مستقبل الفضاء

استيطان الفضاء

نتائج تحدي محمد بن راشد لاستيطان الفضاء

مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION

استيطان الفضاء

استيطان الفضاء
سلطت الاستراتيجيّة الوطنيّة للابتكار لدولة الإمارات العربيّة المتّحدة الضوء على مجال الفضاء، من بين قطاعات الطاقة النظيفة، والنقل، والتكنولوجيا، والتعليم، والصحّة، والمياه، بوصفه أحد الركائز الأساسيّة للابتكار والنمو الاقتصادي في المستقبل. وبذلك، سيكون مجال الفضاء الإماراتي حاسماً في دفع عجلة الأهداف الوطنيّة الأوسع لدولة الإمارات العربيّة المتّحدة
.

تحقيق الأمن الغذائي
سيبلغ عدد سكان العالم 9.1 مليار نسمة بحلول العام 2050؛ أي سيزداد بنسبة 34% عن عدد السكان اليوم، ما من شأنه أن يزيد الضغط على أنظمتنا الغذائيّة وأن يتطلّب توسعاً هائلاً في الإنتاج. وقد زاد الرصد الساتلي من كفاءة الإنتاج الزراعي، وذلك من خلال الخطط الوطنيّة التي تسمح للمزارعين باستخدام البيانات المفتوحة المصدر لرصد الظروف المحليّة. ستساعدنا البحوث الفضائيّة أيضاً في تطوير تقنيّات جديدة لإنتاج الأغذية بكفاءة في ظل ظروف قاسية أو مقيّدة
.

التصدّي للتغيّر المناخي
تساعدنا البحوث الفضائيّة في إرساء العيش المستدام بشكل أفضل والتكيف مع التغيّر المناخي. فتُستخدم الصور الفضائيّة في رصد الكوارث وديناميّات النظم الإيكولوجيّة والهيدرولوجيا.
وتساهم تقنيّات احتجاز الكربون التي تم تطويرها لإعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون في المركبات الفضائيّة في خفض انبعاثات الكربون على كوكب الأرض، وتتيح إمكانيّة إعادة تدويرها إلى موارد حيويّة أخرى مثل الأكسجين والجلوكوز والبوليمرات
.

تحفيز حس التفكر البنّاء
من غير الممكن التوصل دائماً إلى حلول للتحدّيات التقنيّة من خلال النهج المباشرة. إذ يقتضي العديد من التحدّيات التشجيع الذي يولده هدف أسمى يحفّز بدوره خيالنا ويتطلب من الأفراد والمؤسسات التفكير بطرق إبداعيّة وغير تقليديّة. وقد ساهم عمل العلماء والطلاب الذين يواصلون البحوث الفضائيّة في إنشاء مواد وأساليب تصميم جديدة ونظم تقنيّة أكثر ابتكارًا نستخدمها بصورة يوميّة، مثل أجهزة الكمبيوتر المحمولة والهواتف الذكيّة والتصوير التشخيصي للسرطان وتقنيّة الليزر. ولعل ما لا يقل أهميّة عن ذلك هو أنّ حلم الفضاء يمنح صاحبه الشعور بالهدف والإلحاح الذي توفّره مهن قلّة أخرى. وقد يشكل حس التفكر والأمل والتفاؤل المشترك الذي تمثله البحوث الفضائيّة قوّة هائلة قادرة على بعث الإلهام في أجيال المستقبل لكي تعمل بشكل تعاوني في سبيل بلوغ هدف مشترك.

وضع حجر الأساس للتعاون الدولي
نشهد اليوم تنامياً ملحوظاً في الاستثمار والتعاون عبر الحدود في مجال البحوث والاستكشافات الفضائيّة. ومن شأن ذلك أن يساهم في إرساء شعور مشترك بالاضطلاع بالمهمة. ويمكن لذلك أن يساهم بدوره في حل التحدّيات الجيوسياسيّة القائمة منذ وقت طويل. سيكون هذا التحول حاسماً كي تتمكن البلدان من التصدي للتحدّيات العالميّة.

استيطان الفضاء

نشر في يوليو

مؤسسة دبي للمستقبل
DUBAI FUTURE FOUNDATION

© مؤسسة دبي للمستقبل

محتويات

المقدمة	02
01 الطاقة	05
02 أعمال البناء	15
03 الغذاء والماء	37
04 السياسة	53
05 الصحة والروبوتات والاتصالات	65
الخلاصة	75

المقدمة

خلال الحرب العالمية الأولى، ارتفع الطلب الحكومي على الطائرات ارتفاعًا كبيرًا. وأدى ذلك إلى النمو السريع لشركات الطيران التي كانت تستجيب للزيادة المفاجئة في الطلب على الطائرات. وفي نهاية الحرب، تراجعت حاجة الحكومات إلى الطائرات وأُلغيت عقود الطائرات الجديدة. ونظرًا لذلك، لم تعد السوق مربحة في ذلك الوقت، وكافحت شركات صناعة الطائرات للبقاء في العمل، وكان قطاع الطيران في طريقه إلى الانكماش ناهيك عن احتمال اختفائه.

ومع ذلك، فقد رأت السلطات الحكومية إمكانات كامنة في الطائرات التجارية للانتفاع بها في خدمة عامة أخرى، وهي خدمة البريد الجوي الجديدة المقدمة من مكتب البريد منذ عام 1918. فقد سمح قانون كيلي لعام 1925 لمدير البريد العام بالتعاقد مع شركات النقل الجوي لتسليم البريد والرسائل والطرود. وقد زاد الطلب مجددًا على الطائرات بفضل الخدمات البريدية، الأمر الذي أدى إلى نموٍ صناعة الطيران مرة أخرى.

ومع مرور الوقت، بدأت صناعة الطيران في جذب المهندسين الموهوبين ورواد الأعمال الواعدين الذين توصلوا بدورهم إلى فكرة بيع التذاكر للمسافرين من أجل السفر جوًا، جنبًا إلى جنبٍ مع البريد. في البداية، أبدى كثيرون قلقهم حيال سلامة السفر جوًا واستمروا في تفضيل السفر بحرًا على متن السفن. إلّا أن نمو صناعة الطيران أدى إلى رفع مستوى الأمان في السفر جوًا وجعله متيسرًا من الناحية المادية، مما أثمر عن زيادة أعداد المسافرين جوًا بمعدلات كبيرة. وبحلول منتصف ثلاثينيات القرن الماضي، جذبت شركات الطيران الخاصة - خطوط عبر العالم الجوية (TWA) وبان آم (Pan Am) ودلتا (Delta) وغيرها - ما يكفي من المسافرين لتعويض تكلفة التشغيل.

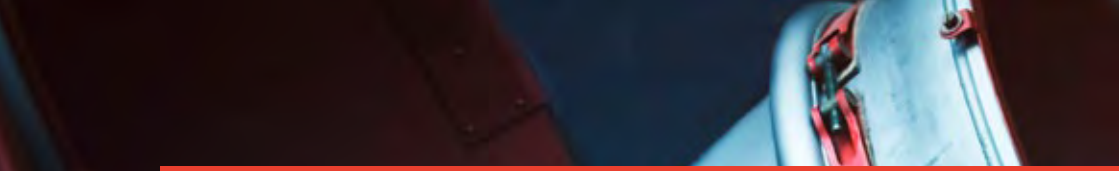
يمثل السفر جوًا للمسافرين الآن الجزء الأكبر من حركة السفر الدولي، وكذلك الأمر بالنسبة لقاسم كبير من حركة السفر الداخلي. بالإضافة إلى ذلك، فيُعدّ الطيران قطاعًا حيويًا في الاقتصاد العالمي؛ فهو مسؤول عن 1% تقريبًا من إجمالي الناتج المحلي العالمي، حيث يدعم حوالي 3 ملايين وظيفة وفقًا للاتحاد الدولي للنقل الجوي. كما يساهم الطيران في الإنتاجية والتجارة في معظم الدول حول العالم.

ويوفر تاريخ صناعة الطيران سابقة تناظرية مهمة لقطاع الفضاء، إذ لا يمكن التنبؤ دائمًا بمصدر الابتكارات وتوقيتها وقيمتها، ولكنها عناصر حاسمة في إحراز التقدم. فالقطاعات الصناعية لا تكون جاهزةً بالضرورة في بداياتها لاستثمار القطاع الخاص، عندما يكون عائد الاستثمار بعيدًا جدًا أو لا يمكن تصوره بعد. يمكن للطلب الحكومي - مدفوعًا بالقيم العامة أو تحسين الخدمات العامة بدلًا من تحقيق الربح - أن يسد هذه الفجوة. وفي الوقت نفسه، يوضح تاريخ صناعة الطيران القيمة المُتأتية من الجمع بين الجهود التجارية والحكومية بدلًا من الفصل بينها، مما يسمح للقطاع الخاص بالازدهار في إطار إبرام عقد مبدئي مع الحكومة. يمثل التمويل الحكومي للبحوث قناة أساسيّة يمكن من خلالها للدول تحقيق الأهداف الأطول أمدًا وتشجيع الابتكار والنمو والتنمية.

وفي هذا السياق، فقد سعى تحدي محمد بن راشد لاستيطان الفضاء إلى تسريع مكاسب البحوث الفضائية، ودعم رؤية دولة الإمارات العربية المتحدة لبناء وكالة فضاء وطنية فاعلة، وتطوير صناعة الفضاء المحلية لتصبح هذه الوكالة مركزًا للبحث العلمي وجذب المواهب. وفي عام 2018، قام تحدي محمد بن راشد لاستيطان الفضاء بتمويل 35 فريقًا بحثيًا من شركات خاصة ومؤسسات أكاديمية من عدة دول حول العالم لتعزيز أبحاث الفضاء وتطوير الحلول التكنولوجية. ولم يكن الهدف من ذلك التحكم في تطوير التكنولوجيا، بل مطالبة الباحثين بشرح كيف ستساعدهم منحة مقدمة من الحكومة حتى يتمكنوا في النهاية من تحويل أبحاثهم إلى تقنيات مفيدة للمجتمعات التي ستستوطن الفضاء.

ويشمل التحدي البحث في شتى التخصصات المختلفة، بما في ذلك العلوم والرياضيات والهندسة والتكنولوجيا، بالإضافة إلى الاقتصاد والقانون والعلوم السياسية والفن أيضًا. ولذلك، تتناول النتائج عددًا من الأسئلة التي لن ستكون متصلة باستيطان الفضاء في المستقبل، بل وستكون متصلة كذلك بالقضايا المطروحة حاليًا على الأرض، مثل ندرة الغذاء والمياه والصحة العامة والسياسة والطاقة المستدامة.

اكتملت هذه المشاريع الآن، وللحصول على نسخة عن الأبحاث العلمية الكاملة، الرجاء التواصل على البريد الإلكتروني research@dubaifuture.gov.a. هذا التقرير يلخّص التقدم الذي أحرزه كل مشروع من هذه المشاريع والبالغ عددها 35 مشروعًا، ويقسّمها إلى خمسة أقسام.



01

الطاقة

لا يزال العثور على مصادر طاقة مستدامة وفعالة من حيث التكلفة أحد أكبر تحدياتنا في الفضاء وعلى الأرض على حدٍ سواء. تتطلب الرحلات الفضائية طويلة المدى - كالرحلات الفضائية إلى المريخ - كميات هائلة من الطاقة، ما يجعلها باهظة الثمن ومتطلبة من الناحية التقنية. يضيف الوقود وزنًا هائلًا إلى المركبة الفضائية، كما يطرح تخزين الطاقة تحديات تقنية جديدة. حتى في حال معالجة هذه التحديات، فلا يزال استيطان الفضاء على المدى الطويل بحاجة إلى مصادر طاقة من البيئة المحلية أو «بالموقع» بالنظر إلى عدم إمكانية الاعتماد على شحنات من الأرض بشكل دائم.

ولمواجهة هذه التحديات، يبحث عدد من المشاريع المُمولة من قبل "تحدي محمد بن راشد لاستيطان الفضاء" في إمكانيات وفرص موارد الطاقة المستدامة كالطاقة الحرارية الشمسية والهيدروجين الشمسي الناتج عن تعدين الكويكبات، بالإضافة إلى المُركّبات الموجودة على المريخ. تقدمت بعض المشاريع بالأبحاث الحالية حول المصادر الممكنة للطاقة في الفضاء، في حين سعى بعضها الآخر إلى اختبار نظريات جديدة. والأهم من ذلك هو اقتران معظم البحوث بتطبيقات ودروس مباشرة وغير مباشرة للأرض.

حرق المواد الكيميائية المريخية المحلية من أجل التنقل الكوكبي

عبدول إسماعيل
إنتربلانيتاري إكسبيديشنز المحدودة، جامعة ليفربول

سعى الباحثون في هذا المشروع إلى إيجاد حلٍ مُجدٍ من الناحية الاقتصادية والتقنية للبعثات الفضائية على المدى الطويل من خلال اختبار المُركّبات الموجودة على المريخ، "استغلال الموارد في الموقع" (ISRU). وقد وسّع هذا المشروع الأدلة على أن ثاني أكسيد الكربون (الذي يشكل 96% من الغلاف الجوي للمريخ) ووقود المغنيسيوم (الذي يشكل 4% من تربة المريخ) يمكن أن يكونا مصدرًا أساسيًا للوقود على المريخ.

على الرغم من وجود العديد من المُركّبات الموجودة على سطح المريخ والتي يمكن استخدامها كوقود دفع، فينطوي العديد منها على استخدام المواد المبردة، كبعض أنواع الوقود التي يجب تخزينها في درجة حرارة منخفضة للغاية. وهذا يجعلها عالية التكلفة إلى درجة كبيرة.

اختبر العلماء بديلًا أقل كفاءة في الأداء ولكنه لا يحتاج استخدام مواد مُبرّدة، وهو مسحوق معدن المغنيسيوم (المميَّع بالنيتروجين) معلق في غاز ثاني أكسيد الكربون. لقد قاموا بتجربة طرق مختلفة لحقن وتحريك الجزيئات الموجودة في الغاز. ووجدوا أن استخدام الموجات الصوتية لرفع المغنيسيوم كان طريقة مفيدة للتحكم فيها، قبل إشعالها بالليزر. وبعد ذلك يمكنهم دراسة الخصائص المجهري لجزيئات الوقود أثناء الاحتراق، وفهم الطريقة الأكثر فعالية لترتيبها.

جرى التحقيق في أنظمة دفع مسحوق المعادن المُميَّعة بشكل متقطع منذ أربعينيات القرن الماضي، عندما طور المهندسون والعلماء صواريخ بالستية ومحركات نفاثة تضاغطية هوائية وغاطسات تحت الماء. ولكن لم يتم تقصّي ذلك المفهوم في أبحاث الرحلات الفضائية إلّا في ستينيات القرن الماضي. ولم يتم التوصل إلى حل بالنسبة للعديد من التحديات التقنية بعد، كالاحتراق والتبريد مثلًا. وقد زاد هذا المشروع من فهمنا لكيفية القيام بذلك في حالة المغنيسيوم وثاني أكسيد الكربون، الأمر الذي يعزز هذه الحالة كوقود مريخيّ فعال من حيث التكلفة.

01

تمكين استكشاف الكواكب باستخدام الهيدروجين الشمسي في حطام الكويكب صخري

د. مارتن لي
كلية علوم الأرض والجغرافيا، جامعة غلاسكو

قام الباحثون في هذا المشروع بتقييم إمكانية "تعدين" الكويكبات للتنقيب عن الهيدروجين والماء. حيث تُعد الكويكبات عنصرًا جوهريًا لوقود المركبات الفضائية، ويمكنها دعم البعثات على المدى الطويل أو المستوطنات الفضائية من خلال توفير موارد محلية.

وحتى وقت قريب، كانت الآثار الناتجة عن التجوية الفضائية على الكويكبات غير معروفة إلى حد كبير. وقد تم تقييم أي تغييرات فيزيائية وكيميائية على أسطح الكويكبات بواسطة الاستشعار عن بعد، كالتحليل الطيفي، باستخدام التلسكوبات الأرضية والمركبات الفضائية. ومع ذلك قامت بعثة الفضاء اليابانية الأخيرة "هايابوسا" بجمع وإرجاع حبيبات معدنية من كويكب "إيتوكاوا".

وقد أتاح ذلك للباحثين في هذا المشروع الفرصة لاستخدام تقنية عمليّة جديدة - تسمى التصوير المقطعي لمسبار الذرة (APT) - على عينات الكويكب. حيث تمكنوا من قياس مستويات الهيدروجين والماء بدقة في حبيبات السيليكات المعدنية. ويمكنهم بعد ذلك تقدير إجمالي التوافر على الكويكب، بالنظر إلى تأثيرات التجوية الفضائية على العينات على الأرض. كما تم تقديم العمل الأولي الذي يثبت الجدوى من هذا المشروع في مؤتمر علوم القمر والكواكب لعام 2018. ليستمر فهم معنى هذه القياسات الأكثر دقة لنماذج بنية الكويكب الخاصة بنا.

الطاقة الشمسية الحرارية لمستوطنات الفضاء

سارة كوربي، جوشوا أي. كيب، جايدن كوفاكس، فرانسيسكو ماسياس، شون موري، ريس أوتو، أوغوستو في. مورا، وإنجو إتش.جي. يان
كلية الهندسة الميكانيكية والتعدين،
جامعة كوينزلاند

في هذا المشروع، طور الباحثون دراسة تصميم أولي لنظام توليد الطاقة الكهربائية ليناسب مساحة مستوطنة فضائية صغيرة.

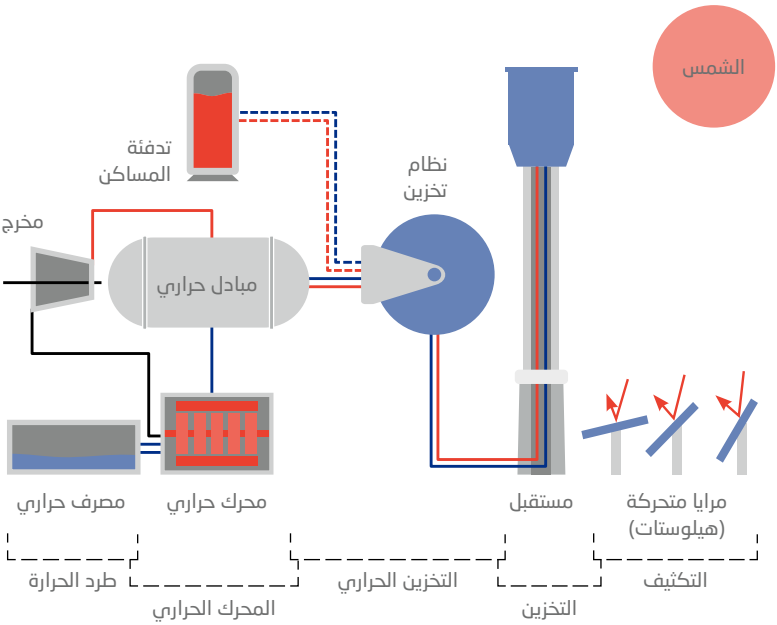
على الرغم من أن الطاقة النووية والخلايا الكهروضوئية (PV) والبطاريات هي التقنيات الرئيسية المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية في أنظمة الفضاء، إلا أنها تشهد تراجعًا بمرور الوقت وتُعد عالية الكتلة نسبيًا. وفيما يتعلق بالمستوطنات الفضائية الدائمة، والتي ستحتاج إلى طاقة مستمرة، فقد استخدم الباحثون البديل المتمثل بالطاقة الشمسية المركزة إلى جانب التخزين الحراري والمحرك الحراري من أجل بناء نظام لتوليد الطاقة.

تم بناء منشأة تخزين الطاقة من مواد محلّيّة المصدر ومكونات عالية التقنية (محرك حراري وجهاز استقبال وعاكسات) مدمجة وخفيفة. ليمكن ذلك من تطبيق هذا النظام بسهولة في المستوطنات الفضائية وتقديم كفاءات تحويل عالية للطاقة. تُعد تكنولوجيا الطاقة الشمسية المركزة كذلك حلًا ممكنًا لاستكمال التطبيقات الكهروضوئية على الأرض.

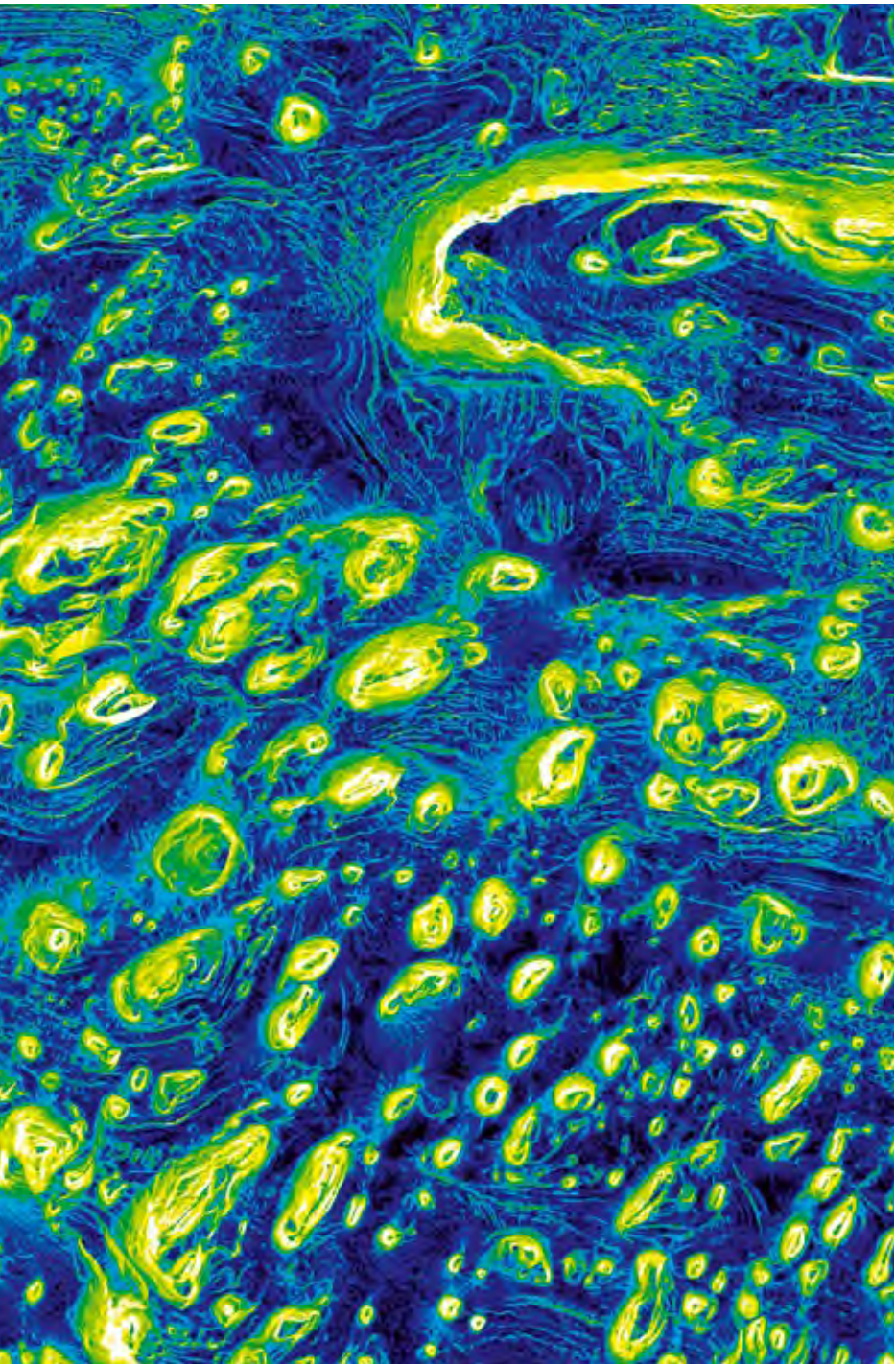
لقد وجدت الدراسة أن المبادل الحراري سيشكل اثنين من أهم التحديات لتحقيق هذه التكنولوجيا. فباستخدام العلوم الحالية، سيتعين لحجمه أن يكون كبيرًا بشكل يمنع العمل بالكفاءة المطلوبة. كما أنه لا يوجد أعمال هندسية لفهم الكيفية التي سيعمل بها في جاذبية مختلفة.

01

الرسم التوضيحي
محطة لتوليد الطاقة الحرارية الشمسية المركزة



يتم بناء منشأة تخزين الطاقة من مواد محلّيّة المصدر ومكونات عالية التقنية (محرك حراري وجهاز استقبال وعاكسات) مدمجة وخفيفة، ما يتيح تطبيق هذا النظام بسهولة في المستوطنات الفضائية وتقديم كفاءات تحويل عالية للطاقة.



01

استخدام الميكروبات في المفاعلات الكهربائية الحيوية لاستخراج الأكسجين من تربة المريخ

مارتن فان دين بيرغي، جوشوا ويست، كينيث نيلسون
قسم علوم الأرض، جامعة جنوب كاليفورنيا

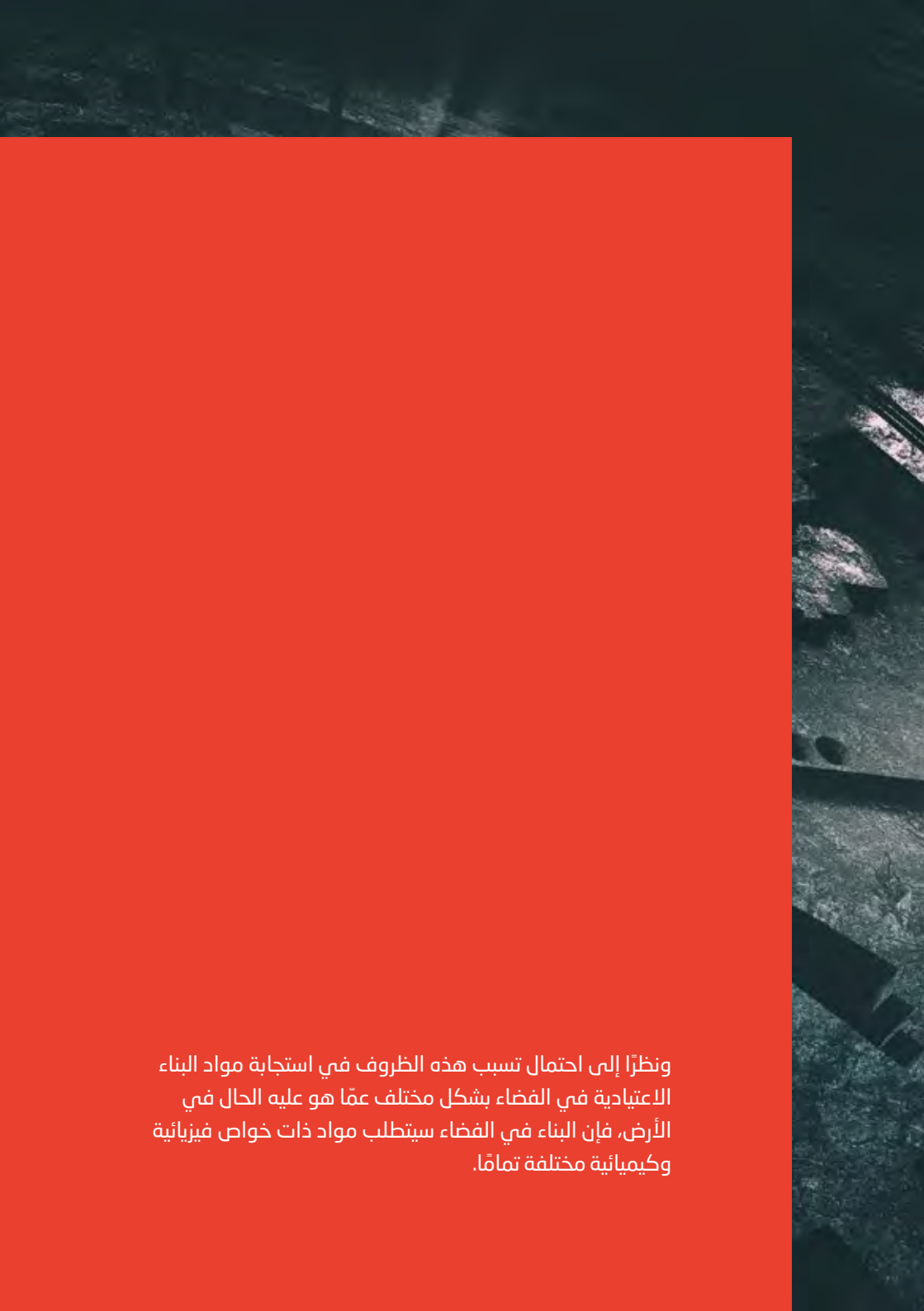
سيكون توليد الأكسجين أحد التحديات الرئيسية في تطوير مستوطنة فضائية على سطح المريخ بالنظر إلى أن 95% من الغلاف الجوي للمريخ يتكون من ثاني أكسيد الكربون CO2. ومع ذلك، وجد العلماء أن كميات هائلة من الأكسجين موجودة في تربة المريخ، مرتبطة بمعادن أكسيد الحديديك وأملاح البيركلورات. وتشير التطورات في بحث علوم الأحياء المجهرية هذا إلى احتواء تربة المريخ على كمية كافية من الأكسجين لدعم استقرارٍ طويل المدى على المريخ.

وقد طور الباحثون في هذا المشروع تكنولوجيا مفاعل حيوي لاستخراج الأكسجين باستخدام بكتيريا قادرة على النمو على الأقطاب الكهربائية وحل ركائز معدنية معينة من أجل توليد الأكسجين الغازي. كما أظهروا بنجاح قدرة النظام الكهروكيميائي الحيوي على الاستفادة من أحدث التطورات في علوم الأحياء المجهرية لاستخراج الأكسجين بكفاءة من المواد الأساسية المريخية الشائعة والتي يمكن الوصول إليها بسهولة.

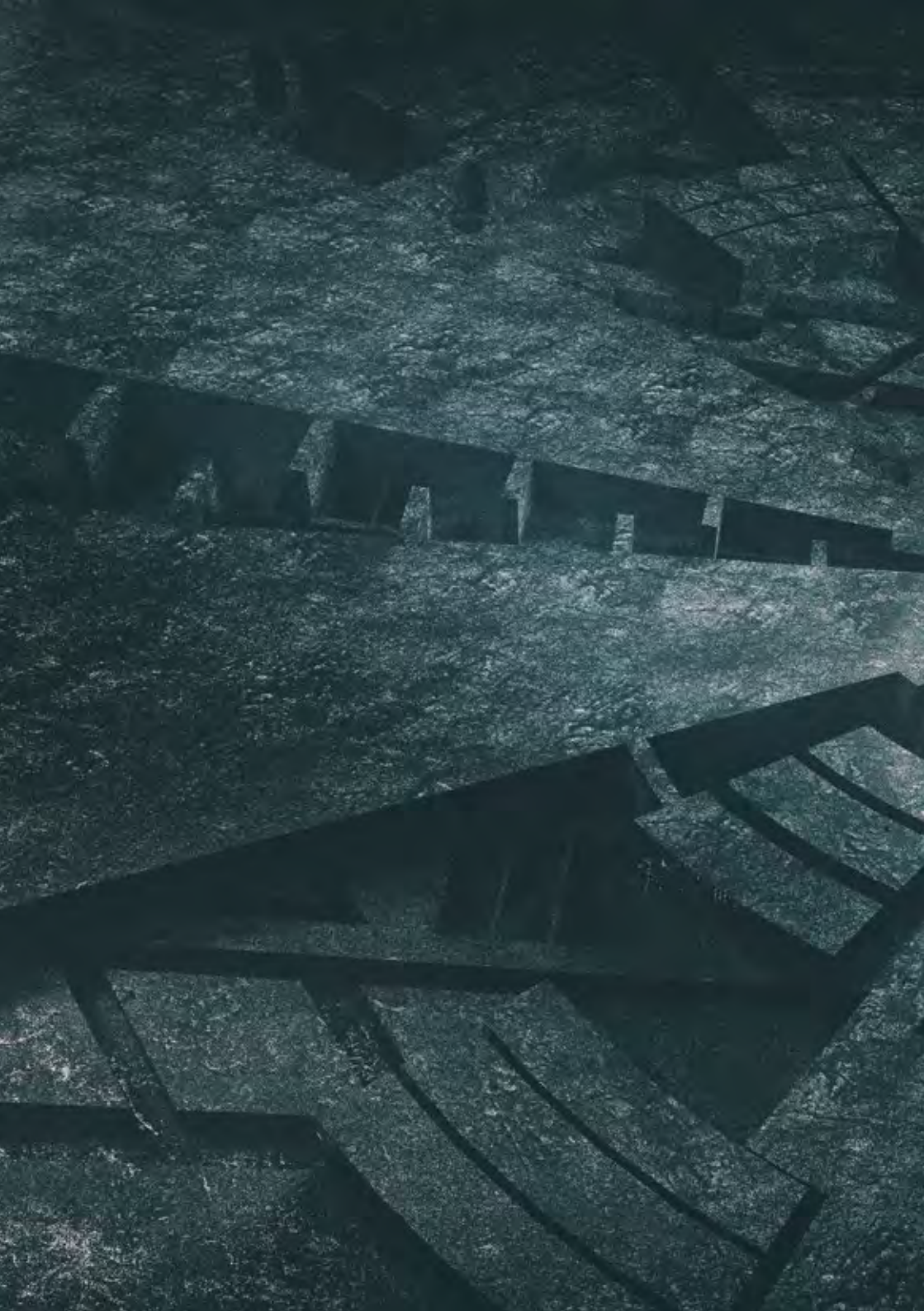
02

أعمال البناء

سيتطلب بناء أي مستوطنة أو قاعدة فضائية طويلة المدى أيضًا تقنيات بناء متقدمة نظرًا إلى أنه لا يمكن مقارنة الخصائص الفيزيائية الأساسية للمباني على الأرض بتلك الموجودة في الفضاء. ولتكون الهياكل المبنية قابلة للتطبيق، فيجب أن تتلاءم مع مستويات مختلفة من الجاذبية والضغط الجوي، بالإضافة إلى الإشعاع الفضائي الذي يعد الأكثر أهمية.



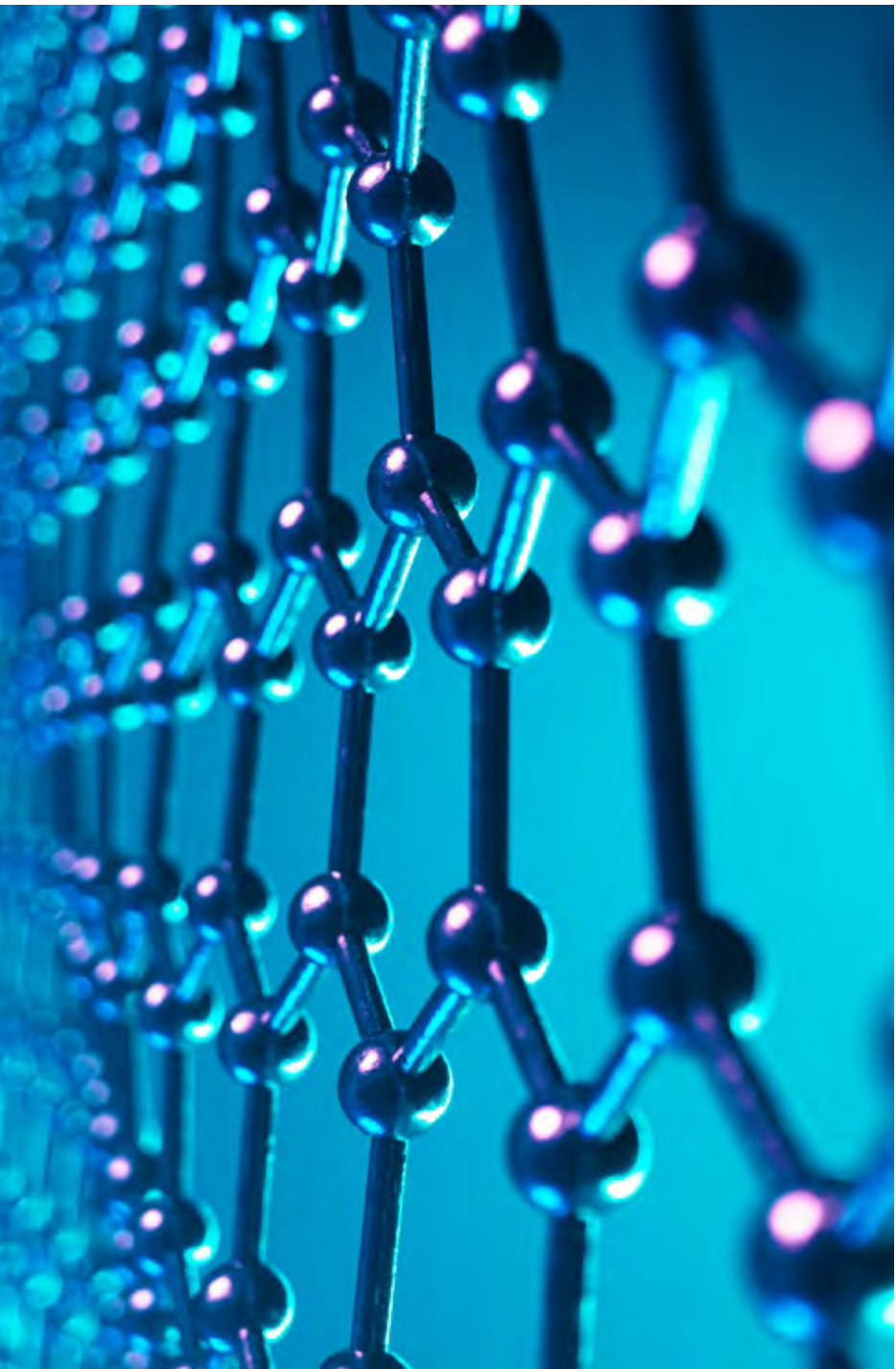
ونظرًا إلى احتمال تسبب هذه الظروف في استجابة مواد البناء الاعتيادية في الفضاء بشكل مختلف عمّا هو عليه الحال في الأرض، فإن البناء في الفضاء سيتطلب مواد ذات خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة تمامًا.



كما ستختلف عملية البناء في الفضاء اختلافًا كبيرًا عمّا هو عليه الحال على الأرض نظرًا إلى انعدام قدرة الاعتماد على العمالة البشرية. وحيث ما زالت أساليب البناء الأرضية التقليدية معتمدة إلى حد كبير على العمل البشري، ونظرًا إلى صعوبة نقل ما يكفي من العمالة البشرية في مهمة فضائية على المدى الطويل، فستكون القوى العاملة محدودة للغاية، الأمر الذي يشير إلى اضطرار الطرق الأخرى للبناء الآلي، التي يمكن تشغيلها عن بعد، تشكيل النسبة الأكبر من البنائين في الفضاء. كما تشكل هذه الطرق محور تركيز رئيسي لأبحاث الفضاء للبناء.

وفي هذا السياق، نظر عدد من الباحثين في الحلول الممكنة لبناء مبانٍ مقاومة لعوامل الفضاء من خلال إيجاد حلول لمواد بناء مقاومة لعوامل الفضاء، ما يُمثّل البيئة المعيشية المثالية اللازمة للحفاظ على الصحة الجسدية والعقلية للمستوطنين، بالإضافة إلى تقنيات البناء الآلي وتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

بالإضافة إلى ذلك، فقد قام العلماء بتحديد تضاريس أخرى يمكنها تقديم حلول محتملة لبناء مستوطنة فضائية على سطح المريخ. كما بحثت بعض المشاريع في أنفاقٍ تحت الأرض على كوكب المريخ، أو أنابيب "الحمم" البركانية، والتي يُتوقع أن توفر إمكانات قوية لاستخدامها كملاجئ طبيعية لأوائل المسافرين إلى الفضاء وحتى مستوطنات الفضاء في نهاية المطاف، حيث أنها ستقوم بحماية رواد الفضاء من الإشعاع السطحي والتفاوت الكبير في درجة الحرارة وتأثيرات النيازك الدقيقة وانفجار عوادم الصواريخ. كما قد تكون بعض أنابيب الحمم البركانية على القمر والمريخ باردة بما فيه الكفاية لاحتجاز مياه متجمدة، ما قد يوفر إمكانية الوصول إلى مورد مهم في حال وجود مياه متجمدة بالفعل، بالإضافة إلى موائل حياة ميكروبية محتملة تحت الأرض بالنسبة إلى كوكب المريخ.واستكشفت مشاريع أخرى إمكانية بناء مستوطنات أو قواعد فضائية على الكويكبات القريبة من الأرض، وسعت إلى تحديد الكويكبات المحتملة التي يمكن البناء عليها.



02

مواد معززة بالغرافين لاستخدامها في تطبيقات استيطان الفضاء

د. روبرت والش، دارين أنسيل، وبن واتكينسون
كلية العلوم الفيزيائية والحوسبة، كلية الهندسة،
جامعة سنترال لانكشاير

قام الباحثون في هذا المشروع بتقييم إمكانية استخدام المواد المعززة بالغرافين في استيطان الفضاء. ويُعد الجرافين شكلًا من أشكال الكربون، ويتكون من ألواح مستوية بسُمك ذرة واحدة مرتبة في بُنية من الأشكال السداسية. ويرى العلماء أن الجرافين واحد من أخَفّ وأقوى المواد الموصلة للحرارة والكهرباء وأرفعها سمكًا، وبالتالي فيحمل الجرافين إمكانات كبيرة لاستخدامها في البناء وحتى المعدات على المريخ.

وانطلاقًا من ذلك، فقد قام الباحثون بدراسة استجابة هذه المواد في ظروف منخفضة الحرارة والضغط مشابهة لظروف كوكب المريخ. ولاختبار هذه المواد، فقد أطلق الباحثون بالونات تصل لارتفاعات عالية إلى أكثر من 35 كم فوق سطح الأرض تحمل هوائيات معززة بالجرافين. وقد وجد الباحثون انعدام أي تأثير ملحوظ على خواص الشد للمواد المعززة بالجرافين، ما يشير إلى أنها قادرة على تحمل درجة الحرارة والضغط المنخفضين، وبالتالي يحتمل استخدامها كمادة مثالية للمعدات الفنية على رحلات الفضاء طويلة المدى.

تقنيات روبوتات متعددة مستقلة لبناء قاعدة المريخ

د. جيكان ثانغا
الاستكشاف الروبوتي للفضاء والأرض، جامعة أريزونا

طور الباحثون روبوتات يمكنها بناء أنواع مختلفة من الهياكل بشكل مستقل باستخدام موارد في الموقع.

تعتبر تقنيات روبوتات البناء المستقلة ذات أهمية أساسية في تطوير البنية التحتية في مستوطنات الفضاء، وذلك بالنظر إلى ندرة العمالة البشرية وقيودها في هذا السياق. بالإضافة إلى ذلك، تعالج هذه التقنيات التحديات المختلفة التي تواجه البناء على الأرض في البيئات النائية والقاسية، حيث يُعدّ نقل العمال أو إيواءهم أو استخدامهم أمرًا مكلفًا أو خطرًا.

كما تقدم هذه التكنولوجيا العديد من التطبيقات العملية للبناء على الأرض. توفر هذه التقنية القدرة على بناء وإصلاح ورفع مستوى القنوات أو حواجز الأمواج أو السدود التي تُعد مناطق أكثر خطورة بالنسبة لرأس المال البشري أو ما هو غير قابل للتطبيق بالنسبة لطرق البناء التقليدية لكلٍ من شركات المقاولات والأشغال العامة ووكالات إدارة الكوارث التي تديرها الحكومة.

02

تصميم منزل مريخيّ

البروفيسورة لوسي بيرثود، إيلا جود، ونيكي كينت
جامعة بريستول

في هذا المشروع، تعاون كلّ من الفنانين والعلماء لتصميم وبناء منزل يمكن أن يكون مثاليًا من الناحية الفيزيائية للعيش على كوكب المريخ. كما عقد الفريق عددًا من ورش العمل مع المهندسين المعماريين والجيولوجيين والمهندسين المتخصصين في تطوير قواعد في البيئات القاسية. ومن خلال ورش العمل هذه، فقد صمم الفريق منزلًا تم بناؤه من خلال نظم تحكم الحلقة المغلقة وإعادة تدوير النفايات إلى مصادر للطاقة بهدف جعلها مستدامة بالكامل. ولمواجهة المخاوف العالمية المتزايدة بشأن تغيّر المناخ، فيعالج هذا المشروع الحاجة الملحة للتطورات السكنية المستدامة في المستقبل على الأرض.

كما يلفت الفريق الانتباه أيضًا إلى العنصر "الإنساني" في مستوطنات الفضاء المستقبلية من خلال التركيز على أهمية مساحات المعيشة بالنسبة للصحة العقلية والنفسية للأشخاص الذين يعيشون في بيئات صعبة. فعلى سبيل المثال، استشار الفريق خبراء في مجال البناء في القطبين الشمالي والجنوبي لتقدير وتحديد النسب المثالية للمساحة الشخصية والاجتماعية، وذلك لضمان أن يحافظ رواد الفضاء الذين يعيشون على المريخ على صحة نفسية جيدة ورفاههم عاطفية.

البناء على المريخ باستخدام الكتل المتشابكة

البروفيسور ديفين بالكوم ويانان تشانغ
جامعة دارتموث

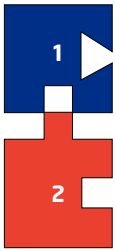
في الفضاء، لا يمكن مقارنة الظروف البيئية من ضغط جوي وجاذبية وتعرية واحتكاك بالظروف الموجودة البيئية على الأرض، وبالتالي لا فهي تسمح باستخدام مواد البناء التقليدية. ولمواجهة هذا التحدي، فقد صمم الباحثون في هذه المشاريع كتل بناء "متشابكة" باستخدام الهندسة الرياضية عوضًا عن الكيمياء. وتستخدم هذه الكتل قوة التدعيم الذاتي للكتل المجتمعة في بُنية هيكلية معينة، وبالتالي فهي لا تعتمد في ذلك على الاحتكاك.

ويتناول هذا المشروع الحاجة الماسة للبناء الآلي الذي لن يكون حاسمًا لبناء مستوطنات الفضاء فحسب، بل لتعزيز تقنيات البناء على الأرض كذلك. على الرغم من أن العديد من الأجهزة الاستهلاكية، بدءًا من السيارات وانتهاءً بالهواتف المحمولة، مُصممة ليتم تجميعها بسهولة في المصانع الآلية، فلا تزال معظم الإنشاءات على الأرض تستخدم التقنيات المُطورة للبشر منذ قرون. ويُعد تبسيط عملية البناء بالنسبة للروبوتات أمرًا أساسيًا للبناء على المريخ، حيث يجب استخدام العمالة البشرية بكفاءة.

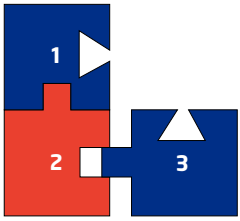
تعالج الكتل المتشابكة التي تم تطويرها في هذا المشروع أيضًا بعض الثغرات الرئيسية التي تظهر في بناء مستوطنات الفضاء الحالية مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد. يمكن لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد الحالية بناء أشكال صغيرة بسرعة، ولكنها ليست مثالية للهياكل الأكبر حجمًا. وبالنظر إلى أن الكتل المتشابكة التي تم تطويرها في هذا المشروع مصنوعة بتسلسلات موحّدة، فهي مثالية بشكل خاص للبناء الآلي باستخدام الروبوتات: كما يسهل باستخدامها إعادة البناء والإصلاح والتعديل وإعادة التدوير.

02

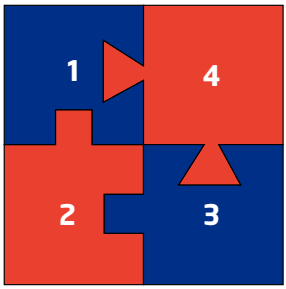
الرسم التوضيحي
المرحلة الأولى



المرحلة الثانية



المرحلة الثالثة



تستخدم الكتل المتشابكة قوة التدعيم الذاتي للكتل المجتمعة في بُنية هيكلية معينة، وبالتالي فهي لا تعتمد على الاحتكاك. وبما أنها لا تتطلب أي احتكاك أو استخدام للمواد اللاصقة، فهي قابلة للتجميع بسهولة بواسطة الروبوتات

محاكاة عمليات فيزيائية متعددة لخصائص الخرسانة المريخية

ييفي ما
كلية الهندسة المدنية والبناء، جامعة ولاية أوريغون

اختبر الباحثون في هذا المشروع أداء "الخرسانة المريخية"، أو الخرسانة الكبريتية، من أجل البناء في الفضاء. حيث تحتوي "الخرسانة المريخية" على عدد من الخصائص التي تجعلها مثالية للبناء خارج كوكب الأرض، من قوة ومتانة عالية ومقاومة ممتازة في التعرض للأحماض والملح، بالإضافة إلى نفاذية الماء المنخفضة. ومع ذلك، فبالنظر إلى صعوبة استنساخ ظروف الفضاء البيئية القاسية على الأرض، فإن تقييم قابلية تطبيق الخرسانة المريخية أمر صعب.

ولمواجهة هذا التحدي، فقد اختبر الباحثون في هذا المشروع أداء هذه الخرسانة باستخدام النمذجة الحاسوبية لتنفيذ محاكاة عمليات فيزيائية متعددة. وقدّر الباحثون الضغوط الناتجة عن اختلاف درجات الحرارة والتعرية الناتجة عن العواصف الترابية الموسمية التي قد تؤدي إلى مشاكل بُنيويّة خطيرة.

02

مواقع الهبوط البشري على المريخ: الموارد والسلامة وعائد العلم

ماوريتسيو باجولا
المعهد الوطني للفيزياء الفلكية،
مرصد بادوفا الفلكي، إيطاليا

قام الباحثون في هذا المشروع بتقييم مواقع الهبوط المحتملة على سطح المريخ والتي ستكون مناسبة كقاعدة هبوط بشرية في المستقبل، ولتوفير موقع مثالي لتطوير مستوطنة مستدامة أيضًا. باستخدام خرائط المُكافئ المائي للهيدروجين المنشورة لأول مرة والصادرة عن "ويلسون" (WEH)، فقد حدد الباحثون المواقع التي تتميز بمياه جوفية متجمدة أو "معادن جوفية مميّهة" أو كلاهما على سطح المريخ.

ومن خلال خرائط (WEH) هذه، قام الباحثون بتقييم مواقع التوطين والمناطق المعتمدة مع متطلبات السلامة اللازمة للهبوط والتنقل، والتي تضمن السلامة بنسبة 100%. وتم تقييم جميع المواقع المحددة استنادًا إلى مزاياها العلمية، مع التركيز على المناطق التي تُظهر أدلة بُنيويّة واضحة على كتل مائية راكدة سابقة أو نشاط نهري أو جليد سطحي، مقرونة برواسب تحت الماء أو رواسب مائية حرارية، مع إيلاء اهتمام خاص بالحصول على الموارد وبتأثيرها على بيئة المريخ.

التدريع الإشعاعي مع التطبيق المحدد على نظير قاعدة القمر والمريخ

كريستيان هاينيك وسومانا موخرجي
مركز تكنولوجيا الفضاء التطبيقي والجاذبية الصغرى (ZARM)،
جامعة بريمن

يتعرض المريخ، أو أي جسم كوكبي لا يحتوي على مجال مغناطيسي أو غلاف جوي متين كالقمر، لوابل مستمر من الإشعاع من خلال الرياح الشمسية والإشعاع الكوني المجري وأنشطة الجسيمات الشمسية التي تشكل مخاطر كبيرة على صحة رواد الفضاء. وقد قام الباحثون في هذا المشروع بالبحث في الحلول المحتملة للوقاية من الإشعاع.

وعلى الرغم من تحديد الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) لمقدار تعرّض روّاد الفضاء إلى الإشعاع بـ 0,5 زيفرت/سنة كحد أقصى بهدف إدارة مخاطر الآثار الصحية الضارة الناتجة من التعرض للإشعاع، فيمكن للتدريع الإشعاعي إبعاد المخاطر المرتبطة بالإشعاع الفضائي وتعزيز حالة المستوطنات الفضائية على المدى الطويل. وعليه فقد عمل الباحثون على تطوير تقنيات المرحلة المبكرة للوقاية من الإشعاع باستخدام محاكاة برمجيات FLUKA[i] التي يمكن استخدامها على المريخ والقمر، حيث أجرى الباحثون في البداية تحليلًا لأوجه المفاضلة استنادًا إلى معايير كتكلفة كل من الإنتاج والإطلاق والتركيب بالإضافة إلى فعالية التدريع والتأثير الهيكلي على الموئل، ومن ثم قاموا بتطوير عمليات محاكاة لتحسين الدروع الباعثة على التفاؤل في تصميمات الموئل السطحي على سطح كلٍ من القمر والمريخ باستخدام محاكاة برمجيات FLUKA .

على الرغم من تركيز التصميمات على موئل المريخ والقمر الذي تم بناؤه مؤخرًا من قبل مركز تكنولوجيا الفضاء التطبيقية والجاذبية الصغرى في بريمن، فتنطبق هذه التصميمات بطبيعة الحال على المحطات الأخرى.

i تُعد FLUKA تعليمات برمجية للنقل متعدد الجسيمات تم تطويرها من قبل المجلس الأوروبي للبحوث النووية (CERN) والمعهد الوطني للفيزياء النووية (INFN)، والتي سنستخدمها للتحقق من قدرات التدريع لمختلف المواد وسماكتها المطلوبة

02

إعادة تأهيل المريخ من خلال التدريع المغناطيسي باستخدام غلاف مغناطيسي اصطناعي

تشوانفي دونغ
جامعة برينستون

الأرض كوكب محظوظ لامتلاكها شبكات شاسعة من الحقول المغناطيسية تحيط بها والتي لولاها لانهار معظم الغلاف الجوي بفعل الرياح الشمسية التي تمنع الحياة المستدامة على هذا الكوكب. وتُعد الكواكب غير الممغنطة، كالمريخ، معرضة بشكل خاص للكسح في الغلاف الجوي، حيث تتفاعل الرياح الشمسية مباشرة مع الغلاف الجوي العلوي كنتيجة لعدم وجود مجال مغناطيسي فعلي.

وهناك احتمال قائم على أن كوكب المريخ، في فترة مبكّرة من تاريخه، قد امتلك مجالاتٍ مغناطيسية سمحت له بتوفير مناخ دافئ ورطب مماثل لمناخ الأرض. وإذا امتلك المريخ غلافًا مغناطيسيًا فعالًا كالأرض، لقُدّر له أن يكون محميًا من الرياح الشمسية وإشعاع الفضاء. يثير هذا الاحتمال تساؤلًا يفيد بأنه في حال إمكانية استحداث هذا الغلاف المغناطيسي، فهل سيكون للمريخ غلاف جوي أكثر سماكة ومناخ أكثر دفئًا ومياه سطحية بالحالة السائلة تجعل منه كوكبًا صالحًا للسكن؟

وفي هذا السياق، نظر الباحثون في إمكانية "إعادة تأهيل" المريخ من خلال التدريع المغناطيسي بواسطة غلاف مغناطيسي اصطناعي. حيث تشير الدراسات الأولية إلى إمكانية حماية المريخ من تعرية الرياح الشمسية، وذلك عن طريق وضع درع مغناطيسي ثنائي القطب على المريخ في نقطة لاغرانج L1[ii] يدعم الأدلة على إمكانية إعادة تأهيله، أي أن بيئة المريخ قد تصبح صالحة للحياة كبيئة الأرض مرة أخرى.

لذلك، اختبر الباحثون إمكانات تأثير التدريع المغناطيسي لغلاف مغناطيسي اصطناعي باستخدام نموذج BATS-R-US "الهيدروديناميكي المغناطيسي".[iii] قدر الباحثون مقدار الخسارة في غلاف المريخ الجوي بفعل الرياح الشمسية، وباستخدام مغناطيس صناعي ثنائي القطب، فيمكن تقليص مقدار الخسارة لتشكيل غلاف يلف الكوكب، ويحميه من التعرية الناتجة عن الرياح الشمسية ويقلل من معدل الخسارة في الغلاف الجوي.

ii موقع تتساوى فيه محصلة قوى الجاذبية لجَرمين كبيرين، كالأرض والشمس، مع قوة الطرد المركزي التي يشعر بها جرم ثالث أصغر حجمًا بنسبة كبيرة

iii وصف نموذج BATS-R-US، تم تطوير "مخطط رو التسلسلي الهيكلي المعاكس المتكيف مع الكتلة للرياح الشمسية" من قبل مجموعة المغنطيسية الديناميكية الحاسوبية (MHD)

اختيار منزل جديد:
كيفية تحديد أي الكويكبات أفضل للاستيطان

جيه. إل. جالاش
شركة أتين الهندسية

في هذه الدراسة، اتخذ الباحثون خطوة أولية نحو تحديد الكويكبات المعروفة التي قد تكون مناسبة للاستيطان. وقد اختار الباحثون الكويكبات وفقًا لمعايير محددة تضمنت مدى سهولة السفر إليها وعدد وحجم الرحلات التي يمكن القيام بها، بالإضافة إلى ماهية المواد الداخلة في تركيب هذه الكويكبات. كما حدد الباحثون أيضًا إمكانية تسريع دوران الكويكب بحيث يمكن أن تتمتع المستوطنة الموجودة على سطحه، أو في حلقة حوله، بجاذبية اصطناعية من خلال تسارع الطرد المركزي. وكما وجد الباحثون، فتشتمل الكويكبات القريبة من الأرض (NEA) على أفضل الكويكبات المرشحة والتي تتطلب أقل كمية من الطاقة للوصول إليها، ووجد الباحثون كذلك أن لهذه الكويكبات أطول فترات مدارية، الأمر الذي يشير إلى وجوب اكتفاء أي مستوطنات على هذه الكويكبات ذاتيًا منذ لحظة الهبوط، حيث تُقدّر الفترات الزمنية بين كل إطلاق بسنوات عديدة، وبعقود طويلة أيضًا، ما يشير إلى أن المستوطنات لن تكون قادرة على الحصول على موارد من الأرض لفترات طويلة من الزمن.

إذا كان الغرض من إجراء مزيد من الأبحاث حول الكويكب هو تطوير المستوطنة، فإن المعلومات الأساسية المطلوبة هي عدد المرات التي يمكن فيها الوصول إلى الكويكب وحجمه وتركيبه وفترة الدوران، وذلك لدعم إعداد خطط الاستيطان. وفي هذا السياق، قد تكون الكويكبات ضمن مجموعة الكويكبات الكبيرة المتعددة في الحزام الرئيسي مناسبة. ومع ذلك، فتكمن التحديات الرئيسية التي حددها الباحثون في أن الكويكبات الكبيرة المعروفة التي يمكن أن تكون مناسبة للاستيطان مثل إروس (433 Eros) ورنزيا (1204 Renzia) وموزارتيا (1034 Mozartia) وتليرفو (2717 Tellervo) (القائمة الكاملة مدرجة في الورقة البحثية الأخيرة) لا تحتوي على معادن مميّهة يمكن استخراج الماء منها. ولن يتحقق شرط الاكتفاء الذاتي دون ماء على الإطلاق.

وقد خلص الباحثون إلى أن مواصلة استكشاف الكويكبات، للتعدين أو الاستيطان على حد سواء، بحاجة إلى اعتماد استراتيجية مختلفة للمراقبة وجمع البيانات. فمن دون معرفة الحجم بدقة أفضل من الدقة الحالية والبالغة ± 50%، يستحيل تحديد مدى الجدوى من عملية الاستخراج، ومع وجود مدارات ضعيفة التحديد (رموز الحالة المرتفعة)، فلا يمكن إرسال المركبات الفضائية إليها.

لا يزال استيطان كويكب أمرًا في المستقبل البعيد، وقد حددنا بعض العقبات التي تحول بيننا وبين تحديد الكويكبات المناسبة، ناهيك عن السفر والعيش عليها لسنوات في كل مرّة. ولكن لا ينبغي لهذه العقبات أن تلعب دورًا رادعًا، بل ينبغي عليها لعب دور في إلهامنا للعمل بجد نحو تحقيق هذا الهدف المتمثل في تمكين الجنس البشري من العيش على كوكب الأرض وخارجه على حدٍ سواء. ووفقًا للباحثين، سيستغرق الأمر من 10 إلى 15 عامًا على الأقل لإعداد قائمة مناسبة بالكويكبات القريبة من الأرض والتي قد تكون مرشحة محتملة، علمًا بأن الكويكبات لا تظهر إلا لبضعة أيام أو أسابيع في السنة، لا لبضع سنوات.

مستوطنة فضاء مستدامة:
تحليل ثبات أنابيب الحمم البركانية

أناهيتا موديراساري، أنتوني برتيلز، عدي كي. ذينات، أمين مغارة، أنطونيو بوبي، هنري جاي. ميلوش، شيرلي جاي. دايك، وخوليو راميريز
جامعة بوردو

وبالنسبة لهذا المشروع، قام الباحثون بتقييم الاستقرار الهيكلي لأنابيب الحمم البركانية على القمر والمريخ للمستوطنات على المدى الطويل لتطوير تصميم ملائم ودائم للمستوطنة تحت السطحية.

أجرى الباحثون فحوصًا رقمية للاستقرار الثابت والديناميكي لأنابيب الحمم مع أخذ أصولها الجيولوجية في الاعتبار، والتي تحدد بدورها كلًا من الخصائص الميكانيكية للحمم البركانية وحجمها وشكلها، كما تُقدر الضغوط الجيوستاتية المتوافقة مع التاريخ الجيولوجي للأنابيب، والأهم من ذلك، المخاطر (كالاصطدامات النيزكية والنشاط الزلزالي ودرجة الحرارة).

فعلى سبيل المثال، عندما تُمطر النيازك سطح القمر، تنقسم الطاقة الحركية الناتجة عن الاصطدام إلى ثلاثة أشكال تشمل القوة التي تعمل على تشكيل الفوهات والضوء المرئي والأمواج الزلزالية. وبالتالي، تمكن الباحثون من تطوير نموذج "اختبار" لمحاكاة خصائص أنابيب الحمم البركانية الاعتيادية التي ستسمح للعلماء بتحديد مدى ملاءمة أنابيب الحمم البركانية كمرشح محتمل لمستوطنات الفضاء.

02

هل تُعدّ كهوف الكويكبات المُعدّنة مناسبة لاستيطان الفضاء؟

تي. آي. مايندل، بي. لوينيجر، وآر. ميكش
قسم الفيزياء الفلكية، جامعة فيينا

وفي هذا المشروع، طور الباحثون أساليب "لتكوين" جاذبية صناعية يمكنها دعم المستوطنات الفضائية في التضاريس الفضائية كالكويكبات.

يبلغ قطر معظم الكويكبات التي تم تحديدها مئات الأمتار. يشير هذا إلى إمكانية توفير كهوف الكويكبات المناطق يتم استخدامها كموئل لمستعمرة فضائية تستضيف بضع مئات من السكان. ومع ذلك، وبالنظر إلى الانخفاض الكبير في جاذبية معظم الكويكبات، فقد تحرّى الباحثون ثبات كويكب مجوف في وضع دوران بمعدل يوفر نسبة كافية من الجاذبية الأرض باستخدام المحاكاة العددية.

حيث استخدم الباحثون تعليماتٍ برمجية هيدروديناميكا الجسيمات الناعمة لتشكيل مجموعة مختلفة من مواد هشّة ومطاوعة بمسامية متباينة. ومن ثم تم تطبيق عمليات المحاكاة هذه لتقدير ثبات الأجسام المجوفة الدوارة وغير الدوارة، ما سمح للباحثين بتحرّي معدل التغير في الزخم الزاوي الضروري لتدوير الجسم حتى يصل إلى معدل الدوران المطلوب.

02

صلاحية أنابيب الحمم البركانية على سطح القمر والمريخ

د. باسكال لي
معهد البحث عن الذكاء الفضائي (SETI)، معهد المريخ

بهدف استكشاف إمكانات أنابيب الحمم البركانية لتخدم كمساحات لبناء مستوطنات الفضاء المستقبلية، فقد أجرى العلماء مسوحات منهجية لما هو معروف وما زال غير معروف حول الخصائص الجيوتقنية لأنابيب الحمم البركانية على الأرض والظروف التي تحتفظ فيها بالجليد.

وقام العلماء بزيارة أقسام من مجمع كهوف الحمم البركانية لوفتيلير في أيسلندا، والذي يُعد أحد أنظمة أنابيب الحمم البركانية الغنية بالجليد القليلة المعروفة على الأرض، وذلك من أجل مراقبة خصائص الجليد المتكون في هذه الأنابيب لتوفير نظير يمكن دراسته لأنابيب الحمم البركانية على المريخ. ووجد الباحثون أنه إذا كان الجليد قادرًا على التراكم داخل أنابيب الحمم البركانية على سطح القمر أو المريخ، على الرغم من إمكانية إنتاج الجاذبية للأنهار الجليدية الدقيقة تحت الأرض، والتي ستكون بدورها مصدرًا مهمًا لمياه المستوطنات الفضائية، فقد يزيد "التفلق الصخري الناتج عن تمدد الجليد في الشقوق الصخرية" من مخاطر سقوط وانهيار الصخور (مقارنة بالكهوف الخالية من الجليد).

03

الغذاء والماء

تناول عدد من الباحثين في مجال الفضاء قضية رئيسية أخرى، ألا وهي ضرورة توفير مصادر غذائية مستدامة لإمداد المستوطنين بالقدر الكافي من التغذية، نظرًا إلى انعدام الجدوى البيئية والاقتصادية في الاعتماد على استيراد الغذاء بانتظام من الأرض. ستعتمد أي محطة نائية تقع على سطح المريخ، أو ربما القمر، اعتمادًا كبيرًا على منشآت إنتاج الأغذية المحلية، حيث سيكون من غير الممكن الاعتماد على إمدادات غذائية منتظمة من الأرض.

يُعد الإنتاج الغذائي الفعّال في ظل الظروف القاسية أو المُقيّدة مجالًا أساسيًا للأمن الغذائي على الأرض، نظرًا للآثار المتوقعة المترتبة على تغير المناخ في إنتاج الأغذية الزراعية بالنسبة للنمو السكاني.

03

مفاعل حيوي لإنتاج الطحالب

ماتي رافاس، دانييل بودينوف، ستيفان ماتيسين، وجيري جيروت
جامعة إدنبرة

طور الباحثون في هذا المشروع دفيئة آلية لحضانة وزراعة الطحالب. ويُعوّل على الطحالب في أن تكون مصدرًا غذائيًا مهمًا غنيًا بالبروتين، حيث تحتوي كذلك على مجموعة من الدهون والكربوهيدرات المفيدة. ويمكن للطحالب أن تنمو في سائل، والذي يُعدّ أسهل من ناحية التعامل مع الآلات مقارنة بشجرة أو شجيرة مُتجذّرة في الأرض. وتتميّز الطحالب بعدم إنتاجها لكتلة حيوية غير صالحة للأكل، كما أنها تستخدم الماء بفعالية وتحصد الضوء بكفاءة عالية.

وقام الباحثون بتصميم وبناء "مفاعل حيوي ذكي" يعمل على تنمية الطحالب عن بعُد باستخدام كمبيوتر يمكن برمجته بواسطة المستخدم بناءً على البيانات المقدمة من المفاعل الحيوي. حيث تعمل هذه التقنية على تحسين كفاءة إنتاج الطحالب باستخدام الضوء الذي يبعث بدوره ترددات الضوء التي تحتاج إليها الطحالب في النمو فقط، ما يوفّر آليات تحكم أكثر كفاءة ويقلل من استهلاك الطاقة.

وتُعدّ الطحالب واحدة من أكثر مُنتجات الكتلة الحيوية كفاءة من مواد غير عضوية. ويتوقع الباحثون لهذه النباتات أن تكون مفيدة بشكل خاص للبعثات الفضائية على المدى الطويل والاستيطان.

الزراعة المائية في الفضاء

د. كاميل إل. جانياك
جامعة فروتسواف للعلوم والتكنولوجيا

استخدم هذا المشروع المياه الرمادية - في هذه الحالة المياه المستخدمة الناتجة عن الاستحمام - لتنمو النباتات من خلال نظام زراعة مائي لا يعتمد على التربة؛ وهو نظام يزيد من استخدام إمدادات المياه المحدودة، التي ستتاح للمستوطنات المريخية المبكرة، إلى أقصى حد ممكن.

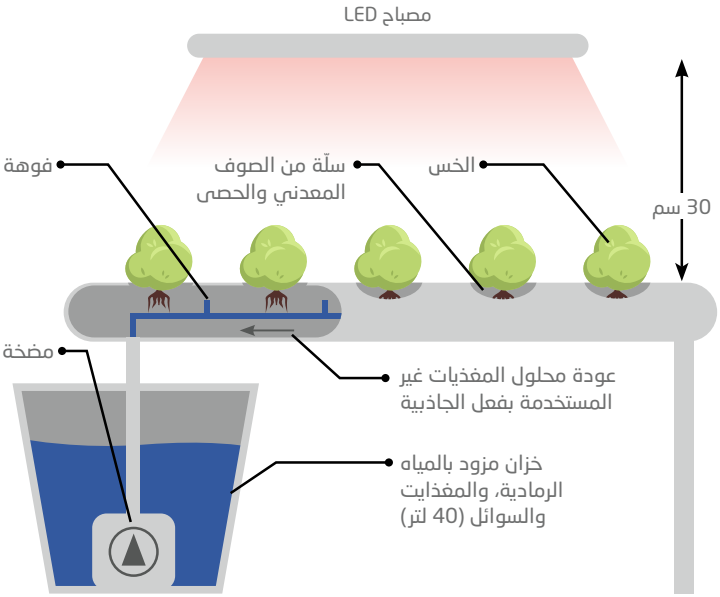
في حالة الزراعة التقليدية في التربة، يتم فقدان 85% من الماء عن طريق التبخر. إنما وباستخدام نظام الزراعة المائي، فتُعلّق النباتات في الهواء دون حاجة إلى تربة، ويُستخدم الرذاذ الدقيق لتزويدها بالماء والعناصر الغذائية. حيث يتطلب هذا كمية أقل من الماء، ما يؤدي إلى الحد من التبخر وإنتاج بعائدات أكبر.

ووفقًا للباحثين في هذا المشروع، فتستهلك عملية زراعة طن واحد من الخس باستخدام نظام زراعة مائي لا يعتمد على التربة 10 لترات من الماء فقط، فيما يتراوح استهلاك الماء بالمقابل ما بين 80 و100 لتر في حال نظام زراعة التربة التقليدي. كما قدم النظام بديلًا أفضل من الزراعة المائية عن طريق تسهيل مراقبة مستويات العناصر الغذائية ودرجة الحموضة.

في هذه التجربة، بقيت نباتات الخس على قيد الحياة عند زراعتها في ماء نظيف لمدة أسبوع على الأقل قبل ريّها بالماء الرمادي. وكان نموها أبطأ حتى في هذه الحالة.

03

الرسم التوضيحي
نظام زراعة مائي



المياه الزراعية على المريخ

خافيير مارتن توريس
جامعة لوليا للتكنولوجيا

لاحظ العلماء عام 2015 إمكانية امتصاص بعض الأملاح الموجودة على سطح المريخ لبخار الماء من الجو، و"تذوب" بعد ذلك في الماء عند ارتفاع درجة الحرارة. ومع ذلك، تتواجد هذه المياه كسائل بشكل مؤقت فقط، حيث تنتقل من الجليد بالحالة الصلبة مباشرة إلى بخار في الحالة الغازية في غضون ثوانٍ نظرًا للظروف البيئية القاسية للكوكب. ويكون الضغط الجوي أقل كثيرًا على سطح المريخ (7-10 ملليبار)، وتتراوح درجة الحرارة بشكل عام بين -90 إلى 0 درجة مئوية. وعليه فإذا تمكن رواد الفضاء من إيجاد طريقة لجمع هذا البخار، فيمكن حصاد الماء واستخدامه في نهاية المطاف لدعم الحياة على هذا الكوكب.

لقد استخدم الباحثون في هذا المشروع أملاحًا متميّعة مختلفة لتطوير مزارع المياه، وتتصف بأنها تمتص الرطوبة من الهواء عند درجات حرارة ونسب رطوبة معينة. أفضل الأملاح التي امتصّت كمية ماء كافية من الهواء حتى تحولت إلى محلول ماء مالح على درجات حرارة ونسب رطوبة مختلفة، والتي يمكن استخراج الماء منها.

ستكون النماذج الأولية لتكنولوجيا "بوتل" (BOTTLE) التي تم اختبارها في هذه المشاريع في طريقها إلى المريخ عام 2020.

03

نباتات بتركيبة آلية

د. تارا كريمي وموجي كريمي
مصنع كيمفيتا

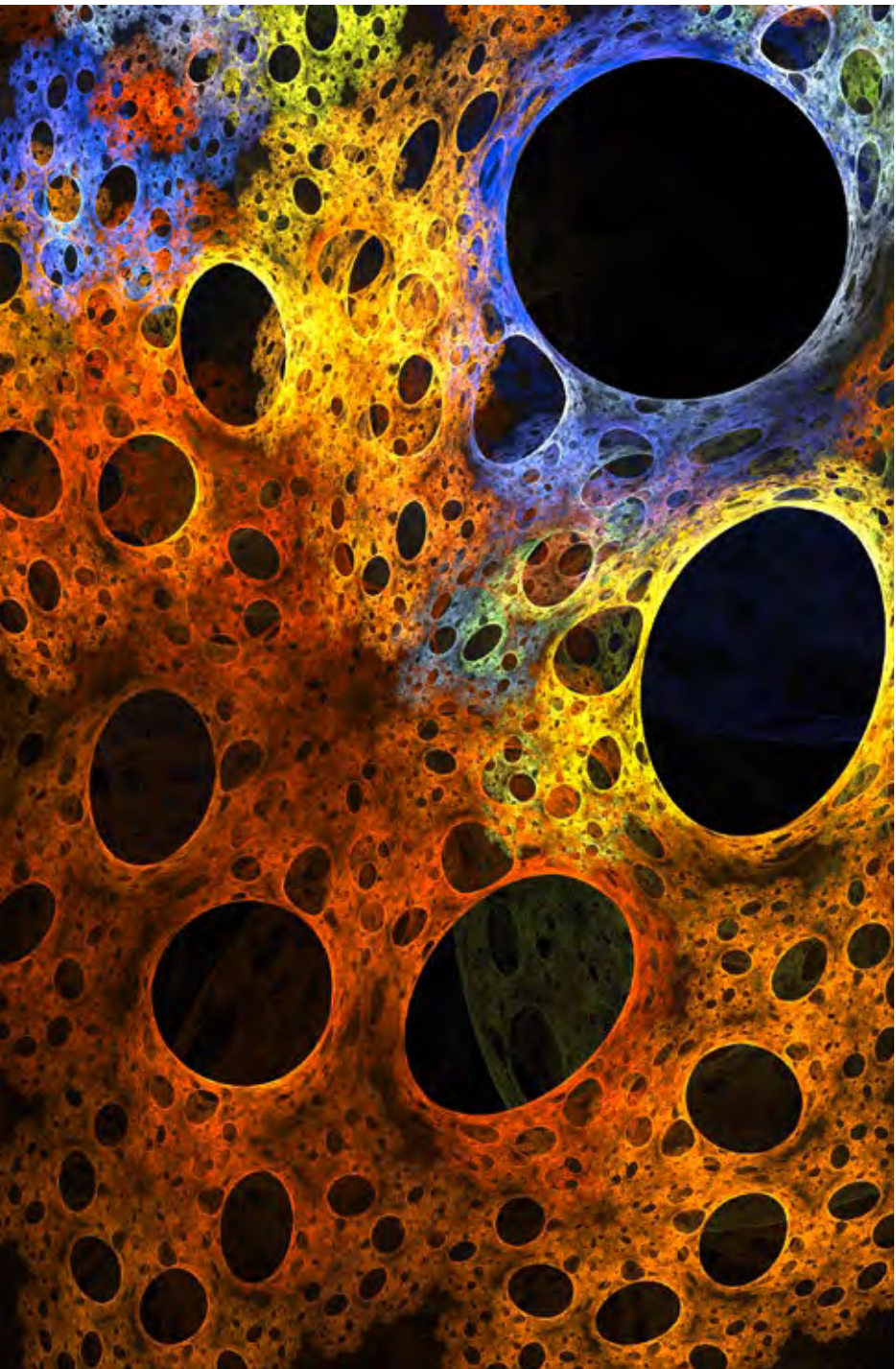
توصل الباحثون في هذا المشروع إلى نموذج أولي لتكنولوجيا تحاكي التمثيل الضوئي؛ وهي العملية التي تأخذ بها النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء وتحوّلها إلى أكسجين وجلوكوز.

يُنتج رواد الفضاء عادةً كيلوغرامًا واحدًا من ثاني أكسيد الكربون يوميًا أثناء التنفس، والذي يمكن جمعه ومعالجته وإعادة تدويره في مركبات مفيدة في السفر إلى الفضاء. وكذلك نظرًا إلى تشكيل ثاني أكسيد الكربون ما نسبته 95% من تركيب الغلاف الجوي للمريخ، فتشير هذه الطريقة إلى إمكانية صنع مستوطنات الفضاء الأكسجين الخاص بها في المستقبل، بالإضافة إلى الجلوكوز والمركبات الأخرى من الهواء المحيط بها فقط.

وقد تكون هذه التكنولوجيا أكثر أهمية للتحديات على الأرض، كالحد من انبعاثات الكربون لمعالجة تغير المناخ.

يقوم عدد من الدول بتحفيز الشركات على خفض انبعاثات الكربون من خلال تقديم خصومات ضريبية. ولذلك تستخدم الشركات وبشكل متزايد تكنولوجيا احتجاز الكربون في إزالة ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتخزينه تحت الأرض. وتكلف هذه التقنيات حاليًا 100 دولار أمريكي مقابل طن من الكربون. وباستخدام تكنولوجيا النموذج الأولي، والتي تسمح للشركات بالتقاط غازات العادم مباشرة، فتنخفض التكلفة إلى 30 دولارًا.

حيث لن يقلل النموذج الأولي المطوَّر من تكلفة احتجاز الكربون فحسب، بل سيسمح أيضًا للشركات بإعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون إلى مواد أخرى مفيدة.



03

زراعة الفطر على سطح المريخ

د. جين جياكوميلي، د. باري بريور، وشون جيلينبك
جامعة أريزونا

اختبر هذا البحث الكيفيّة التي يمكن فيها زراعة الفطر في دفيئة على سطح المريخ للحدّ من النفايات الناتجة عن الكتلة الحيوية غير الصالحة للأكل وتزويد رواد الفضاء ببروتين عالي الجودة.

تحتوي المحاصيل الغذائية عادة على أجزاء ذات محتوى غذائي عالٍ صالحة للأكل، وأجزاء أُخرى غير صالحة للأكل كالسيقان والجذوع، والتي تُعتبر بقايا كمخلفات. وفي المستوطنات الفضائية، ستكون إعادة تدوير أكبر عدد ممكن من الموارد وتقليل هدر الكتلة الحيوية عملية غاية في الأهمية.

يعمل الفطر على إعادة تدوير المواد الغذائية عن طريق النمو على بقايا الكتلة الحيوية. وقد وجد الباحثون حلًا لذلك من خلال استخدام الفطر "كمواد إعادة تدوير بيولوجية"، حيث يمكن زراعته باستخدام البقايا غير الصالحة للأكل الناتجة من عملية إنتاج الغذاء. ومن ثم يصبح الفطر مصدرًا غذائيًا ثانويًا مستدامًا ذا قيمة غذائية عالية. سيكون هذا النظام الفرعي مفيدًا في المناطق التي تعاني من شح الموارد.

تضمن الطحالب على القمر والمريخ بقاء رائد الفضاء على قيد الحياة

د. جيزيل ديتريل، يوهانز مارتن، جوتشين كيبلر، وهارالد هيليش
معهد النظم الفضائية، جامعة شتوتغارت

قام الباحثون في هذا المشروع بالبحث في بعض التحديات الرئيسية في تطبيق الطحالب المجهرية كجزء من نظام دعم الحياة لقاعدة القمر أو المريخ.

واستخدم الباحثون مفاعلًا حيويًا ضوئيًا ومفاعل نقل جوي نظرًا إلى أنه يسمح لقدرة الطفو بتحريك فقاعات الهواء من أسفل إلى أعلى المفاعل وتوزيع الهواء وخلط مستنبت الطحالب. بالنظر إلى مستويات جاذبية القمر والمريخ المختلفة عن تلك الموجودة على الأرض، فيجب ملاءمة المفاعل لجعله مناسبًا لمستوطنة مريخية.

وتمكن العلماء من خلال هذا البحث من تطوير التصميم الأولي الذي يفي بالمعايير المحددة لكلٍ من تدفق السائل داخل المفاعل وتعاقب دورة الضوء والظلام ونسبة الضوء إلى الظلام. وقد أثبتت عمليات المحاكاة إمكانية ملاءمة هذا النظام وفقًا للظروف البيئية، على الرغم من الحاجة إلى مزيد من الدراسات لتصميم مفاعل مثالي.

03

نباتات الحصاد المبكّر في مراحل الشتلات المبكّرة (ميكروجرين) في ظل خطورة تغيير الجاذبية في أنظمة دعم الحياة الفضائية

خالد كمال
جامعة الزقازيق

وفقًا للبحث السابق فيمكن أن توفر أنواع البراسيكا، والتي تُعدّ خضروات أو ميكروجرينات غنية بالكاروتينات، مصدرًا مهمًا للتغذية في البعثات الفضائية على المدى الطويل، نظرًا لإمكانية زراعتها في بيئات خاضعة للتحكم تحت ضوء صناعي من مصابيح إل إي دي.

قام الباحثون في هذا المشروع بتقييم الظروف البيئية المثالية التي يتم التحكم فيها والمطلوبة لحجرة النمو لزراعة ميكروجرينات أنواع نباتات البراسيكا الدقيقة بجودة المغذيات المطلوبة. واستخدم الباحثون 30 نوعًا من أنواع البراسيكا، والتي نمت في ظل ظروف تُماثل مهمة فضائية نمطية، أي تغيرات في الجاذبية، كما درسوا إنتاجها ونموها ونشاط بنائها الضوئي تحت مصابيح إل إي دي الخضراء والحمراء والزرقاء.

تحسين واختبار نظام "فوج شاور" لاختبارات الجاذبية الصغرى المستقبلية

جيدريه غورسكي، كلوديا درادراش، وجاكوب فلاتشينسكي
جامعة فروتسواف

تقدّم الباحثون في هذا المشروع في تطوير نموذج أولي لنظام "فوج شاور" والذي يمكن استخدامه في ظروف انعدام الجاذبية. ويعد كلّ من النظافة العامّة والصرف الصحي عنصرين رئيسيين في الرحلات الفضائية للحفاظ على صحة رواد الفضاء الجسدية والنفسية، لا سيما بعثات الفضاء العميق التي قد تستغرق عدة سنوات. وفي مثل هذه الظروف، يتسم الخصائص الفيزيائية لنفاثات الماء عادة بجزيئات الماء التي تتجمع في الكتل الكبيرة الشبيهة بالأميبا المتطايرة حول الجسم.

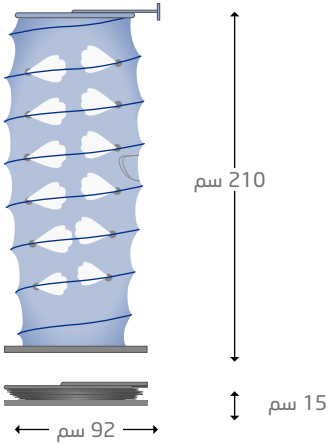
ومع ذلك، يستخدم النموذج الأولي المطوّر الخصائص الفيزيائية لرذاذ الماء الدقيق لتوفير نظام مماثل يقلل من استهلاك الماء لأقل من ربع أنظمة الاستحمام المعتادة.

ويستجيب النموذج الأولي كذلك لضرورة الحفاظ على الماء، وهو مُتطلب أساسي لكلٍ من المهمات الفضائية على المدى الطويل والمناطق النائية أو القاحلة على الأرض. وقد تم اختبار نماذج التصميم السابقة في المحاكاة التناظرية للمريخ في منتدى الفضاء عام 2015 في النمسا ومحطة أبحاث صحراء المريخ في يوتا، الولايات المتحدة الأمريكية عام 2017.

03

الرسم التوضيحي
نظام "فوج شاور"

يعمل فريق المشروع
من جامعة فروتسواف
على تطوير نموذج أولي
لنظام "فوج شاور" يمكن
استخدامه في ظروف
انعدام الجاذبية

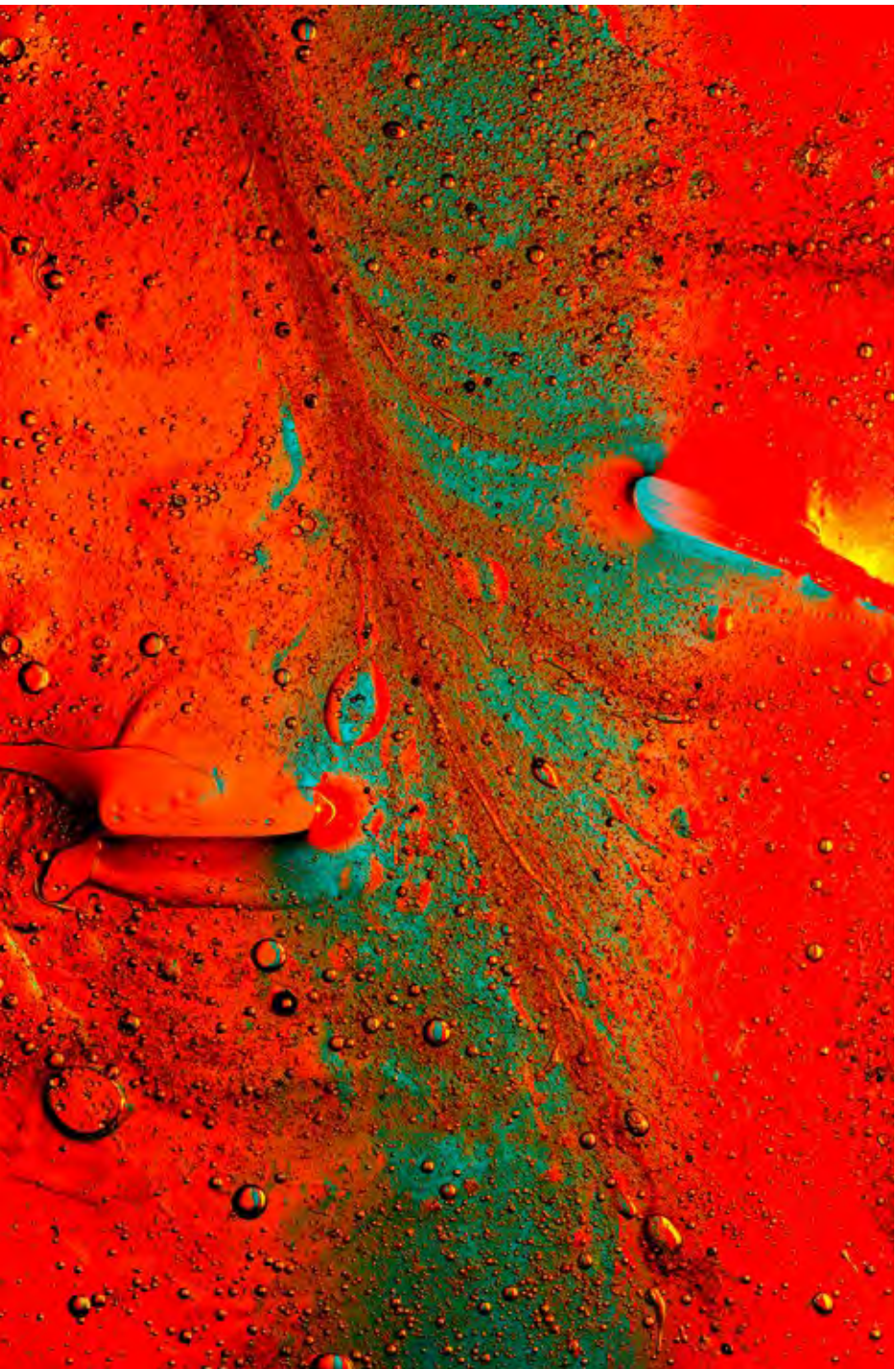


04

السياسة

بالإضافة إلى العديد من العقبات العلمية التي لا يزال التغلب عليها ضروريًا لاستكشاف الفضاء العميق، فيثير اكتشاف تضاريس أو مواد جديدة العديد من الأسئلة حول الآثار القانونية والسياساتية المحتملة التي قد تكون ضرورية لإدارة المستوطنات الفضائية المستقبلية.

لقد بحث عدد من المشاريع في مختلف الأطر التي يمكن استخدامها لبناء سياسات للمستوطنات الفضائية من خلال مقارنة اللوائح الدولية القائمة للبيئات القاسية كالقارة المتجمدة الجنوبية وغيرها من مجالات التعاون الدولي مع المستوطنات الفضائية المستقبلية.



04

أنتاركتيكا المريخ: التعلم من إدارة قاعدة القارة المتجمدة الجنوبية

فيديريكو كابروتي
جامعة إكستر

جمع الباحثون في هذا المشروع علماء الاجتماع وعلماء البيئة والكُتّاب ومندوبي المسح البريطاني للقارة المتجمدة الجنوبية لمناقشة بعثة المريخ الإماراتية (EMM)، والتي تُعد جزءًا من وكالة الفضاء الإماراتية، حول ما إذا كانت الممارسات والسياسات واللوائح الحالية في القارة المتجمدة الجنوبية قادرة على تنظيم وإدارة الأطر التنظيمية فيما يخص استيطان المريخ في المستقبل القريب.

ركزت الورشة، التي عُقدت في منشأة سيمنز المعنية بمستقبل المدن "كريستال" في لندن، على كيفية تعلم دروس مستفادة من القارة المتجمدة الجنوبية، والتي تُعدّ قارة أرضية فريدة من نوعها تحكمها لوائح متفق عليها دوليًا، حيث يمكن تطبيق نظام معاهدة القارة المتجمدة الجنوبية على المستوطنات الفضائية. كما وُجد أن هنالك تشابه بين كثير من خصائص قواعد القارة المتجمدة الجنوبية والمستوطنات المحتملة على المريخ، وذلك من حيث تواجدها في بيئات قاسية وتعقيدها التقني واعتمادها على نظام دعم تقني، بالإضافة إلى احتوائها على طاقم أساسي لا يمكنه، في بعض الحالات، ترك القاعدة لمدة تصل إلى سنة وأحيانا أكثر؛ كما أنها تقع على مسافة كبيرة من أقرب مستوطنة بشرية.

ومع ذلك، وعلى الرغم من مواجهة قواعد القارة المتجمدة الجنوبية لمخاطر وقيود قد تواجهها مستوطنات المريخ، فقد حدد الباحثون أن حجم المخاطر التي تتم مواجهتها على كوكب المريخ أكبر بكثير مما هو عليه الحال في القارة المتجمدة الجنوبية. وقد وجد الباحثون مجموعة من القضايا النفسية والتقنية والقانونية والتي هي بحاجة إلى أن تكون مُتجذّرة في بيئة السياسة الدولية بالنظر إلى أنها.

وتمثّلت إحدى التوصيات الرئيسية للباحثين في إنشاء مركز للأبحاث يجمع الشركات والوحدات البحثية العاملة في مجالات مثل الروبوتات والذكاء الاصطناعي والمواد المتقدمة والواقع الافتراضي والملاحة الجوية ومجالات أخرى لإرشاد الآثار المترتبة على السياسات بالنسبة لمستوطنات الفضاء المستقبلية.

رقابة صارمة على تحديد النسل في موئل محدّد

جوردان كراليف
جامعة صوفيا التقنية

صمم الباحثون في هذا المشروع نموذجًا للاستيطان الفضائي المستقبلي فيما يتعلق بمنشأة إنتاج الغذاء المطلوبة لدعم حجم سكاني محدد. وفي الفضاء، سيكون تشكيل نظام إنتاج غذائي فعال للغاية أمرًا أساسيًّا بالنظر إلى وجوب تقييد حجم المستوطنة المستقبلية قياسًا على عدد الأشخاص الممكن استضافتهم وعدد الأشخاص الممكن توفير الموارد لهم بشكل مستدام.

لقد سمحت برمجية محاكاة للباحثين بإظهار الكيفية التي يمكن فيها للسكان المعزولين البقاء على قيد الحياة أو احتمال انقراضهم في موئل مقيّد اعتمادًا على حجم الموئل. وهو نموذج سكاني دينامي مكاني غير خطي يُفسّر النمو والانتشار والتنافس على الموارد بين الأفراد في مجتمع معزول. كما يوجد عدد من النماذج النظرية لشرح البنية الزمانية المكانية التي تثبت أن حجم الموائل يلعب دورًا حاسمًا في مصير السكان. وفي جميع الحالات، تُظهر النماذج وجوب امتلاك الموئل الحد الأدنى من الحجم ليتمكن السكان من البقاء على قيد الحياة.

ومن أجل تقدير هذا التوازن الأمثل بين السكان ومساحة الأرض اللازمة لتوليد الموارد لهذه الفئة من السكان، فقد طور الباحثون في هذا المشروع صيغًا رياضية لحساب كيفية قياس أو تقييد عدد السكان والموائل في المستوطنات الفضائية.

04

التخطيط السكاني الاجتماعي الاقتصادي لموائل الفضاء المستقبلية

إم.بي.إن كووينهوفن، دون إليسيو لوسيرو-بريزنو الثالث، شو لين، جيانغشوان هي، وي هوا
جامعة شيان جياوتونغ - ليفربول

استخدم الباحثون في هذا المشروع النمذجة السكانية الديناميكية لتوضيح سيناريوهات مختلفة فيما يخصّ نمو وتطور السكان لمستوطنة فضائية على المدى الطويل على سطح كوكب المريخ. حيث تخيل الباحثون المجتمعات الأولية التي يمكن إنشاؤها بواسطة رواد فضاء يصلون في وقت مبكر والكيفية التي يمكن بها لهذه المجتمعات أن تتطور تدريجيًا إلى مستعمرات أكبر من خلال ديناميات النمو السكاني الاعتيادية التي تُفسّر معدلات المواليد ومعدلات الوفيات المتعلقة بالتعليم والرعاية الصحية.

تم تحديد إمكانات أي مستوطنة على المريخ لتصبح في نهاية المطاف ذاتية الاكتفاء تمامًا دون اعتماد على الأرض، أي عدم حاجتها لأي موارد تحتاج إلى النقل جوًّا، عن طريق تقدير ما يجب تحقيقه في كل مرحلة من مراحل النمو السكاني. ولكل مرحلة، فقد تم تحديد أوجه التشابه والاختلاف مع النشاط البشري التاريخي والحاضر على الأرض، من حيث عدد السكان والاقتصاد والمجتمع وعلم النفس. واشتمل هذا على رحلات الفضاء البشرية وأنشطة الشحن التاريخية وقواعد البحث في القارة المتجمدة الجنوبية وطواقم الغواصات.

الدروس المستفادة من المدينة البيئية: بيان لإدارة الحياة على المريخ

د. روبرت كاولي
كلية كينجز لندن

استخدم الباحثون في هذا المشروع تطورات المدينة البيئية على الأرض كتناظر محتمل لسياسة إدارة المريخ. تشمل المدن البيئية على الأرض مجموعة واسعة من المجتمعات المختلفة التي تسعى إلى أن تكون ذكية، ومن الأمثلة المستدامة والمراعية للبيئة مدينة جزيرة دونغتان البيئية القريبة من شنغهاي، ومدنٌ تجريبيةٌ أكثر جوهرية مثل أركوسانتي في صحراء أريزونا.

ولتطوير إطار سياسة مماثل، فقد نظم الباحثون ورشة عمل جمعت بين علماء السياسة والمهندسين المعماريين والمصممين الحضريين بالإضافة إلى الأكاديميين الذين يستكشفون العلاقة بين الخيال العلمي والتكنولوجيا، والآثار الاجتماعية والسياسية للتكنولوجيا.

04

إدارة استيطان الفضاء:
تحليل للقضايا القانونية والسياساتية

توماس تشيني
مركز حضارة الفضاء

درس الباحثون في هذا المشروع معاهدات الفضاء الحالية كمعاهدة الفضاء الخارجي لعام 1967، لإثراء تطوير إطار قانوني دولي محتمل يحكم المستوطنات الفضائية. سعى الباحثون إلى دمج الدروس المستفادة من النماذج "التاريخية" أو "التناظرية" المماثلة للمستوطنات الفضائية كمستوطنات أمريكا الشمالية المبكرة وقواعد أبحاث القارة المتجمدة الجنوبية.

كما نظر المشروع في المجموعة الأوسع من القضايا القانونية والسياساتية المحتملة التي ستنشأ بمجرد تطوير المستوطنات الفضائية على المدى الطويل بما في ذلك الشراكات بين القطاعين العام والخاص والتعاون الدولي أو المحلي أو العابر للحدود أو عبر القضايا الأخلاقية المختلفة.

04

عقود المشتريات المعدنية المثلى لبعثات التعدين الفضائي

بن جيلبرت وإيان لانج
جامعة واشنطن

طور الباحثون في هذا المشروع عقودًا محتملة يمكن استخدامها لتسهيل تعدين القطاع الخاص في الفضاء لتناول حالة عدم التيقّن التجارية الحالية المحيطة بالتعدين في الفضاء. حيث عالج هذا المشروع القضايا التي تنشأ على سبيل المثال عند انخفاض أو ارتفاع سعر سوق المعادن التي تم تعدينها في الفضاء خلال الوقت المستغرق لنقل المعادن إلى الأرض والتأثير المحتمل على أسعار سوق المعادن إذا أصبحت المعادن التي تم تعدينها في الفضاء مُجدية من حيث التكلفة.

وقد نظر الباحثون في أنواع اتفاقيات التعاقد بين الموردين والمشترين التي من شأنها أن تحفز الاستثمار في مشاريع تعدين الفضاء عندما يكون ذلك مربحًا باستخدام النماذج الاقتصادية من نظرية الألعاب والتنظيم الصناعي والتعاقد التحفيزي من أجل تحديد خصائص توازن سوق قائم للمعادن ذي صلة من حيث حجم الصناعات وعدد المؤسسات والكميات والأسعار والأرباح، بالإضافة إلى التحول في هذا التوازن السوقي في ظل احتمال دخول شركات تعدين فضائي جديدة، وتحديد خصائص شروط العقد التي من المحتمل أن تنتج أسعارًا مستقرة مقابل الشروط المحتمل أن تنتج خلافًا بعد بدء الإنتاج.

05

الصحة والروبوتات والاتصالات

تُعدّ عقبة التأثير المحتمل للبيئة خارج الأرض على رواد الفضاء، وفي النهاية على صحة المستوطنين، واحدة من أكبر عقبات البحث والاستكشاف الفضائي التي يستلزم اجتيازها. وبالإضافة إلى الإشعاع الفضائي، فمن المحتمل أن يواجه رواد الفضاء عددًا من التحديات الجسدية والنفسية للعيش في الفضاء.

وينظر عدد من المشروعات الممولة في التقنيات المختلفة التي يمكن من خلالها دعم كل من صحة الإنسان والتواصل والتفاعل في الفضاء للقيام ببعثات فضائية آمنة على المدى الطويل.

التحكم القائم على الإيماء في الروبوت للتحكم عن بعد في البيئات الفضائية

د. كالوجيرو ماريا أودو، لوكا ماساري، وجيسيكا دابراسيو
معهد الروبوتات الحيوية، مدرسة سانتانا للدراسات المتقدمة

ساهم الباحثون في هذا المشروع في تطورات تقنية تسعى إلى محاكاة حاسّة اللمس، ما يسمح للمهندسين بـ "لمس" الأشياء جسديًا عن بُعد، ما يُعرف بعملية "التشغيل عن بعد". وقد صمم الباحثون "ذراع مناورة لمسيّ" يسمح للمستخدمين بالتحكم في الآلات عن بُعد من خلال تقديم إدراك حسيّ باهتزاز اللمس مماثل لأطراف الأصابع البشرية. كما كانت المستشعرات الضوئية المطورة قادرة على تتبع إيماءات اليد البشرية من خلال قفاز لإيصال ردود الفعل اللمسية إلى المستخدم.

ستكون هذه التقنية قادرة على تعزيز كفاءة إدراك المستخدمين في أنشطة التحكم عن بعد عالية الدقة، كالتحكم الدقيق في الأدوات الميكانيكية، أو في الحالات التي تتطلب فيها المهام عن بُعد قوة وإمساكًا دقيقًا، هذا وبالإضافة إلى تزويد مبتوري الأطراف بأطراف صناعية تسمح لهم باستعادة الشعور باللمس. ويعمل الباحثون حاليًا مع مبتوري الأطراف لتطوير أصابع بتركيبة آلية تتيح للمستخدمين الشعور بإحساس الإصبع بمستوى محسن من الواقعية.

يتميّز تعزيز الحواس الذي توفره هذه التكنولوجيا بإمكانات يمكن استخدامها في العديد من المجالات كاستخدام الروبوتات للبحث والإنقاذ على سبيل المثال.

05

روبوتات مصنوعة من النباتات

باولو غالينا
جامعة تريست

قد تكون قدرة مستوطنات الفضاء محدودة في الوصول إلى المعادن، المُنقّاة منها على وجه الخصوص، فلذلك يمكن أن تصبح ألياف الخضروات مادة أكثر ملاءمة لبناء أجسام مستقبلية على الأرض والمريخ. قام هذا المشروع بتطوير نماذج أولية من الروبوتات المصنوعة من الألياف النباتية والنباتات المزروعة.

حيث تم بالفعل استخدام ألياف الخضروات لصنع الأثاث وبعض الأجسام الصغيرة. وإنما لا يتم استخدامها كثيرًا لبناء الأجهزة والمنتجات التكنولوجية. يجمع الباحثون النباتات مع مواد أخرى عالية الأداء لبناء تقنيات كالروبوتات.

كما يمكن استخدام هذه الروبوتات في العديد من الأشياء، كأنظمة الري الآلية الذكية التي تراقب إمدادات المياه والمواد الغذائية، بالإضافة إلى المواد الزراعية لبناء المزيد من الروبوتات.

البحث في الاتصالات بين الكواكب من خلال الواقع الافتراضي

أدلبرتو إل. سيموني
جامعة لوفان الكاثوليكية

تخيل الباحثون في هذا المشروع الكيفية التي يمكن فيها استخدام الواقع الافتراضي (VR) للاتصالات بين الكواكب. حيث يمكن أن توفر تقنية التواجد عن بُعد باستخدام الواقع الافتراضي تجربة أكثر واقعية للأشخاص الموجودين على مسافات كبيرة، على عكس الاتصالات التقليدية التي تتضمن الصوت أو الفيديو أو كلاهما.

وكما وجد الباحثون، فُيمثل تأخر الاتصال بين جسمين كوكبيين تحديًا رئيسيًا، وعلى الرغم من صعوبة ملاحظة فترة تأخر الاتصال البالغة 1.5 ثانية بين الأرض والقمر، إلّا أن فترة التأخير ترتفع لتتراوح ما بين ثلاث دقائق إلى عشرين دقيقة بين الأرض والمريخ في كلا الاتجاهين، وإلى أربع سنوات بين الأرض ومستوطنة افتراضية في نظام رجل القنطور الشمسي في كلا الاتجاهين.

استخدم الباحثون في هذا المشروع تقنية واقع افتراضي غامرة لمحاكاة حالات مختلفة بين (الأرض والقمر، الأرض والمريخ، المريخ والمريخ، والأرض ونظام رجل القنطور). وفي الدراسة، لعبت مجموعات من المشاركين دور المستوطنين المستقبليين حيث تفاعلوا مع تجربة واقع افتراضي "الترحيب بالوافدين الجدد" والتي قدمت لهم فكرة العيش في عالم آخر.

وطُلب بعد ذلك من المشاركين إعادة التواصل مع الأرض حول التجربة التي عاشوها للتو. وقام الباحثون بجمع كل من البيانات الكمية (وقت وبيانات حركة وتفاعلات واقع افتراضي) والبيانات النوعية (سمات تواصل وسلوك مستخدم ومقابلات وحضور) لتقييم فعالية اتصالات الواقع الافتراضي مقارنة بالاتصالات التقليدية.

05

دراسة تأثيرات الإدراك في تعرض رواد الفضاء لطاقة عالية وجسيمات ذات عدد ذري كبير

إس.إم.جاي جواد مرتضوي، إس.إم.تي رضوي توسي، بي. روشان-شومال، سيد علي رضا مرتضوي، أي. كافيه، جي. مرتضوي
جامعة شيراز للعلوم الطبية، مركز فوكس تشيس للسرطان

أجرى الباحثون في هذا المشروع تقييمًا نفسيًا عصبيًا لسكان المناطق التي تتعرّض لمستويات مختلفة من إشعاع عنصر الراديوم 226-Ra باعتبار ذلك حالة بشرية محتملة تحاكي تعرّض رواد الفضاء للإشعاع الفضائي.

وتُعد الوقاية من المخاطر الصحية لرواد الفضاء أمرًا مهمًا فيما يتعلّق باستكشاف الفضاء نظرًا إلى احتمال تعرّضهم لعدد من مخاطر الإشعاع في الفضاء العميق. حيث يمكن أن يصاب رواد الفضاء بمتلازمة إشعاعية حادة وسرطان واعتلالات سلوكية وإدراكية محتملة وعجز في الذاكرة ناجم عن تعرض نظامهم العصبي المركزي لمستويات عالية من إشعاع الفضاء.[iv]

قام الباحثون في هذا المشروع باختبار المشاركين من بعض المناطق المأهولة بالسكان في مدينة رامسار الساحلية شمال إيران، والتي تُعرف بمستويات استثنائية من الراديوم 226-Ra بحكم وجود هذه النويدات المشعة ونواتج اضمحلالها، والتي تخرج إلى سطح الأرض بواسطة الينابيع الساخنة. وقد قدّر الباحثون متوسط الجرعة الفعالة الناتجة عن الراديوم 226-Ra نتيجة لاستهلاك الفواكه والخضروات من قبل المشاركين المختلفين. واستخدم الباحثون تحليلًا متعدد المتغيرات، كما سيتم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد، لتحديد العلاقات المحتملة بين الحالة الإدراكية للمشاركين والراديوم 226-Ra.

iv تُعد أهمية دراسة تعرض الدماغ لجزيئات ألفا المنبعثة من مصادر كالراديوم موثقة الآن توثيقًا جيدًا. "وتهتم ناسا بأن إطلاق الراديوم، المترسب في الدماغ، لجسيمات ألفا بجرعة إشعاع (LET) عالية يُمثّل، بالرغم من المحدودية، الحالة الوحيدة التي تحاكي التعرّض البشري إلى طاقة عالية، جسيمات ذات عدد ذري كبير (أشعة كونية مجرية) تنتقل عبر الفضاء والتي قد تؤثر على رواد الفضاء في مهمات المريخ".

05

دراسة محاكاة نقل الكتلة الحيوية والهباء الجوي من خلال الغلاف الجوي في المريخ

ماريا-باز زورزانو
مجموعة علوم الغلاف الجوي،
جامعة لوليا للتكنولوجيا

نظرت هذه الدراسة في مجال علم الأحياء الفضائي المتنامي، في العثور على حياة على كوكب آخر والقضايا المحتملة التي قد تنشأ حول هذا الاكتشاف. ومن بين القضايا التي يجب مراعاتها، يعتبر التلوث مجالًا مهمًا للبحث في علوم الفضاء والصحة. وبالنظر إلى أنه لا مناص من نقل ميكروبات مع البشر إلى المريخ، فسيكون لنا من الأهمية بمكان فهم الكيفية التي سيستجيب بها غلاف المريخ الجوي لبدء الحياة البشرية.

في الوقت الحالي، تلتزم جميع وكالات الفضاء بالبروتوكولات الدولية لمكافحة "التلوّث المُرسل" المتمثل بنشر الجراثيم الأرضية دون قصد إلى قمر أو كوكب آخر. الأمر الذي من شأنه أن يمنع المستكشفين اللاحقين من معرفة ما إذا كان وجود البكتيريا الأرضيّة ناتجًا عن التلوث، أو ما إذا كان انتشار البكتيريا الأرضيّة طبيعيًا خلال النظام الشمسي وفقًا لما تقترحه نظرية يُطلق عليها التبذّر الشامل.

وتتمثل المشكلة العكسية بـ"التلوث الرّاجع" والذي يُمثّل بدوره عودة رحلة محملة دون قصد ببعض الميكروبات من الفضاء الخارجي إلى الأرض، حيث أننا لن نمتلك الأجسام المضادة الطبيعية أو المقاومة الطبيعية لأي أمراض محتملة تنتج عن ذلك. ويشير الباحثون إلى أن "مصير عشائر الخويخوئيون بأكملها والتي تم القضاء عليها بعدوى الجدري حيث لم تكن لديهم مقاومة طبيعية لتلك العدوى"، هو مجرد مثال تاريخي من بين أمثلة كثيرة لتحذيرنا.

قدر العلماء في هذا المشروع المخاطر المحتملة لتلوث سطح المريخ من قبل البشر. حيث قام الباحثون بالتحقيق في إمكانية نقل الكتلة الحيوية والهباء الجوي عن طريق الهواء في صحراء أتاكاما في تشيلي، التي تُعد واحدة من أكثر البيئات قحولة على وجه الأرض.

الخلاصة

قام اكتمال تحدي محمد بن راشد لاستيطان الفضاء عددًا من الأهداف المهمة. حيث أدى إكمال هذه المشاريع إلى توليد "معارف جديدة" وتعزيز المعارف الموجودة وتطويرها، وبالتالي فإنّه يحمل آثارًا رئيسية في أبحاث الفضاء. والأهم من ذلك أنها تمتلك كذلك العديد من التطبيقات والفرص في مواجهة التحديات على الأرض.

ويسلط اكتمال تحدي محمد بن راشد لاستيطان الفضاء الضوء أيضًا على أهمية اتباع نهج عالمي لاستكشاف الفضاء. حيث يُعدّ التعاون بين مختلف الشركاء الدوليين من القطاعين العام والخاص أمر بالغ الأهمية من أجل المساهمة في أبحاث الفضاء والتصدي للتحديات الجيوسياسية العالمية كتغير المناخ والأمن الغذائي وندرة المياه.

وقد اقترح بعض العلماء غُدوّ البشر حضارة متعددة الكواكب في نهاية المطاف، وذلك بمجرد حلول العقود القليلة القادمة وفقًا لإيلون موسك مؤسس شركة تقنيات استكشاف الفضاء سبيس إكس. وفي المرحلة الحالية، لم تتضح الكيفية التي سيتم فيها تجاوز جميع العقبات التكنولوجية بعد. ومع ذلك، فإن السعي لطرح السؤال يؤدي إلى اكتشاف واختراع مستقبلنا هنا على الأرض.

ينمو الاستثمار والتعاون عبر الحدود في مجال الأبحاث والاستكشاف الفضائي بشكل ملحوظ بالفعل، حيث تدخل كيانات القطاعين العام والخاص بشراكة مع الوكالات الأجنبية، وفي بعض الحالات مع الشركات المنافسة، للوصول إلى الموارد والمواهب والتمويل. فعلى سبيل المثال، وافقت الولايات المتحدة وروسيا على بناء محطة فضائية جديدة بعد إحالة المحطة الفضائية الدولية إلى التقاعد عام 2024.

وفي الآونة الأخيرة، أدى النمو المطرد للجهات الفاعلة في القطاع الخاص في مجال صناعة الفضاء، مثل "فيرجن جالاكتيك" و "سبيس إكس"، إلى إثارة التساؤل حول هيمنة شركات الأبحاث على مستقبل أبحاث الفضاء. فعلى سبيل المثال، أطلقت شركة سبيس إكس، وهي شركة خاصة، أقوى صاروخ في العالم باسم "فالكون هيفي" عام 2018، ليأخذ بدوره مكان حامل اللقب سابقًا "ساترن في" التابع لناسا. ومع ذلك، فإننا نؤمن بالدور المهم الذي ستلعبه الحكومات والقطاع الخاص على حد سواء في استكشاف الفضاء، إذ يتحلّى كلّ منهما بمزايا خاصة. في الوقت الذي تتمتّع فيه الشركات الخاصة غالبًا بعمليات بيروقراطية أسرع وإمكانية ضمان أو إعادة تخصيص التمويل بشكل سريع نسبيًا، فإن الآثار المترتبة على ميل المساهمين يمكن أن يزيد من التقلبات التي تحد من استجابة الشركات للمساعي الربحية على المدى القصير. كما يمكن أن تكون الأهداف على المدى الطويل، التي قد لا تكون مربحة على المدى القصير، مدفوعة بتمويل من القطاع العام.

تُعدّ هذه العلاقة بين القطاعين العام والخاص واضحة بالفعل في العديد من المناسبات، ومن الأمثلة على ذلك، تعاقد وكالة ناسا مع شركة بوينج لنقل رواد الفضاء إلى محطة الفضاء الدولية (ISS) وتعاقد سبيس إكس مع سلاح الجو الأمريكي لإطلاق مركبة فضائية بدون رائد فضاء. وستتشكل ملامح مستقبل استكشاف الفضاء غالبًا بتعزيز هذه العلاقة.

مؤسسة دبي للمستقبل
dubaifuture.gov.ae
+971 4 516 6569
research@dubaifuture.gov.ae
@dubaifuture