التشييد الرقمي الكنتوري – تقنية البناء في العصر الرقمي

محمد محمد عبد الحميد و محمد أحمد أحمد سليمان و عمرو محمد عفيفي علي
قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة– جامعة الازهر

ABSTRACT
This paper is an attempt to study the impact of digital technology on the stages and methods of implementation. The adoption of a particular architectural thought depends on what is available to the architect of the techniques that contribute to achieve the goals of the design process clearly. As well as monitoring the contribution of digital technology in the creation and creation of new digital implementation methods, such as digital benturi construction technology, and study how to benefit from this modern technology in the construction industry. Finally, the research goes on to study the concept of transfer and resettlement of technology, and study the mechanism of transfer of these modern technologies from the countries of origin (developed countries producing this technology) to the importing countries and the study of how these technologies are adapted to the conditions of importing countries. Technology.

الملخص:
هذه الورقة البحثية، هي محاولة لدراسة مدى تأثير التكنولوجيا الرقمية علي مراحل وأساليب التنفيذ . حيث أن تبني فكر معماري معين يتوقف علي ما يتاح أمام المعماري من تقنيات تساهم في تحقيق أهداف العملية التصميمية بشكل واضح . وكذلك رصد مدي مساهمة التكنولوجيا الرقمية في إبتكار وإيجاد أساليب تنفيذ رقمية جديدة ، مثل تقنية التشييد الرقمي الكنتوري ، ودراسة كيفية الإستفادة من هذه التقنية الحديثة في مجال صناعة البناء . وأخيرا ينتقل البحث لدراسة مفهوم نقل وتوطين التكنولوجيا ، ودراسة ألية نقل هذه التكنولوجيات الحديثة من دول المصدر (الدول المتقدمة المنتجة لهذه التكنولوجيا) إلي الدول المستوردة لهذه التكنولوجيا (الدول النامية والمستهلكة لهذه التكنولوجيا) ، ودراسة كيفية توطين هذه التكنولوجيات بما يتوافق مع ظروف البلدان المستوردة لهذه التكنولوجيا.

الكلمات الدالة : التشييد الرقمي الكنتوري- نقل التكنولوجيا - توطين التكنولوجيا.

المقدمة:
المتتبع لتاريخ العمارة منذ بداية العصور الأولي وصولا إلي عصر الثورة الصناعية ، سيجد تأثيرا واضحا للتقنيات المتاحة علي العمارة لكل فترة علي حدة ، وعلي سبيل المثال التطور الهائل الذي حدث في فترة عصر الثورة الصناعية مع إختراع الألآت وظهور الروافع . تلك القوة الميكانيكية التي حلت محل القوة البدنية للإنسان والحيوانات . وكذلك مع ظهور الحديد والخرسانة المسلحة كأهم المواد الإنشائية المكتشفة في هذه الفترة ، والتي أتاحت الإنطلاق بالمباني إلي إرتفاعات كبيرة تصل إلي مئات الأمتار ، وهو ماكان يعد أمرا صعبا مجرد التفكير فيه قبل فترة القرن التاسع عشر.
ومع حلول العصر الرقمي ، بدأ يظهر تأثير الرقميات في مختلف المجالات ، وبالتالي كان للعمارة نصيب من هذا التاثير باعتبارها الوعاء الذي يحوي أي تغييرات تشهدها المجتمعات في أبعادها الإجتماعية والثقافية والإقتصادية والتقنية.

أهداف البحث:
تهدف هذه الورقة البحثية إلي التعرف علي مردود الثورة الرقمية علي الجانب التقني في العمارة وبيان مدي تأثيره علي مرحلة التنفيذ وذلك من خلال دراسة أهم أساليب التنفيذ الرقمية الحديثة. وه ذا البحث يمثل محاولة للإجابة على سؤال هام وهو : هل تأثرت صناعة البناء في القرن الحادي والعشرين بالثورة الرقمية الحادثة في هذه الفترة ؟ وللإجابة على هذا السؤال ف إنة تم صياغة وتحديد عدد من الأهداف لهذا البحث والتى يمكن من خلال دراستها الوصول إلى الإجابة على هذا السؤال. وتتمثل هذه الأهداف فيما يلي:-

١. التعرف على مردود التكنولوجيا الرقمية علي التقنيات المستخدمة في مجال العمارة في مرحلة التنفيذ.
٢. توجيه المعماريين والمهندسين والمعنيين بمجال البناء بضرورة تطوير تعليمهم وأسلوب عملهم والإستفادة من التطورات الحديثة في مجال العمارة وبالتحديد في مرحلة التنفيذ.

٣. التعرف علي أساليب وأليات نقل وتوطين التكنولوجيات الحديثة من البلدان المتقدمة إلي البلدان النامية وكيفية الإستفادة منها.

فرضية البحث:

بعد التعرف على الأهداف المرجو ة من الدراسة يضع البحث فرضية علمية يتم إختبار مدى صحتها من خلال البحث، وتلك الفرضية هي:

- أن التكنولوجيا الرقمية أثرت تاثيرا كبيرا و مباشرا في مجال العمارة خاصة في مرحلة التنفيذ وذلك مع بدايات القرن الحادي والعشرين.

١ -أولا:- تأثير التكنولوجيا الرقمية علي مرحلة التنفيذ.

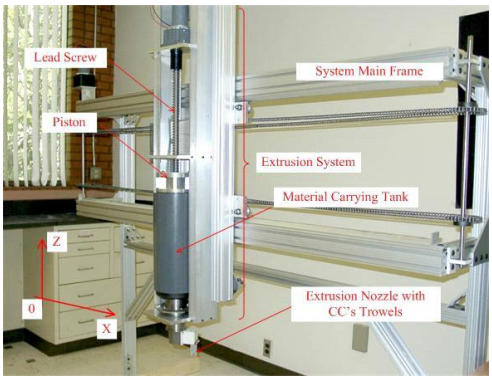
التنفيذ الرقمي هو طريقة البناء المتوقع لها الإنتشار في القرن الحادي والعشرين ، حيث تعتمد هذه الطريقة في التنفيذ علي التكنولوجيا الرقمية بشكل أساسي في جميع مراحل تنفيذ المشروع ، بداية من الحسابات الإنشائية وصولا إلي عملية تصنيع أجزاء المبني إعتمادا علي رسومات معمارية رقمية ، يتم إمداد معدات البناء الرقمية بها من خلال أجهزة رقمية ، ويستخدم في عملية التنفيذ الرقمية معدات مؤتمتة يتم التحكم فيها وتوجيهها من بعد بشكل رقمي ، وتشمل هذه المعدات معدات حفر ورفع ونقل وتركيب ، ومعدات سبق التصنيع ونستعرض فيما يلي واحدة من تقنيات البناء الرقمية الحديثة.

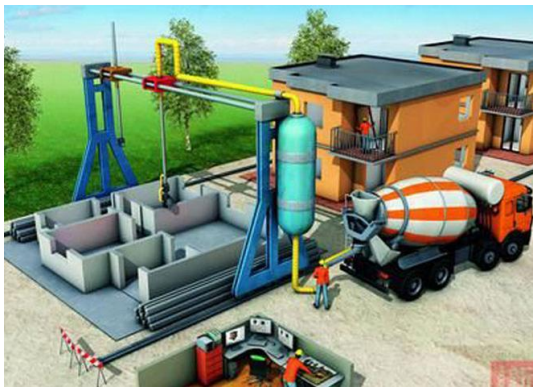
1-1 تقنية التشييد الرقمي الكنتوري-(C.C) Contour Crafting.

التشييد الرقمي الكنتوري هي تقنية بناء المباني عن طريق رص طبقات من مواد البناء المختلفة (الخرسانة أوالطين أوبودرة السيراميك وغيرها) حيث يتم تشكيل هذه الطبقات فوق بعضها واحدة تلو الأخري في شكل مناورات ذهابا وإيابا ، حيث يتم بثق مادة البناء من فوهة مضخة يتم التحكم فيها رقميا عن طريق الحاسب الآلي ، وتتحرك في مسارات محددة لتحقيق النموذج المصمم بواسطة برامج التصميم والموجود بجهاز الحاسب الآلي المرتبط بالمعدة[1].

١ ـ ١ ألية عمل ميكنة بناء التشييد الرقمي الكنتوري.

ألة التشييد الرقمي الكنتوري تتكون هذه الألة من كيان مادي وكيان رقمي ، حيث الكيان المادي هو المكون لجسم المعدة وأجزاءها المختلفة ، وتتكون المعدة من اثنين من قضبان الحركة المتوازيين ، حيث يكون وضعهم خارج حدود موقع البناء ، تقوم المعدة بالتحرك علي هذه القضبان في اتجاهين ، ويصل بينهما من أعلي حامل عمودي علي اتجاه القضبان يقوم بتنفيذ المهام الداخلية ، ويتكون الجزء المسئول عن البناء من فوهة لبثق مادة البناء (خرسانة أو بودر سيراميك أو طين) كما يتضح من الشكل (1) ، هذه الفوهة قادرة علي الحركة في ثلاث محاور، متصلة بخزان مملوء بمادة البناء مزود بمكبس ويتم التحكم فيه من خلال خمس محركات تسمح بتدفق مادة البناء باستمرار من الخزان إلي فوهة البثق ، ويتم دعم الخزان خارجيا بشكل مستمربمادة البناء، كما يتصل بالألة نهاية طرفية فعالة عبارة عن مجرفة جانبية تسهم في عملية تشكيل الحائط وقابلة للحركة والدوران والميول ، كما أن المعدة مزودة بعدد من محاور الحركة يصل عددها إلي ثمانية محاور ، تعمل كلها بشكل متزامن ومنسق تماما ، حيث يقوم كل محور بوضع الألة في نظام الإحداثيات الخاصة بها لمدة ثماني عمليات مستقلة تماما، كما يتم استخدام مفاتيح لتقييد حركة الألة حسب الحاجة [2] ، ويقوم الكيان الرقمي بالتحكم في حركة الألة وطريقة عملها والتحكم في حركة محاور الحركة وتوجيهها طبقا لملف التصميم المطلوب تنفيذه ، وتجنب إصطدام المجرفة والفوهة بالأجزاء التي بنيت سابقا ، والتقليل من عيوب الطبقات مثل الإنتفاخ والشروخ والثغرات[3].

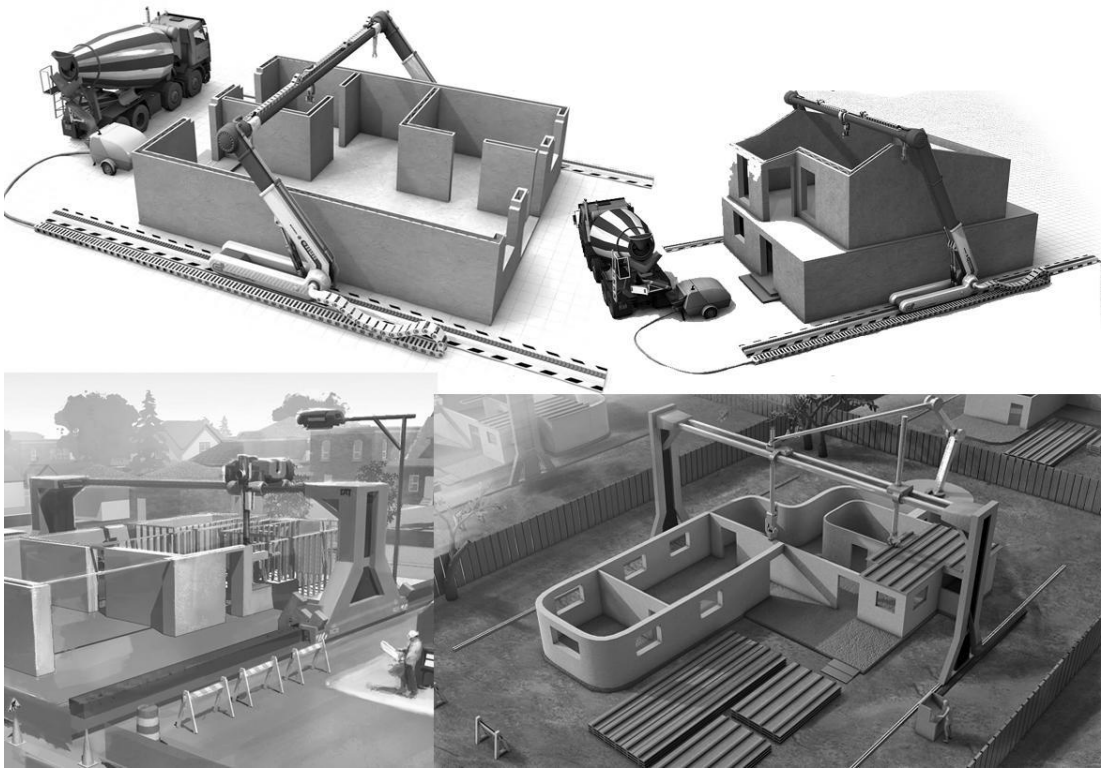




شكل (1) – نظام عمل ألة التشييد الرقمي الكنتوري ونظام حركة المجرفة.
المصدر:(WWW.Google.Com) بتاريخ 06-02-2018

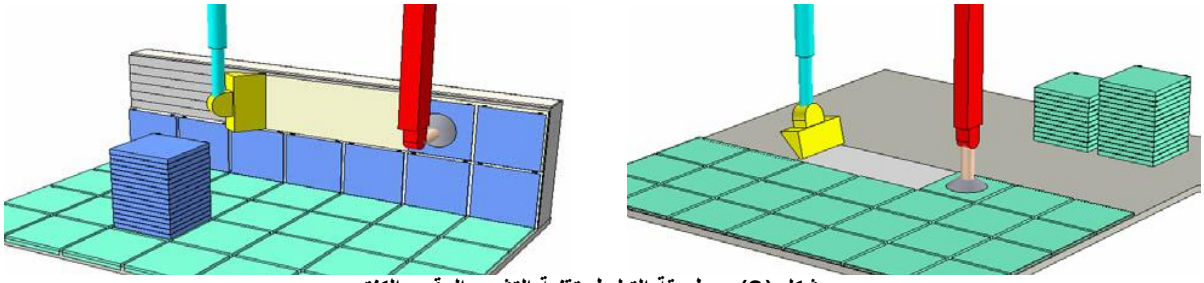
١ ـ ٢ مميزات إستخدام تقنية التشييد الرقمي الكنتوري في عملية البناء.

تقنية التشييد الرقمي الكنتوري هي تقنية لإنتاج المباني عن طريق البناء الآلي ، من خلال معدات تشييد مؤتمتة ، لصب الخرسانة مدعومة بأوناش وروافع تساعد في أعمال التنفيذ كما يتضح من الشكل (2) ، ووضع حديد التسليح والمواد الأخري لإكتمال البناء ، وهذه العملية تستخدم مواد البناء المختلفة من بوليمر وسيراميك وطين وأسمنت لإنهاء الأعمال بأسطح ملساء ومتنوعة علي حسب النهاية الطرفية لفوهة الصب ، ويتم من خلالها عمل مباني بأشكال متنوعة مستندة في ذلك للرسومات الهندسية الموجودة بالحاسب الآلي[4] وتحتوي هذه التقنية علي عدد من المميزات في عملية البناء من حيث المرونة التصميمية واستخدامها لمواد بناء مختلفة وكذلك دورها المهم في تنفيذ تجهيزات الأعمال الملحقة مثل (التركيبات الصحية والكهربية والإلكتروميكانيكال) نذكرها فيما يلي:-



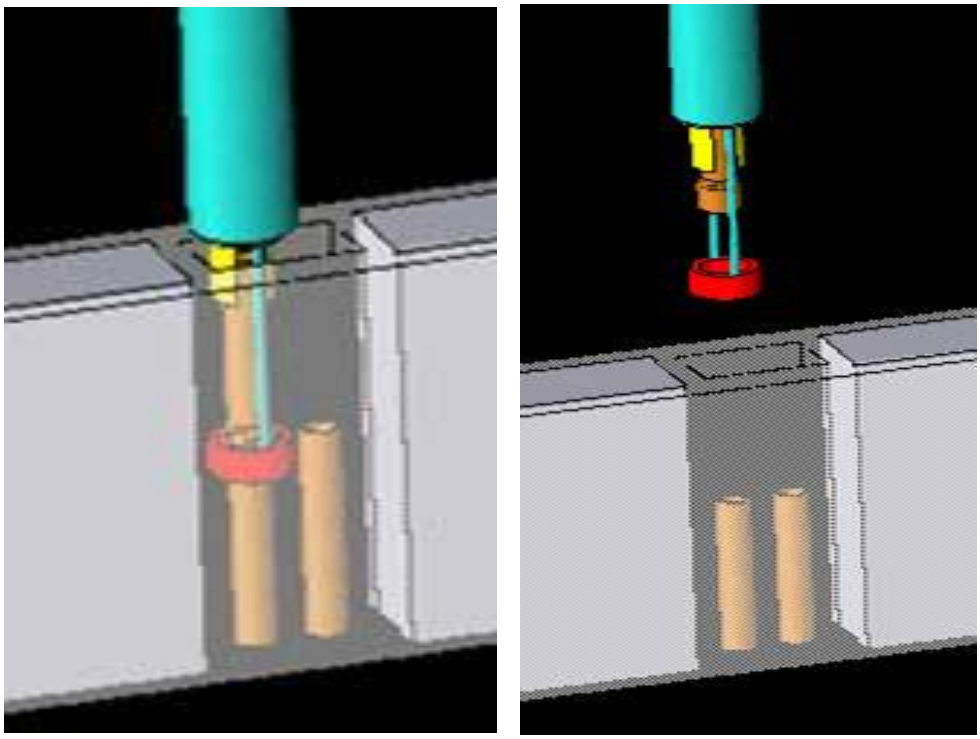
شكل (2) – طريقة بناء المباني بتقنية التشييد الرقمي الكنتوري.
المصدر: :(WWW.Google.Com)بتاريخ06-02-2018

- **المرونة التصميمية :-** تحقق هذه التقنية المرونة الكافية للمعماريين لتنفيذ الأشكال الصعبة والمعقدة ، والتي يصعب تحقيقها بالطرق التقليدية.
- **تعدد المواد :-** يتم من خلال هذه التقنية التعامل مع كافة مواد البناء من بوليمر وأسمنت وطين وبودرة السيراميك ، حيث يتم تغذية المعدة بمادة البناء ويتم صبها من خلال فوهة المعدة ، بكميات يتم التحكم فيها من خلال الحاسب الآلي ،ومن خلالها يتم بناء هياكل تحتوي علي كميات مختلفة من مواد مختلفة وفي أماكن مختلفة.
- **فتحات ومجاري المرافق :-** تساعد هذه التقنية في عمل الفتحات والمجاري اللازمة للتمديدات الصحية وأعمال الكهرباء والتكييف أثناء عملية التنفيذ ، وذلك طبقا لما تمليه الرسومات الهندسية وبيانات الCAD.
- **أسطح جاهزة للطلاء :-** تعطينا تقنية التشييد الرقمي الكنتوري أسطح نهائية بعد التنفيذ ذات ملمس مستو جاهز للطلاء حيث تتم عملية الصب بطريقة احترافية ، ولن تكون هناك حاجة لإعداده للطلاء مما يوفر في التكلفة والوقت.
- **أعمال التبليطات :-** تتم أعمال التبليطات بالنسبة للحوائط والأرضيات ، باستخدام معدة التشييد الرقمي الكنتوري بشكل تكاملي من خلال استلام وتوزيع المادة اللاصقة علي الحوائط والأرضيات ، كما هو موضح بالشكل (3) ، حيث يقوم ذراع أخر للمعدة بالتقاط وحدات البلاط من مكان تشوينها ، ووضعها بدقة عالية في مكان تثبيتها علي سطح معالج وتم تجهيزه بمادة لاصقة ، ويتم تثبيت هذه الأسلحة المستخدمة في عملية تثبيت البلاط في نفس مكان تثبيت فوهة المعدة والتي تستخدم في عملية البناء (بمعني تغيير النهايات الطرفية الفعالة للمعدة حسب نوع الوظيفة التي تقوم بأدائها).



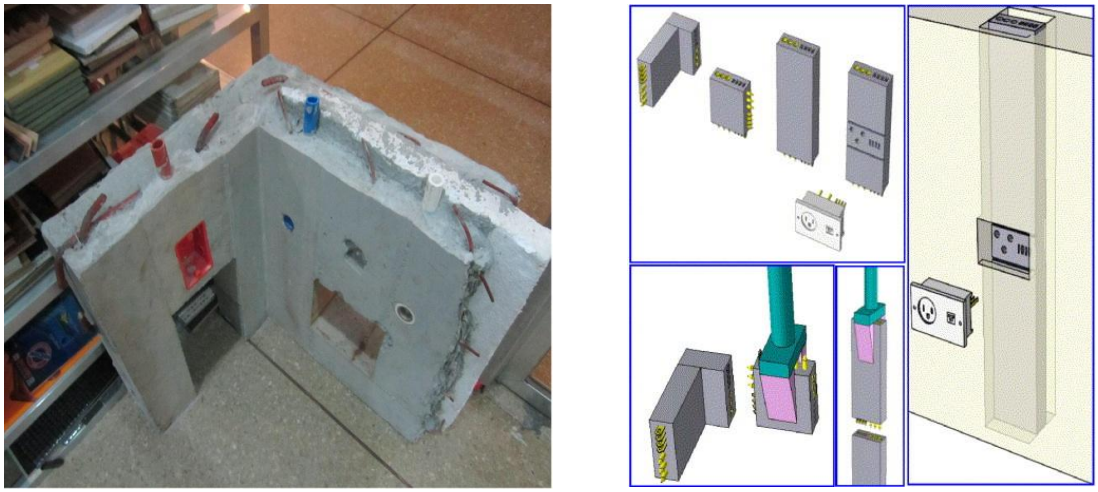
شكل (3) – طريقة التبليط بتقنية التشييد الرقمي الكنتوري.
المصدر: :(WWW.Google.Com)بتاريخ06-02-2018

- **الأعمال الصحية :-** عملية البناء في تقنية التشييد الرقمي الكنتوري تتم من خلال بناء طبقة تلو الأخري ، وبالتالي يكون لديها
- القدرة علي عمل مجاري وقنوات داخل الحوائط من أجل إنشاء المرافق ، مما يسهل الأعمال الصحية،حيث يقوم الذراع
- الأتوماتيكي للمعدة بتركيب مواسير التمديدات الصحية سواء كانت من النحاس أو مواد أخري مثل ال P.V.C. وتوصيل الأجزاء
- المختلفة من خلال تسخين النهايات الطرفية للمواسير ، وعمل طبقة من اللحام علي منطقة الإتصال والقيام بتجميع أجزاء شبكة
- المرافق للمبني بالكامل بطريقة أتوماتيكية كما يتضح من الشكل (4).



شكل (4) – طريقة تجميع وعمل التوصيلات الصحية بتقنية التشييد الرقمي الكنتوري.
المصدر:http://civilenggseminar.blogspot.com بتاريخ 06-02-2018
المصدر:الإنترنت.

- **الأعمال الكهربية وشبكة الإتصالات :-** تشبه عملية التوصيلات الكهربائية إلي حد كبير ألأعمال الصحية ، حيث تقوم النهاية الفعالة للمعدة بسحب الكابلات الكهربائية وكابلات الإتصالات داخل المجاري الخاصة بها ، والقيام بأعمال تركيب وتثبيت العناصر الخاصة بالأعمال الكهربية بأماكنها كما يتضح من الشكل (5).



شكل (5) – عملية تجميع وحدات العناصر الكهربية من خلال تقنية التشييد الرقمي الكنتوري.
المصدرwww.sciencedirect.com بتاريخ 06-02-2018

١ ـ ٣ بعض الحقائق التشغيلية لآلة التشييد الرقمي الكنتوري في عملية البناء.

هناك بعض الحقائق التشغيلية لآلة التشييد الرقمي الكنتوري وفقا لمحددات ومميزات النظام وفيما يلي نعرض بعض الحقائق التشغيلية [5] ومنها:-

- يتم بناء الحوائط في شكل طبقات فوق بعضها البعض ويتم تفريغ أماكن فتحات الأبواب والشبابيك.
- تقوم الآلة بالإنتهاء من بناء كل جدار علي حدة قبل البدء في بناء جدار جديد.
- في عملية البناء يجب أن تنهي فوهة المعدة بناء الطبقة قبل الإنتقال إلي طبقة أخري ،المهمة اليدوية الوحيدة في عملية البناء بهذه الطريقة هي تركيب التجهيزات.
- فوهة المعدة تكون حرة أثناء إجتياز فتحات الأبواب والنوافذ ، وتسمي الفترة الزمنية هذه (الفترة الهوائية).
- أوقات التعجيل والتباطؤ في النظام تعتبر تأخيرات ثابتة.
- من أجل تجنب الإصطدام بين فوهة المعدة وطبقات الجدار التي تم صبها من قبل ، يجب أن يتم رفع فوهة المعدة أتوماتيكيا لأعلي بمقدار سمك طبقة واحدة علي الأقل.
- يجب التحكم تماما في معدل تدفق وترسيب الخرسانة ،كما يجب أن تبدأ عملية التدفق وتتوقف في أي وقت.
- في حالة المعدة متعددة الفوهات يجب أن تعمل هذه الفوهات علي نفس الطبقة (بمنسوب واحد) ، وفي حالة عمل الفوهات علي طبقات مختلفة فهذا سوف يقلل من كفاءة النظام.

١ ـ ٤ تطبيقات تقنية التشييد الرقمي الكنتوري.

تقنية التشييد الرقمي الكنتوري ، لديها فعالية كبيرة في بناء الهياكل الإنشائية العملاقة ، كما أنها تعمل علي تخفيض العمالة بنسب كبيرة ، وكذلك تحسن من جودة المنتج ، كما أنها تقنية سريعة ولهذه المميزات يمكن الإستفادة منها في الجانب التطبيقي في نواحي متعددة نذكر منها علي سبيل المثال:-

١ ـ ٤ ـ ١ التطبيقات التجارية.

يمكن لتقنية التشييد الرقمي الكنتوري أن تقلل بشكل كبير من تكلفة البناء ، وذلك بسبب ما يمكن توفيره من عمالة ووقت وعدم وجود نفايات ومخلفات بناء ، فعلي سبيل المثال يمكن لهذه التقنية بناء منزل بمسطح 2000 قدم مربع في أقل من 24 ساعة ، فهذا يقلل من وقت البناء وبالتالي من تكاليف تمويل المشاريع التي تستغرق عادة في حدود ستة أشهر أو أكثرفي حالة بناء مبني مثل البناء السابق ، وكذلك إنخفاض تكاليف العمل اليدوي حيث سيتم إستبدال القوي العضلية بالقوي العقلية ، كما أن هذه التقنية تعمل علي تنفيذ عناصر المبني الرأسية مثل الجدران والإستفادة من تقنية سبق التجهيز في عمل الأسقف والكمرات وأعتاب الأبواب والشبابيك ، كما أنها لا تحتاج إلي شدات ، وخفض التكاليف والبناء الآلي سيجعل البناء في متناول أي شخص مما يعمل علي زيادة الطلب والإستهلاك بالسوق[6].

١ ـ ٤ ـ ٢ مستعمرات الفضاء.

يمكن لتقنية التشييد الرقمي الكنتوري إنشاء المباني والهياكل والمختبرات في الفضاء الخارجي علي سطح القمر والمريخ ، وبتكاليف أرخص نسبيا قبل وصول البشر ، ويجري حاليا تطوير نظم البناء التي تستغل موارد الموقع ، ويمكن الإستفادة من التربة علي سطح القمر كمادة للبناء ،وتشتمل هذه الهياكل علي مرافق السباكة والكهرباء وشبكات الإستشعار ، فتقنية (c.c) هي تكنولوجيا التصنيع الوحيدة القادرة علي بناء أجسام وهياكل بارتفاعات كبيرة ، مع الحفاظ علي نهو الأسطح بجودة عالية ، وذلك باستخدام التحكم الدقيق للحاسب الآلي في إدارة العملية مع قدرة عالية ومتفوقة في تشكيل الأسطح

الخارجية للبناء ، وهذه التقنية تقدم مزايا هامة بما في ذلك ، أفضل نوعية للأسطح ، وزيادة في معدل سرعة بثق الطبقات ، واختيار أوسع من خامات البناء ، والقدرة علي تشكيل المباني المائلة والمعقدة خارج كوكب الأرض [7] كما يتضح من الشكل (6).

شكل (6) - منظر يوضح استخدام تقنية التشييد الرقمي الكنتوري في الفضاء الخارجي.
المصدر:www.sculpteo.com بتاريخ2018-02-06

١ ٢ ٣ إسكان محدودي الدخل.

وبالنظر إلي الأمر المقلق لمشكلة المأوي والتي تواجه العالم مع بدايات القرن الواحد والعشرين ، فإن الأساليب التقليدية لتلبية مطالب الإسكان في العالم لن تكون كافية ، ويجب النظر في وسائل بناء مبتكرة وجديدة لبناء المأوي ، وتعتبر تقنية التشييد الرقمي الكنتوري هي أفضل وسيلة لمعالجة مشكلة الإسكان في القرن الواحد والعشرين ، واستخدام المواد المتاحة بسهولة للبناء في الموقع ، ويمكن من خلال هذه التقنية بناء مباني ملائمة ومناسبة لقاطنيها أو مستعمرة من المباني كاملة المرافق من تركيبات كهربائية وأعمال صحية في أقل مدة ممكنة ، هذا بالإضافة إلي تقليل تكاليف العمالة والإصابات العمالية والوفيات ، والتي تحدث في كثير من الأحيان في مواقع البناء ، حيث تشير الإحصائيات إلي أن أكثر من 400,000 شخص يصابوا بجراح خطيرة ومن بينهم وفيات سنويا في الولايات المتحدة وهي واحدة من الدول التي تطبق قوانين السلامة بصرامة ، وكذلك التخفيف بكفاءة عالية من مخاوف مشكلة الإسكان والتي لايمكن تجاهلها ، فتقنية التشييد الرقمي الكنتوري هي طريقة بناء المستقبل[8].

١ ٢ ٤ إسكان الطوارئ.

يمكن أن توفر تقنية التشييد الرقمي الكنتوري منازل كريمة ومناسبة لضحايا الكوارث بسرعة كبيرة ، كذلك تسمح إلي حد كبير لعمال الإغاثة بتخصيص وقتهم وجهدهم لإعادة بناء المجتمعات المحلية ، والبنية التحتية مثل شبكات الصرف الصحي ، والمياه والطرق والكهرباء والإتصالات ، وأنظمة الري ، وبهذه الكيفية تعمل تقنية البناء الجديدة علي توفير المأوي للناجين من الكوارث ليس فقط مع المأوي الكريم ، ولكن أيضا مع المزيد من الموارد لإعادة بناء حياتهم ومجتمعاتهم[9].

١ ٣ إمكانيات الإستدامة لتقنية التشييد الرقمي الكنتوري.

مع تزايد المخاوف بسبب عدم استدامة المواد والأساليب الصديقة للبيئة ، كان من الواجب أن تأخذ طريقة البناء الجديدة الإعتبارات البيئية قيد النظر في اعتبارها ، فالعمل علي توفير تكلفة البناء ليس مبررا كافيا لإستخدام نظام بناء جديد ، فيجب أن يكون للنظام الجديد من الإمكانيات ما يجعله بديلا مستداما لنظم وأساليب البناء التقليدية ، فيما يتعلق بالإنبعاثات الكربونية الضارة والطاقة المجسدة ، وتكاليف دورة الحياة ، واستخدام المواد المعاد تدويرها ، ويلزم اتباع نهج متكامل لكي يكون إنشاء أي مبني أقل خطرا علي البيئة بالمقارنة بالإتجاهات الأخري ، حيث تعتبر طريقة البناء المختارة لها تأثير كبير في استدامة المشروع من عدمه ، في حين لايمكن إعتبار أي طريقة بناء مستدامة بطبيعتها ، وهناك ممارسات تعتبر أكثر استدامة من غيرها ، ومن أجل زيادة فهم إمكانات الإستدامة لتقنية التشييد الرقمي الكنتوري ، تم تطبيق هذه التقنية علي وحدة إسكان لأسرة واحدة ، خاضعة لنظام تقييم أداء المباني (LEED) لتحديد معايير الإستدامة وتم نشره في عام 2008 كمبدأ توجيهي ، فاتضح أن التقنية الجديدة تعمل علي تقليل وقت العمل بالموقع مما يقلل من سلبية الأثر البيئي للبناء لفترات طويلة ، وكذلك التقليل من اضطراب التربة السطحية ، والتقليل من عدد العمال بالموقع ، والتقليل من أثر النفايات الضارة[5].

١ ٤ الجانب اللوجيستي لتقنية التشييد الرقمي الكنتوري.

ستتطلب تكنولوجيا البناء الجديدة التي أدخلتها تقنية التشييد الرقمي الكنتوري دعما لوجيستيا كبيرا ، حيث أنه يمكن من خلال هذه التكنولوجيا بناء منزل متكامل في أقل مدة ممكنة وبالتالي فهي تحتاج لدعم لوجيستي في شراء وتوفير جميع الخامات والمواد اللازمة في الموقع وفي مكانها الصحيح، طبقا لجدول زمني متسلسل ، وكذلك عمليات النقل ، ونظام حوسبة فواتير المواد ، وكذلك تخطيط الموقع تخطيطا ديناميكيا ،كذلك يجب تأسيس شبكة بنية تحتية لمختلف المرافق[8].

١ ٥ البعد البيئي لتقنية التشييد الرقمي الكنتوري.

تعتبر عملية البناء من العمليات المحفوفة بالمخاطر والتي تهدد حياة العاملين في هذا المجال ، ففي الدول المتقدمة مثل الولايات المتحدة الأمريكية تصاب أعداد كبيرة كل عام مابين جروح وحالات وفاة أثناء القيام بأعمال البناء كما ذكرنا سابقا ، مما يكلف هذه الدول مبالغ مالية ضخمة نتيجة عمليات التعويضات ودفع التأمينات عن إصابات العمل ، كما تعتبر النفايات والمخلفات الناتجة عن أعمال الهدم بسبب طرق البناء التقليدية مصدر قلق كبير ، حيث يقدر حجم ماينتج من مخلفات من بناء مبني واحد لعائلة صغير من 3 إلي 7طن [5] ، وعلي المستوي العالمي فإنه يتم هدر حوالي 40% من جميع المواد الخام التي تستخدم في عملية البناء ، بالإضافة إلي إهدار الموارد ذات القيمة ، كما تساهم طرق البناء التقليدية إلي حد كبير في الإنبعاثات الضارة بالبيئة وهذا وفقا لإحصاءات ودراسات عديدة.

تعتبر تقنية التشييد الرقمي الكنتوري من أكثر طرق البناء أمانا للعمالة والبيئة ويتضح هذامن الفوائد التالية [5]:-

- إستخدام أقل للطاقة في جميع أنشطة البناء.
- أقل نقل للمواد والمعدات والعمالة.
- أقل نفايات أثناء عملية البناء.
- أقل استخدام للمواد أثناء عملية البناء.
- أقل إصابات أثناء عملية البناء.
- تعامل أقل مع المواد الخطرة.
- أقل ضوضاء.
- مباني أكثر كفاءة وبالتالي توفير أكثر في الطاقة.
- تعرض أقل للمواد المتطايرة بالجو مثل الغبار والغازات والمركبات الكيميائية.
- سهولة وضع إجراءات لتحليل المخاطروالفشل أثناء عملية البناء.
- إنتاج هياكل إنشائية قوية ومتينة بسبب استخدام خامات جيدة.
- السلامة الزلزالية بسبب تحسين تصميم البناء والمواد المستعملة فيه.

١ ٦ مستقبل تقنية التشييد الرقمي الكنتوري.

تقنية التشييد الرقمي تلك التقنية التي تم اختراعها مؤخرا ، وكان الغرض الرئيسي من اختراعها هوحل مشكلة ممارسات البناء التقليدية والتي تجري بشكل بطئ ومكلف ، ولكن إذا أخذنا نظرة خاطفة للمستقبل فإن هذه التقنية الجديدة لديها ما تقدمه من مجرد بناء مساكن منخفضة التكلفة ، أو بناء مباني في حالات الطوارئ بشكل سريع وكذلك بناء مباني فريدة من نوعها ذات تشكيلات معمارية غريبة ومعقدة ، كذلك المساهمة في أعمال بناء في الفضاء الخارجي علي الكواكب المجاورة وعلي سطح القمر[10].

١ ٧ تجربة الصين في تطبيق تقنية التشييد الرقمي الكنتوري.

قامت شركة صينية متخصصة في مجال البناء تسمي (WINSUN) للديكور بتجربة بناء عدد 10 منازل سكنية بتقنية التشييد الرقمي الكنتوري ، باستخدام المواد المعاد تدويرها في أقل من 24 ساعة ،تم تجميع المعدة المستخدمة في هذا الغرض باستيراد أجزاء من الخارج وبأبعاد 32.00 م طول و10.00م عرض و6.60 م ارتفاع ، هذه المعدة قابلة لتشييد وحدات سكنية بمسطح في حدود 200متر مربع ، والمواد المستخدمة اشتملت علي خليط من النفايات الصناعية ، وغيرها من المواد غير المكلفة ، وكانت مهمة البناء مؤتمتة بالكامل ، وكانت تكلفة بناء كل وحدة أقل من 5000 دولار أمريكي وهو ما يعد إنجازا كبيرا في مجال صناعة البناء[10] كما يتضح من الشكل (7).

شكل (7) – تجربة الصين في إستخدام تقنية التشييد الرقمي الكنتوري في إنتاج المباني.
المصدر:موقع شركة www.winsun.com الصينية-بتاريخ 07-02-2018.

٢ -ثانيا:- ألية نقل وتوطين تكنولوجيا البناء.

تعتبر تكنولوجيا البناء المتقدمة واحدة من أهم التكنولوجيات التي سيتم استيرادها من الدول المتقدمة وتوريدها للدول النامية ، وذلك بسبب الحاجة الملحة لإنشاء الآف المساكن في وقت قصير وبأسعار منخفضة أو إيجاد نوعيات مباني جديدة ذات بحور كبيرة ونظم إنشاء غير تقليدية ،وهذا ما تعجز عنه أي تكنولوجيا محلية تقليدية لذلك تتجه معظم الدول النامية لإستيراد مثل هذه التكنولوجيات من الدول المنتجة لها،ثم يلي عملية الإستيراد عملية أساسية وهي عملية التوطين لهذه التكنولوجيا لكي تتوافق مع الظروف المحلية وإمكانات البلد المستقبل لهذه التكنولوجيا.

٢ ـ١ مفهوم نقل تكنولوجيا البناء.

يقصد بعملية نقل تكنولوجيا البناء هي عملية إنتقال هذه التكنولوجيا من البلد المنتج لهذه التكنولوجيا (البلدان المتقدمة) إلي البلد المستخدم لهذه التكنولوجيا (البلدان النامية) سواء كان هذا الإستخدام لهذه التكنولوجيا مماثلا لإستخدام نفس التكنولوجيا في بلد المنتج أو مختلفا عنه، ويتبع عملية نقل تكنولوجيا البناء عملية أخري وهي الإنتشار (التوطين) [11].

٢ ـ٢ مفهوم توطين تكنولوجيا البناء.

تأتي عملية توطين التكنولوجيا بعد عملية نقل التكنولوجيا،ويقصد بها الإنتشار بما يتلائم مع الواقع العملي وذلك لإختلاف ظروف كل دولة مستوردة لتكنولوجيا البناء عن ظروف الدولة المصدرة لهذه التكنولوجيا ، وعلي ذلك يمكن أن تتعدد أشكال التوطين بين مختلف الدول المستوردة لنفس النوع من التكنولوجيا.

فعملية التوطين تعني الإنتشار مع الملائمة والموائمة وإدخال تعديلات تتناسب مع نوع النظام الإنشائي المنقول وليتوافق أيضا مع الظروف المحلية.

ومن الجدير بالذكر أن عملية التوطين لا تتم فقط من أجل تقليل تكلفة التكنولوجيا المنقولة وإنما تستهدف عملية التوطين تحقيق الوفرة في الوقت والجهد اللازمين لعملية التشغيل بما يتناسب مع ظروف الدول المستوردة للتكنولوجيا سعيا في نفس الوقت إلي تحقيق أفضل منتج ممكن[11].

٢ ـ٣ أشكال نقل تكنولوجيا البناء إلي الدول النامية.

يتم نقل التكنولوجيا من دول المنشأ إلي دول الإستهلاك بعدة صور:-

- **الصفقات التجارية** :- وفيها يتم نقل التكنولوجيا إلي الدول الأقل تقدما مع عمل دراسة الجدوي الفنية والإقتصادية اللازمة والقيام بالأعمال المطلوبة واستخدام الخبراء والمشرفين لمباشرة الإنتاج ، والحصول علي المنتجات النهائية للدول النامية [12].
- **الإستثمار الأجنبي :-** وفي هذه الصورة من صور نقل التكنولوجيا المتقدمة تتم عملية النقل من خلال "الشركات متعددة الجنسيات" أو عن طريق المشاركة مع القطاع الإقتصادي للدولة أو القطاع الخاص الوطني.

وتفضل كثير من الدول النامية ، وخاصة في دول الخليج النفطية كالسعودية والإمارات وقطر هذا الأسلوب من الدخول في المشاركة مع شركات متعددة الجنسيات.

- **القروض والمنح الخارجية :-** وفيها تقدم الدول المتقدمة إلي الدول النامية قروضا قد تأخذ شكل عقود أو رخص أو براءات إختراع أو علاقات تجارية وفي هذه الحالة يكون الإختيار التكنولوجي في أضيق الحدود.
- **مراكز الأبحاث القومية والجامعات :-** أيضا من صورنقل التكنولوجيا هي نقل المعلومات والمعرفة من الدول الأكثر تقدما إلي الدول الأقل تقدما أو الدول النامية ، ويتمثل هذا النقل في نقل منظومة التكنولوجيا ومحاولة الحصول علي الجانب العيني ، وقد تم هذا النقل ليس فقط عن طريق شبكة المعلومات الدولية والأقمار الصناعية والبرمجيات فقط ، وإنما أيضا عن طريق استخدام الخبراء الأجانب أو هجرة الكفاءات أو عن طريق مراكز البحوث والمؤسسات العلمية [11].

الإستنتاجات:

خلصت هذه الورقة البحثية إلي مجموعة من الإستنتاجات والتي تؤكد صحة فرضية البحث ، والتي تفترض بأن التكنولوجيا الرقمية لها تأثير كبير ومباشر علي العمارة وخاصة في مرحلة التنفيذ ، ونذكر فيما يلي أهم هذه الإستنتاجات.

- إستخدام التكنولوجيا الرقمية في المراحل المختلفة للمشروعات يؤدي إلي سرعة ودقة في إنهاء مراحل المشروع في وقت قياسي.
- نظرا لسرعتها العالية وقدرتها علي استخدام جميع المواد ، فتحقق تقنية التشييد الرقمي الكنتوري نجاحا كبيرا في تطبيقها علي مساكن محدودي الدخل ومساكن الطوارئ.
- الميكنة المؤتمتة أصبحت تفرض نفسها في إنجاز كل المهام والمتطلبات الحياتية.
- في حالة البناء بألآت التشييد الرقمي الكنتوري فإن هذه العملية تعمل بطريقة كهربائية بالكامل ، وبالتالي تكون خالية من الإنبعاثات الضارة ، وكذلك القليل جدا من النفايات الصلبة .
- تقنية التشييد الرقمي الكنتوري قادرة علي بناء منزل بأكمله في مدة قصيرة جداً بدلا من عدة أشهر كماهو معلوم بطرق البناء التقليدية.
- تقنية التشييد الرقمي الكنتوري تقنية صديقة للبيئة ، وتحد من التلوث والإحتباس الحراري ، والإنبعاثات الكربونية.
- تتميز تقنية التشييد الرقمي الكنتوري بمرونة التنفيذ مما يسهل الأمرعلي المعماريين في الإنطلاق في أفكارهم الإبداعية مهما كانت صعبة أو معقدة ، دون التقيد بأسلوب تنفيذ معين.
- التعرف علي أساليب وطرق نقل التكنولوجيا الجديدة من الدول المنتجة لهذه التكنولوجيا (الدول المتقدمة) ، وكيفية توطينها بالدول المستوردة لهذه التكنولوجيا (الدول النامية).

المراجـــع العلميـــة:

1-"**AUTOMATED CONSTRUCTION BY CONTOUR CRAFTING RELATED ROBOTICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES**"- Published In Journal Of Automation In Construction – Special Issue: The Best Of ISARC 2002, Vol 13, Issue 1, January 2004, Pp 5-19.

2-"**AUTOMATED CONSTRUCTION USING CONTOUR CRAFTING"-** B. Khoshnevis, H. Kwon, And S. Bukkapatnam- Industrial And Systems Engineering, University Of Southern California- Los Angeles, CA 90089- Khoshnev@Usc.Edu.

3-"An Innovative Construction Process-Contour Crafting (CC)"- 22nd International Symposium On Automation And Robotics In Construction -ISARC 2005 - September 11-14, 2005, Ferrara (Italy) .

4-"**Automated Construction Using Contour Crafting – Applications On Earth And Beyond"-** B. Khoshnevis, Professor, Industrial & Systems Engineering George Bekey, Professor, Computer Science University Of Southern California Khoshnev@Usc.Edu, Bekey@Usc.Edu.

5-"AUTOMATED COSTRUCTION BY CONTOUR CRAFTING" - Journal Of The International Association Of Advanced Technology And Science- Vol. 16 | June 2015.

6-"Commercial Applications [Online]. Contour Crafting, Available:www.contourcrafting.org

7-15"B. Khoshnevis. (2013, February 16)**. ISRU-Based Robotic Construction Technologies for Lunar and Martian Infrasructures**.

8-"MEGA-SCALE FABRICATION BY CONTOUR CRAFTING" –
INT.J.INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING - Vol. 01,NO.03, 2006.
9-"P. Nelson. (2012, February 24). **One Billion Slum Dwellers** [Online].
Available:www.boston.com.
10-" Contour Crafting A POTENTIAL REVOLUTION IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY"- International Journal of Research in Advent Technology (E-ISSN: 2321-9637)SpecialIssueNationalConference"VishwaCon'16", 19 March 2016.
11- حاتم السيد عبد الفتاح: **" منهج لتحديد أنسب الطرق التكنولوجية في مصر "**- رسالة ماجستير- كلية الهندسة –جامعة القاهرة- 2005.
12- رندا محمد رضا يوسف : **"تكنولوجيا البناء الأسس والمحددات الإقتصادية للتطبيق في مصر"**- رسالة دكتوراه- كلية الهندسة بالمطرية- جامعة حلوان- 1993.