Journal of Engineering
Sciences Assiut University
Faculty of Engineering
Vol. 49, No. 2
March 2021
PP. 131 - 155

أجيال العمارة الذكية ومستقبل المدارس الذكية في مصر بين الواقع والمأمول

م. نورهان أحمد البدوي[١]، د. مهند محمد العجمي[٢]

[١] معيده بقسم الهندسة المعمارية - المعهد العالي للهندسة والتكنولوجيا بالمنيا
[٢] أستاذ بقسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة بشبرا - جامعة المنيا
elagami5@yahoo.com, eng.norhanelbadawy@hotmail.com

Received 20 January 2021; Revised 28 January 2021; Accepted 30 January 2021

ملخص البحث

في أوائل الثمانينيات من القرن الماضي تم دمج تكنولوجيا المعلومات بالمباني، وظهر نتاج هذا الاندماج فيما يعرف بالمباني الذكية، وإلى عهد قريب كان يقصد بتقنيات المباني الذكية هو توظيف تقنيات الحاسب الآلي ووسائل الاتصال والمعرفة في دمج أنظمة المبني، إلى ان ظهر مفهوم الاستجابة لرغبات المستخدمين، ومن هنا أصبح مفهوم المباني الذكية انها هي المباني المستجيبة لمتطلبات المستخدمين. يعرض البحث مفهوم العمارة الذكية باختلاف الزمان والمكان وشرح لأهم صفات العمارة الذكية ومدي الحاجة الي المباني الذكية في حياتنا، حيث تعددت الحاجات والضروريات الى وجود منظومة ذكية متطورة لاستخدامات متعددة بمساعدة تطور التقنيات والتكنولوجيا الحديثة بمختلف المجالات. البحث يوضح عناصر النظام الذكي وفكرة عمل ومفهوم التكامل في النظم الذكية، ومن خلال التعرف على أجيال العمارة الذكية، ويمكن تقسيم التطور التاريخي للعمارة الذكية منذ بداية ظهورها في الثمانينيات وحتى الآن خلال ثلاثة أجيال. ويهتم البحث بموضوع المدارس الخضراء (الذكية) والتي يمكن أن تعمل كأداة تربوية للتعليم البيئي، وأيضا مساعدة الجيل الجديد على تطوير المهارات اللازمة لمعالجة المشاكل البيئية والحفاظ على الموارد الطبيعية. ويركز البحث علي التعرف علي الخصائص العامة للمدارس الخضراء ومعايير انشائها وذلك من خلال عرض وتحليل نموذج من المدارس الخضراء و التي تعتبر من افضل عشرة مدارس ذكية على مستوي العالم. كما يناقش البحث مدي امكانية تطبيق العمارة الذكية في المباني التعليمية في مصر من خلال عرض وتحليل نموذج من المدارس المصرية الحديثة والتي يمكن الاستفادة من تجربتها للوقوف على الإمكانات المتاحة والتوصل الى بعض الحلول وتحديد المعايير التي يجب تطبيقها في المدارس المصرية من الناحية البيئية لتقليل استهلاك الطاقة ومن الناحية التصميمة وتحديد دور الجهات الحكومية.

الكلمات المفتاحية: العمارة الذكية - أجيال العمارة الذكية – المباني المدرسية الخضراء – معايير تصميم المدارس الخضراء.

١. المقدمة

فكرة الذكاء في المباني ليست بجديدة فمنذ بدء التاريخ بنى الإنسان المأوى لتأمين نفسه من الأخطار مستعيناً بما حوله من تقنيات ومواد بناء في تلك الحقبة الزمنية لتوفير الراحة والأمان. ان المباني في حقب التاريخ المختلفة قد حققت نجاحاً بالنسبة للشكل والهيكل وأثبتت قدرتها على تهيئة البيئة الداخلية للمبنى، ولكن هذه المباني لم تحقق الاستجابة في الظروف المختلفة، فبناءً على ذلك فإن مقدار المرونة والاستجابة والتفاعل مع تغير الظروف والأجواء سواء للبيئة او نوع الاستخدام هو الذي يحدد ذكاء المبنى[١] . يتبنى هذا الفكر المعماري تشبيه المبنى بالكائن الحي من جانب محاولة إكساب صفة العقل للمبنى، بمعنى قدرة المبنى على التكيف والتصرف وفقاً لما يقابله من احتمالات ناتجة عن الظروف والمتغيرات المحيطة، غير أن المبنى الذكي يتم برمجته على التكيف والتغير وفقاً لاحتمالات محدده متوقعة الحدوث، أما الكائن الحي الذي تجده مبرمج على التكيف والتصرف وفقاً لاحتمالات متناهية [١].

١-١. مشكلة البحث

تتلخص مشكلة البحث في عدم استغلال القدرات التقنية في العمارة الذكية التي من شأنها تدعيم الجوانب التصميمية في المباني التعليمية المدرسية في مصر، وغياب الوعي اللازم بمفاهيم العمارة الذكية وابعادها التقنية واهميتها لدي المؤسسات الحكومية وأطراف العملية التعليمية والمعمارية، وهو الأمر الذي يؤدي الي التراجع الكبير في الاستعانة بهذه التقنيات والاستمرار في تشيد المباني المدرسية التقليدية، ومن ثم عدم وجود اسس محددة لتطبيق العمارة الخضراء (الذكية) بالمباني التعليمية في مصر والتي بإمكانها تحقيق أداء أفضل من خلال وضع كود خاص بتصميم المباني التعليمية المدرسية الخضراء (الذكية) في مصر.

١-٢. أهدف البحث

يهدف البحث إلى توضيح تقنيات العمارة الذكية لتطبيقها في المباني التعليمية المدرسية ومن ثم وضع المعايير الخاصة بتصميم المباني المدرسية الخضراء في مصر.

١-٣. منهجية البحث

اولاً: المنهج الاستقرائي: يتمثل في تكوين قاعدة بيانات ومعلومات أساسية من خلال دراسة المفاهيم المتعلقة بالعمارة الذكية والأنظمة الذكية والتعرف على أجيال العمارة الذكية والعمارة الخضراء.
ثانياً: المنهج التحليلي الاستنباطي: من خلال عرض وتحليل لنموذج من المدارس الأجنبية المطبقة لمفاهيم العمارة الخضراء لمعرفة سماتها ومميزاتها، ودراسة وتحليل لتجربة مصرية حديثة، لاستنتاج أهم المعايير التي يمكن تطبيقها في مصر.

٢. مفهوم العمارة الذكية باختلاف الزمان والمكان

العمارة الذكية تقدم مجموعة متكاملة من الحلول لمجموعة متنوعة من المشاكل المعمارية والمشاكل البيئية والاستخدام الأمثل للفراغات والموارد والتوظيف الأمثل لمواد البناء والتكنولوجيا. فالعمارة الذكية ليست فقط خضراء (متوافقة بيئياً) [٢]. إن من اهم صفات العمارة الذكية أنها مباني تتحكم أوتوماتيكياً في المناخ الداخلي مع أقل استخدام للطاقة وذلك من خلال:

- توفير قواعد بيانات ونظم اتصالات مسموعة ومرئية.
- التحكم الآلي في شدة الإضاءة في الداخل حسب ساعات النهار وسطوع الشمس.
- التحكم بالحاسب الآلي في فتح وغلق كاسرات الشمس.

- التحكم في تكييف الهواء حسب درجة حرارة الجو والحمل الحراري والرطوبة النسبية.
- الإنذار والإطفاء الأوتوماتيكي ضد الحريق باستعمال الكاشفات الإلكترونية الحرارية وكاشفات الغازات الخطرة.
- المراقبة والإنذار الأوتوماتيكي ضد السرقة والاقتحام وتخطيط برامج إدارة الأزمات.
- من وجهة نظر أخرى: العمارة الذكية هي عمارة تعنى إنتاج مبنى متوافق بيئياً مع المحيط، مبنى يمكنه التصرف ككائن حي يستجيب للمؤثرات الخارجية ولتحقيق ذلك يتم الاستفادة من التطور التكنولوجي والرقمي الهائل إلى أقصى درجة وتوظيف التكنولوجيا لخدمة العمارة وتحقيق الهدف المرجو من جعل المبنى " كائن حي" [٨].

٣. تعاريف لملامح العمارة الذكية

٣-١. Automation(الأتمتة): تطوير و ترقية البيئات المعمارية الفزيائية في اتجاه دعم قدراتها على الاستجابة الذاتية للمتغيرات الداخلية والخارجية وتلبية رغبات المستخدم وخفض استهلاك الطاقة وتحسين الأداء وتقليل تكلفة التشغيل وذلك من خلال تبني مفهوم الأتمتة كمنهج والاعتماد على التجهيزات التقنية [15].

٣-٢. Virtuality(الافتراضية): التوظيف الأمثل لتقنيات الاتصال المتطورة وشبكة المعلومات الدولية وطريق المعلومات فائق السرعة ومعطيات الواقع الافتراضي بهدف إيجاد بيئات غير فزيائية قادرة على استيعاب الخدمات ودعم الأنشطة عن بعد والتكامل مع المجتمع لتحل البيئات الافتراضية محل نظيرتها المادية التقليدية[15] .

٣-٣. Sustainability(الاستدامة): إيجاد بيئات عمرانية قادرة على تحمل مسؤوليتها البيئية وتحقيق مبادئ ومفاهيم الحفاظ والاستدامة من خلال الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة وغير الملوثة للبيئة وذلك بهدف تحقيق الكفاءة البيئية وعدالة الاستهلاك بين الأجيال والتفاعل مع المشكلات الكونية[15] .

٤. الحاجة الي المباني الذكية

بالمقارنة مع مجالات الصناعة المختلفة، يبدو مجال الصناعة البنائية وإنتاج المباني مقيد بالممارسات القديمة، غير قادر على الاستجابة السريعة للتطور التكنولوجي والمناهج الإنتاجية الحديثة والاستخدام المفرط للطاقة غير المتجددة والموارد، لكن التغيرات الحاصلة في ثقافة ونمط معيشة المواطنين أظهرت الحاجة الى نوع جديد من الخدمات وأسلوب جديد لتوفيرها وبالتالي الابتعاد عن الطرق التقليدية في المعالجة. لذا فقد تعددت الحاجات والضرورات الى وجود منظومة ذكية متطورة، لاستخدامات متعددة بمساعدة تطور التقنيات والتكنولوجيا الحديثة بمختلف المجالات، كالتكنولوجيا المعلوماتية، والذكاء الصناعي وتكنولوجيا المواد، ومنظومة الاتصالات الإلكترونية الحديثة، كل هذا ساعد على وجود الذكاء في المبنى لتوفير أفضل خدمة للشاغلين ومواكبة التطور الحضاري الذى أخذ يتزايد بصورة سريعة و كبيرة جداً، ومن المهم أن نتذكر السبب الرئيسي لإنشاء المباني وهو تلبية حاجة الإنسان، فالتحدي الحقيقي عند تصميم المباني الذكية هو ليس تقنية الكومبيوتر، إنما هو التحدي التطبيقي، في كيفية زيادة قيمة المبنى من خلال جعله يستجيب لحاجات الإنسان[٣]. وايضاً الفوائد الاقتصادية والوظيفية للمباني الذكية والمتضمنة توفير حياة أطول للمبنى واستهلاك أقل للطاقة وإنتاجية أكبر للعاملين، هذا بالإضافة الى المرونة المطلوبة لتناسب التغير في الاحتياجات والمتطلبات، مع التقليل من التعديلات الإنشائية المكلفة، فكل ذلك يزيد من الحاجة الى هذا النوع من المباني[٤]. ظهرت الأطروحات النظرية والممارسات التطبيقية للمباني الذكية كأحد أهم نتائج التكامل بين تطور تقنيات الاتصال والمعلومات من جهة والنظرية والممارسة المعمارية من جهة أخرى، إلاَ أن ظهور المباني الذكية قد تفرَد بالتأثر

بمجموعة من الدوافع الخاصة التي عززت من هذا الظهور وضمنت له القوة الدافعة اللازمة للترقي والتطور.

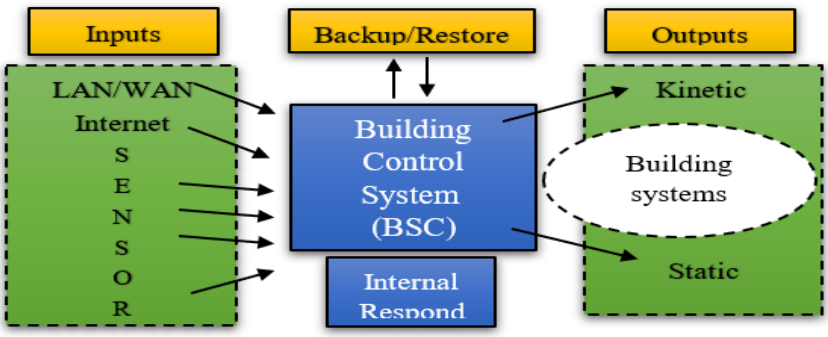
٥. الأنظمة الذكية

مع بداية الثمانينات بدأ بعض المعماريين التحدث عن أنظمة ميكانيكية حديثة تعظم من استغلال المبنى للطاقة بصورة قصوى، وعن نوعية مباني مختلفة باسم المباني الذكية. يعتبر الكثير من الباحثين في دراستهم أن الفترة ما بين ١٩٨٠ إلى الفترة ١٩٨٥ هي فترة التطوير والابتكارات، وبعد ذلك أظهرت المجالات والدراسات كيف أن التطوير في صناعة الاتصالات والتقدم التكنولوجي للمعلومات جعلت المباني أكثر توفيراً للطاقة[٢]. وتعتبر هذه المجالات أن أي تقنية جديدة أو فكرة متطورة أو أي مبنى يستعمل آخر ما توصل اليه العلم من تكنولوجيا في تشغيل واستخدام المبنى هو نظام ذكي أو مبنى ذكي، وفى أوائل الثمانينات تم تقديم وطرح فكرة استخدام التقنية الحديثة والالكترونية في المباني الذكية بصورة أساسية لأول مرة [٥]. قدم العديد من المؤلفين والخبراء العديد من التعريفات للنظام بشكل عام، منها على سبيل المثال:

- مجموعة من العناصر المترابطة ذات صفات معينة تتفاعل مع بعضها البعض من اجل تحقيق هدف معين، مثل حساسات استشعار الدخان واللهب التي تستشعر الدخان لتصدر انذارات لأجهزة الإطفاء الذاتية لتقوم بتشغيلها اوتوماتيكياً دون التدخل من أي شخص.
- مجموعة من المدخلات التي يتم إعدادها وتجهيزها بطرق معينة وإجراءات معينة أو التعديلات للوصول إلى مخرجات محددة تحقق الأهداف الموضوعة، مثل أنظمة التحكم بالدخول كأجهزة التعرف على الوجه او البصمة او الكروت الممغنطة.
- مجموعة من العلاقات المتبادلة بين مكونات عديدة يتغير أداؤها كمنظومة إذا تغير حجم وقدرة أو نوعية أحدها بل وقد يحتاج ذلك إلى تغير في المكونات الأخرى لاستكمال استمرارية الأداء، مثل أنظمة التحكم في الإضاءة التي تتغير من خلال استشعار كمية الإضاءة الطبيعية النافذة من زجاج الواجهات للفراغات الداخلية، فكلما زادت الإضاءة الطبيعية بالفراغ قلت الإضاءة الصناعية والعكس. [٥].

إن أي نظام ذكي يتكون من مجموعة من العناصر الأساسية المكونة للنظام كما هو موضح بالشكل المرفق رقم (١) وهي كما يلي:

- المدخلات Inputs.
- تحليل ومعالجة بيانات Information processing and Analysis.
- المخرجات (الاستجابات) Outputs / Responses.
- عامل الوقت Time consideration.
- مساعدات الاكتشاف (القدرة على التعلم) Heuristics / learning ability.



شكل رقم (١) رسم تخطيطي يوضح عناصر النظام الذكي وفكره عمله [٧].

٥-١. مفهوم التكامل في النظم الذكية

من أكبر التحديات في تصميم وتشغيل تكنولوجيات المبنى الذكي هو تحقيق التكامل الفعال والتشغيل المتبادل بين تكنولوجيات إدارة المبنى المختلفة والتكنولوجيات الأخرى، وهذا ما أكده كل من "Atkin" و "Paciuk" بأن ذكاء المبنى لا يتحدد بمدى تطور التكنولوجيات المستخدمة في أنظمة المبنى المستقلة (individual building systems) كأنظمة الإضاءة وأنظمة الأمن والأمان أنظمة الـ (HAVC)، لكن يقاس من خلال مدى ما حققه من تكامل بين أنظمة المبنى المختلفة [٦].

فالتكامل هو نظام تشارك للمعلومات التي ترصد وتتحكم في مجموعة متنوعة من النظم والوظائف على المستوى الأمثل من الكفاءة، فهو الطريقة التي تحقق لملاك المبنى، وشاغليه أقصى قدر من الأداء المثالي للمبنى وتمكنهم من قياس جودة أداءه من خلال التكامل والتفاعل ومشاركة المعلومات بين نظم ومكونات المبنى المختلفة، والاستخدام للإنترنت، والبريد الإلكتروني وعقد المؤتمرات بواسطة الفيديو، لتؤدي في النهاية إلى رفع كفاءة المبنى، ويسهل نظام الإدارة المتكاملة للمبنى وتحسين الاتصالات وزيادة الإنتاجية وخفض التكاليف وزيادة كفاءة المبني وتسهيل عملية التكامل وتقديم البيئات المتقدمة تقنياً [٨].

٦. أجيال العمارة الذكية

ظهر مصطلح المبنى الذكي "Intelligent Building" عام ١٩٨٠ في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث كانت تشير في تلك الفترة إلى المباني التي استخدمت نظم الاتصال عن بعد وأنظمة أدارة المبنى. أرتبط تطور المباني الذكية في ذلك الوقت بتكنولوجيا المعلومات (IT). ومع تقدم تطور أجهزة الحاسب الألى وانتشار أجهزة الكمبيوتر الصغيرة (Mini Computers)، وقد بدأت الاستفادة من هذه التكنولوجيا الحديثة في أنظمة التحكم في المبنى (Building Control System) [١]. وفى منتصف الثمانينات، ركزت أنظمة التحكم على أنظمة الإضاءة والتدفئة والتبريد لخلق البيئة المناسبة للأفراد، في بداية التسعينات تم حل معظم المشاكل المتعلقة بتكنولوجيا المعلومات، مما أدى إلى التقدم السريع في تشييد المباني الذكية والذي حدث في منتصف التسعينات. ومما سبق يمكن تقسيم التطور التاريخي للعمارة الذكية منذ بداية ظهورها في الثمانينات وحتى الأن ثلاث حقبات زمنية (ثلاثة أجيال) كالتالي:

٦-١. الجيل الأول

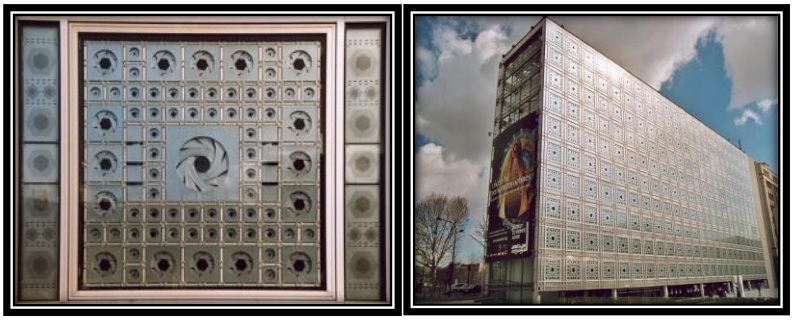
وهي الفترة الزمنية من عام ١٩٨٠ إلى عام ١٩٨٥الأتمتة Automation: حيث كان يشتمل المبنى على العديد من الوسائل المعلوماتية وأنظمة الاتصالات التي تتيح المرونة للمبنى [٣]، ويمكن عرض أحد نماذج المباني الذكية في الجيل الأول وهي مبنى منفذ في باريس بفرنسا للمعماري Jean Nouvelعلى النحو التالي: -

- نموذج من المباني الذكية في الجيل الأول: معهد العالم العربي بباريس (Nippon Telegraph and Telephone)

جدول رقم (١) نموذج من المباني الذكية في الجيل الأول

المعماري	Jean Nouvel
تاريخ التنفيذ	عام ١٩٨٠
موقع المبنى	باريس، فرنسا
وصف المبنى	مركز ثقافي يقع على ضفاف نهر السين بفرنسا
النظم التكنولوجية الذكية المستخدمة في المبنى	• تم تصميم نموذج شباك المبنى بفكرة المشربية التي تراعى امكانية تصغير وتكبير فتحاتها بحيث تسمح بدخول الضوء بطريقة تحكم ميكانيكية مرتبطة بشدة السطوع داخل المبنى حيث تحتوي وحدة الشباك على خلايا تشبه تماماً

عدسات كاميرات التصوير الفوتوغرافي بمقاسات مختلفة يتم التحكم فيها أوتوماتيكياً وإلكترونياً بهدف تثبيت كمية الضوء النافذ لداخل الفراغ [٤].



شكل رقم (٢) المشربيات بالواجهة واتساع حركة المشربية عند الحاجة لضوء الشمس وإغلاق فتحاتها عند زيادة كمية الضوء بمبنى معهد العالم العربي بباريس

٦-٢. الجيل الثاني

وهي الفترة الزمنية من عام ١٩٨٦ إلى عام الأتمتة Automation + الاســتجابة Responsive (المباني المســتجيبة): حيث يســتجيب المبنى لمتطلبات المســتخدم على عدة مســتويات طبقاً للعمر الافتراضي لكل عنصر [٣]، ويمكن عرض أحد نماذج المباني الذكية في الجيل الثاني وهي مبنى منفذ في طوكيو باليابان للمعماري David Boyedعلى النحو التالي: -

- نموذج من المباني الذكية في الجيل الثاني: أرك هيلز "Ark Hills":

جدول رقم (٢) نموذج من المباني الذكية في الجيل الثاني

المعماري	David Boyed
تاريخ التنفيذ	عام ١٩٨٦
موقع المبنى	طوكيو - اليابان
وصف المبنى	يشتمل المبنى على عدة استخدامات منها مكاتب وفندق وقاعة احتفالات، يبلغ ارتفاع المبنى ٣٧ طابق بمساحة قدرها ١٩٠٠٠٠ متراً مربعاً [١٠].
النظم التكنولوجية الذكية المستخدمة في المبنى	• استخدام الدوائر التلفزيونية المغلقة، التي تسمح بمشاهدة جميع أجزاء المبنى المختلفة من خلال كاميرات مراقبة موزعة داخل المبنى، وتتم المشاهدة باستخدام أجهزة الحاسب الآلي المبرمجة مسبقاً. • استخدام كاسرات الشمس المتحكم بها بواسطة أجهزة الكمبيوتر أو بواسطة شاغلي المبنى وهي تتحرك حسب زوايا ميل الشمس. • تم تدفئة المبنى عن طريق دوائر التدفئة الأرضية (Under Floor Heating Circuit) حيث توجد شبكة من مواسير المياه مدفونة تحت أرضية المبنى مزودة بألواح تدفئة المياه بالأشعة الشمسية التي تتبع مسار حركة [١٠].
	• تكون درجة حرارة الهواء المكيف ثابتة بينما معدل الهواء المكيف متغير حسب الاختلاف الحالي بين درجة حرارة الغرفة ودرجة الحرارة المطلوبة من قبل المستخدم. معظم أنظمة (VVT) تكون من نوع تكيف هواء مفرد المجرى حر الضغط ((Single Duct Pressure Independent ويتم التحكم في تدفق هواء كل مناق التحكم من خلال جهاز طرفي (Terminal Device) استجابة لدرجة حرارة المنطقة، ويتم التحكم بها مركزياً ويتم تتبع استخدام الأجهزة

	والخدمات بغرض إخراج فواتير الاستخدام مثل تكيف الهواء والكهرباء والماء بجانب إعادة استخدام مياه الأمطار [٤]. أنظمة الأمن والأمان (The Safety and Security System) تراقب الفراغات الداخلية للمبنى الإداري، عن طريق أنظمة الدوائر التلفزيونية المغلقة (Closed Circuit TV) التي يمكنها التفاعل مع أنظمة المبنى المختلفة [١٠].

شكل (٣) مبني أرك هيلز "Ark Hills"

٦-٣. الجيل الثالث

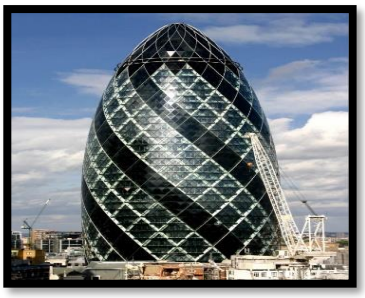
وهي الفترة الزمنية من عام ١٩٩٢ إلى الآن الأتمتة Automation + الاستجابة Responsive + الفاعلية Effective (المباني الفعالة): المبنى الفعال الذي يحقق بيئة داخلية مناسبة وملائمة تصل بالمستخدم الى مستوى الإرضاء التام[٣]،] ، ويمكن عرض أحد نماذج المباني الذكية في الجيل الثاني وهي مبنى وسط لندن بإنجلترا للمعماري نورمان فوستر على النحو التالي: -

- نموذج من المباني الذكية في الجيل الثالث: *(Swiss Re Tower Building)*

جدول رقم (٣) نموذج من المباني الذكية في الجيل الثالث

المعماري	نورمان فوستر (Foster & Partners)
تاريخ التنفيذ	عام ٢٠٠٤
موقع المبنى	وسط لندن – إنجلترا
وصف المبنى	مبنى مكاتب مكون من ٤٠ طابق بطول ١٨٠ مترا، يقع في وسط مدينة لندن، وتم تشكيل المبنى بشكل أسطواني مخروطي [٥].
النظم التكنولوجية الذكية المستخدمة في المبنى	• الغلاف الخارجي: يحقق الحماية من أشعة الشمس، حيث يتكون من طبقتين من الزجاج (الطبقة الخارجية منها عبارة عن زجاج مزدوج)، والطبقتين تحصران فراغ مهوى ومظلل بالستائر الموجهة بالحاسب الآلي. • نظام ادارة المبنى ((Building Management System الذي له القدرة على انجاز مهمته بشكل أكثر كفاءة من خلال شبكة الاعصاب الصناعية (Neural Networks)، نظام إدارة المبنى يغذى بالمعلومات عن طريق النظام العصبي (Nervous System) [٩]. • وجود نظام حساسات الطقس على الواجهات الخارجية للمبنى والذي يقوم بمراقبة درجة الحرارة الخارجية والرطوبة النسبية ومستوى اشعة الشمس، نتيجة لهذه البيانات يقوم نظام إدارة المبنى بغلق وفتح النوافذ والستائر عند الحاجة.

	• تشتمل الواجهة على ثلاثة طبقات تفصلهم مسافة ١,٥م بالإضافة الى طبقة زجاجية مزدوجة خارجية و تتكون الطبقة الداخلية من لوح زجاجي واحد وفتحة تهوية وطبقة من الالومنيوم و يتحرك الهواء المستنفذ من خلال فتحات الواجهات، ويقوم بإزاحة الحرارة القادمة من الطبقة الزجاجية الداخلية للمكاتب الادارية، والحرارة التي يتم امتصاصها عن طريق المعتمات وبهذه الطريقة فان نسبة انتقال الطاقة الشمسية تقل الى ١٥٪ بينما قيمة (UV) للواجهة تقل الى ٠,٨ w/mk وذلك عند سريان الهواء من خلال فتحة التهوية وذلك فان حمل التبريد للمكاتب الإدارية يتم تقليله [١].



شكل (٤) مبنى Swiss Re Tower Building

٧. المباني التعليمية الخضراء

مع تزايد المشاكل البيئية، أصبح هناك تحركات دولية نحو استدامة البيئات المبنية (خصوصاً التعليمية) وتشجيعها من أجل التخفيف من الآثار البيئية السلبية للمباني والأنشطة البشرية على البيئة وصحة الإنسان. إن الاستدامة العالمية تخلف تأثيرات عميقة على قطاع البناء بالكامل، بما في ذلك المدارس. حيث توفر المدارس الخضراء بيئة تعلم صحية، إلى جانب الفوائد الرئيسية للمدارس الخضراء (المدخرات المالية، تحسين نوعية البيئة في الداخل، وزيادة أداء الطلاب). يمكن للمدارس الخضراء أن تعمل كأداة تربوية للتعليم البيئي، وأيضاً مساعدة الجيل الجديد على تطوير المهارات اللازمة لمعالجة المشاكل البيئية والحفاظ على الموارد الطبيعية وبيئتنا. ومن خلال تصميم المدارس الخضراء بحيث تعمل كأداة للتدريس، تستطيع الحكومة أن تدعم التعليم البيئي في حين تعمل على إشراك الطلاب في التعلم، والحد من تأثير المدارس وخلق بيئة صحية وعالية الكفاءة تعكس التنمية المستدامة تفهماً انه يجب علينا تلبية احتياجات ذلك الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم الخاصة.

٧-١. تعريف المدارس الخضراء

عرف مجلس المباني الخضراء في الولايات المتحدة الامريكية، ان المدرسة الخضراء هي المدرسة التي بها مرافق وخدمات تخلق بيئة صحية مواتية للتعلم وكذلك توفر الطاقة والموارد والمال. وعرف (Gordon) في عام ٢٠١٢ ان المدرسة الخضراء هي النتيجة المادية لعملية التوافق في التصميم والتخطيط والبناء التي تأخذ في الاعتبار أداء المبنى طوال فترة حياته. وأشار ان المدرسة الخضراء صممت بحيث انها توفر الهواء النقي النظيف ودرجات حرارة مريحة وكمية ضوء وفيرة وعزل المبني عن الضوضاء الخارجي مع زيادة كفاءة الموارد لأقصى حد وتقليل التلوث وتعليم الطلاب أهمية الابتكار في البيئة العمرانية [١١].

٧-٢. الخصائص العامة للمدارس الخضراء

سجل مجلس المباني الخضراء الأمريكي خصائص المدارس الخضراء من اجل تصميم وبناء وتطوير المدارس، مواصفات أداء المدارس الخضراء كالآتي:

- الحفاظ على الطاقة والموارد الطبيعية.
- تحسين نوعية الهواء الداخلي.
- استخدام الإضاءة الطبيعية وتحسين الأداء الصوتي للفصول الدراسية.
- معالجة المياه البلدية ومياه الصرف الصحي لترشيد استهلاك المياه.
- تشجيع جهود إدارة النفايات لفائدة المجتمع المحلي.
- تشجيع إعادة التدوير.
- تعزيز حماية البيئة المحلية.

٧-٣. معايير انشاء نماذج المدارس الخضراء

تتلخص اهم معايير انشاء المدارس الخضراء في ان تكون:

- متميزة تكنولوجياً.
- التأكيد على طبيعة المدرسة وتخصصها.
- مراعاة ظروف الموقع المحيط.
- تحقيق الإمكانات الاقتصادية.
- مراعاة الجوانب الاجتماعية.

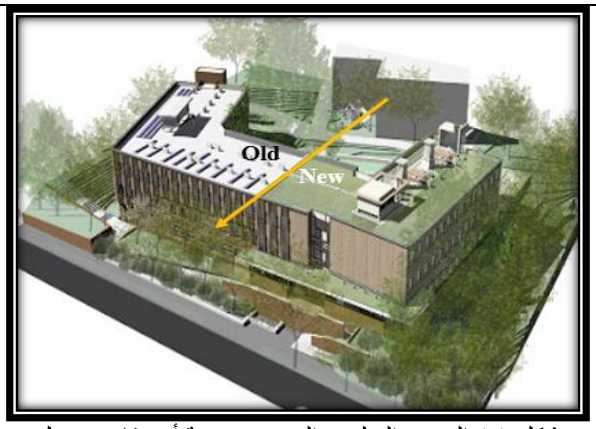
٧-٤. نموذج من المدارس الخضراء (الذكية)

تم اختيار مدرسة أصدقاء سيدويل لحصولها على شهادة (LEED) في عام ٢٠٠٧ واعتبارها من أفضل ١٠ مدارس ذكية على مستوي العالم.

- مدرسة أصدقاء سيدويل (Sidwell Friends School):

جدول رقم (٤) نموذج من المدارس الخضراء (الذكية) على المستوي العالمي

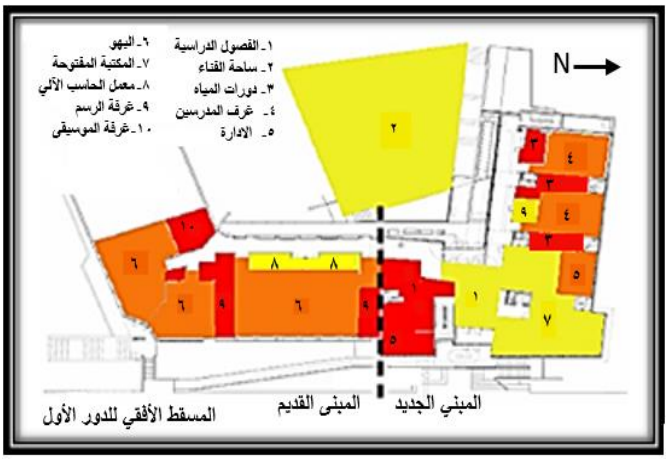
أسم المدرسة: مدرسة أصدقاء سيدويل.	**تاريخ التنفيذ:** عام ٢٠٠٧
المعماري: **Kieran Timberlake Associates**	**موقع المبنى:** واشنطون (Washington)
المساحة: ٧٢,٢٠٠ قدم مربع	تكلفة المشروع: ٢٨ مليون دولار
تصميم المبني:	
هذا المشروع عبارة عن تجديد وإضافة إلى مرفق تعليمي عمره خمسين عاماً حول الحرم الجامعي ليصبح مدرسة تعلم المسؤولية البيئية، بالإضافة إلى ذلك إنشاء مساحات تعليمية ترتبط ارتباطًا وثيقا بالبيئة الطبيعية. تم تصميم هذا المرفق لتعزيز أخلاقيات المسؤولية الاجتماعية والبيئية لدي الطلاب، وهو يوضح علاقة مسؤولة بين البيئة الطبيعية والبيئة المبنية [١٢].	

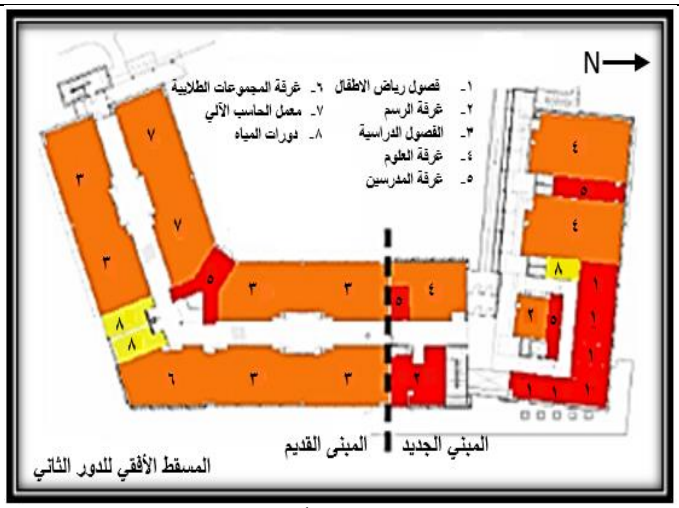


شكل (٥) المرفق التعليمي الجديد بمدرسة أصدقاء سيدويل

التصميم المعماري للفصول:

يحتوي الطابق الأول الجديد على جناح موسيقي وجناح فني بالإضافة إلى مساحات الدعم. اما الساحة الخارجية يتم التأكيد عليها من خلال الدوران الذي يربط بين الجناحين ومساحات غرفة الصف، ولوصلة التوزيع هذه عدة وظائف للمبنى تشمل الخدمة كمدخل رئيسي وطرقة توزيع للمكاتب الإدارية ومساحة الاستقبال للعمل كمكتبة ومعمل حاسوب ويضم الطابق الثاني جناحا للعلوم وفصلا الصف الخامس والسادس .وتم وضع فصول الدراسة على طول جدار الفناء للسماح بالوصول البصري إلى المساحة أدناه يضم مشترك الجناحين مكاتب وخدمات تعليمية [١١].





شكل رقم (٦) السقط الافقي للدور الأول والثاني لمدرسة سيدويل

وتتضح المساحات المختلفة في المدرسة والصلة بين الأماكن الداخلية والخارجية على جانب الفناء، حيث تفتح الفصول الدراسية بنوافذ متعددة (اتصال بصري) وإمكانية الوصول إليها. ومن ناحية أخرى، تم دمج السقف في مساحة تعليمية قابلة للاستخدام، حيث يضم الالواح الشمسية وحديقة على السطح مزروعة، والتي تصبح متاحة للأنشطة التعليمية العملية. تتيح التقنية الموجودة على السقف مساحة مبرمجة للطلاب للتعرف على الأنظمة الميكانيكية بالإضافة إلى الاستراتيجيات الخضراء [١١].

الاتصال بالمجتمع:

- وضعت المدرسة برنامجاً للجولات والاشارات للمجتمع تكريما للدعوة إلى دروس استراتيجيات تصميم المدارس الخضراء والمشاركة فيها ليتم عرض معلومات عن استخدام الطاقة والمياه في المبنى للجمهور من خلال تطبيق عبر الإنترنت. يمكن للمجتمعات التي تفكر في استثمارات مماثلة أن تستخدم البيانات التي تقدمها هذه المؤسسة كمعيار للتكنولوجيا في هذه الفترة وكمدخل للبيانات الثابتة، فالمبنى ليس فقط مكان للأطفال للتعلم ولكن أيضا منارة تخدم المجتمع بأكمله.
- توفير مساحة كبيرة للمدرسة والمجتمع للتجمع والتعلم.
- تم اختيار أنواع نباتات محلية لزراعة الموقع، كما بدأت بعض الأحياء المحيطة، المستوحاة من عمل المدرسة، في زرع النباتات المحلية في مناطقهم.
- إن الأحياء المحيطة بها تتمتع بالقدرة على الاستفادة من منطقة الصرف الصحي في المدرسة التي بنيت في الأرض الرطبة، الأمر الذي يساعد المجتمع بالكامل على الحياة في ظل قدر أعظم من الاستدامة [١٢].

الاستراتيجيات الخضراء:

اولاً: الموقع

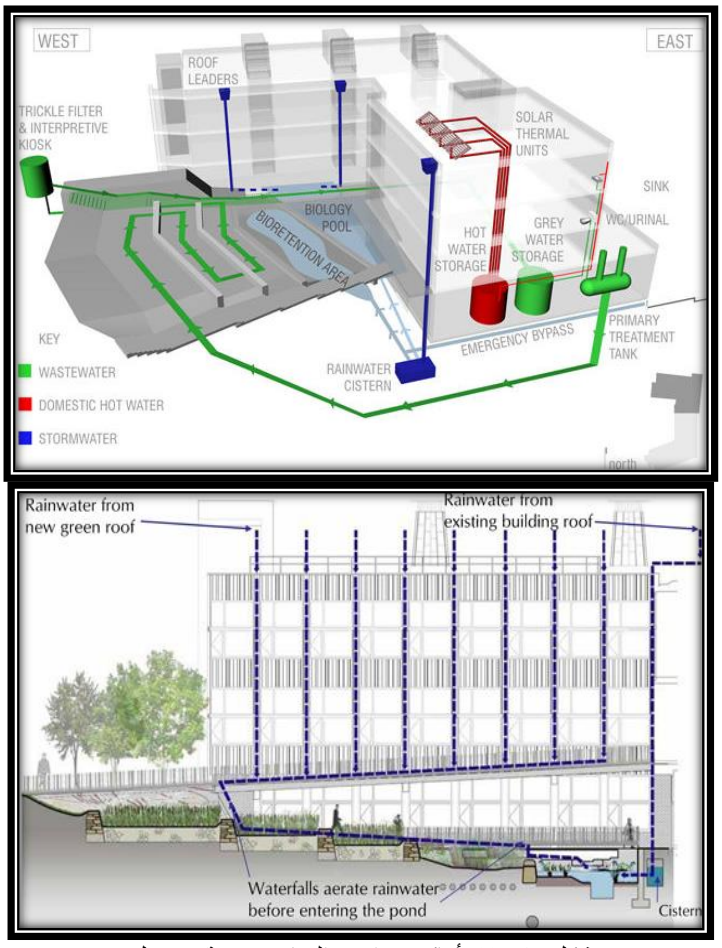
- تتوفر خدمة تخزين الدراجات الهوائية ومواقف السيارات في موقف سيارات تحت الأرض مع سقف أخضر.
- وتقدم المدرسة ٣٥ دولاراً في كل شهر لأي عضو في هيئة التدريس أو الموظفين يقلل من استخدام سيارته بنسبة ٨٠٪، لأنه يساعد في توفير الطاقة وتقليل الانبعاثات السامة.

- وجود موقع المدرسة وسط المساحات الخضراء.
- تم تحويل المساحات المحيطة من اعشاب غير نافعة الي نظام بيئي مثل أشجار البلوط الزان وصولا إلى ٨٠ من الموقع مساحات خضراء.
- بالإضافة إلى إعادة تأهيل الفناء الخاص بالمدرسة لزراعته بماء منقي من معالجة مياه الصرف عن طريق مشاركة الطلاب في الزراعة كنوع من التوعية بالنظام البيئي للمدينة [١١].

ثانياً: المياه

ان السطح الأخضر للمبني من شأنه أن يقلل من اهدار مياه الأمطار من خلال الاستفادة بها وهذا يقلل استخدام المياه البلدية بنسبة ٩٤٪. يتم معالجة مياه الصرف الصحي لإعادة استخدامها في المراحيض وأبراج التبريد. وبالتالي، فإن ذلك يوفر إلى حد كبير من استخدام المدرسة للمياه الصالحة للشرب. بالإضافة إلى ذلك، تستخدم صنابير حفظ المياه التي تعمل بحساسات لتوفير المياه.

يتم تجميع مياه الامطار بالأسطح وتحويلها من خلال مواسير إلى البحيرة البيولوجية المنشأة بالفناء لاستخدامها في الزراعة وتربية الحيوانات الصغيرة بها [١٣].



شكل رقم (٧) أماكن مواسير المياه بمدرسة سيدويل
(مياه الصرف – مياه السخانات الشمسية – مياه الامطار)

ثالثاً: الطاقة

المبني يستخدم طاقة اقل من المدارس العادية بـ ٦٠٪ وأيضاً ٥٠٪ من الطاقة المستخدمة تنتج من المصادر المتجددة من خلال محطات الطاقة الخضراء المحلية.

تنتج الالواح الشمسية الموضوعة اعلي المبني ٥٪ من احتياج الكهرباء للمبني.

الالواح الحرارية الزجاجية المغطية للنوافذ صممت لتعادل الأداء الحراري داخل الفصول المستخدمة الإضاءة النهارية.

الشبابيك عالية الأداء، ضوء النهار، العزل، كل ذلك يقلل الاحتياج الي التكيفات فأيضاً يقلل استهلاك الكهرباء.

المداخن الشمسية مغطاة بزجاج من ناحية الجنوب تعطي تهوية سلبية للفصول، والنظام الاوتوماتيكي للمبني يمنع استخدام أنظمة التبريد والتدفئة اثناء فتح الشبابيك.

يتم وضع سخانات المياه الشمسية على أسطح المبني لتدفئة المياه وقت احتياجها [١٣].

شكل رقم (٨) المداخن الزجاجية والالواح الشمسية بمدرسة سيدويل

رابعاً: جودة البيئة الداخلية

يحتوي الجناحين الحديثين بالمبني على مداخن شمسية زجاجية أعلي الفصول الدراسية لتحسين التهوية داخلها بالإضافة إلى تغطية النوافذ بالألواح الشمسية الزجاجية التي تمد المبني بالتهوية الطبيعية. يتم سحب الهواء البارد من شبابيك الواجهة البحرية لخارج المبني من خلال التيار العكسي الناتج من تسخين الهواء السلبي بالمداخن الشمسية الزجاجية. مما يؤدي ذلك لتحسين جودة الهواء الداخلية وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بالداخل [١١].

خامساً: المواد والموارد

تم استخدام مواد متينة وأنظمة بناء لا تحتاج لصيانة دورية. وتم استخدام خامات دهانات داخلية عازلة للحرارة. وتم استخدام الاخشاب الطبيعية في كلاً من (الأثاث، الأبواب، الشبابيك، الارضيات)[١٢].

سادساً: الأنظمة التقنية

ومن خلال صفحة المدرسة على شبكة الإنترنت، يكشف الوصول المباشر إلى "لوحة معلومات البناء" عن الوقت الحقيقي والبيانات التاريخية عن استهلاك الطاقة وإنتاجها، واستخدام المياه، وإعادة الاستخدام وإعادة تدوير النفايات، ومعلومات الطقس. وفي الممر الرئيسي بالمبنى الجديد، تشرح لوحة العرض الملامح البيئية للمواد الأساسية المستخدمة في البناء، وبالتالي تعلم الطلاب أهمية معرفة مصدر كل مادة وتأثيراتها البيئية وسماحها.

تطوير وأضافه أنظمة الامن والأمان بالمرفق القديم مثل (نظام الحريق – نظام المراقبة) بالمرفق القديم وإضافة نظام الإطفاء الذاتي بالمبني القديم والجديد.

تفعيل نظام التحكم بالدخول من خلال الكروت الممغنطة لكل المعلمين والطلاب، وتفعيل نظام الحضور بالبصمة بالفصول [١١].

٨. العمارة الذكية للمباني التعليمية في مصر بين الواقع والمأمول

يمر المجتمع المصري بعدد من التحديات على مختلف المستويات السياسية والاجتماعية والاقتصادية. ومع النمو السكاني السريع، تزداد المشكلات البشرية كالإسكان والتعليم والصحة في ظل القدرات البيئية والمادية المحدودة، فضلاً عن ذلك فإن مصر تواجه تحدياً كبيراً فيما يتصل ببناء مهارات وقدرات أبنائها في إطار نظام تعليمي ناضج، والذي يعاني من التأخر في مساعدتهم على التغير إلى مواطنين صالحين والعمل من أجل بناء مجتمع مترابط.

إن تصميمات مدارسنا العامة لا تضع في الحسبان كيفية بناء إنسان يشارك بالمجتمع ويشعر بأهمية المكان أويهتم بالوعي البيئي، ومن أجل التثقيف والاستدامة فإن البيئة المبنية تحتاج إلى توضيح الترابط والمسئولية تجاه البيئة والمجتمع بأسره. لم يركز الاصلاح التعليمي بمصر إلا على المناهج الدراسية التي جرى تعزيزها واستكمالها، ومع ذلك لم يُول سوى قدر ضئيل من الاهتمام للبيئة المادية للتعلم، ولم يتم بناء المدارس لتعزيز الصحة، والراحة، والأداء، بل لتحقيق الحد الأدنى من أداء التصميم بأقل تكلفة.

قامت الحكومة المصرية من خلال الهيئة العامة للأبنية التعليمية بتصميم نماذج مدرسية مختلفة لجميع المستويات التعليمية بعد زلزال عام ١٩٩٢، وتستمر الحكومة في الاعتماد بشكل كبير على النماذج الأولية المنسوخة نسخاً متماثلاً دون التفكير في تطويرها ولا دراسة الابعاد البيئية لهذه التصميمات لتوفير الوقت والمال. لكن عندما يتم التعامل مع مشاكل التصميم بالحلول المكانية المحددة سلفا فإن الاحتمالات الإبداعية للتصميم المستدام الجديد تكون مقيدة، وتستبعد مدخلات الطلاب والمعلم والمجتمع.

٨-١. نموذج من المدارس الخاصة (مدرسة المنيا البريطانية) Menya British School

تم اختيار هذا النموذج لأحد المدارس الخاصـــة المتطورة والحديثة نســبياً والتي يمكن الاســتفادة من تجربتها.

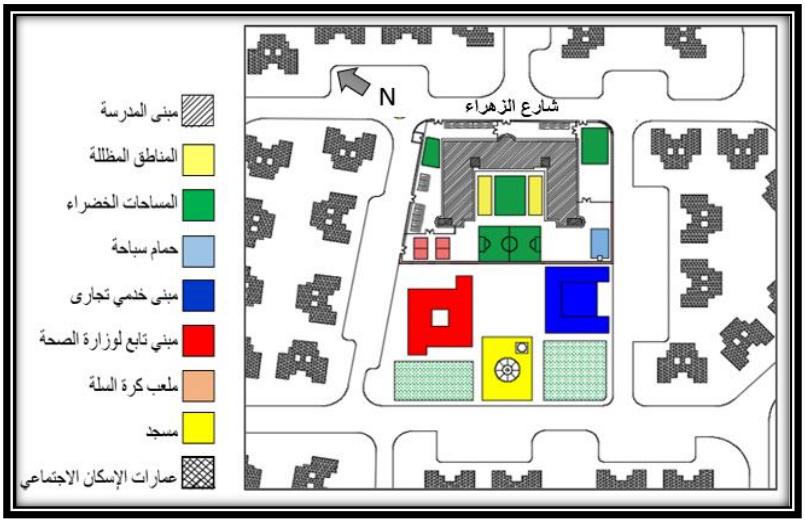
جدول رقم (٥) نموذج من المدارس الخاصة بالمنيا

التعريف بالمدرسة:
• تقع المدرسة بمنطقة زهراء المنيا الجديدة بمحافظة المنيا، وسط مجموعة من مباني الإسكان الاجتماعي التابعة لمدينة المنيا الجديدة، البوابة الرئيسية للمدرسة تطل على شارع رئيسي يسمي شارع الزهراء بعرض ٣٠ متر. • صمم المبني ليكون مبني تعليمي لكل المراحل التعليمية من رياض الاطفال إلى الثانوي مكون من ثلاثة ادوار حيث يشتمل على جميع الفصول الدراسية والمعامل بكل أنواعها والمكاتب

الإدارية ومساحة الاستقبال والعيادة والمكتبة ودورات المياه تربط كل هذه الخدمات طرقات مغلقة بأبواب لفصل كل مرحلة تعليمية وخدماتها عن الأخرى.

شكل رقم (٩) مبني مدرسة المنيا البريطانية

- يتكون كل صف من ثلاثة فصول تعليمية حيث يتراوح اعداد الطلاب من ٢٥: ٣٠ طالب بالفصل.
- يندرج شكل المبني تحت مسمي (U Form) حيث تكون مساحات التعلم كلها داخلية.
- صمم الدور الأرضي ليحتوي على ثلاثة مداخل منفصلة (مدخل لرياض الأطفال – مدخل للتعليم الأساسي – مدخل للثانوي) نظراً لاختلاف الاعمار بينهم وثلاثة مخارج للفناء.



- شكل رقم (١٠) الموقع العام لمدرسة المنيا البريطانية والمباني المحيطة بها

التصميم المعماري للمدرسة:

- ينقسم الطابق الأرضي الي ثلاثة اقسام تفصلهم عن بعض الابواب، القسم الأول يحتوي علي ستة فصول لرياض الأطفال وغرف المدرسين ودورات المياه، اما القسم الثاني به الاستقبال والغرف الخاصة بالإدارة والقسم الثالث به فصلين للصف الثانوي والمكتبة ومعمل اللغات.

شكل رقم (١١) المسقط الأفقي للدور الأرضي للمدرسة البريطانية موضحاً تقسيم الفراغات

- أما الطابق الأول العلوي فينقسم الي قسمين منفصلين، القسم الأول خاص بمرحلة التعليم الأساسي ومكون من خمسة عشر فصلاً وغرف المدرسين، اما القسم الثاني يضم فصلين للتعليم الثانوي وصالة متعددة الأغراض وثلاثة غرف لمعامل العلوم والحاسب الالي. والطابق الثاني العلوي يحتوي على اثنا عشر فصلاً للتعليم الأساسي ومعمل العلوم ومعمل اللغات والمكتبة وخمسة فصول للمرحلة الثانوية ومعامل الفيزياء والكمياء والفصل الذكي.
-

الفصول الدراسية:

- يعتبر تصميم جميع الفصول مغلق تماماً بالحوائط والابواب والشبابيك ولا توجد وسيلة اتصال مباشره (أبواب) بين فصول الدور الارضي والفناء، فيمكن الوصول للفناء من خلال الطرقات فقط، وهذه الخاصية لا تعزز الاتصال بين الطالب والفراغات الخارجية.
- اعتماد نسبة كبيرة من الفصول على الإضاءة الطبيعية ولكن لا توجد كاسرات للشمس او مظلات لذلك يحتاج الطلاب لغلق الستائر واستخدام الإضاءة والتهوية الصناعية في كثير من الأحيان.
- هناك مرونة في التصميم تسمح بتغيير طرق فرش المساحات الداخلية.
-

شكل رقم (١٢) اعتماد اغلب الفصول على الإضاءة الطبيعية لفترة
قصيرة من الوقت ثم اللجوء للإضاءة والتهوية الصناعية بالمدرسة البريطانية

- توفير السبورة الذكية وهي عبارة عن شاشة عرض (لوحة) إلكترونية حساسة بيضاء يتم التعامل معها باستخدام حاسة اللمس (بإصبع اليد أو أقلام الحبر الرقمي) ويتم توصيلها بالحاسب الآلي

وجهاز عارض البياناتData Show حيث تعرض وتتفاعل مع تطبيقات الحاسب المختلفة المخزنة على الحاسب أو الموجودة على الإنترنت سواء بشكل مباشر أو من على بعد. وذلك هو ما يميز مدرسة المنيا البريطانية عن غيرها من المدارس، حيث تساعد المعلم على توصيل المعلومات بطريقه أسرع وأسهل للطلاب وتحويل عملية التعليم من عملية صعبة وشاقة إلى أخرى شيقة ومثيرة تجذب الطالب وتشد اهتمامه وتحفز المشاركة التفاعلية بين الطلاب والمعلم. ايضاً إمكانية ربط أكثر من سبورة مع إضافة كاميرا لعقد دروس مشتركة بين الفصول عن بعد، مما أدي الي الارتقاء بعملية التعليم لتتماشى مع متطلبات العصر وحاجة الطلبة لتوظيف التكنولوجيا.

- تقنية الفصل الذكي هي تقنية حديثة بالمدرسة تم توفيرها من سنة واحدة فقط وهي شاشات لمس تمكن الطلاب من تلقى الدروس وتنفيذ الأنشطة المطلوبة أينما يحتاج لأنها تسمح بتخزين كافة المناهج الدراسية واسترجاعها أي وقت من خلال حساب شخصي لكل طالب، وتسمح ايضاً بعرض ما يشرحه المدرس لكل طالب على حدي، وتمكن المعلم من الدخول على كل جهاز منفصل لتوضيح التعديلات لكل طالب منفرداً.

شكل رقم (١٣) معمل اللغات (السمعيات) والفصل الذكي بالمدرسة البريطانية

الاستدامة الاجتماعية:

- تقوم إدارة المدرسة ببعض من الأنشطة المجتمعية التي يتشارك بها الطلاب في الحفلات الخاصة ببداية العام الدراسي والأعياد القومية والمناسبات العامة والمخيمات التي تقام بالمدرسة وتسمح بمشاركة أولياء الأمور والمديرين للقطاعات التعليمية والمسؤولين بالمحافظة. ومن ناحية اخري تقوم ببعض من الرحلات للقري الفقيرة التابعة لمحافظة المنيا التي تشجع الطلاب على مساعده الأطفال الفقراء من خلال تقديم المواد الغذائية في رمضان والملابس خصوصا في فصل الشتاء لتنمية روح المشاركة والتعاون بين الأطفال.

الاستراتيجيات الخضراء وقياس الاستدامة:

اولاً: الموقع

- تقع المدرسة وسط منطقة سكنية جديدة تسمي الامتداد بزهراء المنيا الجديدة، يحيطها مجموعة من عمارات الإسكان الاجتماعي الجديدة حيث يكون المناخ شديد الحرارة صيفاً وشديد البرودة شتاءً، مما يجعل الطلاب يستخدمون التكيفات اغلب الأوقات بالفصول الدراسية والفراغات عموماً بالمدرسة.
- يتكون الفراغ الخارجي للمبني (الفناء) من ملعب خماسي وحمام سباحة ومنطقة نجيله مظللة لاستخدامها في القيام بالألعاب الرياضية ومساحة مخصصة لإقامة طابور الصباح.

شكل رقم (١٤) يبين المساحة الخاصة بحمام السباحة المنطقة المظللة بالمدرسة البريطانية

ثانياً: المياه

- تعتمد المدرسة على شبكة المياه والصرف الصحي بمنطقة الامتداد بزهراء المنيا الجديدة مثل أي مبني بالمدينة ومتصلة بالشبكة العمومية.

ثالثاً: الطاقة

- صمم المبني ليعتمد على نظام التهوية الطبيعية من خلال النوافذ العريضة القابلة للفتح، ولكن لا توجد بالواجهات كاسرات شمس او مظلات لحجب الاشعة المباشرة من الدخول للفصول، لذلك يضطر الطلاب لاستخدام المراوح او التكيفات عند غلق الستائر لحجب الاشعة.
- يستخدم ايضاً التكيفات في تدفئة الفصول في فصل الشتاء احياناً.
- تستخدم معظم أنظمة الإضاءة المصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة. ولكن لا يوجد بالمبني أي من أنظمة التحكم التلقائية.

رابعاً: جودة الهواء الداخلي

- توفر التهوية الطبيعية بيئة داخلية صحية للطلاب.
- صمم المبني بنوافذ عريضة ذات شفافية تسمح بدخول ضوء كافي من الإضاءة النهارية.

خامساً: المواد والموارد

- صمم المبني بالكامل من الخرسانة المسلحة والطوب الطفلي واستخدام ألوان الدهانات البلاستيكية للجدران الداخلية والخشب الطبيعي للشبابيك والابواب، والارضيات من السيراميك اللامع اما الجدران الخارجية استخدم مادة (السافيتو) من اللون الأحمر والاصفر.
- ارضيات المساحات الخضراء والملعب من النجيل الصناعي.
- اما المقاعد الخاصة بالطلاب صممت من خامات بلاستيكية مضادة للبكتيريا لتوفير صحة أفضل للمستخدمين.

سادساً: الجوانب التقنية

- اما عن نظام انذار الحريق، تم وضع حساسات كشف واستشعار الدخان والحريق بجميع الفصول والمعامل والطرقات ولكن لا توجد أجهزة إطفاء ذاتية تعمل اوتوماتيكياً عندما يعمل الإنذار فلابد من استعمال الطفايات اليدوية المعلقة بجميع الطرقات بالمدرسة أي انه نظام غير متكامل..

- توجد كاميرات مراقبة بالممرات والفصول والمعامل والفناء لمراقبة جميع الفراغات ومعرفة أماكن الحريق عند الحدوث وايضاً لمراقبة مبني المدرسة ليلاً.
- تعتبر أنظمة التبريد والتدفئة بالمبني لامركزية (كل فراغ قائم بذاته)، مما يجعلها صعبة التحكم فيها عن بعد من خلال نظام إدارة مخصص.
- اعتماد دورات المياه على السخانات الكهربائية لتسخين المياه.

تحليل مدي تطبيق نظام الاستدامة بتصميم المدرسة:

١- (الجوانب الإيجابية): هناك عدة جوانب إيجابية تميز المدرسة على النحو التالي:

- التصميم الذكي لمعامل اللغات في نظام التعليم.
- المشاركة المجتمعية وتنمية روح التعاون لدى الطلاب.
- الإضاءة الطبيعية لأغلب الفصول الموجه منهم ناحية الشمال.
- وجود نظام إنذار مقاومة ضد الدخان والحريق.
- وجود نظام مراقبة كامل بالمبني والفناء.
- عدد الطلبة بالفصل الواحد مناسب جدا للتعامل مع المدرس والاستفادة منه ومشاركة الطلاب بالأنشطة المطلوبة اثناء الدراسة بسهولة (متوسط ٢٥ طالب).
- وجود السبورة الذكية التي تساعد المعلم على توصيل المعلومات بطريقه أسرع للطلاب وتحويل عملية التعليم من عملية صعبة وشاقة إلى أخرى شيقة ومثيرة.
- استخدام المصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة بجميع الفصول والمعامل.

٢- (الجوانب السلبية): على الرغم من إمكانيات المدرسة كمدرسة خاصة متميزة بالمدينة الا أنها لا تزال تفتقر لعدة مزايا مما تمثل عائق لتحقيق مدرسة ناجحة ومستدامة:

- التسخين بنظام الطاقة الشمسية والاعتماد على الكهرباء في السخانات العادية على الرغم من وجود المدرسة بمنطقة شديدة الحرارة وعدم الاستفادة من التسخين بالطاقة الشمسية كمصدر للطاقة النظيفة والغير مكلفة.
- لا يوجد نظام لإعادة تدوير استخدام المياه في النظافة او الري مما يمثل اهدار كبير لها.
- الاعتماد على التدفئة والتبريد باستخدام أجهزة التكييف مما يمثل تكلفة عالية واهدار كبير للطاقة من خلال استهلاك كبير للكهرباء.
- لا يوجد نظام حديث خاص بتجميع المخلفات والتخلص منها ولا التنسيق مع الجهات المختصة بالمدينة لأعاده تدويرها ويعتمد على متعهد جمع القمامة والتخلص منها.
- لا يوجد نظام إطفاء ذاتي للحريق بالمدرسة ولكن يوجد نظام يدوي.
- لا تعتمد المدرسة على أي أنظمة من أنظمة توفير الطاقة.
- لا توجد كاسرات للشمس بالواجهات الغربية والقبلية لحجب اشعة الشمس المباشرة عن الفصول.
- لا يوجد بالشبابيك زجاج ذكي لكي يستطيع امتصاص اشعة الشمس الساقطة عليه وتغير لونه مباشرة.
- لا توجد مستشعرات وخلايا للتحكم اوتوماتيكياً في الإضاءة لتوفير الطاقة.
- لا توجد بدورات المياه صنابير حفظ المياه التي تعمل بالخلايا، ولا مراحيض مزدوجة الغسل التي ترشد استهلاك المياه.
- لا توجد ساحات دراسة خارجية للطلاب لكي تساعدهم على التواصل البيئي.

- لا توجد وسيلة اتصال مباشرة لفصول الدور الأرضي برياض الأطفال بالفناء الا من خلال الطرقات العريضة وهذا لا يعزز اتصال الطالب بالبيئة الطبيعية من حوله وهي أحد عناصر فصول مرحلة رياض الأطفال الهامة.
- عدم تدريب الطلاب والمعلمين على كيفية التصرف اثناء حالات الطوارئ (الحرائق – الزلازل)، وكيفية استخدام سلالم الهروب نظراً لقلة الوعي لدى المسئولين.

٨-٢. الواقع والمأمول للتجربة المصرية ومتطلباتها المستقبلية

يمكن تقسيم الواقع والمأمول للتجربة المصرية من خلال محورين أساسيين من خلال الدراسة التطبيقية للمدرسة المصرية او التجارب السابقة وذلك على النحو التالي: -

اولاً: المأمول من خلال الدراسات التطبيقية للمدرسة المصرية التي تم عرضها يمكن تحديد واقع المدارس الجديدة والحديثة في مصر والتي بالتأكيد هي أحسن حالاً من المدارس الحكومية التي نراها بالعين من حولنا وذلك على النحو التالي:

- اعتماد المباني على استخدام نفس مواد البناء (الخرسانة والطوب الطفلي) وعدم الاهتمام بتشكيل ودراسة الواجهات.
- عدم تخصيص أماكن انتظار للسيارات داخل موقع المدرسة، وعدم تشجيع وسائل النقل البديل مثل الدراجات الهوائية للطلاب.
- اهمال أرضية الساحات الخارجية (الافنية) وعدم تشطيبها (وتركها رمال) مما يؤدى الى تلوث الهواء وخصوصاً بالمدارس الحكومية.
- وجود عدة مداخل بالمدرسة ولكن في الواقع يتم استخدام مدخل واحد فقط وغلق الباقي بشكل يصعب فتحها في حالة الطوارئ.
- انعدام الاستدامة الاجتماعية في اغلبية المدارس خصوصاً الحكومية كتخصيص جزء من المدرسة ليتم استخدامه من قبل سكان الحي مثل الملاعب او إقامة المناسبات والاحتفالات.
- انعدام خاصية الشفافية في ربط البيئة الداخلية مع الخارجية خاصة في الفصول الدراسية.
- الاعتماد الكلى على الوسائل الميكانيكية في الإضاءة والتهوية.
- نوعية الأثاث المستخدم لا تسمح بمرونة تحريكه داخل الفراغ الواحد.
- افتقار المباني المدرسية (خصوصا الحكومية) إلى الفراغات التكميلية المساعدة مثل الصالة متعددة الأغراض والمسرح والحدائق والملاعب وغرف الموسيقى والرسم.
- عدم الاهتمام بمواد التشطيب والاثاث للفراغات التعليمية بالمدارس الحكومية خصوصاً الفصول الدراسية وذلك لتقليل التكلفة على حساب راحة المستخدمين للفراغ.
- عدم الاهتمام بجانب الامن والسلامة بالمدارس الحكومية والخاصة كوضع نظام لإطفاء الحريق اوتوماتيكياً خصوصاً في المدارس ذات النظام المغلق.
- جميع المدارس الحكومية تتمثل ساحتها الخارجية في ساحة الطابور وهي الساحة الوحيدة لممارسة جميع الأنشطة وايضاً عدم وجود ساحات مظللة للجلوس بالفناء.
- انعدام عناصر تنسيق الموقع وخاصة المساحات الخضراء والأشجار والمسطحات المائية داخل الساحات المدرسية وعدم الوعي بأهميتها خصوصاً بالمناطق شديدة الحرارة كعنصر محفز للبيئة التعليمية ويعمل على تقليل درجات الحرارة.
- اتباع النظم التقليدية في الري والصرف الصحي وتصريف مياه الأمطار.
- عدم وجود أي من أنظمة وتقنيات ترشيد استهلاك المياه.
- لا يوجد أي اهتمام بطريقة تجميع النفايات وتدويرها واتباع الطرق التقليدية للتخلص منها.
- لا يؤخذ في الاعتبار إمكانية التوسع المستقبلي.

ثانياً: المأمول من خلال مراجعة التجارب السابقة والوقوف على الإمكانات المتاحة يمكن التوصل الى بعض الحلول والمعايير التي يجب تطبيقها في المدارس المصرية وذلك على النحو التالي:

أ) من ناحية دور الجهات الحكومية

- وضع خطة مدروسة لإعادة تأهيل المدارس القائمة حالياً وعدم الاقتصار على المدارس التي ستنفذ مستقبلاً.
- التوعية بأهمية الاستدامة والعمارة الذكية من قبل وسائل الاعلام.
- توعية ادارة المدارس بأهمية التطوير وملاحقة المستجدات وتذليل كافة الصعوبات المعترضة.
- الاهتمام بتطوير معايير تصميم المدارس وفقاً لمعايير الاستدامة.
- عدم اقتصار التصميمات على نماذج هيئة الأبنية التعليمية المكررة دون توافقها مع الموقع المقام به المدرسة والاعتماد على تصميمات من خلال مسابقات معمارية.

ب) من الناحية البيئية لتقليل استهلاك الطاقة

- وضع ضوابط تصميمية خاصة بالتصميم البيئي المناخي، تكون ملزمة للتطبيق كأحد شروط التراخيص للتقليل من استهلاك الطاقة الصناعية.
- ضرورة الاستفادة من التجارب العالمية في انشاء المدارس المستدامة.
- ترسيخ مفاهيم الاستدامة والمحافظة على البيئة لدي المعلمين والاداريين والطلاب وتعزيز ذلك بدمجه ضمن المناهج التعليمية بالوزارة.
- اشتراك المعلمين في دراسة قضايا جودة البيئة وعمل دورات توعية لهم.
- الاستغلال الأمثل للأسطح عن طريق الزراعة لتقليل الكسب الحراري، ووضع سخانات شمسية وتصريف مياه الامطار لتخزينها بخزانات أرضية تستخدم في الري ودورات المياه.
- الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة.
- تكوين لجنة من شأنها الاهتمام بالصيانة الدورية للأنظمة الخاصة بالمياه والطاقة والإضاءة للعمل بكفاءة جيدة تجنب هدر الطاقة.

ج) من الناحية التصميمة

- الأخذ بالاعتبار توجيه المبني خصوصاً الفصول لمراعاة (التهوية والانارة ودرجة الحرارة وشدة الاشعاع الشمسي وزاوية السقوط).
- استخدام النظام المفتوح لتصميم المدارس لخلق اتصال بصري بالطبيعة والتهوية الجيدة والاضاءة الطبيعية.
- اعداد نماذج ومقترحات تخطيطية تتناسب مع الظروف المحلية، الاقتصادية والبيئية المختلفة لتسهم في تطوير وتحسين المدارس المقامة سابقاً في مصر.
- ادخال بعض من التحسينات في البيئات المدرسية في حدود الإمكانيات المادية المتاحة مثل (ادخال عنصر التشجير لتقليل الكسب الحراري - استخدام مواد العزل الحراري في المباني - استعمال التبريد بالمياه باستعمال مكيفات الهواء بالمياه قليلة التكلفة).
- عدم استخدام الاسفلت او الرمل في تشطيب ارضيات الافنية واستعمال خامات صحية تقلل من الانبعاثات الحرارية.
- توفير أماكن انتظار للسيارات والدراجات داخل سور المدارس.
- ترطيب الجو الخارجي باستعمال المسطحات المائية المحاطة بالسور والأشجار ذات الأوراق الكثيفة لتعمل على تظليل الساحات الخارجية صيفاً.

- ضرورة الأخذ في الاعتبار مرونة التصميم للفراغات الداخلية لتسمح بتوفير مساحات للحركة داخل الفصل بارتياح وتغيير وضع الفرش.
- الاستعانة بمختص عند تصميم الصوتيات والإضاءة الخاصة بالفراغات التي تتطلب معالجات خاصة مثل المسرح وغرف الرسم والموسيقى والمكتبة وكذلك الفصول.
- مراعاة التوسع المستقبلي عند عملية التصميم راسياً وأفقياً لتقبل تغيرات العملية التعليمية ومواكبة التطور.
- تصميم مكان داخل المدرسة مخصص لتجميع النفايات في حاويات خاصة حسب النوع بشكل منفصل لإعادة تدوريها واستخدامها مرة اخري.
- اختيار مواد تشطيب مناسبة للاستخدام مثل استعمال (النجيل الصناعي بدلاً من الطبيعي) في بعض الفراغات لتقليل الأعباء الناتجة عن استعمال الطبيعي مثل اعمال الصيانة والري، واستعمال البلاطات المطاطية الملونة لأكساء ساحات اللعب لحماية التلاميذ.

٩. النتائج العامة والتوصيات

في ضوء ما تقدم عرضه بالبحث ودراسة لبعض النماذج التعليمية خلصت الدراسة الي بعض من النتائج والتوصيات الاتية:

٩-١. النتائج

- يمكن تقسيم التطور التاريخي للعمارة الذكية في العالم منذ بداية ظهورها حتى الآن الي ثلاث حقبات زمنية كالتالي: -
  - الفترة الأولى عام ١٩٨٠، حيث ظهرت المباني الذكية في الولايات المتحدة الأمريكية وأرتبط بتكنولوجيا المعلومات مع أنظمة التحكم في المبنى وكان أحد أمثلتها التطبيقية بالبحث المبنى المنفذ للمعماري Jean Nouvel سنة ١٩٨٠بباريس بفرنسا.
  - الفترة الثانية في منتصف الثمانينات، وكان التركيز على التحكم في أنظمة الإضاءة والتدفئة والتبريد لخلق البيئة المناسبة للأفراد، وكان أحد أمثلتها التطبيقية بالبحث المبنى المنفذ للمعماري David Boyed سنة ١٩٨٦ بطوكيو باليابان.
  - الفترة الثالثة في بداية التسعينات حتى منتصف التسعينات وتم خلالها حل معظم المشاكل المتعلقة بتكنولوجيا المعلومات، فحدث تقدم سريع في تشييد المباني الذكية، وكان أحد أمثلتها التطبيقية بالبحث المبنى المنفذ للمعماري نورمان فوستر سنة ٢٠٠٤ بوسط لندن بإنجلترا.
- تم تعريف المدارس الخضراء في الولايات المتحدة الامريكية، بأنها البيئة الصحية المواتية للتعلم توفر الطاقة والموارد، والهواء النقي ودرجات الحرارة المريحة والضوء الوفيرة والعزل عن الضوضاء وزيادة كفاءة الموارد وتقليل التلوث.
- تضمن البحث دراسة وتحليل أحد النماذج التعليمية الذكية وهى مدرسة أصدقاء سيدويل المنفذة في واشنطون للمعماري Kieran Timberlake Associates والتي حصلت على شهادة (LEED) في عام ٢٠٠٧ نظرا لاعتبارها من افضل ١٠ مدارس ذكية على مستوي العالم.
- توصل البحث الى عرض المأمول للتجربة المصرية وفقا للمتطلبات المستقبلية من خلال محورين أساسيين اعتمادا على الدراسة التطبيقية للمدرسة المصرية أو التجارب السابقة كاعتبارات أساسية يجب مراعاتها للتوصل الى المدارس الذكية المستهدفة.
- هناك اهمية لمعرفة الأبعاد التقنية للمباني الذكية وحصر وتصنيف تقنياتها والتعرف على كيفية تصميم المبنى الذكي وكيفية قياس ذكائه وتقييم ادائه ومعرفة العلاقة التكاملية بين المباني الذكية والخضراء وادوار فريق البناء في المبنى الذكي
- هناك حاجة إلى دليل استرشادي لتوطين نظم وتقنيات المباني الذكية، حيث يمكن المعماريين المحليين وأطراف العملية المعمارية (مصممين ومنفذين وانشائيين) من التعرف على كيفية توطين المباني

الذكية لتقنياتها من تحديات ينبغي أخذها في الاعتبار في المراحل المختلفة بدايةً من تصميم المبنى وتنفيذه وانتهاءً بالصيانة المستمرة له بعد التشغيل.

- هناك أهمية لاعتبار المدارس الخضراء اداه تعلمية للتعلم البيئي لتساعد الاجيال الجديدة على تطوير المهارات اللازمة لمعالجة المشاكل البيئيه والمحافظة على الموارد الطبيعية والبيئية من خلال تصميم المدارس المستدامة كأداة تعلمية.

٩-٢. التوصيات

- ضرورة تتبني الجهات الحكومية لهذا التوجه الحديث في تصميم وتنفيذ جميع المباني التعليمية التي ستقام في الفترات القادمة.
- ضرورة قيام المعاهد المتخصصة في البحوث والبناء بأعداد كود مخصص للمباني التعلمية المدرسية الذكية.
- الاهتمام بدور الاعلام من خلال توعية المواطنين ومعرفتهم لمفهوم الاستدامة ومميزاتها واهميتها بالمجتمع.
- قيام الجهة الحكومية بمبادرة المدارس الخضراء لتشجيع الطلاب على المشاركة في حصول مدارسهم على لقب المدرسة الخضراء ومنح جوائز وشهادات تقديرية للقائمين على العمل في هذه المبادرة.
- وضع خطة مدروسة لإعادة تأهيل المدارس القائمة حالياً وعدم الاقتصار على المدارس التي ستنفذ مستقبلاً.
- توعية ادارة المدارس بأهمية التطوير وملاحقة المستجدات وتذليل كافة الصعوبات المعترضة.
- ضرورة توجيه الممارسين والمصممين بتطوير طريقة عملهم لتحقيق الاستفادة المناسبة من الأنظمة والإمكانيات الحديثة.
- ضرورة عمل توعية على مستوي المعماريين بالتكنولوجيات الحديثة بشكل عام وبالعمارة الذكية بوجه خاص، بحيث يعي المعماري اهمية العمارة الذكية ودخولها كأداة تصميمية جديدة لمساعدته على حل ما قد يواجه من مشكلات في مرحلة التصميم.
- من الأهمية ان يكون المعماري علي دراية بالتكنولوجيات الجديدة لأنها قد تكون معيار من معايير التصميم، وأداه مهمة تساعده في حل ما قد يواجه من مشكلات في التصميم.
- عمل دورات تدريبية للعاملين والفنيين لأعداد كوادر فنية تقوم بعملية التشغيل والصيانة.
- ادخال بعض من التحسينات في البيئات المدرسية في حدود الإمكانيات المادية المتاحة.
- ضرورة عمل أبحاث مستقبلية لتطوير المباني التعليمية المدرسية للاتجاه نحو العمارة الذكية.

المراجع

[١]. أسماء مجدى محمد، (٢٠١١)." العمارة الذكية - دراسة حالة المبانى الإدارية "، بحث غير منشور للحصول على درجة الماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.

[٢]. هالة عبد المعز محمد، (٢٠١٢). "الملقف الألكترونى كمدخل لحل إشكاليتى التهوية و الطاقة"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.

[٣]. خالد على يوسف ،(٢٠٠٦). "العمارة الذكية - صياغة معاصرة للعمارة المحلية"، بحث غير منشور للحصول على درجة الدكتوراه، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة اسيوط، مصر.

[٤]. إيمان على الجهمى، (٢٠١٣)."عوامل تطبيق أنظمة المبانى الذكية فى شبه جزيرة سيناء " دراسه تحليلية لمنطقة وسط سيناء. رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.

[٥]. نيرفانا أسامة حنفى، (٢٠١١). "أسس و معايير تصميم المبانى الذكية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.

[٦]. محمد عصام الدين على حافظ، (٢٠٠٤)."التطور التكنولوجي كمدخل لعمارة القرن الواحد والعشرين "، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.

[٧]. على محمد البدري (٢٠١٠). "دراسة الخصائص التركيبية للأنظمة الذكية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، مصر.

[٨]. زينب محمود عبد السلام (٢٠١١). "دراسة تحليلية لنظم وتقنيات المبانى الذكية". رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامة اسيوط، مصر.

[٩]. ماجدة بدر أحمد إبراهيم، (٢٠١٢). "العمارة الذكية - كمدخل لتطبيق التطور التكنولوجى في التحكم البيئي وترشيد استهلاك الطاقة بالمبانى – دراسة تحليلية لتقييم الأداء البيئي للمبانى الذكية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.

[10]. Wang, S. (2010)," Intelligent Buildings and Building Automation", Spon Press – an Imprint of Taylor & Francis Group, Oxon, USA.

[١١]. ريم عكاشة محمد، (٢٠١٦). "المدارس الخضراء لدعم التعليم البيئي – إمكانية استخدام المبني كاداه تعليميه"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الزقازيق، مصر.

[12]. Drake, E., M. Goyak, et al. (2009-2010). Charter School Patterns of Innovation: A New Architecture for a New Education, Ball State University.

[13]. (AIA), t. A. I. o. A. (2007). "Sidwell Friends Middle School." AIA Committee on the Environment Top Ten Projects Retrieved 12/10/2013, from http://www.aiatopten.org/node/140

[14]. www.sidwell.edu/middle_school/ms-green-building/index.aspx.

[١٥]. إسماعيل احمد عامر،(٢٠١٢). "بحث منشور بمجلة القطاع الهندسى لجامعة الازهر – المجلد السابع – عدد ٢٥ – أكتوبر ٢٠١٢ – (ص ٢١٩٥ – ص ٢٢٠٦).

JES, Assiut University, Faculty of Engineering, Vol. 49, No. 2, March 2021, pp. 131-155

Generations of Intelligent Architecture and the Future of Smart Schools in Egypt between Reality and Hope.

Norhan Ahmed Elbadawy[1], Mohanad Mohammed Elagami[2]

[1]*Demonstrator at Elminya High Institute for Engineering and Technology, Al-Minya, Egypt*
[2]*Professor, Architecture Engineering Department, Faculty of Engineering, Minia University, Minia, Egypt*
elagami5@yahoo.com, eng.norhanelbadawy@hotmail.com

Received 20 January 2021; Revised 28 January 2021; Accepted 30 January 2021

ABSTRACT: In the early eighties of the last century, information technology was integrated into buildings, and the result of this merger appeared in what is known as smart buildings, and until recently, smart building technologies were intended to employ computer technologies, communication means and knowledge in integrating building systems, until the concept of responding to the desires of users appeared, Hence, the concept of smart buildings became buildings that respond to user requirements. The research presents the concept of smart architecture in different times and places and an explanation of the most important characteristics of smart architecture and the extent of the need for smart buildings in our lives, where the needs and necessities have multiplied to the existence of an advanced smart system for multiple uses with the help of the development of modern technologies and technology in various fields.
The research clarifies the elements of the smart system and the idea of work and the concept of integration in smart systems, and through the identification of the generations of smart architecture, the historical development of smart architecture can be divided from the beginning of its emergence in the eighties until now through three generations. The research is concerned with the topic of (smart) green schools, which can act as an educational tool for environmental education and help the new generation to develop the skills needed to address environmental problems and preserve natural resources. The research focuses on identifying the general characteristics of green schools and the criteria for their establishment by presenting and Analyzing a model of green schools, which is considered one of the ten best smart schools in the world. The research discusses the possibility of applying smart architecture in educational buildings in Egypt by presenting and analyzing a model of modern Egyptian schools that can benefit from its experience to find out the available capabilities and reach to some solutions and to define the standards that must be applied in Egyptian schools from the environmental point of view to reduce energy consumption and from the design aspect, and to define the role of government agencies.

KEYWORDS: Intelligent Architecture - Generations of Intelligent Architecture - Green school buildings - Green school design standards.