تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المستحدثة وأثرها على مستقبل التصميم الصناعى فى ظل الثورة الصناعية الخامسة

هيثم محمد جلال

أستاذ مساعد - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Submit Date: 2023-06-01 16:52:21 | Revise Date:2023-08-20 21:07:25 | Accept Date: 2023-09-11 07:14:10

DOI:10.21608/jdsaa.2023.214924.1279

ملخص البحث:-

يفترض الباحث أن دراسة والتعرف على تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المستحدثة سيحسن ويطور ويسهل ويسرع من عملية تصميم المنتج بكل مراحله، ويخفض التكلفة أيضاً، ويجعل المستخدم فى بعض الأحيان هو المصمم ذاته، ويجعل كثير من المنتجات ليست فى حاجة الى التجميع، وسيصلح المنتج نفسه بنفسه دون وجود مهندس أو فنى صيانة، وستصبح المنتجات كلها صديقة للبيئة، وستدخل تلك الطابعات الى كل منزل لتلبى رغبات المستخدم فى كل شىء فى الطعام والشراب والثياب ... الخ.

وتتمثل أهمية البحث فى الكشف عن تقنيات مستقبلية للطباعة ثلاثية الأبعاد فى مجال التصميم الصناعى من شأنها:

تمكين المستخدم من صنع ما يشاء وقتما شاء، تسريع عملية الانتاج وخاصة الانتاج الفردى، امكانية استخدام عدد غير محدود من الخامات المتاحة فى تلك التقنية، التحكم بسهولة فى شكل المنتج وتعديله فوراً فى لحظات وتعدد البدائل، يوضح البحث كيفية التحكم فى سلوك المنتج وجعله ذكى ومتفاعل، تلك التقنيات قد تساعدنا على حفظ التراث وأثارنا العريقة، كيفية الحصول على منتج جيد وبسرعة وبتكلفة قليلة، كيفية تعليم الطلاب بصنع المنتج بأنفسهم، وتصميمه بأنفسهم. تتمثل اشكالية البحث فى التكلفة المرتفعة والوقت الطويل للانتاج، وتعرض بعض الأشخاص الى الخطر أثناء عملهم، كيف يمكن لتلك التقنيات أن تنقذ حياة أشخاص كثيرين يتعرضون للخطر من تلف عضو بأجسامهم، وكيف يمكننا الانتاج فى الوقت الفعلى، وكيف يمكن الحصول على منتج معقد بسهولة، وهل يمكن الحصول على منتج مجمع ومكتمل وجاهز للتشغيل بالطباعة ثلاثية الأبعاد، وهل يمكن جعل العملية التعليمية أسهل مع تلك التقنيات. وكان موضوع البحث فهذا البحث يتناول أحدث تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد الذى توصل اليها العلماء، بل ويتناول تقنيات طباعة سوف تتحقق فى المستقبل أيضاً، أثرت فى مجال التصميم الصناعى وغيرت من شكل عملية التصميم وغيرت بعض المفاهيم التى كانت سائدة لعقود.

كان من أهم نتائج البحث: تعريف المصمم بتقنيات الطباعة الثلاثية الأبعاد المستحدثة التى تفيد مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات، تحسين مراحل عملية تصميم المنتجات بداية من التصميم حتى التصنيع وحتى الصيانة، امكانية طباعة منتج معقد لا تستطيع الماكينات التقليدية انتاجه، التنوع فى بدائل التصميم دون تكلفة زائدة أو وقت طويل، امكانية الحصول على منتج كامل معقد بكل خاماته المتنوعة جاهز للعمل مباشرة، التوصل الى الغاء زمن الانتاج التقليدى فأصبح الانتاج بالطلب عند دفع تكلفة التصميم على الانترنت، تمكين المستخدم من صنع منتجه بنفسه أينما شاء و وقتما شاء وبالتكلفة التى ترضيه، أصبح فى امكاننا حفظ وترميم التراث.

الكلمات المفتاحية:-

" الطباعة ثلاثية الأبعاد" 3D Print-ing، " التصميم الصناعى " Industri-al design ، " الثورة الصناعية الخامسة " Fifth Industrial Revolution.

٣- التوصيات.
٤- المراجع.

● المقدمة Introduction :

منذ نشأة الخليقة ويسعى الانسان دائماً الى تلبية احتياجاته ومتطلباته فى الغذاء والمأوى والملبس والعلاج، وما ان بدأ عام ١٧٦٠م، بدأت الثورة الصناعية الأولى فى الظهور، وامتدت الى الثورة الصناعية الخامسة حتى الآن. فكل ثورة صناعية تكمل ما أنهته الثورة السابقة لها، وفى الثورة الصناعية الخامسة نرى تطبيقات أقرب الى الخيال منها عمل توازن بين الآلة والبشر، وظهور الجيل الجديد من " انترنت الأشياء"، والتطور المخيف لتكنولوجيا النانو، والروبوتات التى تتخذ قراراتها بنفسها، بل وتصلح نفسها أيضاً، وظهور جيل جديد من الطابعات ثلاثية الأبعاد التى اقتحمت كل المجالات واقتحمت المنازل والشركات والمصانع، بالتطور المذهل التى وصلت اليه من صنع أى شىء فى أى وقت وبجودة عالية، حتى صنع الطعام نفسه فأصبحت تلك الطابعات بمثابة الطباخ، والفنى، والمهندس، والعامل فى المنزل والمصنع وهذا هو دور هذا البحث فى توضيح فوائد تلك التقنيات الجديدة لتلك الطابعات الثلاثية الأبعاد، وتوضيح دورها بالأخص فى مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات التى ستحدث طفرة تكنولوجية فى هذا المجال فى السنوات القليلة القادمة.

● الإطار النظري Theoretical framework:

لإثبات الفرضية يجب إتباع خطة للوصول إلى الهدف:

يفكر الإنسان عندما يواجه إشكالية ما، فإذا توفرت بعض معلومات تتعلق بالإشكالية فإن المفكر يستند إلى هذه المعلومات، وقد يطلب المزيد منها ليصل إلى العناصر غير المعروفة فى الإشكالية، ونعبر عن هذا فى لغة المنطق بقولنا: إن المفكر ينتقل من المقدمات إلى النتائج، وهذا هو الإستدلال.

فالإستدلال بمفهومه العام هو العملية العقلية التى تتم بواسطتها الإنتقال من المجهول إلى المعلوم، فيجب فى البداية التعرف على تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المستحدثة وليست الحديثة، وتناول أهميتها للمصمم الصناعى، وأهميتها لعملية التصميم ككل، وللمستخدم أيضاً، وللسوق ... فهناك عدة محاور للبحث وهى:

أولاً: الطابعات المجسمة التقليدية، والثورة الصناعية الخامسة:

١- معنى الطباعة ثلاثية الأبعاد.
٢- الطابعات ثلاثية الأبعاد المعتادة.
٣- أهم سمات الثورة الصناعية الخامسة.

ثانياً: تقنيات الطباعة المجسمة المستحدثة فى ظل الثورة الصناعية الخامسة:

١- طابعات الطعام ثلاثية الأبعاد " الطبية ".
٢- طابعات السلامة المحمولة ثلاثية الأبعاد " الطباعة الفورية ".
٣- طابعات الحبر الحى " الطباعة الحيوية " لطباعة الأعضاء البشرية.
٤- طابعات مجسمة " للتصنيع السحابى" " اطبع منتجك بنفسك فى منزلك أو شركتك ".
٥- طابعات " الفوكسلات" Voxels المجسمة المبرمجة مسبقاً " المنتج يتحكم فى سلوكه من تلقاء نفسه" المنتج الحى.
٦- طابعات " الطين " ثلاثية الأبعاد.
٧- طابعات " الزجاج " ثلاثية الأبعاد.
٨- طابعات " الأحذية " ثلاثية الأبعاد.
٩- طابعات " الروبوتات اللينة " أو " الناعمة" ثلاثية الأبعاد.

ثالثاً:

١- المناقشة.
٢- النتائج.

● المفاهيم الأساسية Basic concepts:

أولاً: " الطباعة ثلاثية الأبعاد " 3D printing:

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تقنية مبتكرة تمكنك من إنشاء المجسمات من خلال نموذج رقمي. حيث تعرف الطباعة ثلاثية الأبعاد باسم "التصنيع المضاف"، وهو ينطوي على عملية أخذ النموذج الرقمي، وترجمته إلى سلسلة من شرائح أفقية في لغة الآلة، ثم طباعته عن طريق إضافة طبقات متعاقبة ودقيقة جداً (لا يتجاوز سمكها أجزاء من الميليمتر) من المواد حتى يتم إنشاء المجسم ثلاثي الأبعاد باستخدام عدد من التقنيات المختلفة.

(ملوحى، ناصر محى الدين (دكتور)، " **الطباعة المجسمة ثلاثية الأبعاد مستقبل رائع للتعويضات البشرية الحيوية**"، دار الغسق للنشر، سوريا، ٢٠٢١م)

ثانياً: " التصميم الصناعى " Industrial design:

هو عمليّة ترجمة الأفكار الإبداعيّة الخاصة بمظهر الأجهزة والمنتجات التي تُستخدَم بشكل يومي على شكل رسومات، وتُساهم الممارسة المهنيّة في تصميم شكل هذه المنتجات والأجهزة؛ في تطوير ورفع نوعيّة الخدمات المُقدّمة لملايين الأشخاص حول العالم، ويُركّز المصمّمون عادةً على دراسة وظائف هذه الأجهزة وقابليّة تصميمها والقيمة المضافة من تجربة هذه الأجهزة واستخدامها،

بالإضافة إلى الاهتمام بشكلها المادّي، وإنّ كل عنصر مادّي يتم التفاعل معه يوميًّا، مثل: السيارات، والأثاث، والأجهزة، والآلات، هو نتاج عملية تصميم صناعي تهدف إلى تحسين وتطوير حياة الأفراد.

ثالثاً: " الثورة الصناعية الخامسة " Fifth Industrial Revolution:

هى ثورة المستقبل من خلال الريادة والابتكار لربط ودمج العلوم الفيزيائية أو المادية بالأنظمة الرقمية والتكنولوجية في عمليات التصنيع الشامل والمستدام لعودة الأيدي والعقول البشرية إلى الإطار الصناعي والمزج والتعايش بين الأشخاص والآلات في مكان العمل والتفاعل بينهما؛ لخلق مجتمع فائق الذكاء يخلق التوازن بين الجانب الإنساني والجانب العلمي، وإنشاء عصر اجتماعي واقتصادي جديد ومبتكر يحدث التنمية الاقتصادية والاجتماعية والتكنولوجية والبيئية، ويحقق التنمية المستدامة للبشرية ويحافظ على كوكب الأرض.

أولاً: الطابعات المجسمة التقليدية، والثورة الصناعية الخامسة:

١ـ معنى الطباعة ثلاثية الأبعاد:

هي إحدى تقنيات التصنيع الحديثة، حيث يتم تصنيع القطع، عن طريق تقسيم التصاميم ثلاثية الأبعاد لها إلى طبقات صغيرة جدا، باستخدام برامج الحاسب الآلى، ومن ثم يتم تصنيعها باستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد عن طريق طباعة طبقة فوق الأخرى حتى يتكون الشكل النهائي، والطابعات ثلاثية الأبعاد في العادة أسرع وأوفر وأسهل في الاستعمال من التكنولوجيات الأخرى للتصنيع، وتتيح الطابعات ثلاثية الأبعاد للمطورين القدرة على طباعة أجزاء متداخلة، معقدة التركيب، كما يمكن صناعة أجزاء من مواد مختلفة، وبمواصفات ميكانيكية، وفيزيائية مختلفة، ثم تركيبها مع بعضها البعض.

وفي السنوات الأخيرة، أصبح من الممكن مالياً تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد على مستوى المشاريع الصغيرة، المتوسطة، والكبيرة بذلك انتقلت النمذجة من البيئة المكتبية الى الصناعات الثقيلة، كما أنه يمكن تطبيقها الآن في نفس الوقت على مجموعات مختلفة من المواد، ويمكن استخدامها فى جميع المجالات تقريباً وتستخدم المواد الحية وغير الحية.

كذلك تقدم الطباعة ثلاثية الأبعاد بدائل هائلة لتطبيقات الإنتاج، وتستخدم هذه التقنية في المجوهرات، الأحذية، التصميم الصناعي، العمارة، الهندسة، والانشاءات، السيارات، الطائرات، طب الأسنان والصناعات الطبية، وفى كل المجالات تقريباً.

https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing)

٢ـ الطابعات ثلاثية الأبعاد المعتادة:

تتعدد أنواع الطابعات ثلاثية الأبعاد تبعاً للخامة المستخدمة ومنها:

٢-١- طابعات ثلاثية الأبعاد تستخدم " بودرة السيراميك " بالمادة المتصلدة باللاصق.

٢-٢- طابعات ثلاثية الأبعاد تستخدم " الثرموبلاستيك " بالترسيب المنصهر.

٢-٣- طابعات ثلاثية الأبعاد تستخدم " الستيريوليتغرافى " بالليزر والسوائل.

٢-٤- طابعات ثلاثية الأبعاد تستخدم " معالجة الضوء الرقمى " المصباح القوسى والكريستال السائل.

٢-٥- طابعات ثلاثية الأبعاد تستخدم " الطباعة الحجرية الفراغية " سائل " الريزن".

٢-٦- طابعات ثلاثية الأبعاد تستخدم " المساحيق والسوائل والسبائك المعدنية ".

٢-٧- طابعات ثلاثية الأبعاد تستخدم " الموجات فوق الصوتية ".

(البلاولى ، ٢٠١٥م)

٣ـ أهم سمات الثورة الصناعية الخامسة:

٣-١- ستصبح الطابعات ثلاثية الأبعاد الأكثر استخداماً وشيوعاً فى كل المجالات.

٣-٢- التأكيد على مبدأ " الأنسنة " بدلاً من " الأتمتة " وتكبير مساحة وجود البشر فى الصناعة، بالتعاون مع "الروبوتات" والذكاء الاصطناعى، وضمان مكانة لائقة للقيم الانسانية، والغاء أزمة الثقة فى التكنولوجيا (التوازن بين الجانب العلمى والانسانى).

٣-٣- ستصبح كل المنتجات محافظة على البيئة.

٣-٤- انتشار الرقائق والشرائح والتقنيات المزروعة داخل جسم الانسان لأغراض العلاج.

٣-٥- ظهور مايسمى بـ " الادارة الرشيقة " وهى عمل الأشخاص عن بعد بشكل روتينى يومى كوظيفة.

٣-٦- تطور أنظمة الذكاء الاصطناعى " الشات بوت " لتصبح جزء روتينى من " تجربة العميل".

٣-٧- ظهور" واجهات الدماغ الحاسوبية " بدلاً من الهواتف المحمولة.

٣-٨- ظهور شبكات " الجيل الخامس والسادس" مع " انترنت الأشياء".

٣-٩- ظهور أنظمة " التتبع " والتحسين من الانتاج فى الوقت الفعلى.

٣-١٠- القضاء على بعض الوظائف الخطرة بـ " الروبوتات ".

٣-١١- ظهور مواد جديدة ستحدث تحول فى الصناعة وهى " الجرافين "، و" المايكرولاتس" التى تتميز بالصلابة الهائلة مع الوزن الخفيف.

https://article.murata.com/en-eu/article/what-is-the-fifth-(industrial-revolution)

ثانياً: تقنيات الطباعة المجسمة المستحدثة فى ظل الثورة الصناعية الخامسة:

١- طابعات الطعام ثلاثية الأبعاد " الطبية ":

سيكون الطاهي الجديد خاصتك طابعةً ثلاثية الأبعاد تقبع في مطبخك موصلة بالإنترنت وتنتظر رسائل نصية أو بريدًا إلكترونيًّا بتعليمات حول وجبتك القادمة.

فهناك طابعة من نوع " فاب آت هوم"، خراطيش هذه الطابعة تحتوى على سكر وملح، ودقيق، ومعجون مستخلص اللحوم ... الخ. وهى طابعات يمكن لأى فرد عادى أن يمتلكها فى منزله، وهى تفيد أكثر أصحاب الأمراض فمنها على نطاق واسع طابعات طعام طبية ثلاثية الأبعاد، وأصبح السيطرة على مرض السكر مثلاً أمر سهل، حيث تتلقى هذه الطابعات تدفقات من الاشارات اللاسلكية من شريحة صغيرة تكون مزروعة تحت جلد الشخص المريض تتابع قراءات نسبة السكر فى جسمه، وعندما يستيقظ الشخص فى الصباح تتلقى الطابعة ثلاثية الأبعاد قراءة حيوية مرسلة من تلك الشريحة وتضبط كمية السكر والتوازن الغذائى فى وجبة الافطار قبل طباعتها كما هو موضح (شكل١).

(https://medcontx.com)

شكل ١: طابعات طعام ثلاثية الأبعاد أحدهما بتقنية حقن الطعام، والأخرى بتقنية طباعة الطعام فى شكل طبقات

وهناك طابعات للشكولاتة، والبسكويت، والمعجنات. فتلك الطابعات تحتوى على بطاقة ذاكرة داخلية لحفظ وصفات الطعام المفضلة لدى المستخدم، وتكون متصلة بالانترنت حتى يستطيع المستخدم التحكم فى طعم ومصدر وجودة كل وجبة وقيمتها الغذائية، ومكونات الطعام تكون داخل خراطيش معدنية أو بلاستيكية، ويخرج الطعام فى شكل تركيبات غذائية متقنة، ومرتبة بدقة. حتى اللحوم والأسماك والفاكهة، كل ذلك يدخل تبعاً لعالم هندسة الطعام الصناعى.

فمثلاً لصنع البسكويت من طابعة ثلاثية الأبعاد ندخل المقادير للطابعة عم طريق الكمبيوتر(كوب دقيق، نص كوب سكر مطحون، امزجهما جيدا ثم اضف اصبع من الزبدة، ثم نصف كوب عسل، وملعقة صغيرة من الفانيليا، وربع ملعقة ملح) يدخل هذه المزيج فى خمسة عشر محقنا للطباعة ويتحدد

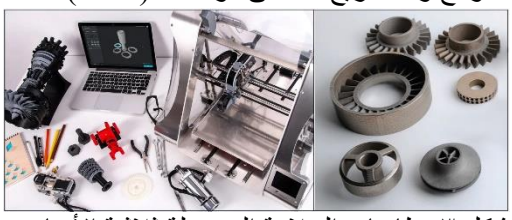
حجمه ٥٠ سنتيمتر مكعب، وتقوم الطابعة بخبز البسكويت وطهيه بسخانات ويصبح جاهز للأكل فى خلال خمسة عشر دقيقة (شكل٢).

(Rachel Laudan, 2020)

شكل ٢: طابعات طعام ثلاثية الأبعاد لبسكويت بالكريمة تعمل بتقنية الحقن

٢- طابعات السلامة المحمولة ثلاثية الأبعاد " الطباعة الفورية":

مثال على ذلك عمال المناجم أو عمال أى موقع من مواقع العمل، يحملوا معهم طابعة ثلاثية الأبعاد الهدف منها الطباعة الفورية بأجزاء الماكينات المستخدمة فى الحفر تحت الأرض أو طباعة فورية وتسمى طابعات المحمولة لأن الفنيين أو العمال يستطيعون حملها معهم لأى مكان وخاص أماكن العمل، بعد تحديث كل ملفات التصميم داخل تلك الطابعة لكل جزء من أجزاء الآلة أو الماكينة المراد طباعة جزء لها لمنع تعطل العمل الفورى فى المواقع والمشاريع كما هى موضحة (شكل٣).



شكل ٣: طابعات السلامة المحمولة ثلاثية الأبعاد مع اللابتوب الخاص بها للطباعة الفورية لأجزاء الماكينات المعطلة فى مكان العمل أو الموقع

٣- طابعات الحبر الحى " الطباعة الحيوية " لطباعة الأعضاء البشرية:

هناك عدد كبير من المرضى والمصابين الذين يبحثون عن أعضاء بديلة سواء داخلية أو خارجية فى الجسم البشرى، وتسمى "الطباعة الحيوية" بمقابل مادى بالطبع، فأصبح صناعة وطباعة أى عضو بشرى داخلى أو خارجى بديل أمراً سهلاً جداً، بعد عمل مسح ثلاثى الأبعاد لأجزاء جسم الشخص أو جسم المريض بالكامل، والاحتفاظ بتلك البيانات لوقت لاحق عند الاحتياج له، اذا حدث أى اصابة للشخص أو أى مكروه، لاستبدال العضو التالف أو المصاب بعضو حيوى سليم بنفس قياسات الجسم فهى تعتبر تقنية منقذة للحياة.

فهناك طباعة لاجزاء داخلية فى الجسم مثل الكلى، أو القلب ... الخ، من خلايا ومواد حيوية تؤدى نفس الوظيفة بكفاءة، وأيضاً يمكن طباعة المفاصل المصابة والصمامات والأوردة والبنكرياس ... الخ (شكل٤).

2022)-(Russ Banham

شكل ٤: طابعات الحبر الحى بالأنسجة الحية، منها طباعة القلب، البنكرياس، الأسنان، الأذن والأنف امتدت الطباعة أيضاً الى طباعة العظام والغضاريف، والأطراف البشرية من عظام وجلد من خلال أنسجة حية عاملة ومتحركة، والحبر الحى هو " جيل" قابل للطباعة يحتوى على خلايا حية متواجدة بداخله واسمه " الهيدروجيل"، يوضح الشكل التالى الأطراف الصناعية بالطباعة المجسمة (شكل٥).

(https://www.qualtechs.com/en-gb/3d-printing-revolution-in-the-medical-device-industry)

شكل ٥: طباعة العظام والأطراف منها بالأنسجة الحية، ومنها بأنسجة غير حيه مثل الأطراف الخارجية

٤- طابعات مجسمة " للتصنيع السحابى" " اطبع منتجك بنفسك فى منزلك أو شركتك :"

تستطيع وأنت فى منزلك أو شركتك أو مصنعك أن تقتنى طابعة ثلاثية الأبعاد حسب احتياجك، ثم تتصل بالانترنت وتتصفح التصميمات التى تريدها وليكن " فرشاة أسنان " وتطلع على تصميمات فرش الأسنان وألوانها وأحجامها على الانترنت. فهناك شركات تعرض تصميماتها للبيع على الانترنت كملف 3D جاهز وقابل للطباعة المجسمة، وتحدد نوع الفرشاة، وتضع عليها صورة أو شكل تحبه، ثم تشترى الفرشاة فى شكل ملف 3D قابل للطباعة المجسمة بعد طلبك للتعديلات التى تريدها على تلك الفرشاة عبر الشركة المتواصلة معك على الانترنت، بل وتدخل مقياس يدك وتصور شكل فمك وترسله للشركة لتضبط قياسات الفرشاة لتكون خاصة بك أنت وحدك، ثم تبدأ عملية طباعة الفرشاة فى خلال ١٥ دقيقة فقط لا غير، أو تطبع نظارتك الشمسية الخاصة بك، أو تطبع حذاء رياضى بقياس قدمك، أو تطبع فى المنزل Mobile Cover (شكل٦).

شكل ٦: التصنيع السحابى ثلاثى الأبعاد سيجعلك تطبع منتجك بنفسك فى منزلك " اتاحة التصميم والانتاج للمستخدم"

فالتصنيع السحابى هو نظام لا مركزى قائم على شبكات بالغة الضخامة من شركات تصنيع صغيرة، فالمنتجات لا تحفظ فى مخازن مادية ، ولكن تحفظ على شبكة الانترنت فى صورة ملفات 3d قابلة للتعديل وقابلة للطباعة المجسمة فى أى مكان.

فلو احتجت دراجة بخارية مثلاً ستعلن عن طلبك على سحابة التصنيع " أى على الانترنت ومراسلة كل الشركات المتخصصة فى ذلك المنتج، وسترسل الشركات لك التصميم الذى ارتضيته وأعجبك ليتم صنع اجزاء الدراجة عندك فى المنزل أو المصنع أو الشركة الخاصة بك فى وقت قصير وبتكلفة قليلة، فهذه السحابة توزع عملية الانتاج بشكل متقن وذكى على الشركات المشتركة أو الداخلة على تلك السحابة الالكترونية " الدفع مقابل الطبع".

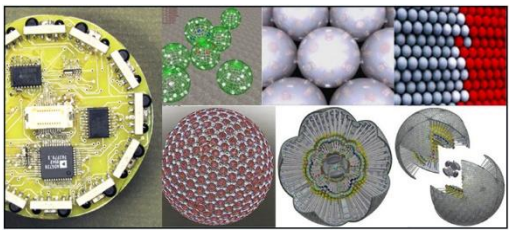
(https://m.al-sharq.com/3d printing cloud manufacturing)

٥- طابعات " الفوكسلات" Voxels المجسمة المبرمجة مسبقاً " المنتج يتحكم فى سلوكه من تلقاء نفسه" المنتج الحى:

من أحدث تقنيات الطابعات المجسمة **المطبقة بالفعل**، وهى تحويل المواد المطبوعة الى ما يسمى " الفوكسلات " Voxels وهى المقابل المادى " للبكسلات"، فالفوكسلات Voxels هى 3D أما البكسلات 2D، فالفوكسلات هى أجزاء صغيرة جداً من المادة تشبه الذرات وهى تكون من مادة صلبة ولكنها مفرغة من الداخل لتحوى أى شىء بداخلها تضعه فيها، ويوضح داخل تلك الفوكسلات دوائر الكترونية بالغة الصغر، تجعل المنتج يتميز بالذكاء والفاعلية.

تجعل تلك " الفوكسلات" Voxels المنتج يتحكم فى نفسه وفى سلوكه من تلقاء نفسه، تمكننا الفوكسلات من صنع منتج من مواد خام ذكية ونشطة، فيمكننا الحصول على منتج نشط وأنظمة طباعة نشطة، ويتم شحنها ببطاريات ليثيوم من نوع خاص مدى شحنه كبير، ويتم الشحن لا سلكياً

بتقريب المنتج من مصدر الشحن فقط دون أسلاك، على غير المعتاد من المنتجات العادية. وجعل المنتج قادر على التعلم والاستجابة والتفكير من تلك الفوكسلات المصنوع أو المطبوع منها طباعة ثلاثية الأبعاد، فيصبح المنتج يمتلك ذكاء ذاتى خاص به، لأن تلك " الفوكسلات" قابلة للبرمجة مرة أخرى فيمكن برمجة سلوك وطباع المنتج، وسيبدأ المنتج فى التفكير مثل استجابة المنتج لارتفاع أو انخفاض درجة الحرار من تلقاء نفسه أو استجابته للعوامل الجوية أو استجابته للحمل الزائد ... الخ. كما هو موضح (شكل٧).



شكل ٧: يوضح شكل " الفوكسلات " Voxels المبرمجة مسبقاً بدوائر الكترونية داخلية لجعل المنتج يشعر ويحس ويستجيب (ابراهيم، زياد - ٢٠٢٠م)

٦- طابعات " الطين " ثلاثية الأبعاد:

تعتبر من أرخص الخامات وهامة للغاية لعمل Prototype لأى منتج بدقة عالية وبخامة يمكن التحكم فيها والتعديل عليها، ميزة تلك الطابعة المجسمة بالطين أنه يمكن طباعة جسم بحجم كبير وليكن فى حجم سيارة وتجميعه بكل سهولة ولحامة لأن الطين يكون ليس صلداً تماماً بعد خروجه من الطابعة فيمكن تجميع الأجزاء بسهولة (شكل٨)، (شكل٩).

https://all3dp.com/2/ceramic-3d-printing-clay-simply-explained/)

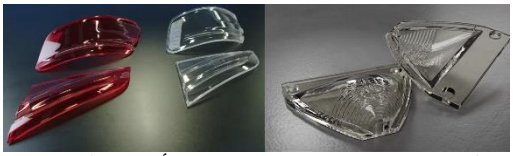
شكل ٨: يوضح امكانية تجميع المنتج المطبوع من الطين بسهولة لليونة الطين وامكانية تجميعه

شكل ٩: يوضح امكانية التحكم فى درجة تنعيم المنتج المطبوع 3D من الطين

٧- طابعات " الزجاج " ثلاثية الأبعاد:

ظهرت أيضاً طابعات ثلاثية الأبعاد الخامة المستخدمة فيها هى الزجاج المنصهر بدرجات حرارة عالية، تمكننا من صنع أصعب المجسمات والمنتجات بخامة الزجاج، وهناك أجزاء متعددة من المنتجات تكون مصنوعة من الزجاج مثل مصابيح السيارات (شكل١٠)، (شكل١١).

شكل ١٠: يوضح امكانية الزجاج 3d من خلال طابعة حرارية لاصهار المادة الرملية



شكل ١١: يوضح امكانية طباعة الأجزاء الزجاجية فى السيارة مثل المصابيح الأمامية والخلفية من الزجاج

https://all3dp.com/2/glass-3d-printing-simply-explained/)

٨- طابعات " الأحذية " ثلاثية الأبعاد:

يمكن لتلك الطابعات طباعة تصميمات ومواصفات تلائم شخصاً ما أو تلائم بيئة محددة، ونلاحظ عدم وجود أى مواد لاصقة فى تلك الأحذية، لأنه يتم

الطباعة ببوليمرات شديدة التحمل، فيتم مسح أقدام وكواحل العميل أو الرياضى أو العداء، وتنقل بيانات المسح المجسم 3d Scanning الى كمبيوتر يقوم بحسابات رياضية خوارزمية ثم يطبع الحذاء طباعة مجسمة، مصممة خصيصاً لشخص بعينه لتناسب وزنه وشكل قدمه بطريقة صحيحة رياضية، وأيضاً تستخدم لطباعة الأحذية الطبية (شكل١٢).

شكل ١٢: يوضح امكانية طباعة الأحذية بطابعات ثلاثية الأبعاد
https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/3d-printed-shoes/)

٩- طابعات " الروبوتات اللينة " أو " الناعمة" ثلاثية الأبعاد:

الروبوتات اللينة أو الناعمة هي مجموعة فرعية من الروبوتات التي تركز على التقنيات التي تشبه الخصائص الفيزيائية للكائنات الحية بشكل أوثق. يصف الخبراء نهج الروبوتات اللينة كشكل من أشكال المحاكاة الأحيائية التي يتم فيها استبدال الجوانب التقليدية والمبطنة بعض الشيء للروبوتات بنماذج أكثر تطوراً تقلد الحياة البشرية والحيوانية والنباتية.

واحدة من أسهل الطرق لوصف الروبوتات اللينة هي وصف الروبوت التقليدي. كان الروبوت كما صورت قبل عقود من تطوره الحالي عبارة عن مجموعة من الصناديق والأنابيب. كانت أسطحها معدنية صلبة. تحركت بطرق خطية محددة للغاية. تهدف حركة الروبوتات اللينة إلى تحويل ذلك إلى نوع جديد من الروبوتات حيث تبدو الروبوتات وتتصرف وتشعر بأنها كائنات بشرية أو حيوانات أو نباتات حيوية. يتمثل أحد الجوانب الأساسية للروبوتات اللينة في إنشاء وحدات معقدة متعددة الأجزاء يمكن أن تتحرك بطريقة أكثر تنوعًا، على سبيل المثال، بدلاً من سطح معدني صلب، سطح يتكون من أجزاء معدنية صغيرة يمكن أن تتحرك مثل الجلد البشري. يتم تطبيق الروبوتات اللينة على العديد من المشاريع في طليعة صناعة الروبوتات الجديدة حيث أصبحت الروبوتات أكثر إنسانية ، كما في حالة الروبوت الشهير "صوفيا"، ومنها يستخدم فى الطب والصناعة ورفع أو حمل البضائع (شكل١٣).

شكل ١٣: يوضح روبوتات " لينة" أو " ناعمة " مطبوعة بطابعة ثلاثية الأبعاد
https://www.shunlongwei.com/ar/a-universal-approach-to-tailoring-soft-robots/)

● المناقشة:

تهدف المناقشة الى توضيح ما أضافه الباحث، وأهمية البحث لتخصص التصميم الصناعى، فمن السطور السابقة حلل الباحث أهمية الطابعات ثلاثية الأبعاد فى مجال التصميم الصناعى وتتمثل فى:

١- " مجانية التعقيد" امكانية صنع منتج معقد بدون تكلفة عالية وبسهولة: ففى طرق التصنيع التقليدية كلما زاد تعقيد المنتج فى الشكل أو

الوظيفة، كلما زادت تكلفته، أما فى الطابعات الثلاثية الأبعاد الشكل البسيط والمعقد متساويان فلا يوجد مزيد من الوقت ولا تكلفة زائدة.

٢- عدم الحاجة الى تجميع المنتج: ففى التصنيع التقليدى يكون هناك خط تجميع، وقد يتم التجميع فى دولة أخرى بعيدة، أو مصنع بعيد عن سوق البيع، فكلما زادت الأجزاء المجمعة كلما زادت التكلفة وزاد وقت التجميع، لكن الطابعات ثلاثية الأبعاد تطبع وتصنع منتج مجمع جاهز للاستخدام، لانه يصنع من خلال طبقات فتلك الطبقات يمكنها صنع أعقد التصاميم وتجميعها معاً، وفى ذلك توفير المال والوقت وتقليل التلوث المنبعث.

٣- انعدام وقت الانتاج: لان تلك الطابعات يمكنها طباعة المنتج عند الطلب مباشرة، وعند الاحتياج للمنتج فى نفس الوقت، فلا يوجد حتى مخازن لتخزين المنتج، فتقل تكاليف التخزين والشحن.

٤- الحصول على بدائل تصميم لا نهائية للمنتج: يمكن طباعة وصنع منتجات تتميز بالامحدودية فى الشكل واللون والكتل والوزن، فهو انتاج خاص لأن كل ماكينات الصناعة جمعت فى طابعة ثلاثية الأبعاد فكل تقنيات التصنيع موجودة داخل طابعة واحدة.

٥- عدم الاحتياج الى خبرة لانتاج منتج جديد: لأن الطابعات ثلاثية الأبعاد تحتوى على ملف تصميم به جميع الارشادات وذلك يتيح التصميم للأشخاص فى البيئات البعيدة أو الأماكن ذات الظروف القاسية.

٦- قدرة الطابعات المجسمة على صنع منتجات تفوقها فى الحجم: لأنه يمكن تجزئه ملف التصميم عند الطباعة ومن ثم تجميعه بعد ذلك فيصبح حجم المنتج اكبر من حجم الطابعة المجسمة نفسها، وهذا غير متاح فى الماكينات التقليدية.

٧- المحافظة على البيئة من قلة مخلفات التصنيع: لأن الخامة الموجودة بتلك الطابعات موجودة فى وعاء أو حيز محدد بكمية محددة فلا يوجد مخلفات بنسبة ٩٠٪ وقد تصل الى ١٠٠٪ فى بعض الطابعات، والطباعة بمواد صديقة للبيئة.

٨- تعدد الخامات المستخدمة فى طابعة واحدة: وهذا غير موجود فى أى ماكينة حديثة، فالمزج بين عدة خامات بلاستيكية مثلاً، ومعدنية من الصعب جدا الحصول عليه فى أى ماكينة حتى الحديث منها.

٩- امكانية استنساخ أى شىء قيم: عن طريق المسح الضوئى ثلاثى الأبعاد ثم الطباعة ثلاثية الأبعاد مرة أخرى، وصنع نسخ طبق الأصل من الأجسام المادية، بل وتحسين وترميم الجسم الأصلى.

١٠- صناعة كل شىء من الدبوس الى السيارة: نظراً لتعدد خامات تلك الطابعات، وتعدد واختلاف قوة دقتها فى الطباعة فيمكننا صنع أى شىء تقريباً مهما صغر أو كبر.

١١- سد الفجوة بين العالم الافتراضى والعالم المادى: بتحويل البتات الى بكسلات مجسمة مطبوعة فكأنما نرسل جسم 3d بالفاكس واستقباله مجسم حقيقى على طابعة ثلاثية الأبعاد.

١٢- طباعة منتج جاهز للاستخدام النهائى: دون دخوله فى أى عمليات أخرى مثل التجميع أو التركيب أو التشطيب أو الاختبار.

١٣- التعلم باللمس، وبالأجسام المادية الملموسة القابلة لتغيير الشكل: لاثراء العملية التعليمية وخاصة فى المقررات الصعبة أو المعقدة منها مثل الرياضيات والفيزياء والميكانيكا .. الخ، وتحويل كثير من المقررات الى مقررات ثلاثية الأبعاد، فيكون التعلم باللمس، وسيكون الشرح على أجزاء لمنتج بحجمه الحقيقى ولكن بمواد خفيفة ورخصية وبلاستيكية.

١٤- الحصول على منتج ذاتى الذكاء: منتج يصلح نفسه تلقائياً، ويتكيف مع درجات الحرارة المختلفة، ويستجيب للمؤثرات الخاجية، أو حتى يطلب المساعدة من مستخدمه.

● النتائج:

١- تعريف المصمم بتقنيات الطباعة الثلاثية الأبعاد المستقبلية التى تفيد مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات.

٢- تحسين مراحل عملية تصميم المنتجات بداية من التصميم حتى التصنيع وحتى الصيانة.

٣- امكانية طباعة منتج معقد لا تستطيع الماكينات التقليدية انتاجه.

٤- التنوع فى بدائل التصميم دون تكلفة زائدة أو وقت طويل.

٥- امكانية الحصول على منتج كامل معقد بكل خاماته المتنوعة جاهز للعمل مباشرة.

٦- التوصل الى الغاء زمن الانتاج التقليدى فأصبح الانتاج بالطلب عند دفع تكلفة التصميم على الانترنت.

٧- تمكين المستخدم من صنع منتجه بنفسه أينما شاء و وقتما شاء وبالتكلفة التى ترضيه.

٨- أصبح فى امكاننا حفظ وترميم التراث.

ويوصى الباحث بتكملة البحث فى تقنيات الطابعات ثلاثية الأبعاد لما لها من عظيم الأثر لمجال التصميم الصناعى، دفع المصمم للبحث فى تقنية " الفوكسلات" التى تجعل المنتج وكأنه حى، يشعر ويستجيب بنفسه لما حوله، ادخال الطابعات ثلاثية الأبعاد فى التعليم الجامعى، فمنها أنواع ليست عالية الثمن، ستفيد العملية التعليمية، الاتجاه نحو التصميم الصديق للبيئة فى اختيار خامات المنتج، توجيه نظر الباحثين والمصممين الى البحث فى مواد

جديدة ستحدث تغير فى العالم وهى " الجرافين " و "المايكرولاتس".

● المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

١- البلاولى، على عبد الحكيم محمود، (٢٠١٥م) كتاب مترجم، " **الطباعة ثلاثية الأبعاد** "، الناشر دار الحكمة، بيروت، صفحة ٨٥-٨٧.

٢- ابراهيم، زياد، كتاب مترجم عن "هود ليبسن، ميلبا كيرمان"،(٢٠٢٠م)، "**الطباعة ثلاثية الأبعاد . ميلاد ثورة** جديدة "، الناشر مؤسسة هنداوى سى آى سى، المملكة المتحدة، الطبعة الثانية، صفحة ٩٠-٩٥.

٣- ملوحى، ناصر محى الدين (دكتور)، (٢٠٢١م)، " **الطباعة المجسمة ثلاثية الأبعاد مستقبل رائع للتعويضات البشرية الحيوية**"، دار الغسق للنشر، سوريا، صفحة ٣٥-٣٧.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

1- Rachel Laudan, (October 2020) “In Praise of Fast Food,” Utne Reader, page 45-66.

2- Quote from Russ Banham. (May 2022) “Printing a Medical Revolution.” Connections.T. Rowe Price, page 100-105.

ثالثاً: المواقع الالكترونية:

1- https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing (Accessed: 4/7/2020)

2- https://article.murata.com/en-eu/article/what-is-the-fifth-industrial-revolution (Accessed: 9/10/2021)

(Accessed: 3-https://medcontx.com 5/2/2022)

4- https://www.qualtechs.com/en-gb/3d-printing-revolution-in-the-medical-device-industry (Accessed: 4/7/2020)

5- https://m.al-sharq.com/3d printing cloud manufacturing (Accessed: 18/6/2022)

6- https://all3dp.com/2/ceramic-3d-printing-clay-simply-explained (Accessed: 9/3/2023)

7- https://all3dp.com/2/glass-3d-printing-simply-explained (Accessed: 4/1/2023)

8- https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/3d-printed-shoes (Accessed: 25/3/2021)

9- https://www.shunlongwei.com/ar/a-universal-approach-to-tailoring-soft-robots (Accessed: 2/2/2022)