مجلة الفنون والعلوم التطبيقية
Journal of Applied Arts & Sciences
جامعة دمياط Damietta University
كلية الفنون التطبيقية

الأثاث الرقمي وتكنولوجيا الطباعة الثلاثية والرباعية الأبعاد
Digital Furniture and ٣D & ٤D Printing Technology

عفت توكل محمد علي ضيف
المدرس بقسم التصميم الداخلي والأثاث _كلية الفنون التطبيقية _جامعة دمياط

ملخص البحث:
أحدثت تكنولوجيا الطباعة الثلاثية والرباعية الأبعاد تغيرا ثوريا في عمليات التصنيع لمعظم القطاعات الصناعية وتعد تحديا كبيرا في تغير مسار صناعة الأثاث ومناهجه التصميمية وتكمن **مشكلة البحث** في مدي نجاح التقنيات المتطورة لعلم التصنيع بالأضافة والتحديات التي يواجهها مقارنة لعلم التصنيع الطرحي ؟ **ويفترض البحث** إن زيادة الوعي لدي المختصين من المصممين والمصنعين بأمكنيات الطباعة الرقمية سيساهم في اتقان العمليات المعقدة التي لايمكن تحقيقيها باساليب التصنيع الطرحي . **ويهدف البحث** الي القاء الضوء علي مسار جديد في تقنيات صناعة الأثاث للتخلص من الطرق التقليدية المتعددة الخطوات وفتح أفاق جديدة للأستكشاف والابتكار، **وتكمن أهمية البحث** في الحاجة الي مواكبة التطورفي مجال صناعة الأثاث الذكي ودراسة التفاعل بين عملياته التكنولوجيا ومتطلبات السوق المعاصرة ، وتأتي **نتائج البحث** كالتالي: أن تحول انتاج الأثاث الرقمي _بواسطة تقنيات الطباعة الثلاثية والرباعية الأبعاد _من مرحلة النماذج التجريبية الي الانتاج الفعلي الكمي يؤثر بشكل عميق علي علم صناعة وتصميم الأثاث المستقبلي .كما **يوصي البحث** ضرورة زيادة الوعي بالتوجه نحو عمليات صناعية جديدة تتجنب سلبيات الصناعة التقليدية مما يستلزم تطور المعرفة بالتقنيات الحديثة وتوافرها في السوق المحلي هو السبيل للتخلي عن قيود الصناعة التقليدية .

الكلمات المفتاحية
علم التصنيع بالأضافة– الطباعة الرقمية الثلاثية الأبعاد _الطباعة الرقمية رباعية الأبعاد _صناعة الأثاث الرقمي .

مقدمة :
الأثاث الرقمي هو ناتج التحول التقني وأستخدام تكنولوجيا الحاسب الألي في كل من جانبي التصميم والتصنيع وتعد الطباعة الثلاثية والرباعية الأبعاد هي أحد التطبيقات لعلم التصنيع بالأضافة والذي يتحقق بأضافة المواد علي هيئة طبقات متراصة وفقا لنموذج رقمي تم أعداده بشكل مسبق ويتم تنفيذه بواسطة روبوت واحد مما يختزل العديد من العمليات الصناعية الطويلة لنهج صناعة خطوط الأنتاج الكمي ، وأدت التطورات المزهلة في تطور المواد الي فاتح أفاق جديد لعصر صناعة الأثاث الرقمي والتحرر من قيود خامات الأخشاب والمواد التقليدية ويقدم أندماج علم الطباعة الرقمية وعلم هندسة المواد حلا ناجح لأزمة توافر الأخشاب وأثرها البيئي السلبي حيث أصبح هناك قدرة علي أستخدام المخلفات والأحجار والمعادن الطبيعية في عمليات الطباعة ، كما أنها تعد مثير جديدا لخيال المصممين لأبداع افكار غير مسبوقة لا تحدها قيود التصنيع المسبوقة وتكمن أهمية البحث في الكشف عن الأمكانيات والتطورات الحديثة للطباعة الرقمية في مجال صناعة الأثاث الرقمي .

مشكلة البحث:كيف يمكن للتطور التكنولوجي لعلم صناعة التصنيع بالأضافة مواجهة الأثر السلبي لمراحل صناعة الأثاث التقليدية ؟

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)
(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)

أهمية البحث :

في الحاجة الي مواكبة التطورفي مجال صناعة الأثاث الرقمي ودراسة التفاعل بين عملياته التكنولوجيا ومتطلبات السوق المعاصرة .

فروض البحث:

إن زيادة الوعي لدي المختصين من المصممين والمصنعين بأمكنيات الطباعة الرقمية سيساهم في اتقان العمليات المعقدة التي لايمكن تحقيقيها باساليب التصنيع الطرحي .

أهداف البحث :

الي القاء الضوء علي مسار جديد في تقنيات صناعة الأثاث للتخلص من الطرق التقليدية المتعددة الخطوات وفتح أفاق جديدة للأستكشاف والابتكار.

.مصطلحات البحث :

علم التصنيع بالأضافة :

AM – Additive manufacturing وهي طريقة يساهم فيها علم الرياضيات بتحديد مكان وضع المادة وتحسين نسبة القوة الي الوزن – حيث تنتج أجزاء أخف بنسبة ٥٠ % من المصنع بالطرق التقليددية [١-p٤].

علم التصنيع الطرحي :

CNC computerized numerical computerهو عملية التصنيع التي تبدأ بكم كبير من المواد وبعد التشكيل تخلف الكثير من النفايات .

الأثاث الرقمي :

Digital furniture : هو نتاج تطبيقات التطور التكنولوجي لعلوم الحاسب الألي في كل من مرحلة التصميم من خلال برامج النمذجة الرقمية والتصنيع بواسطة أجهزة التحكم العددي والرقمي بتقنيات الطباعة الثلاثية والرباعية الأبعاد بالتعاون مع علوم هندسة المواد .

١. علم التصنيع الرقمي Computer-Aided Manufacturing.-CAM

بدأ علم التصنيع الرقمي بالتوازي مع ظهور التصميم الحسابي وانقسم الي التصنيع الطرحي CNC : computerized numerical computerهو عملية التصنيع التي تبدأ بكم كبير من المواد وبعد التشكيل تخلف الكثير من النفايات ،والتصنيع بالأضافة AM Additive manufacturing – وهي طريقة يساهم فيها علم الرياضيات بتحديد مكان وضع المادة وتحسين نسبة القوة الي الوزن – حيث تنتج أجزاء أخف بنسبة ٥٠ % من المصنع بالطرق التقليدية [١-p٤]_ وهذه التكنولوجيا وإن كانت حديثة في عالم صناعة الإنسان إلي انها موجودة في العالم الطبيعي الذي يعبر عن الوظائف من الأسفل الي الأعلي من خلال التنظيم الذاتي وتمايز الخلايا مثال أنثي الزنبور حينما تقوم ببناء العش حيث تقوم في البداية بعمل سلسلة من الخلايا تصل الي ٥٠ خلية مصنوعة من لحاء الأشجار الممضوغ كما في صورة رقم (١) ، ويتم ترتيب الخلايا في طبقات متراصة تسمي الأمشاط [٢] . وأول الصناعات التي تبنت فكرة التصنيع بالأضافة الفضاء ، الطب ، طب الأسنان وأمضت الصناعة ٢٨ عام لتعلم كيفية تطبيق التكنولوجيا علي النمذجة الأولية .

صورة رقم (1) حشرة الزنبور أثناء بناء العش من أسفل الي أعلي بأستخدام لحاء الأشجار الممضوغ وتوضح مفهوم التصنيع بالأضافة في الطبيعة ، المصدر
https://www.ngalarabiya.com/?fbclid=IwAR30dbj_lEpfIzbE UmkKCeMUUqX-idvLL81mFkxcv7WAEeYOafdfEpI-wlc

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)

تزايد التركيز علي الإنتاجية في المجالات الصناعية منذ مطلع الألفية الجديدة ، وحاولت الصناعات تطبيق المزيد من الأنظمة الحاسوبية في التصنيع فظهرت تقنية النمذجة الأولية السريعة RP – Rapid prototype المعروف باسم الطباعة الثلاثية الأبعاد أو وفقا لمعايير American society for testing and - ASTM material - وتستخدم الطباعة الثلاثية للأشارة الي التصنيع الإضافي وقد تم تعريفه من قبل ASTM الجمعية الأميريكية لإختبار المواد علي أنه " عملية دمج المواد لصنع كائنات من بيانات لنموذج ثلاثي الأبعاد ليكون علي هيئة مجموعة من الطبقات المتراصة علي عكس منهجيات التصميم الطرحي " وأحدثت ثورة في الصناعات بقدرتها علي تحويل البيانات الرقمية الي أجزاء مادية وبناء أشكال معقدة بواسطة الطباعة الرقمية [١-p٥].

عام ١٩٨٧ تم إطلاق أول نظام AM تجاري وهو جهاز الطباعة الحجرية المجسمة SLA-stereo lithography في الولايات المتحدة وكان أول تجربة لإنشاء كائن مادي بواسطة البيانات الرقمية الذي قدمها المخترع الأمريكي تشارلز تشاك هال Charles (Chuck) Hull حيث إستخدم ضوء الأشعة الفوق بنفسجية لتجميع البوليمرات في وعاء سائل ، وقد توصل الي هذه الفكرة أثناء عمله علي طلائات tabletops وهي نوع من الراتنجات السائلة التي تتصلب الي بلاستك عند تعرضها للضوء ويمكن إنتاجه بخصائص ميكانيكيا وكيميائية مختلفة ، ومن ثم بدأ هال يتخيل جهاز يمكنه معالجة هذا الراتنج في طبقات متتالية لتشكيل جسم ثلاثي الأبعاد وإبتكر امتداد STL الذي يستخدم الأن في مجموعة واسعة من عمليات التصنيع [٣-p٤١].

وفي عام ١٩٨٨ تم تقديم نظام الصهر الإنتقائي بالليزر SLS – selective laser sintering وهي أشعة ليزر عالية الطاقة لإذابة مسحوق المعدن وفي عام ٢٠١٤ ظهرت ماكينات الطباعة المنخفضة التكلفة الي السوق الإستهلاكية fused deposition -FDM modeling التي تعتمد علي الترسيب المنصهر بتسخين أسلاك البلاستيك والتي تم تطويرها من قبل سكوت كرامب Scott crump من أجل تسهيل عملية النمذجة الأولية .

ويعد التصنيع الإضافي أحد ثمار الذكاء الإصطناعي وتطور علم التحكم الألي بالألة الميكانيكية وكان أول ظهور للروبوتات في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا عام ١٩٦١، أستخدم ذراعًا مزودًا بأجهزة استشعار تعمل باللمس يعمل تحت سيطرة الكمبيوتروطرحت فكرت الروبوت - التحكم بالحاسب الألي لتحريك أي جهاز ميكانيكي- للقيام بسلسلة من الأعمال المعقدة لأداء المهام الصعبة التي يفضل الأنسان عدم القيام بها [٤-p٦] ، وأستخدم أول روبرت في مصنع في ترينتون ، نيو جيرسي لرفع القطع المعدنية الساخنة من آلة صب القالب وتكديسها وأصبحت الروبوتات تستخدم علي نطاق واسع في عمليات التصنيع والتعبئة والإنتاج الضخم للسلع الصناعية ويسمي هذا النوع بالروبوتات الصناعية .

٢,١ أنظمة الطباعة الثلاثية ٣d print systems

وصنفت ASTM أنظمة عمليات التصنيع الأضافي الي عدة فئات تختلف في طريقة الربط بين الطبقات منها ما يستخدم الليزر وأخر يستخدم مادة رابطة كالغراء لتحقيق تأثير الأنضمام بين الجزيئات والطبقات وتنقسم هذه الأنظمة [٥،ص:١٠٩] كالتالي:

- أنظمة قائمة علي السائل :من خلال عملية تسمي بالمعالجة يتم تحويل السائل الي مادة صلبة.
- أنظمة قائمة علي الصلب : تكون المادة علي هيئة صلبة أسلاك بلاستيكية يتم صهرها بالحرارة.
- أنظمة قائمة علي المسحوق : تكون المادة علي هيئة حبيبات .

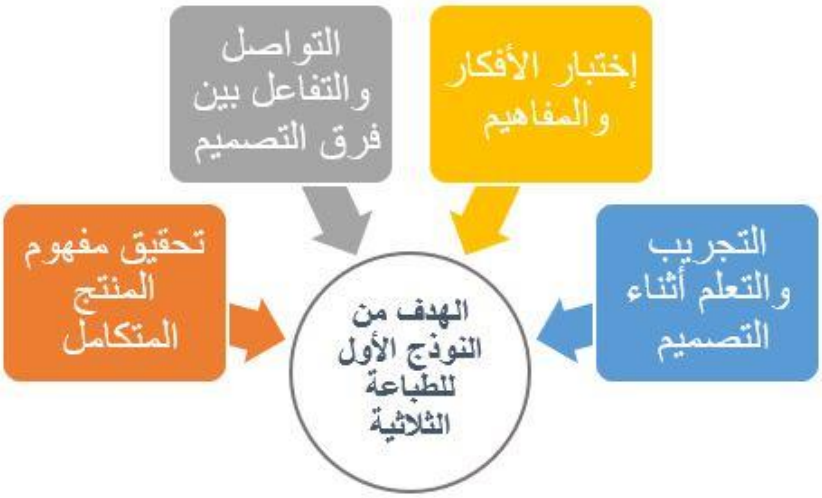
٣,١ مراحل الطباعة الثلاثية الأبعاد 3D Print steps

١. إعداد نموذج ثلاثي الأبعاد بواسطة برنامج حسابي وتحويله إلي شبكة سطحية تتكون من عدد من المثلثات triangles- –وتزداد تفاصيل المنتج بزيادة عدد المثلثات وإستخراجه في صيغة. STL

٢. إستخدام برنامج Slicer للحصول علي قطاعات عرضية وأفقية التي تشكل الجسم بالكامل بعد تكديسها ، ويختلف سمك الطبقة بأختلاف نوع الجهاز ويتراوح من ٠,١٠ الي ٠,٠٥ مم ويعتمد دقة سطح المنتج علي سمك الطبقة وحجم الفوهة[٤-p٥٨]

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)



شكل رقم (1) أهداف النموذج الأول للطباعة الثلاثية الأبعاد

٣٣ d printing & applied arts الطباعة الرقمية في مجالات الفنون والعلوم التطبيقية

كانت التسعينات هي بداية العلاقة بين الفنانين والنماذج الأولية السريعة RP ولكن معظمها كان مرتبط بثقافة البحث الأكاديمي للجامعات التي لديها موارد وقدرة علي الوصول الي أدوات بحثية جديدة ومن روادها Neri oxman نيري أوكسمان و أريس فان هيربن Iris van Herpen فكل منهم دمج الطباعة الثلاثية في أعمالهم وإعتبارها جزء لا يتجزاء من النتائج المادية ، فقدم كل من أريس فان و جوليا كورنر عرض أزياء لملابس مطبوعة ثلاثية الأبعاد عام ٢٠١٢ بأستخدام ماكينة الطباعة Selective Laser Sinthering حيث عمل الليزر علي تلبيد حبيبات المسحوق وطباعتها لتكون هيكل خوارزمي شبكي [٦] .

صورة رقم (2)من تصميم جوليا كورنر زي الملكة راموندا من فيلم النمر الأسود Hollywood Film Black Panther بمساعدة الطباعة ثلاثية الأبعاد2018 ، المصدر https://cutt.us/qiAOy

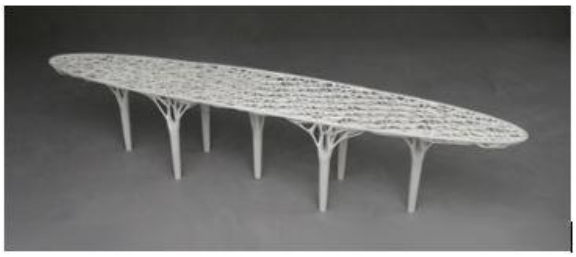
صورة رقم (3) noise morphology من تصميم jonathan keep 2012 مطبوع رقميا ، المصدر ، http://www.keep-art.co.uk/Singles/morph01.html

١,٢ الطباعة الرقمية في مجال الأثاث

في مجال الأثاث كان أسلوب AM هو الحل لمشكلة التجميع والمراحل المتعددة التي تحتاجها صناعة الأثاث ، وأول قطع الأثاث التي تم طباعتها مقعد ترابيكولا من تصميم Janne Kyttänen عام ٢٠٠٧ وتم طباعتها بألة SLS حيث تم تلبيد جزيئات مسحوق البولي أميد (مادة بلاستيكية حرارية) بواسطة طاقة الليزر [٧-p٧] .

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

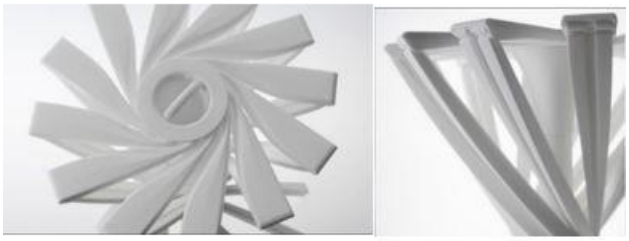
(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)



صورة رقم (4) مقعد ترابيكولا Trabecula Bench من تصميم Janne Kyttänen عام 2007 بواسطة الطباعة الرقمية الثلاثية الأبعاد من مادة النايلون الملبد وألياف الكربون ، المصدر https://www.architonic.com/en/product/freedom-of-creation-trabecula-bench/1057767

صورة رقم (5) أريكة sofa so good من تصميم Janne Kyttanen's تم طباعتها بواسطة الطباعة الحجرية SLA وتتكون من6000 طبقة وسمك الطبقة 0.0099 سم ، المصدر https://cutt.us/lEjr4/

أهم التحديات التي تواجه صناعة الأثاث الرقمي هي التحول من الأنتاج التجريبي _مرحلة النموذج السريع _الي الأنتاج الفعلي الكمي ،وحل مشاكل تعقيدات الشكل والمواد المستخدمة ومراعات الجوانب الوظيفية قدم المصمم الفرنسي باتريك جوين Patrick Jouin في عام ٢٠٠٤ مجموعة أثاث بأسم Solid وأستخدم فيها تقنية النمذجة الأولية السريعة RP- rapid prototyping بمساعدة برامج التصميم الحسابي للحصول علي نموذج ذو تنظيم ذاتي وتم إنتاجه بواسطة الطباعة الرقمية ثلاثية الأبعاد وأستخدام تقنية الليزر في تقوية طبقات المادة للحصول علي مجسم خالي من وصلات التجميع ، وتتكون المجموعة من طاولة T١ كرسي C١ وكرسي S١ وكرسي One shot وهو مقعد مفصلي قابل للطي لا يحتوي علي محور أو براغي للتجميع وانما يأخذ الكرسي هيئته بسحب المقبض المركزي لتتحرك أجزائه بفعل الجذبية الأرضية ليصبح جاهز للأستخدام[٨].



صورة رقم (6) مقعد One shot من تصميم Patrick Jouin عام 2004 تم تصميمه بمساعدة أدوات التصميم الحسابي وانتاجه بواسطة الطباعة الثلاثية الأبعاد يتميز بالتنظيم الذاتي حيث يأخذ شكله تحت تأثير الجاذبية الأرضية ولا يحتوي علي براغي تجميع ، المصدر https://i.materialise.com/blog/en/5-amazing-full-sized-furniture-pieces-made-with-3d-printing/

كما ساهمت الطباعة الثلاثية في بداية الأمر في صناعة الأثاث المقولب للأشكال الغير منتظمت الشكل ،حيث يتم طباعة الفالب علي هيئة جزئين أو أكثر من ثم يتم صب المادة عن طريق الحقن اذا ماكانت بلاستيكية او معدنية وعرف حين أذ بأسلوب صناعة

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)

القوالب السريعة وكان بيتميز بالسرعة وتوفير خطوة التجميع ، ثم أصبحت طباعة الأثاث هي الخطوة المباشرة والنهائية للمنتج مع تطور أمكانيات الألات في الطباعة ، حيث قام المصمم كويج Dirk Vander kooij بأستخدام ألة طباعة متقدمة يستطيع فيها رأس الطابعة التحرك في أكثر من ثلاث محاور ٣Axies مما مكنه من أنتاج شكل أكثر اتقاننا في مجموعته Endless flowing [٩-p٣].

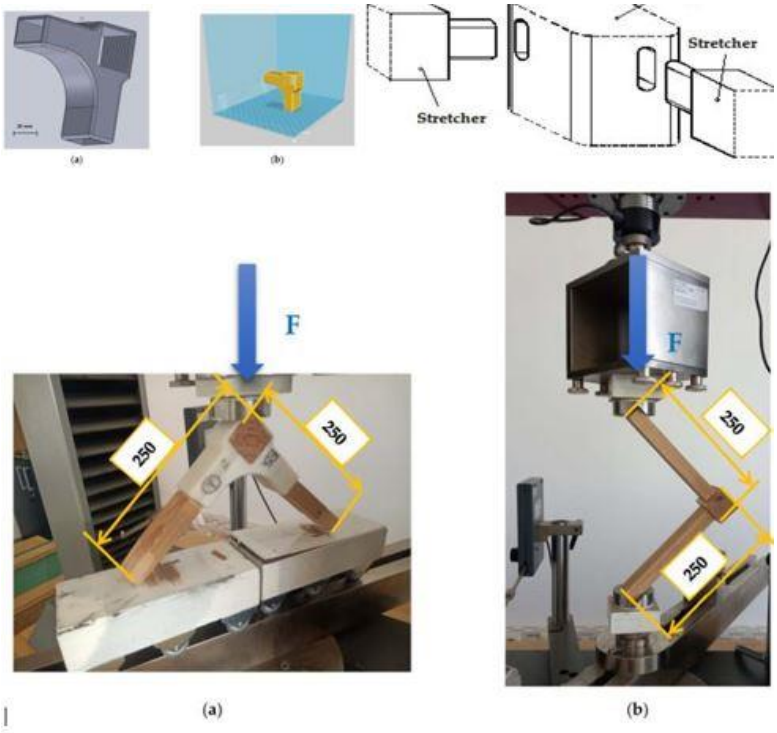
صورة رقم (7) مقعد Vander kooig من تصميم endless flowing عام 2012م المصدر https://dirkvanderkooij.com/chubby

كما أستخدمت بعض الأجزاء المطبوعة كعناصر مكملة لصناعة الأثاث التقليدية كبديل لوحدات التجميع وأوضحت الدراسات في بعض التجارب المعملية تم أستخدام وصلات تجميع مطبوعة كبديل لوصلة خشبية تجمع بين رجل كرسي وعارضة أفقية (ساق) وعمل دراسة مقارنة للخواص الميكانيكية والرياضية ومن نتائج التجربة أن أستخدام الوصلات المطبوعة سجلت قيم أنحناء وعزم أقل من الوصلات التقليدية بمقدار ١٢,٤٣ نيوتن متر للشد و٨,٧٥ للضغط [١٠].

صورة رقم (8) أستخدام وصلات مطبوعة كبديل لوصلات التجميع التقليدية وكجزء من مكملات التصميم ،المصدر https://www.woodworkingnetwork.com/community/project-gallery/walnut-table-prototype-using-3d-printing

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)



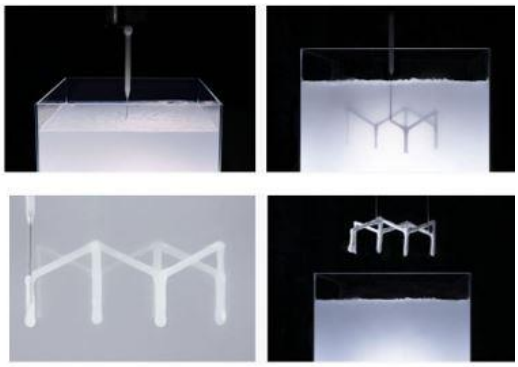
صورة رقم (9) تجربة معملية 2016 لمقارنة القوي الميكانيكية لوصلة خشبية وبديلها المطبوع بمدينة تشغشوستا مقاطعة خنان بالصين ،المصدر
Antoniu Nicolau,1 Mihai Alin Pop,2 and Camelia Coşereanu1 ،
3D Printing Application in Wood Furniture Components Assembling Materials (Basel) ، doi: 10.3390/ma15082907 15 April 2022

٣,٢ الطباعة السائلة Rapid liqued printing RLP

تعاون العلماء في مختبر التجميع الذاتي(Self assemply) في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا مع شركة(Steelclase) للأثاث لتحقيق طفرة في الطباعة الثلاثية الأبعاد وهي ما يسمي الطباعة السائلة السريعة (Rapid liquid printing -RLP)وتتيح هذه التقنية إنشاء منتجات كبيرة الحجم في دقائق معدودة مثال طاولة باسيل ستون (Basil stone) بدون قيود الجاذبية حيث لاتحتاج الي عمل طبقة تلو الأخري ، ويتم تقوية التصميم عن طريق تفاعل كيميائي عند ملامستها للسائل الهلامي ، بدلا من إستخدام طرق ضبط الضوء والحرارة ومن ثم يتم إخراج الجسم دون الحاجة الي معالجة وتزيد هذه التقنية من سرعة الإنتاج حيث يصل الوقت اللازم الي عدة دقائق ، وقد أوضح(Skylar tibbits) سكايلر تيبتس مؤسس مختبر التجميع الذاتي أن سطح الطاولة إستغرق ٢٨ دقيقة حيث كان يستغرق الامر بطباعة الثلاثية التقليدية الي ٥٠ ساعة [١١].

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)



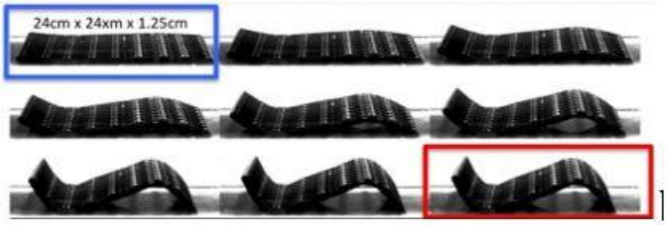
صورة رقم (10) مراحل طباعة السائلة السريعة Rapid liquid printing لمنتج داخل سائل هلامي ، المصدر ، https://selfassemblylab.mit.edu/rapid-liquid-printing

صورة رقم (11) منضدة باسيل ستون Basil stone والذي تم طباعة سطحها بواسة RLP في تعاون بين معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا مع شركة Steelclase ، https://selfassemblylab.mit.edu/rapid-liquid-

٣ . الطباعة الرباعية الأبعاد 4D Printing

هي العملية التي من خلالها يتحول المنتج الناتج بالطباعة الثلاثية الأبعاد الي هيكل أخر نتيجة لتغير أحد المؤثرات عليه كالحرارة والضوء والمحفزات البيئية الأخري ، وكانت هذه التقنية جزء من مشروع مختبر التجميع الذاتي الذي سعي للجمع بين التكنولوجيا والتصميم لإبتكار مواد قابلة للبرمجة بهدف إعادة تصور مجالات البناء والتصنيع وتم تقديمها لأول مرة عام ٢٠١٣، ويرمز للزمن بالبعد الرابع حيث يتحول النموذج بمرور الوقت الي شكل أخر ويرجع ذلك الي إستخدام مواد قابلة للبرمجة تجعل المنتج ذو سلوك ذكي حيث تستهدف الشكل و الخاصية والوظيفة مما يحقق مبدأ التجميع الذاتي[٢-p١٢].

تمكن الطباعة الرباعية الأبعاد-٤d – من إنشاء أجزاء تعمل ذاتيا للتفاعل مع بيئتها ، وقد تم تطوير العديد من تقنيات التصنيع المضاف لمعالجة البوليمرات النقية والمركبات النانوية للبوليمر مثل الطباعة الحجرية Stereo lithographic -SL والإسقاط الضوئي الرقمي –DLP Digital projection – والطباعة القائمة علي البثق [٣-p١٣]. وساهم التطور في علوم المواد وهو العلم الذي يبحث في خواص المواد بهدف تحقيق سمات جديدة كأن تكون أخف وزنا وأكثر قوة وقابلة لأعادة التدوير والشفاء الذاتي [١٠٩:ص،١٤] .



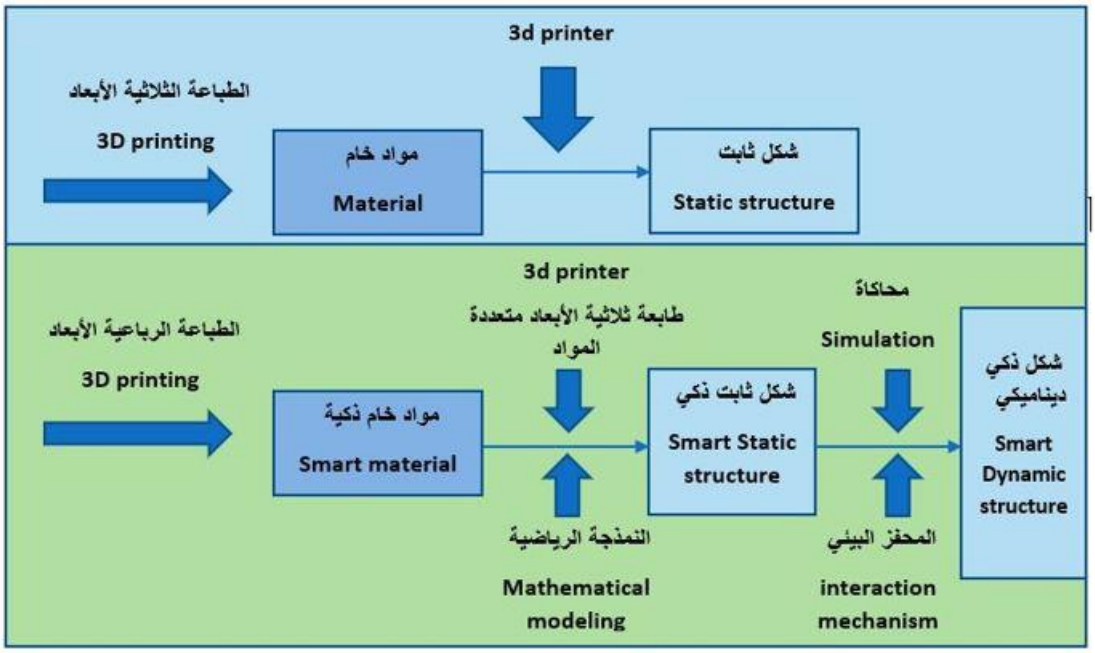
صورة رقم (12) نماذج لتجراب لمختبر التجميع الذاتي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا حدوث تغير في شكل المنتج الذي تم طباعته بالطباعة الثلاثية الأبعاد نتيجة خاصية الألتواء المبرمجة في المواد الذكية نتيجة تغير درجة الحرارة ، المصدر https://selfassemblylab.mit.edu/4d-printing

٣ .١ أساسيات الطباعة الرباعية الأبعاد 4d printing basics

الإختلاف الرئيسي بين الطباعة الرباعية والثلاثية الأبعاد هو التصميم الذكي والمواد الذكية و تتغير الهياكل المطبوعة في كل من الشكل والوظيفة ، وتم تعريفها من قبل معهد MTI علي أنها تصنيع هياكل مطبوعة بواسطة الطباعة الثلاثية الأبعاد لأشكال ذات خصائص ووظائف قابلة للتكيف وقابلة للبرمجة كدالة الوقت ومستجيبة للمؤثرات مثل (الحرارة ،الضوء، الطاقة المغناطيسية ،الرياح، المياه، الرطوبة) ، أما الطباعة الثلاثية الأبعاد تنتج هياكل ثابتة البيانات في الإحداثيات الثلاثية الأبعاد[٣-p١٣].

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)



شكل تخطيطي رقم (2) الفرق بين الطباعة الثلاثية والرباعية الأبعاد ، المصدر Farhang Momeni, Seyed M.Mehdi Hassani.N, Xun Liu ∗, Jun ni , , A review of 4D printing , 2ScienceDirect , MI 48109, USA, 2017 ,page.

وتعتمد الطباعة الرباعية الأبعاد بشكل أساسي علي المواد الذكية ،حيث أنها قادرة علي تغيير الشكل أو اللون أو درجة الصلابة أو الشفافية ويحدث التغيير الذي يعتمد علي الوقت في الشكل أو الخاصية أو الوظيفة بواسطة أنواع مختلفة من المحفزات مثال التغيير في الهيكل من خلال التحكم التحول الهوائي لإنشاء الشكل أو التجعد بفعل الطي أو الإجهاد والإنتفاخ الحراري ومايسمي بذاكرة الشكل [١٣-p٤].

٢,٣المواد الذكية وأنماط تغير الشكل Smart materials and shape change patterns ٢,٤

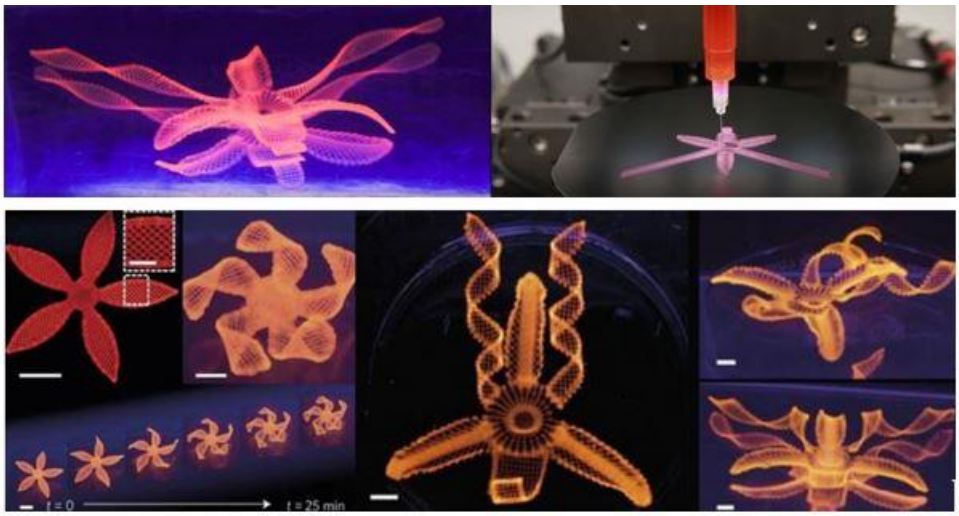
المواد المتغيرة الشكل تنقسم الي فرعين:

- مواد يتغير شكلها بعد تعرضها للمحفز وتعود إلي شكلها الدائم بعد زوال تأثيره وقد يقتصر علي تعديلات بسيطة كالتمدد والإنكماش .
- التوزيع المتدرج للمادة الواحدة ،إن كثافة الهيكل تختلف من موضع لإخر ،هذا التباين يمكن من توليد سلوكيات متغيرة الشكل مثل الإنحناء والإلتواء والتي تتجاوز التوسع والإنكماش الخطي ، فالهياكل البيولوجية تتكون من بروتينات والحمض النووي الذي يعتبر اللبنات الأساسية التي يمكن إعتبارها وحدة البكسل في الفيزياء وفي الطباعة الرقمية يعد الفوكسل Voxel _هو كلمة مكونة من شقين Volumetric و Pixel أي عنصر حجمي، يمثل الفوكسل مكعب أو نقطة ذات لون معين في مجسم ثلاثي الأبعاد، الفوكسل هو عنصر في مجسم ثلاثي الأبعاد كما البكسل هو عنصر في سطح ثنائي الأبعاد _ مشابه لها ، ويلعب الترتيب المكاني للفوكسل دورا رئيسيا في تحديد ملامح الهيكل ويحتوي كل فولكس علي مادة واحدة فقط لها خصائص مميزة [١٢-p١٤].
- ويتم تحقيق سلوك تغير الشكل من خلال مفصلات ذكية مدمجة داخل البناء وفي تجربة لجلادمان Gladman وأخرون لطباعة زهرة الأوركيدا الذكية تم طباعة هيكل مسطح بواسطة الطباعة الثلاثية الأبعاد من مادة الحبر الهيدروجيل – ليحاكي هيكل جدران الخلية النباتية وهو يتألف من مصفوفة لينة من مادة الأكريلاييد المعززة بألياف السيللوز – ويطبع المركب بأستخدام حبر لزج مطاطي يحتوي علي محلول مائي والغرض منها هو أن تشبه الهياكل الدقيقة للزهور التي تعطيها القدرة علي تغيير شكلها بناء علي تغير درجة الحرارة والرطوبة ، ويعمل الماء كحافز للتغير الشكل بناء علي نسبة إمتصاص الماء من مكان لأخر وعندما يؤدي ذلك الي توسع المادة وتوليد قوة تغير الشكل وعندما يتم ترتيب المواد بشكل

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)

مناسب مع بعضها البعض يتحقق سلوك تغير الشكل المعقد ، حيث يعتمد تغير الشكل علي الترتيب المكاني للمادة المحبة لإمتصاص الماء والأخر الصلبة[١٨p-١٢].



صورة رقم (13) تجربة لفريق معهد WYSS في هارفرد للهندسة المستوحاة بيولوجيا لتطوير إسلوب طباعة مجهري جديد لإنشاء مواد قابلة للتحول ، المصدر blob:https://www.youtube.com/ded68339-7db2-4078-94c5-7e8efcc0368f

٣,٣ فوائد الطباعة الرباعية الأبعاد 4d printing benefits

- تنشيط بنية التجميع الذاتي .
- الإستفادة من الهياكل المسطحة في تقليل حيز الفراغ اللازم للتخزين ومن ثم تحويلها الي هياكل معقدة
- إستخدام المواد المركبة لتحقيق تعدد الوظائف والتجميع الذاتي والتكيف والإصلاح الذاتي – القدرة علي تصحيح الخطأ ، يمكن تحقيق الشفاء الذاتي للبوليمرات من خلال فئات قليلة من التفاعلات لتحول الشقوق الكبيرة الي خدوش سطحية بفعل تأثير ذاكرة الشكل ، إذا ما حدث تشوه كبير في وجود التحفيز الصحيح تستطيع مادة ذاكرة الشكل SMIM إستعادة شكلها الأصلي حيث أن بوليمرات ذاكرة الشكل SMP قادرة علي الإنتقال الميكانيكي بين الشكل المطبوع والشكل المحرر مسبقا إستجابة للمؤثرات الخارجية [٤p-١٣].

٤,٣ نماذج تطبيقية لطباعة الرباعية الأبعاد

نموذج أثاث رباعي الأبعاد إبتكر باحثون في مختبر Morphing Matter Lab التابع لجامعة كارنيجي سلسلة من المطبوعات البلاستيكية بواسطة الطباعة الرباعية الأبعاد والتي تطوي نفسها عند تعرضها لدرجة حرارةإلي أشكال محددة مسبقا ، وهي خطوة نحو إنتاج أثاث مسطح يأخذ شكله النهائي بعد تعرضه للحرارة بواسطة مسدس حراري . وتحتوي هذه المواد علي ضغط داخلي ومع تبريد المادة تميل إلي الإنكماش مما يؤدي الي حواف وأسطح ملتوية وبتغير السرعة التي يتم بها ترسيب الخيوط أثناء الطباعة والجمع بينها وبين المواد الشبيهة بالمطاط التي تقاوم التقلص يتم التحكم في العملية بدقة ، ويعمل الباحثون علي إنتاج هياكل أكبر قابلة للطي كالقوارب والكراسي والأقمار الصناعية [١٠٩:ص،١٤] .

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)

صورة رقم (10) تجربة لمختبر Morphing Matter Lab في طباعة نماذج مسطحة تتحول الي هياكل ثلاثية الأبعاد بتغير درجة الحرارة ، المصدر https://youtu.be/7w1QDl-fCP4

النتائج :

التطورفي تكنولوجيا الطباعة الرقمية يزيد من إمكانية إحداث تغيرات ثورية في قطاع صناعة وتصميم الأثاث كالتالي :

- تمكن الطباعة الرقمية من مواجهة تحدي انتاج جسم واحد ذاتي الوصلات وفقا لوسائل معيارية والإستغناء عن وحدات التجميع التقليدية كالبراغي والمفصلات ، وما يترتب عليه من تقليص عمليات التصنيع وخطوط الأنتاج مما يؤدي الي تقليل الأثر السلبي من مخلفات علي البيئة .
- تطوير العمليات الصناعية التي تعتمد علي القوالب حيث أصبحت أكثر سهولة وابتكار منتجات تمتاز ببساطة الشكل .
- إنتاج هياكل مجوفة وتوفير هدر الخامات ووقت عملية الأنتاج .
- تطور مواد الطباعة (الخشب ،البلاستيك ،المعادن الأحجار،وغيرها من المواد) يساهم في تيسيير تطبيق مبادئ اعادة التدوير .
- فتح أفاق جديدة للمصممين في عالم التصميم والتحررمن قيود الشكل وصعوبة تقنيات التنفيذ وابتكار تصميمات تمتاز بالتعقيد .
- استخدام وصلات مطبوعة كبديل للوصلات الخشبية بخواص ميكانيكية أقوي بالأضافة كونها مكمل جمالي في التصميم .
- الطباعة الرباعية الأبعاد تمكننا من تنفيذ منتجات أثاث ذكية ذاتية الشفاء وتحتاج الي تطور في علوم الخامات والمواد.

مناقشة النتائج :

الطباعة الرقمية الثلاثية او الرباعية الأبعاد هي أحد التطورات التقنية للعلوم الكونية في هذا العصر والذي يحدث تغيرا في جميع المجالات علي كل من جانبي العمليات الصناعية والمواد الخام ، وتتجلي أهم مميزات الطباعة الرقمية بنوعيها في مجال صناعة وتصميم الأثاث الر قمي في تلافي الأثار السلبية للصناعة التقليدية من تعدد الخامات وهدرها وتعدد مراحل التصنيع وما يتبعا من ملوثات واثار سلبية علي البيئة والقيود الشكل يفرضها علي المصمم بالأضافة الي مميزات تحسين الخواص الميكانيكة للمنتجات وتحقيق المعايير البيئية العالمية .

التوصيات :

- ضرورة التوجه نحو عمليات صناعية جديدة تتجنب سلبيات الصناعة التقليدية مما يستلزم تطور المعرفة بالتقنيات الحديثة وتوافرها في السوق المحلي هو السبيل للتخلي عن قيود الصناعة التقليدية .

المراجع العربية :

٥. فريدة عبدالرحيم ،عمر غنيم ، دور التصميم الداخلي المطبوع بأستخدام تكنولوجيا الطباعة الثلاثية الأعاد في الحفاظ علي البيئة ، مجلة العلوم والفنون التطبيقية ، جامعة دمياط ، المجلد العاشر ،العدد الثامن ، يوليو ٢٠٢٣ .

١٤. عفت ضيف،ياسر معبد ، الأثاث الحيوي وعصر الصناعة الجديد ، مجلة العلوم والفنون التطبيقية ،جامعة دمياط ، المجلد الثامن ،العدد اثاني ،ابريل ٢٠٢١ .

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)

المراجع الأجنبية :

١. Chee kai chua , kah fai leong(٢٠١٧) , ٣D Printing And Additive Manufacturing: Principles And Applications - Fifth Edition Of Rapid Prototyping ٥th EditionWorld Scientific Publishing Co. Pte, Singapore ٥٩٦٢٢٤ USA .

٢. https://ar.wikipedia.org/wiki/%D٨٪B٢٪D٩٪٨٦٪D٨٪A٨٪D٩٪٨٨٪D٨٪B١ .

٣. Cameron Coward, Idiot's Guides(٢٠١٥), ٣D Printing , United States of America, Penguin Group (USA) Inc .

٤. Bruno Siciliano, Oussama Khatib(٢٠١٦), Handbook of Robotics, Verlag Berlin Heidelberg , Springer.

٦. https://www.٣dnatives.com/en/interview-julia-korner١٦٠٧٢٠١٨٤/#

٧. Murat Aydin (٢٠١٥) , Additive Manufacturing: Is It a New Era for Furniture Production , Journal of Mechanics Engineering and Automation ٣٣٨.

٨. , https://high.org/collections/one-shot-stool/ & https://i.materialise.com/blog/en/٥-amazing-full-sized-furniture-pieces-made-with-٣d-printing/

٩. Shuguang Yang١ and Peng Du ٢, ٢٠٢٢, The Application of ٣D Printing Technology in Furniture Design, Hindawi , Volume ٢٠٢٢, https://doi.org/١٠,١١٥٥/٢٠٢٢/١٩٦٠٠٣٨.

١٠. Antoniu Nicolau ١,Mihai Alin Pop ٢ and Camelia Coșereanu ١,(٢٠٢٢), ٣D Printing Application in Wood Furniture Components Assembling, Faculty of Materials Science and Engineering, Transilvania University of Brasov, https://doi.org/١٠,٣٣٩٠/ma١٥٠٨٢٩٠٧ .

١١. https://selfassemblylab.mit.edu/rapid-liquid-printing

١٢. Farhang Momeni, Seyed M.Mehdi Hassani.N , (٢٠١٧), Xun Liu ∗, Jun ni , , A review of ٤D printing , USA , ScienceDirect , MI ٤٨١٠٩ .

١٣. Nkosilathi Nkomo(September ٢٠١٨), A Review of ٤D Printing Technology and Future Trends, South Africa , ,Conference: Eleventh South African Conference on Computational and Applied MechanicsAt: Vanderbijlpark, page ٣.

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)

Abstract

The latest technology of ٣D and ٤D printing has brought about a revolutionary change in the manufacturing processes across various industries, and poses a significant challenge in reshaping the furniture industry and its design approaches. The **research problem** lies in determining the extent of success of the advanced manufacturing technologies, in addition to the challenges they face compared to the traditional manufacturing methods. **The research assumes** that increasing awareness among the professionals such as designers and manufacturers about the capabilities of digital printing will contribute to mastering complex processes that cannot be achieved through traditional manufacturing methods. **The research aims to** shed the light on a new path in furniture manufacturing techniques to eliminate the traditional multi-step methods and open up new horizons for exploration and innovation. The **research importance** lies in the need to keep up with the advancements in the field of smart furniture manufacturing and studying the interaction between its technological processes and contemporary market requirements. The **research results** are as follows: the transition of digital furniture production, using ٣D and ٤D printing technologies, from the stage of experimental prototypes to the actual quantitative production has a profound impact on the field of future furniture manufacturing and design. **The research also recommends** the necessity of increasing awareness about the new industrial processes that avoid the drawbacks of traditional manufacturing. This requires the development of knowledge about modern technologies and their availability in the local market as a way to overcome the limitations of the traditional manufacturing.

Key wards :

Computer-Aided Manufacturing. -CAM , ٣D printing , ٤D printing , Digital furniture industry

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٦١) (Print)

(ISSN ٢٥٣٧-١٠٧X) (Online)