العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية المصرية: دراسة تطبيقية على المناطق الصناعية بمحافظة القليوبية [1]

د. محمود عبد الرحمن كامل
المدرس بقسم إدارة الأعمال
Mahmoud.kamel@fcom.bu.edu.eg

د. سامح محمد سعيد
المدرس بقسم إدارة الأعمال
sameh.mohamed@fcom.bu.edu.eg

كلية التجـــارة- جـــامعة بنها
جمهورية مصر العربية

ملخص البحث

استهدف البحث تحديد العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد _كأحد التكنولوجيات الناشئة _بالمنظمات الصناعية المصرية، ولتحقيق ذلك، تم الاعتماد على نموذج مقترح للتكامل بين إطار عمل التكنولوجيا- المنظمة- البيئة (TOE) إضافة للتكلفة كأحد الأبعاد الاقتصادية الهامة، وأبعاد نموذج قبول التكنولوجيا TAM كأحد النماذج التي لاقت قبولاً واسعا في أدبيات تبني التكنولوجيا الجديدة. واستناداً لهذا النموذج، تم جمع البيانات الأولية لاختبار فروض البحث من 135 شركة صناعية بمنطقتي الشروق والصفا الصناعيتين بمحافظة القليوبية باستخدام قائمة استبيان تم اختبار صدقها وثباتها، وبالاعتماد على عينة قوامها 288 مدير من مديري الإدارة العليا والوسطي والتنفيذية بهذه الشركات. تم اختبار فروض البحث من خلال نموذج المعادلة البنائية SEM باستخدام برنامج AMOS V.24. وقد أوضحت النتائج أن جميع العوامل التي تضمنها النموذج المقترح تؤثر معنوياً إما بشكل مباشر أو غير مباشر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالشركات الصناعية محل البحث. وأن أكثر العوامل تأثيراً على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد هي سهولة الاستخدام المدركة، والفائدة المدركة، وضغوط المنافسة، ودعم الإدارة العليا، والتكلفة على التوالي. كما أن جميع العوامل بالنموذج المقترح مع الأخذ في الاعتبار سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة كمتغيرات وسيطة تفسر 0.93 من التغيرات في نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

الكلمات المفتاحية

الطباعة ثلاثية الأبعاد - إطار عمل TOE - نموذج قبول التكنولوجيا TAM - المناطق الصناعية.

[1] تم تقديم البحث في 2020/9/3، وتم قبوله للنشر في 2020/9/26.

(1) المقدمة

اكتسبت تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing أو ما يعرف بالتصنيع التجميعي Additive Manufacturing اهتماماً متزايداً من قبل الباحثين والممارسين في العقد الأخير وتحديداً منذ عام 2009، في ضوء التطورات المصاحبة للثورة الصناعية الرابعة وتبني التكنولوجيات الجديدة، هذه الثورة أحدثت تغييرات غير مسبوقة في مجال التصنيع بظهور تكنولوجيات التصنيع المتقدمة التي تحقق اقتصاديات التكلفة، وكفاءة استغلال الموارد إيذاناً بظهور ما يسمي بالتصنيع الذكي Smart Manufacturing أو مصنع المستقبل، ونتيجة لذلك تناول عدد من الباحثين النظريات وأطر العمل التي تم استخدامها لتوضيح كيفية تبني وتطبيق هذه التكنولوجيا الجديدة بواسطة منظمات الأعمال(Kamble et al., 2018) .

فقد أفاد تقرير (Wohlers Associate inc, 2019) أن هناك نمواً ملحوظاً في سوق الطابعات ثلاثية الأبعاد عالمياً بحيث تخطي 7.3 بليون دولار عام 2019 بمعدل نمو بلغ 21 في المائة مقارنة بـ 17.4 عام 2018، كما بلغ عدد الشركات التي توفر حلول التصنيع التجميعي للأغراض الصناعية 177 شركة حول العالم مقارنة ب 135 شركة عام 2018، كما سجلت مبيعات المواد الخام الخاصة بالطباعة نمواً ملموساً وبشكل خاص المعادن بمعدل نمو بلغ 41.9 في المائة. وبالرغم من ذلك لا تزال الطباعة ثلاثية الأبعاد مفهوم حديث نسبياً للمنظمات العاملة في الدول النامية والتي تعاني من محدودية الموارد والافتقار إلى البنية التحتية الملائمة والمنافسة القوية.

هذه التكنولوجيا تم تطويرها بواسطة Charles Hull عام 1986 من خلال اختراع جهاز يعمل بطريقة التصوير الحجري المجسم Stereo Lithography (SLA) التي تعتمد على تجميع طبقات رقيقة من البوليمر السائل باستخدام الليزر، وأسس بعدها شركة 3D Systems المتخصصة في الطابعات ثلاثية الأبعاد ولذلك سمي " أبو الطباعة ثلاثية الأبعاد"، ومع بداية التسعينات ظهرت كتقنية جديدة في التطبيقات الصناعية لصناعة النماذج الأولية للمنتجات، الأمر الذي أدي إلي ظهور مصطلحات جديدة مثل النماذج الأولية السريعة والتصنيع السريع Rapid Manufacturing (محمود، 2019).

الطباعة ثلاثية الأبعاد أو التصنيع التجميعي والتي تعرف أيضاً بالتصنيع الرقمي المباشر Direct Digital Manufacturing هي عملية تجميع ودمج المواد ببعضها البعض لصناعة الكائنات أو الأشياء من نموذج البيانات ثلاثي الأبعاد CAD Model طبقة فوق الأخرى لتكوين النموذج النهائي المراد طباعته أي تحويل الشكل ثلاثي الأبعاد على الكمبيوتر إلى نموذج مجسم. وقد عرفها (Yeh and Chen, 2018) أنها عبارة عن مجموعة من تكنولوجيات التصنيع الرقمية التي تنتج مكونات طبقة فوق الأخرى من خلال الاستفادة الكاملة من المواد الخام، التي تعتمد على التصميمات بالكمبيوتر، بحيث يتم من خلالها إعادة إنتاج النموذج الرقمي عبر دمج المواد الخام (البوليمر، المعادن، السيراميك، الزجاج وغيرها) مع مصدر الطاقة (الليزر أو الأشعة الإلكترونية) لتشكيلها وصقلها وفقاً للتصميمات المسبقة.

تتم هذه العملية من خلال عدة خطوات حيث يقوم المستخدم أو المصَنِع باختيار التصميم الإلكتروني (النموذج ثلاثي الأبعاد بصيغة STL) ثم يقوم بتعبئة المادة الخام المراد استخدامها داخل الطابعة، التي تعمل بدورها من خلال الرؤوس المدمجة بها على تكوين طبقات من المادة الخام طبقة فوق الأخرى لتكوين الشكل النهائي المطلوب

(Mellor et al., 2014; Holzmann et al., 2017). واعتماداً على درجة تعقد التصميمات تكون لدي الطابعة القدرة على التحول بين الرؤوس المختلفة لتكوين الأشكال من المادة الخام المستخدمة مع عدد من الألوان والهياكل المختلفة، وبعد عدد من الحركات الأمامية والخلفية التي لا يمكن حصرها يتم تكوين النموذج أو المنتج المطلوب ثلاثي الأبعاد (Holzmann et al., 2017).

تستخدم في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد أنواع مختلفة من المواد الخام مثال البوليمر Polymers، والسيراميك Ceramics، والأسمنت Concrete، والزجاج Glass إضافة إلى السبائك أو المعادن Alloys ،إلا أن المواد المستخدمة تختلف باختلاف نوع النشاط أو الصناعة، فيعتبر كلا من السيراميك والأسمنت من المواد الأساسية المستخدمة في صناعة التشييد والبناء، وكذلك تستخدم مواد مثل الشوكولاتة واللحوم والمكرونة في الصناعات الغذائية (Zhenbin liu et al., 2017)، كما تعتمد الأنشطة الصناعية التي تستخدم المعادن علي أشعة الليزر أو الأشعة الإلكترونية عالية الطاقة لإذابة طبقات المسحوق المعدنية، أما بالنسبة للصناعات التي تعتمد على المواد البلاستيكية تستخدم أشعة ليزر منخفضة الطاقة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الربط الحراري أو الكيميائي لتشكيل المنتج من سائل خام أو مسحوق أو خيوط (Hafez et al., 2015).

إن ما يميز الطباعة ثلاثية الأبعاد أنه لا يوجد نموذج واحد يناسب أي شيء وكل شيء فتختلف طرق الطباعة باختلاف نوع المواد المستخدمة ومواصفات الأجزاء المراد طباعتها، ومن أهمها طريقة التصوير الحجري المجسم Stereo Lithography (SLA) التي تعتمد على الليزر وهي من أدق عمليات الطباعة ولكنها تحتاج إلى خطوات إضافية للمعالجة بعد الطباعة لوضع اللمسات الأخيرة على المواد المطبوعة. أيضا هناك طريقة معالجة الضوء الرقمي Digital Light Processing (DLP) وهي تشبه الطريقة السابقة مع اختلاف نوع وشكل مصدر الضوء مع استخدام الكريستال السائل وتتميز بأنها أعلي دقة ولا تحتاج لجهود كبيرة بعد الطباعة للحصول على المنتج النهائي (محمود، 2019).

تستخدم طريقة التذويب والتلبد بالليزر Laser Sintering &Melting (LSM) المواد المسحوقة حيث يتم الوصول للنموذج النهائي من خلال تنفيذ طبقات من المسحوق طبقة فوق الأخرى بمساعدة شعاع ليزر، وبعد الانتهاء من الطباعة يتم إزالة المسحوق الزائد عن القطعة المطبوعة وتتميز بقدرتها على طباعة الأشكال المعقدة أكثر من الطرق السابقة. كما تستخدم طريقة النفث أو القذف Extrusion مواد بلاستيكية حرارية وذلك عن طريق نفثها من خلال قاذف يسمي التشكيل من الترسيب المنصهر Fused Deposition Modeling (FDM).

إضافة للطرق السابقة هناك طريقة التذويب بالشعاع الإلكتروني Electronic Beam Melting (EBM) وهي تستخدم مواد ذات كثافة عالية مثل المعادن وبدلاً من الاعتماد على الليزر تستخدم شعاع الكتروني وتطبق بشكل كبير في الصناعات الطبية وصناعة الطائرات والسيارات (Dilberoglu et al., 2017) (محمود، 2019). ومؤخراً تم الاعتماد على أجهزة نفث أو بثق متعددة الفوهات والتي تسمح باستخدام أكثر من نوع من المواد Composite Material حسب طبيعة المنتج (Zhu et al., 2020)، وبالتالي أمكن استخدام عدة مواد في طباعة منتج واحد مرة واحدة بدلاً من طباعته في أجزاء وبشكل خاص في تقنية FDM وهي الأكثر استخداماً في القطاع الصناعي، وقد أصبح أكثر شيوعا على سبيل المثال في صناعة الألعاب التي تتكون من مزيج من المواد وألوان متعددة (Ali et al., 2019; Lee et al., 2017;).

في ضوء ما سبق فهناك حاجه إلى الفهم الواضح والدقيق لمشكلات ومقومات الطباعة ثلاثية الأبعاد وفرص المنظمات الصناعية المصرية في تطبيقها، وكيف يمكن استخدام هذه التكنولوجيا لتنفيذ الأنشطة الصناعية بطريقة فاعلة وكفؤه بخلاف الاعتماد على الممارسات الصناعية التقليدية مثال قوالب الصب والحقن.

(2) مجالات تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية المصرية

أحدثت تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد تغييرات جذرية في طرق وعمليات التصميم والتصنيع التقليدية، فتعد حرية ومرونة التصميم، والتخصيص كبير الحجم Mass Customization، وتقليل الفاقد والهدر، والقدرة على صناعة الهياكل المعقدة والنماذج السريعة، وتخفيض الطاقة المستهلكة، جميعها من الفوائد الرئيسة لهذه التكنولوجيا. (Jiang et al., 2017; Mellor et al., 2014)، كما تعمل أيضا على تخفيض التكاليف الاستثمارية المطلوبة حيث لا تتطلب أدوات أو تجهيزات إضافية، وكذلك إمكانية طباعة الأجزاء والتصميمات المعقدة في قطعة واحدة مرة واحدة، ولا تتطلب– تقريباً- وقت إعداد وتجهيز للطابعة قبل عملية الطباعة مما يحقق المرونة والسرعة في معالجة الطلبيات واحتياجات العملاء (Ali et al., 2019). وعلى الرغم من ذلك لم يتم توظيف هذه التكنولوجيا بشكل كامل في الصناعات المختلفة (Capetaniou et al., 2018).

تشير الدراسات السابقة الي تطبيق هذه التكنولوجيا في عدد من الصناعات مثال الصناعات الطبية نظرًا لقدرتها على إنتاج منتجات متنوعة من النماذج والصور ثلاثية الأبعاد باستخدام الأنسجة الحيوية لصناعة الأعضاء البشرية (Thomas, 2015) والأطراف الصناعية وتركيبات الأسنان (Steenhuis and Pretorius, 2016)، وجراحة العمود الفقري وصناعة الأدوات المستخدمة في الجراحات المختلفة (Garg and Mehta, 2018; Hafez et al., 2015). إستخدمت الطباعة ثلاثية الأبعاد أيضاً في صناعة التشييد والبناء (Sakin and Kiroglu, 2018; Kothman and Faber, 2016)، والصناعات الغذائية (Liu et al., 2017) باستخدام مواد مثل الشوكولاتة واللحوم والمكرونة، وصناعة الملابس والغزل والنسيج (Spahiu et al., 2020) وصناعات الفضاء، وصناعة الطائرات والسيارات، وصناعة المجوهرات والحُلي (Steenhuis and Pretorius, 2016; Attaran, 2016).

يعتبر تخصيص المنتجات Product Customization من أكبر التحديات التي تواجه المنظمات الصناعية نتيجة لارتفاع تكاليف إنتاج منتجات مخصصة وفقاً لرغبات العملاء بكميات صغيرة وعدم تحقيق وفورات الإنتاج كبير الحجم، ولذلك تعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد من التكنولوجيات الواعدة في تخفيض التكاليف بشكل كبير نظراً لقدرتها على صناعة نماذج ثلاثية الأبعاد بكميات صغيرة من المنتجات المخصصة لكل شريحة من العملاء بتكلفة منخفضة (Ngo, et al., 2018) .

من هذا المنطلق اهتمت الحكومة المصرية بدعم عملية نشر ونقل التكنولوجيا الجديدة إيماناً منها بدورها كمحرك رئيسي للنمو الاقتصادي والتنمية المستدامة، وبشكل خاص في القطاع الصناعي من خلال تسخير تكنولوجيا المعلومات والإتصالات والتطورات التكنولوجية لخدمة التنمية، وبالرغم من الخطوات الملموسة التي حققتها مصر في هذا القطاع إلا أنه لا تزال هناك العديد من التحديات والمعوقات المتعلقة بالتكلفة، وجودة الخدمة، والطلب المتزايد على المحتوي الرقمي والتكامل التكنولوجي والتي أدت إلى عدم تحقيق معدل النمو المطلوب (UNCTAD, 2017).

يعتبر القطاع الصناعي المصري أحد الدعائم الأساسية والمحاور الهامة لخطة التنمية المستدامة مصر 2030 وركيزة أساسية لتحقيق الهدف الخاص بتعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل (رؤية مصر 2030)، حيث بلغ عدد الشركات الصناعية عام 2018 والمسجلة بالهيئة العامة للتنمية الصناعية 38965 شركة في 137 منطقة صناعية، يعمل بها نحو 990390 عامل، وتساهم بحوالي 17.7 في المائة من الناتج المحلي الإجمالي، وتستوعب نحو 30 في المائة من العمالة. (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، 2019؛ بوابة معلومات مصر،2019) ومن ثم فإن تبني وتطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بواسطة المنظمات الصناعية يمكن أن يكون أحد الأدوات بالغة الأهمية في حل المشكلات الحالية بالقطاع الصناعي في مصر والمرتبطة بانخفاض الإنتاجية وارتفاع تكاليف الإنتاج وتلوث البيئة وتراكم المخزون وإهدار الطاقة وغيرها.

(3) مشكلة وتساؤلات الدراسة

لقد بدأ العمل على إدخال تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في مصر منذ عام 2004 من قبل أول مختبر لأبحاث النماذج الأولية السريعة والتصنيع في المعهد المركزي لبحوث وتطوير الفلزات (CMRDI) التابع لأكاديمية البحث العلمي (www.rpcmrdi.org)، كما أن هناك تطور ملحوظ في نمو الطباعة ثلاثية الأبعاد في مصر بشكل خاص في التطبيقات الطبية مثل تصنيع الأدلة والدعامات الجراحية وزراعة الأسنان، وكذلك إنتاج الأدوات الطبية والأجهزة التعويضية، إلا أن التطبيقات الصناعية لازالت في مراحلها التمهيدية حيث أن أبرز المواد المستخدمة هي البوليمر أو البلاستيك وهي الأكثر استخداماً في صناعة النماذج الأولية (Hafez et al., 2015).

وبينما تتوجه استراتيجية التنمية المستدامة مصر 2030، واستراتيجية وزارة الصناعة والتجارة إلى دعم عملية التحول الرقمي لتحقيق أهداف التنمية المستدامة وتسريع عمليات التنمية الصناعية وتعميق التصنيع المحلي، فمن الأمور الهامة ضرورة إيجاد طرق جديدة وإدخال تكنولوجيات جديدة صديقة للبيئة لمساعدة المنظمات الصناعية المصرية على تحسين الإنتاجية وتحقيق التنمية في القطاع الصناعي وتقليل الفاقد والهدر في الموارد وخفض استهلاك الطاقة. ولتحقيق هذه الأهداف يسعي هذا البحث إلى تحليل وتطوير فهماً أوضح لاستكشاف مختلف العوامل المؤثرة على تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بواسطة المنظمات الصناعية المصرية.

وفي ضوء ما سبق، تكمن المشكلة الرئيسة وراء هذا البحث في الحاجة إلى التعرف على وفهم العوامل المختلفة التي يمكن أن تؤثر على تبني وتطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بواسطة المنظمات الصناعية المصرية، ونظراً إلي أن النظريات والدراسات في هذا المجال لازالت قليلة، لذلك فهناك حاجة إلى وجود المزيد من الدراسات التي تشكل خطوة هامة نحو بناء نظرية في مجال تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة بشكل عام، وتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل خاص، وفي هذا السياق يسعي هذا البحث إلى معالجة المشكلة البحثية السابقة لدعم تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد كتكنولوجيا صناعية من خلال محاولة الإجابة على التساؤلات البحثية التالية:

(3-1) ما هو إطار العمل/ النموذج الذي يمكن إستخدامه لدراسة العوامل المختلفة المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد؟

(3-2) ما هي العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بواسطة المنظمات الصناعية المصرية؟

(3-3) ما هي الأهمية النسبية لكل عنصر من هذه العوامل في تأثيرها على تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية المصرية؟

(4) أهداف الدراسة

تتمثل الأهداف الرئيسة لهذه الدراسة فيما يلي:

(1-4) تطوير فهما واضحاً ومتعمقاً حول العوامل المختلفة المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بواسطة المنظمات الصناعية المصرية.

(2-4) توضيح وتطوير نموذج منهجي متكامل لتفسير العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية.

(3-4) توضيح العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بواسطة المنظمات الصناعية المصرية.

(4-4) مناقشة وتوضيح أهمية كل عنصر من هذه العوامل المؤثرة؟ وأكثرها تأثيراً في تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية المصرية.

عند تحقيق هذه الأهداف سوف يكون لدي الباحثين والممارسين نظرة واضحة لإعداد مزيد من الدراسات المستقبلية، واتخاذ خطوات جادة نحو التطبيق الناجح لتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي تساهم بدورها في التراكم المعرفي في هذا المجال.

(5) الأدبيات السابقة

يلاحظ من استعراض الأدبيات السابقة حول الطباعة ثلاثية الأبعاد أنها لا تزال في مهدها، كما يتبين قلة الدراسات الميدانية مقابل الدراسات النظرية في هذا المجال، فقد أوضحت دراسة (Mellor et al., 2014) حول العوامل المؤثرة على تطبيق تكنولوجيا التصنيع التجميعي بإحدى الشركات الأوروبية الرائدة في مجال توريد المواد البلاستيكية والمعدنية أنها تتضمن مجموعة العوامل الخارجية "ضغوط المنافسة، القوانين والتشريعات البيئية، متطلبات العملاء"، والعوامل التكنولوجية" التجهيزات، المعايير ومستوي النضج التكنولوجي، الفوائد المحققة من التكنولوجيا"، والعوامل التنظيمية "حجم المنظمة، الهيكل التنظيمي، خبرة ومهارة العمالة، الثقافة التنظيمية"، والعوامل الاستراتيجية" التكامل بين استراتيجية المنظمة واستراتيجية البحوث والتطوير"، إضافة إلى العوامل التشغيلية "التصميمات وتخطيط العمليات، رقابة الجودة، منظومة التكاليف"، وسلسلة التوريد" بائعي التكنولوجيا، موردي المواد، وموقع التصنيع".

بينما أوضح (Attaran , 2016) أن التحديات الرئيسة لتطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد تتمثل في حالة التكنولوجيا التي لا تزال في مراحلها التطويرية، وتكلفة أجهزة الطباعة والمواد الخام التي لا تزال مرتفعة نسبياً، وحجم السلع المراد إنتاجها والتي كلما ازداد الحجم تتطلب طباعتها في أجزاء منفصلة ثم إعادة تجميعها والذي يمكن أن يستغرق مزيد من الوقت، والتشريعات والقوانين الحكومية في مجال حقوق الملكية الفكرية وإمكانية المسائلة عن المنتجات المطبوعة. في حين ركزت بعض الدراسات الأخرى (Rylands et al., 2016) على العوامل التكنولوجية من خلال اختبار كيفية تبني ثمانية شركات صغيرة ومتوسطة بشمال غرب إنجلترا لتكنولوجيا

التصنيع التجميعي ودراسة حالة إثنين من هذه الشركات، وأوضحت النتائج أن هذه التكنولوجيا أحدثت تغيراً في توليد القيمة وإنشاء قنوات جديدة للقيمة كما أنها تتكامل مع أنظمة التصنيع التقليدية وليست بديلاً عنها في الشركات محل الدراسة، لذلك فإن هناك حاجة لمزيد من الدراسات التي تعالج العوامل التنظيمية وعدم التركيز على العوامل التكنولوجية فقط.

واعتماداً على نموذج قبول التكنولوجيا Technology Acceptance Model (TAM) ونظرية نشر الابتكار (IDT) Innovation Diffusion Theory تناولت دراسة (Wang et al., 2016) العوامل المؤثرة على قرار الأفراد المستهلكين تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنزل من خلال دراسة ميدانية لـ (265) مشارك بالصين، وقد أوضحت النتائج أن كلاً من سهولة الاستخدام المدركة، والفائدة المدركة من قبل الأفراد تؤثر ايجابياً على نواياهم نحو تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد، كما تبين وجود تأثير معنوي معدِل للسن والنوع عند إدراك سهولة الاستخدام علي نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، بينما لم يتبين وجود تأثير معنوي معدِل (لا توجد فروق) للنوع وكذلك المستوي التعليمي فيما يتعلق بتأثير الفائدة المدركة علي نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بين كلا النوعين الذكور والإناث.

كما سعت دراسة (Kianian et al., 2016) إلى تفسير كيفية تبني تكنولوجيا التصنيع التجميعي بواسطة 70 مستخدم لهذه التكنولوجيا بالشركات والجامعات والمعاهد البحثية بالسويد، والتعرف على العوامل التي تفسر التباين في تبني هذه التكنولوجيا بين المستخدمين. وأوضحت النتائج أن هناك اختلافات بين اختيارات المستخدمين لتطبيقات التصنيع التجميعي وأن غالبية المستخدمين قاموا بتوسيع هذه التطبيقات لتتخطي صناعة النماذج الأولية وتستخدم في صناعة المنتج النهائي وأن هناك عاملان أساسيان يؤثران ايجابياً على قرارات المنظمات بتبني هذه التكنولوجيا هما استخدام طرق متعددة (بخلاف طريقة الترسيب المنصهر FDM) وأن تكون شركة صغيرة وأن هذه الشركات الصغيرة والمتوسطة تقود تبني واستخدام تطبيقات التصنيع التجميعي في السويد.

بالإضافة لذلك تناولت دراسة (Chaudhuri et al., 2019) دور مقدمي خدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مواجهة تحديات تبني هذه التكنولوجيا في سبعة شركات صناعية وثلاثة من مقدمي الخدمات بالدانمارك وألمانيا، وأظهرت أن أبرز تحديات تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد هي الصعوبة في استخدام مواد معينة وتهيئة نموذج عمل مناسب، وعدم وجود حلول التوصيل والتشغيل المقدمة من الشركات المصنعة، والافتقار إلي التدريب والدعم التعليمي، والقضايا المرتبطة بجودة المنتج النهائي، وارتفاع تكلفة الصيانة وقطع الغيار.

على صعيد آخر أوضحت بعض الدراسات السابقة أنه يمكن الاعتماد على إطار عمل التكنولوجيا – المنظمة – البيئة Technology-Organization-Environment (TOE) كأداة هامة لتحليل العوامل المختلفة المؤثرة على تبني التكنولوجيا الجديدة في منظمة ما. وفي هذا السياق اهتم عدد من الباحثين بالمزج بين عوامل عده واختبار عوامل تكنولوجية وبيئية وتنظيمية مختلفة لأنواع مختلفة من التكنولوجيات الجديدة وقد تم تبني إطار عمل TOE على نطاق واسع (Baker , 2012)، فقد تناول (Yeh and Chen, 2018) تطوير إطار عمل TOEC لتحديد عوامل نجاح تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمشروعات الصناعية في تايوان اعتماداً على منهجية التحليل الهرمي AHP، وقد أشارت الدراسة إلى أن العوامل المرتبطة بالتكلفة من أكثر العوامل أهمية في تبني

هذه التكنولوجيا تتفق مع دراسة (Steenhuis and Pretorius, 2016) تليها العوامل البيئية ثم التكنولوجية واخيراً التنظيمية.

علاوة على ذلك أبرزت الدراسات السابقة أن التكلفة تلعب دوراً هاماً في تبني وتطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد (Brooks et al., 2014; Weller et al., 2015) وتحديداً أنواع مختلفة من التكاليف المهيكلة المرتبطة بالآلات والمواد الخام والعمالة، إضافة إلى التكاليف غير المهيكلة مثال تلك المرتبطة بالتالف من المنتجات وإعداد وتجهيز الآلات بالإضافة إلى المخزون والتي تدخل في نطاق التكلفة الكلية للتطبيق في الأنشطة الصناعية. وفي نفس السياق تناول (Steenhuis and Pretorius, 2016) العوامل المؤثرة على تبني المستهلكين للطابعات ثلاثية الأبعاد، وأوضح أن العوامل المرتبطة بالتكلفة تعد من أبرز العوامل المؤثرة، على الرغم من أن تكلفة الطابعات ثلاثية الأبعاد الشخصية أقل سعراً من مثيلاتها للعمليات الصناعية، كما أن هناك انخفاض في مستويات التطبيق في الشركات الصناعية بجنوب افريقيا ويحتاج للتحسين.

على صعيد آخر تناولت دراسة (Liu et al., 2017) أهمية الطابعات ثلاثية الأبعاد لصناعة الأغذية نظراً لقدرتها على تحقيق تصميمات حسب الطلب للمنتجات الغذائية وتوسيع قاعدة المادة الخام المستخدمة في الصناعات الغذائية، كما أفادت أن أبرز العوامل المؤثرة على طباعة تصميمات عالية الدقة هي خصائص المواد الخام، خصائص العمليات الصناعية، أساليب المعالجة بعد الطباعة، وأن أهم معوقات طباعة الأغذية هي درجة دقة الطباعة، وانتاجية العملية، وطباعة منتجات متعددة الألوان والهياكل ومتداخلة الطعم.

اعتماداً على نظرية نشر الابتكار IDT والنظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)، تناولت دراسة (Schniederjans, 2017) العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد من وجهة نظر 270 مدير من مديري الإدارة العليا بالمنظمات الصناعية بالولايات المتحدة الأمريكية، وقد أظهرت النتائج أن دعم الإدارة العليا يؤثر على احتمالات سرعة تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، وأن كلاً من الميزة النسبية المدركة وتوقعات الأداء تؤثر معنوياً على نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، وأن تأثير درجة التعقيد وتوقعات الجهد المبذول لم يكن واضحاً علي نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. وهي تتفق مع نتائج دراسة (Wang et al., 2016).

كما اعتمدت دراسة (Marak et al., 2019) على نظرية نشر الإبتكار IDT في التعرف على العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في 90 شركة صناعية وخدمية بالهند من خلال استبيان تم توزيعه على مديري الإدارة العليا والوسطي، وقد خلصت إلى أن هناك تأثير معنوي لكل من الميزة النسبية وسهولة الاستخدام وإمكانية التجربة والاختبار على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، بينما لم يكن هناك تأثير معنوي لكل من التوافق المدرك وإمكانية ملاحظة النتائج.

في ضوء استعراض الأدبيات السابقة يتضح أن هناك عدد قليل جداً من الدراسات الميدانية التي اختبرت كيفية تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالتركيز على الجوانب الإدارية والتنظيمية والأبعاد الاقتصادية - الاجتماعية، فمن الملاحظ تركيز غالبية الدراسات على الأبعاد التكنولوجية في مجالات الهندسة وعلوم المواد وعلوم الحاسب، كما تبين عدم الاعتماد على نموذج أو نظرية واحدة لتفسير العوامل المؤثرة على تبني هذه التكنولوجيا. ومن ثم يجب

المزج بين العديد من أطر العمل والنظريات المقترحة بواسطة الباحثين بحيث تؤخذ في الاعتبار العوامل المختلفة المؤثرة علي تبني وتطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية، وبغض النظر عن الدراسات التي أجريت في الدول المتقدمة والأقل تقدماً يتبين ندرة الدراسات السابقة في هذا المجال، كما أنه - وفقاً لما نمى إلي علم الباحثين - لا توجد دراسة واحدة تم إجرائها في مصر أو أي دولة عربية أخري تناولت العوامل المؤثرة علي تبني وتطبيق هذه التكنولوجيا في القطاع الصناعي، الأمر الذي يعكس الفجوة البحثية في مجال تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة بشكل عام، والطباعة ثلاثية الأبعاد كأحد تطبيقاتها بشكل خاص. ولتغطية هذه الفجوة البحثية هناك حاجة لإجراء مزيد من الدراسات لتوضيح الأبعاد المختلفة المؤثرة على تبني هذه التكنولوجيا في مصر والدول العربية وهو الدافع للقيام بهذا البحث.

(6) صياغة نموذج الدراسة

هناك عدد من النظريات والنماذج التي تم اقتراحها لتفسير تبني وقبول الأفراد للتكنولوجيا الجديدة ونواياهم لاستخدامها (Oliveira and Martins, 2011) منها نظرية نشر الابتكار التي طورها (Rogers, 1995) بالاعتماد على نظريتي التصرف المبرر Theory of Reasoned Action، والسلوك المخطط Theory of Planned Behavior، ونموذج قبول التكنولوجيا الذي طورة (Davis) عام 1989 وتمت مراجعته بواسطة (Venkatesh and Davis, 1996)، وتطويره وامتداده ليصبح (TAM2) الذي طوره (Venkatesh and Davis , 2000) وصولاً لقيام (Venkatesh; Morris and Davis, 2003) بتقديم النظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا (Lai , 2017). ومؤخراً نموذج قبول التكنولوجيا TAM3 الذي طوره (Venkatesh and Bala, 2008). ويمكن الإشارة إلى مضمون كل نظرية أو نموذج باختصار فيما يلي:

تم تقديم نموذج قبول التكنولوجيا TAM لأول مرة كتطوير لنظرية التصرف المبرر من قبل (Davis) عام 1989 لتفسير كيفية قبول واستخدام نظم وتكنولوجيا المعلومات، حيث تستخدم النوايا السلوكية للتنبؤ بقبول واستخدام التكنولوجيا والتي تتأثر بدورها بالاتجاهات نحو الاستخدام Attitude Toward Use بالإضافة لكل من سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة. هذا النموذج تم مراجعته وتعديله بواسطة (Venkatesh and Davis) عام 1996 باستبعاد الاتجاهات نحو تبني التكنولوجيا نظراً لانخفاض قدرتها التفسيرية (R^2) على تبني التكنولوجيا الجديدة (Lai , 2017).

قام (Venkatesh and Davis, 2000) بتطوير نموذج قبول التكنولوجيا TAM2 لمحاولة الوصول إلى تفسيرات أوضح حول أسباب اعتقاد المستخدمين أن تكنولوجيا أو نظام ما مفيد لهم بما يشكل إدراكات تتعلق بالفائدة المدركة لهذا النظام أو هذه التكنولوجيا، لذلك تم إزالة مكون التوجه نحو الاستخدام _ الذي يتوسط التأثيرات بين الفائدة المدركة وسهولة الاستخدام المدركة في النموذج الأصلي _ وتم إضافة متغير جديد هو العادات الشخصية Subject Norm لقياس التأثير الاجتماعي للزملاء أو أرباب العمل الذي يدفع المستخدمين لاستخدام تكنولوجيا معينة جديدة. (Lai, 2017; Sharifzadeh et al., 2017). ومؤخراً تم اقتراح نموذج TAM3 بواسطة (Venkatesh and Bala, 2008) وإضافة محددات أخري لنموذج TAM لتكوين أربعة عوامل إضافية هي الفروق الفردية وخصائص النظام والتأثير الاجتماعي وظروف التسهيلات.

من ناحية أخري، اقترح (Rogers, 2003) نظرية نشر الإبتكار IDT لوصف وتفسير تبني التكنولوجيات الجديدة تتضمن خمس متغيرات ابتكارية هامة هي: الميزة النسبية، التوافق، درجة التعقيد، القابلية للتجربة، وإمكانية ملاحظة النتائج. وهي تتمحور حول توصيل الابتكارات من خلال قنوات مختلفة بمرور الوقت داخل نظام اجتماعي معين. وتشبه الميزة النسبية الفائدة المدركة في حين أن درجة التعقيد تشبه سهولة الاستخدام المدركة في نموذج TAM، بينما يشير التوافق إلى الدرجة التي ينظر فيها لإبتكار ما على أنه يتسق مع القيم والخبرات السابقة واحتياجات المستخدمين. كما يعتبر البعض أن المتغيرات المستخدمة في نموذج TAM هي في الأساس مجموعة فرعية من خصائص الابتكار المدركة (Sharifzadeh et al, 2017; Pak et al., 2019).

على صعيد أخر قام (Venkatesh et al., 2003) بتضمين أربعة محددات رئيسة لتكوين نموذج أطلق علية النظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا UTAUT وهي: توقعات الأداء، وتوقعات الجهد، التأثير الاجتماعي، ظروف التسهيلات، إضافة إلى أربعة متغيرات حاكمة هي: النوع، والعمر، والتطوع، والخبرة. وربما تكون هذه النظرية من النماذج القوية نظراً لهيكلها المتكامل وقدرتها التفسيرية الأكبر، إلا أنه بالرغم من كونها امتداد لنموذج قبول التكنولوجيا TAM لم تختبر التأثيرات المباشرة التي قد تكشف علاقات جديدة بالإضافة لاستبعاد عوامل هامة وفقاً للافتراضات التي قامت عليها هذه النظرية. أيضاً تم تطوير هذه النظرية بظهور UTAUT 2 التي تتناول تفسير تبني التكنولوجيا في محتوي العملاء والمستهلكين (Halassi et al., 2019) من خلال سبعة عناصر تؤثر على نوايا المستهلكين لقبول واستخدام التكنولوجيا هي: دوافع المتعة Hedonic Motivations، وقيمة السعر Price Value، والعادة Habit، بالإضافة لأبعاد UTAUT.

بناء على ما سبق، وعلى الرغم من أن نماذج TAM 1, 2, 3 ونظرية IDT، والنظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا UTAUT تأخذ في الاعتبار عوامل هامة عند نشر وتبني التكنولوجيا الجديدة من وجهة نظر الأفراد، إلا أنهم يهملون بعض العوامل الأخرى سواء داخل المنظمة أو خارجها والتي يمكن أن تؤثر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (Lai, 2017; Moeser et al., 2013)، من ناحية أخري أفادت بعض الدراسات مثال (Lai , 2017; Schniederjans, 2017; Halassi et al., 2019) أن التأثير الاجتماعي الوارد في نماذج TAM3, UTAUT كان ضعيف جداً وبالتالي له قدرة تفسيرية أقل لتفسير النوايا السلوكية لاستخدام التكنولوجيا الجديدة.

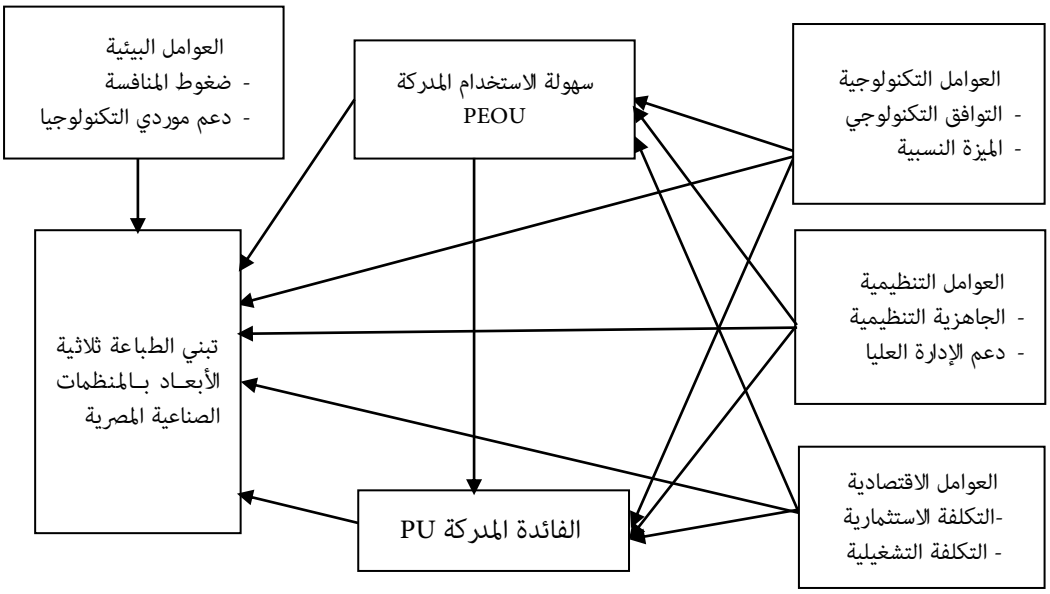
لقد حظي نموذج TAM بإعترافاً وقبولاً كبيراً بين الباحثين منذ تطويره، وأصبح أكثر ملائمة من نظريتي التصرف المبرر TRA والسلوك المخطط TPB في التنبؤ بالنوايا السلوكية لمستخدمي التكنولوجيا، وفي النطاق الإداري حقق النموذج قدرة تفسيرية أعطته مصداقية كبيرة في مجالات مختلفة (Teo et al., 2019) وعلى هذا الأساس تم الاعتماد على نموذج TAM كنموذج أساسي في هذا البحث لاستكشاف العوامل التي تؤثر على تبني وقبول تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في القطاع الصناعي.

وعلى الرغم من الدعم الكبير لنموذج TAM إلا أنه أهمل بعض العوامل الداخلية والخارجية التي يمكن أن تؤثر على تبني التكنولوجيا، كما أن العوامل الخارجية في هذا النموذج غير محددة بشكل واضح ويفسر بُعديه حوالي 40 % فقط من استخدام النظام. لذلك اقترح غالبية الباحثين ضرورة تضمين متغيرات إضافية في هذا النموذج لزيادة قدرته التنبؤية على تفسير تبني التكنولوجيا الجديدة عما إذا تم الاعتماد على هذا النموذج بمفرده (Sharifzadeh et al. 2019; Pak et al. 2019).

من ناحية أخري، قام Tornatzky and Fleischer عام 1990 بتطوير إطار عمل التكنولوجيا – المنظمة – البيئة TOE الذي يتناول كيفية تبني الابتكارات الجديدة على مستوي المنظمة، من خلال تصنيف العوامل المؤثرة على تبني التكنولوجيا إلى ثلاثة أبعاد رئيسة هي التكنولوجيا: ويقصد بها خصائص التكنولوجيا الحالية المستخدمة بالمنظمة أو التكنولوجيا الجديدة التي تنوي استخدامها. والمنظمة: وتشير إلى الخصائص التنظيمية التي تدعم تبني التكنولوجيا الجديدة. والبيئة: وترتبط بالبيئة الخارجية التي تعمل بها المنظمة، ويتمحور هذا الإطار حول توظيف واستخدام هذه العوامل الثلاثة معاً بما يعطي مزايا تفوق نماذج ونظريات تبني التكنولوجيا الأخرى (Mangula et al., 2017; Al-Shura et al., 2018). ثم قام (Yeh and Chen, 2018) بإضافة التكلفة كأحد العوامل الهامة المؤثرة على تبني التكنولوجيا الجديدة بالإضافة للعوامل التكنولوجية والتنظيمية والبيئية.

أفاد بعض الباحثين أن إطار عمل TOE يوفر صورة شاملة لتبني المستخدمين للتكنولوجيا والتنبؤ بالتحديات التي تواجههم عند تطبيقها، إضافة لخلوه من قيود نوع الصناعة وحجم المنظمة. إلا أنه من ناحية أخري يتضمن متغيرات غير واضحة وأكثر عمومية تحتاج لتدعيمها وتكاملها مع نماذج أخري تتضمن أبعاد محددة، كما أنها تختلف باختلاف طبيعة التكنولوجيا أو النظام المستخدم. ومن ثم لا توجد مجموعة محددة ومشتركة من المتغيرات التي يمكن تعميمها لتفسير تبني التكنولوجيا (Gangwar et al., 2015).

لذلك تماشياً مع الاتجاه البحثي القائل بضرورة المزج والدمج بين أكثر من نظرية أو نموذج للوصول لتفسيرات دقيقة لكيفية تبني التكنولوجيا (Schniederjans, 2017; Sharifzadeh et al., 2017; Teo et al. 2019; Wang et al., 2016). اعتمد البحث على المزج بين إطار عمل TOEC التكنولوجيا- المنظمة – البيئة- التكلفة الذي طوره (Yeh and Chen, 2018) نظراً لاعتماده منهجية العوامل متعددة الأبعاد Multi-dimensional Factors وأبعاد نموذج قبول التكنولوجيا TAM الذي طوره (Venkatesh and Davis) عام 1996 لقياس العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية المصرية، كما تم الاعتماد على المقاييس الواردة بكلا النموذجين مع تنقيحها وتطويرها بما يتناسب مع أهداف البحث وطبيعة المستقصي منهم، والذي يتضمن الأبعاد التكنولوجية، والتنظيمية، والبيئية، والتكلفة، بالإضافة لأبعاد نموذج TAM سهولة الاستخدام المدركة، والفائدة المدركة. وبالتالي تم صياغة النموذج المقترح للبحث كما يلي:



شكل 1: النموذج المقترح للدراسة في ضوء التكامل بين TAM وTOEC

(7) فروض الدراسة

يتناول الجزء التالي العوامل المختلفة المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في ضوء النموذج المقترح لصياغة فروض البحث فيما يلي:

(7-1) العوامل التكنولوجية

تشير هذه العوامل الي جميع الأساليب التكنولوجية المتاحة للمنظمة وكيف تؤثر خصائص ومميزات هذه التكنولوجيا على تبنها مثال التوافق والتكامل التكنولوجي، والميزة النسبية (Oliveira and Martins , 2011). فقد أوضح (Zhu et al., 2006) أن عدم كفاية الموارد الفنية وتكاملها مع بعضها البعض يعوق عمليات تبني وتطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي قد ترتبط بعدم النضج في ممارسات هذه التكنولوجيا ويجب أخذها في الاعتبار من قبل متخذي القرارات. وتشير البنية التحتية التكنولوجية إلى توافر الطابعات والتصميمات ثلاثية الأبعاد والتكامل مع أنظمة المعلومات وبرمجيات التصميمات ثلاثية الأبعاد وأجهزة المسح ثلاثي الأبعاد (Capetaniou et al., 2018).

وقد رأي (Oettmeier and Hofmann, 2016) أن البنية التحتية التكنولوجية (الأجهزة، البرمجيات، أنظمة المعلومات) تلعب دوراً جوهرياً في عملية تبني وتطبيق التكنولوجيا، وتؤثر أيضاً على الاستخدام الأمثل لتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد على امتداد سلسلة التوريد، حيث تستطيع هذه التكنولوجيا المزج بين التصميمات المدعومة بالكمبيوتر CAD والأساليب الصناعية الرقمية الأخرى مثال التصوير بالرنين المغناطيسي ونظم تخطيط موارد المشروع ERP ونظم التصنيع المتكامل بالكمبيوتر CIM. وبناء على ذلك فإن المنظمات التي لديها درجة أكبر

من الجاهزية التكنولوجية تكون في موقف أفضل من غيرها في تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد داخل عملياتها الصناعية المعتادة (Quan et al., 2015).

أوضحت الدراسات السابقة أن التوافق والتكامل التكنولوجي يؤثر ايجابياً في تطبيق أدوات تكنولوجيا المعلومات وفي سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة (Kamble et al., 2018; Liu and Sun, 2011; Lin, 2009) . ويشير التكامل التكنولوجي إلى درجة الربط والتكامل بين نظم المعلومات الصناعية وقواعد البيانات والتكنولوجيا المستخدمة (Zhu et al., 2006). ويشير التوافق Compatibility إلى درجة إدراك أن ابتكار ما يتماشى أو يتفق مع القيم الحالية والخبرات السابقة واحتياجات المستخدمين المحتملين، ولذلك يجب أن تتوافق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد مع ثقافة المنظمة واحتياجاتها (Arnold et al., 2018). كما يقع على عاتق متخذي القرارات ضرورة التكامل بينها وبين أنظمة المعلومات في المنظمات الصناعية مثال CAD،ERP وكذلك أنظمة معلومات الشركاء والموردين وأساليب التشغيل، وبالتالي من المقترح أن تكون هناك علاقة ايجابية بين التكامل والتوافق التكنولوجي وتبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. فكلما أدرك المستخدمون (الحاليون والمحتملون) أن الطباعة ثلاثية الأبعاد متوافقة مع البنية التحتية الحالية بالشركات الصناعية كلما يميلون بشكل أكبر لتبنيها.

من ناحية أخري ترتبط الميزة التنافسية للمنظمة بتطبيق التكنولوجيا الجديدة، وهو ما يعرف بالميزة النسبية للتكنولوجيا التي يشير إليها (Arnold et al., 2018) بأنها درجة إدراك أن ابتكار ما يعد أفضل من أي ابتكار أو تكنولوجيا أخري تحل محله. والتي تأتي من قدرة الطباعة ثلاثية الأبعاد على تخفيض تكاليف التشغيل وتقليل الفاقد والهدر في الموارد وزيادة الأرباح. فعلي النقيض من نظام الإنتاج كبير الحجم Mass Production الذي يتطلب تنميط المنتجات، تسمح الطباعة ثلاثية الأبعاد للمنظمات بإنتاج سلع حسب الطلب دون إحداث تغييرات كبيرة على خطوط الإنتاج وبتكلفة منخفضة (Mellor et al., 2014; Ngo, et al., 2018). وبالتالي تؤثر العوامل التكنولوجية السابقة ايجابياً على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، وعلي سهولة استخدامها والفوائد المدركة منها.

وتأسيساً على ما سبق، يمكن اقتراح الفروض التالية:

H1a: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للتوافق والتكامل التكنولوجي على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H1b: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للتوافق والتكامل التكنولوجي على سهولة الاستخدام المدركة للطباعة ثلاثية الأبعاد.

H1c: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للتوافق والتكامل التكنولوجي على الفائدة المدركة من الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H2a: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للميزة النسبية على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H2b: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للميزة النسبية على سهولة الاستخدام المدركة للطباعة ثلاثية الأبعاد.

H2c: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للميزة النسبية على الفائدة المدركة من الطباعة ثلاثية الأبعاد.

(2-7) العوامل التنظيمية

تؤثر العوامل التنظيمية على نوايا المنظمات في الاستفادة من وتطبيق التكنولوجيا الجديدة (Wu and Chen, 2014)، وتشير هذه العوامل إلى مختلف الظروف التنظيمية داخل المنظمات مثال الجاهزية والاستعداد التنظيمي لتطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد، ودعم الإدارة العليا واللذان يشكلان أساساً لدعم أو إعاقة التطبيق.

تم الإشارة للجاهزية والاستعداد التنظيمي على أنه الوظائف المرتبطة بتقييم التغيرات التنظيمية الناجمة عن إدخال التكنولوجيا الجديدة والخبرات والمهارات اللازمة والثقافة التنظيمية، وتقييم ما إذا كانت المنظمة مجهزة بالموارد المالية والفنية الكافية واللازمة للاستثمار في التكنولوجيا (Zhu et al., 2006)، وفي ظل هذا المنظور المعتمد على الموارد يمكن اعتبار تبني وتطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد نوع من الاستثمارات التي يمكن أن تؤدي إلى توفير قدرات وفوائد تصنيعية كبيرة (Mellor et al., 2014). كما أنها تصف مدي إدراك المديرين وتقييمهم لدرجة الوعي والالتزام بتبني التكنولوجيا الجديدة داخل منظماتهم.

أوضحت الدراسات السابقة أيضاً أن للمعوقات الإدارية دوراً مؤثراً في التطبيق الناجح لتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد (Lin and Sun, 2011; Chaudhuri et al., 2019) ويكمن ذلك في تغيير الوظائف أو المهام والأنشطة الصناعية والتي تتطلب بدورها تغيير الممارسات التشغيلية والهياكل التنظيمية وأساليب الإنتاج المستخدمة، وفي هذه الحالة فإن التغلب على المعوقات التنظيمية يساهم في التطبيق الناجح لتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد، ويساعد في إدراك مدي سهولة استخدامها والفوائد المحتملة منها (Oliveira and Martins , 2011).

من ناحية أخري، يعتبر دعم الإدارة العليا من العوامل بالغة الأهمية لتبني وتطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد (Chaudhuri et al., 2019; Schniederjans, 2017) والذي يرتبط بالأهداف الاستراتيجية للمنظمة وطبيعة العمليات الصناعية واستراتيجية البحوث والتطوير وهي أمور هامة عند تطبيق التكنولوجيا الجديدة. حيث تعمل الإدارة العليا على تحقيق التكامل والتنسيق بين الوحدات التنظيمية وتوفير الدعم المالي وتخصيص الموارد وحل الصراعات وتبني مبادرات الطباعة ثلاثية الأبعاد في العمليات الصناعية لتحقيق الفوائد المرجوة منها، ومن ثم فعلي قدر الدعم الذي توفره الإدارة العليا تزداد فرص تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. (Al-shura et al., 2018; Yeh and Chen, 2018).

وتأسيساً على ما سبق، يمكن صياغة الفروض التالية:

H3a: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للجاهزية التنظيمية على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H3b: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للجاهزية التنظيمية على سهولة الاستخدام المدركة للطباعة ثلاثية الأبعاد.

H3c: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للجاهزية التنظيمية على الفائدة المدركة من الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H4a: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية لدعم الإدارة العليا على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H4b: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية لدعم الإدارة العليا على سهولة الاستخدام المدركة للطباعة ثلاثية الأبعاد.

H4c: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية لدعم الإدارة العليا على الفائدة المدركة من الطباعة ثلاثية الأبعاد.

(3-7) العوامل الاقتصادية (التكلفة)

تعتبر التكاليف المرتبطة بالتطبيق من العوامل الجوهرية في فهم نجاح مبادرات تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد من منظور التكلفة والعائد، بحيث تكون العوائد المرتبطة بتطبيقها تفوق التكاليف المترتبة على ذلك وهو ما أشار إليه (Weller et al., 2015) باقتصاديات الطباعة ثلاثية الأبعاد. ووفقاً لـ (Ngah et al., 2017) فإن التكلفة المرتبطة بالتكنولوجيا الجديدة تؤثر سلبياً على قرار تبنيها، كما أنها تعتبر من العوائق والتحديات التي تحول دون إدراك سهولة استخدامها والفوائد المحققة منها. ويمكن حساب تكلفة الطباعة ثلاثية الأبعاد وفقاً لأسس مختلفة تشمل التكاليف الثابتة لموارد وتجهيزات الطباعة وتكاليف الصيانة والبرمجيات اللازمة وتكامل النظم (التكلفة الاستثمارية)، إضافة لتكلفة الاستخدام أو التشغيل (المتغيرة) (Baumers et al., 2016 ; Yeh and Chen, 2018) كما رأي (Thomas, 2015) أن تكلفة الطباعة ثلاثية الأبعاد لا تقتصر فقط على التكاليف المالية ولكن هناك تكاليف تتعلق باستهلاك الموارد والاستدامة إضافة إلى الوقت المستغرق في العمليات وتجهيز الآلات وتكلفة التالف من المنتجات، فقد أفاد (Birtchnell and Urry, 2016) أن بإمكان هذه التكنولوجيا تخفيض تكاليف إنتاج السلع والتي تنتج من معالجة المادة الخام ومدخلات العملية الإنتاجية، فهي تتطلب كمية من المواد تنتهي بالوصول إلى الشكل المطبوع دون وجود خسائر أو هدر في المادة الخام المستخدمة. أيضاً هناك إمكانية لإعادة استخدام المواد الزائدة وكذلك الكائنات التي تم طباعتها وتشكيلها مسبقاً.

واستناداً إلى الخصائص المختلفة للتكاليف تتحمل المنظمة مجموعة من المصروفات المرتبطة بهذا النوع من التكنولوجيا، وفي ضوء الدراسات السابقة اعتمد البحث على أنواع محددة من التكاليف الأساسية المرتبطة بالطباعة ثلاثية الأبعاد مثل تكلفة المادة الخام المستخدمة، وتكلفة الآلات، وتكلفة العمالة القائمة على التشغيل. (Ngo, et al. 2018; Yeh and Chen, 2018). والتي تؤثر على سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة من استخدامها. وبالإشارة إلى تكلفة المادة الخام المستخدمة وأشهرها البلاستيك والمعادن، فهي تشكل حوالي 30 في المائة من تكلفة الوحدة مقارنة بتكلفة تتراوح بين 0.2 في المائة إلي 2.7 في المائة للطرق التقليدية (Murmura and Bravi, 2018) ، وبالرغم من ارتفاع التكلفة إلا أنه يمكن التكامل بين أكثر من تقنية من تقنيات الطباعة لإحداث فوائد كبيرة تفوق تطبيق تقنية معينة بمفردها، علاوة على أنه يمكن الاستفادة من تجنب المخزون والهدر في المواد في تعويض فوارق التكلفة بين الطباعة ثلاثية الأبعاد والطرق التقليدية الأخرى.

وفيما يتعلق بأسعار الطابعات ثلاثية الأبعاد فتختلف الأسعار وأحجام الطابعات وفقاً لطبيعة والغرض من الاستخدام فتتميز الطابعات ثلاثية الأبعاد للأغراض الطبية بارتفاع تكلفتها نسبيا فقد تصل إلى 260 ألف إلى 500 ألف يورو (Hafez et al., 2015)، كما تختلف عن مثيلاتها في القطاع الصناعي والتي تفوق 5000 دولار، وكذلك تلك المتاحة للمستهلكين والتي تعد أقل تكلفة (Wohlers Associate inc., 2019). وتأسيساً على ما سبق، يمكن صياغة الفروض التالية:

H5a: يوجد أثر سلبي ذو دلالة معنوية للتكلفة الاستثمارية المدركة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H5b: يوجد أثر سلبي ذو دلالة معنوية للتكلفة الاستثمارية المدركة على سهولة الاستخدام المدركة للطباعة ثلاثية الأبعاد.

H5c: يوجد أثر سلبي ذو دلالة معنوية للتكلفة الاستثمارية المدركة على الفائدة المدركة من الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H6a: يوجد أثر سلبي ذو دلالة معنوية للتكلفة التشغيلية المدركة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H6b: يوجد أثر سلبي ذو دلالة معنوية للتكلفة التشغيلية المدركة على سهولة الاستخدام المدركة للطباعة ثلاثية الأبعاد.

H6c: يوجد أثر سلبي ذو دلالة معنوية للتكلفة التشغيلية على الفائدة المدركة من الطباعة ثلاثية الأبعاد.

(4-7) العوامل البيئية

تتعلق هذه العوامل بالبيئة التي تعمل بها المنظمة وتنفذ بها أعمالها أي منافسي المنظمة في الصناعة التي تعمل بها. وتنقسم العوامل البيئية المؤثرة على تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد وفقا لما أشارت إليه الدراسات السابقة إلى ضغوط المنافسة وتوقعات اتجاهات الأسواق، ودور موفري أو موردي التكنولوجيا.

تشير ضغوط المنافسة إلى التأثير الإيجابي الذي يدفع المنظمة نحو تبني التكنولوجيا الجديدة لمواجهة المنافسة (Capetaniou et al., 2018) هذا التأثير الإيجابي يساهم بشكل مباشر في تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد لمواجهة المنافسة في الأسواق. كما أوضح (Rylands et al., 2016) أن تبني تكنولوجيا التصنيع التجميعي يأتي في إطار تزايد ضغوط المنافسة العالمية والتحول الرقمي للصناعات نحو المصنع الذكي، وأن تطبيق هذه التكنولوجيا يخلق قنوات جديدة لتحقيق القيمة في المنظمات الصناعية، كما أنها تؤدي أيضاً إلى تحسين العمليات الصناعية مقارنة بالأساليب التقليدية الأخرى مثال الصب في القوالب.

وفي ضوء هذه الضغوط التنافسية تضطر بعض المنظمات إلى تبني وتطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد لتحقيق المرونة في سلاسل التوريد، وتقليل الفاقد والهدر في المواد، وتحسين المخزون، وجمع البيانات الدقيقة وتحقيق الكفاءة التشغيلية (Oettmeier and Hofmann, 2016). كما تؤثر توقعات اتجاهات الأسواق التي تخدمها المنظمة أيضاً على تبني وتطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل مباشر في عملياتها (Wang et al., 2016).

ووفقاً لـ (Chaudhuri et al., 2019) ترتبط العوامل البيئية ارتباطا وثيقاً بالابتكارات التكنولوجية حيث يعتمد كلاهما على الآخر، وأحد الأمثلة على هذه العلاقات التبادلية هو دور موفري وموردي التكنولوجيا خارج المنظمة حيث يساهمون بشكل كبير في تبني التكنولوجيات الجديدة وتحسين العمليات الصناعية خاصة عندما يوفر عدد كبير من هؤلاء الشركاء للتكنولوجيا الجديدة والخدمات المرتبطة بها بما يحقق أقصي استفادة ممكنة. وقد أوضح (Oettmeier and Hofmann, 2016) أن تبني التكنولوجيا الجديدة يرتبط ايجابياً بمدي توافر واتاحة هذه التكنولوجيا وحجم الدعم الذي يوفره مورديها بما يعمل على تقليل احتمالات عدم التأكد بشأنها لاسيما في مرحلتي اختيار التكنولوجيا الجديدة وكذلك عند تطبيقها.

وتأخذ عملية التطبيق بعض الخطوات من خلال الاتصال والربط بين مختلف شركاء التجارة، حيث يعمل موفري التكنولوجيا على نشر تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد وإمداد المنظمات الصناعية بها من خلال بائعي

الطابعات وقطع الغيار، ويستمر المشترين من المنظمات الصناعية في نشر وتبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد وبالتالي تصل إلى الموردين والعملاء عبر سلسلة التوريد، وبالتالي اقترحت الدراسات السابقة أن العوامل البيئية تؤثر بشكل مباشر كعوامل خارجية على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في العمليات الصناعية (Yeh and Chen 2018; Gangwar et al., 2015). وتأسيساً على ما سبق، يمكن صياغة الفرضين التاليين:

H7a: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية لضغوط المنافسة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H8a: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية لدعم موفري التكنولوجيا على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

(5-7) أبعاد نموذج قبول التكنولوجيا TAM

على الرغم من تعدد النظريات والنماذج المستخدمة في تفسير كيفية تبني وتطبيق التكنولوجيا الجديدة، اكتسب نموذج قبول التكنولوجيا TAM قبولاً كبيراً بين الباحثين كنموذج فعال ثبتت صلاحيته في نطاقات مختلفة للتنبؤ بـ وتفسير النوايا السلوكية للمستخدمين للتكنولوجيا (Teo et al., 2019). تم تطوير هذا النموذج بواسطة Fred Davis عام 1989 اعتماداً على نظريتي التصرف المبرر (TRA) التي اقترحها (Ajzen and Fishbein) عام 1980 ونظرية السلوك المخطط (TPB) لاشتقاق نموذج يعتمد على ثلاثة محددات نظرية هي: الفائدة المدركة، وسهولة الاستخدام المدركة، والنية السلوكية للاستخدام ومن ثم اقترح النموذج أربعة متغيرات رئيسة هي: الفائدة المدركة Perceived Usefulness (PU) وهي تقيس درجة اعتقاد الشخص أن استخدام نظام أو تكنولوجيا ما سوف يحسن إنتاجية العمل الذي يقوم به.

ويقترح النموذج أن الفائدة المدركة تؤثر على التوجه نحو الاستخدام، والتي تعكس تفضيل أو عدم تفضيل المستخدمين لاستخدام هذه التكنولوجيا. وسهولة الاستخدام المدركة Perceived Ease of Use (PEOU) وهي تقيس حجم الجهد المدرك من قبل الشخص المطلوب لاستخدام نظام أو تكنولوجيا معينة، أيضاً يقترح النموذج أن سهولة الاستخدام المدركة تؤثر على التوجه نحو الاستخدام والفائدة المدركة، بالإضافة لذلك يأخذ النموذج في الاعتبار النوايا السلوكية Behavioral Intention (BI) باعتبارها من العوامل التي تتنبأ بسلوك تبني التكنولوجيا، وفي هذا السياق يتم تحديد قبول التكنولوجيا الجديدة والاستخدام الفعلي لها عن طريق النوايا السلوكية للاستخدام، حيث تؤثر كل من الفائدة المدركة وسهولة الاستخدام المدركة والتوجه نحو الاستخدام إيجابياً على النوايا السلوكية لتبني التكنولوجيا الجديدة (Sharifzadeh et al., 2017). وتأسيساً على ما سبق يمكن صياغة الفروض التالية:

H9a: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية لسهولة الاستخدام المدركة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H9b: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية لسهولة الاستخدام المدركة على الفائدة المدركة من الطباعة ثلاثية الأبعاد.

H9c: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة معنوية للفائدة المدركة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

جدول 1: المتغيرات الرئيسة للدراسة و أبعادها الفرعية

المتغيرات الرئيسة	الأبعاد المكونة لها	الدراسات / الأدبيات
العوامل التكنولوجية	التوافق والتكامل التكنولوجي الميزة " النسبية" للتكنولوجيا	(Mellor et al., 2014); (Attaran, 2016); (Rylands et al., 2016); (Kamble et al., 2018); (Yeh and Chen, 2018); (Ottmeier and Hofmann, 2016)
العوامل التنظيمية	الجاهزية التنظيمية دعم الإدارة العليا	(Yeh and Chen, 2018); (Lin and Sun, 2011); (Kamble et al., 2018)
العوامل البيئية	ضغوط المنافسة وتوقعات اتجاهات الأسواق دعم موردي التكنولوجيا	(Kapetaniou et al., 2018); (Wang et al., 2010), (Zhu et al., 2006); (Yeh and Chen, 2018); (Conner et al., 2015); (Kamble et al., 2018)
التكلفة	التكلفة الاستثمارية تكلفة التشغيل	(Weller et al., 2015); (Thomas, 2015); (Baumers et al., 2016); (Kamble et al., 2018); (Ngo, et al., 2018); (Yeh and Chen, 2018); (Schniederjans, 2017)
أبعاد نموذج قبول التكنولوجيا TAM	سهولة الاستخدام المدركة الفائدة المدركة تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد	(Teo et al., 2019); (Sharifzadeh et al., 2017); (Wang et al., 2016); (Gangwar et al., 2015)

(8) منهجية الدراسة

يمكن عرض منهجية تنفيذ البحث من خلال الخطوات المتكاملة التالية:

(8-1) مجتمع وعينة للدراسة

يتمثل مجتمع البحث في جميع الأفراد العاملين في جميع الشركات بالمناطق الصناعية بمحافظة القليوبية، ولتحديد حجم عينة البحث فقد تم في ضوء مرحلتين متكاملتين:

(8-1-1) تحديد حجم العينة الأساسية للدراسة

وتتضمن جميع الشركات الصناعية العاملة بمنطقتي الشروق والصفا الصناعيتين بمحافظة القليوبية والبالغ عددها (135) شركة[1]، والتي تعمل بعدة أنشطة صناعية تتضمن الصناعات المعدنية والكيماوية والغذائية والخشبية والملابس والغزل والنسيج. وتم الاعتماد في هذه المرحلة على أسلوب الحصر الشامل نظراً لتواجد هذه الشركات في منطقة جغرافية محددة بمدينة الخانكة بمحافظة القليوبية (جدول رقم 2).

[1] محافظة القليوبية: بيانات الإدارة العامة للإنتاج والشئون الاقتصادية (2019)، المناطق الصناعية بمحافظة القليوبية. شملت الدراسة الميدانية منطقتي الشروق والصفا الصناعيتين التي تخضع لإشراف المحافظة.

(8-1-2) تحديد وحدات المعاينة

وتشير إلى عينة من الأفراد التي تنتمي إلى مفردات العينة الأساسية، ونظراً لعدم توافر إطار دقيق بأعداد العاملين بهذه الشركات، فقد تم توزيع (405) استمارة بواقع (3 استمارة) لكل شركة، بحيث تكون الفئة المستهدفة هي (الإدارة العليا والوسطي والتنفيذية) وبحيث تتناسب مع عدد الشركات بكل منطقة صناعية، بلغ عدد الاستمارات الصالحة المستردة 288 استمارة بنسبة استجابة 71%. كما تم استبعاد عدد 13 استمارة نظراً لعدم اكتمالها أو كانت لمفردات لا تنتمي للوظائف الإدارية العليا أو الوسطي أو التنفيذية مثال عمال الورش وعمال التشغيل والاخصائيين والفنيين. وقد تم حساب نسبة الاستجابة باستخدام الطريقة التي اقترحها (Bryman and Bell, 2011)، حيث:

$$\text{نسبة الاستجابة} = x = \frac{\text{عدد قوائم الاستبيان الصالحة}}{\text{الحجم الكلي للعينة} - \text{الأستمارات غير الصالحة}}$$

جدول 2: توصيف عينة الدراسة ونسبة الاستجابة

المنطقة الصناعية	عدد الشركات	نسبة الشركات الي مجتمع البحث	الاستمارات الموزعة	الاستمارات المستردة والصالحة	نسبة الاستجابة %
منطقة الشروق الصناعية	78	57.8	234	173	% 74
منطقة الصفا الصناعية	57	42.2	171	115	% 67.3
الإجمالي	135	% 100	405	288	% 71

اعتماداً على نتائج التحليل الاحصائي للبيانات

واعتماداً على نتائج التحليل الوصفي للبيانات التي تم جمعها من مفردات العينة، فقد تبين أن 31.2 في المائة منها تقع في نطاق الإدارة العليا بالشركات وأن 50 في المائة من الإدارة الوسطي بينما 18.8 في المائة من الإدارة التنفيذية بالشركات الصناعية بهذه المناطق، وفيما يتعلق بالنوع فقد بلغت نسبة الذكور 81.2 في المائة، والإناث 18.8 في المائة، أما فيما يتعلق بالسن فقد كانت غالبية مفردات العينة من 30 الى أقل من 45 سنة (50 في المائة)، كما أن غالبية مفردات العينة (75 في المائة) لديها خبرة أقل من 10 سنوات و 25 في المائة ما بين 10 الى أقل من 15 سنة، وقد تبين أيضاً أن النسبة الأكبر 41.7 في المائة من مفردات العينة حاصلون على مؤهل جامعي، و 33.3 في المائة حاصلون على مؤهل قبل الجامعي، وأن 14.6 في المائة مؤهلات عليا.

(8-2) أداة جمع البيانات والمقاييس المستخدمة

استناداً إلى المتغيرات التي تم تحديدها من خلال الدراسات السابقة والواردة في نموذج البحث جدول رقم (1)، تم الاعتماد على طريقة الاستبيان Questionnaire-Based Survey لجمع البيانات اللازمة لاختبار فروض البحث والإجابة علي تساؤلاته، ويلائم هذا النوع من البحوث جمع بيانات غنية وفريدة من مجتمع كبير الحجم مثال المناطق الصناعية (Wilson, 2014)، حيث تم إعداد قائمة الاستبيان وفقاً لمقياس ليكرت الخماسي (ملحق رقم

1) وتضمنت جزئين رئيسيين تناول الأول المقاييس الأساسية لمتغيرات البحث، بينما خصص القسم الثاني لقياس المتغيرات الديموغرافية لمفردات العينة، وقد استند البحث إلي المقاييس المستخدمة في دراسات (Martins et al., 2019 Gangwar et al., 2015;) لقياس متغيرات إطار عمل التكنولوجيا – المنظمة- البيئة TOE والتي تراوحت قيم معاملات الثبات لها بين 0.73 و 0.94 مما يرجح خلوها من الأخطاء، كما تم الاعتماد على (Yeh and Chen, 2018) لتطوير المقياس الخاص بالتكلفة حيث تم تقسيمها إلي تكلفة استثمارية وتشغيلية.

أيضاً تم الاعتماد على المقاييس الواردة بكل من (Gangwar et al., 2015; Lewis, 2019) في قياس متغيرات نموذج قبول التكنولوجيا TAM والمتعلقة بسهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة ونوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. حيث أظهرت المؤشرات السيكومترية لقياس الصدق البنائي والتمييزي لها مؤشرات جيدة، كما تخطت قيمة معامل الثبات حاجز 0.82 في دراسات (Teo et al., 2019; Wang et al., 2016).

(8-2-1) إختبار صدق أداة جمع البيانات

يشير صدق القياس إلى أن العبارات التي تم إعدادها لقياس مفهوم ما تقيسه بالفعل، وفي هذا السياق فقد تم اختبار صدق أداة جمع البيانات في ضوء عدة اعتبارات:

التحقق من الصدق الظاهري Face Validity لأداة جمع البيانات للتأكد من خلوها من الأخطاء وصدق محتواها من خلال مراجعة قائمة الاستبيان بواسطة عدد من المحكمين الأكاديميين وبعض المتخصصين من مفردات العينة قبل توزيعها لجمع البيانات اللازمة، ومن ثم إعداد الاستبيان في صورته النهائية، وقد أسفرت هذه المرحلة عن إعادة ترتيب وصياغة بعض العبارات بالقائمة.

الاعتماد على أسلوب التحليل العاملي التوكيدي CFA: كأحد تطبيقات نموذج المعادلة البنائية: وقد تم الاعتماد على برنامج AMOS V.24 باستخدام طريقة الاحتمال الأقصى Maximum Likelihood بما يسمح باستخدام جميع البيانات الواردة من مفردات العينة بهدف التأكد من الصدق التقاربي (البنائي) Convergent Validity للمقاييس الواردة في البحث. (عامر،2018) والتي يوضحها جدول رقم (3).

جدول 3: نتائج التحليل العاملي التوكيدي لقياس الصدق التقاربي لمتغيرات الدراسة

متغيرات البحث		الأبعاد التي يتضمنها كل متغير	معاملات التحميل للعبارات	الموثوقية المركبة CR	متوسط التباين المفسر AVE
إطار عمل التكنولوجيا– المنظمة –البيئة التكلفة	العوامل التكنولوجية	التوافق والتكامل التكنولوجي	0.86 - 0.79	0.871	0.693
		الميزة النسبية	0.85 – 0.78	0.884	0.655
	العوامل التنظيمية	الجاهزية التنظيمية	0.83 – 0.75	0.830	0.619
		دعم الإدارة العليا	0.86 – 0.75	0.884	0.657
	العوامل البيئة	ضغوط المنافسة واتجاهات الأسواق	0.84 – 0.72	0.871	0.629
		دعم موردي التكنولوجيا	0.80 – 0.71	0.825	0.651
	التكلفة	التكلفة الاستثمارية	0.81 – 0.80	0.848	0.651
		تكلفة التشغيل	0.91 – 0.89	0.935	0.826
أبعاد نموذج قبول التكنولوجيا TAM		سهولة الاستخدام المدركة	0.84 – 0.70	0.916	0.611
		الفائدة المدركة	0.81 – 0.77	0.923	0.633
		نوايا تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد	0.91 – 0.90	0.935	0.826

أوضحت نتائج التحليل العاملي التوكيدي أن نموذج القياس Measurement Model يتمتع بمؤشرات جودة مطابقة جيدة، حيث جاءت جميعها في النطاق المقبول (Hair et al., 2010) كما يوضحها جدول رقم (6). كما تبين أن جميع قيم معاملات التحميل (التشبع) والتي تقيس مدي إرتباط العبارات بالبعد التي تنتمي إليه جميعها أكبر من القيمة المعيارية 0.5 (عامر، 2018) (Byrne, 2016). كما أن جميع التقديرات أو المسارات معنوية عند مستوي معنوية 001. وكذلك قيم T أو النسبة الحرجة كانت جميعها أكبر من 1.96 وهذا يعني أن الفقرات أو الأسئلة الخاصة بكل بعد قادرة على قياسه.

كما أوضحت النتائج أيضاً إرتفاع مستويات الاتساق الداخلي للعبارات داخل كل بعد من أبعاد متغيرات البحث، حيث تخطت قيم الموثوقية المركبة CR أكبر من أو تساوي 0.7 (Byrne, 2016). كما تأكد الصدق البنائي للمقاييس الواردة بالبحث حيث تجاوزت قيم متوسط التباين المفسر AVE الدال على مدي الارتباط بين الأبعاد المختلفة داخل كل متغير القيمة المعيارية 0.5 (Byrne, 2016; Perry, 2017) وبالتالي تعكس هذه النتائج مدي صلاحية وصدق المقاييس المستخدمة في البحث.

أما بالنسبة للصدق التمييزي Discriminant Validity والذي يقيس الارتباط بين المتغيرات الكامنة Latent Constructs والجذر التربيعي لمتوسط التباين المفسر AVE فقد تبين أن نموذج القياس يتمتع بصدق تمييزي جيد، حيث أن غالبية قيم الجذر التربيعي لمتوسط التباين المفسر AVE لجميع المتغيرات أكبر من معاملات الارتباط فيما بينها (Hair et al., 2010; Perry, 2017) عدا سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة، والذي قد يرجع إلى إرتفاع معاملات الارتباط بينهما وبين نوايا التطبيق، ويوضحها جدول رقم 4.

جدول 4: العلاقة بين الجذر التربيعي لمتوسط التباين المفسر ومعاملات الارتباط للمتغيرات

المتغيرات	Mean	St. Deviation	التوافق التكنولوجي	الميزة النسبية	الجاهزية التنظيمية	دعم الإدارة العليا	ضغوط المنافسة	دعم موردي التكنولوجيا	التكلفة الاستثمارية	التكلفة التشغيلية	سهولة الاستخدام المدركة PEOU	الفائدة المدركة PU	نوايا التطبيق Intention
التوافق التكنولوجي	3.86	.4326	0.832										
الميزة النسبية	4.22	.4915	0.50**	0.809									
الجاهزية التنظيمية	3.67	.4484	0.41**	0.24**	0.787								
دعم الإدارة العليا	3.90	.4868	0.34**	0.51**	0.48**	0.811							
ضغوط المنافسة	3.86	.5457	0.48**	0.44**	0.44**	0.52**	0.793						
دعم موردي التكنولوجيا	3.87	.6044	0.48**	0.48**	0.42**	0.65**	0.67**	0.807					
التكلفة الاستثمارية	3.43	.6682	-0.41**	-0.55**	-0.39**	-0.69**	-0.55**	0.75**	0.807				
التكلفة التشغيلية	3.34	.7115	-0.21**	-0.36**	-0.33**	-0.55**	-0.52**	-0.74**	0.75**	0.909			
سهولة الاستخدام المدركة PEOU	3.94	.4661	0.41**	0.63**	0.55**	0.74**	0.73**	-0.73**	-0.74**	-0.56**	0.782		
الفائدة المدركة PU	3.85	.4695	0.50**	0.60**	0.50**	0.74**	0.70**	-0.80**	-0.73**	-0.62**	0.88**	0.796	
نوايا التطبيق Intention)(	3.87	.5081	0.49**	0.62**	0.54**	0.78**	0.76**	0.807**	-0.80**	-0.67**	0.92**	0.92**	0.909

** جميع معاملات الارتباط معنوية عند 2-tailed.01

(2-2-8) اختبار ثبات أداة جمع البيانات

اعتمد البحث على أسلوب الاتساق الداخلي في اختبار ثبات المقاييس الواردة في قائمة الاستبيان، بهدف تقييم درجة وضوح هذه المقاييس ومدى خلوها من الأخطاء العشوائية (Hair et al., 2010). تم استخدام معامل الفا كرونباخ α للتعرف على مدي التجانس بين عبارات كل مقياس. وقد تم إجراء اختبار الثبات على العبارات الخاصة بكل متغير من متغيرات البحث بعد التحقق من صدق المقاييس المستخدمة.

جدول 5: نتائج اختبار الثبات لمتغيرات الدراسة (معامل الفا كرونباخ α)

	المتغيرات	عدد العبارات لكل متغير		قيمة معامل الثبات " الفا α"	
العوامل التكنولوجية	التوافق التكنولوجي	4	8	0.870	0.927
	الميزة النسبية	4		0.884	
العوامل التنظيمية	الجاهزية التنظيمية	3	7	0.825	0.888
	دعم الإدارة العليا	4		0.881	
العوامل البيئية	ضغوط المنافسة	4	7	0.868	0.916
	دعم موردي التكنولوجيا	3		0.825	
التكلفة	التكلفة الاستثمارية	3	6	0.847	0.921
	التكلفة التشغيلية	3		0.833	
سهولة الاستخدام المدركة (PEOU)		7		0.916	
الفائدة المدركة (PU)		7		0.923	
نوايا التطبيق (Intention)		3		0.933	
الاستمارة ككل		45		0.868	

اعتماداً على مخرجات التحليل الإحصائي للبيانات

وفي ضوء الجدول رقم (5)، تبين ارتفاع مستوي الاتساق الداخلي للمقاييس المستخدمة في البحث حيث تراوحت قيم معامل الثبات " الفا" ما بين 0.825 و0.933 وجميعها أكبر من (0.7) وهي القيمة التي أوصي بها (Hair et al., 2010) بما يعني أن هذه المقاييس سوف تعطي نفس النتيجة في حالة إعادة استخدامها مرة أخري، فضلاً عن وضوحها وخلوها من الأخطاء العشوائية بنسبة كبيرة. وبالتالي يمكن القول إن المقاييس المستخدمة بالبحث تتسم بالثبات وتصلح لقياس ما أعدت من أجلة.

(9) نتائج الدراسة واختبار الفروض

تم الاعتماد على حزمتي SPSS V.25 ، SPSS_AMOS V.24 وهما من أشهر الحزم الإحصائية المستخدمة في العلوم الاجتماعية، كما تم الاعتماد على أسلوب المعادلة البنائية SEM لاستكشاف العلاقات بين المتغيرات المستقلة والتابعة، أيضاً تم استخدام هذا الأسلوب كمدخل توكيدي لتحليل البيانات واختبار نموذج الفروض المقترح، واختبار مدي توافق هذا النموذج مع البيانات التي تم جمعها من مفردات العينة وفقاً لمنهجية (Byrne, 2016) ومن ثم استيضاح العلاقات المباشرة وغير المباشرة بين العوامل المختلفة المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في ضوء مدي جودة عدد من المؤشرات التي يعرضها الجدول رقم 6.

جدول 6: مؤشرات جودة التو افق لنموذج القياس والنموذج البنائي للدراسة

دليل جودة التو افق	القيمة المعيارية الموصي بها Recommended	نموذج القياس Measurement	النموذج البنائي للبحث Structural Model	
Fit Index	Value	Model	الأساسي	المعدَّل
CMIN\df	5 ≥	2.736	5.870	3.6
GFI	0.90 ≤	0.934	0.924	.995
CFI	0.95 ≤	0.984	0.950	.998
TLI	0.90 ≤	0.949	0.819	.952
SRMR	0.08 ≥	0.027	0.031	.022
RMSEA	0.05- 0.08 ≥	0.042	0.358	.085

المصدر: نتائج التحليل الإحصائي في ضوء المؤشرات المعيارية لـ (Byrne, 2016)

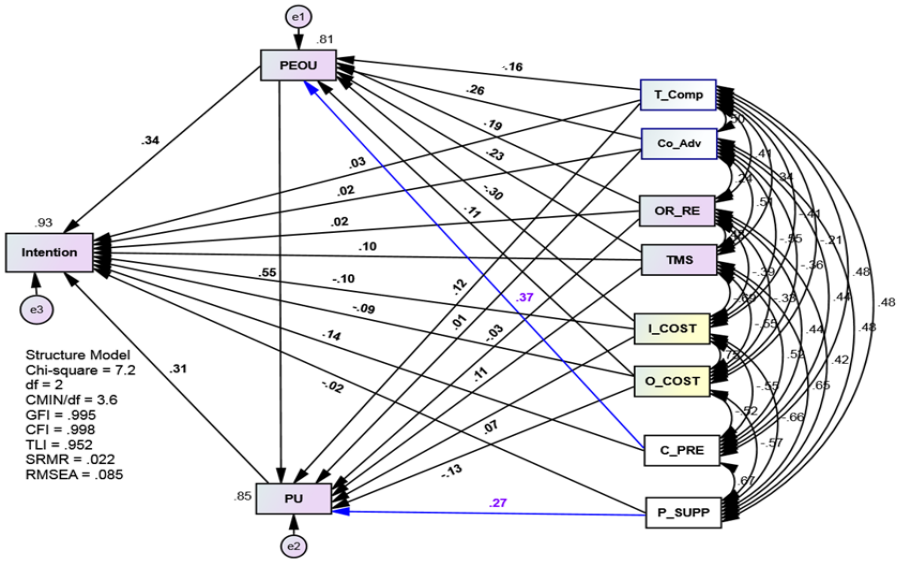
(9-1) النموذج الهيكلي واختبار الفروض

أظهرت نتائج النموذج الهيكلي (البنائي) لمتغيرات البحث مؤشرات جودة مطابقة جيدة، فقد تخطت القيم المعيارية الموصي بها من قبل (Byrne, 2016)، حيث Chi-square (X^2) = 7.2 الي درجات الحرية CMIN\ df = 3.6 وهي أقل من 5، مؤشر التوافق المقارن CFI= 0.998، مؤشر جودة التوافق GFI= 0.995، مؤشر تاكر لويس TLI= 0.952، جذر متوسط مربعات البواقي SRMR= 0.022، جذر متوسط مربعات الخطأ التقريبي RMSEA=0.085 وفي ضوء ما أسفر عنه نموذج المعادلة البنائية شكل رقم 2، وجدول رقم 7 يمكن عرض النتائج كما يلي.

على مستوي العوامل التكنولوجية: لم تثبت صحة الفرض الأول (أ) فقد تبين أن التوافق والتكامل التكنولوجي (T_Comp) لا يؤثر ايجابياً على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد حيث قيمة الوزن الإنحداري , 035. = β :H1a) (P=0.167, t= 1.380 وهي غير دالة معنوياً عند 001. وعلى النقيض ثبتت صحة الفرضين الأول (ب)، (ج) حيث (H1b: β = .167 , P<0.001). مما يعني وجود أثر إيجابي معنوي مباشر للتوافق والتكامل التكنولوجي على سهولة الاستخدام المدركة، وكذلك على الفائدة المدركة من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H1c: β = .130 , P< 0.001). بما يعني أن الزيادة بمقدار وحدة واحدة في مستوي التوافق والتكامل التكنولوجي تؤدي إلى زيادة إدراك سهولة الاستخدام والفائدة المدركة بمقدار 17.، 13. وحدة انحراف معياري.

أوضحت نتائج البحث أيضاً أن الميزة النسبية (Co_ Adv) لا تؤثر ايجابياً على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل مباشر حيث قيمة الوزن الإنحداري (H2a: β = .019 , P= 0.413, t= .818) وهو تأثير ضعيف وغير دال معنوياً عند مستوي 001. بما يؤكد عدم قبول صحة الفرض الثاني (أ). وأن الميزة النسبية ليس لها تأثير إيجابي معنوي على الفائدة المدركة (H2c: β = .009 , P= 0.775, t= .286) وهو أيضاً تأثير ضعيف وغير دال معنوياً عند001. بما يؤكد عدم صحة الفرض الثاني (ج). بينما ثبتت صحة الفرض الثاني (ب) بوجود أثر إيجابي معنوي مباشر للميزة النسبية على سهولة الاستخدام المدركة (H2b: β = .242 , P< 0.001) بما يعني أن الزيادة بمقدار وحدة واحدة

في إدراك الميزة النسبية للطباعة ثلاثية الأبعاد عن باقي التكنولوجيات والأساليب الأخرى يؤدي إلى زيادة إدراك سهولة استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد في الأنشطة الصناعية بمقدار 24. وحدة انحراف معياري.



شكل 2: النموذج البنائي لمتغيرات الدراسة

على مستوي العوامل التنظيمية: فقد تبين عدم وجود تأثير إيجابي معنوي مباشر للجاهزية التنظيمية (O_Readiness) على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد حيث قيمة الوزن الإنحداري ,P= 0.413 , β = .018 :H3a) (t=.818 ذات تأثير ضعيف وغير دالة معنوياً عند مستوي 0.001 بما يؤكد عدم صحة الفرض الثالث (أ). بينما ثبتت صحة الفرض الثالث (ب) بوجود أثر إيجابي معنوي للجاهزية التنظيمية على سهولة الاستخدام المدركة (H3b: β = .201 , p< 0.001) أي أن الزيادة بمقدار وحدة واحدة في جاهزية واستعداد المنظمة تؤدي إلى زيادة إدراك سهولة استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد بمقدار 0.20 وحدة انحراف معياري. كما اتضح أيضا عدم وجود تأثير إيجابي معنوي للجاهزية التنظيمية على الفوائد المدركة من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد فقد كانت قيمة الوزن الإنحداري (H3c: β = -.029 , P= 0.337, t= -.960) وهو تأثير ضعيف وغير دال معنوياً عند مستوي 0.001 بما يؤكد عدم صحة الفرض الثالث (ج).

أظهرت النتائج أيضاً قبول صحة الفروض الرابع (أ)، (ب)، (ج) حيث تبين وجود أثر إيجابي معنوي مباشر لدعم الإدارة العليا (Top_Man_Supp) على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H4a: β = .106 , P< 0.001) وكذلك علي سهولة الاستخدام المدركة (H4b: β = .219 , P< 0.001) والفائدة المدركة من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد :H4c) (β = .103 , P< 0.005 وبمعني اخر فإن كل زيادة بمقدار وحدة واحدة في دعم الإدارة العليا سوف تؤدي الي زيادة احتمالات تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بمقدار 106. وسهولة الاستخدام المدركة بمقدار 22. والفائدة المدركة بمقدار 103. وحدة انحراف معياري.

على مستوي العوامل الاقتصادية: أظهرت النتائج وجود أثر سلبي مباشر ذو دلالة معنوية للتكلفة الاستثمارية (Inves_Cost) على كل من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H5a: β = -.073 , P< 0.001) والفائدة المدركة من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H5c: β = -.212 , P< 0.001) أي أن الزيادة بمقدار وحدة واحدة في التكلفة الاستثمارية للطباعة ثلاثية الأبعاد تؤدي إلى نقص احتمالات تبنها بمقدار0.074 وتناقص الفوائد المدركة من تبنها بمقدار 212. وحدة انحراف معياري. بما يؤكد صحة الفرضين الخامس(أ)، (ج). بينما لم تثبت صحة الفرض الخامس (ب) نظراً لعدم وجود تأثير معنوي سلبي للتكلفة الاستثمارية على سهولة الاستخدام المدركة حيث قيمة الوزن الإنحداري (H5b: β =.047 , P= 0.132, t= 1.506) وهو تأثير ضعيف وغير دال معنوياً.

وفيما يتعلق بالتكلفة التشغيلية (Oper_Cost) فقد أظهرت النتائج وجود أثر سلبي ذو دلالة معنوية للتكلفة التشغيلية على كل من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H6a: β = -.062 , P< 0.001) والفائدة المدركة من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H6c: β = -.084 , P< 0.001) أي أن كل زيادة بمقدار وحدة واحدة في التكلفة التشغيلية المرتبطة بالطباعة ثلاثية الأبعاد سوف تؤدي إلى تناقص احتمالات تبنها وتناقص الفوائد المدركة منها بمقدار 062. و084. وحدة انحراف معياري على التوالي بما يدعم صحة الفرضين السادس(أ)، (ج). بينما لم تثبت صحة الفرض السادس (ب) حيث أظهرت النتائج عدم وجود أثر سلبي معنوي للتكلفة التشغيلية على سهولة الاستخدام المدركة (H6b: β = .072 , P= 0.008, t= 1.661) وهو تأثير ضعيف وغير دال معنوياً عند مستوي 001.

على مستوي العوامل البيئية: أوضحت النتائج وجود أثر إيجابي مباشر ذو دلالة معنوية لضغوط المنافسة (C_pressure) على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H7a: β = .127 , P< 0.001) أي أن تزايد ضغوط المنافسة بمقدار وحدة واحدة يؤدي إلى تزايد احتمالات تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بمقدار 127. وحدة انحراف معياري، الأمر الذي تتأكد معه صحة الفرض السابع (أ). وعلى النقيض من هذه النتيجة تبين عدم وجود أثر معنوي إيجابي لدعم موفري التكنولوجيا وشركاء التجارة (P_Support) على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد حيث كانت قيمة الوزن الإنحداري (H8a: β = -.019 , P= 0.400, t= -.842) وهي سالبة وغير دالة معنوياً عند مستوي 001. بما يؤكد عدم صحة الفرض الثامن (أ).

وعلى الرغم من أن الدراسات السابقة تناولت العوامل البيئية كعوامل خارجية تؤثر على نوايا تبني التكنولوجيا الجديدة بشكل مباشر دون التأثير على أبعاد نموذج قبول التكنولوجيا (Gangwar et al., 2015; Ngah et al., 2017; Arnold et al., 2018). إلا أنه من خلال نموذج المعادلة البنائية المقترح للبحث تم اقتراح مسارين على قدر كبير من الأهمية لتحسين جودة النموذج المقترح وهما المسارC_pressure ---> PEOU الذي يؤكد وجود تأثير إيجابي قوي ذو دلالة معنوية لضغوط المنافسة على سهولة الاستخدام المدركة (P< 0.001 , .319 = β) أي أن زيادة ضغوط المنافسة بمقدار وحدة واحدة سوف يؤدي الى تزايد سهولة الاستخدام المدركة بمقدار 32. وحدة انحراف معياري. والمسارP_Support ---> PU الذي يؤكد وجود تأثير إيجابي مباشر لدعم موردي التكنولوجيا على الفائدة المدركة من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (P< 0.001 , .205 = β). وهو ما يعني أن تزايد الدعم المقدم من موردي تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بمقدار وحدة واحدة سوف يترتب علية زيادة الفوائد المدركة من تبنها بمقدار 205. وحدة انحراف معياري.

وأخيراً فيما يتعلق بأبعاد نموذج قبول التكنولوجيا فقد أظهرت نتائج النموذج الهيكلي للبحث قبول صحة الفروض التاسع (أ)، (ب)، (ج) حيث تبين وجود أثر إيجابي معنوي قوي لسهولة الاستخدام المدركة (PEOU) على كل من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (Int) حيث (H9a: β = .367 , P< 0.001) والفائدة المدركة (PU) (H9b: β = .556 , P< 0.001) أي أنه مع تزايد إدراك سهولة استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد بمقدار وحدة واحدة تتزايد احتمالات تبنيها وكذلك الفوائد المدركة منها بمقدار 37. و56. وحدة انحراف معياري على التوالي. وتبين أيضاً وجود أثر إيجابي معنوي مباشر للفائدة المدركة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (H9c: β = .340 , P< 0.001) بما يعني أن زيادة إدراك فوائد الطباعة ثلاثية الأبعاد بمقدار وحدة واحدة يؤدي إلى زيادة احتمالات تبنيها بمقدار 34. وحدة انحراف معياري.

جدول 7: نتائج اختبار فروض الدراسة

الفروض	المسارات	قيمة معامل المسار β	قيمة T	المعنوية	نتيجة اختبار الفرض
	العوامل التكنولوجية				
H1a	Int <--- T_Comp	.035	1.380	.167	رفض
H1b	PEOU <--- T_ Comp	.167	4.622	***	قبول
H1c	PU <--- T_ Comp	.130	4.061	***	قبول
H2a	Int <--- Co_Adv	.019	.818	.413	رفض
H2b	PEOU <--- Co_ Adv	.242	7.437	***	قبول
H2c	PU <--- Co_ Adv	.009	.286	.775	رفض
	العوامل التنظيمية				
H3a	Int <--- O_Readiness	.018	.818	.413	رفض
H3b	PEOU <--- O_Readiness	.201	6.112	***	قبول
H3c	PU <--- O_Readiness	-.029	-.960	.337	رفض
H4a	Int <--- Top_Man_Supp	.106	4.026	***	قبول
H4b	PEOU <--- Top_Man_Supp	.219	5.898	***	قبول
H4c	PU <--- Top_Man_Supp	.103	2.907	.004	قبول
	العوامل الاقتصادية (التكلفة)				
H5a	Int <--- Inves_Cost	-.073	-3.130	.001	قبول
H5b	PEOU <--- Inves_Cost	.047	1.506	.132	رفض
H5c	PU <--- Inves_Cost	-.212	-6.268	***	قبول
H6a	Int <--- Oper_Cost	-.062	-3.490	***	قبول
H6b	PEOU <--- Oper_Cost	.072	1.661	.008	رفض
H6c	PU <--- Oper_Cost	-.084	-3.598	***	قبول

الفروض	المسارات	قيمة معامل المسار β	قيمة T	المعنوية	نتيجة اختبار الفرض
	العوامل البيئية				
H7a	Int <--- C_pressure	.127	5.326	***	قبول
	PEOU <--- C_pressure *	.319	10.609	***	قبول
H8a	Int <--- P_Support	-.019	-.842	.400	رفض
	PU <--- P_Support *	.205	7.561	***	قبول
	أبعاد نموذج قبول التكنولوجيا (TAM)				
H9a	Int <--- PEOU	.367	8.214	***	قبول
H9b	PU <--- PEOU	.556	12.496	***	قبول
H9c	Int <--- PU	.340	7.880	***	قبول

حجم العينة n= 288 ، طريقة التقدير Maximum Likelihood ، ***P< 0.001

* مسارات مقترحة بواسطة برنامج AMOS لتحسين جودة النموذج

(2-9) مناقشة نتائج الدراسة ودلالاتها

أظهرت النتائج السابقة أن جميع العوامل الواردة في النموذج الهيكلي المقترح للبحث تؤثر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد إما بشكل مباشر، أو غير مباشر من خلال سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة كمتغيرات وسيطة. وعلى الرغم من أن نموذج المعادلة البنائية يوفر إمكانية قياس العلاقات المباشرة بين المتغيرات، إلا أنه يفيد أيضاً في التعرف على العلاقات غير المباشرة بين متغيرات النموذج الهيكلي. جدول رقم (8) حيث يتم قياس مدي قوة أو ضعف هذه التأثيرات في ضوء القيمة المعيارية لمعاملات المسار Path Coefficients، ووفقاً لـ Perry (2017 ,) فإن معاملات المسار المعيارية بين 0.05 و 0.14 تعتبر ضعيفة، وتلك التي تقع بين 0.15 و 0.24 تكون متوسطة، بينما التي تزيد عن 0.25 تعتبر قوية.

وفي هذا السياق، أظهرت نتائج البحث أن العوامل التكنولوجية بشكل عام لا تؤثر بشكل مباشر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد وذلك خلافاً لنتائج (Rylands et al., 2016; Al-shura et al., 2018) التي أكدت أهمية العوامل التكنولوجية لدعم تطبيقات التكنولوجيا الجديدة. ومن الملاحظ أيضاً من خلال نتائج البحث أنه لا يوجد تأثير مباشر للتكامل والتوافق التكنولوجي على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. ومن ثم اختلفت هذه النتيجة مع دراسات (Yeh and Chen, 2018; Wang et al., 2016; Ottmeier and Hofmann, 2016) وإنما يؤثر فقط من خلال سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة، ويمكن أن يرجع ذلك إلى إدراك المديرين بالشركات الصناعية أن إحداث التوافق والتكامل بين الطباعة ثلاثية الأبعاد والأنظمة الصناعية المطبقة قد لا يتأتى إلا من خلال مدي إدراك سهولة استخدامها والفوائد المترتبة على دمجها في العمليات الصناعية.

جدول 8: قياس التأثيرات المباشرة وغير المباشرة والتأثير الكلي لمتغيرات الدراسة

العوامل / الأبعاد	سهولة الاستخدام المدركة			الفائدة المدركة			نو ايا تبني الطباعة		
	مباشر	غير مباشر	التأثير الكلي	مباشر	غير مباشر	التأثير الكلي	مباشر	غير مباشر	التأثير الكلي
العوامل التكنولوجية									
التوافق والتكامل التكنولوجي	.167	-	.167	.130	.093	.037	.035	.049	.014
الميزة النسبية	.242	-	.242	.009	.135	.143	.019	.138	.156
العوامل التنظيمية									
الجاهزية التنظيمية	.201	-	.201	.029	.112	.083	.018	.102	.120
دعم الإدارة العليا	.219	-	.219	.103	.122	.224	.106	.157	.263
العوامل البيئية									
ضغوط المنافسة واتجاهات الأسواق	.319	-	.319		.177	.177	.127	.177	.304
دعم موردي التكنولوجيا	-	-	-	.205		.205	-.019	.070	.051
العوامل الاقتصادية									
التكلفة الاستثمارية	-.212	-	-.212	.047	.118	-.071	-.073	.102	-.175
التكلفة التشغيلية	-.072	-	-.072	.084	.040	-.044	-.062	.011	-.051
نموذج قبول التكنولوجيا									
سهولة الاستخدام المدركة	-	-	-	.556		.556	.367	.189	.556
الفائدة المدركة	-	-	-			-	.340	-	.340
معامل التحديد R^2	$R^2 = .81$			$R^2 = .85$			$R^2 = .93$		

أيضاً تبين أن الميزة النسبية لا تؤثر بشكل مباشر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، هذه النتيجة اختلفت مع دراسة (Ottmeier and Hofmann, 2016) وإنما يمكن أن تؤثر في تبنيها من خلال سهولة الاستخدام المدركة. ويمكن أن يرجع ذلك إلى أن إدراك الميزة النسبية للطباعة ثلاثية الأبعاد عن غيرها من الطرق التقليدية يبقي مقيداً بمدي سهولة استخدامها. وقد يرجع إلى عدم إدراك المديرين بالشركات الصناعية لإمكانات ومزايا الطباعة ثلاثية الأبعاد مقارنة بالطرق التقليدية الأخرى مثال الصب في القوالب والحقن.

أظهرت نتائج البحث أنه من بين العوامل التنظيمية يعتبر دعم الإدارة العليا هو الأكثر تأثيراً حيث يؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد (جدول 8) ليصبح التأثير الكلي 0.263 وهو تأثير قوي. ويرجع ذلك إلى اقتناع المديرين بالشركات الصناعية بأهمية هذا الدعم _في صورة إعداد المبادرات وتوفير الدعم المالي الملائم_ في زيادة احتمالات تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. اتفقت هذه النتيجة مع نتائج بعض الدراسات السابقة ذات الصلة مثال (Kianian et al., 2016; Schniedrjans, 2017; Arnold et al., 2018; Rylands et al., 2016) والتي أفادت أن العوامل التنظيمية من أكثر العوامل تأثيراً على احتمالات سرعة تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد

وبشكل خاص دعم الإدارة العليا. ولكنها اختلفت معها في ترتيب هذه العوامل من حيث درجة تأثيرها على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

كما تبين أن الجاهزية التنظيمية لا تؤثر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل مباشر وإنما يؤثر فقط من خلال سهولة الاستخدام المدركة، وفي المجمل كان التأثير (متوسط 201.) هذه النتيجة اختلفت مع دراسة Ottmeier) (and Hofmann, 2016 الأمر الذي قد يرجع إلى عدم التطبيق الفعلي لهذه التكنولوجيا في الأنشطة الصناعية الحالية وأن المديرين لا يزالون حديثي العهد بها.

من النتائج المثيرة للاهتمام في هذا البحث هي وجود أثر إيجابي مباشر وغير مباشر لضغوط المنافسة - كأحد العوامل البيئية الهامة - على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. فبالإضافة للتأثير المباشر لضغوط المنافسة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد وإن كان (ضعيفا 127.) إلا أنه مع الأخذ في الاعتبار سهولة الاستخدام المدركة أصبح التأثير الكلي (304. قوي) ويفوق دعم الإدارة العليا. ويمكن تفسير هذه النتيجة بأن الشركات بالمناطق الصناعية تعاني بشكل كبير من شدة المنافسة، لاسيما أن بعضها يعمل في نفس المجال مثال الشركات العاملة في منطقة الصفا الصناعية (الصناعات المعدنية) الأمر الذي قد يدفعها لتبني الطباعة ثلاثية الأبعاد كسلاح تنافسي لتعزيز الميزة التنافسية لها (Zhu et al., 2006) دعمت هذه النتيجة بعض الدراسات ذات الصلة مثال ,.Mellor et al) (2014; Al-shura et al., 2018.

أظهرت نتائج البحث أيضاً أن الدعم الذي يوفره موردي التكنولوجيا وشركاء التجارة فيما يتعلق بتوفير الأجهزة وقطع الغيار والصيانة لا يؤثر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل مباشر، وإنما يؤثر على الفوائد المدركة من تبنيها، ويبدو هذا جلياً من خلال المسار المقترح بواسطة النموذج الهيكلي والمتعلق بتأثير دعم موردي التكنولوجيا على الفائدة المدركة. أي أن تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال توفر الدعم من موردي الطابعات يتوقف بنسبة كبيرة على إدراك الفوائد المتحققة منها. هذه النتيجة تختلف مع بعض الدراسات السابقة مثال دراسة (Teo et al., 2019; Gangwar et al., 2015) بينما إتفقت مع دراسة (Ottmeier and Hofmann, 2016).

تبين من خلال نتائج البحث أن التكلفة تعتبر من العوامل الهامة التي يجب أخذها في الاعتبار عند تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد كتكنولوجيا جديدة. إلا أن التكلفة الاستثمارية متمثلة في تكلفة الطابعات وقطع الغيار والصيانة هي الأكثر تأثيراً ٍ بشكل مباشر وغير مباشر- مقارنة بالتكلفة التشغيلية، حيث ازداد حجم تأثيرها السلبي على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد مع الأخذ في الاعتبار للفائدة المدركة من تبنيها، ونظراً لأن تأثيرها غير معنوي على سهولة الاستخدام المدركة فقد انخفض التأثير الكلي ليصبح (متوسط 175.-). ويمكن تفسير ذلك بأن المديرين غالبا ما يقارنون بين التكلفة والعائد من استخدام التكنولوجيا الجديدة، وأن دفع تكاليف استثمارية كبيرة قد لا يكون مبرر اقتصادياً إذا ما تم مقارنته بالفوائد المحققة من تبني هذه التكنولوجيا، لاسيما مع ارتفاع التكلفة الاستثمارية للطابعات ثلاثية الأبعاد في الوقت الحالي.

وبالمثل أظهرت النتائج وجود أثر سلبي للتكلفة التشغيلية على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. ومع الأخذ في الاعتبار الفوائد المدركة من تبنيها فقد ازداد حجم التأثير السلبي، والذي يمكن أن يرجع الي الإرتباط بين إرتفاع التكلفة وتناقص الفوائد المتوقعة من تبنيها. ونظراً لأن تأثيرها غير معنوي على سهولة الاستخدام المدركة فقد انخفض

التأثير الكلي ليصبح (ضعيف 051.) ويمكن تفسير ذلك بأن المديرين يميلون بشكل أكبر لتبني وتطبيق التكنولوجيا التي لا تتطلب تكاليف تشغيل كبيرة مثال أجور العاملين والتدريب إضافة إلى تكلفة المادة الخام المستخدمة سواء من البوليمر أو المعادن أو الزجاج وغيرها وفقا لطبيعة النشاط.

وقد اتفقت هذه النتيجة مع نتائج العديد من الدراسات السابقة ذات الصلة التي أكدت أن التكلفة من أكثر العوامل المؤثرة سلبياً على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد مثال دراسات (Attaran, 2016; Yeh and Chen, 2018 ; Weller et al., 2015; Brooks et al., 2014; Steenhuis and Pretorius, 2016) والتي إعتبرت التكلفة أحد المعوقات التي تحول دون توسع وانتشار تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. ولكنها اختلفت مع هذه الدراسات في درجة أهمية التكلفة في التأثير على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد من بين عوامل أخري.

اتفقت نتائج هذا البحث أيضاً مع المسارات المقترحة بواسطة نموذج قبول التكنولوجيا TAM حيث أظهرت وجود أثر إيجابي قوي مباشر لكل من سهولة الاستخدام المدركة (367.) والفائدة المدركة (340.) على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد كل على حده، ورغم ذلك فقد ازداد حجم هذا التأثير مع الأخذ في الاعتبار الفائدة المدركة في العلاقة بين سهولة الاستخدام المدركة وتبني الطباعة ثلاثية الأبعاد ليصبح التأثير الكلي 923. = β قوي جدا (367. + 556.) دعمت هذه النتيجة أيضاً العديد من الدراسات التي تناولت تطبيق نموذج قبول التكنولوجيا مثال (Wang et al., 2016; Liu et al., 2017; Marak et al., 2019; Lai, 2017; Halassi et al., 2019; Gangwar et al., 2015) والتي أفادت أن كلا من سهولة الاستخدام والفائدة المدركة تؤثر إيجابياً على تبني التكنولوجيا الجديدة. أي أنه مع إدراك سهولة استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد والفوائد والمزايا المترتبة عليها فإن المنظمات تميل بشكل أكبر إلى تبنيها في عملياتها الصناعية. كما اختلفت مع دراسة (Perry, 2017) في أن سهولة الاستخدام المدركة لا تؤثر معنوياً على نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

وفي ضوء ما سبق، تبين أن أبرز العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية وفقا لمفردات العينة هي سهولة الاستخدام المدركة تليها الفائدة المدركة (نموذج قبول التكنولوجيا) ثم ضغوط المنافسة (العوامل البيئية)، ثم دعم الإدارة العليا (العوامل التنظيمية). أما باقي العوامل فتؤثر بشكل غير مباشر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، إما من خلال سهولة الاستخدام المدركة أو الفائدة المدركة أو كلاهما. وتشمل هذه العوامل الميزة النسبية، والجاهزية والاستعداد التنظيمي، والتوافق والتكامل التكنولوجي، ودعم موردي التكنولوجيا وشركاء التجارة وهي الأقل تأثيراً على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.

وباستقراء ما سبق، وفي ضوء بيانات النموذج البنائي للبحث شكل رقم 2 وجدول رقم 8، يتضح أن جميع عوامل إطار عمل التكنولوجيا- المنظمة -البيئة TOE بالإضافة للتكلفة تفسر 81 في المائة من التباين في سهولة الاستخدام المدركة للطباعة ثلاثية الأبعاد من قبل مفردات العينة. بينما ترجع 19 في المائة منها إلى عوامل أخري لم يتناولها النموذج. كما تبين أيضاً أن جميع هذه العوامل مع الأخذ في الاعتبار سهولة الاستخدام المدركة تفسر 85 في المائة (85. = R^2) من التباين في الفائدة المدركة من تبني الطباعة ثلاثية وأن 15 في المائة تعود لعوامل أخري، أي أن قيمة معامل التحديد تحسنت بنسبة 4 في المائة.

وإجمالاً، فإن جميع العوامل التي تناولها النموذج المقترح سواء عوامل إطار عمل التكنولوجيا – البيئة – المنظمة– التكلفة إضافة إلى عوامل نموذج قبول التكنولوجيا والتي تشمل سهولة الاستخدام المدركة والفائدة المدركة (النموذج الموسع) تفسر جميعها 93% (R^2= .93) من التباين في نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمناطق الصناعية بالقليوبية. وبالتالي دعمت نتائج البحث بشكل كبير النموذج المقترح للمزج بين إطار عمل التكنولوجيا – المنظمة- البيئة TOE مع إضافة التكلفة كأحد العوامل الهامة ونموذج قبول التكنولوجيا TAM وبالتالي تزداد القدرة التفسيرية للنموذج المقترح في تفسير كيفية تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمقارنة باستخدام أحد النموذجين بشكل فردي.

(10) التطبيقات الإدارية لنتائج الدراسة

اعتماداً على النموذج المقترح للتكامل بين إطار عمل التكنولوجيا– المنظمة– البيئة- التكلفة ونموذج قبول التكنولوجيا، اقترح البحث أربع متغيرات رئيسة هي العوامل التكنولوجية والتنظيمية والبيئية والتكلفة باعتبارها تؤثر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في العمليات الصناعية. تزامناً مع ذلك تناول البحث التأثيرات الشاملة والمتداخلة مع أبعاد ومتغيرات نموذج قبول التكنولوجيا والتي أدت إلى تحسين قدرة متغيرات إطار عمل TOEC على تفسير توجهات المديرين بالمناطق الصناعية محل البحث نحو تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد كبديل للطرق التقليدية باعتبارها تكنولوجيا جديدة واعدة.

يعتبر البحث الحالي من أوائل الدراسات الميدانية– بشكل خاص في القطاع الصناعي المصري- التي اهتمت بتوسيع وتطوير نموذج قبول التكنولوجيا للتعرف على العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد لاستيضاح الصورة الكاملة للعلاقات المباشرة وغير المباشرة بين هذه العوامل. ومن ثم يمكن أن تمكن نتائج هذا البحث المسئولين والمديرين من فهم العوامل الدافعة والمعوقة لتبني هذه التكنولوجيا الجديدة في الأنشطة الصناعية سواء في صناعة النماذج الأولية أو المنتجات النهائية.

بالإضافة إلى المساهمات النظرية، يقدم هذا البحث عدداً من التوصيات الإدارية التي يمكن أن تضطلع بها الإدارة العليا بالشركات العاملة بالمناطق الصناعية، والقائمين على التنمية الصناعية في مصر منها:

- قدم هذا البحث دليلاً قوياً على أن تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد يتأثر بكيفية إدراك مدي سهوله الاستخدام (درجة التعقيد والجهد المبذول) وكذلك مقدار الفوائد المتوقعة من تطبيقها، وبالتالي قد يكون من الملائم إعداد المبادرات سواء على المستوي الحكومي او القطاع الخاص التي تساعد في التخفيف من التصورات السلبية المرتبطة باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد - مثال الصعوبات المتعلقة بالاستخدام والتشغيل والصيانة وغيرها - هذه المبادرات يمكن أن تتضمن إعداد البرامج التدريبية اللازمة، والاعتماد على الاستشاريين والمتخصصين ودعوتهم لعمل تدريبات وورش عمل ميدانية حول كيفية استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.
- عند النظر في تبني واعتماد تكنولوجيا جديدة – مثال الطباعة ثلاثية الأبعاد_ لابد من تحديد المزايا والعيوب المرتبطة بها، ومن ثم يجب على المديرين إجراء تحليل شامل للتكاليف والفوائد المرتبطة بها (تحليل التكلفة

والعائد) قبل الاستثمار فيها كتكنولوجيا صناعية واعدة. كما يجب أن يأخذ المديرين في الاعتبار أن هذه التصورات الإدارية يمكن أن تؤثر على قراراتهم لتبني هذه التكنولوجيا.

- قدم هذا البحث دليلاً على أن جميع العوامل التكنولوجية والتنظيمية والبيئية والتكلفة تؤثر على نوايا تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد سواء بشكل مباشر أو غير مباشر. ومن ثم يمكن للمديرين بالمنظمات الصناعية تشجيع استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في العمليات الصناعية عن الطرق التقليدية مثل قوالب الصب والحقن من خلال الاهتمام بالفوائد والمزايا التي تحققها هذه التكنولوجيا وقدرتها على تحسين الأداء التشغيلي والإنتاجية.
- قدم هذا البحث أيضاً دلائل على أن التكلفة (سواء التكلفة الاستثمارية أو التشغيلية) من أبرز العوامل المؤثرة بشكل مباشر على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في القطاع الصناعي - وان لم تكن أهمها - إلا أنه يمكن التغلب على ارتفاع التكلفة - في الوقت الحالي - من خلال عمليات التبني التدريجي لتشغيل الطابعات ثلاثية الأبعاد لعدد صغير من المصممين لأغراض التقييم الأولي، وكذلك استخدامها في عمليات تصميم النماذج الأولية للمنتجات تمهيداً لاستخدامها بشكل شامل في عمليات التصنيع. وتماشياً مع توصيات Halassi et al., 2019) يمكن الاعتماد على أنظمة الدفع مقابل الاستخدام Pay-Per-Use للتغلب على ارتفاع التكلفة.
- أبرز البحث الدور المؤثر للعوامل التنظيمية وبشكل خاص دعم الإدارة العليا على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في القطاع الصناعي، لذلك يمكن أن تقدم الإدارة العليا هذه التكنولوجيا للعاملين في المستويات الدنيا (الإدارة التنفيذية - المشرفين ...) والنظر في انطباعاتهم حول المزايا والمشكلات المرتبطة بالتطبيق، أو دعوة العاملين للمشاركة في مشروعات طباعة ثلاثية الأبعاد لتقييم مدي توافقها مع رسالة المنظمة وأهدافها. مع تقديم الدعم الكافي من قبل الإدارة العليا لضمان نجاح هذه المشروعات.
- قدم هذا البحث دليلاً على أن تحقيق المكاسب المتوقعة من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في الأنشطة الصناعية قد لا يعزي فقط لاستخدام التكنولوجيا الجديدة، ولكن يبقي مرهون بتحقيق التوازن بين مختلف العوامل التكنولوجية والتنظيمية والبيئية والاقتصادية. ومن ثم قد يساعد مراعاة الأبعاد الفرعية لهذه العوامل -كما تم تناولها في هذا البحث - المديرين والمطبقين المحتملين في فهم وتقييم الإمكانات التكنولوجية للطباعة ثلاثية الأبعاد وفوائدها وتوظيفها بشكل أفضل في تعزيز الأداء التشغيلي لمنظماتهم وتحسين الإنتاجية في إطار إعتبارها كسلاح تنافسي.
- على مستوي المنظمات الصناعية كمشترين لهذه التكنولوجيا، قد يساعد هذا البحث الإدارة العليا والمديرين التنفيذيين في معرفة ما الذي سوف يحتاجه العاملون لديهم في تنمية وعيهم وقبولهم لمثل هذه التكنولوجيا من خلال مراعاة العوامل المختلفة المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. أما بالنسبة لمصنعي وموردي أجهزة وخدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد ففي ضوء نتائج هذا البحث يجب عليهم التركيز على العوامل التي تزيد من احتمالات تبنيها، حيث يجب أن يبذلوا مزيد من الجهد لجعل استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد أكثر سهولة، كما يجب أن تركز استراتيجيات التسويق والاتصال على توضيح مدي سهولة الاستخدام مع إبراز الفوائد المرتبطة بها. وتماشياً مع توصيات (Chaudhuri et al., 2019) يجب أن يعمل موفري هذه

التكنولوجيا على مساعدة الشركات الصناعية على اختيار الطريقة الملائمة لطبيعة النشاط الصناعي (النفث أو القذف - التلبد بالليزر - التصوير الحجري المجسم) والمواد المستخدمة (البلاستيك أو الفيلامنت، المعادن، الألومنيوم، الزجاج وغيرها) وكذلك اختيار التجهيزات والعمليات. ويمكن تحقيق ذلك من خلال دمج موفري تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في سلاسل التوريد الخاصة بالشركات الصناعية والسماح لهم بتجربة التكنولوجيا والتدريب عليها.

(11) حدود الدراسة والدراسات المستقبلية

على الرغم من المساهمات النظرية والتطبيقية التي قدمها هذا البحث، إلا أنه لا تزال هناك بعض القيود والمحددات والتي يمكن أن تمهد الطريق لمزيد من الدراسات المستقبلية يمكن عرضها فيما يلي:

- تم جمع البيانات الأولية اللازمة لاختبار العلاقات المباشرة وغير المباشرة بين متغيرات البحث والتي تم استيفاؤها بواسطة المديرين بالمستويات الإدارية المختلفة بالمناطق الصناعية بالقليوبية مرة واحدة - في وقت واحد - الأمر الذي قد يؤدي إلى نوع من التحيز. وبالتالي يمكن للدراسات المستقبلية إجراء بحوث ممتدة Longitudinal، والتي يمكن من خلالها معرفة الآراء ومدي قبول تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد وتغيره عبر الزمن. كما يمكن الاعتماد على دراسة الحالات للوقوف على الاستخدام الفعلي لها فضلا عن التحقق من المصداقية الخارجية لمتغيرات البحث.
- اقتصر البحث الحالي على أبعاد ومتغيرات كلا من إطار عمل TOEC ونموذج TAM، إلا أن الدراسات المستقبلية يمكنها إضافة عوامل ومتغيرات أخري أو الدمج والتكامل بين نماذج أخري مثال IDT وUTAUT، TAM3 وغيرها لتفسير كيفية تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد. أو تفسير الفوائد المتوقعة من تطبيقها باستخدام إطار عمل الرغبات Desires Framework، كما يمكن أيضاً التعرف على تأثير المتغيرات الديموغرافية - كمتغيرات ضابطة - للعلاقة بين العوامل المختلفة المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد.
- اقتصر البحث على المناطق الصناعية بالقليوبية - وتحديدا منطقتي الصفا والشروق الصناعيتين بمدينة الخانكة - وفي حين أن استخدامات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مصر لا تزال في باكورة التطبيق، كما أن معظم المنظمات الصناعية لا تزال مؤشرات تطبيقها الفعلي لتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد غير واضحة، وبالتالي فإن هناك حاجة لدراسات مستقبلية لقياس الاستخدام الفعلي لهذه التكنولوجيا في الأنشطة الصناعية. وكذلك سوف يكون من المثير للاهتمام عمل دراسات مقارنة بين مصر ودول أخري عربية أو أجنبية أخذاً في الاعتبار الاختلافات الثقافية المحتملة.
- توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد للمنظمات الصناعية قدرات فريدة على تقريب التصنيع من المستهلك النهائي، وتقليل الفاقد والتالف مقارنة بالطرق التقليدية. لذلك من الضروري معالجة قضايا أخري بخلاف التبني والتي يمكن أن تتمحور حول كيفية استفادة الشركات من واستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد والمزايا المرتبطة بها.
- يمكن للدراسات المستقبلية اختبار الاستخدام الفعلي لتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد وانعكاساتها على الكفاءة التشغيلية وجودة المنتجات في قطاعات أخري وصناعات محددة مثال صناعة الغزل والنسيج،

وصناعة المستلزمات والأجهزة الطبية وأدوات الوقاية والتي تشهد تطوراً ملحوظاً في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وفقاً لما جاء في (Hafez et al., 2015). ويحتاجها الاقتصاد المصري لمواجهة جائحة كورونا COVID-19.

- تم اختبار العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد على مستوي الشركات الصناعية، ومن ثم يمكن للدراسات المستقبلية اختبار العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد على مستوي المستهلكين للطابعات ثلاثية الأبعاد الشخصية، بما يسمح بتوضيح مدي الاختلاف بين دوافع الأفراد والشركات في تبني واستخدام هذه التكنولوجيا الجديدة.

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية

الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (2019). **الكتاب الإحصائي السنوي: الصناعة والطاقة**.

بوابة معلومات مصر (2019). **التنمية الاقتصادية: الصناعة**.http://eip.gov.eg/IDSC/Default.aspx

عامر، عبد الناصر السيد (2018). **نمذجة المعادلة البنائية للعلوم النفسية والاجتماعية: الأسس والتطبيقات والقضايا**، الجزء الأول، الرياض، دار جامعة نايف للنشر.

كامل، محمود عبد الرحمن (2019). **تطبيقات الثورة الصـــناعية الرابعة في منظمات الأعمال**، الطبعة الأولي، بنها: المؤلف.

ثانياُ: المراجع باللغة الأجنبية

Al – Shura, M. S.; Zabadi, A. M.; Abughazaleh, M. and Alhadi, Marwa A. (2018). Critical Success Factors for Adopting Cloud Computing in the Pharmaceutical Manufacturing Companies. *Advances in Economics and Business* 6(3), 168-178.

Ali, Md. H; Batati, S. and Sarbassov, D. (2019). 3D Printing: critical review of current development and future prospects. *Rapid Prototyping Journal* 25(6), 1108-1126.

Arnold, C.; Veile, J. W. & Voigt, K. (2018). What drives industry 4.0 adoption? An examination of technological, organizational, and environmental determinants. *International Association for Management of Technology, IAMT 2018 Conference Proceedings*, Germany. 1-19.

Attaran, Mohsen (2016). 3D Printing: enabling a new era of opportunities and challenges for manufacturing. *International Journal of Research and Engineering Science* 4(10), 30-38.

Baker, J. (2012). *The Technology – Organization-Environment framework in information systems theory*. Springer, New York, 231-245.

Baumers, M.; Dickens, P.; Tuck, C., & Hague, R. (2016). The cost of additive manufacturing: machine productivity, economies of scale and technology-push. *Technological Forecasting & Social Change* 102, 193-201.

Birtchnell, T., & Urry, J. (2016). *A new industrial future? 3D printing and the reconfiguring of production, distribution, and Consumptions for US manufacturing competitiveness* 2. Routledge: London & New York.

Brooks, G.; Kinsley, K. & Owens, T. (2014). 3D printing as a consumer technology business model. *International Journal of Management Information Systems* 18(4), 271-280.

Bryman, A. and Bell, E. (2011). *Business Research Methods*", Third Edition. Oxford University Press.

Byrne, B. M. (2016). *Structural Equation Modeling with AMOS: basic concepts, applications, and programing*, Third Edition. Routledge: New York.

Capetaniou, C.; Rieple, A.; Pilkington, A.; Frandsen, T. and Pisano, P. (2016). Building the layers of a new manufacturing taxonomy: How 3D Printing is creating a new landscape of production eco-systems and competitive dynamics. *Technological Forecasting & Social Change* 128, 22-35.

Chaudhuri, A.; Rogers, H.; Soberg, P. V. and Pawar K. (2019). The role of service providers in 3D printing adoption. *Industrial Management & Data Systems* 119(6), 1189-1205.

Conner, B. P.; Manogharan, G. P. and Meyers, K. L. (2015). An assessment of implementation of entry level 3D printers from the perspective of small businesses. *Rapid Prototype Journal* 21(5), 582-597.

Dilberoglu, U. M; Gharehpapagh, B.; Yaman U. and Dolen, M. (2017). The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing* 11, 545 – 554.

Gangwar, H.; Date, H., &Ramaswamy, R. (2015). Understanding determinants of cloud computing adoption using an integrated TAM-TOE model. *Journal of Enterprise Information Management* 28(1), 107-130.

Garg, B. and Mehta, N. (2018). Current Status of 3D printing in spine surgery. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 1-8.

Hafez, M. A.; Abdelghany, K. and Hamza, H. (2015). Highlighting the medical applications of 3d printing in Egypt. *Annual Translation Medicine* 3(22), 1-16.

Hair, J.F.; Black, W.C.; Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2010). *Multivariate Data Analysis*. Seventh Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Halassi, S.; Semeijn, J. and Kiratli, N. (2019). From consumer to prosumer: a supply chain revolution in 3D printing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics* Management 49(2), 200-216.

Holzmann, P.; Breitenecker, R. J.; Soomro, A. A. and Schwarz, E. J. (2017). User entrepreneur business models in 3D printing. *Journal of Manufacturing Technology Management* 28(1), 75-94.

Jiang, R.; Kleer, R. and Piller, F. T. (2017). Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030. *Technological Forecasting & Social Change* 117, 84-97.

Kamble, S. S.; Gunasekaran, A., and Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry* 101, 107-119.

Kianian, B.; Tavassoli, S.; Larsson, T. C. and Diegel, O. (2016). The Adoption of Additive Manufacturing Technology in Sweden. *Procedia CIRP* 40, 7 – 12.

Kothman, I. and Faber, N. (2016). How 3D printing technology changing the rules of the game? Insights from the construction sector. *Journal of Manufacturing Technology Management* 27(7), 932-943.

Lai, Pc (2017). The literature review of technology adoption models and theories for the novelty technology. *Journal of Information Systems and Technology Management* 14(1), 21-38.

Lee, J. y.; An, J. and Chua, C. K. (2017). Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials. *Applied Materials Today* (7), 120-133.

Lewis, J. R. (2019). Comparison of four TAM Item Formats: Effect of response option labels and order. *Journal of Usability Studies* 14 (4), 224-236.

Lin, L. C. (2009). An integrated framework for the development of Radio Frequency Identification technology in the logistics and supply chain management. *Computer Industrial Engineering* 57(3), 832-842.

Liu, Z.; Zhang, M.; Bhandari, B.; Wang, Y. (2017). 3D Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science & Technology* 69, 83-94.

Mangula, I. S; Weerd, I. van de and Brinkkemper, S. (2017). A Meta-analysis of IT Innovation Adoption Factors: The Moderating Effect of Product and Process Innovations. *Pacific Asia Conference on Information System 2017 Proceedings* (69). http://aisel.aisnet.org /pacis2017/69

Marak, Z.; Tiwari, A. and Tiwari, S. (2019). Adoption of 3D Printing technology: an innovation Diffusion Theory perspective. *International Journal of Innovation* 7(1), 87-103.

Martins, R.; Oliveira, T.; Thomas, M. and Tomás, S. (2019). Firms' continuance intention on SaaS use: An empirical study. *Information Technology & People* 32(1), 189-216.

Mellor, S.; Hao, L. and Zhang, D. (2014). Additive Manufacturing: A framework for implementation. *International Journal of Production Economics* 149(3), 194-201.

Moeser, G.; Moryson, H. and Schwenk, G. (2013). Determinants of online social business network usage behavior- Applying the technology Acceptance Model and its extensions. *Psychology* 4(4), 433-437.

Mohr, S. and Khan, O. (2015). 3Dprinting and its disruptive impacts on supply chains of the future. *Technology Innovation Management Review* 5(11), 20.

Murmura, Federica and Bravi, Laura (2018). Additive Manufacturing in the wood-furniture sector: sustainability of the technology, benefits, and limitations of adoption. *Journal of Manufacturing Technology Management* 29(2), 350-371.

Ngah, A.; Zainuddin Y. and Thurasamy R. (2017). Applying the TOE framework in the Halal Warehouse adoption study. *Journal of Islamic Accounting and Business Research* 8(2), 250-265.

Ngo, Tuan D.; Kashani, A.; Imbalzano, G., et al. (2018). Additive Manufacturing (3D Printing): A review of materials, methods, applications, and Challenges. *Composites Part B*. 143, 172-196.

Ottmeier, K. and Hofmann, E. (2015). Impact of additive manufacturing technology adoption on supply chain management processes and components. *Journal of Manufacturing Technology Management* 27(7), 944-968.

Oliveira, T. and Martins, M. Fraga (2011). Literature Review of Information Technology Adoption Models at Firm Level. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation* 14(1), 110- 121. Available online at www.ejise.com.

Pak, J.; Li, l. and Chung, G. H. (2019). A holistic approach to individual- level innovation implementation. *Innovation: Organization & Management*, 1-20. DOI: 10.1080/14479338. 2019n.1632710

Perry, A. (2017). Factors comprehensively influencing acceptance of 3D-printed apparel. *Journal of Fashion Marketing and Management* 21(2), 219-234.

Quan, Z.; Wu, A.; Keefe, M., et al. (2015). Additive manufacturing of multi-directional performs of composites: Opportunities and challenges. *Material Today*, 508-510.

Rogers, E.M. (2003). *Diffusion of Innovations* 5th. (ed.). Free Press: New York, NY.

Rogers, H.; Baricz, N. and Pawar, K. (2016). 3D printing Services: classification, supply chain implications and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 46(10), 886-907.

Rylands, B.; Bohme, T.; gorkin, R. and Birtchnell, T. (2016). The Adoption process and impact of additive manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Technology Management* 27(8), 969-989.

Sakin, M. and Kiroglu, Y. C. (2018). 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. *Energy Procedia* 134, 702-711.

Schniederjans, Dara G. (2017). Adoption of 3D-printing technologies in manufacturing: A survey analysis. *International Journal of Production Economics* 183, 287-298.

Sharifzadeh, M.; Damalas, C. A.; Abdollahzadeh, G. and Ahmadi-Gorgi, H. (2017). Predicting adoption of biological control among Iranian rice farmers: an application of the extended technology acceptance model (TAM2). *Crop Protection* 96, 88-96.

Spahiu, T.; Canaj, E. and Shehi, E. (2020). 3D printing for clothing production. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 15, 1–8. https://doi.org /10.1177/1558925020948216

Steenhuis, J. and Pretorius, L. (2016). Consumer additive manufacturing or 3D Printing adoption: An exploratory study. *Journal of Manufacturing Technology Management* 27(7), 990-1012.

Teo, T.; Zhou, M.; Waifan A. C. and huang, F. (2019). Factors that influence university student's intention to use Moodle: A study of Macau. *Educational Technology Research and Development*, Springer, 1-19. https://doi.org/10.1007/s11423-019-09650-x

Thomas, D. S. (2015). Costs, Benefits, and adoption of additive manufacturing: a supply chain perspective. *International Journal of Additive Manufacturing Technology*, 1-20.

UNCTAD (2017). *ICT policy review: National E-commerce strategy for Egypt*. New York, 1-94.

Venkatesh, V. and Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Science* 39(2), 273-312.

Venkatesh, V. and Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science* 46(2), 186-204.

Venkatesh, V.; Morris, M.G.; Davis F.D. and Davis, G.B. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 27, 425-478.

Wang, Q.; Sun, X.; Cobb, S.; Lawson, G. and Sharples, S. (2016). 3D printing system: an innovation for small – scale manufacturing in home settings? Early adopters of 3D printing systems in China. *International Journal of Production Researches* 54(20), 6017-6032.

Weller, C.; Kleer, R. and Piller, F.T. (2015). Economic implications of 3D Printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited. *International Journal of Production Economics* 164, 43-56.

Wilson, J. (2014). *Essentials of business research: A guide to doing your research project*. Sage Publications: London.

Wohlers Associate inc. *(2019) Wohlers Report 2019 3D printing and additive manufacturing state of the industry*. https://3dprintingindustry.com/news/wohlers-associates-2019-state-of-3d-printing-report-published-152117/

Wu, L. and Chen, J.L. (2014). A stage-based diffusion of IT innovation and the BSC performance impact: A moderator of technology–organization–environment. *Technological Forecasting & Social Change* 88, 76–90.

Yeh, C. C. and Chen, Y. F. (2018). Critical success factors for adoption of 3D Printing. *Technological Forecasting & Social Change* 132, 209-216.

Zhu, K.; Dong, S. T.; Xu, S. X. and Kraemer, K. L. (2006). Innovation diffusion in global contexts: Determinants of post-adoption digital transformation of European companies. *European Journal of Information Systems* 15(6), 601-616.

Zhu, Z.; Soo Park, H. and McAlpine, M. C. (2020). 3D printed deformable sensors. *Science Advances* 6(25), 1-10.

ملحق البحث

قائمة استقصاء

الأخ الفاضل/الأخت الفاضلة .....

تحية طيبة وبعد،،،

يقوم الباحثان بإعداد بحث علمي في إدارة الأعمال بعنوان " العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية المصرية: دراسة تطبيقية على المناطق الصناعية بمحافظة القليوبية"، لذا يأمل الباحثان في تعاونكم الصادق عند ملء القائمة، وثقوا أن جهدكم هو الأساس لنجاح هذا البحث. مع العلم أن الاجابات ستكون موضع السرية التامة ولن تستخدم إلا لأغراض البحث العلمي فقط. ونشكركم مسبقا على حسن تعاونكم، مع خالص التمنيات بمزيد من التقدم والرقي.

الباحثان

فيما يلي مجموعة من العبارات، يرجى وضع علامة (✓) أمام الاختيار الذي يتفق مع رأي سيادتكم:

م	العبارة	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماما
1	يمكن أن تتوافق الطباعة ثلاثية الأبعاد مع البنية التكنولوجية الحالية بالشركة.					
2	يمكن أن تتكامل الطباعة ثلاثية الأبعاد مع باقي الأنظمة الصناعية المطبقة.					
3	يمكن أن تتوافق الطباعة ثلاثية الأبعاد مع احتياجات المستخدمين بالشركة.					
4	تتكامل الطباعة ثلاثية الأبعاد مع الشركاء والموردين خارج المنظمة.					
5	سوف تساهم الطباعة ثلاثية الأبعاد في تخفيض تكاليف التشغيل مقارنة بالطرق التقليدية للتصنيع.					
6	سوف يؤدي استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى تقليل وقت الانتاج مقارنة بالطرق التقليدية للتصنيع.					
7	سوف تسمح الطباعة ثلاثية الابعاد بإنتاج سلع حسب الطلب وفقاً لرغبات العملاء مقارنة بالطرق التقليدية للتصنيع.					
8	سوف تساهم الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحسين جودة المنتجات مقارنة بالطرق التقليدية للتصنيع.					
9	يمكن أن تشجع الثقافة التنظيمية السائدة استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.					

م	العبارة	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماما
10	سوف تقوم المنظمة بتوفير الأموال اللازمة لاستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد.					
11	تقوم المنظمة بتوظيف متخصصين على دراية عالية بالطباعة ثلاثية الابعاد.					
12	توفر الادارة العليا الدعم اللازم لتشجيع استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.					
13	تتحمل الإدارة العليا المسئولية المطلقة عن تبني الطابعات ثلاثية الأبعاد					
14	الإدارة العليا تشارك بنشاط في وضع رؤية وصياغة استراتيجيات لاستخدام الطباعة ثلاثية الابعاد.					
15	تعمل الادارة العليا على تحقيق التكامل والتنسيق بين مختلف الادارات المسئولة عن الطباعة ثلاثية الابعاد.					
16	تتطلب ظروف المنافسة استخدام الطباعة ثلاثية الابعاد.					
17	يحقق المنافسين الرئيسيين فوائد كبيرة من استخدام الطباعة ثلاثية الابعاد.					
18	يفضل الموردين والعملاء التعامل مع المنافسين الذين يستخدمون الطباعة ثلاثية الابعاد.					
19	تستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد لمواكبة التغيرات في الأسواق التي نخدمها.					
20	يوفر موردي الطابعات ثلاثية الأبعاد الأجهزة وقطع الغيار بالمواصفات المطلوبة.					
21	يوفر موردي الطابعات ثلاثية الأبعاد المادة الخام اللازمة للطباعة.					
22	يقدم موردي الطابعات ثلاثية الأبعاد خدمات الصيانة والدعم الفني.					
23	لا تعتبر الطابعات ثلاثية الأبعاد مرتفعة التكلفة.					
24	لا تتطلب الطابعات ثلاثية الأبعاد مصروفات صيانة مرتفعة.					
25	لا تتطلب الطابعات ثلاثية الأبعاد برمجيات مرتفعة التكلفة.					
26	لا يتطلب تشغيل الطابعات ثلاثية الأبعاد عمالة ماهرة مرتفعة التكلفة.					

م	العبارة	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماما
27	لا يتطلب تدريب العمالة على استخدام الطابعات ثلاثية الابعاد تكلفة مرتفعة.					
28	لا تعتبر المواد الخام اللازمة للطابعات ثلاثية الابعاد مرتفعة التكلفة.					
29	من السهل تعلم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.					
30	لدي المعرفة الكافية في استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد.					
31	استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد لا يتطلب جهداً اضافيا أو معاناة.					
32	لا أحتاج إلى المزيد من التدريب لكي استخدم الطابعات ثلاثية الأبعاد.					
33	من السهولة أن أصبح ماهراً في استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد.					
34	من السهل أن أجعل الطابعات ثلاثية الابعاد تنتج ما أريد.					
35	التفاعل مع الطباعة ثلاثية الأبعاد واضحاً ومفهوماً.					
36	تمكنني الطباعة ثلاثية الأبعاد من انجاز المهام بسرعة أكثر.					
37	استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد سوف يحسن أداء العمل.					
38	استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد سوف يزيد من الانتاجية.					
39	تعزز الطباعة ثلاثية الأبعاد فعالية العمل.					
40	توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد الوقت والجهد.					
41	الطباعة ثلاثية الأبعاد مفيدة في عملي.					
42	تساعد الطابعات ثلاثية الأبعاد في تحسين جودة المنتجات.					
43	أنوي استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عملي.					
44	سوف أستمر في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في المستقبل.					
45	تحقق الطباعة ثلاثية الأبعاد كل توقعاتي.					

برجاء استيفاء البيانات التالية:

الوظيفة الحالية .....

المؤهل الدراسي: متوسط فأقل ☐ فوق متوسط ☐ جامعي ☐ دراسات عليا ☐

السـن: أقل من 30 سنة ☐ من 30 إلى أقل من 45 سنة ☐ 45 سنة فأكثر ☐

سنوات الخدمة: أقل من 10 سنوات ☐ من 10 إلى أقل من 15 سنة ☐ 15 سنة فأكثر ☐

النوع: ذكر ☐ أنثى ☐

لسيادتكم جزيل الشكر،،،،،

الباحثان

Factors Affecting the Adoption of 3D Printing in Egyptian Industrial Organizations: An Applied Study on Industrial Zones in Qalyubia Governorate.

Dr. Mahmoud Abdelrahman Kamil

Dr. Sameh Mohamed Said

Abstract

The research paper aimed to determine factors affecting the adoption of 3D printing - as emerging technology - in the Egyptian industrial organizations, to achieve this, a proposed model was developed by integrates Technology-Organization-Environment framework (TOE), Cost as one of the important economic dimensions, and the variables of Technology Acceptance Model (TAM) as one of the most widely accepted models in the literature of new technology adoption. Based on this model, primary data was collected from 135 industrial companies in Al-Shorouk and Al-Safa industrial Zone's located in Qalyubia governorate. using a questionnaire survey that was tested for validity and reliability, and based on a sample of 288 senior, middle and executive managers of these companies. The research hypotheses were tested through the Structural Equation Model (SEM) using AMOS V.24. The results showed that all factors included in the proposed model, have a significant impact, either directly or indirectly, on the adoption of 3D printing in the Egyptian industrial organizations. The most influential factors are Perceived Ease of Use, Perceived Usefulness, Competition Pressures, Top Management Support, and Cost respectively. Furthermore, all factors in the model considering perceived ease of use and perceived usefulness as mediating variables explain 93 percent of changes in the adoption intentions of 3D printing.

Keywords

3D Printing - TOE Framework - TAM - Industrial Zones.

التوثيق المقترح للدراسة وفقا لنظام APA

كامل، محمود عبد الرحمن؛ سعيد، سامح محمد (2021). العوامل المؤثرة على تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد بالمنظمات الصناعية المصرية: دراسة تطبيقية على المناطق الصناعية بمحافظة القليوبية. **مجلة جامعة الإسكندرية للعلوم الإدارية، كلية التجارة، جامعة الاسكندرية** 58(1)، 83 - 129.

جميع حقوق النشر والطباعة والتوزيع محفوظة

لمجلة جامعة الإسكندرية للعلوم الإدارية©2021