

أثر تطبيق الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد في ظل استراتيجية
اسلوب التصنيع المتكامل Leagile على التصنيع المستدام لدعم
الميزة التنافسية للمنشآت الصناعية (دراسة تطبيقية)

عزة فاروق الراوي عبد الكريم احمد

باحثة لدرجة دكتوراه الفلسفة في المحاسبة

المستخلص:

استهدف هذا البحث اقتراح نموذج لتطوير تقنية الهندسة المتزامنة والذي كان يتكون من ثلاثة أبعاد وهم بُعد تصميم المنتجات، وبُعد تصميم العمليات، وبُعد تصميم سلسلة التوريد، حيث تمثلت مشكلة البحث في إهمال (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات) وعدم إدراجه ضمن أبعاد تقنية الهندسة المتزامنة، ولأجل معالجة هذه المشكلة فإن البحث يهدف أساساً إلى تحديد مدى اعتماد الوحدات الصناعية المصرية على استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، ومدى تطبيقها للهندسة المتزامنة ذات البُعد الرابع (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات) ثم قياس أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد في ظل إستراتيجية التصنيع المتكامل على عمليات التصنيع المستدام لتوفير معلومات ملائمة لدعم البرامج والقرارات الاستراتيجية ذات التأثير الاقتصادي والبيئي والاجتماعي، لتحقيق مزايا تنافسية للمنظمات الصناعية.

وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج منها أن هناك علاقة مباشرة بين الهندسة المتزامنة واستراتيجية التصنيع الخالي من الفاقد والتصنيع الفعال (استراتيجية التصنيع المتكامل)، لأن الهندسة المتزامنة هي واحدة من أدوات استراتيجية التصنيع المتكامل – الخالي الفعال- إذ يعتمد تحقيق أهداف المنظمة على تنفيذ هذه الاستراتيجية باستعمال إحدى أدواتها المهمة والمتمثلة بالهندسة المتزامنة، ومن تلك الأهداف هو تحقيق المزايا التنافسية، لأجل البقاء والنمو في بيئة الأعمال التنافسية.

كما أن المنظمات الاقتصادية المنفذة لاستراتيجية التصنيع المتكامل تحافظ على مكانتها في سوق المنافسة، لا سيما لو كان تنفيذ هذه الاستراتيجية مبنياً على استخدام تقنية الهندسة المتزامنة ذات البُعد الرابع، بعد اقتراح إضافة بُعداً رابعاً لها يركز على بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات، والذي بدوره يعزز من مكانة المنظمة من خلال الاستدامة في تصميم المنتجات، فضلاً عن الجودة العالية والتكاليف المنخفضة، وهو ما يميز تلك المنظمة ويجعلها تحقق أهدافها، ومن ثم الاستجابة السريعة لمتطلبات العملاء ورضاهم وتحقيق ولائهم بتلك المنتجات.

كما أثبت تطبيق النموذج المقترح الحالي تحقيق مجموعة كبيرة من المزايا التنافسية للمنظمة محل الدراسة، إذ تمثلت تلك المزايا التنافسية بمجموعة التحسينات التي أضافها تطبيق النموذج المقترح الحالي لاستراتيجية التصنيع المتكامل، والذي بدوره انعكس بالإيجاب على تحقيق مجموعة كبيرة من المزايا التنافسية تمثلت بتخفيض تكاليف التصنيع، وتخفيض وقت وصول المنتجات إلى السوق، وزيادة ولاء العملاء لمنتجات المصنع نتيجة للجودة العالية التي تمتعت بها المنتجات الجديدة، والمحافظة على البيئة المحيطة من التلوث من خلال تصنيع منتجات صديقة للبيئة، فضلاً عن المحافظة على الموارد الطبيعية المحدودة.

الكلمات المفتاحية: الهندسة المتزامنة – التصنيع المتكامل – التصنيع المستدام

Abstract

This research aims to was proposed a model for the development of concurrent engineering technology, which consisted of three dimensions: the product design dimension, the process design dimension, and the supply chain design dimension. In order to address this problem, the research aims mainly to determine the extent to which the Egyptian industrial units depend on the Leagile integrated manufacturing strategy, and the extent to which they apply simultaneous engineering with the fourth dimension (the sustainability dimension in product design) and then measure the impact of simultaneous multi-dimensional engineering under the integrated manufacturing strategy on manufacturing processes To provide appropriate information to support programs and strategic decisions with economic, environmental and social impact, to achieve competitive advantages for industrial organizations.

The study reached several results, including that there is a direct relationship between synchronous engineering and the strategy of waste-free manufacturing and effective manufacturing (integrated manufacturing strategy), because synchronous engineering is one of the tools of the integrated manufacturing strategy - empty and effective - as the achievement of the organization's goals depends on the implementation of this strategy using One of its important tools is simultaneous engineering, and one of those goals is to achieve competitive advantages, in order to survive and grow in the competitive business environment.

The economic organizations implementing the integrated manufacturing strategy maintain their position in the competition market, especially if the implementation of this strategy is based on the use of the technology of simultaneous engineering in the fourth dimension, after proposing to add a fourth dimension to it that focuses on the dimension of sustainability in product design, which in turn enhances the The position of the organization through sustainability in product design, as well as high quality and low costs, which distinguishes this organization and makes it achieve its goals, and then respond quickly to customer requirements and desires and achieve their loyalty to those products.

The application of the current proposed model also demonstrated the achievement of a wide range of competitive advantages for the organization under study, as these competitive advantages were represented by a set of improvements added by the application of the current proposed model to the integrated manufacturing strategy, which in turn reflected positively on achieving a large group of competitive advantages represented by reducing manufacturing costs, reducing manufacturing costs, and reducing costs. The time of arrival of the products to the market, the increase in customers' loyalty to the factory's products as a result of the high quality enjoyed by the new products, the preservation of the surrounding environment from pollution through the manufacture of environmentally friendly products, as well as the preservation of limited natural resources.

Keywords: Concurrent Engineering -Leagile – Sustainable Manufacturing

المقدمة وطبيعة المشكلة

تشهد بيئة الأعمال تغيرات سريعة في التكنولوجيا وتطورات هائلة في تقنيات التصنيع، فضلاً عن زيادة حدة المنافسة في المنظمات الصناعية العالمية، مما يجعل المنظمات الصناعية تتجه نحو اختيار ديناميكية عالية في مجالات الإنتاج والتسويق، لذا أصبح تركيز المنظمات الصناعية على تقنيات الإنتاج المعاصرة ونظم المعلومات، لذلك أصبح من المسلمات تبنى المنظمات الصناعية هذه التقنيات المتطورة، كي يتسنى لها التوجه والتحرك نحو العمل على تطوير الأنظمة الإنتاجية وفق تلك الديناميكية العالمية.

ومع ما يعانيه العالم اليوم من آثار اتساع الأنشطة الصناعية، والتي بدورها أدت إلى ندرة الموارد الطبيعية نتيجة لزيادة الاستهلاك، والتلوث البيئي وزيادة النفايات جراء عمليات التشغيل الصناعية، والتي نتج عنها التغير المناخي من خلال زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الذي نتج عنه ما يسمى بالاحتباس الحراري، ونظراً للجهود والضغوطات التي تبذلها المنظمات الدولية على الدول والمنظمات الصناعية للحد من الآثار البيئية الضارة من الأنشطة الصناعية، ومع زيادة وعي العملاء نتيجة التقدم السريع والهائل في تكنولوجيا المعلومات، واهتمام العملاء بالحصول على المنتجات الخضراء، فكل هذه العوامل أدت إلى سعي المنظمات إلى تحقيق أكبر قيمة للعملاء من خلال سرعة الاستجابة لطلبات وحاجات العملاء بتقديم منتجات / خدمات عالية الجودة، بالتزامن مع تحقيق أكبر عائد ممكن من خلال ترشيد التكاليف، جنباً إلى جنب مع عمليات تصنيع مسؤولة اجتماعياً وبيئياً واقتصادياً، حتى يتسنى لها البقاء في الصدارة، حيث لم يعد السعر والجودة وسرعة التسليم فقط هي العوامل الحاسمة التي تضع المنظمة في مصاف الكيانات الاقتصادية الكبرى بل أصبح لزاماً على المنظمات أن تحقق أداء مستداماً في جميع عملياتها.

وتشير إحصائيات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، إلى أن عمليات التصنيع تستهلك ٦١٪ من إجمالي الطاقة في جميع أنحاء العالم، كما أنها تساهم بنسبة ٢٢٪ من احتمالات الاحتباس الحراري (Mortensen, 2007)، كما أن النشاط الصناعي في مصر يساهم بنسبة ٧٧٪ من تلوث الهواء، وأيضاً تلوث بيئة العمل داخل المنظمات الصناعية بنسبة ٦٥٪، وتلوث مياه الصرف الصناعي بنسبة ٣٩٪ (تقرير عن الآثار الضارة في مصر على البيئة، وزارة البيئة المصرية).

لذلك فقد أصبح التصنيع المستدام أمراً مُلحاً على مستوى الدول والمنظمات والعملاء نظراً لما يلاقه العالم اليوم من تهديدات جراء التطور التكنولوجي المتزايد للنشاط الصناعي، ولذلك لا بد من

تسليط الضوء على أهمية اتباع المنظمات لممارسات التصنيع المستدام من أجل تحقيق أعلى مستويات الجودة وبأقل تكلفة من خلال عمليات تصنيعية آمنة على العاملين والعملاء جنباً إلى جنب مع الحفاظ على حقوق الأجيال المستقبلية من خلال القضاء على النفايات الصناعية، والاستخدام العادل للموارد الطبيعية في الإنتاج.

إذ تُعد استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile توجهاً معاصراً في مجال التصنيع تقتضي عمليات تغيير في هيكلية المنظمات الصناعية، وصياغة استراتيجيتها بما يدعم أداء عملياتها، وهنا برز مفهوم استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، كأحد الأساليب المتكاملة حيث يضم نموذجين صناعيين متميزين لهما أهداف أساسية حيث يقوم أسلوب التصنيع الخالي من الفاقد Lean إلى خفض هدر الموارد والتركيز على التدفق البسيط للإنتاج للحصول على وفرة الإنتاج الكبير مع إنتاج مجموعة كبيرة من المنتجات. أما أسلوب التصنيع الفعال Agile يركز على الاستجابة السريعة لمتطلبات العملاء، وحاجتهم، من خلال تقديم منتجات جديدة، متنوعة تمتاز بمرونة عالية وبتكلفة منخفضة، وزيادة القدرة التنافسية الصناعية.

كما أن تحقيق تلك الأهداف وغيرها من المزايا التنافسية يُحتم على المنظمات الصناعية التي تتبنى استراتيجية التصنيع المتكامل أن تستخدم أساليب تكاليفية وإدارية مناسبة، والتي منها أسلوب الهندسة المتزامنة Concurrent Engineering .

إذ واجه الباحثين السابقين العديد من التحديات للخوض في موضوع الهندسة المتزامنة، منها وأهمها ندرة الأدبيات التي تناولت معالجات فكرية مُحكمة ومعول عليها لهذا الموضوع بمنظور إستراتيجي إداري، بوصف الهندسة المتزامنة كتقنية تنافسية، وهي وإن توفرت فإنها مشتتة وتفتقر إلى التركيز على التشخيص المتكامل للهندسة المتزامنة بمنظور أوسع يحقق الترابط بين محتوى وعمليات وأبعاد الهندسة المتزامنة وبين استراتيجية التصنيع المتكامل بغية تحقيق المزايا التنافسية. وفضلاً عن ذلك فإن من التحديات التي واجهها أولئك الباحثين هي عدم اكتمال الصورة في أذهانهم حول أبعاد الهندسة المتزامنة، والتي اكتملت اليوم بأربعة أبعاد، ففضلاً عن الأبعاد الثلاثة التي توصلت لها الدراسات السابقة أواخر التسعينيات من القرن الماضي على يد (Fine) والتي هي (بُعد تصميم المنتج، وُبعد العملية الإنتاجية، وُبعد سلسلة التوريد) تم اقتراح إضافة بُعداً رابعاً للهندسة المتزامنة Concurrent Four Dimensional Engineering في الدراسة الحالية والذي تمثل في (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات)، لما لموضوع استدامة تصميم المنتجات من صلة وثيقة بالوحدات الاقتصادية. من هذا المنطلق اقترحت هذه الدراسة الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد

CFDE كتقنية هامة في مجال التصنيع، تهدف إلى تحقيق المزايا التنافسية للمنظمات الصناعية، إذ تعمل هذه التقنية ومن خلال عمليات التصميم على الخروج بأفضل النتائج من خلال تخفيض التكاليف الإنتاجية، وتقليل وقت وصول المنتجات إلى السوق، والمحافظة على جودة تلك المنتجات، وتحقيق مستويات عالية من الجودة، والتي بدورها تؤدي إلى "تنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل "Leagile" كون هذه الاستراتيجية تمثل مصدر القوة التنافسية في اتخاذ القرارات بشكل عام، والقرارات الإنتاجية منها بشكل خاص، في سبيل تحقيق رضا العميل.

وبالتالي فإن مشكلة الدراسة تتحدد في تركيز المنظمات على إجراء عمليات التطوير للحصول على أعلى معدلات الجودة وخفض التكاليف دون مراعاة الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية للعمليات الصناعية.

كما أن المشكلة تُكمن أيضاً في إهمال (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات) وعدم إدراجه ضمن أبعاد تقنية الهندسة المتزامنة، واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، في الوقت الذي أصبحت فيه التوجهات العالمية تسعى بشكل جاد وكبير نحو مراعاته. وبناء عليه يمكن صياغة مشكلة البحث في الإجابة على التساؤلات التالية:

- ما هي طبيعة المتغيرات لكل من الهندسة المتزامنة واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile؟
- ما هي الآثار المترتبة على تطبيق الهندسة المتزامنة في تنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile على التصنيع المستدام؟
- ما مدى تطبيق الوحدات الاقتصادية الصناعية لأبعاد الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE؟
- ما مدى إمكانية تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE لتنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile في المنظمات الصناعية؟

أهمية البحث:

يستمد أهميته في إلقاء الضوء على أحد المواضيع الحديثة والهامة في المنظمات الصناعية العالمية، ألا وهو موضوع "الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد"، كتقنية هامة لتحقيق أداء متميز نحو "تنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile" فضلاً عن تقديم منهجية نظرية عملية تساعد المنظمات الصناعية على فهم كيفية تطبيق الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد " لتحقيق المزايا التنافسية " ويستكمل البحث أهميته من إطاره العملي إذ تم تطبيق النموذج المقترح "الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE" إحدى المنظمات الصناعية بجمهورية مصر العربية.

أهداف البحث:

يتمثل الهدف من هذا البحث في إلقاء الضوء على مضمون ومتطلبات الإطار المقترح، وفي ضوء مشكلة البحث والأسئلة المطروحة، فإن البحث يهدف أساساً إلى تحقيق مجموعة من الأهداف وهي كالآتي:

- دراسة طبيعة كلا من الهندسة المتزامنة واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile
- دراسة الآثار المترتبة على تطبيق الهندسة المتزامنة في تنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile
- بيان مدى تطبيق الوحدات الاقتصادية الصناعية لأبعاد الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE
- تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE لتنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile في المنظمات الصناعية

فروض البحث:

تنص فروض البحث على:

- الفرض الأول هناك تأثير إيجابي على تطبيق الهندسة المتزامنة في تنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile .
- الفرض الثاني لا تطبق المنظمة الصناعية محل البحث الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile.
- الفرض الثالث إمكانية تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE لتنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile في المنظمات الصناعية

- **الفرض الرابع** يضيف تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE تحسينات لاستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile ، مما ينعكس بشكل إيجابي في تحقيق المزايا التنافسية.

حدود البحث:

اختارت الباحثة إحدى منظمات التصنيع في جمهورية مصر العربية (الشركة المصرية لصهر وتكرير وتصنيع الرصاص والبطاريات والسيارات)

الدراسات السابقة

دراسات تناولت أسلوب التصنيع المتكامل Leagile

أولاً: دراسات باللغة العربية

(a) **هدفت دراسة (سحر الطويل، ٢٠١٨)** إلى دراسة أثر تطبيق فلسفة نظام الإنتاج المتداخل على تدعيم القدرة التنافسية في الوحدات الاقتصادية في ظل بيئة التصنيع الحديث، والتعرف على دوافع تبنى الشركات له.

وتوصلت الدراسة إلى أن الإنتاج المتداخل عبارة عن فلسفة ومدخل للإنتاج يركز على تلبية احتياجات العملاء من المنتجات الجديدة والمبتكرة من خلال تبنى مبادئ التصنيع المرن دون التضحية بالجودة أو تحمل أي تكاليف إضافية.

(b) **هدفت دراسة (آية الكيلاني، ٢٠١٩)** إلى توضيح أثر التكامل بين أدوات وتقنيات نظم معلومات الأعمال، ودورها في دعم سلسلة التوريد المتسارعة الخالية من الفاقد لتحقيق استراتيجيات مرنة الاستجابة لتغيرات السوق، وتحسين الجودة وخفض التكاليف، والوصول إلى أعلى ميزة تنافسية خلال سلسلة التوريد.

وتوصلت الدراسة إلى إنه عند إتباع نهج التسارع الخالي من الفاقد خلال سلسلة التوريد يمكن تحقيق سرعة الاستجابة، وتحسين الجودة، وخفض التكاليف، وتخفيض الاعتماد على التصنيع بكميات كبيرة، وتقصير دورة حياة المنتج، وحدوث تنوع أكبر في المنتجات، وزيادة الابتكار، والتخلص من الفاقد.

ثانياً: دراسات باللغة الأجنبية

- (a) هدفت دراسة (Sindhvani,2018) للتعرف إلى فهم العلاقة بين مبادئ التصنيع الهجين وتأثيرها على الأداء، والتعرف على المعوقات التي تحول بين تنفيذ نظام التصنيع الهجين، وكان من أشد تلك المعوقات نقص الدعم الحكومي الذي يعد من أبرز المخاطر.
- (b) هدفت دراسة (El Mokadem.,2017) إلى اكتشاف كيفية تأثير إستراتيجيات التصنيع الهجين على معايير اختيار الموردين التي تستخدمها شركات الأعمال، وقد نتج من هذه الدراسة ان المنظمات التي تتبع إستراتيجيات التصنيع اللينى والمتجاوب تعمل على تحسين كفاءتها عند اختيار مورديها وتحسن قدرتهم على الاستجابة السريعة لمتطلبات العملاء الفريدة.

دراسات تناولت أسلوب الهندسة المتزامنة

أولاً: دراسات باللغة العربية

- (a) هدفت دراسة (السمرائي والزاملى، ٢٠١٧) إلى معرفة مدى الدور الذي يؤديه تطبيق احدى التقنيات المعاصرة في مجال تطوير وتصميم المنتج وهي الهندسة المتزامنة مع بيان دورها في تحقيق التحسين في ابعاد الميزة التنافسية الأربعة وذلك بالاعتماد على استبانة أعدت لتحقيق هذا الهدف.
- وتوصلت الدراسة إلى ان الهندسة المتزامنة يمكن ان تساعد الوحدات الاقتصادية في تحقيق الميزة التنافسية من خلال قدرتها على تخفيض التكاليف، تحسين الجودة، تقليل الوقت، توفير القدر الكافي من المرونة في الاستجابة لحاجات الزبائن.
- (b) هدفت دراسة (عزة الراوى، ٢٠١٣) إلى الوصول إلى إطار علمي يساعد في إلقاء الضوء على الاثار الإيجابية المترتبة على التكامل فيما بين الإدارة الإستراتيجية للتكلفة والهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد وصولاً إلى تحقيق ميزة تنافسية في منظمات الأعمال.
- وتوصلت الدراسة إلى ان الإدارة الإستراتيجية للتكلفة وتكاملها مع أسلوب الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد يؤدي إلى تعظيم قيمة المنشأة بقيمة أكبر من تلك المنشآت التي تعتمد فقط على الإدارة الإستراتيجية للتكلفة وتتجاهل أسلوب الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد مع الإدارة الاستراتيجية للتكلفة، وهذا الأثر يؤدي إلى تعظيم قيمة المنشأة.

ثانياً: دراسات باللغة الإنجليزية

(a) **هدفت دراسة، (Karningsiha et al.,2015)** إلى إعادة تقييم عملية تنفيذ الهندسة المتزامنة في الوقت الحالي لأحدى الشركات الأندونيسية التي بادرت بتنفيذها منذ عام ١٩٨٠ وتحديد الصعوبات التي تكثف عملية التنفيذ وبالاعتماد على استبانة اعدت لهذا الغرض. وتوصلت الدراسة إلى وجود ثلاث معوقات ترافق تنفيذ الهندسة المتزامنة في الشركة عينة الدراسة إلى تحتاج إلى متابعة وهي التغيير الثقافي، دور الإدارة، وفريق الهندسة المتزامنة المتعدد الوظائف.

(b) **هدفت دراسة، (Dongre et al.,2017)** إلى مناقشة موضوع الهندسة المتزامنة ودورها في تطوير المنتجات الحالية والجديدة قياساً بالنظم التقليدية التي تستعمل لنفس الغرض وذلك بالاعتماد على المنهج التحليلي للبيانات ذات العلاقة بمتطلبات العميل والعمليات المرتبطة بتليتها. وتوصلت الدراسة إلى ان هناك توجه عالمي من قبل الشركات الصناعية بشأن تطبيق تقنيات تعمل على إنتاج منتجات وفق متطلبات العميل مع تحسين قيمة المنتج وذلك بإنتاجه بأقل وقت، وتكاليف منخفضة، وأبرز تلك التقنيات هي الهندسة المتزامنة.

مما سبق، استخدمت الدراسات السابقة أسلوب الهندسة المتزامنة لتطوير المنتجات في العديد من الأنشطة الصناعية المختلفة، كما تتبين أيضاً ان الدراسات السابقة لأبعاد الهندسة المتزامنة، اكتفت بثلاثة أبعاد لا غير، فإن أغلب الدراسات السابقة (على حد علم الباحثة) لم تقم بإضافة بُعد رابع للهندسة المتزامنة (رباعية الأبعاد) كتقنية مهمة لتنفيذ استراتيجية التصنيع المتكاملة، وعليه تقترح الباحثة إضافة بُعد رابع ومهم لتقنية الهندسة المتزامنة وممارسات التصنيع المستدام في مختلف الأنشطة الصناعية باختلاف أنواعها وهو (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات) من أجل تحقيق مزايا عديدة أهمها تخفيض التكاليف، وتخفيض وقت تطوير المنتجات، وسرعة الاستجابة لطلبات ورغبات العملاء، وسرعة وصول المنتج إلى السوق، وتخفيض وقت التصميم المنتج، وتخفيض تكاليف تصميم المنتج، وزيادة الأرباح.

إضافة إلى ما سبق تناول بحث (Arnette & Brewer,2017) إجراء دراسة مقارنة بين المنظمات التي تستخدم أسلوب الهندسة المتزامنة في تصميم منتجاتها الجديدة والمنظمات التي لا تستخدمها، إلا انه توصل إلى نتائج هامة لممارسات التصنيع المستدام مثل تصميم المنتج بهدف تقليل متطلبات التعبئة والتغليف، الأمر الذي يحقق فوائد بيئية واقتصادية للتصنيع. بالإضافة إلى ان هذا البحث توصل إلى ان المنظمات التي تستخدم أسلوب الهندسة المتزامنة لديها سوف تحصل على مستويات أعلى في أداء المنتج من المنظمات التي لا تستخدم الهندسة

المتزامنة، حيث يتم إمداد العميل بكافة المعلومات عن المواد الخام المصنوع منها المنتج، وذلك يساعد في عملية إعادة التدوير وتفكيك المنتج وإعادة تصنيعه.

دراسات تناولت التصنيع المستدام

أولاً: دراسات باللغة العربية

- (a) هدفت دراسة (العادلي، ٢٠٢٠) إظهار أهمية ابعاد الاستدامة في تحسين جودة المنتج وتعزيز قيمة العميل، والمساعدة في تطوير الأساليب المحاسبية الإدارية لتحسين جودة المنتجات وتعزيز قيمتها لدى العميل.
- (b) هدفت دراسة (حمو خليل، ٢٠١٨) إلى تحديد الدور الذي تمارسه نظم المعلومات الإدارية لدعم استراتيجيات الاستدامة في الشركات الصغيرة والمتوسطة، واستطلاع ابعاد العلاقة بين نظم المعلومات الإدارية واستراتيجيات الاستدامة.
- وتوصلت الدراسة إلى ان السعي الجاد للشركات نحو تحقيق الاستدامة واستثمارها لبناء سمعة سوقية جيدة تمثل مطلباً مهماً تفرضها حالة المنافسة الشديدة في الأسواق المحلية والدولية.

ثانياً: دراسات باللغة الأجنبية

- (a) هدفت دراسة (Eduard Gabriel., et al,2018) بيان مدى تأثير القدرات التنافسية (التكلفة والجودة والاستجابة والقدرة على التكيف) على ممارسات التصنيع المستدام في الشركات الرومانية الصغيرة والمتوسطة الحجم في صناعة النسيج.
- وتوصلت إلى نتائج من أهمها أن البنية التحتية للتكنولوجيا وكفاءة التكنولوجيا واللوائح البيئية لا تؤثر بشكل كبير على ممارسات التصنيع المستدام، إلا ان العلاقة بين التصنيع المستدام والقدرات التنافسية للشركة إيجابية، مما يدعم مساهمة ممارسات التصنيع المستدام في تعزيز الأداء التنافسي للشركات.
- (b) هدفت دراسة (Z. Ebrahim., et al.2019) إلى تطوير نموذج التصنيع المستدام MS في عمليات التصنيع، توصلت الدراسة إلى ان نموذج التصنيع المستدام MS المطور يقدم مفهوم استدامة التصنيع الذي يتكون من العناصر الأساسية ومكوناتها، حيث أن هناك أربعة عناصر أساسية في النموذج: محرك الاستدامة كمدخل، عامل تمكين الاستدامة كعمليات، قياس الاستدامة أيضاً جزء من العمليات، وتأثير الاستدامة باعتباره إنتاج.

الفجوة البحثية

ركزت الدراسات السابقة على الفوائد الاقتصادية لاستخدام تقنية الهندسة المتزامنة في تطوير المنتجات من حيث زيادة الجودة وتخفيض التكاليف لضمان سرعة وصول المنتج إلى السوق وتحقيق الأرباح، لكنها لم تتناول غير الأبعاد الثلاثة للهندسة المتزامنة ولم تشير أيًا من هذه الدراسات إلى إمكانية إضافة بُعد جديد وهو (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات) من أجل تحقيق مزايا عديدة أهمها تخفيض التكاليف، وتخفيض وقت تطوير المنتجات، كما أن الدراسات السابقة لأسلوب التصنيع المتكامل Leagile لم تركز على استخدام تقنية الهندسة المتزامنة بواسطة أسلوب التصنيع المتكامل Leagile، الذي ينتج عنه العديد من المزايا أهمها سرعة الاستجابة لطلبات ورغبات العملاء، وسرعة وصول المنتج إلى السوق، وتخفيض وقت التصميم المنتج، وتخفيض تكاليف تصميم المنتج، وزيادة الأرباح.

كما لم تركز الدراسات السابقة المتعلقة بالتصنيع المستدام، إلا إنها لم تتناول الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد من خلال أسلوب التصنيع المتكامل Leagile لتكون سبباً للتصنيع المستدام.

ومما سبق نستخلص الفجوة البحثية وهي تتمثل في عدم استخدام تقنية الهندسة المتزامنة من أجل تحقيق تطوير شامل للعمليات بما يحقق أداء مستداماً للعمليات الإنتاجية من أجل تحقيق فؤاد اقتصادية واجتماعية وبيئية معاً، فبالرغم من ان الهندسة المتزامنة منهجية تشتمل على كل ما يتعلق بعملية تطوير المنتجات منذ بداية دورة حياة المنتج وتستمر حتى نهايته.

خطة البحث:

تحقيقاً للهدف من هذا البحث يمكن تناوله من خلال الأقسام التالية:

- القسم الأول: الإطار العام للدراسة
- القسم الثاني: التصنيع المستدام والعلاقة بين الهندسة المتزامنة واستراتيجية التصنيع المتكامل
- القسم الثالث: النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد 4D-CE في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile وتأثيره على التصنيع المستدام

- **القسم الرابع:** تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد 4D-CE في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile في المنظمة الصناعية (الشركة المصرية لصهر وتكرير وتصنيع الرصاص والبطاريات)
- **القسم الخامس:** الاستنتاجات والتوصيات

القسم الثاني: العلاقة بين الهندسة المتزامنة واستراتيجية التصنيع المتكامل والتصنيع المستدام

تعتبر تقنية الهندسة المتزامنة من أهم التقنيات الإدارية للإدارة الاستراتيجية للتكلفة وربطها تكاملياً بالتصنيع المستدام، وذلك لتطوير وتحسين المنتجات التي تواكب التطورات في جوانب الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية، ومع اتساع الفجوة التنافسية بين المنظمات الصناعية نتيجة ارتفاع التكاليف وعدم تحقيق الميزة التنافسية، لذلك ظهرت الحاجة إلى التكامل بين الهندسة المتزامنة من خلال استراتيجية التصنيع المتكامل (الخالي/الفعال) وأثر التكامل على التصنيع المستدام.

لتحقيق أهداف المنظمة الاقتصادية بفعالية ينبغي خفض وقت سلسلة التوريد، وتحسين الجودة، وتخفيض تكلفة المنتج والاستدامة في تصميم المنتجات، ووجود مستوى جيد من الاتصالات وتدريب العاملين، وينبغي أن يقوم العاملين بمهامهم بشكل متواز مع بعضهم البعض، لتسمح بإنجاز العمل بأدنى وقت ممكن، فضلاً عن أهداف الهندسة المتزامنة التي مر ذكرها في الفقرات السابقة من هذا القسم، فإن لها علاقة مباشرة مع استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile.

كما توصل (Moktadir et al., 2017) إلى أن المعرفة بالاقتصاد الدائري يخفض من النفقات في العمليات التصنيعية، كما أن للهندسة المتزامنة تأثير إيجابي فيما يتعلق بإدارة تصميم المنتجات، وإدارة تصميم العمليات، وإدارة سلسلة التوريد، على التصنيع المستدام.

إذ يذكر (Dongre et al., 2017) أن العلاقة بين الهندسة المتزامنة CE واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile تتمثل بتحسين جودة المنتجات وتخفيض تكلفة تصنيعها. كما ذكر (Shouke et al., 2010) أن الهندسة المتزامنة CE أصبحت الخيار الرئيسي للعديد من المنظمات الاقتصادية، لإعادة هندسة أعمالها، وتنفيذ نظام إدارة متكامل مكون من الجودة والمهنة والصحة والأمان وأشار

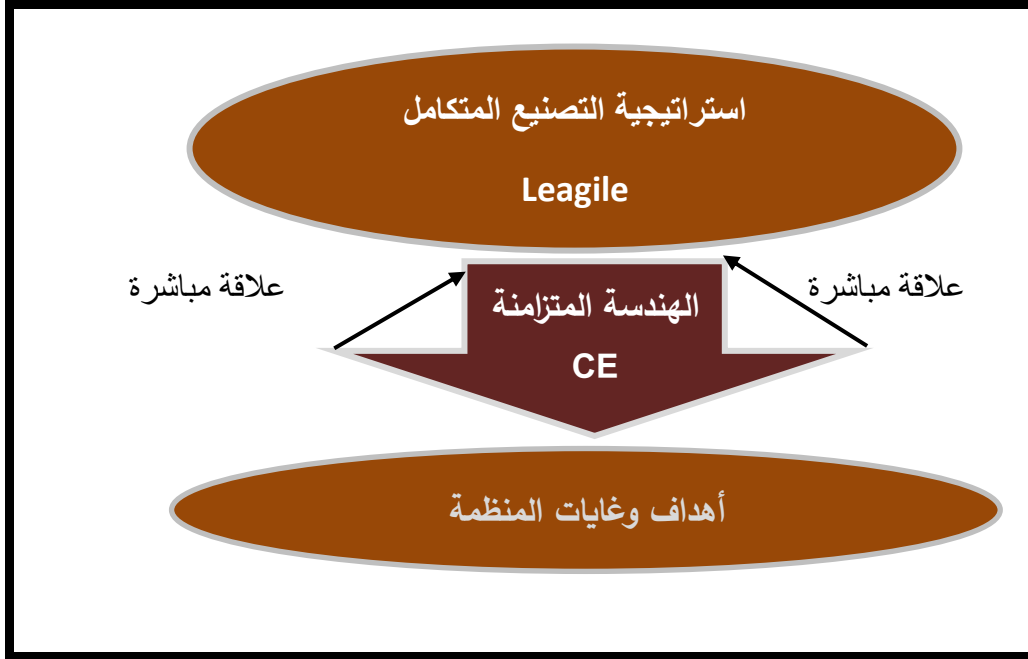
(Gunasekaran) إلى ان الهندسة المتزامنة CE هي احدى الأدوات المساعدة لتنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile (Gunasekaran, 1998).

في حين يرى (Bonney et al., 2003) أصبحت بيئة الأسواق اليوم أكثر قدرة على المنافسة تدريجياً، نتيجة لزيادة الضغوطات على المنظمة الاقتصادية في تلك الأسواق. الأمر الذي جعل تلك المنظمات الاقتصادية بحاجة إلى ان تكون أكثر استجابة لتلك الضغوطات، إذ تمثلت استجابتها بإدخال العديد من التغيرات التقنية، لا سيما في المجال الصناعي، فقد تم الاستثمار في تقنيات جديدة للتكنولوجيا والتنظيم والتصنيع، بغية تخفيض الوقت من التصميم إلى الإنتاج، ومن هذه التقنيات هي (تقنية الهندسة المتزامنة).

وأشار (Alaa Jasim Salman., 2020) إلى أن الهندسة المتزامنة CE يمكن ان تخفض من تكاليف التصنيع بنسبة (٣٠-٤٠٪) من خلال وجود الفرق المتعددة الوظائف، فضلاً عن تخفيض معدل التالف والهدر بنسبة تصل إلى (٧٥٪)، وذلك بتصميم المنتج والعمليات الإنتاجية والشكل (١) يوضح العلاقة بين الهندسة المتزامنة CE واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile.

شكل رقم (١)

العلاقة بين الهندسة المتزامنة CE واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile



المصدر: الباحثة

ومن الشكل السابق نجد أن هناك علاقة مباشرة بين الهندسة المتزامنة CE واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، لأن الهندسة المتزامنة هي واحدة من أدوات استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، إذ يعتمد تحقيق أهداف وغايات المنظمة على تنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile بواسطة إحدى أدواتها المهمة والمتمثلة بالهندسة المتزامنة CE .

كما يرى (Bogus et al., 2005) أن الهندسة المتزامنة تعمل على تكامل وتصميم وتطوير المنتجات والعمليات الإنتاجية، أي أنها فلسفة إدارية تعمل على تكامل تصميم وتطوير المنتج والعملية الإنتاجية من خلال تداخل جميع العمليات والوظائف والأنشطة التي تشترك في إنتاج وتطوير المنتج على طول سلسلة القيمة، ابتداء من البحث والتطوير وصولاً إلى خدمة العملاء، إذ يتم استخدام المعلومات المتاحة خلال المراحل الأولى لعملية التصميم، كما تلقت الهندسة المتزامنة كثيراً من الاهتمام في مجال التصنيع، على مدى العقود الماضية، من أجل تحقيق وفورات في الوقت، وأنها تدعو إلى التزامن والتداخل بين العمليات الإنتاجية بدلاً من تتابع تصميم المنتج والعمليات الإنتاجية.

كما أن عملية التصميم المتكامل ينبغي أن تتميز بميزات هي (Wongnum et al., 2015):

أ- ينبغي أن يتوفر نظام اتصال قوى لمشاركة المعلومات، ومن ثم تمكين فريق التصميم من الوصول إلى جميع المنظمة.

ب- كل عمليات التصميم هي بالضرورة عمليات تكرارية تتطلب إعادة تصميم وتعديلات متعاقبة.
ت- الهندسة المتزامنة ينبغي أن تسهل عملية تحليل البدائل، والذي يقود للمثالية في تصميم المنتج والعملية الإنتاجية، وان القيود والمتطلبات المتعارضة ينبغي أن تصمم وتحدد في الوقت نفسه.

ث- جميع الجوانب الملاءمة من عملية التصميم ينبغي ان تكون موثقة، لغرض الاستفادة في المستقبل، وأن الأنشطة يمكن ان تتداخل فيما بينها بشكل فعال بالاعتماد على العلاقات بينها.

ومما سبق تستنتج الباحثة أن أسلوب الهندسة المتزامنة CE بشكل عام، هو إحدى تقنيات أسلوبية التصنيع الخالي من الفاقد Lean والتصنيع الفعال Agile ، وبالتالي يعتبر إحدى تقنيات استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، وله تأثير إيجابي كبير في تنفيذ هذه الاستراتيجية، وهو ما يثبت من الناحية النظرية صحة الفرض الأول على أن "هناك تأثيرات إيجابية تترتب على تطبيق الهندسة المتزامنة CE في تنفيذ استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile".

فالمنظمات الاقتصادية المنفذة لإستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile سوف تتميز أو الأقل ستحافظ على مكانتها في دنيا الأعمال، لا سيما لو كان تنفيذ هذه الاستراتيجية مبنيا على تطبيق الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE، بعد اقتراح إضافة بُعداً رابعاً لها يركز على (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات)، والذي بدوره يعزز من مكانة المنظمة من خلال الاستدامة في تصميم المنتجات، فضلاً عن الجودة العالية والتكاليف المنخفضة، وهو ما يميز تلك المنظمة ويجعلها تحقق أهدافها، ومن ثم الاستجابة السريعة لمتطلبات العملاء و رغباتهم وتحقيق ولاءهم بهذه المنتجات.

عليه فإن القسم التالي سيقدم نموذج مقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، بهدف بقاء المنظمة واستمرارها.

القسم الثالث: النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد CFDE في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile وتأثيره على التصنيع المستدام

في هذا القسم سيتم التطرق إلى أبعاد الهندسة المتزامنة من خلال مرحلتين، كانت مرت بتلك الأبعاد وذلك بناء على المادة العلمية التي قدمها الكُتاب والباحثين السابقين والخاصة بموضوع الهندسة

المتزامنة منذ نشأتها إلى يومنا هذا، فضلاً عن اقتراح مرحلة ثالثة لها بإضافة بُعداً رابعاً ومكماً للعلاقة بين تلك الأبعاد الأربعة والمزايا التنافسية في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile، وسيتم توضيحه كالآتي:

١. التصنيع المستدام

تعرف آليات التصنيع المستدام بأنها أدوات وأساليب وطرق الإنتاج لإنتاج منتجات جديدة وتطوير لمنتجات قائمة بحيث تصبح مستدامة من خلال دورة حياة المنتج بالكامل، وتنفيذ عمليات وأنظمة التصنيع المستدامة التي تقلل من الآثار البيئية السلبية إلى أدنى حد، مع العمل على ترشيد استهلاك المواد والطاقة، وخلق بيئة عمل آمنة على الأفراد ويحقق فوائد اقتصادية واجتماعية فالاستدامة هي دافع للابتكار، والابتكار يعزز النمو والتقدم في التصنيع، والتصنيع هو الدافع لتوليد الثروة والرفاهية المجتمعية، ورفاهية المجتمع والنمو الاقتصادي يعتمدان بشكل كبير على مستوى ونوعية التعليم والتدريب (Kumar et al.,2019).

٢. التصنيع المتكامل Leagile

عرف (Raj & Jayakrishna.,2018)، التصنيع المتكامل على أنه مزيج من نماذج التصنيع الخالي من الفاقد والتصنيع الفعال ضمن إستراتيجية الكلية للمنشأة من خلال تحدي موقع نقطة الفصل بحيث تتناسب بشكل أفضل مع الحاجة إلى الاستجابة لمتطلبات الطلب المتقلب مع توفير جدولة مستوى أعلى من السوق.

٣. الهندسة المتزامنة

أولاً: مرحلة الهندسة المتزامنة ثنائية الأبعاد 2D-CE

يرى (Albizzati,2012) أن مرحلة الهندسة المتزامنة ثنائية الأبعاد تتضمن تصميم المنتج والعملية الإنتاجية، التي ينبغي أن تجرى أنياً متضمنة فريقياً متعدد الوظائف يتضمن بدوره الموردين العملاء، كما يرى (Marchetta et al.,2011) أن مرحلة الهندسة المتزامنة ثنائية الأبعاد تقوم على أساس التصميم لكل من المنتج والعملية الإنتاجية، فتصميم أجزاء المنتج بالتزامن مع العملية الإنتاجية المتضمنة طرق التصنيع وتخطيط الإنتاج والموارد المطلوبة في هذه العملية بدوره يعمل على تقصير دورة حياة المنتج، الذي يساعد في وصول المنتج إلى السوق بشكل أسرع.

لقد أثبتت مرحلة الهندسة المتزامنة ثنائية الأبعاد في نتائجها تحقق تخفيض في وقت وصول المنتج إلى السوق بنسبة (٣٠-٦٠٪) أي وفر التكلفة ٣٠٪، وتخفيض في تكلفة دورة حياة المنتج بنسبة (١٥-٥٠٪) أي وفر التكلفة وتخفيض في طلبات التغييرات الهندسية بنسبة (٥٥-٩٥٪) (Fine et al., 2005)، كما ان المنظمات الاقتصادية التي لا تأخذ سلسلة التوريد في الحسبان كنشاط متزامن مع العملية الإنتاجية فأنها عادةً ما تواجه مشكلات في المراحل المبكرة من عملية التصميم أو الجودة أو الرقابة أو الدعم اللوجستي لذا لا بد من الأخذ في الاعتبار تصميم سلسلة التوريد في مرحلة مبكرة من عملية التصميم (Johansson., 2012).

تستخلص الباحثة مما سبق أن الهندسة المتزامنة ثنائية الأبعاد بحاجة ملحة إلى تصميم سلسلة التوريد بالتزامن مع تصميم كل من المنتج والعملية الإنتاجية، لتجاوز تلك المشكلات التي تواجه المنظمات الاقتصادية، الأمر الذي جعل الكتاب والباحثين يسعون إلى إضافة بُعد ثالث للهندسة المتزامنة هو بُعد سلسلة التوريد.

ثانياً: مرحلة الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد 3D-CE

أن التصميم المتزامن للأبعاد الثلاثة (الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد 3D-CE) وفق رأى (Fine,1998) وهو أول من اقترح إضافة (بُعد سلسلة التوريد) كُبعد ثالث للهندسة المتزامنة، إذ يعد هذا الرأي منطلقاً للمزيد من الأبحاث التي تعمل على تطوير أبعاد الهندسة المتزامنة ثنائية الأبعاد (٢D-CE) إلى ثلاثية الأبعاد 3D-CE (Trostensson,2011)، كما أن مرحلة الهندسة ثلاثية الأبعاد تعد أكثر ملاءمة لمتطلبات بيئة الأعمال التنافسية فهي تساعد في تقصير دورة حياة المنتج، الذي يؤدي بدوره إلى تخفيض التكلفة وتقليل الوقت والمحافظة على مستوى عال من الجودة، فضلاً عن الاستجابة للتغيرات التي تحدث في حاجات العملاء و رغباتهم (Tayal,2012).

وتستخلص الباحثة مما سبق أن أبعاد الهندسة المتزامنة هي (ثلاثة أبعاد) يتم تنفيذها بالتزامن، تتمثل في بُعد تصميم المنتج، وبُعد تصميم العملية الإنتاجية، وبُعد سلسلة التوريد.

أما في الدراسة الحالية فهي تسعى لتناول الهندسة المتزامنة بصورة أكثر توسعاً من ناحية أبعادها، إذ سيتم اقتراح إضافة بُعداً رابعاً لها، لتحقيق المزايا التنافسية للمنظمة في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل، وهذا سيتم مناقشته في الفقرة التالية.

ثالثاً: اقتراح مرحلة الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد (4D-CE)

بعدما اتفق الكثير من الكتاب والباحثين على مرحلة الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد، والتي تُعد المرحلة الأكثر شيوعاً وتطبيقاً إلى الأنفي الكثير من المنظمات الصناعية التي تتبنى الهندسة المتزامنة، جاءت الدراسة الحالية كمرحلة أكثر توسعاً لأبعاد الهندسة المتزامنة، لتصبح ذات أربع أبعاد، وذلك باقتراح إضافة بُعد رابع لها والمتمثل في بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات، إذ يشمل هذا البعد على دراسة جوانب الاستدامة، لأهمية موضوع الاستدامة في العالم، فضلاً عن حجم مردوده الإيجابي على البيئة الصناعية العالمي، إذ سيتم التركيز في هذا البعد على قضيتين هامتين من قضايا الاستدامة، الإا وهما (أن يكون المنتج صديقاً للبيئة، وإمكانية إعادة تدويره)، سعياً لتغطية جوانب الاستدامة. إذ يؤكد (Dongre et al.,2017) أن الفكرة الأساسية للهندسة المتزامنة تدور حول مفهومين هما:

المفهوم الأول: هو أن جميع عناصر دورة حياة المنتج من الناحية الوظيفية، والإنتاجية، والتجميع، وقابلية الاختبار، وقضايا الصيانة، والتأثير البيئي، وإعادة التدوير، ينبغي أن تؤخذ في الحسبان وبعناية كبيرة في مراحل التصميم المبكرة.

المفهوم الثاني: هو أن أنشطة التصميم السابقة ينبغي أن تحصل جميعها في نفس الوقت، والفكرة هي أن الطبيعة المتزامنة لهذه العناصر تزيد بشكل كبير من الإنتاجية وجودة المنتج.

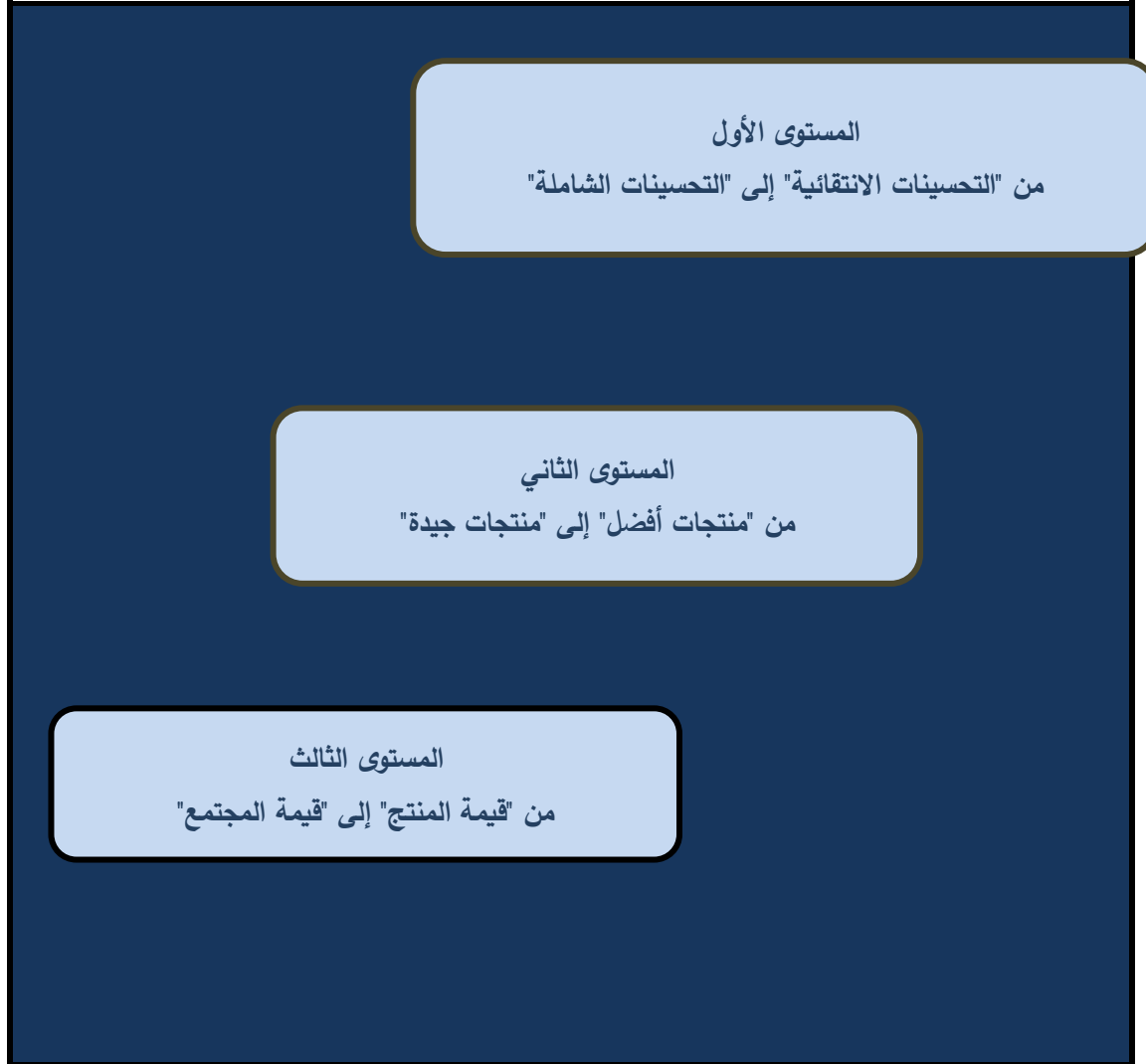
كما يرى (Kim et al.,2014) أن أحد الدوافع وراء موضوع الاستدامة هو أن الزبائن يطلبون المزيد من المنتجات غير الضارة بصحتهم وسلامتهم، وكذلك المنتجات الصديقة للبيئة المتعلقة بإعادة الاستعمال، وإعادة التدوير، وإعادة تصنيع المنتجات القديمة.

ويرى (Ishioka & Yasuda.,2009) أنه في كثير من الحالات يكون الغرض من تطوير المنتج هو إضافة تحسينات وتعديلات على أدائه ووظائفه، لتحقيق أفضل مستوى من رضا العملاء، ومع ذلك فإن تلك التحسينات أو التعديلات على أداء المنتج أو وظائفه، لتحقيق أفضل مستوى من رضا العملاء، لذا يجب تحديد الاتجاه المختلف لتطوير المنتجات هو تصميم المنتجات المستدامة.

كما يرى (Dyllick & Rost., 2017) أنه عادة ما ينظر إلى موضوع استدامة المنتج من منظور الأعمال التجارية، بهدف تقليل المخاطر المرتبطة بالمنتجات، أو تمييز المنتج عما يقدمه المنافسين، ومعظمها ذات تأثيرات محدودة للتنمية المستدامة، أما من وجهة النظر الاجتماعية، فينظر

إلى موضوع استدامة المنتج بهدف المساهمة في التنمية المستدامة، من خلال الحد من التأثيرات البيئية أو من خلال تحسين الحالة الاجتماعية.

الشكل رقم (٢) يوضح تصنيف مستويات تطوير استدامة المنتج



Source: (Dyllick, T., & Rost, Z., 2017) "Towards true product sustainability", Journal of Cleaner Production, Vol. (162), p. (3).

من الشكل السابق يتضح أن المستوى الأول يتميز بالتطورات التي تنتقل من "التحسينات الانتقائية" إلى "التحسينات الشاملة" للمنتجات، ومن ثم تتعدى التحسينات المحددة للمنتجات.

أما المستوى الثاني فيتميز بالتطورات من "منتجات أفضل" إلى "منتجات جيدة"، إذا يتم عادة تعريف المنتجات الأفضل بطريقة نسبية، عن طريق مقارنتها بالمنتجات الموجودة أو الحلول البديلة في

السوق، إلا أن المنتجات الجيدة يتم تحديدها بمقارنتها ببعض المقاييس المطلقة أو مع معيار أداء الاستدامة.

أما المستوى الثالث يوضح التطورات من "قيمة المنتج" إلى "قيمة المجتمع"، ووفق هذا المستوى فإنه لا يكفي أن نشارك في منتج مستدام فقط، ولكن ينبغي المشاركة في عالم مستدام.

في هذا الصدد يرى (Johansson, 2007) أن التنمية المستدامة تعرف على أنها "التنمية التي تلبي احتياجات الجيل الحالي، دون المساس بموارد الأجيال القادمة لتلبية احتياجاتهم الخاصة. كما يرى (Siva) أن الاستدامة هي بمثابة نقطة الانطلاق للابتكارات التنظيمية والتكنولوجية التي تحقق عوائد وأرباح عالية في نهاية المطاف، كما أن المنظمات الاقتصادية قادرة على تخفيض التكاليف من خلال تقليل المدخلات التي تستخدمها إذا أصبحت صديقة للبيئة، وغالبا ما ينظر إلى موضوع التنمية المستدامة على أساس ثلاث جوانب هي (الجانب الاقتصادي، والجانب البيئي، والجانب الاجتماعي)، إذ ركزت خطوات الاستدامة على استراتيجيات نهاية عمر المنتج، وإيجاد الطرق المناسبة للتخلص من المنتجات التالفة والمستهلكة، وهذه الطرق متمثلة في الآتي (Siva, 2016):

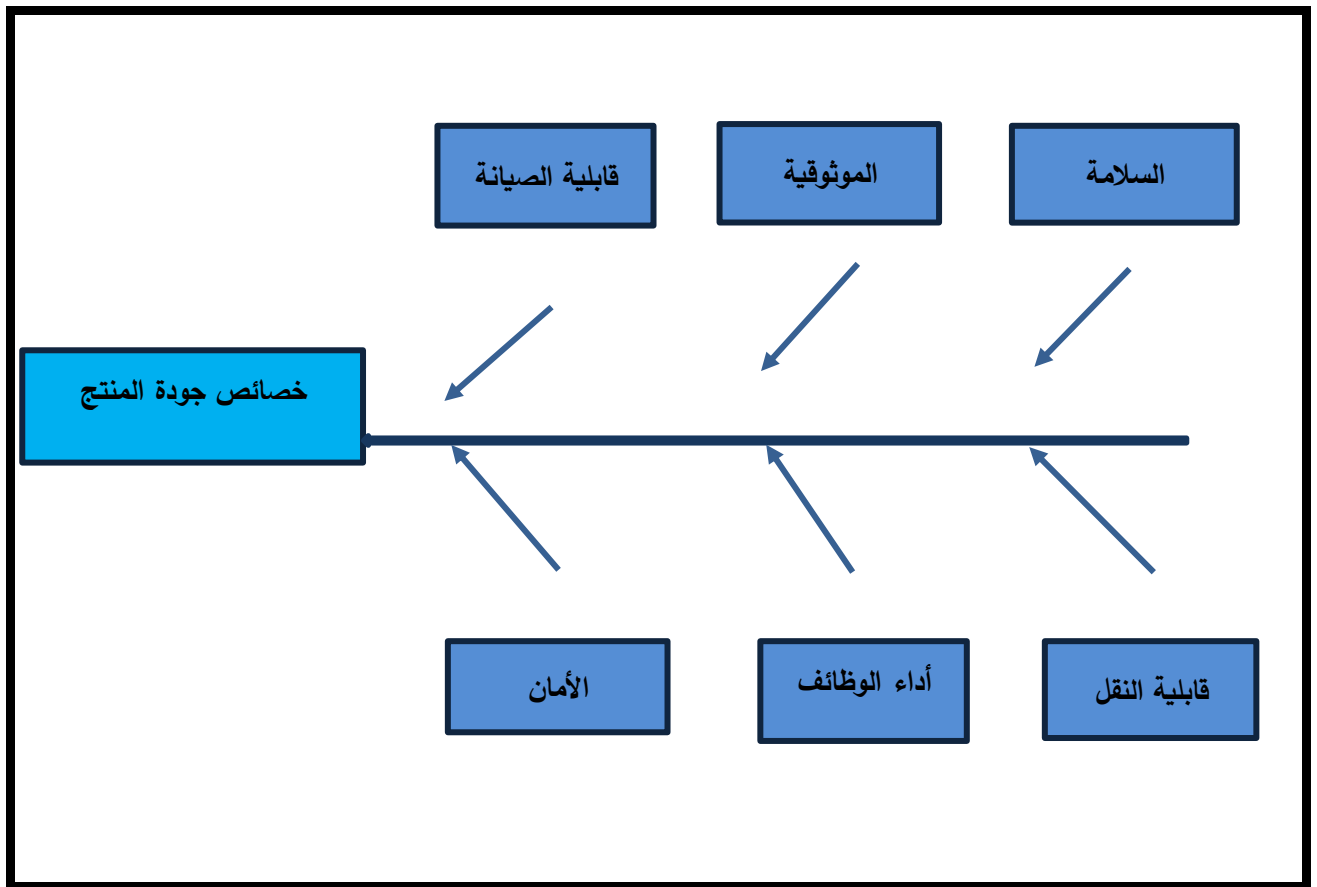
- التحكم بالمواد التالفة الخطرة الناتجة عن الإنتاج، والانبعاثات عند التخلص من المنتجات المستهلكة بالشكل الذي لا يسبب ضرراً بيئياً.
- زيادة خيارات إعادة التدوير ومن تلك الخيارات: فصل النفايات عن مصدرها أو في محطات خاصة أو بموقع إعادة التدوير.

أما (Holye) فيرى أن المنتج /الخدمة إذا كان غير موثوقاً به فمن الواضح أنه غير صالح للاستعمال وذي جودة رديئة، وإذا كان المنتج موثوقاً به ولكنه يبعث ابخرة ثقيلة جداً أو سامة، فهو ذا جودة رديئة أيضاً، كذلك إذا كان المنتج غير آمن، فهو ذا جودة رديئة على الرغم من أنه قد يلبي المواصفات المرغوبة بطرق أخرى، وفي هذه الحالة فإن المواصفات ليست انعكاساً حقيقياً لاحتياجات العميل ورغباته، إذ أنه قد تلبي المصانع النووية جميع متطلبات السلامة المحددة، ولكن إذا طالب المجتمع بمعايير امان أكبر فإن تلك المصانع لا تلبي متطلبات المجتمع، على الرغم من أنها تلبي متطلبات العميل المباشرة، لذا ينبغي تحديد الأطراف المعنية لتحديد الخصائص التي ينبغي أن يتصف

بها المنتج / الخدمة، وينبغي تلبية احتياجات كل هذه الأطراف من أجل تحقيق الجودة (Holy, 2005). الشكل (٣) يوضح خصائص جودة المنتج.

الشكل رقم (٣)

خصائص جودة المنتج



Source:(Holy, D., 2005), “Automotive Quality Systems Handbook: Iso/Ts 16949:2002”, edition2. Elsevier, p. (16).

من الشكل السابق يتبين أن استدامة المنتج تظهر في تكاليف كل من الأمان والسلامة، إذ إن أمان وسلامة المنتجات يتضمن مراعاة الجوانب البيئية والصحية وغيرها، وعليه يتضح أن خصائص جودة المنتج تأخذ في الحسبان بعض جوانب الاستدامة.

ومما سبق ترى الباحثة أن إضافة البعد الرابع (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات) إلى أبعاد الهندسة المتزامنة، لتصبح هندسة متزامنة رباعية الأبعاد (4D-CE)، هو الأفضل كونه يمثل المرحلة الأكثر

تطوراً وتوسعاً لأبعاد الهندسة المتزامنة في الوقت الحاضر، وأن هذه الأبعاد هي الأكثر شيوعاً واتفاقاً من قبل الكتاب والباحثين، فضلاً عن ملاءمتها مع توجهات الدراسة الحالية، وعليه سيتم تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد 4D-CE في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile في القسم التالي:

القسم الرابع: تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد 4D-CE في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile بالتطبيق على المنظمة الصناعية (الشركة المصرية لصهر وتكرير وتصنيع الرصاص والبطاريات والسيارات)

تُعد الشركة المصرية لصهر وتكرير وتصنيع الرصاص والبطاريات من الشركات الهامة في مجال تصنيع البطاريات، كونه ينتج منتجات صناعية بسيطة ينبغي أن تتميز بالجودة وتراعى جوانب الاستدامة المتعددة، فضلاً عن كون أحد أبرز مسببات التلوث هي المنظمات الصناعية، كذلك لدراسة طرق تحسين الإنتاج وزيادة مبيعات الشركة محل الدراسة، عن طريق التكامل بين الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد 4D-CE واستراتيجية التصنيع المتكامل Leagile لتحقيق المزايا التنافسية.

١) نبذة عن الشركة المصرية لصهر وتكرير وتصنيع الرصاص والبطاريات والسيارات بالتعريف عن الشركة نستهل:

- أولاً تاريخ الشركة المصرية للرصاص والبطاريات حيث تعتبر الشركة هي باكورة إنتاج الرصاص بجميع أنواعه في مصر والشرق الأوسط منذ عام ١٩٤٠ لما لها من باع طويل في هذا المجال وما يتمتع به القائمون على الإنتاج بالشركة من خبره منقطعة النظير في إنتاج الرصاص بكل أنواعه.
- تمتلك الشركة أحدث التكنولوجيات بما يتواءم مع العصر من تحديثات تخص هذه الصناعة وينعكس ذلك بالتبعية على إنتاج الشركة للبطاريات نتيجة التعاون المستمر بين مصنعنا وشركات البطاريات الموجودة في مصر
- تمتلك الشركة أيضاً أحدث المعامل والأجهزة التحليلية وتتعامل بأحدث بروتوكولات المختبرات واسعة النطاق التي تساعد على تأكيد جودة المنتج في مراحل التصنيع المختلفة بإدارة فنية عالية الخبرة والمهنية فتصل بالنهاية إلي منتج ذو جودة تنافسية عالية.

٢) تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد 4D-CE في ظل استراتيجية التصنيع المتكامل Leagile بالتطبيق على المنظمة الصناعية على الشركة محل الدراسة أشارت نتائج الكتاب والباحثين السابقين، أن تقنية الهندسة المتزامنة لم تكن موجودة بأبعادها الأربعة، إذ اكتفت تلك الكتابات السابقة بثلاثة أبعاد فقط، إلى أنه تم إضافة بُعد رابع (الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد 4D-CE) والبعد الرابع متمثل في (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات)، وهو ما تم التطرق له ومناقشته بصورة نظرية في القسم الثالث، أما في هذا القسم فسيتم تطبيق ذلك المقترح في الشركة محل الدراسة، لمعرفة حجم ونوعية التحسينات التي يضيفها تطبيق نموذج الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد في استراتيجية التصنيع المتكامل، فضلا عن بيان انعكاس تلك التحسينات على الشركة محل الدراسة من خلال تحقيق العديد من المزايا التنافسية كالتالي:

التفاصيل	بيانات مالية					المزايا التنافسية	أبعاد الهندسة المتزامنة
	عدد	يوم	النسبة مئوية	الكمية	المبلغ		
من خلال إجراء الاستبيان	-	-	-	-	-	معرفة تفضيلات العملاء	
لغرض تعريف العملاء بمنتجات الشركة	-	-	-	-	٣,٣٧٥,٨٩٩	زيادة تكاليف الدعاية والإعلان	البعد الأول (تصميم المنتج)

لغرض تعريف العملاء بمنتجات المصنع	-	-	-	-	٤٠,٨٧٩,٣٧٧	زيادة مصاريف المستلزمات الخدمية	
من (٧) إلى (٣) أيام لغرض سرعة وصول المنتجات إلى السوق	-	٤	-	-	-	تقليل أوقات وصول المنتج إلى السوق	
من خلال اعتماد إنتاج البطاريات الجافة	-	-	%٤٠	٤٦٩١	-	زيادة كمية الإنتاج الفعلي	البعد الثاني (تصميم العملية الإنتاجية)
من وجبتي عمل إلى (٣) وجبات	-	-	-	-	-	زيادة وتنظيم أوقات العمل	
من خلال اعتماد إنتاج البطاريات الجافة	-	-	%١٠٠	١٠٩٨٨	-	زيادة كميات المبيعات	
من خلال اعتماد إنتاج البطاريات الجافة	-	-	-	-	١,١١٠,٦٥٤,٠	زيادة إيرادات المبيعات	
من خلال اعتماد إنتاج البطاريات الجافة	-	-	%٣١	-	-	زيادة نسبة تحقق المبيعات	

من (٤) إلى (١٠) منافذ	٦	-	-	-	-	زيادة عدد منافذ التوزيع	البعد الثالث (تصميم سلسلة التوريد)
من (٩) إلى (١٥) وسيلة نقل منتجات	٦	-	-	-	-	زيادة عدد وسائل نقل المنتجات	
من (٣) إلى (١٥) وزارة	١٨	-	-	-	-	زيادة عدد عملاء الشركة من وزارات الدولة	
من خلال إعادة تدوير البطاريات التالفة والمستهلكة في المسبك	-	-	-	-	٤٠٣,٧٤١,٩١٠	تخفيض تكاليف شراء مادة الرصاص	
من خلال إعادة تدوير البطاريات التالفة والمستهلكة في المسبك	-	-	-	-	١١,٩٢٠,٠٠٠	تخفيض تكاليف شراء مادة البلاستيك	البعد الرابع
	-	-	-	-	٢٥٧,٣٠٣,١٨٥	تخفيض تكاليف شراء مواد الشد	

من خلال استبدال مواد الشد بمادة الكالسيوم						(يُعد الاستدامة في تصميم المنتجات)
من خلال اعتماد إنتاج البطاريات الجافة، وإجراء الصيانة لوحدة معالجة المياه	-	-	-	-	١,١٦٣,١٦٧,٩١١	توفير تكاليف غرامات المياه الملوثة
من خلال اعتماد إنتاج البطاريات الجافة، وإجراء الصيانة لوحدة معالجة الغاز	-	-	-	-	٥٣٥,٥٠٠,٠٠٠	توفير تكاليف غرامات الغازات الملوثة
من خلال الاعتماد على تقنيات حديثة في عمليات اللحام والحقن	-	-	-	-	-	المحافظة على سلامة العاملين

من خلال اعتماد إنتاج البطاريات الجافة، لأنها تعتمد على جهاز العين السحرية بدلا من جهاز (الهيدروميتر)	-	-	-	-	٤٨,٠٠٠	توفير تكاليف شراء جهاز (الهيدروميتر)	
							المجموع

المصدر: من إعداد الباحثة

نستخلص مما سبق للجانب العملي للدراسة الحالية، تبين أن هناك العديد من المزايا التنافسية التي يمكن أن تحصل عليها المنظمات الصناعية فيما لو طبقت النموذج المقترح الحالي، إذ تمثلت تلك المزايا التنافسية بمجموعة التحسينات التي أضافها تطبيق النموذج المقترح الحالي لاستراتيجية التصنيع المتكامل، والذي بدوره انعكس بالإيجاب على تحقيق مجموعة كبيرة من المزايا التنافسية والتي تمثلت بتخفيض تكاليف التصنيع وتخفيض وقت الوصول للمنتجات إلى السوق، وزيادة ولاء العملاء بمنتجات المصنع نتيجة للجودة العالية التي تتمتع بها المنتجات الجديدة، والمحافظة على البيئة المحيطة من التلوث من خلال تصنيع منتجات صديقة للبيئة وقابلة للتدوير، فضلاً عن المحافظة على الموارد الطبيعية المحدودة، وهذا ما يثبت صحة الفرض الرابع والذي ينص على (يضيف تطبيق النموذج المقترح للهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد تحسينات لاستراتيجية التصنيع المتكامل، مما ينعكس بشكل إيجابي في تحقيق المزايا التنافسية)، ولاستكمال متطلبات هذه الدراسة سيتم عرض العديد من الاستنتاجات والتوصيات وهو ما سيكون عليه القسم التالي والأخير من هذه الدراسة.

القسم الخامس: الاستنتاجات والتوصيات

أولاً: الاستنتاجات

يتناول هذا القسم أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها ذات الصلة بموضوع البحث كالتالي:

- هناك علاقة مباشرة بين الهندسة المتزامنة واستراتيجية التصنيع الخالي من الفاقد والتصنيع الفعال (استراتيجية التصنيع المتكامل)، لأن الهندسة المتزامنة هي واحدة من أدوات استراتيجية التصنيع المتكامل - الخالي الفعال- إذ يعتمد تحقيق أهداف المنظمة على تنفيذ هذه الاستراتيجية باستعمال إحدى أدواتها المهمة والمتمثلة بالهندسة المتزامنة، ومن تلك الأهداف هو تحقيق المزايا التنافسية، لأجل البقاء والنمو في بيئة الأعمال التنافسية.

- تحافظ المنظمات الاقتصادية المنفذة لاستراتيجية التصنيع المتكامل على مكانتها في سوق المنافسة، لا سيما لو كان تنفيذ هذه الاستراتيجية مبنياً على استخدام تقنية الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد، بعد اقتراح إضافة بُعداً رابعاً لها يركز على بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات، والذي بدوره يعزز من مكانة المنظمة من خلال الاستدامة في تصميم المنتجات، فضلاً عن الجودة العالية والتكاليف المنخفضة، وهو ما يميز تلك المنظمة ويجعلها تحقق أهدافها، ومن ثم الاستجابة السريعة لمطالبات العملاء ورغباتهم وتحقيق ولائهم بتلك المنتجات.

- تُعد الدراسة الحالية المرحلة الأكثر توسعاً لأبعاد الهندسة المتزامنة، إذ أصبحت أربع أبعاد، وذلك بعد اقتراح البعد الرابع لها والمتمثل في (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات)، إذ يؤدي موضوع الاستدامة دوراً كبيراً في الكثير من التقنيات الإدارية بشكل عام، وتقنية الهندسة المتزامنة بشكل خاص، إذ أن جودة المنتجات وحدها في ظل بيئة تنافسية قوية لا تكفي حاجات ورغبات العملاء ومتطلباتهم المستمرة والمتنوعة.

- هناك الكثير من المنظمات الصناعية التي طبقت تقنية الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد ونجحت بذلك، إلا أنه نجاحاً ليس كما ينبغي للبقاء في سوق المنافسة، أي أنه نجاحاً نسبياً، وهو ما جعل الدراسة الحالية تبحث عن نجاحاً أكثر ضماناً للاستمرار في بيئة السوق التنافسية، وعليه فقد حققت المنظمة من جراء تطبيقها الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد، فالبعد الرابع متمثل في (بُعد الاستدامة في تصميم المنتجات) يحقق بشكل كبير مزايا تنافسية

إضافية، فالبيئة النظيفة لا يمكن أن تتحقق دون إنتاج منتجات صديقة للبيئة، فضلاً عن مساهمة هذا البعد في المحافظة على الموارد الطبيعية المحدودة، وإمكانية الاستفادة من المنتجات القديمة بتحويلها إلى منتجات جديدة صالحة للاستعمال وهو ما يسمى بإعادة التدوير.

- لم تستفيد المنظمة محل الدراسة من مخلفات المواد البلاستيكية المتوفرة في مسبك الرصاص، إذ لم تقم شعبة البحث والتطوير بإجراء دراسات علمية مناسبة للاستفادة من مخلفات تلك المواد عن طريق إعادة تدويرها، على الرغم من توفر كميات كبيرة من تلك المخلفات، فضلاً عن قلة حصول المنظمة محل الدراسة على البطاريات التالفة والمستهلكة لأجل إعادة تدويرها.

- لا توجد وحدات لمعالجة التلوث الناتج عن الغازات المنبعثة من المنظمة محل الدراسة، فضلاً عن انخفاض مستوى كفاءة وحدات معالجة المياه الخارجة من المنظمة محل الدراسة.

- أثبت تطبيق النموذج المقترح الحالي تحقيق مجموعة كبيرة من المزايا التنافسية للمنظمة محل الدراسة، إذ تمثلت تلك المزايا التنافسية بمجموعة التحسينات التي أضافها تطبيق النموذج المقترح الحالي لاستراتيجية التصنيع المتكامل، والذي بدوره انعكس بالإيجاب على تحقيق مجموعة كبيرة من المزايا التنافسية تمثلت بتخفيض تكاليف التصنيع، وتخفيض وقت وصول المنتجات إلى السوق، وزيادة ولاء العملاء لمنتجات المصنع نتيجة للجودة العالية التي تمتعت بها المنتجات الجديدة، والمحافظة على البيئة المحيطة من التلوث من خلال تصنيع منتجات صديقة للبيئة، فضلاً عن المحافظة على الموارد الطبيعية المحدودة.

ثانياً: التوصيات

- زيادة الجهود البحثية المبذولة في موضوع الاستدامة، لا سيما التركيز على تقنية الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد أثناء تناول ذلك الموضوع.

- تشجيع المنظمات الصناعية على تطبيق الهندسة المتزامنة رباعية الأبعاد واستراتيجية التصنيع المتكامل.

- تطوير المنتجات الحالية في المنظمة محل الدراسة وفق متطلبات الأسواق المحلية ومواكبة التطور الصناعي العالمي.

- تقديم الدعم الكافي لشعبة البحث والتطوير في المنظمة محل الدراسة، من خلال رصد مبالغ مالية لأنشطة البحث والتطوير، وتجهيزها بمعامل متطورة لإجراء البحوث والفحوصات الخاصة بعملها، فضلاً عن إشراك أعضاء تلك الشعبة بدورات تدريبية وتطويرية لمواكبة التطور في مجال البحث والتطوير للمنتجات.
- الاستفادة من مخلفات المواد البلاستيكية المتوفرة في المنظمة محل البحث، فضلاً عن تقديم الدعم للمواطنين ومؤسسات الدولة لغرض حصول المنظمة محل الدراسة على البطاريات التالفة والمستهلكة لأجل إعادة تدويرها.
- وضع استراتيجية التصنيع المتكامل موثقة بأسلوب علمي ناجح من قبل المنظمة محل الدراسة.

المراجع والمصادر

أولاً: المراجع العربية

- أحمد، عمرو وأحمد نور الدين (٢٠٢٠)، "أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على التصنيع المستدام"، جامعة بورسعيد، مجلة البحوث المالية والتجارية – المجلد (٢١) - العدد الرابع- أكتوبر (٢٠٢٠).
- البرزنجي، حيدر شاكر نوري، (٢٠٠٧)، "تأثير الهندسة المتزامنة في تطوير المنتج، دراسة استطلاعية لآراء المديرين في شركة ديالو العامة للصناعات الكهربائية"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية الإدارة والاقتصاد قسم الإدارة الصناعية.
- حمو خليل، محمد عبد الرازق (٢٠١٨)، "نظم المعلومات الإدارية ودورها في دعم إستراتيجيات استدامة الشركات الصغيرة والمتوسطة" دراسة استطلاعية في عينة من تعبئة المياه المعدنية في إقليم كردستان العراق، مجلة تنمية الرافدين العدد (١١٩)، المجلد (٣٧)، ص (٩-١٣٢).
- خضير، زينة حمزة، (٢٠١٨)، "استعمال الإدارة الاستراتيجية للتكلفة والهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد في ترشيد التكاليف، بحث تطبيقي"، أطروحة دكتوراة، جامعة بغداد، المعهد العالي للدراسات المحاسبية والمالية، قسم الدراسات المحاسبية.

- جهاز شئون البيئة، (٢٠١٧)، وزارة البيئة، تقرير عن الآثار الضارة للنشاط الصناعي في مصر على البيئة.

- عبد الكريم، عزة فاروق الراوي، (٢٠١٣)، " نحو دمج تكاملي بين إدارة التكاليف الاستراتيجية والهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد لتحقيق ميزة تنافسية لمنظمات الأعمال المعاصرة، دراسة ميدانية"، رسالة ماجستير، أكاديمية السادات للعلوم الإدارية، كلية العلوم الإدارية، قسم المحاسبة.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Albizzati, Fabio M., (2012), "Establishing 3D-CE Approach in Product Development Practices", PHD Thesis in Management, Economics and Industrial Engineering, University of Politico Milano, Italia.
- Belay, A. M., Helo, Petri, Takala, Josu, & Kasie, Fentahun Moges, (2011), "Effects of Quality Management Practices and Concurrent Engineering in Business Performance", International Journal of Business and Management, Vol. (6), No. (3) pp. (45-62), (www.ivsl.org).
- Bogus, Susan M., Molenaar, Keith R., & Diekmann, James E., (2005), "Concurrent Engineering Approach to Reducing Design Delivery Time", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. (131), No. (11), pp. (1179-1180).
- Bonney, M., Ratchev, S., & Moualek, I., (2003), "The Changing Relationship Between Production and Inventory Examined in a Concurrent Engineering Context", International Journal of Production Economics, Vol. (81), No. (82), pp. (243-254).
- Branoff, Theodore J., (2005), "Integrating Linear Design and Concurrent Engineering Design into Engineering Design Graphics Courses Through an Individual Furniture Design Project and a LEGO® Group Project", ASEE Southeast Section Conference, Citeseer, (www.ivsl.org).
- C.A.s. Dominic., & Carl Olsmats (2019), "Four-dimensional concurrent engineering -an extended theoretical framework integrating packaging" <https://www.researchgate.net/publication/334520162>

- 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. (4), Issue (5), pp. (2766–2770).
- Dyllick, T., & Rost, Z., (2017), “Towards true product sustainability”, Journal of Cleaner Production, Vol. (162), pp. (1-33).
- Fine, Charles H., Golany, B., & Hussein, N., (2005), “Modeling Tradeoffs in Three - Dimensional Concurrent Engineering: A Goal Programming Approach”, Journal of Operations Management, Vol. (23), No. (4), pp. (389-403).
- Fine, Charles H., Golany, B., & Hussein, N., (2005), “Modeling Tradeoffs in Three - Dimensional Concurrent Engineering: A Goal Programming Approach”, Journal of Operations Management, Vol. (23), No. (4), pp. (389-403).
- Gunasekaran A., (1998), “Agile Manufacturing: Enablers and an Implementation Framework”, Int. J. Prod. Res, Vol. (36), No. (5), pp. (1223-1247).
- Holmberg, Gunnar, (2002), “A Modular Approach to the Aircraft Product Development Capability”, ICAS Congress, Saab AB, Future Products, International Council of the Aeronautical Sciences Publisher.
- Horngren, Charles T., Datar, Srikant M. & Rajan, Madhav V., (2012), “Cost Accounting – a Managerial Emphasis”, 14th ed., Pearson Education Limited, England.
- Hoyle, David, (2005), “ISO 9000: 2000 An A–Z Guide”, Edition 2, Butterworth-Heinemann, Printed and bound in Great Britain.
- Ishioka, Masaru, & Kazuhiko Yasuda, (2009), “Product Development Concept with Product Sustainability”, Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Proceedings (PICMET), pp. (1699–1706), <https://doi.org/10.1109/PICMET.2009.5261968>.
- J. M. Álvarez¹ & E. Roibas-Millan¹,(2021), “Agile methodologies applied to Integrated Concurrent Engineering for spacecraft design” <https://doi.org/10.1007/s00163-021-00371-y>

- Johansson, Eva, (2010), “Information Management for Materials Supply Systems Design”, International Journal of Production Res., Vol. (47), No. (8), pp. (2217-2229).
- Johansson, Eva, (2010), “Information Management for Materials Supply Systems Design”, International Journal of Production Res., Vol. (47), No. (8), pp. (2217-2229).
- Kim, S., Moon, S. K., Oh, H. S., Park, T., Choi, H., & Son, H., (2014), “A Framework to Identify Sustainability Indicators for Product Design”, in Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), IEEE International Conference on, pp. (44-48).
- Marchetta, Martin G., Mayer, Frederique, & Forradellas, Raymundo Q., (2011), “A Reference Framework Following a Proactive Approach for Product Lifecycle Management”, Computers in Industry Journal, Elsevier, Vol. (62), No. (7) pp. (672-683), (www.ivsl.org).
- Marchetta, Martin G., Mayer, Frederique, & Forradellas, Raymundo Q., (2011), “A Reference Framework Following a Proactive Approach for Product Lifecycle Management”, Computers in Industry Journal, Elsevier, Vol. (62), No. (7) pp. (672-683), (www.ivsl.org).
- Mostafaeipour, A., Fallhnezhad, M., S., (2010), “Implementation of Agile Manufacturing into Value Engineering Technique for Industries”, IDMMME, No. (2), pp. (1-8).
- Nahmias, S., & Olsen, T. L., (2015), “Production and Operations Analysis”, 16 Ed., Waveland Press, (www.waveland.com).
- Pal, Rudrajeet, & Torstensson, Hakan, (2011), “Aligning Critical Success Factors to Organizational Design - A Study of Swedish Textile and Clothing Firms”, Emerald Group Publishing Limited, Vol. (17), No. (3), pp. (403-436).
- Pesonen, Pekka, (2003), “Networking in The Telecom Industry”, 16th, Nokia Mobile Phones, Operations, Logistics and Sourcing, Link to Life Goes.

- Prof. Assist. Dr. Alaa Jasim Salman: Using Concurrent Engineering Technique to Develop the Product and Reduce Its Costs-- Palarch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology 17(6), 1-14. ISSN 1567-214x.
- Ramana, V. Venkata, (2012), "Concurrent Engineering: Impact on New Product Design and Development in Indian Two Wheeler Auto Industry", International Journal of Modern Engineering Research, Vol. (2), Issue. (4), pp. (2699-2701).
- Siva, V., (2016), "Quality Management for Sustainable Product Development: Adaptations of Practices and Tools", Chalmers University of Technology.
- Siva, Vanajah, Gremyra, Ida, Bergquistb, Bjarne, Garvareb, Rickard, Zobelb, Thomas, & Isakssonc, Raine, (2016), "The support of Quality Management to sustainable development: A literature review", Journal of Cleaner Production, JCLP 6608.
- Tayal , S. P., (2012), "Concurrent Engineering" , Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering, YMCA University of Science & Technology, Faridabad, Haryana, (19-20/ October/ 2012), pp. (676-680).
- Tayal, S. P., (2012), "Concurrent Engineering", Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering, YMCA University of Science & Technology, Faridabad, Haryana, (19-20/ October/ 2012), pp. (676-680).
- Wognum, N., Verhagen, W. J., & Stjepandic, J., (2015), "Concurrent Engineering in the 21st Century: Foundations, Developments and Challenges", Springer.