد عبده؛ الغريب، سلوى عبدالله. (2024). مفهوم تصميم المنتج وتطوره بين الماضى والحاضر والمستقبل، ***مجلة علوم التصميم والفنون التطبيقية***، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، العدد الخامس، المجلد الأول، ص.(315-324).
- أبو شعيشع، مختار إسماعيل؛ رياض، عماد محمد. (2015). دور نماذج الأداء المتزامن في إدارة التكلفة الإستراتيجية من منظور سلاسل العرض (دراسة ميدانية) ، ***مجلة الفكر المحاسبي***، كلية التجارة، جامعة عين شمس، المجلد الأول، العدد الثاني، ص.(109-180).
- أبوعميمة، على حسام محمد؛ الحمدانى، بهاء حسين. (2021). دور الهندسة المتزامنة فى تحديث التكلفة، ***مجلة العلوم الإقتصادية والإدارية***، كلية الإدارة والإقتصاد، جامعة بغداد، العدد السابع والعشرون، ص.(610-629).
- الركايبي، محمد عبد السلام؛ عبيد الله، فايزة؛ مبارك، صلاح الدين عبد المنعم. (2018). أهم أساليب المحاسبة الإدارية لتخصيص التكاليف البيئية على المنتجات: دليل من الشركات المصرية، ***مجلة التجارة والتمويل***، كلية التجارة، جامعة طنطا، العدد الأول، ص.(253- 288).
- السامرائى، مهند مجيد؛ العبيدى، عائشة عبد الكريم. (2018). أهمية التحليل الإستراتيجي للبيئتين في تصميم تكلفة المنتج باستعمال تقنيتي هندسة القيمة والمقارنة المرجعية دراسة تطبيقية في الشركة العامة لمنتوجات الألبان/أبو غريب، ***مجلة كلية بغداد للعلوم الإقتصادية الجامعة***، كلية العلوم الإقتصادية، جامعة بغداد، العدد الرابع والخمسون، ص.(269-303).
- باسيلي، مكرم عبد المسيح؛ سبع ،محمد السعيد؛ السعدى، فاطمه محمد. (2017). دور الإنتاج المتواصل كأحد آليات التنمية المستدامة في خفض التكاليف البيئية مع دراسة تطبيقية، ***المجلة المصرية للدراسات التجارية***، كلية التجارة، جامعة المنصورة، المجلد الحادي والأربعون، العدد الثالث، ص.(519-537).
- حسين، عمرو مصطفى محمد. (2020). تصميم وتطوير المنتجات الابتكارية باستخدام أسلوب الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد، ***المجلة العلمية للاقتصاد والإدارة***، كلية التجارة، جامعة عين شمس، العدد الثالث، ص.(455-501).
- داود، فضيله سلمان؛ مازن، شهباء. (2016). دور الهندسة المتزامنة في تعزيز الأداء الإستراتيجي: بحث تطبيقي في شركه الزوراء العامة، ***مجلة العلوم الإقتصادية والإدارية***، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد، المجلد الثاني والعشرون، العدد الثامن والثمانون، ص.(181-206).

- شكر، إيناس جمعة فهمى. (2022). تكامل الهندسة المتزامنة والمسئولية الاجتماعية كإطار متكامل لتحسين قيمة المنتج: دراسة ميدانية على المنشآت الصغيرة والمتوسطة، ***مجلة البحوث المالية والتجارية***، كلية التجارة، جامعة بورسعيد، العدد الرابع، ص.(135- 191).
- على، آمال عبدالله حميد. (2015). إطار مقترح للتكامل بين أسلوب الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد وأسلوب الإدارة الاستراتيجية للتكلفة بهدف زيادة القدرة التنافسية: دراسة نظرية، ***المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة***، كلية التجارة، جامعة عين شمس، العدد الرابع، ص.(617-647).
- فتيح، ولاء محمد عبد العليم عبد العظيم. (2017). الهندسة المتزامنة ومناهج تنفيذها في ظل متغيرات بيئة الإنتاج الحديثة، ***المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية***، كلية التجارة بالإسماعيلية، جامعة قناة السويس، المجلد الثامن، العدد الرابع، ص.(655-678).
- محمد، على حسام؛ محمد، بهاء حسين. (2021). دور الهندسة المتزامنة فى تخفيض وقت التصميم باستخدام نموذج (Lexmark)، ***مجلة تكريت للعلوم الإدارية والإقتصادية***، كلية الإدارة والإقتصاد، جامعة تكريت، المجلد السابع عشر، العدد الثالث والخمسون، ص.(19-36).
- مهلهل، كواكب على؛ نورى، مقداد أحمد. (2023). دور التكاليف البيئية في تحقيق الميزة التنافسية في الوحدات الاقتصادية، ***مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة***، كلية الإدارة والإقتصاد، جامعة بغداد، العدد الثاني والسبعون، ص.(199- 218).
- نور الدين، عمرو أحمد أحمد؛ صلاح الدين، إسماعيل؛ هريدي، فتحية حسن عبد الوهاب. (2020). أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على التصنيع المستدام: دراسة ميدانية، ***مجلة البحوث المالية والتجارية***، كلية التجارة، جامعة بورسعيد، المجلد الحادي والعشرون، العدد الرابع، ص.(130-154).

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية:

❖ **Periodicals:**

- Abdel-Shafie, Mahira, M. & Elgazzar, Sara, H. (2021). Investigation the Impact of Integrated Supply Chain Forecasting on the Supply Chain Performance: Empirical Study from the FMCGs Sector in Egypt, ***Journal of Alexandria University for Administrative Sciences***, Vol.58, No.2, pp. (261-289).
- Abouelsoud, A. M. (2019). The strategies of sustainable design for a better product design future, ***Journal of Applied Art and Science***, Damietta Univ, Faculty of Applied Arts, Vol.06, Issue.06, pp. (17-49).
- Azeez, K. A. & AL-tayar, H. S. N. (2021), The Role of Developed Concurrent Engineering on Enhancing a Competitive Capability for Manufacturing Firms, ***Webology***, Vol.18, Special Issue on Management and Social Media, pp. (322-338).
- Choudhury, G. B., Sidharth, S. & Ware, N. (2021). Conceptual Farmework for Implementation of Concurrent Engineering in Product Development, ***International Journal of Multidisciplinary Education, Research***, Vol.10, Issue. 07, pp. (67-76).
- Dongre, A. U., Jha, B.K., Aachat, P.S. & Patil, V.R. (2017). Concurrent Engineering: A Review, ***International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)***, Vol.04, Issue.03, pp. (2766-2770).

- Dyllick, T. & Rost, Z. (2017). Towards True Product Sustainability, ***Journal of Cleaner Production,*** Vol. 162, pp. (346-360).
- Ewout Reitsma, Per Hilletofth & Eva Johansson. (2023). Supply Chain Design During Product Develo pment a Systematic literature Review, ***Production Planning & Control***, Vol.34, No.1, pp.(1-18).
- Hannouf, M. & Assefa, G. (2017). Life Cycle Sustainability Assessment for Sustainability Improvements: A Case Study of High-Density Polyethylene Production in Alberta, Canada, ***Sustainability***, Vol.09, pp. (1-17).
- Khan, O., Stolte, T., Creazza, A. & Hansen, Z. (2016). Integrating product design into the supply chain, ***Cogent Engineering***, Vol.03, Issue.01, pp. (1-24).
- Kumar, G. R. (2017). Concurrent Engineering for Environment and Sustainability, ***International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)***, Vol.04, Issue.09, pp. (1066-1070).
- LeMay, S., Helms, M., Kimball, B. & Mcmahon, D. (2017). Supply Chain Management: The Elusive Concept and Definition, ***The International Journal of Logistics Management***, Vol.28, Issue.04, pp. (1425-1453).
- Lumsakol, P., Sheldrick, L. & Rahimfard, S. (2018). The Sustainable Co-Design of Products and Production Systems, ***Procedia Manufacturing***, Vol.21, pp. (854-861).
- Mahdi, Zainab Hadi. (2024). Implement Differentiation Strategy by Using Sustainable Costs Management Techniques (Applied Study), ***Indonesian Journal of Humanities and Social Sciences***, Vol.05, Issue.01, pp. (89-100).
- Monge, L. G., Pitiot, P., Vareilles, É. & Aldanondo, M. (2020). Representative Benchmark for Concurrent Product and Process Configuration Problem: Definitions and Some Problem Instances, ***IFAC Papers OnLine***, Vol.52, Issue.13, pp. (301-306).
- Penela, A., Mateo-Mantecón, I., Alvarez, S. & Castromán, J. (2017). The Role of Green Collaborative Strategies in Improving Environmental Sustainability in Supply Chains: Insights from a Case Study, ***Business Strategy and the Environment***, Vol.27, Issue.06, pp. (728-741).
- Rihar, L. & Kušar, J. (2021), Implementing Concurrent Engineering and QFD Method to Achieve Realization of Sustainable Project, ***Sustainability***, Vol.13, Issue.03, pp. (1-29).
- Schramma, A., Richter, F. & Götze, U. (2020), Life Cycle Sustainability Assessment for manufacturing – analysis of existing approaches, ***Procedia Manufacturing***, Vol.43, pp. (712–719).
- Stoffels, P., Kaspar, J., Bahre, D. & Vielhaber, M. (2018). Integrated Product and Production Engineering Approach: A Tool_ Based Method for Holistic Sustainable

Design (Process and Material Selection), ***Procedia Manufacturing***, Vol.21, pp. (790-797).

- Vassallo, Nicole & Rafalo, Paul. (2024). Reducing the Environmental Impacts of Plastic Cosmetic Packaging: A Multi-Attribute Life Cycle Assessment, ***Cosmetics,*** Vol.11, Issue.34, pp. (1-16).
- Xiaona, L. & Xin, L. (2019). Research of the Green Product Design and Evaluation Methods based on Concurrent Engineering, ***IOP Conference Series: Materials Science and Engineering***, Vol.627, pp. (1-6).

❖ **Conferences:**

- Mombeshora, I. M., Dekoninck, E.A. & Cayzer, S. (2014). ***Environmental New Product Development through The Three-Dimensional Concurrent Engineering Approach,*** INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE, Dubrovnik, Croatia, pp. (1601-1610).