دمج تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد كخطوة للأمام لتطوير عملية التصميم في التعليم المعماري

Incorporating 3d Printing Techniques, As A Step Forward For Upgrading The Design Process In Architectural Education

م.م/ أسامة خليفة

مدرس مساعد، قسم العمارة،كلية الفنون الجميلة،جامعة حلوان،القاهرة، مصر

Dr. Osama Khalifa

Assistant Professor, Architecture Department, Faculty of Fine Arts, Helwan University

osama_khalifa@f-arts.helwan.edu.eg

الباحث/ طارق الشريف

طالب ماجيستير،قسم العمارة،كلية الفنون الجميلة،جامعة حلوان،القاهرة، مصر

Researcher.Tariq Alsherif

Master Student, Architecture Department, Faculty of Fine Arts, Helwan University

tariqrabieahmad@gmail.com

الملخص

مكنتنا تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد فى وقتنا الحالى من طباعة وتنفيذ أشكال معقدة وبمقاييس غير محدودة للنماذج الأولية تصل إلى منتجات حقيقية في العديد من المجالات المختلفة ، وعلاوة على ذلك ، ففي المجال المعماري ، قد أعطت القدرة على تصميم ونمذجة وبناء مشاريع بابعاد حقيقية كاملة من خلال استخدام طابعات ثلاثية الأبعاد كبيرة الحجم. وقد اتاح ذلك الفرصة للوصول إلى أداة تصميم وإنتاج مميزة وفريدة للمهندس المعمارى اتاحت له الفرصة لإطلاق العنان لنفسه لتحقيق عدد كبير ومتنوع من التصميمات المعمارية المستقبلية والمعقدة. ومن هنا ظهرت الحاجة إلى الدعوة الملحة لتحديث المناهج التعليمية المعمارية لمواكبة مميزات تلك التقنيات التى من شئنها تعزيز التفكير التصميمي لدى الطلاب وتحسين أدائه وكفاءته. لذلك، تم عمل هذا البحث من أجل التحقيق فى مدى الدور التأثيري الفعال لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تحسين الإدراك التصميمي لطلاب الهندسة المعمارية. لقد بدأ البحث بفرضية أن استخدام النماذج الأولية المطبوع بتقنية الطباعة ثلاثيه الأبعاد ستدعم من منطق التصميم لدى الطلاب وتحسن فهمهم التام للمنتج المعماري الواقعى. و لذلك ، تم إجراء استبيان لسؤال الطلاب عن مدى تأثرهم بتصميم مشروع "فيلا" والذي تم طلب تصميمه ونمذجته كنموذج رقمى مرئى ثلاثي الأبعاد ثم تصديره بصيغة برمجية ليتم طباعته بتقنية الطباعة ثلاثيه الأبعاد وذلك بناءً على فهم الطلبة للمشروع والدراية التامة لجميع تفاصيله. وقد قاموا بتنفيذ ذلك المشروع الذى تم تصميم وتنفيذ النموذج الرقمى له عن طريق برنامج النمذجة الحاسوبية" جوجل اسكتش أب (google sketch up) "ثم بعد ذلك تم طباعة نموذج ثلاثى الابعاد لذلك المشروع ، وأظهرت نتائج الاستطلاع ظهور تطورا كبيرا في القدرات التصميمة والأستيعابية لدى الطلاب وبذلك أوضحت وضمنت دور الطباعة ثلاثية الأبعاد في تعزيز قدرات الطلاب التصميمة و الإبداعية.

الكلمات المفتاحية

تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد ، التصنيع الرقمي ، التعليم المعماري.

ABSTRACT

3D Printing Technology nowadays enabled us to achieve unlimited complex forms and scales for prototypes up to real products in many various fields, moreover, in architectural filed it gave the ability to design, model and build a real full building projects through using a large scaled 3D printers, which Offered the chance to reach a unique Design and production tool for architect that helps him to Unleash to achieve a various number of future and complicated architectural designs. That make an urgent call for upgrading the architectural educational curriculum to keep

up with the advantage of those technologies to enhance the students' design thinking and improve its performance and efficiency. For that, the research is issued with investigating the effective impact role of 3D printing technology on improving the design cognition for architecture students. It started by assuming that the use of the 3D printed prototype will support the students' design logic and improve their quite understanding for the real architectural product. for that, a survey was taken to ask the students about a how a "Villa" project that was designed and modeled as virtual 3D model and then exported to be 3D printed on their understanding for the project and get in touch with all its details. They presented a project which was designed via computer modeling software "google sketch up" and then the printed model for that project. The survey outcomes showed a great development in students' design abilities, understanding and insured that the 3D printing role in enhancing students' capabilities in design and creativity.

KEYWORDS
3D Printing technology, Digital Fabrication, Architectural Education.

المقدمة

تنتشر النماذج ثلاثية الأبعاد المطبوعة (3DPM) في الوقت الحاضر على نطاق واسع في العديد من المجالات مثل الهندسة المعمارية والتصميم الداخلي وتصنيع الأثاث والتعليم والعديد من المجالات الصناعية والطبية الأخرى ، وفي الوقت نفسه أصبحت إدارة الموارد الطبيعية أكثر شيوعًا في الوقت الذي أصبحت فيه إدارة الموارد الطبيعية أكثر أهمية و استراتيجية مشتركة في جميع أنحاء العالم [1,2].

ومع ذلك ، فإن الإنجازات الأخيرة في تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد سمحت بالوصول إلى نموذج حقيقي كامل في نطاقه الحقيقي باستخدام مواد مستدامة جديدة مكنت المهندسين من فهم منتجهم بطريقة مباشرة وبنفس الطريقة قدمت أداة تصميم وإنتاج فعالة لطلاب الهندسة [3]، و حتى الآن ، فإن الاتجاه الشائع هو استخدام برامج ووسائل التصور المرئى من خلال نمذجة التصاميم باستخدام أدوات وتقنيات مختلفة مثل نمذجة معلومات البناء(Building Information Modeling[BIM]) وبرامج النماذج المرئية(Virtual Modeling Programs).

على الرغم من أن استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لا يزال في بدايته في جميع المجالات ، إلا أن الفائدة من تقنيات التصنيع الرقمي(Digital Fabrication Techniques) تدفعها أكثر فأكثر إلى المقدمة [4]. أيضًا ، هناك الكثير من الآراء تجاه الاعتماد على هذه التقنيات في الكثير من المجالات. ومن بين كل تلك التطورات المتسارعة في تقنيات التصنيع الرقمي ، تعد الطباعة ثلاثية الأبعاد من أكثر التقنيات الواعدة في تحقيق منتج سريع ودقيق وعالي الكفاءة بتكلفة منخفضة. كانت رؤية كارل جارد (Karlgraad) هي أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد سوف تستحوذ على عمليات الإنتاج في الكثير من المجالات خلال الفترة (٢٠٢٥-٢٠١٥) [5]. حيث يأتي الانتشار الواسع لاستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد في الوقت الحاضر نتيجة لتوافر وسهولة الوصول إلى هذا النوع من التكنولوجيا وعملياتها ومتطلباتها وبهدف تحسين سلسلة الإنتاج لعمليات التصميم والنمذجة والتصنيع.[6]

تعتبر تقنيات النمذجة ثلاثية الأبعاد (3D Modeling Techniques) والتصنيع الرقمي(Digital Fabrication) جوهرًا أساسيًا في الصناعة ، وقد أدت الابتكارات التي تم تطويرها من خلال التطبيق الواسع للتقنيات ثلاثية الأبعاد إلى الغوص في العديد من العلوم و على رأسها العلوم الطبية(Medical Science) وأتمتة الآلات (Machinery

Automation) ، وحتى في التعليم [8،7]. و نظرًا للنمو الهائل في الطلب ، يبحث المصممون والمصنعون والمستهلكون دائمًا عن طريقة لتلبية هذا الطلب، لذلك تعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد الحل الأمثل للكثيرين وذلك لمرونتها وحركتها النسبية ، مما دعى إلى نمو الطلب عليها في البلدان النامية. كما أنه سيساعد الطلاب أيضًا. ونظرًا لأن جميع البرامج التي تساعد في النمذجة تعتمد جميعها على الأحداثيات الرياضية واللوغاريتمية للأسطح ، والتي تُستخدم أيضًا في الآلات ، وبالتالي فإن إنتاج مخرجات تكنولوجية جديدة ممكنة عبر أستخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D Printer) وماكينات التخديد "الراوتر" (Router Machine) وماكينات القطع بالليزر (Laser Cut Machine) [9]. وفى هذه الحالة التي تركز عليها هذه الدراسة ، استخدامت التصميمات بمساعدة الكمبيوتر والتنفيذ بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد(3D Printer) للتحقق من فهم الطلاب وتتطويروتحسين فكرهمو إدراكهم التصميمي. تم إجراء تجربة باستخدام برنامج"جوجل أسكتش أب" (Google Sketch up) كبرنامج نمذجة مرائية (3DVM) وتمت مقارنة بنموذج مطبوع (3DPM) لمعرفة مدى تأثير الطريقتين على فهم الطلاب

مشكلة البحث

نظرًا للتطور السريع والمستمر في التكنولوجيا ، فقد ظهر الكثير من التقنيات الجديدة لعالمنا والتي قدمت الكثير من الوسائل والقدرات في التصنيع والإنتاج. ومع ذلك ، لا يتم استخدام هذه التقنيات بالطريقة المثالية بسبب نقص المعرفة حول كيفية عملها وكيف يمكن أن تساعد في تحسين كفاءة المجال التعليمي للتصميم المعماري وبالتالى يمكننا إخراج مهندسين معماريين محترفين على دراية جيدة بأحدث التقنيات في عمليات التصميم والإنتاج ، فهناك قصور واضح في استغلال واستخدام ما أنتجه التطور التكنولوجي في مجال الإنتاج وخاصة تقنيات التصنيع الرقمي ، ولكي نكون أكثر دقة ، فإن هذا البحث يركز على ما قدمته تلك التقنية في تقنية التصنيع المضافة (Additive Manufacturing) "تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد(3D Printing)" وذلك سيؤدي استخدامه كأداة تصميم وإنتاج في الأنظمة التعليمية المعمارية إلى تحسين الإدراك التصميمي والتشكيلى والفراغى لطلاب الهندسة المعمارية وتعزيز قدرات الفهم و التصميم والتشكيل لديهم.

ولهذا يهتم البحث بتوضيح الدور الفعال لدمج تقنيات التصنيع الرقمى وبشكل خاص دمج وتدريس أسس ومبادئ تقنية الطباعة ثلاثية في نظام التعليم المعماري لتمكين الطلاب من أستخدام تلك التكنولوجيا كأدة تصميمة وتنفيذية تحسن من إنتاجهم المعمارى.

فرضية البحث

ركز البحث على إظهار الدور الفعال لدمج تطبيق تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في أنظمة التعليم المعماري وبيان أثرها في تحسين الإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى لدى طلاب الهندسة المعمارية وتعزيز قدراتهم الاستيعابية والفهم التصميمى والتشكيلى والفراغى.

منهجية البحث

بُنى البحث على تجربة لتحليل تأثير تطبيق تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على عينة من طلاب الهندسة المعمارية لإظهار كيف ستؤثر على إدراكهم التصميمي وتعزيز قدراتهم على الفهم ، وذلك من خلال تمثيل نموذج.

باستخدام كلتا الطريقتين النموذج المرئى(3DVM) والنموذج المطبوعة(3DPM) ، وتقديم كلاهما لمجموعة عشوائية من ٣٠ طالبًا لإجراء مسح للتحقق من التأثير على إدراكهم الفراغى والتشكيلى والتصميمي.

نطاق البحث

يتخذ البحث نطاق محدود وهو تأثير تلك التكنولوجيا على طلاب الهندسة المعمارية فى المرحل التعليمي الأولى لهم فى الدراسة والتى تتمثل فى السنة الدراسية الأولى والثانية حيث تمثل تلك المرحلة نطاق مبدائى وحجر الأساس للتعليم المعمارى والإدراك الفراغى و التشكيلى للطلاب.

مصطلحات البحث

- شكل النموذج العام Model General Form (MGF)
- التفاصيل والهيكل Details and Structure (DS)
- مظلة جراج السيارات Car park shade (CPS)
- عدد الطلاب Students Number (S)
- فتحات الحائط Wall Openings (WO)
- تفاصيل السطح Roof Details (RD)
- املمس Textures (T)
- نموذج مرئي ثلاثي الأبعاد D Visual Model (3DVM)
- نموذج مطبوع ثلاثي الأبعاد D printed model (3DPM)
- التصميم بمساعدة الحاسوب Computer Aided Design (CAD)
- التصنيع بمساعدة الحاسوب Computer Aided Manufacturing (CAM)
- التحكم العددي بواسطة الحاسوب Computer Numerical Controls (CNC)

التحول من نموذج مرئي إلى نموذج مطبوع ثلاثي الأبعاد

النماذج المرئية ثلاثية الأبعاد على أجهزة الكمبيوتر تكمل فهم المستخدمين للمشروع وبيئاته المادية التي توضح ظروف التفاعل المختلفة. في وقت لاحق ، كان لمعظم المشاريع التي تم تقديمها في (2D) حدود. علاوة على ذلك ، فإن طرق التدريس من خلال استخدام النماذج ثلاثية الأبعاد مع برامج (CAD) ترشد الطلاب إلى الاقتراب من الفهم الإنشائي. ومع ذلك ، فإن هذه الطريقة لا يمكن أن تساعد الطلاب على تحقيق النتيجة المطلوبة ، خاصة لتلك الأنواع من المشاريع المعقدة والتي تحتوي على الكثير من التفاصيل. ونتيجة لتطور تكنولوجيا التصنيع الرقمي ، فإن (3DPM) تعتبر الطريقة الأكثر دقة لإنتاج التصميم بشكل مماثل لمصدر النموذج الرقمي [٦]. تتشكل طريقة التصنيع المضافة عندما تذوب المادة وتخرج من فوهة الطابعة لتشكيل طبقات موضوعة فوق بعضها البعض لبناء النموذج. وذكرت شركة(Z Corporation) أن الانتشار الواسع لاستخدام هذه التقنيات قد أدى إلى تحسن تدريجي في مجالات التعليم الهندسي. أيضًا ، يؤكد هوانغ وتين تشي أن الاستخدام الشائع لتقنية (CAD) و(CAM) وتطبيق (CNC) والأذرع الروبوتية له تغيير ملحوظ في التعليم المعماري ليكون أكثر ذكاءً وكفاءة في عصرنا [١٠]. من نقطة أخرى ، أصبحت هذه التقنيات أكثر شيوعًا وانتشارًا على نطاق واسع وبأسعار معقولة. وبالتالي ، حظيت تقنيات التصنيع والتخصيص الرقمي بمزيد من الاهتمام والمزيد من التركيز لتطبيقها في جميع المجالات.

كان تشارلز هال أول من طور تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لطباعة كائن من نموذج رقمي في عام ١٩٨٤ [٤]. التي كانت تُعرف باسم تقنية الطباعة الحجرية المجسمة وحصل على براءة اختراعها في عام ١٩٨٦. بينما حصل معهد ماساتشوستس

للتكنولوجيا (MIT- Massachusetts Institute of Technology) في عام ١٩٩٣ على براءة اختراع لنوع آخر من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد التي تشبه التكنولوجيا المستخدمة في طابعات نفث الحبر ثنائية الأبعاد وسميتها باعتبارها "تقنيات طباعة ثلاثية الأبعاد" [١١]. في عام ٢٠٠٥ أطلقت شركة (Z Corporation) منتجًا مبتكرًا يسمى " " Spectrum Z510كانت هذه أول طابعة ثلاثية الأبعاد عالية الدقة وملونة في الأسواق. اعتبر تين شى و هوانج (Tien-Chi and Huang) أن التأثير العميق والواسع لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على التعليم دفع الحاجة إلى مساعدة الطلاب على تطوير تصميمهم الذكي [١٠].

تعد الطباعة ثلاثية الأبعاد إحدى التقنيات الرائدة التي يمكن أن تستفيد من مراعاة مشكلات التصميم. تعتمد القليل من الدراسات في مجالات البحث المختلفة على تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ولكن لها العديد من القيود [١٢]. في الوقت نفسه ، من الواضح أن برامج ومعدات الذكاء الاصطناعي هي مورد ضروري للتصنيع في التصميم المعماري. يعمل التطور الرقمي والتصنيع على تعزيز التصميم المعماري المعاصر وتقديم إمكانات ملحوظة للفهم العميق للعلاقة بين مفهوم تصميم المباني والتصنيع ومراحل تطويرها. تصبح عمليات التصميم والتصنيع أبسط عندما يمكن تجميع الأجزاء الهيكلية مباشرة من رسومات المفاهيم الخاصة بها ، وشحنها إلى الموقع ، وتجميعها لتشكيل المبنى بأكمله. توفر تقنيات التصنيع الرقمي طريقة مختلفة ، مثل النماذج الأولية للمنتج ، وأغطية الزخرفة ، ولحام الأنابيب ، وإنتاج الفولاذ الهيكلي ، وتصميم ألواح الكسوة ، وتصنيعها [١٣]. منذ عام ٢٠٠٥ ، تطورت الطابعات ثلاثية الأبعاد لتوسيع نطاقها وأبعاد الطباعة لشغل (3DPM) للوصول إلى النطاق الحقيقي ، وفي نفس الوقت انخفضت التكاليف أيضًا بشكل كبير ، وهذا يعود إلى المنافسة بين مزودي خدمة الطباعة ثلاثية الأبعاد. على سبيل المثال ، أظهر أستطلاع تم إجراؤه مؤخرًا أن هناك ارتفاعًا حادًا في السنوات القليلة الماضية في تصنيع المكونات باستخدام طرق التصنيع المضافة [١٤] ، لذلك تهدف هذه الدراسة إلى وضع وصف لتجربة استوديو التصميم المعماري الرقمي وهو تم تطويره لاستكشاف الدمج بين استخدام برنامج النمذجة المرئية الحاسوبية و(3DPM) لنفس التصميم للتحقق من فهم الطلاب للبناء. سيؤدي تنفيذ التصنيع الإضافي وتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى تقديم مجموعة واسعة من المهارات والفرص الجديدة لتطوير طريقة تدريس جديدة في أنظمة التعليم المعماري.

دمج وتكامل تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد مع المناهج التعليمية المعمارية

في عام ١٩٩٠ انغمست تقنية التصنيع المضافة في عدد كبير من المجالات والأسواق ، وكان ذلك من خلال أشهر أشكالها وهي الطباعة ثلاثية الأبعاد ، على الرغم من أن الطباعة الحيوية مستمدة أيضًا من تلك التقنية. لذا ، فإن السماح بتطوير المواد التي تتأثر بالماء ، أو الوقت ، أو الضوء ، أو السلوك البيولوجي ، أو أي تنشيط آخر للطاقة يكون طريقة أساسية لإنتاج الأشكال المرغوبة [١٥]. إن الجمع بين هذه التكنولوجيا مع تقنياتها وأدواتها المختلفة ومجال التعليم سيوفر فرصًا جديدة وطرق تدريس ذكية في مواضيع مختلفة. ونتيجة لذلك ، ناقشت الكثير من الدراسات والأبحاث هذه الاحتمالات في مختلف التخصصات. ومع ذلك ، لا تزال هناك العديد من الخطوات غير متوفرة لتحقيق النتائج المتوقعة. وأشار بيرمان إلى أن هذه التقنيات قد تلقت مزيدًا من الاهتمام في العمليات التعليمية بهدف مساعدة الطلاب على التعلم [١٦]. لقد أثر هذا الانتشار الواسع وتعميم تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على الأجهزة والبرامج الصناعية بشكل تدريجي. والتي أدت بالتسلسل إلى إحداث تغيير في العمليات التعليمية أيضًا [١٧ ، ١٨]. إن استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج(3DPM) سيسهل عملية التعلم في مجالات مختلفة مثل التصميم والهندسة والفن والعمارة [١٩]. في حين أن هذه التقنيات في تحسن مستمر ، هناك العديد من المخاوف من أن التحسينات البطيئة في أساليب التعليم والمهارات من شأنها أن تمنع استخدام هذه التكنولوجيا على نطاق واسع [٢٠].

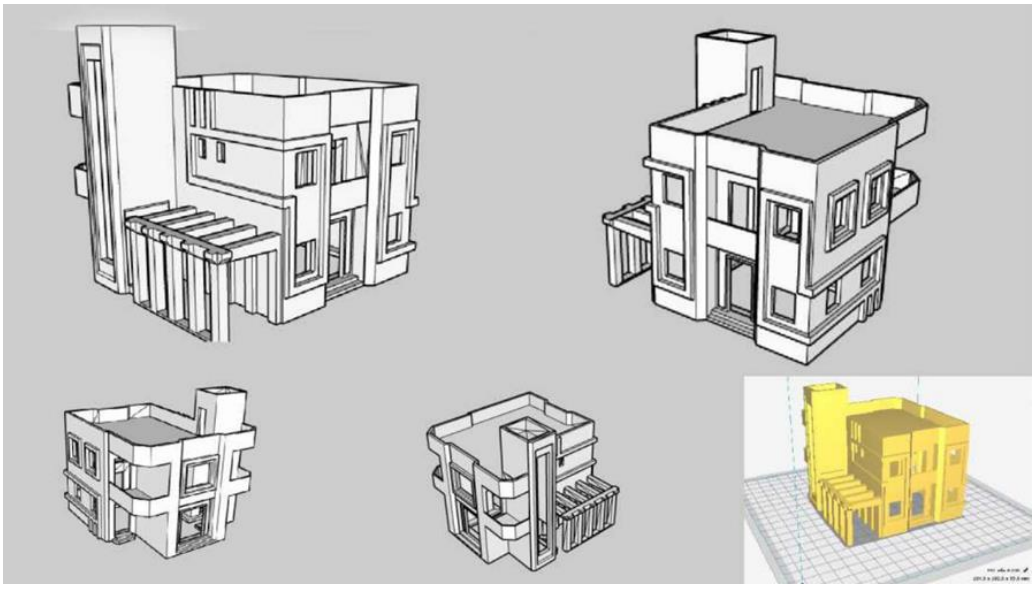
تستخدم بعض الجامعات تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في العلوم حيث يتم دعم عملية التدريس من خلال إنشاء(3DPM) من خلال التجارب التي تختبر الخصائص الميكانيكية للمواد [٢٢،٢١]. كما أنها تستخدم في دراسة الإعدادات الخاصة مثل الفهم البصري والتصور التصميمى والتشكيلى والفراغى [٢٣]. ومع ذلك ، يعد هذا تحديًا كبيرًا للباحثين التربويين لتحسين قدرة التصور لطلاب الهندسة المعمارية. أثبت الباحثون أن استخدام تصورات التصميم التي تم إنشاؤها بواسطة الكمبيوتر يمكن أن تساعد الطلاب في الحصول على الخبرة الكافية لتحسين تصورهم التصميمى والتشكيلى والفراغى [٢٥،٢٤]. تعد المهارات المكانية للطلاب هي العلامات الأساسية والفعالة للنجاح في فهم الكائنات المعقدة والتفاعل مع (CAD)[26]وقد ثبت أن استخدام الـ(3DPM) في اختبار المادة في التجارب التربوية اتضح أنها تتناسب مع هذا الغرض. لذلك قامت العديد من الجامعات بدمج تلك التجارب التقنية في مقررات البحث الجامعية [٢٧،٢٢]. أوصى كاتسيولودس باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تعليمية للهندسة والمهارات التصميمية والتشكيلية والفراغية ، وافترض أنها يمكن أن تساعد الطلاب على فهم عملية النمذجة [٢٨]. علاوة على ذلك ، يمكن أن يدفع ذلك الطلاب إلى فهم(3DPM) بشكل أفضل من خلال (3DPM) من تقنيات التصور الأخرى [٣٠،٢٩]. ومع ذلك ، هناك عدد قليل من الدراسات التي بحثت في تأثير (CAD) والطباعة ثلاثية الأبعاد كمساعدات تعليمية على مهارات الطلاب [٢٨]. لذلك ، يفحص هذا البحث تأثير تطبيق تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بتقنيات النمذجة ثلاثية الأبعاد ذات الصلة على ذكاء تصميم طلاب الهندسة المعمارية وإنتاجهم.

مراحل الإنتقال من النموذج المرئي إلى نموذج مطبوع ثلاثي الأبعاد

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف كيف يمكن تحسين ذكاء التصميم لدى طلاب الهندسة المعمارية من خلال تنفيذ الحوسبة ثلاثية الأبعاد والنماذج المجسمة. بدأت الدراسة بافتراض أن تمثيل مشروع بنموذج رقمي مرئي و(3DPM) يمكن أن يساعد طلاب الهندسة المعمارية على فهم المعلومات التصميمية والتشكيلية والفراغية للمشروع بعمق. في غضون ذلك ، فإن الهدف الرئيسي للبحث هو النظر في إمكانيات استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كأداة تصميم داعمه في التعليم المعماري.

مرحلة التصميم

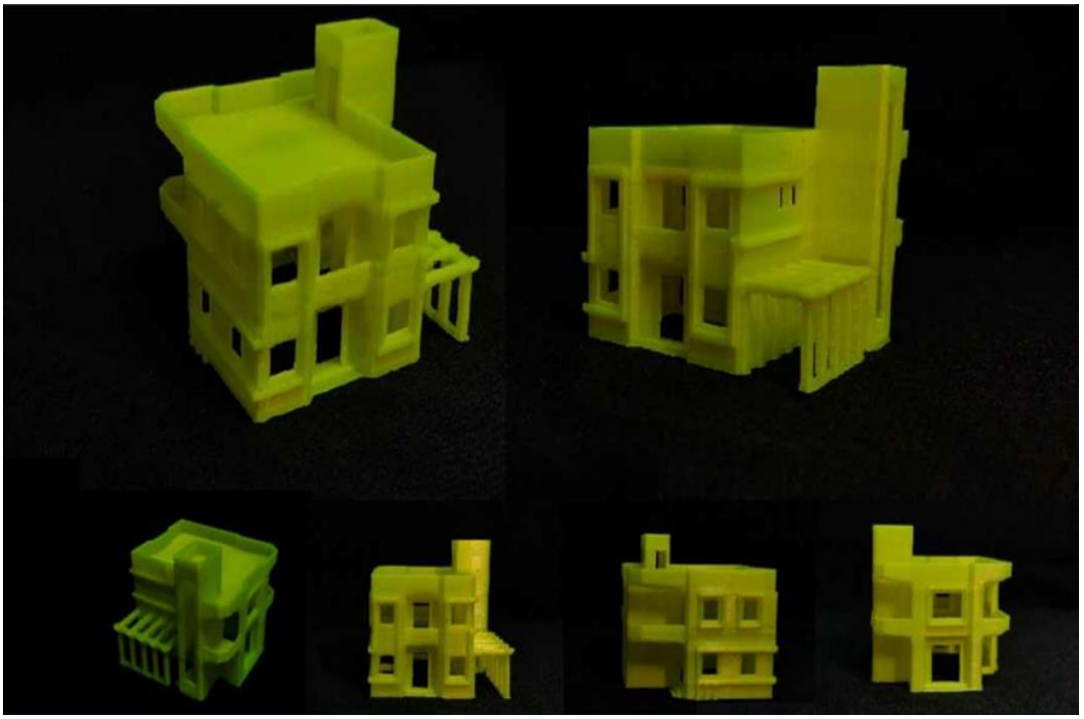
تم تصميم المشروع لاستخدامه كدراسات حالة بحثية. كان المشروع عبارة عن فيلا بسيطة بأبعاد ١٥ × ١٢ مترًا مصممة باستخدام برنامج (Google Sketch up)النمذجة. خصائص الفيلا كافية للدراسة التي تركز أكثر على الإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى والإدراك البصري للطلاب. تم تصميم المشروع ليكون بسيطًا وللتركيز بشكل أكبر على مخرجات البحث. ومع ذلك ، فقد تمت إضافة بعض التفاصيل الدقيقة والمعقدة مثل التشكيل فى الوجهات والفتحات غير المنتظمة والهيكل الخارجي وغرفة السطح وتغطية جراج السيارات لتشكيل تقدم في الإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى وتحقيق نتائج مختلفة من استخدام (٣ (DPMو (٣ (DVMشكل رقم(١)



شكل رقم (١) الشكل العام للفيلا مع التفاصيل والفتحات كنموذج (3DVM) (المصدر: الباحث ، ٢٠٢٠)

مرحلة الطباعة ثلاثية الأبعاد

بعد إجراء تصميم (DVM٣) في برنامج (Google Sketch up)، تمت طباعة المشروع باستخدام طابعة (3D Ultimaker-3) بمقياس رسم(١:١٠٠). كان الوقت اللازم لإنهاء الطباعة حوالي ثماني ساعات وثلاث وعشرين دقيقة. كان الناتج واضحًا (3DPM) يمثل مشروع الفيلا. وقد قدم ذلك إشارة إلى ما يمكن توقعه أثناء تصنيع المشروع بحجمه الحقيقي مع المواد المحددة في البعد الجزئي. ومع ذلك ، فإن القيود المفروضة على أدق التفاصيل والحجم والملمس التي يمكن تحقيقها والتي وصفها البحث بالتميز بالتعقيد فى التشكيل لم تمنع من اعتماد نتائج مثل هذه التقنيات مع مراعاة مستوى التفاصيل وتعقيد النموذج. من أجل الحصول على التصميم والتشكيل والمنتج المطلوب شكل رقم (٢).



شكل رقم (٢) الشكل العام للفيلا مع التفاصيل والفتحات كنموذج (3DVM) (المصدر: الباحث ، ٢٠٢٠)

مرحلة تصميم وتحليل الأستبيان

تم اختيار مجموعة مكونة من ٣٠ طالبًا من قسم الهندسة المعمارية بكلية الفنون الجميلة جامعة حلوان في مصر بشكل عشوائي للمشاركة في الإجابة على الاستبيان وكان الطلاب في العامين الدراسيين الأول والثاني. تم تصميم دراسة لإجراء تحليل لفهمهم التصميمى والتشكيلى والفراغى. تم تصميم االأستبيان وفقًا لخصائص النماذج ، مثل الفتحات في جدرانه ، الشكل العام ، الهيكل ، شكل السقف ، دقة التفاصيل. وتراوحت الإجابات من "واضح جدًا(Very Clear)" إلى "واضح جزئيًا(Partially Clear)" إلى "غير واضح(Not Clear)". كانت التجربة على خطوتين ، الأولى كانت تنفيذ نموذج المشروع للطالب على برنامج (Google Sketch up) كنموذج (3DVM) ورؤيته من إتجهات مختلفة. ثم قام الطلاب بفحص (3DPM) الخاص بالمشروع وتمكنوا من تفقد المشروع وفحصه. ثم أجابوا على الاستبيان الذي يتكون من ستة أسئلة حول إدراكهم وفهمهم التصميمى والتشكيلى والفراغى من خلال استخدام الطريقتين (3DVM) و (3DPM). كان الاستطلاع يسأل عن المشروع ككل وكذلك تفاصيله مثل الهيكل ، وشكل السقف ، والفتحات ، وهيكل جراج السيارات لتحديد أفضلهم فى فهم و إدراك المشروع ، مما منحهم فرصة أكبر لفهمالمشروع بعمق ومقارنة تصورهم بالواقع. من خلال كلا النوعين من النماذج. تم تحليل الاستطلاعات المجمعة للنظر في كيفية تحسين الطباعة ثلاثية الأبعاد للفهم التصميمى والتشكيلى والفراغى ولتحقيق إجابة لسؤال الباحث الذي يبحث عن اختلاف في الإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى الذي لوحظ من خلال استخدام التصميم بمساعدة الكمبيوتر (3DVM) و (3DPM)؟ وهل تساعد الطباعة ثلاثية الأبعاد للنماذج (3DPM) الطلاب في الحصول على فهم تصميمى وتشكيلى وفراغى أفضل من النماذج الافتراضية (3DVM)؟

مناقشة وتحليل النتائج

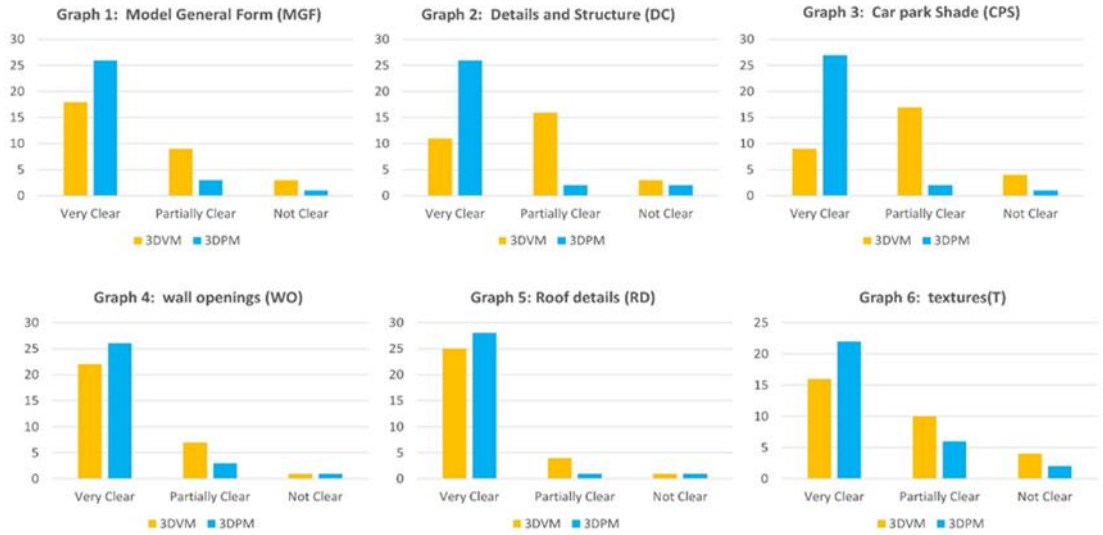
كان الهدف الرئيسي من هذا البحث هو ملاحظة مساعدة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على الفهم التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب. والمقارنة بين استخدام نوعي النمذجة المختلفين وهما (3DVM)و (3DPM) واشتملت الدراسة على تجربة تطبيقية لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال تصميم المشروع (3DVM) ثم طباعة المشروع (3DVM). وكذلك للتحقق من خصائص كلتا الطريقتين. نقاط المقارنة بين : (MGF) ، (DS)، (CPS)، (S)، (WO)، (RD)، (T) ، (3DVM)، (3DPM). الجدول رقم (١)

Model	Very Clear		Partially Clear		Not Clear	
	3DVM	3DPM	3DVM	3DPM	3DVM	3DPM
MGF	18 S	26 S	9 S	3 S	3 S	1 S
DS	11 S	26 S	16 S	2 S	3 S	2 S
CPS	9 S	27 S	17 S	2 S	4 S	1 S
WO	22 S	26 S	7 S	3 S	1 S	1 S
RD	25 S	28 S	4 S	1 S	1 S	1 S
T	16 S	22 S	10 S	6 S	4 S	2 S

جدول رقم (١) نتائج الاستبيان (إجابات الطلاب). (المصدر: الباحث ، ٢٠٢٠)

من نتائج الأستبيان، كان من الواضح أن كلاً من (3DPM) و(3DVM) يوفران فهماً واضحاً لـشكل النموذج العام (MGF) فى الرسم البياني رقم (١) . ومع ذلك ، ذكر غالبية الطلاب أن تصورهم لتفاصيل و هيكل المشروع (DS) كان أكثر وضوحًا في(3DPM) فى الرسم البياني رقم (٢). أيضا ، الفهم التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب لـ(CPS) فى الرسم البياني رقم (٣). علاوة على ذلك ، كانت فتحات الحوائط (WO) أكثر وضوحاً في(3DPM) الرسم البياني

رقم (٤). حتى بالنسبة لتفاصيل السقف (RD) كان واضحًا بشدة في (3DPM) فى الرسم البياني رقم(٥). وأيضًا ، كان الملمس(T) أبسط وأكثر وضوحًا في (3DPM) فى لرسم البياني رقم(٦) الشكل رقم (٣).



الشكل رقم (٣) النتائج الوصفية للإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب من خلال كل من(DPM٣) و(DVM٣))المصدر: الباحث ، ٢٠٢٠)

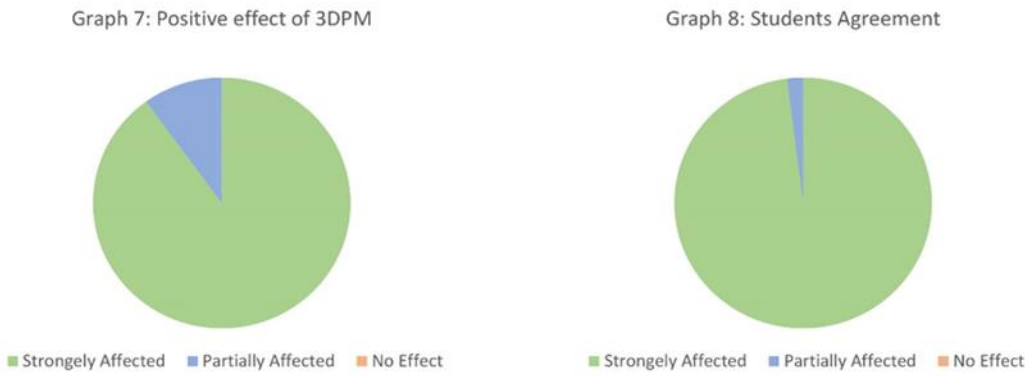
كانت بعض الأسئلة تتعلق بفحص التأثير الإيجابي لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على الإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب وأيضًا للتأكد من أن الطلاب وافقوا على أن (3DPM) ساعدتهم أكثر من النموذج الافتراضي. (3DVM)ومع ذلك ، تظهر النتائج أن أغلب الطلاب اتفقوا على أن (3DPM) أثرت بشكل إيجابي على إدراكهم فى الجدولان رقم (٢ و ٣). وعلى وجه الخصوص ، وجد أن استخدام (DPM٣) كان له تأثير إيجابي على تحسين إدراكهم التصميمى والتشكيلى والفراغى للمشروع.وقد أدرك الطلاب بوضوح أن المشروع كان عبارة عن فيلا بعد فحص (3DPM) أكثر من (3DVM) عبربرنامج (Google Sketch Up). يجب أن نذكر أن ٩٠٪ من الطلاب قرروا أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أثرت بشدة على إدراكهم وفهمهم التصميمى والتشكيلى والفراغى ، و ١٠٪ أظهروا أنهم تأثروا جزئيًا ، و ٩٨٪ وافقوا على أن هذه التكنولوجيا ضرورية لعملية تعلمهم فى الرسم البياني رقم (٧ و ٨) الشكل رقم (٤)

	Strongely Affected	Partially Affected	No Effect
3DPM Postive Effect	27 S (90%)	3 S (10 %)	0 S (0%)

الجدول رقم (٢) التأثير الإيجابي للنموذج المطبوع ثلاثي الأبعاد على الفهم التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب (المصدر: الباحث ، ٢٠٢٠)

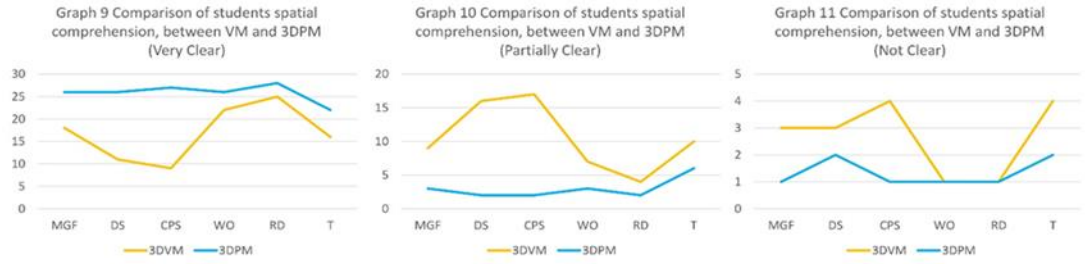
	Strongely Agree	Partially Agree	Do not Agree
3DPM>3DVM	29 S (98%)	1 S (2 %)	0 S (0%)

الجدول رقم (٣) يوضح أن (3DPM) يعزز من الفهم التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب أكثر من (3DVM). (المصدر: الباحث ، ٢٠٢٠)



الشكل رقم (٤) التأثيرات الإيجابية لـ (DPM٣) على الإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب. (المصدر: باحث ، ٢٠٢٠)

اللافت أن النتائج أظهرت بعض الفروق بين استخدام (3DVM)و (3DPM) تحقيق فهم تصيميمى وتشكيلى وفراغى واضح. والتي تبين أن (3DPM)أكثر فاعلية في إدراك الطلاب فى الرسم البياني رقم (٩). لوحظ نفس الشيء من خلال فهم تفاصيل معقدة الفهم مثل الفتحات والهيكل. ومع ذلك ، فإن استخدام كل من (3DVM)و (3DPM) كطرق تمثيل للإدراك للمشروع كان قريبًا تقريبًا من بعضهما البعض فى الرسم البياني رقم (١٠ و ١١) الشكل رقم (٥). مما يشير إلى أن التطوير المستمر لتحسين تجربة الفهم باستخدام (3DPM)ضروري لفهم التفاصيل المعقدة للتصور التصميمى والتشكيلى والفراغى. علاوة على ذلك ، سيحتاج الطلاب إلى تلك التكنولوجيا لمساعدتهم على تفسير التفاصيل المعقدة للمشاريع. خاصة خلال مرحلة تطوير التصميم. اقتراح آخر هو أنه من وجهة النظر الفنية هو أن دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد مع الأنظمة التعليمية من شأنه أن يحسن الحس الفني والجمالي و التشكيلى ويقوي ممارسة التعلم مثل التعلم التجريبي والأداء. لذلك ، يمكن تحديث نظام التعليم المعماري الناتج من دمج هذه التقنيات في التدريس من خلال تعزيز التعلم ، وتحسين المهارات ، ومشاركة الطلاب ، مع مساعدة المعلمين والمعلمين أيضًا على تعزيز أدائهم.



الشكل رقم (٥) مقارنة بين (DVM٣) و (DPM٣) في تحسين الفهم التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب. (المصدر: الباحث ، ٢٠٢٠)

أهم جانب في هذه الدراسة هو حقيقة أن (3DPM) شجع الطلاب على وصف وفهم النموذج أكثر من (3DVM) تسمح طريقة التصميم هذه بإجراء تعديلات التكوين حتى لو كان نفس الشكل أو التصميم ، لأن (3DPM) يسمح بإجراء تعديلات في حدود معينة. لذلك ، نظرًا لأن(3DPM) منتج من(3DVM) ، فإن إنتاج النموذج يعتمد على معلمات دقيقة وبالتالي يمكن طباعة مكونات النموذج بقياسات مماثلة ولكنها ليست ضرورية لتكون متطابقة. يوفر تحديث أنظمة التعليم وتطويرها مورداً ثرياً للتعلم الموجه ذاتياً. لذلك ، يحتاج الطلاب إلى فهم أفضل لكيفية اكتساب مهارات الطباعة ثلاثية الأبعاد خارج أساليب التعليم التقليدية. وأيضًا ، يجب تكييفها للتعلم من أساليب التعليم النظامي وغير النظامي. على طول الدراسة والبحث ، كان من الواضح أن هناك بحيرة من الدراسات والأبحاث التي تتعلق بـ (3DPM) ودورها في تحسين الإدراك التصميمى

والتشكيلى والفراغى. يركز هذا البحث على دراسة الأنواع المختلفة لتقنيات النمذجة ثلاثية الأبعاد التي يمكن أن تساعد في تحسين تعليم الهندسة المعمارية. مع العديد من تقنيات التصميم المتوفرة ، بمساعدة (Google Sketch up) وبرامج النمذجة الأخرى التي تتميز بالبساطة وسهولة التعلم والاستخدام ، فإن الطلاب لديهم الفرصة لتصميم المزيد والمزيد من التصاميم المعقدة والمفصلة في وقت قصير. تعرض هذه الدراسة أيضًا نتائج الأساليب الشائعة الاستخدام ذات الصلة بنمذجة الكمبيوتر. من المؤكد أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد توفر للطلاب فرصة أفضل لفهم المشاريع والنماذج ؛ على الرغم من ذلك ، لا تزال هناك حاجة إلى مزيد من الأبحاث لإظهار المزيد حول هذه التقنية وفوائدها.

الإستنتاجات

تعد تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من أهم الاختراعات في عصرنا ، على الرغم من كونها في مراحلها الأولى ، إلا أنها تساعد الآن في مختلف المجالات التي يمكن أن تساعد في تحقيق وتسهيل العمليات التعليمية. بالإضافة إلى ذلك ، فإننا نعترف بدور تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد التي يمكن أن تحسن الفهم المكاني للطلاب من **(3DVM) .** يمكن أن تكون **(3DPM)** مفيدة جدًا للتصميم المعماري والتصميم الداخلي وتصميم الأثاث وحتى التخطيط الحضري. خاصة بالنسبة لما هو ضروري للتجارب المكانية. سيكون استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وسيلة مساعدة إبداعية سهلة في التعليم المعماري لاشتقاق أشكال خاصة ومعقدة وفهمها جيدًا. التي تزيل جميع الحواجز أمام الطلاب وتطلق العنان لإبداعهم في التصميم. استخدمنا كل من تقنيات**(CAD)** و **(CAM) .** علاوة على ذلك ، تعلمنا كيف يمكننا دمج هذه التقنيات مع أنظمة التعليم المعماري من خلال تصميم تجريبي مع الطلاب. تبحث هذه الدراسة في مساعدة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كطريقة تدريس لاستكشاف الإدراك التصميمى والتشكيلى والفراغى للطلاب. وكانت النتائج تضمن الفوائد من دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد مع تعليم التصميم المعماري من خلال إطار التعلم المطور. و بناء علية يصل البحث إلى:

1- تطوير المناهج والبرامج التعليمية لدراسة الهندسة المعمارية فى الجامعات المصرية لتواكب التطور المستمر فى التكنولوجية و بخاصة تكنولوجيا التصنيع الرقمى بكافة أشكالة وذلك خلال دمج منهج علمى و دراسى يوفر لطلاب الهندسة المعمارية معرفة وأستخدام تقنيات وأدوات تلك التكنولوجيا كأدة أساسية ضمن خطوات التصميم و التنفيذ.

2- تشجيع الجمعيات و المؤسسات المنوطة بالأشراف ومتابعة المجال المعمارى فى مصر, مثل نقابة المهندسين بتقديم برامج تعليمية و ندوات علمية وثقافية لتعريف المعمارين وخريجى كلية الهندسة المعمارية بتكنولوجيا التصنيع الرقمى ومدى أهميتها للمجال المعمارى.

المراجع

[1] Stoter, J., Brink, L. v/d, Vosselman, G., Goos, J., Zlatanova, S., Verbree E., Klooster, R., Berlo, L. van, Vestjens, G., Reuvers, M. and Thorn, S, "A generic approach for 3D SDI in the Netherlands", In: Proceedings of the Joint ISPRS Workshop on 3D City Modelling&Applications and the 6th 3D GeoInfo Conference, Wuhan, China, (2011),

[2] Zlatanova, Sisi, Laure Itard, Mahmud Shahrear Kibria, and Machiel Van Dorst. "A user requirements study of digital 3D models for urban renewal." open house international 35, no. 3 (2010), P. (37-46).

[3] Rapidtoday. GIS 3d Printing Made Easier with Software, (2012). From: http://www.rapidtoday.com/GIS-3DPrinting.html (accessed on 10-1- 2021).

[4] Z Corporation. ”3D Printing Technology: Fast, Affordable and Uniquely Versatile”, (2005), from:https://docplayer.net/7123976-Z-corporation-3d-printing-technology-fast-affordable-and-uniquely-versatile.html (accessed on 10-1- 2021).
[5] Karlgraad, R. 3D printing will revive American manufacturing. Forbes,(2015),from: http://www.forbes.com/sites/richkarlgaard/2011/06/23/3d-printing-will-revive-american-manufacturing/ (accessed on 10-1-2021).
[6] Khorram Niaki, Mojtaba, and Fabio Nonino. “Additive Manufacturing Management: a Review and Future Research Agenda.” International Journal of Production Research 55, no. 5 (2-9-2016): P. (1419–1439).
[7] Kostakis, Vasilis, Vasilis Niaros, and Christos Giotitsas. “Open Source 3D Printing as a Means of Learning: An Educational Experiment in Two High Schools in Greece.” Telematics and Informatics 32, no. 1 (5-2-2015), P. (118–128).
[8] Kostakis, Vasilis, and Marios Papachristou. “Commons-Based Peer Production and Digital Fabrication: The Case of a RepRapBased, Lego-Built 3D Printing-Milling Machine.” Telematics and Informatics 31, no. 3 (616-8-2014), P. (434–443).
[9] Morán, Samuel, Ramón Rubio, Ramón Gallego, Javier Suárez, and Santiago Martín. “Proposal of Interactive Applications to Enhance Student’s Spatial, from: Perception.”https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131506001321 (accessed on 10-1- 2021).
[10] Huang, Tien-Chi, and Chun-Yu Lin. “From 3D Modeling to 3D Printing: Development of a Differentiated Spatial Ability Teaching Model.” Telematics and Informatics 34, no. 2 (3-5-2017) P.20
[11] Baynes, S., and M. Steele. "3D Printing and the Construction Industry." Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), 3, (2015), P. (9-13)
[12] Mellor, Stephen, Liang Hao, and David Zhang. “Additive Manufacturing: A Framework for Implementation.” International Journal of Production Economics 149 (3- 2014), P. (194–201).
[13] Menges, Achim, Tobias Schwinn, and Oliver David Krieg. “Advancing Wood Architecture.” Edited by Achim Menges, Tobias Schwinn, and Oliver David Krieg, (22-7-2016), P (15-19).
[14] Wohlers, TT. Wohlers Report: 3d printing and additive manufacturing state of the industry, Wohlers Associates, Fort Collins (2017), P. (5-6)
[15] Papadopoulou, AP, Laucks, JL and Tibbits, ST. General Principles for Programming Material, in Tibbits, ST (eds), Active Matter (2017), MIT Press, Cambridge, MA, pp. 125-142.
[16] Berman, Barry. “3-D Printing: The New Industrial Revolution.” Business Horizons 55, no. 2, (3-2012): P. (155–162).
[17] Rayna, Thierry, Ludmila Striukova, and John Darlington. “Co-Creation and User Innovation:The Role of Online 3D Printing Platforms.” Journal of Engineering and Technology Management 37, (7-2015), P. (90–102).
[18] Oropallo, William, and Les A. Piegl. “Ten Challenges in 3D Printing.” Engineering with Computers 32, no. 1, (12-6- 2015), P. (135–148).
[19] Casas, Lluís, and Eugènia Estop. “Virtual and Printed 3D Models for Teaching Crystal Symmetry and Point Groups.” Journal of Chemical Education 92, no. 8, (5-5-2015), P. (1338–1343).

[20] European Commission. Additive Manufacturing in FP7 and Horizon 2020: Report from the EC Workshop on Additive Manufacturing, Brussels, Belgium, (2014), P. (13).
[21] P. McGahern, F. Bosch, D. Poli, "Enhancing Learning Using 3D Printing." The American Biology Teacher 77, no. 5, (5- 2015), P. (376–377).
[22] Ngo, Tuan D., Alireza Kashani, Gabriele Imbalzano, Kate T.Q. Nguyen, and David Hui. "Additive Manufacturing (3D Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges." Composites Part B: Engineering 143, (6- 2018): P. (172–196).
[23] Buehler, Erin, Shaun K. Kane, and Amy Hurst. "ABC and 3D." Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility - ASSETS '14, (2014), P. (7)
[24] Kwon, Oh Nam. "Fostering Spatial Visualization Ability through Web-Based Virtual-Reality Program and Paper-Based Program." From: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-45036-X_78.pdf (accessed on 10-1-2021), P. (17-20).
[25] Woolf, B., Romoser, M., Bergeron, D., & Fisher, D. "Tutoring 3-dimensional visual skills: Dynamic adaptation to cognitive level". In Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Sydney, Australia, from: https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.499.2319&rep=rep1&type=pdf (accessed on 10-1- 2021).
[26] Stephen cooper, Karen Wang, Maya Israni, Sheryl Sorby. "Spatial Skills Training in Introductory Computing", from: https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2787622.2787728 (accessed on 10 -1- 2021), P. (3).
[27] Ford, Simon, and Tim Minshall. "Invited Review Article: Where and How 3D Printing Is Used in Teaching and Education." Additive Manufacturing 25 (1-2019), P. (131–150).
[28] Katsioloudis, Petros, Vukica Jovanovic, and Mildred Jones. "A Comparative Analysis of Spatial Visualization Ability and Drafting Models for Industrial and Technology Education Students." Journal of Technology Education 26, no. 1, (1-9- 2014), P. (88–101).
[29] Passig, David, David Tzuriel, and Ganit Eshel-Kedmi. "Improving children's cognitive modifiability by dynamic assessment in 3D Immersive Virtual Reality environments." Computers & Education 95, (2016), P. (296-308).
[30] Kolarevic, B and Klinger, K, Manufacturing Material Effects. Rethinking Design and Making in Architecture, Routledge, 1st edition. New York, (2008).