دور الهندسة المتزامنة في تخفيض وقت التصميم باستخدام نموذج (Lexmark)

الباحث: علي حسام محمد
كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة بغداد
Alihousam2016@gmail.com

م.د. بهاء حسين محمد
كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة بغداد
bhamadany@gmail.com

المستخلص:

يهدف البحث الى دراسة وتحليل الهندسة المتزامنة (CE)، واستعمال مخرجات الهندسة المتزامنة كمدخلات لتخفيض الوقت، وبيان دور الهندسة المتزامنة في تحقيق وفورات في وقت التصميم من خلال توظيف بعض النماذج لتحديد مقدار الوفورات في الوقت ومنها نموذج (Lexmark) لتحديد الوفورات في وقت التصميم. ولتحقيق اهداف البحث تم اختيار الشركة العامة للصناعات الكهربائية والكترونية، معمل محرك المبردة وبالتحديد محرك $1/4$ حصان الواقعة في بغداد محلاً للبحث، اذ تم تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة في الشركة عينه البحث بالشكل الذي يلائم البيئة التي تعيشها الشركة من اجل تخفيض الوقت. وقد توصل الباحثان الى مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات من أبرز الاستنتاجات اهمها: تعد تقنية الهندسة المتزامنة من التقنيات الأكثر ملائمة لبيئة الاعمال وما رافقتها من تغيرات سريعة وما لها من أهمية لعينة البحث، ان العمل وفق الهندسة المتزامنة (الوضع المقترح) يجعلها على أساس التعاون الجماعي والمتزامن، ويتم تطوير المنتجات بصورة أسرع عن طريق الأداء المتزامن لعمليات تطوير المنتج ولاسيما تصميم المنتج والعملية. أماهم التوصيات ما يأتي: يتعين على الوحدات الاقتصادية الاهتمام بالتقنيات الكلفوية والإدارية ومنها تقنية الهندسة المتزامنة لأنها أداة هامة لتحسين وتطوير المنتجات القائمة والجديدة. على الوحدات الاقتصادية الاهتمام بالزبون باعتباره مصدر قوة للوحدة الاقتصادية، فضلاً عن زيادة الاهتمام بالتصميم للتكلفة (DTC) من اجل جعل المنتجات قريبة من الزبائن، أي من خلال التصميم جعل المنتجات قابلة للشراء وعلى فريق التصميم مراعاة القدر المقبول من الجودة.

الكلمات المفتاحية: الهندسة المتزامنة، تصميم المنتجات، تصميم العملية الإنتاجية، وقت التصميم، تخفيض التكاليف.

The role of concurrent engineering for reducing a design time using Lexmark model

Researcher: Ali husam Mohameed
College of Administration and Economies
University of Baghdad

Lecturer Dr. Bahaa Hussein Mohameed
College of Administration and Economies
University of Baghdad

Abstract:

The research aims to study and analyze concurrent engineering (CE), and the use of concurrent engineering outputs as inputs to reduce time, and demonstrate the role of concurrent engineering in achieving savings in design time by employing some models to determine the amount of time savings, including the Lexmark model to determine the savings in design time. To achieve the objectives of the research, the General Company

for Electrical and Electronic Industries/Cryogenic Engine Plant, specifically the 1⁄4 horse engine located in Baghdad was chosen as a research area. As the concurrent engineering technology was applied in the same company to search in a way that suits the environment in which the company lives in order to reduce the time. The researcher reached a set of conclusions and recommendations, and among the most prominent conclusions: The concurrent engineering technique is one of the most appropriate techniques for the business environment and the rapid changes that accompanied it and the importance of the research sample. The use of internal or external specialists to gain knowledge, experience and skill to make appropriate decisions. The most important recommendations are the following: Economic units should pay attention to cost-effective and administrative technologies, including simultaneous engineering technology, because it is an important tool for improving and developing existing and new products. Economic units should pay attention to the customer as a source of strength for the economic unit, as well as increase interest in design for cost (DTC) in order to make products close to customers, that is, by designing to make products buyable, and the design team must take into account the acceptable level of quality.

Keywords: concurrent engineering, Design products, Productivity design, Design time, Reduce costs.

المقدمة

أصبحت المنافسة الشديدة من الصفات المميزة لبيئة الاعمال المعاصرة ولاسيما بالعقد الأخير من القرن العشرين ومطلع القرن الحادي والعشرين، الذي اتسم بالعديد من التطورات السريعة والكبيرة في تقنية الاتصالات والمعلومات وتقنيات التصنيع المتقدمة، ولكي تستطيع الوحدات الاقتصادية التكيف مع هذه التغيرات والتطورات فان عليها اعتماد على مجموعة من التقنيات الكلفوية والإدارية، ومن هذه التقنيات تقنية الهندسة المتزامنة (CE) من اجل تخفيض وقت التصميم.

اما بالنسبة للهندسة المتزامنة فهي تقنية تقوم بعمليات التصميم والتطوير بشكل متزامن من خلال جميع المعلومات المتوفّرة على طول سلسلة القيمة (Value chain)، بالإضافة إلى إمكانية تطبيقها في عمليات التصنيع والتجميع، عن طريق تشكيل فريق عمل متعدّد الوظائف يضع خطة عمل مناسبة تهدف إلى تحقيق وفورات في كل من التكلفة والوقت مع المحافظة على المستوى المقبول من الجودة، ويتطلّب تطبيق هذه التقنية أربع مراحل، وهي: مرحلة التهيئة والإعداد، ومرحلة التصميم، ومرحلة المراجعة والتقويم، وأخيراً مرحلة الانتقال إلى الإنتاج،يعتبر الوقت أحد الاعتبارات الأساسية في تقنية الهندسة المتزامنة وأصبح من أولويات الوحدات الاقتصادية، كونها تؤثر في معادلة الربح الجودة للمنتوج، فضلاً عن يعتبر إدارة الوقت نقطة ارتكاز الهندسة المتزامنة. يعتبر الوقت ضروري في ظل المنافسة بين الوحدات الاقتصادية، ضمن الفوائد الاستراتيجية للهندسة المتزامنة هي تقليل وقت التصميم والانتظار ووقت الاعداد ووقت الى السوق.

المبحث الاول: منهجية البحث

أولاً. مشكلة البحث: ضعف إدراك الوحدات الاقتصادية لأهمية التقنيات الكلفوية والإدارية وتطبيقاتها، فضلاً عن ان الوحدات الاقتصادية العراقية خاصة تعاني من ضغط الموقف التنافسي

في المنافسة مع الوحدات المماثلة في الإنتاج، ومن المشكلات التي تعاني منها الوحدات الاقتصادية هو حدوث فجوة تنافسية واسعة بين الوحدات الاقتصادية العراقية والوحدات الأجنبية المصنعة لنفس المنتوج، والتي من ابرز معالمها وزيادة وقت التصميم ووقت التصنيع والتسليم (هل يساعد تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة في الوحدات الاقتصادية العراقية في تحقيق وفورات في وقت التصميم بالشكل الذي يتلاءم مع بيئة الاعمال وما رافقتها من تغيرات؟)

ثانياً. اهمية البحث: تبرز أهمية البحث من خلال الاتي:

١. تقديم حلول لمشكلة ارتفاع التكاليف في الوحدات الاقتصادية العراقية بشكل عام عن طريق استعمال احدى التقنيات الكلفوية المعاصرة التي هي تقنية الهندسة المتزامنة.
٢. تقديم حلول لمشكلة ارتفاع وقت التصميم في الوحدات الاقتصادية العراقية بشكل عام عن طريق استعمال نماذج ومنها (LEXMARK).

ثالثاً. اهداف البحث: ولمعالجة هذه مشكلة فان البحث يهدف الى الاتي:

١. تشجيع الوحدات الاقتصادية على الاهتمام بالتقنيات الكلفوية والإدارية منها تقنية (CE) لأنها تقنية هامة لتحسين وتطوير المنتجات القائمة والجديدة.
٢. يهدف البحث الى تحقيق وفورات في وقت التصميم من خلال توظيف بعض النماذج ومنها نموذج (Lexmark).

رابعاً. فرضيات البحث: بناءً على المشكلة والتساؤل المطروح وهدفه الأساس يمكن اشتقاق الفرضية الاتية: (يساهم تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة في تخفيض أوقات التصميم والتكاليف باستعمال نموذج (Lexmark))

خامساً. الحدود الزمانية والمكانية للبحث:

١. الحدود المكانية: وتتمثل في الشركة العامة للصناعات الكهربائية الكترونية التابعة الى وزارة الصناعة والمعادن العراقية، محافظة بغداد، الوزيرية.
٢. الحدود الزمانية: تم اعتماد البيانات المالية والكشوفات العائدة للشركة العامة للصناعات الكهربائية والالكترونية لسنة (2019).

المبحث الثاني: الجانب النظري للبحث

أولاً. تقنية الهندسة المتزامنة إطار مفاهيمي:

١. **مفهوم الهندسة المتزامنة:** لم يتفق اغلب الباحثون على مفهوم محدد للهندسة المتزامنة، بسبب بيئة العمل التي يعملون فيها، العديد من الباحثون تناول مفهوم تقنية الهندسة المتزامنة من زوايا عدة كون الأفكار التي يتضمنها والمجالات التي تستخدم فيها عديدة، فمنهم من ينظر اليها من وجهة نظر فنية وهندسية، واخرون ينظرون اليها من وجهة نظر محاسبية وإدارية، عرفها (ال فيحان) على انها منهج تعاوني لتطوير المنتج تشترك فيه جميع الوظائف ذات العلاقة ومنها التصميم والتصنيع والتسويق والمالية، حيث من خلالها يقوم فريق عمل متعدد الوظائف بوضع خطة لتطوير المنتج، بما يؤمن معالجة سريعة من حيث التكلفة الوقت والجودة (آل فيحان، ٢٠١١: ٤٢)، ويضيف (Mani, et al.) إن الهندسة المتزامنة هي فريق عمل متعدّد الوظائف يسعى إلى إيجاد حلول محدّدة لمختلف المشكلات التي يُمكن أن تحصل عند تصميم وتصنيع وتجميع المنتوج من خلال التطوير المتزامن للمنتوج والعملية، وإن هذا التطوير يمثّل إحدى الحلول الجذرية التي يمكن من خلالها الدخول إلى الأسواق العالمية والتنافس بها من خلال التميّز ببعدي التكلفة والوقت. وعليه،

فأكّد وآخرون على إن الهندسة المتزامنة هي وسيلة لإيجاد الحلول الجذرية للمشكلات التي قد تحصل عند القيام بعمليات تصميم وتصنيع وتجميع المنتوج بمساعدة فريق عمل متعدّد الوظائف، عن طريق القيام بهذه العمليات بشكل متزامن لتحقيق وفورات في الوقت و(Mani, et al., 2015: 128-129). وينظر (الزاملي) الى الهندسة المتزامنة على انها تقنية، من خلالها يتم القيام بعمليات التصميم والتطوير بشكل متزامن من خلال معلومات سلسلة القيمة، عن طريق تشكيل فريق عمل متعدد الوظائف يضع خطة عمل مناسبة، من خلالها يتم تحقيق وفورت في التكلفة والوقت مع المحافظة على مستوى الجودة (الزاملي، ٢٠١٧: ٥٦). ويعرفها (DongreK, et al.) هو نهج تعاوني لتطوير المنتجات والعمليات التي تتم بشكل متزامن من قبل فريق عمل متعدد الوظائف، مع الاخذ بنظر الاعتبار تلبية احتياجات الزبائن، من خلال تخفيض التكلفة والوقت وتحسين الجودة (DongreK, et al., 2017: 2766).

ويرى الباحثان ان الهندسة المتزامنة ماهي الا تقنية تنظم نشوء المنتجات بحيث يتم تنفيذ التصميم والتطوير بالتزامن بعضها البعض بدلاً من الوضع التقليدي (المتسلسل)، ونتيجة للتزامن يتم تحقيق وفورات في الوقت، وسرعة توصيل الفكرة الى السوق، ويعمل على خفض التكلفة، والمحافظة على مستوى مقبول من الجودة، والاستجابة لرغبات الزبائن.

٢. **متطلبات تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة:** يشير كل من (الكواز، ٢٠١٦: ٩)، (داود وعبدالكريم، ٢٠١٦: ٣٠)، (الصباغ، ٢٠١٥: ٥٨-٥٩) الى ان تطبيق عملية تقنية الهندسة المتزامنة وفق الخطوات الاتية:

أ. **دعم الإدارة العليا:** تعد الخطوة الأولى لتطبيق تقنية الهندسة المتزامنة من خلال استيعاب الإدارة العليا للوحدة الاقتصادية في مدى الحاجة للتقنيات التي تساعدها بالبقاء في ظل المنافسة الشديدة التي فرضتها بيئة الاعمال المعاصرة.

ب. **تشكيل فريق الهندسة المتزامنة:** تتضمن هذه الخطوة اختيار أعضاء الفريق الذي يضم ممثلين عن معظم اقسام الوحدة الاقتصادية (الهندسة، التسويق، التصميم، الإنتاج، البحث والتطوير، المبيعات، حسابات الكلفة)، من اجل تعزيز التواصل بين الأقسام فمن خلال الفرق الوظيفية يمكن العمل مع مختلف التخصصات الوظيفية، على سبيل المثال التصميم، التصنيع، التسويق، التشغيل، الصيانة، إعادة التأهيل يمكنها العمل معاً كمجموعة واحدة.

ج. **تكوين الأفكار:** الدور الأهم والاكبر في تنفيذ هذه الخطوة تتمثل من قسمي التسويق والبحث والتطوير من خلال القيام بجولة في السوق وتحديد متطلبات الزبون حول المنتج الذي ينطبق علية الهندسة المتزامنة.

د. **انتقاء الأفكار:** في هذه الخطوة يتم انتقاء الأفكار التي تساعد في تلبية احتياجات الزبون التي تنحصر في تخطيط المنتج، وتحديد مكونات المنتج، تحديد عمليات المنتج.

٣. **خطة عمل الهندسة المتزامنة:** بعد ان تم تشكيل فريق عمل متعدد الوظائف يقوم هذا الفريق باستغلال المواهب التي يمتلكها الأعضاء على نحو تعاوني الذي من خلاله يتم حل المشاكل بشكل أوسع، بعد ذلك يتم اعداد خطة عمل الهندسة المتزامنة، اما المهام التي يقوم بها فريق العمل متعدد الوظائف بخطة تنفيذ تقنية الهندسة المتزامنة فيشير (البرزنجي، ٢٠٠٧: ٣٥-٣٦) الى الاتي:

أ. تشخيص مكونات ومواصفات المنتوج الذي يلبي تطلعات الزبون ومتطلباته.

ب. تحديد الطرق المناسبة التي من خلالها يتم تصميم وتصنيع وتجميع المنتوج وتحديد متطلبات الزبون.

ج. تحليل وظائف المنتوج وربط كل وظيفة بعمليات وطرق التصميم المطلوبة.
د. تصميم العمليات وتصنيعها وتجميعها يعتمد على تزامن أداء هذه العمليات.

كما ان خطة عمل الهندسة المتزامنة يجب ان تتضمن اعداد جدول زمني محدد ويتم تحديد تاريخ الخطة بعد توزيع المهام على أعضاء فريق متعدد الوظائف، لذلك يتطلب الامر وضع تقديرات مبنية على أسس علمية لكل من التكلفة والوقت نتيجة للقيام بعمليات التصميم والتصنيع والتجميع مع اعداد جدول يوضح التكلفة والوقت وفقاً للوضع الحالي ومقارنته بالوضع المقترح للهندسة المتزامنة.

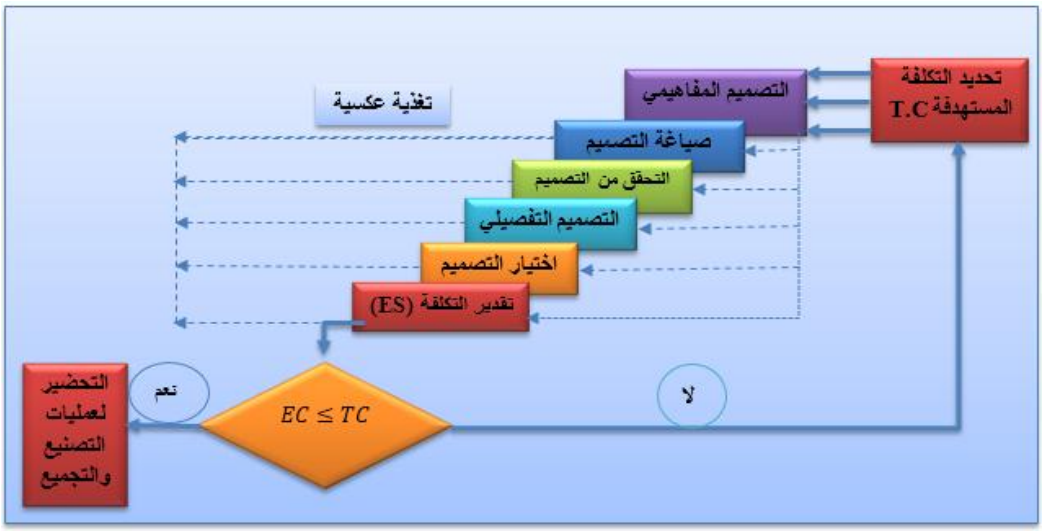
٤. مراحل تنفيذ تقنية الهندسة المتزامنة: هناك ثلاث مراحل لتطبيق تقنية الهندسة المتزامنة وهي: مرحلة التهيئة والاعداد ومرحلة التصميم ومرحلة ما بعد التصميم ويمكن توضيح هذه المراحل من خلال الاتي (Ogawa, 2008: 17):

أ. **مرحلة التهيئة والاعداد:** في هذه المرحلة يتم تحديد امكانات وموارد الوحدة الاقتصادية التي يتم استعمالها في الوحدة الاقتصادية كذلك يتم ادراج وظائف النظام والمتخصصين لكل وظيفة ويجب تحديد الأدوات الملائمة لتطبيق هذه التقنية مع تحديد الافراد المشاركين فيها مع وضع خطة عمل ملائمة تتطلع لرؤية الوحدة الاقتصادية واستراتيجيتها.

ب. **مرحلة التصميم:** بعد ان تم اعداد خطة ملائمة وتحديد إمكانات وموارد الوحدة الاقتصادية في المرحلة الأولى في هذه المرحلة يتم تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة وفق الخطة الموضوعة مع انشاء قاعدة بيانات مشتركة من خلالها يتم التنسيق والتواصل بين أعضاء فريق متعدد الوظائف، وتعد هذه المرحلة أساسية في تقنية الهندسة المتزامنة من خلالها يتم التكامل الحقيقي بين بيئة فريق عمل الهندسة المتزامنة وبين خبرات المتخصصين في الوحدة الاقتصادية كما ويتم اعتماد فكرة المكتب المفتوح (Open Office) الذي اعتمدته الشركات اليابانية لتهيئة أرضية مناسبة لجعل النقاشات والحوارات مفتوحة بالإضافة إلى تكوين بيئة عمل متكاملة يُمكِن من خلالها الإجابة على أيّة تساؤلات طارئة وحل المشكلات المستجدّة التي يُمكِن أن تحصل خلال مرحلة التصميم.

ج. **مرحلة الانتقال الى الإنتاج:** بعد الإقرار بالتصميم النهائي وتقديم التوصية بتطبيقه، يتم الانتقال إلى الإنتاج والذي من خلاله يتم تنفيذ عمليات التصنيع والتجميع بشكل متزامن، مع مراعاة التقيّد بالتصميم المقترح لكل من المنتوج والعملية وسلسلة التجهيز من أجل الوصول إلى الأهداف المطلوبة من هذه التقنية فيما يتعلّق بالتكلفة والجودة والوقت والمرونة، مع مراعاة الالتزام بعمليات التحسين المستمر، والسعي بشكل دائم لتطوير عمليات الإنتاج.

وعليه عند تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة يجب تقدير التكلفة للمنتوج الى جانب تحديد التكلفة المستهدفة التي على أساسها يتم قبول او رفض التصميم المقترح، وكذلك للتأكد من ان تطبيق (CE) يساعد في تخفيض التكاليف، إذا كانت التكلفة المقدرة اقل او تساوي التكلفة المستهدفة ذلك يؤدي التي تحقيق الهدف المطلوب من هذه التقنية (Moges, 2007: 40). والشكل (١) يوضح كيف يتم تحديد التكلفة المقدرة والتكلفة المستهدفة ومتى يتم مقارنتهما معا وما مدى تأثيره على عملية التصميم.



الشكل (١): التكلفة المستهدفة والتكلفة المقدّرة في ظل تقنية الهندسة المتزامنة

Source: Moges, Alema 2007, Concurrent Engineering and Implementations: A Case Study in Addis Engineering Center, Master Thesis in Mechanical Engineering, University of Addis Ababa, Ethiopia, p: 40.

يلاحظ من الشكل (١) نقوم قبل البدء بعملية التصميم نقوم بتحديد التكلفة المستهدفة، التكلفة المقدرة (EC) يتم تحديدها بعد الانتهاء من عملية التصميم، اذا كانت التكلفة المقدرة اقل او تساوي التكلفة المستهدفة يتم قبول التصميم المقترح ويتم المباشرة بالمراحل المتمثلة بعمليات التصنيع والتجميع، اما اذا كانت التكلفة المقدرة اكبر من التكلفة المستهدفة، فيتم إعادة النظر بالتصميم المقترح من اجل الوصول الى التكلفة المستهدفة، اذا تحقق الغرض المنشود يتم مقارنة مع التكلفة الفعلية من اجل بيان الوفورات في التكاليف مع الاخذ بنظر الاعتبار الخصائص الهندسية للمنتوج، حيث يتم اختيار التصميم الذي يحقق افضل نتائج فنية وهندسية ويتحمل اقل تكاليف.

ثانياً. الهندسة المتزامنة ودورها في تحقيق وفورات في وقت التصميم:

دور تقنية (CE) في تخفيض الوقت: يعتبر الوقت أحد الاعتبارات الأساسية في تقنية الهندسة المتزامنة وأصبح من أولويات الوحدات الاقتصادية، كونها تؤثر في معادلة الربح الجودة للمنتوج، فضلاً عن يعتبر إدارة الوقت نقطة ارتكاز الهندسة المتزامنة (علي، ٢٠١٩: ٥٧). يعتبر الوقت ضروري في ظل المنافسة بين الوحدات الاقتصادية، ضمن الفوائد الاستراتيجية للهندسة المتزامنة هي تقليل وقت الانتظار وقت الاعداد وقت الى السوق (Helms, Remok W., 2002: 54).

ويمكن توضيح دور هذه التقنية في تخفيض الوقت من خلال الاتي:

أ. ان تقليل وقت التصميم والتصنيع والتجميع الامر الذي يؤدي الى توصيل المنتجات بسرعة الى الزبائن، نتيجة تخفيض الكلي لدورة حياة المنتوج، فضلاً عن ان توصيل المنتجات الى الزبائن بوقت مناسب يحقق رضا الزبائن وهذه نتيجة إيجابية تحسب للوحدة الاقتصادية (Basu, et al., 2013: 17).

ب. تساعد تقنية الهندسة المتزامنة في تحقيق وفورات في الوقت من خلال ترتيب المصنع على هيئة خلايا، بالإضافة الى من خلال هذه التقنية يتم تهيئة أرضية ملائمة ومناسبة للقيام بعمليات التصميم والتصنيع بشكل متزامن، الامر الذي يساعد في تحقيق وفورات في الوقت (Fonche,2010: 11).

ج. اغلب الباحثين توصلوا ان للهندسة المتزامنة دور مهم في تخفيض الوقت، ويأتي ذلك من خلال تقليل وقت التطوير بنسبة 70%، وتقليل الوقت الى السوق بنسبة 90%، وتقليل التغيرات الهندسية بنسبة 95%، وتحسين الجودة بستة اضعاف (Rosario, 2004: 47).

د. جراء تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة يتم تحقيق وفورت في وقت التصميم وتصل الوفورات الى 40% من الوقت الكلي من عملية التصميم، نتيجة القيام بعمليات التصميم بشكل متزامن (Belay, 2013: 108). وهذا تمكنت الوصول الية شركة (Kodak) لصناعة الكاميرات الرقمية حيث حققت نسبة 50% وفورات في وقت التصميم نتيجة قيامها بتصميم كل من الهيكل ومحرك الفلم والعدسات نتيجة قيامها بتطبيق تقنية (CE) (هامر وشامبي، ٢٠١١: ٣٢).

ه. يمكن تحقيق وفورات في وقت التصميم أنشطة التصميم المتزامن تستند على مبدا التوازي او التناظر، من التكامل بين هذه الأنشطة وتنفيذها بشكل متزامن، نتيجة الى ذلك يتم تحقيق وفورات في وقت عمليات التصميم لكل من المنتج والعملية وسلسلة التجهيز (الرفيعي، ٢٠١٩: ٣٢).

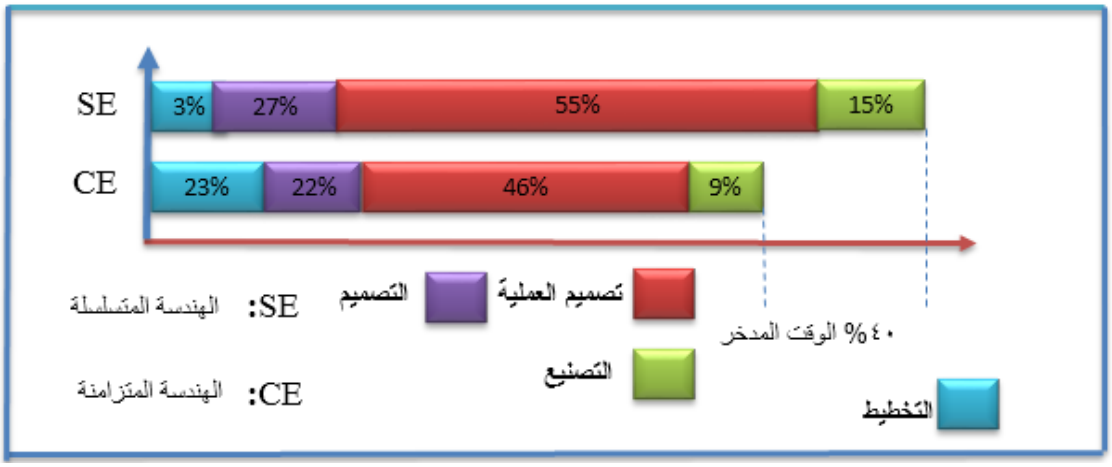
و. تساعد تقنية الهندسة المتزامنة على تحقيق الفوائد المتحققة المتمثلة بتقليل وقت الانتظار، حيث وقت الاعداد من 30% الى 70% فاقل، والوقت الى السوق من 20% الى 90% فاقل (Helms, Remok W., 2002: 54). ويضيف (Pullan, et al., 2010: 429) الجدول (١) يوضح من خلاله دور الهندسة المتزامنة في تخفيض الوقت:

الجدول (١): تأثير الهندسة المتزامنة في تخفيض الوقت

العدد	الصناعة	تخفيض الوقت%	
		Rang	Median
1	الزراعة	54	54
2	الفضاء	38-43	40
3	السيارات	25-75	50
4	المواد الكيمائية	44	44
5	الحاسوب	59-71	65
6	بضائع المستهلكين	20-56	47
7	الكهروميكانيكية	24-79	52
8	الكترونيات	40-67	50
9	الآلات الثقيلة	60-63	61
10	أجهزة طبية	42-50	46
11	الاتصالات	33-67	50

Source: Pullan, T. & Bhasi, M. & Madhu, G., (2010), Application of concurrent engineering in manufacturing industry, International Journal of computer integrated manufacturing, VOL. 23, NO.5,.P:429.

والشكل (٢) الاتي يوضح أهمية الهندسة المتزامنة في تخفيض الوقت مقارنة مع الهندسة المتسلسلة (Neacsu, et al,. 2002: 2).



الشكل (٢): تأثير الهندسة المتزامنة في تخفيض الوقت

Source: Neacsu, Alina Mihaela, & Neagu, Corneliu, & Catana, Madalin, & Lupeanu, Mihaela Elena (2 002), Integrated Product Development" Faculty of Mechanics and Technology, University of Pitesti, Scientefics Bulletin, Vol. A, No.19, P2

الشكل (٢) يبيّن أن حوالي (40%) من الوقت يمكن ادخاره عن طريق استخدام الهندسة المتزامنة، فنلاحظ بأن التخطيط في (SE) يستغرق نسبة (3%)، والتصميم (27%)، وتصميم العمليّة (55%)، والتصنيع (15%)، وتختلف هذه النسب عن النسب في (CE) حيث أن التخطيط يستغرق (23%)، والتصميم (22%)، وتصميم العمليّة (46%)، والتصنيع (9%)، والسبب في ذلك هو التزامن في المجالات المتعدّدة والعمل بصورة تزامنية في الهندسة المتزامنة، وكما أن اشتراك المجهّزين مبكّراً يساعد في الكشف عن السمات المهمة للمكونات المطلوبة، كذلك الاشتراك المبكّر للزبون يؤدي إلى تخفيض الوقت المستغرق لإنتاج المنتج.

ثالثاً. نماذج تحديد مقدار الوفورات في الوقت: هنالك العديد من النماذج التي يتم استخدامها خلال تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة لتحديد مقدار الوفورات في الوقت اثناء عمليات التصميم (Lexmark)، ويمكن توضيح هذه النموذج من خلال الاتي:

نموذج ليكسمارك (LEXMARK MODEL): استطاع ليكسمارك تطوير نموذج مبسط تستطيع من خلاله تحديد الوفورات في وقت التصميم نتيجة تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة، تمكنت شركه (Mentor Graphics) تمكنت من تحقيق وفورات في وقت التصميم والتي وصلت الى 40%، وذلك من خلال زيادة تقديم الأفكار من 3% الى 33%، من خلاله تم تحقيق وفورات في وقت التصميم ووقت المراجعة وتنقيح التصميم ووقت تقديم التصميم فضلاً عن القيام لهذه الأنشطة بشكل متزامن (Belay, 2009: 2). ايضاً التزامن له دور كبير في تحقيق وفورات في وقت التصميم والتزامن يأخذ اشكال متعددة: تزامن تصميم المنتجات، وتزامن نماذج التطوير، وتزامن مراحل المشروع، وتزامن مهام أنشطة التصميم والتطوير، ويتم تطبيق التزامن من خلال الاتي :(عبد الكريم، ٢٠١٣: ٤٨-٥١).

١. **تزامن الموارد (concurrent resources):** ويقصد به التزامن بما تملكه الوحدة الاقتصادية من افراد ومعدات وتسهيلات، ويتم من خلال العمل في وقت واحد جراء تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة.

٢. **تزامن الأنشطة (concurrent activities):** ويقصد به يتم تحليل المشروع الى أنشطة فرعية منفصلة، بعد ذلك يكون هنالك تزامن في هذه الأنشطة وحسب طبيعتها واعتمادية كل نشط على الاخر ومن خلال هذا التزامن يكون هناك تداخل في وقت واحد.

فضلاً عن هنالك عدة أنواع من الأنشطة من خلالها يتم توضيح كيفية احتساب الوقت كالاتي: (Popovic, et al., 2013: 485)، (Belay, 2013: 61-62):

أ. **الانشطة المتسلسلة (Successive Activities):** وهي الأنشطة التي يتم تنفيذها بشكل متسلسل، أي لا يكمل البدء في تنفيذ أنشطة قبل اكمال الأنشطة التي تسبقها، ويحسب الوقت من خلال المعادلة الاتية:

$$T=T_1+T_2+T_3+T_4+\ldots\ldots\ldots\ldots T_N$$

ب. **الأنشطة المتداخلة جزئياً (Partially Overlapping Activities):** ويقصد بها الأنشطة التي تتداخل مع الأنشطة التي تسبقها جزئياً، على عكس الأنشطة المتسلسلة، أي يمكن تنفيذها قبل اكتمال الأنشطة التي تسبقها، ويحسب الوقت من خلال المعادلة الاتية:

$$T=T_1+X_{1-2}+X_{2-3}+\ldots\ldots\ldots\ldots X_{M-N}$$

$$T_1+T_2+T_3+T_4\ldots\ldots T_N > T > T_1, T_2, T_3, T_4\ldots, T_N$$

يمكن توضيح المختصرات المتعلقة بالمعادلات من خلال الاتي: ❖ T: الوقت الكلي لمرحلة التصميم او لأي أنشطة يتم تنفيذها ❖ T1: الوقت المخصص للنشاط الأول المطلوب تنفيذه ❖ T2: الوقت المخصص للتنفيذ النشاط الثاني ❖ T3: وقت تنفيذ النشاط الثالث ❖ TN: وقت تأدية اخر نشاط	❖ X1-2: الفرق بالوقت بين النشاط الأول والثاني ❖ X2-3: الفرق بين النشاط الثاني والثالث ❖ XM-N: الفرق بين النشاط الأخير والنشاط الذي يسبقه بالوقت ❖ MAX (T1,…, TN): اقصى وقت للنشاط من بين الانشطة

ج. **الأنشطة المتزامنة (Concurrent Activities):** وهي الأنشطة التي يتم تنفيذها بشكل متزامن أي في نفس الوقت، ويحسب الوقت وفقاً لهذه الأنشطة من خلال المعادلة الاتية:

$$T=MAX\ (T_1, T_2, T_3, T_4,\ldots\ldots, T_N)$$

وعليه نستنتج مما سبق، ان نموذج ليكسمارك يستند على مجموعة من الخطوات فهو يقوم على أساس تحديد مقدار وفورات الوقت في مرحلة التصميم، وتحديد الأنشطة الأساسية خلال مرحلة التصميم، تحديد وقت تنفيذ كل نشاط إذا تم تنفيذها بشكل متتابع، وتحديد الأنشطة المتداخلة ووقتها وتحديد العلاقة فيما بينها التي يمكن القيام بها بشكل متزامن.

المبحث الثالث: الجانب العملي للبحث

اولاً. مجتمع وعينة ابحث: تأسست الشركة العامة للصناعات الكهربائية استناداً الى قرا ر مجلس المؤسسة الاقتصادية المتخذ بالجلسة 45 في 1965/8/1 على إثر اتفاقية التعاون الفني بين العراق والاتحاد السوفيتي عام 1972 حيث تم تأسيس الشركة تحت مسمى الشركة العامة للأجهزة والمعدات الكهربائية المنشورة في جريدة الوقائع العراقية في العدد 367 في 1967/2/2 وبدا تنفيذ

المشروع في أيار 1963 على ارض مساحتها (180) ألف متر مربع. تم افتتاح الشركة رسمياً في 1967/4/28 وفي نهاية عام 2015 تم دمج شركة العز العامة مع الشركة العامة للصناعات الكهربائية لتكتمل البنى والقواعد الازمة للإنتاج الكهربائي والالكتروني بمختلف انواعه لما تمتلكه شركة العز من مقومات النجاح متمثلة بالقاعدتين المادية والفنية الالكترونية، تتألف الشركة العامة للصناعات الكهربائية والالكترونية من عدد من المعامل موزعة على ثلاث مواقع جغرافية: معامل الوزيرية، معامل المصابيح/التاجي، مصانع مواقع العز في التاجي ومصنع بغداد الشك.

ثانياً. تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة في الوحدة الاقتصادية العراقية عينة البحث: وقبل تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة فلابد من تشكيل فريق عمل متعدد الوظائف واعداد دراسة وفق الاتي:

أ. **تشكيل فريق عمل الهندسة المتزامنة:** ان تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة في معمل محرك مبردة الهواء، يتطلب تشكيل فريق عمل متعدد الوظائف من العاملين في هذا المعمل يتكون من متخصصين في مجال محاسبة التكاليف، الإدارة، وهندسة التصميم، وهندسة التصنيع والتجميع، وإدارة العمليات، وإدارة الإنتاج، والمشتريات، والمبيعات، وهندسة الصيانة، ومن خلالهم استفاد الباحثان تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة.

ب. **اعداد خطة للدراسة:** يتم اعداد خطة الدراسة بعد التعرف على المشكلة التي يعاني منها معمل محرك مبردة الهواء، وهي ارتفاع التكاليف في منتوج محرك ($^1/_4$) فضلاً عن تعرضه للمنافسة الشديدة، لذلك يتم اعداد خطة الدراسة تتميز بالمرونة وتهيئة الأرضية المناسبة لتطبيق تقنية الهندسة المتزامنة من خلال إعادة تصميم المنتوج في ضوء المعلومات التي يتم الحصول عليها مع مراعاة القيام بعمليات كل من التصميم والتصنيع والتجميع بشكل متزامن من حل هذه المشكلة، وتتضمن هذه الخطة مجموعة من الأمور وهي: تحديد مكونات ووظائف المنتوج التي يرغب بها الزبون ويلبي حاجته ورغباته، وكذلك تحديد الطرق المناسبة لكل من تصميم وتصنيع وتجميع المنتوج مع تحديد متطلبات الصيانة، بالإضافة الى تحليل وظائف المنتوج وربط كل وظيفة بطرق وعمليات التصنيع المطلوبة، فضلاً عن مراجعة التصاميم السابقة وطرق التصنيع والتجميع الحالية للمنتوج، وكما يجب ان تتضمن خطة الدراسة تاريخ تنفيذها بعد توزيع المهام بين أعضاء الفريق متعدد الوظائف، وبعد تشكل فريق متعدد الوظائف واعداد الدراسة سيتم تطبيق الهندسة المتزامنة وفق الخطوات الاتية:

١. **تحديد الفكرة لتطوير المنتوج:** من خلال هذه الخطوة يقوم فريق عمل الهندسة المتزامنة بتحديد فكرة لتطوير منتج وتحسين تكلفته وفقاً لرغبات الزبائن وحاجاتهم، إذا يمكن للفريق في هذه الخطوة إضافة بعض الوظائف للمنتج او استبدال بعض مكونات بهدف تحسينه، فلابد من طرح بعض المقترحات والأفكار من قبل أعضاء الفريق مع مراعاة مستوى الجودة والأداء الوظيفي للمنتج.

أ. **بديل التصميم الأول:** وفقاً لهذا التصميم يتم تخفيف اوزان حديد كل من (الشفت والهيكل والقاعدة والغطاء الامامي والخلفي) مع بقاء الأجزاء الأخرى كماهي، حيث بلغت تكلفة محرك $^1/_4$ حصان بمبلغ (22671) دينار وكان الوفر بمبلغ (2262) دينار، الا ان هذا التصميم مرفوض هندسياً وفنياً الا إذا تم ادخال تعديلات أخرى.

ب. **بديل التصميم الثاني:** اجراء التغيرات والوظائف المقترحة ماعدا تحويله من سرعة واحدة الى سرعتين وتقليل اوزان حديد كل من (الشفت، الهيكل، القاعدة، الغطاء الامامي والخلفي): بموجب

هذا البديل تم استعمال بولبرن بدلاً من البوشة الحديدية، واستعمال الحمالة بلاستك بدلاً من الكارتون مع بقاء الأجزاء الأخرى على حالها، حيث بلغت تكلفة محرك مبردة الهواء $^1/_4$ حصان بمبلغ (24618) دينار وبلغ الوفر في التكلفة (315) دينار، على الرغم من الوفر في التكلفة الا انه بحاجة الى تعديل يبقى محل شك من وجهة نظر مهندسي التصميم ويؤثر سلباً على الأداء العام للمحرك الا اذا تم ادخال تعديلات أخرى على المحرك.

ج. **بديل التصميم الثالث:** من خلال هذا البديل سيتم تحوير محرك مبردة الهواء الربع حصان من سرعة واحدة الى سرعتين، واستعمال الحمالة البلاستك بدلاً من الكارتون، واستعمال البولبرن بدلاً من البوشة الحديدية، وتقليل اوزان حديد كل من (الشفت، القاعدة، والهيكل، الغطاء الامامي والخلفي)، حيث بلغت كلفة محرك مبردة الهواء $^1/_4$ حصان لهذا التصميم (21213) دينار.

وعليه تم قبول هذا التصميم واتفق عليه مهندسي التصميم والتصنيع في الشركة كونه يساهم في تحسين جودة المحرك ويخفض تكلفته بالإضافة الى يتطابق مع المحركات المنافسة في الأسواق المحلية.

٢. **تحديد مواصفات التصميم:** يتم من خلال هذه الخطوة ترجمة رغبات الزبون وحاجاته الى مواصفات فنية وهندسية يمكن قياسها كماً، تصبح عملية مقارنة هذه المواصفات مع موصفات المنتجات المنافسة او مع التصميم السابق للمنتج سهلة، بالاعتماد على خبرة مهندسي التصميم في معمل محرك مبردة الهواء.

٣. **التصميم المفاهيمي (الأساسي):** ويقصد به كل من (تصميم المنتوج) و(تصميم العملية) بالاعتماد على رؤية فريق التصميم، فبالنسبة لتصميم المنتوج فيتكون محرك المبردة مجموعة من المكونات التي تمت الإشارة سابقاً، وهي الجزء الثابت (stator)، والجزء الدوار (Rotor)، والاغطية الامامية والخلفية، والبورد سويج، التغير الحاص على مستوى الدائرة الكهربائية للتحكم بسرعتين المحرك وتحتوي على مفتاحين احدهما يشغل والثاني تغير السرعة، اما الوظائف هي نفس الوظائف القديمة مع اقتراح مجموعة من الوظائف التي تمت الإشارة اليها في الخطوة الأولى ضمن خطوات تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة.

اما بالنسبة لتصميم العملية اهم المراحل العمليات الإنتاجية التي تدخل في تصنيع المحرك وهي: مكبس الرقائق، مكبس قاعدة الهيكل، تجميع الكيبل، تجميع الروتر، مرحلة اللف والعوازل في الهيكل، عملية للحام وتركيب العوازل والاربطة، عملية تغليف الاسلاك، مرحلة التجميع، نقطة فحص السيطرة النوعية، مرحلة الصباغة والتجفيف، مرحلة تركيب قاعدة المحرك والكندسير، واخيراً مرحلة التغليف. ويجب على فريق الإنتاج مراعاة التزامن في عمليات التصنيع والتجميع وفقاً للتصميم المقترح من اجل تحقيق وفورات إضافية في التكلفة والوقت.

٤. **التصميم التفصيلي (المادي):** خلال هذه الخطوة يتم تصميم محرك مبردة الهواء ($^1/_4$) حصان تصميماً تفصيلاً، أي من خلال هذه الخطوة سيتم التركيز على الوظائف الإضافية التي تم اقتراحها في الخطوة الأولى من خطوات تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة، مع تصميم العملية المطلوبة بكافة تفاصليها. وبعد استشاره مهندسي التصميم والتصنيع والتجميع في معمل محرك مبردة الهواء واستناداً الى الآراء فانهم أكدوا ومن ناحية التكلفة يمكن تحقيق وفورات في تكلفة المحرك جراء

القيام بعمليات تصنيع وتجميع المنتوج محل الدراسة وبشكل متزامن، وتم التوصل الى امرين هامين، وهما كالاتي:

أ. ان التزامن في عمليات التصنيع والتجميع يمكن ان يؤدي الى تحقيق وفورات كثيرة في الوقت والتكلفة، إذا يمكن تخفيض الاجور الغير مباشرة وتكاليف الطاقة وتكاليف التلف، فضلاً عن تحقيق الجودة المطلوبة في العملية الإنتاجية.

ب. يؤدي التزامن في عمليات التصنيع والتجميع الى تخفيض المصاريف الصناعية غير المباشرة بنسبة 10%، وجدول الاتي يوضح المصاريف الصناعية غير المباشرة قبل وبعد التخفيض نتيجة التزامن، وهي كالاتي:

الجدول (٢): تحديد مقدار التخفيض في المصاريف الصناعية غير المباشرة

ت	المنتج	م. ص. غ. م قبل التخفيض	م. ص. غ. م بعد التخفيض	مقدار التخفيض
1	محرك $^1/_4$ حصان	2957	2662	295

المصدر: الجدول من اعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات شعبة التكاليف.

ه. **اعداد بدائل التصميم وتقدير التكاليف:** خلال هذه الخطوة سيتم تقديم ثلاثة بدائل مقترحة لتصميم محرك مبردة الهواء و$^1/_4$ حصان مع تقدير التكاليف لكل منهما، واختيار البديل الذي يحقق أفضل نتائج هندسية وفنية ويتحمل اقل قدر من التكاليف، لذلك سيتم التركيز على كل من النتائج الهندسية والفنية والنتائج التكاليفية لكل بديل من اجل المفاضلة فيما بينها، ويمكن توضيح بدائل التصميم الثلاثة المقترحة للمنتوج محل البحث من خلال الاتي:

أ. المقترح الأول (بقاء جميع الأجزاء كما هي بدون اجراء تغيرات عليها ما عد تقليل ثكنس اوزان الحديد كل من (Frame) و (Base) و(Shaft) و(End shield front & End shield rear).

ب. المقترح الثاني (اجراء جميع التغيرات المقترحة فيما يتعلق بمحرك المبردة الهواء و$^1/_4$ حصان ما عدا تقليل ثكنس الحديد وتحويله من سرعه واحدة الى سرعتين.

ج. المقترح الثالث تحوير محرك مبردة الهواء $^1/_4$ حصان من سرعة واحدة الى سرعتين مع اجراء التغيرات المقترحة في بقية الأجزاء للمنتجين و$^1/_4$ حصان)

د. مقارنة التكاليف المقدرة مع التكاليف المستهدفة واتخاذ القرار المناسب.

البديل الذي وقع الاختيار علية هو البديل التصميمي الثالث، والذي من خلاله يتم مراعاة الجودة والأداء العام للمحرك واستجابة لرغبات الزبائن، من خلال هذا البديل أصبحت التكلفة الكلية لمحرك $^1/_4$ حصان بمبلغ (21213) دينار بعد تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة، ومن النتائج الهندسية والفنية لهذا التصميم مقبول من الناحية الهندسية ومرغوب به لأنه يساهم في تحسين أداء المحرك بالإضافة الى ذلك يعطي هذا البديل للمحرك متانة عالية في العمل ومؤشر طاقة جيد وبأدنى وزن وكلفة ممكنه، لذلك سيتم قبول هذا البديل من الناحية الهندسية والفنية، اما فيما يتعلق **بالنتائج التكاليفية** يمكن توضيحها من خلال الجدول الاتي:

الجدول (٣): تفاصيل تكلفة محرك ذو $^1/_4$ حصان قبل وبعد تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة

ت	الأجزاء وعناصر التكلفة	التكلفة الفعلية قبل تطبيق تقنية (CE)	التكلفة بعد تطبيق تقنية (CE)
❖ المواد المباشرة:			
❖ مجمع الجزء الثابت:			
1	صفائح الستيتر	2090	2090
2	الهيكل (frame)	1236	783
3	سلك نحاسي	3750	2750
❖ مجمع الجزء الدوار:			
4	صفائح الروتر	2080	2080
5	سباكة المنيوم	1080	1480
7	محور االدوران Shaft	587	441
8	بوشة حديدية (استعمال بولبرن بدلاً منها)	270	1000
❖ مجمع البورد سويج:			
9	Terminal board	195	195
10	Terminal	25	25
11	Rivet	10	10
❖ مجمع الاغطية الامامية والخلفية:			
12	الغطاء Cover	600	600
13	القاعدة Base	1890	842
14	Clamp	190	190
15	مثبت المكثف	325	325
16	الغطاء الامامي	1420	1100
17	الغطاء الخلفي	1420	1100
18	غطاء واقي للغبار	20	20
19	غطاء المحامل	15	15
20	اللباد	30	30
21	مواد الصباغة والطلاء ويارت ومواد مختلفة	900	900
22	استعمال حمالة بلاستك بدلاً من الكارتون	1250	500
	مجموع المواد الأولية	19383	16476
21	الأجور المباشرة	593	593
22	المصارف الصناعية غير المباشرة	2957	2662
23	الكلف التسويقية والإدارية	2000	1482
	مجموع الكلفة الاجمالية	24933	21213

المصدر: من اعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات شعبة التكاليف ومهندسي التصميم والتصنيع في الشركة.

يلاحظ من الجدول أعلاه، بعد تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة انخفضت التكلفة من (24933) دينار الى (21213) دينار، اما بالنسبة للمواد الأولية فقط انخفضت المواد الأولية من (19383) دينار الى مبلغ (16476) دينار، وبسبب استعمال مواد ذات جودة عالية تعود بالفائدة على المنتج نلاحظ ان هنالك ارتفاع بالتكلفة عند استعمال البو لبرن (KBC) بدلاً من البوشة الحديدية، وهذا الفكرة جاءت بناءً على متطلبات المستهلكين وراي مهندسي التصميم، حيث يساعد وبشكل كبير في زيادة العمر الإنتاجي للمحرك، فضلاً عن يراعي جودة الأداء للمحرك، اما بالنسبة للأجور المباشرة تبقى على حالها ولم يحدث عليها أي تخفيض، اما بالنسبة للمصاريف الصناعية غير المباشرة فحدث لها تخفيض استراتيجي نتيجة لتزامن العمليات وبنسبة *(10%)* حيث بلغت المصاريف الصناعية غير المباشرة قبل تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة (2957) دينار وبعد التطبيق بلغت (2662) دينار، ويلا حظ ان هنالك وفرة بمبلغ (295) دينار، وبذلك أصبحت تكلفة محرك مبردة الهواء $^1/_4$ حصان بمبلغ (21213) دينار

ثالثاً. تطبيق نموذج ليكسمارك في معمل محرك مبردة الهواء: بعد اجراء الباحثان جولة ميدانية في معمل محركات مبردة الهواء، لغرض تحديد الوقت الفعلي المستغرق لتأدية أنشطة التصميم بشكل (متتابع & ومتزامن) وبيان الفرق بينهما والاخذ بآراء مهندسي التصميم في الشركة لغرض احتساب الوفورات في وقت التصميم وفقاً لنموذج (Lexmark)، والجدول (٤) يوضح الوقت الفعلي لتأدية كل نشاط من انشطة محرك مبردة الهواء ذو $^1/_4$حصان وهي كالاتي:

الجدول (٤): الوقت الفعلي لتأدية كل نشاط من أنشطة تصميم محرك مبردة الهواء ذو $^1/_4$حصان

ت	أنشطة التصميم والأنشطة المرتبطة بها	الوقت بالساعات	الرمز	ملاحظات
١	تحديد الفكرة لتطوير المنتج.	9	T_1	القيام بها بشكل متزامن
٢	تحديد مواصفات التصميم.	16	T_2	
٣	التصميم الأساسي(المفاهيمي).	14	T_3	القيام بها بشكل متزامن
٤	التصميم التفصيلي(المادي).	47	T_4	
٥	اعداد بدائل التصميم وتقدير التكاليف.	15	T_5	القيام بها بشكل متزامن
٦	مقارنة التكاليف المقدرة مع المستهدفة واتخاذ القرار.	9	T_6	
٧	الانتقال الى عمليات التصنيع والتجميع ثم التسويق.	7	T_7	
	المجموع	117ساعة	T	

المصدر: الجدول من اعداد الباحثان بالاعتماد على اراء مهندسي التصميم في معمل محرك مبردة الهواء.

من خلال الجدول أعلاه، يمكن تحديد مقدار الوفورات في وقت التصميم بشكل متتابع (Successive) (الوضع الحالي) وبشكل متزامن (Concurrent) (الوضع المقترح) من خلال ثلاثة خطوات وهي كالاتي:

١. **احتساب وقت تنفيذ انشطة التصميم فيما لو تم تنفيذها بشكل متسلسل (Successive):** وفقاً لوضع التسلسل في معمل محرك المبردة يتم تنفيذ أنشطة التصميم بشكل متتابع، أي ان لا يمكن

الانتقال الى النشاط التالي الا بعد الانتهاء من النشاط الحالي بشكل نهائي، ويمكن احتسابها وفق المعادلة* الاتية:

$T_{Succussive} = t_1+t_2+t_3+t_4+t_5+t_6+t_7$

$T = 9 + 16 + 14 + 47 + 15 + 9 + 7$

$117 =$ ساعة

٢. **احتساب وقت تنفيذ أنشطة التصميم فيما لو تم تنفيذها بشكل متزامن (Concurrent):** وفقاً لتقنية الهندسة المتزامنة واستناداً لآراء مهندسي التصميم في معمل محرك مبردة الهواء، يتم تنفيذ الأنشطة المتجانسة بشكل متزامن، وفقاً للمعادلة الاتية:

$T_{Concurrent} = Max(t_1,t_2) + Max(t_3,t_4) + Max(t_5,t_6,t_7)$

$=16 + 47 + 15$

$78 =$ ساعة

أي ان هنالك إمكانية القيام تحديد فكرة المنتوج وتحديد مواصفات التصميم بشكل متزامن، وإمكانية القيام بالتصميم المفاهيمي والتصميم المادي بشكل متزامن، بالإضافة الى الأنشطة الأخرى إمكانية القيام بها بشكل متزامن وهي اعداد بدائل التصميم وتقدير التكاليف ومقارنة مع التكلفة المستهدفة واتخاذ القرار ثم الانتقال الى التصنيع والتجميع ثم التسويق.

٣. **بيان مقدار الوفورات المتحققة في وقت التصميم وفقاً لنموذج ليكسمارك:** يتم معرفة مقدار الوفورات في وقت التصميم من خلال الفراق ما بين تنفيذ الأنشطة على شكل متسلسل (Successive) والأنشطة التي تم تنفيذها بشكل متزامن (Concurrent) أي الفرق بين الوضع الحالي والوضع المقترح، ويمكن تحديد مقدار الوفورات في وقت التصميم محرك مبردة الهواء وفق المعادلة الاتية:

$Saving\ in\ Time = T_{Successive} - T_{Concurren}$

$117-78 =$

$39 =$ ساعة

وعليه، ان هذه الوفورات في وقت التصميم التي تم تحقيقها بشكل متزامن نتيجة تطبيق نموذج ليكسمارك والتي وصلت الى (39) ساعة أي تعادل 33.33%(117÷39) من وقت التصميم الكلي، وهذا ما تم ذكره بالجانب النظري من البحث الحالي ان تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة قد حققت وفورات في وقت التصميم، الامر الذي يساعد كثيراً في تخفيض وقت تسليم المنتجات بسرعة الى الزبائن وبالتالي تحقيق رضا الزبائن على الوحدة الاقتصادية.

وبناءً على ما سبق، يمكن القول ان تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة في معمل محرك مبردة الهواء، يساعد في تحقيق وفورات وقت التصميم من خلال استخدام نموذج ليكسمارك.

المبحث الرابع: الاستنتاجات والتوصيات

أولا. الاستنتاجات:

١. لكي تتمكن الوحدات الاقتصادية تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة، لأنها أداة هامة لتحسين وتطوير المنتجات سواء كانت الجديدة او القائمة، وان يخططوا لتكريس اهتمام خاص إذا أرادوا لهذه التقنية ان تعمل بشكل فعال في مجال التصميم.

٢. استعمال نموذج (Lexmark) لتحديد الوفورات في وقت التصميم، واستعمال نموذج (pert) لتحديد الوفورات في وقت التصنيع والتجميع عند تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة.
٣. قيام إدارة المعمل في ادخال الموظفين في دورات تدريبه على تقنية الهندسة المتزامنة، من خلال الاستعانة بمختصين داخلين او خارجين، لاكتساب المعرفة والخبرة والمهارة لاتخاذ القرارات الملائمة.
٤. يثبت من تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة تحسين الجودة لمحرك مبردة الهواء ذو 1/4 حصان، من خلال استخدام المكونات الجديدة حيث تم تخفيض التلف في المواد الأولية، حيث بلغ مقدار تلف المواد الأولية (600) دينار حيث بلغ التلف ما بعد استخدام بديل التصميم الثالث صفر، الامر الذي يجعل المنتوج ملائم لرغبات الزبائن.
٥. يتضح من تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة تحقيق وفورات في الوقت، من خلال تطبيق نموذج (ليكسمارك) من خلاله تم تخفيض وقت التصميم، حيث بلغ مقدار الوفورات في وقت التصميم التي تم تحققيها نتيجة تطبيق نموذج (ليكسمارك) (39) ساعة أي ما يعادل (33.33%) من وقت التصميم الكلي الامر الذي يساعد تطبيق هذه التقنية بالمعمل.
٦. من خلال تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة انخفضت التكلفة من (24933) دينار الى (21213) دينار، اما بالنسبة للمواد الأولية فقط انخفضت المواد الأولية الى مبلغ (16476) دينار، وبسبب استعمال مواد ذات جودة عالية تعود بالفائدة على المنتج نلاحظ ان هنالك ارتفاع بالتكلفة عند استعمال البو لبرن (KBC) بدلاً من البوشة الحديدية، وهذا الفكرة جاءت بناءً على متطلبات الزبائن واراء مهندسي التصميم، فضلاً عن جودة الأداء العام للمحرك، اما بالنسبة للأجور المباشرة تبقى على حالها ولم يحدث عليها أي تخفيض، اما بالنسبة للمصاريف الصناعية غير المباشرة فحدث لها تخفيض استراتيجي نتيجة التزامن في العمليات وبنسبة (10%) حيث بلغت المصاريف الصناعية غير المباشرة قبل تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة (2957) دينار وبعد التطبيق بلغت (2662) دينار.
٧. ساعد تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة في تخفيض كلفة محرك مبردة الهواء الكهربائي ذو 1/4 حصان، أصبحت تكلفة محرك مبردة الهواء 1/4 حصان بمبلغ (21213) دينار بعد ان كانت التكلفة الفعلية قبل تطبيق الهندسة المتزامنة بمبلغ (36347) دينار.

ثانياً. التوصيات:

١. يتعين على الوحدات على الوحدات الاقتصادية تطبيق تقنية الهندسة المتزامنة، لأنها أداة هامة لتحسين وتطوير المنتجات سواء كانت الجديدة او القائمة، وان يخططوا لتكريس اهتمام خاص إذا أرادوا لهذه التقنية ان تعمل بشكل فعال في مجال التصميم.
٢. زيادة التخصيصات المالية السنوية لكي يتمكن إدارة العمل في ادخال الموظفين في دورات تدريبه على تقنية الهندسة المتزامنة، من خلال الاستعانة بمختصين داخلين او خارجين، لاكتساب المعرفة والخبرة والمهارة لاتخاذ القرارات الملائمة.
٣. تهيئة البيئة الملائمة لكي يتمكن فريق التصميم تقديم بدائل لتصميم المنتوج مبنية على أساس مواصفات هندسية وفنية من اجل المفاضلة فيما بينها، على ان تكون ذات جودة عالية ووقت اقل وتكلفة اقل، من اجل مساعدة معمل محرك مبردة الهواء من تحسين كلفتها على أساس المدى البعيد.

المصادر

أولاً. المصادر العربية:

١. الشركة العامة للصناعات الكهربائية والالكترونية (تقارير الإنتاج).
٢. قسم التخطيط/شعبة التدريب (سجلات التدريب والتأهيل).
٣. قسم التخطيط والمتابعة (تقارير كمية وقيمة المبيعات).
٤. قسم الجودة (الهيكل التنظيمي للشركة العامة للصناعات الكهربائية والالكترونية).
٥. قسم الحسابات المالية (شعبة حسابات الكلفة).
٦. قسم الشؤون الفنية (كمية المواد الاولية وأسعارها).
٧. النظام الداخلي للشركة العامة للصناعات الكهربائية والالكترونية استنادا الى احكام المادة (٤٣) من قانون الشركات العامة رقم ٢٢ لسنة ١٩٩٧ والمادة (١٠) من قانون وزارة الصناعة والمعادن رقم (٣٨) لسنة (٢٠١١).
٨. هياة البحث والتطوير الصناعي، وزارة الصناعة والمعادن، الخلاصة الموسعة، رقم الإيداع (٢٣٤٠)، سنة (٢٠١٦).
٩. آل فيحان، ايثار عبد الهادي، (٢٠١١)، ادارة الانتاج والعمليات، الطبعة الاولى، جامعة بغداد.
١٠. الزاملي، علي عبد الحسين، (٢٠١٧)، تكامل تقنيتي تحليل القيمة والهندسة المتزامنة ودوره في تخفيض التكاليف وتحقيق الميزة التنافسية، أطروحة مقدمة للحصول على درجة دكتوراه فلسفة في علوم المحاسبة، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد.
١١. الكواز، صلاح مهدي، (٢٠١٦)، إطار مقترح للتكامل بين تقنيتي الهندسة المتزامنة والكلفة على أساس المميزات بهدف تحسين قيمة المنتج ودعم القدرة التنافسية للوحدات الاقتصادية دراسة تطبيقية في الشركة العامة للصناعات الكهربائية، مجلة الادارة الاقتصاد جامعة كربلاء، العدد (١٨)، ص (٢٦٣-٢٨٧).
١٢. داود، غسان قاسم & عبد الكريم، عزام عبد الوهاب، (٢٠١٦)، استخدام أدوات الهندسة المتزامنة DFM, DFX, QFD لتلبية متطلّبات الزبون في المنتج الجديد -حالة دراسية، مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة، المجلد (٩)، العدد (٤٧)، ص (١٩-٥٠).
١٣. الصباغ، عزام عبد الوهاب عبد الكريم، (٢٠١٥)، تطوير المنتج على وفق منهجيتي الهندسة المتزامنة والحيود السداسية المرنة، بحث تطبيقي في الشركة العامة للصناعات الكهربائية، أطروحة مقدمة للحصول على درجة دكتوراه فلسفة في الإدارة الصناعية، كية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد.
١٤. البرزنجي، حيدر شاكر نوري، (٢٠٠٧)، تأثير الهندسة المتزامنة في تطوير المنتج ـ دراسة استطلاعية لآراء المديرين في شركة ديالى للصناعات الكهربائية، رسالة ماجستير في الإدارة الصناعية، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد.
١٥. الرفيعي، صباح رحيل عودة، (٢٠١٩)، التكامل بين الذكاء الاستراتيجي والهندسة المتزامنة ودوره في تخفيض تكاليف الإنتاج، دراسة تطبيقية في معمل إطارات الديوانية، رسالة ماجستير في علوم المحاسبة، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة واسط.

ثانياً. المصادر الأجنبية:

1. Mani, M. F.; Manikandan, K. D. & Manikandan, M. P., (2015), Design for Manufacturing Based on Concurrent Engineering, International Journal of Innovative Researches in Sciences, Vol.(4), No.(2), pp: (128-131).
2. Dongre, A, U., Jha, B, K., Achat, P. S., & Patil, V, R, (2017), Concurrent Engineering : A Review ', International Research Journal of Engineering & Technology, vol. 4 , no. 5, p.(2766–2770).
3. Helms, Remok W., (2002), Product Data Management as enabler for Concurrent Engineering.
4. Ogawa, Alumina, (2008), Concurrent Engineering for Mission Design in Different Cultures, Master Thesis in Design Engineering, University of Karlsruhe, German.
5. Basu, S. L.; Biswas, N. M.; Naha, S. Y. & Sarkar, S. F., (2013), A Study on Concurrent Engineering-Based Design and Product Development, Inter-national Journal of Recent Advances in Mechanical Engineering, February/ 2013, Vol. (2), No. (1), pp: (15-20).
6. Fonche, Cosmas Abong Fonche, (2010), Manufacturing, Simulation and Implementation of Concurrent Engineering to Improve Production : A Case Study in Palm Oil Industry, Master Thesis in Mechanical Engineering, University of Eastern Mediterranean, USA.
7. Rosario, Ruben Del, (2004), Concurrent Engineering For The Management Of Experimental Testing and evaluation projects in an R&D Facility, Unpublished Ph.D. Thesis, Drexel University.
8. . Belay, Alemu Moges (2013), Modeling Concurrent Engineering to Improve Product Development Performance, PHD Thesis in Science in Mechanical Engineering, University of Vaasa, Finland.
9. pullan, Thankachan T. & Bhosi M. & Madhu G, (2010), Application of Concurrent Engineering in Manufacturing industry, international Journal of Computer Integrated Manufacturing. vol. (23) No. (5), P: (425-440).
10. Neacsu, Alina Mihaela, & Neagu, Corneliu, & Catana, Madalin, & Lupeanu, Mihaela Elena, (2002), Integrated Product Development" Faculty of Mechanics and Technology, University of Pitesti, Scientefics Bulletin, Vol. A, No. (19).
11. Belay, A.M., (2009), Design for manufacturability &concurrent engineering for product development, International Journal ofIndustrial& Manufacturing Engineering, vol.37, no. 1 , p.(240–246).
12. Moges, Alema 2007, Concurrent Engineering and Implementations: A Case Study in Addis Engineering Center, Master Thesis in Mechanical Engineering, University of Addis Ababa, Eth.