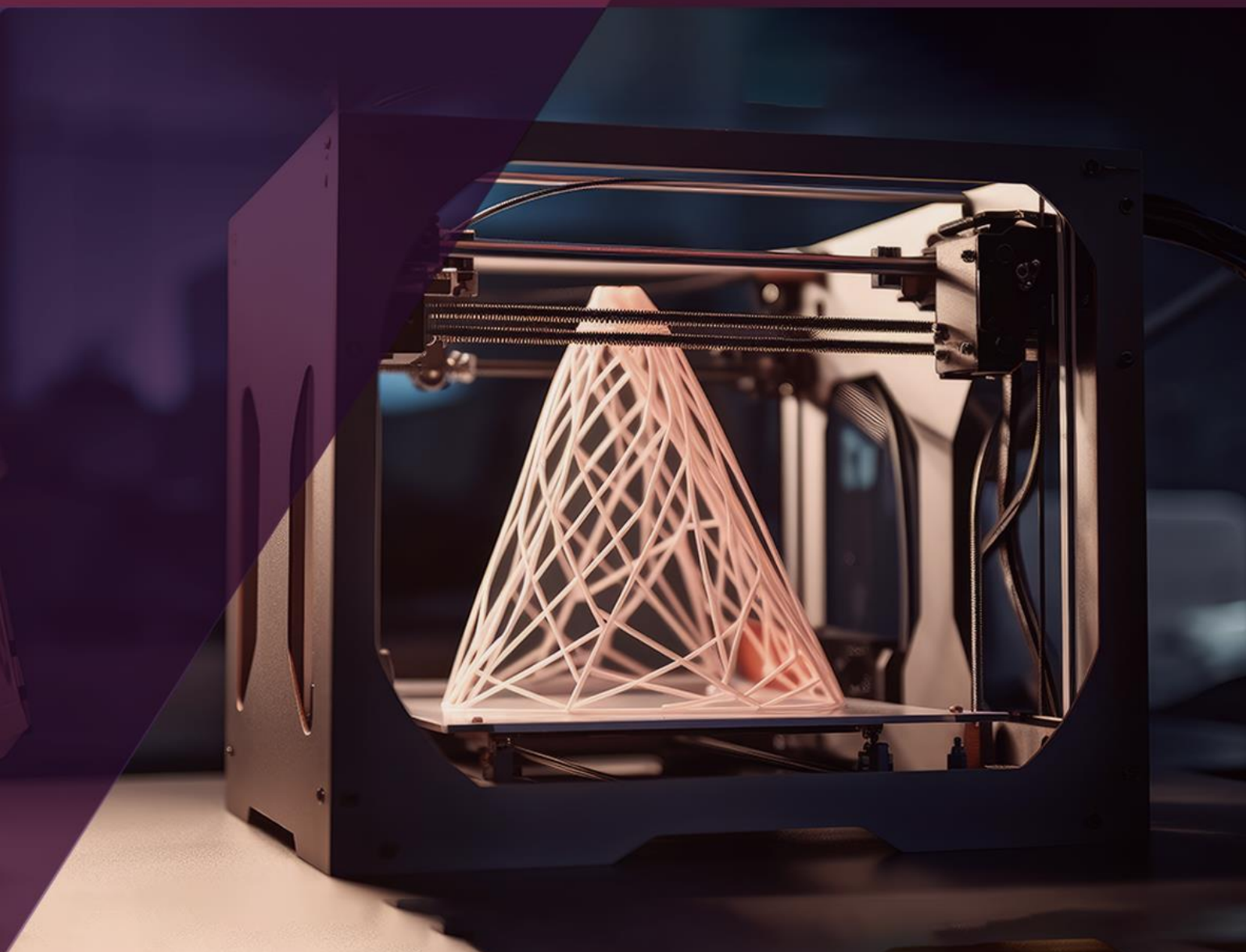
QDB
بنك قطر للتنمية
Qatar Development Bank

قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد

سلسلة التقارير القطاعية للمشاريع الصغيرة والمتوسطة 2024



QDB

بنك قطر للتنمية

QATAR DEVELOPMENT BANK

رسالة الرئيس التنفيذي

عبد الرحمن بن هشام السويدي
الرئيس التنفيذي – بنك قطر للتنمية

في إطار جهود دولة قطر لتطوير القطاع الخاص وتعزيز منظومة ريادة الأعمال والشركات الصغيرة والمتوسطة والابتكار، بما يتماشى مع تحقيق رؤيتها الوطنية 2030، يواصل بنك قطر للتنمية تعزيز دوره كشريك أساسي لنمو رواد الأعمال والشركات الصغيرة والمتوسطة، وذلك بداية من احتضان الأفكار المبتكرة ولحين تحقيقها.

لدعم رواد الأعمال القطريين وتعزيز النهج القائم على البيانات في المشاريع التجارية، قام بنك قطر للتنمية بنشر سلسلة من التقارير التي تستكشف الفرص المحتملة للشركات الصغيرة والمتوسطة عبر مختلف القطاعات في السوق المحلية. توفر هذه التقارير لرواد الأعمال رؤى قيمة تشمل تحليل الطلب في السوق، وتقييم المشهد التنافسي، ومعلومات عن أهم الشركات البارزة في السوق، مما يمكّنهم من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن السوق وتطوير أعمالهم.

يستعرض هذا التقرير قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر، الذي يمثل طليعة الابتكار والنمو الصناعي. ويُسلط الضوء على ما يمكن أن تقدمه تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من إمكانات وتغييرات تحويلية للقطاعات المختلفة مثل الرعاية الصحية، والإنشاءات، والسلع الاستهلاكية، وذلك من خلال إتاحة مستويات عالية من التخصيص والكفاءة التشغيلية.

هناك تركيز استراتيجي متزايد في منطقة مجلس التعاون الخليجي على تبني تقنيات التصنيع المتقدمة بما يعزز من تحديث سلاسل الإمداد، ومن بين تلك تقنيات تبرز الطباعة ثلاثية الأبعاد. وقد أدى هذا التحول إلى زيادة الوعي بالطباعة ثلاثية الأبعاد كبديل عملي لطرق التصنيع التقليدية. ومن المتوقع أن ينمو سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر من 78 مليون ريال قطري في عام 2023 إلى 182 مليون ريال قطري بحلول عام 2028، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 18.4%.

يقدم هذا التقرير رؤى تفصيلية عن سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد العالمي، ومدى الطلب عليها في منطقة مجلس التعاون الخليجي، وتحليلًا شاملًا للسوق القطري. ويهدف هذا التحليل إلى تحديد الاتجاهات الرئيسية، والعوامل التي تُحدث تغييرات جذرية في الصناعة، ومجالات الفرص المحتملة. كما يوفر نظرة عامة على مختلف القطاعات داخل مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد، إلى جانب حجمها السوقي الحالي وقدرتها الإنتاجية في قطر.

وبفضل الدعم الحكومي، والبحث الأكاديمي، والابتكار في القطاع الخاص، والاستثمارات الاستراتيجية في البحث والتعليم والبنية التحتية والشراكات الدولية، يُتوقع أن يشهد قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد نموًا وتطورًا كبيرين. وفي هذا السياق، يلتزم بنك قطر للتنمية بدعم الشركات العاملة في هذا القطاع من خلال تزويدها بالرؤى والموارد اللازمة للاستفادة بشكل فعال من الإمكانات الكاملة لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

أدعو القراء الكرام للاطلاع على هذا التقرير من أجل الحصول على رؤى قيمة وفهم شامل لآفاق هذا القطاع.

جدول المحتويات

1. مقدمة عن الطباعة ثلاثية الأبعاد 7
1.1 الغرض من التقرير 7
2.1 تقسيم سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد 8
2. نظرة عامة على السوق العالمي للطباعة ثلاثية الأبعاد 9
1.2 مقارنة بين الطباعة ثلاثية الأبعاد والتصنيع التقليدي 9
2.2 السوق العالمي للطباعة ثلاثية الأبعاد 11
3.2 الشركات الرائدة العالمية 14
4.2 سلسلة القيمة العالمية للطباعة ثلاثية الأبعاد 15
5.2 تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد 17
6.2 المشهد العالمي للاستثماري 18
7.2 إضاءات - الذكاء الاصطناعي والطباعة ثلاثية الأبعاد 19
3. نظرة عامة على سوق دول مجلس التعاون الخليجي 20
1.3 مشهد الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي 21
2.3 الشركات الرائدة في دول مجلس التعاون الخليجي 24
4. نظرة عامة على سوق قطر 25
1.4 المنظومة المحلية للطباعة ثلاثية الأبعاد 25
2.4 تحليل سلسلة القيمة المحلية 27
3.4 سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد المحلية 29
4.4 مصادر المواد والمعدات المحلية 31
5.4 الترخيص والتسجيل 33
6.4 دعم الشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر 34
7.4 إمكانات التغيير للصناعات في قطر 35
8.4 التحليل الرباعي 44
9.4 تحليل القوى الخمس لبورتر 45
10.4 أفضل الممارسات العالمية 46
11.4 توقعات السوق المستقبلية 47
12.4 قصة نجاح – دراسة لحالة لشركة 3DVerse Design 48
13.4 الآفاق المستقبلية وأهم التوصيات 49
5. قائمة المصطلحات 50

قائمة الرسوم البيانية

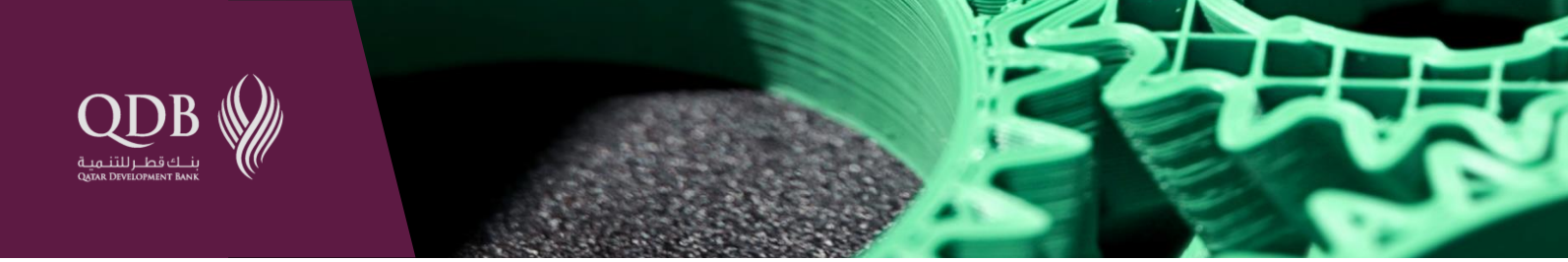
الرسم البياني 1: حجم السوق العالمي للطباعة ثلاثية الأبعاد (مليار ريال قطري، 2020-2028) 12
الرسم البياني 2: تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد 13
الرسم البياني 3: تمويل رأس المال الجريء للطباعة الثلاثية على مستوى العالم (مليار ريال قطري، 2017-2023) 18
الرسم البياني 4: سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي (مليار ريال قطري، 2018-2028) 20
الرسم البياني 5: سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر (مليون ريال قطري، 2018-2028) 29
الرسم البياني 6: قيمة استيراد مواد الطباعة الخام (مليون ريال قطري، 2019-2023) 32

قائمة الأشكال

الشكل 1: تقسيم سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد	7
الشكل 2: مقارنة الطباعة ثلاثية الأبعاد بسلاسل التوريد التقليدية	10
الشكل 3: مقارنة الطباعة ثلاثية الأبعاد بالتصنيع التقليدي	10
الشكل 4: تطور تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد	11
الشكل 5: أنواع تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد	15
الشكل 6: سلسلة القيمة العالمية للطباعة ثلاثية الأبعاد	17
الشكل 7: التقارب بين الذكاء الاصطناعي والطباعة ثلاثية الأبعاد	19
الشكل 8: مشهد الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي	21
الشكل 9: التمويل الملحوظ في دول مجلس التعاون الخليجي	22
الشكل 10: فرص الطباعة ثلاثية الأبعاد في البناء	23
الشكل 11: منظومة الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر	25
الشكل 12: سلسلة قيمة الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر	27
الشكل 13: رموز النظام المنسق للمواد الخام	31
الشكل 14: التسجيل التجاري في وزارة التجارة والصناعة	33
الشكل 15: دعم الشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر	34
الشكل 16: إمكانات التغيير للشركات الصغيرة والمتوسطة	35
الشكل 17: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - البناء	36
الشكل 18: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - السلع الاستهلاكية	37
الشكل 19: السلع الاستهلاكية - Scale7	38
الشكل 20: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - الرعاية الصحية	39
الشكل21: الرعاية الصحية - سدرة للطب	39
الشكل 22: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - التصنيع	40
الشكل 23: التصنيع – 3DVerse	40
الشكل 24: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - النفط والغاز	41
الشكل 25: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - التعليم	42
الشكل 26: التعليم – جامعة حمد بن خليفة	42
الشكل 27: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - الطيران	43
الشكل 28: الطيران - الخطوط الجوية القطرية	43
الشكل 29: التحليل الرباعي	44
الشكل 30:تحليل القوى الخمس لبورتر	45
الشكل 31: أفضل الممارسات العالمية	46
الشكل 32: المحفزات والتحديات الرئيسية	47
الشكل 33: المنتجات الرئيسية – 3DVerse	48

قائمة المختصرات

ABS	أكريلونيتريل بوتادين ستايرين
AI	الذكاء الاصطناعي
AM	التصنيع الإضافي
AUBH	الجامعة الأمريكية بالبحرين
CAD	التصميم بمساعدة الكمبيوتر
CAGR	معدل النمو السنوي المركب
CAM	التصنيع بمساعدة الحاسوب
CNC	التحكم الرقمي بالحاسوب
CR	التسجيل التجاري
DA	الأجندة الرقمية
DEWA	هيئة كهرباء ومياه دبي
DFM	التصميم للتصنيع
DIY	افعلها بنفسك
DLP	المعالجة الرقمية للضوء
DMLS	التلبيد المباشر بالليزر المعدني
EBM	الصهر بشعاع الإلكترون
FDM	نمذجة الترسيب المندمج
FGF	التصنيع بالحبيبات المدمجة
GCC	مجلس التعاون الخليجي
GUTech	الجامعة الألمانية للتكنولوجيا في عمان
HBKU	جامعة حمد بن خليفة
HS	النظام المنسق
ICT	تكنولوجيا المعلومات والاتصالات
KCST	كلية الكويت للعلوم والتكنولوجيا
MCIT	وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات
MENA	منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
MIT	معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا
MJF	الاندماج متعدد النفاثات
MOCI	وزارة التجارة والصناعة
NDS3	استراتيجية التنمية الوطنية الثالثة
NIS	الاستراتيجية الوطنية للاستثمار
NPC	المجلس الوطني للتخطيط
PETG	بولي إيثيلين تيريفثالات جليكول
PLA	حمض البوليكتيك
QFC	مركز قطر للمال
QNV	رؤية قطر الوطنية
QNMS	استراتيجية قطر الوطنية للصناعات التحويلية
QRDI	مجلس قطر للبحث والتطوير والابتكار
QSTP	واحة قطر للعلوم والتكنولوجيا
R&D	البحث والتطوير
SLA	الطباعة المجسمة
SLS	التلبيد الانتقائي بالليزر
SME	الشركات الصغيرة والمتوسطة
STEM	العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات
UV	الأشعة فوق البنفسجية
VC	رأس المال الجريء



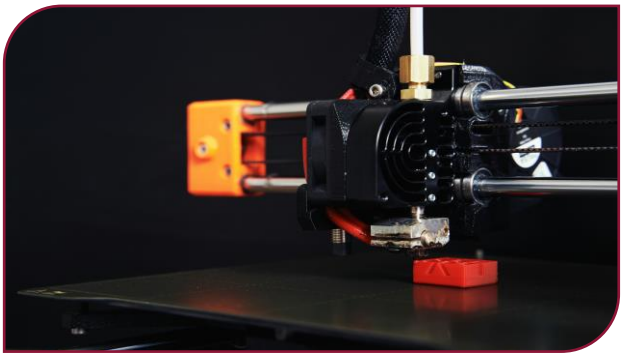
1. مقدمة عن الطباعة ثلاثية الأبعاد

1. 1 الغرض من التقرير

لقد أحدث ظهور الطباعة ثلاثية الأبعاد، المعروفة أيضًا باسم التصنيع الإضافي، ثورة في مشهد التصنيع من خلال تقديم نهج تحويلي لإنشاء المنتجات والمكونات تامة الصنع. يتعمق هذا التقرير في التمييز بين طرق الطباعة التقليدية والطباعة ثلاثية الأبعاد، ويوضح كيف تعمل الطباعة ثلاثية الأبعاد على إعادة تشكيل الصناعات ودفع الابتكار وتحدي نماذج الإنتاج التقليدية.

يشير كل من المصطلحين التصنيع الإضافي والطباعة ثلاثية الأبعاد إلى نفس تقنية التصنيع - التصنيع عن طريق وضع طبقات من المواد لإنشاء سلعة نهائية. وعلى وجه التحديد، يشير التصنيع الإضافي إلى تطبيق تقنية التصنيع هذه في السياق التجاري أو على نطاق صناعي أكبر. وعلى العكس من ذلك، فيشير مصطلح الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى الاستعمال المخصص على نطاق صغير (على سبيل المثال للنماذج الأولية). في هذا التقرير، كما هو الحال في صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل عام، يتم استخدام هذه المصطلحات بالتبادل. تصنع الشركات المعنية في هذا التقرير منتجات مطبوعة ثلاثية الأبعاد لمختلف القطاعات، تشمل التعليم والرعاية الصحية والبناء وتخدم أسواق التجارة بين الشركات(B2B) والتجارة بين الشركة والعميل(B2C) .تشير النتائج هذا التقرير إلى أن تبني تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد آخذ في الارتفاع في قطر، ومن المتوقع أن يصل السوق إلى 181.6 مليون ريال قطري بحلول عام 2028، بمعدل نمو سنوي مركب قدره 18.4٪.

منذ طرحها في ثمانينيات القرن العشرين، تطورت تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل مستمر، حيث أدت التطورات الأخيرة إلى انتشار التطبيقات الصناعية على نطاق أوسع. وفي قطر، يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تحدث ثورة في مجال التصنيع، مما يعود بالنفع على صناعات تتراوح من البناء إلى الرعاية الصحية.



يركز هذا التقرير بشكل أساسي على تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على الشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر. فمن خلال تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة فتح آفاق جديدة للابتكار، وتقليل تكاليف الإنتاج وتعزيز قدرتها التنافسية، ومما يمكنها من تعزيز حضورها في الأسواق المحلية والعالمية. ويسلط هذا التقرير الضوء أيضًا على كيفية استفادة الشركات الصغيرة والمتوسطة من الاستفادة بشكل فعال من تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد لدفع النمو وتحسين الكفاءة والحفاظ على ميزة تنافسية في بيئة تصنيع ديناميكي وتنافسي نامٍ.

2.1 تقسيم سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد

لأغراض هذا التقرير، تم تقسيم صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى قطاعات ذات استخدام نهائي مذكورة أدناه. وقد تم تحديد هذه القطاعات بناءً على أهميتها وتأثيرها المحتمل. يتضمن القسم 4. 7 من هذا التقرير تحليلًا أكثر تفصيلًا.

الصناعة ذات الاستخدام النهائي	الوصف	التطبيقات
البناء	تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد الإنتاج السريع لمكونات المعمارية المخصصة، مما يقلل بشكل كبير من وقت البناء وتكاليف العمالة وهدر المواد.	■ الواجهات المخصصة ■ النماذج المعمارية ■ المباني والجسور المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد
السلع الاستهلاكية	تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد التخصيص الشامل والإنتاج حسب الطلب، مما يقلل من تكاليف المخزون والهدر و يعززتمكين المنتجات الاستهلاكية المخصصة.	■ المجوهرات ■ الأزياء ■ إكسسوارات الملابس ■ الأثاث
الرعاية الصحية	تساعد الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنشاء أجهزة طبية وأطراف صناعية ونماذج تشريحية مخصصة للمرضى، مما يؤدي إلى تحسين الدقة الجراحية وتعزيز الرعاية الصحية المخصصة.	■ أجهزة تقويم العظام المصنوعة من سبائك التيتانيوم ■ الغرسات والأطراف الاصطناعية المخصصة
التصنيع	تدعم الطباعة ثلاثية الأبعاد الإنتاج الفعال للتصميمات المعقدة والمتكاملة مع الحد الأدنى من الهدر، مما يتيح إنشاء النماذج الأولية السريعة والإنتاج اللامركزي.	■ التجمعات المعقدة ■ نماذج المنتجات الأولية ■ الأجزاء الفعّالة
النفط والغاز	تسهل الطباعة ثلاثية الأبعاد إنتاج المكونات الحيوية في الموقع، مما يقلل من وقت التوقف التشغيلي وتكاليف المخزون ويعزز تصنيع النماذج الأولية للأدوات بسرعة.	■ قطع الغيار ■ الأدوات المتخصصة ■ النماذج الأولية للمعدات
الطيران	تنتج الطباعة ثلاثية الأبعاد مكونات خفيفة الوزن وعالية القوة، مما يحسن كفاءة استهلاك الوقود ويسمح بتصنيع قطع الغيار الحيوية عند الطلب.	■ الفوهات والأنابيب ■ الحوامل البلاستيكية ■ الأنظمة الهيدروليكية المتكاملة
التعليم	تعمل الطباعة ثلاثية الأبعاد على تعزيز تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات من خلال توفير أدوات تعليمية عملية ، وابتكار نماذج تعليمية مخصصة ، وإعداد الطلاب لمهن في التصنيع المتقدم.	■ النماذج والوسائل التعليمية ■ معدات المختبرات المخصصة ■ الأجهزة المساعدة

الشكل 1: تقسيم سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد [1]

[1] تحليل الفريق

2. نظرة عامة على السوق العالمي للطباعة ثلاثية الأبعاد

2. 1 مقارنة بين الطباعة ثلاثية الأبعاد والتصنيع التقليدي

خلافًا الأساليب التقليدية مثل عمليات التشكيل أو الطرح، فإن الطباعة ثلاثية الأبعاد تبني المنتجات طبقة تلو الأخرى من التصاميم الرقمية[2] . ويسمح هذا النهج بإنشاء أشكال هندسية معقدة، وتخصيص استثنائي مع الحد من هدر المواد. ومن خلال الاستفادة من مواد مثل البلاستيك والمركبات والمعادن والسيراميك، تحول الطباعة ثلاثية الأبعاد التصاميم الرقمية إلى منتجات دقيقة وقابلة للتخصيص. وقد أدت هذه القدرة إلى عصر جديد من الابتكار، مما أثر على صناعات مثل الطيران والدفاع والسيارات واللوجستيات والرعاية الصحية. كما حولت الطباعة ثلاثية الأبعاد من تكنولوجيا متخصصة إلى قوة تغيير ذات آثار واسعة النطاق على سلاسل القيمة[3] .

تقليديًا، تُعَد سلسلة التوريد عملية معقدة ومتعددة المراحل تشمل موردي المواد الخام ومصنعي المكونات ومصانع التجميع، ومراكز التوزيع ،وتجار التجزئة ،والمستهلكين.

ويؤدي هذا التعقيد إلى تحديات مثل:

- تغييرات في نقاط عديدة، تتراوح بين نقص المواد الخام وتأخير النقل وسوء إدارة المخزون.
- الاعتماد على التجميع متعدد الأجزاء من مصادر مختلفة ومراحل توزيع ممتدة.
- زيادة خطر الانقطاعات، مما يؤدي إلى تأخير الإنتاج وارتفاع التكاليف.

وعلى النقيض من ذلك، تقدم سلسلة التوريد المدعومة بالطباعة ثلاثية الأبعاد عملية أكثر انسيابية. وفي هذا النموذج، يتفاعل العميل مباشرة مع منشأة الطباعة ثلاثية الأبعاد، التي تتولى كل من الإنتاج والتنفيذ. ومن خلال دمج العديد من الخطوات الوسيطة، تعمل الطباعة ثلاثية الأبعاد على تقليل نقاط الفشل المحتملة، مما يؤدي إلى سلسلة توريد أكثر مرونة.

*أفادت **47%** من الشركات المصنعة بأن وقت التنفيذ المختصر كان السبب الرئيسي لاختيارها تقنية **الطباعة ثلاثية الأبعاد** بدلاً من أساليب التصنيع الأخرى[4]*

تتضمن مزايا الطباعة ثلاثية الأبعاد الإنتاج عند الطلب، وخفض تكاليف المخزون، وأوقات الاستجابة السريعة، والتوزيع المباشر للعملاء. ويعزز هذا النهج المبسّط المرونة والاستجابة، مما يجعله أكثر مرونة بطبيعته في مواجهة التغييرات في سلسلة التوريد التقليدية.

[2] ماكينزي آند كومباني – التصنيع الإضافي
[3] المكتب الأوربي لبراءات الاختراع – الاتجاهات في التصنيع الإضافي
[4] Protolabs - تقرير اتجاهات الطباعة ثلاثية الأبعاد لعام 2024

ويسلط الشكل أدناه الضوء على التباين بين سلاسل التوريد المدعومة بالطباعة ثلاثية الأبعاد وسلاسل التوريد التقليدية.

الشكل 2: مقارنة الطباعة ثلاثية الأبعاد بسلاسل التوريد التقليدية

ومع ذلك، فإن الطباعة ثلاثية الأبعاد تأتي مع مجموعة من القيود خاصة بها من القيود. فنطاق المواد المتاحة أضيق من نطاق الطرق التقليدية، مما قد يحد من تطبيقاتها. وغالبًا ما تتطلب الأجزاء المطبوعة ثلاثية الأبعاد معالجة لاحقة لتحقيق التشطيب السطحي والدقة المطلوبة، مما قد يؤدي إلى زيادة وقت الإنتاج والتكاليف. بالإضافة إلى ذلك، قد تفتقر المكونات المطبوعة ثلاثية الأبعاد إلى الخصائص الميكانيكية اللازمة للتطبيقات عالية الضغط. كما يمكن أن يكون الاستثمار الأولي في تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد والمواد مرتفعًا، و قد يتجاوز أحيانًا تكاليف التصنيع التقليدي.

يوضح الشكل أدناه مميزات وعيوب استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد مقارنة بالتصنيع التقليدي:

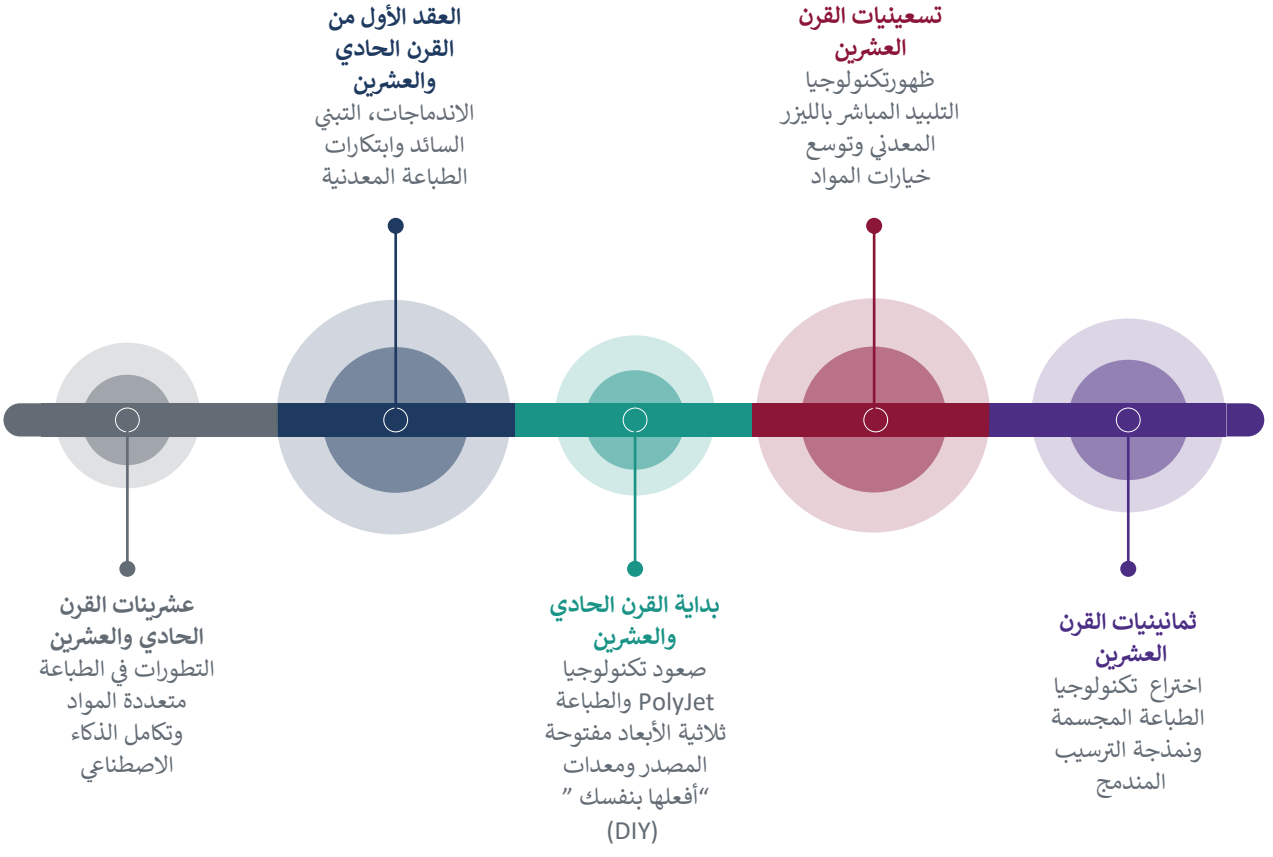
الشكل 3: مقارنة الطباعة ثلاثية الأبعاد بالتصنيع التقليدي

2. 2 السوق العالمي للطباعة ثلاثية الأبعاد

لقد تطورت الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل كبير منذ نشأتها في ثمانينيات القرن العشرين، مع تكنولوجيات مثل التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) والتصنيع بمساعدة الكمبيوتر (CAM). اكتسب هذا المجال قوة دافعة في أواخر الثمانينيات مع ظهور الطباعة المجسمة (SLA) وهي تقنية تستخدم الليزر لتصلب طبقات من البوليمر الحساس للأشعة فوق البنفسجية. في البداية، ركزت الطباعة ثلاثية الأبعاد على النماذج الأولية، ثم توسعت لتشمل إنتاج المنتجات النهائية، مما يبرز تطورها وإمكاناتها التحويلية. وقد عزز الابتكار السريع في الصناعة قدرتها على إنتاج منتجات معقدة ومصممة خصيصًا.

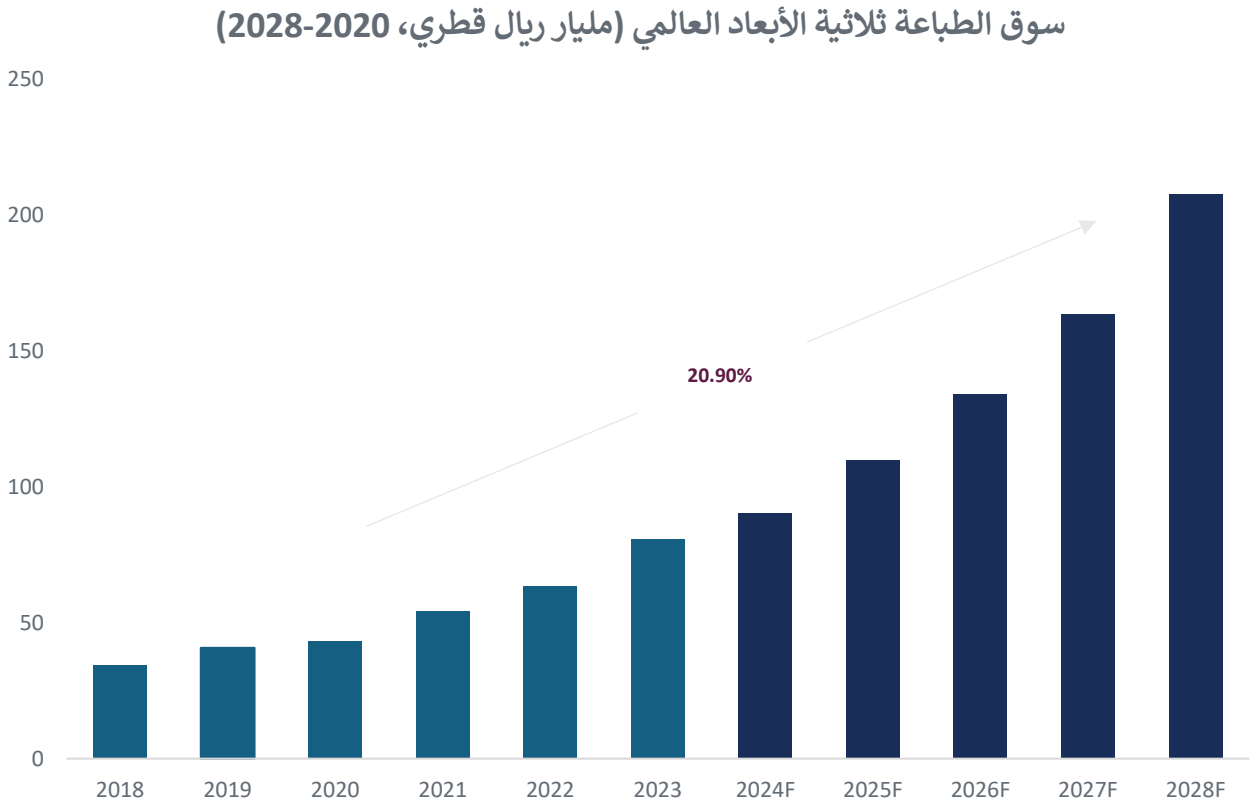
وقد أظهرت صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد العالمية نموًا قويًا في السنوات الأخيرة، حيث تضاعف حجم السوق ثلاث مرات على مدى ست سنوات، وارتفع من 21.96 مليار ريال قطري في عام 2016 إلى 65.8 مليار ريال قطري في عام 2022 (الرسم البياني 1).

وقد تأثر هذا النمو بمجموعة من العوامل الاقتصادية العالمية والتغيرات السياسية والتقدم التكنولوجي. وعلاوة على ذلك، واجهت الصناعة خلال جائحة كوفيد-19 انخفاضًا في الطلب بسبب تباطؤ النشاط الاقتصادي العالمي. ومع ذلك، سلطت الحاجة المتزامنة للمعدات الطبية الضوء على قدرات الإنتاج وجودة الطباعة ثلاثية الأبعاد، مما يؤكد دورها الحاسم في الاستجابة للطلبات العاجلة.



الشكل 4: تطور تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد[5]

[5] 3dsourced - التاريخ الكامل للطباعة ثلاثية الأبعاد, Markforged - ما هو التلبيد المعدني المباشر بالليزر؟



الرسم البياني 1: حجم سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد العالمية (مليار ريال قطري، 2020-2028) [6]

وبناءً على هذه القوة الدافعة، من المتوقع أن يستمر تبني تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث توفر هذه التكنولوجيا وفورات في التكاليف من خلال تقليل الأدوات وتمكين التخصيص المحسن للمنتج، مما يلبي الطلب المتزايد على الحلول المخصصة.

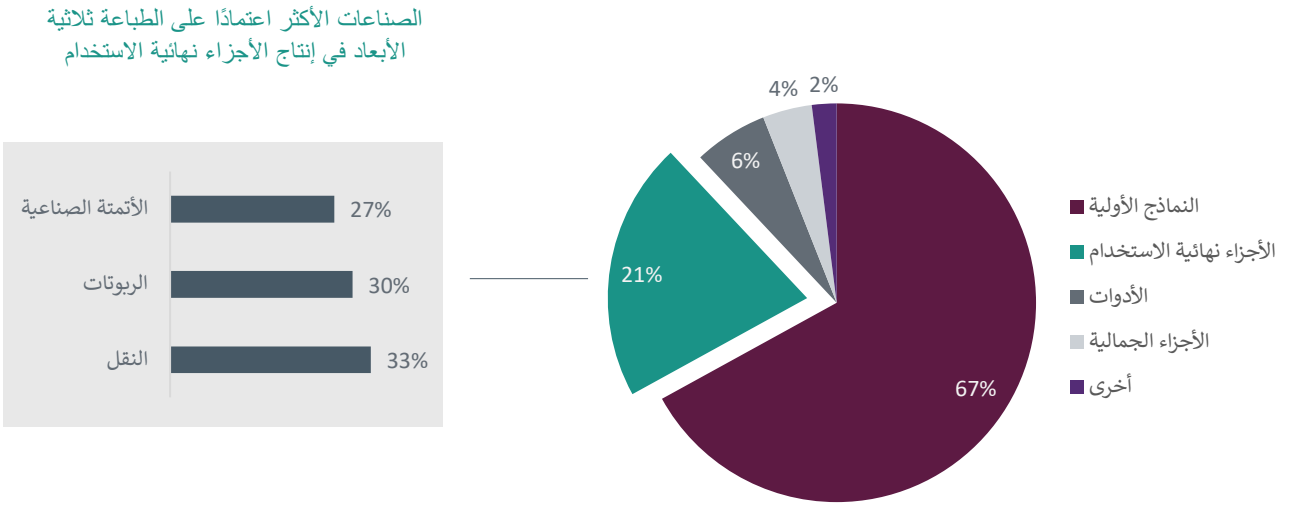
بالإضافة إلى ذلك، تساهم التطورات في التكنولوجيا والمبادرات الحكومية الداعمة والتركيز على الاستدامة على تعزيز مكانة الطباعة ثلاثية الأبعاد في السوق. ومع تطور الصناعة، من المرجح أن تستمر هذه العوامل في دفع توسع تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد.

من المتوقع أن يتجاوز سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد 200 مليار ريال قطري بحلول عام 2028، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ 20.9٪

[6] Protolabs - تقرير اتجاهات الطباعة ثلاثية الأبعاد لعام 2024

هناك عامل آخر يساهم في زيادة تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد وهو استخدامها المتنوع في مختلف الصناعات. حيث يستخدم 67% من المستخدمين الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء النماذج الأولية، بينما يستخدمها 21% للأجزاء النهائية.

تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد



الرسم البياني 2: تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد[7]

يختلف تطبيق هذه التكنولوجيات حسب القطاع: على سبيل المثال، تشهد قطاعات **النقل والأتمتة الصناعي**ة استخدامًا كبيرًا للطباعة ثلاثية الأبعاد لأجزاء الاستخدام النهائي، بنسبة 33% و27% على التوالي. وعلى النقيض من ذلك، تستخدم **صناعة الأزياء** الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل ملحوظ للأجزاء الجمالية (اكسسوارات)، حيث يستخدمها 9% لهذا الغرض - أكثر من ضعف المعدل المتوسط[8] .

وتسلط هذه التطبيقات المتنوعة الضوء على كيف أن تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد ليست متعددة الاستخدامات فحسب، بل إنها أيضًا جزء لا يتجزأ من الابتكار في العديد من المجالات.

[7] Protolabs - تقرير اتجاهات الطباعة ثلاثية الأبعاد لعام 2024
[8] Protolabs - تقرير اتجاهات الطباعة ثلاثية الأبعاد لعام 2024

3.2 الشركات الرائدة العالمية

يقود القطاع العالمي للطباعة ثلاثية الأبعاد شركات رئيسية مثل Stratasys و 3D Systems وDesktop Metal، التي تدفع الابتكار وتطور الصناعة. تضع هذه الشركات، بتكنولوجياتها المتقدمة ومنتجاتها المتنوعة، معايير الطباعة ثلاثية الأبعاد عبر العديد من الصناعات. فيما يلي نظرة أقرب على بعض الشركات الرائدة التي تشكل هذا السوق.

Stratasys ، التي تبلغ قيمتها السوقية 669.59 مليون دولار أمريكي (حوالي 2.5 مليار ريال قطري) ، تعد شركة بارزة في صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد. تأسست الشركة في عام 1989، وهي معروفة بتطوير واحدة من أولى الطابعات ثلاثية الأبعاد وتستمر في التركيز على تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد المتقدمة بالبوليمر[9]. تشمل محفظة الشركة الطابعات ثلاثية الأبعاد التي تستخدم تقنية الطباعة المجسمة وعدداً كبيراً من الطابعات ثلاثية الأبعاد الصناعية، التي تخدم قطاعات مثل الطيران والرعاية الصحية.

Desktop Metal، التي تبلغ قيمتها السوقية 148.34 مليون دولار أمريكي (حوالي 539.96 مليار ريال قطري)، تُعد من الشركات الرائدة عالميًا في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد. وتتخصص الشركة في نفث المواد اللاصقة والمعالجة الرقمية للضوء للبوليمرات، وهي في طليعة الشركات الرائدة في مجال الإنتاج الضخم للطباعة ثلاثية الأبعاد. تأسست شركة Desktop Metal قبل أقل من عقد من الزمان، ونمت بسرعة، حيث توظف أكثر من 1000 شخص، وتوسعت في أسواق رئيسية حول العالم، تشمل الولايات المتحدة وأوروبا وآسيا. وتمتد شبكة توزيعها إلى أكثر من 65 دولة، وتخدم بعضًا من أفضل الشركات المصنعة في العالم[11].

3D Systems، التي تبلغ قيمتها السوقية 285.85 مليون دولار أمريكي (حوالي 1.04 مليار ريال قطري) ، تعد شركة رائدة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد منذ تأسيسها على يد تشاك هال مخترع الطباعة المجسمة عام 1983[10]. توفرالشركة مجموعة واسعة من التكنولوجيات، تشمل الطباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام التلبيد الانتقائي بالليزر والطباعة متعددة النفاثات والطباعة بالألوان النفاثة والطباعة المباشرة على المعادن. وتشمل محفظتها البرامج والأجهزة والمواد، التي تلبي احتياجات الطباعة على نطاق صغير وكبير.

Hewlett Packard (HP)، التي تبلغ قيمتها السوقية 32.11 مليار دولار أمريكي (حوالي 116.88 مليار ريال قطري)، من الشركات البارزة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد، وتشتهر بتكنولوجيا الاندماج متعدد النفاثات .يتيح هذا الحل إنتاج أجزاء دقيقة وعملية بسرعات عالية وجودة فائقة لصناعات مثل الطيران والرعاية الصحية والسيارات. كما تدعم ابتكاراتHP في الطباعة ثلاثية الأبعاد النماذج الأولية السريعة والإنتاج واسع النطاق، مما يعزز الكفاءة والأداء على مستوى العالم[12].

[9, 10, 11, 12] تحليل الفريق، مواقع ويب الشركات

2. 4 سلسلة القيمة العالمية للطباعة ثلاثية الأبعاد

فيما يلي سلسلة القيمة العالمية للطباعة ثلاثية الأبعاد، مع توضيح مراحلها الرئيسية والجهات الفاعلة الرئيسية فيها.

*الشكل 5: سلسلة القيمة العالمية للطباعة ثلاثية الأبعاد**

*يرجى ملاحظة أن قائمة الجهات المذكورة ليست شاملة

1. تتمحور مرحلة البحث على تطوير مواد مبتكرة، وتحسين عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد، واستكشاف تطبيقات جديدة. ومن بين أبرز المساهمين في هذا المجال مركز ADAPT التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) ومركز البحوث المتقدمة في التصنيع بجامعة شيفيلد، مما يسهم في دفع عجلة الابتكار في القطاع في أساليب الطباعة والمواد المستخدمة.

2. تشمل مرحلة التصميم والتطوير إنشاء نماذج رقمية متقدمة وتحويلها إلى نماذج أولية باستخدام برامج متخصصة، مما يمهد الطريق لعملية الطباعة ثلاثية الأبعاد. وتوفر شركات مثل Autodesk و Materialise حلولًا متطورة في الهندسة الدقيقة والمحاكاة، لضمان جاهزية التصميمات للإنتاج الفعلي.

3. في مرحلة توريد المواد والمعدات، يتم توفير المواد المتخصصة ومعدات الطباعة ثلاثية الأبعاد، مع التركيز على ضمان الجودة والتوافق مع المعايير الصناعية. وتوفر شركات مثل Arkema المواد الخام المتطورة، في حين تتولى Stratasys تصنيع وتوريد المعدات اللازمة لدعم عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد بكفاءة.

4. مرحلة مرافق الإنتاج / تقديم الخدمات تتضمن استخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد مثل النمذجة بالترسيب المنصهر (FDM) والتلبيد الانتقائي بالليزر (SLS) لتحويل التصاميم الرقمية إلى منتجات فعلية. توفر الشركات الرائدة مثل 3D Systems و Desktop Metal طابعات تنتج مكونات وظيفية وذات تفاصيل دقيقة، بالإضافة إلى تقديم خدمات ما بعد البيع والصيانة لدعم الشركات المصنعة.

5. بعد اكتمال عملية الطباعة، تأتي مرحلة ما بعد المعالجة لضمان أن المكونات المطبوعة ثلاثية الأبعاد تفي بالمواصفات الدقيقة والجودة المطلوبة. وتشمل هذه المرحلة تحسين سطح المنتجات، وتعزيز متانتها، وتحقيق التشطيب النهائي المثالي. وتتميز شركات مثل DyeMansion و Desktop Metal بقدراتها الرائدة في هذه العمليات، مما يضمن إنتاج منتجات جاهزة للاستخدام النهائي بكفاءة عالية.

6. وأخيرًا، تُستخدم المنتجات النهائية التي يتم إنتاجها بتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجموعة واسعة من الصناعات، مما يعكس تنوع التطبيقات والقدرات في مجالات مثل الطيران، والسيارات، والرعاية الصحية، وغيرها. على سبيل المثال، تعتمد شركة إيرباص على الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج مكونات طيران خفيفة الوزن تعزز كفاءة استهلاك الوقود، في حين تستفيد شركة فولكس فاجن من هذه التقنية في تصنيع أجزاء سيارات معقدة، مما يُسهم في تحسين التخصيص وتسريع عملية النمذجة الأولية.

5.2 التقنيات العالمية للطباعة ثلاثية الأبعاد

لفهم التأثير العميق للطباعة ثلاثية الأبعاد، من الضروري استكشاف التقنيات الأساسية التي تُشكل جوهر هذه الصناعة. فكل تقنية تمتلك قدرات فريدة وتطبيقات متخصصة، مما يجعلها ركيزة أساسية في المشهد المتطور والمتنوع للطباعة ثلاثية الأبعاد. وفيما يلي أبرز هذه التقنيات:

1. ***تنتج تقنية PolyJet*** *نماذج تفصيلية متعددة المواد وملونة بالكامل عبر نفث راتنج البوليمر الضوئي ومعالجته باستخدام ضوء الأشعة فوق البنفسجية. وهي مثالية لإنتاج النماذج الأولية عالية الدقة في صناعات مثل السلع الاستهلاكية، والأجهزة الطبية، والسيارات. ومع ذلك، لا تُعتبر مثالية لإنتاج أجزاء الاستخدام النهائي المتينة.*

2. ***النمذجة بالترسيب المدمج (FDM)*** تعتمد على إذابة خيوط البلاستيك لبناء الأجزاء طبقة تلو الأخرى، مما يوفر حلولًا فعالة من حيث التكلفة ومتعددة الاستخدامات ل إنتاج النماذج الأولية والأجزاء الوظيفية. يتم استخدامها في صناعات مثل الطيران، السيارات، السلع الاستهلاكية، والتعليم. تشمل المواد الخام الرئيسية حمض البوليكتيك، أكريلونيتريل بوتادين ستايرين، بولي إيثيلين تيريفثالات جليكول، والنيلون.

3. ***الطباعة المجسمة (SLA)*** تستخدم تقنية الليزر لمعالجة الراتنج السائل وتحويله إلى طبقات صلبة دقيقة و عالية التفاصيل. وهي تتميز بقدرتها على إنشاء نماذج أولية شفافة ومعقدة للمجوهرات وطب الأسنان والسيارات والسلع الاستهلاكية، على الرغم من أن حجم بنائها محدود. والمادة الخام هي الراتنج الفوتوبوليمري السائل.

4. ***التلبيد التلقائي بالليزر (SLS)*** تصهر المواد المسحوقة بالليزر لإنتاج أجزاء قوية ومعقدة بدون هياكل دعم. وهي فعالة للمكونات المتينة والأجزاء الوظيفية في صناعة الطيران والسيارات والرعاية الصحية والسلع الاستهلاكية، باستخدام مساحيق بلاستيكية أو معدنية كمواد خام.

5. ***الاندماج متعدد النفاثات (MJF)*** تستخدم أنظمة تسخين ونفث الحبر لصهر المسحوق البلاستيكي، مما يوفر سرعة ودقة عاليتين للنماذج الأولية التفصيلية وأجزاء الاستخدام النهائي. وتُعد مناسبة لصناعات الطيران والسيارات والرعاية الصحية والسلع الاستهلاكية، مع استخدام البولي أميد -12 (PA 12) كمادة أساسية.

6. ***التلبيد المباشر بالليزر المعدني (DMLS)*** تستخدم أشعة الليزر لصهر المساحيق المعدنية وتحويلها إلى أجزاء قوية ودقيقة، وتُعد تكنولوجيا مثالية للتطبيقات عالية الأداء في قطاعات مثل الطيران والسيارات والطب، باستخدام معادن مثل التيتانيوم والفولاذ المقاوم للصدأ.

7. ***ذوبان شعاع الإلكترون (EBM)*** تعمل على إذابة المساحيق المعدنية باستخدام شعاع الإلكترون لإنتاج أجزاء قوية بسرعة عالية ومناسبة للاستخدامات الصناعية عالية الأداء مثل تطبيقات الطيران والطب. وتشمل المواد الرئيسية سبائك التيتانيوم.

8. ***المعالجة الرقمية للضوء (DLP)*** يتم معالجة الراتنج باستخدام الأشعة فوق البنفسجية لإنتاج طباعة سريعة ودقيقة، وتُعد مثالية لتطبيقات مثل المجوهرات والأسنان والأجزاء الصغيرة التفصيلية، باستخدام راتنج البوليمر الضوئي، إلا أن نطاق المواد محدود.

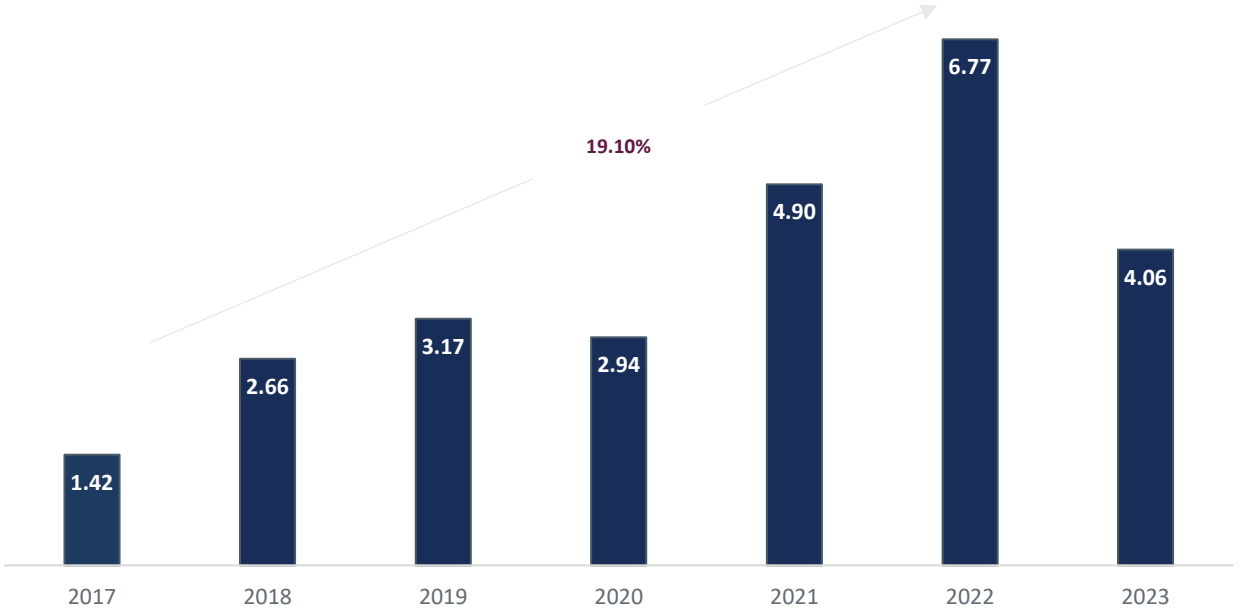
مجال التركيز على الشركات الصغيرة والمتوسطة نظرًا لفعاليتها من حيث التكلفة ومرونتها وملاءمتها للنماذج الأولية السريعة والإنتاج على دفعات صغيرة

الشكل 6: أنواع تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد

2. 6 المشهد العالمي للاستثمار

شهدت صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد نموًا في استثمارات رأس المال الجريء، بمعدل نمو سنوي مركب بلغ 19.1%، ارتفاعًا من 1.42 مليار ريال قطري في عام 2017 إلى 4.06 مليار ريال قطري في عام 2023 (الرسم البياني 3). واستمر الزخم من عام 2021 حتى عام 2022، باستثمار إضافي بلغ 1.88 مليار ريال قطري إضافي، مركّزة بشكل أساسي على التكنولوجيات التكنولوجيات الأساسية والتطبيقات المتخصصة.

تمويل رأس المال الاستثماري للطباعة ثلاثية الأبعاد العالمية (مليار ريال قطري، 2017-2023)



الرسم البياني 3: تمويل رأس المال الجريء للطباعة الثلاثية على مستوى العالم (مليار ريال قطري، 2017-2023)[13]

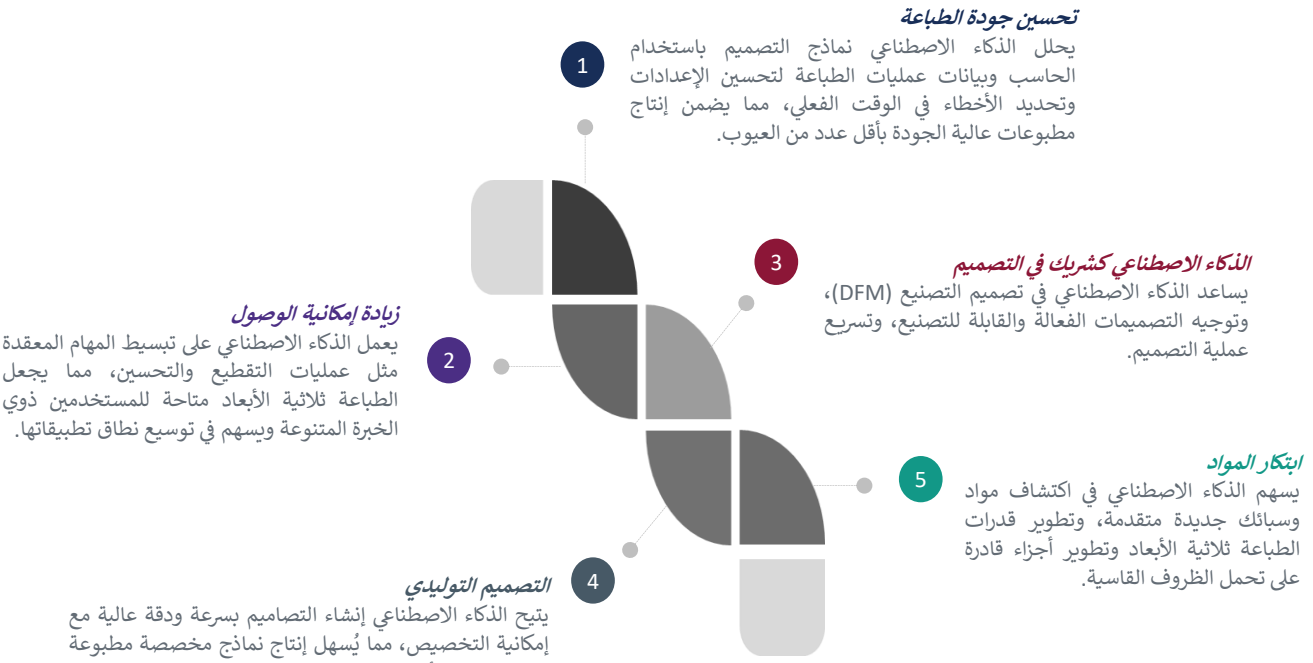
يعكس هذا الاتجاه التصاعدي في الاستثمارات التركيز المتزايد على التطبيقات المتخصصة والتقدم المحرز في تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد الأساسية حيث تستهدف الشركات العاملة في هذا القطاع بشكل متزايد القطاعات المتخصصة مثل الرعاية الصحية والطاقة والطيران. و من الجدير بالذكر أن متوسط حجم الاستثمارات قد سجل رقمًا قياسيًا بلغ 98.45 مليون ريال قطري في عام 2022، مما يعكس ثقة كبيرة من المستثمرين القوية في الشركات الراسخة و المستعدة للنمو.

هناك العديد من العوامل التي تُسهم في هذا الارتفاع الكبير في الاستثمارات، من بينها الابتكارات التكنولوجية، مثل التقدم في علم المواد وتكنولوجيات الطباعة، على تعزيز قدرات الطباعة ثلاثية الأبعاد. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطلب المتزايد على التطبيقات المخصصة والخاصة بالصناعة، بالإضافة إلى تحديات سلسلة التوريد العالمية المستمرة، يعزز من إثارة اهتمام المستثمرين.ومع استمرار تطور قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد، فإنه يظل في وضع جيد للتوسع المستدام.

[13] AMT – اتجاهات الاستثمار

7 .2 إضاءات – علاقة الذكاء الاصطناعي مع الطباعة ثلاثية الأبعاد

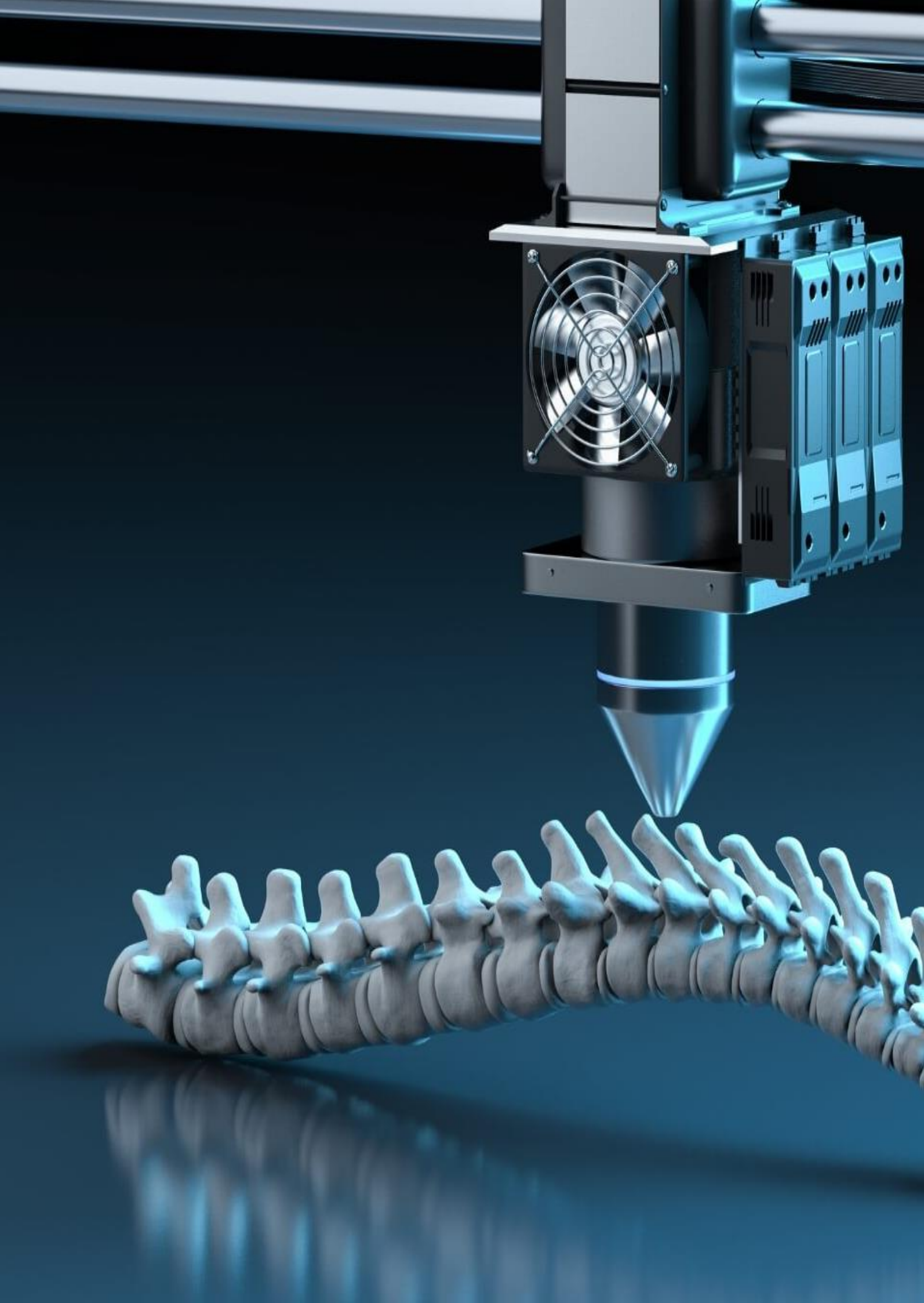
يُحدث الذكاء الاصطناعي تحولًا جذريًا في العديد من الصناعات، كما أن تكامله مع الطباعة ثلاثية الأبعاد يفتح آفاقًا جديدة في التصنيع والتصميم. يتميز الذكاء الاصطناعي بقدرته على تحليل مجموعات البيانات الضخمة وتحديد الأنماط وتحسين العمليات. ويمتد التقارب بين الذكاء الاصطناعي والطباعة ثلاثية الأبعاد إلى عدة مجالات رئيسية، مما يدفع الابتكار والكفاءة. ومع تطور تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي بسرعة، من المتوقع أن ينمو تأثيرها على الطباعة ثلاثية الأبعاد، مما يعزز القدرات ويوسع التطبيقات. ويوضح الشكل أدناه أمثلة على هذا التأثير:



الشكل 7: التقارب بين الذكاء الاصطناعي والطباعة ثلاثية الأبعاد[14]

من المتوقع أن يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا في مستقبل الطباعة ثلاثية الأبعاد، من خلال تحسين جودة الطباعة وإمكانية الوصول إليها والابتكار في المواد. ومع استمرار تقدم تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، سيتعمق تأثيرها، مما يؤدي إلى تسريع تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد عبر الصناعات وتوسيع قدراتها على مستوى العالم.

[14] تحليل الفريق

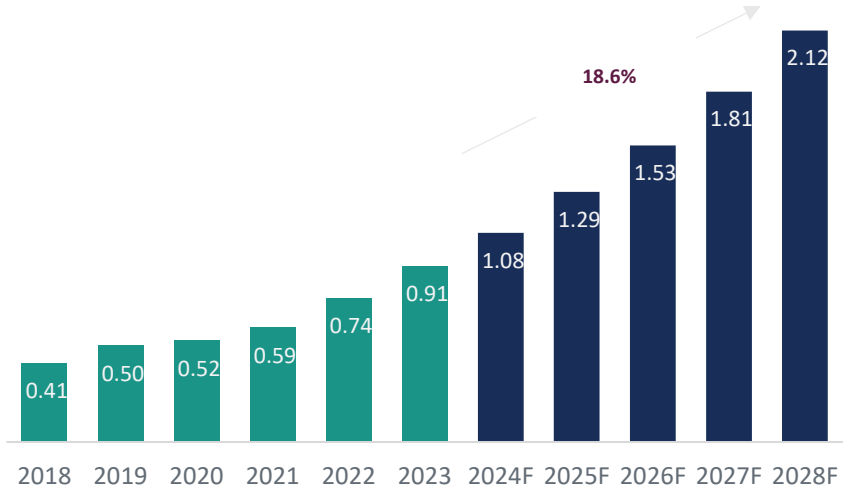


3 . نظرة عامة على سوق دول مجلس التعاون الخليجي

1.3 مشهد الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي

تماشياً مع الاتجاهات العالمية، شهدت منطقة الشرق الأوسط - وخاصة منطقة دول مجلس التعاون الخليجي - ارتفاعاً كبيراً في تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد في مختلف القطاعات.

سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي (مليار ريال قطري، 2018-2028)



النقاط الرئيسية

- تقود **المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة** النمو في دول مجلس التعاون الخليجي، وذلك بسبب زيادة **نشاط التصنيع وإعطاء الأولوية للمنتجات الوطنية** مع إدراج أهداف الطباعة ثلاثية الأبعاد في الأهداف الاستراتيجية الوطنية.
- تتمتع الطباعة ثلاثية الأبعاد **بتطبيقات متعددة في مختلف قطاعات** التصنيع (الأزياء والسلع الفاخرة والأدوية وما إلى ذلك).

الرسم البياني 4: سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي (مليار ريال قطري، 2018-2028) [15]

يُقدر سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في منطقة دول مجلس التعاون الخليجي خلال عام 2023 بحوالي 0.9 مليار ريال قطري. وعلى مدى السنوات الخمس المقبلة، من المتوقع أن تشهد الصناعة نموًا كبيرًا، لتصل إلى 2.1 مليار ريال قطري بحلول عام 2028 (الرسم البياني 4)[16].

ويعكس هذا التوسع المذهل، المدفوع بزيادة التبني في مختلف القطاعات مثل الرعاية الصحية والبناء والسلع الاستهلاكية، معدل نمو سنوي مركب بنسبة 18.6٪ خلال فترة التوقع.

عامل النجاح الرئيسي – تحديد الأولويات الوطنية

هناك تركيز استراتيجي في مختلف دول مجلس التعاون الخليجي، على الاستفادة من تكنولوجيات التصنيع المتقدمة لتحويل سلاسل التوريد التقليدية، مع ظهور الطباعة ثلاثية الأبعاد كعامل تمكين رئيسي. وقد أدى هذا إلى زيادة الوعي بشكل كبير بالطباعة ثلاثية الأبعاد كبديل قابل للتطبيق لأساليب التصنيع التقليدية. على سبيل المثال، أطلقت الإمارات العربية المتحدة استراتيجية دبي للطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي تضع أهدافًا محددة، مثل إدخال تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في 25٪ من المباني الجديدة بحلول عام 2030. ويمكن أن تكون مثل هذه المبادرات بمثابة نموذج قيم لدول مجلس التعاون الخليجي الأخرى التي تسعى إلى تطوير وتنفيذ استراتيجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد الخاصة بها.

[15] البنك الدولي، تحليل الفريق Protolabs,
[16] البنك الدولي، تحليل الفريق Protolabs,

أدركت دول مجلس التعاون الخليجي الإمكانات الكبيرة التي تتيحها تكنولوجيات التصنيع المتقدمة، ولذلك شرعت في دمجها ضمن خططها الوطنية طويلة الأجل. مما يعكس وعيًا متزايدًا واهتمامًا باستكشاف إمكانات هذه التكنولوجيا على مستوى المنطقة (الشكل 8).

الدولة	الرؤى الوطنية	تبني الصناعة	التطورات الأكاديمية/البحثية
قطر	تدعم **رؤية قطر الوطنية 2030** اعتماد تقنيات التصنيع المتقدمة*	قامت **الخطوط الجوية القطرية** باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع بعض مكونات طائراتها	استخدمت **جامعة قطر** نماذج مطبوعة ثلاثية الأبعاد لملاعب كأس العالم لاختباروتقييم أنظمة التبريد
الإمارات العربية المتحدة	**استراتيجية دبي في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد** تستهدف طباعة 25% من إجمالي المباني باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بحلول عام 2030	قام **طيران الإمارات** باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع بعض أجزاء الطائرات	**Sinterex** قامت بإنتاج جسور زراعة الأسنان المطبوعة بتقنية ثلاثية الأبعاد
المملكة العربية السعودية	**رؤية 2030 والاستراتيجية الوطنية للاستثمار** تشمل الطباعة ثلاثية الأبعاد كتكنولوجيا أساسية لقطاع التصنيع	قامت **أرامكو السعودية** باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع أجزاء من منشأة معالجة النفط الجديدة	**فرسان العقارية** قامت بإنتاج مسجدًا بالتعاون مع **قوانلي** باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد
عمان	**رؤية عُمان 2040** تشمل تقنيات تصنيع متقدمة لتعزيز تنويع الاقتصاد	أبرمت شركة **Immensa** شراكة مع شركة **Intaj Suhar** لاستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع قطع الغيار عالية التقنية	استخدمت **GUtech** و **COBOD** الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج المباني
البحرين	**الرؤية الاقتصادية 2030** تشير إلى أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتبر أداة لتحقيق التصنيع منخفض التكلفة	استخدمت شركة **Avenco 3D** الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج الهياكل الخرسانية	أبرمت **الجامعة الأمريكية بالبحرين** شراكة مع شركة **Go Fab 3D** لإطلاق مختبر AUBH D-Lab، وهو منشأة متطورة للطباعة ثلاثية الأبعاد
الكويت	تؤكد **رؤية الكويت 2035** على الابتكار التكنولوجي، بما في ذلك الطباعة ثلاثية الأبعاد	**الشركة الكويتية المتحدة للدواجن** استخدمت الطباعة ثلاثية الأبعاد لبناء خزانات المياه	يمتلك معهد **الكويت للعلوم والتكنولوجيا** مختبر تصنيع يقدم من خلاله برامج متخصصة في الطباعة ثلاثية الأبعاد.

الشكل 8:الاتجاه الاستراتيجي للطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي[17]

[17] المواقع الحكومية

*تؤكد رؤية قطر الوطنية على الاستثمار في التقنيات المتقدمة التي تقلل من التأثيرات السلبية على البيئة. كما تم تسليط الضوء في القسم 2.1، توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد مزايا بيئية من خلال تقليل النفايات وتقليص التأثير البيئي مقارنة بطرق التصنيع التقليدية.

1.1.3 الاستثمار في دول مجلس التعاون الخليجي – أمثلة بارزة

هناك نسبة كبيرة من الاستثمارات في دول مجلس التعاون الخليجي في الطباعة ثلاثية الأبعاد خاصةً في الشركات الناشئة. على سبيل المثال، قامت شركة Immensa الرائدة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد والتي تتواجد في المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة، مؤخرًا 73.2 مليون ريال قطري في جولة تمويلية من الفئة B[18].

وبالمثل، حصلت شركة Sinterex، وهي شركة ناشئة للطباعة ثلاثية الأبعاد مقرها في الإمارات العربية المتحدة، على تمويل قدره 7.32 مليون ريال قطري من مستثمري الملاك[19]. وكأول شركة تقوم بتطبيق تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد المعدنية تجاريًا في الإمارات، تهدف Sinterex إلى توسيع تأثيرها داخل المنطقة.

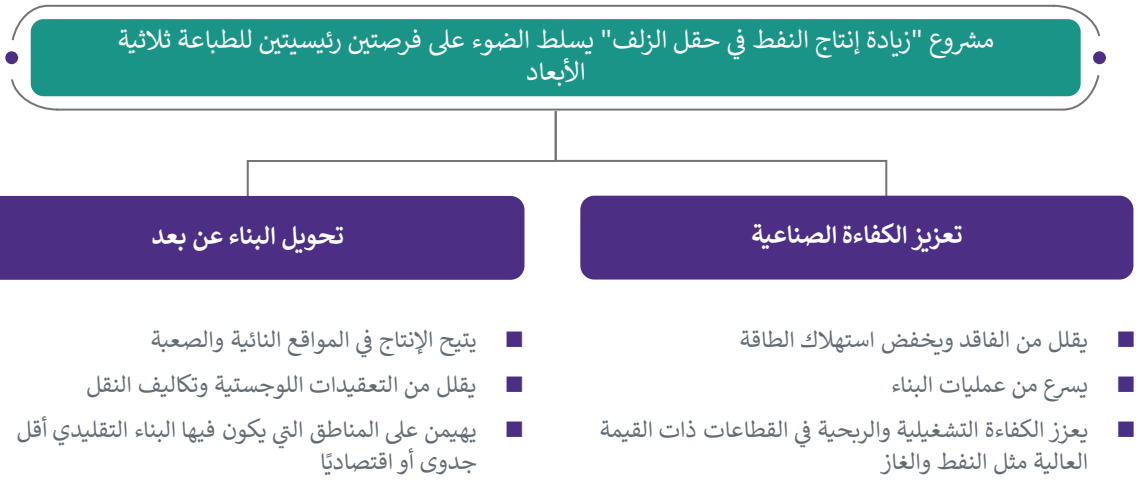
شركة رائدة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. تتخصص **Immensa** في قطاعي الطاقة والصناعة، وتقدم خدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد المتقدمة، بما في ذلك النماذج الأولية السريعة وحلول المخزون الرقمي.

شركة **Sinterex** المتخصصة في الطباعة ثلاثية الأبعاد تنتج قطع غيار عالية الأداء باستخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المتقدمة مثل SLS، مع التركيز الأساسي على قطاعات الفضاء والرعاية الصحية.

الشكل 9: التمويل الملحوظ في دول مجلس التعاون الخليجي

تُسرّع الشراكات الاستراتيجية بين الجهات الفاعلة المحلية والدولية نقل التكنولوجيا واختراق السوق. ومن الأمثلة البارزة على ذلك التعاون بين شركة UCC Holding القطرية وشركة COBOD الدنماركية، والذي يهدف إلى بناء 40 ألف متر مربع من المباني المدرسية باستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد، وهو ما سيُسجل رقمًا قياسيًا عالميًا في موسوعة غينيس. إضافةً إلى ذلك، تستفيد أرامكو السعودية وشركة JGC Holdings من تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من COBOD في مشروع بناء كبير في مرافق المعالجة المركزية لزيادة إنتاج النفط في حقل الزُلُف[20]. علاوةً على ذلك، تُركز جهود البحث والتطوير بشكل متزايد على ابتكار مواد متخصصة مُصممة خصيصًا لظروف المنطقة الفريدة. على سبيل المثال، حصل قسم البحث والتطوير في هيئة كهرباء ومياه دبي (DEWA) في دبي على براءات اختراع لحالات استخدام مُحددة للأشياء المطبوعة ثلاثية الأبعاد كجزء من نهج مُستهدف لتعزيز كفاءة الطابعات ثلاثية الأبعاد[21].

[18] WAMDA – تمويل Immensa
[19] Entrepreneur – تمويل Sinterex
[20] 3DPrint.com – تعاون الطباعة ثلاثية الأبعاد مع أرامكو
[21] Techx - براءة اختراع البحث والتطوير لهيئة كهرباء ومياه دبي



شكل 10: فرص الطباعة ثلاثية الأبعاد في البناء

في سياق نمو سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي والمبادرات الاستراتيجية، تبرز قطر كلاعب رئيسي يتماشى مع التحولات التحولية في المنطقة، مع التركيز على تعزيز التصنيع وتنويع الاقتصاد. يعكس نهج قطر الاستباقي، بما في ذلك البحث والتطوير والشراكات المتخصصة، التزامها بدفع الابتكار وإثبات مكانتها كمساهم رئيسي في مشهد الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي.

تتبنى دول مجلس التعاون الخليجي تقنيات التصنيع المتقدمة من خلال الاستثمارات والشراكات والابتكار.

3. 2 الشركات الرائدة في دول مجلس التعاون الخليجي

بالإضافة إلى Immensa و Sinterex، يضم قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في دول مجلس التعاون الخليجي شركات بارزة مثل Proto21 و KSA 3D و NAMI و Generation 3D والتي أثبتت نفسها في المنطقة.

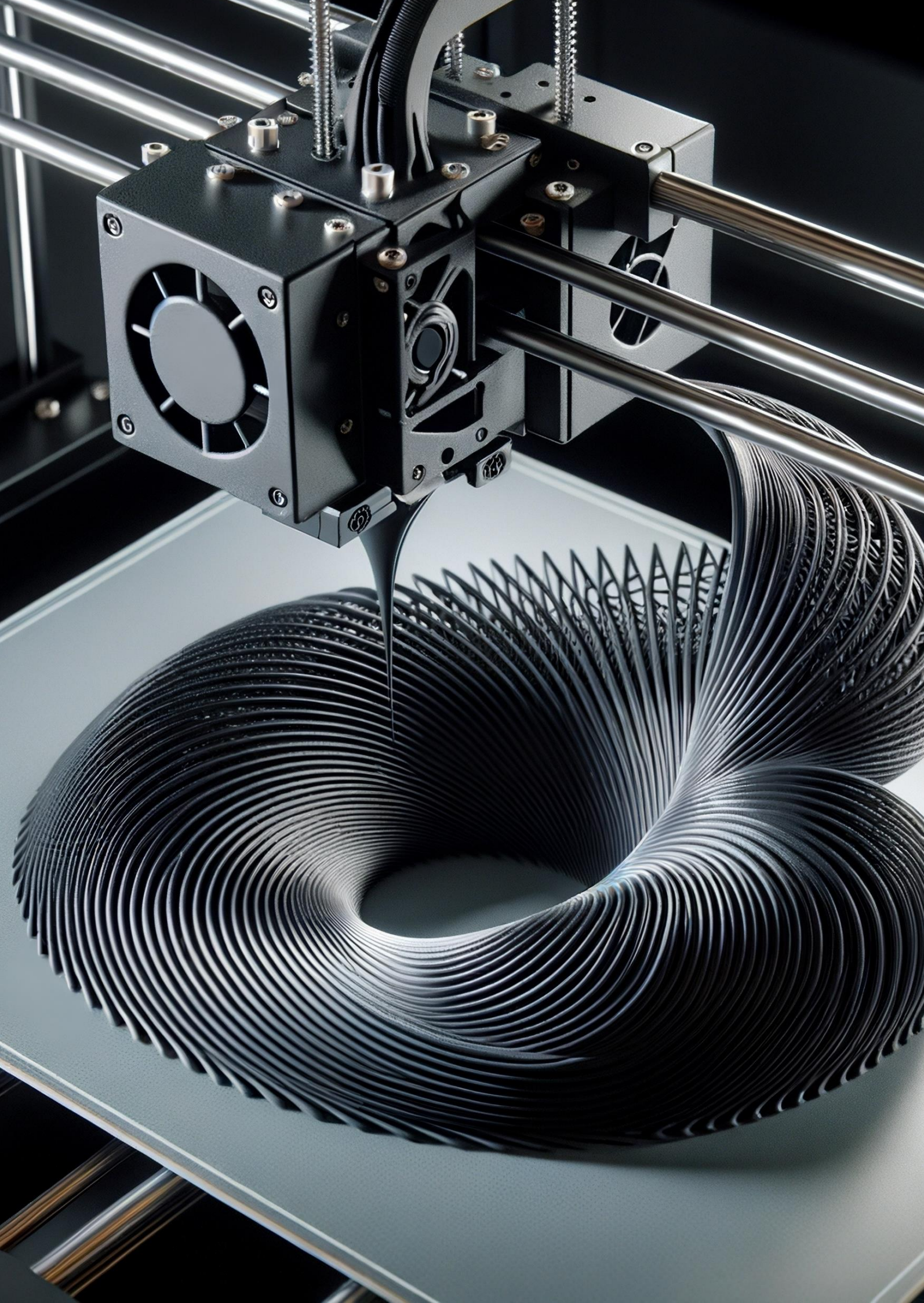
Proto21 هي شركة للطباعة ثلاثية الأبعاد في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وتعد مزودًا متناميًا في الإمارات العربية المتحدة. تقدم الشركة مجموعة من حلول التصنيع والنمذجة الأولية عبر مختلف الصناعات، مما يمكّن الشركات من تحسين عمليات الإنتاج من خلال تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. تمتلك الشركة أكثر من 60 طابعة ثلاثية الأبعاد وقدمت خدماتها لشركات مثل أدنوك، أديداس، إكسبو 2020، طيران الإمارات، والحكومة المحلية[22].

KSA 3D شركة سعودية تأسست عام 2016 وتتخصص في التصنيع الإضافي والهندسة العكسية، باستخدام تكنولوجيات مثل نمذجة الترسيب المندمج والطباعة المجسمة والتلبيد الانتقائي بالليزر[23]. تنتج مطبوعات عالية الجودة ومنتجات نهائية وظيفية عبر مواد مختلفة، بهدف إلى أن تكون شريكًا رائدًا للطباعة ثلاثية الأبعاد في المنطقة مع التركيز على الابتكار وإرضاء العملاء.

NAMI، التي تتخذ من المملكة العربية السعودية مقرًا لها، هي مزود للطباعة ثلاثية الأبعاد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تأسست كمشروع مشترك بين شركة 3D Systems وDussur[24]. تقدم الشركة حلول تصنيع رقمية متقدمة وتلعب دوراً رئيسياً في تعزيز تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد وكفاءتها في جميع أنحاء المنطقة. وتركز الشركة على التطبيقات الصناعية والصحية.

Generation 3D، مورد للطباعة ثلاثية الأبعاد في الإمارات العربية المتحدة منذ عام 2015، تقدم حلولاً عبر صناعات مثل السيارات، والهندسة المعمارية، والرعاية الصحية من خلال فريق مكون من أكثر من 30 مصممًا ومهندسًا ومدير مشروع وحرفي[25]. من خلال الاستفادة من التقنيات المتقدمة، تدعم الشركة الابتكار والتطوير في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد عبر منطقة الشرق الأوسط.

[22, 23, 24, 25] مواقع الشركات



4. نظرة عامة على سوق قطر

4. 1 المنظومة المحلية للطباعة ثلاثية الأبعاد

على الرغم من كونه في مراحله الأولى، يكتسب قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر زخماً كمجال رئيسي للابتكار التكنولوجي والتنمية الصناعية. ويتم تحفيز هذا النمو بنمظومة مرنة تضم ثلاث مجموعات أساسية: مطورو القطاع، وجهات تمكين القطاع، واللاعبون الرئيسيون. وتتعاون هذه المجموعات معًا لخلق بيئة داعمة تعزز الابتكار وتقوي القدرات وتدفع تبني تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد عبر مختلف الصناعات في قطر.

الشكل 11: النظام البيئي للطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر[26]

[26] البحث الأولي

*يرجى ملاحظة أن قائمة الكيانات ليست شاملة

- **مطورين القطاع:** تقوم هذه الجهات الفاعلة بصياغة السياسات التي تضع الأساس لمعايير الصناعة وتضمن الامتثال التنظيمي، بالإضافة إلى منح التراخيص. تقود الكيانات الأكاديمية والبحثية مبادرات بحثية وتدعم البرامج التعليمية التي تُطور الكفاءات، مما يُسهم في خلق قوة بشرية ماهرة قادرة على تطوير قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد. تُقدم جهات التمويل والدعم التوجيه لرواد الأعمال والشركات الناشئة في رحلتهم نحو بناء علامات تجارية معترف بها وقابلة للاستمرار تجاريًا. ومن الجدير بالذكر أن Scale 7تستفيد من تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في مختلف التطبيقات الإبداعية والتصنيعية، كما تقدم برامج تدريبية لدعم تبني هذه التقنية.

- **ممكنات القطاع:** تعزز هذه المجموعة الابتكار في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، من خلال توفير التقنيات المتقدمة والمواد الأساسية اللازمة للابتكار والتسويق. كما تعمل جهات التمكين على تمكين الشركات الصغيرة والمتوسطة الناشطة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد من الوصول إلى أحدث التقنيات المتطورة وإمكانية توفير المواد الخام. وتُعد مساهماتهم أساسية لتحويل الأبحاث والأفكار إلى ابتكارات عملية وقابلة للتسويق.

- **المعنيون بتسليم الخدمات:** تُشكل هذه الشركات القوة الدافعة وراء التطبيق العملي والتسويق لتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد. حيث يقدم كبار مزودي الخدمات حلولًا واسعة النطاق، مستفيدين من مواردهم الكبيرة لتلبية احتياجات مجموعة واسعة من الصناعات وتعزيز استخدام هذه التقنيات في قطر. في المقابل، يقدم المزودون المتخصصون حلولًا مبتكرة للأسواق المتخصصة، مما يُسهم في تعزيز الوعي بفوائد الطباعة ثلاثية الأبعاد وتطبيقاتها. على سبيل المثال، تقدم شركة Tebyanخدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد في المجالات التعليمية والتصنيعية. حاليًا، لا توجد شركات تصنيع للطابعات ثلاثية الأبعاد مقرها في قطر[27].

يستفيد قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد المتنامي في قطر من بيئة قوية تدعم الابتكار وتبني الصناعة.

[27] مواقع ويب الشركات, البحث الأولي

2.4 تحليل سلسلة القيمة المحلية

فيما يلي سلسلة قيمة الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر، مع تفصيل مراحلها الرئيسية والجهات الفاعلة الحالية فيها.

الشكل 12: سلسلة قيمة الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر[28]

[28] تحليل الفريق, بحث أولي, مصادر عامة

*يرجى ملاحظة أن قائمة الكيانات ليست شاملة

1.البحث

تقود مرحلة البحث برامج البحث والتعليم بهدف تنمية المواهب، حيث تساهم كل من جامعة حمد بن خليفة، وجامعة قطر، ومجلس قطر للبحوث والتطوير والابتكار في الأبحاث المتقدمة، والتعليم المتخصص، ومبادرات التوعية.

هذا القطاع يقدم فرصًا محدودة للشركات الصغيرة والمتوسطة المحلية. نظرًا لهيمنة المؤسسات الكبرى، يتطلب هذا القطاع استثمارات رأسمالية كبيرة وخبرات متخصصة، مما يفرض حواجز عالية للدخول. ومع ذلك، يمكن تسهيل مشاركة الشركات الصغيرة والمتوسطة من خلال التعاون الاستراتيجي مع هذه الجهات.

2. التصميم والتطوير

تشمل مرحلة التصميم والتطوير خدمات التصميم المفاهيمي والنمذجة ثلاثية الأبعاد وتصميم البرامج للمنتجات المطبوعة ثلاثية الأبعاد. تسهم جهات مثل جامعة قطر وGORD3D و Scale 7 في هذه المرحلة وتقدم خدمات ذات قيمة مضافة.

يقدم هذا القطاع فرصًا متوسطة للشركات الصغيرة والمتوسطة المحلية. وعلى الرغم من أن الكيانات الكبرى نشطة في هذا المجال، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة التركيز استراتيجيًا على العروض المتخصصة، مثل تحسين التصميم وتخصيص البرامج، والاستفادة من الطلب المحلي على النماذج الأولية السريعة مع النمذجة الرقمية الدقيقة في تطوير المنتج النهائي.

3. توفير المواد والمعدات

تشمل مرحلة توفير المواد والمعدات تأمين المواد الخام والطابعات ثلاثية الأبعاد، حيث تسهم المواد الأساسية، مثل مسحوق الألمنيوم المتخصص والبلاستيك الحراري المتقدم، في إنتاج قطع غيار عالية الجودة لقطاعي الطيران والنفط والغاز، مما يضمن الصلابة والكفاءة التشغيلية.

توفر هذه المرحلة فرصة متوسطة لتوطين إنتاج البلاستيك الحراري والخيوط المعدنية، مما يسهم في تقليل فترات التسليم والحد من الاعتماد على الواردات، مستفيداً من موارد البلاستيك المتاحة في قطر. يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة أن تلعب دوراً رئيسياً في تعزيز الإنتاج المحلي. كما تحدد استراتيجية قطر الوطنية للصناعات التحويلية 2023-2030 هذه المواد كفرص استثمارية، لدعم جهود توسيع نطاق التصنيع وتعزيز الاكتفاء الذاتي الصناعي.

4. منشآت الإنتاج / تقديم الخدمات

تمثل مرافق الإنتاج / توفير الخدمة أساس الطباعة ثلاثية الأبعاد والتصنيع الإضافي. تعمل جهات مثل GORD3D و 3DVerse ضمن هذه المرحلة، حيث تدير مرافق الطباعة ثلاثية الأبعاد الحديثة أو تقدم خدمات إنتاج شاملة، تشمل النماذج الأولية والتصنيع على دفعات صغيرة.

تعد هذه المرحلة عالية الفرص ومهمة للغاية في سلسلة القيمة وتتطلب أكبر استثمار، حيث إن الكفاءات والمزايا التنافسية في هذه المرحلة تعزز من وضع السوق. علاوة على ذلك، تحدد استراتيجية قطر الوطنية للصناعات التحويلية 2023-2030 الفرص لإنشاء مصانع معتمدة للطباعة ثلاثية الأبعاد للمعادن والبلاستيك لقطع الغيار، مما يدعم النمو الصناعي والاكتفاء الذاتي.

5. مرحلة ما بعد المعالجة

بعد عملية الطباعة، تخضع الأجزاء غالبًا لمرحلة ما بعد المعالجة لاستيفاء المواصفات النهائية. وتقدم شركات مثل GORD3D وقطر التقنية في هذه المرحلة خدمات متقدمة مثل التشطيب السطحي والمعالجة الحرارية وضمان الجودة الشاملة.

تشكل مرحلة ما بعد المعالجة فرصة كبيرة للشركات الصغيرة والمتوسطة المحلية، نظرًا لارتباطها الوثيق بتقديم الخدمات، حيث تساهم المعالجة الداخلية في تحسين الكفاءة وتعزيز مراقبة الجودة بشكل أكبر.

6. تطبيق الاستخدام النهائي

تشمل مرحلة التطبيقات النهائية تكامل واستخدام المكونات المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في المنتجات النهائية. قامت شركات مثل الخطوط الجوية القطرية، وقطر للطاقة، ومستشفى سدرة باستخدام منتجات مطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطاعات حيوية مثل النفط والغاز، والطيران، والرعاية الصحية. كما تستخدم مؤسسة قطر الطابعات ثلاثية الأبعاد لأغراض تعليمية ولتنفيذ المناهج الدراسية في مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات*.

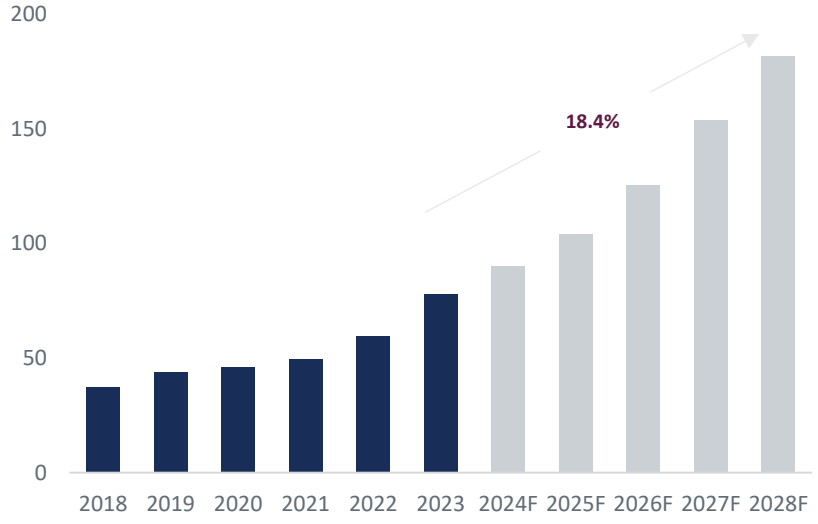
تقدم هذه المرحلة عمومًا فرصة محدودة، حيث تهيمن المشترين الكبار على هذا القطاع لتطبيقاتهم الصناعية. ومع ذلك، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة أن تجد فرصة للدخول إلى السوق من خلال اعتماد تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد بأنفسهم، مما يمكنهم من تقديم حلول مخصصة أو سريعة الاستجابة تتميز عن الموردين التقليديين.

3.4 سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد المحلية

تتبنى قطر التقنيات المتقدمة لتعزيز الابتكار وزيادة الإنتاجية وتنويع اقتصادها. وعلى الرغم من أن قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد لا يزال في مراحله الأولى، إلا أنه مهيأ للنمو. وبفضل الدعم الحكومي القوي، والأبحاث الأكاديمية، وابتكارات القطاع الخاص، والاستثمارات الاستراتيجية في البحث والتعليم والبنية التحتية والتعاون الدولي، يشهد هذا القطاع تطورًا ونموًا متسارعين.

بلغت قيمة سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر 78 مليون ريال قطري في عام 2023، ومن المتوقع أن تصل إلى 181.6 مليون ريال قطري بحلول عام 2028، مما يعكس معدل نمو سنوي مركب قوي بنسبة 18.4٪ (*الشكل البياني* 5).

سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر (مليون ريال قطري، 2018-2028)



النقاط الرئيسية

- سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر مرشح للنمو بشكل كبير بحلول عام 2028، مع معدل نمو سنوي مركب قدره 18.4%.
- تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد تخصيصًا معقدًا للغاية، مما يقلل من قيود التصميم ويخفض التكاليف المتغيرة.
- تعمل التكنولوجيا على تبسيط العمليات من خلال توفير الوقت، وتحسين مساحة المخزون، وتقليل الفاقد من خلال إعادة استخدام المواد.

الشكل البياني 5: سوق الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر (مليون ريال قطري، 2018-2028) [29]

في قطر، يبدو أن الطلب على خدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد يقوده في المقام الأول عشاق الأعمال اليدوية والهواة والمستهلكون الأفراد الذين يستخدمون الطابعات ثلاثية الأبعاد للمشاريع الشخصية والمشاريع الإبداعية واحتياجات المنزل. يعكس هذا الاتجاه زيادة الإقبال على الإنتاج المخصص، حيث يسعى المستخدمون لإنشاء عناصر فريدة ومصممة خصيصًا عند الطلب.

على الرغم من النمو المتوقع بنسبة 18.4%، إلا أن هناك عدة عوامل قد تحول دون وصول قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر إلى كامل إمكاناته.

ومن بين هذه العوامل الاعتماد على واردات الطابعات والمواد اللازمة، الأمر الذي قد يزيد من تكاليف الاستثمار الأولية. وقد يفرض هذا تحديات على الشركات الصغيرة. بالإضافة إلى ذلك، هناك نقص في العمالة الماهرة البارعة في برامج الطباعة ثلاثية الأبعاد.

ولتخفيف هذه المخاطر، يمكن تأسيس مقدمي خدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد المتخصصين، بدلاً من قيام الشركات المصنعة بإنشاء مرافق الطباعة ثلاثية الأبعاد الخاصة بها. ومن ثم، سيقدم مقدمو الخدمات خبراتهم ومعداتهم لمجموعة أوسع من الشركات، بما في ذلك الشركات الصغيرة والمتوسطة والمؤسسات الأكبر حجماً.

[29] Protolabs, البنك الدولي, World Bank, NPC, تحليل الفريق

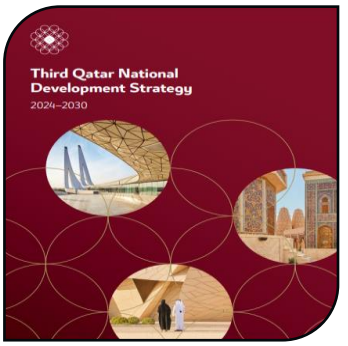
المبادرات الحكومية

يُظهر تطوير الاستراتيجية الوطنية الثالثة للتنمية والاستراتيجية الوطنية للتصنيع في قطر 2023-2030 التي تم نشرها مؤخرًا التزامًا ببناء القدرة المحلية وجذب الشركات العالمية والاستثمارات لتعزيز النمو في القطاعات غير الهيدروكربونية. هذه المبادرات، المدعومة من تركيز الحكومة على تلبية احتياجات السوق والتحديات، تضع صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر في موقع يؤهلها لتحقيق النجاح المستدام.

وكجزء من هذه الجهود، أطلق بنك قطر للتنمية منصة الصناعة المتقدمة بالتعاون مع وزارة التجارة والصناعة والمنتدى الاقتصادي العالمي. تهدف المنصة إلى تعزيز مكانة قطر كدولة رائدة اقتصاديًا وصناعيًا من خلال تقوية الشبكات الدولية وإيجاد مساحة تعاونية للجهات المعنية في القطاع الصناعي. وهو بمثابة منصة للمؤسسات الصناعية والشركات الوطنية والشركات الصغيرة والمتوسطة لتبادل الأفكار ومشاركة الفرص والتغلب على التحديات الرئيسية.

يلعب مركز التصنيع المتقدم دورًا محوريًا في تعزيز القدرات المحلية واعتماد تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، كما يعد منصة لتبادل المعرفة، وبناء الشراكات، والتعاون بين مختلف المراكز. ويهدف إلى إبراز نقاط القوة المحلية على المستوى الإقليمي وتسليط الضوء على قصص النجاح الإقليمية عالميًا.

تهدف استراتيجية قطر الوطنية للصناعات التحويلية 2024-2030 إلى بناء مستقبل صناعي متنوع يرتكز على تعظيم القيمة، وتعزيز الابتكار، ودفع عجلة النمو المستدام، وتعزيز دور القطاع الخاص.



*تهدف **استراتيجية التنمية الوطنية الثالثة** لدولة قطر إلى تنويع الاقتصاد وتحفيز الابتكار، والحد من الاعتماد على الهيدروكربونات. كما تدعم تبني تكنولوجيات التصنيع المتطورة مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد، مما يضع قطر في موقع الريادة الإقليمية في مجال التصنيع المتقدم.*

4. 4 مصادر المواد والمعدات المحلية

برامج ومعدات الطباعة ثلاثية الأبعاد

تعتمد الشركات الصغيرة والمتوسطة العاملة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر على استيراد الطابعات ثلاثية الأبعاد نظرًا لغياب المصنعين المحليين. وينعكس هذا الاعتماد أيضًا في بيانات استيراد الطابعات ثلاثية الأبعاد، مما يبرز اعتماد الدولة على الموردين الأجانب. تهيمن العلامات التجارية العالمية مثل Desktop Metalو Stratasys و 3D Systems و Ultimaker و Formlabs على السوق، حيث توفر تقنيات متقدمة مثل نمذجة الترسيب المندمج (FDM) والتلبيد الانتقائي بالليزر (SLS) والطباعة المجسمة (SLA).ويتم استيراد هذه الطابعات عبر موزعين محليين، مما يتيح للشركات الوصول إلى أحدث المعدات لاستخدامها في تطبيقات متنوعة، بدءًا من النماذج الأولية السريعة وصولًا إلى الإنتاج على نطاق واسع.

ولتعزيز هذه المنظومة، تستفيد الشركات الصغيرة والمتوسطة من حلول تصميم وتصنيع النماذج ثلاثية الأبعاد (3D CAD) المتطورة، التي تدعم عمليات التصميم والتصنيع بكفاءة عالية .

توفر منصات مثل Vectorize و GORD 3D أدوات متقدمة لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة وتحسين سير عمل التصميم. بالإضافة إلى ذلك، وفر برنامج SolidWorks إمكانيات قوية للتصميم التفصيلي والمحاكاة.

كشف تحليل اتجاهات استيراد الطابعات ثلاثية الأبعاد في قطر أن هذه الطابعات تندرج تحت رمز النظام المنسق 84433290، والذي يشمل والذي يشمل "آلات أخرى تؤدي وظيفتين أو أكثر من وظائف الطباعة أو النسخ". ومن عام 2019 إلى عام 2023، ارتفعت قيمة الواردات ضمن هذه الفئة من 7.2 مليون ريال قطري إلى 10.7 مليون ريال قطري، مما يعكس معدل نمو سنوي مركب بنسبة 8.0٪. ومع ذلك، قد لا يعكس هذا النمو بدقة الطلب الفعلي على خدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث تُشترى الطابعات عادةً كاستثمارات لمرة واحدة. وللحصول على فهم أكثر دقة للطلب على خدمات الطباعة ثلاثية الأبعاد، تم تحليل بيانات استيراد المواد الخام المستخدمة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

المواد الخام

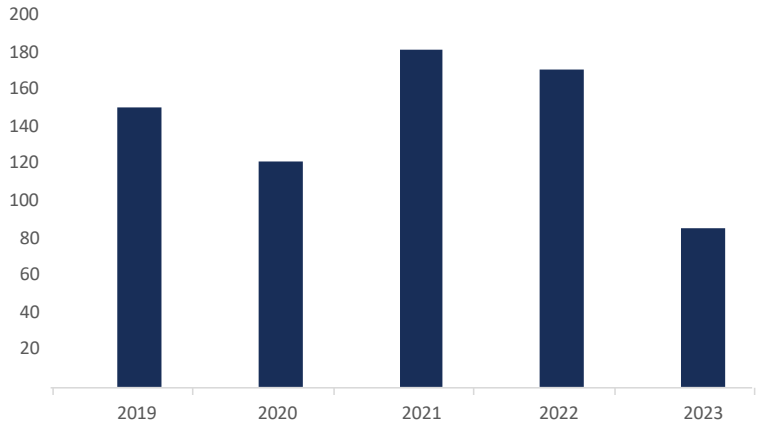
توافر المواد الخام، لا سيما الخيوط المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد، محدود في قطر. تعتمد معظم الشركات على الواردات لتوريد هذه المواد الأساسية. عادةً ما يتم استيراد الخيوط مثل PLA و ABS و PETG غياب مرافق الإنتاج المحلية. هذا الاعتماد على الواردات يتطلب فهمًا دقيقًا لأكواد النظام المنسق المرتبطة بالمواد المستخدمة في عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد، كما هو موضح في الشكل أدناه:

رموز النظام المنسق	ملصق المنتج	حالة / فئة الاستخدام
390791	سترات بولي أليل غير مشبعة وبولي سترات أخرى، في أشكال أولية (باستثناء البولي كربونات)	راتنجات البوليمر الضوئي (تستخدم في البولي جيت والطباعة المجسمة والمعالجة الرقمية للضوء)
391690	خيط أحادي، يتجاوز أي بعد مقطعي عرضي منه 1 مم، وقضبان وعصي وأشكال جانبية، سواء كانت معالجة سطحية أم لا ولكنها غير معالجة بطريقة أخرى، من البلاستيك	خيوط بلاستيكية حرارية (تستخدم في نمذجة الترسيب المندمج)
390810	بولي أميدات-6، -11، -12، -6،6، -6،9، -6،10 أو -6،12، في أشكال أولية	مساحيق البلاستيك (تستخدم في التلبيد الانتقائي بالليزر والاندماج متعدد النفاثات)
390120	البولي إيثيلين في أشكاله الأولية، ذو كثافة نوعية تبلغ 0.94 أو أكثر	
810890	مصنوعات من التيتانيوم، غير مذكورة في مكان آخر	مساحيق المعادن (تستخدم في التلبيد المباشر بالليزر المعدني وذوبان شعاع الإلكترون)
810430	مبردات المغنيسيوم، والخراطات والحبيبات، مصنفة حسب الحجم؛ مساحيق المغنيسيوم	
740610	مساحيق النحاس ذات البنية غير الصفائحية (باستثناء حبيبات النحاس)	

الشكل 13: رموز النظام المنسق للمواد الخام

[30] TradeMap, تحليل الفريق

قيمة الواردات من المواد الخام (مليون ريال قطري، 2019-2023)



النقاط الرئيسية

- كانت الدول الرائدة في الواردات هي **تايلاند وتايوان والهند والصين والإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية.**
- تتكون الفئات الأساسية للمواد الخام المستوردة من **مساحيق البلاستيك وراتنجات البوليمر الضوئي**
- يشير الارتفاع الأولي في الواردات من 2019 إلى 2021 إلى زيادة في النشاط الصناعي في المنطقة، والذي قد يكون مدعومًا بأحداث مثل كأس العالم 2022.

الرسم البياني 6: قيمة واردات المواد الخام للطباعة ثلاثية الأبعاد (مليون ريال قطري 2019-2023)[31]

يعد توفر المواد الخام للطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر محدودًا بسبب نقص الإنتاج المحلي، حيث يتم استهلاك الإنتاج الحالي من قبل سلاسل التوريد التقليدية للمنتجات الأخرى. يدعم ذلك بيانات التجارة الصادرة عن المجلس الوطني للتخطيط، حيث تُظهر الاعتماد الكبير على المواد الخام المستوردة للطباعة ثلاثية الأبعاد، كما يتضح من قيم الواردات للمواد الأساسية من عام 2019 إلى 2023 (الرسم البياني 6). يمثل هذا الاعتماد فرصة للشركات المحلية لزيادة إنتاج المواد التي يتم تصنيعها بالفعل في قطر.

على سبيل المثال، يقدم المنتجون المحليون لراتنجات البلاستيك أسعارًا تنافسية مع الواردات. يشير وجود البنية التحتية للإنتاج المحلي والقدرة التنافسية من حيث التكلفة إلى إمكانات قوية للتوطين داخل الراتنجات. ومع ذلك، لا يزال الإنتاج المحلي للمواد الأخرى محدودًا (مساحيق المعادن - Metal Powders) أو بالفعل عند طاقته القصوى (مساحيق البلاستيك - Plastic Powders). من خلال توسيع الإنتاج المحلي للمواد المنتجة بالفعل في قطر، يمكن تقليل الاعتماد على الواردات، مما قد يؤدي إلى خفض التكاليف مع تحسين كفاءة ومرونة صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد. ومع ذلك، بالنسبة للمواد الأخرى، لا يزال السوق يعتمد إلى حد كبير على الواردات.

[31] المجلس الوطني للتخطيط - بيانات التجارة
[32] البحث الأولي
[33] البحث الأولي

4. 5 الترخيص والتسجيل

لتأسيس شركة تصنيع، بما في ذلك الشركات العاملة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد، يجب على الأعمال في قطر الامتثال للوائح المحلية التي تحددها وزارة التجارة والصناعة.

تُصدر وزارة التجارة والصناعة أرقام التسجيل التجاري، وهي إلزامية لجميع الشركات في قطر. وعادة ما يتم تصنيف هذا النشاط على أنه نشاط صناعي.

وزارة التجارة والصناعة
Ministry of Commerce and Industry
State of Qatar • دولة قطر

تعتبر منصة **"النافذة الواحدة"** التابعة **لوزارة التجارة والصناعة** منصة مركزية لتسجيل الأعمال وإجراءات الترخيص في قطر.

النافذة الواحدة
SINGLE WINDOW

كما تُصدر وزارة التجارة والصناعة التراخيص الصناعية، التي تُعد ضرورية للشركات التي تعمل في الأنشطة الصناعية. قد تختلف الرسوم وأوقات المعالجة حسب متطلبات الأرض والمباني وتشمل جهات أخرى.

لمزيد من المعلومات حول عملية تأسيس الأعمال، يرجى الرجوع إلى **الدليل الإرشادي الخاص بالشركات الصغيرة والمتوسطة 2024** الذي أعده بنك قطر للتنمية ووزارة التجارة والصناعة.

الشكل 14: التسجيل التجاري لوزارة التجارة والصناعة[34]

[34] بنك قطر للتنمية – دليل الشركات الصغيرة والمتوسطة 2024

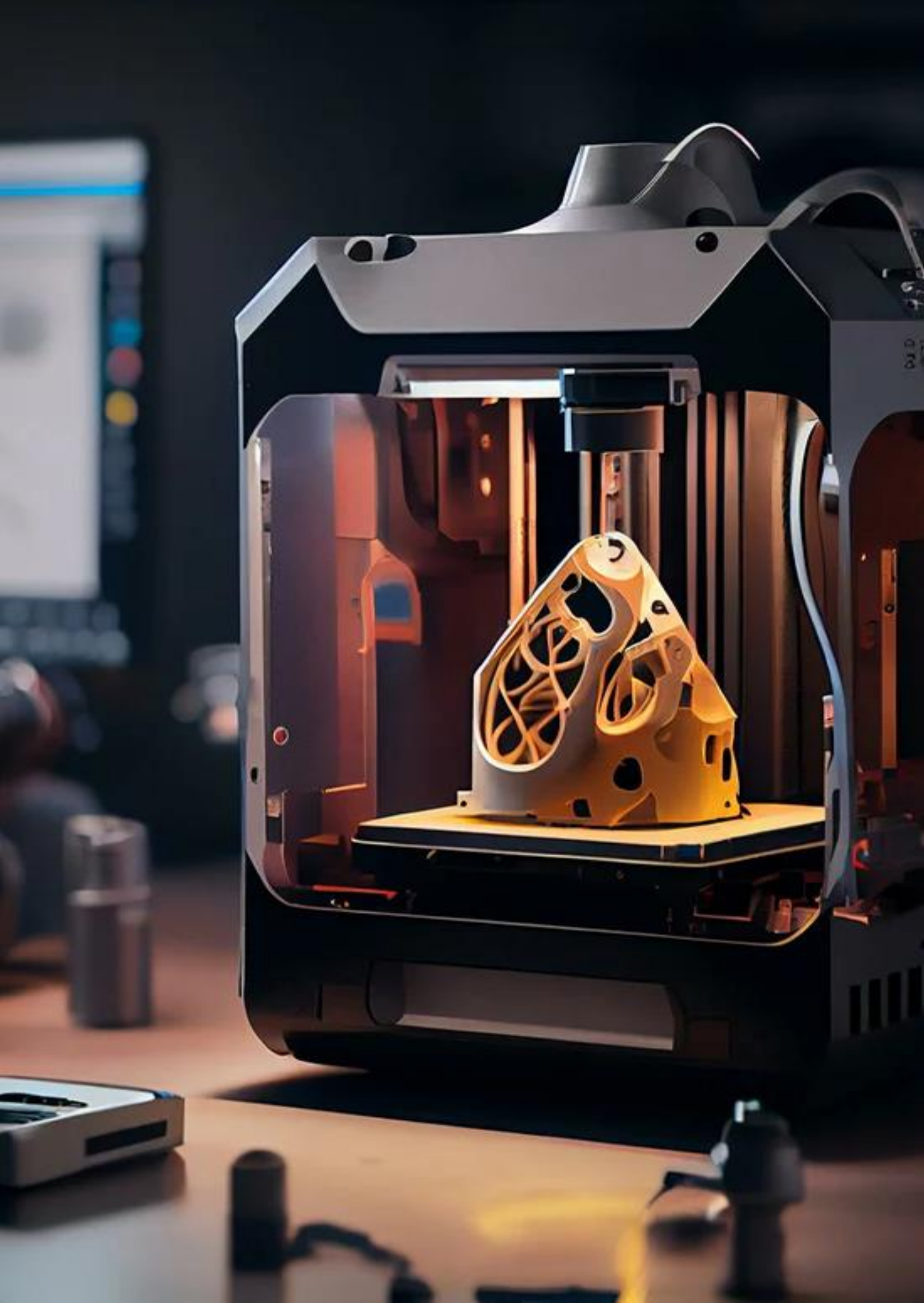
6.4 دعم الشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر

توفر قطر نظام دعم متعدد الأوجه للشركات الصغيرة والمتوسطة في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد، مع تقديم العديد من الموارد للإشارة إليها. يوضح الشكل أدناه كيفية استفادة الشركات الصغيرة والمتوسطة من شبكة الدعم في قطر:

الشكل 15: دعم الشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر[35]

على الرغم من أن قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد لا يزال في مراحله الأولى، إلا أن الشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر يمكنها الاستفادة من الموارد والبرامج مثل الإعفاءات الضريبية التي تقدمها واحة قطر للعلوم والتكنولوجيا للأنشطة المتعلقة بالبحث والتطوير، وبوابات مجلس البحوث والتطوير والابتكار التي تحتوي على معلومات عن المشاريع والمنشورات ومجموعات البيانات والتي تغطي مجموعة متنوعة من المجالات بما في ذلك الطباعة ثلاثية الأبعاد[36].

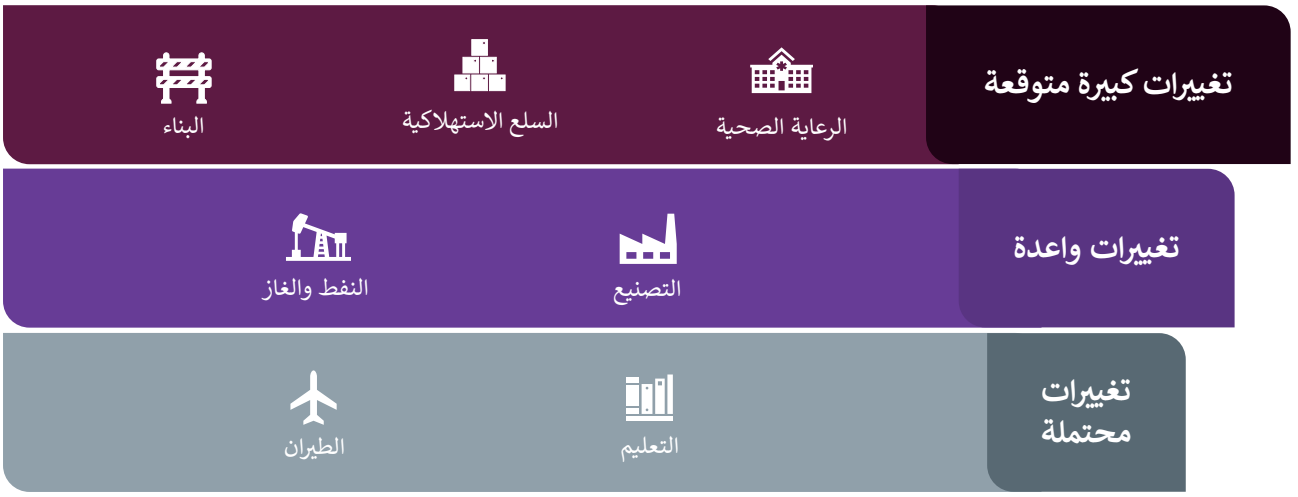
[35] المقابلات الأولية, مواقع الكيانات
[36] PwC – ملخص الضرائب في قطر



7.4 إمكانات التغيير للصناعات في قطر

مع تقدم قطر في تنويع اقتصادها وتعزيز الابتكار التكنولوجي، توفر تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد فرصًا كبيرة للشركات الصغيرة والمتوسطة. لتحديد الصناعات ذات الإمكانات الأكبر للتحول من خلال الطباعة ثلاثية الأبعاد، تم اعتماد منهجية نوعية تضمنت تحليل الوضع الحالي لهذه التقنيات ومراجعة الاحتياجات والخصائص الفريدة لكل صناعة في قطر.

ومن خلال تقييم مستوى النضج التكنولوجي وقدرتها على إحداث تحولات في العمليات والمنتجات ونماذج الأعمال، أبرزت المنهجية القطاعات الأكثر استعدادًا للاستفادة من هذه الابتكارات. وتستعرض الأقسام التالية الإمكانات التحويلية والواعدة والناشئة لهذه الصناعات.



الشكل 16: القطاعات التي يحتمل أن تُحدث الطباعة ثلاثية الأبعاد تغييرات بها موزعة وفقا لحجم التغييرات المحتملة[37]

تشير التحليلات إلى أن قطاع الرعاية الصحية، والسلع الاستهلاكية، وقطاع البناء تتضمن أكبر إمكانيات مُحتملة في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر

[37] تحليل الفريق

القطاعات ذات التغييرات الكبيرة المتوقعة

أ) البناء

تُحدث الطباعة ثلاثية الأبعاد ثورة في صناعة البناء من خلال تمكين الإنشاء الفعّال للمباني بأكملها أو المكونات الكبيرة. تعمل هذه التكنولوجيات على تقليل وقت البناء وتكاليف العمالة وهدر المواد، مما يسمح بتصميمات معقدة ومخصصة. كما تسمح الطباعة ثلاثية الأبعاد بالتطوير السريع للعناصر التركيبية والمصنعة مسبقًا، وتبسيط العمليات وتعزيز الممارسات المستدامة والمبتكرة.

الشكل 17: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - البناء

الإمكانات المتاحة لقطر

تقدم تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد إمكانات كبيرة لتحويل قطاع البناء في قطر. من خلال تمكين ممارسات البناء المستدامة والأقل تكلفة، مثل التعاون الأخير بين شركة UCC القابضة في قطر وشركة COBOD في الدنمارك، حيث يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد دعم أهداف قطر الطموحة في تطوير البنية التحتية التعليمية.

ب) السلع الاستهلاكية

من المتوقع أن تحدث الطباعة ثلاثية الأبعاد تغييرات في قطاع السلع الاستهلاكية من خلال تمكين التخصيص غير المسبوق للمنتجات والإنتاج حسب الطلب. تسمح هذه التكنولوجيات للمستهلكين بتخصيص المنتجات وفقًا لمواصفاتهم الدقيقة، والتفوق على نماذج البيع بالتجزئة التقليدية والتحول نحو التصنيع المرن المحلي. وبتقليل تكاليف المخزون والهدر من خلال الإنتاج في الوقت المحدد، تعمل الطباعة ثلاثية الأبعاد أيضًا على تعزيز الاستدامة. هذا التحول يبشر بعصر جديد من تجارب المستهلك الشخصية وخلق أسواق للسلع المصممة حسب الطلب والمحدودة الإصدار.

التخصيص الشامل

تسهل الطباعة ثلاثية الأبعاد إنشاء منتجات استهلاكية مخصصة، مما يسمح للشركات باستيفاء التفضيلات الفردية وتقديم عناصر مخصصة.

تقليل المخزون والهدر

يقلل الإنتاج عند الطلب من الحاجة إلى مخزونات كبيرة ويقلل من الهدر، مما يؤدي إلى توفير التكاليف والممارسات الأكثر استدامة

الشكل 18: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد – السلع الاستهلاكية

الإمكانات المتاحة لقطر

تُدمج الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطاع السلع الاستهلاكية عالميًا، مع أمثلة بارزة من الولايات المتحدة، حيث تستخدم شركات مثل نايكي وأديداس هذه التقنية لإنتاج أحذية مخصصة مثل أحذية "Flyprint" من نايكي. يتيح هذا التقدم تصميمات مخصصة ويعزز سرعة وكفاءة الإنتاج.

وفي قطر، تقدم الطباعة ثلاثية الأبعاد فرصة واعدة في مجال الموضة والتصميم ضمن قطاع السلع الاستهلاكية.

يمكن للشركات المحلية الاستفادة من هذه التكنولوجيا لإنشاء قطع أزياء وإكسسوارات فريدة ومخصصة – مثل المجوهرات ذات التصاميم المعقدة، والأقمشة ذات الأنماط الفريدة، والملابس المخصصة والمناسبة، والإكسسوارات مثل النظارات الشمسية، والحقائب، والمحافظ – لتلبية تفضيلات المستهلكين المحددة. بالإضافة إلى ذلك، تتناسب التكنولوجيا بشكل جيد مع تلبية الطلب المتزايد على الهدايا التذكارية الشخصية والخفيفة والهدايا الصغيرة التي يقودها قطاع السياحة. من خلال تمكين النمذجة السريعة والتخصيص، تدعم الطباعة ثلاثية الأبعاد أهداف قطر الاستراتيجية في التنوع الاقتصادي والابتكار، مما يعزز مكانتها في سوق السلع الاستهلاكية العالمي.

تستخدم Scale 7 الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء نماذج أولية معقدة للأزياء، وملابس مصممة خصيصًا، وإكسسوارات فريدة. تُعد "سكيل 7" جهة داعمة للمصممين المبدعين ورواد الأعمال في قطاع السلع الاستهلاكية وصناعة الأزياء. تعزز "سكيل 7" مشهد الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر من خلال استخدام تقنيات متقدمة مثل طابعة "ألتيماكير" ومواد مثل الراتنج وألياف الكربون. من خلال البرامج المخصصة، تساعد في دمج التقنيات المتطورة، مما يعزز الابتكار في القطاع.

الشكل 19: السلع الاستهلاكية - Scale7 [38]

إشارات خاصة

بدأت الشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر في استغلال إمكانات الطباعة ثلاثية الأبعاد في صناعة السلع الاستهلاكية. على وجه التحديد، قامت الشركات الصغيرة والمتوسطة بدمج هذه التكنولوجيا في مجال الأزياء والتصميم. على سبيل المثال، بدأ مصممو العباءات المحليون في دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد في سير العمل لديهم، بينما يستخدم آخرون هذه التكنولوجيا لإنشاء ملابس صديقة للبيئة وتعزيز صناعة الأزياء[39] .

مكن هذا الابتكار أيضًا من إطلاق مشاريع مثل "العباءة صفر نفايات"، التي تستفيد من تقنية القطع بالليزر للتغلب على قيود الأساليب التقليدية وتحويل التصاميم المبتكرة الخالية من الهدر إلى ملابس وظيفية[40].

تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد التخصيص، والاستدامة، والإنتاج عند الطلب في قطاع السلع الاستهلاكية.

[38] البحث الأولي – موقع الويب
[39] البحث الأولي
[40] البحث الأولي

ج) الرعاية الصحية

يتم دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل متزايد في قطاع الرعاية الصحية من خلال تمكين تطوير حلول طبية مخصصة بدرجة عالية. تسهم هذه التقنيات في إنتاج الغرسات والأطراف الاصطناعية والنماذج التشريحية المصممة وفقًا لاحتياجات المرضى، مما يعزز دقة الإجراءات الجراحية ويحسن النتائج العلاجية.

وعلاوة على ذلك، يمكن أن يُحدث الطباعة الحيوية للأنسجة والأعضاء ثورة في مجال زراعة الأعضاء، مما يتيح آفاقًا جديدة للطب المخصص والتجديدي. كما تُسرّع الطباعة ثلاثية الأبعاد تطوير الأجهزة الطبية من خلال تمكين النماذج الأولية السريعة، مما يعزز الابتكار ويحسن تقديم خدمات الرعاية الصحية.

الحلول الطبية المخصصة

تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد إنتاج غرسات وأطراف صناعية ونماذج تشريحية للمرضى، مما يؤدي إلى علاجات مخصصة وتحسين نتائج المرضى

تسريع تطوير الأجهزة الطبية

يؤدي إنشاء النماذج الأولية السريعة للأجهزة والأدوات الطبية إلى تسريع عملية التطوير والاختبار، مما يؤدي إلى تكامل أسرع للابتكارات في الممارسة السريرية

الشكل 20: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد – الرعاية الصحية

الإمكانات المتاحة لقطر

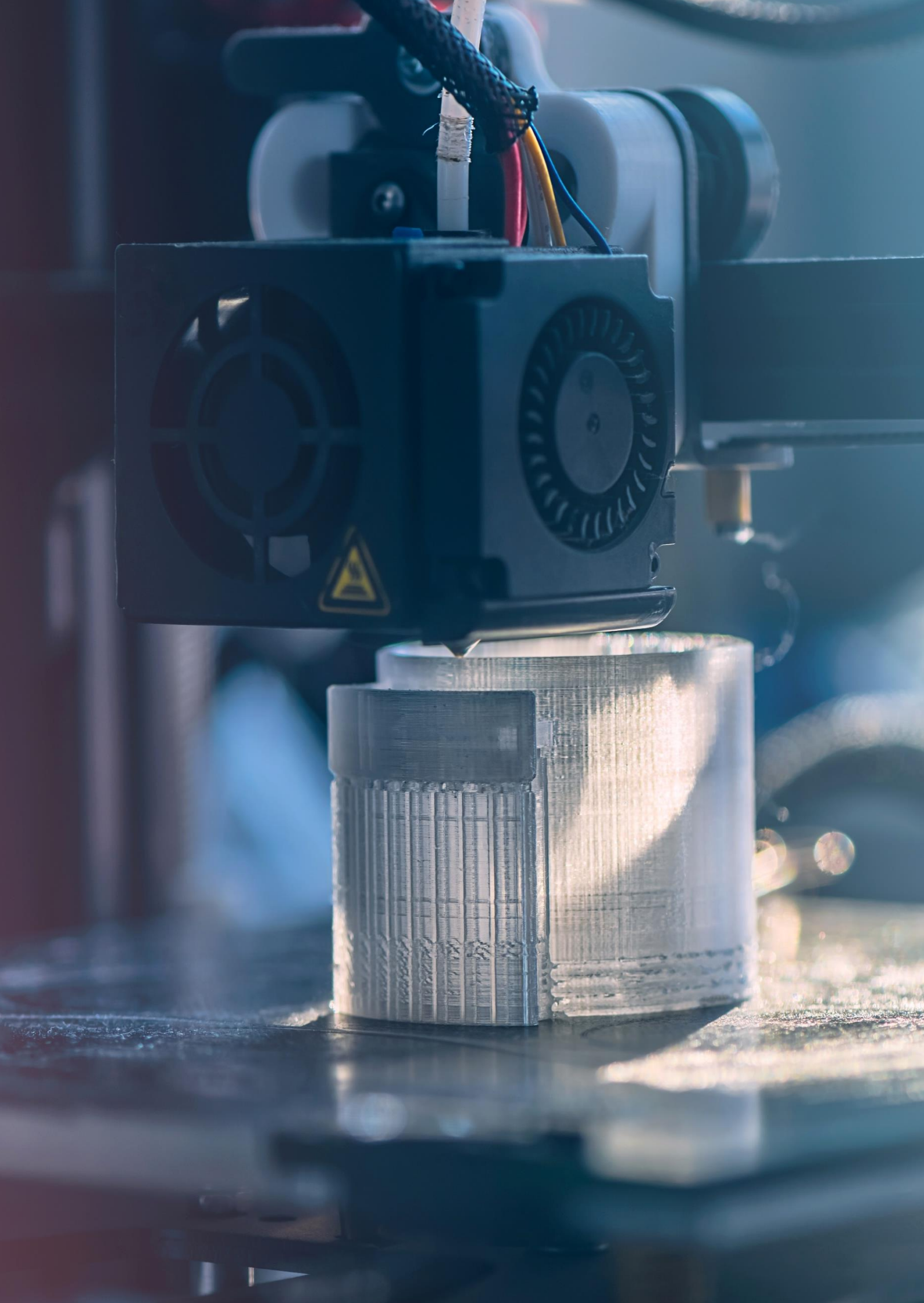
من خلال دمج تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكن لقطر تعزيز تخصيص الأجهزة الطبية والعلاجات وزيادة إمكانية الوصول إليها، مما يسهم في خفض التكاليف وتحسين رعاية المرضى. وتدعم هذه الخطوة الأهداف الأوسع لقطر في تحقيق نتائج صحية أفضل وتعزيز إمكانية الوصول، مما يعزز مكانتها في مجال الابتكار الطبي.

في أوروبا، تحقق الطباعة ثلاثية الأبعاد تقدمًا كبيرًا في قطاع الرعاية الصحية. تعمل الجامعات ومراكز الأبحاث على تطوير الطباعة الحيوية وإنتاج أنسجة وأعضاء ثلاثية الأبعاد مخصصة لدعم الطب الشخصي. كما تقوم شركات مثل Materialise بتصنيع غرسات الأسنان والأجهزة التقويمية المخصصة، مما يوفر حلولًا مصممة خصيصًا لتحسين جودة الرعاية الصحية.

تدمج **سدرة للطب** الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال الرعاية الصحية، حيث تستخدم تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المتقدمة في التخطيط المسبق للجراحات. ومن الجدير بالذكر أن سدرة للطب استخدمت الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء نموذج تفصيلي لأول عملية فصل لتوأم ملتصق في قطر، مما يعكس دورها في تعزيز دقة العمليات الجراحية وتحسين نتائج المرضى من خلال التكنولوجيا المبتكرة.

الشكل 21: الرعاية الصحية – سدرة للطب[41]

[41] البحث الأولي -موقع الويب



القطاعات ذات التغييرات الواعدة

أ) التصنيع

تعزز الطباعة ثلاثية الأبعاد كفاءة عملية التصنيع وقابليتها للتخصيص، مما يتيح الإنتاج السريع للمكونات المعقدة بأقل هدر. وتسمح هذه التكنولوجيات بتصميمات معقدة وتجميعات متكاملة لم يكن من الممكن تحقيقها من قبل بالطرق التقليدية.

تُمكّن القدرة على النمذجة السريعة وتكرار التصميمات من تسريع عملية تطوير المنتجات، في حين تعيد قدرات الإنتاج اللامركزي تشكيل سلاسل التوريد وتتيح تصنيعًا أكثر محلية. ويؤدي هذا التحول إلى تعزيز الابتكار في قطاع التصنيع، مما يتيح للمصنعين الاستجابة بسرعة أكبر لمتطلبات السوق والتغيرات.

النمذجة الأولية والإنتاج الفعال

تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد إنشاء نماذج أولية سريعة وإنتاج أجزاء معقدة، مما يؤدي إلى تسريع تطوير المنتجات وتقليل الوقت المستغرق لطرحها في السوق

تقليل هدر المواد

تعمل التكنولوجيا على تحسين استخدام المواد من خلال إنشاء أجزاء بأقل هدر، وتعزيز كفاءة الموارد وخفض تكاليف الإنتاج

الشكل 22: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - التصنيع

الإمكانات المتاحة لقطر

من خلال تبني تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكن لقطر تعزيز قدراتها التصنيعية بشكل كبير، وتحسين كفاءة الإنتاج، وخفض التكاليف، مما يدعم نمو الصناعات المحلية. على سبيل المثال، استخدمت شركات مثل BMW هذه التقنية لإنتاج أجزاء عالية الدقة.

تتمتع قطر بفرصة للاستفادة من الطباعة ثلاثية الأبعاد لتطوير وإنتاج منتجات جديدة بسرعة، بما يتماشى مع أهداف الدولة في تنويع الاقتصاد والنمو الصناعي. ومن خلال تبني هذه التقنيات، تعزز قطر قدرتها التنافسية في السوق العالمية وتساهم في بناء منظومة طباعة ثلاثية الأبعاد أكثر ديناميكية وكفاءة.

تستخدم 3DVerse الطباعة ثلاثية الأبعاد لتقديم نماذج ثلاثية الأبعاد عالية الجودة وكبيرة الحجم وخدمات النماذج الأولية السريعة. تمتد خبراتهم لتشمل النماذج الأولية المعقدة، والنماذج المعمارية الواسعة، والتصاميم التفصيلية، مما يدعم بشكل فعال احتياجات الصناعات المتنوعة. من خلال الاستفادة من التكنولوجيا المتطورة، تعزز 3DVerse مشهد الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر وتدفع الابتكار في تطوير المنتجات.

الشكل 23: التصنيع - 3DVerse [42]

[42] البحث الأولي - موقع ويب الشركة

ب) النفط والغاز

بدأ قطاع النفط والغاز في استكشاف الإمكانات الناشئة لتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، وخاصة في إنتاج قطع الغيار والأدوات. تتيح هذه التقنيات التصنيع في الموقع، مما يقلل من فترات التوقف وتكاليف المخزون من خلال توفير الوصول الفوري إلى المكونات اللازمة.

بالإضافة إلى ذلك، تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد إنشاء النماذج الأولية واختبار الأدوات والمعدات الجديدة بسرعة، مما يعزز الابتكار في القطاع. ورغم أن تأثير هذه التقنيات في قطاع النفط والغاز لا يزال في مراحل مبكرة، إلا أنها تحمل وعدًا كبيرًا في تحسين كفاءة العمليات وتعزيز متانة وأداء المعدات في البيئات القاسية.

قدرات الإنتاج في الموقع

تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد إنتاج قطع الغيار والأدوات حسب الطلب، مما يقلل من وقت التوقف عن العمل وانقطاعات التشغيل في الميدان

تحسين أداء المكونات

إن القدرة على تصميم وتصنيع مكونات عالية الأداء مخصصة للبيئات القاسية تعمل على تحسين موثوقية المعدات وطول عمرها

الشكل 24: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد – النفط والغاز

الإمكانات المتاحة لقطر

بالنسبة لقطر، فإن اعتماد الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطاع النفط والغاز يحمل إمكانات كبيرة لتحسين كفاءة العمليات وتقليل التكاليف. من خلال تمكين الإنتاج المحلي لقطع الغيار، يمكن لقطر تقليل فترات التوقف وتقليل الاعتماد على سلاسل التوريد العالمية، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة في عمليات النفط والغاز. بالإضافة إلى ذلك، فإن القدرة على إنشاء النماذج الأولية بسرعة وتطوير الأدوات والمعدات الجديدة تدعم أهداف قطر في تعزيز قدراتها التكنولوجية داخل القطاع.

في الولايات المتحدة، تُظهر شركات مثل بيكر هيوز تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على قطاع الطاقة. استفادت بيكر هيوز من الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج أكثر من 25,000 قطعة وتأهيل أكثر من 450 مكونًا، مما ساعد في تبسيط سلاسل التوريد، وتقليل الفاقد من المواد، ودعم مبادرات الاستدامة عبر منشآتها العالمية.

القطاعات ذات التغييرات المحتملة

أ) التعليم

بدأ قطاع التعليم في استكشاف إمكانات تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث تقدم فرصًا جديدة لتعزيز تجارب التعلم، وخاصة في تعليم العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والرياضيات. تتيح هذه التكنولوجيات إنشاء مواد ونماذج تعليمية مخصصة، مما يوفر للطلاب خبرة عملية في استخدام الأدوات والمفاهيم المتطورة. يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أيضًا دعم طرق التعلم الأكثر تفاعلية وتخصيصًا، مما يجعل التعليم أكثر جاذبية وارتباطًا بمستقبل الطلاب المهني.

تجارب التعلم العملي

توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد أدوات ونماذج تفاعلية عملية تعمل على تعزيز تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات وإشراك الطلاب في التعلم العملي.

موارد تعليمية فعالة من حيث التكلفة

إن القدرة على إنشاء مواد تعليمية ونماذج أولية مخصصة بتكلفة أقل تدعم موارد تعليمية أكثر فعالية وبأسعار معقولة.

الشكل 25: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد - التعليم

الإمكانات المتاحة لقطر

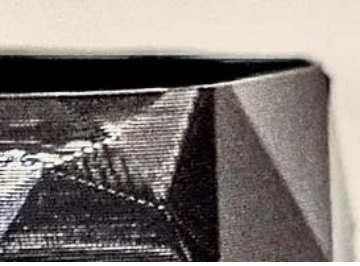
في قطر، يمكن أن يسهم دمج تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم في تعزيز التجارب العملية، مع التماشي مع رؤية البلاد للاقتصاد القائم على المعرفة. من خلال تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكن لقطر تحسين الأدوات التعليمية وتعزيز المهارات في مجالات متقدمة مثل الإلكترونيات والهندسة. يدعم هذا النهج أهداف قطر في دفع الابتكار وإعداد الطلاب لمهن قائمة على التكنولوجيا.

في كندا، يوضح جامعة يورك إمكانيات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التعليم. فقد استفاد مختبر التصنيع الإضافي للإلكترونيات في الجامعة من نظام Voltera NOVA لتعزيز البحث في الإلكترونيات المرنة، مما أدى إلى نشرات هامة وتطبيقات جديدة.

تقدم جامعة حمد بن خليفة مشهد الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر، حيث طورت أول تقنية للطباعة ثلاثية الأبعاد تعتمد على التجميع الجزيئي الذاتي في العالم، مما يجمع بين التجميع الجزيئي الذاتي والتصنيع الإضافي. ومن خلال الشراكات العالمية مثل تلك مع معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، تُعتبر جامعة حمد بن خليفة مساهمًا رئيسيًا في تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد والمواد المتقدمة.

الشكل 26: التعليم – جامعة حمد بن خليفة[43]

[43] البحث الأولي - موقع الويب



ب) الطيران

يشهد قطاع الطيران التكامل التدريجي لتكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد، التي تسمح بإنتاج مكونات خفيفة الوزن وعالية القوة يمكنها تحسين كفاءة الوقود والأداء العام. وتسهل هذه التكنولوجيات النماذج الأولية السريعة وتطوير المواد المتقدمة، مما يساهم في الابتكار في التصميم والتصنيع في مجال الطيران.

وعلى الرغم من أن التغيير في قطاع الطيران ليس واضحًا كما هو الحال في القطاعات الأخرى، فإن الطباعة ثلاثية الأبعاد تتمتع بإمكانات كبيرة لإنتاج قطع الغيار عند الطلب، مما يقلل من تكاليف المخزون ويحسن كفاءة الصيانة، وهي أمور بالغة الأهمية في صناعة الطيران شديدة التنافسية.

تخفيض الوزن

تنتج الطباعة ثلاثية الأبعاد مكونات خفيفة الوزن وعالية القوة تعمل على تعزيز كفاءة استهلاك الوقود والأداء العام للمركبات الفضائية

تكرار التصميم السريع

تتيح التكنولوجيا إنشاء نماذج أولية سريعة واختبار التصميمات الجديدة، مما يسهل الابتكار والتكيف بشكل أسرع مع متطلبات الطيران المتغيرة

الشكل 27: فوائد تبني الطباعة ثلاثية الأبعاد -الطيران

الإمكانات المتاحة لقطر

من خلال دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد، يمكن لقطر تعزيز قدراتها في البحث والتطوير، مما يعزز التقدم في المواد والتصميم بما يتماشى مع رؤيتها للابتكار والنمو. تقدم هذه التكنولوجيات فرصة لقطر لتعزيز صناعتها الجوية وتأسيس نفسها كلاعب رئيسي في السوق العالمية. عالميًا، تُظهر شركة إيرباص هليكوبتر في ألمانيا الاستخدام المؤثر للطباعة ثلاثية الأبعاد. في مركز الطباعة ثلاثية الأبعاد الجديد في دوناوورث، تستخدم إيرباص هليكوبتر الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج مكونات من التيتانيوم والبلاستيك والألمنيوم.

يدعم هذا المنشأ كلًا من الإنتاج النموذجي والإنتاج التسلسلي، مما يتيح إنشاء مكونات خفيفة الوزن وفعّالة في استهلاك الموارد. لا تقتصر التكنولوجيا على تقليل الوزن واستخدام المواد فحسب، بل تعزز أيضًا مرونة التصميم. من خلال تبني استراتيجيات مماثلة، يمكن لقطر أن تضع نفسها في موقع يمكنها من الاستفادة من نفس الابتكارات والكفاءات في قطاع الطيران.

الخطوط الجوية القطرية – تستفيد من الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج مكونات طائرات خفيفة الوزن وتعزيز كفاءة الصيانة. والجدير بالذكر أن الخطوط الجوية قامت بدمج غطاء الستائر – وهو جزء مهم مطبوع بتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد – في طائرة إيرباص A350 XWB، مما يُظهر التزامها بالتكنولوجيا المتطورة في عمليات الطيران.

الشكل 28: الطيران - الخطوط الجوية القطرية[44]

[44] البحث الأولي - مواقع إخباري

4. 8 التحليل الرباعي

يكشف التحليل الرباعي لقطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر عن نقاط قوة استراتيجية وفرص نمو للشركات الصغيرة والمتوسطة رغم التحديات الفريدة والضغوط التنافسية.

نقاط القوة

يستفيد القطاع من الدعم الحكومي من خلال منظومة قوية تعزز الابتكار، ودرجة عالية من التخصيص لتلبية احتياجات الأعمال، فضلاً عن تعاون كبير في مجالي البحث والبنية التحتية.

نقاط الضعف

يواجه قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر محدودية في البحث والتطوير في القطاع الخاص، ونقصاً في الخبرات المحلية، واعتماداً كبيراً على الواردات لتوفير المواد الخام والمعدات. كما يفتقر القطاع إلى أنظمة فعالة لتقييم احتياجات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

التهديدات

تواجه الشركات الصغيرة والمتوسطة منافسة من الأسواق الإقليمية والعالمية، بالإضافة إلى المنافسة من التصنيع التقليدي والتقلبات الاقتصادية. كما أن التكيف مع تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد والمواد الجديدة قد يكون مكلفاً وصعباً على هذه الشركات.

الفرص

يتمتع القطاع بإمكانات تحولية في مجالات السلع الاستهلاكية والرعاية الصحية وقطاع البناء، إلى جانب فرص الابتكار في قطاع التعليم. ويتطلب تحقيق أقصى استفادة من هذه الإمكانات الاستثمار في البحث والتطوير، وتنمية القوى العاملة الماهرة، وتعزيز الوعي الصناعي.

الشكل 29: التحليل الرباعي[45]

يسلط التحليل الرباعي لقطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر الضوء على نقاط القوة الرئيسية للشركات الصغيرة والمتوسطة، بما في ذلك شبكة دعم قوية. تتمتع هذه الشركات الصغيرة والمتوسطة بفرص كبيرة للاستفادة من الاستثمارات الضخمة في البحث والبنية التحتية والقطاعات ذات التأثير العالي مثل الرعاية الصحية والبناء، والتي توفر فرصاً قيّمة للتعاون والنمو. تسهم جهات مثل وزارة التجارة والصناعة ومركز قطر للمال في وضع المعايير التنظيمية وضمان الامتثال، بينما تقود كل من جامعة حمد بن خليفة، ومجلس قطر للبحوث والتطوير والابتكار، ومؤسسة قطر جهود البحث والبرامج التعليمية لتأهيل القوى العاملة الماهرة. بالإضافة إلى ذلك، توفر المؤسسات المالية والحاضنات موارد ودعماً يتيح للشركات الصغيرة والمتوسطة النمو والتطور ضمن بيئة الطباعة ثلاثية الأبعاد.

يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة الاستفادة من نقاط قوة القطاع لاغتنام فرص النمو، خاصة مع توقعات تحقيق معدل نمو سنوي مركب يبلغ 18.4% في قطاعات مثل الرعاية الصحية، والبناء، والنفط، والغاز.

على الشركات الصغيرة والمتوسطة التغلب على التحديات مثل صغر السوق المحلي والخبرة المحلية المحدودة والاعتماد على المواد الخام المستوردة لبدء عمليات تصنيع الطباعة ثلاثية الأبعاد. تؤثر هذه العقبات على النمو والاكتفاء الذاتي، ولكنها قد تقدم أيضًا فرصًا فريدة للشركات الصغيرة والمتوسطة لإنشاء ميزة تنافسية إذا تم التغلب عليها بشكل فعال. بالإضافة إلى ذلك، فإن التصدي للتهديدات الواردة من المنافسة المحلية والعالمية وتعزيز الخبرة المحلية أمر بالغ الأهمية للشركات الصغيرة والمتوسطة التي تهدف إلى الاستفادة من المنظومة المتطورة للطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر.

[45] تحليل الفريق

4. 9 تحليل القوى الخمس لبورتر

يسلط تحليل القوى الخمس لبورتر الضوء على الطبيعة الديناميكية والتنافسية المعتدلة لقطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر، كما يقدم رؤى استراتيجية للشركات الصغيرة والمتوسطة والشركات الناشئة التي تستكشف هذه السوق المتطورة.

قوة المورد– مرتفع

يعتمد القطاع على عدد محدود من الموردين للمعدات والمواد المتخصصة، مما يخلق درجة من القابلية للتعرض للمخاطر. يمكن للموردين الذين يمتلكون حصة كبيرة في السوق أو الذين يقدمون عروضًا فريدة أن يمارسوا تأثيرًا كبيرًا على التسعير والتوافر.

تهديد الوافدون الجدد–متوسط إلى مرتفع

يعد القطاع متاحًا للشركات الناشئة والشركات الصغيرة والمتوسطة بفضل الدعم الحكومي، ولكن متطلبات رأس المال الكبيرة وخبرة الشركات الراسخة تخلق تحديات للوافدين الجدد.

التنافسية – منخفض إلى متوسط

يواجه القطاع مستوى تنافسية منخفض إلى معتدل، نظرًا لحداثة السوق الذي يتميز بعدد محدود من الفاعلين، وتركيز على التطبيقات المتخصصة، بالإضافة إلى وجود بيئة تعاونية.

تهديد البدائل– متوسط

تشكل طرق التصنيع التقليدية والتكنولوجيات المتقدمة مثل التصنيع باستخدام الحاسب الآلي تهديدًا متوسطًا للطباعة ثلاثية الأبعاد، لكن القدرات الفريدة للطباعة ثلاثية الأبعاد تحافظ على أهميتها في تطبيقات محددة.

قوة المشتري– منخفضة إلى متوسطة

قد يختلف تأثير قوة المشتري وفقًا للتطبيقات المحددة والقطاع الصناعي. فقد توفر المشاريع الكبيرة في قطاعات مثل البناء والطيران للمشترين قوة تفاوضية أكبر مقارنةً بالمستهلكين الأفراد.

الشكل 30: تحليل القوى الخمس لبورتر[46]

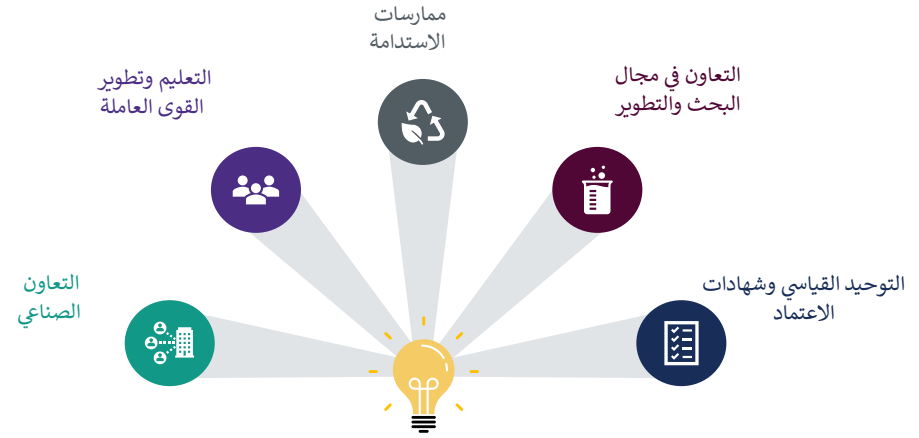
يُظهر تحليل القوى الخمس لبورتر أن قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر ديناميكي وتنافسي على نحو متوسط، ويوفر فرصًا وتحديات للشركات الصغيرة والمتوسطة والشركات الناشئة. وعلى الرغم من أن الدخول متاح للشركات الصغيرة، وخاصة بدعم من الحكومة، فإن العمليات الأكبر تواجه عقبات رأسمالية كبيرة. يتمتع الموردون حاليًا بقوة هائلة وذلك بسبب محدودية المعدات والمواد المتخصصة في القطاع، مما قد يؤدي إلى هيمنة مُحتملة من قِبل الموردين.

للمشترين الصناعيين الكبار تأثير كبير، لكن احتياجات التخصيص يمكن أن توازن هذا التأثير. تظل تهديدات التقنيات البديلة معتدلة، حيث تظل الأساليب التقليدية هي السائدة، على الرغم من أن قدرات الطباعة ثلاثية الأبعاد الفريدة توفر قيمة في بعض المجالات. لا يزال القطاع في مراحل تطويره الأولى، ويتميز بمنافسة منخفضة إلى معتدلة، وعدد محدود من اللاعبين، وتركيز على تطبيقات محددة. بالنسبة للشركات الصغيرة والمتوسطة والشركات الناشئة، فإن إمكانات نمو القطاع، المدعومة ببيئة تعاونية ومبادرات حكومية، تقدم فرصًا واعدة لأولئك الذين يمكنهم التكيف مع السوق المتطور.

[46] تحليل الفريق

4. 10 أفضل الممارسات العالمية

يمكن أن يسهم تبني أفضل الممارسات الاستراتيجية العالمية في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعزيز القطاع، لا سيما بالنسبة للشركات الصغيرة والمتوسطة. من خلال المواءمة مع المعايير والاستراتيجيات المثبتة، يمكن لقطر دفع عجلة الابتكار، وضمان الجودة، وتعزيز النمو المستدام. يوضح الشكل أدناه أفضل خمس ممارسات رئيسية وأهميتها للشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر:



الشكل 31: أفضل الممارسات العالمية[47]

التوحيد القياسي وشهادات الاعتماد: يضمن اعتماد المعايير الدولية (مثل ISO/ASTM) لعمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد والمواد المستخدمة تحقيق مستوى ثابت من الجودة. وبالنسبة لقطر، يتيح ذلك للشركات الصغيرة والمتوسطة تعزيز موثوقية منتجاتها والحصول على اعتراف في الأسواق العالمية من خلال برامج الشهادات المعتمدة.

التعاون في مجال البحث والتطوير: إن الاستثمار في البحث والتطوير والشراكة مع المؤسسات الأكاديمية يسهم في تسريع تقدم تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد. على سبيل المثال، أدت المشاريع التعاونية بين مجالس البحث الحكومية والجامعات إلى تطوير مواد مبتكرة مطبوعة بتقنية ثلاثية الأبعاد مع تطبيقات في مجالات الطاقة والطب، مما يبرز إمكانيات الشركات الصغيرة والمتوسطة في الابتكار لصالح الصناعات المحلية.

ممارسات الاستدامة: إن تبني المواد الخام الصديقة للبيئة وتنفيذ برامج لإعادة تدوير نفايات الطباعة ثلاثية الأبعاد يتماشى مع الأهداف العالمية للاستدامة. بالنسبة للشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر، لا يدعم ذلك الأهداف البيئية فحسب، بل يضعها أيضًا في موقع الريادة في ممارسات التصنيع المستدام، مما قد يجذب العملاء المهتمين بالبيئة.

التعليم وتطوير القوى العاملة: إن دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد في المناهج التعليمية وتقديم برامج تدريبية متخصصة أمر بالغ الأهمية لتطوير قوة عاملة ماهرة. في قطر، تسهم المبادرات مثل ورشة العمل الدولية الثانية للطباعة ثلاثية الأبعاد للتقنيات التطبيقية التي نظمتها جامعة الدوحة، بالإضافة إلى جامعات أخرى مثل جامعة قطر وجامعة حمد بن خليفة، في تعليم القوى العاملة المحلية.

التعاون الصناعي: إن تشجيع الشراكات بين شركات الطباعة ثلاثية الأبعاد والمستخدمين النهائيين والجهات الحكومية يسهل تبادل المعرفة والابتكار. ويمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر الاستفادة من هذا التعاون من خلال الانضمام إلى التحالفات الصناعية التي تركز على الطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي ستوفر الوصول إلى الموارد والخبرات وفرص السوق.

[47] تحليل الفريق, المصادر العامة

4. 11 توقعات السوق المستقبلية

المحفزات الرئيسية

دعم المنظومة المحلية - المبادرات والاستثمارات الحكومية الاستراتيجية: تلتزم الحكومة بتطوير تقنيات التصنيع المتقدمة، من خلال مبادرات تتماشى بشكل وثيق مع استراتيجية الوطنية للصناعات التحويلية 2024-2030 التابعة لوزارة التجارة والصناعة. ومن خلال الاستفادة من هذا التوجه، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد توسيع عملياتها، والوصول إلى التقنيات المتقدمة، وتعزيز قدرتها التنافسية على المستويين المحلي والدولي.

آفاق الطلب - الطلب المتزايد على التخصيص والكفاءة: كشفت المقابلات مع الشركات العاملة في هذه الصناعة عن الطلب المتزايد على حلول التصنيع المخصصة والفعّالة في القطاعات الرئيسية مثل الرعاية الصحية والبناء والسلع الاستهلاكية في قطر. وتتمتع تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد بمكانة مثالية لتلبية هذا الطلب، حيث توفر للشركات الصغيرة والمتوسطة فرصة تقديم منتجات وخدمات مخصصة بشكل كبير. بالإضافة إلى ذلك، فإن الاتجاهات المكملة الناشئة مثل الذكاء الاصطناعي التوليدي تفتح فرصًا جديدة في تصنيع وتصميم الطباعة ثلاثية الأبعاد.

التحديات الرئيسية

إمكانات الطباعة ثلاثية الأبعاد - الخبرة المحلية المحدودة: على الرغم من أن مجموعة المواهب المحلية في مجال تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد لا تزال في طور النمو، فإن هذا التحدي يمثل فرصة للشركات الصغيرة والمتوسطة لترسيخ نفسها كرواد للصناعة. من خلال الاستثمار في برامج التدريب والتعاون مع مؤسسات مثل واحة قطر للعلوم والتكنولوجيا، ومركز التميز الرقمي ومركز الحاضنة الرقمية، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة بناء قوة عاملة ماهرة لا تقتصر على تلبية احتياجاتها التشغيلية فحسب، بل تساهم في دفع عجلة الابتكار في القطاع.

توفر المواد - الاعتماد على المواد المستوردة: يمكن أن يؤدي الاعتماد على المواد المستوردة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى خلق ثغرات في سلسلة الإمداد. ومع ذلك، فإن هذا التحدي يوفر أيضًا للشركات الصغيرة والمتوسطة فرصة الابتكار من خلال تطوير المواد محليًا. ومن خلال الشراكات مع مؤسسات البحث والاستثمار في البحث والتطوير، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة الحد من الاعتماد على الواردات وتعزيز مرونة سلسلة التوريد والمساهمة في استدامة قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر.

● *التحديات الرئيسية* ● *المحفزات الرئيسية*

الاستثمارات الحكومية: تلتزم الحكومة بتطوير تقنيات التصنيع المتقدمة، ويمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد الاستفادة من ذلك.

الخبرة المحلية المحدودة: إن تنمية المواهب المحلية في تكنولوجيات الطباعة ثلاثية الأبعاد يوفر للشركات الصغيرة والمتوسطة الفرصة للريادة والابتكار ضمن النظام البيئي المتنامي في قطر.

الطلب على التخصيص: الطلب المتزايد على حلول التصنيع المخصصة في القطاعات الرئيسية يوفر للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة ميزة سوقية فريدة من خلال تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

الاعتماد على المواد: يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة تحويل الاعتماد على استيراد المواد إلى فرصة من خلال الابتكار في المصادر المحلية وتعزيز مرونة سلسلة التوريد.

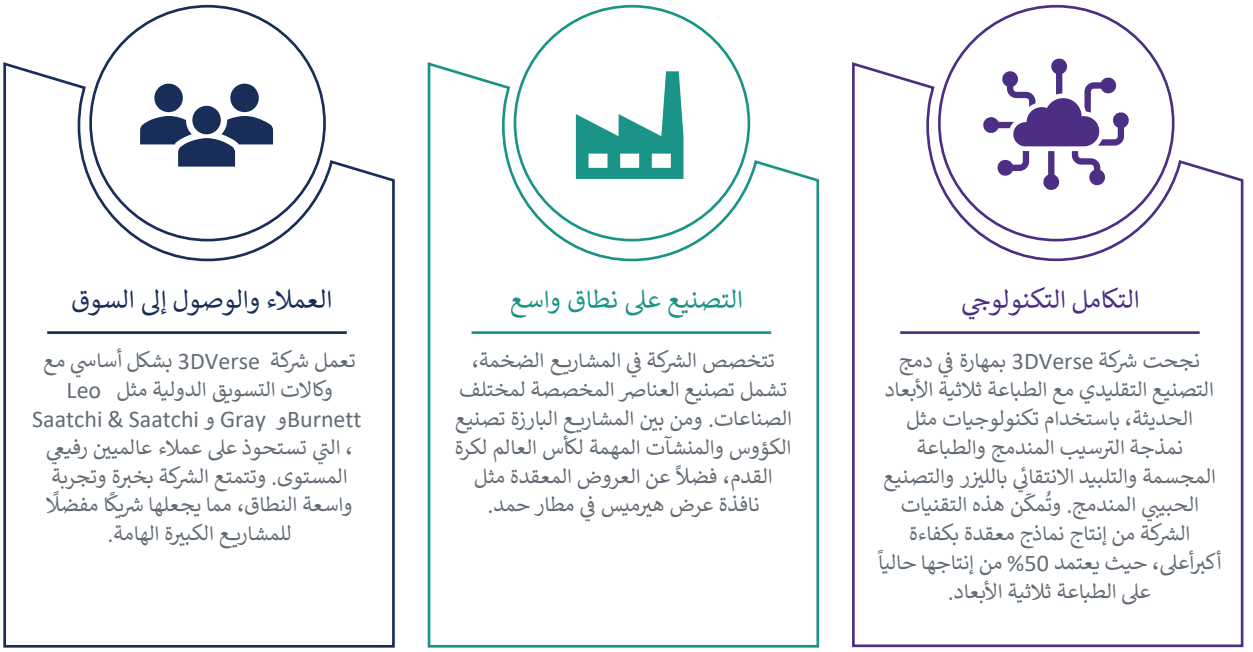
الشكل 32: المحفزات والتحديات الرئيسية[48]

[48] تحليل الفريق

4. 12 قصة نجاح - دراسة حالة لشركة 3DVerse Design

نظرة عامة على الشركة

تعد 3DVerse Designشركة راسخاً في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر، مع خبرة تشغيلية تمتد لست سنوات. يستخدم استوديو التصميم والتصنيع الخاص بها تقنيات طباعة ثلاثية الأبعاد متقدمة، بما في ذلك تقنية الطرح المنصهر (FDM)، لإنتاج مجموعة متنوعة من المنتجات مثل الواجهات المعمارية، والنماذج الفنية النحتية، والأثاث، وإطارات النوافذ، وغيرها من المنتجات المخصصة. كما وتدير المنشأة أكثر من 60 طابعة ثلاثية الأبعاد وتوظف أكثر من 50 موظفاً.



شكل 33:المنتجات الرئيسية - 3D verse Design [49]

الدروس المستفادة الرئيسية المقدمة للشركات الصغيرة والمتوسطة

توفر تجربة 3DVerse Design دروساً قيّمة للشركات الصغيرة والمتوسطة والشركات الناشئة في قطر الساعية للنجاح في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد التنافسي. ومن خلال الاستثمار في الخبرات الفنية وإتقان تقنيات التصنيع المتقدمة، يمكن لهذه الشركات تعزيز قدراتها وتحسين كفاءتها في إدارة المشاريع المعقدة بفعالية.

مكّن تقديم الخدمات لعدة صناعات شركة 3DVerse من توسيع نطاق وصولها إلى السوق وتعزيز مرونتها التشغيلية. وقد ساهم التزامها بالجودة والموثوقية في استقطاب عملاء دوليين بارزين، مما عزز مكانتها في السوق. أما بالنسبة للشركات الصغيرة والمتوسطة في قطر، فإن تنمية المواهب المحلية المتميزة وتكوين شراكات استراتيجية يعدان عنصرين أساسيين لتحقيق النمو والنجاح في هذه الصناعة الديناميكية.

*إن **الاستثمار** الاستراتيجي في التكنولوجيات المتقدمة والالتزام بالجودة يمكن أن يحول الشركات الصغيرة والمتوسطة إلى شركات رائدة في الصناعة، كما أثبتت شركة **3DVerse Design***

[49] البحث الأولي

4. 13 الآفاق المستقبلية وأهم التوصيات

مع استمرار نمو قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر، فإنه يوفر فرصًا كبيرة للشركات الصغيرة والمتوسطة لترسيخ وجودها في هذه السوق الناشئة. تم وضع التوصيات التالية لمساعدة هذه الشركات في التغلب على التحديات الفريدة والاستفادة من الفرص المتاحة ضمن منظومة الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر.

- **الاستفادة من الدعم والحوافز الحكومية:** يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة الاستفادة من الدعم الشامل المقدم من مطورو وجهات تمكين القطاع في قطر، مثل سكيل 7 وواحة قطر للعلوم والتكنولوجيا .حيث تقدم هذه الجهات برامج تسريع الأعمال، والإرشاد، وتطوير النماذج الأولية، ومرافق البحث والتطوير، والتمويل. كما تساهم منصات مثل منصة الصناعة المتقدمة في تعزيز تبادل المعرفة والتعاون، مما يعزز نمو الشركات الصغيرة والمتوسطة ويحفز الابتكار في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر.

- **استهداف القطاعات عالية النمو وعالية التأثير:** لتعظيم تأثيرها وإمكانات نموها، ينبغي على الشركات الصغيرة والمتوسطة أن تركز على القطاعات الرئيسية مثل البناء والرعاية الصحية والسلع الاستهلاكية. علاوة على ذلك، تقدم قطاعات مثل التعليم فرصًا واعدة للابتكار وزيادة الكفاءة من خلال الطباعة ثلاثية الأبعاد. من خلال التركيز على الحلول المتخصصة والاستفادة من الحضور السوقي الراسخ لدولة قطر في هذه المجالات، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة الاستفادة من الطلب الحالي وتحقيق ميزة تنافسية.

- **تطوير القدرات والموارد المحلية:** يُعَدُّ تطوير القدرات المحلية عنصرًا أساسيًا لتحقيق النجاح المستدام في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر. وينبغي على الشركات الصغيرة والمتوسطة التركيز على تنمية الخبرات الفنية من خلال الاستثمار في الكفاءات والتعاون مع المؤسسات الأكاديمية. علاوة على ذلك، فإن تعزيز مرونة سلاسل التوريد عبر تأمين أو تطوير بدائل محلية للمواد يُعَدُّ أمرًا بالغ الأهمية. فمن خلال هذا النهج، يمكن تقليل الاعتماد على الواردات، والحد من المخاطر، وتعزيز كفاءة سلاسل التوريد، مما يمنح الشركات قدرة أكبر على التكيف مع تحولات السوق.

- **تعزيز التعاون والشراكات الصناعية:** يعد التعاون مفتاحًا للازدهار في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطر. يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة أن تشارك بفاعلية في شراكات مع شركات إعادة التدوير المحلية التي يمكن أن توفر لها الوصول إلى المواد الخام، وكذلك مع المؤسسات الأكاديمية التي يمكن أن تقدم برامج تصميم الطباعة ثلاثية الأبعاد المتطورة. لن يعمل هذا التعاون على تعزيز قدراتها فحسب، بل ستضعها أيضًا في طليعة التطورات الصناعية. بالإضافة إلى ذلك، فإن التوافق مع أفضل الممارسات العالمية للطباعة ثلاثية الأبعاد وتبني المعايير الدولية يعزز مصداقيتها ويوسع نطاق وصولها إلى السوق ويضمن بقاء الشركات الصغيرة والمتوسطة قادرة على المنافسة في كل من الأسواق المحلية والعالمية.

ومن خلال تنفيذ هذه التوصيات الاستراتيجية، يمكن للشركات الصغيرة والمتوسطة تحفيز الابتكار وتعزيز مكانتها في السوق والمساهمة بشكل فاعل في نمو وتطور قطر من خلال أن تصبح من الشركات الرئيسية في قطاع الطباعة ثلاثية الأبعاد المتنامي في البلاد.

قائمة المصطلحات

- **الطباعة ثلاثية الأبعاد:** عملية إنشاء أشياء ثلاثية الأبعاد من خلال وضع طبقات من المواد. تمكن من إنشاء نماذج أولية سريعة، وتصنيع مخصص، وإنتاج أشكال هندسية معقدة عبر الصناعات.

- **الذكاء الاصطناعي (AI):** تكنولوجيا تمكن الآلات من محاكاة الذكاء البشري، ولعب دور في تحسين عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد، مثل مراقبة الجودة والصيانة التنبؤية.

- **التصنيع الإضافي:** عملية إنشاء الأشياء طبقة تلو الأخرى، مرادفة للطباعة ثلاثية الأبعاد. إنها تمكن من حلول التصنيع المبتكرة للأشكال الهندسية المعقدة والتخصيص في مختلف الصناعات.

- **AM Hub:** منصة الصناعة المتقدمة في قطر.

- **التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD):** برنامج يستخدم لتصميم نماذج ثلاثية الأبعاد مفصلة للطباعة. ضروري للتحكم الدقيق في هندسة وبنية الأشياء المطبوعة.

- **التصنيع بمساعدة الكمبيوتر (CAM):** برنامج يترجم نماذج التصميم بمساعدة الكمبيوتر إلى تعليمات لآلات التصنيع. ضروري للتشغيل الآلي لعملية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

- **التحكم الرقمي بالكمبيوتر (CNC):** التحكم الآلي في أدوات التصنيع باستخدام الكمبيوتر. غالبًا ما يتم دمجه مع الطباعة ثلاثية الأبعاد لعمليات التصنيع الهجينة.

- **التصميم للتصنيع (DFM):** تحسين تصميمات المنتجات لتبسيط عمليات التصنيع، وتقليل التكاليف والوقت في الطباعة ثلاثية الأبعاد.

- **المعالجة الرقمية للضوء (DLP):** تكنولوجيا طباعة ثلاثية الأبعاد تستخدم جهاز عرض لمعالجة راتنج البوليمر الضوئي طبقة تلو الأخرى، مما يتيح مطبوعات عالية الدقة بتفاصيل دقيقة.

- **التلبيد المباشر بالليزر المعدني (DMLS):** عملية طباعة ثلاثية الأبعاد للمعادن تدمج المسحوق بالليزر، وتستخدم لإنشاء أجزاء معقدة وعالية القوة في صناعات مثل الطيران والسيارات.

- **الصهر بشعاع الإلكترون (EBM):** يستخدم شعاعًا إلكترونيًا لصهر ودمج مسحوق المعدن طبقة تلو الأخرى. مثالي للتطبيقات عالية الأداء مثل مكونات الطيران والغرسات الطبية.

- **النمذجة بالترسيب المندمج (FDM):** عملية طباعة ثلاثية الأبعاد مستخدمة على نطاق واسع تقوم ببثق خيوط بلاستيكية حرارية، مثل حمض البوليكتيك أو أكريلونيتريل بوتادين ستايرين، طبقة تلو الأخرى لإنشاء نماذج أولية وأجزاء وظيفية.

- **رموز النظام المنسق (HS):** رموز موحدة دوليًا لتصنيف المنتجات المتداولة. أساسية لتصنيف وتنظيم استيراد الطابعات ثلاثية الأبعاد والمواد الخام.

- **الاندماج متعدد النفثات (MJF):** تكنولوجيا طباعة ثلاثية الأبعاد تستخدم فوهات متعددة لدمج المواد المسحوقة بشكل انتقائي. تشتهر بإنتاج أجزاء قوية وعالية الجودة على نطاق واسع.

- **المجلس الوطني للتخطيط (NPC):** تم تأسيسه في عام 2024، ليحل محل الهيئة السابقة للتخطيط والإحصاء. وهو الجهة الحكومية المسؤولة عن تطوير ومتابعة رؤية قطر الوطنية والاستراتيجيات وخطط التنمية.

- **استراتيجية الوطنية الثالثة للتنمية (NDS3):** خطة استراتيجية لتوجيه تنمية قطر. يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تلعب دورًا في تحقيق أهدافها من خلال تعزيز قدرات التصنيع والابتكار

- **راتنجات البوليمر الضوئي:** مواد سائلة تتصلب عند تعرضها للضوء. تستخدم في الطباعة ثلاثية الأبعاد الطباعة المجسمة والمعالجة الرقمية للضوء لإنشاء أجزاء مفصلة ودقيقة. مثالية لنماذج الأسنان والمجوهرات.

- **PolyJet الطباعة:** عملية طباعة ثلاثية الأبعاد تنفث طبقات من راتنج البوليمر الضوئي لإنشاء أجزاء مفصلة بمواد وألوان متعددة، مفيدة للنماذج الأولية والنماذج الواقعية.

- **البوليمرات:** المواد المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد، تشمل البلاستيك والراتنجات. وهي أساسية لإنتاج الأجزاء الوظيفية والنماذج الأولية في مختلف الصناعات.

- **مركز قطر للمال (QFC):** مركز مالي وتجاري في قطر، يوفر بيئة جذابة لشركات الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء عمليات والوصول إلى الأسواق الإقليمية.

- **رؤية قطر الوطنية 2030:** استراتيجية تنمية وطنية طويلة المدى تحدد رؤية قطر لاقتصاد متنوع ومستدام.

- **الطباعة المجسمة (SLA):** عملية طباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام الليزر لعلاج الراتنج السائل وتحويله إلى أشياء صلبة. تشتهر بدقة عالية وتشطيبات سطحية ناعمة، ومناسبة للنماذج الأولية والنماذج التفصيلية.

- **التصنيع بالتحبيب المدمج:** هو عملية تصنيع إضافية متقدمة تستخدم المواد الحبيبية، عادة الحبيبات البلاستيكية، لإنشاء أجسام كبيرة أو معقدة من خلال التشكيل الطبقي المتسلسل.

- **التلبيد الانتقائي بالليزر (SLS):** تكنولوجيا طباعة ثلاثية الأبعاد تستخدم الليزر لدمج المواد المسحوقة في أجزاء صلبة. مناسبة لإنتاج أجزاء قوية ومعقدة دون الحاجة إلى هياكل دعم.

- **خيوط البلاستيك الحراري:** مواد خيوط تذوب عند تسخينها وتتصلب عند تبريدها، تستخدم في الطابعات ثلاثية الأبعاد لنمذجة الترسيب المدمج. تشمل حمض البوليكتيك وأكريلونيتريل بوتادين ستايرين وبولي إيثيلين تيريفثالات جليكول، كل منها مناسب لتطبيقات مختلفة.

- **رأس المال الجريء:** الاستثمار في الشركات الناشئة ذات إمكانات النمو العالية. حيوي لتمويل شركات الطباعة ثلاثية الأبعاد ودعم تطوير التكنولوجيات والتطبيقات الجديدة.