عنوان البحث : دراسة تحليلية مقارنة للتطور التكنولوجي في تشكيل كوحدة البناء
(الطوبة من الطين النيئ ثم الطوب الإلكتروني والذكي إلى طباعة المبنى بتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد)

الباحثة : د.م لميس سيد محمدي عبد القادر
مدرس بقسم تكنولوجيا الإنشاءات المعمارية – كلية التكنولوجيا والتعليم – جامعة بني سويف
lamisabdelkader@hotmail.com

ملخص البحث :

إن العمارة هي المرآة التي تعكس التقنيات البشرية التي استخدمها الإنسان على مر العصور، وهي الناطق الرسمي باسم الحقبات البشرية ، فاليد البشرية كانت أولى التكنولوجيا المستخدمه في تشكيل وحدة البناء الطينية ومن بعدها الفأس الذي كان يزرع به هو نفسه الذي كان يشكل به وحدة بناء لمسكنه، ثم باستخدام القوة العضلية للحيوان، فعمارة عصر معين ما هي إلا انعكاس لروح هذا العصر وكما أن لكل عصر تقنيتة المميزه له منذ القدم وحتى الآن ، وقد ناقش البحث تعريف التكنولوجيا كمصطلح، ثم تكنولوجيا صناعة الطوب النيء من الطين أو ما قد يسمى الطوب الأخضر وتم ذكر المميزات والأهداف البيئية والوظيفية لوحدة البناء البدائية من الطين النئ، ودراسة عيوبها ومميزاتها ، ثم بالانتقال للتكنولوجيا الأكثر تطورا وهي تشكيل وحدة البناء وصناعتها من الطوب الأحمر، كما تناول البحث تكنولوجيا استخدام الطوب الذكي وشرح التركيب الداخلي له، ومناقشة مميزاته، وكما تم مناقشة وجهة نظر المعماريين في تكنولوجيا البناء بالطوب الذكي كوحدة بناء حديثة، ثم بالانتقال إلى تكنولوجيا البناء بالطوب الالكتروني كتطور للطوب الذكي، ودراسة الطباعة ثلاثية الأبعاد كتكنولوجيا إنشاء المبني بالكامل وحدة واحدة، وذكر المواد المستخدمه في الطابعة الثلاثية الأبعاد وكذلك أنواعها المختلفة، والتركيبات الفنية للمبنى بهذة التقنية، ومميزات وعيوب هذة التكنولوجيا والبرامج المستخدمة فيها مع ذكر بعض الأمثلة التي تم طباعتها وإنشاءها بالكامل بتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد مثل مكتب المستقبل في دبي، وجسر المشاة في اسبانيا، وأخيرا عمل الدراسة المقارنة بين التكنولوجيات البدائية والتقليدية كالطوب النئ الأحمر والطوب الذكي والطوب الإلكتروني وبين الطباعة ثلاثية الأبعاد كأحدث أسلوب إنشائي في العالم حتى الآن ، ثم استنتاج نتائج البحث وذكر المراجع.

Abstract:
Architecture is like a mirror that reflects the human technologies that's been used throughout the ages. It is the official spokesman for the human-being eras. Human hand was the first technology used in the formation of the clay building unit then the ax that he was planting with is the same that used to form a building unit. Then using the strength of the animal muscular. The architecture of a particular era is nothing but a reflection of the spirit of this era, as each age has its own distinct technology from ancient times until now. The research discussed the definition of technology, then the technology of making mud bricks from clay or what may be called green bricks. The environmental and functional characteristics and objectives of the primitive building unit from raw clay, and studying its defects and features. Then with the transition to the most advanced technology, which is the formation and manufacture of the building unit from red bricks. The research also dealt with the technology of using smart bricks, explaining its internal structure, and discussing its advantages. The viewpoint of architects on building technology with smart bricks as a modern building unit was discussed. Electronic as a development of smart bricks, studying 3D printing as a technology to create the whole building in one unit, and mentioning the materials

used in the 3D printer as well as its various types. In addition to the technical installations of the building with this technology, the advantages and disadvantages of this technology and the programs used in it with mentioning some examples that have been printed and created entirely with technology 3D printing is discussed. Like the future office in Dubai, a pedestrian bridge in Spain, and finally, a comparison between primitive and traditional technologies such as raw red bricks, smart bricks and electronic bricks and between 3D printing as the most recent construction method in the world so far is made. Then concluding the results of the research and citing references.

الكلمات المفتاحية : الطباعة ثلاثية الأبعاد – الطوب الذكي – الطوب الإلكتروني – تطور وحدة البناء – الطوب الطيني

3D printers – Smart Bricks – Electronic Bricks – Developed Building Units – Mud Bricks.

أهداف البحث:

- التعرف على التطور الهائل الذي حدث لتشكيل الطوب كأكثر وحدة بناء مستخدمة في الإنشاء.
- التعرف على ما هية الطوب الذكي و الطوب الإلكتروني و معرفة الفرق بينهما و مميزات كل منهما.
- زيادة الوعي بأحدث النظم التكنولوجية المستخدمة عالميا في المباني مع بداية الألفية الثالثة.
- توضيح أهمية استخدام التقنية المستحدثة والمستجدة في المباني من حيث المميزات والعيوب و معرفة التدرج في العمارة التقليدية متمثلة في مباني الطوب الطيني و الأحمر وصولا إلى الثورة المعلوماتية والثورة التكنولوجية الحالية متمثلة في مباني الطوب الذكي و الإلكتروني و طباعة المباني بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

الفروض النظرية للبحث :

يعتبر التأثر بالطفرة الحديثة في عصر العولمة الشبكة العنكبوتية وتطور وسائل الاتصالات والثورة المعلوماتية على عالم المباني و الإنشاءات بثابة قفزة تكنولوجية هائلة ، و أن العمارة هي المرآه العاكسه للفكر العالمي العام منذ العصور الأولي ونشأة الحضارة وإلى الآن.

منهج البحث:

القيام بعمل دراسة تحليلية مقارنة عامة من خلال دراسة تطور تشكيل الطوبة الطينية من الطين وتجفيفها تحت أشعة الشمس وحتى تصنيعها في المصانع الإلكترونية بتصنيع الطوبة الذكية والطوبة الإلكترونية المزودة بحساسات لاستشعار الأماكن التي تحتاج إلى صيانه و غيرها.

المقدمة :

منذ بداية القرن العشرين ومع نهاية الحرب العالمية الأولى تحول العلم إلى المحرك الأساسي لحياة البشرية ومستقبلها، فقديما الطفرات العلمية كانت متباعدة المسافات بمقدار سنين بل و عقود و ربما قرون، أما الآن فإننا لا نكون مبالغين إذا اعتبرنا أن العلم يأتي لنا كل يوم بالعديد من التطورات والتكنولوجيات المستجده، وحيث أن

العمارة تتأثر دائما بكل ما حولها في المحيط الموجودة فيه، تتغير وتتطور بتغيير الشعوب اجتماعيا، سياسياً، علمياً، فلسفياً....إلخ ، فمنذ نهاية القرن العشرين لا يمكن لأحد أن ينكر أن العلم أصبح أكبر محرك للإنسانية كلها و أصبحت له الكلمة العليا وقد فرض وجوده في كافة مناحي الحياة ، فقد تأثرت العمارة مثلها مثل كل العلوم و الفنون. (1)

واصبحت العمارة في جميع أنحاء العالم متطورة في أساليب الإنشاء وفي التشطيبات والمواد بقدر تطور التقنيات الحديثة التي توصل إليها العلماء، وأصبح الإبداع المعماري لا يتوقف على غلق المعماري على نفسه بابه والانطلاق في العملية التصميمية عن طريق احساسه بالنسب والجماليات والوظيفة فقط، فالمعماري الجيد في العالم المتقدم والعالم الأول هو الذي على دراية وعلم تام ووعي بآخر ما توصل اليه العلم من تقنيات حديثة تغير تصميمه و تشكيل و تشغيل المبنى و أيضا على مستخدميه، و أصبح الشغل الشاغل للعلماء اليوم هو الاستدامه و كيفية تحقيق مبادئ العمارة الصديقة للبيئه و التي توفر من طاقة تشغيل المبنى بل و قد تجعله منتج للطاقة و مصدر لها.

حتى ظهر ما يسمى بالطوبة الذكية "Smart Bricks" و الطوبة الإلكترونية "Electronic Brick" التي تعتبر أحد مظاهر الألفية الجديدة التي يتم تطويرها الان لاستخدامها في المباني لمميزاتهم الغير تقليدية و التي سيتم مناقشتها من خلال البحث ، وكما سيتم القاء الضوء على هذه النوعية من وحدات البناء التي تعتمد في كل أساسها على استخدام أحدث الأساليب التكنولوجية الحديثة في تكنولوجيا المعلومات والكمبيوتر حتى يؤدي المبنى وظيفته بطريقة مستدامة تلاءم العصر و لخدمة مستخدمي المبنى بأكمل وجه.

1- تعريف مصطلح التكنولوجيا و تأثيرها على صناعة الطوب النيء :

تعتبر التكنولوجيا في العمارة و البناء هي كل أسلوب بنائي إختصت بها حضارة من الحضارات أو جماعة من البشر كلّ في عصره ، فمنذ أن وجد الإنسان على الأرض وهو في رحلة استكشاف و تطور دائم لتلبيه احتياجاته وتهيئة سبل معيشته وتفاعل طوال هذه الرحلة مع ما يحيط من مواد وعناصر كانت في حالة تداخل وعدم تجانس اعتمد فيها على التكنولوجيا في الفصل بين المواد وإعادة تنظيمها وترتيبها بالصورة التي تلبي رغباته وتخدم تطلعاته ، وهكذا ارتبطت التكنولوجيا بالتاريخ الإنساني .

عمارة الطين هي العمارة التي ظهرت من قديم الأزل في معظم بقاع العالم و كانت دائما متواجدة حيث وجد الماء ، فلقد لاحظ الانسان بشكل عام أن مادة الطين المتوافرة لديه حول الأنهار والوديان و البحيرات يمكن تشكيلها وهي مبلله و أنها تتصلب بعد أن تجف و لما كانت الأكواخ المصنوعة من أعواد النبات المضفوره لتقيه تماما من العوامل الجوية فقد كسى الإنسان القديم هذة الأكواخ من الخارج بمادة الطين ومن هنا أصبح الطين مادة بناء و إنهاء. (1) شكل (1)

شكل (1) التقنية اليدوية لتشكيل الطين النيئ في قوالب من الخشب. المصدر(3)

2- تكنولوجيا صناعة الطوب كوحدة بناء من الطوب الأحمر:

ثم كان للتكنولوجيا أكبر دور في تطوير صناعة و تشكيل الطوبة عامة و التي من الطين يشكل خاص و الذي منه ظهر أشكال كثيرة ولكن الأكثر استعمالا هو المتوازي المستطيلات، وقد يأخذ أشكاله الصلبة بتجفيفه أو بحرقة أو بعالجته كيمائياً، وقد يصنع الطوب مصمتاً أو مفرغاً كما يمكن الحصول عليه بألوان مختلفة ، ومنه الطوب الأحمر بأنواعه –Red Bricks والذي يصنع من الطين الطميي Silty Clay و له أنواع منها طوب أحمر بلدي–Ordinary Red Bricks ، طوب أحمر قطع سلك–Wire– Cut Red Brick، و كذلك طوب أحمر مضغوط ، طوب فخاري " التراكوتا "– Terracotta ،الطوب الحراري– Refractory Bricks .(4)

ومن مميزات بعض أنواع هذا الطوب تحمله للعوامل الجوية والطبيعية ومقاومته للحرائق بجانب تحمله للضغوط العالية، ويمكن تقدير جوده الطوب علي حسب انتظام شكله وأبعاده ورنينه وصلابته وخلوه من المواد الجيرية وتجانس لونه وسهولة كسره إلي قطعيات صغيرة.

من أشهر أنواعه المستعمله في بلادنا هو الطوب البلدي وضرب سفره وقطع السلك والمكبوس والتيراكوتا وطوب الواجهات والطفلي والمخرم ، وتعتمد درجة نوعية الطوب الأحمرعلي ثلاثة عوامل أساسية أولها مكونات المواد الكيماوية للأرض الطبيعية المأخوذة منها عجينة الطوب وثانيا تجهيز الأرض الطبيعية وخلطها، وأخيرا درجات الحرق المختلفة في الفرن.

ويتكون جزيئات الطوب الطيني الجيد كيمائياً من الومينا وهي مادة الطين وبعد خلطها بالماء تعطي لعجينة الطوب سهولة للحرق ولكن عندما تجف تتشقق وتعوج، و من السيليكا وهي مادة الرمل وبخلطها بمادة الألومنيا تعطي صلابة للطوبة وتمنع التشقق والاعوجاج، وكذلك أكسيد الحديد وهي المادة التي تعطي اللون الأحمر للطوب بعد حرقه ، والكالسيوم و الذي لايفضل وجوده متكلسا في عجينة الطوب كمثل وجود الصدف و القواقع البحرية التي تتحول في عملية حريق الطوب إلي جير حي وعند رش الطوب بالماء للاستعمال تتحول هذه المادة إلي جير مطفي الذي يؤدي إلي اضعاف تحمل الطوب، و الصوديوم لا يفضل زيادته في عجينة الطوب لأن ذلك يؤدي إلي تمليحه وتغطية سطحه ببودرة ملح أبيض، والمغنسيوم يعطي اللون الأصفر للطوب وزيادته يؤدي إلي تمليح الطوب كالصوديوم، و مانجنيز و بوتاسيوم وهو عنصر مهم في تكوين خلطة الطوب.

3- استخدام الطوب الذكي Smart Brick كنظام جديد في الإنشاء:

و يبدو أن الدور قد لحق بالطوب المستخدم في الإنشاء ليحمل الصفة الأكثر انتشارا في هذا العصر، حيث أعلنت شركة Kite Bricks عن نيتها بتزويد العالم بطوب ذكي يمكن استعماله بشكل أساسي في المباني متعددة الطوابق وحتى ناطحات السحاب ، يتميز هذا الطوب عن الطوب العادي (الطوب الأحمر و غيره) لعدة أسباب يجري عرضها في هذا البحث.(4)

يعتبر الطوب الذكي ثورة في عالم تكنولوجيا البناء، فهو يعد صالحا لبناء المباني الصغيره والأبراج على حد سواء ، حيث تم تصنيعه ليكون عبارة عن قوالب خرسانية عالية المقاومة أو مربعات ضوئية تلائم الاحتياجات الدقيقة في البناء تتصف بخصائص فريدة تسمح ببناء هياكل بيئية متينة.

3-1 التركيب الداخلي للطوب الذكي :

يحتوي الطوب الذكي على فجوات تمتد على شكل حجرات ، مما يخفف من وزنها، ويكسبها عزلا هوائيا وحراريا عاليا ، كما تمتد الفراغات الداخلية بالطوب الذكي تتصل لتسهيل عملية مد خطوط الكهرباء أو تمديدات المياه بداخلها وبداخل الجدران ، و تثبت في هذا النظام واجهات قابلة للإزالة ،شكل (2) كما أن الصفوف على طول الجزء السفلي من الطوب مفتوحة على رؤوس الصفوف السفلية، بينما تدخل قضبان الحديد خلال القنوات بين قطع الطوب لتجعل الحائط بالكامل صلب وشديد المتانة، بالإضافة الى تصميم البناء بحيث يكون هناك لوحة وصول متكاملة يمكن فتحها لتسهيل أي تعديلات أو إصلاحات في شبكة المياه أو الكهرباء دون الحاجة إلى تكسير الحائط بالكامل، وتم تصميم الطوب ليتم ربطه معا بطريقة مبتكرة ومدروسة، تشبه في تصميمها ألعاب التركيب (Lego) للأطفال وليصبح المبنى كاملاً أشبه بـ (Lego full-sized building)، و يرتبط الطوب ببعضه باستخدام مادة لاصقة تشبه الشريط اللاصق شديد القوة على الجهتين أي أن هذا الطوب لا يحتاج إلى الاسمنت كما في الطوب التقليدي (المحارة) ، مما يقلل التكاليف بدرجة كبيرة.(5)

3-2 مميزات الطوب الذكي:

لا توجد بدائل حقيقية للطوب الذكي، إن معظم انواع الطوب بلا فائدة كبيرة من حيث أنها تقام على سقالة هيكلية بسيطة للمنشأ كما كان قبل 100 سنة، قد تحتوي بعض الكتل المتقدمة الاخري على العزل، و لكن الطوب الذكي " Smart Brick "يتماز بتحكم حراري عالي وممر كامل للأنابيب والأسلاك والكابلات وغيرها من التركيبات الفنية التي يحتاجها المبني وبقوة الشد غير عادية وسهولة البناء وسلامة المواد و كما يمكن شرح مميزاته في النقاط التاليه:

- توفير النفقات : تشير بعض التقديرات إلى أن استخدام نظام الطوب الذكي يمكن أن يؤدي إلى توفير 50٪ من إجمالي النفقات المرتبطة ببناء مبنى مكون من ثمانية طوابق.

- توفير الطاقة : يمكن للخصائص الحرارية للطوب الذكي أن تؤدي إلى توفير كبير في تكاليف التدفئة والتبريد ، ومن المعروف أن 60٪ من تكاليف الطاقة للمبنى مرتبطة بالتدفئة والتبريد بما في ذلك تسخين المياه، و من هنا تتيح تقنية الطوب الذكي تحقيق توفير كبير في تكاليف استهلاك المبنى للطاقة من خلال التوفير في طاقة تشغيل المبنى و يحدث ذلك من خلال إعادة توجيه الحرارة بشكل فعال في الصيف ، بينما يتم احتجازها ومنع تسربها خلال الجدران والأسطح في الشتاء، حيث يسمح تصميم الطوب بمزيد من التحكم في الطاقة الحرارية من خلال تقنية العزل الحراري التي هي السبب الرئيس في تصنيع هذا المنتج.(4)

- حفظ الموارد: يتم تصنيع الطوب حسب الطلب ، بما في ذلك الأشكال والأحجام والتشطيبات ، من الداخل والخارج ، فعلى سبيل الثال في مشروع بناء الطوب الذكي ، يتم تسليم الطوب المطلوب إلى موقع البناء ، حيث يتم تركيب الهيكل المطلوب بسرعة وبهدوء مع الحد الأدنى من العمل والوقت ، بالإضافة إلى الأبواب والنوافذ وغيرها.

- المقاومة العالية : إن أسلوب بناء الطوب الذكي وتسليحه بقضبان الحديد من خلال فتحاته المتصلة تجعل منه هيكلا قويا ومتماسكا ومقاوما لأي ظروف تحميل أو ظروف جوية قاسية ، و الذي يقلل بشكل كبير من متطلبات المواد الطبيعية مثل الرمل والحديد والماء حيث يتم تصنيع الطوب والهياكل المرتبطة بها للحصول على المقاومة القصوى ، بما في ذلك أثناء الزلازل وعوامل الطقس المختلفة. (6)

شكل (2) صورة توضيحية لطريقة تركيب الطوب الذكى. المصدر (1)

3-3 وجهة نظر المعماريين في الطوب الذكي كوحدة بناء حديثة:

يرى المهندسون المعماريون الذين تمت استشارتهم في تطوير هذا الطوب عالما جديدا من الامكانيات والفرص فيه؛ حيث سيتم عمل هياكل قوية وغير مكلفة ، بدءا من المنازل ذات الطابق الواحد وحتى الابراج متعددة الطوابق و بتخفيض بنسبة 50% من تكاليف البناء ، فالتحكم بدرجات حرارة الحيزات الداخلية بالمبنى يقلل من تكاليف تشغيل المبنى بشكل كبيرو يزيد من استدامته، كما لا يوجد مخلفات في موقع البناء تقريبا مما يعني بناء نظيف وهادئ، ولا يتطلب وجود سقالات حيث انه عند اكتمال بناء الطوب لا يحتاج رباطها الى مونة او تسوية، لذا من الممكن تشييد مبنى متعدد الطوابق بكل سهولة ، كما أنه يمكن أن يتم رفع الطوب للأدوار العليا و الإرتفاعات الشاهقة بالمصاعد ولا حاجة للرافعات في موقع العمل، كما أن أرضية المبنى لا تحتاج الى الرمل، كما يمكن تصميم الطوب بالأحجام والأعداد والتشطيبات المناسبة بحيث لا يلزم إجراء أعمال تشطيب إضافية في موقع البناء. شكل (2)

4- تكنولوجيا البناء بالطوب الالكتروني Electronic Brick :

قد تقود فكرة الطوب الذكي مستقبلا إلى فكرة أعقد منها ترتكز بشكل أساسي على تزويد الطوب بتكنولوجيا استشعار إلكترونية، وفي مقدوره أن يجعل أبراج ومنشآت المنازل والمكاتب إطلاق إشارات إنذار مبكر لما يمكن أن يتعرض له المبنى، مساعداً بذلك في إنقاذ أرواح المئات من البشر، وتجنب الخسائر المادية الفادحة التي قد تنشأ عن مثل هذه الانهيارات. (7)

فربما كان في مقدور هذا الطوب أن يكشف عن الدمار الخفي غير المنظور الذي تخلفه مثل بعض الكوارث كالزلازل وبعض الهزات الأرضية وغيرها ، فهناك مبان ومنشآت تتأثر بدرجة كبيرة ومدمرة في حالات كثيرة بمثل هذه الكوارث ، إلا أن ذلك الأثر يظل خفياً وبعيداً عن عيون الأشخاص العاديين وربما حتى المهندسين .(8)

إن هذا الفارق يكمن في أن الطوب الالكتروني قد زود بأجهزة إلكترونية متطورة لاسلكية، هي عبارة عن مجسات وأجهزة استشعار، ووصلة اتصالات لاسلكية، ومعالجات إشارات، وبطاريات تعمل على تزويده بما يحتاجه من طاقة لأداء وظيفته وعمله التكنولوجي المتطور، و إن كل هذه الأجهزة والمحتويات تكون محشوَّة في عبوة واحدة مضغوطة مع بعضها بعضاً، في أصغر مساحة ممكنة داخل ذلك الطوب الذكي الإلكتروني.

أما من حيث هندسة التشييد والبناء، فإنه في مقدور أبسط عمال البناء وأقلهم مهارة أن يتعامل معها كما لو أنه يتعامل مع الطوب العادي حيث أن أجهزة الاستشعار يتم تضمينها كذلك في مواد البناء العادية، مثل البلاستيك والخشب والخرسانة المسلحة وغيرها ، و من هنا فإنه لا يحتاج إلى عمالة مدربة تدريب مخصص لاستخدامه.

فأن الفكرة الهندسية تمكن في توزيع عدد من هذا الطوب في أماكن متفرقة من المبنى، بحيث تشكل في مجموعها شبكة إلكترونية واحدة منتظمة، ذات كفاءة عالية، وفي مقدورها إعطاء صورة عامة دقيقة عن الحالة الهندسية للمبنى، ومدى استقراره ومما لا شك فيه أن هذه المعلومات ستكون ذات أهمية بالغة بالنسبة لعمال مكافحة الحريق وغيرهم من فرق الإنقاذ في حال وقوع أية كوارث أو هزات، تترك آثارها المدمرة على المبنى.

فعلى سبيل المثال، تستطيع المعلومات الإلكترونية عن المبنى، أن تحدد للمهندسين ومديري المبنى، المواضع التي تحتاج إلى تعزيزات وتقوية، سواء كانت في أساسات المبنى أو قواعده ، أو الضرورة الهندسية لتغيير بعض الجدران، وما إليها من نقاط ضعف هندسية ومتطلبات صيانة في المبنى، وبهذا المعنى فإن التكنولوجيا الحديثة التي سيتيحها استخدام الطوب الذكي الإلكتروني والذي يعتبر أعلى تكنولوجيا تشكيل و تطوير وحدة البناء الأولية ألا و هي الطوبة ، ستكون عوناً كبيراً للمهندسين المعماريين والفنيين في عملهم، خاصة فيما يتصل بالكشف عن عيوب المباني ومواضع الضعف فيها.

شكل (3) يوضح الطابعة ثلاثية الأبعاد و طريقة عملها داخل خيمة. المصدر (5)

5- الطباعة ثلاثية الأبعاد كتكنولوجيا إنشاء المبني بالكامل وحدة واحدة:

تعرف الطباعة ثلاثية الأبعاد (الطباعة المضافة أو التصنيع الإضافي) هي تقنية إنتاج لإنشاء تكوينات صلبة من خلال ملف رقمي تم تحميله إلى طابعة ثلاثية الأبعاد، حيث تقوم الطابعة بقراءة الملف وتضع طبقات متعاقبة من المواد المستخدمة في البناء ، شكل (3) مثل البلاستيك أو الراتنجات أو الخرسانة أو الرمل أو المعادن ، حتى يتم إنشاء المبنى بأكمله.(7)

وتعتبر أول طابعة ثلاثية الأبعاد تم اخترعها في عام 1983م من قبل تشارلز دبليو، وعلى مدى العقود الماضية أصبحت الطباعة ثلاثية الأبعاد واحدة من التكنولوجيات التي تلقى اهتماما بالغا من المهندسين في جميع المجالات في الوقت الحاضر ، شكل (3) كما أن تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكن أن تزيد من استدامه المباني ، كما يمكن استخدام مباني 3D في تقديم الاستدامة البيئية لمواد البناء ، كما أننا كمعماريون سنكون قادرين على التخلص من العقبات السابقة المتعلقة بالحد من التقنيات التقليدية للبناء من خلال بناء مباني باشكال معقدة بتكنولوجيا الطباعة الثلاثية الأبعاد.(8)

5-1 المواد المستخدمه في البناء بالطباعة الثلاثية الأبعاد 3D Printer :

شكل (4) يوضح تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بمادة الأسمنت حسب التصميم المعماري المحدد. المصدر (5)

يتم استخدام خرسانة مماثلة الى الخرسانة المستخدمة في البناء التقليدي ولكن سماكتها تتراوح بين (من 1-4 سم) وهي قادرة على تحمل الضغط اكثر من الخرسانه التقليديه وتتكون من (الخرسانة / الأسمنت ، الشمع ، الرغوة، البوليمرات) (رابطة البوليمر) أحدهما هو خليط خرساني ومركب خاص يكون أكثر سمكًا من الخرسانة العادية ،شكل (4) مما يسمح له بدعم نفسه كمجموعات خرسانية ثم يرش بالماء لبدء عملية التصلب، و يتم اضافة مواد اخرى تجعلها اكثر قوه وصلابه .(8)

5-2 الأنواع المختلفة للطباعه ثلاثيه الابعاد 3D Printer :

5-2-1 طباعه داخل الموقع : شكل (3)

في هذا النوع من البناء تتم الطباعه في الموقع نفسه و من مميزاتها أن يكون البناء الكامل دفعة واحدة ليس بحاجه الى تجميع ، كما أنه يشحن أقل عدد ممكن من عناصر البناء، و يتحمل البناء عوامل الطقس المتغيرة ما لم يكن البناء محفوظ في خيمة للحفاظ عليه و الذي قد يزيد من تكاليف الإنشاء الإجمالية للمبنى .

5-2-2 البناء خارج الموقع :

و فيه تكون العناصر الجاهزة مطبوعة في منطقة الإنتاج أو في المصنع –و تندرج هذة التكنولوجيا تحت تقنيات الإنشاء سابقة الصب و التصنيع (Prefab)– حيث تكون الطابعة ثلاثية الأبعاد ثابتة في مكانها ، ثم بعد ذلك يتم شحن العناصر إلى موقع البناء وتجميعها في الموقع ، و من مميزات هذا النوع من تكنولوجيا الإنشاء بالطابعة ثلاثية الأبعاد أنه نظام ثابت ويمكن بناء اكثر من طابق ، كما أن عوامل الطقس تكون مستقرة فإن التصنيع أو الإنشاء يكون في داخل المصنع محمي من العوامل الخارجية المتغيرة ، من عيوبه أنه يتكلف شحن العناصر المصبوبه إلى مكان الإنشاء ، و قد يحتاج إلى المزيد من العمل اليدوي في موقع البناء بالمقارنة بالطباعة في داخل الموقع فهي لا تحتاج لعدد كبير من العمالة.(9)

5-3 التركيبات الفنية في تكنولوجيا طباعة المبنى كوحدة واحدة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printer:

اوضحت شركه apis cor الصينيه المتخصصة في طباعة مباني 3D ان 90% من هيكل البناء كامل وهي الديكورات و تمديدات الكهرباء وتمديدات المياه و اثاث المطبخ تم تصنيعها وجهيزها داخل المصنع بتقنيه طباعه ثلاثيه الابعاد وتركيبها داخل موقع البناء وبطريقه اخرى يتم طبع الجدران مفرغة ، مع نمط تعريج بداخل التجويف لتوفير عملية التعزيز للحوائط، وهذا التفريغ أيضا يترك مساحة للعزل وتمديد التمديدات الكهربائية والصحية .

5-4 مميزات وعيوب تكنولوجيا طباعة المبنى بالطابعة ثلاثية الابعاد :

تعد من إيجابيات أو ما يميز تكنولوجيا البناء بالطابعة ثلاثية الأبعاد هي توفير 30٪ -60٪ من نفايات البناء ، و إمكانية تقليل وقت الإنتاج بنسبة 50٪ -70٪، و بالنسبة لإنخفاض تكاليف الإنشاء فيتم ذلك بنسبة 50 ٪ - 80 ٪ ، كما أنها تكنولوجيا موفرة للوقت بحيث يتم انجاز العمل بوقت قياسي بنسبة الى البناء التقليدي ، و كما أنها تكنولوجيا توفر من تكلفة الإنشاء بنسبة كبيرة إذا ما قورنت بالبناء بالطريقة التقليدية ، كما أنها تكنولوجيا تحافظ على البيئة ، و يقدة العمر الإفتراضي للمبنى ب 175 سنة ، و كما يقلل من المواد المستخدمة في الإنشاء و كذلك تقليل الهالك من مخلفات البناء.

أما عن عيوب هذة التكنولوجيا فهي عدم توفر اصحاب الخبرة للتعامل مع هذة الطابعات، و احتمالية عدم توفر المواد الخام ، و كما أن هناك احجام مختلفه من الطابعات كبيره الحجم يصعب استخدامها في موقع البناء ، ولكن هناك نقطة من الممكن اعتبارها سلبية وايجابية في نفس الوقت ألا وهي الايدي العاملة حيث ان هذه التقنية تقلل نسبة 50% من الايدي العاملة في مجال البناء ولكنها توفر فرص عمل للايدي العاملة في مجال صيانة الطابعات.(16)

5-5 البرامج المستخدمة في تكنولوجيا طباعة المباني ثلاثية الأبعاد هي :

3DM (Rhino) - 3DS (3DStudio) -AC3D - ASE (3DStudio) – CATPART- 3MF. (9)

شكل (5) صورة لواجهة بيت المستقبل في دبي المصدر (4)

5-6 بعض الأمثلة التي تم طباعتها و إنشاءها بالكامل بتكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد :

5-6-1 مكتب المستقبل في دبي – الإمارات العربية المتحدة :

وهو أول مبنى مطبوع ومعد للاستخدام بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D) شكل (5) و يعتد به نموذجا ناجحا للإنشاء بالطابعة ثلاثية الأبعاد كما أنه يعتبر الافضل على مستوى العالم، وقد شيّد من خليط اسمنتي خاص، علماً أن المادة المستخدمة في عملية الطبع الثلاثية الأبعاد، هي البلاستيك، وقد تم رسم المبنى وطبعه خلال 17 يوما فقط ، وتصل مساحته إلى 2,700 متر مربع.(8)

شكل (6) صورة لجسر المشاة المطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد للمباني في أسبانيا. المصدر (4)

5-6-2 جسر المشاة في اسبانيا :

تم إطلاق أول جسر للمشاة بنظام ال 3D في العالم (3D BRIDGE) وتم افتتاحه في الرابع عشر من ديسمبر عام 2016 في حديقة Castilla-La Mancha الحضرية في Alcobendas بمدريد – أسبانيا، و قد تم تطوير المواد وتصنيع العناصر المطبوعة ثلاثية الأبعاد

يبلغ طول الجسر 12 متراً وعرضه 1.75 متراً وتم طباعته بخرسانة صغيرة، وتم تنفيذ التصميم المعماري من قبل معهد الهندسة المعمارية المتقدمة في كاتالونيا – أسبانيا. شكل (6)

6- جدول (1) يوضح الدراسة المقارنة التحليلية بين التكنولوجيا التقليدية كالطوب النئ والطوب الأحمر والطوب الذكي والطوب الإلكتروني وبين الطباعة ثلاثية الأبعاد كأحدث أسلوب إنشائي في العالم حتى الآن.

م	المعايير	تكنولوجيا بدائية			تكنولوجيا تقليدية			تكنولوجيا حديثة			تكنولوجيا متطورة			أعلى التكنولوجيات الحديثة		
		الطوب النيئ			الطوب الأحمر			الطوب الذكي			الطوب الإلكتروني			الطباعة ثلاثية الأبعاد		
	التكنولوجيات المتطورة	قليلة	متوسطة	عالية	قليلة	متوسطة	عالية	قليلة	متوسطة	عالية	قليلة	متوسطة	عالية	قليلة	متوسطة	عالية
1	تكنولوجيا عالية الذكاء	✓			✓					✓			✓			✓
2	تكنولوجيا صديقة للبيئة			✓	✓			✓			✓			✓		
3	تكنولوجيا خضراء			✓	✓			✓			✓			✓		
4	تكنولوجيا مستدامة	✓			✓					✓			✓		✓	
5	تكنولوجيا مرنة في التصميم المعماري	✓				✓				✓			✓			✓
6	تكنولوجيا توفر الطاقة			✓		✓				✓			✓			✓
7	تكنولوجيا توفر وقت الإنشاء	✓			✓					✓			✓			✓
8	تكنولوجيا تقلل الهالك من مخلفات البناء	✓			✓					✓			✓			✓
9	تكنولوجيا توفر التكاليف	✓			✓					✓			✓			✓
10	تكنولوجيا تحتاج إلى عمالة يدوية	✓				✓		✓			✓			✓		
11	تكنولوجيا تحتاج إلى عمالة مدربة	✓			✓				✓			✓			✓	

12	تكنولوجيا ترتقي بالشكل الجمالي والبصري للبناء	✓			✓					✓			✓			✓		✓
13	نظام قوي وثابت ومقاوم	✓					✓					✓						✓
14	ينتج مبنى مقاوم للعوامل الجوية المتغيرة	✓					✓					✓						✓
15	ينتج منشأ بعمر افراضي كبير	✓			✓					✓			✓			✓		
16	سهولة التركيبات الفنية للمنشأ	✓			✓					✓			✓					✓
17	نظام معزول هوائيا وحراريا			✓			✓			✓			✓					

7- نتائج البحث :

في عصر الهواتف الذكية والمنازل الذكية والشاشات التفاعلية الذكية , وفي ظل التسابق غير المعهود على براءات الاختراعات في مجالات الإنشاءات ، ومجال تكنولوجيا البناء تحديدا ، والذي تطور بطريقة سريعه في العصر الحديث ليصبح العلامة الأوضح الدالة على حضارات الأمم وتطورها ، عصر ناطحات السحاب والمباني عالية التقنية تم استنتاج التالي:

- تعتبر وحدة البناء الأساسية في البناء من أهم و أولى العناصر المكونة للمبنى.
- تعتبر العمارة الطينية من أكثر صور العمائر انتشاراً وذلك لانتشار الأراضي الزراعية الطينية ، و قد تعددت صورها و أشكالها تبعا لاختلاف المكان و الزمان و الثقافات و التقنيات المتاحة.
- تقنية الطين مهما تطورت فهي لا تزال مواد و عناصر أصلا بدائية.
- تعتبر التقنية التقليدية للبناء بالطين بطيئة إذا ما قورنت بالتقنيات العصرية الحديث في البناء.
- كانت التقنية هي المحرك الأساسي لتشكيل كل عنصر معماري تقليدي من حيث تطوره و تغير تشكيله.
- هناك ارتباط متسلسل بين التقنية أولا و ثقافتها ثم ثانيا و العمل المعماري و الإنشائي كتطبيق عملي وميداني لما اكتشف من تقنيته.
- تعد تكنولوجيا صناعة الطوب الذكي و الإلكتروني في حد ذاتها من تقنيات سبق التصنيع لوحدات البناء الحديثة.
- يمكن أن تعد تكنولوجيا البناء بالطوب الذكي و الإلكتروني في الإنشاء من التقنيات الصديقة للبيئة فهي مستدامة و سهلة الصيانة وموفرة نسبيا للتكاليف.

- لا يمكن أن نعد البناء بالطوب الذكي و الإلكتروني و الطابعة ثلاثية الأبعاد من العمارة الخضراء كونها لا تتبع كل مبادئ العمارة الخضراء .
- أصبح أسلوب الإنشاء بالخرسانة المسلحة عموما من الأساليب الإنشائية التقليدية، حيث اعتبر الطوب الذكي والإلكتروني إضافة صناعية هامة لعالم العمارة و الإنشاء كما أصبح من أنظمة الإنشاء الحديثة عالية الذكاء.
- يعد الإنشاء بالطوب الذكي والإلكتروني من التقنيات التي ستجعل المباني مستدامة فهي موفرة للطاقة ولتكاليف إنشاء المبنى ، كما سيسمح الطوب الإلكتروني بتوقع الأماكن التي تحتاج للصيانه مبكرا وبتحديد الأماكن المتضررة في المبنى مم سيزيد من العمر الإفتراضي للمبنى وجعله أكثر استدامة.
- البناء بالطوب الذكي و الإلكتروني سيجعل المباني أكثر استدامه فهما نظاما انشاء متطور عازل للهواء و الحرارة و نظاما انشاء ثابت و قوي و مقاوم.
- تحتاج هذة التقنيات المعقدة للعمالة اليدوية المدربة المرتفعة الأجور نسبيا و هو ما سيساوي تقريبا نفس الأجر المدفوع للعمالة الوفيرة الغير مدربة و بالتالي لن تقل التكاليف الإجمالية للعمالة المستخدمة في الإنشاء بهذة التقنيات.
- ستسمح تقنية إنشاء المبنى بالطابعة ثلاثية الأبعاد بتنفيذ بعض التصميمات المعمارية المعقدة بطريقة أكثر سهولة وبساطة، و ستسمح للمعماري بتنفيذ أفكار أكثر ابداعيه بالنسبة التصميمات المعمارية التي عدت في السابق من درب الخيال.
- قد تقوم الطابعة ثلاثية الأبعاد التي سيتم استخدامها في الانشاء بالإرتقاء بالشكل الجمالي و البصري للعمارة والعمران.

8- التوصيات :

- يوصى البحث باستخدام الطوب الذكي و الإلكتروني لتنبؤه بالأخطار الممكن حدوثها للمبنى.
- يوصى البحث بمزيد من الدراسات المعملية التجريبية و النظرية لامكانيات الطوب الإلكتروني و مدى إمكانيات تطوير أداؤه بالمياني.
- يوصى البحث باستخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد للمباني في حالة الكوارث و الأزمات حيث أنها سريعة الإنشاء و لا تحتاج للعمالة الكبيرة و المدربة.

9- الدراسات المستقبلية :

دراسة إمكانية استخدام الطوب الذكي و الطوب الإلكتروني و تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد للمباني في مصر و إمكانية عمل دراسة جدوى لها.

المراجع :

1- مصطفى عبدالمنعم شعبان، **تاريخ الهندسة والتكنولوجيا**، القاهرة، مكتبة مدبولي ، الطبعة الثانية، 1998، ص8.

2- Abel, Chris, **Architecture, Technology and Process**, Architectural Press, 2004.

3- Breuer,Marcel,Vegesack,Alexander,Remmele, Mathias& Bergdoll, Barry,Marcel Breuer, **Design and Architecture**, Vitra Design Museum, 2003.

4- Charleson, Andrew, **Structure as Architecture: A Source Book for Architects and Structural Engineers**, Architectural Press, 2005.

5- Farouk Abbas Haidar, **The Modern Encyclopedia of Building Construction Technology**, The Basics of Building Construction, Part One, 9th Edition, Knowledge Establishment, Alexandria, 2006.
6- Ali Raafat, **Environmental Course - Building of the Future**, Triangular of Architectural Creativity, Intellectual Creativity Courses, Cairo, First Edition, 2007.
7- Davies, Colin, **High Tech Architecture**, Thames and Hudson Ltd., London 2000.
8- The website of the brick company www.kitebricks.com
9- Annual Civil engineering workshop at Ecole Centrale de Lille (ACE workshop 2017), Danich
10- Technological Institute.
11- https://www.dti.dk/projects/3d-printedbuildings/36993?cms.query=3d
12- www.wired.co.uk
13- https://3dprinthuset.dk/
14- The website of the Chinese company apis cor http://apis-cor.com/en/
15- https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
16- https://www.treehugger.com/greenarchitecture/office-future-3d-printed-dubai.html