Journal of
Engineering Sciences
Faculty of Engineering
Assiut University
JES
مجلة
العلوم الهندسية
كلية الهندسة
جامعة أسيوط
journal homepage: http://jesaun.journals.ekb.eg

Roles of Concepts and Mechanisms of the Fourth Industrial Revolution on achieving Smartness and Sustainability in Architectural and Urban Spaces: University Campus as a Case Study

دور مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق الذكاء والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية: الحرم الجامعي كدراسة حالة

Received 31 October 2023; Revised 1 April 2024; Accepted 1 April 2024

Abstract: This study delves into analysing how Fourth Industrial Revolution concepts impact architectural and urban spaces within university campuses, aiming to foster smartness and sustainability. It focuses on scrutinizing the experiences of global universities in this realm. Employing a robust research methodology, the study utilizes a documentary descriptive approach to identify Fourth Industrial Revolution concepts, an analytical framework to examine instances of global universities embracing these concepts, and an inductive method to elucidate the roles of these concepts and mechanisms in promoting smartness and sustainability within university campus environments. Highlighting the significance of integrating Fourth Industrial Revolution concepts into architectural and urban spaces on university campuses, the study emphasizes their pivotal role in advancing smartness and sustainability. It identifies mechanisms that can be implemented within universities to effectively apply these concepts, thereby enhancing smartness and sustainability within architectural and urban contexts on campus. Drawing from its findings, the study advocates for the implementation of these identified mechanisms and technologies in universities across the Arab and African regions. It stresses the importance of considering local circumstances, institutional capacities, and university-specific resources in this endeavour. Furthermore, it suggests tailoring the adoption of appropriate mechanisms to the unique needs of each university campus, facilitating the transition towards smart and sustainable campus environments rooted in Fourth Industrial Revolution principles.

Sara W. Hussein
ساره وائل حسين يوسف[١]
Rabee M. Reffat
ربيع محمد رفعت[٢]
Shawkat M. L. Elkady
شوكت محمد لطفي القاضي[٣]

الكلمات الرئيسية
الثورة الصناعية الرابعة، التقنيات الرقمية، الذكاء والاستدامة، الحرم الجامعي، التحول الرقمي، الفراغات المعمارية والحضرية

[١] مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة جامعة أسيوط (sarawaelhussein@aun.edu.eg)
[٢] أستاذ العمارة وتكنولوجيا المعلومات بقسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة جامعة أسيوط (rabee@aun.edu.eg)
[٣] أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة جامعة أسيوط (shawkat@aun.edu.eg)

https://doi.org/ 10.21608/JESAUN.2024.245781.1278
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

الملخص

تمثل هذه الدراسة تحليلاً لتأثير مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة على الفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي لتحقيق الذكاء والاستدامة، مع التركيز على تحليل تجارب الجامعات العالمية في هذه المجال. وقد تم إستخدام منهجية بحثية تتضمن المنهج الوصفي الوثائقي لتحديد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة، والمنهج التحليلي في تحليل أمثلة الجامعات العالمية التي تكيفت مع مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة وتحليل التقنيات والآليات المستخدمة، والمنهج الاستقرائي في تحديد دور مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق الذكاء والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي .تم الوصل إلى أهمية تبني مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي لتحقيق الذكاء والاستدامة. تم استخلاص آليات يمكن تبنيها في الجامعات لتطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة لتساهم في تحقيق الذكاء والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي .بناءً على النتائج، توصي الدراسة تطبيق هذه الآليات والتقنيات في الجامعات بالوطن العربي والأفريقي، مع مراعاة الظروف المحلية والإمكانيات والموارد الخاصة بالجامعة، واختيار الآليات المناسبة بناءً على احتياجات كل حرم جامعي لتحقيق التحول إلى حرم جامعي ذكي ومستدام يحقق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة.

١. المقدمة

على مر العصور، أدى التطور الصناعي والتقني إلى تغييرات في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي نتيجة التأثر المباشر بمفاهيم الثورات الصناعية. ومنذ بداية القرن الحادي والعشرين، تسارعت وتيرة التقدم التقني، مما أدى إلى ظهور الثورة الصناعية الرابعة (Fourth Industrial Revolution 4IR) [١]. شهد ظهور الثورة الصناعية الرابعة زيادة ملحوظة في تقنيات العصر الرقمي في كافة جوانب الحياة، من ضمنها الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligent)والروبوتات (Robots) والحوسبة السحابية (Cloud Computing) والبيانات الضخمة (Big Data) والواقع الافتراضي والمعزز (Virtual and Augmented Reality) والطباعة ثلاثية الابعاد (3DPrinting) وغيرها[٣،٢،١]. ومن المتوقع ان تحقق هذه التقنيات الرقمية تغييرات جذرية في جميع مجالات الحياة الاجتماعية والاقتصادية، بالإضافة إلى تأثيرها الأساسي على الفراغات المعمارية والحضرية. ويمكن أن تحد تقنيات الثورة الصناعية الرابعة من التباين بين العالم الفيزيائي والبيولوجي، وتعمل على تلاشي الحواجز بينهما وتداخلهما.

من هذا المنظور، تواجه الجامعات تحديات كبيرة في القرن الحادي والعشرين نظرًا لظهور مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة والتقدم التقني الرقمي والحاجة إلى الاستفادة من هذا التقدم وتوظيفه. وتحتاج الجامعات إلى دمج التقنيات الرقمية المتقدمة المرتبطة بمفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في الفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي، بهدف تحسين بيئة الحرم الجامعي وتحويله إلى حرم ذكي ومستدام قادر على المنافسة على المستوى المحلي والعالمي [٥،٤]. ولقد قامت بعض الجامعات العالمية في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا والمملكة المتحدة وأيرلندا وسنغافورة وأستراليا بتطوير البيئة المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي لمواءمتها مع مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة والتغيرات التكنولوجية الرقمية التي تحدث على المستوى العالمي، بهدف تحويله إلى حرم ذكي ومستدام.

استنادًا إلى ذلك، يهدف هذا البحث إلى تحديد الآليات التي تجسد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة وتساهم في تحقيق الذكاء والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي[٦] وذلك بناءً على تحليل دور مفاهيم وآليات الثورة

الصناعية الرابعة في تحقيق الذكاء والاستدامة في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي في بعض الجامعات العالمية.

٢. المشكلة البحثية

أدى ظهور مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة والتقدم التكنولوجي الرقمي المرتبطة بها إلى إتاحة فرص جديدة للفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي والتي استفادت منها وتكيفت معها بعض الجامعات العالمية لتكون ذكية ومستدامة [٧،٨]. وهناك حاجه ضرورية لاستفادة الجامعات المصرية وغيرها من تجارب تلك الجامعات العالمية لتطبيق مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة لتحقيق الذكاء والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي [٦].

٣. أهداف البحث

يهدف البحث الي **تحليل دور مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق الذكاء والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي.**

الاهداف الفرعية

- تحديد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة ومفهوم الذكاء والاستدامة.
- تحديد تأثير مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي في بعض الجامعات العالمية.
- تحديد دور مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق الذكاء والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي.

٤. منهجية البحث

- **المنهج الوصفي الوثائقي**

تم استخدام المنهج الوصفي الوثائقي في تحديد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة وأثرها في بناء مدن ذكية ومستدامة، بالإضافة الي تأثير مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة على التعليم، والأنشطة التعليمية، والتعلم عن بعد، ومكونات الحرم الجامعي الذكي.

- **المنهج التحليلي**

تم استخدام المنهج التحليلي في تحليل أمثلة الجامعات العالمية التي تكيفت مع مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة، وتحليل التقنيات المستخدمة لتطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي.

- **المنهج الاستقرائي**

تم إستخدام المنهج الاستقرائي في تحليل دور مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق الذكاء والتحول الرقمي الذكي والاستدامة بالفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي.

٥. مكونات البحث

- مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة والذكاء والاستدامة من المنظور المعماري والحضري للحرم الجامعي.
- رصد تأثير مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة على الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي في بعض الجامعات العالمية.
- تأثير مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة على تحويل الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي لتكون ذكية ومستدامة.
- مناقشة الدراسة والنتائج والتوصيات.

٦. مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة والذكاء والاستدامة من المنظور المعماري والحضري للحرم الجامعي

ظهرت الثورة الصناعية الرابعة في القرن الحادي والعشرين وأثرت على عدة قطاعات، بما في ذلك قطاع الصناعة الذي شهد تغييرات جذرية في منتصف عام ٢٠١٠م [١]. تتميز الثورة الصناعية الرابعة بتكنولوجيا متنوعة تشمل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والروبوتات، والواقع المعزز والافتراضي، والأجهزة المحمولة، والطباعة ثلاثية الأبعاد، وأجهزة الاستشعار الذكية، والبيانات الضخمة والحوسبة المعرفية، والحوسبة السحابية، والمركبات ذاتية القيادة، والتحليلات المتقدمة [١،٢،٣].

وأشارت الدراسات أن الثورة الصناعية الرابعة ساعدت في بناء مدن ذكية ومستدامة باستخدام التقنيات المتقدمة مثل الأجهزة اللاسلكية المتصلة والأجهزة التفاعلية والأفكار المبتكرة [٩،١٠]. يتوقع أن تؤثر هذه التطورات التكنولوجية في إدارة المدن من جوانبها المادية والاجتماعية، والبيئية، والاقتصادية، والنفسية. وبالتالي، يجب علينا أن نسعى لجعل مدننا قادرة على الانتاج الذاتي والاستدامة من خلال استخدام التقنيات الذكية التي تمكننا من دراسة سلوكنا في استهلاك المساحة الحضرية والتفاعل معها، وذلك عن طريق تجميع البيانات الضخمة التي تساعدنا على التنبؤ بأنماط الحركة في المدينة. كما تساهم هذه التقنيات في خلق فرص العمل والصناعات والحفاظ على البيئة وتحسين إمكانية الوصول. وساهمت تغييرات البنية التحتية للمدينة الذكية بتحسين أداء المدينة وزيادة كفاءة استخدام الطاقة وتحسين إدارة الموارد وحركة المرور في المدينة [١١]. ومن المتوقع أن تؤدي تطورات تقنيات الثورة الصناعية الرابعة إلى جعل عمليات التحضر أكثر ذكاءً في مختلف المجالات، مثل التخطيط الحضري والبناء (المنازل الذكية) والإنتاج والأعمال (المصانع الذكية والاقتصاد الذكي) والإدارة (التنظيم الذكي) وتهيئة البيئة للتنمية وتعزيز تراكم رأس المال الاجتماعي والبشري (السُكان الأذكياء)[١٢] . وأوضحت إحدى الدراسات أن تكنولوجيا البناء الذكي لها تأثير كبير محتمل على قضايا الاستدامة، حيث تعتبر المباني الذكية وسيلة لتعزيز الاستدامة، حيث إن تطوير نظام متكامل لتقنيات المباني الذكية يمكن أن يزيد بشكل كبير من كفاءة استخدام الطاقة في المباني مع توفير راحة للمستخدمين وتحقيق كفاءة في التكاليف. كما تم

تحديد ثلاث سمات أساسية لنظام البناء الذكي، وهي: التعرف (استشعار أو كشف التغيرات في البيئة)، والتحليل (إجراء تحليل ذكي للإشارات والبيانات لتقييم الحالة وتحديد الاستجابة المناسبة)، واتخاذ القرار (إتخاذ قرارات مناسبة)[١٣].

لم يقتصر تأثير الثورة الصناعية الرابعة على الأنشطة الاقتصادية والمدن الذكية فحسب، بل أثرت على جميع جوانب الحياة بما في ذلك التعليم [٤،٥]، وغالباً ما ينظر إلى الجامعات الذكية على أنها نسخ مصغرة من المدن الذكية وتطويرها إلى جانب وظائفها التقليدية في التدريس والتعلم والبحث [١٤]. وقد أدت الثورة الصناعية الرابعة إلى تقليل الطلب على الدراسة في الخارج نظرًا لزيادة انتشار المعارف والدورات التدريبية عبر الإنترنت، مما سمح للطلاب بالحصول على تعليم عالي الجودة من دون الحاجة للسفر إلى الخارج[٤]. وظهرت طفرة رقمية في التعليم خلال فترة إغلاق جائحة COVID-19، مما دفع المعلمين والطلاب إلى التكيف بسرعة مع أسلوب التعليم عبر التقدم التقني الرقمي والتعلم عن بُعد[١٥]. وعلى الرغم من مواجهة المعلمين لعض التحديات في إدارة الفصول الافتراضية وضمان الاتصال بالإنترنت والتغلب على نقص التجهيز وانخفاض الكفاءة الرقمية [١٥،٥]، بالإضافة إلى الحاجة إلى تأهيل المعلمين لاستخدام التقدم التقني الرقمي في التدريس.

وتتوقع الدراسات أن يتم استخدام الحوسبة السحابية والأمن السيبراني على نطاق واسع في المستقبل لتحسين فرص التعلم والحفاظ على أنشطة الطلاب لفترات طويلة[١٦]. كما تؤكد بعض الدراسات على الدور الأساسي الذي تلعبه المؤسسات التعليمية في تحمل مسؤولية زيادة اعتماد التقدم التقني الرقمي للثورة الصناعية الرابعة [١٧]، من خلال نشر الابتكار في المناهج وإنشاء مجتمعات تواكب تطور التكنولوجيا[١٨].

في إطار الثورة الصناعية الرابعة، ظهرت خصائص جديدة في مجال التعليم، مثل توفير دورات ضخمة مفتوحة عبر الإنترنت، وتنمية المواهب المبتكرة، وتعميم التعليم المختلط، واستخدام الواقع المعزز والذكاء الاصطناعي في البيئات التعليمية[١٩،١٨]. وأثر استخدام الأدوات الرقمية في عمليات أساليب التدريس والتعلم وأنشطة الفصول الدراسية واكتساب المعرفة، وتطوير المناهج المستدامة، وتعزيز الابتكار وتحسين أداء الطلاب [٢١،٢٠،٣]وسيتضمن ذلك زيادة استخدام الألعاب في عملية التعليم واستخدام البيانات في اتخاذ القرارات ودمج الذكاء الاصطناعي والواقع المعزز لتطوير التعليم العالي [٢١،٢٠].

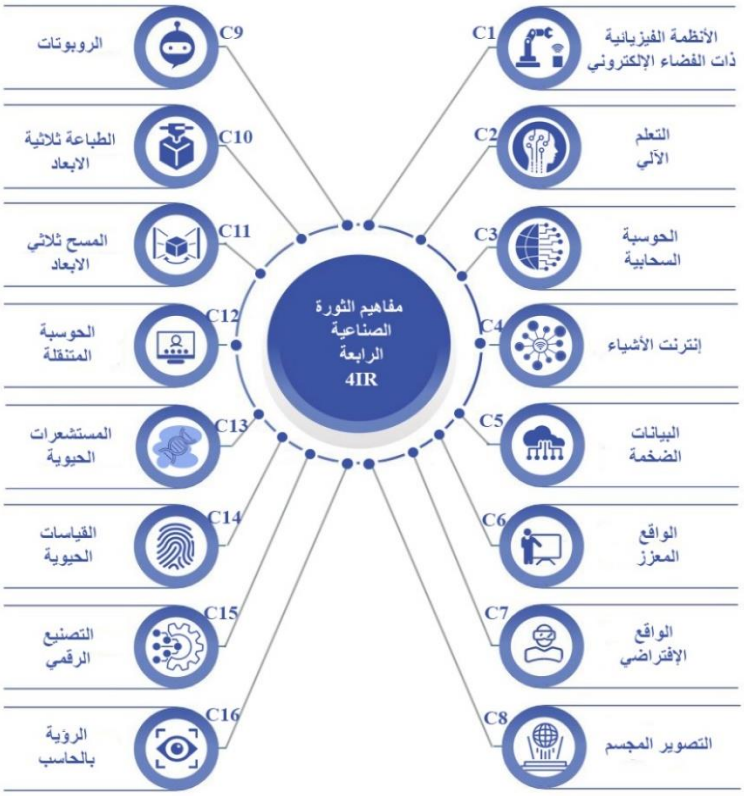
وقد حدد [٢٣،٢٢،١٤،٦]العناصر التي تكون الحرم الجامعي الذكي المتوافق مع مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة وهي:

١-المنهج الدراسي الذكي	٦-البرمجيات والأجهزة الذكية	١١-البيئة الذكية
٢-الحرم الجامعي الذكي	٧-النظام الذكي والخدمات الذكية	١٢-الإدارة الذكية
٣-الفصول الدراسية الذكية	٨-التكنولوجية الذكية	١٣-الحياة الذكية
٤-هيئة التدريس الذكية	٩-الأشخاص الأذكياء	١٤-التنقل الذكي
٥-علم التربية الذكي	١٠-الإقتصاد الذكي	١٥-الأمن الذكي

أظهرت إحدى الدراسات أهمية بناء نموذج للحرم الجامعي الذكي في إندونيسيا ليكون مرجعًا للجامعات في تنفيذ الحرم الجامعي الذكي القادر على التكيف مع الثورة الصناعية الرابعة وتأهيل الطلاب لمواجهة التحديات التي ستغير ثلث الوظائف الموجودة حاليًا [٨،٧].

وعلى الرغم من توفر التقنيات والتحسينات الرقمية المتقدمة التي عززت التحول الرقمي للجامعات الذي بنى مساراً للحرم الجامعي الذكي، إلا أن عملية الذكاء هي أكثر من مجرد تعزيز الرقمنة. حيث لا يمكن الاعتماد على سمات التكنولوجيا فقط، بل يجب أن تلبي الجامعات احتياجات المجتمع بطريقة مستدامة واجتماعية وتكنولوجية[٢٣]. وساهمت النتائج في الابحاث السابقة في عمل تصور للحرم الجامعي الذكي المستدام ويشمل الجانب الاقتصادي والمجتمعي

والإدارة والبيئة والتكنولوجيا والبيانات [٦،١٤،٢٣]. كما أشارت النتائج إلى وجود فجوات رئيسية في بعض المجالات الأخرى التي تحتاج إلى الاستكمال في تحديد تطبيقات الحرم الجامعي الذكي المستدام ومن ضمنها الجانب المعماري والحضري[٢٣]. كما أشارت بعض النتائج إلى تطوير إطار مفاهيمي للحرم الجامعي الذكي والمستدام بسنغافورة يشمل الجانب البشري والمؤسسات والبيئة والتكنولوجيا، دون التطرق إلى الجانب المعماري والحضري، كما أكدت إلى الحاجة لعمل دراسات مستقبلية تعطي رؤية ذكية ومستدامة للحرم الجامعي والحاجة الي عمل مقارنة مع الجامعات العالمية للتركيز على المبادرات التي تمت لرفع مكانة الجامعات الذكية والمستدامة[٦]. ويتضح من الدراسات السابقة ضرورة تحليل أثر مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة على الفراغات المعمارية والحضرية ودورها في عملية تحويل الحرم الجامعي ليصبح ذكيًا ومستدامًا.



شكل(١) مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة التي تؤثر على الحرم الجامعي [٢٤]

٧. رصد تأثير مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة على الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي في بعض الجامعات العالمية

تم تحديد العديد من مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة التي ظهرت في القرن الحادي والعشرين من خلال الأبحاث السابقة ولها تأثير واضح على العديد من جوانب الحياة [١،٢،٣]. وقد تم استخراج بعض هذه المفاهيم التي أثرت على الفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي[٢٤]، الشكل(١):

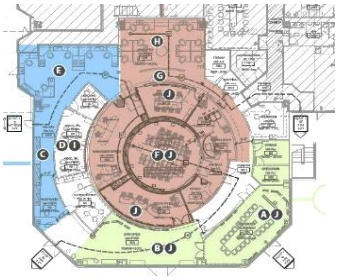
تم اختيار أمثلة الجامعات بناءً على تجسيدها لمفاهيم الثورة الصناعية الرابعة وتوظيف آلياتها في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي، بالإضافة إلى تواجدها في التصنيفات العالمية مثل (THE2021، GreenMetric2020،

RETURES2019، Statista2020)، وتنوع النطاق الجغرافي بما يشمل أمريكا الشمالية وآسيا، وأوروبا، وأفريقيا، وأستراليا.

٧. ١. الأنظمة الفيزيائية ذات الفضاء الإلكتروني Cyber-Physical System

تم تجسيد مفهوم الأنظمة الفيزيائية ذات الفضاء الإلكتروني (C1) في كل من:

- **جامعة ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الأمريكية داخل مبنى مسرح إتخاذ القرار (Decision Theater)، وتحديدًا في فراغ يُعرف بـ "The Drum" وحقق مفهوم الذكاء والذي يعتبر غرفة أسطوانية توجد في وسط المبنى. تتكون هذه الغرفة شكل(٢) من سبع شاشات موزعة بزاوية ٢٦٠ درجة ، حيث تعمل هذه الشاشات جنبًا إلى جنب مع بعضها البعض لعرض البيانات ونمذجتها وتحليلها في بيئة انغماسيه [٢٨،٢٧،٢٦،٢٥].



شكل(٢) الغرفة الاسطوانية داخل مبنى مسرح إتخاذ القرار في جامعة ولاية أريزونا- مسقط أفقي للمبنى- صورة للغرفة الاسطوانية من الداخل [٢٦]

- **جامعة مانشستر** بالمملكة المتحدة في غرفة مرصد تصوير البيانات وهي تحقق مفهوم الذكاء وهي غرفة مخصصة لهذا الغرض في مبنى مدرسة تحالف مانشستر للأعمال. يعمل هذا المرصد على توفير تجربة تصوير تفاعلية ثلاثية الأبعاد للبيانات. تم توضيح هذه الغرفة في الشكل(٣) وهي عبارة عن غرفة مستطيلة تحتوي على مصفوفة أسطوانية مكونة من ٧٢ شاشة عالية الدقة [٣٠،٢٩].

شكل(٣) مرصد تصوير البيانات في مبنى مدرسة تحالف مانشستر للأعمال بجامعة مانشستر [٣٠،٢٩]

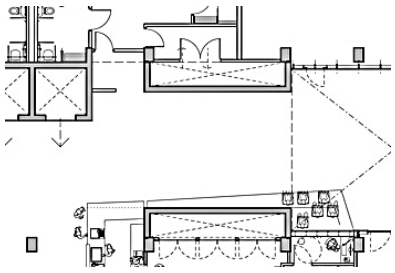
٧. ٢. التعلم الآلي Machine Learning

تم تجسيد مفهوم التعلم الآلي (C2) في **جامعة نانيانغ التكنولوجية** في سنغافورة، حيث تم استخدام تقنية السيارات ذاتية القيادة شكل(٤) بمركز التميز للاختبار والأبحاث للسيارات ذاتية القيادة في الجامعة وحقق مفهوم الذكاء. وتعتمد هذه السيارات على الكرات المغناطيسية للتوجيه على الطرق، وتصل سرعتها القصوى إلى ٤٠ كيلومترًا في الساعة، كما يمكنها استيعاب أعداد مختلفة من الركاب [٣٣،٣٢،٣١].

شكل(٤) سيارات ذاتية القيادة بجامعة نانيانغ التكنولوجية [٣١،٣٣]

٧. ٣. الحوسبة السحابية Cloud Computing

تم تجسيد مفهوم الحوسبة السحابية (C3) في **جامعة مانشستر** بالمملكة المتحدة، وذلك في مختبر نصف انغماسي في مركز City Verve داخل مبنى Bright Building وحقق شقي التعرف والتحليل بمفهوم الذكاء. تم تركيب جدار فيديو في المختبر بشكل (٥) لعرض الاتصالات الذكية غير المرئية باستخدام تقنية إنترنت الأشياء (IoT)، حيث تسمح هذه البنية التحتية بإمكانية التوسع السريع وقابلية التشغيل البيني، وتقليل التكاليف وتمكين أمن مشاركة البيانات والسماح بالوصول في الوقت الفعلي إلى البيانات، مدعومة بالخدمات السحابية فائقة التوسع والتكامل معها. تم تصميم الجدار الفيديو لعرض البيانات من خلال ١٥ شاشة تفاعلية يمكن التحكم فيها باللمس [٣٤،٣٥].



شكل(٥) شاشة الجدار الفيديو في مختبر نصف إنغناسي بجامعة مانشستر- مسقط افقي للمختبر- صورة الجدار الفيديو [٣٤،٣٥]

٧. ٤. إنترنت الأشياء Internet of Things

تم تجسيد مفهوم إنترنت الأشياء (C4) في عدة مجالات وجامعات مختلفة:

- **جامعة ولاية أريزونا** في الولايات المتحدة الأمريكية [٣٦] وجامعة **مدينة دبلن** بآيرلندا [٣٧،٣٨،٣٩،٤٠] ، من خلال استخدام تقنية التطبيقات الهاتفية والتي تحقق شقي التعرف والتحليل لمفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة من خلال تحديد مواقف السيارات المتاحة وحجز أماكن المقاعد في ساحة كروك Croke Park وكذلك تحديد أقرب المداخل.
- **جامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة، حيث تم تطبيق (Jalan-Jalan) والذي يحقق شقي التعرف والتحليل لمفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة لتوفير وسائل نقل متعددة للطلاب داخل الحرم الجامعي [٣١].
- **جامعة ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الامريكية من خلال استخدام شبكة متصلة لمستشعرات حيوية في سلات النفايات لتحديد أماكنها وتنبيه المستخدمين عندما تكون ممتلئة[٣٦] والذي يحقق شقي التعرف والتحليل لمفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة.
- **معهد ماساتشوستس للتقنية** في مبنى كلية الحاسبات[٤١] وجامعة **ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الأمريكية في مبنى Wrigley Hall على جهاز Campus Metabolism-Kiosk بشكل(٦) لعرض استهلاك المبنى

من الطاقة بالفراغات المعمارية في رصد استهلاك الطاقة بالمباني والذي يحقق شقي التعرف والتحليل لمفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة[٤٢،٤٣].

شكل(٦) جهاز Campus Metabolism-Kiosk في مبنى قاعه ريجلي Wrigley Hall بجامعة ولاية أريزونا [٤٢،٤٣]

- في **جامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة في مبنى مرصد الأرض من خلال تقنية الشاشات الجغرافية التفاعلية GeoTouch لتحقيق شقي التعرف والتحليل لمفهوم الذكاء. تعمل هذه التقنية بنظام المعلومات الجغرافية (GIS) ونمذجتها بشكل ثلاثي الأبعاد بشكل(٧) [٤٤].
- في **جامعة ترونتو** بكندا في مبنى مركز الامتحانات [٤٥] ومبنى العلوم الطبية [٤٦] في تقنية أتمتة المبنى التي تحقق مفهومي الذكاء والاستدامة، حيث تم استخدام أنظمة آلية للتحكم الرقمي لتقليل ومراقبة استهلاك الطاقة بالشكل(٨) .

شكل(٧) شاشات جغرافية تفاعلية GeoTouch في مبنى مرصد الأرض في سنغافورة بجامعة نانيانغ التكنولوجية [٤٤]

شكل(٨) أجهزة أتمتة المبنى في مبنى مبنى مركز الامتحانات بجامعة ترونتو [٤٥]

- **بجامعة ولاية أريزونا** في مسرح إتخاذ القرار من خلال تجميع البيانات من أجهزة الاستشعار الموزعة والمتصلة بشبكة موحدة وعرضها على الشاشات التفاعلية لتجميع البيانات ولتحقيق مفهوم الذكاء [٢٥،٢٦،٢٧،٢٨].
- وفي **جامعة مانشستر**، بمرصد تصوير البيانات بمدرسة تحالف مانشستر للأعمال [٢٩،٣٠] بالإضافة إلى المختبر نصف انغماسي في مركز City Verve بمبنى Bright Building [٣٤،٣٥].

٧. ٥. البيانات الضخمة Big Data

تجسد مفهوم البيانات الضخمة (C5) في كل من:

- **جامعة ولاية أريزونا** في مبنى مسرح إتخاذ القرار يتم تجميع البيانات من الأجهزة والوسائل المختلفة لعرضها وتحليلها لتحقيق مفهوم الذكاء [٢٥،٢٦،٢٧،٢٨].

- **معهد ماساتشوستس للتقنية** بمبنى كلية الحاسبات متوفر عدادات قياس الطاقة لتجميع البيانات من الفراغات المختلفة بالمبنى ومعدل استهلاكها للطاقة للوصول لأقصى كفاءة في استخدام الطاقة من خلال التحكم في الفراغات المختلفة لتحقيق مفهومي الذكاء والاستدامة [٤١].
- **جامعة ترونتو** في أنظمة أتمتة المبنى بمركز الامتحانات [٤٥] ومبنى العلوم الطبية [٤٦].
- **بجامعة نانيانغ التكنولوجية** في مبنى مرصد الأرض بسنغافورة لتجميع البيانات لعرضها بالشاشات الجغرافية التفاعلية GeoTouch [٤٤].

٧. ٦. الواقع المعزز Augmented Reality (AR)

تجسد مفهوم الواقع المعزز (C6):

- في **جامعة مانشستر** بالمملكة المتحدة، وتحديداً في قاعة المناقشة في مبنى الهندسة المطور بحرم مانشستر [٤٧]، والتي تتميز بوجود شاشات تفاعلية وتقنيات الواقع المعزز للتعلم المختلط (blended learning) المتمثلة في توفر الشاشات التفاعلية ونظارات الواقع الافتراضي لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء شكل(٩). وفي مركز Cubic Motion الذي يستخدم تكنولوجيا التجسيد ثلاثي الابعاد 3D والشاشات التفاعلية لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء شكل(١١) في مبنى BASE في مجمع Manchester Science Partnerships (MSP) [٤٨].
- في **جامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة في معمل نمذجة المباني والمحاكاة بشكل(١٠). يتميز هذا المعمل بتوفر خمسة أجهزة حاسوب عالية الكفاءة وتقنيات ونظارات الواقع الافتراضي والواقع المعزز في حاضنة التكنولوجيا النظيفة لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء [٤٩].
-

شكل(٩) قاعة مناقشة blended learning بمبنى الهندسة المطور بحرم جامعة مانشستر [٤٧]

شكل(١٠) معمل نمذجة المباني والمحاكاة في حاضنة التكنولوجيا النظيفة جامعة نانيانغ التكنولوجية[٤٩]

شكل(١١) مركز Cubic Motion في مبنى BASE في مجمع Manchester Science Partnerships (MSP) جامعة مانشستر [٤٨]

٧. ٧. الواقع الافتراضي Virtual Reality (VR)

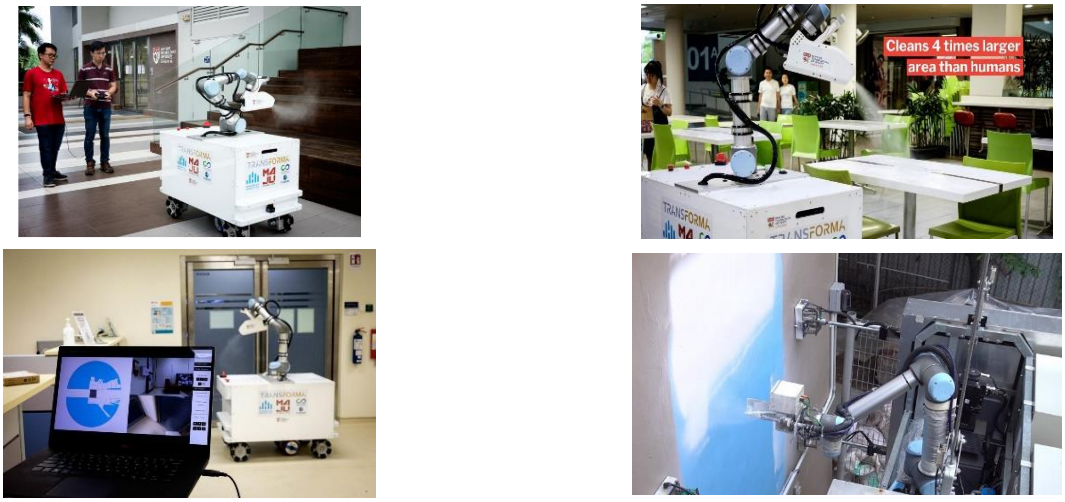
تجسد مفهوم الواقع الافتراضي (C7) في معمل نمذجة المباني والمحاكاة، في حاضنة التكنولوجيا النظيفة **بجامعة نانيانغ التكنولوجية**. يتميز هذا المعمل بتوفر تقنيات الواقع الافتراضي والواقع المعزز، ويهدف إلى تحقيق تجارب ومحاكاة متقدمة في مجال نمذجة المباني لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء. يتوفر بالمعمل خمسة أجهزة حاسوب عالية الكفاءة وتقنيات ونظارات الواقع الافتراضي والواقع المعزز [٤٩].

٧. ٨. التصوير المجسم Holography

تجسد مفهوم التصوير المجسم (C8) في مركز Cubic Motion في مبنى BASE في مجمع Manchester Science Partnerships (MSP) **بجامعة مانشستر** [٤٨]. يُعدCubic Motion مركزًا يستخدم تكنولوجيا التصوير المجسم ثلاثية الأبعاد (3D) والشاشات التفاعلية، وذلك بهدف تطبيق مستويات عالية من واقعية ودقة التجسيد ولتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء.

٧. ٩. الروبوتات Robots

تجسد مفهوم الروبوتات (C9) في **جامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة، في معمل شركة كونتيننتال بشكل(١٢) وهي تعمل على التنظيف، وروبوتات للمقصف، ولقراءة اشرطة الرموز بالمكتبات، ولحمل الطرود التي تصل الي ٥ كيلوجرام، وطلاء المباني بارتفاع ١٠ متر لتحقيق مفهوم الذكاء [٣٢،٥٠].



شكل(١٢)الروبوتات في مبنى معمل شركة كونتيننتال جامعة نانيانغ التكنولوجية [٣٢،٥٠]

٧. ١٠. الطباعة ثلاثية الابعاد 3D Printing

تجسد مفهوم الطباعة ثلاثية الابعاد (C10):

- في **جامعة ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الأمريكية في مكتبة هايدن بشكل (١٣) [٥٢،٥٣،٥٤] ومركز ابتكار تشاندلر بشكل(١٤)[٥٤،٥٥،٥٦]، وأيضاً في كلية الفنون والتصميم بشكل(١٥) [٤١،٥٧] في **معهد ماساتشوستس للتقنية** بالولايات المتحدة الأمريكية من خلال توفير الطابعات الثلاثية الابعاد وماكينات القطع بالليزر وماكينات القطع والنقش CNC ومكبس حفر وآلة صفائح في مساحات عمل مختلفة، حيث تم تصميم مساحات عمل ذو مساحة ٢٨٠٠ متر مربع مدعمة بالتركيبات المطلوبة سواء في الأسقف أو الوصلات وتوفر

أنظمة التهوية وجمع الغبار من الأجهزة المختلفة. تم استخدام هذه التقنيات في عدة مساحات عمل لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة.

شكل(١٣) الطباعة ثلاثية الابعاد في مكتبة هايدن بجامعة ولاية أريزونا [٥٢]

شكل(١٤) الطباعة ثلاثية الابعاد في مركز إبتكار تشاندلر بجامعة ولاية أريزونا [٥٢]

شكل(١٥) الطباعة ثلاثية الابعاد وماكينات CNC للنقوش بكلية الفنون والتصميم بمعهد ماساتشوستس للتقنية [٤١،٥٧]

- في مدرسة مانشستر للفنون في **جامعة مانشستر** بالمملكة المتحدة، يتوفر استخدام طابعات ثلاثية الأبعاد بشكل(١٨) لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة [٥٨،٥٩،٦٠،٦١،٦٢].
- وفي مبنى accelerate بالشكل(١٩) في **جامعة ولونجونج** بإستراليا [٦٣].
- وفي مساحات عمل موناش بشكل(٢٠) في **جامعة موناش** بإستراليا ذو مساحة ١٠٨٠ متر مربع وتنقسم لمناطق (منطقة العمل التقني الخفيف، منطقة التشغيل الآلي، منطقة المركبات، منطقة التصنيع، المنطقة الكهربائية لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة [٦٤].
- تم توفير ماكينات طباعة CNC بالليزر لطباعة القطع الإلكترونية الدقيقة **بجامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة في مبنى القوس شكل(١٧) بمركز التعلم الشمالي [٦٥،٦٦،٦٧] وفي معمل شركة HP للتصنيع الرقمي شكل(١٦) [٦٨] لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة.

شكل(١٦) الطباعة ثلاثية الابعاد في معمل شركة HP للتصنيع الرقمي [٦٨]

شكل(١٧) ماكينات طباعة CNC بالليزر لطباعة القطع الإلكترونية الدقيقة بجامعة نانيانغ التكنولوجية بسنغافورة في مبنى القوس بمركز التعلم الشمالي [٦٥،٦٦،٦٧]

شكل(١٨) الطباعة ثلاثية الابعاد في مدرسة مانشستر للفنون بجامعة مانشستر بالمملكة المتحدة [٥٨]

شكل(١٩) الطباعة ثلاثية الابعاد في مبنى iAccelerate في جامعة ولونجونج بإستراليا [٦٣]

شكل(٢٠) الطباعة ثلاثية الابعاد وماكينات CNC في مساحات عمل موناش في جامعة موناش بإستراليا [٦٤]

٧. ١١. المسح ثلاثي الابعاد 3D Scanning

تجسد مفهوم المسح ثلاثي الابعاد (C11) في **جامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة، وذلك في معمل شركة HP للتصنيع الرقمي لتجسيد مكونات العناصر وتصورها وتحقيق درجات عالية من الدقة والواقعية لتحقيق شق التحليل في مفهوم الذكاء[٦٨].

شكل(٢١) المسح ثلاثي الابعاد في معمل شركة HP للتصنيع الرقمي [٦٨]

٧. ١٢. الحوسبة المتنقلة Mobile Computing

تجسد مفهوم الحوسبة المتنقلة (C12):

- في **جامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة من خلال استخدام تقنية التطبيقات الهاتفية لتحقيق شقي التعرف والتحليل في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة تعمل على تحديد وسائل التنقل العامة أو السيارات ذاتية القيادة المتوفرة في الحرم الجامعي [٣١،٣٢،٣٣].
- ولتحديد أماكن انتظار السيارات وحجز المقاعد في الملعب الرياضي كروك وتحديد أقرب مدخل للجمهور لتوفير الوقت للجمهور في ساحة كروك **بجامعة مدينة دبلن** بآيرلندا لتحقيق شقي التعرف والتحليل في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة [٣٧،٣٨،٣٩،٤٠].

٧. ١٣. المستشعرات الحيوية Biosensors

تم تجسيد مفهوم المستشعرات الحيوية (C13) في عدة مواقع مختلفة:

- في **جامعة ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث تم وضعها في أماكن انتظار السيارات تعمل على إرسال إشارات لتحديد أماكن انتظار السيارات الشاغرة في الحرم الجامعي من خلال تطبيقات هاتفية [٣٦]لتحقيق شق التعرف في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة.
- وأيضاً في **جامعة مدينة دبلن** بآيرلندا بساحة كروك [٣٧،٣٨،٣٩،٤٠].
- في **جامعة ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الأمريكية في أنظمة الأجهزة الصحية المزودة بالمستشعرات الحيوية التي تعمل على تقليل استهلاك المياه لتحقيق شق التعرف في مفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة بمكتبة هايدن[٥١،٥٢،٥٣]، وقاعة ريجلي[٤٢]. وفي سلات النفايات لتحديد أماكنها وإعطاء إخطار للموظفين عند الامتلاء لتحقيق شقي التعرف والتحليل لمفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة [٣٦].
- في أغلفة مستطيلة أسفل مقاعد المدرجات أو في الأسوار الجانبية لملعب صن ديفيل بشكل(٢٢) لتحسين تجربة المشاهدين **بجامعة ولاية أريزونا** في الولايات المتحدة الأمريكية لتحقيق شق التعرف في مفهوم الاستدامة ومفهوم الاستدامة [٦٩،٧٠].
- في عمليات قياس المناخ من درجات الحرارة والرطوبة ونسبة الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح بمختبر Ambient في مركز بحوث المباني المستدامة شكل(٢٣) **بجامعة ولونجونج** في أستراليا لتحقيق شق التعرف في مفهوم الاستدامة ومفهوم الاستدامة [٧١،٧٢،٧٣].
- وفي ساحة كروك بشكل(٢٤) **بجامعة مدينة دبلن** في آيرلندا لقياس سرعة الرياح والفيضانات من خلال مستشعرات حيوية مثبتة في سطح الملعب للتنبيه في حالة وجود خطر لإلغاء المباريات لتحقيق شق التعرف في مفهوم الاستدامة ومفهوم الاستدامة. بالإضافة الي مستشعرات قياس الاشعاع الشمسي لتحديد نسبة انخفاض نسبة الاشعاع واللجوء إلى استخدام المصابيح الحرارية في حاله قلة الاشعاع للحفاظ على كفاءة العشب الأخضر بالملعب كما بشكل(٢٥) [٣٧،٣٨،٣٩،٤٠].

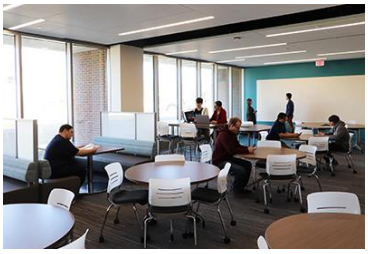
شكل(٢٢) توزيع ٤٠ مستشعراً حيوياً في أغلفة مستطيلة أسفل مقاعد مدرجات ملعب صن ديفيل بجامعة ولاية أريزونا [٦٩،٧٠]

شكل(٢٣) مختبر Ambient في مركز بحوث المباني المستدامة بجامعة ولونجونج [٧٣]

شكل(٢٤) مستشعرات سرعة الرياح على سطح ساحة كروك بجامعة مدينة دبلن [٣٩]

شكل(٢٥) المصابيح الحرارية في ساحة كروك بجامعة مدينة دبلن [٣٩]

- مركز ستاتا **بمعهد ماساتشوستس للتقنية** بالولايات المتحدة الامريكية في عدة مواقع لقياس انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الفراغات والبدروم للتحكم بأنظمة التهوية لتحقيق شق التعرف في مفهوم الاستدامة ومفهوم الاستدامة [٧٤،٧٥،٧٦،٧٧].
- وفي مبنى BASE في مجمع Manchester Science Partnerships (MSP) **بجامعة مانشستر** بالمملكة المتحدة [٤٨].
- وفي كلية الفنون والتصميم والإعلام **بجامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة [٧٨،٧٩]. في مكتبة هايدن بشكل (٢٦) [٥١،٥٢،٧٢]، وقاعة ريجلي [٤٢،٤٣] في **جامعة ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الامريكية، وفي مركز ستاتا بشكل (٢٧) في **معهد ماساتشوستس للتقنية** بالولايات المتحدة الامريكية [٧٤،٧٥،٧٦،٧٧] لقياس الضوء الطبيعي والحركة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة الكهربائية في الإضاءة الصناعية، عن طريق تقليل إستخدام الإضاءة بالفراغات الشاغرة أو غلقها في حالة توفر الضوء الطبيعي لتحقيق مفهومي الذكاء والاستدامة.
- في مبنى آلات جيلبرت للتعلم العام في **جامعة مانشستر** بالمملكة المتحدة [٨٠].
- وفي مبنى القوس- مركز التعلم الشمالي [٦٧] ومبنى كلية الفنون والتصميم والإعلام [٧٨] [٧٩] **بجامعة نانيانغ التكنولوجية** في سنغافورة.
- في مختبر Ambient في مركز بحوث المباني المستدامة **بجامعة ولونجونج** في أستراليا [٧١،٧٢،٧٣].



شكل(٢٦) مكتبة هايدن في جامعة ولاية أريزونا [٥٢]

شكل(٢٧) مركز ستاتا في معهد ماساتشوستس للتقنية [٧٤]

- **بجامعة ترونتو** بكندا في مبنى لاشوند للتعدين شكل (٢٨) استخدام مستشعرات الضوء الطبيعي من خلال ربطها بنظام التحكم الآلي بالستائر الذكية في عدة مواقع لتحقيق مفهومي الذكاء والاستدامة[٧٤،٧٥،٧٦،٧٧].
- في مختبر Ambient بمركز بحوث المباني المستدامة شكل (٢٩) **بجامعة ولونجونج** في أستراليا [٧١،٧٢،٧٣].

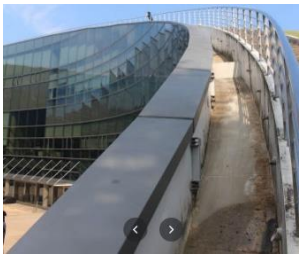
شكل(٢٨)مبنى لاشوند للتعدين في جامعة ترونتو[٧٦]

شكل(٢٩) مختبر Ambient في مركز بحوث المباني المستدامة بجامعة ولونجونج [٧٣]

- في **جامعة ولاية أريزونا** بالولايات المتحدة الامريكية بمبنى قاعة ريجلي بشكل(٣٠) [٤٢،٤٣] استخدام أنظمة الري التلقائي للتحكم في الري بناءً على ظروف الطقس، حيث يتم تثبيت مجسات للطقس والأمطار لإيقاف عملية الري عند حدوث الأمطار لتحقيق مفهومي الذكاء والاستدامة. كما تم استخدام النباتات المحلية التي تتحمل ظروف الطقس في المنطقة المحيطة
- في مركز ستاتا SC [٧٤،٧٥،٧٦،٧٧] وكلية الحاسبات [٤١] **بمعهد ماساتشوستس للتقنية** بالولايات المتحدة الامريكية. د
- في مبنى كلية الفنون والتصميم والإعلام بشكل (٣١) [٧٨،٧٩] **بجامعة نانيانغ التكنولوجية** في سنغافورة.

شكل(٣٠) النباتات المحلية حول قاعة ريجلي في جامعة ولاية أريزونا [٤٢]

شكل(٣١) مستشعرات الري والامطار على سقف مبنى كلية الفنون والتصميم والإعلام بجامعة نانيانغ التكنولوجية [٧٨]



٧. ١٤. القياسات الحيوية Biometrics

تجسيد مفهوم القياسات الحيوية (C14):

- في **جامعة ترونتو** بكندا بمعامل مبنى العلوم الطبية شكل(٣٣) تم استخدام أجهزة التسجيل الرقمي والأقفال الإلكترونية وهي تعمل على التحكم في دخول الأشخاص المصرح لهم بالدخول الي المعامل لتحقيق شق التعرف بمفهوم الذكاء [٨١،٤٦].
- **في جامعة نانينانغ التكنولوجية** في سنغافورة بكلية الفنون والتصميم والإعلام شكل(٣٢) في أستوديوهات التصميم والروش حيث تم تركيب أجهزة التسجيل الرقمي باستخدام بصمة الإصبع على أبواب الدخول للتحكم في دخول الطلاب وأعضاء هيئة التدريس والفنيين المصرح لهم بالدخول لتحقيق شق التعرف بمفهوم الذكاء [٨٢].
- **في جامعة نانيانغ التكنولوجية** في سنغافورة بمبنى المعهد الوطني للتعليم في شكل(٣٤)، وفي مجمع Manchester Science Partnership في **جامعة مانشستر** بالمملكة المتحدة تم مراقبة المناطق المحيطة بالمباني باستخدام كاميرات المراقبة في مبنى BASE لتحقيق شق التعرف بمفهوم الذكاء [٨٣،٤٨].

شكل(٣٢) الاقفال الالكترونية الرقمية في استديوهات التصميم والورش بكلية الفنون والتصميم والإعلام بجامعة نانينانغ التكنولوجية [٨٢]

شكل(٣٣) الاقفال الالكترونية بمعامل مبنى العلوم الطبية في جامعة ترونتو [٨١]

شكل(٣٤) كاميرات المراقبة حول مبنى المعهد الوطني للتعليم بجامعة نانيانغ التكنولوجية [٨٣]

٧. ١٥. التصنيع الرقمي Digital Fabrication

تم تجسيد مفهوم التصنيع الرقمي (C15):

- **في جامعة ترونتو** بكندا في مركز الابتكار الهندسي وريادة الأعمال بشكل(٣٥) في ورش التصنيع، حيث تم تثبيت أذرع روبوتات التصنيع الرقمي في الأسقف لإنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد أكبر حجمًا وأكثر تعقيدًا وهيا متصلة بأجهزة حاسوب يتم من خلالها تصميم المنتج وإصدار المتطلبات للتصنيع[٨٤]وهي تحقق شق التحليل بمفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة.
- **في جامعة نانيانغ التكنولوجية** في سنغافورة بمعمل التصنيع الرقمي لشركة HP بشكل(٣٦) توفير الطابعات الخاصة بالتصنيع الرقمي وهي تحقق شق التحليل بمفهوم الذكاء ومفهوم الاستدامة [٦٨].

شكل(٣٥) تقنيات التصنيع الرقمي المثبتة بالاسقف في مركز الإبتكار الهندسي وريادة الأعمال بجامعة ترونتو [٨٤]

شكل(٣٦) معمل التصنيع الرقمي لشركة HP بجامعة نانيانغ التكنولوجية [٦٨]

٧. ١٦. الرؤية بالحاسب Computer Vision

تم تجسيد مفهوم الرؤية بالحاسب (C16):

- **في جامعة نانيانغ التكنولوجية** بسنغافورة في مركز التميز للاختبار والأبحاث للسيارات ذاتية القيادة بشكل(٣٧) وهو مقر لتطوير واختبار السيارات ذاتية القيادة [٨٥] وتم تجهيزه بأنظمة الرؤية بالحاسب التي تساعد في تحقيق واختبار تكنولوجيا السيارات ذاتية القيادة لتحقيق مفهوم الذكاء.
- **في جامعة مانشستر** بمرصد تصور البيانات في مدرسة تحالف مانشستر للأعمال يعمل على توفير تجربة تصوير تفاعلية ثلاثية الأبعاد للبيانات التي يتم معالجتها من خلال أجهزة الحاسوب لتحليل البيانات المجمعة وعرضها لتحقق مفهوم الذكاء [٣٠،٢٩].

شكل(٣٧) مقر لتطوير وإختبار السيارات ذاتية القيادة في مركز التميز للاختبار والأبحاث للسيارات ذاتية القيادة بجامعة نانيانغ التكنولوجية [٨٥]

بناءً على دراسة سبل تجسيد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في الجامعات العالمية، الجدول (١) الذي يوضح رصد وتطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في بعض أمثلة الجامعات العالمية. ومن الواضح أن بعض المفاهيم قد تجسدت على نطاق واسع في العديد من الجامعات، مثل مفهوم إنترنت الأشياء (C4) والمستشعرات الحيوية (C13) والطباعة ثلاثية الأبعاد (C10)، في حين أن هناك بعض المفاهيم لم يتم تجسيدها إلا في مثال واحد بأمثلة الجامعات العالمية التي جاءت بالدراسة مثل مفهوم التعلم الآلي (C2)، الحوسبة السحابية (C3)، الواقع المعزز (C6)، الواقع الافتراضي (C8)، التصوير المجسم (C8)، الروبوتات (C9)، المسح ثلاثي الابعاد (C11).

جدول(١) تحليل مدى تحقق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في أمثلة الجامعات العالمية

	مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة	جامعة ولاية أريزونا	معهد ماساتشوستس للتقنية	جامعة تورنتو	جامعة مانشستر	جامعة نانيانغ التكنولوجية	جامعة ولونجونج	جامعة مدينة دبلن	جامعة موناش
C1	الأنظمة الفيزيائية ذات الفضاء الإلكتروني	√			√				
C2	التعلم الآلي					√			
C3	الحوسبة السحابية				√				
C4	إنترنت الأشياء	√	√	√	√	√		√	
C5	البيانات الضخمة	√	√	√	√	√			
C6	الواقع المعزز				√	√			
C7	الواقع الافتراضي					√			
C8	التصوير المجسم				√				
C9	الروبوتات					√			
C10	الطباعة ثلاثية الأبعاد	√	√		√	√	√		√
C11	المسح ثلاثي الأبعاد					√			
C12	الحوسبة المتنقلة	√				√		√	
C13	المستشعرات الحيوية	√	√	√	√	√	√	√	
C14	القياسات الحيوية			√	√	√			
C15	التصنيع الرقمي			√		√			
C16	الرؤية بالحاسب	√			√	√			

٨. تأثير مفاهيم وآليات الثورة الصناعية الرابعة على تحويل الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي لتكون ذكية ومستدامة

من خلال دراسة أمثلة الجامعات العالمية السابقة تبين مدى تجسيد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في العديد من الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي، من خلال تطبيق آليات مختلفة. استخدمت هذه الآليات لتحويل الحرم الجامعي إلى حرم ذكي ومستدام في الفراغات المعمارية والحضرية. ويوضح الجدول (٢) تحليل الآليات التي تحقق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة بشكل ذكي ومستدام في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي. وساهمت بعض الآليات المستخدمة في تحقيق الاستدامة، في حين ساهمت بعض الآليات الأخرى في تحقيق الذكاء أو أحد أركانه للمساعدة في التحول الرقمي الذكي.

جدول(٢) آليات تحقيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة بشكل ذكي ومستدام في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي

م	الآلية	مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة	الذكاء			الاستدامة	الفراغات
			التعرف Detection	تحليل Analysis	إتخاذ القرار Response		
١	مختبرات إنغماسية دائرية الشكل ذو شاشات بزاوية ٢٦٠ درجة مئوية تعمل جنباً إلى جنب في بيئة إنغماسية توفر أنظمة الذكاء والنمذجة الثلاثية وأنظمة المعلومات الجغرافية لإتخاذ القرارات	C1 C4 C5 C16	√	√	√		معمارية
٢	مختبر نصف إنغماسي ذو جدار فيديو لعرض البيانات المجمعة بشاشات تفاعلية مجمعة	C3 C4	√	√			
٣	إستخدام أجهزة لرصد إستهلاك الطاقة في المباني لعرض إستهلاك الطاقةKiokوعرضها بشاشات جهاز	C4 C5	√	√		√	
٤	GIS تعمل بنظام GeoTouchشاشات جغرافية تفاعلية ونمذجتها بشكل ثلاثي الأبعاد	C4 C5	√	√			
٥	تقنيات وأنظمة أتمتة المبنى للتحكم الرقمي في تقليل إستهلاك الطاقة	C4 C5	√	√	√	√	
٦	ذو Blended Learningقاعات مناقشة للتعليم المختلط تقنيات الشاشات التفاعلية وتقنيات الواقع المعزز	C6		√			
٧	إستخدام تكنولوجيا التجسيد ثلاثي الابعاد في مراكز الإخراج والإنتاج والفنون	C6 C8		√			
٨	معامل النمذجة للمباني والمحاكاة ذو أجهزة حاسوب عالية الكفاءة وتقنيات الواقع المعزز والإفتراضي	C6 C7		√			
٩	إستخدام الروبوتات في عمليات التنظيف وللمقصف ولقراءة أشرطة الرموز بالمكتبات ولحمل الطرود وطلاء المباني	C9	√	√	√		
١٠	توفر مساحات عمل تشمل على طابعات ثلاثية الابعاد CNCوماكينات القطع بالليزر وماكينات	C10		√		√	
١١	إستخدام تقنيات المسح ثلاثي الابعاد لتجسيد مكونات العناصر بمعامل بحثية	C11		√			
١٢	إستخدام المستشعرات الحيوية بأنظمة الأجهزة الصحية لتقليل إستهلاك المياه	C13	√			√	
١٣	إستخدام المستشعرات الحيوية لقياس المناخ من درجة الحرارة والرطوبة ونسبة الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح لتحسين بيئة المستخدمين	C13	√			√	
١٤	إستخدام المستشعرات الحيوية لقياس نسبة ثاني أكسيد الكربون في الفراغات والبدروم للتحكم بأنظمة التهوية	C13	√			√	
١٥	إستخدام المستشعرات الحيوية لقياس نسبة الضوء الطبيعي ومستشعرات الحركة لتقليل إستخدام الإضاءة الصناعية في حالة توفر الضوء الطبيعي أو غلقها في الفراغات الشاغرة لتوفير في الطاقة الكهربائية	C13	√	√	√	√	
١٦	إستخدام مستشعرات الضوء الطبيعي في أنظمة التحكم الآلي بالتسائر الذكية	C13	√	√	√	√	

جدول(٢) آليات تحقيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة بشكل ذكي ومستدام في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي

م	الآلية	مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة	الذكاء			الاستدامة	الفراغات
			التعرف Detection	تحليل Analysis	إتخاذ القرار Response		
١٧	إستخدام أنظمة التسجيل الرقمي والإقفال الإلكترونية على الفراغات مثل المعامل والورش وإستديوهات التصميم للتحكم بالدخول	C14	√				
١٨	إستخدام تقنيات التصنيع الرقمي المثبتة بالأسقف او ماكينات التصنيع في الورش لعمل نماذج ثلاثية الابعاد أكبر حجماً وأكثر تعقيداً	C15		√		√	
١٩	مركبات تنقل ذاتية القيادة متنوعة في عدد الركاب	C2	√	√	√	√	حضرية
٢٠	تطبيقات هاتفية مختلفة لتحديد أماكن إنتظار السيارات، وأماكن المقاعد في الملاعب الرياضية وأقرب مدخل لها، ووسائل التنقل العامة المتاحة بالحرم الجامعي	C4 C12	√	√		√	
٢١	شبكة متصلة للمستشعرات الحيوية بسلات النفايات لتحديد أماكنها وإعطاء إخطار بإمتلائها	C4 C13	√	√		√	
٢٢	إستخدام المستشعرات الحيوية لتحديد أماكن إنتظار السيارات الشاغرة	C13	√			√	
٢٣	أنظمة الري التلقائي الذكية من خلال المستشعرات الحيوية للطقس والأمطار لإيقاف الري عند حدوث الأمطار	C13	√	√	√	√	
٢٤	إستخدام أنظمة المراقبة من خلال كاميرات المراقبة المحيطة بالمبنى والتحكم بالدخول في مناطق محددة	C14	√				
٢٥	عمل مقر تطوير وإختبار السيارات ذاتية القيادة	C16	√	√	√		

٩. نتائج الدراسة

بناءً على تحليل تأثير مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة على الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي في العديد من الجامعات العالمية في تحقيق الذكاء والاستدامة وكذلك تحليل آليات تحقيق هذه المفاهيم فإنه تم إستنتاج النقاط التالية بشكل(٣٨):

١-هناك بعض الآليات التي حققت **الذكاء والاستدامة** في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي من خلال تجسيد:

- مفهوم إنترنت الأشياء (C4) ومفهوم البيانات الضخمة (C5) بالآلية (٥) في الفراغات المعمارية.
- مفهوم المستشعرات الحيوية (C13) بالآلية (١٥) و(١٦) في الفراغات المعمارية.
- مفهوم التعلم الآلي (C2) بالآلية (١٩) في الفراغات الحضرية.
- مفهوم المستشعرات الحيوية (C13) بالآلية (٢٣) في الفراغات الحضرية.

٢-هناك بعض الآليات التي حققت **أحد أركان الذكاء التي تساعد في التحول الرقمي والاستدامة** في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي من خلال تجسيد:

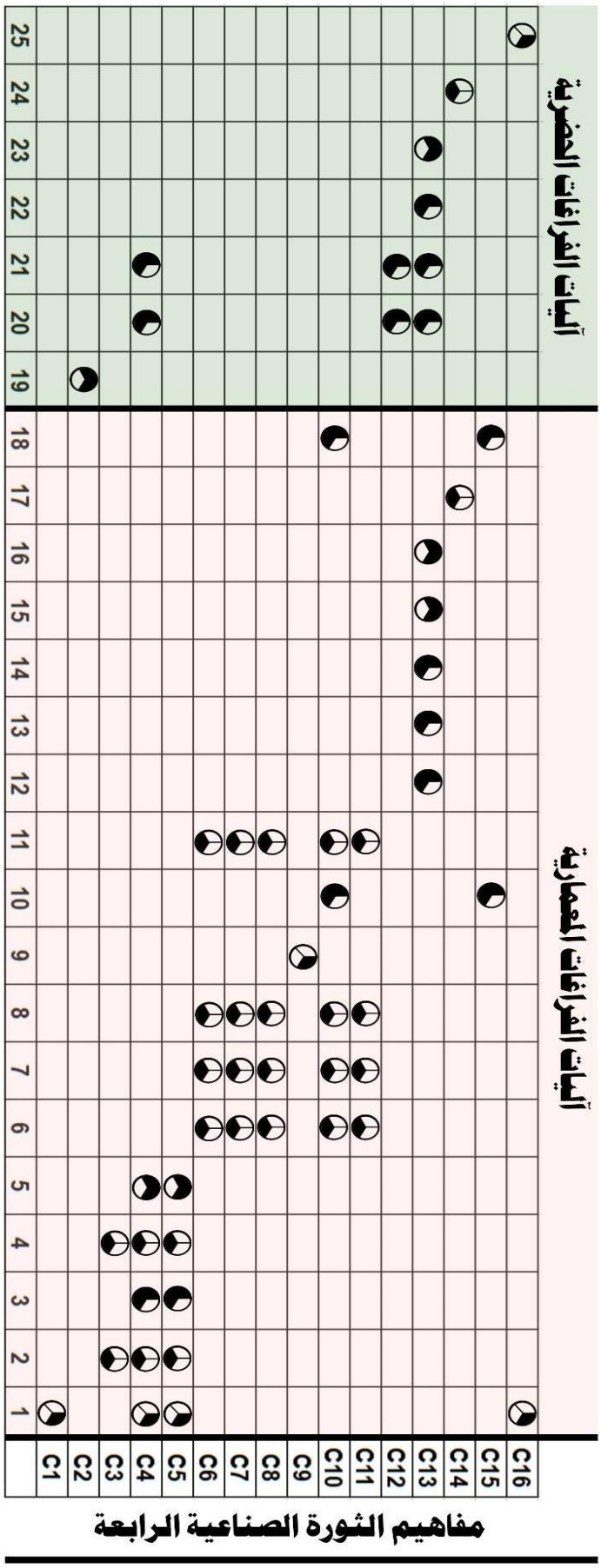
- مفهوم إنترنت الأشياء (C4) ومفهوم البيانات الضخمة (C5) بالآلية (٣) حققت شقي التعرف والتحليل بالتحول الرقمي في الفراغات المعمارية.
- مفهوم الطباعة ثلاثية الأبعاد (C10) والتصنيع الرقمي (C15) بالآليات (١٠) و(١٨) حققا شق التحليل بالتحول الرقمي في الفراغات المعمارية.
- مفهوم المستشعرات الحيوية (C13) بالآليات (١٢)، (١٣)، و(١٤) حقق شق التعرف بالتحول الرقمي في الفراغات المعمارية.
- مفهوم إنترنت الأشياء (C4) ومفهوم الحوسبة المتنقلة (C12) ومفهوم المستشعرات الحيوية (C13) بالآليات (٢٠) و(٢١) حققا شق التعرف والتحليل في الفراغات الحضرية.
- مفهوم المستشعرات الحيوية (C13) بالآلية (٢٢) حققت شق التعرف بالتحول الرقمي في الفراغات الحضرية.

٣-هناك بعض الآليات التي حققت **الذكاء** في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي من خلال تجسيد:

- مفهوم الأنظمة الفيزيائية ذات الفضاء الإلكتروني (C1)، مفهوم إنترنت الأشياء (C4)، مفهوم البيانات الضخمة (C5) ومفهوم الرؤية بالحاسب (C16) بالآلية (١) في الفراغات المعمارية.
- مفهوم الروبوتات (C9) بالآلية (٩) في الفراغات المعمارية.
- مفهوم الرؤية بالحاسب (C16) بالآلية (٢٥) في الفراغات الحضرية.

٤-هناك بعض الآليات التي حققت **أحد أركان الذكاء التي تساعد في التحول الرقمي** في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي من خلال تجسيد:

- مفهوم الحوسبة السحابية (C3)، مفهوم إنترنت الأشياء (C4) ومفهوم البيانات الضخمة (C5) بالآليات (٢) و(٤) حققوا شقي التعرف والتحليل بالتحول الرقمي في الفراغات المعمارية.
- مفهوم الواقع المعزز (C6)، مفهوم الواقع الافتراضي (C7)، مفهوم التصوير المجسم (C8)، مفهوم الطباعة ثلاثية الأبعاد (C10)، ومفهوم المسح ثلاثي الابعاد (C11) بالآليات (٦)، (٧)، (٨) و(١١) حققوا شق التحليل بالتحول الرقمي في الفراغات المعمارية.
- مفهوم القياسات الحيوية (C14) بالآلية (١٧) بالفراغات المعمارية والآلية (٢٤) بالفراغات الحضرية حققت شق التعرف بالتحول الرقمي في الفراغات الحضرية.



شكل(٣٧) آليات تحقيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة بالفراغات المعمارية والحضرية لتساهم في تحقيق الذكاء والإستدامة

١٠.مناقشة الدراسة

توصلت الدراسة إلى أهمية تبني مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي لتحقيق الذكاء والاستدامة. وتم استخلاص آليات يمكن تبنيها في الجامعات لتطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة لتساهم في تحقيق الذكاء والاستدامة في الفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي. وتم تحليل تأثير مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة على الفراغات المعمارية والحضرية في العديد من الجامعات العالمية في تحقيق الذكاء والاستدامة، وتحليل آليات تحقيق هذه المفاهيم. وبناءً على نتائج الدراسة، فإنه يمكن تطبيق هذه الآليات والتقنيات في الجامعات لتحقيق الذكاء والاستدامة في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي. وتتوقع الدراسة أن تكون لهذه النتائج تأثيرات إيجابية على الفراغات المعمارية والحضرية في الحرم الجامعي، وذلك من خلال تبني مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة وتطبيقها في تصميم وتطوير الحرم الجامعي. ومن المتوقع أن تكون التأثيرات كالتالي:

- تحسين الذكاء والاستدامة: من خلال تبني مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة، يمكن تحسين استخدام التكنولوجيا والبيانات لتحقيق الذكاء والاستدامة في الفراغات المعمارية والحضرية بالحرم الجامعي. وهذا يمكن أن يؤدي إلى تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل الاستهلاك الزائد وتحسين جودة الحياة في الحرم الجامعي.
- تحسين تجربة الطلاب والموظفين: من خلال تطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة، يمكن تحسين تجربة الطلاب والموظفين في الحرم الجامعي. على سبيل المثال، يمكن استخدام التكنولوجيا لتحسين وصول الطلاب إلى المعلومات والخدمات الجامعية، وتوفير بيئة تعليمية متقدمة ومرنة، وتحسين تجربة الحياة الجامعية بشكل عام.
- تعزيز التعاون والابتكار: من خلال تبني مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة، يمكن تعزيز التعاون والابتكار في الحرم الجامعي. يمكن استخدام التكنولوجيا لتعزيز التواصل والتعاون بين الطلاب والموظفين والباحثين، وتشجيع الابتكار وتطوير حلول جديدة للتحديات الحضرية والبيئية.
- تعزيز التنافسية والجذب الطلابي: من خلال تبني مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة، يمكن للجامعات تعزيز تنافسيتها وجاذبيتها للطلاب. يمكن استخدام التكنولوجيا والابتكار في تطوير برامج تعليمية متقدمة وتجربة تعليمية مميزة، مما يساهم في جذب الطلاب وتحقيق التميز الأكاديمي.

ويمكن أن تشمل الجهات المستفيدة مايلى:

- الجامعات والمؤسسات التعليمية: حيث يمكن للجامعات تحقيق تحسينات في البنية التحتية والتكنولوجيا والتعليم والبحث العلمي، مما يعزز مكانتها وتنافسيتها.
- الطلاب والموظفين: حيث يمكن للطلاب والموظفين الاستفادة من تحسينات في تجربة الحياة الجامعية والتعليم والعمل، وتوفير فرص للتعلم والتطوير المهني.
- المجتمع المحلي والمدينة: حيث يمكن للتحول إلى حرم جامعي ذكي ومستدام أن يساهم في تحسين جودة الحياة في المدينة وتعزيز التنمية المستدامة والابتكار في المجتمع المحلي.
- القطاع الاقتصادي: حيث يمكن لتطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة أن يساهم في تعزيز الابتكار والتنمية الاقتصادية وخلق فرص عمل جديدة في قطاع التكنولوجيا والابتكار.

ويمكن تواجه تطبيق نتائج هذه الدراسة عدة تحديات، ومن بينها:

- التحديات التقنية: قد يواجه تطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة تحديات تقنية فيما يتعلق بتوافر التكنولوجيا المناسبة والبنية التحتية اللازمة لتطبيق هذه المفاهيم. وقد يتطلب ذلك استثمارات كبيرة في تحديث الأجهزة والبرامج وتوفير الاتصالات السريعة والموثوقة.
- التحديات المالية: قد يكون تطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة مكلفًا، حيث يتطلب توفير الموارد المالية اللازمة لشراء التكنولوجيا وتحديث البنية التحتية وتدريب الكوادر البشرية. وقد يكون هذا التحدي أكثر صعوبة للجامعات والمؤسسات التعليمية ذات الموارد المحدودة.
- التحديات الثقافية والتنظيمية: قد يواجه تطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة تحديات ثقافية وتنظيمية. وقد يكون هناك مقاومة من بعض الأفراد أو الجهات المعنية لتغيير الأساليب التقليدية وتبني التكنولوجيا الجديدة. وقد تحتاج الجامعات والمؤسسات التعليمية إلى تغيير السياسات والإجراءات، وتوفير التدريب ،والتوعية للعاملين ،والطلاب.
- التحديات الأمنية والخصوصية: قد يواجه تطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة تحديات فيما يتعلق بالأمان والخصوصية. ويجب أن تتخذ الجامعات والمؤسسات التعليمية إجراءات لحماية البيانات والمعلومات الحساسة وضمان سلامة استخدام التكنولوجيا وحماية الأفراد من التهديدات السيبرانية.
- التحديات الاجتماعية والثقافية: قد يواجه تطبيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة تحديات اجتماعية وثقافية. وقد يكون هناك مخاوف بشأن فقدان فرص العمل التقليدية أو تأثير التكنولوجيا على البشرية والتفاعل الاجتماعي. ويجب أن تتم معالجة هذه المخاوف وتوفير فرص التدريب والتأهيل للأفراد لمواكبة التغييرات التكنولوجية.
- التحديات القانونية والتنظيمية: قد تواجه التطبيقات التكنولوجية التي تعتمد على مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة تحديات قانونية وتنظيمية. وقد تكون هناك حاجة لتحديث القوانين واللوائح لمواكبة التطورات التكنولوجية وضمان الامتثال والحماية القانونية.

ومن أجل التغلب على هذه التحديات، يجب أن تتبنى الجامعات والمؤسسات التعليمية استراتيجيات شاملة لتطبيق هذه النتائج بنجاح وصياغة منهجية لسبل تحقيق مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة فى الحرم الجامعي على عدة مستويات ومنها مستوى البيئة المعمارية والحضرية.

١١.الخلاصة والتوصيات

خلُصت الدراسة البحثية إلى تحديد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة التي يمكن تجسيدها في الحرم الجامعي. وتم استخلاص الآليات التي تم تُجسد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة بالفراغات المعمارية والحضرية بالجامعات وتحديد دور كل آلية في تحقيق الذكاء أو الاستدامة أو مجتمعين للوصول إلى حرم جامعي ذكي ومستدام. ويمكن تطبيق هذه الآليات على الحرم الجامعي بالفراغات المعمارية.

وتوصي الدراسة بأن هناك حاجة ملحة لدراسة سبل تطبيق هذه الآليات المستخدمة لتجسيد مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة في الجامعات بالوطن العربي والإفريقي، مع مراعاة الظروف المحلية وإمكانيات الجامعات والبيئة المحيطة بها.

المراجع

[1] McKinsey & Company, (2022), **What are Industry 4.0, The Fourth Industrial Revolution, and**

4IR?. Article. http://www.mckinsey.com/featured-insughts/mckinesy-exp;ainers/what-are-industry-4.0-the-fourth-industrial-revolution-and4ir

[2] Wigmore, I. (2020). **Fourth Industrial Revolution.** Article. https://www.techtarget.com/whatis/definition/fourth-industrial-revolution

[3] Joshi, G. & Patankar, P. (2022). **Fourth Industrial Revolution and Education- A Study.** Research paper. (IOSR) Journal of Humanities and Social Science (JHSS). Vol.27 Issue 7(4), pp.20:25.

[4] Sekiyama, T. (2020). **The Impact of the Fourth Industrial Revolution on Student Mobility from the Perspective of Education Economics.** Research paper. Creative Education. Vol.11, no.4, pp. 435:446.

[5] Moloi, T. & Mhlanga, D. (2021). **Key Features of the Fourth Industrial Revolution in South Africa's Basic Education System**. Research paper. Journal of Management Information and Decision Sciences. Vol.24(5), pp.1:20.

[6] Das, D. Lim, N.D. & Aravind, P. (2022). **Developing a Smart and Sustainable Campus in Singapore**. Research paper. Sustainability. Vol14, 14472. Mdpi.

[7] Imbar, R.V. Supangkat, S.H. & Langi, A.Z.R. (2021). **Development of Smart Campus Model**. Research paper. International Conference on ICI for Smart Society (ICISS). IEEE. Banding, Indonesia. Pp.1:5.

[8] Oosthuizen, R.M. (2022). **The Fourth Industrial Revolution- Smart Technology, Artificial Intelligence, Robotics and Algorithms: Industrial Psychologists in Future Workplaces**. Research paper. Frontiers in Artificial Intelligence. Vol.5-2022. (913168).

[9] Goncalves, G.L. Filho, W.L. Neiva, S.S. Deggau, A.B. Veras, M.O. Ceci, F. Lima, M.A. & Guerra, J.B.S.O. (20 21). **The Impact of the Fourth Industrial Revolution on Smart and Sustainable Cities.** Research paper. Sustainability. MPDI. Vol.13, 7165.

[10] Choi, C. & Kim, C.I. (2017). **The 4th Industrial Revolution, Smart Cities, and Sustainable Urban Regeneration: A Perspective Study.** Research paper. Journal of Environment Policy and Administration. Vol.25, pp.61:91.

[11] Kauf, S. (2020). **Smart Cities in the era of the Fourth Industrial Revolution**. Research paper. Scientific Papers of the Silesian University of Technology Organisation and Management. Vol.145, pp. 211:220.

[12] Safiullin, A. Krasnyuk, L. & Kaperuk, Z. (2019). **Integration of Industry 4.0 Technologies for "Smart Cities" Development**. Research paper. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 497(012089).

[13] Reffat, R.M. (2012). **Integration Intelligent Building Technologies: A Means for Fostering Sustainability.** Research paper. Journal of King Saud University: Architecture and Planning. Vol.24 (2), pp.1:13.

[14] Polin, K. Yigitcanlar, T. Limb, M. & Washington, T. (2023). **The Making of Smart Campus: A Review and Conceptual Framework.** Research paper. Buildings. Vol.13(4):891.

[15] Alakrash, H. & Razak, N.A. (2022). **Education and the Fourth Industrial Revolution: Lessons from Covid-19**. Research paper. Computers, Materials and Continua. Vol.70(1), pp. 951:962.

[16] Elayyan, S. (2021). **The Future of Education According to the Fourth Industrial Revolution**. Research paper. Journal of Educational Technology & Online Learning. Vol.4(1), pp. 23:30.

[17] Al-Maskari, A. Al Riyami, T. & Ghnimi, S. (2022). **Factors Affecting Students' Preparedness for the Fourth Industrial Revolution in Higher Education Institutions.** Research paper. Journal of Applied research in Higher Education. ISSN 2050-7003.

[18] Latif, W.B. Pervin. K. & Karim, M. (2021**). The Impact of the Fourth Industrial Age (I4.0) on Higher Education (HE4.0): in the Perspective of Bangladesh.** Research paper. International Journal of Education and Social Science Research. Vol.4(5). ISSN 2581-5148.

[19] Cowin, J. (2021). **The Fourth Industrial Revolution: Technology and Education.** Research paper. Journal of Systemics Cybernetics and Informatics. Vol.19(8), pp.53:63.

[20] Shenkoya, T. & Kim, E. (2023). **Sustainability in Higher Education: Digital Transformation of the Fourth Industrial Revolution and its Impact on Open Knowledge.** Research paper. Sustainability. vol.15(3), 2473.

[21] Mulyadi, D. Huda, M. & Gusmian, I. (2022). **Smart Learning Environment (SLE) in the Fourth Industrial Revoltuion (IR 4.0): Practical Insights into Online Learning Resources.** Research paper. International Journal of Asian Business and Information Management (IJABIM). Vol.13(2).

[22] **MEDIU Smart Campus.** (May,2023). www.4irc.mediu.edu.my/mediu-smart-campus/

[23] Nóbrega, P.I.S. Miki, A.F.C. & Palacio, M.C. (2022). **A Smart Campus Framework: Challenges and Opportunities for Education Based on the Sustainable Development Goals.** Research paper. Sustainability. MDPI. Vol.14(15),9640.

[24] Alakrash, H. & Razak, N.A. (2022). **Education and the Fourth Industrial Revolution: Lessons from Covid-19.** Research paper. Computers, Materials and Continua. Vol.70(1), pp. 951:962.

[25] Deadrick, S. (29 Sep. 2016). **Decision Theater Paints Intelligent Data Landscapes**. Article. https://www.statepress.com/article/2016/09/spscience-asu-decision-theater-scitech

[26] **World Resources SIMCenter.** (Feb.2022). http://www.wrsc.org/node/22936

[27] **Decision Theater Network.** (Feb.2022). www.socialscience.asu.edu/decision-theater-network

[28] **Thales Defense & Security, Inc.** (2018). www.intersense.com/?nproject-18-increase-in-sem-driven-reservations

[29] **Data Visualisation Observatory.** (2021). www.alliancembs.manchester.ac.uk/about/our-campus-and-facilities/data-visualisation-observatory/

[30] **Data Science expert awarded Fellowship at Alliance Manchester Business School**. (2021). www.alliancembs.manchester.ac.uk/news/data-science-expert-awarded-fellowship-at-alliance-manchester-business-school/

[31] Shah, A. (2018). **NTU Singapore to test autonomous vehicles on the NTU Smart Campus**. Article. www.eurekalert.org/multimedia/573628

[32] Bhunia, P. (2018). **NTU Singapore President launches broad Smart Campus initiative with new multi-purpose Smart Pass**. Article. www.opengouasis.com/ntu-singapore-president-launches-broad-smart-campus-intative-with-new-multi-pripose-smart-pass/

[33] Volve Buses. (5 Mar. 2019). **NTU Singapore and Volvo unveil world's first full size, autonomous electric bus.** Article. https://www.volvobuses.com/en/news/2019/mar/volvo-and-singapore-university-ntu-unveil-world-first-full-size-autonomous-electric-bus.html

[34] **The City Verve Project**. (2021). Article. https://www.digitalfutures.manchester.ac.uk/about-us/case-studies/cityverve/

[35] **City Verve Manchester immersive lab.** (Feb.2022). www.visavvi.com/case-studies/cityverve-manchester-immersive-lab

[36] Bonderud, D. (2019). **How Arizona State University Built a Smart Campus**. Article. Available at: www.edtechmagazine.com

[37] Panchanathan, S. Chakraborty, S. McDaniel, T. Bunch, M. O'Connor, N. Little, S. McGuinness, K. & Marsden, M. (2016). **Smart Stadium for Smarter Living: Enriching the Fan Experience.** Research paper. 2016 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM). Pp. 152:157.

[38] **A Connected Stadium.** (2019). www.crokepark.ie/stadium/technology/it

[39] **Smart Stadium, Smart City.** (2017). www.sfi.ie/research-news/stories/ai/smart-stadium-smart-city/

[40] SmartDublin. (2016). **Croke Park Smart Stadium**. Article. www.smartdublin.ie/croke-park-smart-stadium/

[41] **Center for Art and Community Partnerships.** (Feb.2022). www.massart.edu/center-art-and-community-partnerships

[42] **Wrigley Hall, ASU Virtual Tour.** (Feb.2022). www.tours.asu.edu/sustainability/wrigley-hall
[43] **Global Sustainability and Innovation.** (Feb.2022). www.sustainability-innovation.asu.edu/about/sustainabile-headquarters/
[44] **Facilities of Earth Observatory of Singapore.** (Feb.2022). www.earthobservatory.sg/facilities
[45] **University of Toronto Exam Center- LEED Gold.** (2021). www.leadinggreen.com/university-of-toronto-exam-center-leed-gold
[46] Lavender, T. (2015). **Reducing U of T's carbon footprint: Medical Science Building retrofit**. www.utoronto.ca/news/reducing-u-of-t-carbon-footprint-medical-science-building-retrofit
[47] **The Place for Engineering and Materials**. (Feb.2022). www.mecd.manchester.ac.uk
[48] Lakhanpal, S. & Hughes, W. (2020). **BASE This is a place where things -and history- will be made**. Report. Burntwood SciTech. Manchester Science Partnerships (MSP).
[49] **Smart & Sustainable Building Technologies.** (Feb.2022). www.ntu.edu.sg/erian/research-capabilities/smart-sustainable-building-technologies
[50] **Research Domains, Energy, Urban Mobility.** (Feb.2022). www.ntu.edu.sg/sustainability/research-domains/energy
[51] Legat Architects. (2018). **Harper College Library Undergoes Physical and Philosophical Transformation.** https://www.legat.com/harper-college-library-undergoes-physical-and-philosophical-transformation/
[52] Bulfinch, S. (2012). **Hayden Library Master Plan, Arizona State University.** https://prism.lib.asu.edu/items/76708
[53] **Sustainability Initiatives tour, self-guided tour of the Tempe campus.** (Feb.2022). www.sustainability.asu.edu
[54] **ASU Chandler Innovation Center.** (Feb.2022). www.entrepreneurship.asu.edu/asu-chandler-innovation-center-acic
[55] **Renewed vision for the ASU Chandler Innovation Center becoming reality.** (2019). www.blog.entrepreneurship.asu.edu/2019/04/25/renewed-vision-for-the-asu-chandler-innovation-center-becoming-reality
[56] **Chandler, AZ, ASU Chandler Innovation Center.** (Feb.2022). www.rosendin.com/project/asu-chandler-innovation-center
[57] Mathey, D.L. & Cameron Roberts Advisors. (2013). **Massachusetts College of Art and Design, Campus Space Study**. Book. Dober Lidsky Mathey, Creating Campus Solutions. Chapter 1.
[58] **Manchester School of Architecture, Our Facilities.** (Feb.2022).www.msa.ac.uk/about/facilities
[59] **B.15 Modelmaking Workshop.** (2023). www.b15.humanities.manchester.ac.uk
[60] Archdaily. (2013). **Manchester School of Art/ Feilden Clegg Bradley Studios**. Available at: www.archdaily.com/458040/manshester-school-of-art-feilden-clegg-bradley-studios
[61] **Architecture in Manchester, Facilities.** (Feb.2022). www.seed.manchester.ac.uk/architecture/study/facilities/
[62] **Arts and Humanities in Manchester Metropolitan University.** (Feb.2022). www.artdes.mmu.ac.uk/resources/
[63] **Accelerate your Idea Grow Your Impact with iAccelerate.** (Feb.2022). www.iaccelerate.com.au
[64] (MM). **Monash Makerspace**. (2021). www.monash.edu/engineering/future-students/studying-engineering-at-monash/facilities/monash-makerspace
[65] Rahmat, H. (2018). **NTU's Newest Icon – The Arc**. www.u-insight.com/2018/02/23/ntus-newest-icon-the-arc/
[66] **The Arc- Nanyang Technological University.** (2018). www.kirk.studio/projects/the-arc-ntu
[67] Teng, A. (21 Feb. 2018). **NTU opens The Arc, its second learning hub with smart classrooms.** Article. https://www.straitstimes.com/singapore/education/ntu-opens-the-arc-its-second-learning-

hub-with-smart-classrooms

[68] **HP-NTU Digital Manufacturing Corporate Laboratory.** (2018).www.ntu.edu.sg/hp-ntu-crop-lab

[69] Slye, H. (2017). How Intel and Arizona State made Sun Devil Stadium s smart stadium. Article. Available at: www.si.com/media/2017/03/29/intel-arizona-state-sun-devil-stadium-technology

[70] Maddox, T. (2017). How Arizona State University's stadium is improving Wi-Fi and serving as a living lab for smart technologies. Article. Available at: www.techrepublic.com/aricle/how-arizona-state-universitys-stadium-is-improving-wi-fi-and-serving-as-a-living-lab-for-smart/

[71] **Sustainable Building Research Centre.** (2020). www.uow.edu.au/sbrc/

[72] **SBRC Research Facilities Overview.** (2019). Report. www.uow.edu.au/sbrc/facilities.capabilities/#d.en.105177

[73] **University of Wollongong, Sustainable Building Research Centre.** (2020). www.uow.edu.au/sbrc/virtual-tour/

[74] **Stata Center.** (2018). www.csail.mit.edu/about/stata-center

[75] **Ray and Maria Stata Center for Computer, Information, and Intelligence Science.** (Feb.2022). www.mit.edu/facilities/construction/completed/stata.html

[76] Skanska AB. (2008). **MIT Stata Center- a benchmark for "green standards"**. Report. Case study 23. www.skanska.com

[77] Grobie, M.J. (2004). **Ghery at MIT.** Article. www.architectureweek.com/2004/0804/design_2-2.html

[78] Green Roofs. (2018). **Nanyang Technological University (NTU) School of Art, Design and Media** www.greenroofs.com/projects/nanyang-technological-university-ntu-school-of-art-desgin-and-media-adm/

[79] Alwitra DIE DASHMARKE. (2013). **Case Study NTU School of Art, Design and Media, Nanyang Technological University (NTU) Singapore**. Report. www.alwitra.de

[80] WorldPress. (2012). **Alan Gilbert Learning Commons, Library without books**. Available at: www.alangilbertlearningcommons.worldpress.com/2012/12/18/sustainable-construction/

[81] **Environmental Health & Safety, Our Services.** (2022). www.ehs.utoronto.ca/our-services

[82] **School of Arts, Design and Media, Facilities.** (Feb.2022). www.ntu.edu.sg/adm/about-us/facilities

[83] **Nanyang Technological University, Campus Facilities.** (Feb.2022). www.nie.edu.sg/about-us/campus-facilities/

[84] Engineering Strategic Communications. (2018). **Myhal Center: Collaborating across disciplines to advance engineering research and innovation**. Article. University of Toronto News. www.news,engineering.utoronto.ca/Myhal-Center-Collaborating-across-disciplines-to-advance-engineering-research-and-innovation/

[85] **Centre of Excellence for Testing & Research of Avs-NTU.** (2019). www.cetran.sg