مجلة جامعة بابل / العلوم الصرفة والتطبيقية والعلوم الهندسية / المجلد (٢٦)، العدد (١): ٢٠١٨

توظيف التقنيات الرقمية في تعزيز استدامة الأبنية السكنية

عبد الله سعدون سلمان المعموري
الجامعة التكنولوجية / هندسة العمارة
abdullah.asadoon@yahoo.com

احمد حسين فاضل
الجامعة التكنولوجية / هندسة العمارة
ahmedhf2004@yahoo.com

الخلاصة

تُشكل التقنيات الرقمية إحدى أهم مظاهر التقدم الحضاري في القرن الحادي والعشرين والتي اثرت بشكل كبير على النتاج المعماري تصميماً وانشاءً ونتيجة لذلك ظهرت المباني الرقمية، تتناول الدراسة المساكن الرقمية التي تتميز بكونها تعتمد النظم الانشائية التقليدية مع توظيف المنظومات الالية والأجهزة الرقمية في انشائها وتشغيلها، ستعمل هذه المنظومات على تعزيز استدامة تلك المساكن من خلال استحداث مجموعة من المفاهيم الرقمية في فضاءاتها، يهدف البحث الى تحديد العلاقة ما بين التقنيات الرقمية وقدرتها على تحقيق الاستدامة في المساكن المعاصرة. تتكون الدراسة من أربعة محاور، يهدف الأول منها الى وضع قاعدة معرفية عبر تحديد المصطلحات الأساسية للبحث وتحديد المشكلة البحثية والمتمثلة بـ(الحاجة العلمية لمعرفة تاثير التقنيات الرقمية في تعزيز الاستدامة في الأبنية السكنية)، تناول المحور الثاني بناء الإطار المفاهيمي للبحثي، والمحور الثالث يتناول الإجراءات التطبيقية والعملية التحليلية اذ تم عرض مجموعة من الأمثلة المعمارية العالمية والمحلية للمساكن المعاصرة التي تم اعتماد التقنيات الرقمية في بنيتها، ليتم تطبيق الإطار النظري على العينات ليتوصل البحث في المحور الرابع الى نتائج التطبيق ليتم المقارنة مع نتائج العينات العالمية والمحلية، وخلصت الدراسة الى جملة استنتاجات وتوصيات.

الكلمات المفتاحية: المسكن الرقمي، المساكن المستدامة، الاستدامة الرقمية، الاستدامة الذكية.

Abstract

Digital technology constitute is one of the most important aspects of the cultural progress in the 21st century. It has a great affect on the architectural production in both design and construction phases. This study deals with digital housing, which it characterized by the adoption of traditional construction systems with the use of automated systems and digital devices in the establishmen. These systems will promote the sustainability of these dwellings by creating a set of digital concepts in their spaces.The aim of this research is to determine the relationship between digital technologies and their abilities to achieve sustainability in contemporary housing. The study consists of four axes: first one aims to develop a knowledge base by defining the basic terms of research and identifying the research problem (to know the effect of digital techniques in promoting sustainability in residential buildings).The second axis dealt with the conceptual framework of research, while the third axis deals with practical and analytical procedures. In the fourth axis, a set of global and local architectural examples of contemporary dwellings has been presented to apply the theoretical framework on the samples and hence to evaluate the results based on a comparison with the global and local samples. Conclusions and recommendations have been presented at the end of the work.

Keywords: Digital house, Sustainable house, Digital sustainablty, Smart Sustainability.

مقدمة:

بدأ العالم في أواخر القرن العشرين يولي عناية خاصة واهتماماً واسعاً بالتكنولوجيا الرقمية، وظهر أثرها واضحا على عمارة الأبنية السكنية، وعلى الرغم من الطروحات والدراسات التي تناولت التقنيات الرقمية في الأبنية السكنية الا انها لم تقدم أسس واضحة لبيان أثر تلك التقنيات في تعزيز استدامة الأبنية السكنية، ومن هنا تم تحديد المشكلة البحثية وتبلور هدف البحث بالكشف عن طبيعة تأثير التقنيات الرقمية في تعزيز استدامة الأبنية السكنية للعمارة العالمية والمحلية، صنف البحث على أربعة محاور، يهدف الأول منها الى وضع قاعدة معرفية عبر تحديد المصطلحات الأساسية للبحث وتحديد المشكلة البحثية، وتناول المحور الثاني بناء الإطار المفاهيمي للبحثي، والمحور الثالث يتناول الإجراءات التطبيقية والعملية التحليلية، اما المحور الرابع فقد تضمن اهم التنائج والاستنتاجات النهائية.

١- تحديد المصطلحات الأساسية للبحث والتوصل الى المشكلة البحثية:

تتكون هذه الفقرة من ثلاث محاور يتم من خلالها التوصل للمشكلة البحثية وعلى النحو الاتي:

أ- تحديد المصطلحات الأساسية للبحث:

تهدف هذه الفقرة الى تحديد المصطلحات الأساسية المرتبطة بموضوع البحث، اذ تشمل تعريفات مختصرة لكل من التقنيات الرقمية، الأبنية الرقمية، والمسكن الرقمي، مفهوم الاتمتة، ومفهوم الاستدامة الرقمية.

- **التقنيات الرقمية:** مجموعة من المنظومات التي تعمل على تصميم وإدارة وتشغيل والسيطرة على البيئة العمرانية عبر مجموعة من الحواسيب والأجهزة المرتبطة التي تعمل مع بعضها كمنظومة واحدة لتوليد نظام مسيطر (Act as control system) يعتمد على متطلبات ذلك النظام. (Chaplin, 2002,p38-43).
- **الأبنية الرقمية:** هي الأبنية التي تمتلك في بنيتها منظومات رقمية تعمل ضمن مستويات المبنى المختلفة على إدارة المصادر الفيزيائية في المبنى لتنظيم عملها ونسقها لتحقيق اعلى فائدة ممكنة، اذ تتضمن تكنلوجيا المعلومات والاتصالات واساليب التحكم والمراقبة وتطوير العمل وتوفير الاستجابة لكل المتطلبات المتغيرة للشاغلين والمستخدمين. (Telford,2004,p102).
- **المسكن الرقمي:** ان اهم مايميز المسكن الرقمي عن التقليدي هو وجود مجموعة المفاهيم المستحدثة في بنيته اضافة الى المفاهيم السكنية التقيدية، اذ يمتلك مفهوم الاتمتة في انجاز الوظائف، الاستجابة للمتطلبات المختلفة، استثمار مصادر الطاقة الطبيعية، التكيف مع الظروف الخارجة. (النوبي،٢٠٠٤،ص٢).
- **الاتمتة:** تعني الغاء تدخل الانسان الغاءً كلياً أو جزئياً في تنفيذ مهمات صناعية أو منزلية أو ادارية أو علمية، من اكثرها بساطة، كتنظيم درجة الحرارة في فرن، أو التي اكثرها تعقيداً كالتحكم بوساطة الحاسوب ولقد استعملت كلمة الأتمتة منذ منتصف الثلاثينات من القرن العشرين للتعبير عن جميع ألعمليات التي أستطاع الانسان تسخير آلات ميكانيكية للقيام بها بدلاً عنه. (Newman,1994,p3-4).
- **الاستدامة الرقمية:** ظهرت مع تطورت التقنيات الرقمية واتساع استخدامها في مجالات الحياة كافة وتنادي نحو التوجه الى النظم الطبيعية لاستلهام التكنولوجيا الرقمية واستثمار أنظمة السيطرة على الطبيعة، تهدف الى خلق نوع من التعالق بين التقنيات الرقمية واستدامة الأبنية من خلال طرائق التقنية المتبعة المتمثلة بتقنيات التكييف، الكاسرات المتحركة، والجدران الخارجية الفعالة. (Edwards,2001,p134).

ب- الدراسات السابقة:

تم مناقشة مجموعة من الدراسات السابقة التي تناولت مفهوم المسكن الرقمي وهي على النحو الاتي:

١- دراسة النوبي(٢٠٠٠):

تناولت الدراسة تعريف على العمارة الرقمية على انها العمارة التي تؤدي وظائفها عبر أنظمة المعلومات، وتحدث فيها الانشطة الحياتية كافة عبر التحكم الرقمي الالكتروني للأجهزة الداخلية والمعدات، والسيطرة الكترونياً على عمل اجزاء ألمسكن كافة كالمداخل والنوافذ والخدمات الداخلية (الانارة، التكييف، التهوية، خدمات الصرف، خدمات الماء والغاز)، تمثل هذه العمارة التي اخذت اشكالاً

حديثة، وتحتوي على وظائف مختلفة ومتعددة في الفضاء الواحد فضلاً عن أساليب إنشاء متطورة للتنفيذ، الامر ألذي يؤدي إلى استحداث أو الغاء فضاءات مختلفة في المنشأ الواحد، اي انها تملك مرونة وظيفية، إلا أن الدراسة لم تقدم بحثا دقيقاً يتم من خلاله تبني قياساً شاملاً يمكنه وصف وتحليل الاعتبارات التصميمة الواجب اتباعها في تصميم المسكن الرقمي لتحقيق اعلى قدر من الاستدامة في المساكن الرقمية.

٢- دراسة Venkatesh (٢٠٠٨):

ناقشت الدراسة المدة التاريخية التي ظهر فيها مفهوم المسكن الرقمي والذي بدأت ملامحه بالظهور في اواخر القرن العشرين عندما بدأت الحواسيب بالدخول إلى المساكن مع وجود أجهزة التلفزيون وأجهزة المايكرويف والهواتف وأجهزة الاجابة وغيرها من الالكترونيات، الامر ألذي أحدث تغيراً كبيراً بمرور الوقت ولاسيما مع دخول الانترنت وربط البيئة الداخلية للاسرة بالخارجية، الامر الذي حفز التفكير في الحدود المناسبة لدخول التكنولوجيا إلى حياة الاسرة والتأثير فيها، طرحت الدراسة مجموعة من المشاكل التي تواجه المساكن الرقمية وهي ان الساكنين غير مدركين لفوائدها وذلك لكونها معقدة ومختلفة عن مثيلاتها من التقليدية التي تتطلب تقنية متقدمة ومعقدة، وفي بعض المدن تكون نادرة، فضلا عن مخاوف الاسر من مشاكل الخصوصية والتي من الممكن ان يسمح المسكن باخراج المعلومات واسرار الاسر.

٣- دراسة محمود (٢٠٠٩):

ركزت الدراسة تحت عنوان (الأبنية المدارية الذكية) بدراسة الأبنية التي تجمع بين الأبنية الذكية (بما تتضمنه من تكنولوجيا) والأبنية الايكولوجية (بتوافقها مع البيئة ومحاولتها الحفاظ عليها) بعلاقات تكاملية لتحقيق التكامل البيئي–الثقافي من خلال التكامل بين المنظومات الايكولوجية للمبنى مع منظوماته التكنولوجية، ناقشت الدراسة ألمسكن الاقتصادي إذ عليه ان يلبي المتطلبات المعاصرة للانسان وينسجم مع الإطار الاجتماعي للمجتمع ويعمل في الوقت نفسه على خفض كلفة البناء والتشغيل. ولتوفير ألمسكن الاقتصادي بمفهومه الصحيح يفترض ان يتم: تخفيض الكلفة، تحسين النوعية، وتحقيق الكفاءة الأدائية للمبنى. فتحقيق الكفاءة البيئية لا يتطلب دائما زيادة كبيرة في الكلفة الاولية للمنشأ، حيث يمكن تحقيق الكفاءتين وبشكل متزامن ومتوازن من خلال الأبنية المدارية الذكية

٤- دراسة Ler & Loo (٢٠٠٦):

ناقشت الدراسة وسائل صيانة وحماية الطاقة في الأبنية بشتى الطرق وخاصة أبنية المساكن، حيث طرقت فكرة الأبنية الذكية فضلاً عن طرح التقنيات وأساليب انتاج الطاقة النظيفة في الأبنية الذكية والاستفادة منها بكافة الطرق لفائدة الأنسان حاضراً ومستقبلاً، اذ تم تقييم كفاءة الأنظمة الرقمية في توفير وترشيد الطاقة المستهلكة من خلال عينات من نظم الأبنية الذكية المؤتمتة حيث توصل إلى أهمية المباني الذكية التي ستكون اساساً لتحقيق الاقتصاد في استهلاك الطاقة في جيمع المباني.

ت- تحديد المشكلة البحثية:

ابرزت الدراسات أهمية توظيف التقنيات الرقمية في انشاء وتشغيل المباني عموما ولاسيما السكنية منها وظهور المساكن الرقمية، حيث ظهرت مجموعة من التغيرات في بنية المساكن بعد دخول التقنيات الرقمية، كالتعددية الوظيفية في الفضاء الواحد (فضاءات متعددة الوظيفة) وامكانيات الثورة الرقمية في إذابة الابعاد المكانية وتوفير المرونة في تغيير خصائص لبعض الوظائف عبر مفهوم اللامركزية في

العمل والانتاج في المسكن، وكونه لا يحتاج إلى طاقة خارجية من اجل التكييف ،حيث يحصل على احتياجه من الطاقة الشمسية والطاقة الارضية ويعمل على توفير الطاقة حيث تقوم المنظومات الرقمية داخل الوحدة السكنية المعدة مسبقاً في تحقيق التوازن في استخدام الطاقة، إن المنازل الرقمية المجهزة بوسائل اتصال حيث يمكن ادارتها ومراقبتها عن بعد من خلال الهواتف أو الحواسيب عبر وسائل الاتصال المختلفة وادخل مجموعة من الاوامر أو تحريك مجموعة من الآلات لتحقيق هدف معين الذي بدوره يحقق الراحة وتوفير في الوقت للساكنين، إضافة الى كون اسطح المسكن الرقمي الخارجية لها القدرة على التكيف والتحول لتحقيق اهداف مناخية من خلال الجدران الداخلية وتحويلها لصد الظروف الخارجية وضبط درجات الحرارة. (الموسوي،٢٠٠٧، ص٥).

يتضح من المناقشة السابقة ظهور المشكلة البحثية والمتمثلة ب (**الحاجة العلمية لمعرفة تاثير التقنيات الرقمية في تعزيز الاستدامة في الأبنية السكنية**)، اذ يهدف البحث الى الكشف عن أثر التقنيات الرقمية في تعزيز إستدامة الأبنية السكنية وتوظيفها في المساكن المحلية، ولتحقيق أهداف البحث سيتم اللجوء الى الإجراءات التالي:

١- تحديد مؤشرات التقنيات الرقمية المتمثلة بمنظومات المسكن الرقمي.
٢- تحديد مؤشرات الاستدامة والمتمثلة بمستويات الاستدامة في المسكن الرقمي.
٣- ربط المؤشر (١) و(٢) وتطبيقها على عينات معمارية تجريبية لتحقيق هدف البحث.

٢- الإطار المفاهيمي:

اولاً – منظومات المسكن الرقمي: تمتلك الأبنية الرقمية مجموعة من المنظومات التي تتكامل في عملها لتشكيل مفهوم الأبنية الرقمية والتي سيتم في هذه الفقرة مناقشتها وهي على النحو الاتي:

- **منظومة اداراة الطاقة:** يهدف هذا النظام لتحسين استعمال الطاقة في المباني مع المحافظة في الوقت نفسه على البيئة الداخلية تحت شروط الراحة والتكاليف الأقل من خلال التشغيل لتتكامل فيه نظم التكيف والإضاءة (الطبيعية أو الصناعية) والمناخ الداخلي تتضمن المنظومات إستراتيجية جدولة التشغيل، توفير الإحتياجات الكهربائية بإستخدام الأجهزة والتقنيات التي تخفض إستهلاك الطاقة، ادارة اعادة تدوير المخلفات التي تَنتج مِن المبنى لانتاج طاَقة بِدون اي تَلوث واستخدام موادَ بنائية صَديقة للبيئةَ ومُتجددة. (داود،٢٠١٤،ص٣٠).
- **منظومة إدارة الميـاه:** تَطبيق المراقبة وتِقنيات الإدارة لِلمساعدةَ على تَخفيض استعمال المياه، بالإضافةَ إلى الطاقة والمواد الكيميائية ألمستهلكة لِمعالجة المياه، حَيث تتَضمن نُظم ادارة المياه مراقبةَ نقاوةَ المياه، ألإستخدام الامثل للمياه، ومعالجة مياه الصرف الصحي حيث يتم تحقيق ذلك من خلال؛ التزود بالمعلومات (حصر التراكيب قيد الاستعمال، ومعدلات التدفق، ان استهلاك المياه يختلف طبقاً لفصول السنة)، اجراء اختبار وملاحظة الية لصنابير المياه الصالحة للاستخدام والصرف الصحي، تطبيق المراقبة وتقنيات الادارة (للمساعدة على تخفيض استعمال المياه). (داود،٢٠١٤،ص١١٠).
- **منظومات السيطرة على التكييف الداخلي:** تعمل المنظومة على توفير الراحة الحرارية والسيطرة بالرطوبة والتهوية الكافية وضبط نقاوة الهواء الداخلي حيث تعمل تنظيم استهلاك الطاقة واعادة تدويرها. (داود،٢٠١٤،ص١١٧).
- **منظومات السيطرة على الانارة الداخلية:** هو نظاَم قِياسي فَني يتم عبره التحكم والربط بين أنظمة الاضاءة المختلفة وتحديد مستوى الإضاءة الطبيعية الداخلة من خلال النوافذ. (خليل،٢٠١٠،ص٧).

- **منظومة التحكم بالواجهات:** ان غلاف المبنى هو المسؤول عن ضبط المكاسب والخسائر الحرارية بين الداخل والخارج من بعض العناصر التي يجب أن تنظم الماء والرطوبة والهواء والصوت والإضاءة. (يعقوب،٢٠١٠،ص١٨)
- **منظومة الإنذار وكشف الحرائق:** يعتمد على كشف الحرائق ومقاومتها وعزلها عن منظومات المبنى التي تتضمن هذا النظام من حساسات حرائق وأجهزة انذار والمحافظة على سلامة المستخدمين في المبنى.
(أنظمة انذار الحريق في المنشأت،٢٠٠٦،ص٥١٦-٥٥٨)
- **منظومة المراقبة والسيطرة على المنافذ:** يهدف النظام إلى خفض نسبة أو منع مخاطر الجرائم والتعامل الامثل مع الكوارث للمبنى (كالزلازل، السرقة أو ألهجوم ألارهابي) من خلال التفاعل بين مختلف اجهزة ومكونات الامن والسلامة. (١٤)
- **منظومة تنسيق الفراغات الداخلية:** يعتمد التصاميم الذكية على المرونة لي سمح بسهولة للتغيرات المستقبلية، فهو يجب عليه أن يحسن للمستخدمين مسارات ألحركة والتفاعل والتعاون بينهم، مرونة واتساع ألفراغات لإكسابها أمكانية إستيعاَب التغيرات اَلمستقبلية في اَلفراغات. (داود،٢٠١٤،ص١١٩).
- **منظومة الاتصالات ونقل البيانات:** تعمل المنظومة على إنشاء البيانات ونقلها وتخزينها وشبكات الاتصالات لربط داخل داخل المنى مع خارجه عبر الشبكات اللاسلكية. (خليل،٢٠١٠،ص٣-٥).
- **منظومة إدارة المباني (BMS):** تتكامل جميع منظومات الخدمات الاساسية فيه وذلك لتوفير الادارة الاستراتيجية الشاملة لجميع الجوانب، حيث يوفر السيطرة الوظيفية الآلية والصيانة الدورية للمباني، ويقدم تحليل استهلاك المرافق الاساسية، كـ(الكهرباء والغاز والمياه) للمبنى. (Building Management Systems,2015,p6).

شكل (١) فعاليات تحكم ادارة المباني (المصدر: www.arab-ency.com)

ثانياً – مستويات الاستدامة في المساكن الرقمية:

في هذا الفقرة سيتم مناقشة مستويات الاستدامة في المسكن بعد تأثرها بالتقنيات الرقمية والمستويات هي (تصميمي، انشائي، اجتماعي، اقتصادي، بيئي) وعلى النحو الاتي:

أ- **المستوى الوظيفي:** تتنوع تأثيرات التقنيات الرقمية في تصميم وتشكيل المساكن حيث استحدثت مفاهيم جديدة ومختلفة، اذ برزت التعددية الوظيفة في الفضاء الواحد اذ ان هذا النمط من الوظائف يساعد على تقليص مساحة المسكن ورفع نسبة اشغال الفضاءات، كذلك ظهر مفهوم التقارب المكاني الافتراضي الذي يجسد مفاهيم التعليم عن بعد والتسوق المنزلي والعمل المنزلي والمكتبة الالكترونية، اذ أصبح التواصل في الكثير من النشاطات رقمياً أكبر عن مثيله الذي يستوجب التقارب المكاني. (النوبي،٢٠٠٤،ص٨).

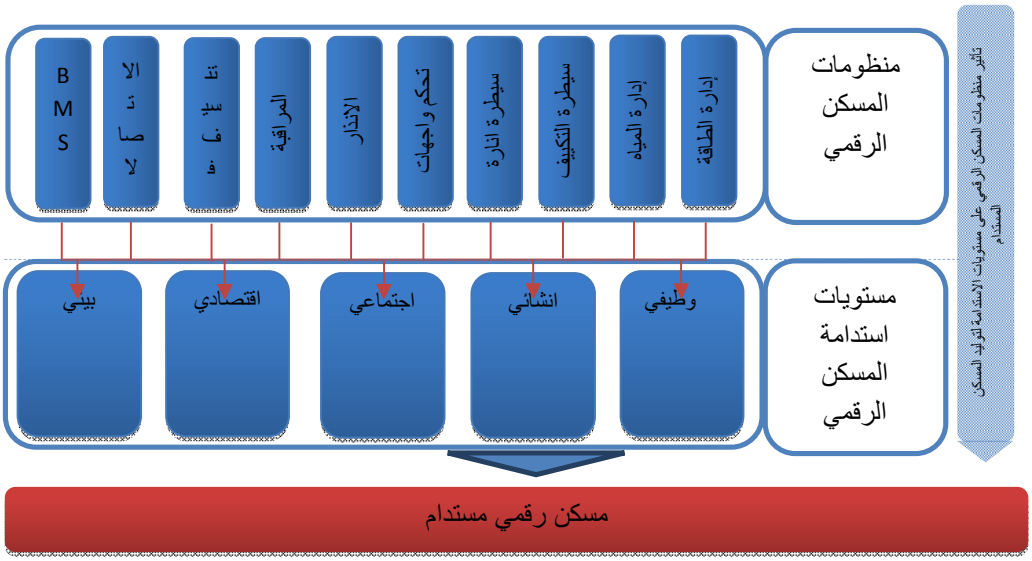
ب- **المستوى الانشائي:** شمل أثر الثورة الرقمية في العمارة كافة مستوياتها ولاسيما الجانب الانشائي من حيث مواد البناء أو طرق التنفيذ والياته، اذ ظهر ما تسمى بمواد البناء الذكية التي تعتمد مبدأ الاستعارة من الطبيعة البيولوجية للانسان وان انتاجها يأتي عبر تداخل المواد التقليدية مع الانظمة الالكترونية الدقيقة تمتلك القدرة على التقييم والاصلاح الذاتي كذلك الاحساس بدرجات الحرارة والتكيف لتوفير بيئة ملائمة للساكنين، فضلا عن ظهور اليات التنفيذ المؤتمتة للتحكم بمعدات بنائية كالحفر والنقل والتركيب مبرمجة تعمل بشكل ذاتي التي يتم التحكم بها عبر أجهزة الحواسيب لتعطي سرعة ودقة في انشاء المباني السكنية.(حلاوة٢٠٠٤،ص١٠).

ت- **المستوى الاجتماعي:** شمل أثر التقنيات الرقمية اغلب الأنشطة الحياتية ضمن الوحدات السكنية وخارجها من نشاطات اعمال، تسوق، تعليم، ترفيه والتواصل الاجتماعي، ان المسكن الرقمي يوفر الوقت على الشاغلين ليتسنى لهم الاستمتاع في حياتهم والعيش بطريقة مرفهة حيث أن الممارسات الحياتية داخلها ترفع انتاجية الفرد وعطاءهُ حيث يتوافر فيها سهولة الاداء الذي يولد بدوره التركيز ليرفع بذلك قيمة الابداع والاتقان، يظهر مفهوم الأمن كأحد المتطلبات الخدمية للوحدة السكنية الرقمية حيث يحصن الاخير بتكنولوجيا مراقبة الكترونية تمنع الدخول إلى الوحدة السكنية إلا لمجموعة مستخدمين محددين، كذلك يقوم المسكن باتخاذ التدابير الوقائية في حال حدوث حالات سرقة كالاتصال بمراكز الشرطة فضلا عن التوثيق الالكتروني لما يدور خارجه وداخله.(Ibrahim,2003,p18-19).

ث- **المستوى الاقتصادي:** يعدّ التوفير المادي من الجوانب التي تميزت بها المساكن الرقمية التي حققت عملية التيسير والسهولة في اداء الانشطة الحياتية المختلفة، حيث يعدّ إنموذج المسكن الرقمي أحد العناصر التي تتم فيها ممارسة مجموعة من النشاطات المختلفة في الوقت نفسه ولجميع افراد الاسرة، كما يكاد لا يحتاج إلى اي طاقة خارجية من اجل التكييف، حيث يحصل على احتياجه من الطاقة الشمسية والطاقة الأرضية، كذلك فيما يخص توفير الطاقة حيث تقوم المنظومات الرقمية داخل الوحدة السكنية المعدة مسبقاً في تحقيق التوازن في استخدام الطاقة، إذ تقوم الحواسيب الموجودة داخل الوحدة السكنية بإدارة جميع الفعاليات من اجهزة ومعدات بشكل يضمن توفير في الطاقة، أن المساكن الذكية تتجه نحو نظم الطاقة المتجددة الامر الذي يعد وفراً كبيراً في عمليات الاستهلاك والصيانة (جيتس،١٩٩٥،ص٨)، يبرز توفير الجهد والوقت كقيمة اضافية إلى الجانب الاقتصادي إذ إن ممارسة الحياة والانشطة داخل المساكن الرقمية هي في حد ذاتها نقل حقيقة تهدف إلى رفع انتاجية الفرد، و أصبح المسكن الرقمي مجهزاً ايضاً بمجموعة من الاجهزة المرتبطة بشبكة الانترنت المتصلة مع شركات

الصيانة التي تقوم بفحص كفاءة عمل الاجهزة والوقت اللازم لصيانتها واصلاحها قبل تفاقم الاعطال فيها. (الموسوي/٢٠١٠/ص٥).

ج- **المستوى البيئي:** إن التغيرات التي تحدث في صفات مجموعة العناصر المعمارية نتيجة الاعتماد على عناصر التكنولوجيا التي تحقق اهدافاً بيئية ومناخية، الذي يتميز في كون سطحه الخارجي له القدرة على التكيف والتحول لتحقيق اهداف مناخية من خلال الجدران الداخلية وتحويلها لصد الظروف الخارجية وضبط درجات الحرارة لتحقيق راحة المستخدمين، كذلك يحتوي على حلول العزل الحراري للجدران



(مخطط ١) يوضح هيكلية المفردات لتكوين المسكن الرقمي المستدام (المصدر: الباحث)

ح- والسقوف، واستخدام الزجاج الذكي، واعادة تدوير المياه وترشيد استهلاكها فضلاً عن اعادة تدويرها عبر أعمال السقي الالي، والتقليل من الانبعاثات الكاربونية وتحسين البيئة الداخلية للمسكن من خلال منظومات رقمية تهتم في تحقيق كل ماسبق. (الموسوي/٢٠١٠/ص٢٥).

٣- الدراسة العملية:

هدف البحث من خلال استعراض مستويات الاستدامة الرقمية ومنظومات المساكن الرقمية الى بيان محاور تاثير توظيف التقنيات الرقمية في تعزيز استدامة المساكن، وعلى وفق المحاور التالية:

- المحور الأول: يهدف اشتقاق وعرض إطار نظري لمفهوم الاستدامة الرقمية يمكن من تحديد المفردات الرئيسية والثانوية للمفهوم وتوفر الية مناسبة لتحديد مؤشرات تعزيز الاستدامة الرقمية للمساكن.
- المحور الثاني: طرح عينات الدراسة والمتمثلة بالابنية السكنية الرقمية العالمية والابنية السكنية المحلية حديثة الانشاء الهدف.
- المحور الثالث: تطبيق مفردات الإطار النظري على المساكن المنتخبة.

أ- **بلورة مفردات الإطار النظري:** استعرضت الدراسات التي تناولت المساكن الرقمية العديد من المفاهيم والمفردات المرتبطة بمفهوم الاستدامة الرقمية، وقد جرى استخلاص (٥) مفردات رئيسية تتعلق بالاستدامة الرقمية للابنية السكنية ارتبط بها (١١) مفردة ثانوية، وبدورها انشقت منها مفردات تفصيلية كما في الجدول:

(جدول١) يوظح الإطار النظري لمفهوم الاستدامة الرقمية في الأبنية السكنية

الاستدامة الرقمية		القيم الممكنة
المفردات الرئيسية	المفردات الثانوية	
الكفاءة الوظيفية	مرونة وظيفية	عناصر متحركة
		استغلال البعد الرابع (فضاء ديناميكي)
		اثاث ذكي متحرك
	تعدد وظيفي	تعدد وظيفي متزامن
		تعدد وظيفي متعاقب
الاستدامة الاجتماعية	تحقيق حاجات الساكنين	إدارة ذاتية
		سهولة بالاداء
		مراعاة ذوي الحاجات
	تعددية بالنشاطات	تعليم رقمي
		تسوق الكتروني
		عمل رقمي
		ترفيه افتراضي
	الإحساس بالامن	منظومات مراقبة
		منظومات انذار
		منظومات ردع مخاطر
الاستدامة الاقتصادية	اقتصاد بكلف التشييد	اليات انشاء مؤتمتة
		منظومات رقمية قياسية(متوفرة)
	اقتصاد بالطاقة	استغلال مصادر الطاقة الطبيعية
		اقتصاد بالتشغيل (إدارة مؤتمتة)
		منظومات استرداد الطاقة الضائعة
	اقتصاد بالوقت	اقتصاد بزمن الانشاء (اليات انشاء مؤتمتة)
		توفير وقت الساكنين (منظومات مؤتمتة)
الاستدامة البيئية	منظومات تكييف	تكييف مؤتمت
		منظومات تهوية ذاتية
	منظومات الانارة	انارة مؤتمتة
		نوافذ ذكية ذاتية التعتيم
	منظومات عزل بيئي	كاسرات شمس ذكية
		جدران ثانوية متحركة
		زجاج ذكي ذاتي النفاذية

(المصدر: الباحث اعتماداً على الدراسات السابقة)

ب- **المساكن المنتخبة للدراسة العملية:** تتضمن هذه الفقرة انتخاب مجموعة من الابنية السكنية لدراسة العملية وضمن محورين (طريقة جمع المعلومات، مبررات اختيار العينة، تطبيق مفردات الإطار النظري على المساكن المنتخبة) وعلى النحو الاتي:

- **طريقة جمع المعلومات ونوع القياس المستخدم:** استند البحث الى جمع المعلومات في الجزء العملي باعتماد مصادر متعددة ومتنوعة حول المشاريع المنتخبة، اذ اشتملت على الكتب المتخصصة بالتكنولوجيا الرقيمة في العمارة ومواقع الشبكة الدولية للمعلومات (Internet)، في حين استند الأسلوب المعتمد في استخلاص المعلومات عن المشاريع المنتخبة للتطبيق الى جمع فقرات النص الواصف للمشروع ومن أكثر من مصدر والتي تمكن من قياس المتغيرات بشكل مباشر.
- **مبررات اختيار العينة:** لغرض اجراء التطبيق، تم انتخاب عينة من المشاريع المعمارية بعد أن خضعت لمجموعة من المعايير بهدف انتخاب تلك المشاريع، اشتملت تلك المعايير على أن تكون جميع المساكن المنتخبة منفذه على أرض الواقع ومنجزة حديثاً ما بين (٢٠١٠-٢٠١٧)، يتم اعتماد المشاريع الاخيرة المصممة من قبل المعماريين الذين يعتمدون على التكنولوجيا الرقمية في تصميم المساكن.
- وفقاً لذلك فقد تم انتخاب المشاريع التالية:

أولا: المشاريع العالمية: (ملحق جدول ١)

A- اسم المشروع (Small Home Smart Home) تم تصميم شركة (LAAP) للعمارة في مدينة هونغ كونغ، مساحة ٣٠ متر مربع، سنة ٢٠١٦.

B- اسم المشروع (Ecological House 3.0) من تصميم شركة (NOEM) في مدينة كاستيلون/إسبانيا، بمساحة ٩٦ متر مربع، سنة ٢٠١٤.

ثانياً المشاريع المحلية: (ملحق جدول ٢،٣)

- اسم المشروع (مدينة بسماية) من تصميم شركة (هانوا الكورية) في شمال مدينة بغداد بثلاث أنماط من المساحة (١٢٠،١٠٠،١٤٠) م^2، سنة ٢٠١٣، الرمز (C).
- اسم المشروع (مجمع بوابة العراق) من تصميم شركة (الامكو) في مركز مدينة بغداد، يتضمن خمسة أنماط من مساحة المساكن (١٩٩،١٧٢،١٦٧،٢٥٢،٢١٥) م^2، مازال تحت التشييد، الرمز (D).

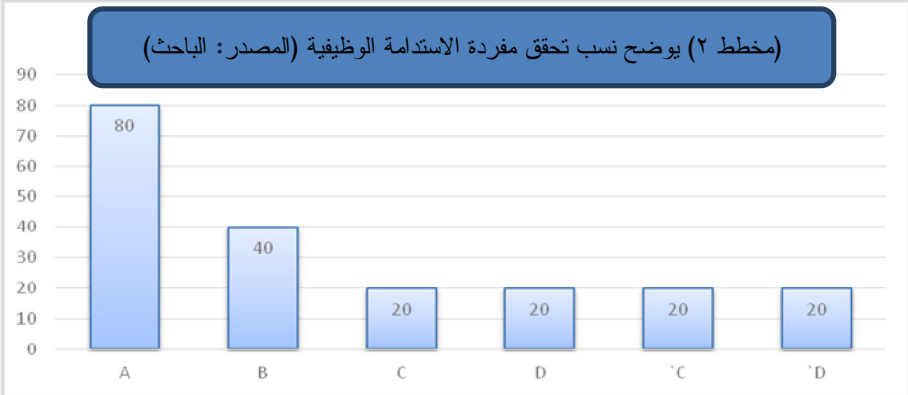
تطبيق مفردات الإطار النظري على المساكن المنتخبة: بعد ان تم عرض المساكن المتخبة للدراسة العلمية تم في هذا المحور تطبيق المفرادت التي تم التوصل اليها من الإطار النظري على المساكن (ملحق جدول٤).

٤- النتائج والاستنتاجات والتوصيات:

أ- **النتائج:** بعد تطبيق مفردات الإطار النظري على المساكن المنتخبة ظهرت مجموعة من النتائج المرتبطة بكل مفردة وهي على النحو الاتي:

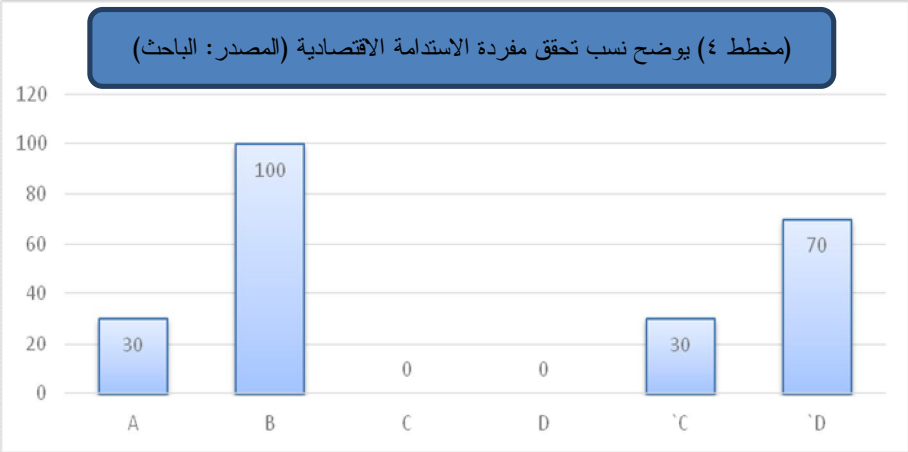
- **النتائج المرتبطة بمفردة الاستدامة الوظيفية:** أظهرت النتائج المرتبطة بالمفردة الرئيسية الأولى (الاستدامة الوظيفية) في المساكن المنتخبة للدراسة العملية عن تباين أثرها في المساكن المنتخبة، اذ ظهرت اعلى نسبة تحقق للمفردات في المسكن (A) وبنسبة ٨٠% كونها أصغر المساكن مساحة وتم تصميمه مسبقاً ليحقق كفاءة عالية في تحقيق الوظيفة وبالتالي يحقق استدامة رقمية وظيفية اعلى، اما المسكن(B) فحقق نسبة ٤٠% كون تصميمه كان ذا توجه ايكولوجي اكثر منه وظيفي، اما المساكن(B،

C`،B`،C) فكانت النتيجة ٢٠% فقط كونها لم يتم تصميمها لتعتمد على التقنيات الرقمية في تحقيق وظائفها وكانت نتيجة تعزيزها من خلال المنظومات الرقمية لم تؤثر على نسبة تحقيق الاستدامة الوظيفية فيها.

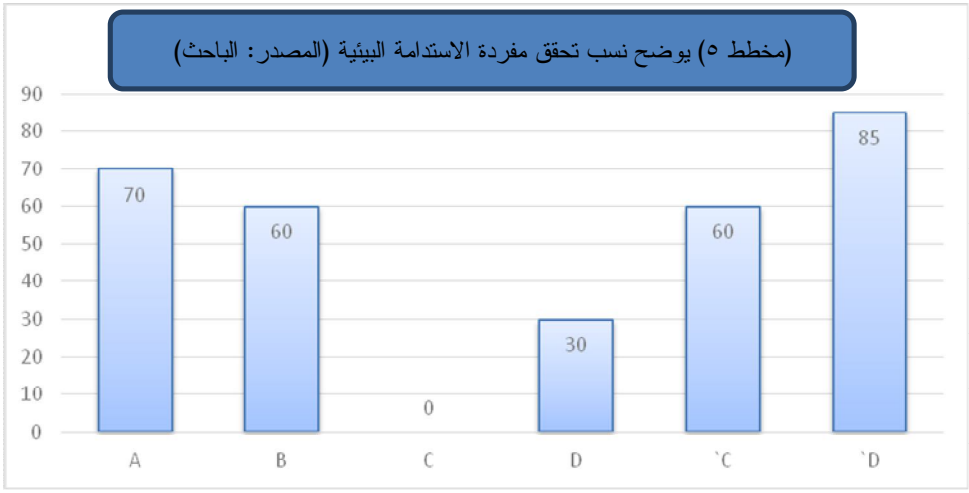


– **النتائج المرتبطة بمفردة الاستدامة الاجتماعية:** أظهرت النتائج المرتبطة بالمفردة الرئيسة الأولى (الاستدامة الاجتماعية) في المساكن المنتخبة للدراسة العملية عن تباين أثرها في المساكن المنتخبة، حيث كانت النسبة ٧٠% في كل من المساكن (A,B) لكون هذه المساكن قد تم تصميمها وانشائها تراعي الجوانب الاجتماعية عبر توظيف المنظومات الرقمية، ونلاحظ تدني مستويات في المساكن (C,D) كونها لم يتم الاخذ بالحسبان توظيف التقنيات الرقية في تعزيز الاستدامة الاجتماعية والذي يظهر واضحاً في المساكن نفسها الأثر الكبير بعد توظيف التقنيات الرقمية في المشاريع (C`,D`) لتعزيز الاستدامة الاجتماعية.

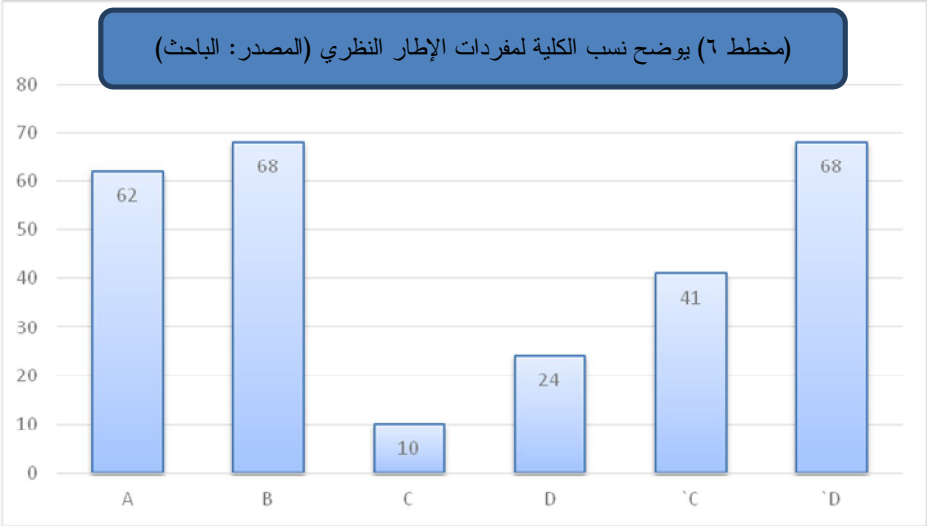
– **النتائج المرتبطة بمفردة الاستدامة الاقتصادية:** أظهرت النتائج المرتبطة بالمفردة الرئيسة الأولى (الاستدامة الاقتصادية) في المساكن المنتخبة للدراسة العملية عن تباين أثرها في المساكن المنتخبة، اذ أظهرت النتائج اعلى نسبة تحقيق للمفردات في المسكن (B) كون المسكن يتم تنفيذه وتشغيله عبر منظومات رقمية تعمل على تعزيز الاستدامة الاقتصادية، وحقق المسكن (C`) نسبة ٧٠% بعد توظيف المنظومات الرقمية وكانت النسبة عالية كون المشروع مازال تحت الانشاء وإمكانية ادخال المنظومات ضمن المسكن، وكانت النسب منخفضة في باقي المساكن ولاسيما (C,D) كون تصميمها لم يضم أي منظومات رقمية تهتم بالجوانب الاقتصادية للمسكن.



– **النتائج المرتبطة بمفردة الاستدامة البيئية:** أظهرت النتائج المرتبطة بالمفردة الرئيسية الأولى (الاستدامة الاقتصادية) في المساكن المنتخبة للدراسة العملية عن تباين أثرها في المساكن المنتخبة، حيث ظهرت نسبة ٧٠% و٦٠% في المساكن (A) و(B) كونها تتضمن منظومات رقمية تعمل على تعزيز الاستدامة البيئية للمسكن على غرار المساكن (C) و(D) والتي أعطت نسب ٠% و٣٠% كونها تضمن منظومات بسيطة تراعي الجوانب البيئية للمسكن، يظهر التعزيز في الاستدامة البيئية في المساكن (`C) و(`D) وبنسبة ٦٠% و٨٥% وذلك بعد ان تم توظيف مجموعة من المنظومات الرقمية التي تهدف الى تعزيز الجوانب البيئية للمسكن.



يظهر بعد تطبيق مفردات الإطار النظري على المساكن المنتخبة تباين في النتائج بين المساكن، حيث كانت نسبة تحقق مجموع المفردات في اعلاها في المساكن (A) و(B) وبنسبة ٦٢% و٦٨% كون هذه المساكن قد تم تصميمها وتنفيذها وتشغيلها عبر منظومات رقمية تعزز جوانب الاستدامة فيها، اما بالنسبة للمساكن (C) (D) ظهرت وبنسبة ١٠% و٢٤% حيث تم تصميم وتنفيذ وتشغيلها بعيداً عن توظيف المنظومات الرقمية والتي أظهرت نتائج متدنية في تعزيز الاستدامة فيها والذي تم تعزيزه في المساكن بعد ادخال المنظومات الرقمية المختلفة والذي يظهر من المشاريع (`C) (`D) وبنسبة ٤١% و٦٨% بهدف تعزيز الاستدامة فيها.



ب- الاستنتاجات النهائية:

تقتصر معظم المشاريع السكنية المحلية الحديثة الى توظيف التقنيات الرقمية في بنية المسكن، او تم ادخل منظومات رقمية بسيطة ومنفصلة تعمل على تعزيز استدامة المسكن بشكل طفيف، وان إضافة المنظومات الرقمية المتكاملة تعمل على تحقيق نسب عالية من الاستدامة في المساكن الرقمية وعلى مستويات (الاستدامة الوظيفية، الاستدامة الاجتماعية، الاستدامة الاقتصادية، الاستدامة البيئية) دون التأثير على النظم الانشائية للمساكن المحلية.

ت- التوصيات:

١- السعي نحو اعتماد التقنيات الرقمية كوسيلة لتلبية حاجات المجتمع من خلال توظيفها في تصميم وانشاء مساكن رقمية مستدامة.

٢- يوصى البحث على تحديث الاساليب الدراسية المعمارية لدعم معرفة المعماري بكافة المتطلبات والمعايير لتوظيف المنظومات الرقمية ضمن تصميم المساكن الحديثة وتعزيزها.

٣- التوجه محلياً نحو مفاهيم المساكن الرقمية في تصميم المساكن الحديثة لكونها تعمل على تحسين الاستدامة للمسكن عن مثيلاتها من المساكن المحلية.

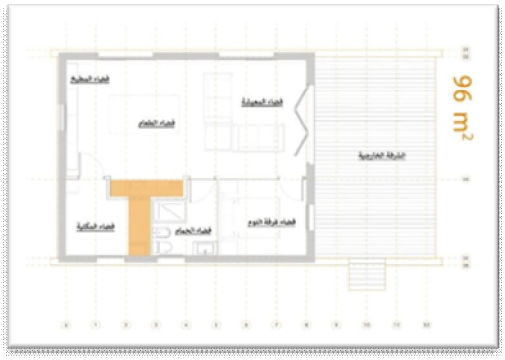
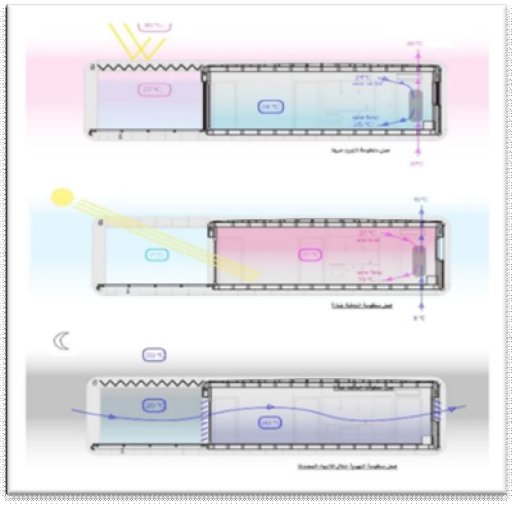
٤- التركيز نحو توظيف المنظومات الرقمية ضمن بنية انشائية اعتيادية للمساكن الحديثة والمعاصرة وذلك لصعوبة توفير نظم انشاء رقمية في البيئة المحلية، ولكون منظومات الانشاء التقليدية تلبي الحاجة في انتاج المساكن الرقمية.

٥- زيادة المعرفة بأخر تطورات التقنية الرقمية وتوظيفها في المسكن الرقمية بشكل يتلاءم مع الاحتياجات المحلة لمواكبة التطور في هذا المجال.

٥- الملاحق:

أ- ملحق جدول ١:

(ملحق جدول١) يصف المساكن العالمية المنتخبة للدراسة العملية (المصدر: الباحث)

	وصف المشروع	صور لتفاصيل المسكن
aA	ان صغر مساحة المسكن يعود الى كونه يقع في مركز المدينة والذي يجعل منها عالية الكلفة، الامر الذي جعل فريق التصميم الى الذهاب الى ابعد من التفكير في الابعاد الثلاثة فقط انما تم العمل وفق المستوى الزمني لاستغلال الفضاءات، اذ تم حساب عامل الزمن في التصميم وفق مفهوم "الشكل يتبع الوقت" والذي يعني بان الفضاء يُفتح ويُغلق وفق احتياجات الساكنين مع مرور الوقت، اذ ان الفضاء يمتلك قدرة التحويل والتحوير ليلائم حاجة معينة في زمن معين وبذلك تزداد الفعاليات التي يحققها ، كما يمتلك المسكن مجموعة من الأنظمة الرقمية التي تحقق المفهوم سابق الذكر والتي يمكن تلخيصها بالتالي: مجموعة جدران متحركة مرنة ومتفاعلة مع احتياجات الساكنين بشكل آلي ومؤتمت. اثاث ذكي متعدد الوظيفة متحرك ويمكن تحويره ليحقق حاجات متعددة. منظومة انارة مؤتمتة يتم التحكم بها عن بعد بواسطة أجهزة ذكية. ستائر مؤتمتة آلية الحركة يتم التحكم بها عن بعد. تمتلك فضاءات المسكن مرونة عالية في التكيف مع متطلبات الساكنين مع مرور الوقت على المستوى اليوم الواحد اذ تنتقل الفضاءات من كونها فضاء نوم الى فضاء معيشة وفضاء طبخ وثم يتحول الى فضاء مطالعة او فضاء ممارسة الرياضة، في مساحة لا تتجاوز ال ٣٠متر مربع. (www.laab.pro)	
B	يتميز هذا المسكن بتصميم تم إعداده وفق مبادئ الهندسة الحيوية المناخية إضافة الى التكنولوجيا الرقمية، تم بناء مسكن رقمي وفي نفس الوقت يحترم البيئة المحيطة له، حيث صممت شركة (NOEM) المسكن بشكل معاصر ومتفاعل مع المحيط كما تم انشاؤه في مدة ١٠ أسابيع فقط ، حيث تمت عمليات تصميم وانشاء المسكن بمراحل رقمية ومؤتمتة بالكامل اضافة الى عمليات إدارة وتشغيل المسكن، وكانت النتيجة انشاء مسكن كفوء ومستدام وبمختلف المستويات؛ كفاءة اقتصادية من حيث توفير الجهد والوقت من خلال تصميم وانشاء المسكن (والتي تمت بالكامل خلال ١٠ أسابيع فقط)، إضافة الى الكفاءة البيئية من خلال استعمال مواد محلية وقابلة للتجديد (استعمال الخشب)، واخيراً كفاءة الطاقة من خلال منظومات الأتمتة الرقمية، كما ان جميع منظومات ومكونات المسكن الرقمية مرتبطة بشبكة الانترنت، فمنظومات الأتمتة في المسكن تعمل بالإضافة الى توفير الراحة الى الساكنين فإنها ترفع من كفاءة استهلاك الطاقة، كما ان منظومات التكييف المركزية في المسكن تعمل على التكيف مع البيئة الخارجية، مع وجود منظومة تهوية طبيعية اذ تعمل بشكل الي في حالة ارتفاع كمية غاز CO_2 في فضاءات المسكن، إضافة الى كل ذلك وجود منظومة الانارة الالكترونية والتي تعمل وفق برنامج يعد بواسطة أجهزة الهواتف الذكية ويمكن برمجتها لإيقاظ الساكنين او الترحيب بهم عند دخول المسكن، إضافة الى كل ذلك فان جميع مفاتيح الكهربائية للمسكن تعمل بشكل لاسلكي عبر موجات الراديو لتوفير اكبر قدر من المرونة بعيداً عن التوصيلات الكهربائية والكابلات. (www.archdaily.com)	 

ب- ملحق جدول ٢:

(ملحق جدول ٢) وصف المساكن المحلية المنتخبة (المصدر: الباحث)

	وصف المشروع	صور لتفاصيل المسكن
C	تعتمد الشقق السكنية في التدفئة والتبريد على منظومات مستقلة من وحدات التكييف الخاصة بكل فضاء، لا الشقق أي منظومات إدارة الطاقة او منظومات أتمتة للتحكم بالإنارة، كذلك تخلو المساكن من المنظومات الأمنية كمنظومات المراقبة او مكافحة الحرائق. تعتمد الفضاءات السكنية للشقق على مبدأ الحيز الثابت للمساحة اذ لا تمتلك الفضاءات أي إمكانية للتغيير على مستوى حجم الفضاء او الفعالية التي تؤديها، كذلك تنعدم المرونة في التغيير والتحوير للوظائف. تقتصر التجهيزات الرقمية على منظومات المراقبة الشاملة لكل المجمع ومنظومات تجهيز الكهرباء والماء والغاز، كذلك منظومات إدارة النفايات.	
D	تتكون الشقق السكنية من مجموعة من الفضاءات المتنوعة اعتماداً على مساحتها التي يمكن اجمالها بفضاءات غرف النوم الرئيسة والثانوية وغرفة المعيشة والمطبخ والمجموعات الصحية فضلا عن غرف الخدم والممرات، فضلا عن وجود مدخلين لكل شقة مدخل عام ومدخل خاص بالعائلة، كما تضمنت الشقق على منظومات رقمية منها منظومات مكافحة الحريق ومنظومات حماية امنية خاصة بكل شقة فضلا عن منظومة التخلص من النفايات ومنظومات تكييف مؤتمتة تعمل على توفير الطاقة، تقتصر الشقق السكنية على ما تم ذكره من نظم رقمية، كما تفتقر المساكن الى وجود منظومات سيطرة وتحكم مركزية لكافة أجهزة معدات الشقة إضافة الى عدم وجود منظومات عزل ذكية، ومنظومات السيطرة على المداخل والشبابيك ومنظومات الانارة المؤتمتة.	

ت- ملحق جدول ٣:

(ملحق جدول ٣) وصف لامكانية التعزيز الرقمي للمساكن المحلية (المصدر: الباحث)

	وصف لتعزيز المشروع
C`	ان المشروع حاليا قد تم إنجازه وتسليمه فبالإمكان إضافة منظومات الرقمية التي تعزز كفاءة اداء المساكن ولكن بشكل محدد جداً، تعمل هذه المنظومات على تعزيز كفاءة المستويات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والتقنية دون الكفاءة الوظيفية نظراً لثبوت الهيكل الانشائي، المنظومات الرقمية وعلى النحو الاتي: – منظومات تكييف مؤتمتة (تعمل هذه المنظومات على توفير فضاءات مكيفة بشكل مؤتمت لتوفير استهلاك الطاقة). – منظومات انارة مؤتمتة (تعمل هذه المنظومات على توفير انارة مؤتمتة متوافقة مع الإضاءة الطبيعية داخل الفضاء). – منظومات عزل ذكية (تعمل على توفير عزل ذي كفاءة عالية للفضاءات ليكتسب مفهوم التكيف مع البيئة الخارجية لتوفير بيئة داخلية مريحة للساكنين). – منظومات امنية خاصة بالمسكن (تعمل هذه المنظومات على توفير الحماية من الاختراق الخارجي إضافة الى الحماية من الحرائق والغازات والسيطرة على منافذ المسكن). – منظومات استغلال الطاقة الطبيعية مؤتمتة تعمل على تخزين الطاقة وإعادة استعمالها.
D`	ان المشروع حاليا مازال قيد التنفيذ الذي يمكن من إضافة منظومات الرقمية تعزز كفاءة اداء المسكان، تعمل هذه المنظومات على تعزيز كفاءة المستويات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والتقنية بشكل أكبر من الكفاءة الوظيفية نظراً لثبوت الهيكل الانشائي، المنظومات الرقمية هي كالتالي: – منظومة ادارة مركزية لكافة معدات واليات المسكن (تعمل على توفير مفهوم الأتمتة وإدارة الطاقة في المسكن). – منظومات انارة مؤتمتة (تعمل هذه المنظومات على توفير انارة مؤتمتة متوافقة مع الإضاءة الطبيعية داخل الفضاء). – منظومات عزل ذكية (تعمل على توفير عزل ذو كفاءة عالية للفضاءات ليكتسب مفهوم التكيف مع البيئة الخارجية لتوفير بيئة داخلية مريحة للساكنين). – منظومات امنية خاصة بالمسكن (تعمل هذه المنظومات على توفير الحماية من الاختراق الخارجي إضافة الى الحماية من الحرائق والغازات والسيطرة على منافذ المسكن). – منظومات استغلال الطاقة الطبيعية مؤتمتة تعمل على تخزين الطاقة وإعادة استعمالها.

ث- ملحق جدول ٤:

(ملحق جدول ٥) تطبيق مفردات الإطار النظري على المساكن المنتخبة (المصدر: الباحث)

الاستدامة الرقمية		القيم الممكنة	A	B	C	D	`C	`D	المجموع
المفردات الرئيسية	المفردات الثانوية								
الاستدامة الوظيفية	مرونة وظيفية	عناصر متحركة	١						1
		استغلال البعد الرابع (فضاء ديناميكي)	١	١					2
		اثاث ذكي متحرك	١						1
	تعدد وظيفي	تعدد وظيفي متزامن		١	١	١	١	١	5
		تعدد وظيفي متعاقب	١						1
الاستدامة الاجتماعية	تحقيق حاجات الساكنين	إدارة ذاتية	١	١				١	3
		سهولة بالاداء	١					١	2
		مراعاة ذوي الحاجات							0
	تعددية بالنشاطات	تعليم رقمي	١	١			١	١	4
		تسوق الكتروني	١	١	١	١	١	١	6
		عمل رقمي	١	١			١	١	4
		ترفيه افتراضي	١	١	١	١	١	١	6
	الإحساس بالامن	منظومات مراقبة		١		١	١	١	4
		منظومات انذار	١	١		١		١	4

		منظومات ردع مخاطر							0
الاستدامة الاقتصادية	اقتصاد بكلف التشييد	اليات انشاء مؤتمتة		١					1
		منظومات رقمية قياسية(متوفرة)		١		١	١		3
	اقتصاد بالطاقة	استغلال مصادر الطاقة الطبيعية		١		١	١		3
		اقتصاد بالتشغيل (إدارة مؤتمتة)	١	١			١		3
		منظومات استرداد الطاقة الضائعة		١			١		2
	اقتصاد بالوقت	اقتصاد بزمن الانشاء (اليات انشاء مؤتمتة)		١					1
		توفير وقت الساكنين (منظومات مؤتمتة)	١	١				١	3
الاستدامة البيئية	منظومات تكييف	تكييف مؤتمت	١	١		١	١	١	5
		منظومات تهوية ذاتية	١	١			١	١	4
	منظومات الانارة	انارة مؤتمتة	١	١		١	١	١	5
		نوافذ ذكية ذاتية التعتيم	١					١	2
	منظومات عزل بيئي	كاسرات شمس ذكية		١			١	١	3
		جدران ثانوية متحركة							0
		زجاج ذكي ذاتي النفاذية	١					١	1
المجموع			18	20	3	7	12	20	80

٦- المصادر

ألموسوي،هشام عبود، ٢٠٠٩،"الواقع الافتراضي للعمارة والعمران"، كلية الهندسة – جامعة المراقب/الخميس/ليبيا.

ألنوبي، حسن محمد، ٢٠٠٤،" المساكن الذكية، نموذج للمسكن الميسر في القرن الواحد والعشرين "، الهيئة العليا لتطوري مدينة الرياض، مارس.

جيتس، بيل، ترجمة عبد السلام رضوان،١٩٩٥، "المعلوماتية بعد الانترنيت"، طريق المستقبل، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٢٥٣، المجلس الوطني للثقافة والفنون والاداب، الكويت.

حلاوة، ن.م، ٢٠٠٤،" الثورة التكنولوجية وانعكاساتها على اليات المباني الذكية "، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، جامعة القاهرة.

خليل، وائل صلاح الدين بهلول، ٢٠١٠، تاثير الثورة الرقمية على مجال الوظيفة والتشكيل المعماري، جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا.

داود، سلافا محمد عبد الرحمن،٢٠١٤، رؤى مستقبلية للتصميم الداخلي للمسكن المعاصر في ظل مفاهيم الانظمة الذكية، جامعة ام القرى.

محمود، رضاب احمد؛" الابنية المدارية الذكية"، اثر التكامل البيئي–التقني في تقليل كلفة المبنى الإنشائية والتشغيلية، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية،2009 .

نظم انذار الحريق في المنشأت،٢٠٠٦، المواصفات العامة لمعدات الحريق والانذار–الجزء الثاني.

يعقوب، لينا غانم، ٢٠١٠، العمارة الرقمية – دراسة الخصائص الشكلية للعمارة الرقمية، الجامعة التكنولوجية.

Antonio Scotto DiCarlo, 2012 “SMART HOMES, Home Automation”, Livable New York Resource Manual.

Building Management Systems, 2015,Design Guidelines, University Of British Columbia.

Chaplin, Sarah, 2002, Designing for A Digital world: Digital Culture, edited by Neli Leach.

Ibrahim,A., 2003,"New Architecture Forms in Digital Age", Master Theses, Department of Architecture, Faculty of Fine Art , Alexandria University.

Krauel, J.,2014,Contemporary Digital Architecture-Design & Techniques, Barcelona-Spain, printed in china, published in.

Ler & Eng Loo, Intelligent building automation system, University of Southern Queensland,2006.

Newman, H. M.,1994,Direct Digital Control of Building Systems: Theory and Practice,.

Telford, Thomas, 2004, Intelligent Buildings: Design, Management and Operationd.