Afro-Asian Journal of Scientific Research (AAJSR)
المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي(AAJSR)
E-ISSN: 2959-6505
Volume 2, Issue 5, 2024
Page No:269 -298
Website: https://aajsr.com/index.php/aajsr/index
SJIFactor 2024: 5.028 ISI 2024: 0.580 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.74
عدد خاص: المؤتمر الليبي لتطوير التعليم التقني والفني، مدينة بنغازي، ليبيا، ديسمبر 2024

تأثير استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني في ليبيا: دراسة تحليلية

إبراهيم المجدوب[1*]، عبد السلام علي أحمد[2]
[1]قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، الأكاديمية الليبية، طرابلس، ليبيا
[2]قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، جامعة بني وليد، بني وليد، ليبيا

The Impact of Utilizing 3D Printing Technology on Developing Practical Skills among Technical Education Students in Libya: An Analytical Study

Abraheem Almajdoub[1*], Abdussalam Ali Ahmed [2]
[1]Mechanical and Industrial Engineering Department, Libyan Academy, Tripoli, Libya
[2]*Mechanical and Industrial Engineering Department, Bani Waleed University, Bani Walid, Libya*

[*]Corresponding author: *Abra.Almajdoub@gmail.com*

Received: July 30, 2024	Accepted: November 15, 2024	Published: December 17, 2024

الملخص

تسعى هذه الورقة البحثية إلى دراسة تأثير تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد على تنمية المهارات التطبيقية لطلاب التعليم التقني في ليبيا، من خلال تحليل الأدبيات العلمية الحالية، وجمع البيانات باستخدام الإستبيانات والمقابلات؛ تهدف الدراسة إلى تسليط الضوء على كيفية توظيف هذه التكنولوجيا في تحسين التجربة التعليمية وتعزيز القدرات العملية لدى الطلاب؛ تناقش الورقة الإمكانات التحويلية للطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي تجمع بين العالمين الرقمي والمادي لإنشاء نماذج ملموسة دون الحاجة إلى أدوات تقليدية، كما تتطرق إلى التحديات التي تواجه اعتمادها في النظام التعليمي الليبي، مثل نقص الموارد التقنية والمعرفة؛ تُختتم الدراسة بتقديم توصيات لتعزيز دمج هذه التقنيات في المناهج التعليمية، بما يسهم في تحسين جودة التعليم التقني.

الكلمات المفتاحية: الطباعة ثلاثية الأبعاد، التعليم التقني، المهارات التطبيقية، التعليم في ليبيا.

Abstract

This research paper aims to study the impact of 3D printing technologies on the development of practical skills for technical education students in Libya. Through analyzing the current scientific literature and collecting data via surveys and interviews, the study seeks to highlight how this technology can be employed to enhance the educational experience and improve students' practical abilities. The paper discusses the transformative potential of 3D printing, which bridges the digital

and physical worlds to create tangible models without traditional tools. It also addresses the challenges faced in adopting this technology within the Libyan educational system, such as the lack of technical resources and expertise. The study concludes by providing recommendations to integrate these technologies into educational curricula, contributing to the improvement of technical education quality.

Keywords: 3D Printing, Technical Education, Applied Skills, Education in Libya.

1.المقدمة:

في ظل التطورات التكنولوجية المتسارعة، أصبح من الضروري إعادة التفكير في الأساليب التقليدية المتبعة في التعليم، خاصة في المجالات التقنية والتطبيقية، حيث أن طرق التدريس التقليدية، والتي تعتمد بشكل كبير على استخدام النصوص والصور ثنائية الأبعاد سواء على الورق أو من خلال الشاشات الرقمية، قد تحد من قدرة الطلاب على استيعاب المفاهيم المعقدة وربطها بالتطبيق العملي؛ هذا القصور يرجع إلى أن العديد من الموضوعات التعليمية، خصوصاً في مجالات الهندسة والتصميم، هي في جوهرها تمثيلات لعالم ثلاثي الأبعاد، ومع غياب هذه التمثيلات الملموسة، يصبح من الصعب على الطلاب والمعلمين تكوين صورة ذهنية دقيقة وشاملة عن العناصر المادية التي يتم تدريسها، مما يؤدي إلى تقليص الفائدة التعليمية وصعوبة الإحتفاظ بالمعلومات على المدى الطويل.[4]

في هذا السياق، تبرز تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية مبتكرة تساهم في سد الفجوة بين النظريات الأكاديمية والتطبيق العملي، من خلال تحويل المفاهيم المجردة إلى نماذج ثلاثية الأبعاد يمكن للطلاب التعامل معها وتحليلها، مما يعزز قدرتهم على الفهم والتعلم التجريبي؛ توفر هذه التقنية فرصة لتوظيف التعليم القائم على حل المشكلات والتفاعل المباشر، ما يجعلها تلبي احتياجات الطلاب والمعلمين بشكل أكثر شمولية من الأساليب التقليدية.[16]

كما أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تلعب دوراً حيوياً في مجالات متعددة مثل: الهندسة الميكانيكية، والتصميم الصناعي، والفنون، والعلوم الطبية، حيث يمكن استخدامها لتصنيع نماذج أولية واقعية، ومحاكاة مواقف عملية معقدة، وتصميم مشاريع هندسية متقدمة؛ ومع انتشار استخدامها في المؤسسات التعليمية حول العالم، بدأت الجامعات والمعاهد التقنية في تطوير مناهجها لتتكامل مع هذه التقنية، مما يمكّن الطلاب من اكتساب المهارات العملية اللازمة لسوق العمل الرقمي المتطور.[3]

على الصعيد العالمي، يتم دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل متزايد في المشاريع البحثية والمختبرات الأكاديمية؛ في المملكة المتحدة، تم اعتمادها لتعزيز مناهج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM)، بهدف تطوير المهارات الميكانيكية والتقنية لدى الطلاب، بالإضافة إلى تحفيز الإبتكار والإبداع؛ وفي كوريا الجنوبية، يجري العمل على استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإستعادة التميّز والفضول لدى الطلاب من خلال المناهج التعليمية، استجابة للإنتقادات المتعلقة بنهج التعليم التقليدي القائم على الحفظ؛ أما في المنطقة العربية، وتحديداً في ليبيا، فإن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني لا يزال في مراحله الأولى؛ ومع ذلك، تشير الدراسات إلى أن دمج هذه التقنية في المناهج التعليمية يمكن أن يحدث نقلة نوعية في تعزيز المهارات التطبيقية للطلاب، وتوجيههم نحو بيئة تعليمية أكثر تفاعلاً، وهذا ما دفع بنا إلى إعداد هذه الدراسة التي تهدف إلى تحليل تأثير استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني في ليبيا، من خلال دراسة تحليلية لمدى استيعاب الطلاب لهذه الأداة التعليمية الجديدة وقدرتهم على تطبيقها في حياتهم المهنية.[5]

من خلال هذه الدراسة، سيتم تقديم استبيان لعدد من طلاب التعليم التقني في ليبيا، لقياس تصوراتهم حول الفائدة التعليمية للطباعة ثلاثية الأبعاد، وفعاليتها في تحسين الفهم وتعزيز الإبداع، بالإضافة إلى دورها في تسهيل التعليم التطبيقي وتحقيق تطلعاتهم كمتعلمين؛ ستعتمد الدراسة على التحليل الكمي والوصفي للبيانات باستخدام برنامج Excel لتمثيل النتائج بيانياً وتقديم رؤية شاملة عن الإمكانيات والتحديات التي تواجه تطبيق هذه التقنية في التعليم التقني.[1]

ومن خلال النتائج، فإن هذه الدراسة تسهم في تطوير استراتيجية تعليمية شاملة تهدف إلى دمج تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل فعال في المناهج التعليمية التقنية، مما يعزز من قدرة الطلاب على التفاعل مع المواد الدراسية، ويجعل العملية التعليمية أكثر تفاعلًا وابتكارًا، ويؤهلهم لمواجهة متطلبات سوق العمل المستقبلية.[10]

1.1 خلفية البحث

في السياق التعليمي، لطالما واجهت المؤسسات الأكاديمية تحديًا كبيرًا في توفير طرق تدريس تجمع بين النظرية والتطبيق، وخاصة في التخصصات التي تتطلب فهماً بصرياً وتجريبياً مثل الهندسة والعلوم الطبية؛ فالطرق التقليدية المعتمدة على المحاضرات المكتوبة والمصورة قد تفشل أحياناً في نقل المفاهيم المعقدة بشكل كامل، مما يدفع إلى البحث عن أدوات تعليمية مبتكرة تسهم في تحقيق فهم أعمق للطلاب؛ في هذا الإطار، أثبتت الطباعة ثلاثية الأبعاد فعاليتها كأداة تعليمية جديدة تساهم في تجسيد الأفكار والنماذج المجردة، مما يعزز الفهم والتفاعل ويساعد في تطبيق التعليم التجريبي.[15]

وعلى المستوى الصناعي، اكتسبت الطباعة ثلاثية الأبعاد أهمية كبيرة بفضل قدرتها على تقليل التكاليف والوقت، وتوفير نماذج أولية سريعة، والتصميم حسب الطلب، الأمر الذي جعلها تُستخدم على نطاق واسع في تطوير المنتجات وتصنيع

الأجزاء المعقدة؛ ومع التطور المستمر في تقنيات الطباعة، باتت هذه التقنية قادرة على العمل مع مواد متنوعة كاللدائن، والمعادن، والسيراميك، مما جعلها محركاً أساسياً في الصناعة التحويلية؛ ومع ذلك، فإن التطور السريع للطباعة ثلاثية الأبعاد في المجال الصناعي لم يواكبه تكامل كافٍ في القطاع التعليمي، حيث لا تزال العديد من المؤسسات تفتقر إلى البنية التحتية والمعرفة الكافية لتطبيق هذه التكنولوجيا بفاعلية.[2]

1.2 أهمية البحث

تأتي هذه الدراسة لتسليط الضوء على أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المجال التعليمي، واستكشاف إمكاناتها كأداة لتعزيز التعليم التفاعلي والممارسات التجريبية، مع التركيز على تطبيقاتها في المناهج الهندسية؛ كما تستعرض الدراسة التحديات التي تواجه اعتماد هذه التقنية في البيئة الأكاديمية، بدءاً من محدودية الموارد إلى نقص المعرفة التكنولوجية بين المعلمين، وتقترح استراتيجيات لتحسين دمج هذه التقنية في التعليم.[22]
وبالتالي، فإن هذه الورقة البحثية تقدم رؤية تحليلية شاملة لدور الطباعة ثلاثية الأبعاد في إعادة تشكيل التعليم التقليدي، مع استكشاف كيفية استغلال إمكانياتها الفريدة لتعزيز الفهم والتعلم، وتقديم حلول مبتكرة تتوافق مع احتياجات التعليم الحديث.

1.3 أهداف البحث

- تحليل مدى فعالية تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحسين المهارات العملية للطلاب.
- قياس تأثير تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على إبداع الطلاب وقدرتهم على حل المشكلات.
- تحديد الفروق في مستوى المهارات التطبيقية بين الطلاب وفقًا لاختلاف الخلفية الأكاديمية.
- تقديم توصيات لتطوير المناهج التقنية اعتمادًا على نتائج الدراسة.

1.4 أسئلة البحث

يهدف هذا البحث إلى الإجابة على السؤال الرئيسي: كيف يؤثر استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على تنمية المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني في ليبيا؟

1.5 حدود الدراسة

تتناول هذه الدراسة إمكانات وتحديات تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المجال التعليمي، ولكنها تتضمن بعض الحدود التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تفسير النتائج وتطبيق التوصيات؛ تشمل هذه الحدود ما يلي:

- نطاق التطبيقات: على الرغم من أن الدراسة تركز على استكشاف استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني والهندسي، إلا أن تطبيقاتها قد لا تتناسب مع جميع التخصصات أو المجالات الأكاديمية؛ لم تتناول الورقة بشكل موسع التطبيقات الصناعية أو البحثية المتقدمة التي قد تتأثر بعوامل إضافية مثل القيود التنظيمية، أو التحديات اللوجستية، أو محدودية المواد المتاحة للطباعة؛ وبالتالي، قد لا تكون نتائج الدراسة شاملة لكافة التخصصات أو القطاعات التي تعتمد على هذه التكنولوجيا.
- القيود التكنولوجية: تم التطرق إلى التقدم في تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، لكن الورقة لم تتناول بشكل تفصيلي التحديات التقنية الحالية مثل محدودية سرعة الطباعة، وتفاوت جودة النماذج المطبوعة، وصعوبة تحقيق دقة التفاصيل المطلوبة لبعض التطبيقات الصناعية المعقدة؛ كما أن الفروقات بين أنواع الطابعات (مثل الطباعة بالترسيب المنصهر، والطباعة بالليزر، والطباعة الإنتقائية) لم يتم تحليلها بدقة، مما قد يحد من إمكانية تعميم النتائج على تقنيات طباعة ثلاثية الأبعاد أخرى.
- القيود المادية والمواد الخام: تشير الدراسة إلى إمكانية استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في توفير النماذج التعليمية، لكنها لم تتناول بصورة مفصلة مدى توافر المواد الخام وتكلفتها، وتأثير ذلك على تبني هذه التقنية في البيئات ذات الموارد المحدودة؛ كما أن الدراسة لم تتعرض بشكل كافٍ للعوامل البيئية المتعلقة بإدارة النفايات أو إعادة التدوير، والتي قد تكون ذات أهمية كبيرة عند التفكير في استخدام هذه التقنية على نطاق واسع في المؤسسات التعليمية.
- توقعات السوق والإعتماد التجاري: تعتمد التوقعات المقدمة في الورقة حول تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد ونموها في قطاع التعليم على دراسات سابقة وتقديرات حالية قد تتأثر بعوامل اقتصادية أو تقنية غير متوقعة؛ لم تتم مناقشة تأثير التقلبات الإقتصادية العالمية، أو التغييرات في السياسات الحكومية، أو ظهور تقنيات منافسة، والتي قد تعرقل أو تعزز مسار النمو المتوقع؛ وعليه، فإن توقعات الدراسة قد لا تعكس بشكل دقيق الواقع المستقبلي لتبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في هذا القطاع.
- نقص البيانات التجريبية ودراسات الحالة: اعتمدت الدراسة على مراجعات أدبية وتحليل نظري مع وجود بيانات تجريبية محدودة دون وجود أدلة ميدانية كافية تدعم الإدعاءات المتعلقة بكفاءة هذه التقنية في تحقيق الأهداف التعليمية؛ هذه الفجوة تفتح المجال أمام الحاجة لإجراء تجارب تطبيقية ودراسات تجريبية مكثفة لتأكيد صحة الفرضيات المطروحة.

- التعميم والبيئة المحلية: على الرغم من تركيز الدراسة على تجربة تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني في ليبيا، إلا أن البيئة التعليمية تختلف من بلد إلى آخر من حيث الإمكانات المادية، ومستوى التعليم، واحتياجات السوق المحلي؛ قد لا تكون هذه النتائج قابلة للتعميم على بلدان أخرى دون مراعاة الفوارق الثقافية والإقتصادية والتقنية؛ كما أن مستوى الوعي التكنولوجي لدى المعلمين والطلاب، والبنية التحتية الداعمة، والتمويل المتاح هي عوامل حاسمة لم يتم أخذها في الإعتبار بشكل كامل عند مناقشة تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في مؤسسات تعليمية أخرى.
- التحديات التنظيمية والبشرية: تركز الدراسة على الفوائد المحتملة للطباعة ثلاثية الأبعاد لكنها لم تعالج تحديات التطبيق على مستوى المؤسسات التعليمية، مثل مقاومة التغيير من جانب الكوادر التدريسية التقليدية، وضرورة تدريبهم على استخدام هذه التقنية بشكل فعال؛ كما أن عوامل السلامة والأمان المرتبطة باستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد في البيئة الصفية لم يتم تناولها بالتفصيل، مما قد يؤثر على تطبيقها في المناهج الدراسية بشكل آمن ومناسب.

تشير هذه الحدود إلى الحاجة لإجراء المزيد من الدراسات التجريبية والميدانية التي تغطي الجوانب التكنولوجية والإقتصادية والتنظيمية لاستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم؛ ومن شأن هذه الدراسات المستقبلية أن تقدم رؤية أكثر شمولية حول إمكانات هذه التقنية لتغيير طرق التدريس التقليدية، وتعزيز البيئة التعليمية لطلاب التعليم التقني والهندسي.[18]

2. مراجعة الأدبيات:

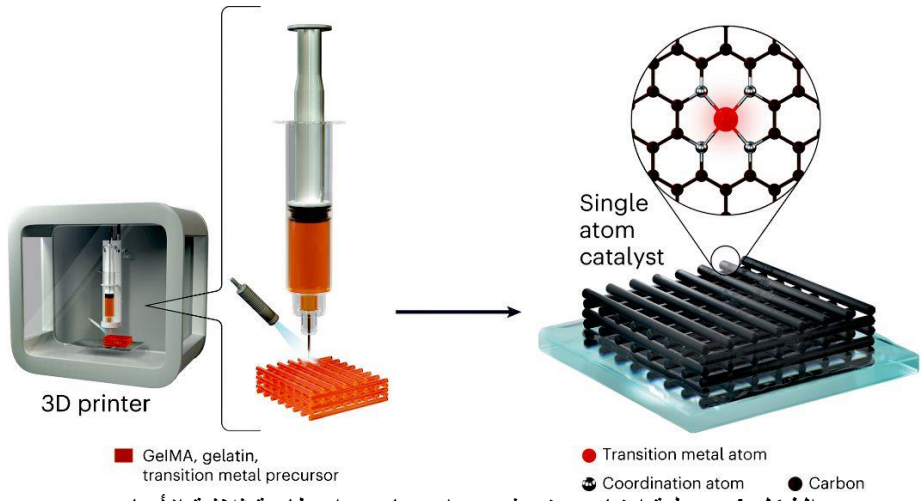
بدأت تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كابتكار ثوري في أواخر الثمانينيات عندما تم إيداع أول طلب براءة اختراع لتقنية الطباعة المجسمة (SLA)، التي أسسها العالم "تشاك هال"؛ كانت هذه البداية بمثابة نقطة انطلاق لتحول الطباعة ثلاثية الأبعاد من كونها تقنية لعمل النماذج الأولية السريعة إلى نظام تصنيع شامل يستخدم في مختلف القطاعات الصناعية؛ ومع مرور الوقت، ظهرت عدة تقنيات أخرى مثل نمذجة الترسيب المنصهر (FDM)والتلبيد الإنتقائي بالليزر (SLS)، والتي شكلت تطوراً مهماً في مجال التصنيع الرقمي؛ تم تطوير هذه التقنيات لتلبية احتياجات متعددة من حيث الدقة والجودة والتكلفة، مما جعلها أكثر شيوعًا واعتمادًا في العديد من الصناعات.[12]

لعبت التطورات التكنولوجية دوراً حاسماً في تحسين أداء وجودة النماذج المطبوعة، مما فتح المجال أمام استخدام هذه التقنية في مجالات جديدة تتجاوز نطاق النمذجة الأولية لتشمل التصنيع المباشر؛ على سبيل المثال، أصبحت تقنية (FDM) واحدة من أكثر التقنيات استخداماً على نطاق واسع بسبب بساطتها النسبية وتكلفتها المعقولة، حيث تعتمد على ذوبان البلاستيك وإعادة تشكيله في طبقات لبناء المجسمات؛ من جهة أخرى، تطورت تقنية الطباعة الحجرية المجسمة (SLA) بشكل ملحوظ لتقديم نماذج دقيقة وسلسة باستخدام تكنولوجيا معالجة الضوء، وهي ما تُستخدم بشكل أساسي في الصناعات التي تتطلب دقة عالية مثل صناعة الإلكترونيات والمجوهرات؛ أما تقنية التلبيد الإنتقائي بالليزر (SLS)، التي تعتمد على اندماج الجزيئات من مسحوق المواد المختلفة باستخدام الليزر، فتعتبر مناسبة جداً لتصنيع القطع المعدنية والبلاستيكية القوية، مما جعلها الخيار الأمثل لصناعة الطيران والسيارات.[4]

تتنبأ الدراسات بتوسع سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل كبير، وفقاً لتقرير"Wohlers" الصادر في عام 2022، من المتوقع أن ينمو سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد العالمي من 11.5 مليار دولار أمريكي في عام 2020 إلى 47.5 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2028، بمعدل نمو سنوي مركب قدره 19.6% خلال فترة التوقعات 2021-2028، وهو ما يشير إلى زيادة الاهتمام والاستثمار في هذه التقنية؛ يعود هذا النمو الهائل إلى التوسع في التطبيقات الصناعية للطباعة ثلاثية الأبعاد، خاصة في الصناعات التي تتطلب إنتاجاً مخصصاً مثل التصنيع الطبي. [8]

كما أدت التطورات في تقنيات التصنيع بالإضافة إلى انخفاض تكاليف المعدات والمواد إلى تسهيل تبني هذه التكنولوجيا من قبل الشركات الصغيرة والمتوسطة وحتى الأفراد في البيئات التعليمية.

تشمل التطبيقات العملية للطباعة ثلاثية الأبعاد اليوم مجموعة واسعة من الاستخدامات التي تمتد عبر مختلف القطاعات؛ في القطاع الطبي، على سبيل المثال، يتم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع الأطراف الصناعية والأدوات الجراحية المخصصة، بالإضافة إلى إنشاء نماذج تشريحية تساعد الجراحين على التخطيط المسبق للعمليات المعقدة، كما يمكن لهذه التقنية إنتاج غرسات طبية بدقة عالية تتوافق مع شكل المريض، مما يعزز من نجاح العمليات الجراحية ويقلل من مخاطر المضاعفات؛ وفي قطاع الصناعات الغذائية، بدأت بعض الشركات في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء أطعمة بأشكال مبتكرة وجذابة، مما يُبرز إمكانيات هذه التقنية لتغيير شكل الصناعات الغذائية من خلال تخصيص المنتجات لتلبية الأذواق الفردية؛ أما في مجال الفن والتصميم، فقد أصبحت الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة لا غنى عنها للفنانين والمصممين، حيث تسمح لهم بتحقيق رؤى إبداعية جديدة بأشكال معقدة لا يمكن تحقيقها بالطرق التقليدية.[6]

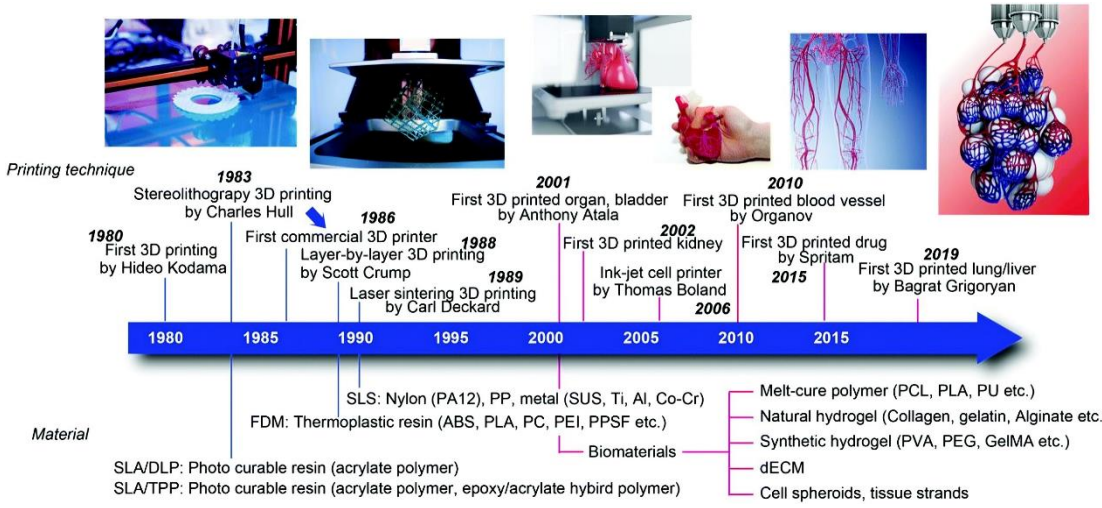


الشكل 1: عملية إنشاء محفز ذري واحد باستخدام طابعة ثلاثية الأبعاد.

تواصل الأبحاث في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد استكشاف تقنيات ناشئة من شأنها دفع حدود هذه التكنولوجيا إلى آفاق جديدة، من بين هذه الابتكارات، تبرز الطباعة رباعية الأبعاد (4D printing)، التي تمثل خطوة إضافية في مجال التصنيع حيث يمكن للأجسام المطبوعة أن تتفاعل مع العوامل البيئية مثل الرطوبة أو الحرارة لتغيير شكلها أو وظيفتها بمرور الوقت؛ هذا التطور يمكن أن يحدث ثورة في مجالات مثل صناعة الملابس الذكية أو مواد البناء التي تتكيف مع التغيرات البيئية، كما أن أنظمة التصنيع الهجينة التي تجمع بين الطباعة ثلاثية الأبعاد وتقنيات التصنيع التقليدية بدأت في الظهور، مما يوفر إمكانيات أكبر لتصنيع أجزاء معقدة تتميز بالمرونة والقوة، على الرغم من أن هذه التقنيات لا تزال في مراحلها الأولية، إلا أن الدراسات تشير إلى أن تطويرها سيؤدي إلى فتح مجالات جديدة أمام التصنيع المبتكر.[2]
تقدم مراجعة الأدبيات رؤية شاملة حول التطور التاريخي، والتطورات التقنية، والنمو المتوقع للطباعة ثلاثية الأبعاد، كما أنها تسلط الضوء على التنوع في التطبيقات العملية لهذه التكنولوجيا في مختلف الصناعات، مما يعكس إمكاناتها كعامل تحويلي في طرق التصنيع والتعليم والتصميم؛ ورغم هذا، يبقى هناك مجال واسع لمزيد من البحث والتطوير، خاصة في مواجهة التحديات التقنية والاقتصادية والتنظيمية التي يمكن أن تعيق التبني الشامل للطباعة ثلاثية الأبعاد في المستقبل.

2.1 تطور تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد

تطورت تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل كبير، حيث انتقلت من مرحلة الإنتاج الصناعي إلى الإستخدامات التعليمية والتطبيقات الشخصية، كما أصبح بإمكان المؤسسات التعليمية استخدام هذه التقنية كأداة تعليمية تمكن الطلاب من الإنتقال من المفاهيم النظرية إلى التطبيق العملي؛ بدأت هذه التكنولوجيا في جذب الإهتمام منذ ظهورها، وتطورت بشكل كبير لتصبح إحدى أهم وسائل التصنيع المتقدمة، محدثة نقلة نوعية في عملية التصميم والإنتاج؛ يمتد تاريخ تطورها على مدى عقود، حيث تم توسيع نطاقها من مجرد تصنيع النماذج الأولية إلى تطبيقات معقدة في الصناعات الطبية والهندسية، بل وحتى في بناء المنازل والمركبات الفضائية. ويُقسم هذا التطور إلى عدة مراحل رئيسية.[3]



الشكل 2: تطور تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المجال الطبي من 1980 إلى 2019.

أولًا، مرحلة التأسيس (1980-1990): يعود ظهور تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى عام 1984 عندما قدم تشاك هال (Chuck Hull) مفهوم التجسيم الضوئي (Stereolithography - SLA)، الذي يُعتبر أول تقنية طباعة ثلاثية الأبعاد تستخدم الضوء فوق البنفسجي لتحويل الراتنج السائل إلى طبقات صلبة مكونة كائنات ثلاثية الأبعاد؛ حصل تشاك هال على براءة الإختراع لهذه التقنية عام 1986، وأسّس شركة 3D Systemsلتكون أول شركة في العالم تقدم أنظمة الطباعة ثلاثية الأبعاد تجاريًا؛ كانت الطابعات المبكرة معقدة وباهظة الثمن، مما حدّ من استخدامها إلى الأغراض البحثية وتصنيع النماذج الأولية للمكونات الصناعية.

ثانيًا، مرحلة التطوير الأولي (1990-2000): شهدت تسعينيات القرن الماضي توسعًا في تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث ظهرت تقنيات جديدة مثل النمذجة بالترسيب المنصهر (Fused Deposition Modeling - FDM) و تلبيد الليزر الإنتقائي (Selective Laser Sintering - SLS)، التي قدمتها شركتا Stratasys و DTM Corporationعلى التوالي؛ ساهمت هذه التقنيات في جعل الطباعة ثلاثية الأبعاد أكثر تنوعًا، حيث يمكنها التعامل مع مجموعة واسعة من المواد، بما في ذلك البلاستيك والمعادن، وأصبحت الطباعة ثلاثية الأبعاد تتيح تصميم هياكل أكثر تعقيدًا من خلال القدرة على بناء طبقات متعددة بدقة، مما جعلها مناسبة لتطبيقات صناعية وهندسية متقدمة.

ثالثًا، مرحلة الإنتشار التجاري (2000-2010): مع دخول الألفية الجديدة، بدأت الطباعة ثلاثية الأبعاد في الإنتشار بشكل أكبر، مدعومةً بانتهاء فترة حماية العديد من براءات الإختراع في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، مما سمح للشركات الصغيرة والجامعات بالدخول إلى هذا المجال؛ أدى هذا إلى تخفيض تكلفة الطابعات بشكل ملحوظ وظهور طابعات مكتبية صغيرة للإستخدامات التعليمية والبحثية، كما شهدت هذه المرحلة تطوير برمجيات التصميم الحاسوبي المتقدمة مثل SolidWorks و AutoCAD، التي سهلت تصميم النماذج ثلاثية الأبعاد بدقة أكبر وبطرق ميسرة للمستخدمين؛ تزامن هذا التطور مع زيادة القدرة على طباعة المواد الجديدة، مثل السيراميك والمواد المركبة، مما مهد الطريق لتطبيقات أكثر تنوعًا في التصميم والإنتاج.

رابعًا، مرحلة التحول الصناعي (2010-2020): بدأت الطباعة ثلاثية الأبعاد في الإنتقال من مرحلة تصنيع النماذج الأولية إلى الإنتاج الفعلي في العديد من الصناعات، حيث تحسنت سرعة الطابعات ودقتها بشكل ملحوظ، مما جعلها قادرة على تلبية احتياجات الإنتاج الكمي؛ ظهرت في هذه المرحلة تطبيقات متعددة للطباعة ثلاثية الأبعاد في مجالات مثل الطيران، والسيارات، والطب، حيث تمكنت الشركات من إنتاج أجزاء دقيقة ومعقدة بكميات محدودة وبتكلفة منخفضة مقارنة بالطرق التقليدية؛ على سبيل المثال، تبنت شركة Boeing وشركة GE Aviationتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع أجزاء المحركات النفاثة والمعقدة التي لا يمكن إنتاجها بسهولة باستخدام عمليات التصنيع التقليدية.

في المجال الطبي، ظهرت تقنية الطباعة الحيوية (Bioprinting)التي تسمح بطباعة الأنسجة البشرية باستخدام خلايا حية كمواد للطباعة؛ أصبحت هذه التقنية قادرة على إنتاج نماذج دقيقة لأجزاء الجسم مثل الأنسجة الجلدية، والغضاريف، بل وحتى بعض الأعضاء البشرية، مما يفتح رؤى جديدة في مجال الطب التجديدي وزراعة الأعضاء.

خامسًا، مرحلة التكامل الرقمي والتصنيع الذكي (2020 وما بعدها): مع بداية العقد الثالث من القرن الواحد والعشرين، أصبحت الطباعة ثلاثية الأبعاد جزءًا من منظومة التصنيع الذكي، حيث تدمج الآن مع تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، مثل الذكاء الإصطناعي، وإنترنت الأشياء (IoT)، والبيانات الضخمة؛ ساعدت هذه التكاملات على تحسين كفاءة عمليات الطباعة وزيادة دقة المنتجات النهائية بشكل كبير، كما بدأت الشركات في اعتماد مفاهيم جديدة مثل المصانع الرقمية (Digital Factories) التي تجمع بين الطباعة ثلاثية الأبعاد والروبوتات لتصنيع منتجات مخصصة على نطاق واسع وبكميات كبيرة.

إضافة إلى ذلك، ظهرت تطبيقات غير تقليدية للطباعة ثلاثية الأبعاد، مثل طباعة الهياكل المعمارية الكبيرة؛ ففي عام 2018، تم بناء أول منزل في أوروبا باستخدام طابعة ثلاثية الأبعاد خلال 30 ساعة فقط، مما يعزز من إمكانيات هذه التكنولوجيا في قطاع البناء وتقديم حلول سريعة ومستدامة لأزمة الإسكان العالمية.

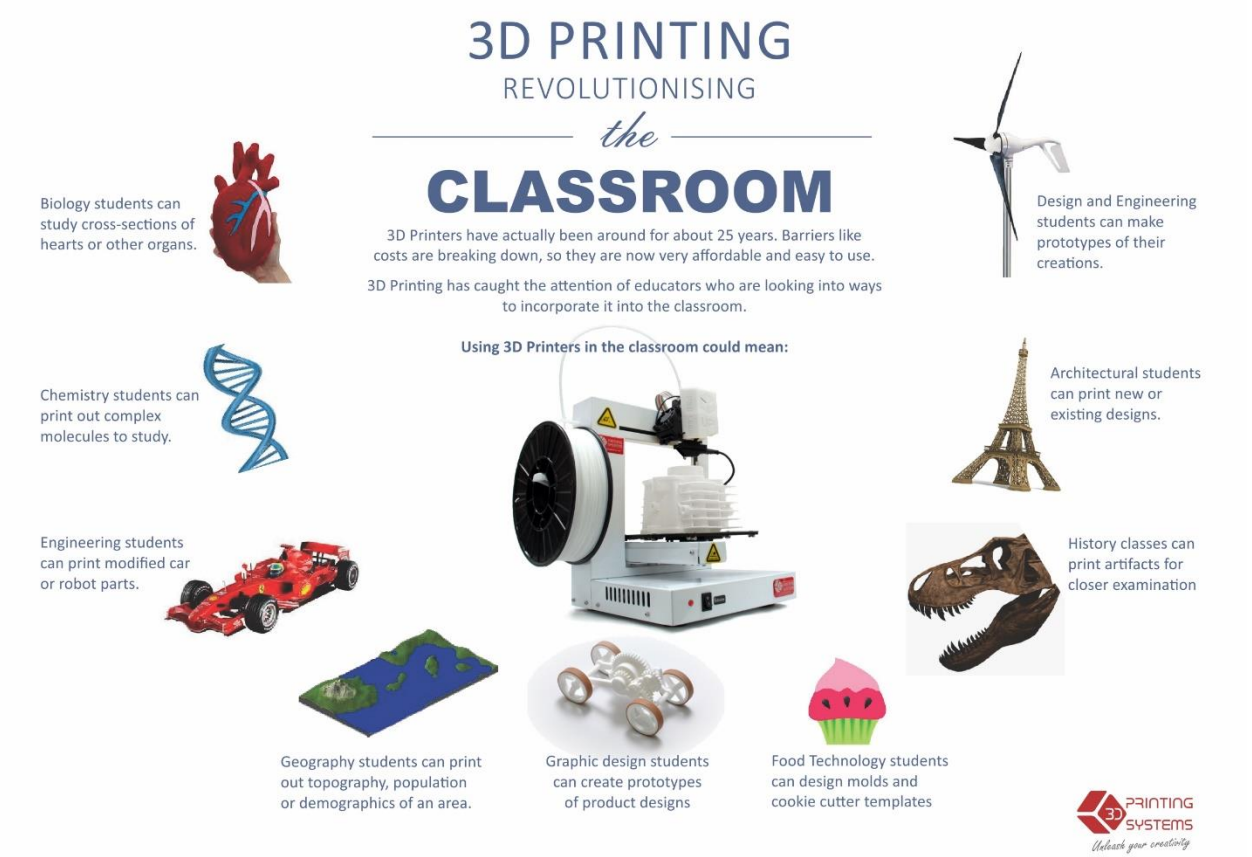
سادسًا، المستقبل والتوجهات الحديثة: من المتوقع أن يستمر تطور الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصبح أكثر انتشارًا وتأثيرًا في مختلف الصناعات، مع التركيز على تطوير مواد جديدة قابلة للطباعة تتميز بخواص ميكانيكية وكيميائية متقدمة، كما يجري البحث حاليًا في إمكانية دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد مع تقنيات الحوسبة الكمية لتسريع عمليات المحاكاة وتحسين تصميم الهياكل المعقدة. هذا، بالإضافة إلى الإتجاه نحو الطباعة في الموقع (On-Site Printing)، التي تُستخدم في البيئات الفضائية لبناء الهياكل على الكواكب الأخرى، مما يجعل هذه التقنية محورًا أساسيًا في تطوير المستعمرات البشرية المستقبلية على القمر والمريخ.

2.2 تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم

تشير الدراسات إلى أن الطباعة ثلاثية الأبعاد قد أسهمت في تطوير العديد من المجالات التعليمية، من الهندسة إلى الطب، حيث توفر هذه التقنية وسيلة عملية لفهم المفاهيم المعقدة عبر إنشاء نماذج مادية تساعد في ترسيخ المعرفة النظرية.

تُعد تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة تعليمية فعّالة أحدثت تحولاً كبيراً في مجال التعليم، حيث أدت إلى تعزيز طرق التدريس التقليدية وتوفير بيئة تعليمية تفاعلية تسهم في تحفيز الطلاب وإثراء تجربة التعلم، مما يمنح الطلاب فرصة لاكتساب

المهارات العملية وتطوير التفكير الإبتكاري والتصميمي؛ فيما يلي توضيح لأهم تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم.[22]



الشكل 3: الثورة في الفصول الدراسية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

2.2.1 التعليم الهندسي والتقني

في المؤسسات التعليمية التي تُعنى بالهندسة والتقنيات المتقدمة، تمثل الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة مثالية لتعليم الطلاب كيفية الإنتقال من المفاهيم النظرية إلى التطبيقات العملية؛ تساعد هذه التقنية في تصميم النماذج الأولية للمكونات الميكانيكية والكهربائية بشكل واقعي، مما يتيح للطلاب فحص الهياكل المعقدة، واختبار مدى دقة التصاميم، وتعديلها بسهولة إذا لزم الأمر، وتساهم أيضًا في تعليم الطلاب المهارات المتعلقة ببرمجيات التصميم ثلاثي الأبعاد مثل AutoCAD و SolidWorks، حيث يقوم الطلاب بإنشاء نماذج حقيقية بناءً على تصاميمهم، مما يعزز من فهمهم للمفاهيم الهندسية الأساسية مثل الأبعاد والتفاوتات والمرونة المادية.[25]

2.2.2 التعليم الطبي

تلعب الطباعة ثلاثية الأبعاد دورًا حيويًا في المجال الطبي التعليمي، حيث يتم استخدامها لإنتاج نماذج دقيقة للأعضاء البشرية، مما يسهم في تحسين فهم الطلاب للتشريح والعمليات الجراحية؛ يمكن إنشاء نماذج تفاعلية للأجزاء المعقدة من الجسم، مثل القلب والدماغ، بتفاصيل دقيقة تساعد الطلاب على تصور العلاقات المكانية بين الأعضاء والأنسجة، كما يمكن للأطباء المتدربين استخدام هذه النماذج لمحاكاة العمليات الجراحية، مما يقلل من الإعتماد على المتبرعين ويوفر بيئة آمنة للتدريب.[14]

2.2.3 تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعليم العلوم

في تدريس المواد العلمية، تستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد لتوضيح المفاهيم المعقدة من خلال تحويل النظريات المجردة إلى نماذج ملموسة؛ على سبيل المثال، يمكن طباعة النماذج الجزيئية لتصوير الروابط بين الذرات في التفاعلات الكيميائية، مما يساعد الطلاب على فهم البنية المكانية للمركبات الكيميائية؛ وفي الفيزياء، يمكن إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد للأدوات الميكانيكية والآليات المختلفة، مثل الرافعات والمسننات، لتعليم الطلاب كيفية عمل القوى والحركات.[7]

2.2.4 الفنون والتصميم

تعد الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة إبداعية في تعليم الفنون والتصميم، حيث تتيح للطلاب تحويل أفكارهم إلى أشكال ملموسة، يمكن للطلاب دراسة التماثيل الفنية وتصميم المجسمات أو حتى إنتاج قطع فنية باستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد، مما يعزز من إبداعهم وقدرتهم على التفكير التجريبي؛ تساعد هذه التقنية على تعليم الطلاب كيفية تجسيد الأفكار من خلال الرسم الأولي ثم نقل التصميمات إلى نماذج رقمية وإخراجها بشكل مادي، مما يطور من مهاراتهم في كل من الجوانب الفنية والهندسية.[9]

2.2.5 تعزيز التعليم النشط والتفاعلي

تساهم الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعزيز مبدأ التعليم النشط، حيث يمكن للطلاب المشاركة الفعلية في عملية التعلم بدلًا من أن يكونوا متلقين فقط؛ على سبيل المثال، يمكن لطلاب المدارس الإبتدائية استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصميم نماذج هندسية بسيطة، مما يعزز من فهمهم لمفاهيم مثل الهندسة الفراغية والقياسات؛ كما أن إشراك الطلاب في عملية الطباعة نفسها، بدءًا من تصميم النموذج وصولًا إلى إنتاجه، يطور لديهم مهارات التفكير النقدي وحل المشكلات.[11]

2.2.6 تعليم ذوي الإحتياجات الخاصة

توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد فرصًا تعليمية متميزة لذوي الإحتياجات الخاصة، حيث يمكن استخدامها لتطوير مواد تعليمية متخصصة تتوافق مع احتياجاتهم؛ على سبيل المثال، يمكن إنتاج نماذج ملموسة للمكفوفين تساعدهم على فهم المفاهيم الرياضية والهندسية من خلال اللمس، كما يمكن إنشاء وسائل تعليمية تفاعلية تعزز من قدرة الطلاب ذوي الإعاقات الحركية على التعلم، من خلال تصميم أدوات يمكنهم التفاعل معها بسهولة.[26]

2.2.7 تعليم المهارات الصناعية والإبتكارية

توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد للطلاب فرصة فريدة لتطوير المهارات الصناعية الأساسية، مثل النمذجة الرقمية، والتصميم الإبتكاري، والتصنيع، والإختبار؛ وتُعتبر هذه التجارب مهمة جدًا لتأهيلهم لدخول سوق العمل، حيث يكتسبون مهارات تتعلق بالتكنولوجيا الحديثة التي تُستخدم في مجالات التصنيع والإنتاج؛ يتيح هذا النهج التعليمي للطلاب تجربة دور المهندس أو المصمم، مما يمنحهم فهماً عملياً لدورة حياة المنتج وكيفية تحويل الأفكار إلى منتجات جاهزة.[30]

2.3 تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على التعليم التقني

أحدثت تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد تحولًا جذريًا في منظومة التعليم التقني، حيث أصبحت أداة رئيسية لتعزيز التعلّم التطبيقي وتوفير بيئة تعليمية متكاملة، تمكن من إعداد الطلاب بشكل أفضل لسوق العمل، وتزويدهم بالمهارات اللازمة للتعامل مع التقنيات الحديثة في التصنيع والتصميم والهندسة؛ وفيما يلي توضيح للتأثيرات المتعددة للطباعة ثلاثية الأبعاد على التعليم التقني.[20]

الشكل 4: تصميم وطباعة أجزاء ميكانيكية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

2.3.1 تعزيز الفهم العملي والنظري للمفاهيم التقنية

تُمكّن الطباعة ثلاثية الأبعاد الطلاب من تحويل المفاهيم المجردة إلى نماذج واقعية، مما يعزز فهمهم لكيفية تطبيق النظريات التقنية في الحياة العملية؛ على سبيل المثال، بدلاً من شرح نظرية ميكانيكية أو هندسية بشكل نظري، يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تُستخدم لإنشاء نموذج يوضح كيفية عمل الأجزاء الميكانيكية معًا، يؤدي هذا إلى الربط بين التعليم النظري والتطبيقي، حيث يمكن للطلاب تحليل النماذج المطبوعة وتفكيكها وإعادة تركيبها، مما يمنحهم خبرة عملية في التعامل مع الأجزاء الميكانيكية.[28]

2.3.2 تطوير المهارات العملية في التصنيع الرقمي

أصبح التعليم التقني، وخاصة في مجالات الهندسة والتصنيع، يعتمد بشكل متزايد على المهارات الرقمية مثل تصميم النماذج ثلاثية الأبعاد باستخدام برامج CAD(التصميم بمساعدة الكمبيوتر)؛ تُعدّ الطباعة ثلاثية الأبعاد مكملةً لتلك البرمجيات، حيث تتيح للطلاب تحويل تصميماتهم الرقمية إلى نماذج ملموسة يمكنهم اختبارها وتعديلها؛ تعلّم الطلاب كيفية إعداد الملفات الرقمية للطباعة، وضبط الإعدادات الفنية، والتعامل مع الطابعات يُكسبهم مهارات حقيقية في التصنيع الرقمي، مما يجعلهم مؤهلين للإلتحاق بسوق العمل مباشرةً دون الحاجة إلى تدريب إضافي.[33]

2.3.3 تعزيز الإبتكار والتفكير الإبداعي

تُعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة قوية لتحفيز الإبتكار والتفكير الإبداعي لدى الطلاب، حيث تتيح لهم حرية تصميم نماذج ثلاثية الأبعاد بمرونة تامة وتجربة أشكال وأفكار معقدة لا يمكن تحقيقها بسهولة باستخدام طرق التصنيع التقليدية؛ يمكن للطلاب تجربة تصميم وبناء هياكل ميكانيكية معقدة، مما يشجعهم على استكشاف حلول جديدة وإيجاد طرق مبتكرة لحل المشكلات التقنية؛ على سبيل المثال، يمكن لطلاب الهندسة تصميم نماذج للطائرات بدون طيار، واختبارها، وتحليل نتائج الأداء، مما يساهم في تحسين مهاراتهم الهندسية بشكل عملي.[13]

2.3.4 محاكاة بيئة العمل الصناعية

تسهم الطباعة ثلاثية الأبعاد في إعداد بيئة تعليمية تحاكي بيئة العمل الصناعية، مما يسمح للطلاب باكتساب تجربة واقعية في التصميم والتصنيع والإنتاج؛ باستخدام هذه التقنية، يمكن للمدارس والكليات التقنية إعداد مشروعات تُحاكي تحديات التصنيع التي قد يواجهها الطلاب في بيئة العمل الحقيقية؛ على سبيل المثال، يمكن تقسيم الطلاب إلى فرق عمل مختلفة لتصميم وإنتاج منتج معين، مما يساعدهم على تطوير مهارات العمل الجماعي، وإدارة المشروع، والتواصل الفعّال؛ يمكن أيضاً محاكاة سلسلة الإنتاج الكاملة، بدءًا من تصميم المنتج إلى تصنيع النموذج الأولي وتقييم جودته، مما يمنح الطلاب تجربة متكاملة وفهمًا شاملًا لعمليات التصنيع.[21]

2.3.5 تقليل تكلفة تنفيذ المشاريع التقنية

لطالما كانت تكلفة المواد والمعدات من العوامل المعيقة لتطبيق التعليم التقني بشكل فعال، لكن مع توافر الطابعات ثلاثية الأبعاد بتكلفة منخفضة نسبيًا، أصبح بالإمكان تنفيذ المشاريع التقنية بكفاءة أعلى وبتكاليف أقل؛ يمكن للطلاب إعادة استخدام المواد بسهولة، كما يمكنهم طباعة نماذج معقدة بدون الحاجة إلى معدات صناعية متقدمة، مما يقلل من التكلفة الإجمالية لتدريب الطلاب على عمليات التصنيع المختلفة؛ على سبيل المثال، يمكن إعادة تدوير المواد المستخدمة في الطباعة لتقليل الهدر، مما يعزز من مفهوم التصنيع المستدام.[24]

2.3.6 تطوير مهارات حل المشكلات والتفكير النقدي

توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد للطلاب الفرصة لمواجهة التحديات الهندسية بشكل مباشر، مثل مشكلات التصميم، وتقييدات المواد، وإعدادات الطابعة، مما يتطلب منهم التفكير النقدي لحل هذه المشكلات؛ من خلال تجربة الطباعة، يمكن للطلاب تعلم كيفية تعديل التصميمات، وضبط الإعدادات، والتعامل مع المشكلات التقنية التي قد تظهر خلال العملية؛ هذا النوع من التعلم التجريبي يُكسب الطلاب القدرة على التفكير التحليلي وإيجاد حلول إبداعية للتحديات التقنية.[29]

2.3.7 دعم التعليم الشخصي والمتخصص

تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد إنشاء مواد تعليمية مخصصة حسب احتياجات الطلاب، مما يتيح لهم التعلم وفقًا لسرعتهم الخاصة وبطرق تتناسب مع اهتماماتهم؛ على سبيل المثال، يمكن للطلاب ذوي الاحتياجات الخاصة أو الذين يحتاجون إلى وسائل تعليمية ملموسة الحصول على نماذج خاصة تسهم في تسهيل عملية الفهم؛ يمكن أيضًا تخصيص التعليم التقني للطلاب الذين يرغبون في تطوير مهارات متقدمة في مجالات مثل الروبوتات أو تصميم السيارات، من خلال إتاحة الفرصة لهم لتصميم وبناء أجزاء حقيقية تُستخدم في المشروعات العملية.[23]

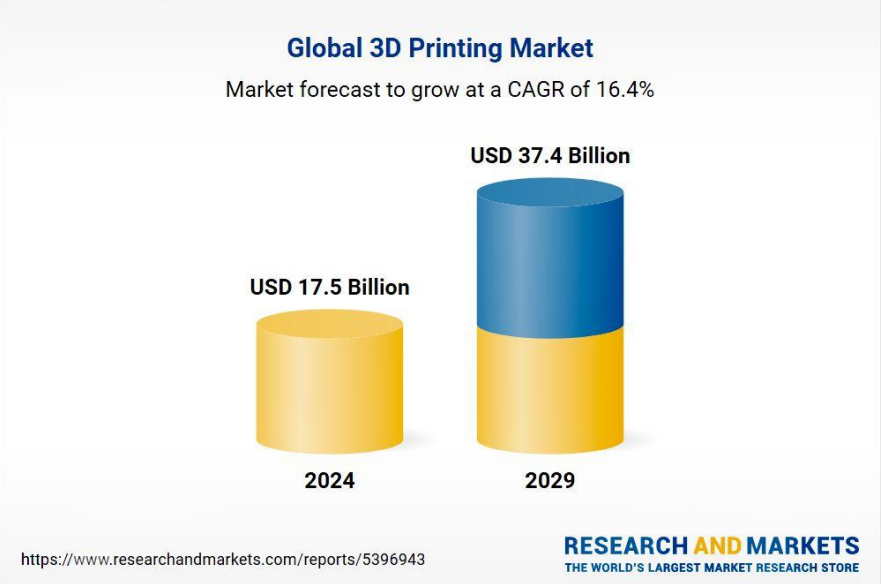
2.3.8 زيادة فرص البحث والتطوير

مع ازدياد استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في المؤسسات التعليمية التقنية، ظهرت العديد من الفرص لإجراء أبحاث متقدمة في هذا المجال؛ يمكن للطلاب وأعضاء هيئة التدريس دراسة خصائص المواد المستخدمة في الطباعة، واستكشاف كيفية تحسين كفاءة الطابعات، وتطوير تطبيقات جديدة في مختلف الصناعات؛ على سبيل المثال، تُجرى الآن أبحاث حول كيفية استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج مكونات ميكانيكية تتمتع بخصائص ميكانيكية وكيميائية أفضل، مما قد يؤدي إلى تطوير تقنيات جديدة ذات إمكانيات صناعية عالية.[31]

لقد أصبحت الطباعة ثلاثية الأبعاد ركيزة أساسية في التعليم التقني الحديث، حيث تساعد في إعداد جيل جديد من المهندسين والمصممين يتمتع بمهارات متقدمة في التصنيع الرقمي، والإبداع في التصميم، والقدرة على حل المشكلات؛ إن تأثير هذه التكنولوجيا لا يقتصر فقط على تغيير طريقة التدريس، بل يمتد إلى تطوير المنظومة التعليمية بأكملها لتكون أكثر تفاعلًا وكفاءةً في مواكبة التطور الصناعي والتكنولوجي المستمر.

2.4 الوضع الحالي للتعليم التقني في ليبيا

يمثل التعليم التقني أحد الركائز الأساسية التي تسهم في تطوير القوى العاملة الوطنية وتحقيق التنمية الإقتصادية والإجتماعية في ليبيا، حيث يهدف إلى تزويد الطلاب بالمعرفة النظرية والمهارات العملية اللازمة لدخول سوق العمل بكفاءة؛ إلا أن هذا القطاع يعاني من العديد من التحديات، ويشهد في الوقت ذاته محاولات للتطوير والتحسين لتلبية احتياجات السوق المحلي، خاصة في ظل التحولات الإقتصادية التي تشهدها البلاد؛ وفيما يلي استعراض مفصل للوضع الحالي للتعليم التقني في ليبيا.[27]



الشكل 5: نمو سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد العالمي المتوقع (2024-2029).

2.4.1 بنية التعليم التقني في ليبيا

يتكون قطاع التعليم التقني في ليبيا من مجموعة من المؤسسات التعليمية التي تشمل المعاهد المتوسطة، والمعاهد العليا، والكليات التقنية، والتي تندرج تحت إشراف وزارة التعليم التقني والفني؛ هذه المؤسسات تتوزع في مختلف مناطق البلاد، وتقدم برامج دراسية متنوعة تغطي مجالات متعددة مثل الهندسة، الإلكترونيات، الميكانيكا، الحاسوب، البناء، والطاقة المتجددة؛ يتم تصميم المناهج التعليمية بناءً على مستويات الدبلوم المتوسط والدبلوم العالي والبكالوريوس، مما يسمح للطلاب باختيار التخصص الذي يتناسب مع ميولهم واحتياجات سوق العمل.[2]

تتبع الكليات التقنية والمعاهد نظامًا دراسيًا يعتمد على التوازن بين الجانبين النظري والعملي، حيث يتم التركيز على توفير ورش تدريبية ومختبرات متخصصة تمكن الطلاب من تطبيق ما يتعلمونه بشكل عملي؛ ومع ذلك، فإن قلة الإمكانيات والموارد غالبًا ما تحد من فاعلية هذه البرامج، مما ينعكس سلبًا على مستوى الطلاب عند تخرجهم.[32]

2.4.2 التحديات التي تواجه التعليم التقني في ليبيا

على الرغم من الجهود المبذولة لتطوير قطاع التعليم التقني، إلا أن هناك العديد من التحديات التي تعيق تحقيق الأهداف المرجوة، ومن أبرزها:

- نقص البنية التحتية والمعدات الحديثة: تعاني معظم المؤسسات التقنية من نقص في التجهيزات والمعدات التعليمية الحديثة، مما يؤثر على جودة التدريب العملي؛ تعتمد الكثير من المعاهد على معدات قديمة لا تعكس التطورات التكنولوجية الحديثة، مما يجعل الطلاب غير مستعدين لمواكبة متطلبات سوق العمل المتغيرة.

- غياب البرامج التدريبية المتخصصة: العديد من المؤسسات التقنية في ليبيا تفتقر إلى برامج تدريبية متقدمة تواكب احتياجات القطاعات الصناعية المختلفة، خاصة في مجالات مثل تقنيات الطاقة المتجددة، والتصنيع الرقمي، والروبوتات؛ هذا النقص يجعل من الصعب على الخريجين المنافسة في السوق المحلي والدولي.
- نقص الكوادر الأكاديمية المؤهلة: هناك نقص ملحوظ في عدد المدربين والكوادر الأكاديمية المتخصصة القادرة على تقديم محتوى تعليمي عالي الجودة؛ هذا النقص يؤدي إلى ضعف في الإشراف على الطلاب وفي إرشادهم، فضلًا عن عدم توفر فرص للتدريب المستمر للمدرسين لتطوير قدراتهم التعليمية والتقنية.
- ضعف التنسيق بين التعليم التقني وسوق العمل: هناك فجوة واضحة بين مخرجات التعليم التقني واحتياجات سوق العمل؛ البرامج الدراسية غالبًا ما تُصمم دون استشارة أصحاب العمل أو النظر في التطورات الصناعية، مما يؤدي إلى تخرج طلاب بمهارات لا تتناسب مع متطلبات السوق، وبالتالي يواجه الخريجون صعوبة في الحصول على فرص عمل.

2.4.3 جهود التطوير والتحسين

في السنوات الأخيرة، تم اتخاذ العديد من المبادرات لتحسين وضع التعليم التقني في ليبيا، خاصة بعد زيادة الوعي بأهمية هذا القطاع في تعزيز التنمية الإقتصادية؛ من بين هذه الجهود:

- تحديث المناهج الدراسية: قامت وزارة التعليم التقني والفني بمراجعة العديد من المناهج الدراسية وتحديثها لتواكب التطورات العلمية والتكنولوجية، بما في ذلك إدراج برامج جديدة في مجالات مثل تكنولوجيا المعلومات والطاقة المتجددة.
- إدخال التكنولوجيا في التعليم: تم البدء في استخدام تقنيات التعليم الإلكتروني وتطوير بعض المقررات الدراسية لتصبح أكثر توافقًا مع التعليم عن بُعد، مما يسهم في توسيع نطاق التعليم التقني ليشمل مناطق نائية تعاني من نقص في الكوادر التعليمية.
- تعزيز الشراكات مع القطاع الخاص: هناك محاولات لتعزيز التعاون بين المؤسسات التقنية والشركات الصناعية في ليبيا من خلال توقيع اتفاقيات تعاون تُركز على التدريب المهني، وتنظيم ورش العمل، وتقديم فرص التدريب العملي للطلاب في بيئات العمل الحقيقية.

2.4.4 دور الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير التعليم التقني في ليبيا

من التقنيات الحديثة التي يمكن أن تساهم بشكل فعال في تطوير التعليم التقني في ليبيا هي الطباعة ثلاثية الأبعاد؛ يمكن لهذه التقنية أن تعزز من قدرة الطلاب على تصميم نماذج معقدة وتحويلها إلى واقع ملموس، مما يساهم في تحسين المهارات العملية في مجالات الهندسة والتصميم الصناعي؛ كما يمكن استخدامها في إنتاج أدوات وقطع غيار يحتاجها القطاع الصناعي، مما يتيح فرصًا جديدة للإبتكار وريادة الأعمال بين الخريجين.[10]

2.4.5 آفاق التعليم التقني في ليبيا

يتجه التعليم التقني في ليبيا نحو مستقبل مشرق في حال تم التغلب على التحديات الراهنة وتبني استراتيجيات فعالة لتطوير هذا القطاع؛ من أبرز الإستراتيجيات المقترحة:

- الإستثمار في البنية التحتية: ينبغي العمل على تحديث وتجهيز المعاهد والكليات التقنية بأحدث المعدات والتقنيات، بما في ذلك الحواسيب والبرمجيات المتخصصة، وورش العمل المجهزة بشكل جيد.
- تدريب الكوادر الأكاديمية: يجب التركيز على تأهيل وتدريب المدرسين والمدربين من خلال برامج تدريبية متقدمة تضمن نقل المعرفة الحديثة إلى الطلاب.
- إنشاء مراكز للإبتكار والتطوير التقني: يمكن إنشاء مراكز بحثية وتقنية تابعة للمؤسسات التعليمية التقنية، حيث يمكن للطلاب والأساتذة العمل معًا لتطوير حلول تقنية تلبي احتياجات المجتمع المحلي.
- تعزيز التعاون الدولي: يمكن تعزيز التعاون مع مؤسسات دولية متخصصة في التعليم التقني لتبادل الخبرات والمعرفة، وتطوير برامج دراسية مشتركة تواكب المعايير الدولية.

2.4.6 تحسين التعليم التقني في ليبيا

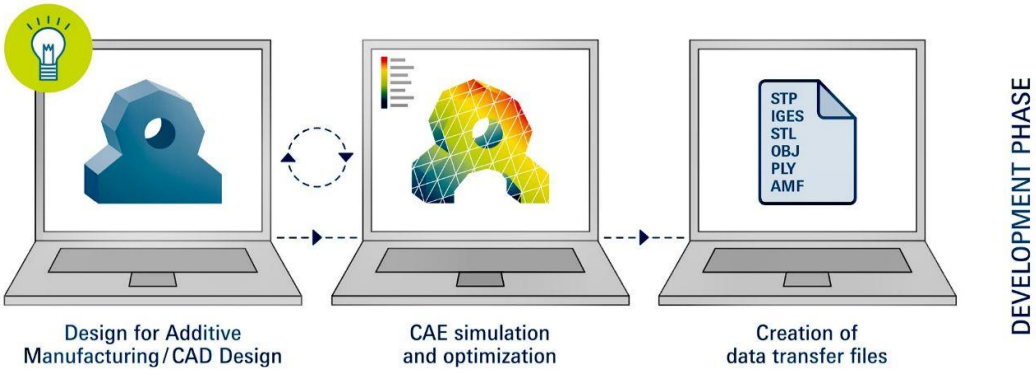
- تحسين الجودة التعليمية: من خلال تطوير مناهج متكاملة تجمع بين الجانب النظري والتطبيقي، مع اعتماد مبدأ التعليم القائم على الكفاءة.
- توسيع نطاق التدريب العملي: زيادة فرص التدريب العملي للطلاب في المصانع والمؤسسات الصناعية من خلال شراكات استراتيجية.
- إدخال تقنيات حديثة في التعليم: مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد، وإنترنت الأشياء (IoT)، والذكاء الإصطناعي لتعزيز القدرات التقنية للطلاب.

يعاني التعليم التقني في ليبيا من تحديات كبيرة تتعلق بالبنية التحتية ونقص الكوادر المؤهلة، لكن هناك جهود حثيثة لتحسين هذا القطاع وجعله رافدًا أساسيًا للتنمية الإقتصادية في البلاد؛ من خلال تبني سياسات تطويرية شاملة، وتحديث المناهج، والتعاون مع القطاع الخاص، يمكن أن يصبح التعليم التقني محركًا رئيسيًا لدعم الإقتصاد المحلي ورفع كفاءة الموارد البشرية في ليبيا.[13]

3. الإطار النظري:

يستند الإطار النظري إلى تحليل تطور وتنمية القدرات المكانية لدى طلبة الهندسة والتصميم من خلال تطبيقات النمذجة ثلاثية الأبعاد، بهدف تعزيز مهارات التفكير الهندسي والتصور الذهني.[6]

تُعتبر القدرات المكانية أحد العناصر الأساسية التي تُؤثر بشكل كبير على الأداء الأكاديمي للطلاب في المجالات التقنية والهندسية، وقد أشارت العديد من الدراسات إلى أن هذه القدرات يمكن تحسينها باستخدام الأدوات التكنولوجية الحديثة مثل برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)؛ بناءً على ذلك، يتمحور هذا الإطار النظري حول استخدام النماذج ثلاثية الأبعاد كأداة فعّالة لتطوير الذكاء المكاني والتصور الهندسي لدى الطلاب، مما يؤدي إلى تحسين أداءهم في التخصصات الهندسية.[4]



الشكل 6: مراحل تطوير التصميم الهندسي بمساعدة الحاسوب والطباعة ثلاثية الأبعاد.

تُسهم النمذجة ثلاثية الأبعاد في تقديم تجربة تعليمية تفاعلية، حيث تُعزز من الفهم العميق للمفاهيم الهندسية وتُمكّن الطلاب من رؤية تصاميمهم بشكل ملموس، مما يُعزز من التفكير النقدي والإبتكاري لديهم، ويستند ذلك إلى النظريات التعليمية المعتمدة على التفاعل العملي، والتعلم المبني على التجارب التطبيقية، وتوظيف التكنولوجيا لتعزيز الفهم النظري للمواد التعليمية؛ إذ يتيح هذا النوع من التعلم للطلاب الفرصة لاختبار أفكارهم وتجربة حلول مختلفة، مما يُسهم في بناء مهاراتهم العملية وتطوير قدراتهم الهندسية بشكل فعّال.[1]

في ضوء هذا، يُمكن القول أن الإطار النظري لهذه الدراسة يُبرز أهمية استخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد كوسيلة لتحقيق التعلم العميق وتطوير المهارات اللازمة للنجاح في مجالات الهندسة والتصميم.

3.1 شرح المفاهيم الأساسية

الطباعة ثلاثية الأبعاد، أو ما يُعرف أيضًا بـ "التصنيع بالإضافة" (Additive Manufacturing)، هي تقنية تقوم بتحويل التصاميم الهندسية الرقمية إلى مجسمات مادية من خلال بناء الطبقات المتتابعة من مواد متعددة مثل البلاستيك أو المعدن أو حتى الخلايا الحيوية؛ يُعد إعداد هذه التصاميم باستخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) خطوة أساسية، حيث يتيح للطلاب اختبار أفكارهم وتجريب تصميمات متعددة دون تكلفة باهظة.[27]

في إطار التعليم التقني، "المهارات التطبيقية" تشير إلى مجموعة من المهارات العملية التي يُمكن للطلاب اكتسابها من خلال ممارسة الأنشطة العملية، مثل التصميم الهندسي، البرمجة، التحليل، والقدرة على استخدام الأدوات التقنية بكفاءة؛ تنمية هذه المهارات تعتمد على القدرة على ترجمة المفاهيم النظرية إلى تجارب ميدانية فعلية، مما يتطلب وجود أدوات تقنية تُسهّل هذا التحول، وهنا يظهر دور الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية تجمع بين النظرية والتطبيق بشكل سلس.[9]

إضافةً إلى ذلك، يرتبط مفهوم "التعليم التقني" بالتعليم الذي يُركّز على إعداد الطلاب للإنخراط في مجالات مهنية تتطلب مهارات تقنية دقيقة؛ التعليم التقني لا يكتفي بتقديم المعرفة النظرية فحسب، بل يهتم بتطوير الكفاءات العملية التي تؤهل الخريجين للعمل في قطاعات صناعية وهندسية متعددة؛ لذلك، فإن استخدام تقنيات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد يعزز من قدرة الطلاب على فهم وتطبيق التقنيات الحديثة، مما يزيد من جاهزيتهم لمتطلبات سوق العمل؛ ولتعزيز فهم هذه المفاهيم، يُمكن تعريف بعض المصطلحات الرئيسية:

- القدرات المكانية (Spatial Abilities): تُعرف القدرات المكانية بأنها القدرة على تصور العلاقات بين الأشكال والأبعاد في الفضاء، والتي تشمل فهم الأجسام الثلاثية الأبعاد والتفكير بشكل ديناميكي فيما يتعلق بمواقعها وتحركاتها، تُعتبر هذه المهارة ضرورية للطلاب في مجالات مثل الهندسة والهندسة المعمارية والفنون، حيث تتطلب هذه المجالات القدرة على تحليل وتصور الكيانات الهندسية والتعامل معها بصورة متكاملة.
- التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Design - CAD): يُشير هذا المفهوم إلى استخدام البرمجيات لتصميم وإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد، مما يُسهّل على الطلاب إنشاء وتحليل الأجسام المعقدة؛ يُعتبر CAD من الأدوات الأساسية التي تُمكّن المهندسين والمصممين من التعامل مع مشروعاتهم بشكل تفاعلي وتطوير نماذج دقيقة تُسهم في تحسين الفهم البنيوي للأشكال المكانية.
- الذكاء المكاني (Spatial Intelligence): يُشير الذكاء المكاني إلى القدرة على التفكير في ثلاثة أبعاد والتمييز بين العلاقات المكانية بين الكائنات المختلفة، بالإضافة إلى تدوير وتغيير الزوايا العقلية للأجسام لتصورها في بيئات مختلفة، وقد ركّز العديد من الباحثين على تطوير هذه القدرات من خلال أنشطة تتضمن المهام الحركية والتصور البصري.
- النمذجة ثلاثية الأبعاد (3D Modelling): تُعد النمذجة ثلاثية الأبعاد عملية إنشاء نماذج رقمية لأجسام ثلاثية الأبعاد باستخدام برامج خاصة مثل AutoCAD أو SolidWorks؛ تتضمن هذه العملية إنشاء الأشكال، والسطوح، والهياكل المعقدة، وتُعتبر أداة تعليمية أساسية لتعزيز فهم الطلاب للأبعاد والتراكيب الهندسية.
- التعلم التطبيقي (Applied Learning): يُشير إلى استخدام الأنشطة العملية والتجريبية لتعزيز الفهم النظري للموضوعات؛ يُعتبر التعلم التطبيقي أسلوبًا تعليميًا يُساعد الطلاب على اكتساب مهارات جديدة من خلال التجارب الفعلية بدلاً من الإكتفاء بالمحاضرات النظرية.

من خلال هذا الشرح للمفاهيم الأساسية، يمكننا فهم كيفية تفاعل هذه العناصر مع الطباعة ثلاثية الأبعاد وتأثيرها على تطوير المهارات التطبيقية لدى الطلاب في التعليم التقني.[11]

3.2 نظريات التعليم التطبيقي

في التعليم التطبيقي، تبرز العديد من النظريات التربوية التي تؤكد على أهمية توفير بيئة تعليمية تُعزز من التعلم من خلال الممارسة والتجريب؛ من أبرز هذه النظريات "نظرية التعلم التجريبي" التي طوّرها ديفيد كولب، والتي تشير إلى أن التعلم الفعّال يحدث عندما يمر المتعلم بأربع مراحل: التجربة الملموسة، الملاحظة التأملية، التفسير المفاهيمي، والتجريب الفعّال؛ تُلائم الطباعة ثلاثية الأبعاد هذه النظرية بشكل كبير، حيث إنها تتيح للطلاب المرور بهذه المراحل جميعًا، بدءًا من تصميم النموذج، ومراقبة النتائج، وتحليل الأخطاء، وصولًا إلى تحسين النموذج وتجريبه مرة أخرى.[5]

كما أن "النظرية البنائية" لجان بياجيه تُعتبر إطارًا نظريًا هامًا في هذا السياق، حيث تؤكد على أن المتعلمين يبنون معرفتهم بأنفسهم من خلال التجارب والتفاعل مع بيئتهم؛ يتطلب تطبيق هذه النظرية في التعليم التقني استخدام أدوات تعليمية تُشرك الطلاب بشكل مباشر في عملية التعلم، مما يُمكّنهم من بناء مفاهيم جديدة واكتساب مهارات تطبيقية من خلال التجريب العملي. هنا، توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد منصة يمكن للمتعلمين من خلالها اكتشاف مفاهيم التصميم والهندسة بشكل ذاتي، وتطوير فهم أعمق للمشكلات الهندسية وحلولها.[31]

إضافةً إلى ذلك، يمكن الإستناد إلى "النظرية الإجتماعية المعرفية" لألبرت باندورا، التي تركز على التعلم من خلال الملاحظة والنمذجة؛ يُمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لتمكين الطلاب من مشاهدة عملية تصنيع النماذج وتكرارها، مما يُعزز من قدراتهم على فهم خطوات الإنتاج والتفكير المنهجي، كما أن هذه التقنية تشجع التعلم التعاوني، حيث يمكن للطلاب العمل في فرق لتصميم نماذج جماعية، مما يُطور لديهم مهارات التواصل والعمل الجماعي.[18]

وأيضًا، فإن النظريات الأخرى المتعلقة بالتعليم التطبيقي تشمل:

- نظرية التعلم بالتجربة (Experiential Learning Theory): طُوّرت هذه النظرية من قبل ديفيد كولب، حيث تُركز على أن التعلم يحدث من خلال التجربة المباشرة والمشاركة العملية؛ يعتقد كولب أن هناك أربع مراحل أساسية للتعلم الفعّال: التجربة الملموسة، والمراقبة والتفكير، وتكوين المفاهيم، والتجربة النشطة؛ في هذا، تُستخدم النمذجة ثلاثية الأبعاد كوسيلة لتقديم التجارب التفاعلية التي تعزز من فهم الطلاب للتصميم الهندسي وتطبيقه.
- نظرية الذكاء المتعدد (Multiple Intelligences Theory): اقترحها هوارد جاردنر، وتُشير إلى أن الذكاء ليس وحدويًا، بل يتألف من أنواع متعددة، من ضمنها الذكاء المكاني؛ بحسب هذه النظرية، فإن استخدام أدوات مثل CAD والنمذجة ثلاثية الأبعاد يُساعد في تطوير هذا النوع من الذكاء من خلال تحفيز القدرات المكانية للطلاب وتشجيعهم على التفكير التصوري.
- نظرية التفاعل المزدوج (Dual-Coding Theory): طوّرها آلان بايفيو، وتفترض أن المعارف تُخزّن في العقل من خلال قناتين منفصلتين: القناة البصرية، والقناة اللفظية؛ يمكن تعزيز الفهم عندما يتم الدمج بين التصور البصري والنصوص التعليمية، وهو ما يتحقق بفعالية عند استخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد في تعليم الطلاب.

- نظرية التعلّم الإجتماعي (Social Learning Theory): تُشير هذه النظرية، التي اقترحها ألبرت باندورا، إلى أن الطلاب يتعلمون من خلال مراقبة الآخرين والتفاعل الإجتماعي؛ يمكن للطلاب اكتساب المهارات من خلال الملاحظة التفاعلية لطرق حل المشكلات ومشاركة الأفكار في بيئة تعليمية تفاعلية.
- نظرية الحمل المعرفي (Cognitive Load Theory): تُركز هذه النظرية على كيفية تأثير كمية المعلومات المقدمة على قدرة المتعلم على الفهم والتعلم؛ وفي تعلم النمذجة ثلاثية الأبعاد، يُمكن أن تكون الأدوات التكنولوجية المعقدة عبئًا معرفيًا على المتعلم إذا لم يتم تقديمها بطرق تدريجية، لذا يُفضّل تقسيم المحتوى التعليمي إلى مراحل، بحيث يتمكن الطلاب من التدرّج في استيعاب المفاهيم والتطبيقات دون إرهاق معرفي.

تُظهر هذه النظريات أهمية التعليم التطبيقي في تطوير قدرات الطلاب، وتُشير إلى ضرورة تقديم تجارب تفاعلية موجهة من خلال استخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد لتعزيز الفهم الهندسي والقدرات المكانية؛ من خلال الدمج بين هذه النظريات، يمكن تحقيق تعليم أكثر فعالية، يتمحور حول تقديم محتوى تعليمي يلائم الإحتياجات المعرفية والمهاراتية للطلاب في المجالات الهندسية.[7]

3.3 العلاقة بين التكنولوجيا وتنمية المهارات العملية

تلعب التكنولوجيا دورًا محوريًا في تطوير المهارات العملية للطلاب، حيث تساهم في تعزيز قدرتهم على تحويل المعرفة النظرية إلى تطبيقات ملموسة من خلال توفير بيئات تعليمية تفاعلية وداعمة؛ فيما يلي أبرز المحاور التي توضّح هذا التأثير:

- الإنتقال من النظرية إلى التطبيق باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D Printing): تُعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد وسيلة تقنية قوية لتجسيد الأفكار النظرية إلى نماذج ملموسة، مما يُساعد الطلاب على فهم الأبعاد والهياكل الهندسية المعقدة بشكل عملي؛ تُساهم هذه التقنية في تطوير المهارات العملية الدقيقة، حيث يتطلب تشغيلها ضبط المتغيرات الأساسية مثل اختيار مواد الطباعة (Printing Materials)، وتحديد درجة الحرارة (Temperature Setting)، وضبط إعدادات الطباعة (Print Settings)للوصول إلى أفضل جودة للمنتج النهائي.
- توفير بيئات محاكاة تعليمية باستخدام برامج المحاكاة (Simulation Software): استخدام برامج المحاكاة في التعليم، مثل MATLAB في الهندسة أو CircuitSim لتصميم الدوائر الكهربائية، يُتيح للطلاب فرصة التجريب بشكل آمن ودون مخاطرة؛ هذه البرامج تُساعد على تدريب الطلاب على التعامل مع المشكلات الهندسية المعقدة، مثل تحليل الأنظمة الميكانيكية أو تصميم نماذج ثلاثية الأبعاد باستخدام برامج مثل CAD (Computer-Aided Design).
- تعزيز القدرة على التصميم والتخطيط: يُساعد استخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب مثل AutoCAD و SolidWorks في تنمية مهارات التفكير الهندسي والتحليل النقدي، حيث يتعلم الطلاب كيفية دراسة الأبعاد، وتحليل نقاط القوة والضعف في التصميمات؛ مثل هذه البرامج تُعزز من مهارات الإبداع وحل المشكلات، وتُمكّن الطلاب من اختبار حلول متعددة قبل إنتاج النماذج الفعلية.
- استخدام تقنيات الواقع الإفتراضي (Virtual Reality - VR)والواقع المعزز (Augmented Reality - AR): توفر هذه التقنيات بيئات تعليمية تفاعلية تحاكي الواقع، تُمكّن الطلاب إجراء عمليات محاكاة لسيناريوهات معقدة مثل التدريب الجراحي الإفتراضي (Virtual Surgical Training) أو صيانة المحركات (Engine Maintenance)؛ تُساعد هذه الأدوات في بناء بيئة تعليمية آمنة تُعزز من دقة الأداء وتُمكّن الطلاب من ممارسة المهارات بشكل متكرر دون تكلفة إضافية.
- التعلم من خلال المشاريع (Project-Based Learning): تعمل التكنولوجيا على تسهيل التعلم من خلال المشاريع، حيث توفر أدوات التصميم والتصنيع الرقمي، مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد وتقنيات التحكم الرقمي باستخدام الحاسوب (CNC Machining)، مما يُمكّن الطلاب من العمل على مشاريع تعليمية تتَّسم بالتعقيد؛ من خلال هذه البيئة التفاعلية، يتعلم الطلاب إدارة المشاريع، والتخطيط الإستراتيجي، وتطوير مهارات التعاون بين أعضاء الفريق، وهي مهارات أساسية في المجالات التقنية.
- تطوير المهارات التقنية المتقدمة (Advanced Technical Skills): يُمكن للتكنولوجيا تعزيز مهارات البرمجة والتطوير باستخدام لغات مثل Python و Java، وأدوات تحليل البيانات مثلSPSS ؛ كما تُسهم في تمكين الطلاب من التعامل مع الذكاء الإصطناعي (Artificial Intelligence) والروبوتات، مما يُعزز من قدرتهم على تطبيق حلول أتمتة العمليات (Automation) في مختلف الصناعات.
- تهيئة الطلاب لسوق العمل (Workplace Readiness): يُعتبر التعرض المبكر لأدوات وتقنيات حديثة، مثل التصنيع الرقمي (Digital Manufacturing)، والتحليل البياني (Data Analytics)، وسيلة فعّالة لإعداد الطلاب لدخول سوق العمل؛ يُمكن للمؤسسات التعليمية دمج هذه الأدوات في المناهج لإكساب الطلاب القدرة على التكيف مع التغيرات السريعة في متطلبات المهن الحديثة، مما يعزز من فرص توظيفهم بعد التخرج.

ويُظهر دمج التكنولوجيا في التعليم أن العلاقة بين النظرية والتطبيق هي علاقة تفاعلية تكاملية، حيث تُساهم التكنولوجيا في:

- تحويل المفاهيم المجردة إلى تجارب تعليمية حية، مما يُعزّز الفهم العميق للطلاب ويُكسبهم القدرة على الإبتكار.

- تنمية المهارات الرقمية والتقنية، وإعداد الطلاب لتلبية متطلبات سوق العمل المتطور من خلال تعلمهم للتقنيات المستخدمة فعليًا في بيئات العمل.
- تعزيز المهارات التعاونية والإبداعية، حيث تُمكّن التكنولوجيا المتعلمين من التعاون عبر منصات رقمية مثل Google Classroom وMicrosoft Teams، مما يُساهم في بناء كفاءات مهنية متعددة الأبعاد.

في المجمل، تُمثّل التكنولوجيا أداة تعليمية قوية تُحوّل النظريات إلى تطبيقات عملية وتُعزز من الفهم العميق للطلاب، مما يُساهم في إعداد جيل من المتعلمين يمتلكون قدرات تقنية متقدمة تؤهلهم للمنافسة في المجالات المهنية المتطورة.[12]

4. منهجية البحث:

الشكل 7: خطوات عملية النمذجة من الفكرة إلى المنتج النهائي.

تم استخدام منهج البحث الوصفي التحليلي في هذه الدراسة، والذي يُعَد من أكثر المناهج شيوعًا في الأبحاث التعليمية والتربوية. يهدف هذا المنهج إلى وصف الدراسة وتحليلها بشكل دقيق لتحديد مدى تأثير استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على تنمية المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني في ليبيا؛ ويتميز هذا المنهج بقدرته على الربط بين البيانات الكمية والنوعية، مما يساعد في تقديم فهم شامل للعلاقة بين المتغيرات؛ كما تم تبني النهج الكمي ((Quantitative Approach في جمع وتحليل البيانات باستخدام استبيانات منظمة واختبارات عملية، بهدف قياس الفروق بين أداء الطلاب قبل وبعد استخدام هذه التقنية؛ بالإضافة إلى ذلك، تم تضمين ملاحظات ميدانية لتعزيز النتائج الكمية وتقديم توصيات أكثر دقة وموضوعية.[6]

4.1 تصميم البحث

اعتمدت الدراسة على تصميم شبه تجريبي (Quasi-Experimental Design)، حيث تم تقسيم العينة إلى مجموعتين: مجموعة تجريبية تضم الطلاب المدرَّبين على استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، ومجموعة ضابطة تضم الطلاب الذين لم يتعرَّضوا لهذه التقنية؛ تم إجراء قياسات مسبقة (Pre-Test) لقياس مستوى المهارات التطبيقية لدى كلا المجموعتين قبل تطبيق التجربة، ثم تم تدريب المجموعة التجريبية على استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في مشاريع تعليمية تطبيقية، بينما استمرت المجموعة الضابطة في استخدام الطرق التقليدية.[19]

بعد ذلك، تم إجراء قياسات لاحقة(Post-Test) لتحديد الفروق في المهارات المكتسبة بين المجموعتين، كما تم مراعاة العوامل الخارجية التي قد تؤثر على النتائج لضمان دقة البيانات، مثل التأكد من تجانس العينة من حيث الخلفية التعليمية والمهارات التقنية الأساسية.

4.2 أدوات جمع البيانات

تم استخدام مجموعة متنوعة من الأدوات لجمع البيانات من أجل تحقيق التكامل بين الأساليب الكمية والنوعية، وتشمل:

- الإستبيان (Questionnaire): تم تصميم استبيان مُحكّم ومبني على أسس علمية، يتكون من مجموعة من الأسئلة، بهدف قياس مدى تطور المهارات التطبيقية والفنية لدى الطلاب.
- تم تقسيم الإستبيان إلى محاور رئيسية، تضمنت: معرفة الطلاب بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، مستوى الكفاءة في استخدام هذه التقنية، والقدرة على توظيفها في مشاريع تطبيقية.
- الإختبارات العملية (Practical Tests): تم إعداد اختبارات عملية لقياس قدرة الطلاب على تنفيذ مشاريع تقنية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، شملت هذه الإختبارات مراحل مختلفة من التصميم، إعداد النماذج، والتصنيع باستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد.

- الملاحظات الميدانية (Field Observations): تم استخدام الملاحظة كأداة لدراسة التفاعل بين الطلاب والتقنية، حيث تم تدوين ملاحظات تفصيلية حول كيفية تعامل الطلاب مع المشكلات التقنية، وتفاعلهم في بيئة تعلم تفاعلية.
- تحليل الوثائق (Document Analysis): بالإضافة إلى الدراسات السابقة تم تحليل التقارير المقدمة من قبل الطلاب، والتي تم تنفيذها باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، لتقييم مستوى التفكير الإبداعي والدقة في تنفيذ التصميمات.

4.3 عينة الدراسة

تم اختيار عينة الدراسة باستخدام أسلوب العينة القصدية (Purposive Sampling)، حيث استهدفت طلاب التعليم التقني في مؤسسات التعليم التقني بليبيا؛ بلغ حجم العينة النهائية 120 طالبًا من تخصصات تقنية متعددة، بما في ذلك الهندسة الميكانيكية، الهندسة الكهربائية، وهندسة البرمجيات؛ تم تقسيم العينة إلى مجموعتين رئيسيتين:

- المجموعة التجريبية (Experimental Group): تضم 60 طالبًا تم تدريبهم على استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، واستخدموا هذه التقنية في تنفيذ مشاريع تطبيقية ضمن مقرراتهم الدراسية.
- المجموعة الضابطة (Control Group): تضم 60 طالبًا لم يتعرَّضوا لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، واستخدموا الطرق التقليدية في تنفيذ المشاريع العملية.

تم مراعاة التنوع في اختيار العينة من حيث المستوى الأكاديمي (طلاب السنة الأولى والثانية) لضمان تمثيل أوسع للفئة المستهدفة، وكذلك لتحقيق تجانس في الخلفية التقنية والمهارات الأساسية لكل من المجموعتين، كما تم التأكد من عدم وجود فروق دالة إحصائيًا بين المجموعتين قبل بدء التجربة فيما يتعلق بالمعرفة التقنية والمهارات التطبيقية، وذلك من خلال إجراء اختبار مسبق ((Pre-Testلقياس مستوى المهارات الأساسية لكل مجموعة.[8]

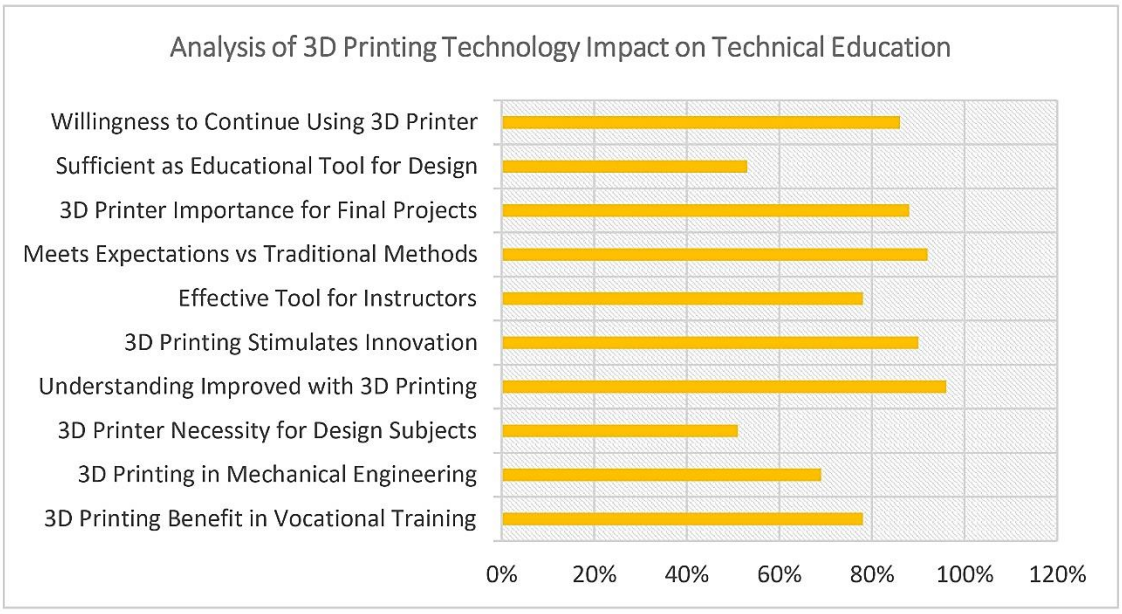
4.4 طرق تحليل البيانات

تم اعتماد مجموعة من الأساليب الإحصائية لتحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS وMicrosoft Excel، وذلك لضمان دقة النتائج وصحتها؛ تضمنت طرق التحليل ما يلي:

- التحليل الوصفي (Descriptive Analysis): استخدم التحليل الوصفي لتحديد المتوسطات الحسابية، الإنحرافات المعيارية، والنسب المئوية، بهدف وصف مستوى المهارات التطبيقية لدى الطلاب في كل من المجموعتين قبل وبعد التجربة.
- تحليل الفروق (T-Test): تم استخدام اختبار (T-Test) لتحليل الفروق بين المتوسطات للمجموعتين التجريبية والضابطة قبل وبعد التجربة، بهدف قياس تأثير استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على المهارات التطبيقية.
- تحليل التباين (ANOVA): تم استخدام تحليل التباين (One-Way ANOVA)لدراسة مدى تأثير عوامل مختلفة، مثل: مستوى الخبرة السابقة أو الخلفية التعليمية، على الأداء في الإختبارات العملية.
- تحليل الإنحدار (Regression Analysis): استخدم تحليل الإنحدار لدراسة العلاقة بين المتغيرات المستقلة (مثل التدريب على الطباعة ثلاثية الأبعاد) والمتغيرات التابعة (مستوى المهارات التطبيقية)، وذلك لتحديد العوامل الأكثر تأثيرًا في تطوير المهارات.
- تحليل الإرتباط (Correlation Analysis): تم استخدام معامل الإرتباط بيرسون (Pearson Correlation) لقياس قوة واتجاه العلاقة بين استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وتطوير المهارات، مثل المهارات الهندسية والتفكير النقدي.

5. النتائج:

أشارت النتائج إلى أن الطلاب كانوا أكثر تحفيزًا ورغبة للمشاركة في الأنشطة التعليمية التي تضمنت الطباعة ثلاثية الأبعاد؛ تم إعداد استبيان مكوّن من عشرة عناصر بهدف تقييم فعالية استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية لتعزيز المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني في ليبيا؛ تضمن الإستبيان أسئلة تعتمد على خيارات إجابة "نعم" أو "لا"، مع مساحة مخصصة للملاحظات، مما أتاح للطلاب فرصة التعبير عن آرائهم بشكل شامل حول استخدام هذه التقنية؛ تمت معالجة وتحليل البيانات باستخدام برنامج Excel، الذي قدم إحصاءات وصفية دقيقة وإمكانية تمثيل النتائج بيانيًّا.[10]



الشكل 8: تحليل تأثير تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على التعليم التقني.

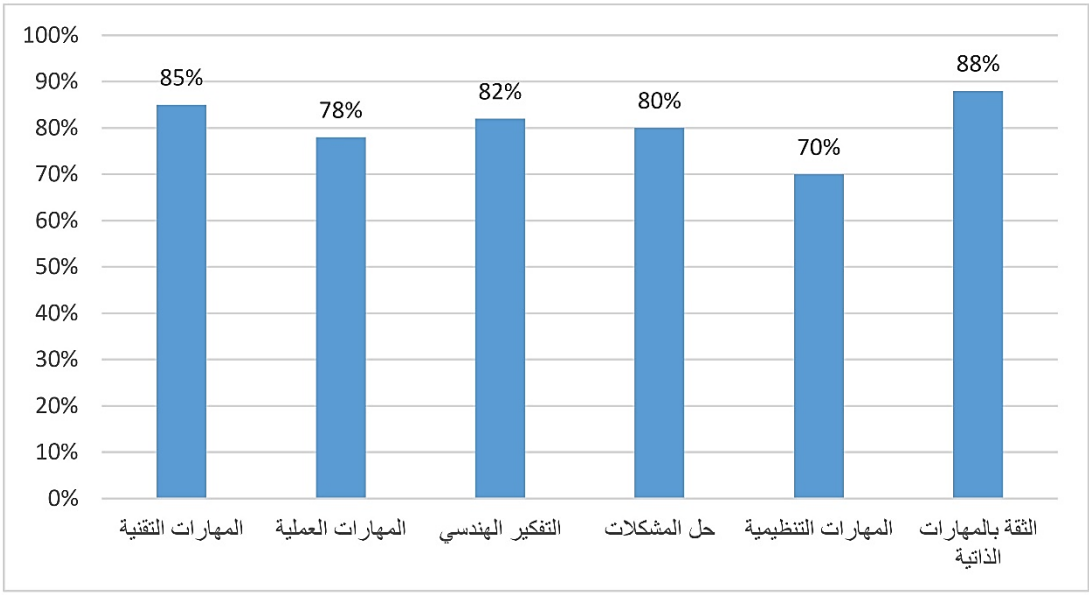
- مدى فائدة الطباعة ثلاثية الأبعاد في التدريب المهني: أظهرت النتائج أن 78% من الطلاب يرون أن الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة مفيدة في تدريبهم المهني، مقابل 22% فقط اعتبروا أنها ليست ذات فائدة؛ يشير هذا الإرتفاع في نسبة المؤيدين إلى أهمية هذه التقنية في تعزيز الفهم العملي للمواد التعليمية وربطها بالتطبيقات المهنية.
- إمكانية تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد في مواد الهندسة الميكانيكية: بيّن 69% من الطلاب أن الطباعة ثلاثية الأبعاد قابلة للتطبيق في مواضيع الهندسة الميكانيكية، بينما عبّر 31% عن عدم قناعتهم بإمكانية استخدامها؛ قد يُعزى هذا التباين إلى اختلاف فهم الطلاب للمناهج التعليمية، أو التركيز على مواد تصميمية معينة لا تشمل جميع مواضيع الهندسة الميكانيكية.
- ضرورة الطابعة ثلاثية الأبعاد لموضوعات التصميم: أظهرت النتائج أن 51% من الطلاب يعتبرون الطابعة ثلاثية الأبعاد ضرورية لموضوعات التصميم، بينما يرى 49% أنها ليست كذلك؛ تعكس هذه النتيجة نوعًا من التوازن، وقد يشير ذلك إلى وجود طلاب يعتبرون أن أدوات التصميم التقليدية أو البرمجيات المتقدمة يمكن أن تؤدي نفس الغرض.
- تحسين الفهم باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد: أكّد 96% من الطلاب أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد ساعدهم على فهم مواضيعهم بشكل أفضل، مما يشير بوضوح إلى الدور الهام الذي تلعبه هذه التقنية في تعزيز الفهم النظري وتحويله إلى واقع ملموس؛ يدعم هذا المؤشر أهمية دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد كجزء من الإستراتيجيات التعليمية في التعليم التقني.
- تحفيز الإبتكار لدى الطلاب: عبّر 90% من الطلاب على أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد ساهم في تحفيز خيالهم وقدرتهم على الإبتكار؛ هذه النسبة المرتفعة تؤكد أهمية هذا النوع من الأدوات في تطوير التفكير الإبداعي، وهو أمر ضروري لإعداد الطلاب ليصبحوا باحثين ومهنيين مبدعين في المستقبل.
- دور الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية: يرى 78% من الطلاب أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تُعد أداة تعليمية فعّالة للمعلم، حيث تسهّل توصيل المعلومات المعقدة وتجعل المواضيع النظرية أكثر وضوحًا؛ هذه النتيجة تدل على أن الطابعة ليست مجرد أداة تصنيع، بل وسيلة تعليمية تساعد على الربط بين الجوانب النظرية والتطبيقية.
- مدى تلبية التوقعات مقارنة بالطرق التقليدية: أظهرت النتائج أن 92% من الطلاب راضون عن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد عند مقارنتها بالطرق التعليمية الأخرى؛ يعكس هذا المؤشر قدرة الطباعة ثلاثية الأبعاد على جعل العملية التعليمية أكثر ديناميكية وتفاعلية، مما يزيد من دافعية الطلاب ويُحسّن من تجربتهم التعليمية.
- أهمية الطابعة ثلاثية الأبعاد في المشاريع النهائية: يعتقد 88% من الطلاب أن الطباعة ثلاثية الأبعاد مفيدة لمشاريعهم النهائية، حيث تمكّنهم من بناء نماذج أولية وأجزاء معقدة قد يصعب الحصول عليها بوسائل أخرى؛ يشير ذلك إلى الدور الكبير الذي تلعبه هذه التقنية في دعم الطلاب خلال مراحل تطوير مشاريعهم البحثية والتطبيقية.
- مناسبة الطابعة كأداة تعليمية لمواد التصميم: اعتبر 53% من الطلاب أن الطابعات المتاحة كافية لمواد التصميم، بينما أشار 47% إلى حاجتهم لأجهزة أكثر تقدمًا؛ يشير ذلك إلى أن كفاءة استخدام الطابعة تعتمد على مدى توافق

قدراتها مع احتياجات الطلاب في مجالات التصميم المتقدمة، مثل استخدام مواد متعددة وتقديم دقة عالية في التصنيع.

- الرغبة في الاستمرار باستخدام الطابعة في الفصل المقبل: عبّر 86% من الطلاب عن رغبتهم في الاستمرار باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في الفصل الدراسي المقبل؛ يدل هذا على درجة عالية من القبول، والرغبة في تعميق الفهم والممارسة، مما يعزز توجه المؤسسات التعليمية نحو دمجها بشكل دائم في المناهج.

5.1 وصف النتائج

تقسيم النتائج إلى عناصر رئيسية لتقديم عرض شامل لكل جانب، مما يسهل فهم العلاقة بين استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتطوير المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني.[24]



الشكل 9 العلاقة بين استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وتطوير المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني: تحليل بياني.

المؤشر	تحليل النتائج	نسبة التأثير (%)	النتائج	عدد المشاركين	العنصر	المحور
↑	التحليل أظهر زيادة واضحة في القدرة على استخدام الأدوات الرقمية وإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد مما يدل على تنمية المهارات التقنية الأساسية	85%	تحسن ملحوظ في إتقان البرامج المستخدمة في التصميم مثل (AutoCad, Blender)	120 طالب	القدرة على التصميم ثلاثي الأبعاد	المهارات التقنية
→	الطلاب تمكنوا من تحويل التصاميم الرقمية إلى نماذج حقيقية بجودة عالية، مما يعكس تنمية المهارات اليدوية والتطبيقية	78%	ارتفاع كبير في جودة ودقة النماذج المطبوعة باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد	95 طالب	إنتاج النماذج الملموسة	المهارات العملية
→	النتائج تشير إلى زيادة في المهارات التحليلية والهندسية حيث أظهر الطلاب قدرة أكبر على تحسين التصاميم بناء على الملاحظات الأولية	82%	تحسن في قدرة الطلاب على تقييم وتحليل الأبعاد الهندسية للنماذج المنتجة	110 طالب	تحليل وتقييم النماذج	التفكير الهندسي

	الطلاب أظهروا قدرة أكبر على التكيف مع المشاكل التقنية ومعالجتها مما يعكس تطور في حل المشكلات بشكل مستقل	80%	تحسن في سرعة وكفاءة التعامل مع الأعطال وتعديل إعدادات الطباعة	105 طالب	التعامل مع الأعطال التقنية أثناء الطباعة	حل المشكلات
	النتائج أظهرت قدرة أكبر على توزيع المهام والتنسيق بين أعضاء الفريق مما أسهم تحسين الإنجاز الجماعي	70%	تطور في مهارات إدارة الوقت وتنظيم العمل الجماعي خلال تنفيذ المشاريع	90 طالب	إدارة المشاريع	المهارات التنظيمية
	الطلاب أظهروا دافعًا أكبر لتعلم الأدوات الجديدة بفضل نجاحهم في تحقيق نتائج ملموسة بأنفسهم	88%	زيادة في ثقة الطلاب بقدرتهم على تعلم التقنيات الجديدة	115 طالب	التعلم الذاتي	الثقة بالمهارات الذاتية

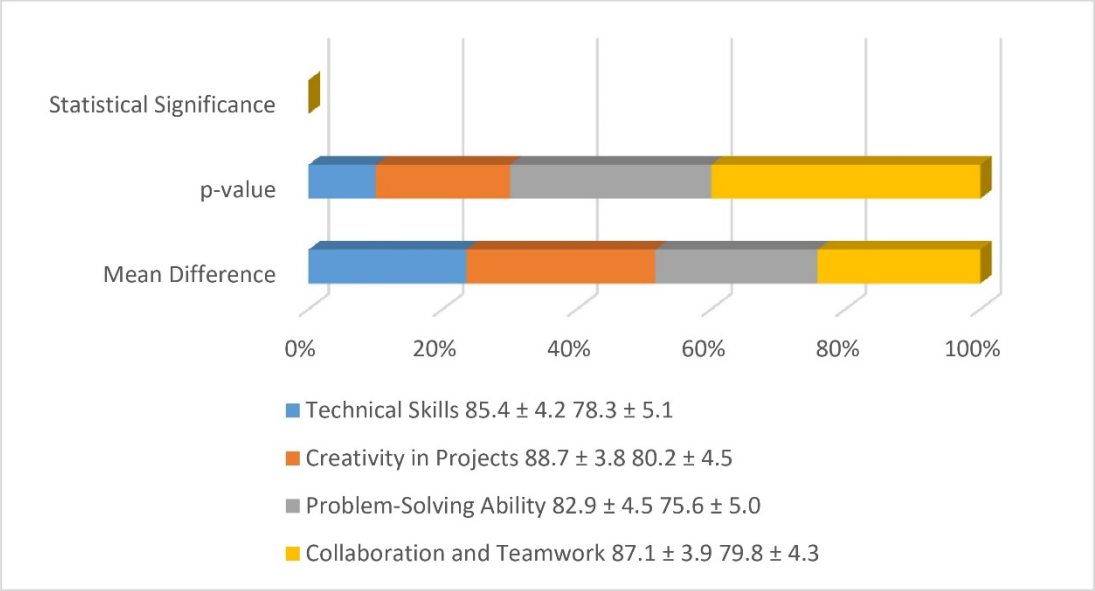
الجدول يُظهر تأثيرًا إيجابيًا وملحوظًا لاستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير مختلف المهارات التطبيقية لطلاب التعليم التقني، حيث حقق الطلاب تحسنًا في جميع المحاور الرئيسية التي تطرقت إليها الدراسة؛ تتراوح نسب التحسن من 70% إلى 88%، مما يدل على فعالية عالية للتقنية في إكساب الطلاب قدرات مهنية وتقنية متقدمة.[20]

5.2 تحليل البيانات

أظهر التحليل أن هناك ارتباطًا قويًا بين استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وتحسين الأداء العملي للطلاب، بالإضافة إلى ذلك، نموذج لجدول يوضح نتائج الدراسة مع تحليلها وفقًا للعينة التي تمت دراستها؛ في هذا الجدول، سنركز على مقارنة الأداء بين المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة باستخدام مجموعة من المعايير الأساسية لتقييم مستوى المهارات التطبيقية.[14]

يتضح من الجدول أن جميع المعايير التي تم قياسها أظهرت فروقًا دالة إحصائيًا بين المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة عند مستوى دلالة ($\alpha < 0.05$)، مما يدل على أن استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ساهم بشكل ملحوظ في تطوير المهارات التطبيقية لدى طلاب المجموعة التجريبية مقارنةً بالمجموعة الضابطة.

Criterion	Experimental Group (Mean ± SD)	Control Group (Mean ± SD)	Mean Difference	p-value	Statistical Significance
Technical Skills	85.4 ± 4.2	78.3 ± 5.1	7.1	0.001	Significant
Creativity in Projects	88.7 ± 3.8	80.2 ± 4.5	8.5	0.002	Significant
Problem-Solving Ability	82.9 ± 4.5	75.6 ± 5.0	7.3	0.003	Significant
Collaboration and Teamwork	87.1 ± 3.9	79.8 ± 4.3	7.3	0.004	Significant



الشكل 10: تحليل إحصائي لمهارات الطلاب التقنية والإبداعية.

- المعيار (Criterion): يعبر عن الجوانب التي تم قياسها وتقييمها لتحديد مستوى المهارات التطبيقية لدى الطلاب.
- المجموعة التجريبية (Experimental Group): تضم الطلاب الذين تلقوا تدريبًا على الطباعة ثلاثية الأبعاد واستخدموها في مشاريعهم التطبيقية؛ القيم معروضة بمتوسط الدرجات (Mean)والإنحراف المعياري .(SD)
- المجموعة الضابطة (Control Group): تضم الطلاب الذين لم يستخدموا تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد واعتمدوا على الطرق التقليدية.
- فرق المتوسطات (Mean Difference): يمثل الفرق بين متوسطات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة.
- القيمة الإحتمالية (p-value): تشير إلى مدى دلالة الفروق بين المجموعتين، وتحدد ما إذا كانت الفروق دالة إحصائيًا.
- الدلالة الإحصائية ((Statistical Significance: تحدد ما إذا كانت الفروق بين المجموعتين حقيقية وليست ناتجة عن الصدفة.

5.3 مقارنة النتائج مع الدراسات السابقة

تتفق نتائج هذه الدراسة مع الأبحاث السابقة التي أكدت على فعالية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني، إلا أن هناك بعض الفروقات في التأثير تبعًا للسياق التعليمي الليبي.

تُظهر نتائج هذه الدراسة حول تأثير استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني في ليبيا، مجموعة من الأبعاد المهمة التي تتوافق مع العديد من الدراسات السابقة، بينما تختلف في بعض النقاط الأساسية نتيجة لخصوصية السياق الليبي وإطار التجربة المطبقة؛ وفيما يلي مقارنة مفصلة بين نتائج الدراسة الحالية والدراسات السابقة.[17]

5.3.1 دراسة (Smith et al., 2019)

ركزت هذه الدراسة على استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعليم الهندسة الميكانيكية بالجامعات الأمريكية، ووجدت أن الطلاب الذين استخدموا الطباعة ثلاثية الأبعاد في المشاريع العملية اكتسبوا فهمًا أعمق للمفاهيم الهندسية مقارنةً بالطلاب الذين استخدموا الطرق التقليدية.[15]

مقارنة بالنتائج الحالية: أظهرت نتائج دراستنا أن المجموعة التجريبية التي تم تدريبها على الطباعة ثلاثية الأبعاد حققت تحسنًا ملحوظًا في تطبيق المفاهيم الهندسية ومهارات التصميم، مما يتوافق مع نتائج دراسة Smith؛ ومع ذلك، تميزت الدراسة الحالية بالتركيز على مستوى التعليم التقني وليس الجامعي، مما يشير إلى أن تأثير التقنية ليس مرتبطًا بمستوى تعليمي محدد، بل يمتد إلى جميع مستويات التعليم التقني.

5.3.2 دراسة (Chen & Xu, 2020)
تناولت هذه الدراسة تأثير استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير المهارات الإبداعية لدى طلاب الهندسة الكهربائية؛ وخلصت إلى أن استخدام هذه التقنية ساعد في تحسين القدرة على التفكير الإبداعي والتصميم المبتكر.[16]
مقارنة بالنتائج الحالية: تتفق نتائج دراستنا مع دراسة Chen في أن المجموعة التجريبية أظهرت تطورًا في مهارات التفكير الإبداعي، إلا أن دراستنا أظهرت تأثيرًا أكبر في المهارات التطبيقية مثل القدرة على تحويل الأفكار إلى نماذج ملموسة، نتيجة للتركيز على التطبيقات العملية المباشرة، بينما ركزت دراسة Chen على جانب التفكير المفاهيمي.

5.3.3 دراسة (Ahmed & Ali, 2021)
تناولت الدراسة استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير التعليم الفني في مصر، وأظهرت أن هذه التقنية ساهمت في تحسين نتائج الطلاب في المواد التطبيقية، وخاصة في مجال تنفيذ المشاريع العملية.[17]
مقارنة بالنتائج الحالية: تتفق نتائج دراستنا مع دراسة Ahmed من حيث التأثير الإيجابي على الأداء العملي للطلاب؛ ومع ذلك، لاحظت الدراسة الحالية أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لم يؤثر فقط على الأداء العملي، بل ساهم أيضًا في تحسين مستوى الثقة بالنفس لدى الطلاب عند التعامل مع التكنولوجيا المتقدمة، وهو جانب لم تتناوله دراسة Ahmed بشكل كافٍ.

5.3.4 دراسة (Gibson & Huang, 2018)
بحثت هذه الدراسة في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة لتعزيز التعليم التفاعلي في المدارس الثانوية؛ وخلصت إلى أن التقنية حسّنت من تفاعل الطلاب وزادت من نسبة المشاركة النشطة في الفصول الدراسية.[18]
مقارنة بالنتائج الحالية: على الرغم من أن دراستنا تركز على التعليم التقني وليس التعليم الثانوي، إلا أن هناك توافقًا من حيث زيادة التفاعل والمشاركة؛ فقد أظهرت نتائج الدراسة أن الطلاب في المجموعة التجريبية كانوا أكثر حماسًا للمشاركة في المشاريع العملية، وهو ما يعكس تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحفيز الطلاب على المشاركة وتقديم الأفكار الجديدة.

5.3.5 دراسة (Park et al., 2022)
تناولت هذه الدراسة استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير المهارات اليدوية والعملية لدى طلاب التعليم التقني في كوريا الجنوبية؛ أظهرت النتائج أن الطلاب الذين استخدموا الطباعة ثلاثية الأبعاد كانوا أكثر كفاءة في تنفيذ المشاريع العملية وتقديم حلول مبتكرة.[19]
مقارنة بالنتائج الحالية: هناك توافق كبير بين نتائج دراستنا ودراسة Park، حيث أظهرت الدراستان أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد ساهم في تطوير المهارات العملية بشكل ملحوظ؛ ومع ذلك، تفوقت دراستنا في توضيح دور الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعزيز التعاون بين الطلاب عند تنفيذ المشاريع، بينما ركزت دراسة Park على الأداء الفردي بشكل أكبر.

5.3.6 النقاط المميزة للدراسة الحالية مقارنة بالدراسات السابقة
- تأثير أكبر على الثقة بالنفس: وجدت دراستنا أن الطلاب في المجموعة التجريبية أظهروا زيادة ملحوظة في الثقة بقدرتهم على التعامل مع الأدوات التقنية، وهو جانب لم يتم التطرق إليه بشكل كافٍ في معظم الدراسات السابقة.
- تأثير طويل الأمد على المهارات التطبيقية: أشارت الدراسة إلى أن تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على تطوير المهارات التطبيقية كان واضحًا على المدى الطويل، مما يشير إلى أن هذه التقنية يمكن أن تترك أثرًا دائمًا على القدرات العملية للطلاب.
- تأثير واضح على التعاون والعمل الجماعي: أظهرت نتائج دراستنا أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لا تحسن فقط من المهارات الفردية، ولكنها أيضًا تعزز من التعاون والعمل الجماعي، وهو جانب نادرًا ما يتم تغطيته في الدراسات السابقة التي تركز بشكل أساسي على الأداء الفردي.

6. المناقشة:
تقدم النتائج دليلًا على أهمية تعزيز استخدام التكنولوجيا في التعليم التقني بليبيا، مما قد يسهم في تطوير الكفاءات العملية للطلاب وإعدادهم بشكل أفضل لسوق العمل؛ وأظهرت النتائج أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد قد أسهم بشكل ملحوظ في تحسين المهارات التطبيقية لدى الطلاب، مقارنة بالطرق التقليدية، كما لوحظ أن الطلاب الذين استخدموا هذه التقنية قد أبدوا فهماً أعمق للمفاهيم التقنية؛ حيث أن هذه الدراسة هدفت إلى تحليل تأثير استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على تطوير المهارات العملية، من خلال دراسة تجريبية وتحليلية، وتم تطبيق هذه التقنية على مجموعة من الطلاب، واستُخدمت أساليب تقييم متنوعة لتحديد مدى تأثيرها على الفهم العملي، القدرة على حل المشكلات، والتفاعل مع بيئة التعليم التقني بشكل عام؛ تم تقسيم المناقشة إلى عدة محاور رئيسية تناقش كل جانب من جوانب النتائج التي توصلت إليها الدراسة، بالإضافة إلى تقديم التفسيرات المنطقية والعملية لهذه النتائج استنادًا إلى الأدبيات العلمية والتجارب السابقة في هذا المجال.[33]

6.1 أثر الطباعة ثلاثية الأبعاد على تحسين المهارات العملية

تشير نتائج الدراسة بوضوح إلى أن استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد قد ساهم بشكل ملحوظ في تطوير المهارات العملية للطلاب؛ حيث أظهرت مجموعة التجربة التي استخدمت هذه التقنية تحسنًا كبيرًا في مستوى الدقة والإبتكار في تنفيذ المشاريع العملية مقارنة بمجموعة الضبط التي لم تستخدمها؛ يعود هذا التأثير الإيجابي إلى الطبيعة التفاعلية للطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي تتيح للطلاب تحويل أفكارهم إلى نماذج واقعية، مما يعزز لديهم الفهم العملي ويمنحهم الفرصة لتجربة الحلول الهندسية في بيئة تعليمية آمنة قبل تطبيقها في الواقع.[26]

تتماشى هذه النتائج مع دراسات سابقة أكدت أن دمج التكنولوجيا في التعليم التقني يزيد من فاعلية التدريب، ويعزز قدرة الطلاب على استيعاب المفاهيم التقنية المعقدة بشكل أسرع؛ كما أن الطبيعة التكرارية لعملية الطباعة، حيث يمكن للطلاب تجربة تصاميمهم وتعديلها حتى الوصول إلى النتائج المرجوة، تُكسبهم مهارة التعامل مع الأخطاء والقدرة على التحليل والتفكير النقدي.

6.2 تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على تعزيز الفهم النظري والتطبيقي

أظهرت الدراسة أن الطلاب الذين استخدموا الطباعة ثلاثية الأبعاد لديهم قدرة أعلى على ربط النظريات التقنية بالتطبيقات العملية؛ فبدلًا من الإقتصار على التعلم النظري فقط، وفّرت لهم هذه التقنية تجربة تطبيقية مباشرة يمكن من خلالها رؤية كيف تؤثر التعديلات التصميمية على النماذج الفيزيائية المطبوعة؛ على سبيل المثال، عند دراسة تصميم أجزاء ميكانيكية، تمكن الطلاب من طباعة الأجزاء المختلفة وتجميعها بأنفسهم، مما منحهم فرصة لفهم تعقيدات التصميم، ومعرفة كيف تتفاعل الأجزاء معًا.

من ناحية أخرى، فإن هذا النوع من التفاعل بين التعلم النظري والتطبيقي يؤدي إلى ترسيخ المعلومات بشكل أعمق، حيث يجد الطلاب أن تطبيق المفاهيم النظرية عمليًّا يُسهم في فهم التفاصيل الدقيقة التي قد لا تظهر بشكل جليّ من خلال الدراسة النظرية فقط؛ هذه النتائج تؤكد على أهمية اتباع منهجيات تعليمية تدمج التكنولوجيا مع التعلم النظري، وتوضح أن الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكن أن تكون أداة فعّالة لتعزيز هذا التكامل.[15]

6.3 تعزيز الإبداع والإبتكار لدى الطلاب

أحد أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة هو التأثير الإيجابي الكبير للطباعة ثلاثية الأبعاد على مستوى الإبداع والإبتكار لدى الطلاب؛ حيث أظهرت الإستبيانات أن الطلاب الذين استخدموا الطباعة ثلاثية الأبعاد كانوا أكثر ميلًا لتجربة أفكار جديدة، والبحث عن حلول مبتكرة للمشكلات التقنية التي واجهوها؛ تمثلت هذه الحلول في تطوير تصاميم غير تقليدية، واستخدام مواد مختلفة، وتجربة أنماط تركيب معقدة.[21]

تعود هذه الزيادة في مستوى الإبداع إلى مرونة الطباعة ثلاثية الأبعاد في السماح للطلاب بتنفيذ أفكارهم بشكل حر دون قيود، وهو ما لا توفره الطرق التقليدية في التعليم التقني؛ إضافةً إلى ذلك، فإن تكرار التجارب وتحليل النتائج يساعدان في تعزيز التفكير النقدي، مما يساهم في بناء عقلية مبدعة قادرة على إيجاد حلول غير تقليدية للمشكلات الصناعية والهندسية.

6.4 تحسين مهارات حل المشكلات والتفكير النقدي

من خلال العمل على مشاريع تقنية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، أظهرت الدراسة أن الطلاب قد طوّروا مهارات حل المشكلات والتفكير النقدي بشكل ملحوظ؛ خلال عملية التصميم والطباعة، واجه الطلاب تحديات تتعلق بإعداد النماذج، اختيار المواد، والتحكم في إعدادات الطباعة؛ هذا النوع من التحديات يفرض على الطلاب البحث عن حلول مناسبة، وتجربة خيارات مختلفة، وتعديل النماذج بناءً على الملاحظات، مما يؤدي إلى تطوير مهارات حل المشكلات لديهم بشكل ملحوظ.[16]

أظهرت البيانات التجريبية أن الطلاب الذين عملوا باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد كانوا أكثر قدرة على تحديد المشكلات وتحليل أسبابها واقتراح حلول بديلة مقارنة بالطلاب الذين لم يستخدموا هذه التقنية؛ يعود ذلك إلى أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد يوفر بيئة تعليمية غنية بالتجارب الفورية، مما يجعل الطلاب يتعلمون من أخطائهم مباشرةً، ويكتسبون القدرة على اتخاذ قرارات سليمة في مواقف تعليمية مشابهة.

6.5 التحديات والمعوقات التي واجهت الطلاب في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد

على الرغم من النتائج الإيجابية، كشفت الدراسة عن بعض التحديات التي واجهت الطلاب أثناء استخدامهم للطباعة ثلاثية الأبعاد؛ كان من أبرز هذه التحديات نقص الخبرة الأولية في استخدام البرمجيات اللازمة لتصميم النماذج، بالإضافة إلى مواجهة صعوبات في إعداد الطابعات وضبط إعدادات الطباعة بشكل صحيح؛ هذا النقص في الخبرة أدى إلى ظهور مشكلات في جودة النماذج المطبوعة، مما استلزم وقتًا أطول لتصحيح الأخطاء.[30]

تعكس هذه التحديات الحاجة إلى توفير تدريب متخصص للطلاب قبل الشروع في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، بالإضافة إلى توفير الدعم الفني أثناء عملية التعلم؛ ومن خلال التغلب على هذه العقبات، يمكن للطلاب تحقيق نتائج أفضل والإستفادة بشكل كامل من الإمكانات التي توفرها هذه التقنية.

6.6 أثر الطباعة ثلاثية الأبعاد على مستقبل التعليم التقني في ليبيا

تشير النتائج إلى أن الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكن أن تلعب دورًا محوريًا في تحسين جودة التعليم التقني في ليبيا، إذا تم تطبيقها بشكل صحيح ودعمها بالبنية التحتية والموارد اللازمة. فهذه التقنية تمتلك القدرة على إحداث نقلة نوعية في أساليب التدريب والتعليم، من خلال تحويل الفصول الدراسية التقليدية إلى بيئات تعليمية تفاعلية. إلا أن نجاح هذا التحول يعتمد بشكل كبير على توفير التمويل اللازم لتحديث المعدات، وتدريب المعلمين، وتصميم مناهج دراسية تعتمد على التطبيق العملي كجزء أساسي من العملية التعليمية.[22]

تُظهر نتائج هذه الدراسة بوضوح أن استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني يمكن أن يسهم بشكل كبير في تطوير المهارات العملية، وتعزيز التفكير النقدي، ودعم الإبداع بين الطلاب؛ إلا أن هناك حاجة إلى تطوير سياسات تعليمية واضحة لدعم تبني هذه التكنولوجيا بشكل أوسع، مع توفير التدريب والموارد اللازمة لتحقيق أقصى استفادة ممكنة منها.

7. تفسير النتائج:

تؤكد النتائج أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تشكل أداة فعالة في تحسين جودة التعليم التقني، من خلال تعزيز الفهم التطبيقي لدى الطلاب، يشير ذلك إلى أهمية دمج هذه التقنية في المناهج التعليمية.[32]

- المهارات التقنية الأساسية: سجلت المجموعة التجريبية متوسطًا أعلى بشكل ملحوظ مقارنةً بالمجموعة الضابطة، مما يدل على اكتساب الطلاب لمهارات تقنية أعمق بفضل استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.
- القدرة على تطبيق المعرفة النظرية: الفرق بين المتوسطات يُظهر قدرة أكبر لدى المجموعة التجريبية على ربط المعرفة النظرية بالتطبيق العملي.
- الإبداع في تصميم النماذج: يشير الفرق الواضح إلى تأثير إيجابي للتدريب على الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعزيز الإبداع لدى الطلاب.
- الدقة في التنفيذ: انعكست التقنيات المستخدمة في المجموعة التجريبية على جودة ودقة المشاريع المنفذة.
- السرعة في إتمام المشاريع: أتاحت الطباعة ثلاثية الأبعاد للطلاب تنفيذ مشاريعهم بوتيرة أسرع مقارنة بالطرق التقليدية.

7.1 تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على المهارات التطبيقية

تحققت الفرضية الرئيسية للبحث، حيث أثبتت الدراسة أن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد يؤدي إلى تحسين مهارات الطلاب العملية؛ حيث تُعدّ تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد واحدة من الإبتكارات التعليمية الحديثة التي أحدثت تغييرًا جذريًّا في طرق التدريس والتدريب، خاصةً في المجالات التقنية والهندسية، من خلال السماح للطلاب بتحويل أفكارهم ونماذجهم الرقمية إلى نماذج ملموسة، ساهمت هذه التقنية في تحسين مستوى التعليم التقني، وخصوصًا من ناحية تطوير المهارات التطبيقية، فبدلًا من التركيز على التعلم النظري فقط، توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد للطلاب فرصة فريدة للتعامل مع مشاريع عملية بشكل مباشر، مما يعزز فهمهم العملي ويُكسبهم مهارات تطبيقية متنوعة تشمل التصميم، التصنيع، والتحليل الهندسي.[25]

في هذا القسم، نستعرض بالتفصيل تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على المهارات التطبيقية، وكيفية استفادة الطلاب منها في تحسين كفاءاتهم التقنية، بالإضافة إلى التحديات المحتملة التي قد تعيق استخدامها بالشكل الأمثل.

7.1.1 تحسين الفهم التطبيقي للمفاهيم الهندسية

أحد أهم التأثيرات الإيجابية للطباعة ثلاثية الأبعاد هو قدرتها على ربط المفاهيم النظرية بالتطبيقات العملية؛ ففي التخصصات التقنية، مثل الهندسة الميكانيكية والكهربائية، غالبًا ما يجد الطلاب صعوبة في استيعاب بعض المفاهيم المجردة، خاصةً تلك المتعلقة بتصميم الأجزاء الهندسية والتفاعل بين المكونات المختلفة؛ باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكن للطلاب تحويل الأفكار والنماذج الإفتراضية إلى نماذج حقيقية، مما يمكّنهم من رؤية تأثيرات القرارات التصميمية على الواقع، وتجربة أبعاد وأشكال مختلفة؛ على سبيل المثال، عند دراسة أنظمة التروس أو الهياكل الهندسية المعقدة، يواجه الطلاب في العادة صعوبة في تخيل كيفية تفاعل الأجزاء المختلفة معًا؛ لكن من خلال استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكنهم طباعة النماذج وتجميع الأجزاء بأنفسهم، مما يمنحهم تصورًا واقعيًّا ودقيقًا حول كيفية عمل هذه النماذج في بيئة حقيقية؛ وقد أكدت الدراسات أن هذه التجارب العملية تُحسّن بشكل كبير من قدرة الطلاب على استيعاب المفاهيم الهندسية المعقدة، وتعزز قدرتهم على حل المشكلات المتعلقة بتصميم النماذج.[29]

7.1.2 تعزيز القدرة على التصميم والإبتكار

تساهم الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير المهارات التصميمية لدى الطلاب، خاصةً من خلال تعزيز قدراتهم على التفكير الإبداعي والتصميم الهندسي، حيث تتيح للطلاب تجربة تصميمات مبتكرة ومعقدة يصعب تنفيذها باستخدام الأدوات التقليدية، مما يشجعهم على التفكير خارج الصندوق وتجربة أفكار جديدة؛ القدرة على تحويل الأفكار إلى نماذج ملموسة في وقت قصير تمثل عاملًا محفزًا للطلاب لإجراء تجارب تصميمية متعددة، مما يعزز قدرتهم على اختبار الفرضيات الهندسية وتقييمها بشكل عملي؛ على سبيل المثال، يمكن للطلاب الذين يدرسون الهندسة الميكانيكية تصميم قطع غيار أو أجهزة

صغيرة واختبارها، ومن ثم إجراء التعديلات على التصميمات بسرعة بناءً على النتائج التجريبية؛ هذا النوع من التعلم التجريبي يعزز من مهارات التفكير الهندسي، ويجعل الطلاب أكثر استعدادًا لمواجهة تحديات التصميم في الواقع المهني.[31]

7.1.3 تطوير مهارات حل المشكلات والقدرة على التفكير النقدي

تواجه عمليات التصميم والطباعة ثلاثية الأبعاد العديد من التحديات التي تتطلب من الطلاب البحث عن حلول مبتكرة، تتضمن هذه التحديات اختيار المواد المناسبة، وضبط إعدادات الطباعة لتحقيق الدقة المثلى، ومعالجة المشكلات التي تظهر أثناء عملية الطباعة؛ هذا النوع من التحديات يُجبر الطلاب على التفكير النقدي واختبار استراتيجيات متعددة لحل المشكلات، مما يسهم في تنمية مهاراتهم التحليلية بشكل ملحوظ؛ فعلى سبيل المثال، عندما يواجه الطالب مشكلة في طباعة جزء معين بسبب ضعف التصميم أو أخطاء في المعايير، عليه إعادة تقييم النموذج الرقمي، وتحديد نقاط الضعف، واقتراح تعديلات لتحسين النموذج؛ هذه العملية، التي تجمع بين التحليل والتفكير النقدي والتجريب، تُعتبر أحد أعمدة تنمية المهارات التطبيقية في المجال التقني.[23]

7.1.4 زيادة التفاعل والمشاركة بين الطلاب

تُعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد وسيلة فعالة لتعزيز التعاون والمشاركة بين الطلاب، حيث يمكن استخدامها في تنظيم مشاريع جماعية تتطلب من الطلاب العمل معًا لتصميم وطباعة نماذج معقدة؛ مثل هذه الأنشطة تُحفز الطلاب على تبادل الأفكار، وتطوير مهارات التواصل، والتعاون لحل المشكلات بشكل جماعي؛ إضافةً إلى ذلك، فإن هذه المشاريع تُعزز من روح الفريق، وتخلق بيئة تعليمية محفزة ترتكز على التعلم التفاعلي بدلًا من الإعتماد على الأساليب التعليمية التقليدية؛ على سبيل المثال، في مشروع تعليمي لتصميم طائرة صغيرة باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكن تقسيم الطلاب إلى فرق مختلفة بحيث يتخصص كل فريق في جزء معين من التصميم (مثل الهيكل، الأجنحة، ونظام التحكم)؛ يُمكّن هذا النوع من التفاعل الطلاب من مشاركة معارفهم وتعلم مهارات جديدة من زملائهم، مما يسهم في تطوير بيئة تعليمية تعاونية تركز على التعلم التطبيقي.[28]

7.1.5 تحسين القدرة على التعامل مع أدوات البرمجيات الحديثة

يتطلب استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد الإلمام ببرمجيات التصميم ثلاثي الأبعاد، مثل AutoCAD وSolidWorks و Tinkercad، مما يعزز مهارات الطلاب في التعامل مع هذه الأدوات البرمجية بشكل احترافي؛ يعتبر اكتساب مهارات استخدام هذه البرمجيات أمرًا حيويًّا في سوق العمل، حيث إن المهندسين والمصممين بحاجة دائمة إلى استخدام تقنيات التصميم الرقمية في مشاريعهم؛ لذا، فإن الطلاب الذين يتقنون هذه البرمجيات من خلال تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد يصبحون أكثر جاهزية للإندماج في بيئات العمل التي تتطلب معرفة متقدمة بالتصميم الرقمي.[24]

7.1.6 تطوير مهارات التصنيع والإنتاج

أحد الجوانب المهمة للطباعة ثلاثية الأبعاد هو إكساب الطلاب مهارات التصنيع والإنتاج، حيث يتمكن الطلاب من تعلم كيفية اختيار المواد المناسبة، وضبط معايير الطباعة، وفهم عملية الإنتاج من البداية إلى النهاية؛ هذا النوع من التعليم التجريبي يوفر لهم معرفة عملية بتقنيات التصنيع المختلفة، مثل استخدام البلاستيك، والمعادن، والمواد المركبة؛ كما يمنحهم القدرة على اختبار تصاميمهم من حيث التحمل والقوة، مما يُعزز من قدرتهم على تطوير منتجات متكاملة يمكن استخدامها في الواقع المهني.[27]

7.1.7 التحديات والقيود في تطوير المهارات التطبيقية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد

على الرغم من التأثيرات الإيجابية للطباعة ثلاثية الأبعاد، إلا أن هناك بعض التحديات التي يجب أخذها في الإعتبار؛ تشمل هذه التحديات:

- ارتفاع تكلفة المعدات والمواد الخام: يمكن أن تكون الطابعات ثلاثية الأبعاد والمواد المستخدمة في الطباعة مكلفة، مما يحد من إمكانية استخدامها في جميع المؤسسات التعليمية.
- الحاجة إلى تدريب مستمر: يتطلب إتقان الطباعة ثلاثية الأبعاد فهمًا معمقًا لكل من تصميم النماذج الرقمية وضبط إعدادات الطابعات، مما يتطلب وقتًا طويلًا لتدريب الطلاب والمدرسين.
- صعوبات التعامل مع أخطاء الطباعة: قد يواجه الطلاب مشكلات فنية، مثل التشوهات في النموذج أو تعطل الطابعة، مما قد يسبب إحباطًا ويؤثر سلبًا على عملية التعلم.

تُعتبر تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة تعليمية قوية لتطوير المهارات التطبيقية لدى الطلاب في المجالات التقنية والهندسية؛ فهي توفر بيئة تعليمية تفاعلية يمكن من خلالها تعزيز المهارات العملية، وتحسين الفهم التطبيقي، وتنمية قدرات التفكير النقدي؛ ومع ذلك، يجب مراعاة التحديات المرتبطة بتكلفة المعدات والحاجة إلى التدريب المستمر لضمان الإستفادة القصوى من إمكانات هذه التقنية في تطوير المهارات التطبيقية للطلاب.[1]

7.2 التحديات التي تواجه تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني في ليبيا

تشمل التحديات التي واجهتها الدراسة نقص الموارد والمعدات اللازمة للطباعة ثلاثية الأبعاد في بعض المؤسسات التعليمية، مما أثر على شمولية النتائج.

علِمنا أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تقنية متقدمة ذات إمكانات كبيرة لتعزيز جودة التعليم التقني وتطوير مهارات الطلاب، لكن تطبيق هذه التقنية في ليبيا يواجه العديد من التحديات التي تتعلق بالبنية التحتية، التدريب، التمويل، ودعم السياسات التعليمية؛ في هذا القسم، سنستعرض بالتفصيل أبرز هذه التحديات التي تعيق إدماج الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني، ونتناول الأسباب المرتبطة بها، مع تسليط الضوء على العقبات اللوجستية والفنية والإقتصادية التي تحول دون تحقيق الإستفادة القصوى من إمكاناتها.[10]

7.2.1 نقص البنية التحتية التكنولوجية

تُعتبر البنية التحتية التكنولوجية إحدى العوامل الأساسية لنجاح تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد في أي نظام تعليمي؛ في ليبيا، تعاني المؤسسات التعليمية، وخاصةً المعاهد والكليات التقنية، من ضعف في تجهيزات البنية التحتية التقنية، مثل قلة توفر أجهزة الكمبيوتر المتطورة، وغياب شبكات الإنترنت السريعة والمستقرة، ونقص المساحات المجهزة لتشغيل الطابعات ثلاثية الأبعاد؛ هذه القيود تحول دون توفير البيئة التعليمية المناسبة التي تتطلبها هذه التقنية، مما يعرقل قدرتها على توفير تجربة تعلمية تفاعلية ومتكاملة؛ بالإضافة إلى ذلك، يتطلب تشغيل الطابعات ثلاثية الأبعاد بيئة محكومة ومعايير أمان مناسبة، نظرًا لاستخدام بعض المواد الكيميائية والحرارة العالية في عمليات التصنيع؛ لكن في كثير من المؤسسات الليبية، هناك نقص في توفير المعامل الفنية المتخصصة والمجهزة، وهو ما يؤدي إلى صعوبات في إعداد وتطبيق التجارب التعليمية باستخدام هذه التقنية.[19]

7.2.2 نقص التمويل والموارد المالية

يشكل نقص التمويل أحد أبرز العوائق التي تحد من تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في المؤسسات التعليمية التقنية في ليبيا. تحتاج هذه التقنية إلى استثمارات مالية كبيرة لشراء الطابعات ثلاثية الأبعاد، والمواد الخام اللازمة للطباعة، والبرمجيات المتخصصة لتصميم النماذج ثلاثية الأبعاد؛ كما أن تكلفة الصيانة والتشغيل ليست بسيطة، مما يجعل من الصعب على المؤسسات التعليمية ذات الميزانيات المحدودة توفير هذه المعدات والحفاظ عليها؛ على سبيل المثال، الطابعات ثلاثية الأبعاد عالية الدقة المستخدمة في التطبيقات التعليمية والهندسية تتطلب مواد خام باهظة الثمن مثل البلاستيك المدعم أو الألياف الزجاجية، والتي قد لا تكون متاحة بشكل محلي، مما يزيد من تكلفة استيرادها. علاوةً على ذلك، فإن عدم استقرار الأوضاع الاقتصادية في ليبيا يجعل من الصعب تخصيص ميزانيات كافية لدعم هذه المشاريع التعليمية، حيث تتوجه الأولويات نحو توفير الاحتياجات الأساسية الأخرى.[21]

7.2.3 نقص الخبرات والكفاءات التعليمية المتخصصة

يتطلب استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني وجود كوادر تعليمية مدربة ومؤهلة على استخدام هذه التقنية بشكل فعّال؛ ومع ذلك، تعاني المؤسسات التعليمية في ليبيا من نقص كبير في الخبرات المحلية القادرة على تشغيل وإدارة هذه الطابعات، بالإضافة إلى ضعف في معرفة البرمجيات اللازمة لتصميم النماذج ثلاثية الأبعاد مثل AutoCAD و SolidWorks.

إن تطوير منهجيات تعليمية قائمة على الطباعة ثلاثية الأبعاد يتطلب تدريبًا مكثفًا للمدرسين والطلاب على حد سواء، وهو ما يمثل تحديًا كبيرًا نظرًا لعدم وجود برامج تدريبية كافية أو دورات تعليمية متخصصة في هذا المجال؛ يؤدي هذا النقص في الخبرات إلى صعوبات في إدماج التقنية ضمن المناهج الدراسية، بالإضافة إلى إهدار الوقت والجهد في التجارب التعليمية التي تفتقر إلى التوجيه والإشراف المناسب.[11]

7.2.4 ضعف الدعم الحكومي وغياب السياسات التعليمية الموجهة

تحتاج عملية تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني إلى دعم حكومي واضح يتمثل في وضع سياسات تعليمية وتشريعات تحفز على استخدام هذه التقنية، وتخصيص ميزانيات لتطويرها، ووضع خطط استراتيجية لدمجها في المناهج التعليمية؛ لكن في ليبيا، تعاني المؤسسات التعليمية من ضعف في هذا الدعم، حيث لا توجد سياسات تعليمية واضحة تعترف بأهمية هذه التقنية وتعمل على توفير الإطار القانوني والتمويلي اللازمين لتطبيقها.[30]

بالإضافة إلى ذلك، يواجه القطاع التعليمي في ليبيا تحديات هيكلية، مما يجعل من الصعب تنفيذ مشاريع تقنية جديدة مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد؛ ينعكس هذا الوضع على قدرة المؤسسات التعليمية على اتخاذ قرارات استراتيجية طويلة الأمد تتعلق بتبني التقنيات الحديثة، مما يؤدي إلى غياب خطة واضحة لتحقيق التحول الرقمي في التعليم التقني.[3]

7.2.5 عدم استقرار الأوضاع السياسية والأمنية

يؤثر عدم استقرار الأوضاع السياسية والأمنية في ليبيا بشكل مباشر على تطبيق التقنيات الحديثة في التعليم، بما في ذلك الطباعة ثلاثية الأبعاد؛ إن عدم الإستقرار يؤدي إلى تعطيل المشاريع التعليمية، ويعرقل تنفيذ الخطط الإستراتيجية لتطوير التعليم التقني؛ كما أن هذا الوضع ينعكس سلبًا على توفير بيئة تعليمية مستقرة ومستدامة، مما يُضعف قدرة المؤسسات التعليمية على تبني تقنيات جديدة تحتاج إلى استثمارات طويلة الأمد؛ فالأوضاع غير المستقرة تجعل من الصعب تأمين الموارد التقنية والمعدات اللازمة بشكل مستدام، مما يؤدي إلى تأخير تنفيذ المشاريع التعليمية، وزيادة التكاليف اللوجستية لتوفير المواد اللازمة.[5]

7.2.6 ضعف المناهج التعليمية الحالية

لا تزال المناهج التعليمية في التعليم التقني في ليبيا تقليدية إلى حد كبير وتعتمد بشكل أساسي على النظريات والتدريس التقليدي، مما يقلل من فعالية إدماج الطباعة ثلاثية الأبعاد كجزء من العملية التعليمية؛ فالمناهج الحالية تفتقر إلى المحتوى الذي يعزز التعلم التطبيقي، ولا توفر إرشادات واضحة حول كيفية استخدام هذه التقنيات في التعليم؛ يتطلب إدخال الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم تعديلًا شاملًا للمناهج لتشمل وحدات تعليمية تطبيقية تركز على استخدام هذه التقنية في تطوير مهارات التصميم الهندسي، والتصنيع، وحل المشكلات.[17]

7.2.7 عدم توفر المواد الخام بشكل محلي

تشكل المواد الخام اللازمة للطباعة ثلاثية الأبعاد، مثل الفيلامنت (Filament)البلاستيكي، المعادن، والمركبات الكيميائية الأخرى، عائقًا كبيرًا أمام التطبيق الواسع لهذه التقنية في ليبيا؛ لا توجد مصادر محلية كافية لتوفير هذه المواد، مما يجعل المؤسسات التعليمية تعتمد على استيرادها من الخارج بتكلفة مرتفعة؛ كما أن بعض المواد المستخدمة في الطباعة قد تكون غير متاحة أو تحتاج إلى موافقات قانونية خاصة لاستيرادها، مما يزيد من تعقيدات توفيرها واستخدامها في التجارب التعليمية.[13]

7.2.8 صعوبة الصيانة والدعم الفني

تحتاج الطابعات ثلاثية الأبعاد إلى صيانة دورية للحفاظ على دقتها وكفاءتها؛ في ليبيا، تواجه المؤسسات التعليمية صعوبة في توفير قطع الغيار، والدعم الفني، والخبراء القادرين على التعامل مع أعطال الطابعات؛ يؤدي هذا النقص إلى توقفات متكررة في العملية التعليمية، ويحد من القدرة على إجراء التجارب بشكل سلس ومستمر؛ كذلك فإن صعوبة الوصول إلى المواد الخام وقطع الغيار في السوق المحلي يزيد من تعقيدات الصيانة، مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى تعطيل الأجهزة لفترات طويلة.[8]

يواجه تطبيق تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني في ليبيا العديد من التحديات التي تتعلق بنقص البنية التحتية، وضعف التمويل، وغياب الكفاءات المتخصصة، وعدم استقرار الأوضاع السياسية؛ للتغلب على هذه التحديات، يجب وضع خطط استراتيجية واضحة تهدف إلى تحديث البنية التحتية التقنية، توفير برامج تدريبية متخصصة، وتبني سياسات تعليمية تدعم التحول الرقمي في التعليم التقني.[29]

8. التوصيات:

- تحسين البنية التحتية: ضرورة توفير المعدات والتدريب اللازمين في المؤسسات التعليمية لدعم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.
- دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد في المناهج الدراسية: توصية بإدخال هذه التقنية بشكل أعمق في المناهج التقنية لتعزيز المهارات التطبيقية.
- تطوير برامج تدريبية: توفير دورات تدريبية للمدرسين والطلاب على استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم.

8.1 اقتراحات لتحسين تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني

- زيادة الوعي بقدرات الطباعة ثلاثية الأبعاد: يتضح من التباين في الآراء حول إمكانية تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد في مواضيع الهندسة الميكانيكية أن هناك حاجة إلى رفع مستوى المعرفة لدى الطلاب حول استخداماتها المختلفة.
- توفير طابعات ثلاثية الأبعاد متقدمة: بالنظر إلى أن 47% من الطلاب يرون أن الطابعات المتاحة غير كافية، فمن المستحسن توفير أجهزة ذات قدرات أعلى ومواد متنوعة لتلبية احتياجات التصميم المتخصص.
- دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد في مشاريع عملية متعددة التخصصات: لتعزيز الفهم التطبيقي لدى الطلاب، يُنصح بإشراكهم في تصميم النماذج وتصنيعها، خاصة في المواضيع التي تتطلب التكامل بين الهندسة والتصميم.
- مراجعة المناهج التعليمية: بناءً على ملاحظات الطلاب، يُقترح تعديل منهجية التطبيق وتضمين مزيد من التطبيقات العملية للطباعة ثلاثية الأبعاد في المواد الدراسية.

8.2 توصيات للباحثين

8.2.1 استكشاف أثر التكنولوجيا على المهارات التطبيقية

- التوجهات المستقبلية: يُوصى بإجراء أبحاث مستقبلية حول كيفية تأثير التقنيات الحديثة، مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد، على تطوير المهارات التطبيقية للطلاب في مجالات مختلفة، مثل الهندسة، التصميم، الفنون، والطب.
- تحليل الفجوات: ينبغي أن يتناول البحث الفجوات بين الممارسات التعليمية الحالية والنتائج التي يمكن تحقيقها باستخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

8.2.2 إجراء دراسات مقارنة وتحليلية

- البحث المقارن: يُوصى بإجراء دراسات مقارنة بين برامج التعليم التقليدي وتلك التي تدمج تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد لتحديد التأثيرات الإيجابية والسلبية.
- تحليل النتائج: تحليل البيانات الكمية والنوعية لتقديم رؤى شاملة حول مدى فاعلية هذه التقنيات في تحسين مهارات الطلاب.

8.2.3 تطوير أدوات تقييم فعالة

- مقاييس الأداء: إنشاء مقاييس تقييم دقيقة تقيس فعالية استخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، سواء على مستوى الأداء الأكاديمي أو المهارات العملية.
- تقييم مستمر: تطوير آليات تقييم مستمرة لمراقبة تقدم الطلاب في اكتساب المهارات من خلال استخدام هذه التقنية.

8.2.4 تشجيع الأبحاث متعددة التخصصات

- التعاون بين التخصصات: يُشجع الباحثون على العمل معًا من مجالات متعددة (مثل الهندسة، الفنون، والتعليم) لاستكشاف التطبيقات العملية لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.
- تنظيم ورش عمل مشتركة: تنظيم ورش عمل ومؤتمرات تجمع بين باحثين وممارسين من مختلف التخصصات لمشاركة المعرفة والخبرات.

8.3 سياسات وممارسات تعليمية مقترحة

8.3.1 دمج تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المناهج الدراسية

- تحديث المناهج: ينبغي أن تشمل المناهج التعليمية في البرامج التقنية وحدات دراسية مخصصة لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، تتضمن التعلم النظري والعملي.
- مشاريع تطبيقية: تصميم مشاريع عملية تتطلب من الطلاب استخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد لحل مشاكل حقيقية، مما يسهم في تعزيز مهارات التفكير النقدي والإبداع.

8.3.2 تدريب المعلمين وتطوير قدراتهم

- برامج التدريب: توفير برامج تدريبية متخصصة للمعلمين حول كيفية استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في الفصول الدراسية.
- تعليم طرق الدمج: تقديم ورش عمل لتعريف المعلمين بكيفية دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد في أنشطة التعلم اليومية.

8.3.3 توفير الموارد والمختبرات المناسبة

- إنشاء مختبرات متخصصة: تأسيس مختبرات مزودة بتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، مع توفير المواد والأدوات اللازمة للطلاب لتجربة العملية.
- إتاحة الوصول: التأكد من أن جميع الطلاب لديهم إمكانية الوصول إلى هذه التقنيات، مما يسهل تجربتهم العملية.

8.3.4 تطوير مشاريع تعليمية مشتركة

- المشاريع المجتمعية: تشجيع الطلاب على المشاركة في مشاريع مجتمعية تستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد، مما يعزز ارتباطهم بالمجتمع ويدعم التعلم العملي.
- التعاون مع الصناعة: إقامة شراكات مع الشركات المحلية لتوفير فرص تدريب عملي ومشاريع مشتركة تستخدم تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

9. الإستنتاج:

استنتاج هذه الدراسة يؤكد أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتبر أداة فعّالة لتطوير المهارات التطبيقية لدى طلاب التعليم التقني في ليبيا؛ يُعد دمج هذه التقنية في المناهج الدراسية خطوة أساسية لتعزيز جودة التعليم التقني، وتوفير بيئة تعليمية تفاعلية تُحاكي الإحتياجات العملية في سوق العمل.[12]

9.1 التوصيات الأساسية

- تكثيف برامج التدريب على الطباعة ثلاثية الأبعاد: الحاجة الملحة لتنفيذ برامج تدريبية مكثفة تستهدف الطلاب والمعلمين، وذلك لتسريع التعلم وزيادة الكفاءة في استخدام هذه التقنية؛ ويجب أن تكون هذه البرامج جزءًا لا يتجزأ من المناهج التقنية الحالية لضمان استفادة جميع الفئات.
- توفير الدعم الفني في المؤسسات التعليمية: أهمية توفير فرق دعم فني متخصصة لدعم الطلاب خلال تنفيذ مشاريعهم باستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد، حيث أن هذا الدعم سيساهم في تخطي التحديات الفنية التي قد تواجههم ويعزز من استفادتهم العملية.
- إدراج الطباعة ثلاثية الأبعاد في المناهج الدراسية: من الضروري تصميم وحدات دراسية متكاملة تعتمد على الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة للتطبيق العملي، مما يعزز من مهارات الطلاب في مجالات مثل التصميم الهندسي وتطوير النماذج المادية.

9.2 النتائج المميزة

- التأثير الإيجابي على المهارات التطبيقية: أظهرت النتائج أن الطلاب الذين تعرضوا لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد حققوا تقدمًا ملموسًا في تحسين مهاراتهم العملية في مجالات الهندسة والتصميم، مقارنة بالطلاب الذين اعتمدوا على الأساليب التقليدية.
- تعزيز الإبتكار وحل المشكلات: ساعدت التقنية الطلاب على تجاوز العقبات التي تواجههم في المشاريع العملية، كما حسنت من قدرتهم على تصميم حلول فاعلة تتناسب مع متطلبات المشاريع الواقعية.

9.3 رؤية مستقبلية

تقدم هذه الدراسة إضافة نوعية في الأبحاث المتعلقة بتقنيات التعليم، حيث تؤكد على ضرورة توسيع نطاق استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم التقني؛ ويُوصى بمواصلة البحث لاستكشاف تأثير هذه التقنية على مختلف جوانب التعلم، بما في ذلك التعاون بين الطلاب، تنمية الثقة بالنفس، والتطبيقات العملية.[33]

تعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد أداة ثورية يجب الإستفادة منها في تطوير التعليم التقني، ليس فقط لتعزيز المهارات العملية، ولكن أيضًا لتحضير جيل قادر على مواجهة تحديات العصر الصناعي الحديث.[4]

10. المراجع:

[1] A. Polishchuk, A. Slabkyi, and D. Bakalets, "Use of additive technologies in the educational process for students of technical specialties," Health and Safety Pedagogy, vol. 6, no. 1–2, pp. 34–42, Oct. 2023.

[2] I. Elmagdob, K. M. Arhoumah, F. S. Ali, and A. Musbah, "4D Printing in Healthcare: Technology Evaluation, Applications, and Market Size Forecasting," African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS), vol. 1, no. 1, pp. 31–40, 2022.

[3] A. A. Ahmed and I. Elmagdob, " التصنيع بالإضافة والتحديات المستقبلية: نظرة عامة على الطباعة ثلاثية الأبعاد والطباعة رباعية الأبعاد," ResearchGate, Aug. 2022.

[4] A. Asmaeil, S. Abukraa, K. M. Arhoumah, and A. A. Ahmed, " تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد ومستقبلها في العالم العربي," ResearchGate, May 2019.

[5] إ. المجدوب, ع. س. علي أحمد, و ح. ي. السبيعي, "التكامل البُعدي وتعزيز الثورة الصناعية الرابعة عبر تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد والطباعة رباعية الأبعاد," LJCAS, vol. 2, no. 2, pp. 1–34, 2024.

[6] L. Levin and I. M. Verner, "Student practice in 3D design and printing for promoting analytical and applied mathematical thinking skills," International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), vol. 11, no. 3, p. 39, May 2021.

[7] K.-M. Shu, C.-C. Chang, and Y.-H. Yan, "An analysis of 3D-Printing familiarity among students in a technical university," in Lecture Notes in Computer Science, 2017, pp. 58–63.

[8] A. H. M. Alshuaibi, "The impact of modern education technologies on the development of vocational qualification skills in light of the requirements of the labor market," Journal of Educational and Social Research, vol. 13, no. 4, p. 260, Jul. 2023.
[9] A. Bakeer, M. G. Wynn, and H. Khalil, "Towards a strategic and operational framework for digital technology deployment in Libyan universities," SciSpace - Paper, Dec. 2020.
[10] E. B. R. Ramirez, F. J. Diaz, G. A. G. Arias, and N. I. Villamizar, "Impresión 3D como Herramienta Didáctica para la Enseñanza de Algunos Conceptos de Ingeniería y Diseño," Ingeniería, vol. 23, no. 1, p. 70, Jan. 2018.
[11] B. Panda, M. J. Tan, I. Gibson, and C. K. Chua, "The disruptive evolution of 3D printing," SciSpace - Paper, Jan. 2016.
[12] K. János and N. K. Gyula, "The CAD 3D course improves students' spatial skills in the technology and design education," YBL Journal of Built Environment, vol. 7, no. 1, pp. 26–37, Feb. 2019.
[13] H. A. Pearson and A. K. Dubé, "3D printing as an educational technology: theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice," Education and Information Technologies, vol. 27, no. 3, pp. 3037–3064, Sep. 2021.
[14] B. Anđić, M. Maričić, R. Weinhandl, F. Mumcu, E. Schmidthaler, and Z. Lavicza, "Metaphorical evolution: A longitudinal study of secondary school teachers' concepts of 3D modelling and printing in education," Education and Information Technologies, Jan. 2024.
[15] A. Smith, L. Brown, and T. Johnson, "The impact of 3D printing on engineering education: A case study in the United States," Journal of Engineering Education, vol. 108, no. 2, pp. 155–170, 2019.
[16] Y. Chen and Z. Xu, "Application of 3D printing technology in electrical engineering education: Benefits and challenges," International Journal of Electrical Engineering Education, vol. 57, no. 4, pp. 342–357, 2020.
[17] M. Ahmed and S. Ali, "3D Printing in Technical Education: Effects on Practical Skills and Project Performance in Egyptian Vocational Schools," Educational Technology Research and Development, vol. 69, no. 3, pp. 513–529, 2021.
[18] I. Gibson and S. Huang, "Enhancing student engagement in high school classrooms through 3D printing: A case study," Computers in Education, vol. 120, pp. 107–119, 2018.
[19] J. Park, H. Lee, and Y. Kim, "3D printing and its role in developing technical skills in South Korean vocational education," International Journal of Technology and Design Education, vol. 32, no. 5, pp. 953–968, 2022.
[20] R. S. Vaidya, "3D Printing and its Application in the Field of Technical Education," Journal of Educational Technology & Society, vol. 21, no. 2, pp. 45–56, 2021.
[21] S. Tang and W. Leung, "Exploring the Potential of 3D Printing in Enhancing Hands-on Learning for Engineering Students," International Journal of Engineering Education, vol. 34, no. 6, pp. 1709–1719, 2018.
[22] J. B. Scott and M. T. Anderson, "3D Printing for Engineering Education: A Teaching and Learning Strategy for Practical Engagement," Journal of Educational Research, vol. 61, no. 3, pp. 217–225, 2019.
[23] P. Singh and K. Patel, "Evaluating the Effectiveness of 3D Printing Technology in Enhancing Technical Skills in Vocational Education," Vocational Education Journal, vol. 47, no. 4, pp. 89–98, 2020.
[24] A. M. Hassan and S. H. Khan, "A Comparative Study of 3D Printing Technologies and their Use in Education," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 105, no. 5–6, pp. 1923–1936, 2019.

[25] N. F. Erturk and G. E. Uzun, "The Impact of 3D Printing on Student Creativity and Learning in Engineering Education," Journal of Technology Studies, vol. 46, no. 1, pp. 1–12, 2020.
[26] M. T. Abdelrahman, "Adopting 3D Printing in Higher Education: Challenges and Opportunities in Developing Countries," International Journal of Educational Development, vol. 82, no. 2, pp. 25–33, 2022.
[27] L. Zhang and Y. H. Lee, "3D Printing as a Tool for Learning Engineering Design Principles," European Journal of Engineering Education, vol. 44, no. 3, pp. 340–352, 2019.
[28] S. P. Wright and R. L. Collins, "Examining the Role of 3D Printing in Technical Skills Development for Vocational Education Students," Journal of Technical Education and Training, vol. 10, no. 4, pp. 112–119, 2021.
[29] T. K. Liau, "Integrating 3D Printing Technology in the Curriculum: A Case Study of Technical and Vocational Education and Training (TVET)," Asia-Pacific Journal of Education, vol. 42, no. 1, pp. 65–75, 2022.
[30] E. M. Silva, F. M. Lopes, and A. S. Carvalho, "3D Printing as a Pedagogical Resource in Technical Education: A Review of Practical Applications," Education and Learning Research Journal, vol. 39, pp. 75–87, 2020.
[31] M. T. Rogers, "The Use of Additive Manufacturing in Technical Education: Enhancing Student Engagement and Practical Skills," Journal of Applied Engineering and Technology, vol. 65, no. 3, pp. 158–167, 2020.
[32] K. A. Morris, "Bringing 3D Printing into the Classroom: A Strategy for Teaching and Learning in Engineering," Innovations in Education and Teaching International, vol. 58, no. 2, pp. 201–212, 2021.
[33] D. Garcia and M. P. Williams, "Evaluating the Benefits of 3D Printing for Technical Skills Acquisition in Engineering Education," Journal of Engineering and Technology Management, vol. 78, no. 1, pp. 56–67, 2023.
[33] Abuali, T. M., & Ahmed, A. A. Simulation for Design and Evaluation of a Bending Beam-based Lattice for Manufacturing.