إمكانيات ومعوقات دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي لطلاب العمارة والتخطيط

إعـــداد:

أ. سلطـــــان شاكـــر السلمـــي

حاصل على درجة الماجستير في تقنيات التعليمكلية الدراسات العليا التربوية
جامعة الملك عبد العزيز المملكة العربية السعودية

أ.د. أشرف أحمد عبد العزيز زيدان

كلية الدراسات العليا التربوية جامعة الملك عبد العزيز المملكة العربية السعودية

إمكانيات ومعوقات دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي لطلاب العمارة والتخطيط

أ. سلطـــــان شاكـــر السلمـــي
حاصل على درجة الماجستير في تقنيات التعليمكلية الدراسات العليا التربوية
جامعة الملك عبد العزيز المملكة العربية السعودية
أ.د. أشرف أحمد عبد العزيز زيدان
كلية الدراسات العليا التربوية جامعة الملك عبد العزيز المملكة العربية السعودية

• **المستخلص:**
يلخص البحث إلى مجموعة من النقاط ليس فقط على مستوى كلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك عبدالعزيز ولكن على مستوى كليات العمارة في المملكة العربية السعودية ويمكن القول أيضا على مستوى منطقة الشرق الأوسط حيث أن جامعة الملك عبدالعزيز هي نموذجا رائدا على مستوى جامعات المملكة وأيضا منطقة الشرق الأوسط، ويمكن إيجاز هذه النقاط أو الموضوعات في شكل إيجابيات ونقاط قصور أو تحديات كما يلي: الإيجابيات : هناك بعض النقاط الإيجابية تتمثل في أن هناك إجماع بين أعضاء هيئة التدريس المشاركين في الاستبانة على أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد: تحسن مهارات التصميم وتحفز الفكر الإبداعي لدى الطلاب.وتحسن من جودة إظهار الفكرة الأولية لمشروعات الطلاب.وتحسن من جودة المنتج النهائي لمشروعات الطلاب.و تحسن من جودة المنتج النهائي وتسويقه وتعزز العلاقة بين المصمم وبين العملاء في المشروعات الواقعية.وتحقق الاستدامة من حيث توفير نفايات المواد الخام الناتجة من عملية انتاج المجسمات مقارنة بالطرق اليدوية.نقاط الصور أو التحديات: وهناك بعض نقاط القصور أو التحديات الواضحة والتي ظهرات من بين إجابات المشاركين في الاستبانة مثل:هناك قصور من حيث الخبرة الحالية لدى أعضاء هيئة التدريس بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد والمعرفة بأنواعها المختلفة مما أنعكس ذلك على ضعف استخدام هذه التقنية في العملية التعليمية.وهناك قصور من حيث دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المناهج الدراسية حيث أنها ليست متطلبا رئيسيا في المقررات أو المشروعات ويمتد هذا القصور أيضا إلى الخطط التطويرية للمناهج الدراسية التي غابت عنها دمج هذه سواء على مستوى المقررات أو المشروعات الدراسية.وهناك قصور من حيث تدريب أعضاء هيئة التدريس والطلاب على استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.و هناك قصور في توفير المعامل المجهزة بأعداد كافية من الطابعات التي تناسب الأحجام المختلفة من المشروعات وتغطي احتياجات جميع الطلاب. وهناك قصور من حيث توفير الكوادر المتخصصة من الفنيين الذين يمكنهم تقديم الدعم الفني لأعضاء هيئة التدريس والطلاب.وهناك قصور من حيث توفير الميزانيات والدعم المالي الكافي لتجهيز وصيانة المعامل وتوفير المواد الخام اللازمة للطباعة وتدريب الطلاب وأعضاء هيئة التدريس.
الكلمات المفتاحية: تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، تعليم العمارة والتخطيط، أدوات التصميم المعماري.

The possibility and obstacles of merging 3D printing technology into the curriculum for architecture and Urban planning students.

Sultan Shaker Alsulami
Prof. Ashraf Ahmed Abdul Aziz Zeidan

Abstract
The research summarizes a set of points not only at the level of the College of Architecture and Planning at King Abdulaziz University, but also at the level of architecture colleges in the Kingdom of Saudi Arabia. These points or topics can be summarized in the form of advantages and disadvantages or challenges as follows.Positives: There are some positive points represented in the fact that there is a

consensus among the faculty members participating in the questionnaire that 3D printing technology: Improve design skills and stimulate creative thinking among studentsImprove the quality of showing the initial idea of student projects.Improve the quality of the final product for student projects.Improve the quality and marketing of the final product and strengthen the relationship between the designer and clients in real projects.Sustainability is achieved in terms of saving raw materials waste resulting from the process of producing models, compared to manual methods .Image points or challenges: There are some points of deficiencies or clear challenges that appeared among the answers of the participants in the questionnaire, such as: There are shortcomings in terms of the current experience of faculty members with 3D printing technology and knowledge of its various types, which was reflected in the poor use of this technology in the educational process. There are shortcomings in terms of integrating 3D printing technology into the curricula, as it is not a major requirement in courses or projects. This shortcoming also extends to the development plans of the curricula that lack the integration of this technology, whether at the level of courses or academic projects.There are shortcomings in terms of training faculty members and students on the use of 3D printing technology.There is a shortage in providing laboratories equipped with sufficient numbers of printers that suit different sizes of projects and cover the needs of all students.There are shortcomings in terms of providing specialized cadres of technicians who can provide technical support to faculty members and students.There are shortcomings in terms of providing budgets and adequate financial support for equipping and maintaining laboratories, providing raw materials for printing, and training students and faculty members.

Keywords: 3D printing technologies architecture and planning education, Architectural design tools.

• المقدمة :

مرت البشرية بالعديد من العصور والثورات التي ألقت بآثارها على مناحي الحياة في كل عقد وجيل، بدءا من الثورة الزراعية مرورا بالثورة الصناعية وانتهاء بالثورة التكنولوجية، وتعد الثورة التكنولوجية وأحدة من أبرز الثورات التي غيرت حياة البشرية والعالم على مر التاريخ، حتى أن البعض أطلق عليها الثورة الصناعية الثانية كناية عن دورها العظيم الذي قاد التغيير في نواحي الحياة الاجتماعية والسياسية والصحية والعسكرية.

وتعد الطباعة ثلاثية الأبعاد **3D Printing** هي تقنية مبتكرة تمكن الانسان من إنشاء المجسمات من خلال نموذج رقمي، حيث تُعرف الطباعة ثلاثية الأبعاد باسم التصنيع الإضافي **Additive manufacturing**، وهي عملية تنطوي على أخذ النموذج الرقمي لتصميم المجسم، وترجمته إلى

سلسلة من شرائح افقية لدى لغة الآلة، ثم طباعته عن طريق إضافة طبقات متعاقبة ودقيقة جدا " لا يتجاوز سمكها أجزاء من الميليمتر" من المواد حتى يتم إنشاء المجسم ثلاثي الأبعاد باستخدام عدد من التقنيات المختلفة.

عندما نتحدث عن الطابعات ثلاثية الأبعاد فأننا لا نتحدث عن مستقبل بعيد، بل نتحدث عن ماضٍ قريب، فقد ظهرت فكرة الطباعة الثلاثية الأبعاد لأول مرة عام ١٩٨٠ في حين تم ابتكار أول طباعة ثلاثية الأبعاد عام ١٩٨٤ من قبل الأمريكي تشاك هال Chuck Hull الذي ينسب إليه الفضل في ابتكار هذه التقنية الثورية، ولكن لم تتوافر الطابعات ثلاثية الأبعاد للاستهلاك التجاري حتى مطلع ٢٠١٠.

إن التنفيذ بواسطة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد يلعب دوراً هاماً في تحويل الاشكال الخيالية والمبتكرة إلى أعمال ومنتجات على أرض الواقع بدقة متناهية وتوقيتات قياسية. ولكون مجال التصميم أحد أهم مجالات تطبيق الأفكار الابتكارية وتطويعها لخدمة الأنسان فإن هذا الأمر يتيح فرصاً أوسع للاستفادة من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

• مشكله البحث ونساؤلاته :

أن طلاب العمارة والتخطيط دأبوا على عمل النماذج المجسمة ثلاثية الأبعاد (الماكيتات) بالطرق اليداوية مما يساعدهم على استكشاف الأخطاء وعيوب التصميم واصلاحها وكان هذا العمل يكلفهم الكثير من الوقت والمجهود والتكلفة ولذلك تعتبر تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد حلاً نموذجيا يمكن طلاب العمارة والتخطيط من انتاج نماذج مجسمة ثلاثية الأبعاد عالية الدقة بسرعة كبيرة وبتكلفة معقولة جدا بالنسبة للطرق اليدوية، وبرغم أهمية تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد إلا أنها لا زالت لم تندمج في المناهج الدراسية لكليات العمارة والتخطيط في المملكة ولذلك يحاول البحث استكشاف الإمكانيات والمعوقات لدمج هذه التقنية في المنهج الدراسي.

يحاول البحث الرد على التساؤلات التالية:

- ما هي تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وما هي أهم مميزاتها لطلاب العمارة والتخطيط؟
- ما هي أفضل الممارسات العالمية في دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المحتوى التعليمي لطلاب العمارة والتخطيط.
- كيفية دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المحتوى التعليمي لطلاب العمارة والتخطيط.

• أهداف البحث:

هدف البحث إلى:

- دراسة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، واستخداماتها المختلفة ومميزاتها في مجال التصميم.
- مراجعة أفضل الممارسات العالمية في دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المحتوى التعليمي لطلاب العمارة والتخطيط بهدف استخلاص الدروس والتعرف على أسباب النجاح والفشل.
- اقتراح مجموعة من الحلول والموجهات لانجاح عملية دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المحتوى التعليمي لطلاب العمارة والتخطيط.

• أهمية البحث:

إبراز أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد كأحد تطبيقات العلوم الحديثة وكيفية الاستفادة منها في مجالات التصميم، حيث يحاول البحث استكشاف الإمكانيات والمعوقات في دمج هذه التقنية بالمنهج الدراسي لكليات العمارة بالمملكة.

• منهجية البحث :

ينقسم البحث إلى قسمين :

• القسم الأول:

يتناول الادبيات والاطار النظري وأفضل الممارسات العالمية في مجال دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المحتوى التعليمي لطلاب العمارة والتخطيط.

• القسم الثاني:

يتناول الدراسة التطبيقية في البحث والتي سوف تعتمد على أساليب الملاحظة والاستبيان والمقابلات الشخصية مع عينة من أعضاء هيئة التدريس بكلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك عبدالعزيز، ثم استخلاص النتائج وتحليلها.

• خلفية نظرية عن الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية

• استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم

إن الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تقنية جديدة نسبيًا وبالتالي، لا يوجد الكثير من الأبحاث التي تم إجراؤها حول كيفية استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية علاوة على ذلك، فإن الغالبية العظمى من الأبحاث التي أجريت حول هذا الموضوع متخصصة تمامًا في تعلم موضوع معين (كانيف، أويدو وآخرون ٢٠١٢) و تايت (٢٠١٢). حيث تركز غالبية الدراسات

الحالية على نوع من المجال العلمي وعلى عملية التعلم، ونظرًا لأن التعلم هو نقطة مهمة في الدراسة الحالية، فسيكون هناك لمحة عامة عن أهم النقاط وأكثرها صلة بهذه الدراسات، على الرغم من أنها غير مرتبطة بشكل مباشر بسياق التعليم العالي. أولا، هناك دراسة أجراها Kostakis et al. (٢٠١٥)، الذي بحث في أثر الطباعة ثلاثية الأبعاد على التعلم في سياق المدرسة الثانوية في اليونان. وبشكل أكثر تحديدا بمشاركة مجموعه من ٣٣ طالبا، من مدرسة ثانوية خاصة ومدرسة ثانوية عامة، حيث حاول الباحثون في هذه الدراسة معرفة ما يمكن أن توفره تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد من أرضية مثمرة للتعلم و طريقة اتصال بين الطلاب المكفوفين والطلاب غير المكفوفين، حيث استخدم الطلاب طابعة ثلاثية الأبعاد لصنع أشياء وظيفية اختاروها بشرط أن تحتوي جميع الأشياء على رسائل مطبوعة بلغة برايل حتى يمكن أن يتعامل معها الطلاب المكفوفين (Kostakis et al., 2015).

كانت النتائج مثيرة للاهتمام، فالطباعة ثلاثية الأبعاد توفر للمتعلمين طريقة مختلفة في التفكير ورؤية العالم، فهو يحفز العديد من الطلاب على الإلمام بالقراءة والكتابة والإبداع، ويلهم المشاركين منهم في المشاريع، حيث يجعلهم يختارون ما يريدون أو يحتاجون إلى تعلمه ويجعل من السهل حقا تجسيد أفكارهم ومشاركتهم في الفصل، كما تجدر الإشارة أيضا إلى ارتفاع تكلفة الطباعة ومحدودية عدد الطابعات ثلاثية الأبعاد في المؤسسات التعليمية، ولكن التكاليف آخذة في الانخفاض باستمرار (Kostakis et al.، ٢٠١٥).

دراسة أخرى مثيرة للاهتمام تركز على التعلم وخاصة على الادراك الحسي للأشياء هي دراسة تشين وآخرون في سياق التعليم الابتدائي Chen et al. (٢٠١٤) حيث تتمحور الدراسة حول كيف يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تساعد في تحسين القدرة على الادراك الحسي للأشياء لدى ٤٦ من أطفال المدارس الابتدائية في سن ١٠ سنوات، لأن هذا هو العمر الذي تتزايد فيه القدرة على الادراك الحسي للأشياء. ولقد اختبروا قدرة الادراك الحسي للأشياء لمجموعة تجريبية ومجموعة ضابطة قبل وبعد دورة تدريبية للمجموعة التجريبية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد استمرت سبعة أشهر، ولم تظهر النتائج أي فروق دالة إحصائيا بين المجموعتين قبل الدورة. بينما جاءت النتائج مثيرة للاهتمام بعد انتهاء دورة الطباعة ثلاثية الأبعاد حيث ساعدت بشكل ملحوظ على تحسين قدرة الأولاد على الادراك الحسي للأشياء (تشين وآخرون، ٢٠١٤).

• **استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في المجالات غير الهندسية:**

• **مجال العلوم والطب والبيولوجيا والكيمياء:**

ربما يكون الاستخدام الأكثر امتداداً للطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم العالي في المجال الطبي في كثير من الحالات، حيث تظهر الدراسات أنه أرخص وأسرع للنماذج الأولية ويوفر للطلاب فهمًا أفضل للأشكال والعمليات. قام **Vaccarezza** و **Papa** (٢٠١٤) بتوظيف الطباعة ثلاثية الأبعاد في بناء النماذج لتعليم التشريح حيث أنه يوفر نماذج منخفضة التكلفة جداً للتدريس كما يمكن أن توفر حلاً لنقص النماذج البشرية والمشاكل الحاكمة أو الأخلاقية المتعلقة بالجثث (فاكاريزا وبابا، ٢٠١٤). أيضاً فان إيبس وآخرون. (٢٠١٥) يدعمون أيضًا الطباعة ثلاثية الأبعاد كطريقة رخيصة لطباعة مجموعات العظام للطلاب في تعليم التشريح البشري. **Augusto et al**. (٢٠١٦) ينظرون أيضًا إلى الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية في علم الأحياء، ولكن في هذه الحالة، لتمثيل خلايا الدم. ويذكرون أن المادة الحالية في بيولوجيا الخلية ليست واقعية مما يجعل المجال غير جذاب، وتعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة قيمة لإدخال نماذج شبيهة بالواقع بدلاً من الصور المسطحة وبالتالي المساعدة في فهم التشكل ووظائف الخلايا. كما أن هناك ميزة أخرى للخلايا المطبوعة ثلاثية الأبعاد هي أنه يمكن استخدامها من قبل المكفوفين (**Augusto et al. 2016**).

وفي دراسات أخرى ذات صلة مثل دراسة **McGahern al**. (٢٠١٥) حيث تم إنتاج نسخ طبق الأصل من نماذج في علم الأحياء باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث تحفز العملية مشاركة الطلاب، وتقدم طريقة جديدة وبديلة للتعامل مع موضوعات علم الأحياء ومعرفة أعمق بالأشياء التي يرغبون في صنعها **McGahern et al**. (٢٠١٥) ولقد عرض طالب نموذج تشريحي لأحدى الخلايا في ندوة جامعية لعلم الأحياء باستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد وأظهر للحضور بالفعل كيفية استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لتعلم الطلاب. ولقد استخدم في البداية مادة الطين الصلصال ولكن النتيجة لم تكون احترافية، ولم يكن هناك تنوع في الألوان أو دقة في التفاصيل، وفي النهاية، قام باستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في عمل النموذج في فترة زمنية قصيرة مع التركيز على العديد من التفاصيل في الشكل و الأبعاد و الخصائص الخلوية بحث تم إنشاء نموذج دقيق للغاية بتكلفة منخفضة للغاية **McGahern** في **al**. (٢٠١٥). ولذلك بدأ الأساتذة في إعادة التفكير في القيمة التعليمية للطباعة ثلاثية الأبعاد واستخدامها في الفصل، ومع ذلك هناك بعض القيود على استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في الفصل مثل

الفترة الزمنية الطويلة المطلوبة لعمل النماذج الكبيرة الحجم، والمعرفة المتخصصة لاستخدام برنامج الطباعة ثلاثي الأبعاد McGahern et al. (٢٠١٥) وأيضا هناك مشكلات تتعلق بالسلامة البيئية بشأن انبعاث بعض الأبخرة دين وآخرون. (٢٠١٦).

كما يقترح سمير وميندز (٢٠١٦) العديد من التطبيقات لفصول الكيمياء حيث قدما نهجًا تعليميًا عبارة عن نماذج مطبوعة ثلاثية الأبعاد للمساعدة في فهم نماذج وتطبيقات الذرة وهي نماذج لا يمكن تمثيلها بالكامل في صور ثنائية الأبعاد، والمثير للاهتمام في هذه الدراسة هو أن معظم الطلاب ذكروا أنه باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أصبح لديهم فهمًا أفضل للمفاهيم المختلفة لتطبيقات الذرة في الكيمياء.Smiar و Mendez (٢٠١٦) و Dean et al. (٢٠١٦)

- **العلوم الإنسانية: اللغة والتاريخ:**

في دراسة لفان إيبس ودافين هيوستن وجون شيريل وآن ألفار وآنا بوين (٢٠١٥) قدم الباحثون عدة أمثلة على استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد في بيئة التعليم العالي، ويذكرون أيضا أن معرفة استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد تزيد من قابلية التوظيف، كما قدموا اقتراحات لاستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد في دورات اللغة الإنجليزية وعرضوا مثالا لذلك وهو فصل اللغة الإنجليزية في جامعة بوردو، حيث تم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لدعم تعلم البلاغة الرقمية، حيث طلب من الطلاب استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء أشياء تفاعلية من الحياة اليومية من شأنها أن تثير مشاركة الناس في الأمور التكنولوجية أو الاجتماعية أو الثقافية (فان إيبس وآخرون، ٢٠١٥). كما ذكر الباحثون أن الجانب الممتع للطباعة ثلاثية الأبعاد أنها تقدم متعة الإبداع لجميع مستخدمي هذه التقنية من خلال اكتشاف وإنشاء الأشياء الخاصة بهم، مما يقودهم إلى اقتراح أن تكون الطباعة ثلاثية الأبعاد متاحة للجميع من خلال المكتبات لأنها ستعزز أهميتها لتطوير التعلم لكل من الطلاب وأعضاء هيئة التدريس (Van Epps et al.، ٢٠١٥).

كانيف وآخرون (٢٠١٢) استخدموا الطباعة الثلاثية الأبعاد كمورد لتعليم لغة الكتابة اليابانية واظهروا كيف يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تساعد في هذه العملية في المراحل المبكرة لطلاب المدارس (كانيف وآخرون، ٢٠١٢). وفي مجال التاريخ، تعاون هوفارث (٢٠١٤) مع متحف معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا لإثبات أن الطباعة ثلاثية الأبعاد للأشياء التاريخية يمكن أن يقوم به الطلاب بسهولة ويمكنه تقديم تصور عالي الجودة لها مما يؤدي إلى

أفكار أعمق حول عملية التصميم وبالتالي سيخلق أيضًا إمكانيات للعمل التنسيقي بين طلاب الهندسة والتاريخ (هوفارث، ٢٠١٤).

- **استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في المجالات الهندسية:**

يتم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في العديد من مجالات الهندسة والتصميم ولعل الأغراض الأكثر شيوعًا التي تغطيها الطباعة ثلاثية الأبعاد في هذه المجالات هي عمل النمذجة والنماذج الأولية. ولقد تحدث هورفاث (٢٠١٤) عن مشكلة ظهرت في مدرسة Windward في لوس أنجلوس، حيث تم استدعاء الطلاب لإنشاء أغطية تصريف مياه الأمطار وبالتالي حل مشكلة عملية للمدرسة. وبهذه الطريقة تعرض الطلاب لمثالا عمليا على كيف يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تلهم أفكارهم وتعمل على تطوير مهارات التصميم لديهم. ولقد وضع الطلاب أفكارًا مختلفة كانت أبسط وأسهل في الطباعة ثلاثية الأبعاد. نقطة أخرى مثيرة للاهتمام هي أنه أثناء العمل في المشروع، بدأ الطلاب الذين فهموا بشكل أفضل الطباعة ثلاثية الأبعاد في مساعدة الآخرين على خلق بيئة تحفز عمل الفريق ولقد أصبح واضحا أن الطباعة ثلاثية الأبعاد هي أداة مفتوحة للتصميم الهندسي وللفنون الجميلة أيضًا، لأنها تسمح بـ "التجريب والنماذج الأولية" (هوفارث، ٢٠١٤).

علاوة على ذلك، في الجوانب الأكثر تعقيداً للهندسة، استخدم Ehud و Dror (٢٠١١) الطباعة ثلاثية الأبعاد لتعزيز التعلم في فصل هندسة الطيران حيث تم إنشاء نماذج دقيقة لطائرات عبارة عن نماذج تم تصنيعها بواسطة نماذج أولية سريعة قائمة على البوليمر مع بعض التفاصيل المعدنية التي تمت إضافتها بعد ذلك. ولقد تم اختبار هذه النماذج للطائرات وكانت النتائج ممتازة وبخاصة فيما يتعلق بالجوانب الميكانيكية حيث تقدم الطباعة ثلاثية الأبعاد ميزة كبيرة عندما يتعلق الأمر بالهندسة المعقدة من المقاطع والثقوب الداخلية وذلك على عكس الطرق التقليدية في عمل النماذج (Ehud and Dror، ٢٠١١). كما ذكر باحثون آخرون في نتائجهم، ميزات أخرى للطباعة ثلاثية الأبعاد مثل التكلفة المنخفضة لعمل النماذج مما يشير إلى أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال الصناعة والهندسة بسبب التكلفة المنخفضة وتنوع المواد التي يمكن أن تقدمها. Van Epps et al. (٢٠١٥). وفي سياق مميزات الطباعة ثلاثية البعاد ذكر إيهود ودرور (٢٠١١) أنه نظرًا للجدول الزمني المحدود لمشروعات الطلاب باستخدام تصميم CAD فإن الطباعة ثلاثية الأبعاد توفر لهم حلا سريعا وضمن الموارد المالية المحدودة لإنتاج نماذجهم التصميمية الأولية كما أن هناك ميزة أساسية بخصوص تحسين مهارات

التعلم لدى الطلاب وهي أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تمنحهم فرصة لاختبار نماذجهم الأولية، مما يوفر للطلاب خبرة لا تقدر بثمن وتعلمهم كيفية التحقق من صحة النماذج التحليلية تجريبيًا وكيفية دمج الاختبارات الديناميكية الهوائية في عملية التصميم. (Ehud and Dror, 2011).

في التعليم العالي يكون لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد دوراً كبيراً أثناء التعلم القائم على المشاريع كما في التعليم الهندسي حيث يتم دمج مهارات هذه التقنية في المناهج الدراسية من خلال إدراجها في المقررات الحالية وإدخال مقررات جديدة تعتمد عليها. ومن الأمثلة الجيدة في هذا المجال استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد كنقطة محورية لمشروعات التصميم في قسم الميكاترونيك بكلية الهندسة في جامعة فيلادلفيا بالأردن، وأيضاً في قسم الهندسة الصناعية سواء في مرحلة البكالوريوس أو الماجستير في جامعة العلوم التطبيقية في أوفنبورغ بألمانيا، وقسم علوم الهندسة الميكانيكية بجامعة جوهانسبرج بجنوب أفريقيا، وقسم الهندسة الميكانيكية بجامعة بلغراد في روسيا. كما أصبحت تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة شائعة في تدريس الروبوتات، حيث إنها وسيلة منخفضة التكلفة لدعم تطوير الروبوتات التعليمية، ومن الأمثلة في هذا المجال قسم الهندسة الميكانيكية في جامعة مودينا وريجيو إميليا بإيطاليا، و قسم الهندسة الميكانيكية في جامعة ولاية نيويورك.

- **استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجالات العمارة:**

يعزز التصور ثلاثي الأبعاد على أجهزة الكمبيوتر فهم المستخدم للبيئات المكانية والفيزيائية التي يقوم بتصميمها. وتعتمد طرق التدريس باستخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد على استخدام برامج الكمبيوتر لتوجيه الطلاب ومساعدتهم في الإدراك المكاني. ومع ذلك، لم تستطع هذه الطريقة دعم الطلاب بشكل فعال لتحقيق النتائج المطلوبة، خاصة إذا كانت المشاريع معقدة ومفصلة. ومع تطوير التكنولوجيا، تم اختيار الطباعة ثلاثية الأبعاد كأكثر الطرق فعالية لإنتاج النماذج ثلاثية الأبعاد. وفي هذا السياق فقد ذكر العديد من الباحثين أن تعميم التصميم بمساعدة الحاسوب والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAD-CAM) قد حسنت بشكل كبير تعليم التصميم المعماري. ولقد بدأت تقنية طباعة الأشياء المادية ثلاثية الأبعاد من البيانات الرقمية لأول مرة بواسطة تشارلز هال في عام ١٩٨٤، وأطلق على هذه التقنية اسم الطباعة الحجرية المجسمة وحصل على براءة اختراع في عام ١٩٨٦. وفي عام ١٩٩٣ حصل معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) على براءة اختراع

تقنية أخرى، تسمى "تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد" والتي تشبه تقنية نفاثة الحبر المستخدمة في الطابعات ثنائية الأبعاد. وفي عام ٢٠٠٥ أطلقت شركة Z Corp أول طابعة ملونة ثلاثية الأبعاد عالية الدقة في السوق.

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي واحدة من الموضوعات الرائدة التي يمكن أن يكون لها تأثير كبير على التعليم المعماري. وترتبط عملية تنفيذ وإنشاء المباني بالتصنيع الرقمي في مجال التصميم المعماري المعاصر حيث يتم تبسيط عمليات التصميم والتصنيع من خلال تجميع المواد والأجزاء الهيكلية للمبنى وطباعتها بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ثم يتم نقلها إلى الموقع وتركيبها لتشكيل المبنى بأكمله. ومنذ عام ٢٠٠٥ أصبحت الطابعات ثلاثية متاحة بأبعاد أكبر بكثير من السابق حيث توجد الآن طابعات يمكنها طباعة مبنى مكون من دورين، كما انخفضت التكاليف بشكل كبير، ويرجع ذلك أساسًا إلى المنافسة بين مزودي خدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد. وقد أظهرت بعض الدراسات الحديثة أن عدد المكونات المصنعة في المباني باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد قد ارتفع بشكل حاد في السنوات القليلة الماضية.

- **التقنيات المختلفة للطباعة ثلاثية الأبعاد:**

هي إحدى طرق التصنيع الحديثة حيث يمكن تصنيع منتج مجسم ثلاثي الأبعاد ملموس عن طريق تصميميه على جهاز الحاس الآلي، وأن تتم عملية الطباعة عن طريق إضافة طبقات رقيقة من الخامة المستخدمة بعضها فوق بعض لحين أن يكتمل المجسم المطلوب وهي تسمي بالتصنيع التجميعي وهي طريقة فورية لخلق نماذج ثلاثية الأبعاد، حيث تستطيع الطابعات ثلاثية الأبعاد تصنيع منتجات في غاية التعقيد، حيث يُمكن إنشاء نموذج كامل في عملية وأحدة باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وتعبر هذه الطريقة هي الأكثر انتشاراً(١).

وقبل عمل الطباعة ثلاثية الأبعاد فإنه يجب عمل نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد باستخدام برامج انتاج الواقع الافتراضي، ويُعرف كلٍ من "براون" _ "هوبس" _ و "جوردن" (Brown, Hobbs _ Gorbon, 200/,14) الواقع الإفتراضي بأنه بيئة متكاملة تجمع وتدار بواسطة برنامج حاسوبي، لذا فأنه يدخل المتعلم في البيئة التعليمية ويتفاعل معها"، وتقوم معها تكنولوجيا الواقع الإفتراضي على مزج الواقع بالخيال وإنشاء محيط مشابة للواقع الذي نعيشه، ويتمثل ذلك في إظهار الأشياء الثابتة والمتحركة وكأنها في عالمها الحقيقي حيث تجسيدها وحركتها والإحساس بها (الزين، ٢٠١٠). وتعُد برمجيات الواقع الافتراضي أحد أهم البرمجيات التعليمية ثلاثية الأبعاد

والتي تؤدي إلى انغماس المتعلم داخل البيئة التعليمية (Dickey, 2005, 442_444).

شكل (١) إحدى ماكينات الطباعة ثلاثية الأبعاد

تقوم طباعة ثلاثية الأبعاد بإنتاج مجسمات ملموسة من تصميمات رقمية بطريقة التصنيع الإضافي ليتم بناء المنتج حتى يكتمل تجميعه بشكل كلي بحيث يخرج من الماكينة مكتملا ومجمعا في شكله النهائي، ويختلف ذلك عن طرق الإنتاج التقليدية للمنتجات التي تعتمد على تصنيع أجزاء للمنتج بشكل منفصل ثم يتم تجميعه بعد ذلك، وتعمل كل أساليب وتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد على هذا الأساس ذاته، ولكنها تختلف فيما بينها من حيث الطريقة والأسلوب والمواد المستخدمة والتطبيقات بطبيعة الحال كما في شكل رقم (٢):

شكل (٢) بعض الأمثلة لتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد

وتوجد العديد من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، وتعُد التقنيات التالية هي الأكثر شيوعا وفيما يلي نبذة عنها:

• **النمذجة بالترسيب المنصهر Fused Deposition Modeling 【FDM】:**

تعد هذه الطريقة أكثر الطرق شيوعاً وأقل تكلفة من بين طرق الطباعة ثلاثية الأبعاد إلا أنها بطيئة وأقل جودة مقارنة بالطابعات الأخرى، وتبدأ الطباعة عبر تقنية FDM من خلال خيط من البلاستيك أو سلك معدني تسمى (filament) يتصل هذا الخيط ببكرة متصلة بالطابعة كي يمر بمرحلة الصهر، وبعد انصهاره يتم تشكيل النموذج عبر ترسيب المادة المصهورة عبر مسار يتحكم فيه التطبيق الخاص بجهاز الكمبيوتر المتصل بالطابعة وعند الانتهاء من كل طبقة يتم تشكيل طبقات متتالية على منصة البناء وفقاً للبيانات ثلاثية الأبعاد المقدمة إلى الطابعة، ومع انتهاء عملية الترسيب تتم عملية التبريد التي تعيد المادة إلى الحالة الصلبة مرة أخرى.

• **الستيريو ليثوغرافي Stereo lithography :**

وهي أقدم التقنيات في الطباعة ثلاثية الأبعاد وهي عملية تعتمد على الليزر وتستخدم البلمرة الضوئية لصنع مجسمات صلبة من السوائل ويتم طباعة الطبقات من خلال عمليات الصهر والتجميد، ويتم صهر المادة الخام حتى يُمكن للآلة إعادة تشكيلها من طبقات متتالية على منصة البناء وفقاً للبيانات ثلاثية الأبعاد المقدمة إلى الطابعة وحتى أن يتم الانتهاء من النموذج المطلوب ومع انتهاء عملية الترسيب تعمل الأشعة فوق البنفسجية على تحويل الحالة السائلة للبلاستيك إلى الحالة الصلبة مرة أخرى وتعد هذه الطريقة هي الأمثل، من حيث التكلفة لإنتاج النماذج الأولية السريعة لأنها قادرة على تصنيع إجزاء ذات دقة عالية بشكل سريع وذات قوة موثوق بها نسبياً.

• **الطباعة عبر تجميع الجزيئات Selective Laser Sintering :**

وفي هذا النوع يتم الاعتماد على إذابة المسحوق البلاستيكي للمادة الخام وصهر جزيئاته ثم يتم وضعه بشكل معين يشبه سكب المادة المذابة في قالب لتتشكل حسب القالب المحدد وهي نفس الطريقة المستخدمة في صناعة الأشياء المعدنية عبر صهرها وإعادة تشكيلها حسب قالب معين تم تصميمه مسبقاً ويمكن بواسطتها طباعة المنتجات ذات الأشكال المعقدة ذات الدقة العالية والتي لا يُمكن طباعتها بالطرق الأخرى إلا أنها تكون أكثر تكلفة.

• **النفث بالمعدن Material Jetting:**

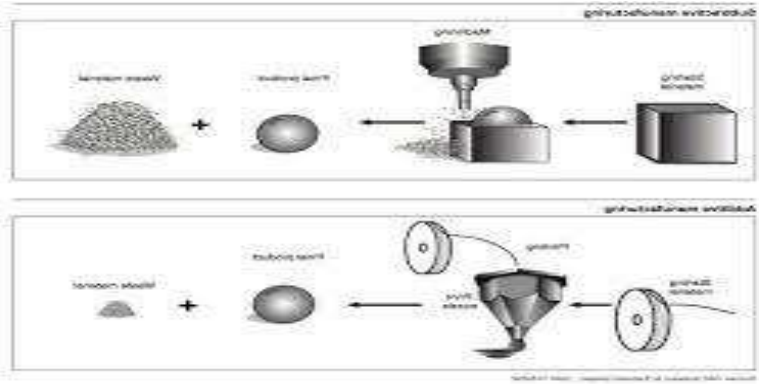
تشبه هذه التقنية من حيث كيفيتها وطبيعتها مع تقنية نفث الحبر في الطابعات العادية المعروفة Inkjet Printing حيث يتم صناعة الطبقات عبر نفث المادة الخام ثم يتم استخدام مواد رابطة لربط الطبقات ببعضها وزيادة

قوتها وتعد وأحدة من أفضل طرق الطباعة الثلاثية الأبعاد وأكثرها عملية، حيث تتسم بدقة عالية إلا أنها ذات تكلفة عالية.

- **مميزات تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد:**

توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد العديد من المميزات في مجالات التصميمات الهندسية والمعمارية كما يلي:

- السهولة في إنشاء النماذج وتعديل التصميم.
- الإمكانية في نسخ التصميمات باستخدام نظام مسح ضوئي رقمي وتحويلها إلى منتج ثلاثي الأبعاد 3D Scanning.
- لا يوجد حدود لمدى تعقيد التصميم المراد تصنيعه، حيث يُمكن إنشاء أشكال مركبة لا يمكن إنتاجها كقطعة واحدة عن طريق تقنيات التصنيع التقليدية حيث أن الطابعة ثلاثية الأبعاد تستطيع إنتاج جميع الأجزاء البارزة والمتداخلة والمعشقة الكبير منها والصغير على حد سواء.
- تمتاز بنظام استرجاع متكامل للخامات كما أن المخلفات الثانوية تكون أقل مما تخلفه تقنيات التصنيع التقليدية التي تخلف كميات كبيرة تقدر بنسبة ٩٠٪ في التصنيع والمعادن كما في شكل رقم (٣). كما أن عملية تصنيع الأجزاء بشكلها النهائي مباشرة دون المرور بمراحل وسيطة ولذلك يمكن أن تصبح تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أكثر الطرق صديقة للبيئة.



شكل (٣) مقارنة بين طرق التصنيع التقليدية (التصنيع بالإزالة) وطريقة الطباعة الثلاثية الأبعاد (التصنيع بالإضافة) من حيث تقليل نسبة المخلفات.

- اختصار الوقت والجهد والتكلفة، حيث أن القطعة المراد إنتاجها لن تمر إلا على آلة وأحدة وهي الطابعة ثلاثية الأبعاد وبالتالي الحصول على دورات إنتاجية قصيرة جدا مقارنة بالتقنيات التقليدية.

- الحصول على منتجات مطابقة لكل المواصفات القياسية الموجودة في النموذج الرقمي.

- **تحليل منهجيات لبعض الدراسات في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم**

فيما يلي عرض وتحليل لمنهجيات بعض الدراسات في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم:

- **الدراسة الأولى: عن استخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التصميم المعماري وتشييد المباني**

أدى انتشار التكنولوجيات الرقمية إلى تغيير كبير في مجال الهندسة المعمارية، وتهدف هذه الدراسة إلى تقديم مراجعة منهجية لأحدث الأبحاث حول نطاق تطبيق وتأثير تقنيات الطباعة ثلاثيةِ الأبعاد في التصميم المعماري وتشييد المباني، وقد أجري الباحثون بحثاً موسعاً في قواعد بيانات الأبحاث المنشورة في فترة السنوات العشر الأخيرة، حيث تم اختيار عينة من ٦٥ مجلة المتعلقة بالتطورات في تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتأثيرها في مجال العمارة وتشييد المباني. وقد خلصت هذه الدراسة الى وجود مجموعة من التحديات أمام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتطبيقاتها في العمارة وتشييد المباني كما يلي:

- **التحدي ١: تكييف المناهج المعمارية مع استخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد**

يمكن تلخيص هذا التحدي الذي يواجه التعليم المعماري من خلال التقدم في تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في السؤال التالي: كيف يمكن تكييف المناهج المعمارية مع استخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد من أجل تحديث نتائج التعلم والاستجابة لمتطلبات الخريجين للممارسة المهنية مع دعم عادات التعلم لجيل جديد من الطلاب؟ حيث يمكن أن تساهم تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم في تطوير تجربة التعلم العملي، وحل المشكلات، والتعلم والتفكير الإبداعي، والإدراك المكاني، وزيادة دافع التعلم.

- **التحدي ٢: التصميم المعماري المبتكر**

يمكن تلخيص التحدي الذي يواجه التصميم المعماري نتيجة للتقدم في تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في السؤال التالي: كيف يمكن تحسين عمليات التصميم وأساليبه باستخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد لزيادة كفاءة الإنتاج ونوعيته دون الإخلال بطابعه الإبداعي؟ ولمواجهة هذا التحدي، يجب أن يركز العمل المستقبلي على تطوير تصميم مبتكر من حيث العمليات والأساليب والأدوات واختبار تطبيقها على النطاقين الصغير والكبير.

• **التحدي ٣: اتجاهات عملية التصميم المستندة إلى التصنيع**

هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات حول عمليات التصميم المستندة إلى التصنيع في مرحلة مبكرة، وعلاوة على ذلك، يمثل البحث في مشاريع التصميم مجالا آخر من مجالات الاستكشاف يمكن أن يزيد من المعارف والخبرات (العملية) في مجال تطبيق تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

• **التحدي ٤: إبتكار تقنيات البناء**

يمكن تلخيص التحدي الذي يواجه ابتكار تقنيات البناء الناتجة عن التطور في تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في السؤال التالي: كيف يمكننا تطوير مواد وأنظمة بناء أكثر استدامة، ونماذج إنتاج، وعمليات استغلال تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد للمساهمة في تهيئة بيئة أكثر صحة وظروف عمل أفضل؟ هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتحسين إنتاجية البناء، وتقليل العمالة، وزيادة السلامة، وتقليل البصمة البيئية للصناعة، كما يجب أيضًا توجيه جهود البحث نحو الأتمتة الكاملة لجعل العملية قابلة للحياة اقتصاديًا وعمالة أقل كثافه.

• **التحدي ٥: الكفاءة والإقتصاد**

خفض التكاليف هو الهدف الذي يمكن تحقيقه من خلال تحسين الآلات والتقنيات والمواد، ومع ذلك، يجب إجراء تحليل للتكلفة والفوائد من خلال التركيز على عدة عوامل (مثل الموقع وطريقة الطباعة وتكنولوجيا الطباعة والنواتج المرغوبة) لفهم كيفية مقارنة تكلفة البناء المطبوع ثلاثي الأبعاد بتكلفة البناء التقليدي.

• **التحدي ٦: الإتجاهات البيئية والمجتمعية**

يلزم إجراء مزيد من البحوث لتقييم بعض المؤشرات البيئية في تطبيق تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد والدراسات المتعلقة بتحقيق العمالة المستدامة، ومع ذلك، فإن التحدي يكمن في أن التكنولوجيا الجديدة تتطلب قوة عاملة متخصصة لتشغيل الآلات التي ربما تخلق مشاكل اجتماعية واقتصادية، لذلك، فإن تدريب القوى العاملة على تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد وكذلك إنشاء برامج أكثر بساطة وسهولة في الاستخدام للعمليات الآلية هي إجابات محتملة لهذا التحدي.

• **الدراسة الثانية: عن دمج تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم المعماري كأدوات تصميم**

تناولت هذه الدراسة تأثير استخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد على إدراك الكتل والفراغات لطلاب الهندسة المعمارية. وقد بدأت الدراسة بصياغة فرضية أن استخدام النماذج المطبوعة ثلاثية الأبعاد ستدعم منطق

التصميم وتحسن الفهم العميق لإدراك الكتل والفراغات للطلاب، ثم تم أخذ عينة من ٣٠ طالبا وتم عرض مشروع تم انتاجه بالبرامج الحاسوبية ثلاثية الأبعاد ثم تم عرض نفس المشروع أمامهم مطبوعا بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ثم تم عمل استبيان لهؤلاء الطلاب حول المشروعين، وقد أظهرت النتائج أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد أعطى نتائج أفضل في تطوير قدرات الطلاب لإدراك الكتل والفراغات المعمارية، كما تؤكد النتائج أيضًا أن تبني هذه التكنولوجيا في تطوير أدوات التدريس سيعزز الإدراك المكاني للطلاب.

- **الدراسة الثالثة: عن أين وكيف يتم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التدريس والتعليم**

من خلال مراجعة العديد من الأبحاث الأكاديمية التي تستكشف تطبيق تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التدريس والتعليم تحاول هذه الدراسة أن تجيب على تساؤلين: الأول، أين يتم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في نظام التعليم؟ والثاني، كيف يتم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في نظام التعليم؟ وقد خلصت الدراسة أنه يمكن استخدام هذه التقنية في المدارس والجامعات والمكتبات وبيئات التعليم الخاص، كما تم تحديد ووصف ست فئات استخدام: (١) تعليم الطلاب الطباعة ثلاثية الأبعاد، (٢) تعليم المعلمين الطباعة ثلاثية الأبعاد، (٣) كتكنولوجيا دعم أثناء التدريس، (٤) إنتاج النماذج المجسمة ثلاثية الأبعاد التي تساعد على التعلم، (٥) استحداث تكنولوجيات مساعدة، و(٦) دعم الأنشطة التوعية.

- **الدراسة الرابعة: عن توظيف تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير الفكر التصميمي للإعلان المجسم**

حاولت هذه الدراسة استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في انتاج نماذج إعلان مبتكرة وبحث مدي إمكانية استخدامها بهدف تسويق المنتج المعلن عنه وتحسين الصورة الذهنية له لدي المستهلك. وتم عمل استبيان لعينة عشوائية من المستهلكين في مراحل عمرية مختلفة لقياس معرفتهم بهذه التقنية ومدي تأثير تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد والأساليب المستخدمة في النماذج المعروضة على التحفيز على عملية الشراء وتأكيد الصورة الذهنية له وتحقيق استجابة تفاعلية أفضل بين المنتج والمستهلك. وقد خلصت الدراسة الى عدة نتائج تمت صياغتها على أربعة محاور كما يلي:

- **المحور الأول: تأثير استخدام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد المستخدمة في تطوير وتحفيز الفكر الإبداعي**

كانت نسبة الموافقة بهذا المحور تتراوح ما بين(٨٦٪ ، ٧٠ ٪) أي انه لا تقل متوسط نسبة الموافقة عن ٨١٪ من العينة على أن استخدام تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد يمكن ان توفر طرق جديدة لممارسة الإعلان وتتيح للمصمم

افاق جديدة لاستخدام العديد من الخامات من حيث الملمس واللون والشفافية والعديد من الخواص الأخرى مما يخرج المصمم من حدود الأبعاد القياسية للخامات المختلفة المستخدمة في التصميم مقارنة بالوسائل المطبوعة بالطرق التقليدية فضلا عن امكانية توظيف اكثر من حاسة من حواس المتلقي وتقليل الاخطاء عند تنفيذ التصميم الأولى.

- **المحور الثاني: تأثير استخدام تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد كتقنية تفاعلية في الدعم الإيجابي لجمهور المستهلكين وتعزيز العلاقة بين المنتج والمستهلك.**

وكانت نسبة الموافقة بهذا المحور تتراوح ما بين (65% , 87%) بمتوسط نسبة موافقة لا تقل عن ٧٨٪ على أن تأثير استخدام تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد كتقنية تفاعلية في الدعم الإيجابي لجمهور المستهلكين وتعزيز العلاقة بين المنتج والمستهلك من خلال تكامل الشكل الجرافيكي لعناصر الإعلان الثلاثي الأبعاد للإيحاء واهميتها في تقديم فكرة جديدة مبتكرة تجذب انتباه المستهلك والعمل على توصيل المعلومات المطلوبة عن المنتج له بطريقة مبسطة.

- **المحور الثالث: تأثير استخدام تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد كتقنية تفاعلية في تحقيق الاستدامة.**

أكدت نسبة تتراوح ما بين (٨٥٪ ،٦٧.٣٪) من العينة في هذا المحور على موافقتها بمتوسط نسبة موافقة حوالي ٧٥.٣٪ على أهمية استخدام تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد كتقنية تفاعلية في توفير طرق جديدة لممارسة الإعلان تشكل قوة إيجابية لمساعدة المؤسسات علي العمل بشكل مستدام من خلال توفير نفايات المواد الخام الناتجة عن التصنيع بالطرق التقليدية.

- **المحور الرابع: استطلاع اراء جمهور المستهلكين حول استخدام تقنيات الطباعة الثلاثية الأبعاد بالاعلان**

كانت نسب الموافقة في هذا المحور تتراوح ما بين (٦٩٪ ، ٨٨٪) بمتوسط نسبة موافقة لا تقل عن 80% من العينة على رغبة المستهلكين في مشاهدة اعلانات مطبوعة باستخدام تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد حيث ان الاعلان المطبوع بهذه التقنية يحتوي على قدر من التشويق والاثارة مقارنة بالإعلان المطبوع بالطرق التقليدية.

• الطريقة والإجراءات:

• منهج الدراسة:

تم استخدام المنهج المختلف بهدف التعرف على إمكانية ومعوقات دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي لطلاب العمارة والتخطيط، وذلك لوصف وتحليل وتفسير نتائج استجابات عينة الدراسة.

- **مجتمع الدراسة:**

تكون مجتمع الدراسة من جميع أعضاء هيئة التدريس بكلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك عبدالعزيز في العام الدراسي ١٤٤٤هـ وبلغ عددهم (١٠) من أعضاء هيئة التدريس.

- **عينه الدراسة:**

تم اختيار عينة بطريقة عشوائية بسيطة وتكونت العينة من اهضاء هيئة التدريس، وقام الباحث بتوزيع (٢٠) ستبانة وتم استرداد (١٣) منها، وعند اطلاع الباحث عليها.

- **أداة الدراسة:**

لتحقيق أهداف الدراسة تم تطوير الاستبانة وذلك بعد الاطلاع على الأدب النظري والدراسات السابقة المتضمنة للمقاييس ذات العلاقة بموضوع الدراسة كدراسة مهران ، شيماء (٢٠١٩) ودراسة الحجري ، سلمان ؛ هيبة ، إسلام محمد (٢٠١٤) تم تطوير هذه الأداة لقياس إمكانية ومعوقات دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي لطلاب العمارة والتخطيط من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس، موزعة على ثلاث مجالات هي: (جانب الخبرة، جانب التحديات، جانب المزايا) وذلك بالرجوع إلى الأدب النظري والدراسات السابقة ذات العلاقة وتكونت الأداءة من جزئين:

- الأول: اشتمل على المعلومات اللازم عن أعضاء هيئة التدريس وهي:
  - ✓ الأسم.
  - ✓ القسم العلمي.
  - ✓ المرتبة العلمية.
- الثاني: إمكانية ومعوقات دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي لطلاب العمارة والتخطيط من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس ثلاث مجالات هي:
  - ✓ جانب الخبرة.
  - ✓ جانب التحديات.
  - ✓ جانب المزايا.

- **صدق الأداة:**

للتأكد من صدق أداة الدراسة تم استخدام صدق المحتوى، إذ تم عرض الاستبانة بصورتها الأولى على ذوي الخبرة والاختصاص من أساتذة الجامعة والبالغ عددهم (٥) محكمين وطلب منهم الحكم على مدى صلاحيتها كأداة لجمع البيانات، حيث تم الطلب من المحكين تنقيح الاستبانة ومراجعتها من

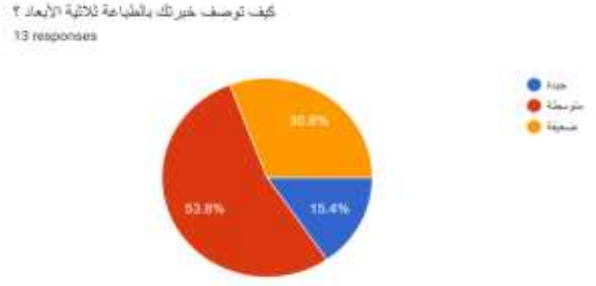
حيث درجة وضوح الفقرات وجودة الصياغة اللغوية ودرجة انتمائها للجمال الذي تقيسه، وتعديل، أو حذف أي فقرة يرون أنها لا تحقق الهدف من الاستبانة.

- **إستكشاف إمكانية ومعوقات دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد:**
- **في المنهج الدراسي لطلاب العمارة والتخطيط:**
- **إجراءات الاستبانة:**

تم اجراء استبانة على عينه تتكون من ١٣ عضو من أعضاء هيئه التدريس من كليه العمارة والتخطيط بجامعه الملك عبد العزيز، موزعة كالآتي: ٤٦.١٥٪ من قسم التخطيط الحضري والإقليمي و٢٣.٠٨٪ من قسم الجيوماتكس و١٥.٣٨٪ من قسم العمارة و١٥.٣٨٪ من قسم عمارة البيئة. وكان عدد المشاركين من رتبة أستاذ مساعد ٧٦.٩٢٪ ومن رتبة أستاذ مشارك ٧.٦٩٪ ومن رتبة أستاذ ٧.٦٩٪.

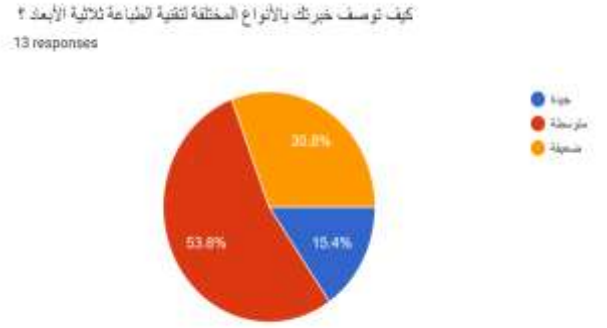
- **نتائج الاستبانة:**
- **الخبرة الحالية بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد**

الشكل ٤ يوضح ان معظم المشاركين في الاستبانة لديهم خبره متوسطه في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد بنسبه تقدر ٥٣.٨٪ من اجمالي المشاركات ومن لديهم خبرة ضعيفة بنسبة ٣٠.٨٪، وكانت نسبه المشاركين التي لديها خبره جيده في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد فقط ١٥.٤٪ من اجمالي المشاركات.



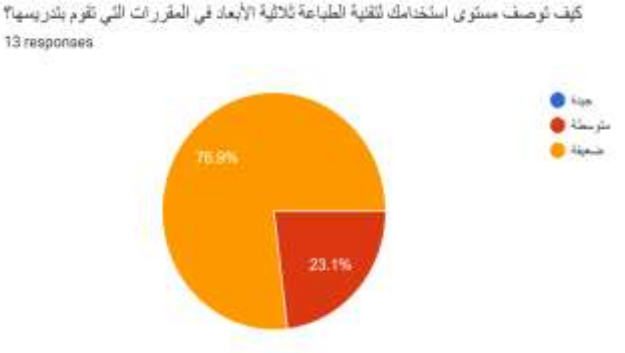
الشكل ٤

الشكل ٥ يوضح ان معظم المشاركين في الاستبانة لديهم خبره متوسطه في الأنواع المختلفة من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد بنسبه تقدر ٥٣.٨٪ من اجمالي المشاركات ومن لديهم خبرة ضعيفة بنسبة ٣٠.٨٪، وكانت نسبه المشاركين التي لديها خبره جيده في التقنيات المختلفة من الطباعة ثلاثية الأبعاد فقط ١٥.٤٪ من اجمالي المشاركات.



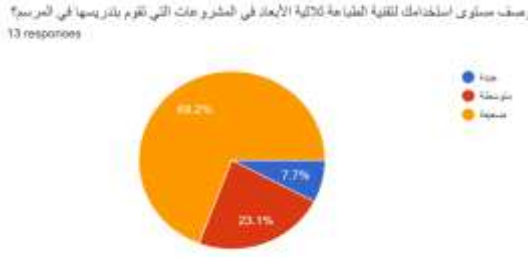
الشكل ٥

الشكل ٦ بالأسفل يوضح ان اغلب المشاركين بالاستبانة لا يستخدمون تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في المقررات التي يقومون بتدريسها حيث سجلت نسبه المشاركين بمستوي ضعيف في استخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد ب ٧٦.٩ ٪ من اجمالي المشاركات، كما توضح النتائج أيضا انه لا يوجد مشاركين يتمتعوا بمستوي جيد في استخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في المقررات الدراسية.



الشكل ٦

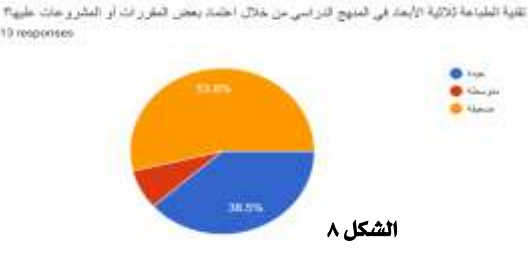
الشكل ٧ بالأسفل يوضح ان معظم المشاركين بالاستبانة لا يستخدمون تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في المشروعات التي يقومون بتدريسها في المرسم حيث سجلوا نسبه ٦٩.٢ ٪ من اجمالي المشاركات. توضح النتائج أيضا انه يوجد عدد قليل من المشاركين الذين يستخدمون تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في المشروعات التي يقومون بتدريسها بنسبه ٧.٧٪ من اجمالي المشاركات.



الشكل ٧

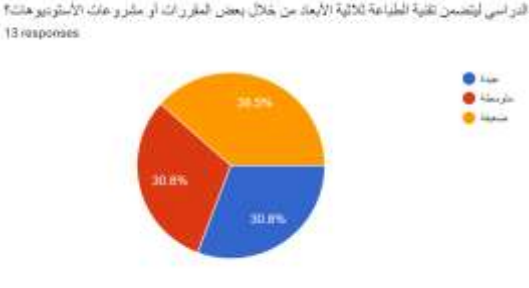
- **مستوى دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي**

يوضح الشكل ٨ بالأسفل إن مستوى دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي جاء ضعيفا حيث كانت النسبة ٥٣.٨٪ بينما المستوى الجيد بنسبة ٣٨.٥٪.



الشكل ٨

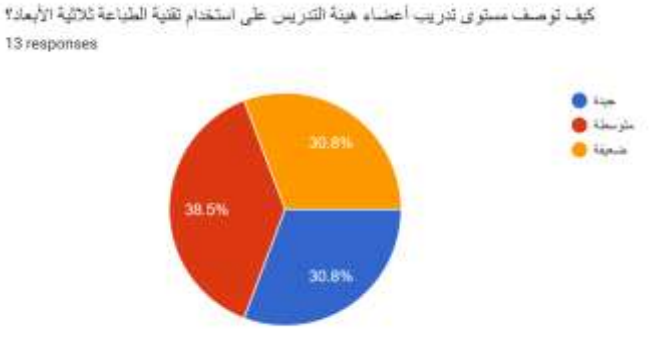
يوضح الشكل ٩ بالأسفل ان مستوى تطوير المنهج الدراسي ليتضمن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي جاء ضعيفا الى متوسطا بنسبة إجمالية للمستويين ٦٩.٣٪ بينما المستوى الجيد بنسبة ٣٠.٨٪.



الشكل ٩

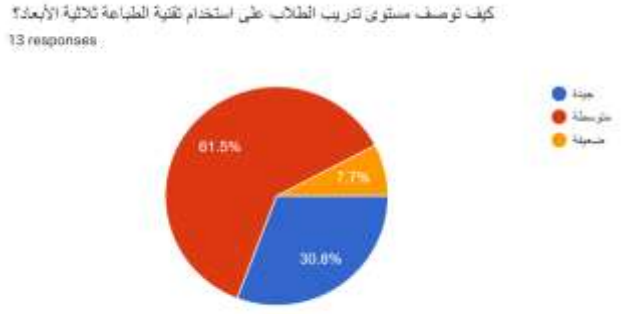
الشكل ١٠ بالأسفل يوضح ان مستوى تدريب أعضاء هيئة التدريس على تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد جاء ضعيفا الى متوسطا بنسبة إجمالية للمستويين

٦٩.٣٪ بينما المستوى الجيد بنسبة ٣٠.٨٪.



الشكل ١٠

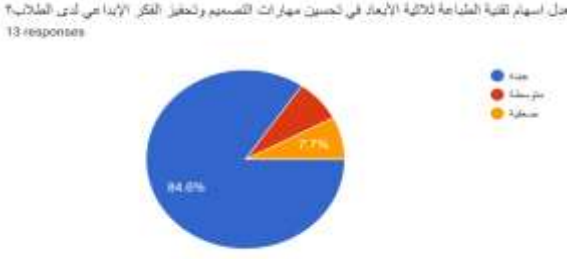
الشكل ١١ بالأسفل يوضح ان معظم المشاركين في الاستبانة يصفون مستوي تدريب الطلاب على استخدام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد متوسطة بنسبة ٦١.٥٪ بينما عدد قليل من المشاركين في الاستبانة بنسبه ٣٠.٨٪ من اجمالي المشاركات يصفون مستوي تدريب الطلاب علي استخدام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد بالجيد.



الشكل ١١

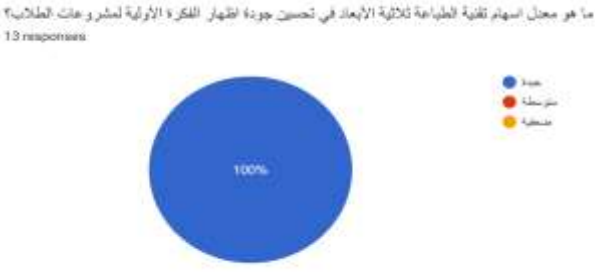
- **تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتحسين مهارات التصميم وتحفيز الفكر الإبداعي لدى الطلاب**

الشكل ١٢ بالأسفل يوضح انه يوجد تقريبا اجماع من قبل المشاركين في الاستبانة بنسبه ٨٤.٦٪ من اجمالي المشاركات على مدى اسهام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحسين مهارات التصميم وتحفيز الفكر الإبداعي لدي الطلاب.



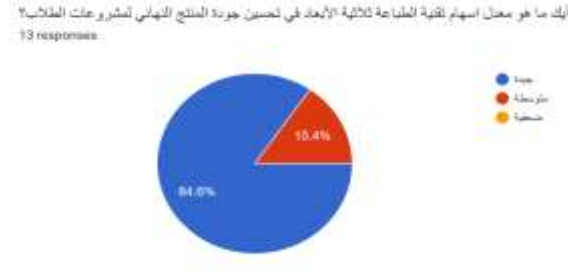
الشكل ١٢

الشكل ١٣ بالأسفل يوضح انه يوجد اجماع من جميع المشاركين في الاستبانة بنبة ١٠٠٪ على مدى اسهام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحسين جوده اظهار الفكرة الأولية لمشروعات الطلاب.



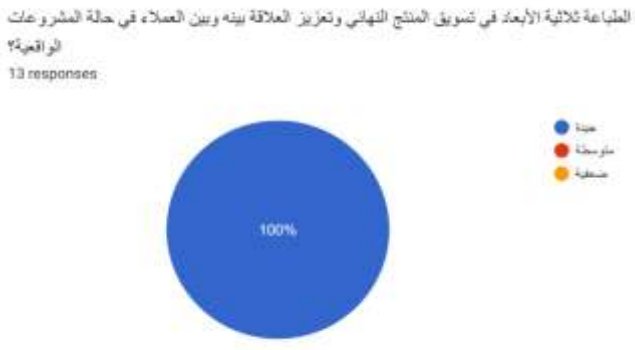
الشكل ١٣

الشكل ١٤ بالأسفل يوضح انه يوجد تقريبا اجماع من المشاركين في الاستبانة علي مدى اسهام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحسين جوده المنتج النهائي لمشروعات الطلاب بنسبه ٨٤.٦٪ من اجمالي المشاركات.



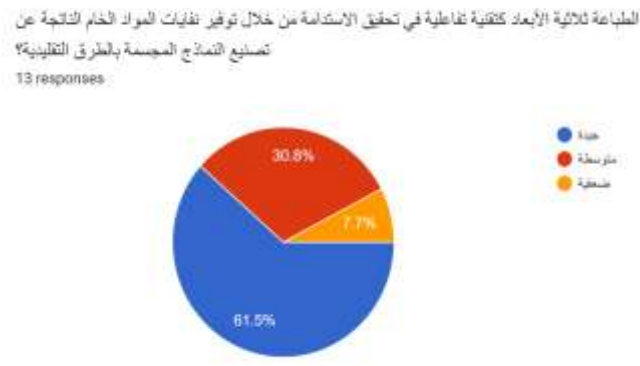
الشكل ١٤

الشكل ١٥ بالأسفل يوضح انه يوجد اجماع من كل المشاركين في الاستبانة بنسبة ١٠٠٪ على مدى اسهام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد في تسويق المنتج النهائي وتعزيز العلاقة بينه وبين العملاء في المشروعات الواقعية.



الشكل ١٥

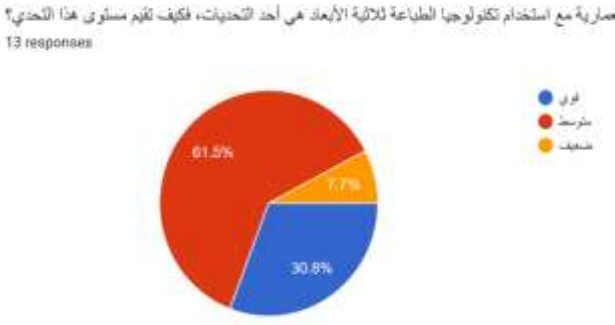
الشكل ١٦ بالأسفل يوضح ان غالبية المشاركين في الاستبانة يتفقون على ان تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد تعمل على توفير نفايات المواد الخام الناتجة عن تصنيع النماذج المجسمة مقارنة بالطرق التقليدية مما سوف يساهم في تحقيق الاستدامة حيث جاءت نسبة المعدل الجيد ٦١.٥٪ والمتوسط ٣٠.٨٪ بينما المعدل الضعيف ٧.٧٪ فقط.



الشكل ١٦

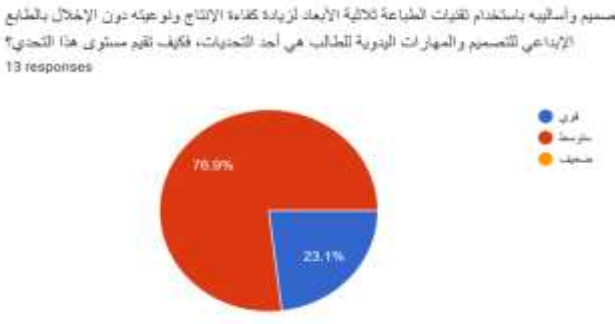
- **التحديات أمام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتطبيقاتها في مجال التعليم المعماري والعمراني**

يوضح الشكل ١٧ بالأسفل على انه يوجد نسبه كبيره من المشاركين في الاستبانة بنسبه ٦١.٥٪ تتفق على انه توجد تحديات متوسطة المستوي في تكييف المناهج المعمارية لاستخدام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد بينما جاءت نسبة الاتفاق فيما بين المشاركين على أنه تحدي قوي بنسبة ٣٠.٨٪.



الشكل ١٧

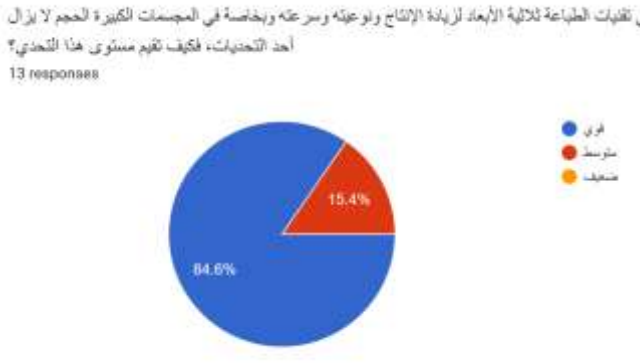
يوضح الشكل ١٨ بالأسفل على ان المشاركين في الاستبانة يتفقون على انه توجد بعض التحديات تتراوح بين المستويين المتوسط والقوي في الحفاظ على المهارات اليدوية في التصميم للطلاب مع استخدام تقنيه الطباعة ثلاثية الأبعاد بنسبة ٧٦.٩٪ و٢٣.١٪ على الترتيب.



الشكل ١٨

يوضح الشكل ١٩ بالأسفل انه يوجد تقريبا اجماع من قبل المشاركين في الدراسة بنسبه ٨٤.٦٪ من اجمالي المشاركات على أن هناك تحدي قوي أمام

استخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد تكمن في ضرورة تطوير التقنية ذاتها حتى توفر طابعات بتكلفة معقولة وذات سرعات عالية وبإمكانها طباعة المجسمات الكبيرة.



الشكل ١٩

- **المزايا والفرص والمعوقات لدمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي:**

تعددت إجابات المشاركين في الاستبانة على الأسئلة المفتوحة ونوجزها فيما يلي:

- **مزايا دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي:**

سوف تعزز من مهارات التصميم والابتكار لدى الطلاب لان الطالب سوف يستطيع ان يرى صورة مجسمة للمشروع منذ بداية التصميم وخلال مراحل تطوير الفكرة التصميمية مما يمكنه من العلاج المبكر لثغرات ونواقص التصميم وصولا الى منتج نهائي عالي الجودة.

- تساعد على إيضاح الأفكار خصوصا عناصر المشروع وتوزيع الفراغات.
- تشجع على الابتكار مع مرونة في التصميم وتوفير الهالك في المواد.
- تطوير مستوى الطلاب العلمي.
- تساعد الطلاب على الإبداع وتحويل الفكرة التصميمية إلى واقع ملموس.
- تساعد الطلاب على تخيل الاشكال المعقدة لبعض الكتل.
- تطور الافكار رفع مستوى التخيل.
- تهيئة الطلاب للعمل على تقنيات البناء المستقبلية.
- تحسين جودة المخرج النهائي.
- رفع كفاءة استخدام التكنلوجيا المعقدة واضافة افاق جديدة للأعمال التجارية.

- **فرص دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي**

توجد لدى كلية العمارة والتخطيط فرصة جيدة حيث يوجد معمل للطباعة ثلاثية الأبعاد، ولكنه لن يستطيع تغطية احتياجات جميع أستوديوهات التصميم لجميع الاقسام ولذلك فالأفضل ان يتم ذلك بالتدريج على شكل اضافة او تطوير مقرر بكل برنامج دراسي يعتمد على الطباعة ثلاثية الأبعاد.

- يمكن دمج تقنية الطباعة الثلاثية في أحد المواد الحاسوبية والتقنية في الأقسام وقد تكون هناك فرصة قوية في المواد المشتركة بين الأقسام مع التطور التكنولوجي وتوفر جميع الموارد.
- توجد فرصة قوية حاليا نتيجة التسارع الكبير في تطوير انواع وامكانيات الطابعات والخامات، وانخفاض تكاليفها مع مرور الوقت.
- توجد فرصة قوية حيث يتوفر معمل للطباعة ثلاثية الأبعاد بالكلية ومع وجود خطة جيدة لتدريب الطلاب وأعضاء هيئة التدريس سوف يساهم ذلك بشكل كبير في رفع فرص دمج هذه التقنية في المناهج.
- يمكن دمج تقنية الطباعة الثلاثية في المراسم خصوصا في السنوات الأولى كما يمكن استحداث مواد متخصصة لهذا الغرض.

- **معوقات دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنهج الدراسي**

- التحدي الاكبر في التقنية ذاتها لان معظم الطابعات ذات التكلفة المعقولة تطبع مقاسات صغيرة من المجسمات وبالنسبة للنماذج الكبيرة تقوم بتجزئتها للعديد من الاجزاء مما يستهلك وقتا كبيرا في طباعة المشروعات ذات المقياس الكبير كما في المشروعات التخطيطية ولذلك هناك حاجة لتطوير التقنية بحيث تتوفر طابعات كبيرة بأسعار معقولة.
- ضيق الوقت في الفصول الثلاثة قد يعوق دمجها لان المقررات الدراسية في الوقت الحالي تركز على استيفاء المتطلبات الأساسية للخطة الدراسية.
- معوقات خاصة بالتكلفة من حيث ضرورة توفير معامل مجهزة بطابعات بأعداد كافية يمكنها طباعة مجسمات بأحجام مختلفة وبأنواع مختلفة من الخامات والألوان وتغطي احتياجات جميع الطلاب مع ضرورة أن يتوفر لهذه المعامل المتابعة والصيانة المستمرة.
- قلة الكوادر المتخصصة في هذا المجال من الفنيين بالكلية.
- عدم وجود دورات للطلاب وأعضاء هيئة التدريس على استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد اعتمادا على المعمل المتوفر حاليا.

• المراجع:

- مهران ، شيماء (٢٠١٩) تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الداخلي والأثاث ، مجلة العمارة والفنون : العدد الخامس عشر
- الحجري ، سلمان ؛ هيبة ، إسلام محمد (٢٠١٤) الطباعة ثلاثية الأبعاد ودورها في تطوير المهارات العليا لدى طلبة التربية الفنية : بجامعة السلطان قابوس
- حسين و غادة دسوقي ، توظيف تقنيات الطباعة الثلاثية الأبعاد فى تطوير الفكر التصميمى الابتكاري للاعلان المجسم، مجله الفنون و العلوم التطبيقيه جامعه دمياط، .doi: 10.21608/maut.2022.257052

- M. Žujović, R. Obradović, I. Rakonjac, and J. Milošević, "3D Printing Technologies in Architectural Design and Construction: A Systematic Literature Review," Buildings, vol. 12, no. 9, p. 1319, Aug. 2022, doi: 10.3390/buildings12091319.
- H. Boumaraf and M. İnceoğlu, "Integrating 3D Printing Technologies into Architectural Education as Design Tools," Emerging Science Journal, vol. 4, no. 2, pp. 73–81, Apr. 2020, doi: 10.28991/esj-2020-01211.
- S. Ford and T. Minshall, "Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education," Additive Manufacturing, vol. 25, pp. 131–150, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.addma.2018.10.028.
- Horvath, Mastering 3D Printing. 2014.
- Jonassen and S. Land, Theoretical Foundations of Learning Environments. NY, NY: Routledge/Taylor and Francis Group., 2012.
- M. Vaccarezza and V. Papa, "3D printing: a valuable resource in human anatomy education," Anatomical Science International, vol. 90, no. 1, pp. 64–65, Oct. 2014, doi: 10.1007/s12565-014-0257-7.
- E. Kroll and D. Artzi, "Enhancing aerospace engineering students' learning with 3D printing wind-tunnel models," Rapid Prototyping Journal, vol. 17, no. 5, pp. 393–402, Aug. 2011, doi: 10.1108/13552541111156522