NTU Journal for Administrative and Human Sciences (2023) 3 (1) : 1- 21
DOI: https://doi.org/10.56286/ntujahs.v3i1

IRAQI Academic Scientific Journals

JAHS NTU

P-ISSN: 2789-1240 E-ISSN:2789-1259

NTU Journal for Administrative and Human Sciences

Available online at: https://journals.ntu.edu.iq/index.php/NTU-JMS/index

The role of Six Sigma in Promoting the Application of Additive Manufacturing Technology
An exploratory study of the opinions of workers in Al-Kindy factory, one of the formations of the General Company for Communication Equipment and Power

1st, Majed M. Saleh, 1, 2nd Nashwan M. Abdulaali [2]
1. Northern Technical University, Administrative Technical College
2. Northern Technical University, Nineveh Technical Institute

Article Informations

Received: 12-06- 2022,
Accepted : 28-06-2022,
Published online : 02-01-2023

Corresponding author:
Name: Nashwan M. Abdulaali
Affiliation : Northern Technical University, Nineveh Technical Institute
Email: hwanmaa@ntu.edu.iq

Key Words:
Six Sigma
additive manufacturing

A B S T R A C T

The current study seek to determine the role of Six Sigma methodology in promoting the implementation of additive manufacturing technology (an exploratory study in the Canadian factory, one of the formations of the General Company for Communications and Power), and based on a basic problem that (Does Six Sigma contribute to enhancing the implementation of additive manufacturing technology?) with the aim of forming a modern industrial environment that is able to produce products that meet the needs of the market in terms of their quality and cost, as well as their suitability to the customer's requirements that change continuously. Then the data was analyzed and the hypotheses of the study were tested using the statistical software package (SPSS V26), and thus the study reached a set of conclusions, the most important of which is that the additive manufacturing technology is the future technology through which resources can be invested and the environment is preserved from pollution, and the Six Sigma methodology has a positive impact on The performance of organizations by adopting it as a main base in formulating effective strategies for the organization, as well as securing sources of obtaining funding Ward available at the lowest possible cost and highest quality target.

©2023 NTU JOURNAL FOR ADMINISTRATIVE AND HUMAN SCIENCES, NORTHERN TECHNICAL UNIVERSITY. THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

دور ستة سيجما في تعزيز تطبيق تقنية التصنيع المضاف
دراسة استطلاعية لآراء عينة من العاملين في مصنع الكندي احد تشكيلات الشركة العامة لمعدات الاتصالات والقدرة

أ.م.د ماجد محمد صالح
الجامعة التقنية الشمالية
الكلية التقنية الادارية

نشوان محمد عبدالعالي العبيدي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني نينوى

المستخلص: سعت الدراسة الحالية الى تحديد دور منهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق تقنية التصنيع المضاف (دراسة استطلاعية في مصنع الكندي احد تشكيلات الشركة العامة للاتصالات والقدرة) ، وإنطلاقاً من مشكلة اساسية مفادها (هل تسهم منهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق تقنية التصنيع المضاف؟) بهدف تكوين بيئة صناعية حديثة تتمكن من انتاج منتجات تلبي احتياجات السوق من ناحية جودتها وكلفتها فضلا عن ملائمتها لمتطلبات الزبون التي تتغير بشكل مستمر، حيث تمت الدراسة وفق المنهج الوصفي التحليلي بهدف تحليل نتائج الدراسة، فضلاً عن الاستعانة باستمارة الاستبانة باعتبارها الاداة الاساسية لجمع البيانات في الجانب العملي ومن ثم تم تحليل البياناتواختبار فرضيات الدراسة باستخدام الحزمة البرمجية الاحصائية (SPSS V26) وبالتالي توصلت الدراسة الى مجموعة من الاستنتاجات تمثل اهمها في ان تقنية التصنيع المضاف تعد تكنولوجيا المستقبل التي يمكن من خلالها استثمار الموارد والحفاظ على البيئة من التلوث، وتوثر منهجية ستة سيجما بشكل ايجابي على اداء المنظمات من خلال اعتمادها كقاعدة رئيسة في صياغة استراتيجيات فعالة للمنظمة فضلا عن تأمين مصادر الحصول على الموارد المتاحة بأقل كلفة ممكنة وأعلى جودة مستهدفة.

الكلمات المفتاحية: ستة سيجما، التصنيع المضاف.

المقدمة: تمثل الدراسة الحالية محاول جادة لبيان دور منهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق تقنية التصنيع المضاف وهي دراسة استطلاعية لمصنع الكندي احد تشكيلات الشركة العامة للاتصالات والقدرة ، ويكتسب الموضوع الحالي اهمية منطقية من خلال ابعاده المؤشرة وماتقدمه من مساهمة علمية في معرفة مدى امكانية تطبيق تقنية التصنيع المضاف بالاعتماد على منهجية ستة سيجما ، حيث شهدت السنوات الاخيرة اهتماماً متزايداً ومتنامياً بموضوع التصنيع المضاف وفوائد تطبيقه في العديد من الصناعات الحيوية ذات القيمة المضافة والتي تتطلب تصميمات معقدة ومخصصة بأحجام منخفضة والتي لا يمكن تلبيتها بالتقنيات والطرق التقليدية، بموجب ماتقدم فإن الدراسة الحالية تتضمن اربعة مباحث إذ تضمن المبحث الاول الجانب النظري للدراسة وتناول المبحث الثاني منهجية الدراسة واشتمل المبحث الثالث على الجانب العملي للدراسة وانتهى المبحث الرابع بالاستنتاجات والتوصيات.

المبحث الاول . منهجية الدراسة

مشكلة الدراسة: تتمثل المشكلة الاساسية للدراسة بضعف توجه الشركات الصناعية العراقية نحو تطبيق تقنيات التصنيع الحديثة التي تضمن انتاج منتجات بجودة وكلفة معقولة تعيد انظار وثقة الزبون العراقي بالمنتج الوطني، فقد كنا نتطلع ومن فترة ليست بالقصيرة الى ابتكار نظام تصنيعي يتيح لنا انتاج النماذج الاولية او المنتجات النهائية وبصورة متخصصة (Customized) لكل زبون على انفراد وحسب المواصفات او المتطلبات التي يرغب بتضمينها في المنتج وبنفس الوقت بكلفة قليلة او معقولة وتسليمها في الوقت المحدد، وهذا هو ما توفره تقنية التصنيع المضاف (AM) (Additive Manufacturing) هذا من جهة ، ومن جهة اخرى فإن منهجية ستة سيجما (Six Sigma) وما توفره من فوائد متحققة للمنظمة من وراء استخدام هذه المنهجية، كونها تعمل على تحديد الانحرافات الحاصلة في العملية والقضاء على التالف وتخفيض التكاليف في وقت واحد، والذي يؤدي بدوره الى زيادة الإنتاج والأرباح والاستخدام الامثل للموارد، وتحسين أداء العملية التصنيعية التي تصب في تحقيق الهدف النهائي وهو تحسين المنتج بجميع نواحيه (الجودة، الكلفة ، سرعة التسليم).

وبما ان منهجية ستة سيجما تساعد المنظمات على تسهيل تطبيق التقنيات الحديثة بمختلف انواعها كتقنية التصنيع المضاف ، فقد تبلورت مشكلة الدراسة الاساسية في السؤال الرئيس التالي:

ما مدى تأثير منهجية ستة سيجما في امكانية تطبيق تقنية التصنيع المضاف في المصنع قيد الدراسة، وينبع من هذا التساؤل الرئيس عدة تساؤلات فرعية يمكن اجمالها بالاتي:

أ. ما نوع علاقة الارتباط بين منهجية ستة سيجما ومراحل عمليات التصنيع المضاف في المصنع قيد الدراسة، هل هي طردية ام عكسية، وهل انها ذات دلالة إحصائية؟

ب. ما نوع علاقة الاثر لمنهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق تقنية التصنيع المضاف في المصنع قيد الدراسة، هل هي طردية ام عكسية، وهل انها ذات دلالة إحصائية؟

اهمية الدراسة: يمكن تلخيص اهمية الدراسة بالاتي:

أ. تستمد هذه الدراسة اهميتها من خلال اهمية المتغيرين اللذين تمت دراستهما هنا ، فضلاً عن كم المزايا والفوائد المتحققة من تطبيقهم معا .

ب. على قدر اطلاع الباحثان تعد الدراسة الحالية من اوائل الدراسات على مستوى الجامعات العراقية التي تطرقت لتطبيق نظام التصنيع المضاف في المصانع العراقية .

ج. نظرا لأهمية الوقت بالنسبة لكل من المنظمة والزبون فان تطبيق نظام التصنيع المضاف (والذي يعمل على تقليص المسافة بين التصميم والإنتاج) فضلا عن تعزيز منهجية ستة سيجما يصب في اتجاه تقليل الاوقات من مرحلة التصميم وحتى توصيل المنتج الى المستهلك الاخير.

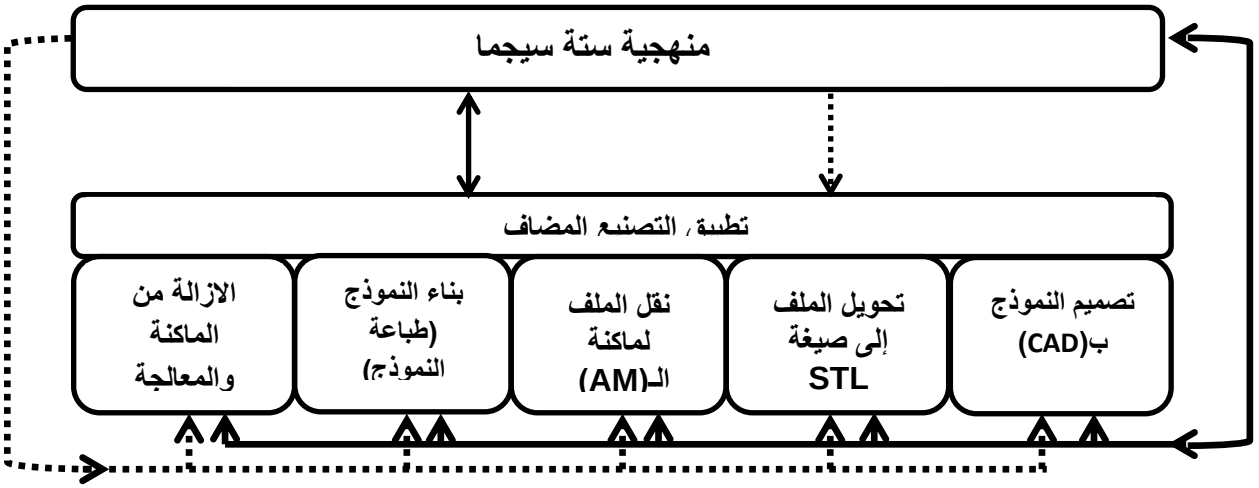
اهداف الدراسة: تسعى الدراسة إلى تحقيق هدف اساسي الا وهو توضيح دور منهجية ستة سيجما في تطبيق التصنيع المضاف، وينبثق من هذا الهدف عدة اهداف فرعية يمكن تلخيصها بالنقاط الآتية:

أ. الاسهام في تقديم اطار نظري متكامل عن ابعاد الدراسة الحالية والمتمثلة بمنهجية ستة سيجما والتصنيع المضاف .

ب. التعرف على واقع حال المصنع قيد الدراسة وتشخيص منهجية ستة سيجما التي يمكن استخدامها وتحديد الفوائد المتحققة منها.

ج. التعرف على امكانيات وقدرات المصنع قيد الدراسة المادية والمالية والبشرية في مجالات متغيرات الدراسة واستعدادها للتطبيق الفعلي لتحقيق اهدافها المستقبلية.

مخطط الدراسة الافتراضي: تتطلب المعالجة المنهجية لمشكلة الدراسة تصميم مخطط افتراضي ، وكما موضح بالشكل (1) التالي، والذي يتضمن كلاً من منهجية ستة سيجما باعتبارها متغيراً مستقلاً ومراحل عملية التصنيع المضاف بوصفه متغيراً معتمد..



شكل (1) مخطط الدراسة الافتراضي

فرضيات الدراسة: بهدف تحليل الواقع العملي والوقوف على اهم نتائج الدراسة التي لتحقيقها ، فقد عمد الباحثان الى صياغة جملة من الفرضيات تمثلت بالاتي:

الفرضية الرئيسة الاولى : توجد علاقة ارتباط ذات دلالة معنوية بين منهجية ستة سيجما وتطبيق عمليات التصنيع المضاف (منفردة ومجتمعة) في الشركة المبحوثة.

الفرضية الرئيسة الثانية : يوجد علاقة تأثير ذات دلالة معنوية لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عمليات التصنيع المضاف على المستوى الكلي والجزئي في الشركة المبحوثة.

اساليب جمع البيانات والمعلومات:

الجانب النظري: سيعتمد الباحثان في تغطية الجانب النظري من الإفادة مما متوافر من المصادر العربية والأجنبية التي تناولت موضوع الدراسة من كتب ودوريات وبحوث ودراسات ورسائل وأطاريح جامعية فضلا عن شبكة المعلومات الدولية (الانترنيت).

الجانب العملي : سيتم تصميم استمارة استبانة سوف تحوي جميع متغيرات ابعاد الدراسة بالإضافة الى المقابلات والملاحظات والزيارات الميدانية المستمرة من اجل التوصل الى نتائج تعكس طبيعة الدراسة وتعالج مشكلتها الاساسية، حيث اعتمدنا مصادر (Tabassum *et al.,* 2016)، (López *et al.,* 2019)، (Kumar, 2021) لفقرات منهجية ستة سيجما ومصادر (Gibson *et al,* 2015, 45)، (Yang *et al*, 2017, 33)، (Noorani, 2018, 40) لتصنيع المضاف.

منهج الدراسة: تم في هذه الدراسة الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي حيث تم استخدام الاسلوب الوصفي بالجانب النظري والاسلوب التحليلي في الجانب العملي للدراسة لغرض اختبار فرضيات الدراسة وذلك عن طريقة تحليل العلاقات بين المتغيرات الرئيسة والفرعية من خلال جمع البيانات ذات العراقة بالمنظمة المبحوثة ، وتالياً عرضاً للإجراءات المعتمدة:

أ. **تصميم استمارة الاستبيان ووصف مكوناتها:** اعتمد الباحثان في تحديد فقرات استمارة الاستبيان على ماتم عرضه في الاطار النظري والادبيات الخاصة منهجية ستة سيجما والتصنيع المضاف مع ملاحظات المختصين في المجال، وقد تم استخدام مقياس (ليكرت الخماسي) لقياس متغيرات البحث والمرتبة على وفق الفقرات (اتفق بشدة، اتفق، محايد،لا اتفق، لا اتفق بشدة) طبقا للاوزان (5، 4، 3، 2، 1) على التوالي ، فيما اشتملت استمارة الاستبيان على ثلاث محاور رئيسة هي :

المحور الاول: وتضمنت معلومات مفصلة عن الافراد المبحوثين.

المحور الثاني: إذ تضمن هذا المحور الفقرات الخاصة بمنهجية ستة سيجما.

المحور الثالث: وتضمن هذا المحور الاسئلة الخاصة بمتغير تقنية التصنيع المضاف.

ب. **اختبارات استمارة الاستبيان:** إذ تم اخضاع استمارة الاستبيان لعدد من الاختبارات قبل توزيعها على المبحوثين ، وكما يأتي:

- **اختبار الصدق الظاهري:** لغرض التأكد من قدرة استمارة الاستبيان على قياس متغيرات الدراسة فقد تم اختبار الصدق الظاهري لفقرات الاستمارة بعد اعدادها من خلال عرضها على مجموعة من الاساتذة ذات الاختصاص للتأكد من صحة فقراتها ومدى ملائمتها لمتغيرات الدراسة وبما يؤمن صدق ووضوح ودقة هذه الفقرات إذ تم الاخذ بآراء ومقترحات الخبراء من حيث التعديل على بعض الفقرات .
- قياس الشمولية: اختبر الباحثان قياس الشمولية في ضوء عدد من الاسئلة الموجهة الى المحكمين عن شمولية الاستمارة وبذلك اضيف عدد من الفقرات وتم تعديل فقرات اخرى بطريقة اكثر ملائمة.

ج. **ادوات التحليل الاحصائي:** إذ تم استخدام البرنامج الاحصائي (SPSS) لإجراء التحليلات الاتية:

- معامل الارتباط الاحادي والمتعدد ويستخدم لتحديد قوة وطبيعة العلاقة بين متغير مستقل ومجموعة من المتغيرات المعتمدة.
- تحليل الانحدار الاحادي والمتعدد.
- اختبار (t) للتحقق من معنوية العلاقة بين متغيرات الدراسة واختبار فرضياتها.
- اختبار (F) للتحقق من معنوية التأثير بين متغيرات الدراسة.

وصف مجتمع وعينة الدراسة:

وصف المصنع قيد الدراسة*: يعد مصنع الكندي (شركة الكندي العامة سابقاً) إحدى تشكيلات وزارة الصناعة والمعادن والتي تم دمجها مع شركات صلاح الدين والحضر لتصبح بمجموعها مكونة الشركة العامة لمعدات الاتصالات والقدرة، تأسس مصنع الكندي سنة 1987 في مدينة الموصل للعمل في مجالي البحث والتطوير وتنفيذ المشاريع المختلفة لكافة الاختصاصات العلمية والالكترونية والاتصالات والميكانيك والسيطرة والبرمجيات والكيمياويات بالإضافة إلى قدرتها على تصميم وتصنيع منظومات المراقبة والإنذار والكشف والإنقاذ والإطفاء والتحكم بالدخول والخروج ومنظومات الطاقة الشمسية، ويضم المصنع حاليا معامل أنتاج منظومات تحسين معامل القدرة / منظومات المراقبة الفديوية / مضخات وغطاسات تعمل بالطاقة الشمسية / ومعمل تصنيع الكرفانات، ويتم العمل حاليا على نماذج الكاميرات التي تم تصميمها وتصنيعها باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد بالاستعانة ببرمجيات تخصصية في مختبر الكاميرات التابع للمصنع ، حيث يتم تصنيع هذه النماذج والتي أجريت عليها جميع فحوصات الاداء والتي أثبتت نجاحها بشكل كبير ، علما ان القيمة المضافة بالنسبة لهذه الانواع تصل الى اكثر من 50% ، حيث تم تصميم وتصنيع جميع اجزاء الهيكل وتجميع المكونات واجراء فحوصات تقييم الاداء.

وصف الافراد المبحوثين: تم اختيار عينة عشوائية من العاملين في المصنع قيد الدراسة وقد تم توزيع استمارة الاستبيان عليهم حيث بلغ عددهم (40) استمارة ، ويوضح الجدول (1) وصفا لخصائص عينة الدراسة ، ففيما يخص الجنس فقد تبين ان اعلى نسبة هي الذكور حيث بلغت نسبة الذكور (80%) ، أما العُمر فقد اتضح أن أعلى نسبة قد جاءت متساوية للفئتين (41–50 سنة) و(51 سنة فأكثر) أي ما نسبة (45%) وهذا يبين أن أفراد العينة هم على درجة عالية من الإدراك والاتزان بما يخدم الجانب العملي للبحث ، أما عن التحصيل الدراسي فقد اتضح أن أعلى نسبة هي لحملة شهادة البكالوريوس إذ بلغت نسبتهم (70%) وهذا يدل على مستوى علمي جيد ، أما عن عدد سنوات الخدمة تبين أن الفئة التي لديها خدمة اكثر من (20 سنة) ومثلت ما نسبته (55%) مما يدل على مستوى جيد من الخبرة لدى هؤلاء الافراد .

* الموقع الرسمي للشركة العامة لمعدات الاتصالات والقدرة على الانترنيت

الجدول (1) خصائص الافراد المبحوثين في مصنع الكندي

الجنس							
الذكور				الذكور			
العدد		النسبة		العدد		النسبة	
32		%80		8		%20	
العُمر							
51 سنة فأكثر		50-41 سنة		40-31 سنة		30-20 سنة	
العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة
18	%45	18	%45	2	%5	2	%5
التحصيل الدراسي							
ماجستير		بكالوريوس		دبلوم تقني		اعدادية فما دون	
العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة
4	%10	28	%70	6	%15	2	%5
عدد سنوات الخدمة							
اكثر من 20 سنة		20-16 سنة		15-11 سنة		اقل من 10 سنوات	
العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة	العدد	النسبة
22	%55	10	%25	5	%12.5	3	%7.5

الجدول من اعداد الباحثان.

المبحث الثاني/ الجانب النظري

المحور الاول/ منهجية ستة سيجما: Six Sigma

مفهوم ستة سيجما: يمكن إرجاع جذور منهجية ستة سيجما (Six Sigma) كمعيار قياس إلى العالم (Carl Friedrich Gauss 1777-1855) الذي قدم مفهوم المنحنى الطبيعي، بينما يمكن إرجاع ستة سيجما كمعيار قياس في تنوع المنتج إلى عشرينيات القرن الماضي عندما أظهر والتر شيوارت أن ثلاثة سيجما من الوسط هي النقطة التي تتطلب العملية فيها التصحيح. (1)

امّا (2) فيشير الى ان ستة سيجما Six Sigma هي طريقة شاملة يتم تطبيقها لمساعدة المنظمات في تحقيق النجاح المستمر والحفاظ عليه، اذ يشير Sigma إلى عدد حالات عدم الاستقرار التي تحدث في العملية ، وتعادل Six-sigma في الإحصاء 3.4 عيبًا لكل مليون فرصة (Defects Per Million Opportunities) (DPMO) ، وهذا بدوره اي (DPMO) يشير ببساطة إلى عدد الأخطاء التي ستظهر إذا تم تكرار النشاط مليون مرة.

فضلاً عن انه من ناحية الأعمال يرى (3) بأن ستة سيجماSix Sigma هي استراتيجية تحسين الأعمال المستخدمة لتحسين ربحية الأعمال ، والقضاء على الهدر ، وتقليل تكاليف الجودة المنخفضة وتحسين فعالية وكفاءة جميع العمليات في من أجل تلبية أو تجاوز احتياجات الزبائن وتوقعاتهم.

ويضيف (4) أنه تم تقديم منهجية ستة سيجما Six Sigma بشكل أساسي بواسطة شركة (Motorola) في الثمانينيات من القرن الماضي وحاليا تفرعت إلى العديد من قطاعات الصناعة، حيث استهدفت هدفًا صعبًا هو 3.4 جزء في المليون عيب ، هذه القيمة قريبة جدًا من مستوى التصنيع الخالي من العيوب، فمن أجل تحقيق DPMO 3.4 من مستوى الجودة تتقدم Six Sigma عبر العديد من المراحل من خلال اعتماد العديد من الأدوات والتقنيات والمداخل.

1.اهمية منهجية ستة سيجما :اما (5) فيشير الى العديد من المنظمات وفي جميع انحاء العالم تعمل على تبني ستة سيجما Six Sigma وذلك بسبب نهجها الموجه نحو الزبون وهدفها المتمثل في استمرار ونمو المنظمة.

ويؤكد (6) أنّ ستة سيجما Six Sigm ليست مجرد منهجية بل هي أيضًا فلسفة تستخدمها المنظمات لتحقيق فوائد تتمثل في: إجراء تحسينات لتسريع عملية تصنيع الأجزاء، تسليم أسرع للمنتجات إلى الزبون، والمساعدة في توفير المال لقسم الإنتاج، وضمان الاحتفاظ زبون رئيسي، إذ يمكن استخدام ستة سيجما على هذا النحو في مشاريع مختلفة ، واعتمادًا على المدة يمكن استخدامها في المشاريع ذات المدة القصيرة والطويلة، فضلاً عن استخدامه في كل من عمليات الإنتاج والعمليات اللوجستية والادارية ،حيث يستخدم ستة سيجما Six Sigma عددًا كبيرًا من الأدوات والأساليب والتقنيات.

2.فوائد منهجية ستة سيجما:ويؤكد (7) ان منهجية ستة سيجما Six Sigma تعد من أكفأ تقنيات ادارة الجودة حتى الان عالمياً والتي تم اكتشافها في شركة موتورولا، اذ احدثت العديد من المنظمات ثورة في ثقافة اعمالها بعد تطبيق وتنفيذ ستة سيجما، حيث اظهرت نتائج ايجابية جذرية في تحسين الارباح ومضاعفة الانتاجية فالعديد من المنظمات الرائدة تؤمن اليوم بستة سيجما لدرجة استعدادهم التام لاستثمار مئات الملايين من الدولارات مع توقع تلقي مليارات الدولارات في المقابل اذ تركز ستة سيجما على النتائج المالية التي يمكن تحقيقها من خلال الازالة الافتراضية لعيوب المنتجات العمليات.

فيما يشير (8) الى امكانية تطبيق ستة سيجما Six Sigma للحصول على تحسينات في العديد من الصناعات مثل السيارات ، والتكنولوجيا الحيوية ، والكيماويات ، والدفاع ، والإلكترونيات، والتعليم ، والطاقة ، والخدمات المالية ، والأغذية ، ، والرعاية الصحية ، والمعدات الثقيلة ، والتكنولوجيا ، والضيافة ، والخدمات اللوجستية ، والتصنيع ، والتعدين ، والخدمات المهنية ، والتجزئة ، والاتصالات السلكية واللاسلكية والنقل والسفر للحصول على تحسن كبير.

التصنيع المضاف Additive Manufacturing

1. ماهية التصنيع المضاف:

أ. **المفهوم:** يرى (9) إنّ الطباعة الثُلاثية الأبعاد هي القدرة على إنتاج جسمٍ حسب الطلب بشكلٍ سريع، وبسهولةٍ مساويةٍ لضغطة زر، فالتصنيع المضاف ينشئ أجساماً ماديةً عن طريق ترسيب طبقاتٍ رقيقةٍ من المواد (مثلاً، السبائك الفِلزية، أو أنواعٌ من اللدائن البلاستيكية والبوليمرات) بعضها فوق البعض الآخر بناءً على وصفٍ رقميّ لتصميم المنتَج، ويؤكد (10) ان التصنيع الإضافي (AM) هو عملية إضافة مواد لتصنيع أو إنشاء نموذج، بينما يعتقد آخرون أن (AM) هي تقنية جديدة نسبيًا ، اذ يتخذ التصنيع المضاف نهجًا تحويليًا للتجميع والتصنيع الصناعي، ويستخدم (AM) برنامج التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) لتوجيه الأجهزة الرقمية التي تنتج أشكالًا هندسية مفصلة بدقة، من خلال الإيداع الدقيق لطبقة فوق طبقة من المواد ، حيث تمكن (AM) من إنشاء أجزاء وأنظمة أخف وزنا وأقوى فضلا عن توفير المرونة والكفاءة الرقمية لعمليات التصنيع.

ب. **الاهمية:** يشير (11) الى ان اهمية التصنيع المضاف (AM) تكمن في قدرته على إنشاء وتكوين أي شكل ممكن تقريبًا ، ويتم هذا من خلال القدرة على تصنيع طبقة تلو الأخرى، حيث استخدمت تقنية (AM) بشكل شائع في التصميم أو النماذج الأولية أو الأدوات من خلال آلة حصرية أو طابعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء منتج ثلاثي الأبعاد طبقة تلو الأخرى بالاعتماد على التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)، ويؤكد (12) انه قد تم استخدام تقانة التصنيع المضاف لمساعدة ودعم المهندسين في وضع تصوراتهم حول المنتج، ومن بين التطورات الرئيسة التي قدمتها هذه العملية لتطوير المنتج هي تقليل الوقت والتكلفة ، والتفاعل البشري ، وبالتالي تطوير دورة المنتج ، فضلاً عن إمكانية صنع أي شكل تقريبًا للتحقق من صحة الوظائف والجمالية، قد يكون من الصعب جدًا تصنيع هذه الأشكال مع عمليات أخرى (مثل القولبة او صنع القوالب).

2. فوائد التصنيع المضاف: يؤكد (13) ان من مزايا التصنيع المضاف انه يمكن تخصيص (Customized) الاجزاء والمكونات حسب الرغبة، اذ من الممكن إنتاج اجزاء مواد بسماكات

(thickness) متفاوتة أو هياكل دقيقة جدًا أو أبعاد صغيرة جدًا، فضلاً عن ذلك ، من الممكن تصنيع أشكال هندسية معقدة باستخدام الطباعة المعدنية ثلاثية الأبعاد ، والتي لم تكون ممكنة باستخدام عمليات التصنيع الأخرى، حيث كان من المعتاد أن يكون التصميم لمنتج معين أن يتبع قيود إمكانيات التصنيع وحالياً يتم التخلص من هذا القيد إلى حد كبير من خلال التصنيع المضاف ، وبالتالي فهو ميزة كبيرة ، خاصة في الطباعة المعدنية ثلاثية الأبعاد، بالإضافة إلى ذلك ، عادةً ما يستغرق التصنيع الإضافي لمكون معين بضع ساعات فقط ، بينما تستغرق عمليات التصنيع الأخرى أيامًا أو أسابيع، فضلاً عن تحقيقه للعديد من المزايا المتمثلة بـ (التفرد (Individualization)، حرية أكبر في التصميم (Greater Freedom of Design)، السرعة (Speed)، لا توجد أدوات ولا قوالب مطلوبة (No tools and no molds required)).

3. **معوقات وتحديات التصنيع المضاف:** يشير (14) الى اهم التحديات التي تواجه التصنيع المضاف والتي تتمثل في الاتي:

- تحديات التصميم: اذ يجب تطوير عملية تدريب المهندسين لدمج القدرات التي يوفرها التصنيع الإضافي، وهذا يتطلب أيضًا توحيد قواعد التصميم، حيث لا تسمح أدوات التصميم الحالية بمراعاة إمكانات التصنيع الإضافي ، وبالتالي من الضروري العمل على دمج عملية التحسين في أدوات النمذجة.
- تحديات التصنيع: بالنسبة للتصميم، يحتاج مصممو الماكينات في المستقبل إلى التدريب لتلبية احتياجات الأبعاد المتزايدة وبالتالي زيادة إمكانية تصنيع الأجزاء بواسطة هذه التكنولوجيا الجديدة. فضلاً عن ذلك ، من الضروري استخدام معايير الجودة للمساحيق ، لضمان موثوقية وتكرار الأجزاء المصنعة. يجب أيضًا تطوير مواد جديدة لاستخدامها على وجه التحديد في (AM).

المبحث الثالث/ الجانب الميداني

اختبار أنموذج الدراسة وفرضياتها:

اختبار علاقة الارتباط بين منهجية ستة سيجما وتعزيز تطبيق تقنية التصنيع المضاف:

أ. **العلاقة بين منهجية ستة سيجما وتعزيز تطبيق تقنية التصنيع المضاف:** يشير الجدول (2) إلى قيم علاقات الارتباط بين منهجية ستة سيجما والتصنيع المضاف ، حيث يشير المؤشر الكلي بين هذين المتغيرين إلى وجود علاقة ارتباط معنوية حيث بلغ قيمة الارتباط (0.785) وهي علاقة ارتباط معنوية موجبة عند مستوى معنوية (0.05) والتي تشير الى انه كلما زاد الاهتمام بمنهجية ستة سيجما ادّى ذلك الى التطبيق السليم للتصنيع المضاف وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Javed, 2020, 4) الذي يؤكد ان منهجية ستة سيجما تعزز قدرة المنظمة وافرادها في ايجاد الحلول ، حيث يجعل الموارد البشرية أكثر كفاءة وفعالية من حيث الوقت، فضلاً عن تقليله للأسباب الجذرية للأعطال في سلسلة التوريد للمنظمة، وبالتالي فإنه يوفر توجهاً استراتيجياً لاحتياجات حل المشكلات للمنظمة، وعلى هذا الأساس يتم قبول الفرضية الرئيسة الأولى والتي تنص على وجود علاقة ارتباط معنوية بين منهجية ستة سيجما والتصنيع المضاف ، وأدناه بيان لعلاقات الارتباط بين منهجية ستة سيجما وتطبيق عمليات التصنيع المضاف وكما يأتي:

1. **العلاقة بين منهجية ستة سيجما وعملية تصميم النموذج بواسطة CAD :** إذ تشير معطيات الجدول (2) إلى أن هناك علاقة ارتباط معنوية بين منهجية ستة سيجما وعملية تصميم النموذج بواسطة CAD وهي العملية الاولى من عمليات التصنيع المضاف، حيث بلغت قيمة الارتباط بينهما (0.655) عند مستوى معنوية (0.05) وهي علاقة ارتباط معنوية موجبة ، ويدل هذا على الدور الذي تلعبه منهجية ستة سيجما في توفيرها للمتطلبات الضرورية لهذه العملية ، وبهذا يتم قبول الفرضية الفرعية الأولى من الفرضية الرئيسة الاولى.

2. **العلاقة بين منهجية ستة سيجما وعملية تحويل الملف إلى صيغة STL:** إذ تشير معطيات الجدول (2) إلى أن هناك علاقة ارتباط معنوية بين منهجية ستة سيجما وعملية تحويل الملف إلى صيغة STL وهي العملية الثانية من عمليات التصنيع المضاف، حيث بلغت قيمة الارتباط بينهما (0.543) عند مستوى معنوية (0.05) وهي علاقة ارتباط معنوية موجبة ، ويدل هذا على الدور الذي تلعبه منهجية ستة سيجما في توفيرها للمتطلبات الضرورية لهذه العملية ، وبهذا يتم قبول الفرضية الفرعية الثانية من الفرضية الرئيسة الاولى.

3. **العلاقة بين منهجية ستة سيجما وعملية نقل الملف لماكنة الـ(AM) وإعدادها:** إذ تشير معطيات الجدول (2) إلى أن هناك علاقة ارتباط معنوية بين منهجية ستة سيجما وعملية نقل الملف لماكنة الـ(AM) وإعدادها للعمل وهي العملية الثالثة من عمليات التصنيع المضاف، حيث بلغت قيمة الارتباط بينهما (0.663) عند مستوى معنوية (0.05) وهي علاقة ارتباط معنوية موجبة ، ويدل هذا على الدور الذي تلعبه منهجية ستة سيجما في توفيرها للمتطلبات الضرورية لهذه العملية ، وبهذا يتم قبول الفرضية الفرعية الثالثة من الفرضية الرئيسة الاولى.

4. **العلاقة بين منهجية ستة سيجما وعملية بناء النموذج (الطباعة):** إذ تشير معطيات الجدول (2) إلى أن هناك علاقة ارتباط معنوية بين منهجية ستة سيجما وعملية بناء النموذج وهي العملية الرابعة من عمليات التصنيع المضاف، حيث بلغت قيمة الارتباط بينهما (0.558) عند مستوى معنوية (0.05) وهي علاقة ارتباط معنوية موجبة ، ويدل هذا على الدور الذي تلعبه منهجية ستة سيجما في توفيرها للمتطلبات الضرورية لهذه العملية ، وبهذا يتم قبول الفرضية الفرعية الرابعة من الفرضية الرئيسة الاولى.

5. **العلاقة بين منهجية ستة سيجما وعملية الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة:** إذ تشير معطيات الجدول (2) إلى أن هناك علاقة ارتباط معنوية بين منهجية ستة سيجما وعملية **الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة** وهي العملية الاخيرة من عمليات التصنيع المضاف، حيث بلغت قيمة الارتباط بينهما (0.520) عند مستوى معنوية (0.05) وهي علاقة ارتباط معنوية موجبة ، ويدل هذا على الدور الذي تلعبه منهجية ستة سيجما في توفيرها للمتطلبات الضرورية لهذه العملية ، وبهذا يتم قبول الفرضية الفرعية الخامسة من الفرضية الرئيسة الاولى.

جدول (2) علاقات الارتباط بين منهجية ستة سيجما وتطبيق عمليات التصنيع المضاف

المتغيرات المعتمدة / المتغير المستقل	تعزيز تطبيق عمليات التصنيع المضاف					الموشر الكلي
	تصميم النموذج ب(CAD)	تحويل الملف إلى صيغة STL	نقل الملف لماكنة الـ(AM) وإعدادها	بناء النموذج (طباعة النموذج)	الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة	
منهجية ستة سيجما	0.655*	0.543*	0.663*	0.558*	0.520*	0.785

الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج الحاسوب

P≤0.05 ,N=40

اختبار علاقة الاثر لمنهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق التصنيع المضاف:

أ. **تأثير منهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق التصنيع المضاف:** تشير نتائج تحليل الانحدار في الجدول (3) إلى وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق التصنيع المضاف حيث بلغت قيمة (F) المحسوبة (10.55) وهي اكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (4.09) عند مستوى معنوية (0.05) وبلغ معامل التحديد (R^2) (0.772) والذي يدل على إن (77%) من الاختلافات المفسرة في تطبيق نظام التصنيع المضاف (AM) يعود تأثيرها الى منهجية ستة سيجما ، ومن خلال متابعة قيمة (t) المحسوبة والبالغة (5.47) وهي اكبر من قيمتها الجدولية البالغة (1.68) عند درجتي حرية (1 ,38) ومستوى معنوية (0.05) ، وعلى هذا الأساس فانه يتم قبول الفرضية الرئيسة الثانية والتي تنص على وجود تأثيرات ذات دلالة معنوية لمنهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق التصنيع المضاف.

جدول (3) علاقات الاثر لمنهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق التصنيع المضاف في المصنع المبحوث

المتغير المعتمد / المتغير المستقل	تعزيز تطبيق التصنيع المضاف					
	t		B		R^2	F
	محسوبة	جدولية	β0	β1		محسوبة	جدولية
منهجية ستة سيجما	5.47	1.68	1.23	0.42	0.772	10.55	4.09

(*) الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج الحاسوب $P\leq0.05$,N=40

1. **تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تصميم النموذج بواسطة (CAD):** تشير نتائج تحليل الانحدار في الجدول (4) إلى وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تصميم النموذج بواسطة (CAD) حيث بلغت قيمة (F) المحسوبة (4.62) وهي اكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (4.09) عند مستوى معنوية (0.05) وبلغ معامل التحديد (R^2) (0.563) والذي يدل على إن (56%) من الاختلافات المفسرة في تطبيق عملية تصميم النموذج بواسطة (CAD) يعود تأثيرها الى منهجية ستة سيجما ، ومن خلال متابعة قيمة (t) المحسوبة والبالغة (5.21) وهي اعلى من قيمتها الجدولية البالغة (1.68) عند درجتي حرية (1 ,38) ومستوى معنوية (0.05) ، وعلى هذا الأساس فانه يتم قبول الفرضية الفرعية الأولى والتي تنص على وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تصميم النموذج بواسطة (CAD).

جدول (4) نتائج تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تصميم النموذج بواسطة (CAD)

المتغير المعتمد / المتغير المستقل	عملية تصميم النموذج بواسطة (CAD)						
	t		B		R^2	F	
	محسوبة	جدولية	β0	β1		محسوبة	جدولية
منهجية ستة سيجما	5.21	1.68	1.01	0.51	0. 563	4.62	4.09

(*) الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج الحاسوب N=40, P≤0.05

2. تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تحويل الملف الى صيغة (STL): تشير نتائج تحليل الانحدار في الجدول (5) إلى وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تحويل الملف الى صيغة (STL) حيث بلغت قيمة (F) المحسوبة (8.43) وهي اكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (4.09) عند مستوى معنوية (0.05) وبلغ معامل التحديد (R^2) (0.635) والذي يدل على إن (63%) من الاختلافات المفسرة في تطبيق عملية تحويل الملف الى صيغة (STL) يعود تأثيرها الى منهجية ستة سيجما ، ومن خلال متابعة قيمة (t) المحسوبة والبالغة (4.66) وهي اعلى من قيمتها الجدولية البالغة (1.68) عند درجتي حرية (1 ,38) ومستوى معنوية (0.05) ، وعلى هذا الأساس فانه يتم قبول الفرضية الفرعية الثانية والتي تنص على وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تحويل الملف الى صيغة (STL).

جدول (5) نتائج تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية تحويل الملف الى صيغة (STL)

المتغير المعتمد / المتغير المستقل	عملية تحويل الملف الى صيغة (STL)						
	t		B		R^2	F	
	محسوبة	جدولية	β0	β1		محسوبة	جدولية
منهجية ستة سيجما	4.66	1.68	1.32	0.35	0. 635	8.43	4.09

(*) الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج الحاسوب N=40, P≤0.05

3. تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية نقل الملف لماكنة (AM) وإعدادها: تشير نتائج تحليل الانحدار في الجدول (6) إلى وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية نقل الملف لماكنة (AM) وإعدادها حيث بلغت قيمة (F) المحسوبة (7.13) وهي اكبر من قيمتها

الجدولية والبالغة (4.09) عند مستوى معنوية (0.05) وبلغ معامل التحديد (R^2) (0.709) والذي يدل على إن (70%) من الاختلافات المفسرة في تطبيق عملية نقل الملف لماكنة (AM) وإعدادها يعود تأثيرها الى منهجية ستة سيجما ، ومن خلال متابعة قيمة (t) المحسوبة والبالغة (5.98) وهي اعلى من قيمتها الجدولية البالغة (1.68) عند درجتي حرية (1 ,38) ومستوى معنوية (0.05) ، وعلى هذا الأساس فانه يتم قبول الفرضية الفرعية الثالثة والتي تنص على وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية نقل الملف لماكنة (AM) وإعدادها.

جدول (6) نتائج تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية نقل الملف لماكنة (AM) وإعدادها

المتغير المعتمد / المتغير المستقل	عملية نقل الملف لماكنة (AM) وإعدادها						
	t		B		R^2	F	
	محسوبة	جدولية	β0	β1		محسوبة	جدولية
منهجية ستة سيجما	5.98	1.68	0.92	0.49	0. 709	7.13	4.09

(*) الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج الحاسوب P≤0.05 ,N=40

4. تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية بناء النموذج (الطباعة): تشير نتائج تحليل الانحدار في الجدول (7) إلى وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية بناء النموذج (الطباعة) حيث بلغت قيمة (F) المحسوبة (6.71) وهي اكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (4.09) عند مستوى معنوية (0.05) وبلغ معامل التحديد (R^2) (0.697) والذي يدل على إن (69%) من الاختلافات المفسرة في تطبيق عملية بناء النموذج (الطباعة) يعود تأثيرها الى منهجية ستة سيجما ، ومن خلال متابعة قيمة (t) المحسوبة والبالغة (4.28) وهي اعلى من قيمتها الجدولية البالغة (1.68) عند درجتي حرية (1 ,38) ومستوى معنوية (0.05) ، وعلى هذا الأساس فانه يتم قبول الفرضية الفرعية الرابعة والتي تنص على وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية بناء النموذج (الطباعة).

جدول (7) نتائج تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية بناء النموذج (الطباعة)

المتغير المعتمد / المتغير المستقل	عملية بناء النموذج (الطباعة)						
	t		B		R^2	F	
	محسوبة	جدولية	β0	β1		محسوبة	جدولية
منهجية ستة سيجما	4.28	1.68	0.89	0.33	0. 697	6.71	4.09

(*) الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج الحاسوب P≤0.05 ,N=40

5.تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة: تشير نتائج تحليل الانحدار في الجدول (8) إلى وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة حيث بلغت قيمة (F) المحسوبة (5.81) وهي اكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (4.09) عند مستوى معنوية (0.05) وبلغ معامل التحديد (R^2) (0.781) والذي يدل على إن (78%) من الاختلافات المفسرة في تطبيق عملية الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة يعود تأثيرها الى منهجية ستة سيجما ، ومن خلال متابعة قيمة (t) المحسوبة والبالغة (3.98) وهي اعلى من قيمتها الجدولية البالغة (1.68) عند درجتي حرية (1 ,38) ومستوى معنوية (0.05) ، وعلى هذا الأساس فانه يتم قبول الفرضية الفرعية الخامسة والتي تنص على وجود تأثير معنوي لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عملية الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة.

جدول (8) نتائج تأثير منهجية ستة سيجما في تطبيق عملية الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة

المتغير المعتمد / المتغير المستقل	عملية الازالة من الماكنة والمعالجة اللاحقة						
	t		B		R^2	F	
	محسوبة	جدولية	β0	β1		محسوبة	جدولية
منهجية ستة سيجما	3.98	1.68	1.02	0.37	0. 781	5.81	4.09

(*) الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج الحاسوب P≤0.05 ,N=40

المبحث الرابع

الاستنتاجات والمقترحات

اولاً. الاستنتاجات:

1. يتمتع الافراد المبحوثين في شركات عينة الدراسة بمؤهل علمي جيد وهذا انعكس بشكل ايجابي على فهم استمارة الاستبانة والتعامل معها واجابتها بشكل صحيح.
2. تحقق وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين منهجية ستة سيجما وعمليات التصنيع المضاف على المستوى الكلي ، فضلاً عن وجود علاقات ارتباط معنوية بين منهجية ستة سيجما وبين كل عملية من عمليات التصنيع المضاف على المستوى الجزئي مما يدل على ازدياد اهتمام ادارات الشركات عينة الدراسة بهذه المنهجية مما يسهم في تطبيق عمليات التصنيع المضاف في الشركة المبحوثة.
3. أظهرت نتائج الدراسة وجود تأثير بدلالة معنوية لمنهجية ستة سيجما في تعزيز تطبيق عمليات التصنيع المضاف مجتمعة في شركات عينة الدراسة مما يدل على امكانية تأثير هذه المنهجية بشكل كلي في تعزيز تطبيق عمليات التصنيع المضاف.
4. أظهرت نتائج الدراسة وجود تأثير بدلالة معنوية لمنهجية ستة سيجما في كل عملية من عمليات التصنيع المضاف منفردة مما يدل على وجود تأثير لمنهجية ستة سيجما في تطبيق عمليات التصنيع المضاف.

ثانياً. المقترحات:

1. على الإدارة العليا زيادة وعي افرادها العاملين بخصوص تبنى الأساليب والتقانات الحديثة التي تسهم في تعزيز مكانة المنظمة تنافسياً في السوق.
2. ضرورة الاهتمام بشكل اكبر بمفهوم منهجية ستة سيجما (Six Sigma) والتأكيد على إمكانية تطبيقه في الشركات العراقية بشكل عام، وتعزيزه في شركات عينة الدراسة بشكل خاص لما له أهمية في تحسين جودة العمليات وذلك من خلال الوصول إلى أخطاء صفرية، وتحسين جودة المنتجات الوطنية المصنعة التي تتناسب مع توقعات الزبائن.
3. العمل على نشر النشرات الجدارية والملصقات في موقع العمل الهادفة الى تعريف العاملين في هذه المنظمات بشكل اكبر عن منهجية ستة سيجما والتصنيع المضاف بهدف تكوين خلفية ثقافية لديهم وبما يصب في مصلحة المنظمة.

4. اعتماد منهجية ستة سيجما كقاعدة اساسية في صياغة استراتيجيات فعالة للمنظمة وتوفير العاملين الاكفاء، فضلاً عن تأمين مصادر الحصول على الموارد المتاحة بأقل كلفة ممكنة وأعلى جودة مستهدفة.
5. وجوب الاطلاع على التجارب العالمية لبعض الشركات الرائدة في مجال التصنيع المضاف سواء على مستوى الشرق الاوسط كشركة (Aeon Dental) في الاردن وشركة (3Dinova) وشركة (إيمنسا) وشركة (Precise Group) في الامارات العربية المتحدة، او على المستوى العالمي مثل شركة (ماتسوؤرا) اليابانية وشركة (Stratasys Limited) و(Nexa 3D Inc.) في المملكة المتحدة.

قائمة المصادر:

1. Bhargav. R. (2021). History and Evolution of Six Sigma, simple learn, Article, https://www.simplilearn.com/history-and-evolution-of-six-sigma-article?source=frs_author_page, pp. 5.
2. Banawi. Abdul-Aziz - Alia Besné, David Fonseca and Jose Ferrandiz, (2020). A Three Methods Proactive Improvement Model for Buildings Construction Processes, Journals of Sustainability, Volume 12, Issue 10, doi.org/10.3390/su12104335, pp.3.
3. Ahmad. Md Fauzi - Wong Jing Ping - Nor Aziati Abdul Hamid - Shiau Wei Chan-Josu Takala, (2016). Critical Success Factors of Six Sigma Implementation in Malaysian Manufacturing Industry, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia, March 8-10, 2016, pp.2.
4. Soni, S., Mohan, R. - Bajpai, L., Katare, S.K., (2013). Reduction of welding defects using Six Sigma techniques. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.2, No.3, p.404–412, pp.404.

5. Pathiratne. Sonali Udeeka - Ali Khatibi, Md Gapar - Md Johar, (2018). "CSFs for Six Sigma in service and manufacturing companies: an insight on literature", International Journal of Lean Six Sigma, https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0092, pp.5.
6. Kolibisky- Marecek. Martin, - Kucerova. Marta, (2020). Improving Produvts RODUCTS Quality UALITY Applying Six Sigma, Research Paper Faculty of Material Science and Technology in Trnava Slovak University of Technology in Bratislava, Vol. 28, No. 46, DOI 10.2478/rput-2020-0008, pp.63.
7. Meshram. Amit, (2015). Importance of Six Sigma in Small and Medium Enterprises to Improve the Productivity, International Journal of Engineering and Management Research, Vol.5, Issue.1, 139.
8. Patel. Mihir - Desai. Darshak Arunbhai, (2018). Critical review and analysis of measuring the success of six sigma implementation in manufacturing sector, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.35, Issue.8, pp.21.
9. Véronneau. Simon- Geoffrey Torrington- Jakub P. Hlávka, (2017). 3D Printing-Downstream Production Transforming the Supply Chain, rand national security research division, pp.3.
10. Chan. Melanie, (2021).12 Benefits of Additive Manufacturing and 5 Disadvantages, business tips, www.unleashedsoftware.com, pp.1 .
11. Stampfl, J. -M. Hatzenbichler. (2014). Additive Manufacturing Technologies. CIRP Encyclopedia of Production Engineering, Springer, pp. 20–27, December 11, http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-20617-7_6492.pdf. pp. 21.

12. Adedeji B. Badiru - Vhance V. Valencia - David Liu, (2017). Additive Manufacturing Handbook- Product Development for the Defense Industry, CRC Press, Taylor & Francis Group, International Standard Book Number-13: 978-1-4822-6408-1 (Hardback), pp. 150.
13. Knell. Theresa, (2019). What is Additive Manufacturing?, spot light metal, technologies, www.Spotlightmetal.com, pp. 5.
14. Wimpenny. David Ian - Pulak M. Pandey - L. Jyothish Kumar, (2017). Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies, Springer Science+Business Media Singapore, DOI 10.1007/978-981-10-0812-2. Pp. 119.