الهندسة والتكنولوجيا
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 31 أكتوبر 2025
doi: 10.3389/frym.2025.1572222-ar

معًا لتحقيق الهدف 17 من أهداف التنمية المستدامة: كيف تساهم تقنية الجيل السادس في سد الفجوة الرقمية

***Hina Tabassum*[1], *Vinton G. Cerf*[2] و *Mohamed-Slim Alouini*[3*]**

[1]جامعة يورك، تورونتو، أونتاريو بكندا
[2]شركة غوغل (الولايات المتحدة)، ماونتن فيو، كاليفورنيا بالولايات المتحدة
[3]جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، ثول، السعودية

يدور الهدف السابع عشر من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة حول فكرة التواصل وبناء الشراكات الراسخة، بحيث نتعاون جميعًا يدًا بيد لتحقيق *كل* أهداف التنمية المستدامة. وغالبًا ما يُطلق على الأقمار الصناعية لقب «حراس الأرض»؛ لأنها تضطلع بمهمة عظيمة هي ربط أرجاء العالم بعضها البعض ومتابعة كل ما يجري على كوكبنا بطرق متعددة، منها إتاحة الاتصال بالإنترنت للمناطق النائية، ومراقبة الزراعة وإنتاج الغذاء، ودعم قطاع الرعاية الصحية. وفي هذا المقال، ستتعرّف على معنى الاتصال، وكيف يمكن لتقنيات الأقمار الصناعية أن تؤدي دورًا محوريًا في التصدي للعديد من التحديات التي تتناولها أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر. كما سنسلّط الضوء على بعض أبحاثنا الجارية حول تعزيز الاتصال عبر الأقمار الصناعية باستخدام تقنيات الاتصالات اللاسلكية من الجيل

المراجعون الصغار

AILA
العمر: 15

LOKYA
العمر: 14

السادس. وأخيرًا، سنبرز الإمكانات المذهلة للأقمار الصناعية في تعزيز الشراكات العالمية والإسهام في ترسيخ مبادئ الاستدامة وبناء جسور الترابط في عالمنا.

شاهد مقابلة مع مؤلفي هذا المقال لمعرفة المزيد. (الفيديو 1).

قوة الشراكات العالمية (الهدف 17 من أهداف التنمية المستدامة)

لقد وضعت الأمم المتحدة سبعة عشر هدفًا للتنمية المستدامة ترمي إلى الارتقاء بعالمنا؛ فهي تتصدى للعديد من التحديات الكبرى التي تواجه كوكبنا، كضمان حصول سكان الأرض على حصة كافية من الغذاء والمياه النظيفة، وحماية البيئة من التلوث وتغيُّر المناخ. ومن بين هذه الأهداف يبرز الهدف السابع عشر -المعروف باسم "عقد الشراكات لتحقيق الأهداف"- حيث يركّز على توطيد الشراكات العالمية حتى تتمكّن الدول التي تمتلك ثروات وموارد وفيرة من مشاركتها ومّد يد العون للدول التي لا تزال في طور التنمية. ومن دون هذه الشراكات، سيكون من شبه المستحيل تحقيق الأهداف العالمية المحورية، مثل القضاء على الجوع، أو حماية بيئتنا، أو إتاحة فرصة التعليم لجميع سكان الأرض، لكننا إذا تعاوننا معًا، فسنتمكن من التصدي للتحديات الكبرى، لكي يصبح العالم مكانًا أفضل للجميع.

لا يزال التقدّم في تحقيق الهدف السابع عشر متفاوتًا حتى هذه اللحظة؛ فقد حدثت بعض الأمور الإيجابية، مثل زيادة الدعم المقدَّم من الدول الغنية إلى الدول منخفضة الدخل، وتوسّع وصول الناس إلى التكنولوجيا، إلا أن الدول منخفضة الدخل ما زالت تكافح للحصول على جميع الموارد اللازمة لتوفير حياة كريمة لشعوبها. ويعود ذلك إلى أنها مضطرة لمواجهة ارتفاع الأسعار، وتراكم الديون الكبيرة، ونقص الأموال اللازمة للمشروعات الحكومية [1]. ولهذا السبب، على جميع الدول أن تتكاتف لتقديم المساعدة، وهنا يبرز دور الهدف السابع عشر.

العلم ينقذ الموقف

كيف يساهم العلم في تحقيق الهدف السابع عشر؟ يساعدنا العلم في مواجهة التحديات العالمية من خلال إلهامنا بالأفكار الإبداعية والتعاون المشترك. لننظر إلى الأقمار الصناعية مثلًا، فهي ليست مجرد آلات تدور حول الأرض، بل تُعدّ عناصر أساسية لدفع عجلة التقدّم (انظر الشكل 1)، كونها عيون الكوكب في السماء التي تراقب التغيرات البيئية، وتتابع أنماط الطقس، وتجمع البيانات الحيوية، كما أنها تربط العالم عبر شبكة اتصالات واسعة، ما يتيح تبادل المعلومات بسلاسة. وقد يسهم تسخير علم وتكنولوجيا الأقمار الصناعية في توطيد الشراكات العالمية، ويساعد الدول على التعاون بفعالية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة (انظر الجدول 1). كما أن الاتصال عبر الأقمار الصناعية يمكّننا من التصدي لأعظم التحديات التي تواجه كوكبنا، ويكفل لكل إنسان على وجه الأرض -أينما كان موطنه- الحق في الحصول على البيانات التي

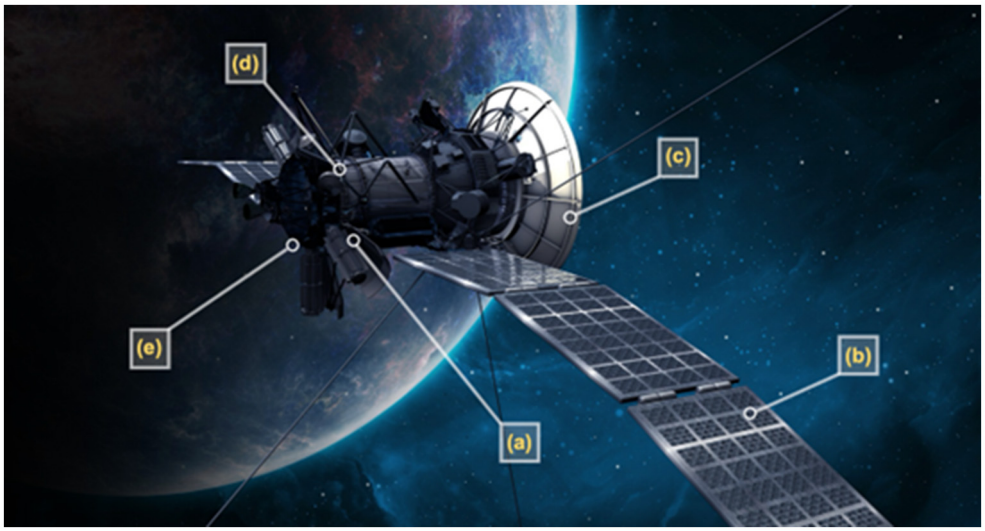
القمر الصناعي (SATELLITE)

هو آلة خاصة تدور في مدار حول الأرض، أو تطير حولها في الفضاء، وتساعدنا على إرسال الرسائل -مثل المكالمات الهاتفية- والتقاط صور لكوكبنا.

الاتصال (CONNECTIVITY)

هو الطريقة التي ترتبط بها الحواسيب والأجهزة في مختلف أنحاء العالم معًا، بحيث يتمكّن الناس من تبادل المعلومات، والتواصل مع بعضهم البعض، واستخدام المواقع الإلكترونية والتطبيقات والأدوات الرقمية المختلفة.

يحتاج إليها لمعالجة القضايا المهمة [2, 3]. وإيمانًا منا بأهميته، يعمل فريقنا على تطوير الاتصال بالإنترنت عبر الأقمار الصناعية [4].



شكل 1

شكل 1

يحتوي القمر الصناعي على عدة أجزاء مهمة: **(A)** أجهزة الطيران الإلكترونية تُشبه "العقل"، وهي تشمل الحواسيب والأنظمة الإلكترونية التي تساعده على التواصل والبقاء تحت السيطرة. **(B)** نظام الطاقة، الذي يضم الألواح الشمسية والبطاريات، يزوّده بالطاقة اللازمة ليعمل. **(C)** الهوائي هو أداة القمر الصناعي للتواصل، حيث يُستخدم لإرسال المعلومات واستقبالها من وإلى الأرض. **(D)** نظام الملاحة والتحكم يحافظ على بقاء القمر الصناعي في المسار الصحيح. **(E)** الحمولة هي المعدات الخاصة التي يحملها القمر الصناعي لأداء مهمته الأساسية، مثل الكاميرات لالتقاط صور للأرض أو الأدوات المخصّصة لاستكشاف الفضاء.

كيف يمكن أن تساعدنا الأقمار الصناعية؟

ولكن، كيف يمكن للأقمار الصناعية أن تحول دون معاناة سكان الأرض من الجوع وتساهم في حل المشكلات الأخرى على كوكب الأرض؟ تراقب الأقمار الصناعية المزارع من الفضاء للكشف عن حالة التربة ورؤية كيفية نمو المحاصيل [5]، ويمكنها حتى التواصل مباشرةً مع أجهزة الاستشعار المثبّتة في المزارع لتزويد المزارعين بمعلومات مهمة عن المحاصيل والتربة والظروف البيئية. يساعد ذلك المزارعين على معرفة الوقت المناسب لزراعة محاصيلهم ورفع مستوى العناية بها. كما تُمكّن بيانات الأقمار الصناعية المزارعين من توقّع كمية الغذاء المُقرر إنتاجها، واكتشاف أمراض المحاصيل في وقت مبكر لمنع انتشارها، أو اتخاذ إجراءات لتفادي الجفاف. ومع تحسّن الزراعة، يزداد إنتاج الغذاء، فينخفض الجوع وسوء التغذية، وتُسهم الزراعة المتطورة أيضًا في دعم الاقتصادات المحلية من خلال توفير وظائف وفرص للتجارة. وهكذا، فإن تحسين الزراعة يؤدي إلى ازدهار مجتمعات أكثر قوة وحيوية، وتوفير حياة أفضل للجميع.

علاوةً على ذلك، تستطيع الأقمار الصناعية مساعدة الكثير من الناس بمجرد إيصال الإنترنت إلى مناطقهم؛ فالإنترنت يمكن أن يساهم في تقليل أوجه عدم المساواة حول العالم، بتوفير فرص العمل والتعليم. ويمكن للأقمار الصناعية أيضًا أن تسمح للأطباء بالتحدّث مع المرضى في أماكن بعيدة ومساعدتهم في الحفاظ على صحتهم! والأهم من ذلك، أن الأقمار الصناعية تستطيع دعم الاتصال بالإنترنت في حالات ما بعد الكوارث، مثل الأعاصير أو الفيضانات، حيث تساعد المجتمعات المتضررة في الوصول إلى المعلومات والموارد المهمة التي تسرّع من عملية تعافيها [6, 7].

جدول 1
أدوار الأقمار الصناعية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

أهداف التنمية المستدامة	أمثلة على أدوار الأقمار الصناعية
	يمكن لأجهزة استشعار الأقمار الصناعية أن تحدد مناطق الزراعة، وتراقب شبكات الطرق، وتكشف عن أماكن بناء المنازل، مما يساعد في تتبع أماكن وجود الطرق والمباني والخدمات. ويمكنها -في الليل- اكتشاف المناطق التي تعاني من انقطاع التيار الكهربائي أو التي لا تتوفر بها الكهرباء، مما يمكّن السلطات من تقديم الدعم لهذه المناطق. ومن خلال إرسال الإمدادات وبناء الطرق والمدارس وخطوط الكهرباء وغيرها في الأماكن الصحيحة، يمكننا أن نحقق أحلام الناس في عيش حياة أفضل وأن نحارب شبح الفقر.
	يمكن لصور الأقمار الصناعية أن تميز بين المحاصيل الصحية والمحاصيل غير الصحية لكي يتمكن المزارعون من توفير رعاية متميزة لمحاصيلهم. كما تساعد بيانات الطقس المزارعين في التخطيط لزراعة المحاصيل بالسماح لهم بالتنبؤ بأفضل أوقات الزراعة والحصاد، ويمكن لأجهزة استشعار الأقمار الصناعية أن تدعم أيضًا التنبؤ بالطقس على المدى الطويل، إلى جانب مراقبة مستويات رطوبة التربة لتقييم جفاف الأرض والمساهمة في رفع كفاءة استراتيجيات الري. وكل هذا يساعد على إنتاج كميات أكبر من الغذاء وطرد شبح الجوع من المجتمعات.
	تساهم الأقمار الصناعية في توفير الإنترنت للأماكن البعيدة أو التي يصعُب الوصول إليها، مما يتيح للناس في تلك المناطق التحدث مع الأطباء عبر مكالمات الفيديو، حتى في حالة عدم وجود مستشفيات قريبة. ويمكن للأطباء متابعة حالة المرضى، وتقديم النصائح لهم، ومساعدتهم على الشعور بالتحسن، بحيث يتمكن المزيد من الناس حول العالم من الحفاظ على صحتهم.
	يمكن للأقمار الصناعية توفير الإنترنت للمناطق التي لا توجد بها مدارس، فتفتح أمام الصغار أبواب المعرفة الواسعة من كتب ومواد تعليمية رقمية، وتمكّنهم من الالتحاق بالفصول الدراسية الافتراضية من أي مكان. وبوجود الإنترنت، يمكن للطلاب المشاركة في التعلم عن بُعد، وتستطيع الدول تبادل الموارد التعليمية، بحيث يغدو التعليم المتميز متاحًا لجميع أطفال العالم أينما كانوا.
	يمكن للأقمار الصناعية التقاط الصور وجمع المعلومات من الفضاء لمعرفة نمط معيشة الناس في أماكن مختلفة، إلى جانب رصد الصعوبات التي تواجه الفتيات والنساء في سعيهن للحصول على المياه النظيفة أو الغذاء الصحي أو أماكن آمنة للعيش. تساعد هذه المعلومات المسؤولين على وضع خطط أفضل للحفاظ على سلامة الجميع وكفالة المعاملة العادلة لهم، بما يضمن تكافؤ فرص النمو والتعلم والتمتع بحياة مفعمة بالصحة والعافية للفتيان والفتيات على حدٍ سواء.
	يمكن للأقمار الصناعية مراقبة البحيرات والأنهار ومصادر المياه الأخرى للتحقق من مدى نظافتها، يمكنها كذلك رصد مستويات المياه ومعرفة درجة ملوحتها وحرارتها، بالإضافة إلى كشف أي تلوث أو شوائب قد تضر بنقائها. وتساعد هذه المعلومات الناس في العثور على مياه صالحة للشرب والاستخدام، خاصةً في الأماكن البعيدة أو التي يصعب الوصول إليها.

جدول 1

جدول 1
(يُتبع)

أهداف التنمية المستدامة	أمثلة على أدوار الأقمار الصناعية
	تساعد الأقمار الصناعية في تحديد أفضل الأماكن لألواح الطاقة الشمسية وتوربينات الرياح من خلال مراقبة أنماط أشعة الشمس والرياح؛ فهي تتتبع اتجاهات الطقس وتحدد المناطق التي تتمتع بأعلى إمكانات للطاقة المتجددة. وهكذا، فإن بيانات أجهزة استشعار الأقمار الصناعية تعزز التعاون العالمي، وتضمن توسيع نطاق الوصول إلى الطاقة النظيفة، وتدعم الجهود المبذولة للحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري ومكافحة تغير المناخ.
	عندما يحصل الناس على الإنترنت عبر الأقمار الصناعية، يمكنهم تعلم مهارات جديدة، وإيجاد وظائف، بل وبدء مشاريعهم الخاصة، وتزداد فعالية هذا الوضع عندما تتكاتف الدول معًا لتبادل المعرفة وتطوير الأدوات المناسبة التي تتيح فرص العمل، مما يساعد عددًا أكبر من الأفراد في الحصول على فرص عمل متميزة وتنمية مجتمعاتهم.
	تستخدم الأقمار الصناعية صورًا من أجهزة الاستشعار لمراقبة حالة الجسور والطرق والبنية التحتية الأخرى، ويمكنها اكتشاف التحولات في الأرض، والتآكل على الأسطح، والمشاكل الهيكلية مثل التشققات أو التشوهات. إذ تُرسَل البيانات إلى المحطات الأرضية، فيحللها الخبراء لتحديد أولويات الإصلاحات وتحسين ممارسات البناء. ويساعد تبادل البيانات بين الدول في تعزيز البنية التحتية ورفع كفاءة التخطيط، لا سيما في المناطق المُعرضة للكوارث الطبيعية أو الطقس القاسي.
	يستلزم البدء في مشروع ناجح توافر مجموعة من المقومات الأساسية مثل المال والأدوات والمعرفة والدعم اللازم من المجتمع، ومن هنا يبرز دور الأقمار الصناعية التي تساهم في توفير الإنترنت الذي يسمح للناس بمشاركة الأفكار، وتعلم أشياء جديدة، والتواصل مع الآخرين بغض النظر عن مكان عيشهم أو المشكلات التي يواجهونها.
	تساعد الأقمار الصناعية المدن على الحفاظ على نظافتها وأمنها، وذلك بمراقبة جودة الهواء والماء، واكتشاف التلوث، ورفع كفاءة إدارة النفايات. وتوفر الأقمار الصناعية بيانات فورية للاستجابة للكوارث، وإدارة حركة المرور، والتخطيط الحضري لتعزيز السلامة والاستدامة.
	تراقب الأقمار الصناعية كوكب الأرض باستخدام أدوات خاصة مثل الكاميرات والرادارات وأجهزة استشعار الحرارة، ويمكنها أن ترصد التغيرات التي تحدث في اليابسة والهواء والمياه. كما تستخدم الأقمار الصناعية نظام تحديد المواقع العالمي لتحديد المواقع بدقة، ومتابعة أشياء مثل الحيوانات والسيارات والطقس وكيفية تغيّر الطبيعة.
	الأقمار الصناعية مُزودَّة بأجهزة استشعار متقدمة تسمح لها بمراقبة مناخ الأرض، مثل ظروف الغلاف الجوي، ودرجات حرارة المحيطات، والغطاء السحابي، ومستويات غازات الاحتباس الحراري. وهي توفر بيانات عالية مستمرة لتتبع التغيرات مثل ارتفاع درجات الحرارة، وذوبان الجليد، وتغيُّر أنماط الطقس، مما يساعد العلماء على فهم اتجاهات المناخ والتنبؤ بها.
	تراقب الأقمار الصناعية صحة المحيطات، وذلك بالكشف عن الصيد الجائر وأنشطة الصيد غير القانونية والتغيرات البيئية مثل ابيضاض الشعب المرجانية، مما يمكّن الدول من التعاون في وضع السياسات وتطبيق اللوائح اللازمة لحماية النظم البيئية البحرية وتنفيذ ممارسات الصيد المستدامة.

جدول 1

جدول 1
(يُتبع)

أهداف التنمية المستدامة	أمثلة على أدوار الأقمار الصناعية
	يمكن للأقمار الصناعية رصد الأماكن التي تُقطع فيها الغابات والمساعدة في مراقبة موائل الحيوانات؛ بحيث تتعاون الدول لحماية هذه الأماكن.
	تساعد الأقمار الصناعية في مراقبة العالم للتأكد من أن الأمور تسير بعدل وسلام، مما يعزز شعور جميع سكان الأرض بالأمن والأمان.
	تساعد الأقمار الصناعية الدول على التحدث مع بعضها البعض ومشاركة المعلومات المهمة، مما يساعدنا على تتبع التقدم المحرز في جميع أهداف التنمية المستدامة.

جدول 1

لكن الأمر لا يقف عند هذا الحد؛ فالأقمار الصناعية تساعد أيضًا في الحفاظ على سلامة الطرق والجسور، بالتقاط الصور وجمع المعلومات وإرسالها إلى الأرض، ما يساعد المهندسين في التخطيط لمواقع إنشاء الطرق الجديدة وصيانة الطرق القديمة. كما أن الطرق والجسور المتينة تفتح الباب أمام الأعمال التجارية لتزدهر وتتوسع، وبذلك ينتعش الاقتصاد.

كما تراقب الأقمار الصناعية علامات تغير المناخ، ويمكنها أن ترصد المستويات العالية من التلوث، أو الارتفاع الشديد في درجة حرارة الكوكب. وتساعد هذه المعلومات الحكومات والعلماء في وضع خطط للحفاظ على سلامة كوكبنا. وكلنا نعلم أن العمل الجماعي له دور حيوي في حل المشكلات العالمية الكبرى، والآن -بفضل الأقمار الصناعية- باتت الدول في جميع أنحاء العالم تستطيع مشاركة المعلومات المهمة، مما يساعد على حل العديد من المشكلات.

تعزيز الاتصالات عبر الأقمار الصناعية باستخدام تقنية الجيل السادس

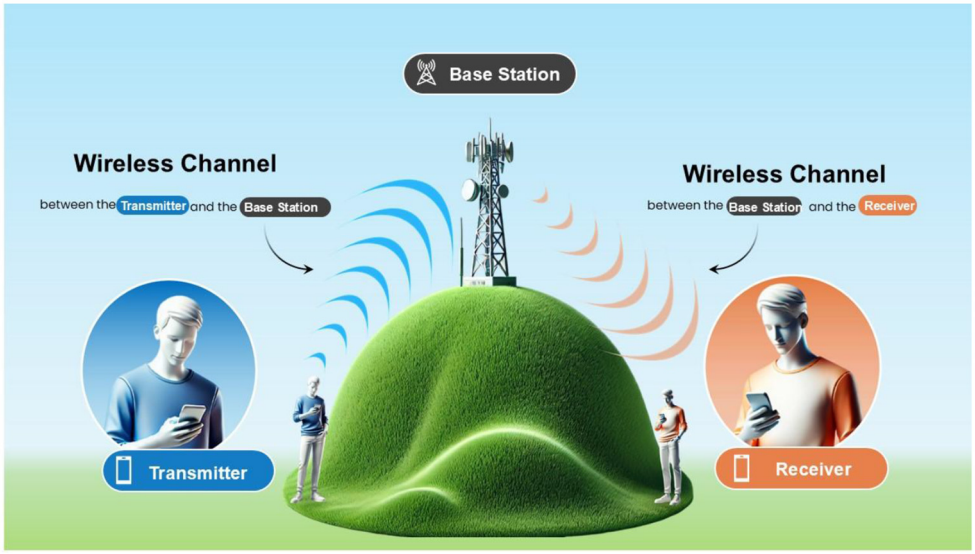
تدعم الأقمار الصناعية البشرية بطرق متعددة، منها الاتصالات اللاسلكية؛ فالأنظمة اللاسلكية تتيح لنا إرسال المعلومات عبر الهواء دون الحاجة إلى أسلاك، وهي الطريقة التي تتواصل بها هواتفنا المحمولة وأجهزة الإنترنت (انظر الشكل 2). ويمثّل الجيل الخامس النسخة الخامسة من هذه التقنية، وقد ساهم بالفعل في تعزيز سرعة الإنترنت وموثوقيته أكثر من ذي قبل، ونحن ننتقل الآن إلى عصر الجيل السادس، الذي يمثل القفزة التقنية القادمة التي تحمل في طياتها وعودًا بسرعات خارقة وجودة اتصال لا مثيل لها، ويرتبط هذا الجيل الجديد بثلاث تقنيات رئيسية نركّز عليها في أبحاثنا.

الاتصالات اللاسلكية (WIRELESS COMMUNICATION)

هي وسيلة تتيح للأشخاص أو الأجهزة تبادل الرسائل أو المعلومات دون استخدام الأسلاك، وذلك عبر إرسال إشارات غير مرئية في الهواء.

الجيل السادس (6G)

هو الجيل القادم من تقنيات الاتصال اللاسلكي الذي سيأتي بعد الجيل الخامس، ليجعل هواتفنا أسرع، وأقوى، وقادرة على القيام بالمزيد من المهام.



شكل 2

شكل 2

تتكوّن معظم أنظمة الاتصالات اللاسلكية من ثلاثة أجزاء رئيسية: جهاز إرسال، ومحطة قاعدية، وجهاز استقبال. يبعث جهاز الإرسال الإشارات، بينما يقوم جهاز الاستقبال بالتقاط تلك الإشارات. وتؤدي المحطة القاعدية دور مركز التحكم، حيث تضمن أن كل شيء يسير بسلاسة بين جهاز الإرسال وجهاز الاستقبال. وتنتقل الإشارات عبر مسار غير مرئي يُسمّى القناة اللاسلكية، مما يسمح بتبادل المعلومات بين جميع الأجزاء. ويُشبه هذا النظام الطريقة التي ستعمل بها شبكات الجيل السادس في المستقبل، بيد أن تقنية الجيل السادس ستحمل معها طفرة هائلة في السرعة وقدرة فائقة على ربط عدد أضخم من الأجهزة مع تقليل فترات التأخير إلى أدنى حد.

تتعلّق التقنية الأولى بالطيف الكهرومغناطيسي، الذي يمكننا أن نتخيّله كقوس قزح ضخم من الموجات غير المرئية، حيث يمثّل كل "لون" نوعًا مختلفًا من الموجات. وفي الطرف الأعلى من هذا الطيف -الذي يشبه الطرف البعيد لقوس قزح الكهرومغناطيسي- توجد موجات أسرع وأصغر حجمًا. وقد كانت هواتفنا عادةً تستخدم الموجات الدقيقة، وهي تقع في الجزء الأوسط من هذا القوس، غير أن استخدام النطاق الأعلى من الطيف الكهرومغناطيسي، سيتيح لنا الاستفادة من قوة الموجات الأصغر والأسرع، التي ستعزز من سرعة الاتصالات [8].

الطيف الكهرومغناطيسي (ELECTROMAGNETIC SPECTRUM)

هو نطاق واسع من موجات الطاقة غير المرئية التي تنتقل عبر الفضاء، ويشمل موجات الراديو، والموجات الدقيقة، والضوء، وأشعة إكس (الأشعة السينية).

التقنية الثانية التي نركّز عليها تتعلّق بالمسافة بين مدار القمر الصناعي وكوكب الأرض، إذ تؤثر هذه المسافة على الاتصالات اللاسلكية بعدة طرق [9–11]. حيث أن الأقمار الصناعية في المدارات المنخفضة تكون أقرب إلى الأرض، مما يجعلها مفيدة في إرسال الإشارات واستقبالها بسرعة أكبر، لأن الإشارات لا تواجه تأخيرًا كبيرًا. أما الأقمار الصناعية في المدارات المتوسطة، فهي تقع على مسافة أبعد، ما يجعلها أنسب لبث مقاطع الفيديو أو لأغراض الملاحة، مثل نظام تحديد المواقع في السيارات.

تقنية تشكيل الحزم (BEAMFORMING TECHNOLOGY)

هي طريقة ذكية تسمح للهوائيات بإرسال الإشارات في اتجاه محدّد بدلًا من نشرها في جميع الاتجاهات، وهي أشبه بتسليط ضوء مصباح يدوي ليساعد الإشارة على الوصول مباشرةً إلى المكان المطلوب، مما يجعلها أسرع وأكثر وضوحًا.

وأخيرًا، تدرس أبحاثنا تقنية تشكيل الحزم، التي تُحسّن من عمل الأقمار الصناعية من خلال تركيز إشاراتها بدقة في الاتجاه الذي نحتاجه، ويشبه هذا تمامًا توجيه شعاع مصباح يدوي في اتجاه معين، وتساعد هذه التقنية على تقوية إشارات الأقمار الصناعية، وتمكّنها من الوصول إلى مسافات أبعد [12].

وتُظهر هذه التقنيات مجتمعة الإمكانات الكبيرة للجيل السادس في إحداث ثورة في عالم الاتصال، وذلك بتعزيز سرعته وموثوقيته في مواقع متعددة وحتى في أصعب البيئات. فعندما تصبح إشارات الأقمار الصناعية أقوى وأسرع بفضل الجيل السادس،

ستتمكّن من الوصول حتى إلى أكثر الأماكن النائية على الكوكب، لربط أشخاص كانوا فيما مضى بعيدين جدًا عن بعضهم البعض. وتتضمّن بعض مشاريعنا المدهشة الأخرى إيجاد سبل جديدة لتمكين الأقمار الصناعية من التواصل فيما بينها والتعاون مع البنية التحتية القائمة على الأرض [13]، واستكشاف كيفية إثراء الأقمار الصناعية لمعرفتنا عن محيطاتنا بمساعدتنا على رصد أعماق المياه لدراسة الحياة البحرية وجودة المياه. كما نعمل أيضًا على تطوير مشروع يستخدم محطات قاعدية تعمل بالطاقة الشمسية أو بطاقة الموجات الراديوية لإنشاء نقاط اتصال واي فاي بمدى يصل إلى كيلومتر واحد [14]. وترتبط هذه النقاط بالإنترنت *عبر* البنية التحتية القائمة أو من خلال الأقمار الصناعية، مما يتيح للناس في المناطق المعزولة تصفح الانترنت، والتواصل، والتعلم باستخدام الهواتف الذكية أو الأجهزة اللوحية أو الحواسيب المحمولة.

نقطة اتصال واي فاي (WI-FI HOTSPOT)

هي نقطة وصول إلى الإنترنت تتيح لك ربط جهازك الإلكتروني، وهي مفيدة عندما تكون خارج المنزل وتحتاج إلى الاتصال بالإنترنت، أي عند وجودك في مقهى مثلًا.

الخلاصة

شرحنا -في هذا المقال- الدور المحوري للاتصالات عبر الأقمار الصناعية في تحقيق الهدف السابع عشر من أهداف التنمية المستدامة، ومساهمتها في تحقيق جميع الأهداف الأخرى؛ فباستخدام اتصالات الجيل السادس عبر الأقمار الصناعية، يمكننا مساعدة المزارعين على زيادة إنتاج الغذاء، وربط الناس بالإنترنت، والإسهام في الحفاظ على البيئة، ومراقبة الصحة العامة لكوكبنا. غير أن هنالك متسعًا للتطوير؛ فلتعزيز تكنولوجيا الأقمار الصناعية، علينا إجراء المزيد من الأبحاث لاستكشاف طرق تجعل هذه التقنيات تعمل تحت الأرض، وتحت الماء، وفي الظروف الصعبة الأخرى حيث يصعب نقل الإشارات. كما أن من الأهمية بمكان تعزيز قدرة الأقمار الصناعية على المناورة لتجنّب الاصطدامات، وحمايتها من التداخل مع مصادر لاسلكية أخرى، وتحسين أمن الاتصالات عبر حمايتها من التهديدات الإلكترونية والوصول غير المصرح به الذي قد يعيق عملها.

ويمكنك أن تكون جزءًا من هذه الرحلة المذهلة إذا نجحت في إشعال شرارة حب الاستطلاع في عقلك، والانخراط بشغف في عالم العلوم، ونسج أحلام طموحة، وبذلك تستطيع تقديم يد العون للعلماء في هذه الرحلة المثيرة. فربما تتمكن في يوم من الأيام من ابتكار أفكار رائدة تُسهم في تطوير عالمنا، وتساعدنا على تحقيق أهداف تنمية مستدامة جديدة. وإذا تابعت رحلة استكشافك وتعاونت مع عقول شابة أخرى كما يُعلّمنا الهدف 17 من أهداف التنمية المستدامة. فقد تكون أنت البطل القادم الذي يبني عالمًا أفضل للجميع!

شكر وتقدير

نودّ أن نتوجه بالشكر لكلٍ من روبن كوستا ونيكي تالبوت في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية على دعمهما الثمين لنا خلال مرحلة الكتابة الأولية وعملية المراجعة، فلولاهما ما اكتملت هذه المجموعة. كما نود أن نعرب عن امتناننا لمكتب الاستدامة في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية والمكتب القُطري لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في

المملكة العربية السعودية لتفانيهما في التوعية بأهمية أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة في رحلتنا نحو عالم أكثر استدامة.

إفصاح أدوات الذكاء الاصطناعي

تم إنشاء النص البديل (alt text) المرفق بالأشكال في هذه المقالة بواسطة "فرونتيرز" (Frontiers) وبدعم من الذكاء الاصطناعي، مع بذل جهود معقولة لضمان دقته، بما يشمل مراجعته من قبل المؤلفين حيثما كان ذلك ممكناً. في حال تحديدكم لأي خطأ، نرجو منكم التواصل معنا.

المراجع

1. UN. 2020. *The SDG Partnership Guidebook*. New York, NY: UN DESA and TPI Related Goals.
2. Hu, Y., and Li, V. O. K. 2001. Satellite-based Internet: a tutorial. *IEEE Commun. Mag* 39:154–62. doi: 10.1109/35.910603
3. Graydon, M., and Parks, L. 2020. 'Connecting the unconnected': a critical assessment of US satellite Internet services. *Media Cult Soc.* 42:260–76. doi: 10.1177/0163443719861835
4. Yaacoub, E., and Alouini, M.-S. 2020. A key 6G challenge and opportunity - connecting the base of the pyramid: a survey on rural connectivity. *Proc. IEEE.* 108:549–82. doi: 10.1109/JPROC.2020.2976703
5. McKinion, J. M., Turner, S. B., Willers, J. L., Read, J. J., Jenkins, J. N., and McDade, J. 2004. Wireless technology and satellite internet access for high-speed whole farm connectivity in precision agriculture. *Agric. Syst.* 81:201–12. doi: 10.1016/j.agsy.2003.11.002
6. Matracia, M., Saeed, N., Kishk, M., and Alouini, M.-S. 2022. Post-disaster communications: Enabling technologies, architectures, and open challenges. *IEEE Open J. Commun. Soc.* 3:1177–205. doi: 10.1109/OJCOMS.2022.3192040
7. Pan, G., Ye, J., Tian, Y., and Alouini, M.-S. 2020. On HARQ schemes in satellite-terrestrial transmissions. *IEEE Trans. Wirel. Commun.* 19:7998–8010. doi: 10.1109/TWC.2020.3018501
8. Aboagye, S., Saeidi, M. A., Tabassum, H., Tayyar, Y., Hossain, E., and H.-C. Yang. 2024. Multi-band wireless communication networks: fundamentals, challenges, and resource allocation. *IEEE Trans. Commun.* 72:4333–83. doi: 10.1109/TCOMM.2024.3366816
9. Mohamed, M., Tabassum, H., ElSawy, H., and Hossain, E. 2024. ''On the impact of orbital motion on handoff and coverage in multi-antenna LEO satellite systems'', in *ICC 2024 - IEEE International Conference on Communications* (Denver, CO), 4427–32. doi: 10.1109/ICC51166.2024.10623115.
10. Alsharoa, A., and Alouini, M.-S. 2020. Improvement of the global connectivity using integrated satellite-airborne-terrestrial networks with resource optimization. *IEEE Trans. Wirel. Commun.* 19:5088–100. doi: 10.1109/TWC.2020.2988917
11. Xu, J., Kishk, M. A., and Alouini, M.-S. 2023. Space-air-ground-sea integrated networks: Modeling and coverage analysis. *IEEE Trans. Wirel. Commun.*

22:6298–313. doi: 10.1109/TWC.2023.3241341

12. Asaad, S., Tabassum, H., Ouyang, C., and Wang, P. 2024. Joint antenna selection and beamforming for massive MIMO-enabled over-the-air federated learning. *IEEE Trans. Wirel. Commun.* 23:8603–18. doi: 10.1109/TWC.2024.3352504.

13. Abderrahim, W., Amin, O., Alouini, M.-S., and Shihada, B. 2020. Latency-aware offloading in integrated satellite terrestrial networks. *IEEE Open J. Commun. Soc.* 1:490–500. doi: 10.1109/OJCOMS.2020.2988787

14. Thuc, T. K., Hossain, E., and Tabassum, H. 2015. Downlink power control in two-tier cellular networks with energy-harvesting small cells as stochastic games. *IEEE Trans. Commun.* 63:5267–82. doi: 10.1109/TCOMM.2015.2497239

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 31 أكتوبر 2025

المحرر: Rúben Martins Cost

مرشدو العلوم: Nicki Talbot

الاقتباس: Alouini M و Tabassum H, Cerf VG (2025) معًا لتحقيق الهدف 17 من أهداف التنمية المستدامة: كيف تساهم تقنية الجيل السادس في سد الفجوة الرقمية. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2025.1572222-ar

مُترجَم ومقتبس من: Tabassum H, Cerf VG and Alouini M (2025) Towards SDG17: How 6g Can Help Us To Connect The Unconnected. Front. Young Minds 13:1572222. doi: 10.3389/frym.2025.1572222

إقرار تضارب المصالح: ويعلن المؤلف المتبقي أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

حقوق الطبع والنشر © 2025 © 2025 Alouini و Tabassum, Cerf.
هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

AILA، العمر: 15
مرحبا، اسمي Aila، وأنا أستمتع بقراءة الكتب في وقت فراغي، وأميل بشكل خاص إلى الكتب التي تتميّز بتطوّر متواصل ومتقن للشخصيات، إلى جانب دقة الوصف والاهتمام بالتفاصيل. كما أستمتع بالسباحة وبمادة الدراسات الاجتماعية ومادة اللغة والأدب، وآمل أن أبدأ تعلم العزف على البيانو هذا العام.

LOKYA، العمر: 14
مرحباً، اسمي Lokya، وأنا أدرس حاليًا في مدرسة كاوست، وأستمتع بالجمباز، ولعب تنس الريشة، وأحب مادة العلوم.

المؤلفون

HINA TABASSUM
حصلت الأستاذة Hina Tabassum على درجة الدكتوراه من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست) في عام 2013، وهي حاليًا أستاذة مشاركة في كلية لاسوند للهندسة بجامعة يورك في كندا. وقد عُيِّنت في عام 2023 رئيسةً لأبحاث يورك لتطبيقات التنقل والاستشعار المدعومة بتقنيات الجيل الخامس والجيل السادس، كما أصبحت أستاذة زائرة في جامعة تورنتو بكندا في عام 2024. وحصلت على جائزة لاسوند للابتكار للباحثين في بداية مسيرتهم المهنية في عام 2023، وجائزة N2Women: النجوم الصاعدة في شبكات الحاسوب والاتصالات في عام 2022، وقد أُدرجت في قائمة جامعة ستانفورد لأفضل من علماء العالم في الأعوام 2021 و2022 و2023 و2024. وفي وقت فراغها، تجد ملاذها المفضل بجوار المسطحات المائية، حيث تؤكد الأبحاث أنها تبعث على السكينة النفسية وتغذي روح الإبداع.

VINTON G. CERF
الدكتور Vinton Gray Cerf هو رائد أمريكي في مجال الإنترنت ويُعرف بأنه أحد "آباء الإنترنت"، متقاسمًا هذا اللقب مع بوب كان، الذي شاركه في تطوير بروتوكول TCP/IP. وقد حصل على درجتي الماجستير والدكتوراه من جامعة كاليفورنيا في عامي 1970 و1972، وكان عضو هيئة تدريس في جامعة ستانفورد، وعمل منذ ذلك الحين في وكالات حكومية ومجالس استشارية، وفي شركات مثل غوغل. كما حصل على أكثر من 25 شهادة فخرية، منها درجات دكتوراه من جامعات حول العالم، ونال العديد من الجوائز تقديرًا لعمله، منها الوسام الوطني للتكنولوجيا، وجائزة تورنغ، والوسام الرئاسي للحرية، وجائزة ماركوني، وعضوية الأكاديمية الوطنية للهندسة. يستمتع الدكتور Cerf في وقت فراغه بفن الطبخ الراقي وبقراءة كتب الخيال العلمي.

MOHAMED-SLIM ALOUINI
وُلد الأستاذ Mohamed-Slim Alouini في العاصمة التونسية تونس، وحصل على درجة الدكتوراة من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (Caltech) في عام 1998 قبل أن يعمل كعضو هيئة تدريس في جامعة مينيسوتا، وبعد ذلك في جامعة تكساس أي أند أم في قطر. وفي عام 2009، انضم إلى أعضاء هيئة التدريس المؤسسين لجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست)، فهو أستاذ "الخوارزمي" المتميز الآن في الهندسة الكهربائية والحاسوبية (ECE)، كما يشغل حاليًا "كرسي اليونسكو في التعليم لربط غير المتصلين". تتناول أبحاث البروفيسور Alouini التحديات التقنية المرتبطة بتقنيات المعلومات والاتصالات في المناطق المحرومة من الخدمات، مثل المناطق الريفية، ومنخفضة الدخل، والمعرضة للكوارث، والتي يصعب الوصول إليها. ويستمتع في وقت فراغه بالاسترخاء وقضاء الوقت مع أسرته.
*slim.alouini@kaust.edu.sa

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology