مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٤) العدد (٢) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (2) 2020

دور الخلايا الشمسية في تشكيل الكتل المعمارية

هاني ودح *
رؤى شحود **

(تاريخ الإيداع ٩ / ٧ / ٢٠١٩ . قُبل للنشر ٢٧ / ٢ / ٢٠٢٠)

ملخص

أثرت مظاهر التكنولوجيا في العمارة المعاصرة، وخاصة ما يتعلق بمنظمة التحكم البيئي، والمنظومات الشمسية هي أحد أنظمة التحكم البيئي؛ فهي تقع ضمن مجموعة المفاهيم المتعلقة بتكامل المبنى مع البيئة؛ نظراً لاستخدامها مصادر الطاقة المتجددة الصديقة للبيئة. وكما هو معروف فإن سوريا تعاني مشكلة في الطاقة الكهربائية بسبب الاعتماد الأكبر على النفط خصوصا الفترة الحالية.

يهدف البحث إلى التعرف على أساليب التكامل المعماري بين التصميم المعماري والخلايا الشمسية وكيفية الاستفادة منها في تعزيز الجمال في شكل المنتج المعماري النهائي، ودراسة مواقع تركيب الخلايا الشمسية بحسب أنواعها في التشكيل المعماري للمباني. وعمل موازنة بين تحقيق الجانب الشكلي لجمال المباني مع توفير الطاقة المطلوبة من الخلايا. يعد نظام الطاقة الشمسية من أفضل الأساليب والحلول لحل مشكلة الكهرباء في سوريا؛ لقدرته على توليد الطاقة الكهربائية النظيفة؛ ومن الناحية الاقتصادية لأنها أوفر اقتصاديا على المدى البعيد، ومن الناحية الجمالية حيث تؤثر في الشكل العام للمبنى والفضاء الخارجي والداخلي، وكذلك من حيث اللون والملمس، وتعبر عن الحداثة والرقي.

بذلك تصبح الخلايا الشمسية عنصراً معمارياً أساسياً في المبنى يحقق أهداف العمارة الأساسية من وظيفة وجمال ومتانة واقتصاد.

الكلمات المفتاحية: الخلايا الشمسية – التكامل المعماري –التشكيل المعماري –العمارة المعاصرة.

* أستاذ في قسم التصميم المعماري ، كلية الهندسة المعمارية ،جامعة تشرين ، اللاذقية ، سوريا.
** طالبة دكتوراه في قسم التصميم المعماري ، كلية الهندسة المعمارية ، جامعة تشرين ، اللاذقية ، سوريا .

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٤) العدد (٢) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (2) 2020

The role of solar cells in the formation of architectural blocks

Hani Wadah *
Roaa Shahood **

(Received 9 / 7 / 2019 . Accepted 27 / 2 / 2020)

Absrtact

The technological aspects of contemporary architecture, especially those related to the environmental control organization, have influenced the solar system. The solar system is one of the environmental control systems. It is part of a set of concepts related to the integration of the building with the environment due to the use of renewable energy sources. As is known, Syria suffers from a problem in electricity because of the dependence on oil, especially the current period.
The research aims to identify the methods of architectural integration, between architectural design and solar cells, and how to use them in enhancing beauty in the form of the final architectural product, and study the locations of the installation of solar cells according to their types in the architectural configuration of buildings. In addition, to balance the achievement of the formal aspect of the beauty of buildings with the provision of energy required of the cells. The solar system is one of the best methods, and solutions to solve the problem of electricity in Syria, for its ability to generate electricity clean and economically. Because it is economically viable in the long term, and aesthetically, affecting the general shape of the building and outer space and internal, and in terms of color texture and reflect the modernity and advancement.
Solar cells become a basic architectural element in the building that meets the basic architecture objectives of function, beauty, durability and economy.

Key words: Solar cells - architectural integration - architectural formation - contemporary architecture

* Professor, Architectural Design Department, Faculty of Architecture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** PhD student in Architectural Design Department, Faculty of Architecture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة

إن الطاقة حاجة بشرية أساسية؛ وإن درجة وفرتها وتنوع مصادرها يحددان أسلوب حياة المجتمع ومستوى تقدمه، فلا توجد تنمية بدون طاقة. وزيادة الطلب على الطاقة ومحدودية مصادر الطاقة التقليدية، خاصة في سوريا بسبب الحصار وعدم إمكانية الاستفادة من مصادر الطاقة التقليدية بشكل يكفي حاجة المباني من الطاقة، لذلك وجب التوجه إلى مصادر الطاقة المتجددة مثل الخلايا الشمسية كحل مساعد لمشكلة الكهرباء. من هنا ترتبت على المهندس المعماري مهمة إضافية فعلية من خلال وضع هيكل وغلاف المبنى في بؤرة الفحص والاختبار؛ لغرض الإجابة على السؤال الآتي: كيف يمكننا، ومن خلال تغيير شكل المبنى وتصميمه أن نوظف تقنيات الطاقة الشمسية وخاصة الخلايا الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية، مع تحقيق الجمال في الجانب الشكلي للمبنى واستنباط أساليب التصميم المعماري الحديثة لربط الخلايا الشمسية مع المبنى في سوريا.

المشكلة البحثية:

باستطاعة المنظومات الشمسية وخاصة الخلايا الشمسية أن تتكامل مع المبنى كمواد أساسية ضمن تصميم الغلاف الخارجي للمبنى، باعتبارها عناصر لها القدرة على الاستجابة للمؤثرات البيئية الخارجية، من هنا تمثلت مشكلة البحث في محورين أساسيين: أولاً عدم توفر معرفة شاملة حول طبيعة المعالجات التي من الممكن أن يتبعها المصمم عند توظيف الخلايا الشمسية كمواد خارجية تدخل في تشكيل المبنى. ثانياً: مدى تقبل الناس لتركيب الخلايا الشمسية في سوريا كحل مساعد لمشكلة الكهرباء؛ سواءً بسبب التكاليف أم إمكانية الاستخدام في سوريا.

فرضية البحث

يشمل البحث فرضيتين رئيستين ستُبنى على اثباتهما النتائج المتوقعة من هذا البحث؛ وهما كالآتي: -الخلايا الشمسية يمكن استخدامها كعناصر أساسية في تصميم المبنى سواء كمواد اكساء أم عناصر في تكوين المبنى الأساسية مع الحفاظ على هدفها الأساسي لإنتاج الكهرباء.

- والخلايا الشمسية تعد أحد أهم الحلول المساعدة لحل مشكلة الكهرباء في سوريا، وإقناع الناس لاستخدامها.

أهمية البحث:

تنبع أهمية البحث من كونه خطوة أولى للمساعدة في حل مشكلة الطاقة الحقيقية في سوريا، وتعد شرارة وبداية للاكتفاء الذاتي في الطاقة؛ إذ تعد أحد أساليب الاعتماد على الذات وتقليل الحاجة إلى أساليب الطاقة التقليدية والتي يتم تطويرها مع بداية القرن الحادي والعشرين ولتكون بذلك البداية لصياغة مستقبل سوري مستقل، كما وتتجلى أهميته في أنه يوضح كيف يمكن للمعماري المعاصر أن يستفيد من تقنيات البناء الحديثة التي يكون لها منفعة وظيفية وجمالية يسترشد بالمنهج المعاصر في اعداد معايير تصميمية واضحة، ومن ثم وضع مجموعة من المعايير التصميمية الحديثة والمعاصرة لتواكب الحاضر والمستقبل.

أهداف البحث:

يمكن تحديد أهداف البحث بما يأتي: التعرف إلى أساليب التشكيل المعماري للخلايا الشمسية وكيفية الاستفادة منها في ١-تعزيز الجمال في شكل المنتج المعماري النهائي. ٢-عمل موازنة بين تحقيق الجانب الشكلي لجمال المباني مع توفير الطاقة المطلوبة .

طرائق البحث ومواده:

لتحقيق هدف البحث جرى اتباع المنهج الاستقرائي والمنهج التطبيقي، وتنقسم الدراسة الى أربعة أجزاء:

١.استعراض مفهوم التشكيل المعماري.

٢.التعرف إلى انشاء الخلايا وتكاملها مع العناصر المختلفة.

٣.دراسة مواقع وأساليب تكامل الخلايا الشمسية مع المبنى.

٤.تطبيق الدراسة على مبانٍ في مدينة اللاذقية.

تمهيد:

تعدّ الخلايا الشمسية وسيلة جيدة لإنتاج الكهرباء عند وضعها في الموقع المناسب والمباشر من الشمس، ومن أهم التطبيقات الخاصة بالخلايا الشمسية التطبيق الخاص بموضوع ربط الخلايا الشمسية مع التشكيل أي (BIPV) (building integrated photovoltaics)العلاقة التكاملية بين المباني والخلايا الشمسية أي التشكيل المعماري للمبنى، وتشير عبارة النظم الشمسية المتكاملة مع المبنى إلى أنها تبنى وتقام مع المبنى وذلك يحدث بالتعاون ما بين العديد من التخصصات المختلفة مثل هندسة العمارة ، والهندسة المدنية وتصميم النظم الشمسية.

التشكيل المعماري:

هناك ارتباط وثيق بين مفهوم التشكيل والعمارة فلا يمكن الفصل بينهما، فعملية التكوين والتشكيل في الحقيقة تبدأ من اللحظات الأولى التي يشرع المعماري فيها التصميم، فالعمارة تشكيل فني ذو أبعاد ثلاثة، تتألف من تشكيلات مكونة في الفضاء، ويستعمل الشكل ،النسيج ،المادة ،الحجم ،الضوء واللون كأجزاء داخلة في التنظيم. تمتاز بكونها وحدة متماسكة غير مفككة موحدة ومنسجمة ومترابطة، والشكل هو الاسم الذي يطلق على مجموع الأجزاء، وعلاقاتها مع بعضها البعض، وبينها وبين الفراغات داخلها أو حولها والتي تحدد كلها طابعا لذلك الشيء أو الجسم. [6]

مفهوم التشكيل المعماري:

التشكيل المعماري يعرف بأنه الهيئة الحسية الخارجية للمواد، والمؤلفة من نظام من الخصائص للعناصر التشكيلية والعلاقات الحسية بينها سواء في المستوى الأفقي أو في التشكيل الحجمي أو الفراغي، فالتشكيل المعماري هو عملية يشرع فيها المصمم مستخدماً المفردات البصرية التشكيلية كعناصر أساسية والمبادئ والأسس التصميمية ليحولها إلى كتل وفضاءات بنظام معين [10]. يبدأ التشكيل المعماري بمعرفة الخصائص الحسية للأشكال، المنتظمة المختلفة ومنها تستنتج بعض القيم التشكيلية التي تحكم العلاقات بين الكتل والفراغات المعمارية، كما ويمكن التحرر من هذه القيم بعد ذلك في تجربة التعامل مع الأشكال غير المنتظمة، للوصول بها إلى تكوينات منتظمة، وذلك عن طريق النماذج المجسمة التي تلعب فيها حاستا اللمس والرؤية دوراً في بناء الفكر المعماري.

وسائل التشكيل المعماري:

ان وسائل التشكيل هي: أ-الشكل. (Shape) أو (Form). ب-الفضاء (Space) ت-القيمة الضوئية (Tone) ث-اللون (Color) ج-الملمس (Texture)

والتي بدورها تتداخل فيما بينها لتعمل مجتمعة ضمن التشكيل المعماري الكلي ولا تعمل كأجزاء مستقلة ضمن العمل الكلي.

تصميم نظام الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى

لابد من التوصل إلى نظم الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى BIPV بحيث تنتقل إلى تقنيات التصميم الواعي وتُستخدم مع المعدات والنظم التي يتم اختيارها وتحديدها لملاءمتها مع المبنى، ويجب متابعة التكاليف على طول دورة الحياة الخاصة بالخلايا؛ وذلك لمعرفة التكلفة الكلية التي يمكن تقليلها بتجنب تكاليف خاصة بمواد البناء والعمالة التي يمكن استبدالها بالأقل وتشمل خطوات تصميم الخلايا الشمسية المتكاملة مع المبنى على: [5]

١–دراسة التصميم المعماري للمبنى الموفر للطاقة لتقليل متطلبات البناء للطاقة.

٢ –الاختيار بين نظام الخلايا الشمسية التفاعلي مع المبنى ونظام الخلايا الشمسية المستقل.

٣ –توفير التهوية الكافية؛ فكفاءة تحويل الخلايا تقل مع ارتفاع حرارة التشغيل.

٤–التقييم باستخدام نظم الخلايا الحرارية الشمسية المهجنة كاختيار لتحسين كفاءة النظام

٥ –دارسة دمج ضوء النهار والتجميع الشمسي باستخدام النماذج رقيقة الطبقات شبه الشفافة أو النماذج البلورية مع الخلايا المتباعدة بين طبقتين من الزجاج ويمكن أن يستخدم المصممين الخلايا لتكوين خصائص إضاءة نهارية فريدة مع الواجهة والسقف.

٦–دمج نماذج الخلايا في أجهزة التظليل وتعرف صفوف الخلايا بأنها" رموش العين أو مناطق الرؤية الزجاجية للمبنى والتي يمكن أن توفر ظلال شمسية سلبية مناسبة.

٧–إدراك المصممين لتأثيرات المناخ والبيئة على إنتاج الطاقة.

٨–تناول موضوع تخطيط الموقع والتوجيه في بداية مرحلة التصميم

مميزات ربط الخلايا الشمسية مع التشكيل المعماري للمبنى

هناك العديد من الفوائد والمميزات لهذا النظام والتي تظهر في النقاط الآتية:

– تعمل هذه النظم بكفاءة عالية وغير محدودة القدرة.

– لهذه النظم فوائد معمارية عديدة سواء كانت تشكيلية أو إنشائية أو على نطاق التحديث والتجديد في الأفكار والابتكارات المعمارية يمكن استخدام هذه النظم لأجهزة معينة مستقله دون عمل شبكة متكاملة للمبنى

– تعمل النظم الشمسية المتكاملة مع المباني (BIPV)على توفير الخامات من مواد الإكساء والعزل.

– تقلل من تكاليف الكهرباء على المدى البعيد.

– تقلل من استخدام الوقود والانبعاثات المضرة بطبقة الأوزون.

– يمكن أن نستبدل المواد التقليدية للبناء بنظم الخلايا الشمسية مثل الزجاج وغيره.

– عند زيادة كمية الطاقة الكهربائية المنتجة يمكن ارجاعها للشبكة والانتفاع بها.

– في النهاية نجد ان نموذج ال (BIPV)ينهض بالمبنى من حيث القيمة.[5]

مواقع وأساليب تكامل الخلايا الشمسية مع المبنى:

يتناول هذا الجزء العلاقة الرابطة بين الألواح الشمسية كنظام تقني مع قشرة المبنى باعتبارها مواد إنهاء خارجية تتكامل معه، حيث إن التصميم التكاملي للمبنى يبدأ عند التفكير في تصميم المبنى ككل –المبنى كنظام متكامل – إذ من الضروري عدم التعامل مع تصميم العناصر المختلفة ومنها مواد الإنهاء الخارجية بصورة منفصلة عن بعض.

وتتأثر العلاقة التكاملية بين المنظومات الشمسية والشكل المعماري بكل مما يأتي:

– مواقع تركيب المنظومات الشمسية.

– المستويات الشكلية للتكامل بين المنظومات الشمسية والنتاج المعماري.

– التعدد الوظيفي للمنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في الشكل المعماري. [1]

يعتمد موقع المنظومات الشمسية المستخدمة في الأبنية ومساحتها على شكل غلاف المبنى وتوجيهه، ويفضل ألا تكون هذه السطوح مظللة. بصورة عامة هناك خمس مواقع رئيسة في المبنى من الممكن أن تتكامل معها المنظومات الشمسية وهي:

A– الأسطح الأفقية. B– الأسطح المائلة. C– الأسطح المنحنية. D– واجهات المباني. E– التفاصيل المعمارية.

A–الأسطح الأفقية: تتعرض الأسطح الأفقية في المباني لتأثير الإشعاع الشمسي بنسبة أكبر من الجدران العمودية للمبنى، معظم الاحيان تكون الالواح الشمسية المتكاملة مع الأسطح الأفقية غير ظاهرة في الشكل الخارجي ولكن يمكن أن يظهر تأثيرها في الفضاءات الداخلية عند استخدام النصف الشفافة منها في تسقيف الفضاءات أو في الأسطح المسننة.[2] وهناك طرق مختلفة لتكامل الألواح الشمسية مع الأسطح الأفقية وهي

الشكل(١): الخلايا الشمسية المائلة للأسطح الأفقية

المصدر: [10]

<u>أولاً:</u> الوحدات الشمسية المائلة المصممة للأسطح الأفقية: هي عبارة عن ألواح مائلة بزاوية ثابتة، تثبت على هياكل حاملة وتثبت الهياكل بدورها على الأسطح.

<u>ثانيا:</u> الوحدات الشمسية العازلة للحرارة ذات الوضع الأفقي: تمتاز بعض أنواع الألواح الشمسية باحتوائها على مواد خاصة للعزل الحراري تكون من ضمن الوحدة الشمسية فهي تساعد على زيادة العزل الحراري للمبنى بسبب المادة العازلة التي تحويها يستخدم هذا النوع غالبا في الأسطح الأفقية ومن الممكن أن يستخدم في الأسطح المائلة أيضاً كما انه يستخدم في اعادة تأهيل الأسطح القديمة لأنه لا يحتاج الى طرق تثبيت ميكانيكية معقدة. الشكل (٢) [4]

[1]الشكل(٢): الخلايا الشمسية العازلة للحرارة ذات الوضع الأفقي

المصدر:

<u>ثالثاً:</u> وحدات شمسية تستعمل كإضاءة سقفيه طبيعية: تستخدم لتغطية الفضاءات الكبيرة بالأسطح الأفقية أو الأسطح المسننة. عند استخدام الأسطح المسننة يتم وضع الألواح الشمسية بالتوجه الذي يستقبل أكبر كمية ممكنة من الطاقة الشمسية وهو غالبا ما يكون التوجه الجنوبي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية والعكس في النصف الجنوبي لها. بينما تفتح الجهة الشمالية لاستقبال الإضاءة الطبيعية، ولذلك يتم توجيه

الشكل(٣): الخلايا الشمسية على الأسطح المسننة

المصدر: [10]

السقوف المنحدرة ذات المساحة السطحية الاكبر باتجاه الجنوب والسقوف المنحدرة الأصغر توجه نحو الشمال. الشكل (٣).[11]

أما عند استخدام السطوح الأفقية فيتم استخدام الألواح الشمسية الشفافة أو النصف شفافة للسماح بدخول الإضاءة النهارية. في هذه الحالة يظهر تأثير هذا النوع في التصميم الداخلي، وبشكل خاص في الافنية الوسطية والبهو الرئيس عند استخدام الزجاج المزدوج لطبقات في تكوينها. الشكل (٤).[11]

الشكل(٤): توضع الخلايا الشمسية كأسطح شفافة
المصدر: [10]

B – الأسطح المائلة: يلائم هذا النوع الأسطح المتجهة نحو الجنوب أو الجنوب الغربي، وهذا لا يعني عدم إمكانية وضع الوحدات الشمسية على التوجهات الأخرى، إلا أن القرار التصميمي الأمثل يكون بأحد هذين التوجهين لأنهما الأكفأ في استلام الاشعاع الشمسي المباشر الذي تعتمد عليه الوحدات الشمسية في توليد الطاقة. يمتاز هذا النوع بإمكانية تثبيت الوحدات الشمسية من دون الحاجة الى استخدام الهياكل المائلة المستخدمة في الأسطح الأفقية، كما أن الأسطح المائلة تسهل عملية تنظيف الوحدات وتمنع تجمع المياه عليها ويفضل ألا يكون هناك مسافات فاصلة بين الصفوف الشمسية لمنع تجمع الأتربة أو أوراق الاشجار أو الثلوج. وأهم طرق توضع الخلايا الشمسية على الأسطح المائلة هي:

<u>أولاً:</u> إضافة الوحدات الشمسية إلى السطح المائل بهيئة وحدات تعوض عن مواد الإنهاء الأصلية للأسطح:

إن استخدام المنظومات الشمسية كوحدات للإنهاء خارجية سيعوض عن المواد البنائية المستخدمة للسطوح وهذا يتماشى مع استراتيجيات تقليل الكلف للمباني الكفؤة للطاقة. كما هو موضح في الشكل (٥) [3]

الشكل(٥): توضع الخلايا الشمسية على الأسطح المائلة بديل مواد الاكساء المصدر: [11]

<u>ثانيا:</u> إضافة الوحدات الشمسية للأسطح المائلة فوق مواد الإنهاء الخارجية:

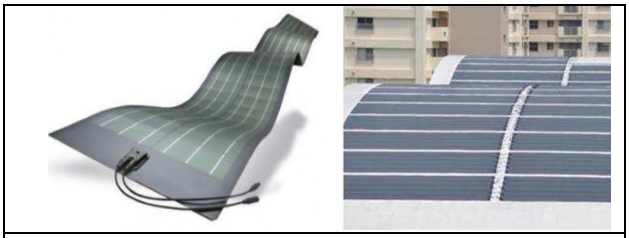
تُثبَّت الوحدات الشمسية المعتمة على مواد الإنهاء التي هي سقف للفضاء الداخلي؛ وبهذا تكون الأساس الذي ستستند إليه الوحدات. وهناك طريقتان للتكامل فالوحدات الشمسية إما أن تثبت مباشرة على ألواح بنائية وإما يتم ترك مسافة بين ألواح السقف والوحدات الشمسية عن طريق مد مقاطع من الالمنيوم أو الحديد بشكل عمودي عليها لتوضع فوقها وتوفر الطريقة الثانية التهوية للوحدات الشمسية من الأسفل، فالخلايا الشمسية أحادية التبلور تؤدي عملها بشكل أكفأ عند توفر التهوية ولذلك يكون من الأفضل فصلها عن السطح لتحسين مستوى أدائها. وهذا يزيد من العزل الحراري للسقف. كما هو موضح في الشكل (٦) [2]

الشكل(٦): توضع الخلايا الشمسية على الأسطح المائلة فوق مواد الاكساء المصدر: [11]

C – **الأسطح المنحنية:** توفر الوحدات الشمسية إمكانية التصميم للأسطح المطويةFold Away باستخدام تقنية الوحدات الشمسية الرقيقة Thin film والأسطح المنحنية Curved Surfaces وتكون بنوعين:

أولاً: تطبيقات الوحدات الشمسية الرقيقة:Thin film :

هو نوع من الوحدات الشمسية يتصف بمرونته وقابليته للطي كما من الممكن أن يحل محل مواد الإنهاء الخارجية التقليدية وهو خفيف الوزن، وعازل جيد للماء ولذلك يفضل استخدامه في الدول ذات المناخ الممطر، له أيضا تطبيقات على السطوح المائلة والأفقية.



الشكل(٧): توضع الخلايا الشمسية الرقيقة في الأسطح المنحنية
المصدر: [11]

يتوفر بهيئة وحدات بأبعاد محدده أو بهيئة لفائف مدورة من الممكن أن يصل عرضها إلى m١,٥ وبطول ١٢ M يكون بلون ازرق غامق. بعض الأنواع يكون لها ميزة عكس ألوان الطيف الشمسي بصورة خفيفة عند سقوط أشعة الشمس المباشرة عليه. كما هو موضح في الشكل (٧)

الشكل(٨): توضع الخلايا الشمسية في الأسطح المقوسة
المصدر: [11]

ثانيا: الأسطح المقوسة بالوحدات التقليدية: من الممكن أن يتم تصميم الأسطح المقوسة باستخدام الوحدات الشمسية التقليدية بترتيبها بشكل مقوس. كما في الشكل (٨) [1]

D – واجهات المباني: تكون الألواح الشمسية المتكاملة مع واجهات المباني واضحة بصورة أكبر من أنواع التكامل الأخرى، يمكن استغلال مساحات كبيرة من هذه الواجهات لاستثمارها في توليد الطاقة عندما تكون ضمن التوجيه الصحيح. الواجهات تكون معرضة في بعض الأحيان للتظليل لفترات أطول مما تتعرض له الأسطح الأخرى. لذلك فإن تقييم الاستفادة من توظيف المنظومات يعتمد على مقدار ما يتوفر من مساحة سطحية على التوجيهات المختلفة لواجهات المبنى، ومقدار ما تستلمه من إشعاع شمسي ضمن مناخ الإقليم. [7] تستطيع الوحدات الشمسية أن تحل محل مواد الإنهاء الخارجية المستخدمة في الواجهات وتتكامل معها؛ لذا فإن من المواصفات المهمة للوحدات الشمسية المستخدمة في الواجهات هو المظهر العام الذي يجب أن يكون مقبولاً معمارياً. كما ينبغي أن تكون الوحدات المستخدمة في الواجهات مقاومة للحرائق وصلبة، وذات متانة عالية لحمايتها من التخريب. وفي الوحدات المؤطرة يفضل استخدام مواد خفيفة الوزن ذات أطر مصنوعة من مواد متينة. وهنالك عدة أنواع لتوضع الوحدات الشمسية على الواجهات وهي:

الشكل(9): استخدام الخلايا الشمسية كجدران ستائرية
المصدر: [7]

الشكل(١٠): استخدام الخلايا الشمسية كجدران عمودية
المصدر: [7]

أولاً: الجدران الستائرية Curtain walls: هي الواجهات المتكاملة مع الوحدات الشمسية وعادة تكون معرضة للتهوية، وتكون مناسبة للحلول التصميمية المتكاملة مع الوحدات الشمسية من نوع Mono crystalline Silicon، ومن الممكن أن يتم بناء هياكل باستخدام أنظمة تغليف عالية التطوير ومن الممكن تضمينها بأنواع مختلفة من الألواح مثل استخدام الوحدات الشمسية المزججة أو المؤطرة أو غير المؤطرة ويتم استخدام مواد ربط (حشوات) ما بين الفراغات لإغلاق الفجوات. ويمكن أن تكون شفافة أو معتمة. الشكل(٩)

ثانيا: الجدران العمودية ذات الإكساء الخارجي: تغطي الألواح الشمسية واجهة المبنى بأكملها أو جزءاً منها، وأحياناً تكون طبقة ثانية على طبقة أولى داخلية تحتوي مواد عازلة، ويراعى فيها استخدام مواد مانعة لتسرب المياه لمنع حدوث التكثف، وينبغي أن تكون هذه الطبقة محكمة السد، والفراغات الهوائية فيها تكون مغلقة، كما أن الواجهات غير المعرضة للتهوية تعتمد على أنواع الخلايا التي تتحمل المحيط بدرجة حرارة عالية مثل Poly Crystalline Silicon وال Amorphous وهي أحد طرق اكساء الواجهات بأن توضع مقاطع من الألمنيوم على الواجهة لتستند إليها الوحدات الشمسية، أو أن تكون المقاطع مثبتة مسبقاً على الوحدات. الشكل (١٠) [8]

ثالثاً: واجهات بجدران مائلة: إما أن يكون الجدار المائل هو جدار ستائري مضاف، أو أن يكون جدار المبنى نفسه مائلا وتثبت عليه الوحدات الشمسية كإكساء خارجي. يعدّ هذا النوع من أكثر الحلول العملية لاستحصال أكبر مساحة سطحية ممكنة وهي تؤثر في أشكال الفراغات الداخلية كما في الشكل (١١).

الشكل(١١): واجهات الخلايا الشمسية بجدران مائلة
المصدر: [7]

رابعاً: الجدران ذات الأشكال المنحنية: من الممكن توظيف الوحدات الشمسية لتشكيل واجهات ذات أشكال منحنية كما هو موضح في الشكل (١٢)

الشكل(١٢): جدران خلايا الشمسية ذات أشكال منحنية
المصدر: [7]

E – التفاصيل المعمارية:

تعد إحدى الطرق الفعالة في تكامل الوحدات الشمسية مع الشكل المعماري للمبنى، وهي أن تحل محل عناصر التظليل أو استخدامها كعناصر شبابيك أساسية أو كإضافات مثل درابزين حماية. هي موضحة كما يأتي:

أولا: كاسرات الشمس الثابتة والمتحركة: هي عناصر معمارية بهيئة ألواح أو شرائح طولية مدمجة تثبت خارج النوافذ؛ وتكون باتجاهين أفقي لصد الإشعاع عالي الزاوية، وعمودي لصد الإشعاع منخفض الزاوية. ومن الممكن أن تثبت الوحدات الشمسية عليها أو أن تحل محلها، هناك ترابط منطقي بين تظليل المباني في الصيف وإنتاج الطاقة. تعمل المانعات الشمسية على منع دخول أشعة الشمس المباشرة للفراغات كما أنها تعمل على تزويد الطاقة للمبنى لذلك هي تعمل كنظام ذاتي Passive System ونظام فعال Active System في الوقت نفسه وبوظيفتين متوافقتين في الاتجاه والهدف الأساس، توضع الهياكل الحاملة أمام الواجهات الزجاجية للمباني فتكون ظاهرة على الواجهات ولذلك من المهم أن تكون بلون متوافق معها. كما في الشكل (١٣) [7]

الشكل(١٣): خلايا الشمسية كمانعات للشمس

المصدر: [7]

ثانيا: نوافذ خلايا شمسية: وفيها يتم تركيب الشبابيك بدل الزجاج التقليدي في شبابيك الألومنيوم وتكون شفافة وبألوان جميلة ومختلفة، وتعطي ظلالاً وإضاءات مميزة داخل الفراغ الداخلي. الشكل (١٤)

الشكل(١٤): نوافذ خلايا الشمسية

المصدر: [7]

ثالثاً: استخدامها كدرابزين البلكونات والتراسات: وفيها يتم تركيب الدرابزين ويكون المكون الأساسي فيه الخلايا الشمسية كبديل عن مواد الدربزين التقليدية ويعطي شكلاً جديداً وحديثاً. الشكل (١٥) [10]

الشكل(١٥): خلايا الشمسية كدرابزين للبلكونات والتراسات

المصدر: [7]

الدراسة التطبيقية: بعد استعراض أهمية الخلايا الشمسية في التشكيل المعماري وأماكن توضعها لتتكامل مع المبنى، كان لا بد من دراسة بعض الأمثلة التي طبقت الخلايا الشمسية في مبانيها. وكان المثال الأول في سويسرا كأول مثال لاستخدام الخلايا الشمسية الملونة والثاني في ألمانيا حيث استخدم فيه الخلايا الشمسية الديناميكية التي تتبع حركة الشمس.

- EPFL, Swiss Tech Convention Centre (Dahl Rocha&Associates Architects) Lausanne,Switzerland

سنة اكتمال المبنى: ٢٠١٤

وظيفة المبنى: مبنى متعدد الوظائف

العناصر المنتجة للطاقة: solaronix sa– betelec sa– romande energie

الطاقة المنتجة : ١٣٠٠ $kwh\m^2$ بالسنة

EPFL, Swiss Tech Convention Centre		
مكان توضع الخلايا الشمسية		واجهات المبنى: الجنوبية والغربية والواجهات متكاملة مع الوحدات الشمسية الملونة (شفافة ومعتمة)
انعكاسه على التشكيل المعماري	الشكل	منسجم مع الشكل العام للمبنى المكسي بواجهات زجاجية والالكبوند وحافظ على طابع الحداثة للمبنى وأضاف تناغم جميل لعناصر الواجهة
	الفضاء	تميز عن المباني المحيطة بالحداثة والانسجام التام للألوان
	القيمة الضوئية	أضافت الخلايا الملونة من أربعة ألوان ايقاعاً جميلاً للمبنى من خلال تدرجات ل ٦٥ لون من الشرائط الشفافة على الواجهات الزجاجية
	اللون	الألوان منسجمة مع بعضها البعض وبتدرجات مميزة ومع لون الالكبوند المستخدم في الواجهة
	الملمس	أعطى إحساس المادة نفسها

الشكل (١٦) : توضع الخلايا الشمسية على الواجهة كعنصر تغطية (EPFL, Swiss Tech Convention Centre).

المصدر: [12]

- Soft House (Kennedy& violich Architecture)–Hamburg, Germany

سنة اكتمال المبنى: ٢٠١٣

وظيفة المبنى: مبنى سكني

العناصر المنتجة للطاقة: global solar

الطاقة المنتجة : ١٠٠٠ $kwh\m^2$ بالسنة

Soft House		
مكان توضع الخلايا الشمسية		واجهات المبنى: الجنوبية حيث أخذت شكلها كعناصر متحركة أمام الواجهة الزجاجية
انعكاسه على التشكيل المعماري	الشكل	منسجم مع الشكل العام للمبنى المكسي بواجهات زجاجية والالكبوند وأضاف ديناميكية على طابع المبنى من خلال حركة الخلايا
	الفضاء	تميز عن المباني المحيطة بالحداثة والانسجام بتوضع الخلايا الانسيابي على الواجهة
	القيمة الضوئية	أضافت الخلايا المتحركة ايقاعاً جميلاً ومتناغماً للمبنى
	اللون	اللون الأزرق للخلايا منسجم بشكل جيد مع لون الالكبوند الأبيض والذهبي المستخدم في الواجهة
	الملمس	أعطى إحساس المادة نفسها

الشكل (١٦) : توضع الخلايا الشمسية على الواجهة كعنصر تغطية (EPFL, Swiss Tech Convention Centre).

المصدر: [13]

النتائج والتوصيات:

النتائج:

١- إن إمكانيات المنظومات الشمسية أصبحت تتجاوز وظيفتها في تحويل المباني من مباني تقليدية إلى مباني كفؤة في استهلاك الطاقة.

٢- قدرة المصمم في جعل الخلايا الشمسية متكاملة كعناصر معمارية لها تأثيرها في تصميم المبنى، فالقيمة الجمالية أو القبول الذي يحتاج أن يحققه الشكل هو مسألة في غاية الأهمية.

٣- استخدام المصمم لهذه التقنيات لتضفي على المبنى الطابع الجمالي الذي يزيد من قيمة المبنى المعمارية.

٤- إن اختيار المصمم للطريقة التي يرغب بتوظيف المنظومات الشمسية بها، ستعتمد بالدرجة الأساس على مواصفات المنظومة الشمسية.

٥- أدوات المصمم هو ما تقدمه التقنية من إمكانيات من خلال التنوع في الشكل والهيئة والحجم واللون، وما يضفيه من تأثير بصري على واجهة المبنى، للوصول الى التصميم النهائي المطلوب.

٦- يتم تركيب أماكن الخلايا الشمسية وتصنيفها في المباني على الأسطح الأفقية والأسطح المائلة وكذلك على الواجهات العمودية والمائلة وأيضا كتفاصيل معمارية.

٧- يجب أن تؤدي الخلايا الشمسية (كعنصر متكامل جديد) وظيفتها في إنتاج الطاقة اللازمة لتشغيل المبنى.

التوصيات: لقد تعرض البحث إلى قضية استخدام نظام الخلايا الشمسية وكيفية الاستفادة منها في التشكيل المعماري للمبنى السكني، للإسهام في حل مشكلة الطاقة في سوريا مع إبراز طابع معماري حديث، وبذلك توصل الباحث إلى ما يأتي:

١- **توصيات الجهات الرسمية:** -العمل على نشر ثقافة الطاقة البديلة وخاصة نظام الخلايا الشمسية، وتوضيح أهميتها ودورها والفوائد التي تعود على المواطنين منها. ووضع قوانين تساهم في استخدام الطاقة البديلة وحث البلديات عليها مع عمل تسهيلات لضمان استجابة المواطنين لفكرة استخدام الخلايا الشمسية.

- حث شركة الكهرباء وسلطة الطاقة على تفعيل نظام شراء الكهرباء الفائضة من البيوت السكنية حال تركيبها للخلايا الشمسية، أسوةً بكل دول العالم؛ مما يساعد الناس على التوفير في الكهرباء ويساعدهم على الاقتناع بجدواها الاقتصادية.

- عمل تسهيلات لاستيراد مكونات نظام الخلايا الشمسية حتى تصبح أقل تكلفة كي يتسنى لجميع المواطنين تركيبها، وعدم التفكير في تكاليفها عالية الثمن.

٢-**توصيات الجهات الأكاديمية:** -التوجيه من خلال العمليات التعليمية سواء على مستوى المدارس أو على المستويات الأعلى؛ وذلك من خلال التعريف بمنظومة الطاقة الشمسية بوجه عام وأنظمة الخلايا الشمسية بوجه خاص.

- تشجيع المعماريين على تطبيق هذه الأنظمة، مع إيجاد الحلول المعمارية التي تتكامل شكلا ومضمونا مع أنظمة الخلايا الشمسية، ومراعاة الاعتبارات البيئية والتصميمية والتخطيطية لاستخدام هذه الخلايا مع التصميم المتوائم معها.

- تفعيل الدور النقابي، وخصوصا نقابة المهندسين، على عمل دورات تدريبية وورشات عمل لتوعية المهندسين على عمل التصميمات اللازمة لدعم استخدام الخلايا الشمسية.

٣-**توصيات خاصة بالمصمم:** - التعامل مع البناء كمنظومة بناء متكاملة واختيار فكرة المشروع وعناصره الداخلية ومعالجته للغلاف الخارجي (الواجهات والأسطح) بطريقة متكاملة.

- العمل على الحلول الجيدة معمارياً في الواجهات، وعمل تشكيلات بهذه الواجهات لتخدم توجيه الخلايا الشمسية مع استغلالها في توفير النواحي الجمالية للمبنى.

- العمل على الاستفادة من النواحي المادية كلها، وليس من نواحي الطاقة والجمال فقط، عن طريق الاستفادة منها كمواد إنهاء بديلة عن المواد التقليدية، وكذلك توظيفها وظائف أخرى.

المراجع:

١- الجادري إحسان علي ود. يونس محمود محمد سليم، ٢٠١٠، *أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري. مجلة الهندسة والتكنولوجيا،بغداد*، المجلد ٢٨، العدد ١١.

٢- الدارجي، رنا مجيد ياسين، ٢٠٠٦، *استراتيجيات العمارة الشمسية ضمن البنية الثابتة والديناميكية لها. مجلة الهندسة، بغداد*، المجلد ١٤، العدد٢.

٣- القصراوي، سماح مصطفى محمد، ٢٠٠٥ كلية الدارسات العليا، الجامعة الأردنيةِ *(دور التكنولوجيا المتقدمة في تشكيل العمارة المعاصرة).*

٤- عبد الرازق نجيل كمال، سري فوزي عباس، ٢٠٠٨ *تشكيل واجهات المجمعات السكنية وأثره في المشهد الحضري لمدينة بغداد، مجلة الهندسة والتكنولوجيا*، بغداد، المجلد ٢٦، العدد ٥ ،٢٢٣-٢٢٧.

٥- ميخائيل داليا سمير ،٢٠٠٥ رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة بعنوان (تأثير التطور التكنولوجي على التشكيل المعماري).

6- DEO, P; SNOW, M, (2005) *"Designing with solar power", Images publishing,* images publishing, Australia, 250.

7- Krawietz Prof. Dr. Arch. Silke A., 2011 (Sustainable Buildings and BIPV An international perspective)

8- LUQUE, A; HEGEDUS, S.٢٠٠٣ , *"Handbook of Photovoltaic Science and Engineering"*. Second edition, John Wiley & Sons Ltd ،1164.

9- Sigulda, Latvia, 2010, International training"*Energy efficiency of buildings and ecological construction materials".*

10- Sinapis Kostas, Menno van den Donker,2013 *(BIPV REPORT 2013 State of the art in Building Integrated Photovoltaics).*

11- Schittich,C.2015,*Detail Review of Architecture*,55 serie2015.

12- Gerfen,K,2014,*Soft House,designed by Kennedy & Violich Architecure,* Architect. The Journal of American Architects.