إحاطة موجزة حول

الطاقة الشمسية الفضائية: Space-based solar power

من الخيال العلمي إلى مستقبل الطاقة النظيفة

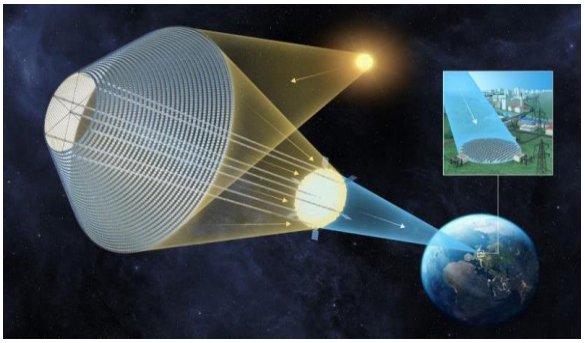
إعداد

ماجد عامر

خبير اقتصادي – الإدارة الاقتصادية

الطاقة الشمسية الفضائية:
من الخيال العلمي إلى مستقبل الطاقة النظيفة

يعتمد مفهوم الطاقة الفضائية على جمع الطاقة الشمسية في الفضاء باستخدام أقمار صناعية مزودة بمصفوفات كبيرة من الألواح الشمسية، ثم تحويل هذه الطاقة إلى موجات كهرومغناطيسية، غالباً على شكل موجات ميكروويف أو ليزر، يتم إرسالها لاسلكياً إلى محطات استقبال أرضية تعرف باسم "Rectenna[1]". تقوم هذه المحطات بدورها بتحويل تلك الموجات إلى كهرباء تُغذى مباشرة في الشبكة الكهربائية. وتعود الفكرة الأولى لهذا التصور إلى عام 1968 حين طرحها العالم بيتر غليزر، ومنذ ذلك الحين أصبحت محط اهتمام العديد من وكالات الفضاء والحكومات حول العالم، نظراً لفوائدها الكثيرة المتوقعة ومن أهمها: **أولاً**، توفير طاقة نظيفة ومستدامة، حيث يمكن لمحطات الطاقة الفضائية أن توفر طاقة شمسية دون انقطاع طوال اليوم (لا يتأثر أداؤها بتعاقب الليل والنهار) مما يساعد على توازن الشبكة حتى عند انقطاع الطاقة الشمسية والرياح على الأرض، مما يعني تزويداً مستمراً بالتيار الكهربائي مشابه للمحطات النووية. **ثانياً**، تقليل الانبعاثات، حيث تساهم محطات الطاقة الفضائية في دعم الهدف المناخي العالمي بالوصول إلى صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050، وتشير وكالة "NASA" الفضائية إلى أن تلك المحطات قد تنتج كميات كبيرة من الكهرباء بأسعار تنافسية وبانبعاثات أقل من الطاقات المتجددة الأرضية التقليدية. **ثالثاً**، تلبية الطلب على الطاقة في المناطق النائية باستمرار بغض النظر عن موقعها الجغرافي.



وعلى الرغم من هذه الفوائد، تواجه الطاقة الفضائية تحديات على المستويات التقنية والمالية والبيئية والتنظيمية. حيث تمُر عملية إنتاج الطاقة الفضائية بعدة مراحل لتحويل طاقة، ومن ثم قد يُفقد جزء كبير منها، مما يعني الحاجة لتحسينات ضخمة في الكفاءة. فضلاً عن الوزن الكبير للألواح

[1] هوائي استقبال يقوم بتحويل الطاقة الكهرومغناطيسية (مثل موجات الراديو) إلى طاقة كهربائية مستمرة لاستخدامها في شحن الأجهزة أو تشغيل الأحمال عبر أنظمة نقل الطاقة لاسلكياً.

الشمسية الذي يحول دون نقلها إلى الفضاء بأقل التكاليف. وتمثل التكلفة المرتفعة لبناء محطات شمسية فضائية ضخمة وإطلاقها في الفضاء وبناء محطات الاستقبال الأرضية عقبة رئيسية. ومن جانب آخر، يثير استخدام الموجات الميكروويفية لنقل الطاقة بعض المخاوف المتعلقة بالسلامة، على الرغم من أن الدراسات تشير إلى أن كثافة هذه الموجات أقل من أشعة الشمس المباشرة ولا تشكل خطراً إذا تم ضبطها بشكل صحيح. كما أن الأثر البيئي المتوقع لهذه الأنظمة على المناخ محدود جداً، لكن يبقى التفاعل مع الغلاف الأيوني للأرض (الطبقة العلوية) محل بحث علمي مستمر. يأتي ذلك إلى جانب أن الفضاء الخارجي يفرض قواعد دولية صارمة، فحقوق الملكية والموارد والتصاريح والتنسيق بين وكالات الفضاء تمثل جميعها معضلات إدارية يجب معالجتها ضمن أطر تنظيمية وقانونية عالمية.

ومن أبرز المشروعات والمبادرات الدولية في هذا المجال، تعمل **اليابان** على تجارب أولية لنقل الطاقة من الفضاء، في إطار مشروع "OHISAMA"، حيث يتوقع إطلاق قمر صناعي تجريبي صغير ينقل 1 كيلوواط من الطاقة من مدار منخفض يبعد 400 كم إلى الأرض عبر موجات ميكروويف خلال العام الحالي 2025. وفي **الولايات المتحدة**، أجرت وكالة "NASA" الفضائية العديد من الدراسات لتقييم الطاقة الشمسية الفضائية ودعمت تجارب عملية، وأكمل معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (Caltech) أول تجربة ناجحة لنقل الكهرباء من الفضاء إلى الأرض في يونيو 2023، كما يوجد برامج بحثية أخرى لوكالة مشروعات الأبحاث المتقدمة الأميركية "DARPA" ومختبر الأبحاث الجوية (AFRL) الذي يجري تجارب في الفضاء. وتتبع **الصين** خطة شاملة طويلة الأجل، حيث تُخطط الأكاديمية الصينية لتكنولوجيا الفضاء (CAST) لإطلاق قمر تجريبي مداري منخفض بقدرة نحو 10 كيلوواط في عام 2028 لاختبار نقل الطاقة عن طريق موجات الميكروويف.وبحلول عام 2030، من المتوقع نشر محطة بقدرة 1 ميجاواط في مدار ثابت على ارتفاع 36 ألف كيلومتر، حيث سيتم تجميعها في الفضاء قبل إرسال الطاقة إلى الأرض. وبحلول عام 2035، يهدف النظام إلى توسيع نطاقه إلى 10 ميجاواط، مما يُثبت قدرته على إنتاج الطاقة بكميات كبيرة. وبحلول عام 2050، يتمثل الهدف في إنشاء محطة طاقة شمسية تجارية في الفضاء، تُولد 2 جيجاواط من الكهرباء، باستخدام هوائي بعرض نحو 1 كيلومتر تقريباً ومجموعة خلايا شمسية مُركبة مُجمعة في الفضاء. وفي **الاتحاد الأوروبي**، أطلقت وكالة الفضاء الأوروبية مبادرة "SOLARIS" في نوفمبر 2022،

لاستكشاف الجدوى الاقتصادية والتكنولوجية للطاقة الشمسية الفضائية، في أطار السعي لتحقيق صافي انبعاثات صفرية. وتُعد المملكة المتحدة من أوائل الدول في هذا المجال، حيث قامت بإطلاق مبادرة "Space Energy Initiative" لجمع الطاقة الشمسية من الفضاء.

أما فيما يخص الدول العربية، فلديها فرصة فريدة تمثل امتداداً طبيعياً لخبرتها الواسعة في قطاع الطاقة وفي إمكانها أن تقود التحول نحو إنتاج الطاقة المتجددة في الفضاء. فعلى سبيل المثال، في **المملكة العربية السعودية**، تستكشف مدينة "نيوم" إمكانية استخدام الطاقة الشمسية من الفضاء لتوفير طاقة خالية من الكربون لمشروعاتها. وتم الإعلان في عام 2023، عن بحث التعاون مع شركة "Space Solar" البريطانية لضخ استثمارات كبيرة في تطوير الطاقة الشمسية الفضائية. وأكدت الدراسات أن الطاقة الشمسية الفضائية تشكل حلاً استراتيجياً ينسجم بشكل كبير مع **"رؤية الإمارات 2050"**، ودعت إلى وضع خارطة طريق وطنية شاملة لتنفيذ برنامج الأقمار الصناعية المستدامة بحلول عام 2060.

خلاصة القول، تُعتبر الطاقة الشمسية الفضائية غير اقتصادية في الوقت الحالي. ومع ذلك، تبقى دراسة الجدوى المستقبلية مفتوحة الاحتمالات، حيث تُشير وكالة "NASA" الفضائية إلى أن الأنظمة الفضائية يُمكن أن تصبح تنافسية إذا تحسنت عدة عوامل مجتمعة وهي: خفض تكلفة إطلاق الأقمار الصناعية، وزيادة كفاءة الخلايا الشمسية الأرضية، وزيادة عمر الأجهزة الفضائية، واستخدام دفع أيوني لنقل الأقمار الصناعية إلى المدار. في مثل هذه الظروف المتفائلة، يُمكن أن تنخفض تكلفة الطاقة الشمسية الفضائية، ما يجعلها منافسة لمصادر الطاقة الأخرى. وبناء على ذلك، فإن الطاقة الشمسية الفضائية قد تندمج في مزيج الطاقة النظيفة المستقبلي، ولكن تحقيق ذلك الأمر يتطلب مواصلة البحث العلمي والتطوير التكنولوجي، فضلاً عن ضخ استثمارات ضخمة ودعم حكومي لتعزيز سلاسل التوريد والتجميع في الفضاء.

المصادر:

- Arab News (Japan), Space-based solar power close to becoming a reality, 12 April 2024.
- European Space Agency, SOLARIS.
- European Space Agency, Frequently Asked Questions on Space-Based Solar Power.
- GOWLING WLG, Saudi Arabia's growing solar power capabilities gain interest from UK government, 7 March 2023.
- NASA, Space-Based Solar Power, 11 January 2024.
- PV magazine, Scientists propose manufacturing process to build perovskite solar cells on the Moon, 4 April 2025.
- RIT Libraries, Digital Institutional Repository, A Strategic Approach for Space-Based Solar Power Implementation in the UAE, July 2025.
- Space.com, Japanese satellite will beam solar power to Earth in 2025, 19 April 2024.
- Socialistchina, China’s solar space station: A game-changer in renewable energy.
- Sustainability magazine, China's Plans to Produce Renewable Energy in Space, 15 January 2025.
- The Emirates Center for Strategic Studies and Research, Space-based solar power: importance and international projects, 14 June 2024.