مجلة البحوث المالية والتجارية
المجلد (21) – العدد الرابع – أكتوبر 2020

أثَّرَ الهَنْدَسَة المُتزامنة مُتعددة الأَبْعَادُ عَلَى التَّصنيع المُستدام: دِراسة ميدانيَّة

بحث مستخلص من رسالة دكتوراه

The Impact of Multidimensional Concurrent Engineering on Sustainable Manufacturing: A Field Study

الباحث

عَمْرٌو أحمدُ أحمدُ نَوْر الدِّيْن

باحث لدرجة دُكْتُورَاه الفَلْسَفَة فِي إِدَارَةِ الأَعْمَالُ

Dr.amrnour@com.psu.edu.eg

إِشْرافِ

أ.د/ صَلاَح الدِّينُ إِسْمَاعِيلُ صَلاَح الدِّينُ

أُستاذ ورَئيس قِسَّم إِدَارَةِ الأَعْمَالُ

عميد كُلّيّة التِّجَارَةَ – جَامِعَةٌ حُلْوان

د/ فَتْحية حَسَن هَريدي

مُدرس إِدَارَةِ الأَعْمَالُ

كُلّيّة التِّجَارَةَ – جَامِعَةٌ بوُرسعيد

ملخص

استهدف هذا البحث اقتراح نموذج لتطوير مفهوم الهندسة المتزامنة والذي كان يتكون من ثلاثة أبعاد وهم تصميم المنتجات، وتصميم العمليات، وتصميم سلسلة التوريد، ليشمل أيضاً البعد الرابع وهو التخلص من المنتجات عن طريق سلسلة التوريد العكسية، ثم قياس أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على أبعاد التصنيع المستدام الأتية التصميم الإيكولوجي للمنتجات، وعمَّليات التَّصنيع المُستدامة، والإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد، والنهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات. وتم جمع البيانات عن طريق الاستقصاء من عينة عشوائية بلغ حجمها 380 مفردة المديرين والعاملين بالمنظمات الصناعية ببورسعيد وبلغت نسبة الاستجابة 83.94%، بواقع 319 استمارة استقصاء قابلة للتحليل الاحصائي. وتم تحليل البيانات باستخدام نموذج المعادلات الهيكلية بواسطة برنامج AMOS V.25.

توصل البحث إلى وجود تأثير ايجابي معنوي للهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على التصنيع المستدام؛ حيث توصلت النتائج إلى وجود تأثير ايجابي معنوي لتصميم المنتجات على التصنيع المستدام. وأيضاً وجود تأثير ايجابي معنوي لتصميم العمليات على التصنيع المستدام. في حين وجد أن هناك تأثير ايجابي معنوي لتصميم سلسلة التوريد على كلاً من التصميم الإيكولوجي للمنتجات، وعمَّليات التَّصنيع المُستدامة، والنهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات. إلا أنها لم تؤثر معنوياً على الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد. بينما وجد تأثير ايجابي معنوي للتخلص من المنتج على التصميم الإيكولوجي للمنتجات، والإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد، والنهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات. إلا أنها لم تؤثر معنويا على عمَّليات التَّصنيع المُستدامة.

الكلمات المفتاحية

الهندسة المتزامنة – تصميم المنتجات – تصميم سلسلة التوريد – التخلص من المنتج – سلسلة التوريد العكسية – التصنيع المستدام.

Abstract

This research aims to propose a model to develop the concept of concurrent engineering, which used to consist of three dimensions, product design, process design, and supply chain design, to include also the fourth dimension, which is disposal of products through the reverse supply chain, and then measure the impact of multidimensional concurrent engineering on following dimensions of sustainable manufacturing; ecological design of products, sustainable manufacturing processes, sustainable supply chain management and Sustainable end-of-life management. data were collected through a questionnaire from a random sample of 380 managers and workers in industrial organizations in Port Said, and the response rate was 83.94%, The number of questionnaires valid for statistical analysis was 319. The data were analyzed using the structural equations model by AMOS V.25.

This research found a positive significant effect of multidimensional concurrent engineering on sustainable manufacturing, Where the results found that there is a positive significant effect of product design on sustainable manufacturing. also, there is a positive significant impact of process design on sustainable manufacturing. While it was found that there is a positive significant effect of supply chain design on both the ecological design of products, sustainable manufacturing processes, and Sustainable end-of-life management. but they had insignificant impact on the sustainable supply chain management. While there was a positive significant effect of product disposal on the ecological design of products, sustainable supply chain management, and Sustainable end-of-life management. but they had insignificant impact on sustainable manufacturing processes.

Keywords

Concurrent Engineering - Product Design - Supply Chain Design - Product Disposal - Reverse Supply Chain - Sustainable Manufacturing.

1-المُقدِّمة

يُعاني العالَمُ اليَوْمُ مِن آثار اتساع الأنشطة الصَناعِيَة، والتي بدورها أدت إلى النُدرة في الموارد الطبيعية نتيجة زيادة الاستهلاك، والتلوث البيئي وزيادة النفايات جِراء عمَّليات التشغيل الصَناعِيَة، والتي أدت إلى التغير المُناخي مِن خلال زيادة انبعاثات ثاني أُكسيد الكربون الصَناعِيَة الذي نتج عنه ما يُسمى بالاحتراز العالَمُي أو الاحتباس الحراري، ونظراً للجِهود والضُغوطات التي تبذلها المُنظمات الدُوَلِيَّة عَلَى الدول والمُنظمات الصَناعِيَة للحد مِن الأثر البيئي الضار للأنشطة الصَناعِيَة، والنمو المُتزايد في وعي العُمَلاء نتيجة التقدُم الهائل في تكنولوچيا المعلومات واهتمام العُمَلاء بالحصول عَلَى المُنتَجات والخدمات الخضراء، فكل هذه العوامل أدت إلى سعي المُنظمات لتحقيق أكبر قيمة للعملاء مِن خلال تقديم مُنتَجات أو خدمات عالية الجودة، بالتزامن مع تحقيق أكبر عائد مُمكن مِن خلال ترشيد التكاليف، جنباً إلى جنب مع عمَّليات تصنيع مسئولة اِجْتِمَاعِيّاً وبيئياً واِقْتِصادياً، حتى يتسنى لها البقاء في الصدارة، حيثُ لم يعد السعر والجودة وسُرعة التسليم فقط هي العوامل الحاسمة التي تضع المُنظمة في مصاف الكيانات الإِقْتِصادية الكُبرى بل أصبح لِزاماً عَلَى المُنظمات أن تُحقق أداءً مُستداماً في جميع عمَّلياتها.

وتُشير إحصائيات مُنظمة التعاون الإِقْتِصادي والتنمية (OECD)، إلى أن عمَّليات التَّصنيع تستهلك 61% مِن إجمالي الطاقة في جميع أنحاء العالَمُ، كما أنها تُساهم بنسبة 22% مِن احتمالات الاحتباس الحراري (Mortensen, 2007). كما أن النشاط الصناعي في مصر يُساهم بنسبة 77% مِن تلوث الهواء، وأيضاً تلوث بيئة العمَّل داخل المُنشآت الصَناعِيَة بنسبة 65%، وتلوث مياه الصرف الصناعي بنسبة 39% (تقرير عن الآثار الضارة للنشاط الصناعي في مصر عَلَى البيئة، وزارة البيئة، 2017).

لذلك فقد أصبح التَّصنيع المُستدام أمراً مُلحاً عَلَى مستوى الدول والمُنظمات والعُمَلاء نظراً لِمَّا يُلاقيه العالَمُ اليَوْمُ مِن تهديدات جِراء التطور التكنولوچي المُتزايد للنشاط الصناعي، ومِن ثَم يُحاول البَاحثٌ تسليط الضوء عَلَى أهمية إتباع المُنظمات لِمُمارسات التَّصنيع المُستدام مِن أجل تحقيق أعَلَى مستويات للجودة وبأقل تكلفة مِن خلال عمَّليات تصنيعية آمنة عَلَى العاملين والعُمَلاء جنباً إلى جنب مع الحفاظ عَلَى حقوق الأجيال المُستقبلية مِن خلال القضاء عَلَى النُفايات الصَناعِيَة، والاِسْتِخْدام العادل للمَّوارد الطبيعية في الإنتاج.

ويُناقش هذا البَحْثٌ أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة كأداة لتطوير المُنتَجات والعمَّليات مُنذ البدايات الأولى. حيث تعد منهج شامل لتطوير المُنتَج وعمَّلياته الصَناعِيَة قبل بداية دورة حياة المُنتَج

واِسْتِخْدامه وصيانته وتنتهي بكيفية التخلص مِن المُنتَج بعد الإسْتِخْدام سواء بإعادة التَّصنيع أو التدوير أو الإسْتِخْدام، كُل ذلك بالتزامن في آنٍ واحد، مِن أجل تحقيق عمَّليات صَنَاعِيَة مُستدامة آمنة عَلَى العاملين وتضـــمن ســـلامة المُجتمع والبيئة، وتُحافظ عَلَى الطاقة والمَّوارد الطبيعية وتُحقق فوائد اِقْتِصادية للمُنظمة.

إن إتباع المُنظمات الصَـنَاعِيَة بالمنطقة الصَـنَاعِيَة ببورسـعيد لأُسـلوب الهَنْدَسَـة المُتزامنة لتحقيق مُمارسات التَّصنيع المُستدام يعد أحد الجوانب الهامة التي تُؤَدي إلى تحقيق مِيزة تنافسية مُســـتدامة لتلك المُنظمات، خاصـــة لِمَّا تتمتع به هذه المُنظمات مِنْ مُميزات عديدة أهمها غزو مُنتَجاتها السُوَق الأمريكي ضمن اتفاقية التجارة الحُرة مع الولايات المتحدة الأمريكية Qiz والتي تضـمن للمُنتَجات المِصـرية المُصـنعة داخل المنطقة الحُرة العامة ببورسـعيد أن يتم تصـديرها للولايات المُتحدة الأمريكية بإعفاء كامل مِن القيود الجُمركية وغير الجُمركية دُون حِصص مُحددة أو شروط (الموقع الرسمي للمناطق الصناعية المؤهلة)، ولكي يُكتب النجاح للمُنتَجات المِصرية في السُـوَق الأمريكي الواعي الذي يتميز بالمُنافسـة الشـديدة فعَلَى المُنظمات أن تعي جيداً أبعاد استدامة النشاط الصناعي، وجميع المُتطلبات التي يُنادي بها المُجتمع الدُوَلِيٌّ والمُنظمات الدُوَلِيَّة التي تسعى إلى خلق مُنتَجات مِن خلال أنشطة صَنَاعِيَة مسئولة اِقْتِصادياً وبيئياً واِجْتِمَاعِيّاً، وهو ما يسعى إليه هذا البَحْثٌ لتسليط الضوء عَلَى أوجه القصور في الأنشطة الصَـنَاعِيَة داخل تلك المُنظمات لكي تكون مُستدامة.

وأخيراً، فإن تحقيق التنمية المُسـتدامة الشـاملة لمصـر 2030 أمراً لن يتحقق إلا بِاقْتِصـاد مُســتدام قائم عَلَى التَّصــنيع المُســتدام لخلق منتجات فائقة الجودة مِن خلال عمَّليات تصــنيع مسئولة اِجْتِمَاعِيّاً، جنباً إلى جنب مع الاستغلال الأمثل للمواد الخام لتخفيض الفاقد، إضافة إلى الحد مِن استهلاك الطاقة والاعتماد عَلَى موارد طاقة مُتَجَدِّدة ومبتكرة للحد مِن الانبعاثات.

2-البحوث السابقة

اسـتخدمت البحوث السـابقة أُسـلوب الهَنْدَسَـة المُتزامنة لتطوير المُنتَجات في العديد مِن الأنشـطة الصَـنَاعِيَة المختلفة؛ كالصـناعات الكيميائية، والغذائية، والمعدنية، والحديد والصـلب، والأثاث، والبلاسـتيك، والآلات، والحاسـبات، والاتصـالات، والأجهزة الطبية، والسـيارات ومُعدات النقل، والإلكترونيات، والكابلات، ومُنتَجات المطاط والورق، وصـــناعة المَّلابس الجاهزة. كما تم تطبيق مُمارسـات التَّصـنيع المُسـتدام عَلَى العديد مِن الأنشـطة الصَـنَاعِيَة أيضـاً مثل؛ صـناعة الأدوات الكهربائية والإلكترونيات، والمَّعادن، ومُعدات النقل، والصـــناعات الكيميائية، والســـيارات والمُعدات الثقيلة، والصـناعات الكيمائية، والمَّلابس الجاهزة. بما يُشـير ذلك إلى إمكانية اِسْتِخْدام

أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة ومُمارسات التَّصنيع المُستدام في تطوير المُنتَجات في مُختلف الأنشطة الصَنَاعِيَة باختلاف أنواعها.

كما تناولت أغلب البحوث السابقة التَّصنيع المُستدام كمُتغير واحد يشمَّل مُمارسات التَّصنيع المُستدام كفئة واحدة؛ وبعضهم قسم التصنيع المستدام إلى أداء اقتصادي وبيئي واجتماعي مثل (Dubey et al., 2015). بينما قسم بَحْثٌ (Hami et al., 2015) مُمارسات التَّصنيع المُستدام إلى مُمارسات تَّصنيع مُستدام داخلية (أساليب منع التلوث، والتكنولوچيا النظيفة، والممارسات المُستدامة للموارد البشرية)، ومُمارسات تَّصنيع مُستدام خارجية (التعاون بين المُنظمات، وتحسين الاستدامة البيئية ورفاهية المُجتمع)، بينمَّا قسم بَحْثٌ (Abdul-Rashid et al., 2017) مُمارسات التَّصنيع المُستدامة مِن حيثُ (التصميم الإيكولوچي، وعمَّليات التَّصنيع المُستدامة، والإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد، والنهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات).

كما اتفقت البُحوث السابقة فيما بينها عَلَى أن أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة هو منهجية لتطوير المُنتَجات يستهدف دراسة جميع جوانب مراحل دورة حياة المُنتَج مِن أجل تحقيق مجموعة مِن المزايا أهمها: تخفيض التكاليف، وتخفيض وقت تطوير المُنتَجات، وسرعة وصول المُنتَج إلى السُوَق، وتخفيض وقت تصميم المُنتَج، وتخفيض تكاليف تصميم المُنتَج، وزيادة الأرباح.

بالإضافة إلى أن أغلب البُحوث السابقة الخاصة بالهَنْدَسَة المُتزامنة كمتغير واحد يشمل مُمارسات الهَنْدَسَة المُتزامنة كفئة واحدة، بينمَّا قسم بَحْثٌ (shidpour et al., 2013) الهَنْدَسَة المُتزامنة إلى ثلاثة أبعاد تشتمل عَلَى تصميم المُنتَجات، وتصميم العمَّليات التَّصنيعية، وتصميم سِلسِلة التوريد. إلا أن هذه الأَبْعَادٌ لا تشمل جميع وظائف الهَنْدَسَة المُتزامنة باعتبارها أُسلوب شامل لتطوير المُنتَجات الجديدة في جميع عناصر دورة حياة المُنتَج وما بعدها، حيثُ أنها لم تقيس ما بعد نهاية عمر المنتج (التخلص مِن المُنتَج بعد اِسْتِخْدامه) والممارسات الخاصة بالتخلص مِن المنتج الخاصة بإعادة التدوير واستعادة المنتج، ويعد ذلك الإضافة العلمية لهذا البَحْثٌ حيثُ سيتم تناول جميع أبعاد الهَنْدَسَة المُتزامنة؛ بهدف إجراء تطوير شامل للمُنتَج، لتحقيق الاستدامة التَّصنيعية الشاملة.

إضافة إلى ما سبق تناول بحث (Arnette and Brewer, 2017) إجراء دِراسة مُقارنة بين المُنظمات التي تستخدم أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة في تصميم مُنتَجاتها الجديدة والمُنظمات التي لا تستخدمها، إلا أنه توصل إلى نتائج هامة لممارسات التصنيع المستدام مثل تصميم المُنتَج بهدف تقليل مُتطلبات التعبئة والتغليف، الأمر الذي يحقق فوائد بيئية واقتصادية

للتصنيع. بالإضافة إلى أن هذا البحث توصل أيضاً إلى إلى أن المُنظمات التي تستخدم أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة لديها سوف تحصل عَلَى مستويات أعَلَى في أداء المُنتَج مِن المُنظمات التي لا تستخدم الهَنْدَسَة المُتزامنة، حيثُ يتم إمداد العميل بكافة المعلومات عن المواد الخام المصنوع منها المُنتَج، وذلك يساعد في عملية إعادة التدوير وتفكيك المنتج وإعادة التصنيع.

1-2-الفجوة بَحْثِّية

ركزت البُحوث السابقة عَلَى الفوائد الإقْتِصادية لِإسْتِخْدام أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة لتطوير المُنتَجات مِن حيثُ زيادة الجودة وتخفيض التكاليف لضمَّان سُرعة وصول المُنتَج إلى السُوَق وتحقيق الأرباح، وفيما يلي النقاط التي لم تتناولها البحوث السابقة:

1-2-2-لم تتناول البحوث السابقة اِسْتِخْدام الهَنْدَسَة المُتزامنة مِن أجل تحقيق فوائد اِقْتِصادية أُخرى كترشيد اِسْتِخْدام الطاقة أو اِسْتِخْدام موارد للطاقة المُتَجَدِّدة في العملية الإنتاجية.

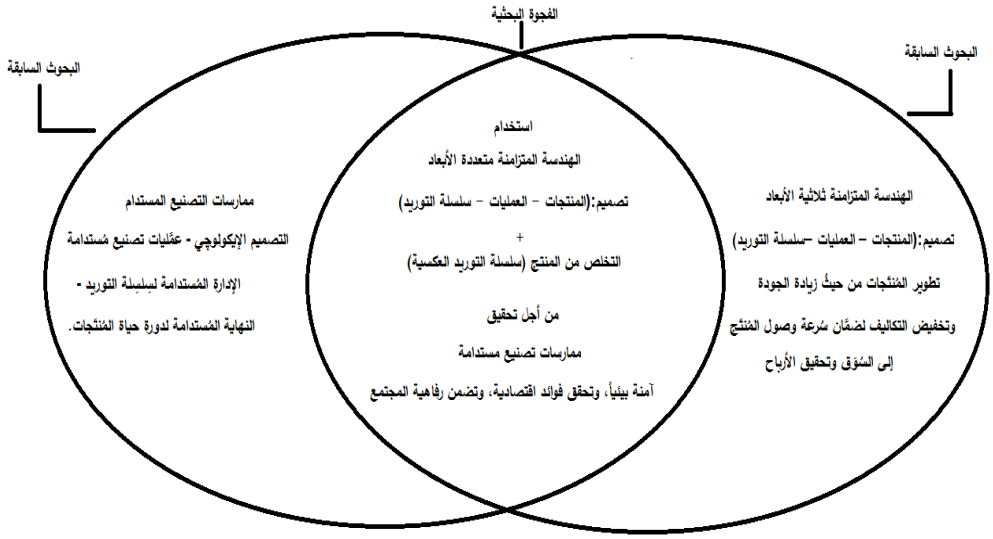
2-2-2-لم تُركز البحوث السابقة عَلَى اِسْتِخْدام الهَنْدَسَة المُتزامنة للحصول عَلَى فوائد بيئيّة أو اِجْتِمَاعِيّة، فبالرغم مِن أن الهَنْدَسَة المُتزامنة تُتِيح عملية تطوير المُنتَجات مِن خلال دراسة مشاكل عملية التصميم في مرحلة مُبكرة مِن دورة حياة المُنتَج، حيثُ تسعى للتعرف عَلَى مكونات مواد المُنتَج ودورة حياته بالكامل إلا أنها لم تتطرق لعملية التطوير مِن حِيث التصميم الإيكولوچي للمُنتَجات كتخفيض النُفايات الصناعة أو القضاء عليها أو مُمارسات إعادة الإسْتِخْدام أو التدوير أو التَّصنيع.

3-2-2-التركيز عَلَى دُور سِلسِلة التوريد ومزامنة تصميم سِلسِلة التوريد في أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة ثلاثية الأبعاد إلا أن البحوث السَّابقة لم تتناول الأخذ بمبادئ الاستدامة في تطوير سِلسِلة التوريد.

4-2-2-ركزت البحوث السابقة المُتعلقة بالتَّصنيع المُستدام عَلَى دوافع ومُعوقات تبني المُنظمات لمُمارسات التَّصنيع المُستدام، وتقييم استدامة المُنتَجات والعمَّليات، وتَأَثير سلوك المُستهلكين عَلَى اِسْتِخْدام المُنتَجات صديقة البيئة، وعلاقة التَّصنيع المُستدام بالأداء البيئيّ والإقْتِصادي والإجْتِمَاعِيّ، بالإضافة إلى العلاقة الإيجابية بين كلٍ مِن (التَّصنيع الرشيق والإنتاج المَّرن والتَّصنيع النظيف والتَّصنيع الأخضر) والتَّصنيع المُستدام. إلا أنها لم تتناول الهندسة المتزامنة لتكون سبباً للتصنيع المستدام أو مؤثراً فيه.

ومِمَّا سبق نستخلص أن الفجوة البَحْثِيَّة تتمثل في "عدم اِسْتِخْدام أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة مِن أجل تحقيق تطوير شـــامل للعمَّليات بِمَّا يُحقق أداءً مُســـتداماً للعمَّليات الإنتاجية مِن أجل تحقيق فوائد اِقْتِصادية واِجْتِمَاعِيّة وبيئيّة معاً، فبالرغم مِن أن الهَنْدَسَة المُتزامنة منهجية تشتمل عَلَى كل ما يَتعلَّقُ بعملية تطوير المُنتَجات مُنذُ بداية دورة حياة المُنتَج وتستمر حتى بعد نهايته".

شكل (1) الفجوة البحثية



المصدر: مِن إعداد الباحث اعتماداً على نتائج البحوث السابقة

3-مشكلة البَحْثُ

في ضوء ما تم عرضه مِن بحوث سابقة ذات صلة بموضوع الهَنْدَسَة المُتزامنة والتَّصنيع المُستدام يتضح غياب الربط بين الهَنْدَسَة المُتزامنة والتَّصنيع المُستدام، والتَّأثير المُتبادل بين كلاهُمَّا عَلَى الرغم مِن أن دراسة هذا الموضوع والاهتمام به يعد مِن العوامل بالغة الأهمية لنجاح المُنظمة وتحقيق ميزة تنافســية مُســتدامة. فقد أصــبح تحقيق مُنظمات الأعمال لاســتراتيجية الاســـتدامة في جميع أعمالها أمراً مُلحاً تُنادي به المُنظمات الدُوَلِيَّة مِن أجل تعزيز مفهوم الاستدامة؛ حيثُ أن العائد الإقْتِصادي لم يعد العامل الحاسم لقِياس أداء التَّصنيع؛ دون الأخذ في الاعتبار الجوانب البيئيّة والإجْتِمَاعِيّة كأساس لتقييم أداء التَّصنيع، فعدم الاهتمام بهذه الجوانب يُؤدي إلى عمَّليات تصنيع غير مُنضبطة بيئيّاً واِجْتِمَاعِيّاً ينتج عنها نُفايات صَنَاعِيَة بالإضافة إلى زيادة استهلاك الموارد الطبيعية، فضلاً عن الإفراط في استهلاك الطاقة، الأمر الذي يستدعي وضع مُبادرات وضوابط داخل النشاط الصناعي (أي الجوانب الإقْتِصادية والإجْتِمَاعِيّة والبيئيّة) في الاعتبار في آنٍ واحد.

وبالتالي فإن مُشكلة البَحْثُ تتحدد في تركيز المُنظمات عَلَى إجراء عمَّليات التطوير للحصول عَلَى أعَلَى مُعَدَّلات للجودة وترشيد التكاليف دُون مُراعاة الجوانب البيئيّة والإجْتِمَاعِيّة والإقْتِصادية للعمَّليات الصَنَاعِيَة.

4-أهداف البَحْثُ

4-1- تصميم نَموذَج هيكلي لقِياس مدى تَأثير الهَنْدَسَة المُتزامنة مُتعددة الأَبْعَاد عَلَى التَّصنيع المُستدام؛

4-2- تقييم النَموذَج المُقترح ميدانياً بتطبيقه عَلَى المُنظمات الصَنَاعِيَة بالمنطقة الصَنَاعِيَة ببورسعيد، بإسْتِخْدام نَموذَج المُعادلات الهَيكليّة (SEM)، وذلك مِن أجل دراسة واختبار تَأثير الهَنْدَسَة المُتزامنة مُتعددة الأَبْعَادْ عَلَى ممارسات التصنيع المستدام فيما يتعلق بالتصميم الإيكولوچي للمنتجات، وعمَّليات التَّصنيع المُستدامة، الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد، النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات؛

4-3- تقديم وصياغة مجموعة مِن التوصيات والمُقترحات التي مِن شأنها زيادة كفاءة عمَّليات التَّصنيع المُستدامة، وتوعية المُنظمات محل البَحْثُ بأهمية أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة في تحقيق ذلك والاستفادة مِن النَموذَج المُقترح.

5-أهمية البَحْثُ

5-1-الأهمية العلمية

يتناول هذا البَحْثُ أحد الموضوعات الهامة في إدارة الإنتاج والعلميات حيثُ يهتم بقِياس تَأثير أبعاد الهَنْدَسَة المُتزامنة عَلَى التَّصنيع المُستدام أحد أهم التوجهات الحديثة التي يُنادي بها العالَمُ اليَوْمُ مِن أجل الحصول عَلَى المَّنافع الإقْتِصادية للتصنيع دُون المساس بحقوق الأجيال المُستقبلية عن طريق الالتزام بقواعد السَّلامة البيئيّة والإجْتِمَاعِيّة؛ حيثُ يعتمد هذا البَحْثُ على إسْتِخْدام الهَنْدَسَة المُتزامنة لتحقيق فوائد إقْتِصادية وإجْتِمَاعِيّة وبيئيّة معاً مِن أجل تحقيق الاستدامة التَّصنيعية؛ حيثُ تم إسْتِخْدامها لتطوير الجودة وترشيد التكاليف إلا أنها لم تستخدم مِن خلال مُراجعة البحوث السابقة في مجال التَّصنيع المُستدام، ومن ثم يأمل الباحث أن يقدم هذا البَحْثُ إضافة علمية جديدة مِن حيثُ إسْتِخْدام الهَنْدَسَة المُتزامنة بمفهومها الشامل المُتعدد الأبعاد لتحقيق مُمارسات التَّصنيع المُستدامة الإقْتِصادية والإجْتِمَاعِيّة والبيئيّة. كما يأمل الباحث أن يقدم هذا البَحْثُ إسهاماً للمكتبة العربية نظراً لنُدرة الأبحاث باللغة العربية التي تناولت التَّصنيع المُستدام.

2-5-الأهمية التطبيقية

تنبع أهمية البَحْثٌ التطبيقية مِن أهمية قطاع الصناعة التحويلية بصفة عامة كقطاع هام وحيوي حيثُ يسهم القطاع بنسبة 16.6% مِن الناتج المحلي المصري، كما يبلغ حجم الصادرات الصَنَاعِيَة نحو 65% مِن إجمالي الصادرات المصرية ويستوعب القطاع نحو 35% مِن إجمالي القوى العاملة في مصر (إحصائية عن النشاط الصناعي المصري، وزارة الصناعة، 2019).حيثُ يُعتبر القطاع الصناعي أحد أهم القوى الدافعة للاِقْتِصاد المصري، وله دور أساسي في خلق فُرص عمل للشباب، ومع ذلك فإن المواد الخام والطاقة التي يستهلكها القطاع الصناعي تفوق الكميات التي تحتاجها عمَّليات الإنتاج بسبب اِسْتِخْدام تكنولوچيات ومنهجيات مُتقادمة، كونها المسئولة عن إنتاج النسبة الأكبر مِن الملوثات واستنفاذ المواد الخام والمياه والطاقة، فضلًا عن توليد كميات كبيرة مِن المُخلفات الصناعية.

بالإضافة إلى أن هذا البحث يسعى لتحقيق أحد أهداف استراتيجية التنمية المُستدامة بناء على رؤية مصر 2030 التي تستهدف بناء اِقْتِصاد تنافُسّي ومتوازن ومتنوع يعتمد عَلَى الابتكار والمعرفة، قائم عَلَى العدالة والاندماج الاِجْتِمَاعِيّ والمُشاركة ذات نظام أيكولوچي مُتزن ومُتنوع لتحقق التنمية المُستدامة (استراتيجية التنمية المستدامة، رؤية مصر 2030). لذلك فإن هذا البَحْثٌ يقدم أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة كأحد الأدوات الشاملة لتطوير العمَّليات الصَنَاعِيَة مِن أجل تحقيق أنشطة صَنَاعِيَة مُستدامة لتحقيق هذه الاستراتيجية.

6-فروض البَحْثٌ

تحقيقاً للهدف الرئيس للبَحْثٌ باقتراح نَموذَج لقِياس أثر الهَنْدَسَة المُتزامنة مُتعددة الأَبْعَادٌ عَلَى التَّصنيع المُستدام فقد تم تقسيم فروض البَحْثٌ إلى ستة عشر فرض عَلَى النحو التالي:

6-1- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم المُنتَجات عَلَى التصميم الإيكولوچي للمنتجات؛

6-2- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم العمَّليات عَلَى التصميم الإيكولوچي للمنتجات؛

6-3- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم سِلسِلة التوريد عَلَى التصميم الإيكولوچي للمنتجات؛

6-4- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة للتخلص مِن المُنتَج عَلَى التصميم الإيكولوچي للمنتجات؛

6-5- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم المُنتَجات عَلَى عمَّليات التَّصنيع المُستدامة؛

6-6- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم العمَّليات عَلَى عمَّليات التَّصنيع المُستدامة؛

6-7- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم سِلسِلة التوريد عَلَى عمَّليات التَّصنيع المُستدامة؛

6-8- يُوجد تَّأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة للتخلص مِن المُنتَج عَلَى عمَّليات التَّصنيع المُستدامة؛

6-9- يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم المُنتَجات عَلَى الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد؛

6-10-يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم العمَّليات عَلَى الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد؛

6-11-يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم سِلسِلة التوريد عَلَى الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد؛

6-12-يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة للتخلُص مِن المُنتَج عَلَى الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد؛

6-13-يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم المُنتَجات عَلَى النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات؛

6-14-يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم العمَّليات عَلَى النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات؛

6-15-يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لتصميم سِلسِلة التوريد عَلَى النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات؛

6-16-يُوجد تَأثير ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة للتخلص مِن المُنتَج عَلَى النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات.

7-أُسلوب البَحْثٌ

7-1-نُوع ومَصادر البيانات

سوف يعتمد البَحْثٌ عَلَى نوعين مِن البيانات وذلك عَلَى النحو التالي:

7-1-1- البيانات الثانوية: وذلك عن طريق مُراجعة الكُتب والبحوث والمَّقالات العربية مِن خلال قاعدة بيانات دار المنظومة ومكتبات الجامعات، والبحوث الأجنبية مِن خلال قواعد البيانات التالية (- ProQuest - springer - Science Direct Wiley JSTOR)، والاطلاع عَلَى مُستخلصات المُؤتمرات ذات الصلة بموضوع البَحْثٌ، وكذلك الاطلاع عَلَى الإحصائيات والتقارير والبيانات والنشرات الخاصة بالقطاع محل البَحْثٌ، وذلك بهدف إعداد الإطار النظري للبَحْثٌ؛

7-1-2- البيانات الأساسية: وذلك عن طريق جمع البيانات الغير منشورة بِاسْتِخْدام المقابلات الأولية، وجمع قوائم الاستقصاء مِن الفنين والمُشرفين والمديرين بالمُنظمات الصناعة ببورسعيد، ومن ثم استخراج الاستجابات منها واِسْتِخْدامها في اختبار الفروض بهدف التَوَصَّلَ إلى النتائج، ووضع التوصيات المُناسبة.

2-7-مُجتمع البَحْثٌ

يتكون مُجتمع البَحْثٌ مِن جميع الفنين والمديرين بالمنظمات الصَـنَاعِيَة ببورسـعيد وهي مُقسـمة إلى أربع تقسـيمات كالتالي (المنطقة الصَـنَاعِيَة الحُرة، والمنطقة الصَـنَاعِيَة جنوب بورسـعيد، والمنطقة الصَـنَاعِيَة غرب بورسـعيد، والمنظمات الصَـنَاعِيَة بالكتلة السـكانية داخل مُحافظة بورسعيد).

حيث تضـم المنطقة الصَـنَاعِيَة الحُرة (35) مِن المُنظمات الصَـنَاعِيَة في مجال صـناعة الملابس الجاهزة، والكيماويات، والصناعات الهندسية، والصناعات الغذائية، ومُستلزمات البناء، وصناعة المُنتَجات الجلدية، وصناعات أخرى متنوعة ويعمل بها (29232) موظف، بينما يعمل بالمنطقة الصناعية جنوب بورسعيد (5262) موظف في (13) منظمة صناعية.

3-7-عينة البَحْثٌ

نظراً لصـعوبة الاعتماد عَلَى أُسـلوب الحصـر الشـامل لِكبَر حجم المُجتمع، لذلك سـيتم الاعتماد عَلَى أُسـلوب العينة العشـوائية البسـيطة في اختيار مُفردات العينة؛ وقد تم تحديد حجم العينة مِن خلال المُعادلة التالية (الإمام، 2008): -

$$\text{ن} = \frac{\text{م}\left(\text{ز}^2 * \sigma^2\right)}{\text{م}^2(\alpha) + \text{ز}^2 * \sigma^2}$$

حيث أن:

ن= حجم العينة؛

م= حجم المجتمع؛

ز= الدرجة المعيارية المقابلة لمستوى المعنوية وهي (1.96) عند مستوى (0.05)؛

σ= الانحراف المعياري (0.5)؛

α= مستوى المعنوية (0.05).

وبالتعويض في المعادلة السابقة نجد أن:

$$\text{ن} = \frac{^2(0.5)\ ^2(1.96)\ 34494}{^2(0.5) * ^2(1.96) + \ ^2(0.05)\ 34494} = 380 \text{ مفردة}$$

4-7-أُسلوب تحليل البيانات

سوف يتم تحليل البيانات بِاسْتِخْدام نَموذَج المُعادلات الهَيكليّة (البنائية) Structural Equation Modeling (SEM)، وذلك مِن أجل بناء نَموذَج مُتغيرات البَحْثٌ؛ حيثُ يعد ذلك الأُسلوب مِن أفضل الأساليب التي تستخدم لاختبار النماذج المُتعددة المُتغيرات، حيثُ يُعطي إمكانية اختبار العلاقة بين مُتغيرات البَحْثٌ دُفعة واحدة، مع تحديد مدى مُلائمة النَموذَج للبيانات التي يتم

تجميعها مِن خلال مجموعة مُؤشرات يطلق عليها مُؤشرات جودة المُطابقة، وذلك بِاسْتِخْدام برنامج التحليل الإحصائي (AMOS V. 25)، والذي يُستخدم للتأكد مِن مدى مُلائمة النَموذَج مع بيانات العينة المُستخدمة وأنها تقيس فعلاً ما وضعت مِن أجل قِياسه. وقياس أثر المتغير المستقل على المتغير التابع. ثم إجراء التحليلات الوصفية باستخدام برنامج (SPSS V.25) وأيضاً برنامج (EXCEL V.2019).

8-حدود البَحْثُ

8-1- سيتم تناول التصنيع المستدام من خلال أربع أبعاد كالتالي: إدارة التصميم الإيكولوچي "تصميم وتطوير المنتجات المستدامة"، وإدارة عمَّليات تصنيع مُستدامة، والإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد، والنهاية المُستدامة للمُنتَجات. بدلاً من تقسيم التصنيع المستدام إلى ثلاثة أبعاد وهم الفوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتصنيع؛

8-2- كما اقتصر البَحْثُ عَلَى (المديرين والمشرفين وفنين الإنتاج) بالمُنظمات الصَنَاعِيَة ببورسعيد؛

9-تصميم مقياس البحث

تم تصميم قائمة استقصاء مقياس البحث بناء على المقاييس التي اعتمدت عليها البحوث كتالي: المقياس الأول ينقسم إلى الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد (تصميم المنتجات والعمليات وسلسلة التوريد) مِن العبارة 1: 15 بالاعتماد على مقياس (Singhry *et al.*, 2016) ومقياس (Ng and Jee, 2013)، وتم إضافة البعد الرابع للهندسة المتزامنة التخلص مِن المنتج (سلسلة التوريد العكسية) مِن العبارة 16: 20. وأخيراً، المقياس الثاني للبحث التصنيع المستدام بالاعتماد على مقياس (Abdul-Rashid et al., 2017)، وتم استخدام مقياس ليكرت الخماسي للإجابة على هذه العبارات.

10- بيانات المستجيبين

جدول (1) البيانات الديموغرافية للمستجيبين

المتغيرات	وصف العينة	التكرارات	النسبة %
المستوى الاداري	ادارة عليا/مدير	203	63.64%
	مشرف	75	23.51%
	تنفيذي	41	12.85%
نوع النشاط الصناعي	ملابس جاهزة، غزل ونسيج	193	60.50%
	صناعات كيميائية	24	7.52%
	صناعات غذائية	29	9.09%

	الحديد والصلب	4	1.25%
	الصناعات الكهربائية والهندسية	45	14.11%
	أخرى	24	7.52%
سنوات الخبرة	أقل مِن عام	9	2.82%
	مِن عام إلى 5 أعوام	11	3.45%
	مِن 6 أعوام إلى 10 أعوام	36	11.29%
	مِن 11 عام إلى 15 عام	79	24.76%
	16 عام فأكثر	184	57.68%

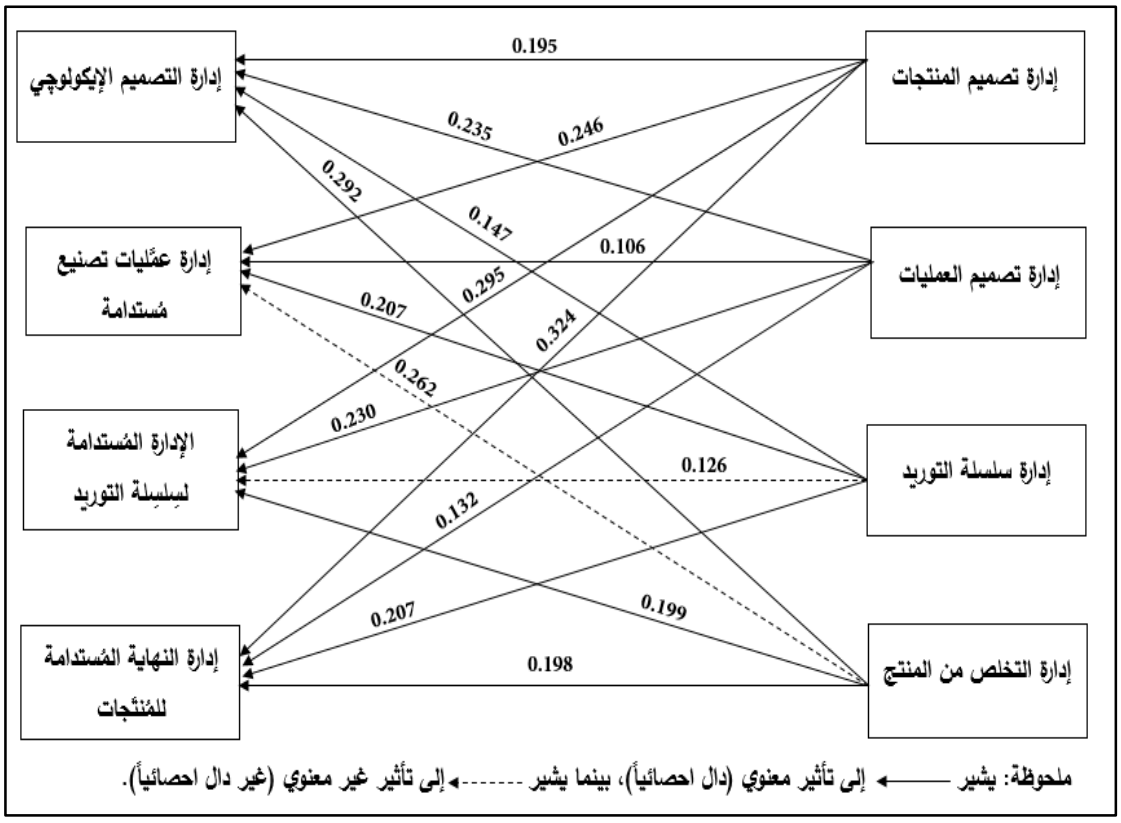
المصدر: مِن إعداد الباحث في ضوء بيانات مخرجات التحليل الاحصائي بواسطة برنامج SPSS V.25

تم توزيع 380 قائمة استقصاء على المستجيبين، وبلغ عدد الردود 350 استقصاء، بينما بلغ عدد الاستمارات الصالحة للتحليل الاحصائي 319 استمارة بنسبة استجابة قدرها 83.94%.

11- اختبار فروض البحث

يوضح اختبار تحليل المسار تأثير المتغيرات المستقلة للهندسة المتزامنة، على المتغيرات التابعة للتصنيع المستدام، كما هو موضح بالشكل التالي:

شكل (2) اختبار تحليل المسار لتأثير أبعاد المتغير المستقل على أبعاد المتغير التابع



المصدر: مِن إعداد الباحث في ضوء بيانات مخرجات التحليل الاحصائي بواسطة برنامج AMOS V.25

جدول (3) نتائج اختبار تحليل المسار لتأثير أبعاد المتغير المستقل على أبعاد المتغير التابع

الفرض	علاقة المسار	معامل المسار β	الخطأ المعياري S.E	النسبة الحرجة C.R	المعنوية P	النتيجة
H1	إدارة تصميم المنتجات --> التصميم الإيكولوجي	0.195	0.072	2.500	0.012	دال احصائياً
H2	إدارة تصميم العمليات --> التصميم الإيكولوجي	0.235	0.062	3.799	0.000	دال احصائياً
H3	إدارة سلسلة التوريد --> التصميم الإيكولوجي	0.147	0.073	0.664	0.006	دال احصائياً
H4	إدارة التخلص مِن المنتج --> التصميم الإيكولوجي	0.292	0.079	4.010	0.000	دال احصائياً
H5	إدارة تصميم المنتجات --> عمليات التصنيع المستدامة	0.246	0.07	3.008	0.003	دال احصائياً
H6	إدارة تصميم العمليات --> عمليات التصنيع المستدامة	0.106	0.06	1.631	0.003	دال احصائياً
H7	إدارة سلسلة التوريد --> عمليات التصنيع المستدامة	0.207	0.072	1.434	0.000	دال احصائياً
H8	إدارة التخلص مِن المنتج --> عمليات التصنيع المستدامة	0.262	0.077	3.423	0.152	غير دال احصائياً
H9	إدارة تصميم المنتجات --> الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد	0.295	0.06	4.219	0.000	دال احصائياً
H10	إدارة تصميم العمليات --> الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد	0.230	0.052	4.153	0.000	دال احصائياً
H11	إدارة سلسلة التوريد --> الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد	0.126	0.062	1.979	0.182	غير دال احصائياً
H12	إدارة التخلص مِن المنتج --> الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد	0.199	0.066	3.020	0.003	دال احصائياً
H13	إدارة تصميم المنتجات --> النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات	0.324	0.074	4.148	0.000	دال احصائياً
H14	إدارة تصميم العمليات --> النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات	0.132	0.064	2.133	0.033	دال احصائياً
H15	إدارة سلسلة التوريد --> النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات	0.207	0.076	2.904	0.004	دال احصائياً
H16	إدارة التخلص مِن المنتج --> النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات	0.198	0.081	1.335	0.048	دال احصائياً

المصدر: مِن إعداد الباحث في ضوء بيانات مخرجات التحليل الاحصائي بواسطة برنامج AMOS V.25

يوضح الجدول السابق نتائج اختبارات فروض البحث، حيث يشرح معامل المسار المعياري β الأهمية النسبية لتأثير الهندسة المتزامنة على التصنيع المستدام، حيث أن جميع العلاقات المتوقعة إيجابية بطبيعتها، العوامل الأربعة للهندسة المتزامنة قد تؤثر معنوياً على العوامل الأربعة للتصنيع المستدام مِن خلال القيم المختلفة لمعاملات المسار (β) وبالتالي المساهمة بأوزان مختلفة للتباين في التصنيع المستدام.

أوضحت النتائج أن أهم تأثير جاء لإدارة تصميم المنتجات حيث أن (β=0.324; p<0.001)، والتي لها تأثير على النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات ويعد ذلك أعلى تأثير في النموذج. ومن ثم، فإن الفرض الثالث عشر H13 ينص على أن إدارة تصميم المنتجات تؤثر بشكل إيجابي على النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات. يلي ذلك، أن النتائج دعمت الفرض التاسع H9 وهو أهم عامل ثاني في النموذج والذي يشير إلى أن إدارة تصميم المنتجات تؤثر بشكل إيجابي على الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد حيث أن (β=0.880; p<0.001). كما أن النتائج دعمت أيضاً للفرض الرابع H4 والذي يشير إلى أن إدارة التخلص مِن المنتج تؤثر بشكل إيجابي على التصميم الإيكولوچي للمنتجات (β=0.292; p<0.001)، بينما لم تدعم النتائج الفرض الثامن H8 وبالتالي فإن إدارة التخلص مِن المنتج لا تؤثر معنوياً على عمليات التصنيع المستدامة حيث أن (β=0.262; p=0.152).

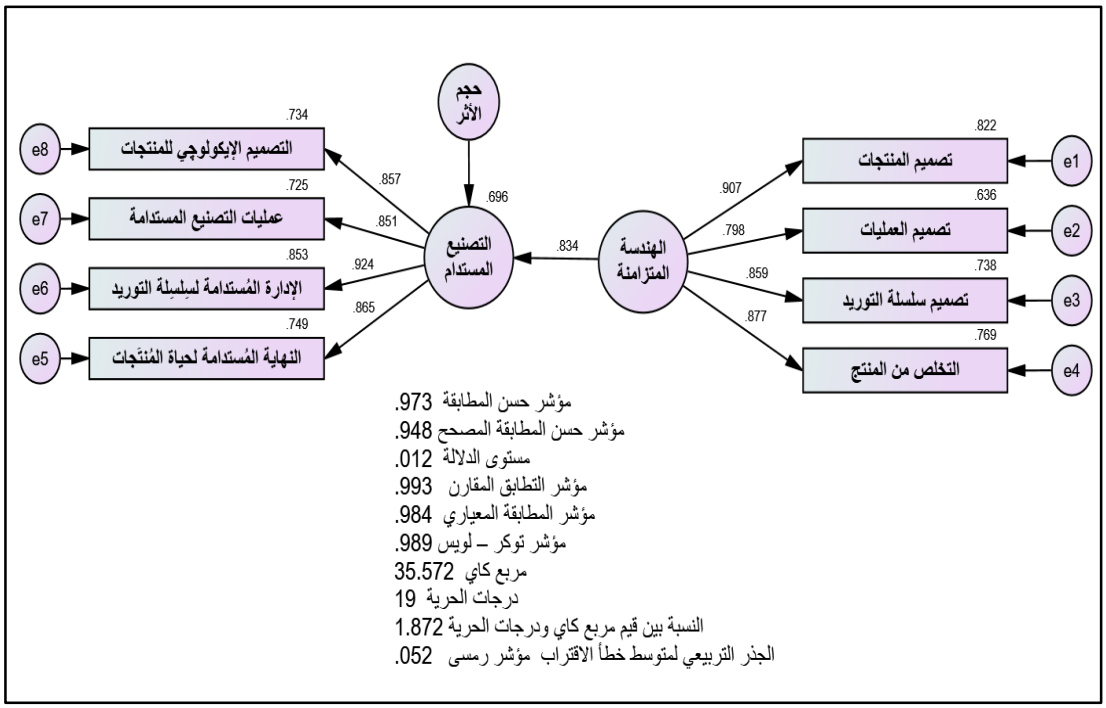
كما دعمت النتائج الفرض الخامس H5 للبحث وبالتالي فإن إدارة تصميم المنتجات يؤثر بشكل إيجابي على عمليات التصنيع المستدامة حيث أن (β=0.246; p=0.003). ودعمت النتائج الفرض الثاني H2 والذي يشير إلى أن إدارة تصميم العمليات تؤثر بشكل إيجابي على التصميم الإيكولوچي للمنتجات حيث أن (β=0.235; p<0.001). يلي ذلك، دعمت النتائج الفرض العاشر H10 والذي يشير إلى أن إدارة تصميم العمليات تؤثر بشكل إيجابي على الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد حيث أن (β=0.230; p<0.001). كما دعمت النتائج الفرض السابع H7 والذي يشير إلى أن إدارة سلسلة التوريد يؤثر بشكل إيجابي على عمليات التصنيع المستدامة حيث أن (β=0.207; p<0.001).

كما تم دعمت النتائج الفرض الخامس عشر H15 والذي يشير إلى أن إدارة سلسلة التوريد تؤثر بشكل إيجابي على النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات حيث أن (β=0.207; p=0.004). ودعمت النتائج الفرض السادس عشر H16 والذي يشير إلى أن إدارة التخلص مِن المنتج تؤثر بشكل إيجابي على النهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات حيث أن (β=0.198; p=0.048). يلي ذلك، دعمت النتائج الفرض الثاني العاشر H12 والذي يشير إلى أن إدارة

التخلص مِن المنتج تؤثر بشـــكل إيجابي على الإدارة المُســـتدامة لسِـــلسِـــلة التوريد حيث أن (β=0.199; p=0.003). كما دعمت النتائج الفرض الأول H1 والذي يشـــير إلى أن إدارة سلسلة التوريد يؤثر بشكل إيجابي على عمليات التصنيع المستدامة حيث أن (β=0.195; p=0.012).

كما دعمت النتائج الفرض الثالث H3 للبحث وبالتالي فإن إدارة ســـلســـلة التوريد تؤثر بشكل إيجابي على التصميم الإيكولوچي للمنتجات حيث أن (β=0.147; p=0.006). ودعمت النتائج الفرض الرابع عشر H14 والذي يشير إلى أن إدارة تصميم العمليات تؤثر بشكل إيجابي على النهاية المُســـتدامة لحياة المُنتَجات حيث أن (β=0.132; p=0.033). بينما لم تدعم النتائج الفرض الحادي عشر H11 وبالتالي فإن إدارة سلسلة التوريد لا تؤثر معنوياً على الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد حيث أن (β=0.126; p=0.182). وأخيراً، دعمت النتائج الفرض الســـادس H6 والذي يشـــير إلى أن إدارة تصـــميم العمليات تؤثر بشـــكل إيجابي على عمليات التصـــنيع المســـتدامة حيث أن (β=0.106; p=0.003). وبالتالي تتوافق أغلب تقديرات معاملات المسار مع التوقعات، لأن العلاقة معنوية وتسير في الاتجاه المتوقع.

شكل رقم (3) النموذج الهيكلي للبحث لقياس أثر الهندسة المتزامنة على التصنيع المستدام



المصدر: مِن إعداد الباحث في ضوء بيانات مخرجات التحليل الاحصائي بواسطة برنامج AMOS V.25

جدول (4) نتائج اختبار التأثير المباشر للهندسة المتزامنة على التصنيع المستدام

علاقة المسار	معامل المسار β	الخطأ المعياري S.E	النسبة الحرجة C.R	المعنوية P	النتيجة
إدارة تصميم المنتجات --> التصميم الإيكولوچي	0.834	0.045	16.751	0.000	دال احصائياً

المصدر: مِن إعداد الباحث في ضوء بيانات مخرجات التحليل الاحصائي بواسطة برنامج AMOS V.25

أوضحت نتائج جدول السابق أنه تحقق الهدف الرئيس من البحث حيث وجد أن هناك تأثير للهندسة المتزامنة على التصنيع المستدام حيث أن (β=0.834; p<0.001)، وأن هذا التأثير معنوي وايجابي وبالتالي دعم الفرض الرئيس للبحث والذي يقضي بوجود تأثير معنوى للهندسة المتزامنة على التصنيع المستدام.

جدول (5) مؤشرات جودة المطابقة الخاصة بالنموذج المقترح للبحث

المؤشر	جودة المطابقة
مؤشرات المطابقة المطلقة Absolute fit indexes	
الجذر التربيعي لمتوسط خطأ الاقتراب (RMSEA)	0.052
مؤشر حسن المطابقة Goodness of Fit Index (GFI)	0.973
قيمة P (*P* – Value)	0.012
مؤشرات المطابقة المتزايدة Incremental fit indexes	
مؤشر حسن المطابقة المصحح Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)	0.948
مؤشر المطابقة المقارن Comparative Fit Index (CFI)	0.993
مؤشر تاكر – لويس Tucker – Lewis Index (TLI)	0.989
مؤشر المطابقة المعياري Normed Fit Index (NFI)	0.984
مؤشرات الحزم في صلاحية النموذج Parsimonious fit indexes	
النسبة ما بين قيم مربع كاي (Chi-square) ودرجات الحرية (DF)	1.872
مربع كاي (Chi-square)	35.572

المصدر: مِن إعداد الباحث في ضوء بيانات مخرجات التحليل الاحصائي بواسطة برنامج AMOS V.25

يتضح مِن الجدول السابق أن مؤشرات المطابقة للنموذج المقترح جميعها ملائمة ومقبولة حيث حقق مؤشر الجذر التربيعي لمتوسط خطأ الاقتراب (RMSEA) قيمة (0.052) وهو مؤشر مقبول، بينما بلغ مؤشر حسن المطابقة (GFI) قيمة (0.973) وهو مؤشر جيد، وحققت قيمة P مستوى معنوية (0.012) وهو مؤشر جيد، بينما حقق مؤشر حسن المطابقة المصحح (AGFI) قيمة (0.948) وهو مؤشر جيد، وأيضاً حقق مؤشر المطابقة المقارن (CFI) قيمة (0.993) وهو مؤشر جيد، وأيضاً حقق مؤشر تاكر – لويس (TLI) قيمة

(0.989) وهو مؤشـــر جيد، في حين حقق مؤشـــر المطابقة المعياري (NFI) قيمة (0.984) وهو مؤشر جيد، بينما وصلت النسبة ما بين قيم مربع كاي (Chi-square) ودرجات الحرية (DF) إلى (1.872) وهي نســـبة جيدة، وأخيراً بلغت قيمة مربع كاي (35.572). وبذلك نســـتخلص أن النموذج الهيكلي للبحث ملائم لبيانات العينة، كما أنه يوفر المقاييس الملائمة للنظرية المقترحة مما يدل على جودة نموذج القياس وأن هيكل البنائي للنموذج ملائم.

12- تقييم النموذج الهيكلي (البنائي) للبحث

وبالتعويض في معادلة حساب مدى ملائمة النموذج Goodness of Fit of the Model؛ حيث أن المتوســـط لمعاملات التحديد للمتغيرات التابعة R2 قيمته (0.765)، بينما المتوســـط لمتوســـط التباين المســـتخرج للمتغيرات المســـتقلة AVE قيمته (0.742). وبالتالي فإن قيمة GOF هي:

$$GOF = \sqrt{\bar{R}^2 \times \bar{AVE}} = \sqrt{0.765 \times 0.742} = 0.753$$

ويوضح الجدول التالي مستويات ملائمة نموذج البحث كما حددها (Wetzels *et al.*, 2009) وهي أربع مستويات تحدد بناء على قيمة GOF.

جدول (6) مدى ملائمة نموذج البحث

القيمة	مدى الملائمة
أقل مِن 0.01	غير ملائم
مِن 0.01 إلى 0.25	ملائم بدرجة صغيرة
مِن 0.25 إلى 0.36	متوسط
أكبر مِن 0.36	ملائم بدرجة كبيرة

المصدر: (Wetzels *et al.*, 2009)

توضح البيانات السابقة أن قيمة GOF كانت (0.753) وهي قيمة أكبر مِن (0.360) ونستنتج مِن ذلك أن نموذج البحث ملائم بدرجة كبيرة. وبالتالي يتحقق الهدف الرئيس للبحث بإقتراح نموذج هيكلي لقياس أثر الهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد على التصنيع المستدام؛ حيث توصلت النتائج إلى وجود تأثير إيجابي مباشر للهندسة المتزامنة متعددة الأبعاد (إدارة تصميم المنتجات، وإدارة تصـــميم العمليات، وإدارة تصـــميم ســـلســـلة التوريد، وإدارة التخلص من المنتجات) على التصـنيع المسـتدام (إدارة التصـميم الإيكولوجي للمنتجات، وإدارة عمليات التصـنيع المسـتدامة، والإدارة المستدامة لسلسلة التوريد، والنهاية المستدامة لحياة المنتجات) في المنظمات الصناعية

بمحافظة بورســـعيد، وقد أثبتت نتائج مدى ملائمة نموذج البحث إلى أنه ملائم بدرجة كبيرة وبالتالي إمكانية تعميم نتائج هذا البحث على المنظمات الصـناعية الأخرى والاسـتفادة من نتائج هذا البحث.

13- مناقشة النتائج

توصـلت نتائج البحث إلى تحقيق الهدف الرئيس للبحث أنه يُوجد تَّأثير إيجابي ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة لإدارة تصميم المُنتَجات على التصميم الإيكولوچي للمنتجات مِن خلال نموذج المعادلات الهيكلية، كما دعمت النتائج أربعة عشر فرض فرعي، ولم يتم دعم فرضين وذلك مِن خلال تحليل المسار على النحو التالي.

توصلت النتائج إلى أنه يُوجد تَّأثير إيجابي ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة للهَنْدَسَة المُتزامنة بأبعادها الأربعة فيمَّا يَتعلَّقُ بإدارة تصـميم المُنتَجات، وإدارة تصـميم العمَّليات، وإدارة تصـميم سِـلسِـلة التوريد، والتخلص مِن المُنتَج عَلَى التصنيع المستدام فيما يتعلق بالتصميم الإيكولوچي للمنتجات "تصـميم وتطوير المنتجات المسـتدامة"؛ وتتوافق هذه النتيجة مع (Meybodi, 2013) الذي توصل إلى أن اِسْتِخْدام الهَنْدَسَة المُتزامنة لتطوير المُنتَجات الجديدة يُؤدي إلى وصول المُنتَجات المُبتكرة إلى السُـوَق في وقت أسـرع مِن التطوير التقليدي؛ ويرجع ذلك للمُشـاركة المُبكرة مِن المُصـممين والمُصـنعين والمُسـوقين والمُوردين والعُمَلاء للتطوير بالتزامن في آنٍ واحد. وأيضـاً تتوافق النتائج مع (Severo et al., 2017) الذي توصـل إلى وجود علاقة ارتباط مَعنَويّة مُوجبة بين المُنتَجات النظيفة وابتكار مُنتَجات مُسـتدامة، وأيضـاً وجود علاقة ارتباط مَعنَويّة مُوجبة بين أداء الإدارة البيئيّة وابتكار مُنتَجات مُسـتدامة. وأيضـاً اتفقت النتائج مع بحث (Ng and Jee, 2013) الذي توصل إلى وجود علاقة ارتباط مَعنَويّة إيجابية بين الهَنْدَسَة المُتزامنة وأداء تطوير المُنتَجات الجديدة؛ بحيثُ تتيح تصنيع مُنتَجات ذات جودة عالية بشكل أسرع وأكثر كفاءة؛ حيثُ يؤدي ذلك إلى زيادة القُدرة التنافسية للمُنظمة، بالإضافة إلى تخفض وقت تصميم المُنتَج، وتخفيض الوقت المُستغرق في عملية الإنتاج.

كما توصـلت النتائج إلى أنه يُوجد تَّأثير إيجابي ذُو دِلاَلَةٌ إحصـائيّة للهَنْدَسَـة المُتزامنة فيمَّا يَتعلَّقُ بإدارة تصميم المُنتَجات، وإدارة تصميم العمَّليات، وإدارة تصميم سِلسِلة التوريد، عَلَى التصنيع المستدام فيما يتعلق عمليات التصنيع المستدامة. تتوافق هذه النتائج مع (Moktadir et al., 2017) الذي توصـل إلى أن المعرفة بالإِقْتِصـاد الدائري يُخفض مِن النُفايات في العمَّليات التَّصنيعية، وتتوافق أيضاً مع (Dubey et al., 2015) الذي توصل إلى وجود تَّأثير إيجابي لكُلاً مِن قوة القيادة، وزيادة الضـغوط التنظيمية (اللوائح)، وإدارة العلاقات مع المُوردين،

ومُشاركة العاملين، وأنظمة التَّصنيع القابلة لإعادة التشكيل، والإنتاج المَّرن، والتَّصنيع الرشيق، عَلَى أداء التَّصنيع المُستدام الإقْتِصادي والبيئي والإجْتِمَاعِيّ.؛ كما تتوافق أيضاً مع بحث (Hami et al., 2015) الذي توصل إلى وجود تَّأثير مَعنَويّ إيجابي لمُمارسات التَّصنيع المُستدام الداخلية (أساليب منع التلوث، والتكنولوچيا النظيفة، والممارسات المُستدامة للموارد البشرية) عَلَى الاستدامة الإقْتِصادية. ومع ذلك، لم تؤثر الهَنْدَسَة المُتزامنة فيمَّا يَتعلَّقُ بإدارة التخلص مِن المُنتَج عَلَى التصنيع المستدام فيما يتعلق عمليات التصنيع المستدامة حيث جاء هذا التأثير غير معنوي. وتختلف هذه النتيجة مع بحث (Abdul-Rashid et al., 2017) الذي توصل إلى إلى وجود علاقة ارتباط مَعنَويّة إيجابية بين مُمارسات التَّصنيع المُستدامة مِن حيثُ (التصميم الإيكولوچي وعمَّليات التَّصنيع المُستدامة) والأداء البيئيّ.

كما توصلت النتائج إلى أنه يُوجد تَّأثير إيجابي ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة للهَنْدَسَة المُتزامنة فيمَّا يَتعلَّقُ بإدارة تصميم المُنتَجات، وإدارة تصميم العمَّليات، وإدارة التخلص مِن المُنتَج، عَلَى التصنيع المستدام فيما يتعلق الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد؛ حيث اتفقت النتائج مع بحث (Singhry et al., 2016) حيث توصلوا إلى وجود علاقة ارتباط إيجابية اِسْتِخْدام الهَنْدَسَة المُتزامنة لتصميم المُنتَجات وأداء سِلسِلة التوريد؛ حيث أن اِسْتِخْدام أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة لتصميم المُنتَجات مع تكنولوچيا التَّصنيع المُتقدمة لإدارة سِلسِلة التوريد في يضمن تدفق المعلومات والسلع بشكل فعال مِن حيثُ التكلفة ومُتجاوباً مع مُتطلبات العُمَلاء الأمر الذي يُؤدي إلى تخفيض زمن وصول المُنتَج إلى السُوَق، وترشيد التكلفة، والمُرونة، وزيادة أداء الجودة للمُنتَجات. ومع ذلك، لم تؤثر الهَنْدَسَة المُتزامنة فيمَّا يَتعلَّقُ بإدارة تصميم سِلسِلة التوريد عَلَى التصنيع المستدام فيما يتعلق الإدارة المُستدامة لسِلسِلة التوريد حيث جاء هذا التأثير غير معنوي. وقد اختلفت هذه النتائج مع بحث حيث توصل كلاً مِن (Arnette and Brewer, 2017) إلى أن المُنظمات التي تستخدم أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة لديها مُشاركة أعَلَى مِن جميع الإدارات بالمُنظمة في تصميم تفاصيل عملية الشراء حيثُ يتم التركيز مُنذ البداية في التعامل مع مُوردين لديهم مواد خام عالية الجودة.

وأخيراً، توصلت النتائج إلى أنه يُوجد تَّأثير إيجابي ذُو دِلاَلَةٌ إحصائيّة للهَنْدَسَة المُتزامنة فيمَّا يَتعلَّقُ بإدارة تصميم المُنتَجات، وإدارة تصميم العمَّليات، وإدارة تصميم سِلسِلة التوريد، وإدارة التخلص مِن المُنتَج عَلَى التصنيع المستدام فيما يتعلق بالنهاية المُستدامة لحياة المُنتَجات؛ وتتفق هذه النتائج مع (Arnette and Brewer, 2017) حيث أن المُنظمات التي تستخدم أُسلوب الهَنْدَسَة المُتزامنة حيثُ يتم إمداد العميل بكافة المعلومات عن المواد الخام المصنوع منها

المُنتَج، بالإضـــافة إلى ذلك تم تصـــميم المُنتَج بهدف تقليل مُتطلبات التعبئة والتغليف. وأيضـــاً اتفقت النتائج مع بحث (Russell and Millar, 2011) الذي توصـــل إلى أن زيادة الوعي بنظم التَّصـنيع النظيف والتَّصـنيع الأخضـر ترتبط إيجابياً مع التَّصـنيع المُسـتدام؛ حيث تسـتخدم الشركات أغلفة للمُنتَجات مِن مواد قابلة للتحلل ومواد يمكن إعادة تصنيعها.

14- التوصيات

استخدام أسلوب الهندسة المتزامنة متعددة الابعاد الذي تم اقتراحه في البحث بإضافة بعد إدارة التخلص من المنتجات (سـلسـلة التوريد العكسـية) إلى الأبعاد الثلاثة تصـميم المنتجات، وتصميم العمليات، وتصميم سلسلة التوريد؛ بحيث يضمن تحقيق عمليات تصنيع مستدامة قائمة على التصـــميم الإيكولوجي للمنتجات بما يضـــمن اســـتخدام مواد خام صـــديقة للبيئة، وعمليات تصـنيع مسـتدامة تسـعى للمحافظة على الطاقة وتحسـين الجودة، بالإضـافة إلى تطوير سـلسـلة التوريـد لتصـــبح مســـتـدامـة لتلائم هـذه العمليـات، ثم اســـتعـادة المنتج لإجراء عمليات إعادة الاستخدام والتدوير والتصنيع. ومن أجل ذلك يوصي هذا البحث بالعديد من التوصيات يمكن ايجازها فيما يلي:

- **14-1- النظر في جميع عناصـر دورة حياة المنتجات من خلال منظور الهندسـة المتزامنة متعددة الأبعاد، وتزويد خطوط الإنتاج بماكينات خاصـــة بإعادة تدوير المنتجات، بالإضـافة إلى اسـترداد المنتجات من العميل عبر سـلسـلة التوريد العكسـية لتحقيق عمليات تصنيع أكثر استدامة.**
- **14-2- التركيز على الجودة في جميع مراحل الهندســـة المتزامنة لتجنب الهدر وعمليات الإصلاح التي من شأنها إطالة عمر المنتجات.**
- **14-3- استغلال التفاعل بين جميع ادارات المنظمة في أسلوب الهندسة المتزامنة من خلال العمل بشكل متوازي بدلاً من العمل المتسلسل في نشر ممارسات التصنيع المستدام في جميع مراحل التصـــنيع؛ من حيث الاعتماد على المواد الخام المعاد تدويرها أو يمكن تدويرها عند تخطيط الشراء في مرحلة تصميم سلسلة التوريد، والتركيز على تصميم المنتج بطريقة تمكن من سهولة تفكيكه وإصلاحه، وتصميم عمليات تصنيع آمنة على الموظفين وترشـيد اسـتهلاك الطاقة، وتصـميم قنوات سـلسـلة التوريد العكسية لإستعادة المنتج لإجراء عمليات الاصلاح وإعادة التدوير.**

14-4- الاستثمار في الطاقة الشمسية من خلال الاعتماد على الألواح الشمسية لإنتاج الطاقة، خاصة لما تتمتع به مصر من جو مشمس طوال العام، حيث يمكن ذلك أيضاً من تخفيض تكاليف الانتاج وتحقيق فوائد بيئية جنباً إلى جنب مع الفوائد الاقتصادية.

14-5- تنظيم أوقات الانتاج بطريقة تضمن توزيع الاحمال الكهربائية، خاصة في أوقات الذروة، ومتابعة معدلات معامل كفاءة الطاقة (Power Factor) بحيث يضمن عدم ارتفاع تكاليف الطاقة المرتبطة بالانتاج، مع الأخذ في الاعتبار عدم تشغيل كافة طاقات المصنع (صالات الانتاج، والماكينات، وجميع المعدات) في آن واحد مما يترتب عليه احتساب أعلى تكلفة للطاقة من مزود الخدمة.

14-6- استخدام أسلوب الهندسة المتزامنة يضمن إجراء تطوير شامل في جميع عناصر دورة حياة المنتج بما يحقق أداءً مستداماً في جميع مراحل العمليات الانتاجية بمشاركة جميع فرق العمل داخل وخارج المنظمة.

14-7- ستؤدي الاستجابة الفورية لتوقعات العملاء التي توفرها الهندسة المتزامنة، والمشاركة باتخاذ القرارات بتوافق الآراء، إلى سهولة نشر ممارسات التصنيع المستدام في جميع عناصر العمليات الانتاجية.

14-8- سيضمن استخدام أسلوب الهندسة المتزامنة لتطبيق ممارسات التصنيع المستدام في أسرع وقت ممكن؛ نظراً لأنها لا تعمل بشكل متسلسل بل بأسلوب متوازي بما يضمن مشاركة جميع الوظائف في تلك العملية منذ البداية وحتى النهاية.

14-9- يضمن استخدام أسلوب الهندسة المتزامنة تحقيق ممارسات التصنيع المستدام في جميع عناصر العمليات الانتاجية مع عدم تكرار الاخطاء والاستفادة من التطبيق الناجح في جميع المراحل نظراً لأسلوب العمل المتوازي ومشاركة جميع الأطراف.

14-10- دمج ماكينات إعادة التدوير إلى خطوط الانتاج خاصة ماكينات إعادة تدوير الملابس الجاهزة لإنتاج الخيوط والغزل بما يضمن عدم وجود فاقد أو نفايات من العمليات الانتاجية.

المراجع

أولا: مراجع باللغة العربية

جهاز شئون البيئة. (2017)، وزارة البيئة، تقرير عن الآثار الضارة للنشاط الصناعي في مصر عَلَى البيئة.

الامام، وفقي. (2008)، *البَحْثٌ العلمي (إعداد مشروع البَحْثٌ وكتابة التقرير النهائي)*، المكتبة العصرية للنشر والتوزيع، المنصورة، الطبعة الأولى.

ثانياً: مراجع باللغة الانجليزية

Abdul-Rashid, S. H., Sakundarini, N., Raja Ghazilla, R. A., & Thurasamy, R. (2017). The impact of sustainable manufacturing practices on sustainability performance: Empirical evidence from Malaysia. *International Journal of Operations & Production Management*, *37*(2), 182-204.

Arnette, A., & Brewer, B. (2017). The influence of strategy and concurrent engineering on design for procurement. *The International Journal of Logistics Management*, *28*(2), 531-554.

Dubey, R., Gunasekaran, A., & Chakrabarty, A. (2015). World-class sustainable manufacturing: framework and a performance measurement system. *International Journal of Production Research*, *53*(17), 5207-5223.

Hami, N., Muhamad, M. R., & Ebrahim, Z. (2015). The impact of sustainable manufacturing practices and innovation performance on economic sustainability. *Procedia CIRP*, *26*, 190-195.

Mortensen LF. (2007). Measuring environmental sustainability of manufacturing – insights from environmental accounts. OECD Workshop on Sustainable Manufacturing Production and Competitiveness, 21–22 June, 2007. Copenhagen.

Moktadir, M. A., Rahman, T., Rahman, M. H., Ali, S. M., & Paul, S. K. (2018). Drivers to sustainable manufacturing practices and circular economy: A perspective of leather industries in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 1366-1380.

Ng, P., Jee, K. S., (2013), Effects of Knowledge Management & Concurrent Engineering On NPD Performance, *Journal of Knowledge Management Practice*, Vol. 14, No. 2, P.p 1-11.

Russell, S. N., & Millar, H. H. (2011), The Adoption of Sustainable Manufacturing Practices in the Caribbean, *Business Strategy and the Environment*, 20 (8), 512–526.

Severo, E. A., de Guimarães, J. C. F., & Dorion, E. C. H. (2017). Cleaner production and environmental management as sustainable product

innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 87-97.

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of psychological research online*, *8*(2), 23-74.

Shidpour, H., Bernard, A., & Shahrokhi, M. (2013). A group decision-making method based on intuitionistic fuzzy set in the three dimensional concurrent engineering environment: A multi-o bjective programming approach. *Procedia CIRP*, *7*, 533-538.

Singhry, H. B., Rahman, A. A., & Imm, N. S. (2016). Effect of advanced manufacturing technology, concurrent engineering of product design, and supply chain performance of manufacturing companies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *86*(1-4), 663-669.

Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., & Van Oppen, C. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS quarterly*, 177-195.