الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) إحدى نظم الطاقات الشمسية النشطة (الموجبة)

دكتور/ محمد محمد البرملجي[١] ، مهندسة/ ريهام محمد سميرمحمد حسين[٢]

ملخص البحث

أدى التدهور البيئي الذي شهدته معظم مدن العالم في أعقاب الثورة الصناعية وتداعياتها نتيجة اعتمادها على مصادرالطاقات التقليدية لتزايد الاهتمام بدراسة موضوع الطاقات المتجددة كونها تمثل احدى أهم المصادر الرئيسية للطاقة النظيفة الغير ملوثة للبيئة بدلا من استخدام الطاقات التقليدية. ومن أهم وأكثر أنواع الطاقات المتجددة انتشارًا الطاقة الشمسية لوفرتها والتي تعتمد على استخدام النظم الشمسية (الفوتوفولتية)، إحدى أهم وسائل ونظم الطاقة الشمسية النشطة (الموجبة) والتي تتجمع في منظومات متكاملة مشكلة محطات لتوليد الطاقة الكهربائية والتي يتم تشغيلها على نطاق واسع (اقليمي، عدة قرى سياحية، تجمع سكني، مدن جديدة) أو على نطاق ضيق (قرية سياحية واحدة،...) ويناقش هذا البحث الأنواع المختلفة من الخلايا الفوتوفولتية بداية من طريقة عملها ومكوناتها وكفاءتها والتقنيات المضافة لها انتهاءًا ببدائل تجميع وتشكيل تلك الوحدات من الخلايا وتكاملها على المستوى العمراني والمعماري.

الكلمات الدالة: مصادرالطاقة المتجددة، الطاقة الشمسية النشطة (الموجبة)، الخلايا الشمسية الفوتوفولتية، بدائل تجميع وتشكيل الوحدات

المشكلة البحثية

أخذت الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) ومواصفاتها في التطور بشكل سريع عالميًا في الفترة الأخيرة وتعددت أنواعها مما يتطلب تناول هذه الأنواع وامكانياتها وتطبيقاتها والتقنيات المضافة لها بالتفصيل، وذلك بهدف تعزيز قدرتها على امتصاص الأشعة الشمسية واختيار البديل الأنسب عند التصميم بالاضافة الى دراسة بدائل تشكيل وتجميع وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) على المستوى العمراني والمعماري.

هدف البحث

دراسة الأنواع المختلفة من الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) ومواصفاتها وامكانياتها والتقنيات المضافة لها بالتفصيل لتعزيز قدرتها وكفاءتها على امتصاص الأشعة الشمسية مع دراسة بدائل تشكيل وتجميع وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) بالاضافة لدراسة العلاقة التكاملية بين تلك الوحدات والعمران والتشكيل المعماري والاعتبارات التصميمية لها على المستوى العمراني والمعماري.

منهجية البحث

تنقسم منهجية البحث إلى جزئين:

١ - المنهج الاستقرائي لدراسة المفاهيم النظرية للطاقة الشمسية إحدى الطاقات المتجددة والخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) والتي تمثل احدى الوسائل الرئيسية لنظام الاستغلال الشمسي النشط (الموجب) ويعتمد فيها على الكتب والمراجع العلمية والدراسات السابقة.

٢ - المنهج الوصفي والتحليلي والتحليلي المقارن وذلك بوصف وتحليل نماذج لبعض أنواع الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) والوصول لأهم سمات وملامح ومواصفات هذه النماذج بالاضافة الى بدائل التجميع والتشكيل التي تظهر بها تلك الخلايا على المستوى العمراني والمعماري.

١ - الخلفية النظرية

*** المفاهيم والمصطلحات**

- مصادرالطاقة التقليدية: يقصد بها تلك المصادر المكتشفة والمستخرجة من الارض التي نعيش عليها والتي يستخدمها الانسان من قرون عديدة مثل: الفحم، النفط، الغاز الطبيعي، اليورانيوم.

١ - أستاذ تخطيط المدن قسم العمارة - كلية الهندسة جامعة القاهرة

٢ - مدرس مساعد بقسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة جامعة كفرالشيخ

- **مصادر الطاقة المتجددة:** تلك الطاقة الموجودة المتجددة على سطح كوكبنا والتى لا تنضب ولها مصادر عديدة ومتنوعةمثل: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الحرارة الأرضية الطاقة الحيوية (المواد العضوية)، طاقة الهواء..ألخ.

- **الطاقة الشمسية:** احدى مصادر الطاقة المتجددة والتي نحصل عليها مباشرة من أشعة الشمس، وتعتبر أكثر أنواع الطاقة انتشارًا.

- **تقنيات الاستغلال الشمسي النشط (الموجب):** احدى الأساليب الحالية لاستغلال الطاقة الشمسية، فهناك استغلال سالب للطاقة الشمسية، واستغلال نشط، واستغلال مختلط وهو الدمج بين الأسلوبين السابقين، أما الاستغلال النشط فهو يعنى استخدام وسائل ميكانيكية وأجهزة تركيز حراري أو خلايا شمسية (فوتوفولتية) خاصة لأداء كل العمليات، بداية من تجميع الطاقة حتى تحويلها إلى أي صورة أخرى سواء تدفئة أو تبريد أو تسخين مياه أو توليد الطاقة الكهربائية المباشرة .

- **الخلية الشمسية (الفوتوفولتية):** يشير مصطلح الفوتوفولتيك .P.V إلى الجمع بين كلمة photo وتعني باليونانية الضوء وكلمة Volta نسبة إلى العالم الفيزيائي الايطالي (Alessandro Volta) مخترع البطارية الكيميائية سنة ١٨٠٠ وهي خلية يتم من خلالها تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء مستغلا التأثير الضوئي الجهدي، عن طريق استخدام أشباه الموصلات مثل السليكون الذي يستخرج من الرمل النقي، المضاف لها بعض الشوائب لتعطيها بعض الخواص الكهربائية.

- **التأثير الفوتوفولتي:** إثارة الإلكترونات ونقلها بواسطة الضوء الساقط عليها وبالتالي توليد الكهرباء.

- **كفاءة طاقة الخلية:** مصطلح يشير إلى نسبة الطاقة التي يتم تخزينها في الخلايا الشمسية والتي يمكن تحويلها إلى طاقة قابلة للاستخدام.

- **خلايا الأفلام الرقيقة:** هي مصنوعة من عدة طبقات من الرقائق ويختلف سمكها بين عدة نانومترات إلى عشرات الميكرون تجمع بين نوعين من السيليكون: السيليكون اللابلوري والسيليكون الميكروبلوري للطبقة العليا والطبقة السفلى في اللوح.

*** النظم الفوتوفولتية أحد أهم نظم الطاقة الشمسية النشطة**

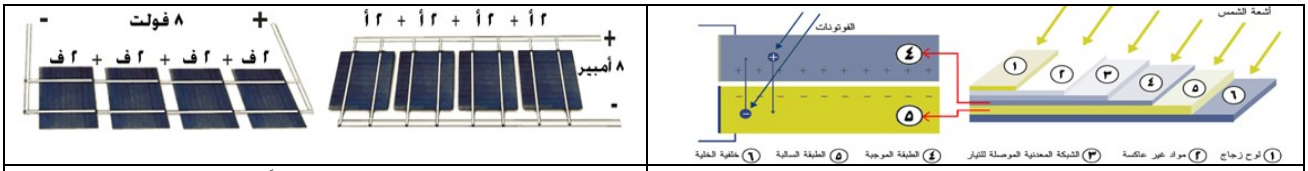
تعد النظم الفوتوفولتية أحد أهم نظم الطاقة الشمسية النشطة والتي تتجمع في منظومات متكاملة مشكلة محطات لتوليد الطاقة الكهربائية، ويمكن أن تكون تلك الوحدات ثابتة أو متحركة بواسطة Sun tracke لزيادة كفاءة الطاقة المنتجة، وتتميز هذه المحطات بإمكانية تشغيلها على نطاق واسع (إقليمى، عدة قرى سياحية، تجمع سكنى، مدن جديدة)، أو على نطاق ضيق (قرية سياحية واحدة).

*** فكرة عمل الخلية الفوتوفولتية أو الشمسية**

- تقوم الوحدات الفوتوفولتية بتحويل ضوء الشمس المباشر إلى طاقة كهربائية فعندما تصطدم طاقة ضوء الشمس بالمواد شبه الموصلية المكونة للخلية الشمسية تفقد الالكترونات المكونة لذراتها في ظاهرة تسمى التأثير الفوتوفولتي وتتحرك باتجاه واحد مكونة تيار كهربي يتدفق خلال الخلية الشمسية لتوليد تيار كهربي مستمر.

- تتكون الخلية الفوتوفولتية التقليدية من مواد شبة موصلة تسمح بمرور التيار الكهربي خلالها وأشهرها السليكون، ولمرور التيار الكهربي في الخلية يتم تركيب شريحتين رقيقتين من السليكون، أحدها تحتوي على ثلاثة إلكترونات في المدار الخارجي للذرة مما يجعلها موجبة الشحنة، والأخرى تحتوي على خمسة إلكترونات في الذرة مما يجعلها سالبة الشحنة، وينتج عن توصيلها مجال كهربي، وعند سقوط أشعة الشمس والتي تتكون من فوتونات على الخلية تصطدم بإلكترونات تمتص فوتونات الضوء فتكتسب طاقة، وتسمح هذه الطاقة بتحرير الإلكترونات (سالبة الشحنة) من التكوين البلوري تاركة فجوات موجبة خلفها، وتتأثر هذه الإلكترونات بالمجال الكهربي مما يؤدي إلى تولد تيار مستمر (Direct Current – DC)، وينتقل التيار الكهربي من وإلي الخلايا بواسطة الموصلات الكهربية عالية التوصيل والمثبتة خلف كل خلية، وبالتالي تعمل كل خلية عمل البطارية المولدة للطاقة بتوصيلها على التوالي أو التوازي مع مثيلاتها، حيث يتم مضاعفة الجهد الكهربي الناتج عند توصيل الخلايا أو المصفوفات على التوالي مع ثبات التيار المستمر المار بها، وعلى العكس يتم مضاعفة التيار المستمر الناتج عند توصيل الخلايا أو المصفوفات على التوازي مع ثبات الجهد الكهربي كما يتضح

من شكل (٢،١)[١].



شكل رقم ١ - مكونات الخلية الفوتوفولتية وفكرة عملها المصدر:عمرو ممدوح علي، دور النظم الفوتوفولتية في دعم التنمية المستدامة بمصر، مؤتمر التقنية والاستدامة في العمران، ٢٠١٠

شكل رقم ٢ - طرق توصيل الخلايا الفوتوفولتية كهربياً ، المصدر Phillip Hurley, "Built your own solar panel", USA, 2006, P29- 30

* مكونات نظام الخلايا الشمسية أو الفوتوفولتية[٢] (Photo Voltaic Cells)

فيما يلي مكونات نظام الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) ووصفها جدول رقم (١).

جدول رقم ١ - مكونات نظام الخلايا الشمسية أو الفوتوفولتية

مكونات نظام الخلايا الشمسية	الوصـــف
وحدة الخلية الشمسية (فوتوفولتية) PV cells	وهى الوحدة التى تحدث بها ظاهرة تحويل أشعة الشمس إلى قوة دافعة كهربية (EME) نتيجة إمتصاص الأشعة المؤينة.
الوحدة (موديول) Module	وهى مجموعة من الخلايا الشمسية تجمع وتوصل معا على التوالى للحصول على وحدة خلايا شمسية
التجميع (بانل)Panel	وهى مجموعة من الوحدات (موديولات) تجمع وتوصل معا على التوالى للحصول على مجموعة القوى الدافعة الكهربية
المصفوفةArray	وهى الشكل النهائي المتكون لاستقبال أشعة الشمس وهى مجموعة من التجمعات للحصول على الطاقة الكهربية ويراعى عند وضعها تحقيق زوايا ميولها وتوجيهها ناحية الشمس وعدم تعرضها للظلال طوال فترة إشراق الشمس
منظم الشحنCharge Controller	وهى المسئولة عن شحن البطاريات طول فترة الاشعاع الشمس واثناء فترات الاستهلاك الضعيف
البطارياتBattery	وهى وحدات التخزين للطاقة الكهربية وذلك للاستفادة من الطاقة اثناء الليل واثناء فترات الاشعاع الشمسى الضعيف ويمكن تخزين طاقة تكفى للاستهلاك من ٢ -٥ يوم حسب قدرة استيعاب كل بطارية للتخزين .
المحولInvertor	وهو جهاز يقوم بتحويل التيار المستمر (DC) الى تيار متردد (AC) يمكن إستخدامه حيث تعتمد معظم الاجهزة فى تشغيلها على التيار المتردد

* أساليب ربط الوحدات الشمسية أو الفوتوفولتية بالشبكة[٣]

تتحدد كفاءة الخلية الشمسية بالعلاقة بين نسبة الطاقة الناتجة (وات) ووحدة المساحة (م٢)، ويمكن تقسيم نظام الوحدات الفوتوفولتية جدول رقم (٢) عموماً إلى:

*** النظم المنفصلة Stand-alone systems**

تعتمد على الطاقة الناتجة عن الوحدات الفوتوفولتية فقط وتلحق بجهاز تحكم وبطاريات.

*** النظم المدمجة Hybrid systems**

هي تجمع بين خلايا الوحدات الفوتوفولتية ونظم مكملة أخرى لتوليد كهرباء كتوربينات الرياح والديزل والغاز. وتلحق ببطاريات صغيرة ونظم تحكم.

*** النظم المتصلة بالشبكة Grid connected Systems**

هي تعمل كمحطات طاقة صغيرة تغذي الشبكة بالكهرباء.

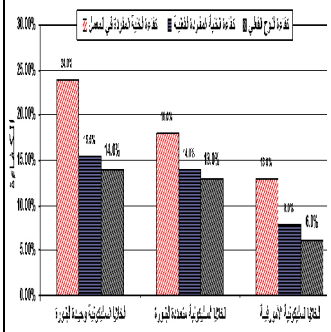
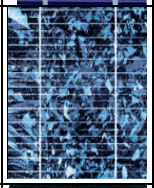
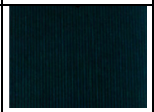
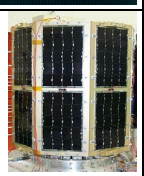
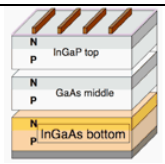
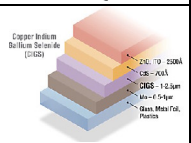
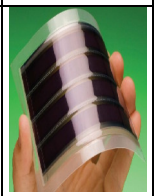
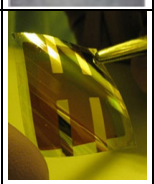
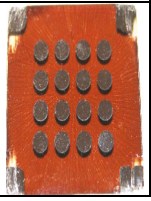
جدول رقم ٢ - أساليب ربط الوحدات الشمسية أو الفوتوفولتية بالشبكة

وجه المقارنة		مصدر الطاقة	التوصيل مع الشبكة	نظام التخزين	استخداماتها
توصيل النظام الشمسي مع الشبكة		الخلايا الشمسية	نعم	لا	توصيل النظام المنزلي مع الشبكة ليلاً وتوريد الفائض إليها نهاراً
النظام مستقل غير متصل بالشبكة	بدون بطارية تخزين	الخلايا الشمسية	لا	لا	مضخات المياه
	مع بطارية تخزين	الخلايا الشمسية	لا	نعم بطاريات	المنازل البعيدة، النظم المنزلية أو العملية كأجهزة الكمبيوتر وغيرها وتعمل هذه النظم في حالة عدم تغطية الشبكة للأحمال المطلوبة من الإضاءة، التليفزيون، الراديو.
نظام شمسي مدمج منفصل عن الشبكة		الخلايا الشمسية المدمجة مع نظام طاقة كالديزل أو الرياح	لا يوجد غالباً	لا	الاستعمالات الصناعية، القرى البعيدة الكبيرة

٢ - دراسة لبعض نماذج الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) المستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائية

تطورت الخلايا الشمسية ومواصفاتها وتعددت حتى تم التوصل إلى خلايا تقليدية من السليكون سواء أحادية أو متعددة التبلور أو من مواد أخرى، وخلايا أخرى متطورة ذات إمكانيات أعلى سواء باستخدام تقنيات متطورة أو اضافة مواد جديدة اليها، جدول رقم (٣).

جدولرقم ٣ - يوضح أهم سمات وملامح ومواصفات نماذج الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) وامكانياتها لاستخدامها كتطبيقات في مجال العمران كتنسيق المواقع، والمعمار(المباني)، والأمور الحياتية الأخرى*

التصنيف الرئيسي للخلايا		شكل الخلية	المواصفات: وصف الخلية	المواصفات: لون الخلية	المواصفات: كفاءة طاقة الخلية	تطبيقات (ماحظات)
الخلايا السيليكونية	أحادية البلورة Mono-crystalline Silicon Cell		خليه قطعت من خلية سيلكون متفردة ذات شكل مربع أو دائري بأبعاد ١٠ -١٥ سم	الأسود والأزرق	١٤ - ٢٤% اكبر كفاءة واكثر انتشارًا وتكلفة	مقارنة بين كفاءة الخلايا السليكونية الثلاثة 
	متعددة البلورات Poly-crystalline Silicon Cell		رقائق من السيلكون كشطت من بلورات سيليكونية اسطوانية عولجت في أفران لزيادة خواصها الكهربية، ثم غطت بمضادات الانعكاس	متداخلة الألوان الأزرق المزركش لها أشكال مختلفة وأبعاد صغيرة	١٣ - ١٨% في الظروف القياسية	
	غير متبلورة (أمورفية) Amorphous Silicon Cell		تتكون من شرائح طولية بينها موصلات كهربية	درجات الرمادي حسب نوع الشفافية	٦ -١٣% في الظروف القياسية وتقل بعد شهر	
الخلايا غير السيليكونية (خلايا الأفلام الرقيقة) Thin-film solar cell	الخلايا المركبة (زرنيخ الجاليوم)[٤] Gallium Arsenide		تستخدم في تطبيقات الفضاء نظرًا لاحتماله الشديد للاشعاع الشمسي	الأسود	٢٣ – ٣٥،٨% في الظروف القياسية	يعيبها ارتفاع تكلفتها عن مثيلاتها من الخلايا التي تنتج نفس مقدار الطاقة. 
	خلايا الكادميوم تيللورايد[٥] Cadmium Telluride		رقائق متتابقة حيز طاقتها واسع تصلح لعمل رقيقة ذات وصلة واحدة	الأخضر الداكن	١٠ - ١٧% في الظروف القياسية	رخيصة الثمن تقرن بمحطات قوى تعمل بالغاز الطبيعي ومولدات تعمل بطاقة الرياح
	خلايا سبائك النحاس (إنديوم سلينايد) Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)		بنية كثيرة البلورات رباعية السطوح مرتبطة مع بعضها البعض	البني المحمر الداكن	١٤ - ٢٠% في الظروف القياسية	قطاع لطبقات خلية (CIGS) 
الخلايا الشمسية المتطورة	الخلايا الصبغية Dye sensitized Organic Cells (DSCS		أوراق سميكة شفافة مقسمة إلى مربعات حوالي ٣×٣ سم	مادة عضوية صبغية شبه شفافة	١١ - ١٨% في الظروف القياسية	خطوات تصنيع الخلايا الصبغية
	خلايا تقنية النانو[٦] Nano PV cells		وحدات تعمل من خلال مادة لونية عضوية ممزوجة بوحدات تقنية فائقة في الصغر تدمج في الواجهات الزجاجية	شبه شفافة	٣٠% في الظروف القياسية	تمكن أندرياس هينش** في ٢٠٠٦ من هذه التقنية التي تتميز بقلة تكلفتها وكفاءتها العالية ولكنها لا تزال تحت البحث والتطوير
	المواد الفوتوفولتية Material Integrated PV Cells		إضافة المواد الفولتية"photovoltaic"مثل إضافة مادة البيروفسكايت"perovskite" الرخيصة الثمن على أغشية رقيقة ضمن خلية شمسية سيليكونية تقليدية [٧]، تعمل على زيادة كفاءة طاقة الخلية لتصل ٥٠%حيث زادت من كفاءة ١١,٤ % إلى ١٧ % ويمكن أن تصل الى ١٦ -٢٠% في المختبر. ويجب تكبير خلايا البيروفسكايت الشمسية، والتي هي حاليًا بحجم طوابع البريد، للتطبيق عمليًا وبالتالي ستقلص عدد الألواح الشمسية في بعض المنشآت إلى النصف مع خفض تكلفة التركيب من عيوبها حالياً أنها لا تدوم طويلاً وتتأثر بعوامل الرطوبة والرياح وهي في مرحلة التطويرلجعلها شفافة بدلا من عدم شفافيتها .[٨]				
	خلايا التركيز النقطي[٩] Concentrate quantum dots Cells		عبارة عن عدسات متراكبة تكون موديول كامل	- الأحمر الداكن - الرمادي	١٠ -٣٥% في الظروف القياسية	تهدف لتركيز الأشعة على نقطة لزيادة كفاءة الموديول ويعيب النوع أنها تعكس الأشعة العمودية فقط على المولد، ولا تؤثر عليها غير العمودية.

*المصدر : الباحثة

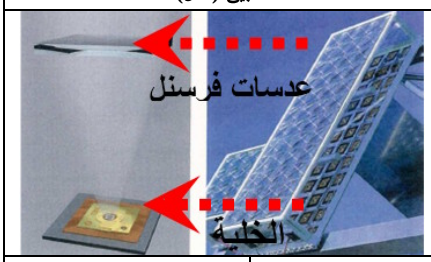
**أندرياس هينش (A. Hench): أستاذ بمعهد فرايبورغ الألماني لنظم الطاقة الشمسية

تابع جدولرقم ٣ - يوضح أهم سمات وملامح ومواصفات نماذج الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) وامكانياتها لاستخدامها كتطبيقات في مجال العمران كتنسيق المواقع، والمعمار(المباني)، والأمور الحياتية الأخرى

التصنيف الرئيسي للخلايا		شكل الخلية	المواصفات			تطبيقات (ملاحظات)
			وصف الخلية	لون الخلية	كفاءة الخلية	
الخلايا الشمسية المتطورة	الخلايا الكروية[١٠] Spherical PV Cells		عبارة عن قطرات ضئيلة من السليكون ذات شكل كروي يبلغ قطرها حوالي ٠,٧ -١,٢ ملم	كريات سليكون رمادية في غلاف بلاستيكي شفاف	٩,٥% في الظروف القياسية	تتميز بأنها تتأثر بالطاقة الشمسية من جميع الاتجاهات خطوات تصنيع الخلايا الكروية
	الخلايا الهجينة[١١] Hybrid Cells		تتكون من رقائق من السليكون وحيدة البلورة مغلفة بطبقتين من السليكون غير المتبلور (الأمورفي)	مختلفة الألوان من الشفاف الى الملون	١٨,٥% في الظروف القياسية	
	الخلايا الجافة[١٢] Dye-Based Cells		تشبه هذه الخلايا في فكره عملها البطاريات الجافة المعتادة، حيث أنها تحتوي على أقطاب موجبة وسالبة مغمورة في محلول كيميائي، غير أنها تحتوي على مواد شبه موصلة تولد الطاقة الكهربية المطلوبة، وتتراوح كفاءتها من ٧ -١٢%.			
	الخلايا الذكية[١٣] Intelligent PV Cells		إضافة التقنيات الذكية جعلت الخلايا تتحول للون الشفاف أيام الغيوم، للاستفادة من الإضاءة الطبيعية لتعويض القصور في توليد الطاقة الكهربية والناتج عن وجود غيوم، وبالعكس تتحول الخلايا إلى اللون الداكن في حالة ارتفاع الإشعاع الشمسي، ولكن هذا النوع تكلفته مرتفعة للغاية.			transparent medium dark
	الخلايا المرنة[١٤] Flexible Solar Cells		تصنع من السليكون الأمورفي ، تتميز بمرونتها و دمجها على أسطح السيارات لشحن بطاريتها أو الحقائب اليدوية لشحن الأجهزة المحمولة.أما في العمارة فيمكن تثبيتها على الأسطح أوالحوائط دون عائق تشكيلي، ولكن تقل كفاءتها عن الخلايا المتماسكة المعتادة		١١ - ١٨% في الظروف القياسية	
	الخلايا مرتفعة الأداء[١٥]		يتم فيها استخدام مواد شبه موصلة نقية بدرجة كبيرة، مع تخشين سطح الخلايا لزيادة مسطح الامتصاص، وتركيب الشبكة المعدنية في خلفية الخلية لرفع كفاءة الخلايا إلى ٢٥%.	الأسود	٢١,٥ % فعليًا	مكونات إحدى الخلايا مرتفعة الأداء
	الخلايا شبه الشفافة[١٦] Semi-Transparent Cells		يتم وضع طبقة رقيقة كهروضوئية تحت أشعة ليزر لإزالة أي مواد انتقائية لتمكين الخلايا من نقل الضوء في حين يمكنها توليد الكهرباء، يمكن رؤية البيئة الخارجية بالكامل من الفراغ الداخلي عبر لوح الخلايا	شبه شفافة متعددة الألوان	١٠% في الظروف القياسية	الخلايا الشفافة لا تزال درجة الشفافية منخفضة حيث تبلغ ٣٠% الخلايا شبه الشفافة
	الخلايا المانعة للانعكاس[١٧] Anti-Reflective Cells		تعتمد فكرتها على الاستفادة من الإشعاع الشمسي الواقع على سطح الخلية بشكل أكبر، حيث يتم إضافة بعض المواد المانعة للانعكاس بدلاً من الزجاج الواقي للخلايا التقليدية. تم التوصل إلى مواد تقلل الانعكاس إلى حوالي ٩ % تقريباً مثل نترات السليكون وثاني أكسيد التيتانيوم، مما يرفع كفاءة الخلية، تتميز بعدم الإبهار البصري للرائي عند وقوع أشعة المغلفة بالزجاج، فضلاً عن أن طلاء الخلية بهذه المواد يتيح التحكم في اللون. الشمس على سطحها، وهي الميزة التي تفتقدها الخلايا التقليدية			أعمدة الانارة في ولاية بورتلاند الأمريكية
	الخلايا المكدسة[١٨] Stacked Cells		يتم وضع طبقتين أو ثلاث من رقائق المواد الموصلة فوق بعضها للوصول لأكبر إنتاج،صممت الطبقات الثلاث(مثلاً) للاستجابة لمدى طيفي معين(قصير،متوسط،طويل)الموجة، لتعظيم إمكانية توليد الكهرباء من الإشعاع الواقع على سطحها، وهو يشابه الخلايا ذات الطبقات الرقيقة في سمكها			Cell 1 + Cell 2 = Stacked Cell

* التقنيات المضافة للخلايا الشمسية(الفوتوفولتية) لتعزيز قدرتها على امتصاص الأشعة الشمسية

جدولرقم ٤ - التقنيات المضافة للخلايا الشمسي(الفوتوفولتية) لتعزيز قدرتها على امتصاص الأشعة الشمسية، المصدر: الباحثة

التقنية	الوصف	تطبيق (مثال)
العدسات	تستخدم العدسات المربعة المحتوية على نتوءات دائرية صغيرة في تحويل أشعة الشمس إلى نقطة بؤرية مركزية والتي تعتبر عدسات إضافية خارج الخلية، ثم تركب الخلية الشمسية في هذه النقطة البؤرية ، وتشبه هذه العدسات خلايا التركيز النقطي،ويعد أشهرها عدسات فرسنل والتي تركز أشعة الشمس في بضع مللي مترات مربعة على كل خلية بمقدار ٥٠٠ مرة،وتصنع عدة عدسات فرسنل معاً كقطعة واحدة، مع مراعاة عامل زيادة درجة حرارة الخلية الواحدة الواقعة أسفل العدسة في تصميم الخلية نفسه، ومن عيوب العدسات عدم الاستفادة من الإشعاع غير العمودي على العدسات، حيث يتم تشتيته بعيدا عن الخلية، وتصل كفاءتها إلى ٣٠ -٣٩%، وإلى ٥٠% في الظروف القياسية .[١٩]	 اللوح فى شكله النهائى المكونات الرئيسية العدسة والخلية
المركزات	وهو إحدى التقنيات المتقدمة ذات المقياس شديد الضخامة تهدف لرفع الكفاءة الإجمالية للمصفوفات، تعمل بدون تشغيل ومتابعة يومية، وتعتبر أشهرها هي مركزات أمونيكس الكبرى Amonix Mega Concentrator،ويتكون المركز الواحد من نفس مكونات النظام الفوتوفولتي بالكامل، غير أنها أضخم بكثير فضلاً عن الاحتياج لمكونات إضافية مثل قاعدة هيدروليكية ضخمة وغيرها، وبالتالي لا يمكن استخدامها إلا في الصحراء أو المحطات الكبرى، حيث يتم تثبيت أكثر من ٢٠٠ مصفوفة على النظام، وتصمم قدرة المركز الواحد لتكون حوالي ٥ كيلووات عند معدل ٨٥٠ وات/م٢ إشعاع شمسي، و٢٠ درجة مئوية، ولكن لا يعمل النظام على معدل إشعاع أقل من ٤٠٠ وات/م٢ [٢٠]	مركزات الأمونيكس الكبرى
المرايا والعواكس	فكرة عملها مثل عمل العدسات السابقة، ولكن مع فارق أنها تعكس الإشعاع الشمسي على الخلية بشكل غير مباشر، بدلاً من تركيزه على الخلية مباشرة مما يقلل الحاجة إلى الأخذ في الاعتبار لعامل ارتفاع درجة حرارةالخلية، وغالبًا تستخدم مرآتين جانبيتين ملاصقتين لمصفوفات الخلايا ، وهناك عدة مستويات لعكس أو تركيز أشعة الشمس على الخلايا، إذا كانت الأشعة المنعكسة عمودية على الخلايا تتراوح مستويات رفع الكفاءة من (١٠إلى١٠٠) مرة، أما إذا كانت الأشعة المنعكسة غير عمودية على الخلايا فيتراوح رفع الكفاءة من (٢إلى١٠)، ومن مميزاتها قلة التكلفة مقارنة بالعدسات.[٢١]	استخدام المرايا على جوانب المصفوفات الفوتوفولتية

* دراسة بدائل تشكيل وتجميع وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) على المستوى العمراني والمعماري والعناصر المؤثرة عليها[٢٢]

جدول رقم ٥ - بدائل تشكيل وتجميع وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) على المستوى العمراني والمعماري والعناصر المؤثرة عليها، المصدر: الباحثة

* العلاقة التكاملية بين وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) والعمران والتشكيل المعماري

- تكامل العمران مع وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية)[٢٣]

يرى المخططون العمران البيئي كرؤية واعية تعمل كضابط لكل أنواع الخطط التى تستهدف استخدام موارد البيئة بما يحقق لها الاستخدام المتوازن والآمن، ويهتم بالحمولة البيئية بحيث لا تتعدى نسبة استخدام الموارد لمشروعات التنمية وطموحاتها الخط الأيكولوجي الحر، وهو التخطيط الذى يطوع خطط التنمية بيئيا، ومن أهم أهدافه:

* ربط الأنشطة الإنسانية مع معطيات الطبيعية كموارد الطاقة المتجددة والبيئة العمرانية..

* المحافظة على عناصر الطبيعية بعد تصنيعها طبقا لنوعياتها وإمكانيات استخدامها.

* إعداد قائمة بإمكانيات استعمالات الأراضى طبقا للأولويات وتحديد كيفية استخدام المكان المراد تخطيطه لتحديد استراتيجية التخطيط ووضع برنامج شامل للتنمية وصياغة الأوضاع الإجتماعية والبيئية ضمن حدود وطاقات السياسة التنموية على الصعيد القومى والإقليمى.

ومن أهم الأهداف أيضًا الواجب توافرها فى الخطط الجديدة للمدن توفير أماكن خاصة لمحطات توليد الطاقة من المصادر المتجددة كالطاقة الشمسية المعتمدة على وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) وتكون تلك المحطات متوافقة مع الظروف البيئية المحيطة وتقوم بتوفير الطاقة اللازمة لتلك

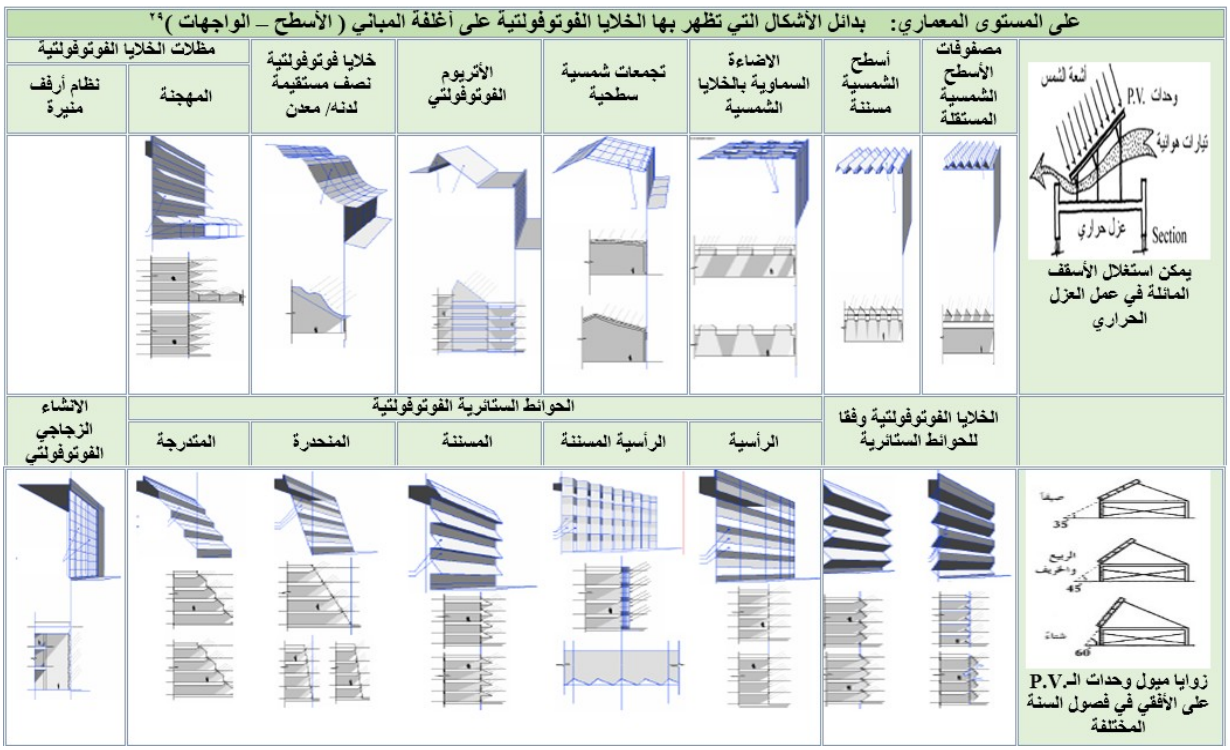
المدن، والتى ستكون بطبيعة الحال مدن مستحدثة، أى أن إجمالى الطاقة اللازمة سيتم توفيره على مدى عدد معين من السنوات حسب خطة التنمية المتوقعة، مع الاستفادة من توظيف عناصر التكييف البيئي كوسيلة للتقليل من الحمل الحرارى للمبنى لتقليل الإعتماد على الطاقة المتجددة، (كالطاقة المستهلكة فى أجهزة التكييف المستعملة)، ومن أهم العناصر التي تؤثر على الشعور بالراحة الحرارية وبالتالي زيادة أو قلة استهلاك الطاقة الكهربائية بأقل تكاليف واطول ساعات ممكنة هي: الأحوال الجوية والعزل الحراري والسيطرة على التسرب الحراري وتوفير التهوية الملائمة واختيار الموقع والاتجاه الجغرافي ومصدات الرياح وزراعة النباتات.

- تكامل وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) مع التشكيل المعماري

يتم تركيب وتكامل الخلايا الشمسية بالمبنى عن طريق عنصرين والذي يتضح من خلالهما التشكيل الناتج من الخلايا على غلاف المبنى والمتمثلان في الأسقف والواجهات. وهناك أيضا العديد من الطرق لتركيب الخلايا على الأسقف والواجهات سواء على الأسقف المستوية أو المنحدرة أو الواجهات بأنواعها، وتنقسم طرق التركيب في كل نوع من أنواع الأسقف والواجهات حسب زاوية التركيب والانشاء إلى طبقات مغلقة وطبقات مفتوحة باتجاه واحد وطبقات مفتوحة باتجاهين وذلك بالنسبة للأسقف المستوية، أما بالنسبة للأسقف المنحدرة فتنقسم طرق التركيب للخلايا فيها إلى خلايا مركبة على الأسقف الاردوازية وخلايا مركبة على أسقف قرميدية وأسقف مفرودة باتساع، وخلايا مركبة فوق طبقات، وبالنسبة للواجهات فهناك واجهات مغلقة وأخرى مفتوحة،ومن مميزات هذه النظم أن لها فوائد معمارية عديدة سواء كانت تشكيلية أو إنشائية أو على نطاق التحديث والتجديد في الأفكار والابتكارات المعمارية حيث يمكن استخدام هذه النظم لأجهزة معينة مستقله دون عمل شبكة متكاملة للمبنى ،وعلى المدى البعيد تقلل من تكاليف الكهرباء بالاضافة الى الحد من استخدام الوقود الأحفوري والانبعاثات المضرة بطبقة الأوزون، ويمكن أن نستبدل المواد التقليدية للبناء بنظم الخلايا الشمسية(الفوتوفولتية)، مثل الزجاج وغيره ، وعند زيادة كمية الطاقة الكهربية المنتجة يمكن ارجاعها للشبكة والانتفاع بها.

وفيما يلي جدول رقم (٦) الذي يوضح بدائل تشكيل وتجميع وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) على المستوى المعماري.

جدولرقم ٦ - بدائل تشكيل وتجميع وحدات الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) على المستوى المعماري ، المصدر: الباحثة



٣ - النتائج

فـي ظـل الـوعي المتزايـد بأضـرار اسـتخدام مصـادر الطاقـة التقليديـة لتوليـد الطاقـة المسـبب الرئيسـي للانبعاثـات الكربونيـة وإيجابيات استخدام مصادر الطاقة المتجددة على بيئة الأرض والحفاظ على حق الأجيال المستقبلية في بيئة نظيفة صالحة لحيـاة الانسـان، تعرضـت الورقـة البحثيـة لقضـية اسـتخدام الطاقات المتجددة والتي من أهمها الطاقة الشمسية باستخدام الخلايـا الشمسـية (الفوتوفولتيـة) احـدى أهـم الـنظم الشمسـية النشطة لتوليد الكهربـاء بشكل مباشر والتي يجب استغلالها في تنمية عمران المناطق الجديدة لما لها من مردودات بيئية واقتصـادية وقابليـة للتكامل مـع طبيعـة المنـاطق الجديـدة علـى المسـتوى العمرانـي والمعمـاري والـذي يعتمـد علـى اختيـار المخطط والمصمم بالدرجة الأولى على مواصفات المنظومة الشمسية،أدواته في ذلك هو ما تقدمه التقنيات من إمكانيات من خلال التنوع في الشكل والهيئة والحجم واللون وما يضيفه من تأثير بصري على الموقع أو المبنى، وهي أمور مهمة لما لها من تأثير في قبول الشكل النهائي للتصميم بصورة تضمن الحصـول علـى الطاقـة النظيفـة والكفـاءة فـي توليـد واسـتهلاك الطاقـة بصـورة كافيـة ومسـتمرة دعمًـا لجهـود التنميـة الشـاملة للنهوض بالوطن.

٤ - التوصيات

* تعميم استخدام المنظومات الشمسية النشطة المعتمدة على اسـتخدام الخـلايا الشـمسـية (الفوتوفولتيـة) وتوظيفهـا فـي المشاريع العمرانية والمعمارية مع تطويرها لما تلعبه من دور هام في توليد الطاقة الكهربائية النظيفة بكفاءة عالية واللازمة لتنمية المناطق عمرانيًا، خاصة في مصر لما تمتلكه من وفرة في نسبة الاشعاع الشمسي الساقط والذي يتلاءم مع موقعها الجغرافي.

* ضرورة وضع التخطيط البيئي من أولويات الدوله بحيث تبني مخططاتها على أساس الحفاظ على البيئة، مع تقليل الإعتماد على مصادر الطاقة التقليدية لما لها من تأثير سلبى على البيئة، مع اقتراح منهج تخطيط بيئي متواصل على عدة مستويات يشمل المستوى المحلي والاقليمي والقومي، ويعتمد على العلاقات الديناميكية المتواصلة بين هذه المستويات.

* ضرورة زيادة إسهام مصادر الطاقة المتجددة والتي من أهم تطبيقاتها الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) في البناء ومن المهم التعامل معه كمنظومة بناء متكاملة واختيار فكرة المشروع وعناصره الداخلية ومعالجته للغلاف الخارجي (الواجهات والأسطح) بطريقة تكاملية.

* من الحلول الجيدة للمعمارى فى الواجهات عمل تشكيلات بهذه الواجهات لتخدم توجيه الخلايا الشمسية (الفوتوفولتية) وذلك مع استغلال الفراغات أسفل هذه الوحدات كأماكن للبطاريات أو كفراغات عازلة حراريًا وأيضًا يمكن إستغلال وحدات الخلايا لتعمل كمظلات أوكاسرات للمداخل.

* التوجيه من خلال التوعية عن طريق الندوات التعريفية ووسائل الاعلام المختلفة بأهمية ترشيد استهلاك الطاقة المعتمدة على المصادر التقليدية للطاقة والتوجه نحو الطاقة النظيفة وتفعيل استخدام الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء.

SOLAR CELLS (PHOTOVOLTAIC) ONE OF THE ACTIVE SOLAR SYSTEMS (POSITIVE)

Dr. Mohamed Mohamed El-Barmelgy[1] **Eng. Reham Mohammed Samir Hussein[2]**

ABSTRACT

The environmental degradation witnessed by most of the world's cities in the aftermath of the industrial revolution and its consequences as a result of its reliance on conventional energy sources has led to increased interest in renewable energy as one of the main sources of clean energy that is not polluting the environment instead of using traditional energies. Solar energy is one of the most important and active solar energy systems and systems that combine in integrated systems consisting of large-scale power generation plants (regional, several) (A tourist village, a residential community, new cities) or a small scale (one tourist village,).

Architectural Engineering Department Faculty of Engineering Cairo University
Assistant Lecturer Architectural Engineering Department Faculty of Engineering Kafr El Sheikh University

This research discusses different types of photovoltaic cells starting from the way they work, their components, their efficiency and the techniques added to them. Architectural and architectural level.

Keywords: Renewable energy sources - Active solar energy - Photovoltaic cells -Alternatives to assembling and forming units

٥ - المراجع

١ - محمد منير مجاهد، "مصادر الطاقة في مصر وأفاق تنميتها"، المكتبة الأكاديمية، ٢٠٠٢م، ص ٢٤٢ -٢٤٣.

2- http://www.solar-is-future.com/faq-glossary/faq/photovoltaic-technology-and-how-it-works.html
3- https://www.wbdg.org/ccb/DOE/TECH/sand87_7023.pdf
4- http://www.semi.org/en/node
5- http://www.nrel.gov/pv/ , Publications, Presentations, and News Database: Cadmium Telluride. "National Renewable Energy Laboratory.

6- http://www.dw-world.de

7- http://arabicedition.nature.com/journal/2014/10/513470a

8- "A Material that Could Make Solar Power 'Dirt Cheap "," What's Tech is Next for the Solar Industry

9- http://nextbigfuture.com/2011/07/spray-on-quantum-dot-cells-designed.html

10- http://www.folkecenter.net/gb/rd/solar-energy/photovoltaics/sphelar/

11- http://www.c-changes.com/types-of-solar-panel

12- http://www.scientificamerican.com/article/more-efficient-dyed-cells /,http -west-facade-features

13- http://www.fastcompany.com/1577940/smart-windows-good-seeing-through-generating-electricity-too

14- http://www.solar-constructions.com/wordpress/flexible-solar-panel/

15 -http://english.ime.cas.cn/ns/es/201209/t20120928_91601.html

16- http://www.solarbuildingtech.com/$_Transparent_See_Through/Semi-Transparent_Film%20n%20Glass/semi-transparent_solar_film_n_solar_glass.htm

17- The German Energy Society, "Planning and Installing Photovoltaic Systems", Earths can, London, UK, 2008, P30. , http://www.pveducation.org/pvcdrom/design/arc-color

18- J. Dreschel, B. M?nnig, F. Kozlowski, M. Pfeiffer, K. Leo, H. Hoppe, Efficient organic solar cells based on a double p-i-n architecture using doped wide-gap transport layers, Appl. Phys. Lett. 86, pp. 244102-244104, 2005. , http://spie.org/x14257.xml#B5

19-The German Energy Society, 2008, Op. Cit., P50.

20- http://www.energyandeconomy.com/upload/18842_CSP___Technologies.doc

21- Goetz Berger, Adolf, Hoffmann, Volker Uwe, Photovoltaic Solar Energy Generation, Springer Science, 2005, P133-135.

22- Temby O.; Konstantinos K. and others, "Building-Integrated Photovoltaic: Distributed Energy Development for Urban Sustainability", Environment Magazine, November 2014.

٢٣ - جهاز تخطيط الطاقة ، دليل العمارة والطاقة، القاهرة، يوليو ١٩٩٨.