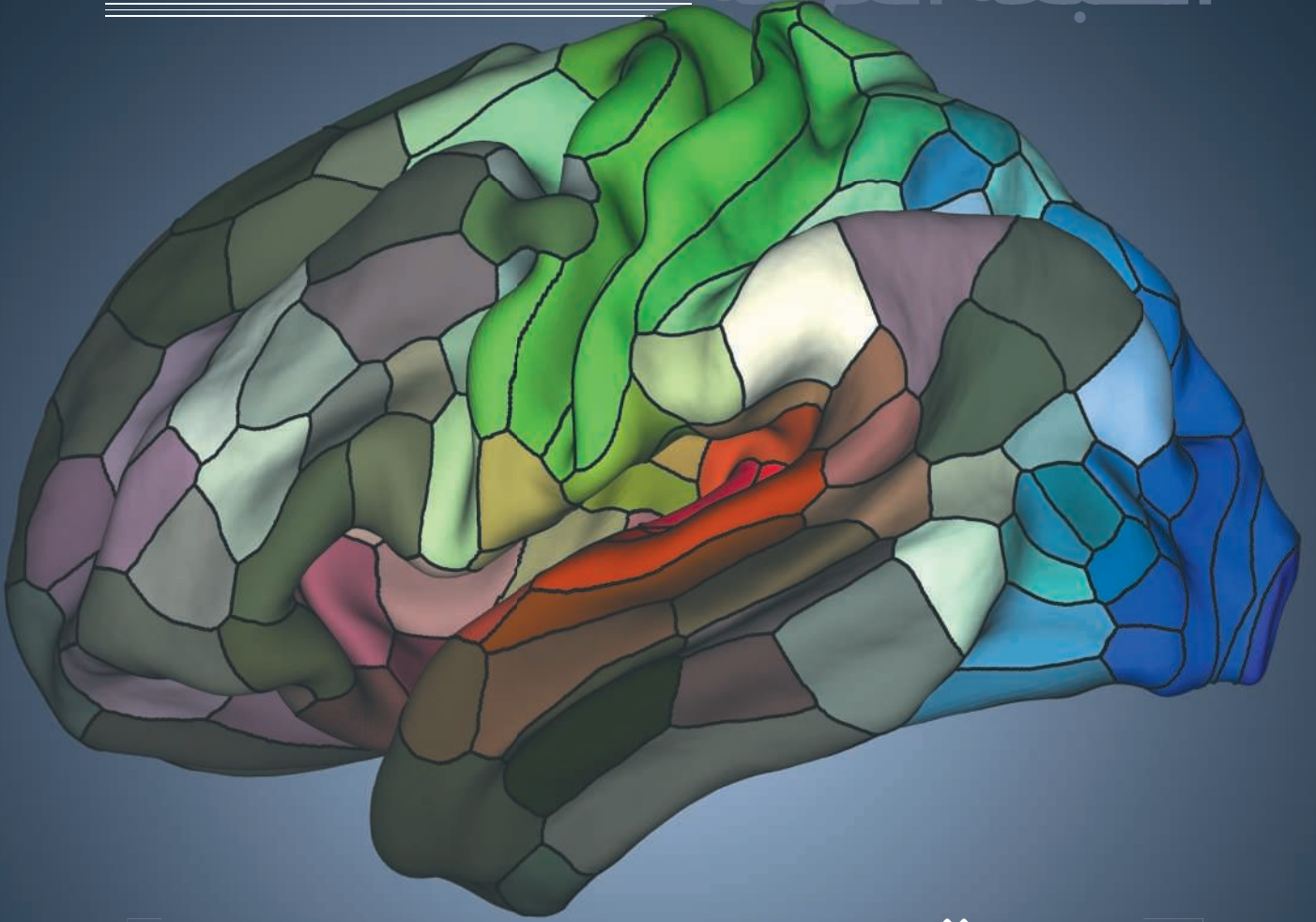


# nature

الطبعة العربية  
الدورية الشهرية العالمية للعلوم



## إعادة تعريف الدماغ

خريطة مُحدّثة لقرشرة دماغ الإنسان تحدّد 180 منطقة

دماغية مميزة لكل نصف كرة مخية. صفحتنا 46 و53

أخلاقيات

زهور  
للأجروون

الرواية التي احتفظت بقوتها،  
حتى بعد 50 عامًا على نشرها

صفحة 43

علم السموم

أعطوا الكيميائيين  
فرصة

بروتوكولات اختبار جديدة..  
قد تحفّز الاختراع

صفحة 37

فلك

أفق  
قريب

كوكب شبيه بالأرض يدور حول  
نجم قريب من الشمس

صفحة 19

ARABICEDITION.NATURE.COM

أكتوبر 2016 / السنة الخامسة / العدد 49

ISSN 977-2314-55003

## رسالة رئيس التحرير

## إطلالة على آفاق العلوم في شهر

في هذا العدد من دورية "Nature" الطبعة العربية، تجدون مختارات من منشورات دورية Nature الدولية في أربعة أعداد أسبوعية، من الخميس الموافق 11 أغسطس إلى الخميس الموافق 1 سبتمبر 2016. ويضم العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تقدّم العلوم، نعرض منها ما يلي:

في قسم "رؤية كونية"، وتحت عنوان "حماية الحرية الشخصية في المجتمعات الشبكية"، يدعو كريستوف بوك إلى التوسع في قوانين وممارسات مكافحة التمييز، بما يعوض فشل حماية البيانات، وانتهاك الخصوصية المرتبط بالتكنولوجيا الحديثة، فضلاً عن تشجيع العلماء على التأكد من أن انتهاك الخصوصية باستخدام التقنية لا يؤدي بالضرورة إلى المساس بالحرية الشخصية.

وفي "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان "دليل النيوتريو لحل لغز الكون"، نجد استعراضاً لتجربة يابانية، قد تفسر سبب امتلاء الكون بالمادة، بدلاً من المادة المضادة، التي ذهبت إلى أن هذا يرجع إلى تصرّف جسيمات تحت ذرّية تُسمى "نيوتريونات" بصورة مختلفة في المادة عنها في المادة المضادة.

وفي القسم نفسه موضوع بعنوان "كوكب شبيه بالأرض في ضيافة نجم قريب"، نجد مزيداً من التفاصيل عن الكشف الذي جذب أنظار العالم مؤخراً، وهو كوكب في حجم الأرض، يدور حول نجم "بروكسيما سنتوري" - النجم الأقرب إلى الشمس - على مسافة مناسبة تسمح بوجود مياه متدفقة، مما يجدد الأمل القديمة بوجود كوكب صالح للسكنى؛ لإرسال البشر إليه.

وتحت عنوان "محطات الطاقة النووية تستعد للشيخوخة"، نتعرف على الجهود الحديثة التي تقوم بها دول كثيرة حول العالم؛ للحفاظ على تشغيل محطات الطاقة النووية لما بعد عام 2050؛ ليصل عمر بعضها إلى 80 سنة، في مقابل الأصوات التي تنادي بوقفها.

وفي قسم "التحقيقات"، وتحت عنوان "اختناق النطاق الترددي"، نستعرض محاولات الباحثين وشركات تكنولوجيا المعلومات؛ لإصلاح وتوسيع ممرات نقل البيانات حول العالم؛ لمواجهة تهديدات الاختناقات المرورية الرقمية بوقف مسار ثورة تكنولوجيا المعلومات.

كما يحتوي قسم "التحقيقات" أيضاً على موضوع بعنوان "محيط من البلاستيك"، يحاول أن يعرف مصادر الكميات الهائلة من البلاستيك الذي يملأ المحيطات والبحار حول العالم، وكمياتها بالتحديد، والأماكن التي تنتهي فيها، وأضرارها، خاصة على الأحياء المائية. والأهم من كل ذلك.. ما الذي يجب أن نفعله لمواجهة هذه المشكلة، حتى وإن لم تتوفر البيانات الكاملة.

وفي قسم "أبناء وآراء"، وتحت عنوان "الدهون ومصير أورام البنكرياس"، يتناول ميليك كنان أركان بحث عن تأثير الخلايا الدهنية على أورام سرطان البنكرياس، التي قد تؤدي إلى تراجع القدرة على التكهن بتطور المرض، وأيضاً تراجع فعالية العلاج الكيميائي إلى مستوى أقل من المتوسط. وفي القسم ذاته، وتحت عنوان "جيل الروبوتات المرنة"؛ تعرّفنا باربارا مازولاي، وفيرجيليو ماتولي على "الأوكوتوبوت" - أول روبوت مصنوع بالكامل من مواد مرنة، ويعمل من خلال تفاعل كيميائي، وتتحكم فيه دائرة منطعية مائتية، ويمثل إيداً بميلاد

جيل جديد من الروبوتات المرنة، التي قد تتفوق على الروبوتات التقليدية، والتي تحمل وعوداً كبيرة لعدة تطبيقات، مثل خدمة وفحص الماكينات، وعمليات البحث والإنقاذ، وعمليات الاستكشاف، فضلاً عن الإسهام في تحسين الصحة وجودة الحياة.

أما في "التعليقات"، فيقترح كل من جون سي. وورنر، وجينيفر كيه. لودويج ثلاث طرق لمساعدة المخترعين على إنتاج مواد ومنتجات كيميائية أكثر أمناً، وذلك تحت عنوان "نحو نهج جديد لاختبار المخاطر الكيميائية"، وتشمل هذه الطرق توحيد اختبارات السلامة الكيميائية، واختبار المنتجات النهائية، وإعلان نتائج الاختبارات للعامة.

وفي القسم ذاته، وتحت عنوان "زهور لأجربون"، يعود بنا أنانيو بانتشاريا إلى قراءة رواية الخيال العلمي الشهيرة، التي أتت عامها الخمسين هذا العام، وتُعتبر بمثابة حجر أساس لأخلاقيات علم الأحياء التجريبي.

وفي قسم "مهن علمية"، وتحت عنوان "الحواسب تراقب الشعاب المرجانية"، يشرح جيف تولىفسون الأدوات المختلفة لتحليل الصور الملتقطة تحت المياه للشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، من برامج حواسيب مبتكرة، وأجهزة استشعار معدّلة، ووسائل أخرى متقدمة، يستخدمها علماء الأحياء البحرية؛ لجمع بيانات حول الشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، وقد تُحدث طفرة في علوم البيئة البحرية.

وفي قسم "مهن علمية"، وتحت عنوان "الحواسب تراقب الشعاب المرجانية"، يشرح جيف تولىفسون الأدوات المختلفة لتحليل الصور الملتقطة تحت المياه للشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، من برامج حواسيب مبتكرة، وأجهزة استشعار معدّلة، ووسائل أخرى متقدمة، يستخدمها علماء الأحياء البحرية؛ لجمع بيانات حول الشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، وقد تُحدث طفرة في علوم البيئة البحرية.

وفي قسم "مهن علمية"، وتحت عنوان "الحواسب تراقب الشعاب المرجانية"، يشرح جيف تولىفسون الأدوات المختلفة لتحليل الصور الملتقطة تحت المياه للشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، من برامج حواسيب مبتكرة، وأجهزة استشعار معدّلة، ووسائل أخرى متقدمة، يستخدمها علماء الأحياء البحرية؛ لجمع بيانات حول الشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، وقد تُحدث طفرة في علوم البيئة البحرية.

وفي قسم "مهن علمية"، وتحت عنوان "الحواسب تراقب الشعاب المرجانية"، يشرح جيف تولىفسون الأدوات المختلفة لتحليل الصور الملتقطة تحت المياه للشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، من برامج حواسيب مبتكرة، وأجهزة استشعار معدّلة، ووسائل أخرى متقدمة، يستخدمها علماء الأحياء البحرية؛ لجمع بيانات حول الشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، وقد تُحدث طفرة في علوم البيئة البحرية.

وفي قسم "مهن علمية"، وتحت عنوان "الحواسب تراقب الشعاب المرجانية"، يشرح جيف تولىفسون الأدوات المختلفة لتحليل الصور الملتقطة تحت المياه للشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، من برامج حواسيب مبتكرة، وأجهزة استشعار معدّلة، ووسائل أخرى متقدمة، يستخدمها علماء الأحياء البحرية؛ لجمع بيانات حول الشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم، وقد تُحدث طفرة في علوم البيئة البحرية.

## فريق التحرير

رئيس التحرير: فيليب كامبل

المحرر التنفيذي: محمد يحيى

مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسن بيومي

مدير تحرير الترجمة: علياء حامد

محرر علمي: شفاينة الباهي، لبنى أحمد نور، هبة نجيب مغربي

مدير الشؤون الإدارية والمشروعات: ياسمين أمين

مساعد التحرير: رعدة سعد

مصمم جرافيك: عمرو رحمة

مستشار التحرير: أ.د. عبد العزيز بن محمد السويلم

مستشار الترجمة: أ.د. سلطان بن عبد العزيز المبارك

اشترك في هذا العدد: أبو بكر خالد سعد الله، أحمد بركات، حسن حلمي، راضية عبيد، رضوان عبد العال، ريهام الخولي، سعيد يس، صديق عمر، طارق راشد، فادي المفتي، فكريات محمود، لمياء نائل، ليلى الشهابي، محمد السيد يحيى، محمد الوكيل، محمود علي بصل، نسبية داوود، هبة آدم، هويدا عماد، وسيم عبد الحلیم

## مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشوكوم

المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس

المدير المساعد لـ MSC: نيك كامبل

مدير النشر: أماني شوقي

## عرض الإعلانات، والرعاية الرسميون

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني

المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس

مدير النشر: نيك كامبل

العنوان البريدي:

مدينة الملك عبد العزيز

للعلوم والتقنية KACST

http://www.kacst.edu.sa

ص. ب: 6086 - الرياض 11442

المملكة العربية السعودية

التسويق والاشتراكات

التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)

Tel: +44207 418 5626

تمت الطباعة لدى باكستون برس المحدودة، ديربيشاير، المملكة المتحدة.

## NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

## للإتصال بنا:

للإتصال مع المحررين: naturearabic@nature.com

## Macmillan Dubai Office

Dubai Media City

Building 8, Office 116,

P.O. Box: 502510

Dubai, UAE.

Email: dubai@nature.com

Tel: +97144332030

## Macmillan Egypt Ltd.

3 Mohamed Tawfik Diab St.,

Nasr City, 11371

Cairo, Egypt.

Email: cairo@nature.com

Tel: +20 2 2671 5398

Fax: +20 2 2271 6207

نُشر مجلة "نيتشر" - وترقيمها الدولي هو (5587-2314). من قبل مجموعة نيتشر للنشر (NPG)، التي تعتبر قسماً من ماكملان للنشر المحدودة، التي تأسست وفقاً لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسجّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسنيغستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مسجّلة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أما بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيرجى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمنح التفويض لعمل نسخ مصوّرة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي

لعملاء محدّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نيتشر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسجّلة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيري، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ "نيتشر" هو: 03/0836-0028، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُشر الطبعة العربية من مجلة "نيتشر" شهرياً، والعلامة التجارية المسجّلة هي (ماكملان للنشر المحدودة)، 2016. وجميع الحقوق محفوظة.

# المحتويات

أكتوبر 2016 / السنة الخامسة / العدد 49

## تعليقات

37 أمان

نحو نهج جديد لاختبار المخاطر الكيميائية  
يقترح جون سي. وورنر، وجينيفر كيه. لودويج  
ثلاث طرق لمساعدة المخترعين على إنتاج  
مواد ومنتجات كيميائية أكثر أمانًا



## كتب وفنون

40 أخلاقيات

ترويج التكنولوجيا  
ستيفن أفترجود يقمّر دراسة لقياس الفجوة ما  
بين الرقابة، وحُطى الابتكار المتسارعة

42 علم الأحياء

المجهرية

حُكم الغوغاء

أدريان وولفسون

يبحر في غابة الأحياء

المجهرية التي تتفاعل

بداخلنا

43 لمحة من الماضي

زهور للأجرتون

أنانيو باتشاريا يعود بنا إلى قراءة رواية خيال  
علمي، نُعتبر بمثابة حجر أساس لأخلاقيات  
علم الأحياء التجريبي

## مستقبلات

64 جدران نيجيريا

جيريمي سزال



## أخبار فى دائرة الضوء

19 علم الفلك

اكتشاف كوكب شبيه بالأرض، يدور حول  
نجم قريب من الشمس

20 طاقة

كيف نعيد الحياة إلى المحطات  
النوية العتيقة

21 مؤسسات بحثية

وفاة أحمد زويل تثير الشكوك حول مستقبل  
مدينة العلوم فى مصر

23 فيزياء

ثقب أسود اصطناعي يبدو أنه يُطلق  
إشعاعات «هوكينج»

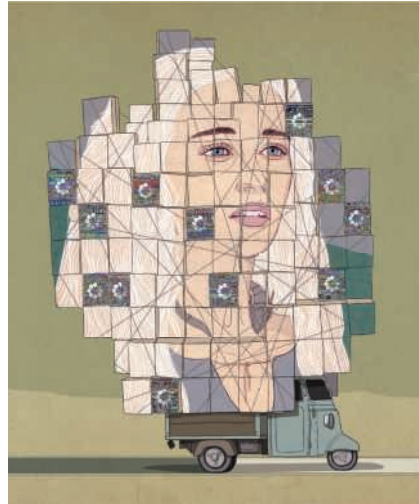
26 التحرير الجيني

التساؤلات المطروحة حول بديل  
«كريسبر» المقترح

28 علم الإنسان القديم

نسخة ثلاثية الأبعاد لعظام «لوسي»، التي تُعدّ  
من أشهر أشباه البشر؛ لمعرفة سبب موتها

## تحقيقات



تكنولوجيا

## اختناق النطاق الترددى

هل يمكن لممّرات نقل البيانات تفادي  
الازدحام المروري الكارثي؟ **صفحة 29**

## هذا الشهر

### افتتاحيات

7 إعادة إنتاج

انطلق نحو التكرار!

حان الوقت لمُنح الدراسات المكررة البريق  
الذي تستحقه

9 فيزياء الجسيمات

حجر عثرة في طريق «سيرن»

خيبة الأمل بشأن مصادر الهدرونات الكبير  
لا تعني نهاية فيزياء الطاقة العالية

### رؤية كونية

11 حماية الحرية الشخصية

في المجتمعات الشبكية

يقول كريستوف بوك إن

التوسع في قوانين مكافحة

التمييز يمكن أن يعوض فشل

حماية البيانات



### أضواء على البحوث

12 مختارات من الأدبيات العلمية

لا توجد إشارة لنيوترينو جديد/ مزيج كبير من  
الحشرات فى الأحياء الغنية/ الخلايا المناعية  
تُنهك فى الأورام/ الاحترار يقلص أعداد  
كائنات البحيرات/ «كريسبر» يغيّر نوع الخلية/  
ضوء الشمس يساعد فى تنقية المياه/ أقمار  
صناعية ترسم خريطة لمناطق فقيرة/ الطب  
الدقيق أقل دقّة للبعوض/ إنتاج كميات كبيرة  
من مادة الصدف/ الحدّ من السرعات يحوّل  
لون الدهون

### ثلاثون يومًا

16 موجز الأنباء

تقاعُد الشهبانزي/ صراع حول براءة اختراع/  
الصين تستعد للمريخ/ حرب بسبب عاصفة/  
إتاحة البيانات/ قمر صناعي كميّ

## مهن علمية

63 نقطة تحول

ملحة الكوكب

مهندسة الفضاء شيكاكو هيروس تتأمل فى  
عملية الإنقاذ الرائعة لمسبار «أكاتسوكي»  
الياباني، الذي تمكّن من الدوران حول كوكب  
الزهرة، بعد فجوة بلغت خمسة أعوام

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح  
المهنية، تابع: [arabicedition.nature.com/jobs](http://arabicedition.nature.com/jobs)



# المحتويات

أكتوبر 2016 / السنة الخامسة / العدد 49

## أبحاث

**علم الأورام الديناميات السليمة**  
المُحدّثة للأورام  
A Sánchez-Danés et al

**علم الأعصاب** نموذج نمو عصبي بشري  
لـ«متلازمة ويليامز»  
T Chailangkarn et al

**وراثية** تحليل الاختلافات الوراثية  
المرمّزة للبروتين  
M Lek et al

**بعض الأبحاث المنشورة في عدد**  
**25 أغسطس 2016**

**علم المناخ** بداية مبكرة لاحتراق عصر  
الثورة الصناعية  
N Abram et al

**أحياء مجهرية** اكتشاف الخريطة  
الفيروسية لكوكب الأرض  
D Paez-Espino et al

**علم الأعصاب** ما يرتبط بمرض اعتلال  
الأعصاب المتعدد  
A Küffer et al

**أحياء مجهرية** لقاح وقائي ضد  
فيروس «زيكا»  
R Larocca et al

**بعض الأبحاث المنشورة في عدد**  
**1 سبتمبر 2016**

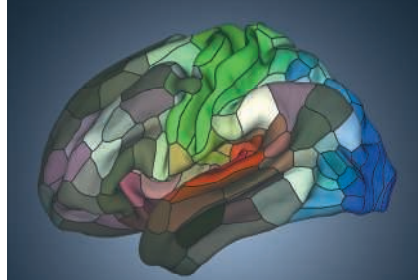
**علم الأعصاب** السيروتونين يعزّز  
الشعور بالخوف والقلق  
C Marcinkiewicz et al

**فيزياء** كمية نقل الطاقة في نظام  
بصري-ميكانيكي  
H Xu et al

**فلك** طيف انتقال مشترك  
لكواكب «ترايست-1»  
Julien de Wit et al

**فيزياء** تطويق نقطة استثنائية  
ديناميكيًا  
J Doppler et al

**علم الأعصاب** تطوير الـ«أدوكاناب»  
لعلاج الألزهايمر  
J S evigny et al



## إعادة تعريف الدماغ

الإصدار الأول من الخريطة متعددة الأنماط  
لوحدة قشرة المخ البشري، الصادرة عن  
«مشروع الكونيكتوم البشري» Human  
Connectome Project، في نموذج سطحي  
للنصف الأيسر. تم التوصل إلى خريطة  
مفصلة لقشرة المخ البشري، من خلال دمج  
بيانات التصوير متعددة الأنماط، بما في ذلك  
تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي.  
ومن شأن الأدوات الناتجة المتوفرة بالمجان  
أن تتيح إجراء دراسات تفاضلية مفصلة للمخ  
البشري في نطاقات الصحة، والشيخوخة،  
والمرض. صفحتا 46 و53

## ملخصات الأبحاث

**بعض الأبحاث المنشورة في عدد**  
**11 أغسطس 2016**

**علم الأعصاب** تقسيم متعدد الأنماط  
لقشرة المخ البشري  
M Glasser et al

**أحياء مجهرية** ارتباط بكتيريا SAR11 بنقص  
أكسجين المحيطات، وفقدان النيتروجين  
D Tsementzi et al

**فلك** تسخين الطبقات العليا لمناخ كوكب  
المشتري فوق البقعة الحمراء العظيمة  
J O'Donoghue et al

**تطور** بزوغ أسرة جينية للإنسان العاقل  
X Nuttle et al

**بعض الأبحاث المنشورة في عدد**  
**18 أغسطس 2016**

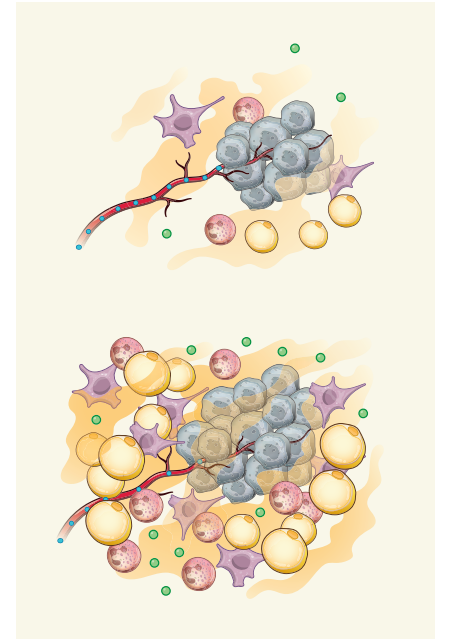
**علم المواد** خلايا شمسية ذات كفاءة عالية  
H Tsai et al

## أخبار وآراء

**45 روبوتيات**  
**جيل الروبوتات المرنة**  
«الأوكتوبوت».. أول روبوت مصنوع  
بالكامل من مواد مرنة  
باربارا مازولاي، وفيرجيليو ماتولي

**46 أنظمة علم الأعصاب**  
**خريطة حديثة لقشرة المخ البشري**  
خريطة موثقة للوحدات التي تشكل قشرة المخ  
البشري تكشف عن 360 منطقة مميزة  
بي. تي. توماس يوه، وسيمون بي. أيخوف

**48 السرطان**  
**الدهون، ومصير أورام البنكرياس**  
التأثير السلبي للسمنة على علاج  
سرطان البنكرياس  
ميليك كنان أركان



**49 تحفيز كيميائي**  
**الموقع النشط المراوغ.. في دائرة الضوء**  
نبتة نوع الحديد  $\alpha$ -Fe(II) المؤكسد للميثان.  
جاي إيه. لاينجر

**50 فيزياء المادة المكثفة**  
**الإلكترونات فائقة التوصيل المفقودة**  
خصائص مذهشة للموصلات الفائقة «زائدة  
الإشابة» ذات درجات الحرارة المرتفعة  
يان زانن

MATTHEW F. GLASSER & DAVID C. VAN ESSEN



# هذا الشهر

## افتتاحيات

علم الجينوم قاعدة بيانات كبيرة  
ومفتوحة بمثابة كنز دفين للتنوع  
الجيني النادر ص. 8

رؤية كونية لابد أن يكون السائق  
متحكماً بالكامل - حتى لو لم  
يكن بشرياً ص. 10

البيئة الحضرية  
حشرات أكثر تنوعاً في  
الأحياء الغنية ص. 12



## انطلق نحو التكرار!

من أجل جعل الدراسات المكررة أكثر فائدة؛ يجب على الباحثين تقديم المزيد منها، ويجب على الممولين دعمها، وأن تشجع الدوريات العلمية نشرها.

المسقة، وإنما تجزى من خلال مختبرات فردية، تقوم باختبار المرحلة التالية من البحوث التي يقومون بها. ولو تمت مشاركة هذه النتائج؛ فسوف تحقق للعلم فوائد عظيمة.

وهنا، يُثار سؤال مهم: لماذا لا يحدث ذلك كثيراً؟ وتأتي الإجابة في أن النظام المحيط بعملية تكرار التجارب ليس واضحاً بما يكفي، وله مكانة منخفضة، كما يفتقر إلى الموائيق المنظمة.

وإذا صادف أحد الباحثين دراسة مثيرة، لا تُتاح له وسيلة سهلة لمعرفة ما إذا كانت هناك محاولات لتكرارها، أمر لا؛ إذ لا يتم ربط الدراسات المكررة بصورة أوتوماتيكية ومستمرة بالبحوث الأصلية المنشورة على المواقع الإلكترونية للدوريات، أو على موقعي PubPeer وPupMed. وحتى في حالة ذكر إحدى محاولات التكرار بصورة عابرة في دراسة ذات نطاق أوسع، لا يجدون طريقة للوصول إليها. ولا يُتوقع من الدوريات أن تتكفل باحتواء كل محاولات تكرار الدراسات التي تنشرها، إلا أنه يتعين عليها دعم التكنولوجيا التي تتكفل بجمع هذه المعلومات ونشرها. كما يجب أيضاً أن تقبل نشر المحاولات المستفيضة لتكرار التجارب المنشورة مسبقاً، فعلى سبيل المثال، تشجّع دورية "ساينتيفك ريبورتس" *Scientific Reports* المقالات النقدية؛ من خلال التنازل عن مستحقاتها المادية لتحرير المقالات التنبؤية الخاضعة لمراجعة الأقران لأي مقال منشور فيها.

ومن شأن اتساع رقعة نشر محاولات تكرار التجارب أن يرفع من مكانتها؛ مع ارتفاع خطورة ردود الأفعال الانتقامية ضد الباحثين الذين أجروها. ولذلك.. فما يحصلون عليه من مكافآت إثر قيامهم بالأمر لا يغري بالإقدام على هذه المخاطرة. وفي الوقت الحالي، لا تسهم الدراسات المكررة التي تُنشر بشكل كبير في رفع مكانة من يقومون بها لدى لجان التوظيف، أو مراجعي المنح؛ مما يتسبب في خلق مشكلة جدلية، يحجم الباحثون عن إجراء دراسات متعمقة تتعلق بهذا النوع، ونشرها، لأنها لا تحظى بالتقدير اللائق؛ ويعود سبب عدم تقديرها هذا إلى انخفاض معدل نشر هذا النوع. ومن هنا، يجب الثناء على مواقف بعض الممولين - مثل مؤسسة "لورا أند جون أرنولد" في الولايات المتحدة، و"المنظمة الهولندية للبحث العلمي" - الذين يدعمون تكرار التجارب بشكل واضح، ويعقدون آمالاً كبيرة على النشر. ويمكن للعلماء الإسهام في ضمان حصول مثل هذه الدراسات على التقدير اللائق؛ من خلال الاستشهاد بها، ومناقشة محتواها على مواقع التواصل الاجتماعي.

لا تزال الموائيق والاتفاقيات المتعلقة بالدراسات المكررة في مهدها، وحتى قاموس المفردات فقير، وغير واف، كما أن المحررين الذين يقومون بتنسيق التقارير الموثقة للتكرار يبذلون الكثير من الجهد؛ لتجنب وشم تجارب التكرار بكلمات ذات ثقل، من قبيل "ناجح"، و"فاشل". كما تتجنب مبادرة قابلية إعادة الإنتاج *Reproducibility Initiative* - التي تسعى لمساعدة المختبرات على التنسيق بين محاولاتها الفردية لتكرار تجاربها - استخدام عبارات مشابهة عقب أول دراسة لها. فالورقة البحثية هي بمثابة خليط من الظروف، والتجارب، والنتائج، والتحليل، والتفسير المستتير. ويمكن أن تعتمد النتائج على اختلافات تبدو بسيطة بين المناهج المستخدمة، مثل مدى قوة امتزاج الكواشف؛ حسبما اكتشفت إحدى مجموعات التعاون، بعد كثير من الجهد هذا.. ولا تتوافر موائيق منظمة لقنوات الاتصال بين الباحثين المكررين للأبحاث، وباحثي الدراسات الأصلية. وقد رفض بعض الباحثين الأصليين مشاركة أي بيانات، أو تفاصيل منهجية. وفي حالات أخرى، قام بعض الباحثين المكررين للتجارب بنشر

(2014; 781-W. C. Hines et al. *Cel Rep.* 6, 779).

هذا.. ولا تتوافر موائيق منظمة لقنوات الاتصال بين الباحثين المكررين للأبحاث، وباحثي الدراسات الأصلية. وقد رفض بعض الباحثين الأصليين مشاركة أي بيانات، أو تفاصيل منهجية. وفي حالات أخرى، قام بعض الباحثين المكررين للتجارب بنشر

لا يرغب أي من العلماء في أن يكون أول من يحاول تكرار دراسة واحدة أجزاها عالمٍ آخر؛ فالأفضل أن يتعرف - من بعيد - على نتائج إقدام شخص آخر على تلك الخطوة. وقبل وقت طويل من شيوع فكر قابلية تكرار التجارب، أو إعادة إنتاجها، وتحولها إلى محور رئيس في الحوار العلمي، عمد العلماء إلى استراتيجيات مختلفة لنشر المبدأ؛ كالترئية والتحدث عنه مثلاً. كان العلماء في المؤتمرات يقارنون بين الملاحظات، وكانت إحدى شبكات الباحثين تتلقى تحذيرات من إمكانية الاعتماد على إحدى الدراسات، والبناء عليها، أو يتضمن أحد المنشورات العلمية ذات الصلة بين طياته تعليقاً غامضاً عن الأمر.. من قبيل: "بين أيدينا هنا"، أو "أسباب اختلاف النتائج التي توصلنا إليها ليست واضحة.."، أو "من المثير للاهتمام أن نتأجنا لم..".

إن الأشياء الواضحة - كوجود ورقة بحثية عن الدراسات المكررة التي أجريت، وما توصلت إليه من نتائج - لم تكن ضمن الاحتمالات أبداً.. فقد رفضت دوريات عديدة نشر التجارب المكررة، كما نأى باحثون كثيرون عن الوقوع في دائرة الخلافات التي قد تُثار إذا ما توصلوا إلى نتائج مغايرة للنتائج الأصلية. ولذا.. قد يُهدر العلماء غير المدركين الوقت في استكشاف طريق مسدود، أو يأخذون الحيطه والحذر من البحوث الواعدة حقاً، ويتعدون عنها.

إن الأوضاع تحسن الآن؛ إذ تعدد الوسائل اليوم أمام الباحثين الراغبين في الكشف عن دراساتهم المكررة للمجتمع العلمي، عن طريق تسجيل محاولاتهم في مدونة، أو نشرها في خوادم ما قبل الطباعة، أو نشرها كبحوث خاضعة لمراجعة الأقران في الدوريات التي لا تشترط احتواء العمل على شيء جديد. وفي هذا العام، دشنت منصة F1000 - الموجودة على شبكة الإنترنت - قناة لقابلية إعادة الإنتاج وصدق النتائج في المرحلة قبل الإكلينيكية، مخصصة للمقالات التنبؤية أو المؤيدة، أو الدراسات المكررة الأكثر دقة. كما تسعى دوريات معروفة أخرى - كدورية "ساينتيفك داتا" *Scientific Data*، ودورية "أميريكان جورنال أوف جاستروإنتيروولوجي" *American Journal of Gastroenterology* - إلى اجتذاب محاولات تكرار التجارب للنشر، وكذلك النتائج السلبية. وفي عام 2013، في أعقاب دراسة مثيرة للجدل حول إمكانية عبور جزيئات الحمض النووي الريبي النشط حيواً من القناة الهضمية إلى مجرى الدم، أعلنت دورية

"نيتشر بايوتكنولوجي" *Nature Biotechnology* أنها "مستعدة لتلقي الدراسات المكررة"، شريطة أن تسلط هذه الدراسات الضوء على أسئلة بحثية مهمة (2013; 943; *Nature Biotechnol.* 31). يتصدّر مجتمع علم النفس هذا المجال. فقد بدأت دورية "بيرسيكتيفز أون سيكولوجيكال

ساينس" *Perspectives on Psychological Science* في نشر نوع جديد من المقالات، والتمهيد لنمط جديد من التعاون؛ إذ طلبت من علماء النفس تحديد إحدى الدراسات المهمة لإعادة إنتاجها، ووضع خطة لذلك، حيث يدعى مؤلف الدراسة الأصلي إلى تقديم مقترحات للبروتوكول المتَّبَع، كما تعرض مختبرات عديدة خدماتها طوعاً لجمع البيانات، ونُشرت النتائج - أيّاً كانت - على هيئة تقرير تكرر مسجّل (RRR). وقد نُشرت حتى الآن ثلاثة تقارير، يتضمن كل منها رأي المؤلفين الأصليين.

## نشر الفكرة

إن متابعة إجراء مثل هذه التجارب لن تكون أمراً فعالاً سوى لعدد قليل من المنشورات؛ إذ إن غالبية محاولات تكرار التجارب لا تقع ضمن فئة الأعمال التعاونية

ضرورة مراجعة المتغيرات التي تظهر في بيانات التسلسل، وذلك باستخدام مجموعة بيانات رابطة تجميع الإكسوم، وغيرها من الأدوات المرجعية، وهو إجراء مستخدم على نطاق واسع في مجال علم الجينوم.

ويخطط مشروع رابطة تجميع الإكسوم للتوسع على مدار العام القادم، ليشمل 120,000 إكسوم، و20,000 تسلسل جينومي كامل. ويتوقف ذلك على مدى توفر إرادة التعاون لدى الاتحادات البحثية الكبرى، كما يُبرز أهمية نشر البيانات الجينومية، وتجميعها، وتنسيقها. وينطبق ذلك أيضًا على المتغيرات المرضية؛ حيث تزداد الحاجة إلى قواعد بيانات، تُوفّر ثقة أكبر في تفسير المتغيرات، مثل قاعدة بيانات "كلينفار" ClinVar، التابعة للمركز الوطني الأمريكي لمعلومات التكنولوجيا الحيوية.

سيحتاج تطوير علم الوراثة الإكلينيكي إلى مواصلة الاستثمار في هذا النوع من قواعد البيانات، والمزيد من إسهامات المختبرات الإكلينيكية والباحثين والأطباء المعالجين، وتوسيع جداول المراجع الجينية البشرية، والعمل على ربط هذه الجداول ببيانات النمط الظاهري. ويتضمن ذلك - في الغالب - إعادة الاتصال بالمتطوعين والمتبرعين، وسيتم تجريبه من خلال مجموعة بيانات فرعية خاصة برابطة تجميع الإكسوم، في حدود ما تسمح به الموافقات.

وعلى نطاق أوسع.. يتطلب نشر البيانات الجينية والإكلينيكية المترابطة - بوسائل تحافظ على الخصوصية - نمطًا جديدًا من التفكير في صياغة الأخلاقيات واللوائح التنظيمية، وهو ما بدأت في تَبْيُهِ معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، والتحالف العالمي للجينوم والصحة، ويجب أن تتبعهما في ذلك مؤسسات أخرى؛ لا سيما أن دراسة رابطة تجميع الإكسوم تسلط الضوء على المكافآت المحتملة. ■

## مخاوف بشأن الطاقة

تعود محطات الطاقة النووية القائمة حاليًا بنفع معقول، نظرًا إلى ما تنتجه من طاقة منخفضة الكربون، ولكن هناك الكثير من العمل ينتظر صناعة الطاقة النووية، إذا ما أُريد لها أن تستمر وتزدهر في القرن الواحد والعشرين.

عندما حُتت ولاية نيويورك - في ديسمبر الماضي - شركات المرافق على استخدام مصادر طاقة متجددة؛ لإنتاج 50% من الطاقة بحلول عام 2030، أُثرت - بطبيعة الحال - تساؤلات كثيرة حول الطاقة النووية. وحاليًا، تنتج ستة مفاعلات نووية في أربع محطات أكثر من 30% من احتياجات الولاية من الكهرباء، وأكثر من نصف ما تنتجه مصادر الطاقة قليلة الكربون. ويُذكر أن أربع محطات منها كانت عرضة لخطر الإغلاق، نظرًا إلى حسابات اقتصادية بسيطة، حيث لم تستطع منافسة الغاز الطبيعي الرخيص.

وبالأخذ بعين الاعتبار القيمة المناخية للطاقة منخفضة الكربون، التي يتم توليدها في هذه المحطات، مَنَحها منظم الولاية دعمًا ماليًا جديدًا في الأول من أغسطس الماضي. بدأت الولاية بـ"التكلفة الاجتماعية للكربون"، باعتبارها أوضح تمثيل للأضرار الناجمة عن انبعاث غازات الاحتباس الحراري، وهي التكلفة التي تقدّرها الحكومة الأمريكية حاليًا بحوالي 38 دولارًا للطن الواحد من ثاني أكسيد الكربون، يُتوقّع أن ترتفع إلى 50 دولارًا بحلول عام 2030. كانت الإيرادات أقل من ذلك بكثير، ولذا فإن هذه المحطات النووية ستكون مؤهلة الآن للحصول على "شهادة بخلوها من الانبعاثات"، وهو ما يعوّل عليه لتعويض النقص. ومن المُتوقّع أن يبلغ هذا الدعم - في السنتين الأوليين فقط - 965 مليون دولار تقريبًا. قال مسؤولو شركة "إكسيلون" - ومقرها ولاية إلينوي، وتمتلك محطاتين، ونُجّري مفاوضات لشراء الثالثة - إنها ستمضي قدمًا في خططها للاستمرار في تشغيل المحطات.

إذن، فالدرس المستفاد الأول هو أن سعر الكربون مهم. وتمثل نيويورك واحدة من تسع ولايات شرقية مشاركة في نظام المتاجرة في الانبعاثات. هذا ولم يكن السعر الحالي - ومتوسطه حوالي 4 دولارات للطن الواحد من ثاني أكسيد الكربون - عاليًا بما فيه الكفاية للحفاظ على قدرة الطاقة النووية على منافسة الغاز الطبيعي. أشاد كل من العاملين بهذا القطاع في الولايات المتحدة، وبعض الناشطين البيئيين المؤيدين للطاقة النووية بـ"معياري نيويورك"، باعتباره خطوة على الطريق الصحيح، ونموذجًا يمكن أن تحاكيه ولايات أمريكية أخرى، حيث تواجه الطاقة

أعمالهم تلك، دون أن يحاولوا أولًا حسم أوجه التضارب؛ مما يجعلهم أكثر عرضة للاتهام بعدم الكفاءة. ولحسن الحظ، (توقّف الباحثون المكَرَّرون والباحثون الأصليون مؤخرًا عن التراسق بالألفاظ). ومع اتساع رقعة انتشار الدراسات المكررة، تزداد ثقتنا بأن المجتمع سيقوم بوضع معايير مناسبة لإجراء هذا النوع من الدراسات.

إنّ تعزيز سلوك أفضل يتطلب أن تصبح الدراسات المكررة أكثر شيوعًا. ومن جانبنا، نحثّ الباحثين على الكشف عن نتائجهم غير المنشورة، كما نحثّ مؤلفي الأبحاث المنشورة على التعاون، والاستجابة للطلبات المعقولة المقدّمة إليهم للحصول على بيانات أوليّة عن دراساتهم، وعلى افتراض حُسن النية، وأن يعكفوا على كتابة الأوراق البحثية، والاحتفاظ بالسجلات، مع افتراض أن آخرين سيرغبون في تكرار دراساتهم فيما بعد. ونحثّ الممولين والناشرين أيضًا على دعم الأدوات التي تساعد الباحثين على الربط بين الدراسات المختلفة. هذا. ونرحب بالنتائج التي تبحث في مدى صلاحية ودقّة المنشورات المهمة، بما في ذلك دورية *Nature*؛ ويسعدنا تقديم العون اللازم لنشرها. ■

## مكافآت نادرة

دراسة جديدة عن المعلومات الجينية لحوالي 60,000 شخص تكشف عن مفاجآت مذهلة، وتبرز الحاجة الماسة إلى إتاحة البيانات الجينية للجميع؛ لمساعدة دارسي الأمراض النادرة.

انتهى فريق من العلماء من وضع التسلسل الجينومي - أو تسلسل مناطق تشفير البروتين الخاصة بالجينوم (الإكسوم) - لأكثر من مليون شخص. ويبقى الأمل في إمكانية نشر هذه البيانات، وربطها بالنمط الظاهري - لا سيما فيما يتعلق بالأمراض - وتحسين الرعاية الطبية، لكنّ ثمة عائق يحول دون تحقيق ذلك، وهو قلة البيانات المتاحة للجميع.

وفي خطوة مهمة، قدّمت دورية *Nature* - في الأسبوع الثالث من أغسطس الماضي - تقريرًا مفصلاً عن الإصدار الأول لـ"رابطة تجميع الإكسوم" ExAC، الذي يُعتبر أكبر كتيب إرشادي حتى الآن عن تباين مناطق تشفير البروتين في الإنسان. يضم هذا الكتيب بيانات التسلسل الخاصة بحوالي 60,000 شخص. والأهم من ذلك أنه يتيح هذه البيانات على قاعدة بيانات مفتوحة، تشكل بالفعل مصدرًا مهمًا وحيويًا (<http://exac.broadinstitute.org>).

ورغم التحديات الكثيرة التي تواجه نشر هذه المجموعات من البيانات، فإن هذا لا يقلل من شأن الجهود العظيمة، التي بذلها العلماء المشاركون في هذا المشروع؛ لإتاحة هذه الدراسة للجميع؛ إذ يعرض الجدول الخاص بها نظرة فاحصة في التنوع الجيني النادر بين البشر، كما يحدد بثقة تامة أكثر من 4,7 مليون متغير جيني (جينات جديدة في أكثر الأحيان)، ويوثق طفرات نادرة، ظهرت بصورة مستقلة؛ لتقدّم أول تقدير لمعدلات تكرار حدوثها. كما تتوصل الدراسة إلى 3,230 جينًا، لم يتعرض أي منها تقريبًا لفقدان وظيفته الحيوية. ولم يتم ربط أكثر من ثلثي هذه الجينات بأمراض؛ مما يؤكد ما نعانين حتى الآن من قصور في الفهم.

تثير هذه الدراسة أيضًا المخاوف بشأن الربط الخاطئ بين المتغيرات الجينية من جانب، والأمراض النادرة من جانب آخر؛ حيث يكون لدى المشارك العادي في التجارب التي تجريها رابطة تجميع الإكسوم حوالي 54 متغيرًا، تم تصنيفها في السابق على أنها مسببة لاضطرابات نادرة، إلا أن الكثير من هذه المتغيرات يظهر بمعدلات تكرار مرتفعة جدًا، على نحو غير معقول؛ مما يؤكد أن تصنيفها السابق لم يكن صحيحًا. وفي هذا الإطار، قام الباحثون المشاركون في هذه الدراسة بمراجعة الأدلة الخاصة بـ 192 متغيرًا، كانت مصنفة في السابق على أنها مسببة لاضطرابات مندلية نادرة، وتم رصدتها من قِبَل رابطة تجميع الإكسوم بمعدلات تكرار مرتفعة؛ لإثبات أن 9 فقط من هذه المتغيرات مُمرضة. لا شك أن الربط الخاطئ يؤدي إلى نتائج خطيرة؛ إذ تسترشد عمليات تشخيص وعلاج الأمراض - بالفعل - ببيانات هذه المتغيرات (على سبيل المثال.. انظر: *E. V. Minikel et al. Sci. Transl. Med. 8*, 322ra9; 2016 and *R. Walsh et al. Genet. Med. http://dx.doi.org/10.1038/gim.2016.90*; 2016).

توضّح نتائج هذه الدراسة ضرورة التزام الباحثين والأطباء المعالجين بالحرص الشديد عند تقييمهم للنتائج المنشورة بشأن الاضطرابات الجينية النادرة، كما تؤكد

ولا تزال هناك أسباب قوية لصنع آلة تُخَلِّف مصادم الهدرونات الكبير، ولكن من غير التوصل إلى اكتشاف جديد، قد يذهب هذا التعلُّق العام بفيزياء الطاقة العالية أدراج الرياح؛ إذ سوف يأتي زمن يصبح فيه الاستكشاف وحده غير مُرضٍ بما يكفي.

ومن ثم، سوف يكون من الصعب إقناع وكالات التمويل بإنفاق عدة مليارات من الدولارات؛ لمواصلة العمل بالأسلوب نفسه، خصوصًا عندما تمثَّل تكاليف تجارب النيوترون والتدقيق المعتمد على المختبرات جزءًا من تلك المبالغ. وستقع مهمة النظر بعناية في مدى جدوى العمل بهذه الاستراتيجية في الاستكشاف على كاهل الفيزيائيين. وإذا ما ظلَّت المصادمات عالية الطاقة أمرًا أساسيًا؛ فسوف تحتاج إلى أن تعمل على محاولة زيادة المبيعات لديها. ■

## استخدام «كريسبر» في علم الأحياء النمائي التطوري

تساعد تقنيات التحرير الجيني الحديثة في تفكيك أصول التكيف التطوري.

بعض العلماء يُطلق على ذلك الدجاج اسم "تشيكينوسوروس" *chickenosaurus*، والبعض الآخر يروق له تسميته "داينو-تشيكين" *dino-chicken*، لكنَّ أيًّا كان المصطلح الذي يمكن أن تطلقه على مقترح تحويل الدجاجة إلى مخلوق يشبه سلفها من الديناصورات، فإنَّ الدجاجة تمر بمرحلة علمية تاريخية.

لقد نجح الباحثون في جعل أقدام الكناكيت غير مكتملة النمو، وأطرافها، ووجوهها، أكثر شبهًا بأسلافها التي كانت موجودة منذ 150 مليون سنة؛ وذلك عن طريق العبث بالمسارات الجزيئية، التي تشكل هذه الهياكل؛ بهدف فهم الأحداث الجزيئية المسؤولة عن أحد أكثر التحولات المذهلة في السجل الأحفوري.

يحفل مجال علم الأحياء النمائي التطوري (يُعرف اختصارًا بـ *evo-devo*) بهذا النوع من الكائنات، بدءًا من الفئران ذات الأطراف الطويلة، التي تشبه أطراف الخفافيش، إلى ذبابة الفاكهة ذات الجذوع المقسَّمة، التي تشبه جذوع الخنافس، لكنَّ لا تزال الأدوات البدائية التي تُستخدم في إدخال تعديلات على هذه الكائنات غير مُحكَّمة.

وهذا الوضع يوشك أن يتغير.. ففي بحث نُشر على الإنترنت بتاريخ 17 أغسطس 2016، استخدم فريق من الباحثين تقنية "كريسبر-كاس9" *CRISPR-Cas9*؛ لتثبيط الجينات المسؤولة عن نمو سمكة الزرد؛ مما أدى إلى ظهور أطراف زعانف أشبه بأقدام وأصابع الفقاريات البرية (*T. Nakamura et al. Nature http://dx.doi.org/10.1038/nature19322*). وعبثت عدة تجارب في تقنية كريسبر - أجريت مؤخرًا - بالفرشاة؛ لمعرفة سر تعدُّد الألوان التي تبصرها، مقارنة بالذباب، ومضت هذه التجارب قدمًا في التخلص من مخالب القشريات؛ لفهم أصول هذه الزوائد المتخصصة.

وحتى الآن، تميل عمليات التحرير الجيني إلى تثبيط الجينات، لكن العلماء المتخصصين في علم الأحياء النمائي التطوري سيُشْرعون قريبًا في مبادلة الجينات بين الحيوانات بعيدة الصلة؛ لمعرفة أصول بعض التكيف، مثل تعدد الخلايا، وفتحة الشرج، وذلك من أجل تسمية مشكلتين فقط، تعصفان بهذا المجال. لقد أصبحت قدرتنا على الوصول إلى الحمض النووي الخاص بالكائنات القديمة وتحليله تعني أننا قادرون على إدراج جينات من حيوانات منقرضة في الجينوم الخاص بسلالاتها الموجودة الآن على قيد الحياة.

قد يجرَّ هذا النوع من التجارب علمَ الأحياء النمائي التطوري إلى أهداف وهمية، من قبيل إعادة الحياة للكائنات المنقرضة، والسعي وراء إعادة إحياء حيوان الماموث المغطى بالصفوف، وغيره من الحيوانات التي انقرضت منذ أزمنة سحيقة. إنَّ كل عمل غير مألوف لا يُعتبر إبداعًا، فالهمم هو الفكرة التي تكمن وراء التجربة. وقد تثبت "وحوش كريسبر الواعدة" صدق أو كذب نظريات وُضعت منذ عقود من الزمان عن الأحداث الكبرى، والمراحل المهمة في التطور، وقد تساعدنا على وُضْع نظريات جديدة.

لذا.. دعونا نفكر فيما يمكن أن نتعلمه فعليًا من "الداينو-تشيكين" الحقيقية. ■

النوية فيها عقبات اقتصادية مماثلة. وبصفة عامة، فإن المعيار يذُكرنا بأن أمام سياسات المناخ طريقًا طويلًا لتقطعه، على الرغم مما وصل إليه اتفاق باريس للمناخ في العام الماضي.

ومع ذلك.. فلا تقف مشكلات القطاع النووي عند هذا الحد، حيث توفَّر حاليًا حوالي 440 محطة طاقة نووية 11% من الطاقة الكهربائية في العالم، علمًا بأنَّ عُمر هذه المحطات يبلغ 30 عامًا في المتوسط. ورغم أن هناك أكثر من 60 مفاعلًا قيد الإنشاء، فإن الصناعة النووية يجب أن تعمل للحفاظ على نسبة إسهامها في إنتاج الطاقة، عندما تتوقف المحطات القديمة عن العمل في العقود المقبلة. في الوقت نفسه، تُعارض ولاية نيويورك الجهود الرامية إلى مدَّ عُمر مفاعلين آخرين في محطة إنديان بوينت النووية "IPEC" لأسباب تتعلق بالسلامة. وما زالت الشركة المشغلة لصالح المحطة تحاول تجنُّب الأسئلة حول تلوث المياه الجوفية بالتريتيوم، وتُعطل الأجهزة المتكرَّر، بينما تقدم بطلب للحصول على تصريح من اللجنة التنظيمية النووية الأمريكية "NRC" لإطالة عُمر المفاعلات من 40 إلى 60 عامًا.

وما دامت محطات الطاقة النووية قادرة على إثبات أن تشغيلها آمن، فينبغي تشجيع إسهاماتها في الجهود العالمية؛ للحد من غازات الاحتباس الحراري. وفي الواقع، قد تجد الحكومات والمجتمعات في مواضع معينة أن التكلفة المحتملة لوقوع حادث نووي باهظة. ويتوقف احتمال توسُّع هذه الصناعة على ظهور جيل جديد - غير مؤكَّد حتى الآن - من المفاعلات المحصَّنة ضد الحوادث. ويغصُّ النظر عن الجهود التي تبذلها نيويورك للإبقاء على عدد قليل من المفاعلات النووية قيد التشغيل، فمن الواضح أن الولاية تراهن بحق على مصادر الطاقة المتجددة. ■

## حجر عثرة في طريق "سيرن"

اختفاء إشارة مصادم الهدرونات الكبير "LHC" أمرٌ مخيب لآمال من يحاولون الترويج للمسرِّع الكبير القادم.

من المعروف أنَّ العُلم يزدهر بالاكشافات. ولذا.. من الطبيعي أن يحزن علماء الفيزياء على ما تلقَّونه من أخبار في شهر أغسطس الماضي. ففي الوقت الذي كان يستعد فيه مجتمع فيزياء الطاقة العالية للاجتماع في مدينة شيكاغو في الخامس من شهر أغسطس، كانت الآمال كبيرة - لكنَّ حذرة - في أن يكون مصادم الهدرونات الكبير بمنظمة "سيرن" - وهي المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، الواقع بالقرب من جنيف بسويسرا - قد توصل إلى اكتشاف آخر يُضاف إلى اكتشاف جسيم بوزون هيغز، لكن ذلك لم يحدث؛ فالبروز الظاهر في رسوم البيانات - الذي تسبَّب في إثارة الحماس بهذا الشكل - جرفه طوفان من البيانات الجديدة، ليتضح أنه لم يكن سوى تذبذبات إحصائية.

عادةً ما يدي الفيزيائيون رضاهم حيال مواصلة مصادم الهدرونات الكبير أداء وظيفته المستمرة؛ لإثبات - بمزيد من الدقة - صحة النموذج القياسي. وهي نظرية ناجحة إلى حد بعيد، معروف عنها عدم اكتمالها، بيد أن الضجة التي أحدثها البروز الظاهر في البيانات جعلتهم متعاطفين إلى المزيد. وكما هو واضح من البحوث النظرية الـ 500 التي كُتبت حول الأمر، فإنَّ علم الفيزياء مهيبًا لاستقبال شيء جديد.

وكوَّن مصادم الهدرونات الكبير لم يكشف عن أي جديد حتى الآن فيما وراء النموذج القياسي لا يعني أن ذلك لن يحدث أبدًا. فقد جمعت الآلة حتى الآن ما لا يزيد على عُشر كمية البيانات التي يأمل العلماء تجميعها بحلول نهاية عام 2022، و1% فقط مما يمكنها تجميعه، إذا ما مضى المخطط الموضوع لزيادة كثافة الاصطدامات فُدمًا، إلا أن شح المعلومات هذا يثير قلق البعض. وتتوقع فكرة التناظر الفائت أنَّ النظائر الأثقل للجسيمات العادية سوف تصبح جلية عند طاقات التصادم الأعلى. وقبل تشغيل مصادم الهدرونات الكبير، كان يمكن لمؤيدي تلك النظرية أن يراهنوا على إمكانية مشاهدة شيء جديد بحلول الوقت الحالي، لكنَّ إذا استمر الأمر، وقَلَّت المعلومات أكثر؛ قد تدخل فيزياء الطاقة العالية في "كابوس"، كما يسميه البعض، وهو ألا يجد المصادم شيئًا أبعد من جسيم بوزون هيغز. وبدون عهد "جديد"

من الفيزياء، ليس هناك من سبيل سهل لكشف الألكاز التي لا تُعدَّ ولا تُحصى، والتي فشل النموذج القياسي في توضيحها؛ بما في ذلك المادة المظلمة والجاذبية.

ARABICEDITION.NATURE.COM  
للتعليق على المقالات، اضغط  
على المقالات الافتتاحية بعد  
الدخول على الرابط التالي:  
go.nature.com/nqvdkp



## توجيه السيارات ذاتية القيادة نحو العمل بشكل آلي كامل



حتى تصبح السيارة آمنة، يجب منح التحكم الكامل فيها للسائق، سواء أكان إنساناً، أم جهاز حاسوب، حسبما يقول جون باروخ.

JOHN BARUCH

مصنّعي السيارات، إلا أن هذا النموذج يسبب مشكلة لشركة "تيسلا"، وللعديد من مصنّعي السيارات الآخرين، وخاصة بالنسبة إلى العلامات التجارية الأعلى ثمناً، فما يجذب عملاء السيارات الفاخرة هو متعة القيادة بها؛ وإذا لم يكن بالسيارة مقود، وكان "السائق" لا يشارك في القيادة؛ فسيُلقى عامل الجذب هذا. ولهذا السبب تُستخدم شركتا "تيسلا"، و"جوار لاند روفر"، وشركات أخرى للتكنولوجيا الموجودة في السيارات ذاتية القيادة المتوفرة الآن؛ لتقديم الدعم فقط للسائق، الذي يظلّ رسمياً هو المتحكم. ولذا.. كان براون مسؤولاً - رسمياً - عن التحكم في المركبة التي مات بداخلها.

تعمل شركات السيارات وشركات صناعة مكوناتها جاهدة على توليد نموذج عمل لمركبات ذاتية القيادة بشكل أكبر، ولكنّ مزودة بمقود. ومن الواضح أنّها لا تزال حريصة على تقديم المساعدة إلى السائق، ممّا يعني وجود حاجة مُلحّة إلى البحث في الناحية التقنية، وناحية العلوم الاجتماعية. إذن، ماذا سيكون ردّ فعل السائقين عندما تطلب منهم السيارة تَوَلّي القيادة؟ وكيف يمكن لعملية نقل التحكم تلك أن تتمّ بسلام؟ وكيف يمكن إيقاف السيارة بأمان في حالة عدم تَوَلّي السائق القيادة؟

أقومُ حالياً بإدارة تليسكوب آليّ في جُزر الكناري، يبعد 3000 كيلومتر عن قاعدته في المملكة المتحدة. ولا يشكل هذا النوع الآلي من التليسكوبات للعامّة مخاطر مماثلة لتلك المصاحبة لاستخدام المركبات ذاتية القيادة، لكن يوجد الكثير ممّا يمكن تعلّمه من تجاربنا. لقد قمنا بإزالة جميع أنماط نقطة العطل المفردة تقريباً، من خلال دفع تدفق المعلومات الحاسمة بمجموعات رباعية (عند فشل إحداها، يظل بوسعك استطلاع آراء الآخرين، وتمييز الخلل)، كما قمنا بتأسيس مسار عمل؛ لإعادة التشكيل باستخدام الذكاء الاصطناعي، يقوم بعزل الخلل، لحين إصلاحه. فقد كان بإمكان براون البقاء على قيد الحياة، لو كانت تلك المنظومات الرباعية موجودة؛ إذ كانت السيارة ستتمكّن من خفض سرعتها، على الأقلّ في حال اضطراب الرؤية لدى أنظمة الاستشعار.

إنّ فلسفة دعم السائق فلسفة معيبة، وهناك طائرتان تتضمن بالفعل تكنولوجيا يمكنها تحريك الطائرة من مدرج إلى آخر، ويقتصر دور الطيار على تسيير الطائرة من الموقف، لكنّ في الغالب لا تُستخدم تلك الإمكانات، إذ إنّهُ مع انعدام دور الطيارين في الرحلة، قد يُصابون بالملل؛ ويلتفتون إلى القيام بأشياء أخرى؛ ومن ثمّ يصبحون غير مستعدين تماماً لتَوَلّي القيادة، إذا لزم الأمر. ولذا.. فنقدّم دعم إضافي ليس حلاً أمناً؛ فيجب على الناس إمّا أن يقودوا السيارة، أو أن يتركوها لتقودهم. تذكّرنا الجهود التي تبذلها شركات السيارات الفاخرة الآن بعهد ظهور الإنارة الكهربائية، حيث كانت تحاول شركات الغاز تحسين الإنارة من خلال تعديل أعطية الفوانيس بمنتجاتها، لكنّ لكي تتمكن السيارات ذاتية القيادة من السير في الطريق بمهارة، يجب إلغاء المقود تماماً، ليسلك سبيل الموديل "تي" من سيارات "فورد" التي عفا عليها الزمن. ■

جون باروخ مُحاضر أول في جامعة برادفورد، المملكة المتحدة، وأستاذ زائر في جامعة جنوب الصين للتكنولوجيا في جوانزو. البريد الإلكتروني: j.e.baruch@bradford.ac.uk

مع تزايد شعبية السيارات ذاتية القيادة، تزايد المخاوف أيضاً. ففي شهر يوليو الماضي، حظرت الصين اختبارات المركبات ذاتية القيادة على الطرق العامّة. ولا تزال التحقيقات مستمرة بشأن مصرع جوشوا براون، الذي قُتل إثر اصطدام سيارته - من نوع "تيسلا" Tesla، ذات التوجيه الآلي - بشاحنة مفصلية في ولاية فلوريدا. كانت سيارته تُستخدم كاميرات الضوء المرئي؛ لتصوير الطريق، وأجهزة حاسوب؛ لتقييم الوضع العام، غير أنّ الكاميرات - ووفقاً لشركة "تيسلا" - لم تميّز الشاحنة البيضاء وسط سماء فلوريدا المشرقة.

وبرغم ما تُعدّ به المركبات ذاتية القيادة بإطالة مدة رحلات السفر وإثرائها، إلا أنّها تثير أسئلة عميقة حول علاقتنا كمجتمع بالالات. كيف سيتعامل الناس مع الأمر؟ وما هو نموذج العمل الذي سيتم تطويره؟

هل سيقتفي مصنّعو السيارات أثر منتجي المحرّكات النفاثة من قبيل "رولز رويس"، و"برات أند ويتني"، بالاعتماد في البيع على المسافة المقطوعة في السفر، وتسجيل نمط عمل كلّ محرّك يقومون ببيعه؟ وهل سيستخدم أصحاب السيارات نموذج شركة "أوبر" لتأجير سياراتهم، بدلاً من تركها في موقف السيارات؟ وهل سيحدث التحول نحو العمل بشكل آلي بالكامل ثورةً في النقل الريفي، مانحاً الفقراء والشباب والمسنّين والمعوقين من سكان الأرياف الحقّ في الانتقال والسفر بتكلفة منخفضة؟

إنها لجسيمة تلك التحدّيات التي يواجهها المهندسون المعماريون العاملون في مراكز المدينة، والمسكن، والشوارع، والمدارس، وأماكن العمل المختلفة، ولابدّ من مواجهة القضايا المتعلقة بالتحكّم في المعلومات؛ كاليانات الضخمة والخصوصيات. وقد يجد مصنّعو السيارات أنّ المعلومات التي يقومون بجمعها من خلال تعقّب أسلوب حياة عملائهم لها قيمة أعلى من قيمة المركبات الخاصة بهم.

يحتاج المجتمع العلمي، والمجتمع بشكل عام، إلى تناول هذه الأسئلة بشكل جاد، واتخاذ قرار موحّد؛ لتحديد شكل المستقبل الذي نريده، وكيف تتلاءم معه المركبات ذاتية القيادة. وإذا لم يحدث ذلك، فمن المرجّح أن يتمّ رسم المستقبل من قِبَل الشركات التي ترغب في استخدام التكنولوجيا؛ لكسب الأموال فحسب. ورغم تعقيد الأسئلة المطروحة، يمكن تلخيصها في سؤال واحد: هل يتعيّن على السيارات ذاتية القيادة أن يتم تزويدها بمقود؟

إنّ شركات الإنترنت الكبرى، مثل "جوجل"، و"أبل"، و"بايدو" - صاحبة الضغط الحقيقي الدافع نحو المركبات ذاتية القيادة - لا تعتقد أنّهُ يتعيّن عليها فعل ذلك، وهي تحرص على توفير أقصى قدر من الوقت على الإنترنت من أجل الأثرياء الذين يمكنهم شراء سيارة. وبإمكان نموذج عمل شركة "جوجل" استخدام وقت التنقل اليومي - الذي لم يُعدّ يُقضى في قيادة السيارة - لزيادة قيمة الإعلانات لديها. وبالتالي، فلن تُحبذ أن تسمح المركبات ذاتية القيادة للسائق بتَوَلّي القيادة.. بل تسيير المركبة مستقلة تماماً بذاتها.

يخضع عدد من المركبات - التي تسيير دون سائق، ودون مقود، ودون فرصة لأن يتولى البشر التحكم فيها - للاختبار حالياً، بما في ذلك نظام التنقل في مطار هيثرو بلندن، والحافلات في هولندا، وإيطاليا، والصين. أما الصينيون، فهُم الذين يتعاملون مع الأمر بأعلى قدر من الجديّة، حيث تتعاون شركات الإنترنت هناك مع

# حماية الحرية الشخصية في المجتمعات الشبكية



يقول كريستوف بوك إن التوسع في قوانين وممارسات مكافحة التمييز يمكن أن يعوض فشل حماية البيانات، وانتهاك الخصوصية المرتبط بالتكنولوجيا الحديثة.

ومن ثم، فإن التوصل إلى حلول؛ للحد من الاستخدامات المؤذية للبيانات الشخصية، من شأنه أن يحد في المستقبل من خطورة تسريب هذه البيانات، ونشرها بطرق غير آمنة. ويمكننا التمييز بين المخاطر المالية الأساسية، التي تُعرّف بأنها الأضرار التي يمكن التعويض عنها بشكل كامل، من خلال صرف تعويضات مالية (قد تكون كبيرة)، والمخاطر الاجتماعية، التي تؤثر في العلاقات بين الأفراد، على نحو لا يمكن تعويضه بمال.

تتضمن المخاطر المالية ارتفاع أقساط التأمين الصحي، من جراء زيادة عوامل الخطر الجينية، أو الانتظار لفترات طويلة على خدمة الخط الساخن، لأن العنوان يشير - أو إحدى خوارزميات التنبؤ - إلى عميل منخفض القيمة. ويمكن الحد من هذه المخاطر من خلال إصدار تشريعات صارمة لمكافحة التمييز وحماية المستهلك، لا سيما إذا اقتربت هذه التشريعات بتوفير الحماية اللازمة لمقدمي البلاغات، الذين يكشفون عن الانتهاكات، وتفعيل صناديق للحالات الحرجة؛ تقوم بالسداد عن المخالفين الذين لا يستطيعون سداد التعويضات.

أما المخاطر الاجتماعية، فتتضمن عمليات التشهير، التي يُقدم عليها الأصدقاء والأقارب، عبر اختراق اللقطات المصورة، أو شن حملات ضد الآراء الشخصية، التي أصبحت متاحة للجميع. وتُصعب معالجة هذا النوع من المخاطر بإصدار تشريعات؛ إذ لا يُقدم الأفراد عادةً على مقاضاة أقاربهم؛ من أجل الحصول على معاملة منصفة وعادلة. ورغم ذلك.. يمكن أن تحد تشريعات مكافحة التمييز من المخاطر الاجتماعية، وذلك عبر إرسال رسائل رسمية تعبر عن استهجان أشكال تمييز معينة، وتسهم في خلق تأثير عميق في شتى أوجه حياتنا اليومية، التي لا يمكن السيطرة عليها بالقوانين والتشريعات.

وبهذه الطريقة.. تبرز قوانين مكافحة التمييز كحجر الزاوية في حماية الحريات الشخصية عند فشل حماية البيانات، وبالتالي انتهاك السرية من خلال النشر المفتوح للبيانات. ويؤكد ميثاق الحقوق الأساسية للاتحاد الأوروبي إمكانية توفير هذه الحماية، على المستويين القانوني، والسياسي، وحظر التمييز على أساس "الجنس، أو العرق، أو اللون، أو الأصل العرقي أو الاجتماعي، أو السمات الجينية، أو اللغة، أو الدين، أو العقيدة، أو الرأي السياسي، أو أي رأي آخر، أو الانتماء إلى أقلية قومية، أو بسبب الممتلكات، أو الميلاد، أو الإعاقة، أو العمر، أو التوجه الجنسي". كما يوفر القانون الكندي لحقوق الإنسان مظلة حماية أكبر نسبيًا، لكن واقع الأمر يعاني من حالة من التشطي والانقسام في الولايات المتحدة، وحالة من القصور في الصين، واليابان، وعدد كبير من الدول النامية.

ويمكن أن يسهم العلماء في التأكيد على أن انتهاك الخصوصية باستخدام التقنية لا يؤدي بالضرورة إلى المساس بالحرية الشخصية، وذلك عن طريق ما يلي: أولاً، تقديم تقييم موضوعي لمخاطر انتهاك الخصوصية الحالية والمستقبلية، التي تسببها التقنية الحديثة، والتأكيد على الحاجة إلى تجاوز التصور غير العملي بشأن حماية البيانات عن طريق السرية. ثانيًا، الدعوة إلى توفير حماية قانونية فعالة ضد التمييز في شتى أنحاء العالم. ثالثًا، التثقيف، والنصح، والإرشاد؛ للتأكد من هيمنة الحقائق - وليس المخاوف - على الجدال السياسي. ■

لم تُعد المراقبة حكرًا على الأجهزة الحكومية، إذ طالتها موجات الخصخصة، واللامركزية، وباتت - في كثير من الأحيان - شأنًا ذاتيًا؛ فالهواتف المحمولة تتبع الأماكن التي نذهب إليها، ومن تصل بهم. وكما تقيس الساعات الذكية معدل ضربات القلب، سوف تحصى علينا قريبًا إحساسنا بالسعادة، وبالغضب كذلك. وتتدفق البيانات الناتجة عن هذه المراقبة إلى خوادم تجارية، عبر شبكات يمكن اختراقها بسهولة، وقد تُستغل من قبل شركات الدعاية، أو يتم نشرها عبر الشبكات الاجتماعية.

وقوانين حماية المعلومات - المعمول بها حاليًا - ليست مهيأة لمواجهة هذا الواقع الجديد؛ إذ تم إصدارها في السبعينات والثمانينات من القرن الماضي في مجتمعات تنظر إلى قواعد البيانات الحكومية باعتبارها الأكثر احتياجًا إلى التأمين ضد انتهاك الخصوصية. ومن ثم، فإن تركيز هذه القوانين على المركزية، والتحفظ، والسرية يتعارض مع ما يشهده العالم اليوم من إتاحة البيانات الشخصية على مواقع كثيرة، ونشرها بصورة متعمدة، ومُتَهَجَّة، وتسريبها على نحو شبه دائم.

نبادر دائمًا إلى توجيه اللوم إلى المستخدمين البسطاء، ومطوري البرامج المهملين، فور وقوع أي عملية اختراق للبيانات الشخصية، إلا أن السلوكيات الفردية الواعية والحصيفة لا توفر الحماية الكافية من المراقبة الشبكية؛ فحتى لو توقفت عن استخدام هاتفي المحمول في التنقل عبر أرجاء العالم الرقمي والمادي، سأظل متاحًا في سجلات الأفراد من حولي.

وتتسبب وسائل التتبع الحديثة في تفاقم هذه المشكلة؛ فالكاميرات المحمولة على طائرات بدون طيار تراقبنا من أعلى، كما تسمح ألعاب الواقع المعزز - مثل لعبة "بوكيمون جو" - لمصمميها - أو الجهات الراعية لهم - بالتحكم في الأماكن التي نذهب إليها في العالم الحقيقي. كما أن أجهزة رصد تسلسل الحمض النووي المحمولة لن تسمح فقط بالمراقبة الفورية للمُرضات التي تنتقل عبر الهواء، ومشروعات "علم الجميع" المثيرة، وإنما ستعدها إلى

الكشف عن بياناتنا الجينية لأي شخص يستطيع الحصول على الحمض النووي الخاص بنا. وتساعدنا مجموعات البيانات الضخمة - باعتبارها ركائز لخوارزميات الحاسوب، وتقنيات التعلم الآلي - على ممارسة حياتنا اليومية؛ بما تقدمه من مقترحات بشأن أماكن تناول الطعام، والكتب التي نقرأها، وطرق المحافظة على الصحة، لكن من الممكن أيضًا أن تُستخدم هذه البيانات ضدنا، وذلك عن طريق - على سبيل المثال - التنبؤ بالمخاطر الائتمانية، واحتمال ارتكاب الجرائم. يمكن أن تكون هذه التنبؤات بالغة الدقة، لكنها تقاوم سلوكيات غير معتادة، وغالبًا ما تمارس التمييز ضد الأقليات. ويصعب تجنب هذا التمييز الناشئ؛ لأنه قلما يُبْتَد في الخوارزميات، وإنما ينشأ من بيانات التدريب المتحيزة. وقد يشجع الناس في "التصرف على نحو يوافق التيار السائد"؛ من أجل تأمين أنفسهم فقط، وهو سلوك غير مقبول في المجتمعات التعددية.

كيف نستطيع إذن أن نحد من آثار مخاطر "البيانات الضخمة" على الحرية الشخصية، في الوقت الذي تتاح فيه البيانات الشخصية عن طريق مليارات الأجهزة المتصلة، وتغدو إحاطة البيانات بالسرية ضربًا من الوهم؟

يجب أن نتذكر أن حماية البيانات وسيلة نحو غاية، وليست غاية في حد ذاتها؛ إذ إننا لا نحمي البيانات بدافع دفع ضرر قد يلحق بها، وإنما من أجل حماية حقوق ومصالح أفراد، ربما يتسبب استخدام بياناتهم - على نحو معين - في إلحاق الضرر بهم. ربما تقدّم هذه الملاحظة منطلقات الحل لمعضلة حماية الحرية الشخصية في عالم تتلاشى فيه الخصوصية.

## "إن السلوكيات الفردية الواعية والحصيفة لا توفر الحماية الكافية من المراقبة الشبكية".

كريستوف بوك باحث رئيسي في مركز أبحاث الطب الجزيئي "CeMM"، التابع للأكاديمية النمساوية للعلوم في فيينا.

البريد الإلكتروني: cbook@cemm.oeaw.ac.at

# أضواء على الأبحاث

مقتطفات من الأدبيات العلمية

فيزياء الجسيمات

## لا توجد إشارة لنيوترينو جديد

لم يعثر الكاشف الضخم الموجود في القطب الجنوبي على أي إشارات لوجود نيوتريينو "عقيم"، وهو جسيم يكاد يكون عديم الكتلة، يُعتقد أنه يتفاعل فقط من خلال الجاذبية.

وقد لاحت إشارات وجود هذا النوع الرابع المحتمل من النيوتريينو لأول مرة في التسعينات، وتمت تزيكبة الفكرة في مطلع هذا العام، من جزاء تجربة أقيمت في الصين. وفي آخر ما تم من تجارب، أحصى باحثون في مرصد النيوتريينو "آيس كيوب" Ice Cube في القارة القطبية الجنوبية، بقيادة فرانسيس هالزين من جامعة ويسكونسن ماديسون، نيوتريونات من نوع معروف، تضرب الكاشف من أسفل.

إنّ ندرة هذه النيوتريونات عند مقادير معينة من الطاقة كان من شأنها أن تكشف عن تحوُّر بعض الجسيمات بشكل مؤقت إلى نيوتريونات عقيمة أثناء رحلتها خلال الكرة الأرضية؛ إلا أن الباحثين لم يعثروا على مثل هذه السمة في بياناتهم. ولم تستبعد التجربة وجود نيوتريونات عقيمة أثقل وزناً. ومن شأن ظهور نوع رابع أن يطعن في النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، الذي يسمح بوجود ثلاثة أنواع فقط من النيوتريونات.

*Phys. Rev. Lett.* 117, 071801 (2016)

علم البيئة الحضرية

## مزيح كبير من الحشرات في الأحياء الغنية

منازل الأحياء الغنية تأتي مجموعةً أوسع تنوعاً من الحشرات والعنكبوت عن المنازل في المناطق الأقل ثراءً. وغالباً ما يكون تنوع النباتات وبعض الحيوانات والطيور في الأحياء ذات



12 | أكتوبر 2016 | nature | الطبعة العربية



تغير المناخ

## الاحترار يقلص أعداد كائنات البحيرات

إنتاج الطحالب على مدار السنوات الـ150 الماضية. يحدّ الاحترار من امتزاج المياه العميقة - الغنية بالمغذيات - بالمياه الضحلة الغنية بالأكسجين؛ مما يحدّ بالتالي من نمو العوالق، وهي مصدر غذائي مهم لأنواع عديدة. كما يقلل هذا الامتزاج المحدود كذلك من مساحة المياه "المؤكسجة" في قاع البحيرة؛ مما يهدد العديد من أنواع السمك واللافقاريات.

*Proc. Natl Acad. Sci. USA* <http://doi.org/bnqk> (2016)

في واحدة من البحيرات العظمى في أفريقيا، تسببت درجات الحرارة المرتفعة في انخفاض عدد السمك؛ مما يهدد مصادر الغذاء الأساسية للسكان المحليين. فقد قام أندرو كوهين - بجامعة أريزونا في توسون - وزملاؤه بتحليل رواسب وحفريات مجمعة من بحيرة تنجانيقا (في الصورة)؛ لاستنتاج درجة حرارة المياه، وتقدير وفرة الأنواع التي تعود إلى أكثر من 1500 سنة. وقد وجدوا انخفاضاً في عدد السمك، والرخويات، والعوالق، التي سبقت الصيد التجاري، لكنها ارتبطت بالاحترار المستمر، وانخفاض

تنوع مفصليات الأرجل، بسبب التخفيف الحضري، وتسيق المسطحات الخضراء على مستوى الأحياء.

*Biol. Lett.* 12, 20160322 (2016)

علم المناعة السرطاني

## الخلايا المناعية تُنهك في الأورام

بعد أن تغزو الأورام، تُفقد الخلايا المناعية تدريجياً قدرتها على إنتاج الطاقة.

فقد قام جريج ديلجوف وزملاؤه - بجامعة بيتسبرج في ولاية بنسلفانيا - بدراسة الخلايا المناعية المعروفة

باسم الخلايا التائية في الفئران التي تم زرع أورام فيها؛ ووجدوا أن الخلايا التائية داخل الأورام كانت أقل فعالية في امتصاص الجلوكوز من تلك الموجودة في أجزاء أخرى من الجسم. وأظهرت الخلايا التي تخترق الأورام أيضاً انخفاضاً في الكتلة الكلية للميتوكوندريا، وهي العضيات المنتجة للطاقة. كما احتوت على ميتوكوندريا غير طبيعية الشكل، وتم الربط بين عيوب الأيض، ومستويات منخفضة من بروتين PGC1α، الذي ينظم عملية نسخ الميتوكوندريا أثناء انقسام الخلية. وعندما استخدم الباحثون فيروساً لزيادة التعبير عن هذا البروتين في الخلايا التائية وأعطوها للفئران الحاملة للأورام؛



فقد قام فاليريو بوجيالي - من جامعة ساينزا في روما - وفريقه باستخدام جهاز رادار على متن المركبة "كاسيني"؛ لقياس المرتفعات على سطح قمر "تيتان" Titan، ورسم خريطة لشبكة قنوات ضيقة، لها جوانب شديدة الانحدار، وتُسمى "فيد فلومينا" Vid Flumina. يصل عمق بعض تلك الوديان إلى 570 مترًا، ويبلغ متوسط درجات الحرارة السفلى على القمر 179- درجة مئوية؛ ولذا، لم يكن واضحًا في السابق ما إذا كانت المادة المظلمة الموجودة في هذه الوديان هي بمثابة جليد، أم لا، غير أن العلماء وجدوا أن الميثان السائل يتدفق خلال القنوات، ويصب في البحر الشمالي "ليجيا ماري" Ligeia Mare.

وبخلاف كوكب الأرض، يُعدّ قمر "تيتان" الجسم الكوكبي الوحيد في النظام الشمسي الذي يحدث به تآكل نشط بفعل السائل الموجود على سطحه. **Geophys. Res. Lett. http://doi.org/bn2p (2016)**

#### المواد النانوية

### ضوء الشمس يساعد في تنقية المياه

هناك أغشية نانومترية السُمك، بإمكانها تجميع الضوء الطبيعي، واستخدامه لتطهير المياه بشكل سريع. وتُعدّ أشعة الشمس وسيلة مفيدة لتنقية المياه، لا سيما في البلدان التي تفتقر إلى مصادر موثوقة للطاقة. وتُستخدَم الأشعة فوق البنفسجية على نطاق واسع لقتل الميكروبات، لكنها تمثل 4% فقط من الطيف الشمسي. فقد قام بي كوي وزملاؤه - في جامعة ستانفورد في ولاية كاليفورنيا - بإنتاج غشاء مكوّن من طبقات من ثاني كبريتيد الموليبدنوم مصطَفَّه بشكل عمودي، يقوم بالتقاط الضوء المرئي، مستفيدًا من حوالي 50% من إجمالي الطاقة الشمسية، ومن ثم، يدفع الضوء الأغشية إلى توليد جزيئات الأوكسجين التفاعلي، التي تقتل المُمْرِضات التي تُنقل عن طريق المياه. وبوضع الغشاء في مياه تحتوي على بكتيريا *Escherichia coli* وتعريضه للضوء؛ تم تطهير المياه بشكل شبه كامل في غضون 20 دقيقة؛ بينما كانت الأنظمة المستخدمة في السابق تحتاج من 30 إلى 60 دقيقة لأداء العمل ذاته.

**Nature Nanotechnol. http://dx.doi.org/10.1038/nano.2016.138 (2016)**

بشكل مفرط من قِبَل مصائد السمك. كما يعلّق الحيوان في كثير من الأحيان - دون قصد - في الشبّاك المنصوبة لصيد أنواع أخرى.

**Science 353, 702-704 (2016)**

#### علم الأحياء الخلوي

### "كريسبر" يغيّر نوع الخلية

من خلال تفعيل مجموعة من الجينات باستخدام أداة استهداف الجينات "كريسبر-كاس9"، قام باحثون بتحويل خلايا نسيج ضام، تُسمى الخلايا الليفية، مباشرةً إلى خلايا عصبية. إن إعادة برمجة خلايا ذات هوية معينة إلى أخرى بشكل مباشر قد تقدّم ذات يوم وفرةً في المواد المستخدمة في بحوث الأمراض، أو في العلاجات، إلا أن العلماء يواجهون تحديًا تقنيًا؛ إذ إن الجينات اللازمة للهوية الجديدة يجب الإبقاء عليها في وضع فعّال لفترة طويلة. ولحلّ هذه المعضلة، قام تشارلز جيرسباك - بجامعة ديوك في دورهام بولاية نورث كارولينا - وزملاؤه بتنشيط ثلاث جينات، من خلال نظام قائم على تقنية "كريسبر-كاس9"؛ ما تيح عنه تحويل خلايا ليفية جنينية لفأر إلى خلايا عصبونية، مع الحفاظ على فعالية الجينات طوال العملية.

قد توفر هذه التقنية وسيلة لإعادة برمجة الخلايا، دون الحاجة إلى إدخال جينات إلى الجينوم. **Cell Stem Cell http://doi.org/bn22 (2016)**

#### علم الكواكب

### وُديان مليئة بالميثان على القمر "تيتان"

تشقّ سطح أكبر أقمار كوكب زحل وُديان تخمرها الهيدروكربونات السائلة، وفقًا لبيانات من مركبة الفضاء "كاسيني" Cassini، التابعة لوكالة "ناسا".



يعلّق الاتحاد الأوروبي استخدامها لمدة سنتين في عام 2013 - يمكن أن تضر بعملية تكاثر النحل. وللبحث في الآثار طويلة الأجل التي تسببها على مستوى تجمّعات النحل، قام بن وودكوك - من مركز "NERC" لعلوم البيئة والهيدرولوجيا في والينجفورد بالمملكة المتحدة - وزملاؤه بمقارنة خرائط استخدام المبيدات على محاصيل بذور اللفت (الكانولا) مع مسح تمّت على 62 نوعًا من النحل البري في جميع أنحاء المملكة المتحدة، من عام 1994، حتى عام 2011. وقد وجدوا علاقات عديدة بين التعرض لمادة "نيونيكوتينويد"، وانخفاض أعداد النحل الذي يتغذى على المحاصيل، وحتى بعض الأنواع الأخرى التي لا تقوم بذلك. يُقدّر الفريق أن المواد الكيميائية ترتبط بنسب انخفاض تزيد على 10% في أعداد 24 نوعًا من النحل.

**Nature Commun. 7, 12459 (2016)**

#### علم الحيوان

### سَمَك قرش يعيش لقرون

تمّ اكتشاف نوع من سَمَك القرش في المياه القطبية، قد يعيش لمدة تصل إلى 400 سنة، مما يجعله أطول الفقاريات المعروفة عمراً. قدّر يوليوس نيلسن - بجامعة كوبنهاجن - وزملاؤه أعمار 28 سمكة قرش جرينلاند أثنى (*Somniosus microcephalus*؛ في الصورة)، عن طريق تأريخ نوى عدسة العين بالكاربون المشع. وخلصوا إلى أن هذه الحيوانات يمتد عمرها إلى 272 سنة على الأقل، وأن الإناث منها لا تصل إلى مرحلة البلوغ الجنسي، إلا بعد أن يتجاوز عمرها 100 سنة.

تثير النتائج مخاوف بشأن الحفاظ على سَمَك قرش جرينلاند، لأن أي نوع يستغرق وقتًا طويلاً بهذا الشكل ليبدأ التكاثر قد يكون معرضًا لخطر استغلاله

تقلصت الأورام أكثر؛ وعاشت الحيوانات لمدة أطول من تلك التي تُلقت خلايا لم يحدث أن أُعيدت برمجةها.

يقول الباحثون إن من شأن تعزيز عمليات الأيض في الخلايا المناعية أن يساعد على تطوير علاجات السرطان.

**Immunity http://doi.org/bndn (2016)**

#### علم الأحياء المجهرية

### البكتيريا السامة تتكيف بسرعة

يمكن للطحالب الزرقاء المخضرة الضارة التكيف سريعًا مع البيئات المتغيرة. ينتج نوع من أنواع بكتيريا الزراقم *Microcystis* - التي تعمل بالتمثيل الضوئي - السموم، وينشرها في البحيرات ومستودعات المياه. ولاختبار كيفية استجابة السلالات المختلفة لمستويات ثاني أكسيد الكربون المتغيرة في الماء، قام جيف هويسمان وزملاؤه - بجامعة أمستردام - بالاحتفاظ بسلالات مختلطة في المختبر، وقاموا بتهوة المياه ببقاعات تحتوي على كميات منخفضة - أو مرتفعة - من ثاني أكسيد الكربون. وعند المستويات المنخفضة، هيّمت السلالات التي تتسم أنظمة امتصاص الكربون فيها بالكفاءة، عندما كان الكربون محدودًا، لكن مع ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون؛ حلت السلالات التي تتمتع بنظم ذات معدلات امتصاص عالية محل السلالات الأخرى. وقام الفريق بدراسة بكتيريا *Microcystis* المجمعّة من بحيرة كينيمير في هولندا؛ فوجدوا أن توافر كل سلالة يتغير مع التغيرات الموسمية في توافر ثاني أكسيد الكربون. قد تكون بكتيريا الزراقم أكثر مهارة في التعامل مع المستويات العالية من ثاني أكسيد الكربون عما كان يُعتقد في السابق.

**Proc. Natl Acad. Sci. USA http://doi.org/bnf9 (2016)**

#### علم البيئة الزراعية

### علاقة المبيدات بانخفاض أعداد النحل

ترتبط فئة من المبيدات، تُسمى "نيونيكوتينويد"، بانخفاض أنواع النحل البري في جميع أنحاء المملكة المتحدة. فقد أظهرت دراسات صغيرة وقصيرة المدى أن المواد الكيميائية - التي استُخدمت لأول مرة على نطاق واسع في البلاد في عام 2002، قبل أن

## أقمار صناعية ترسم خريطة لمناطق فقيرة

استخدم علماء الحاسوب تقنيات التصوير بالأقمار الصناعية، وتقنيات تعلم الآلة؛ لرسم خرائط مفصلة للمناطق التي يتفشى فيها الفقر. فقد ركز نيل جين وزملاؤه - بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا - على نيجيريا، وتراينيا، وأوغندا، ومالوي، ورواندا، وقاموا بدمج مجموعات مختلفة من البيانات، بما في ذلك صور نهارية تحدد بعض الملامح، كالطرق الممهدة، والأسطح المعدنية؛ لتقدير الاستهلاك المنزلي، ودخل الأسرة على المستوى المحلي. وبالنسبة إلى تحديد المناطق التي تقل فيها مستويات الدخل عن مستويات خط الفقر العالمي - وهو 1.90 دولار أمريكي للشخص الواحد في اليوم - تتفوق خوارزمية الفريق على خرائط الإضاءة الليلية (وهو مؤشر بديل - لكن محدود - للنشاط الاقتصادي).

كما تستطلع الخرائط أيضًا المناطق التي يصعب الوصول إليها، ومن بينها المناطق التي لم تصل إليها المسوح المنزلية، مثل تلك التي أجراها البنك الدولي، وهي عالية التكلفة، وتُجرى بشكل غير منتظم.

قد تكون هذه الطريقة مفيدة لاستهداف البرامج الاجتماعية، وتحديد زمان ومكان فشلها.

Science 353, 790-794 (2016)

## البشر الأوائل كانوا يهتمون بالملابس

اكتشف فريقان مستقلان قطعًا من الملابس التي ارتداها البشر الأوائل؛ لمواجهة الطقس الأوروبي البارد. فقد قام مارك كولارد - من جامعة سايمون فريزر في مدينة برنابي بكندا



- وزملاؤه بمقارنة الحيوانات التي استخدمتها الجماعات الحديثة من السكان المحليين؛ لصنع ملابس مناسبة للطقس البارد، باستخدام أنواع العظام التي عُثِر عليها في مواقع البشر الأوائل والإنسان البدائي. كانت بقايا الحيوانات ذات الفراء - مثل الثعالب، والأرانب - أكثر شيوعًا في المواقع التي كان يسكنها البشر الأوائل، في حين تم العثور على عظام غزلان، وبقرة، وحيوانات أخرى في نوعي المواقع. ويشير ذلك إلى أن البشر الأوائل استخدموا الفراء لصنع ملابس مخصصة للطقس البارد، بينما اعتمد البشر البدائيون على أودية أبسط صُنعت من جلد الحيوانات، وفقًا لما ذكره الباحثون.

وفي بحث منفصل، قام نبال أوسوليفان - من معهد الموميائات ورجل الجليد في بولسانو في إيطاليا - وفريقه بوضع تسلسل الحمض النووي الخاص بالميثوكوندريا من ثياب كان قد ارتداها

## إمدادات المياه بجنوب آسيا في خطر

بئر مياه، وبيانات أخرى ذات دقة عالية؛ لتقدير مستويات المياه الجوفية وجودتها في مسافة الـ 200 متر العليا من المستودع. وجد الفريق أن 60% من النظام كان يحوي مستويات عالية من الملح والزرنيخ والملوثات الأخرى، بيد أن مستوى المياه في 70% من المستودع كان مستقرًا؛ بل وارتفع بين عامي 2000، و2012. ويقترح الباحثون مراقبة نوعية المياه الجوفية؛ من أجل توفير البيانات لصانعي السياسات.

Nature Geosci. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2791> (2016)

قد تكون إمدادات المياه الجوفية في شمال الهند، وفي باكستان، ونيبال، وبنجلاديش أكثر عرضة لخطر التلوث عن خطر النفاذ.

يشمل الحوض الهندي الجانجي نُظْمُ أنهار السند، والجانج، وبراهاپوترا، وهو أحد خزانات المياه العذبة الأكثر استخدامًا في العالم. وأشارت بيانات أقمار صناعية سابقة ذات دقة منخفضة إلى أن معدلات الاستهلاك الحالية غير مستدامة. ولذا.. لدراسة المنطقة بمزيد من التفصيل، قام آلان ماك دونالد - بهيئة المسح الجيولوجي البريطانية في إدنبرة - وزملاؤه بدراسة سجلات حوالي 3,500

أوتزي (الاسم الذي أُطلق على مومياء جليد تبلغ من العمر 5,300 سنة)، صنع أوتزي معطفه ولباسه الداخلي (في الصورة إلى اليسار) ومترزه من جلود الماشية والأغنام والماز المحلية، بينما صنع قبعته وكناثة السهام الخاصة به (في الصورة على اليمين) من فراء الدب البني، وجلد الحيمور.

J. Anthropol. Archaeol. <http://doi.org/bn82> (2016); Sci. Rep. 6, 31279 (2016)

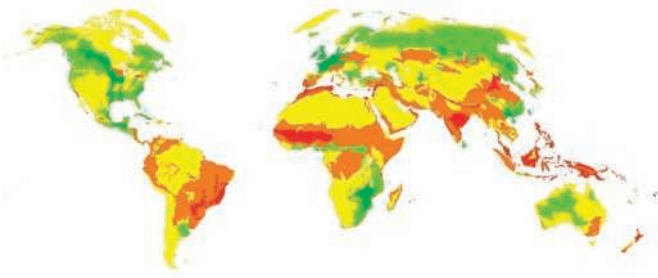
## الطب الدقيق أقل دقة للبعض

إن عدم وجود تنوع عرقي في الأشخاص الذين تم تحديد تسلسل الجينوم لديهم يتسبب في تعقيد الطب الدقيق لذوي الأصول غير الأوروبية.

فقد قام ديفيد جولدستين - من جامعة كولومبيا في مدينة نيويورك - وسلافية بتروفسكي - من مستشفى رويال ملبورن في أستراليا - بفحص البيانات الواردة من رابطة تجميع الإكسوم (EXAC)، التي تحتوي على نتائج من 60,252 شخصًا، 60.9% منهم لديهم أصول أوروبية. وعندما قاموا بمقارنة المتغيرات الجينية لمجموعة مكونة من 5,094 شخصًا بأخرى وُجِدَت في مجموعة بيانات رابطة تجميع الإكسوم، ومجموعات البيانات الأخرى؛ أسفرت المقارنات عن قائمة أقصر من المتغيرات المحتملة المسببة للمرض لدى الأشخاص ذوي الأصول الأوروبية (6.6 في المتوسط) عن ذوي الأصول غير الأوروبية (9.9 إلى 12.7 متغير مرشح، بناء على العرق).

يقول الباحثون إن الطب الدقيق أكثر دقة للأشخاص ذوي الأصول الأوروبية عن ذوي الأصول غير الأوروبية، بسبب





تغير بصمة الإنسان

■ تحسن ■ تحسن طفيف ■ تدهور طفيف ■ تدهور ■ متدهور جدًا

ساعات، أي بعد انتهاء عملية الترسخ. وفي مقارنة بين المجموعتين في اليوم التالي، أبدى أولئك الذين قُدم لهم العلاج في غضون 10 دقائق نشاطاً منخفضاً في اللوزة - وهي منطقة في الدماغ، تتوسط نقل شعور الخوف - أثناء رؤية صور للعناكب. وكانت هذه المجموعة أيضاً أكثر احتمالاً لمشاهدة صور عناكب في مقابل مبلغ من المال. **Curr. Biol. http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.08.022 (2016)**

#### عدوى

### آثار "زيكا" المنتقل عبر الاتصال الجنسي

قد تسبب العدوى المهبلية بفيروس "زيكا" في الفترتان الحوامل في الحد من نمو الجنين، أو إصابة مخه بالعدوى، أو موته.

أصيب بعض الناس بفيروس "زيكا" عن طريق ممارسة الجنس، وليس لدغات البعوض. ولدراسة آثار الفيروس إثر نقله بهذه الطريقة، قام فريق بقيادة أكيكو إيواساكي - من كلية الطب بجامعة ييل في نيو هيفن في كونيتيكت - بخلق نموذج فأري؛ للنقل المهبلي للفيروس. ووجد الباحثون أن هذا النمط من العدوى تَسبب في ظهور الأمراض في أجنة أمهات تتمتع بمناعة طبيعية، بينما أشارت دراسات سابقة إلى أن عدوى "زيكا" لا يمكنها البقاء لفترة طويلة في مثل هذه الحيوانات عند حَقن الفيروس في الجلد. تشير النتائج إلى احتمال أن يكون الجهاز التناسلي للأثنى بمثابة موقع معرض بشكل خاص للإصابة بالفيروس. **Cell http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.004 (2016)**

ARABICEDITION.NATURE.COM  
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على: [go.nature.com/bntmqc](http://go.nature.com/bntmqc)

يهدف تكوين كربونات الكالسيوم، وضغطوا كومة اللوائح مع بعضها لتشكل الصِّدْف الاصطناعي. يمتلك هذا النوع الاصطناعي من الصِّدْف خصائص ميكانيكية مشابهة لنظيره الطبيعي، ويستغرق نموه أسبوعين فقط. يقول الباحثون إنه يمكن استخدام هذه الطريقة لإنتاج مواد قد تُستخدم في صناعة معدات الفضاء، أو الدروع.

**Science http://doi.org/bpk2 (2016)**

#### الأبيض

### الحدّ من السرعات يحوّل لون الدهون

ربما تسبب الجِميّات ذات السرعات الحرارية المنخفضة جدّاً - التي تبيّن أنها تبطئ عمر بعض الثدييات - في تحوّل الدهون البيضاء المخزّنة للطاقة في الفئران إلى دهون حارقة للطاقة، يميل لونها إلى الصفرة. إنّ الحدّ من السرعات الحرارية، وتراكم الدهون المائلة إلى الصفرة، والدهون البنيّة قد ارتبط بعدة فوائد أيضاً، كزيادة الحساسية للإنسولين مثلاً. وللبحث عن صلة بين الاثنين، قام ميكرو ترايكوفسكي - من جامعة جنيف في سويسرا - وزملاؤه بخفض السرعات الحرارية المقدمة إلى فئران لها وزن طبيعي، وأخرى تعاني من السمّة بنسبة 40%؛ فوجدوا أن ذلك قد حَفَز تحوّل الدهون من اللون الأبيض إلى لون مائل إلى الصفرة في المجموعتين.

كما تَسبب الحدّ من السرعات أيضاً في رفع مستويات بروتينات مناعية معينة، تُسمى "سيتوكينات". أما الفئران التي تمت هندستها وراثياً، كي تفقد القدرة على الاستجابة إلى تلك "السيتوكينات"، فلم يتحول لون الدهون لديها، استجابةً للحدّ من السرعات، ولم تتفجع بكثير من الفوائد الأيضية. **Cell Metab. http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2016.07.023 (2016)**

#### الحفظ البيئي

### اتساع بصمة الإنسان بشكل متفاوت

اتسعت بصمة الإنسان على البيئة العالمية بنسبة 9% فقط بين عامي 1993، و2009، رغم نمو عدد سكان العالم بنسبة 23%، والاقتصاد بنسبة 153% خلال تلك الفترة، إلا أن هذا

عدم كفاية العيّنات المأخوذة من الشعوب غير الأوروبية.

**Genome Biol. http://doi.org/bphp (2016)**

#### فيزياء الجسيمات

### البحث عن النيوتريو يقترب من نهايته

يقترب العلماء الآن من اكتشاف ما إذا كانت النيوتريونات، والنيوتريونات المضادة هي نفسها (وتُعرف باسم نيوتريونات "ماجورانا")، أم لا. قد تُفسّر تلك النظرية التي طرحها عالم الفيزياء الإيطالي إيتوري ماجورانا في الثلاثينات السبب وراء كون النيوتريونات لديها كتلة، وسبب احتواء الكون على كمية من المادة أكبر من كمية المادة المضادة. فقد قامت أروسا جاندو - من جامعة توهوكو في سينداي في اليابان - وزملاؤها في فريق التعاون KamLAND-Zen بإجراء البحث الأكثر حساسية حتى الآن للاضمحلال الإشعاعي الدال على وجود نيوتريونات ماجورانا، وذلك باستخدام منشأة رصد تحت الأرض، تحوي بالوفاً ضخماً مليئاً بالزئبق المنقى.

تقيّد نتائج الفريق - برغم كونها سلبية - الحد الأعلى لكتلة نيوتريونات ماجورانا عند نطاق 61-165 ملي إلكترون فولت. ومع ذلك.. يقول الباحثون إنه يجب زيادة حساسية الكاشف؛ لإثبات نظرية ماجورانا. **Phys. Rev. Lett. 117, 082503 (2016)**

#### علم خواص المادة

### إنتاج كميات كبيرة من مادة الصدف

يمكن إنتاج مادة الصدف الاصطناعية عن طريق محاكاة عملية التمدد الطبيعية.

يتمتع عرق اللؤلؤ - أو الصِّدْف - بقوة ملحوظة، مع كونه قابلاً للتحلل. ومع ذلك.. فإن بُنيته الطبقية المعقدة - التي تتشكل فيها الصفائح المعدنية في سقالة عضوية - تجعل من الصعب إعادة إنتاجه بكميات كبيرة. فقد قام شو هونج يو - من جامعة العلوم والتكنولوجيا الصينية في هيفي - وزملاؤه ببناء مصفوفتهم الخاصة عن طريق إنتاج ألواح من الجليد، قامت بضغط محلول من البوليمر الحيوي الكيتوزان؛ لتكوين طبقات صلبة، ثم قاموا بضح مواد في هذه السقالة؛



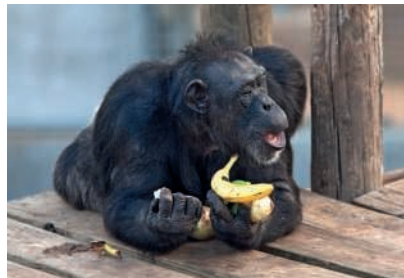
## سياسات

### حقوق الاتحادات

قضى مجلس عُُمالي وطني أمريكي بوجوب الاعتراف بالخريجين، الذين يعملون مدرسين أو باحثين مساعدين بجامعات خاصة، ضمن الموظفين؛ وبالتالي يحق لهم تكوين اتحادات. وتُعَدُّ اتحادات الخريجين شائعة بالفعل في المؤسسات الحكومية. فقد ارتبط الحُكْم الذي صدر في الثالث والعشرين من أغسطس الماضي بسعي مجموعة من الطلبة - من جامعة كولومبيا في مدينة نيويورك - للاعتراف باتحادهم. وعلى مدار السنوات الأخيرة، أُثِر جدل حول حقوق الطلبة الخريجين، حيث يعمل الكثير منهم بالتدريس، بينما يكملون دراساتهم للحصول على درجاتهم العلمية.

### تقاعُد الشمبانزي

أصدرت معاهد الصحة الوطنية الأمريكية "NIH" خطة طال انتظارها، تهدف إلى إحالة حيوانات الشمبانزي المستخدمة في الأبحاث إلى التقاعد بصورة نهائية. فبحسب الجدول المعلن في الحادي عشر من أغسطس الماضي، سوف يتم نقل كل حيوانات الشمبانزي المملوكة للمعاهد، والبالغ عددها 360 حيوانًا، إلى المأوى الممول فيدراليًا "تشيمب هافين" Chimp Haven (في الصورة) في لوزيانا بحلول عام 2026. أما حيوانات الشمبانزي، التي تعيش في مراكز بحثية في ولايتي تكساس، ونيو مكسيكو، فسيتم نقلها في مجموعات صغيرة؛ بهدف الإبقاء على العائلات والدوائر الاجتماعية مترابطة. يتسع مأوى "تشيمب هافين" لحوالي 75 شمبانزي فقط، ويتم توسيعه حاليًا؛



## أوباما ينشئ أكبر متنزه بحري

المتنزه من 360 ألف كيلومتر مربع - وهذه هي مساحته الحالية - إلى 1.5 مليون كيلومتر مربع. وتُعَدُّ المنطقة موطنًا للحياة الفطرية، وتضم: الحيتان، والشعاب المرجانية، وملايين الطيور البحرية، وفقمة مونك هاواي المهددة بالانقراض *Neomonachus schauinslandi*، (في الصورة).

أعلن الرئيس الأمريكي باراك أوباما - في السادس والعشرين من أغسطس الماضي - عن إنشاء أكبر محمية بحرية في العالم، وذلك بإجراء عمليات توسعة ضخمة لمتنزه النصب التذكاري القومي البحري الأمريكي (Papahānaumokuākea)، الواقع شمالي غرب جزر هاواي. ستضمن هذه الخطوة التوسعية زيادة مساحة

## أبحاث

### صراع حول براءة اختراع

أشعلت اتهامات جديدة المعارك مرة أخرى بشأن صاحب براءة اختراع تقنية التحرير الجيني الواعدة "كريسبر-كاس9". فقد كشفت جامعة كاليفورنيا - في الخامس عشر من أغسطس الماضي - عن رسالة إلكترونية، تُعَدُّ جزءًا من قضية براءة اختراع لم يُفصل فيها بعد، يدعي فيها شواي ليانج لين - الذي كان طالبًا بمعهد برود في كمبريدج بولاية ماساتشوستس - أن مختبر المعهد استند في تأسيسه لتقنية التحرير الجيني إلى الاكتشافات التي جرت في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، وذلك على عكس ما يدعيه معهد برود. أنكر برود ادعاءات لين، وذكر أن لين استخدم البريد الإلكتروني نفسه للتقدم للحصول على وظيفة في جامعة كاليفورنيا. وقد أوردت

## شخصيات

### رئيس معهد NICHD

أعلنت معاهد الصحة الوطنية - في الخامس والعشرين من أغسطس الماضي - عن تعيين عالمة الوراثة الطبية ديانا بيانتشي لسُجَل منصب الرئيس الجديد للمعهد الوطني الأمريكي لصحة الطفل والنمو البشري "NICHD". ستحل بيانتشي محل آلان جاتاماتشر، الذي تقاعد في سبتمبر من عام 2015. وبصفتها مديرة المعهد، ستشرف بيانتشي على الميزانية السنوية للمعهد، البالغة 1.3 مليار دولار، وتشمل مشروع المشيمة البشرية، وكذلك المشاركة في دراسة مطولة جديدة لمعاهد الصحة الوطنية، بعنوان: "التأثيرات البيئية على نتائج صحة الأطفال". وسوف تشغل بيانتشي - التي تدرس حاليًا تشخيص ما قبل الولادة - منصبها الجديد في الواحد والثلاثين من أكتوبر الحالي.

لتوفير مكان لمتة إضافية من حيوان الشمبانزي، فضلًا عن الأماكن التي ستخلو، نتيجة للوفيات المتوقعة بين حيوانات الشمبانزي المُسِنَّة.

### شاحنات تراعي البيئة

أعلنت الحكومة الأمريكية - في السادس عشر من أغسطس الماضي - عن تطبيق معايير اقتصادية أشد صرامة على الوقود المستخدم في سيارات النقل، والحافلات، والشاحنات المقللة. وبالرغم من أن مركبات النقل الثقيل تمثل نسبة 5% فقط من حركة المرور، إلا أنها تستهلك وقرودًا بنسبة تزيد على 20% من كميات الوقود المستهلكة في قطاع النقل، وتسهم بنسبة مشابهة في إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وستُطبَّق هذه المعايير على المركبات الجديدة بشكل تدريجي، بحيث تزيد شدتها سنويًا على مدار العقد القادم.



10 - البالغ طولها 92 مترًا، وتجمع في مواصفاتها التقنية بين الطائرة والسفينة الجوية - بمقدّماتها على الأرض، بعد 100 دقيقة من التحليق التجريبي في بدفوردشاير في المملكة المتحدة في الرابع والعشرين من أغسطس الماضي (في الصورة). ذكرت الشركة المطوّرة لإيرلاندر "هايبرد إير فيكلز" Hybrid Air Vehicles في بدفورد أن الحادث تَسبّب في تدمير قمرة القيادة بالمركية، بدون حدوث إصابات بشرية. ومن المقرّر أن تُستخدم "إيرلاندر 10" في الاستطلاعات، والاتصالات، وتوصيل المساعدات، وكذلك في نقل الركاب.

## قمر صناعي كَمّي

أطلقت الصين أول قمر صناعي كَمّي في العالم في السادس عشر من أغسطس الماضي. فقد وصلت مهمة التجارب الكَمّيّة على مستوى الفضاء (QUESS) - التي انطلقت من مركز جيوكان لإطلاق الأقمار الصناعية"، الواقع شمالي الصين - إلى المدار بنجاح على ارتفاع 500 كيلومتر. سيقوم هذا القمر - في مهمته التي سوف تستغرق عامين - باختبار حدود إحدى الظواهر الكَمّيّة التي تُعرف بالتشابك الكَمّي، عن طريق رصد ما إذا كانت الفوتونات المتشابكة تبقى مرتبطة ببعضها البعض حتى مسافة 1200 كيلومتر، أي ثمانية أضعاف المسافة التي استطاع البشر الوصول إليها حتى الآن في الفضاء، أمر لا كما سيختبر القمر الكَمّي أيضًا طرق "نقل آبي كَمّي" للبيانات من القمر الصناعي إلى الأرض - والعكس - باستخدام فوتونات متشابكة.

المبكرة التي أطلقتها الرادارات البالستية سبّبتها جسيمات شمسية نشطة، وليست تهديدات الاتحاد السوفييتي (D. J. Knipp et al. Space Weather http://doi.org/bn5x; 2016). ومنذ تلك الواقعة، بدأت وزارة الدفاع في الاستثمار بشكل مكثف في التنبؤ بالأحوال الجوية الفضائية. وقد أفصح فريق بقيادة ديلوريس نيب - عالِم الفيزياء الفلكية بجامعة كولورادو بولدر - عن هذه الواقعة أثناء اجتماع بالجامعة في العاشر من أغسطس الماضي.

## أحداث

### هبوط "إيرلاندر"

اصطدمت أكبر مركبة جوية في العالم - التي نجحت في رحلتها الجوية الأولى في منتصف أغسطس الماضي - بالأرض أثناء هبوطها في رحلتها التجريبية الثانية. فقد هبطت المركبة "إيرلاندر 10" Airlander

وتشمل حمولاته - التي يبلغ عددها ثلاث عشرة حمولة - رادارًا لاختراق سطح المريخ؛ لدراسة طبقات الصخور. وتهدف هيئات أخرى - منها وكالة "ناسا"، ووكالة الفضاء الأوروبية - إلى إرسال عربات فضائية أخرى إلى المريخ، وذلك بالتزامن مع الإطلاق المزمع في عام 2020.

## تجربة التاكسي الآلي

أعلنت شركة التقية "نوتونومي" nuTonomy - في الخامس والعشرين من أغسطس الماضي - عن أنها ستبدأ في اختبار التاكسي ذاتي القيادة في سنغافورة، حيث سيتمكن العملاء من استخدام تطبيق على الهواتف الذكية؛ لطلب إحدى هذه السيارات لتوصيلهم. ستوفر الشركة - التي تقع في كمبريدج بولاية ماساتشوستس، وفي سنغافورة - مهندسًا على متن السيارة، لتولي القيادة، إذا لزم الأمر. يهدف المشروع - الذي تشارك فيه هيئة النقل البري في سنغافورة - إلى الإطلاق الكامل لخدمة سيارات التاكسي ذاتية القيادة في عام 2018. وكشفت كل من شركة "أوبر" الأمريكية لخدمات نقل الركاب، وشركة "فولفو" لصناعة السيارات أنهما ستبدأان تجارب مماثلة في بيتسبرج في بنسلفانيا.

## حرب بسبب عاصفة!

كشفت دراسة - للمرة الأولى - عن أنّ عاصفة شمسية حدثت في مايو من عام 1967، كادت أن تسبب في إطلاق الجيش الأمريكي طائراته للحرب، لولا أن تنبّه باحثون في القوات الجوية إلى أن الإنذارات

الخطاب - للمرة الأولى - دورية "تكنولوجي ريفيو"، التابعة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا.

## إتاحة البيانات

يستطيع علماء النفس الآن أن يشاركوا بيانات أبحاثهم ونتائجها الأولية مع زملائهم قبل النشر الرسمي. ففي الخامس عشر من أغسطس الماضي، أدخلت الورقة البحثية الأولى إلى خادم أبحاث ما قبل النشر الجديد PsyArXiv، المتخصص في العلوم النفسية، وهي بمثابة دراسة مقارنة للسمات الشخصية، أجريت على 8,600 طالب في الولايات المتحدة (K. S. Corker and B. Donnellan) Preprint at PsyArXiv http://osf.io/xeg7y; 2016). وقد أُطلق مستودعان مشابهان لخادم الفيزياء الناجح arXiv في وقت سابق من العام الحالي، أحدهما للعلوم الاجتماعية، والآخر للهندسة، بالإضافة إلى ثالث - سيطلق قريبًا - مخصّص للكيميائيين.

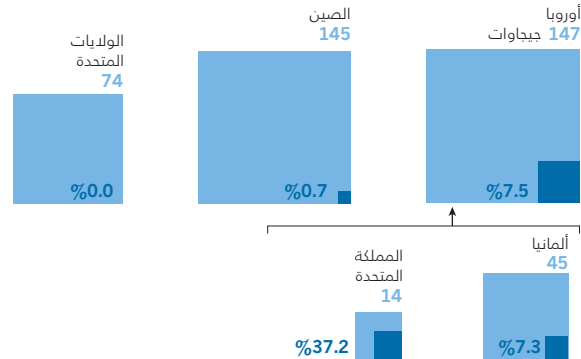
## الصين تستعد للمريخ

تمضي إدارة الفضاء الوطنية الصينية قدمًا في خططها الرامية إلى إرسال عربة فضائية إلى المريخ في عام 2020. وقد كشف المسؤولون - في الثالث والعشرين من أغسطس الماضي - عن تفاصيل المركبة الفضائية، التي سوف تُستكشف منطقة منخفضة الارتفاع في نصف الكرة الشمالي للمريخ. تم تصميم المسبار ذي العجلات الست - الذي ستجرى مسابقة جماهيرية لتسميته - للعمل لمدة ستة أشهر على الأقل،

## الدعم الأوروبي للكهرباء المولّدة من طاقة الرياح البحرية

تأتي أوروبا في الصدارة في مجال الكهرباء المولّدة من طاقة الرياح البحرية، وتسهم المملكة المتحدة وألمانيا بالقسم الأكبر منها.

■ إجماليّ من طاقة الرياح ■ المتولّد من طاقة الرياح البحرية



## مراقبة الاتجاهات

تأتي بريطانيا في مقدمة دول العالم، المنتجة للكهرباء من طاقة الرياح البحرية، بفضل الدعم الذي تقدّمه حكومة المملكة المتحدة لإنشاء مزرعة رياح بحرية، بقدرة 1.8 جيجاوات، قبالة ساحل يوركشاير. تأتي أكثر من 90% من طاقة الكهرباء المولّدة من طاقة الرياح البحرية على مستوى العالم من إحدى عشرة دولة أوروبية، في حين تنتج الصين معظم الـ 10% المتبقية. وفي عام 2015، شكّلت الكهرباء المولّدة من طاقة الرياح البحرية نسبة 24% من إجماليّ الكهرباء المولّدة من طاقة الرياح في الاتحاد الأوروبي، بينما تمثل النسبة حوالي 3% فقط على المستوى العالمي.



# أخبار في دائرة الضوء

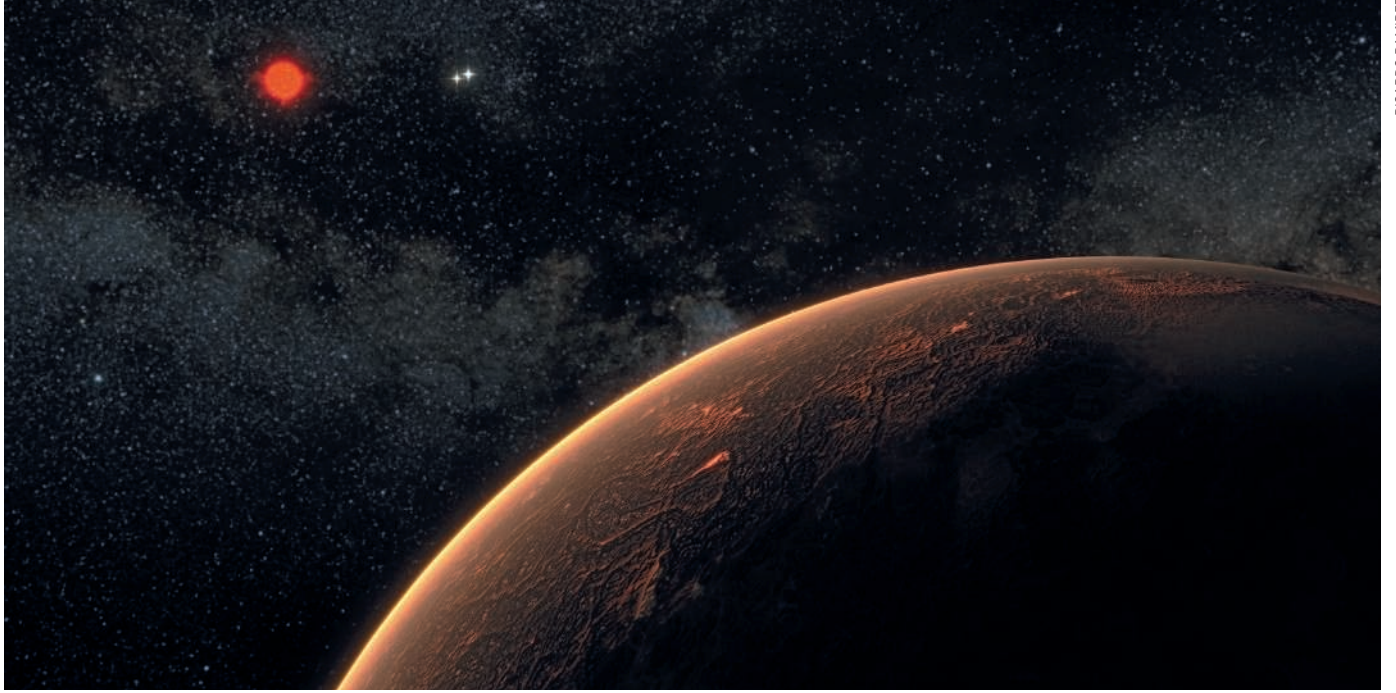
**تكنولوجيا** اختناق النطاق الترددي يهدد بتوقف الإنترنت ص. 29



**فيزياء** اختبار نيوتريو يقدم مفتاحًا للغز المادة المضادة ص. 25

**مؤسسات بحثية** الشوك تحيط بمستقبل مدينة العلوم المصرية بعد وفاة زويل ص. 21

**طاقة** كيف يمكن أن نعيد الحياة لمحطات الطاقة النووية المتقادمة ص. 20



RICARDO RAMIREZ

الكوكب المكتشف حديثًا يدور حول نجم «بروكسيما سنتوري» كل 11 يومًا، و0.2 من اليوم.

علم الفلك

## كوكب شبيه بالأرض في ضيافة نجم قريب

كوكب بحجم الأرض يدور حول نجم «بروكسيما سنتوري» قد يؤوي على سطحه ماءً وحياء!

ألكساندرا ويتز

الطيفي في المرصد الأوروبي الجنوبي في شيلي عن إزاحات في ضوء النجم، ناتجة عن الجذب التناقلي لكوكب ما يدور حول النجم. وقد أشارت القياسات إلى أن شيئًا ما يحدث للنجم كل 11 يومًا، و0.2 من اليوم، لكن لم يتمكن علماء الفلك من تحديد ما إذا كانت الإشارة ناتجة عن كوكب يدور حول النجم، أم عن نشاط من نوع آخر؛ كأن يكون توهجًا نجميًا، على سبيل المثال. وفي يناير 2016، أطلق أنجلادا-إسكودي وزملاؤه حملة لحسم أمر كوكب بروكسيما، الذي تدور حوله الشبهات. ووافق المرصد الأوروبي الجنوبي على طلبهم لمتابعة عملية الرصد باستخدام أداة ثانية لصيد الكواكب، في تليسكوب آخر، لمدة 20 دقيقة كل ليلة تقريبًا في الفترة من 19 يناير، حتى 31 مارس. يقول أنجلادا-إسكودي: «بمجرد انقضاء 10 ليال؛ بات الأمر واضحًا».

أطلق الفريق على هذا العمل اسم حملة «النقطة الحمراء الباهتة»، وذلك تيمناً بصورة الأرض الشهيرة باسم «النقطة

ضئيلة الحجم المدفوعة بالليزر للسفر عبر النجوم في غضون العقود المقبلة. وسوف تستغرق الرحلة - بسرعة تبلغ 20% من سرعة الضوء - حوالي 20 عامًا لقطع المسافة التي تبلغ 1.3 فرسخ فلكي، والتي تفصل بين الأرض وبروكسيما سنتوري. ويعادل كوكب بروكسيما - على الأقل - كتلة الأرض، ويزيد عليها بمقدار الثلث. ويدور الكوكب حول نجمه القزم أحمر اللون - وهو أصغر حجمًا، وأقل سطوعًا بكثير من الشمس - كل 11 يومًا، و0.2 من اليوم. ويقول ديفيد كيبينج، عالم الفلك بجامعة كولومبيا بمدينة نيويورك: «لو سنحت لنا فرصة اختيار نوع الكوكب الذي نريد، والذي يدور حول نوع النجم الذي نريد؛ سنجد أن هذا الاكتشاف هو تجسيد لما نريده بالضبط. إنه أمر مثير».

إشارات تجاذبية

كانت دراسات سابقة قد ألمحت إلى احتمال وجود كوكب حول نجم بروكسيما. وبداية من عام 2000، بحث منظار التحليل

اكتشف العلماء مؤخرًا كوكبًا في حجم كوكب الأرض، يدور حول نجم «بروكسيما سنتوري» - النجم الأقرب إلى الشمس - على مسافة مناسبة تسمح بوجود مياه متدفقة. ويحقق هذا الاكتشاف - الذي أعلن عنه في الأسبوع الأخير من شهر أغسطس في دورية *Nature* - حلمًا قديمًا لا يزال يداعب خيال مؤلفي روايات الخيال العلمي، ألا وهو كوكب صالح للسكنى، قريب بما يكفي ليرسل البشر إليه أول مركبة فضاء تسافر عبر النجوم.

إن «البحث عن الحياة يبدأ الآن»، حسبما يقول جيلمر أنجلادا-إسكودي، عالم الفلك بجامعة كوين ماري بلندن، وقائد الفريق الذي توصل إلى هذا الاكتشاف. وقد تُوِّد الفرصة الأولى للبشرية لاستكشاف هذا العالم القريب من رجم مبادرة «بريكثرو ستارشوت» Breakthrough Starshot التي أعلن عنها مؤخرًا، والتي تخطط لبناء أساطيل من المسابير



◀ الزرقاء الباهتة» التي التقطتها المركبة الفضائية «فوياجر 1» في عام 1990، ونظرًا إلى أن بروكسيما نجم أحمر قزم، سوف يبدو لون الكوكب مائلًا إلى اللون الأحمر، أو البرتقالي، وربما يكون غارقًا في ضوء يشبه الصبغة التي تلون الأمسيات الدافئة على الأرض. ورغم أن الكوكب يدور على مسافة تسمح بوجود المياه المتدفقة، فثمة عوامل أخرى قد تجعل منه غير صالح للسكنى. فقد يتسم الكوكب بالثقيل المدّي، بمعنى أن أحد نصفيه يواجه للنجم دائمًا، مما يجعل أحد نصفي الكوكب قانظ الحرارة، بينما يبقى النصف الآخر باردًا. وربما يكون ذلك النجم النشط يُطلق على الكوكب من حين إلى آخر ومضات أشعة سينية مدمرة، وليس واضحًا ما إذا كان للكوكب غلاف جوي واقٍ يساعد على نشأة حياة عليه، أم لا.

ينتمي بروكسيما إلى النظام النجمي الثلاثي «ألفا سنتوري»، وفي عام 2012، جاء في ورقة بحثية نُشرت في دورية *Nature* أن هناك كوكبًا بحجم كتلة الأرض يدور حول عضو آخر في ذلك الثلاثي النجمي، «ألفا سنتوري ب»<sup>2</sup>، ولكن تلك النتيجة لم تعد مطروحة الآن غالبًا<sup>3,4</sup> غير أن المتخصصين في دراسة الكواكب خارج المجموعة الشمسية يقولون إن النتائج المتعلقة ببروكسيما غالبًا ما تستمد وتثبت صحتها، يقول أرتي

هاتزيس، عالم الفلك بمرصد تورينجن في توتنبرج بألمانيا: «إنهم يدعونني بـ «السيد متشكك»، ولكنني أعتقد أن هذه النتيجة أكثر دقة». ويقول فريق أنجلادا-إسكودي إن المزيح من نتائج عمليات الرصد الجديدة والقياسات القديمة التي تعود إلى عام 2000 يزيد من الثقة في هذا الاكتشاف هذه المرة. وحسب قول مايكل إندل، عالم الفلك بجامعة تكساس في أوستن، وأحد أعضاء الفريق: «لقد ظل صامدًا بقوة على مدار فترة طويلة جدًا فيما يتعلق بالأطوار، وسعة بُعد الجرم السماوي. وهذه علامة دالة على أنه كوكب». وتشير البيانات أيضًا إلى احتمال وجود كوكب ثانٍ، يدور حول بروكسيما كل فترة تتراوح بين 100 يوم، و400 يوم. ويأمل الباحثون الآن في معرفة ما إذا كان من الممكن رؤية مرور هذا الكوكب عبر وجه نجم بروكسيما من الأرض، أم لا؛ حيث إن مثل هذا «العبور» من الممكن أن يكشف عما إذا كان للكوكب غلاف جوي، أم لا. ويقوم فريق بقيادة كيبينج بالبحث بشكل مستقل عن عمليات عبور بالقرب من النجم بروكسيما، ويعمل الفريق حاليًا على دراسة البيانات عن كسب، وعلى نطاق واسع؛ بحثًا عن إشارة.

يقول ستين سيجوردسون - عالم الفيزياء الفلكية بجامعة

ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك - إن اكتشاف كوكب نجم بروكسيما يأتي في الوقت الذي يزداد فيه الاهتمام العلمي بالكواكب الصغيرة التي تدور حول النجوم القريبة. ولقد أظهر تليسكوب «كبلر» الفضائي - التابع لوكالة «ناسا» - أن الكواكب الصخرية تنتشر حول مثل هذه النجوم، التي تُعدّ بدورها أكثر أنواع النجوم شيوعًا في المجرة. ويضيف سيجوردسون: «هذا أكبر إثبات لهذه الاستراتيجية».

وربما يأتي يوم يُرى كوكب نجم بروكسيما فيه على أنه بداية مرحلة جديدة في أبحاث الكواكب. ويقول كيبينج: «نه يمنحنا الهدف والتكيز لبناء الجيل القادم من التليسكوبات. وفي يوم ما، قد تتمكن من زيارته. إنه بالضبط ما نحتاج إليه لكي نقل علم دراسة الكواكب خارج المجموعة الشمسية إلى المستوى التالي».

1. Anglada-Escudé, G. et al. *Nature* <http://dx.doi.org/10.1038/nature19106> (2016).
2. Dumusque, X. et al. *Nature* **491**, 207-211 (2012).
3. Hatzes, A. P. *Astrophys. J.* **770**, 133 (2013).
4. Rajpaul, V., Aigrain, S. & Roberts, S. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **456**, L6-L10 (2016).

## طاقة

## محطات الطاقة النووية تستعد للشيخوخة

جهود حثيثة ومكثفة.. للمحافظة على تشغيل المفاعلات النووية في العالم لما بعد عام 2050.

## جيف توليفسون

تساعد إجراءات الفحص المتطورة على اكتشاف العيوب في محطات الطاقة النووية القديمة، قبل أن تسبب في متاعب. ففي شهر مارس الماضي، كشفت اختبارات الموجات فوق الصوتية علامات اهتراء وتمزق في بعض البراغي الفولاذية المقاومة للصدأ في قلب مفاعل محطة «إنديان بوينت» للطاقة في شمال مدينة نيويورك. ويعكف

الباحثون في معهد بحوث الطاقة الكهربائية (EPRI) في بالو ألتو بكاليفورنيا حاليًا على تحليل أكثر من اثني عشر من البراغي، التي يبلغ طولها 5 سنتيمترات، والتي تُثبت اللوحات التي تساعد على توجيه المياه عبر قلب المفاعل النشط إشعاعيًا؛ لتحديد السبب وراء عدم اجتيازها الفحص. ويأتي هذا التحليل في الوقت الذي تدرس فيه اللجنة التنظيمية النووية الأمريكية (NRC) فكرة مدّ فترة حياة مفاعلي إنديان بوينت، البالغ عمر كل منهما 40 عامًا لمدة

20 سنة إضافية. يستشهد معارضو المحطة - ومنهم ولاية نيويورك - بالبراغي المعيبة، وحرق محوّل كهربائي في العام الماضي، والمخاوف البيئية، والمخاوف المتعلقة بالسلامة كأدلة على وجوب إغلاق المنشأة.

ومشكلة البراغي التالفة في تلك المحطة ما هي إلا مجرد مثال على مشكلات الصيانة التي تواجه المفاعلات النووية القديمة في جميع أنحاء العالم. وتسعى الوكالة الدولية للطاقة الذرية واللجنة التنظيمية النووية الأمريكية إلى وضع خطوط إرشادية وتوجيهات لإدارة هذه المنشآت، ولكن المشكلة قد تكون أكثر حدة بالنسبة إلى الولايات المتحدة، التي يُعتبر أسطول مفاعلاتها التسعة والتسعين هو الأقدم والأكبر.

وقد جددت اللجنة التنظيمية النووية تراخيص 81 مفاعلًا أمريكيًا ستظل في الخدمة لمدة 20 سنة أخرى. وقدمت إرشادات السلامة في ديسمبر الماضي إلى المرافق التي تدرس تجديد تراخيصها لمدة 20 سنة أخرى، بيد أن المخاوف لا تزال قائمة بشأن تأثير الزمن على المنشآت التي قد يمكن أن تعمل لمدة 80 عامًا (انظر الشكل بعنوان: «عطاء حتى النفاذ»).

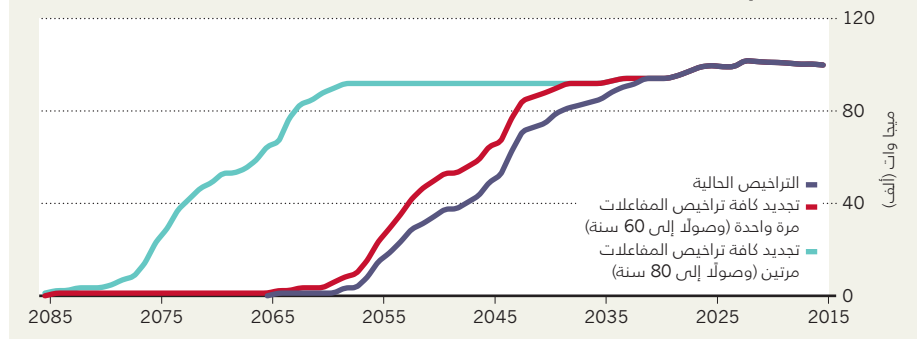
تقول أليسون مكفالين - الرئيس السابق للجنة التنظيمية النووية - إن الصناعة تكافح اقتصاديًا في مواجهة الغاز الطبيعي زهيد التكلفة، وإنّ هناك شركات طاقة نووية تستثمر الحد الأدنى عندما يتعلق الأمر بعمليات الصيانة والتحديث. وأضافت إنها تفضّل أن ترى انتقالًا إلى تصميمات مفاعلات أجدد وأكثر أمانًا، بدلًا من محاولات دفع المفاعلات القديمة للعمل حتى استفاد طاقتها تمامًا.

## إطالة متوسط العمر

سيجري كيرت إدسنجر، مدير المواد في معهد بحوث الطاقة الكهربائية، وفريقه مجموعة من الاختبارات على بعض براغي مفاعل «إنديان بوينت»؛ لفحص كسورها، وتقييم قوة مادتها. كما سيقوم الفريق بتحليل آثار ما يقرب من أربعة عقود من القصف النيوتروني على البنية البلورية للفولاذ في البراغي.

وتمثل هذه الدراسة جزءًا من جهود أكبر يبذلها معهد بحوث الطاقة الكهربائية، ووزارة الطاقة الأمريكية؛

**عطاء حتى النفاذ**  
الطاقة النووية مسؤولة عن إنتاج 20% من الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة الأمريكية، بيد أن عددًا قليلًا من المفاعلات النووية قيد الإنشاء حاليًا. ويظهر المخطط التالي إجمالي إنتاج الطاقة المتوقع لهذه المحطات، وفقًا لخطة تجديد التراخيص المختلفة.



## مدينة العلوم المصرية في مازق

حاجة ماسة إلى دعم حكومي للمشروع الذي أسسه أحمد زويل الحائز على جائزة «نوبل».

باكينام عامر، ومحمد يحيى

تدور تساؤلات حول مستقبل مدينة العلوم الأولى في مصر، بعد وفاة د. أحمد زويل، الحائز على جائزة «نوبل»، الذي خلف وراءه هذا الإرث الثمين. تحمل مدينة زويل للعلوم والتكنولوجيا - وهي حرم جامعي خارج القاهرة، يشتمل على جامعة غير هادفة إلى الربح، وعديد من المؤسسات البحثية - اسم الرجل الذي رأسها، أحمد زويل، الكيميائي الأمريكي، مصري المولد، وأول عربي يفوز بجائزة «نوبل» للعلوم.

بعد وفاة زويل في الثاني من أغسطس الماضي، وهو في السبعين من عمره، أثرت شكوك جديدة حول مصادر التمويل «غير المستقرة» الخاصة بهذه المنارة البحثية. فقد اعتمدت المؤسسة - التي افتتحت عام 2011 - بقوة على اسم زويل اللامع وعلاقاته؛ للحصول على الدعم من المؤسسات العلمية المرموقة، وتبرعات بلغت 700 مليون جنيه مصري (حوالي 80 مليون دولار). والآن، بدأت أموال الدعم تنفذ. وعلى الرغم من اقتراض الجامعة مبلغ مليار جنيه مصري من وزارة الدفاع، إلا أنها لم تجمع من الأموال ما يكفي للانتقال - الذي كان مخططاً له - إلى حرم جامعي جديد بحلول عام 2019، بتكلفة قدرها 450 مليون دولار، حسب قول شريف فؤاد، المتحدث باسم المدينة.

ويقول شريف الخميسي، عالم الأحياء الجزيئية في جامعة شيفلد بالمملكة المتحدة، الذي يشغل أيضاً منصب مدير مركز علوم الجينوم بمدينة زويل: "لطالما مثل جمع الأموال تحدياً. وأرجح أنه سيتأثر في المدى القريب بفقدان الدكتور زويل". ويأمل الدكتور شريف وغيره من المنتسبين إلى هذا الصرح في استمراره. وفي كلمة ألقاها يوم 6 أغسطس بعد وفاة زويل، طلب الرئيس المصري عبد الفتاح السيسي من المصريين مواصلة التبرع للمدينة، وتعهّد بأن تكمل القوات المسلحة المصرية - التي يبني مهندسوها الحرم الجديد - أعمال البناء، حتى وإن لم يتوفر مزيد من المال.

ويقول صلاح عبّية، عالم الفيزياء الذي يشغل حالياً منصب رئيس مجلس إدارة المدينة، إلى أن يُنتخب بديل لزويل، إنه من المرجح أن تحتاج الحكومة المصرية - في نهاية المطاف - إلى التدخل لدعم المشروع، في حين يرى الدكتور الخميسي أنه "من المتوقع أن يقضي الدعم اللوجستي المأمول من الدولة على حالة الخوف وعدم التيقن القائمة".

وللحصول على نسخة أطول من هذا الموضوع، انظر: [go.nature.com/2bthapb](http://go.nature.com/2bthapb)



تُوجد في الولايات المتحدة الأمريكية منشآت قديمة عديدة لمفاعلات نووية. وتظهر في الصورة محطة «براونز فيري» النووية في مدينة آينز بولاية ألاباما، التي تم افتتاحها في عام 1974.

المحطات. ويعكف الباحثون حالياً على تحليل التأثيرات طويلة المدى للحرارة الشديدة والقصف النيوتروني على المواد الأساسية بالمحطة، وصولاً إلى المستوى الذري. في بعض الحالات، يُجرى العلماء تجارب تسريع التآكل، التي تتعرض فيها المواد لإشعاع مكثف؛ لمحاكاة 80 عامًا من النشاط داخل المفاعل. ويمكن بعد ذلك إدخال هذه المعلومات إلى نماذج تُبرز التدهور.

### إنذار مبكر

تركز عملية تجديد الترخيص في اللجنة التنظيمية النووية الأمريكية على البنية التحتية الأساسية، التي قد لا تكون جزءاً من برامج الصيانة المنتظمة. وحسب قول ألين هايزر، مستشار فني أول في القسم المسؤول عن تجديد التراخيص في اللجنة التنظيمية النووية الأمريكية، فإن الهدف من ذلك هو إنشاء نظام فحص وتفتيش يكشف العيوب، قبل أن تتحول إلى مشكلة.

يقول مسؤولو اللجنة التنظيمية النووية الأمريكية إن هذا هو ما حدث في مفاعل إنديان بوينت؛ فقد اكتشفت عيوب مماثلة في البراغي في مفاعل نووي في فرنسا في عام 1988، ووضعت الوكالة متطلبات الفحص؛ للكشف عن مثل هذه العيوب في المستقبل.

وحسب قول ديف لوكوم، رئيس مشروع السلامة النووية في «اتحاد العلماء المعنيين» في كمبريدج بماساتشوستس، فهذه ليست القصة الكاملة؛ حيث إن الفحص بالموجات فوق الصوتية الذي كشف البراغي التالفة في مفاعل إنديان بوينت - وهو أسلوب الفحص الذي أصبح الآن إلزامياً - جاء فقط بعد أن شكّكت ولاية نيويورك في كفاءة وفعالية عمليات الفحص والتفتيش البصرية قبل عقد من الزمن.

لا تزال مكافلين متشككة في الأمر، وتقول: "إذا تم تجديد التراخيص للمحطات الأمريكية الحالية للمرة الثانية، فسوف تعيش تلك المحطات إلى أن يصبح عمرها 80 عامًا بتصميمات تبلغ من العمر قرابة 100 عام"، وتضيف: "سكنون أفضل حالاً كثيراً مع بعض المفاعلات الجديدة".

إثراء معلومات الصناعة والجهات التنظيمية في جميع أنحاء العالم حول المخاطر المتعلقة بقدّم المواد والمكونات عندما يحين موعد تقدّم محطات الطاقة النووية لتجديد تراخيصها. تقول كاثرين مكارثي، المدير الفني لبرنامج استدامة مفاعلات الماء الخفيف، التابع لوزارة الطاقة: "حتى الآن، لم يُعثر على مبررات عامة لإيقاف العمل، من شأنها أن تُحوّل دون تجديد ثانٍ للرخصة". وفي ظل دخول عدد محدود من المفاعلات الجديدة الخدمة في جميع أنحاء العالم، قد يكون لطول عمر المنشآت الموجودة بالفعل

تأثير كبير على المناخ العالمي. ففي الوقت الراهن، توفر محطات الطاقة النووية 20% من الكهرباء في الولايات المتحدة، وأكثر من نصف الطاقة منخفضة الكربون بها. وعلى الصعيد العالمي، توفر الطاقة المائية فقط كمية أكبر من الطاقة منخفضة الكربون، بمعدل يقترب من 16% من إجمالي الكهرباء المنتجة، مقارنةً بنسبة 11% تقريباً للطاقة النووية.

يقول مايكل شيلنبرجر، رئيس جماعة دعم وحماية التقدم البيئي في بيركلي بولاية كاليفورنيا: "إذا كنت توفر لمحطات الطاقة النووية الصيانة اللازمة، وتستبدل الأجزاء التي تحتاج إلى الاستبدال؛ فلا يوجد مبرر لعدم تشغيل المحطات النووية لسنوات طويلة. وهذه أخبار عظيمة من منظور مناخي".

البعض الآخر أقل تفاؤلاً. فوفقاً لما تقوله مكفارلين، لا تزال هناك أسئلة مهمة فيما يتعلق بمتانة الأجزاء التي لا يستطيع المفتشون رؤيتها في عمليات الفحص، مثل الكابلات الكهربائية تحت الأرض، وكذلك كيفية تقادم المواد.

وما يثير القلق بشكل خاص مباني الاحتواء الإسمنتية، وأوعية الضغط الفولاذية في قلب المفاعلات، وكذلك الأسلاك المتداخلة التي تمتد إلى مسافة كيلومترات داخل





كانت تجربة CMS (في الصورة) واحدة من تجربتين في مصادم الهدرونات الكبير، رأنا لمحات لجسيم لم يكن متوقعًا.

فيزياء الجسيمات

## آمال مصادم الهدرونات الكبير تتبدد

مع تزايد البيانات.. اختفت إشارة الفوتونين الواعدة.

إليزابيث جيبني، شيكاغو، إلينوي

كان من الممكن للتلميحات المشيرة إلى جسيم غير متوقع - تم الكشف عنه بواسطة مصادم الهدرونات الكبير (LHC) - أن تمثل علامة بدء عهد جديد في فيزياء الجسيمات، بيد أن أحدث البيانات قد محت أي آمال بترسيخها مع مرور الوقت. واتضح أن البروز الذي ظهر في رسوم البيانات، والذي دُكر لأول مرة في ديسمبر الماضي، ما هو إلا تذبذب إحصائي. قام ممثلون عن التجريبتين ATLAS، وCMS المستقلتين في مصادم الهدرونات الكبير - وهو جزء من المختبر

الأوروبي لفيزياء الجسيمات بمنظمة «سيرن» CERN - إعلان الخبر في المؤتمر الدولي لفيزياء الطاقة العالية (ICHEP) في شيكاغو بإلينيوي في الخامس من أغسطس الماضي. شملت التحليلات ما يقرب من خمسة أضعاف كمية البيانات المستخدمة في شهر ديسمبر، وظهر أن الإشارة قد تضاءلت، حتى انعدمت تمامًا تقريبًا. "لا توجد أي زيادة ملحوظة في بيانات 2016"، هذا ما قاله برونو لينزي، وهو فيزيائي يعمل ضمن تجربة ATLAS في مختبر «سيرن» - الواقع بالقرب من جنيف في سويسرا - في لقاء مكتمل الحضور في المؤتمر الدولي لفيزياء الطاقة العالية.

STEFANO DAL POZZOLO/CONTRASTO/EVIVINE



رائدة  
العلوم  
في العالم  
العربي  
متاحة الآن  
للجميع ..



ARABICEDITION.NATURE.COM

Follow us on:



SPRINGER NATURE



متطابقة. ودائمًا ما تكون مثل تلك المصادفات ممكنة عند أداء آلاف الأبحاث على جسيمات بنطاق واسع من الكتل. وقد حدثت من قبل، وعلى الأرجح سوف تحدث مرة ثانية، كما يقول.

### إلى الأمام

ومن جانبه، يقول بيترسون إن هذا الإنذار الخاطئ لا يؤثر على فرص مصادم الهدرونات الكبير في العثور على شيء آخر. وفي الوقت الراهن، يسري العمل بالتجارب هناك كالمعتاد، بيد أنه لا يزال يلوح بعض القلق في الأفق، إذ إنه بعد مرور 40 عامًا على وضع النموذج القياسي، لم تعثر مسرعات الجسيمات - بما فيها مصادم الهدرونات الكبير - على أي شيء أبعد من ذلك.

يقول جاي ويلكينسون - الفيزيائي بجامعة أكسفورد في المملكة المتحدة - إن عدم انبثاق أي شيء مفاجئ من بيانات المصادم أمر غريب. ويحفظ ذلك قلقًا متزايدًا في المجتمع.. فمع مرور الوقت، دون العثور على شيء جديد، يقل احتمال أن تكون إصدارات التناظر الفائت الأكثر إغراءً صحيحة، وهي التي يمكن القول إنها أكثر الطرق الواعدة لمُدِّ النموذج القياسي.

ويرى بيترسون أن فرص العثور مصادم الهدرونات الكبير على شيء جديد في العام الحالي والعام المقبل تزداد، بينما تقترب طاقة عمل المصادم من حدّها الأعلى، البالغ 14 تيرا إلكترون فولت. وإذا كانت الجسيمات الجديدة نادرة، أو إذا كانت تتحلل بطرق يصعب رصدها، فقد يستغرق ظهورها بعض الوقت، حسب قوله.

وتقول شيرز إن هناك طرقًا أخرى أيضًا للعثور على جسيمات جديدة. فمع توافر بيانات كافية، يمكن للجسيمات الثقيلة جدًا - التي يصعب إنتاجها مباشرة - أن تُظهر نفسها عن طريق إحداث تأثيرات دقيقة على الجسيمات المعروفة جيدًا. وقد عثر فيزيائيون يعملون ضمن تجربة LHCb - التي تتم في المصادم أيضًا - على إشارات كذلك؛ لكنهم بحاجة إلى مزيد من المعلومات لتأكيدّها.

يقول تونيلي: "نحن موقنون بالفعل من أنه عاجلاً أو آجلاً سينجح أحد هذه الأشياء غير العادية في أن ينجو من جميع تجارب التحكم.. وفجأة سيتغير كل شيء". ويضيف: "نكمن روعة ما نفعله في احتمال أن يحدث ذلك في أي وقت". ■

بعيدًا عن التوقعات. ففي التحديث السابق لفريق تجربة ATLAS في شهر يونيو الماضي، صُبطت دلالة الإشارة عند 2.1 سيجما، وهي بمثابة مقياس لاحتمالات أن تؤدي التذبذبات العشوائية إلى ظهور مثل هذا البروز في رسم البيانات، دون وجود جسيم. وكان ذلك أقل بكثير من حد 5 سيجما المطلوب لتحديد ما إذا كانت الإشارة تمثل اكتشافًا، أمر أنها مجرد تشويش.

ظهرت الإشارة في كل من التجريبتين ATLAS، و CMS بشكل مستقل، مكوّنه من أزواج فوتونات أكثر عددًا من المتوقع، بمجموع طاقة يبلغ 750 جيجا إلكترون فولت، وهو ما أعطى الفيزيائيين بعض الأمل بأن ما ظهر من بروز في رسوم البيانات كان له مدلول حقيقي؛ فأصدر باحثون من جميع أنحاء العالم أكثر من 500 ورقة بحثية، في محاولة لشرح الجسيم المحتمل.

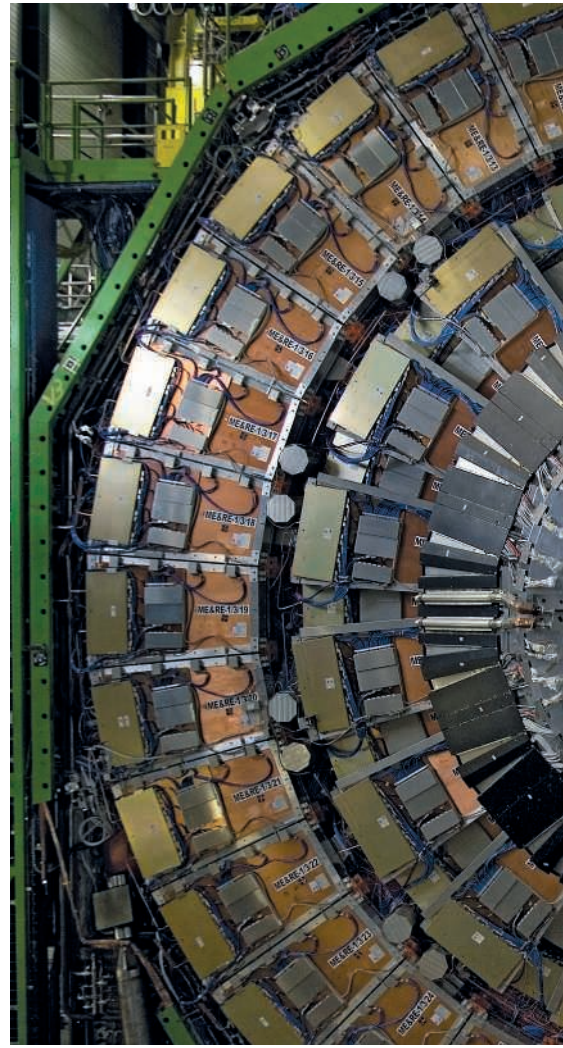
تقول تارا شيرز، عالمة مختصة بفيزياء الجسيمات بجامعة ليفربول في المملكة المتحدة: "إن رؤية لمحة من شيء ما - حتى وإن كانت لمحة ناقصة تجعلك تحبس أنفاسك للحظة، وتتساءل «ماذا لو...؟» - لها أهمية كبيرة لا يمكن أن تُترك دون استكشاف".

### قصة البروز الظاهر

كان الدافع وراء الحماس الجذر المثار هو المردود المحتمل للبروز الذي ظهر، حسب قول دون لينكولن، الفيزيائي بمختبر فيرمي الوطني لتسريع الجزيئات، بالقرب من باتافيا في إلينوي. إنَّ النموذج القياسي غير مكتمل، إذ يفشل في تفسير ألغاز معينة، مثل لغز المادة المظلمة، ولا يمكنه التوفيق بين ميكانيكا الكم، والجاذبية. وكان من شأن ظهور جسيم جديد أن يوجّه الفيزيائيين نحو نظرية بديلة، على حد قول لينكولن.

كانت الإشارة مغرية؛ فالتحليل الذي نتجت عنه دقيق وبسيط نسبيًا، كما يقول كريستوفر بيتيرسون، فيزيائي نظري بجامعة تشالمرز للتكنولوجيا في جوتنبرج في السويد. وباتت مسألة كون الجسيم شبيهًا أثقل وزنًا بجسيم بوزون هيگز أمرًا مغريًا أيضًا، حسب قول جيدو تونيلي، الفيزيائي بجامعة بيزا في إيطاليا، والرئيس السابق لتجربة CMS.

ورغم أن جميع النماذج تُعتبر الآن خاطئة، إلا أن محاولة تفسير البروز الذي ظهر في البيانات كانت أمرًا ممتعًا ومفيدًا، حسب قول بيتيرسون. ويقول لينكولن إن الذبذبات الإحصائية والاكتشافات تبدو في البداية



وتقول كيارا روفيلي، فيزيائية بالمعهد القومي للفيزياء النووية في روما، إن البيانات الإضافية الصادرة عن تجربة CMS فشلت أيضًا في إصدار أي إشارات ذات أهمية. كان الإعلان بمثابة خيبة أمل للباحثين، لكنه لم يكن

### الفيزياء

# نجاح ثقب أسود اصطناعي

ربما تكون نتائجه هي الأقرب حتى الآن إلى رصد إشعاع هوكينج.

### ديفيد كاستيلفيكي

إنَّ رصد إشعاع هوكينج في ثقب أسود حقيقي يكاد يكون أمرًا مستحيلًا، ولم تقم تجارب الثقوب السوداء الاصطناعية التي أُجريت في السابق بإرجاع مصدر الإشعاع فيها إلى التذبذبات التلقائية. ومن ثم، فإن النتائج الجديدة المنشورة في يوم 15 أغسطس قد تكون هي الأقرب حتى الآن إلى رصد إشعاع هوكينج. يقول شتاينهاور إن الثقوب السوداء الاصطناعية

النظرية، ما زالت تثير الاضطرابات في هذا المجال حتى اليوم. والآن، وبعد سبع سنوات أمضاها في دراسة انفرادية في كثير من الأحيان، تمكّن جيف شتاينهاور - عالم الفيزياء التجريبية في التخنيون-معهد إسرائيل للتقنية في حيفا - من عمل ثقب أسود اصطناعي، يبدو أنه يُطلق إشعاعات هوكينج تلك من تلقاء نفسه، وتكون ناجمة عن تذبذبات كمية تبعث من هيكل التجربة.

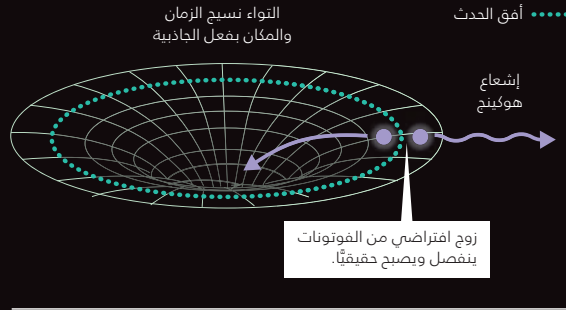
إن الثقوب السوداء ليست سوداء بالفعل؛ بل يُعتقد أن بالوعات الجاذبية تلك تبعث منها إشعاعات تؤدي إلى انكماشها واختفائها في نهاية المطاف. وتُعد تلك الظاهرة واحدة من أغرب الأمور المتعلقة بالثقوب السوداء، التي تنبأ بها ستيفن هوكينج منذ ما يزيد على 40 عامًا؛ مما خلق مشكلات في الفيزياء

## بناء ثقب أسود

باستخدام سحابة من الذرات فائقة البرودة، تمت محاكاة أفق الحدث الخاص بالثقب الأسود داخل المختبر، وهي النقطة التي تصبح بعدها قوة الجذب قوية للغاية، بحيث لا يتمكن حتى الضوء من الهروب. ويبدو أن هذا الثقب الأسود الاصطناعي ينبعث منه شكل من أشكال إشعاع هوكينج.

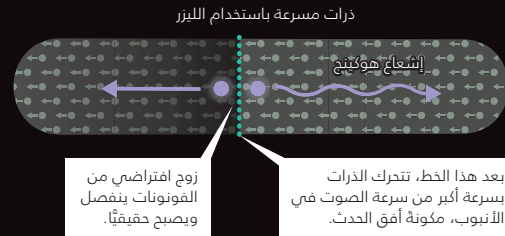
### ثقب أسود حقيقي

التذبذبات الكمية في الفراغ الفضائي تنتج فوتونات افتراضية، وفي بعض الأحيان، يعلق أحد الزوجين خلف أفق الحدث، قبل أن يقضيا على بعضهما البعض، مما يجبرهما على التحول إلى جسيمات حقيقية. أما الفوتون الذي يتمكن من الهروب، فإنه ينبعث على هيئة إشعاع هوكينج.



### ثقب أسود اصطناعي

الذرات فائقة البرودة داخل أنبوب تخضع لتذبذبات كمية، تنتج عنها أزواج من الجسيمات الافتراضية، وهي في تلك الحالة جزء من الصوت تُدعى فوتونات. وإذا وقع فوتون واحد في المنطقة فوق الصوتية، فإنه يصبح عالفاً، مما يؤدي إلى تكوين شكل صوتي من أشكال إشعاع هوكينج.



بوز-أينشتاين لتذبذبات كمية ضعيفة فقط، تشبه تلك الموجودة في الفراغ الفضائي، ومن شأنها أن تنتج جزءاً من الصوت، تُدعى فوتونات، كما ينتج الفراغ الفوتونات، حسب قول شتاينهاور. وهنا، ينبغي أن تتفصل الأزواج عن بعضها البعض، بحيث يكون أحد الزوجين على الجانب فوق الصوتي من أفق الحدث، بينما يشكل الآخر إشعاع هوكينج.

على أحد جانبي أفق الحدث الصوتي الخاص بشتاينهاور، حيث تتحرك الذرات بسرعة فوق صوتية، تعلق الفوتونات. وبالتقاط صور لتكاثف بوز-أينشتاين، وجد شتاينهاور ارتباطات بين كثافة الذرات التي كانت تقع على مسافات متساوية من أفق الحدث، لكن على جهات متقابلة منه. ويوضح ذلك أن أزواج الفوتونات كانت متشابكة، وهي إشارة إلى نشأتها بشكل تلقائي من التذبذب الكمي ذاته، كما يقول.. وأن تكاثف بوز-أينشتاين كان ينبعث عنه إشعاع هوكينج.

وبالمقارنة، فإن الإشعاع الذي رصده شتاينهاور في إصدار سابق من التجربة كان لا بد من إثارته، بدلاً من أن ينبعث من تكاثف بوز-أينشتاين ذاته، في حين لم تُظهر تجربة سابقة - بقيادة أرنه وواينفورتير، وتُمت في موجات المياه - أي تأثيرات كمية.

وكما أن الثقوب السوداء الحقيقية ليست سوداء، فإن الثقوب السوداء الصوتية الخاصة بشتاينهاور ليست هادئة تماماً. والأصوات المنبعثة منها - إن كانت مسموعة - يمكنها أن تمثل ضوءاً ثابتة.

"تلك ورقة بحثية رائدة بالتأكيد"، كما يقول أولف ليونهارت، عالم الفيزياء في معهد وايزمان للعلوم في رحوفوت بإسرائيل، الذي يقود محاولات متعددة لتوضيح ذلك التأثير باستخدام موجات ليزر في ألياف ضوئية، إلا أنه يقول إن الدليل على وجود تشابك يبدو غير مكتمل، وذلك لأن شتاينهاور أظهر وجود ترابط فقط في حالة الفوتونات ذات الطاقات العالية نسبياً، بينما لا يبدو أن هناك ترابط بين أزواج الفوتونات ذات الطاقة الأقل. كما يقول إنه غير واثق من كون الوسط هو بالفعل تكاثف بوز-أينشتاين؛ فعلى حد قوله؛ ربما كانت هناك أنواع أخرى من التذبذبات التي يمكنها محاكاة إشعاع هوكينج.

ومن غير الواضح أيضاً ما يمكننا معرفته من خلال الثقوب السوداء الاصطناعية عن الأمور الغامضة المحيطة بتلك الحقيقية. يقول ليونارد ساسكند، عالم الفيزياء النظرية بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا؛ "لا أظن أنها ستوضح ما يُسمى 'معضلة المعلومات'". وعلى عكس الثقوب السوداء الفيزيائية الفلكية، لا تُفقد المعلومات بالثقوب السوداء الصوتية الخاصة بشتاينهاور، إذ إن تكاثف بوز-أينشتاين لا يتبخر.

ومع ذلك، إذا تم إثبات النتائج التي توصل إليها شتاينهاور، سيكون ذلك "انتصاراً لهوكينج، مثلما كان الرصد المتوقع لجسيم بوزون هيگز انتصاراً لهيگز وشركائه"، كما يقول ساسكند. فقد شكك البعض في وجود الجسيم، لكن اكتشافه في عام 2012 كان سبباً في حصول بيتر هيگز وعالم الفيزياء النظرية الآخر فرانسوا إنجلبرت - وهما من توفّع وجوده - على جائزة نوبل. ■

1. Steinhauer, J. *Nature Phys.* <http://dx.doi.org/10.1038/nphys3863> (2016).
2. Unruh, W. G. *Phys. Rev. Lett.* **46**, 1351-1353 (1981).
3. Steinhauer, J. *Nature Phys.* **10**, 864-869 (2014).
4. Weinfurter, S. et al. *Phys. Rev. Lett.* **106**, 021302 (2011).

وحسبما أظهر هوكينج، يتسبب ذلك في أن تُطلق الثقوب السوداء الإشعاع - وإن كان واهناً للغاية - وأن تقلص وتختفي في النهاية، لأن الجسيم الذي يسقط بالداخل يحمل دائماً طاقة سالبة تعمل على استنزاف الثقب الأسود. أما أكثر الأمور إثارة للجدل، فهو ما أشار إليه هوكينج بأن اختفاء ثقب أسود يدمر كل المعلومات المتعلقة بالأجسام التي سقطت بداخله، مما يتعارض مع ما هو متعارف عليه بأن مجموع المعلومات الموجودة في الكون لا بد أن يبقى ثابتاً.

في أوائل الثمانينات، قام الفيزيائي بيل أونروه - من جامعة كولومبيا البريطانية في فانكوفر بكندا - بعرض طريقة لاختبار بعض تنبؤات هوكينج<sup>2</sup>. فقد تخيل وسطاً يمكن أن تحدث فيه مثل تلك الحركة المتسارعة، كحركة المياه أثناء اقترابها من السقوط على الشلال. ومثلما يقترب السباح من النقطة التي يصبح عندها غير قادر على السباحة

«تلك ورقة بحثية رائدة بالتأكيد».

بسرعة كافية للهروب من الشلال، تصبح الموجات الصوتية أيضاً غير قادرة على الحركة ضد التيار عندما تعبر نقطة في الوسط تتجاوز سرعة الصوت. وقد تبا أونروه أن تضاهي تلك النقطة أفق الحدث، وأنها من المفترض أن تمثل نموذجاً صوتياً لإشعاع هوكينج.

طبّق شتاينهاور فكرة أونروه في سحابة من ذرات الروبيديوم، قام بتبريدها إلى جزء من الدرجة فوق الصفر. وتم احتواء الذرات في حاوية مغلقة تشبه لفاقة التبغ، يبلغ طولها عدة مليمتترات، ثم دخلت الذرات في حالة كمية تُدعى «تكاثف بوز-أينشتاين» BEC؛ كانت سرعة الصوت فيها نصف مليمتراً فقط في الثانية الواحدة. وتمكّن شتاينهاور من خلق أفق حدث، عن طريق تسريع الذرات، حتى أصبح بعضها يتحرك بسرعة تفوق المليمتراً الواحد لكل ثانية، وهي السرعة فوق الصوتية الخاصة بنتاج التكثيف (انظر: «بناء ثقب أسود»).

في درجات الحرارة فائقة البرودة، يخضع تكاثف

تلك ربما تساعد في حل بعض المعضلات التي تفرضها هذه الظاهرة على نظريات أخرى، بما في ذلك ما يُطلق عليه "معضلة معلومات الثقوب السوداء"، وقد تمهد الطريق أيضاً لإدماج ميكانيكا الكم مع إحدى نظريات الجاذبية.

وقد عبّر فيزيائيون آخرون عن إعجابهم بالفكرة، وإن كانوا يحذرون من كون النتائج غير قاطعة. كما أن بعضهم يشكك في مقدرة المحاكاة العملية على كشف الكثير من الأمور المتعلقة بالثقوب السوداء الحقيقية. تقول سيلكه واينفورتير - عالمة في الفيزياء النظرية والتجريبية في جامعة نوتنجهام بالمملكة المتحدة: "إذا كانت كافة التصريحات صحيحة، فإن تلك التجربة مدهشة بحق، لكنها لا تثبت أن إشعاع هوكينج يوجد حول الثقوب السوداء الفلكية". كان ذلك في منتصف السبعينات، حين اكتشف هوكينج - وهو عالم في الفيزياء النظرية بجامعة كامبريدج بالمملكة المتحدة أن حدود "أفق الحدث" لثقب أسود - أي الإطار الذي لا يمكن لأي شيء، بما في ذلك الضوء، الهروب منه - لا بد أن تكون له تيّعات مميزة على مجال علم الفيزياء.

إن فكرة استبعاد عشوائية نظرية الكم لوجود عدم حقيقي كانت بمثابة نقطة الانطلاق بالنسبة إلى هوكينج، فحتى أكثر مناطق الفضاء فراغاً على الإطلاق تعجّ بتذبذبات في مجالات الطاقة، مما يتسبب - بشكل مستمر - في ظهور أزواج من الفوتونات، لا لشيء غير تدمير بعضها البعض فور ظهورها مباشرة. ومع ذلك.. مثلما تحوّل بينوكيو من دمية إلى صبي حي، يمكن لتلك الفوتونات "الافتراضية" أن تتحول إلى جسيمات حقيقية، إذا فصل أفق الحدث بينها قبل أن تتمكن من القضاء على بعضها البعض. وبذلك يسقط أحد الفوتونات داخل أفق الحدث، بينما يهرب الآخر إلى الفضاء الخارجي.

**NATURE.COM**  
اقرأ المزيد عن عالم الفيزياء الذي يحاكي الثقوب السوداء باستخدام الصوت:  
[go.nature.com/2atqxy](http://go.nature.com/2atqxy)



مختلف اليوم، فإن عدم توازن مماثلًا في نظريهما القديمين من شأنه أن يفسر الغلبة الساحقة للمادة. ولاختبار ذلك، بَحَثَ العلماء في تجربة «تي تو كيه» Tokai to Kamioka (T2K) في اليابان عن الاختلافات في الطريقة التي تتذبذب بها نيوتريونات المادة والمادة المضادة بين ثلاثة أنواع، أو "نكهات"، أثناء تحركها. أطلقوا حزمًا من نيوتريونات ذات نكهة واحدة (ميون نيوتريون) من مجمع أبحاث مسرع البروتونات الياباني في قرية توكايمورا الساحلية إلى مرصد النيوتريون «سوبر كاميوكاندي» Super-Kamiokande detector، وهو خزان من الصلب، موضوع تحت الأرض على مسافة أكثر من 295 كم، وبه 50,000 طن من المياه. قام الفريق بَعَدَ الإلكترون نيوتريونات التي ظهرت، ما يعني أن الميون نيوتريونات قد تحوّلت في رحلتها إلى نكهة أخرى، ثم كرروا التجربة مع حزمة من الميون نيوتريونات المضادة.

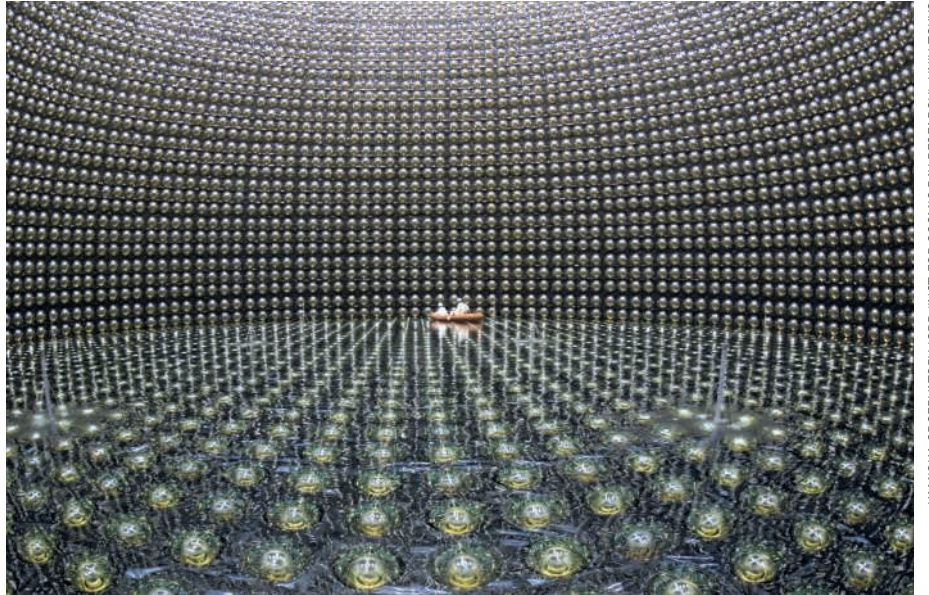
وصرّح كونوسوكي إيواموتو - وهو فيزيائي في جامعة روتشستر، نيويورك - خلال محاضرته التي ألقاها في المؤتمر الدولي لفيزياء الطاقة العالية، بأن الشعاعين تصرّفًا على نحو مختلف بعض الشيء.

توقّع الفريق أنه لو لم يكن هناك فرق بين المادة، والمادة المضادة؛ لكان من شأن كواشفهم - بعد ما يقرب من 6 سنوات من التجارب - أن ترصد 24 إلكترون نيوتريونات، و7 إلكترون نيوتريونات مضادة، لأن من الصعب إنتاج المادة المضادة والكشف عنها. وبدلاً من ذلك رصدت كواشفهم 32 نيوتريون، و4 نيوتريونات مضادة فقط. ويقول تشانج كي يونج، الفيزيائي في جامعة ستوني بروك في نيويورك، والمشارك في تجربة تي تو كيه: "بدون الدخول في حسابات رياضية معقدة، يشير هذا إلى أن المادة، والمادة المضادة لا تتذبذبان بالطريقة نفسها".

ألّمت النتائج الأولية لتجارب كل من تي تو كيه، ونوفا إلى الفكرة نفسها، ولكن قد تكون هذه الملاحظات وليدة الصدفة. هناك فرصة واحدة في كل 20 فرصة (حوالي 2 سيجمًا بالمصطلح الإحصائي) لرؤية هذه النتائج، إذا كانت كل من النيوتريونات والنيوتريونات المضادة تتصرف على نحو مماثل، حسبما يقول يونج. وفي الدورة التالية في عام 2021 يجب أن تمتلك تجربة تي تو كيه بيانات أكثر بخمس مرات مما تملكه اليوم، ولكن الفريق سيحتاج إلى 13 ضعفًا إضافيًا من البيانات؛ للوصول بالثقة الإحصائية في النتائج إلى 3 سيجمًا، وهي العتبة الإحصائية التي يمكن لمعظم الفيزيائيين عندها قبول البيانات (باعتبارها معقولة، وإن كانت غير مقنعة تمامًا) كدليل على عدم التناظر.

لذلك اقترح فريق تي تو كيه تمديد تجربتهم حتى عام 2025؛ لجمع البيانات اللازمة. وهناك محاولة لتسريع عملية جمع البيانات، من خلال الجمع بين تلك النتائج، ونتائج تجربة نوفا، التي ترسل حزمة نيوتريون لمسافة 810 كيلومترات من مختبر فيرميلاب إلى منجم شمالي مينيسوتا. وقد أطلقت نوفا حزمة نيوتريون، ستتحول إلى حزمة نيوتريون مضاد في عام 2017. ويقول يونج إن الفريقين وفاقًا على إنتاج تحليل مشترك، ويمكن أن يصلًا معًا إلى 3 سيجمًا بحلول عام 2020. قد يحتاج الوصول إلى اليقين الإحصائي اللازم ليصبح هذا الاكتشاف رسميًا (المقدر بـ 5 سيجمًا) إلى جيل جديد من تجارب النيوتريون، التي يجري التخطيط لها في جميع أنحاء العالم بالفعل.

ويجمع علماء الفيزياء الاكتشافات المتعلقة بالنيوتريونات على أساس سنوي تقريبًا، حسبما يقول دي جوفيا. ويضيف: "مقارنةً بمعدلات التطور في فيزياء الجسيمات، فهذا تطوّر سريع جدًا بحق". ■



كايشف «سوبر كاميوكاندي» الياباني - الواقع بالقرب من مدينة هيدا - يطل نيوتريونات المادة، والمادة المضادة.

فيزياء

## دليل النيوتريونو لحل لغز الكون

قد يفسّر سلوك جسيمات النيوتريونو المراوغة في المادة - المختلف عنه في المادة المضادة - سبب هيمنة المادة.

إليزابيث جيني

أنحاء العالم، وأدرك الباحثون أن عليهم أن يدرسوا هذه الجسيمات؛ للحصول على تفسيرات جديدة في الفيزياء، حسبما يقول كيث ماتبر، وهو فيزيائي يعمل على تجربة نيوتريونو، تُسمى «نوفا» NOVA في مختبر فيرمي الوطني لتسريع الجزيئات (فيرميلاب) في باتافيا، إلينوي، الولايات المتحدة. ويصف جسيمات النيوتريونو قائلًا: "إنها تُعدّ بمثابة صدع في النموذج المعياري"، فلو كان قد تم إنتاج كل من المادة والمادة المضادة بكميات متساوية بعد الانفجار الكبير، لأبادت إحداهما الأخرى، ولم يبقَ منهما سوى إشعاع. وقد لاحظ علماء الفيزياء الاختلافات في سلوك بعض جسيمات المادة، وجسيمات المادة المضادة، مثل «الكاونات» kaons و«الميزونات بي» B mesons، ولكن ليس بما يكفي لتفسير هيمنة المادة في الكون.

وفرة غريبة

قد يكون أحد التفسيرات هو أن الجسيمات فائقة الثقل اضمحلت في بدايات الكون بطريقة غير متناظرة، وأنتجت مادة أكثر مما أنتجت مادة مضادة. ويُعتقد بعض علماء الفيزياء أن جسيمات ثقيلة الوزن لها صلة بالنيوتريونو هي المسؤولة عن ذلك. وبموجب هذه النظرية، إذا تصرفت كل من النيوتريونات والنيوتريونات المضادة على نحو

إنه أحد أكبر أسرار الفيزياء؛ لماذا يمتلئ الكون بالمادة، بدلاً من المادة المضادة. تُلمّح حاليًا تجربة في اليابان إلى تفسير محتمل، هو: قد تتصرف جسيمات تحت ذرية تُسمى نيوتريونات بصورة مختلفة في المادة عنها في المادة المضادة.

ربما نكتشف أن التفاوت - الذي أُعلن عنه في المؤتمر الدولي لفيزياء الطاقة العالية (ICHEP) في شيكاغو، إلينوي، في السادس من أغسطس الماضي - غير حقيقي؛ ولذلك نحتاج إلى جمع المزيد من البيانات للتحقق. يقول أندريه دي جوفيا، اختصاصي الفيزياء النظرية في جامعة نورث ويسترن في إيفانستون، إلينوي: "ربما نراه على أن هذا الاختلاف موجود في النيوتريونات، ولكن من السابق لأوانه القول إن بإمكاننا رؤيته". ومع ذلك.. فمن المرجح أن يضيء ذلك الإعلان مزيدًا من الإثارة على دراسات النيوتريونو، فتلك الجسيمات الوفيرة والمراوغة تبدو على نحو متزايد مفتاحًا لحل جميع أنواع الألغاز في الفيزياء.

في تسعينات القرن الماضي، في تعارض واضح مع توقعات النموذج الفيزيائي المعياري - النموذج الذي يقدم وصفًا جيدًا للطبيعة، ولكنه ناقص - تم العثور على النيوتريونو، لامتلاكها كتلة، بدلًا من أن تكون عديمة الكتلة تمامًا (Y. Fukuda et al. Phys. Rev. Lett. 81, 1562; 1998). ومنذ ذلك الحين، انتشرت تجارب النيوتريونو في كل

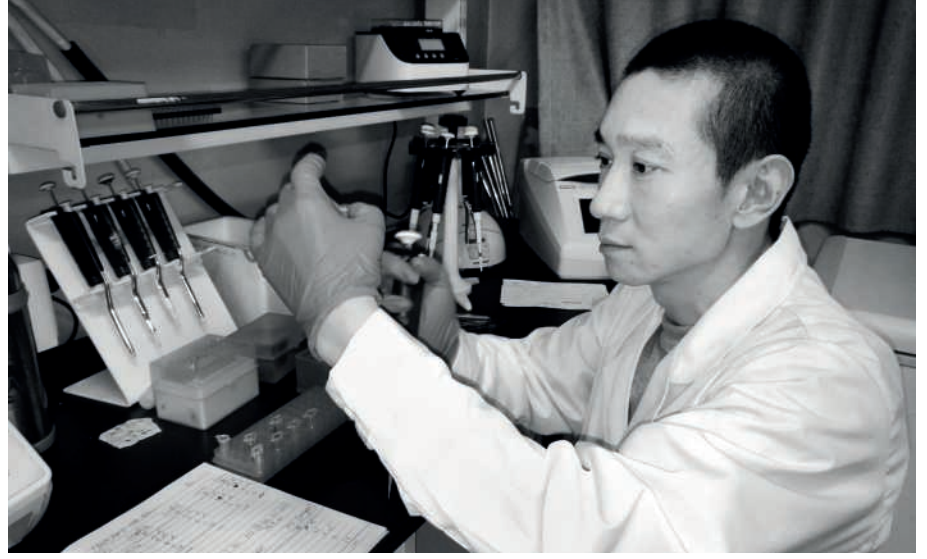


أغسطس، أدخل هان بروتوكول التجربة إلى مستودع الجينات «أدجين» Addgene، أملًا أن يساعد في الجهود الرامية إلى تكرار تجربته، ولكن علماء آخرين يقولون إن البروتوكول لا يوضح الأمور.

إنه رهان محفوف بالمخاطر. فعلى مدار السنوات القليلة الماضية، أحدث كرييسبر-كاس9 تحولاً في علم الأحياء، ولكنه أيضًا زاد من نهم العلماء للتوسع في أدوات تحرير الجينات (انظر: «دليلك للطرق العديدة الأخرى لتحرير الجينوم»). ويُعدّ ناجو واحدًا من تلك الطرق. ويقول جورج تشيرتس، اختصاصي علم الوراثة بكلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن، ماساتشوستس: «الكثير منا يشجع هذا العمل تشجيعًا حقيقيًا، ويأمل في أن ينجح».

ويستخدم كرييسبر-كاس9 متواليات جينية صغيرة، لتوجيه إنزيم محدد لقطع الحمض النووي DNA في موقع محدد. وفي الورقة البحثية المنشورة في *Nature Biotechnology*، أفاد فريق هان بأن استخدام مجموعة متنوعة من المتواليات الجينية لتوجيه ناجو - الذي ينتمي إلى عائلة البروتينات Argonate (Ago)، التي عدّها آخرون محررات جينية محتملة - لتحرير ثمانية جينات مختلفة في الخلايا البشرية، ولإدخال الجينات في نقاط محددة من الكروموسومات (F. Gao et al. *Nature Biotechnol.* 34, 2016; 768-773).

ولا يقطع ناجو إلا الجينات المستهدفة فقط، حسب قول هان، في حين أن كرييسبر-كاس9 يحرق أحيانًا جينات خاطئة. ويضيف قائلًا إن كرييسبر-كاس9 يتطلب أن تكون المتواليات الجينية قريبة من موقع القطع؛ ليتمكن من تشيبتها، ولكن ناجو لا يتطلب ذلك، مما يوسع نطاق استخدامه. كان الاختفاء هو رد الفعل الأوّلي على العمل في الصين، الذي شمل زيارة تليفزيون الصين المركزي للمعمل. كان رد الفعل جاريًا، كما يقول هان؛ البالغ من العمر 42 عامًا، ولا يحب السفر، ولم يسبق له أن غادر الصين، حيث كانت



هان تشينيو يصير على أن إنزيم «ناجو» NgAge يمكنه تحرير الجينات.

## التحرير الجيني

# شكوك حول بديل «كرييسبر»

التقارير التي تفيد بعدم إمكانية تكرار نتائج التجربة تزايدت، لكن الباحث متمسك بنظامه للتحرير الجيني «ناجو» NgAgo.

## ديفيد كريانوسكي، شيجياتشوانج، الصين

يتصاعد الجدل الدائر حول ما إذا كانت تقنية تحرير الجينات المقترحة استخدامها بدلاً عن كرييسبر-كاس9 ناجحة. فمنذ حوالي أربعة أشهر، أفاد هان تشينيو - عالم الأحياء في جامعة هيبي للعلوم والتقنية في شيجياتشوانج - بأنه يمكن استخدام الإنزيم «ناجو» NgAgo لتحرير الجينات لدى

الثدييات، بيد أن شكاوى العلماء تزايدت بشأن عدم تمكنهم من تكرار النتائج، على الرغم من أن أحد الباحثين أخبر *Nature Biotechnology* بأنه تمكن من ذلك. وتحقق الآن دورية *Nature Biotechnology* - التي نُشرت البحث - في الأمر. ويقول هان إنه يتلقى عشرات المكالمات والرسائل المزعجة كل يوم، تسخر منه، وتخبره بأن حياته المهنية قد انتهت، ولكن ذلك لا يزعزع اقتناعه بأن تقنيته سليمة. وفي 8

## ما بعد «كرييسبر»

### دليلك للطرق العديدة الأخرى لتحرير الجينوم

ويمكن أن يصبح أحد هذه الإنزيمات، ويُسمى Cpf1، بديلاً جذاباً. وحيث إنه أصغر من كاس9، فإن له متطلبات مختلفة، وبسهل توجيهه بدقة كبيرة. ويستهدف إنزيم آخر يُسمى C2c2 الحمض النووي الريبوزي RNA بدلاً من الحمض النووي DNA، وهي خاصية يمكن بواسطتها دراسة الحمض النووي الريبوزي ومكافحة الفيروسات باستخدام جينوماته.

### محررات حقيقية

تستخدم معالِم عديدة كرييسبر-كاس9 لحذف مقاطع من الجينات فقط، وبالتالي إيقاف نشاطها. ويقول جورج تشيرتس، المتخصص في علم الوراثة في كلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن، ماساتشوستس: "يشعر الناس بزهو الانتصار كلما أمموا عملية تحرير كهذه، بيد أن حرق صفحة من الكتاب لا يُعدّ تمريراً له". أما أولئك الذين يرغبون في مبادلة متواليات بأخرى، فإنهم يواجهون مهمة أكثر صعوبة. فعندما يقطع كاس9 الحمض النووي، فإنه غالباً ما تحدث أخطاء في الخلية أثناء توصيل الأطراف المقطوعة ببعضها

طريقة شائعة في العلاج الجيني لإدخال مادة وراثية غريبة إلى الخلايا البشرية. عندئذٍ قد يكون الحل بمثابة «كاس9 مصغر» مستخرج من بكتيريا *Staphylococcus aureus*. سيكون الإنزيم في هذه الحالة صغيراً بما يكفي لإدخاله إلى الفيروس المستخدم في واحد من العلاجات الجينية المتوفرة حالياً في السوق. وقد استخدمت مجموعتان من الباحثين حتى الآن كاس9 المصغر في الفئران، لتصحيح الجين المسؤؤل عن مرض الحثل العضلي دوشين.

### توسيع النطاق

أن يكون كاس9 ناجعاً في كل جزء من الجينوم يتم توجيهه إليه، فيتعين أن توجد متواليات حمض نووي معينة بالقرب منه؛ ليتم الأمر بنجاح. يُعدّ هذا المطلب سهل التحقق في عديد من الجينومات، ولكنه عسير في بعض التجارب. ويأمل الباحثون أن تمدهم الميكروبات بالإنزيمات التي لها متطلبات مختلفة فيما يتعلق بمتواليات الحمض النووي، بهدف التوسع في عدد المتواليات التي يمكن تعديلها.

تُمكن تقنية كرييسبر-كاس9 العلماء من تعديل الجينومات بصورة عملية عند الحاجة إلى ذلك. وقد شاع استخدامها في المعامل في جميع أنحاء العالم، مع إيجاد استخدامات جديدة لها في الطب وأبحاث العلوم الأساسية. وتُكشّف الحماس الذي اندفع به الباحثون تجاه احتمال وجود نظام جديد يُسمى «ناجو» NgAgo في وقت سابق من هذا العام عن وجود شعور مستتر بالإحباط بشأن كرييسبر-كاس9، ودوافع لإيجاد بدائل. يُعدّ بعض هذه البدائل تنويعات من كرييسبر؛ في حين يوفر البعض الآخر طرقاً جديدة للتحرير الجيني (للإطلاع على المزيد، انظر: [go.Nature.com/2bbgxwb](http://go.Nature.com/2bbgxwb)).

### كاس9 مصغر

يمكن أن يُستخدم نظام كرييسبر-كاس9 في يوم من الأيام لإعادة كتابة الجينات المسؤولة عن الأمراض الوراثية، بيد أن مكونات النظام (التي هي بمثابة إنزيم يُسمى كاس9، وجزء من الحمض النووي الريبوزي RNA ترشده إلى المتواليات المطلوبة) كبيرة إلى درجة لا تسمح بإدخالها إلى الجينوم الخاص بالفيروس، وهي

ناجو، ولكنهما ما زالا يحتاجان إلى التثبيت منها بعمل التسلسل الجيني.

يقول بورجيو: "من الوارد أن ينجح ناجو، ولكن إن نجح؛ فسينطوي استخدامه على تحديات تجعل منه غير جدير بالسعي وراءه، فهو لن يفوق كريسبر بقدر كبير".

ويضيف قائلاً إنه لا يوجد جديد في البروتوكول المراجع على أدجين، إلا النذر اليسير. ويرد في البروتوكول تحذير يوصي بالحفاظ على مستويات المغنسيوم في الخلايا، يعلق عليه بورجيو قائلاً: "لكنه لا يعني أي شيء بالنسبة لي". كما يرد تحذير من التلوث ببكتيريا *Mycoplasma*، ولكن موتوتوليو - الذي فُكر في منح ناجو فرصة أخرى في سبتمبر - يشكك في مسؤوليتها عن جميع المشكلات المُبلَّغ عنها.

ويقول جون فون دير أوست - عالم الأحياء الدقيقة لدى جامعة فاجينينجن في هولندا - إن إخفاق ناجو "سيكون أمراً محبطاً". وقد شارك جون في تحليل لبروتينات Argonaute نُشر عام 2014 وضع حجر الأساس لاستخدامها في تحرير الجينات (D. C. Swarts et al. *Nature* 507, 258-261; 2014). ويضيف: "ولكن حينها سيكون علينا العمل لمعرفة ما إذا كانت نظم Argonaute أخرى يمكنها إنجاز الأمر بطريقة أو بأخرى".

في الأسبوع الأول من أغسطس الماضي، أرسلت دورية نيتشر بيوتكنولوجي *Nature Biotechnology* بياناً إلى فريق أخبار دورية *Nature*، والدوريات مستقلتان تحريراً عن الأخرى، يفيد بأن "العديد من الباحثين" تواصل مع دورية؛ ليفيد بعدم تمكنه من تكرار نتائج هان، وبأن "الدورية اتخذت الإجراءات المتبعة؛ للتحقيق في الأمر".

وتقول جامعة هيبى إنها سوف تطلب من هان أن يعيد التجربة، بحيث يمكن التحقق منها بواسطة طرف مستقل، في غضون شهر، وفقاً للإعلام الرسمي الصيني. ■

شارك في إعداد التقرير: هايدى ليدفورد.

ورقة هان البحثية، التي وصف فيها استخدام ناجو "لِجهاز" على جين خاص ببروتين فلوري. قَلَّ التوهج الفلوري في الخلايا التي عمل عليها تشاكرايوتي، ولذا افترض أن ناجو تَبَّط الجين بالفعل، ولكن إعادة تسلسل الحمض النووي كشفت عن عدم وجود أي دليل على أي جينات محررة. وبالمثل، يصف جان وينتر - طالب الدكتوراة في مجال علم الجينوم في مركز أبحاث السرطان الألماني في هايدلبرج - تجربة مشابهة. يملك هان نظاماً لا يعمل إلا على الخلايا المستنبته في



**«ناجو غير جدير بالسعي وراءه، فهو لن يفوق كريسبر بقدر كبير».**  
جايتان بورجيو

معمله. فقد أخفق حين استخدم خلايا جَلَبَهَا من الخارج، اكتشف لاحقاً أنها ملوثة ببكتيريا *Mycoplasma*. ويقول إنه من الممكن أن تكون المشكلة هي نفسها لدى آخرين، وربما يكون بعض طلاب الدراسات العليا لا يجيدون التعامل مع الكواشف، ويختلف وينتر مع وجهة النظر هذه، قائلاً: "لا أعتقد أن السبب في المشكلة خطأ ارتكبه العلماء". وقد صرَّح لدورية *Nature* أحد الباحثين في الصين (طلب عدم ذكر اسمه في ظل الجدل القائم) بأنه قد اختبر ناجو في بعض أنواع الخلايا، ووجد أنه كان قادراً على تحفيز الطفرات الجينية في المواقع المرغوب فيها، وهي نتيجة تَبَّت من صحتها بعمل التسلسل الجيني. وأضاف قائلاً إن العملية كانت أقل فاعلية من كريسبر-كاس9، "ولكنها - باختصار - ناجحة". وقال عالمان صينيان آخران (طلبا عدم الكشف عن اسميهما) إن لديهما نتائج أولية تُظهر نجاح تقنية

رحلته لزيارة أحد المساهمين في العمل في هانجستو في مارس، هي المرة الأولى التي يستقل فيها طائرة في حياته. وحين تحدث إلى *Nature* في معمله، وفي أحد المطاعم، قال إنه "كان معموراً تماماً" قبل أن ترى ورقته البحثية النور. وظهرت الشكوك حول البحث للمرة الأولى في بداية يوليو، عندما كتب فانج شيمين - المتخصص السابق في الكيمياء الحيوية، الذي اكتسب شهرته من فضحه العلماء المحتالين - على موقعه «نيو ثريديس» (xys.org) New Threads أنه كان قد سمع بتقارير حول إخفاق جهود لتكرار التجربة، وزعم أن ورقة هان البحثية غير قابلة للتكرار. وسرعان ما انتقل النقد إلى العديد من المواقع الصينية.

وفي 29 يوليو، نشر جايتان بورجيو - عالم الوراثة في الجامعة الأسترالية الوطنية في كانبيرا - على مدونته تفاصيل شاملة عن محاولته الفاشلة لتكرار نتائج التجربة. في العادة، تحصل منشوراته على اهتمام العشرات، ولكن هذا المنشور حصل على إعجاب ما يزيد على 5,000 شخص.

وفي اليوم نفسه، أرسل عالم الوراثة لويس موتوتوليو في المركز الوطني الإسباني للتقنية الحيوية في مدريد رسالة إلكترونية لزملائه في المجتمع الدولي لتقنيات التعديل الجيني (ISTT)، ليوصيهم بـ"تجاهل أي مشروع يتضمن استخدام ناجو". وقد تم تسريب الرسالة ونُشرت على موقع فانج.

وقد انتهى مسح أجري على شبكة الإنترنت بواسطة عالم الأحياء الجزيئية بوران ديوارى - من مركز الطب التجديدي التابع للمجلس البريطاني للبحوث الطبية، في إدنبورغ بالمملكة المتحدة - إلى أنه لا يوجد سوى 9 باحثين فقط يقولون إن ناجو صالح، بينما يخالفهم الرأي 97 باحثاً. وفي مجموعة دردشة عبر الإنترنت، يقول باحثان أفادا سابقاً بنجاح ناجو، إنهما كانا مخطئين.

ويقول ديبوجوتي تشاكرايوتي - عالم الأحياء الجزيئية، في معهد علوم الجينوم والأحياء التكاملية، التابع لمجلس البحوث العلمية والصناعية في نيودلهي - إنه كرر قسمًا من

كيم، المتخصص في الهندسة الوراثية في معهد العلوم الأساسية في سول.

### إنزيمات برمجية

لا تزال نظم تحرير جيني أخرى قيد التطوير، على الرغم من أن بعضها مضى على محاولات تطويره الأولى سنوات. ولإنجاز مشروع بكتيري ممتد، لم يتسع معمل تشيرتس على الإطلاق للحصول على كريسبر. وبدلاً من ذلك.. اعتمد الفريق بكثافة على نظام يُسمى «لامبدا ريد» lambda Red، يمكن برمجته لتعديل متواليات الحمض النووي، دون الحاجة إلى حمض نووي ريبسي لإرشاده، ولكن رغم أن دراسة هذا النظام قد استغرقت 13 عامًا في معمل تشيرتس، فإنه لا يعمل إلا على البكتيريا فقط.

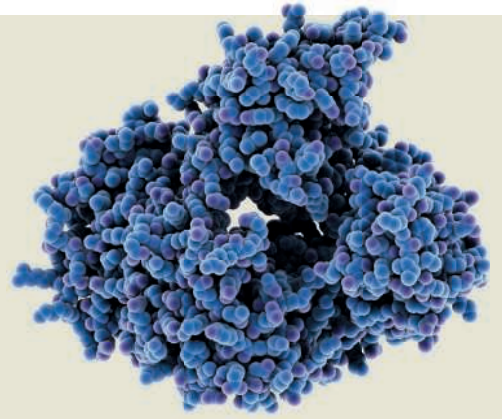
ويقول تشيرتس، وفينج جانج - المتخصص في الهندسة الحيوية لدى معهد برود، التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس - إن معاملهما تعمل أيضًا على تطوير إنزيمات تُسمى «integrases and recombinases» لاستخدامها في التحرير الجيني. ويقول جانج: "باستكشاف إنزيمات متنوعة، يمكننا أن نجعل من صندوق أدوات التحرير الجيني أكثر قوة. ونبغي علينا أن نواصل السعي وراء استكشاف المجهول". **هايدي ليدفورد**

بجامعة مينيسوتا في سانت بول: "يقول الجميع إن المستقبل ينتظر تحرير العديد من الجينات دفعة واحدة، وأنا أقول إننا لا نستطيع اليوم تحرير جين واحد فقط، بكفاءة معقولة".

إنّ التطورات التي شهدتها الأشهر القليلة الماضية منحت فويتاس بعض الأمل.. فقد توصل فريقان من الباحثين إلى تقنيات تعطل كاس9، ثم تربطه بإنزيم يحوّل أحد حروف الحمض النووي إلى حرف آخر. وبأمل فويتاس وآخرون في أن يتيح ربط إنزيمات أخرى بإنزيم كاس9 الفرصة لإجراء تعديلات على أنواع مختلفة من المتواليات.

### استهداف Argonautes

أثار باحثون موجة من الدهشة، عندما زعموا في مايو أن بوسعهم استخدام بروتين من عائلة Argonaute، يُسمى «ناجو» NgAgo؛ لقطع الحمض النووي في مواقع محددة مسبقاً، دون الحاجة إلى حمض نووي ريبسي لإرشاده، أو إلى وجود متواليات جينومية محددة بالجوار (F. Gao et al. *Nature Biotechnol.* 34, 768-773; 2016). بيد أن المعامل أخفقت حتى الآن في تكرار نتائج تلك التجربة. ورغم ذلك.. ما زال هناك أمل في أن تستطيع أنواع أخرى من بروتينات Argonautes أن تخلق قرصاً واحدة، حسبما يقول جين سو



بروتين ينتمي إلى عائلة Argonaute يحدّ واحدًا من البدائل المتعددة لنظام التحرير الجيني كريسبر-كاس9.

البعض. وتنتج عن ذلك إزالات، مثل تلك التي يتطلع إليها العديد من الباحثين، ولكن الباحثين الذين يريدون إعادة كتابة متواليات من متواليات الحمض النووي يعتمدون على مسار تصحيحي مختلف، يمثّلهم من إدخال متواليات جديدة، وهي عملية تتكرر بمعدلات أقل بكثير من معدلات الخطأ التي تحدث عند توصيل الأطراف المقطوعة. وتؤدي هذه الكفاءة المنخفضة إلى مشكلات في عديد من الكائنات، بما في ذلك بعض النباتات. ويقول عالم النبات دانيال فويتاس



# اطبع نسخة ثلاثية الأبعاد من أشباه البشر لكي تعرف كيف ماتت لوسبي

سيساعد المسح الرقمي على معرفة ما إذا كانت *Australopithecus* الشهيرة قد سقطت عن شجرة، أم غير ذلك.

## إوين كاللاوي

أصبحت الحفرية العالمية الأشهر مفتوحة المصدر الآن. فقد تم الكشف عن مسح ثلاثي الأبعاد للوسبي، إحدى أشباه البشر التي عاشت منذ 3.18 مليون عام، وتم العثور عليها في إثيوبيا، وذلك في التاسع والعشرين من أغسطس؛ للسماح لأي شخص بتفحص عظام ذراعها، وكتفها، وركبتها، بل وطباعة نُسخ ثلاثية الأبعاد منها.

يتوافق هذا المسح مع ورقة بحثية نُشرت في دورية *Nature* تقول إن لوسبي، المنحدرة من أسلاف الإنسان، والمنتمة إلى فصيلة *Australopithecus afarensis*، لقيت حتفها بعد سقوطها عن شجرة (J. Kappelman et al., *Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature19332; 2016). أتاح الفريق الذي قدم هذه الورقة البحثية هذا المسح للجمهور، متحمسًا لاختبار باحثين آخرين لفضياتهم عن طريق طباعة العظام.

يقول جون كابلمان، قائد الفريق البحثي واختصاصي علم الإنسان القديم بجامعة تكساس بأوستن: "أنت تصف العظام بالتفصيل في الورقة البحثية شيء، وأنت تتمكن من طباعتها وحملها، والنظر إليها، وصم بعضها إلى بعض، شيء آخر".

وتلقت فريق كابلمان موافقة المتحف الوطني الإثيوبي وحكومة إثيوبيا على إتاحة نماذج لوسبي للعام. يقول كابلمان: "شعرنا بأن الإثيوبيين لا يعتبرون لوسبي كنزهم الوطني فقط، ولكن يرون فيها أيضًا كنزًا للبشرية"، ويأمل كابلمان أن يتيح إثيوبيا قريبًا المسح الرقمي لبقية جسد لوسبي، وأن تحذو الدول الأخرى حذو إثيوبيا فيما يخص حفریات أشباه البشر.

تقول لويس ليكي، عالمة الأحياء القديمة بجامعة ستوني بروك بنيويورك: "لقد قامت إثيوبيا بخطوة إيجابية، قد تشجع الدول الأخرى المترددة على فعل الشيء نفسه".

يقول كابلمان وآخرون إن هذا الإجراء قد يهدد المتاحف المتعثره ماليًا - والعديد منها في أفريقيا - المعتمدة في بقائها على الدخل الذي يدره عرض مجموعات الحفرية.

استغرق التحضير للظهور الرقمي الأول للوسبي 8 سنوات، ومكث ما يصل إلى 40% من بقاياها الكاملة 10 أيام في معمل كابلمان في أغسطس 2008 خلال جولة في الولايات المتحدة. فقد عمل فريق كابلمان ليل نهار؛ لمسح كل قطعة من عدة مئات من القطع العظمية باستخدام جهاز التصوير المقطعي المحوسب.

أظهر الفحص الدقيق كسورًا غير عادية؛ فاحتوت نهاية عضدها الأيمن المتصلة بكتفها على سلسلة من الكسور النظيفه وانضغاطًا يماثل ما يراه جراحو العظام لدى الأشخاص الذين حاولوا تقادي السقوط بفرد أزرعهم. يتوافق الضرر الموجود في حوض لوسبي وكتفها اليسرى وركبتها وكاحلها الأيمن مع السقوط من ارتفاع شاقق. ويقدر فريق كابلمان أن لوسبي قد سقطت عن شجرة، يتجاوز ارتفاعها 10



MARSHA MILLER/UT AUSTIN

عظام ذراع لوسبي أثناء خضوعها للتصوير المقطعي المحوسب.

قد تكون مفيدة، إلا أن ماير يقول إنه لا بدليل عن رؤية الحفرية نفسها. فقد وجد ماير فروقًا واضحة بين *Ardipithecus ramidus* - أحد أشباه البشر الذي عاش منذ 4.4 مليون سنة، وعُثر عليه في إثيوبيا أيضًا - والنموذج الذي درسه. واشتملت هذه الفروق على عيوب وتشوهات موجودة في الحفرية، وغائبة عن النموذج.

## تنزيلات رقمية

تُعدّ النماذج الرقمية من حفریات أشباه البشر نادرة، ولكن القليل منها متوفر. يمكن تنزيل حوالي 100 من 1,500 من البقايا المنسوبة إلى أحد أشباه البشر *Homo naledi*، الذي اكتُشف في عام 2013 في نظام كهفي بجنوب أفريقيا من على موقع: MorphoSource.org، كما يمكن تنزيل نماذج *Australopithecus sediba*، الذي عُثر عليه الفريق نفسه في عام 2008.

يحتوي موقع AfricanFossils.org - الذي يتيح نماذج رقمية تعليمية من حفریات أشباه البشر، وتديره ليكي - على عدة عينات مهمة من كينيا. ويرغم أن النماذج التي يقدمها الموقع كافية للطباعة ثلاثية الأبعاد في عديد من الحالات، فإنها ذات دقة متدنية، وذلك لتجنب انخفاض إيرادات بيع النسخ المادية. يريد كابلمان لمثل هذا الإيراد أن يستمر، باستخدام طرق معينة، مثل عمل نماذج مجانية ذات جودة أقل، وبيع النسخ الرقمية عالية الجودة للباحثين بمقابل مادي. ويقول كابلمان: "نحتاج إلى التعاون من أجل وضع نموذج عمل جيد يمكن هذه المتاحف من أن تُحصل بعض الإيرادات من هذه البيانات".

ورغم ذلك، ترى ليكي أن بيع النماذج سيقلل من حجم الوصول إليها، كما تشير إلى إمكانية تعرضها للقرصنة بسهولة، وتُردف: "وَلت أيام تحبّية مثل هذا المحتوى بعيدًا عن الأنظار؛ فبمجرد أن يتيح النموذج ثلاثي الأبعاد؛ يغدو من المستحيل التحكم فيه". ■

أمتار، وماتت متأثرة بإصابتها الناتجة عن سقوط، الذي بلغت سرعته 60 كيلومترًا في الساعة.

## أصول شجرية

ليس واضحًا مدى الاستعداد الذي كانت عليه لوسبي للعيش بين الأشجار. فقد كانت لوسبي تمشي مستقيمة، ولكن ربما كانت تتمسك بمهارات التكيف الذي ساعد أسلافها على التعايش بين الأشجار، ومع ذلك، فإن هذه الفكرة محل جدل ساخن. يعتقد فريق كابلمان أن لوسبي كانت تنام فوق الأشجار؛ لتجنب الحيوانات المفترسة، ولكنها لم تملك مهارة أسلافها الأكثر شجهاً بالقرود. ويضيف كابلمان: "إنها أشهر حفرية على سطح الكوكب، ومحور جدل حول وجود مرحلة العيش بين الأشجار في تطور الإنسان، ونعتقد أنها ماتت على الأرجح من جُراء السقوط عن شجرة".

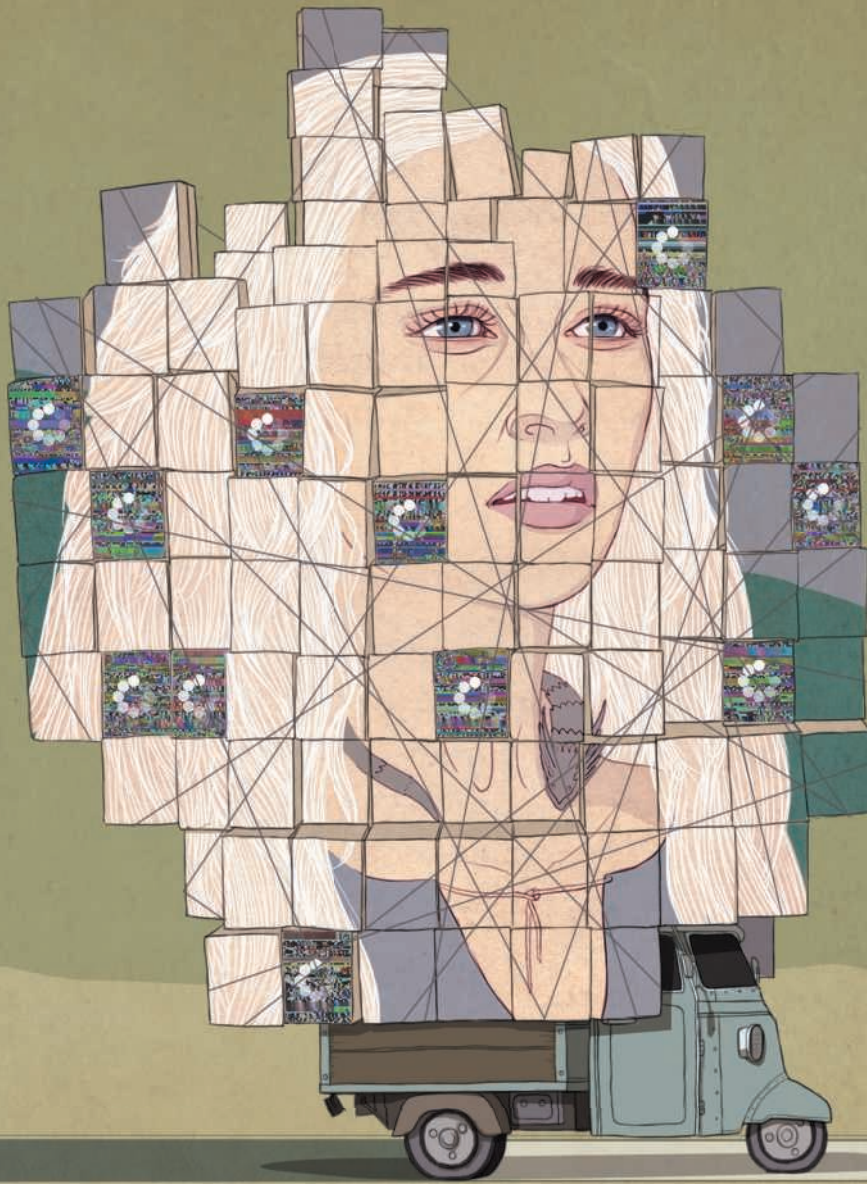
يساور الشك مارك ماير - اختصاصي علم الإنسان القديم بكلية تشافي في رانشو كوكامونجا بولاية كاليفورنيا - الذي تفحص لوسبي حديثًا في أديس أبابا. فعالمًا ما تكسر قروود الشامبازي عمودها الفقري عندما تسقط عن الأشجار، ولكن ماير يوضح قائلاً: "عمود لوسبي الفقري غير متضرر بالقدر المتوقع رؤيته في سقطة مميتة كذلك".

لاحظ مكتشفو لوسبي عظامها المكسورة عندما وجدوها، ولكنهم افترضوا أن هذه الكسور حدثت بعد الوفاة. ويؤيد هذا التفسير دونالد جوهانسن - اختصاصي علم الإنسان القديم في جامعة ولاية أريزونا في تيمبي - الذي عُثر على لوسبي في عام 1974. ويضيف قائلاً إن العظام المكسورة - مثل عظام لوسبي - شائعة في البقايا الحفرية التي عُثر عليها على مقربة منها.

يتحمس كابلمان لأن يختبر الآخرون نظريته. وتتوفر نماذج رقمية لأجزاء من ركة لوسبي اليسرى، وكتفها الأيمن، وذراعها على موقع: e.Lucy.org.

وعلى الرغم من أن العظام المطبوعة، والنماذج الافتراضية





# اختناق النطاق الترددي

الباحثون يتدافعون لإصلاح وتوسيع ممرات نقل البيانات حول العالم،  
للحيلولة دون توقف عجلة ثورة المعلومات.

## جيف هيكت

وعلى الرغم من إحراز تقدّم هائل منذ التسعينات - عندما كان يتعين على مستخدمي الشبكة الأوائل استخدام أجهزة مودم تعمل بطلب رقم المشترك، وتحمل بطء الخدمة - فما زالت شبكة الإنترنت خليط عمل عالمي غير متجانس، مبيّن على نظام هاتفي يبلغ من العمر قريناً من الزمن. استبدلت الخطوط النحاسية التي كانت تشكّل قلب هذا النظام بكابلات من الألياف الضوئية، تحمل تريليونات البتات كل ثانية بين مراكز البيانات الهائلة، إلا أن مستويات الخدمة على الوصلات المحلية أدنى في المستوى من ذلك بكثير. وبالنسبة إلى المستخدم، قد يبدو الاتصال بالإنترنت أشبه بقيادة سيارة على طريق موحل. تهدّد الاختناقات المرورية الرقمية الناتجة عن ذلك بوقف مسار ثورة تكنولوجيا المعلومات. وبإمكان المستهلكين أن يشعروا بهذه القيود بالفعل عندما تتداخل مكالمات الهاتف الجوال في الأوقات المزدحمة، وتباطأ وصلات

في التاسع عشر من شهر يونيو الماضي، ولج إلى شبكة الإنترنت مئات الآلاف من الأمريكيين من عشاق الدراما التلفزيونية «صراع العروش» Game of Thrones؛ لمشاهدة حلقة انتظروها بلهفة؛ فتسببوا - في غضون ذلك - في إخفاق جزئي في خدمة البث عبر الإنترنت، التي تقدمها قناة «إتش بي أو» HBO؛ مما جعل حوالي 15 ألف مشاهد يستشيطون غضباً أمام الشاشات الفارغة لمدة تزيد على الساعة.

اعتذرت القناة عن الواقعة، ووعدت بتفادي تكرارها، إلا أن ما حدث لم يكن سوى مثال واحد اشتهر على نطاق واسع، يدل على مشكلة مُلحة، وهي أنه مع نمو حركة الإنترنت حول العالم بما يقدر بحوالي 22% سنوياً، نجد أن الطلب على النطاق الترددي يتجاوز بسرعة أقصى ما يستطيع مزودو الخدمة تقديمه من مجهودات.

ILLUSTRATION BY RICHARD WILKINSON

الثالث (3GPP). يعمل تفضلي مع هذا الاتحاد؛ لاختبار تقنية الإدخال المتعدد والإخراج المتعدد (MIMO)، وهي في جوهرها طريقة لجعل كل تردد لاسلكي يحمل الكثير من تدفق البيانات في المرة الواحدة، دون السماح لها بالاختلاط والتحول إلى بيانات عديمة النفع. تتمثل الفكرة في وضع هوائيات متعددة على كل من المرسل والمستقبل، مما ينشئ طرقاً كثيرة، تغادر من خلالها الإشارات أحد الهوائيات؛ لتذهب إلى آخر. وتستطيع عملية المعالجة المتطورة للإشارات التمييز بين مختلف المسارات، واستخلاص تدفق مستقل من البيانات من كل منها. تُستخدم تقنية MIMO بالفعل في شبكات الإنترنت اللاسلكي (Wi-Fi)، وشبكات الجيل الرابع، إلا أن صغر حجم الهوائيات الذكية يُقصرها حالياً على أربعة هوائيات بحد أقصى لكل جهاز، والعدد نفسه فيما يخص المحطات القاعدة. وبالتالي، فإن أحد الأهداف الأساسية لبحوث الجيل الخامس هي إقحام المزيد من الهوائيات في تصميم كل من الهوائيات الذكية، والمحطات القاعدة.

وقد طرحت شركات التقنيات اللاسلكية الكبرى أجهزة تعمل بتقنية MIMO، تضم عدداً كبيراً جداً من الهوائيات في المختبرات، وفي المعارض التجارية. ففي المؤتمر العالمي للجوال، الذي انعقد في مدينة برشلونة الإسبانية في فبراير الماضي، أقامت شركة «إريكسون» Ericsson لصناعة المعدات عروفاً داخلية حية لنظام ضمير متعدد المستخدمين، يعمل بتقنية MIMO، وذلك باستخدام هوائي مؤلف من 512 عنصراً؛ لبث 25 جيجا بت في الثانية بين طرفين؛ إحداها ثابت، والاخر يتحرك على قضبان. يمثل هذا النظام الربع الأول من الطريق نحو تحقيق هدف الجيل الخامس بسرعة 100 جيجا بت، وهو يقوم بالنقل عند تردد 15 جيجا هيرتز، وذلك جزء من النطاق عالي التردد المخطط للجيل الخامس. وتعمل شركة الاتصالات اللاسلكية اليابانية NTT DoCoMo مع شركة «إريكسون»؛ لاختبار المعدات خارجياً، كما تخطط شركة «كوريا تليكوم» Korea Telecom حالياً لتنفيذ بيان عملي لخدمات الجيل الخامس أثناء استضافة كوريا الجنوبية دورة الألعاب الأولمبية الشتوية القادمة في عام 2018.

كما أنه ثمة نهج آخر يمكن اتباعه؛ وهو زيادة قدرة الأجهزة على التكيف، فبدلاً من تشغيلها على مجموعة أحادية ثابتة من الترددات، يمكن للجهاز المحمول أن يستخدم ما يُسمى أحياناً «اللاسلكي الإدراكي»، وهو جهاز يستخدم برمجيات؛ لتبديل وصلاته اللاسلكية بأي قناة لاسلكية يتصادف كونها مفتوحة في تلك اللحظة. وكما يقول تفضلي، فإن هذا لن يُبقي على انتقال البيانات تلقائياً عبر أسرع القنوات فحسب، بل سيحسن أيضاً من مرونة الشبكة بإيجاد سبل للالتفاف حول نقاط الفشل. ويضيف قائلاً إن تحسين الأداء باستبدال البرمجيات أسهل كثيراً من فعل ذلك باستبدال الأجهزة.

في غضون ذلك.. نجد أحد التحديات السياسية المهمة أمام عملية الانتقال إلى الجيل الخامس يكمن في إيجاد الطيف اللاسلكي الذي يتيح نطاقاً ترددياً وتغطية كافية. وبالفعل، خصصت الاتفاقات الدولية كل الترددات تقريباً التي يمكن الوصول إليها لاستخدام معين، مثل البث التلفزيوني، أو الملاحة البحرية، أو حتى علم الفلك اللاسلكي. لذا.. سيتعين تأجيل التغييرات النهائية، حتى ينعقد المؤتمر العالمي للاتصالات اللاسلكية في عام 2019، بيد أن لجنة الاتصالات الفيدرالية الأمريكية «FCC» تحاول تصدُر الساحة من خلال طرح ترددات أقل من 1 جيجا هيرتز في مزاد؛ لبيعها لشركات الاتصالات. يقول تفضلي إن هذه الترددات المنخفضة - التي كانت محجوزة ذات يوم للبث التلفزيوني، لكونها أفضل من الترددات الأعلى في اختراق الجدران والعوائق الأخرى، لكن لم تُعد هناك حاجة إليها بعد

تحول التلفزيون إلى البث الرقمي - تتمتع بجاذبية خاصة لخدمة المناطق ذات الكثافة السكانية المتدنية؛ إذ لن يتطلب الأمر إلا بعض المحطات القاعدة القليلة؛ لتوفير خدمة واسعة النطاق للأسر هناك، وتوفير بيانات القيادة للسيارات ذاتية التحكم، التي تسير على الطرق.

ويمكن فتح النطاقات الأخرى الواقعة في المدى الترددي 6-1 جيجا هيرتز لاستخدام الجيل الخامس، بينما يُلقى الجيل الثاني والثالث بشكل تدريجي، لكن أقصى الأمل بالنسبة إلى المناطق الحضرية الكثيفة سكاتياً هو استغلال الترددات الأعلى من 6 جيجا هيرتز، المستخدمة بقله الآن، بسبب مداها القصير جداً. وسيطلب ذلك إقامة محطات قاعدة تعمل بتقنية الجيل الخامس، بمسافة تصل إلى 200 متر بين كل واحدة وأخرى في المناطق الحضرية الكثيفة سكاتياً، أي خمس المسافات الفاصلة المستخدمة لشبكات الجيل الرابع في المناطق الحضرية. وتعتبر لجنة الاتصالات الفيدرالية الفكرة واعدة بشكل كاف، لدرجة أنها أقرت رسمياً في يوم 14 من شهر يوليو فتح هذه الترددات للخدمات عالية السرعة سريعة الاستجابة. وتدرس هيئة «أوفكوم» Ofcom التنظيمية البريطانية اتخاذ خطوات مماثلة.

تبدى الشركات اهتماماً خاصاً بتلك الترددات الأعلى، كوسيلة لمدّ تكنولوجيا الجيل الخامس إلى استخدامات أخرى. ففي الولايات المتحدة، اختبرت شركة الاتصالات اللاسلكية «فيريزون» Verizon واتحاد مكون من مصنعين للمعدات - يضم شركات «إريكسون»، و«سيسكو»، و«إنتل»

البيانات حتى تصل إلى سرعة السلحفاة في مراكز المؤتمرات المكتظة، وتتوقف خدمات بث الفيديوها أثناء أوقات الذروة في معدلات المشاهدة. وللأسف تدرك شركات الإنترنت أن الشبكة اليوم ليست مهيأة على الإطلاق للمستقبل الواعد ببث الفيديوها عالية الوضوح على الأجهزة الجوال، والمركبات ذاتية التحكم، والجراحة عن بُعد، والوجود عن بُعد بتقنيات الواقع الافتراضي، والألعاب التفاعلية ثلاثية الأبعاد التي تستخدم تلك التقنيات هي الأخرى. لهذا السبب ينفقون مليارات الدولارات؛ بغية القضاء على الاختناقات المرورية، وإعادة بناء الإنترنت بشكل ديناميكي، وهو - على نطاق واسع - جهد يُعتبر عالي الأهمية بالنسبة إلى الثورة الرقمية، مثله مثل زيادة القدرة الحاسوبية. وقد دخلت شركة «جوجل» في مشاركة مع خمس شركات اتصالات آسيوية لمدّ كابل ألياف ضوئية يبلغ طوله 11,600 كيلومتر، وتبلغ تكلفته 300 مليون دولار أمريكي بين ولاية أوريغون، واليابان، وتايوان، وقد دخل الخدمة في شهر يونيو الماضي. وتتكف شركتا «مايكروسوفت»، و«فيسبوك» على مدّ كابل آخر عبر المحيط الأطلسي، على أن يدخل الخدمة في العام المقبل. ويقول إريك كرافيلت، الخبير في الكابلات البحرية في شركة «تيلي جيوجرافيا» TeleGeography لبحوث أسواق الاتصالات في العاصمة واشنطن: "تقوم هذه الشركات بخضخ تلك الاستثمارات الكبيرة؛ لدعم أعمالها الخاصة"، إذ لا يمكن لهذه الشركات تحمل الاختناقات.

إن مدّ كابل جديد عالي السرعة هو أحد الإجراءات التحسينية. ويعكف الباحثون والمهندسون أيضاً على تجربة حلول أخرى عديدة، بداية من تسريع شبكات المحمول، وانتهاءً بالشحن التوربيني للحواسن التي تُرَحَّل البيانات حول العالم.

## الجيل الخامس

في الوقت الراهن على الأقل، يسهل نسبياً حل جزء من مشكلة التوسع. فهناك مناطق كثيرة في أوروبا وأمريكا الشمالية مليئة بالألياف «السوداء» بالفعل، وهي بمثابة شبكات من الألياف الضوئية، قام بمدّها مستثمرون متفائلون بشدة، أثناء الفترة المعروفة باسم «فقاعة الإنترنت»، التي انفجرت في عام 2000؛ وهي لم تُستخدم أبداً. واليوم، يستطيع مزودو الخدمة في أغلب الأحوال تلبية الطلب المتزايد بالشروع - ببساطة - في استخدام بعض هذه الألياف السوداء.

مثل هذه الوصلات الدائمة لا تقدم يد العون للهواتف المحمولة وأجهزة تتبع اللياقة البدنية، وأجهزة الواقع الافتراضي التي يتم ارتداؤها على الرأس، وغيرها من الأجهزة الآخذة في الظهور الآن. تشهد حركة نقل البيانات من الأجهزة المحمولة ازدياداً بما يقدر بحوالي 53% سنوياً، غالبيتها سينتهي بها الحال إلى المرور عبر أبراج الهوائيات المحمولة، أو «المحطات القاعدة»، التي توفر تغطية متفوتة، والتي يجب أن يشترك آلاف المستخدمين في نطاقها الترددي.

إنّ الجودة متفاوتة هي الأخرى.. فشبكات الهاتف المحمول من الجيل الأول - التي طرحت لأول مرة في الثمانينات - كانت تستخدم الإشارات التماثلية؛ وقد اندثرت منذ زمن، لكن شبكات الجيل الثاني (2G)، التي أضافت خدمات رقمية - لإرسال الرسائل النصية في أوائل التسعينات - ما زالت تشكل 75% من اشتراكات الهواتف المحمولة في أفريقيا والشرق الأوسط، وقد بدأ للتو للغاؤها تدريجياً في أماكن أخرى. وحتى السنة الماضية، كان أغلب مستخدمي الهواتف المحمولة في أوروبا الغربية يعملون على شبكات الجيل الثالث (3G)، التي دُشنت في أواخر التسعينات؛ للسماح بتقديم خدمات رقمية أكثر تطوراً، مثل الاتصال بالإنترنت.

أما الشبكات التجارية الأكثر تقدماً، فستستخدم الآن الجيل الرابع (4G)، الذي دُشّن في أواخر العقد الأول من القرن الجاري؛ لكي يوفر للهواتف الذكية سرعات واسعة النطاق الترددي تصل إلى 100 ميجا بت في الثانية، وهو يشهد الآن انتشاراً سريعاً، لكن خبراء الصناعة يقولون إن تلبية الطلب المتوقع بحلول عشرينات القرن الحالي سيقضي من مقدمي الخدمة البدء في استخدام تكنولوجيا الجيل الخامس (5G)، التي هي أسرع 100 مرة على الأقل، حيث تُقدّر سرعاتها العليا بعشرات المليارات من البتات في الثانية.

يقول رحيم تفضلي -رئيس معهد نظم الاتصالات في جامعة سري في جيلدفورد بالمملكة المتحدة- إن إشارات الجيل الخامس سيتعين أيضاً تشاركتها على نطاق أوسع كثيراً جداً مما هو ممكن الآن. ويضيف: "الهدف هو إمكانية دعم مليون جهاز في كل كيلومتر مربع"، ما يكفي لاستيعاب شبكة «إنترنت الأشياء» الناشئة، بدءاً من الأجهزة المنزلية المتصلة بالشبكة، حتى أجهزة التحكم في الطاقة، والمراقبة الطبية، والمركبات ذاتية التحكم (انظر: «هندسة الاختناقات»).

يتم تسويق الانتقال إلى الجيل الخامس - مثلما حدث وقت الانتقال إلى الجيلين الثالث والرابع من قبل - من قِبَل اتحاد صناعي احتفظ باسمه إلى الآن، وهو «مشروع مشاركة الجيل

## «تهدّد الاختناقات المرورية الرقمية بوقف مسار ثورة تكنولوجيا المعلومات».

NATURE.COM

للاستماع إلى نشرة صوتية عن تحدي النطاق الترددي، قم بزيارة: [go.nature.com/2zxbk00](http://go.nature.com/2zxbk00)

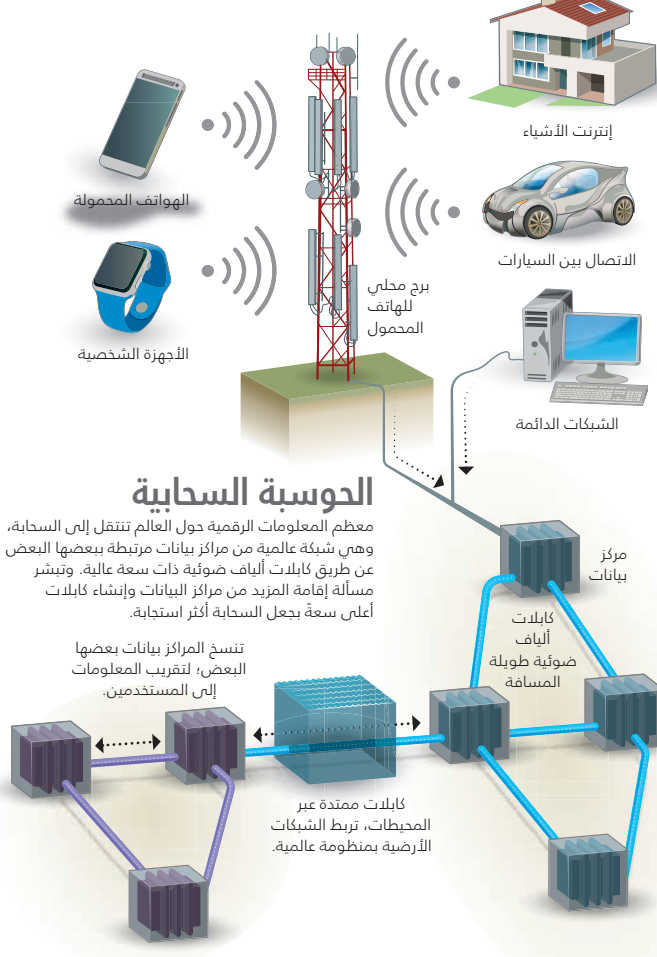


## هندسة الاختناقات

تُبنت شبكة الإنترنت على نظام هاتفين يبلغ من العمر قرناً من الزمن. ولذا.. تظهر به نقاط اختناق كثيرة يجب القضاء عليها؛ للحفاظ على تدفق البيانات.

## قم بتحويل كل شيء ليصبح جَوَّالاً

يشهد الطلب على الوصلات اللاسلكية ازدياداً حاداً، مع زيادة عدد الأجهزة التي تظهر يوماً بعد يوم. يأمل المهندسون أن يلبوا هذا الطلب من خلال شبكات الجيل الخامس (5G)، التي سوف تزيد معدلات البيانات من ملايين إلى مليارات البتات في الثانية.



## الحوسبة السحابية

معظم المعلومات الرقمية حول العالم تنتقل إلى السحابة، وهي شبكة عالمية من مراكز بيانات مرتبطة ببعضها البعض عن طريق كابلات ألياف ضوئية ذات سعة عالية. وتبشر مسألة إقامة المزيد من مراكز البيانات وإنشاء كابلات أعلى سعة يجعل السحابة أكثر استجابة.

تنسخ المراكز بيانات بعضها البعض، لتقريب المعلومات إلى المستخدمين.

لجزم البيانات التي تحمل مكالمات صوتية، أو إطارات فيديو، بحيث تتدفق بسرعة وانتظام عبر شبكة الإنترنت.

إن الخدمات الجديدة والصاعدة، بما فيها الروبوتات التي يتم التحكم فيها عن بُعد، والجراحة عن بُعد، والحوسبة السحابية، والألعاب التفاعلية، هي أيضاً حساسة تجاه مدى استجابة الشبكة. وإلى حد كبير يعتمد الزمن الذي تستغرقه إشارة لتقطع رحلة الذهاب والعودة بين طرفين - ما يُطلق عليه عادةً «زمن الوصول» - على المسافة، ما يشكل جغرافية شبكة الإنترنت. ورغم أن البيانات تنتقل خلال كابل الألياف الضوئية بسرعة 200 ألف كيلومتر في الثانية، أي ما يعادل ثلثي سرعة الضوء في الجو، فإن ضغطه شخص على مفتاح في لندن ستحتاج 86 ملي ثانية لتولّد استجابة من مركز بيانات في سان فرانسيسكو، الواقع على بُعد 8,600 كيلومتر؛ وذلك تأخير قد يجعل الحوسبة السحابية بطيئة جداً.

تتطلب تطبيقات الهواتف المحمولة الصاعدة الآن نطاقاً ترددياً واسعاً مع زمن وصول قصير. فالسيارات ذاتية التحكم مثلاً تحتاج إلى بيانات آنية حول البيئة المحيطة؛ لتحذيرها من الأخطار، بدءاً من الحفر الموجودة في الطريق، حتى وقوع حوادث في الطريق أمامها. كما أن السيارات التقليدية تحول الآن إلى مراكز أعصاب لاسلكية، حيث تحتاج إلى زمن وصول قصير لأنظمة تحكم صوتي لاسلكية.

وئمة تحذّر هائل محتمل، يتمثل في ظهور أنظمة الواقع الافتراضي ثلاثية الأبعاد. تتطلب الألعاب التفاعلية ثلاثية الأبعاد انتقال البيانات بسرعة 1 جيجا بت في الثانية، أي ضعف سرعة تشغيل فيديو نمطي من قرص بلو راي، لكن الأهم من ذلك أنه يلزم إعادة كتابة الصورة على الأقل 90 مرة في الثانية؛ للحاق بسرعة إدارة المستخدمين رؤوسهم لمشاهدة

«ونوكيا»، و«سامسونج» - البث بتردد 28 جيجا هيرتز في مواقع في نيوجيرسي، وماساتشوستس، وتكساس. يستخدم هذا النظام تكنولوجيا الجيل الخامس؛ لإيصال البيانات بسرعة جيجا بت واحدة في الثانية، كما تعمل «فيريون» على تكييفه للاستخدام في الوصلات اللاسلكية الثابتة إلى المنازل؛ وهو ما تخطط لإختباره في العام المقبل. وقد ظلت الشركة تروّج للوصلات اللاسلكية الثابتة كبديل للوصلات السلكية، لأن تكاليف التوصيل أقل بكثير.

## ممرّات أكبر

"عندما أُخْرِجَ هاتفني المحمول، يراه الجميع كجهاز اتصال لاسلكي"، كما يقول نيل بيرجانو، مسؤول التكنولوجيا في شركة TE SubCom لصنع الكابلات البحرية، التي تتخذ من إيتون تاون بولاية نيوجيرسي مقراً لها. ويضيف بيرجانو: "يمكن للمستخدمين التنقل من مكان إلى آخر، لكن الشبكة لا تنتقل". وعندما يستخدم شخص ما الهاتف، يتم تحويل إشارته اللاسلكية في أقرب محطة قاعدية إلى إشارة ضوئية، تنتقل بعد ذلك إلى وجهتها عبر ألياف ضوئية ثابتة.

تمثل قنوات البيانات الزجاجية المرنة تلك العمود الفقري لشبكة الاتصالات العالمية منذ أكثر من ربع قرن. لا شيء يمكن أن يضاها نطاقها الترددي؛ إذ تستطيع اليوم وحدة واحدة من الألياف الرفيعة كالشعرة إرسال 10 تيرا بت (ما يعادل تريليون بت) في الثانية، عبر المحيط الأطلسي. وتساوي هذه السرعة 25 قرص بلو راي مزدوج الطبقة في الثانية، وتبلغ سعتها 30 ألف مرة سعة أول كابل ألياف عابر للأطلسي، مُد في عام 1988. جاءت غالبية تلك الزيادة عندما تعلم المهندسون كيفية إرسال 100 إشارة منفصلة عبر وحدة ألياف واحدة، كل منها له طول موجي مستقل. ومع مواصلة الحركة المرورية ازديادها في المسارات المستخدمة بكثرة، مثل المسار من نيويورك إلى لندن، يجد هذا النهج نفسه في مواجهة بعض القيود الصعبة.. فالتشوّه والضوضاء اللذان يتراكان حتمًا لدى مرور الضوء على امتداد آلاف الكيلومترات من الزجاج جعلنا من المستحيل عملياً إرسال أكثر من 100 جيجا بت في الثانية على طول موجي أحادي. وللتغلب على ذلك.. طوّر المصنّعون نوعاً جديداً من الألياف. ففي حين ترسل الألياف الاعتيادية الضوء خلال نواة من الزجاج فاقد النقاء، يبلغ سمكها 9 ميكرومترات، وتمتد في المنتصف، ينشر التصميم الجديد الضوء على منطقة مركزية أكبر، بكثافة أقل؛ مما يحدّ من الضوضاء. أما العيب الذي يظهر في المقابل، فهو أن الألياف الجديدة أكثر حساسية للانشاء والمطّ؛ ما قد يتسبب في ظهور أخطاء. لكنها تعمل بشكل جيد جداً في الكابلات البحرية؛ إذ توفر أعماق البحر بيئة مستقرة وآمنة، لا تضغط بشدة على الألياف.

في العام الماضي، أرسلت شركة أنظمة الشبكات «إنفينيرا» Infinera - التي تتخذ من صيفال بكاليفورنيا مقراً لها - إشارات أحادية الطول الموجي بسرعة 150 جيجا بت في الثانية، عبر ألياف واسعة المساحة، تمتد على مسافة 7,400 كيلومتر، أي أكثر من ثلاثة أضعاف المسافة الممكنة باستخدام الألياف الاعتيادية، وبسهولة كافية لعبور الأطلسي. وأرسلت الشركة أيضاً إشارات بسرعة 200 جيجا بت في الثانية عبر مسافة أقصر.

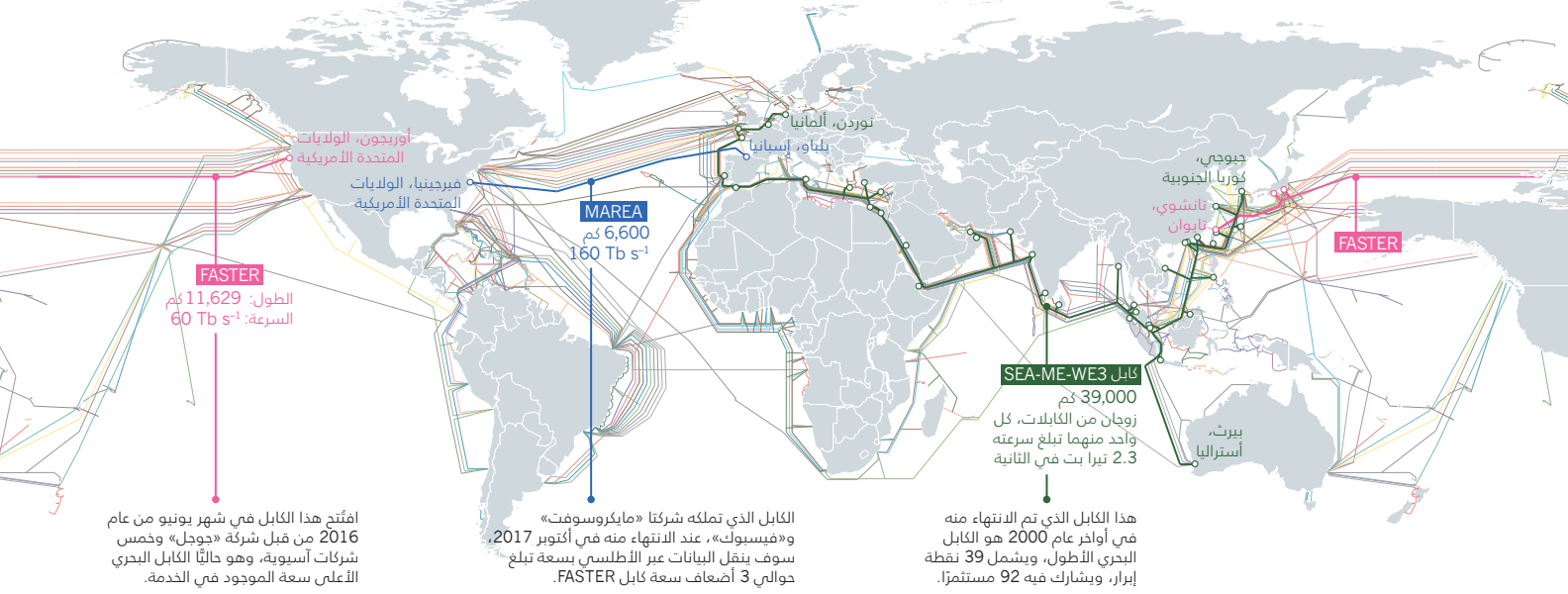
إن الكابل البحري التجاري الأعلى سعة الموجود الآن في الخدمة هو نظام FASTER، الذي تبلغ سرعته 60 تيرا بت في الثانية، وقد افتُتح في شهر يونيو الماضي بين أوريغون واليابان. وهو يرسل إشارات بسرعة 100 جيجا بت في الثانية على 100 طول موجي في كل زوج من الأزواج الستة من الألياف واسعة النواة، لكن في أواخر شهر مايو الماضي، أعلنت شركتنا «مايكروسوفت»، و«فيسبوك» بشكل مشترك عن خطط للتفوق على هذا الكابل بكابل MAREA اللبّي واسع المساحة، الذي يغطي المسافة البالغة 6,600 كيلومتر، الممتدة بين ولاية فرجينيا وإسبانيا. وعند الانتهاء من هذا الكابل في شهر أكتوبر عام 2017، فإنه سوف يربط مراكز البيانات التابعة للشركتين على الجانبين المتقابلين من الأطلسي بسرعة 160 تيرا بت في الثانية. وقد قامت مجموعة عمل في جامعة كاليفورنيا في سان دييجو العام الماضي بعرض نهج آخر؛ لتقليص الضوضاء التي تحدّ من الأداء.. فعادةً تستخدم أنظمة الألياف الضوئية أشعة ليزر منفصلة لكل طول موجي، لكن التفاوت العشوائي الضئيل يمكنه أن يولّد بعض الضوضاء. ولذا قامت المجموعة بدلاً من ذلك باستخدام تقنية تُعرف باسم «تمشيط الترددات»؛ لتوليد سلسلة من الأطوال الموجية المتباعدة بمسافات مماثلة، من شعاع ليزر أحادي (E. Temprana et al. Science 348, 1445-1448; 2015). يقول المهندس الكهربائي نيكولا أليك - وهو عضو في الفريق - إن "التقنية عملت بصورة ممتازة لخفض الضجيج. ومع مزيد من التطوير، يمكن لهذا النهج أن يضاعف معدل البيانات التي تنقلها أنظمة الألياف الضوئية".

## زمن الرحلة

إن النطاق الترددي الضخم شيء مفيد، لكن السرعة مهمة أيضاً، فالأحداث التي يجريها البشر شديدة الحساسية للمقاطع، لدرجة أن التأخير بمقدار ربع الثانية يمكنه تعطيل محادثة هاتفية، أو محادثة فيديو. كما يتطلب الفيديو معدل إطارات ثابتاً، وبالتالي يتعطل البث عندما تنفذ قائمة انتظار الإدخال. وللتغلب على مثل هذه المشكلات، تسمح قواعد لجنة الاتصالات الفيدرالية بأكواد خاصة تعطي أولوية المرور



معظم الحركة المرورية لشبكة الإنترنت حول العالم يحدث تحت سطح المحيط، من خلال كابلات من الألياف الضوئية التي يمكن مدّها عند قاع البحر لمسافة آلاف الكيلومترات. وبقومًا بعد يوم تمد الشركات كابلات أكثر، وأفضل أداءً.



SOURCE: TELEGRAPHY

معالجات دقيقة منفصلة تعمل بالتوازي في الشريحة ذاتها. يتطلب ذلك وصلات عالية السرعة داخل الشريحة. وإحدى طرق إنشاء هذه وصلات تعتمد على استخدام الضوء، الذي يمكنه نقل البيانات بشكل أسرع مما يمكن للإلكترونات فعله.

وتمثل العقبة الأكبر في دمج عناصر ضوئية ميكروية الحجم مع إلكترونيات من السيليكون، لكن بعد سنوات من البحوث حول «فوتونيات السيليكون»، لم يجد المهندسون حتى الآن طريقة لتوليد الضوء من السيليكون بكفاءة. وهي خطوة أساسية في المعالجة الضوئية للمعلومات. ويمكن ربط أفضل مصادر الضوء شبه الموصلة - مثل فوسفيد الإنديوم - بشرائح السيليكون، لكن من الصعب جدًا أن تنمو مباشرة على السيليكون؛ لاختلاف المسافات بين ذراتها. وقد تم دمج العناصر الضوئية والإلكترونية في فوسفيد الإنديوم، لكن على نطاق صغير فقط حتى الآن.

وفي محاولة لتوسيع نطاق الدمج الفوتوني حتى يصل إلى المستوى التجاري، دشنت الولايات المتحدة في العام الماضي المعهد الأمريكي لتصنيع الفوتونيات المتكاملة في مدينة روتشستر بولاية نيويورك، المدعوم بمبلغ 110 ملايين دولار من هيئات فيدرالية، و502 مليون دولار من الشركات العاملة في هذا المجال، ومصادر أخرى. يهدف المعهد إلى تطوير تقنية كفاء لصنع فوتونات متكاملة للتطبيقات عالية السرعة، بما في ذلك تقنيات الاتصال بالألياف الضوئية والحوسبة. على صعيد منفصل، أجرى فريق ممول من كندا في وقت سابق من هذا العام بيانًا عمليًا لدائرة متكاملة فوتونية، تحتوي على 21 مكونًا فعليًا يمكن برمجتها لأداء ثلاث دالات منطقية مختلفة (W. Liu *et al. Nature Photon.* 10, 190-195; 2016).

وكانت تلك خطوة مهمة بالنسبة إلى المعالجات الدقيقة الفوتونية، إذ تماثل في تعقيدها أولى الشرائح الإلكترونية القابلة للبرمجة، التي فتحت الباب أمام أجهزة الكمبيوتر المصغرة. يقول جيانبنج ياو، المشارك في تأليف الدراسة، وهو مهندس كهربائي في جامعة أوتاوا في كندا: "مقارنة بالإلكترونيات الموجودة حاليًا، فالأمر بسيط، لكن مقارنة بالدوائر المتكاملة الفوتونية، فالأمر معقد جدًا".

وبمزيد من التطوير، قد تظهر تطبيقات متنوعة. فعلى سبيل المثال، يقول ياو إنه بعد تحسين الشريحة، ورفع مستوى عملها إلى المستوى الأمثل للتصنيع، يمكنها عندئذ تحويل إشارة هاتف جوال من الجيل الخامس، استقبلتها محطة قاعدية، إلى إشارة ضوئية تماثلية، يمكن إرسالها بعد ذلك بالألياف الضوئية إلى منشأة مركزية، ثم ترقيتها. إن السعي وراء شرائح أسرع يُعدّ تحديًا صعبًا، شأنه شأن الجوانب الأخرى من مشكلات الإنترنت، لكن الباحثين - من أمثال بيرجانو - يرون إمكانية كبيرة لتحقيق تحسينات؛ فبعد 35 سنة من العمل على الألياف الضوئية، يقول: "ما زلنا متفائلًا جدًا حيال المستقبل". ■

جيف هيكت كاتب مستقل، مقيم في أوبرنديل، ماساتشوستس.

الحدث، على حد قول ديفيد ويتنجيل، عالم الحاسوب بجامعة بوردو في ويست لافايت بولاية إنديانا. فلو تأخر بث البيانات، يصاب المستخدم بدوار الحركة، وللحيلولة دون حدوث ذلك، قام ويتنجيل بمد خط ليفي خاص، تبلغ سرعته 10 جيجا بت في الثانية إلى مختبر الواقع الافتراضي الخاص به.

ولتسريع الاستجابات، تقوم شركات الإنترنت الكبرى - مثل جوجل، ومايكروسوفت، وفيسبوك، وأمازون - بتخزين نسخ مكررة من بياناتها في مزارع خوادم متعددة حول العالم، وتقوم بتوجيه الاستفسارات إلى أقربها. يقول جيف بينيت، مدير الحلول والتكنولوجيا بشركة «إنفينيرا»، إن نسخة الفيديو المخزنة مؤقتًا في أحد مراكز البيانات المحلية تسمح للمشاهدين بالتقدم في الفيديو بشكل سريع، كما لو كان هذا الملف مخزنًا على جهاز منزلي، لكن تكاثر مراكز البيانات تلك هو أيضًا واحد من أكبر محركات الطلب على النطاق الترددي، كما يقول؛ إذ إن الجهود التي يبذلها المودرون لمزامنة مراكز البيانات الخاصة حول العالم تستهلك الآن نطاقًا تردديًا أكبر من حركة المرور العامة على الإنترنت. ولذلك يجري الآن تسريع إنشاء الكابل الخاص بشركتي «مايكروسوفت»، و«فيسبوك»، (انظر: «الشبكة البحرية»).

## «يمكن للمستخدمين التنقل من مكان إلى آخر، لكن الشبكة لا تتنقل».

وحتى الآن، يوجد معظم مراكز البيانات حيث يوجد العملاء والكابلات، أي في أمريكا الشمالية، وفي أوروبا وشرق آسيا. يقول كرايفيلت: "أجزاء كثيرة من العالم ما زالت تعتمد على طرق الوصول عن بُعد إلى المحتوى غير المخزن محليًا". ويضيف قائلًا إن أمريكا الجنوبية بها قليل من مراكز البيانات، وبالتالي فإن قدرًا كبيرًا من المحتوى يأتي من ميامي في فلوريدا، المتصلتين بشكل جيد؛ إذ قد يتم توجيه حركة المرور بين شيلي والبرازيل عبر ميامي؛ لخفض التكاليف، لكن على حساب زمن الوصول. المشكلة ذاتها موجودة في الشرق الأوسط، حيث يجب نقل 85% من الحركة المرورية الدولية إلى مراكز في أوروبا، بيد أن كرايفيلت يقول إن الأمر يتغير الآن، لكن التقدم فيه بطيء بعض الشيء. ومن جانبها، دشنت خدمات أمازون ويب Amazon Web Services مركز البيانات السحابية الأول لها في الهند في العام الماضي في مومباي، وقد كان لديها مركز آخر مماثل في مدينة ساو باولو في البرازيل منذ عام 2011.

### الاتصالات الداخلية

إن النطاق الترددي عالي الأهمية كذلك على أصغر المستويات، أي في شرائح خوادم مراكز البيانات، وبين الشرائح وبعضها. وإمكان توسيع نطاق التدفق هنا أن يساعد المعلومات في التحرك في مراكز البيانات، والوصول إلى المستخدمين بشكل أسرع. وقد استقرت سرعات الساعة الخاصة بالشرائح - أي مدى سرعة عملها - عند عدد قليل من الجيجا هيرتز منذ سنوات عدة؛ وذلك بسبب مشكلات السخونة، بيد أن الطريقة الأكثر عملية لتسريع المعالجات بشكل كبير تكمن في تقسيم العمليات التي تؤديها بين «أنوية» متعددة، وتلك





# محيط من البلاستيك

يدرك العلماء أن ثمة كمية هائلة من البلاستيك في المحيطات، ولكنهم لا يعرفون جميع أماكن وجودها، ولا كيف تبدو، ولا الأضرار التي تُسببها.

دانيل كريسي

في وسط المحيط الهادئ، تتراكم فيها جسيمات البلاستيك، حيث يقوم متطوعون بالمشاركة في عمليات تنظيف الشواطئ في جميع أنحاء العالم. ويتخلف البحث العلمي عن تحرّي القلق الشعبي إلى حد كبير؛ فلا يزال العلماء يجاهدون للإجابة على الأسئلة الأساسية، من قبيل: ما هي كمية البلاستيك الموجودة في المحيطات، وأين توجد، وما أشكالها، وما الأضرار التي تسببها. ويرجع هذا إلى حقيقة أن البحث العلمي في البحار والمحيطات أمر صعب، وباهظ التكلفة، ويستغرق الكثير من الوقت. فمن الصعب إجراء مسح شامل للمحيطات الشاسعة، بحثًا عن الأجزاء البلاستيكية الصغيرة - التي تكون دقيقة الحجر في بعض الأحيان - وقلة من الباحثين فقط هم من جعلوا من هذه المهمة عملهم الأساسي.

وقد بدأ الاهتمام يزداد في الوقت الراهن. يقول ماركوس إريكسن، مدير البحوث والمؤسس المشارك لمعهد «فايف جايز» في سانتا مونيكا بكاليفورنيا، الذي يعمل على مكافحة التلوث بالبلاستيك: "لقد نُشرت في السنوات الأربع الأخيرة أبحاث ودراسات أكثر من كل ما نُشر في العقود الأربعة السابقة". ويدرك العلماء ودعاة حماية البيئة أن هناك الكثير مما يجب عمله. وفي مايو الماضي، أصدر برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) قرارًا في الاجتماع الذي عُقد في نيروبي، ينص على أن "وجود النفايات البلاستيكية والجسيمات البلاستيكية الدقيقة في البيئة البحرية مسألة خطيرة، تزايدت بخطى سريعة، وتحظى باهتمام عالمي، وتحتاج إلى استجابة عالمية عاجلة".

## من أين تأتي المخلفات البلاستيكية؟

في عام 2014، رفع فريق من الحديقة البحرية التي تحمل اسم «النصب التذكاري القومي

شاطئ كامبلو، الذي يمتد على طرف جزيرة هاواي الكبرى، هو شاطئ استوائي بعيد، يمتاز برماله البيضاء، وأمواجه القوية، ولا يمكن الوصول إليه عن طريق البر. إنه - في الواقع - يتميز بالكثير من الصفات التي تجعل منه الشاطئ الاستوائي المثالي، ولكن ثمة أمر واحد لا يمكن التغاضي عنه.. إنه مغطى عادةً بسجادة من المخلفات البلاستيكية.

زجاجات بلاستيكية، وشبّاك صيد، وحبّال، وأحذية، وفُرَش أسنان من بين أطنان النفايات التي تجرفها الأمواج إلى هنا، وذلك بفضل مزيج من التيارات المحيطية والدوامات المحلية. وقد أفادت دراسة أجريت في عام 2011 أن طبقة الرمل السطحية قد تحتوي على ما يصل إلى 30% من وزنها من المواد البلاستيكية. وقد أصبح ذلك الشاطئ يُعرف بأنه أفقر شاطئ في العالم، ويُعدّ دليلًا واضحًا ومروّعًا على مقدار المخلفات البلاستيكية التي يلقيها البشر في محيطات العالم.

في كل بيئة بحرية درسها العلماء، من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي، ومن السطح إلى الرواسب، وجدوا مخلفات بلاستيكية. المخلفات الأخرى التي يتسبب فيها البشر تتعفن، أو تتحلل؛ فتتلاشى، ولكن البلاستيك يمكن أن يستمر لسنوات، مما يتسبب في قتل الكائنات البحرية، وتلويث البيئة، وإفساد السواحل. ووفقًا لبعض التقديرات، يشكل البلاستيك 50 إلى 80% من المخلفات الموجودة في المحيطات. وتقول كارا لافندر لو، عالمة المحيطات في جمعية التوعية البحرية في وود هول بولاية ماساتشوستس: "ثمة أماكن لا تجد فيها مخلفات بلاستيكية، لكن من حيث المسطحات البحرية المختلفة؛ وجدنا بلاستيك في جميعها. إننا نعلم جيدًا أنه منتشر بشدة".

تنتقل الصحف الكثير من الأخبار عن "رقة قمامة المحيط الهادئ العظمى"، وهي منطقة

BOB DAEMRICH/POLARIS/EYEVINE



موثوقة. ومن ثم، فإنهم مضطرون - بدلاً من ذلك - للاعتماد على التقديرات والاستقراء. وفي بحث نُشر في العام الماضي، قام فريق بحثي تقوده جينا جامبيك - التي تُجرى أبحاثاً في إدارة النفايات في جامعة جورجيا في أثينا - بتقدير كمية النفايات التي تصدر عن البلدان والأقاليم الساحلية، وكمية البلاستيك التي قد تشملها، وينتهي بها المطاف في المحيط. وتوصل الفريق إلى رقم يتراوح بين 4.8 مليون، و12.7 مليون طن سنوياً، وهو ما يعادل تقريباً 500 مليار زجاجة مشروبات بلاستيكية. ولم تتضمن تلك التقديرات البلاستيك الذي يُفقد، أو الذي يتم التخلص منه في البحر، وجميع كميات البلاستيك الموجودة بالفعل هناك.

ولفهم هذا الأمر، اتجه بعض الباحثين للصيد بالشباك، واستخدموا شباكاً دقيقة؛ لبروا ما الذي يمكنهم اصطياده من البلاستيك. وفي العام الماضي، نشر عالم المحيطات إريك فان سييل - من إمبريال كوليدج لندن - وزملاؤه واحدة من أكبر مجموعات البيانات من هذا النوع. وقد جمعوا معلومات مستمدة من 11,854 شبكة صيد، من كل المحيطات، باستثناء القطب الشمالي؛ لإنتاج "قائمة عالمية" بقطع البلاستيك الصغيرة العائمة على السطح، أو بالقرب منه. وقد قُدروا في عام 2014 أن هناك ما بين 15 - 51 تريليون قطعة من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة عائمة في المحيطات، ويتراوح وزنها الإجمالي من 93 - 236 ألف طن. وهذه الأرقام تضع العلماء أمام مشكلة، فهذا التقدير لإجمالي البلاستيك الموجود على السطح ليس إلا جزءاً صغيراً من الكمية التي قُدّرت جامبيك أنها تصل إلى المحيطات كل عام، فأين الكمية المتبقية؟ تجيب جامبيك: "هذا هو السؤال الكبير، وهو سؤال شديد الصعوبة".

يحاول الباحثون التوصل إلى إجابات لهذا السؤال، فتعمل جامبيك الآن بمساعدة تطبيق على الهاتف المحمول، يُدعى Marine Debris Tracker، أو «متتبع المخلفات البحرية»، الذي يوفر وسيلة لتجميع كميات هائلة من البيانات؛ حيث يرسل مستخدمو التطبيق معلومات عن النفايات التي يجدونها في طريقهم. كما أنها تعمل أيضاً على مشروع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة؛ لبناء قاعدة بيانات عالمية لمشروعات المخلفات البحرية.

### أين توجد هذه المخلفات؟

أدى عدم تطابق تقديرات كميات البلاستيك التي تصل إلى المحيطات، والكمية التي تم رصدها بالفعل إلى ظهور ما يُعرف باسم مشكلة "البلاستيك المفقود". ويضاف إلى ذلك اللغز أن البيانات الواردة من بعض المواقع لا تظهر فيها زيادة ملموسة في تركيز البلاستيك خلال السنوات الأخيرة، على الرغم من أن الإنتاج العالمي منه في ارتفاع متواصل.

انصبّ الاهتمام العام على رقعة قمامة المحيط الهادئ العظمى، حيث يتجمع البلاستيك بفضل تيار محيطي يُدعى "الدوامة المحيطية"، غير أن الاسم "رقعة قمامة المحيط الهادئ العظمى" - في حد ذاته - اسم مغلوط إلى حد ما؛ فمَنْ يذهب إلى هناك لن يجد أكواماً من القمامة البحرية. وقد أشارت دراسة أجريت عام 2001 إلى وجود 334.271 قطعة من البلاستيك في الكيلومتر المربع الواحد في تلك الدوامة<sup>7</sup>، وهذه أكبر حصيلة سُجلت في المحيط الهادئ، ولكنها لا تزال تعني وجود عدد صغير في كل ثلاثة أمتار مربعة.

وتشير النمذجة التي وضعها فان سييل وزملاؤه إلى أن التراكيزات قد تكون أعلى بعدة

البحري الأمريكي «Papahānaumokuākea» - التي تقع قبالة الساحل الشمالي الغربي لهاواي - شبكة صيد من المسطح المائي، ووزنها 11 طناً ونصف طن، أي ما يعادل وزن إحدى حفلات لندن تقريباً. ويُعتقد أن الشباك وغيرها من معدات الصيد التي قُذرت أو أُلقيت في البحر تشكل جزءاً كبيراً من المخلفات البلاستيكية في البحار. ويشير أحد تقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن معدات الصيد "المفقودة" هذه تشكل 10% من مجموع النفايات البحرية، أو حوالي 640 ألف طن. وهناك ما هو أكثر من ذلك بكثير؛ فالإنتاج العالمي من البلاستيك يزداد كل عام، ويصل الآن إلى حوالي 300 مليون طن، وهناك جزء كبير منه ينتهي به الحال في المحيطات. فالنفايات البلاستيكية تُترك على الشواطئ، وتطير الألباس البلاستيكية إلى البحر، ويمكن للكميات الهائلة من البلاستيك التي تُلقى في أماكن دفن النفايات أن تتجرف، أو تحركها الرياح بسهولة، إذا لم يتم التعامل مع هذه المواقع وإدارتها بصورة مناسبة. وثمة مصادر أخرى أقل وضوحاً، مثل الإطارات المهترئة، حيث إنها تترك شذرات صغيرة على الطرق، ثم تنتقل إلى المصارف، ومنها إلى المحيطات.

في بحث أجري عام 2014، قام إريكسن وفريقه البحثي بتحليل بيانات عن الأصناف التي عُثِر عليها في سلسلة من الحملات في مختلف محيطات العالم، وقُدروا أنه، وفقاً للوزن، فإن 87% من قطع البلاستيك العائمة حجمها أكبر من 4.75 ملم<sup>3</sup>. وشملت القائمة عوامات، وشرايط، وشباكاً، ودلاءً، وزجاجات، وأكياساً (انظر: «بحر من البلاستيك»)، ولكن عندما أُحصيت القطع عدداً؛ شكّلت القطع البلاستيكية الكبيرة 7% فقط من إجمالي النفايات. يتفتت الكثير من المواد البلاستيكية بفعل أشعة الشمس الحادة، وهجمات الأمواج، حتى تصل في نهاية المطاف إلى أحجام دقيقة، وهناك مواد بلاستيكية أخرى تكون صغيرة الحجم أصلاً، مثل «الميكروبيدات»، التي تضاف إلى منتجات فركّ الوجه «سكراب»، وغيرها من مستحضرات التجميل، التي تنتقل إلى المصارف بدورها.

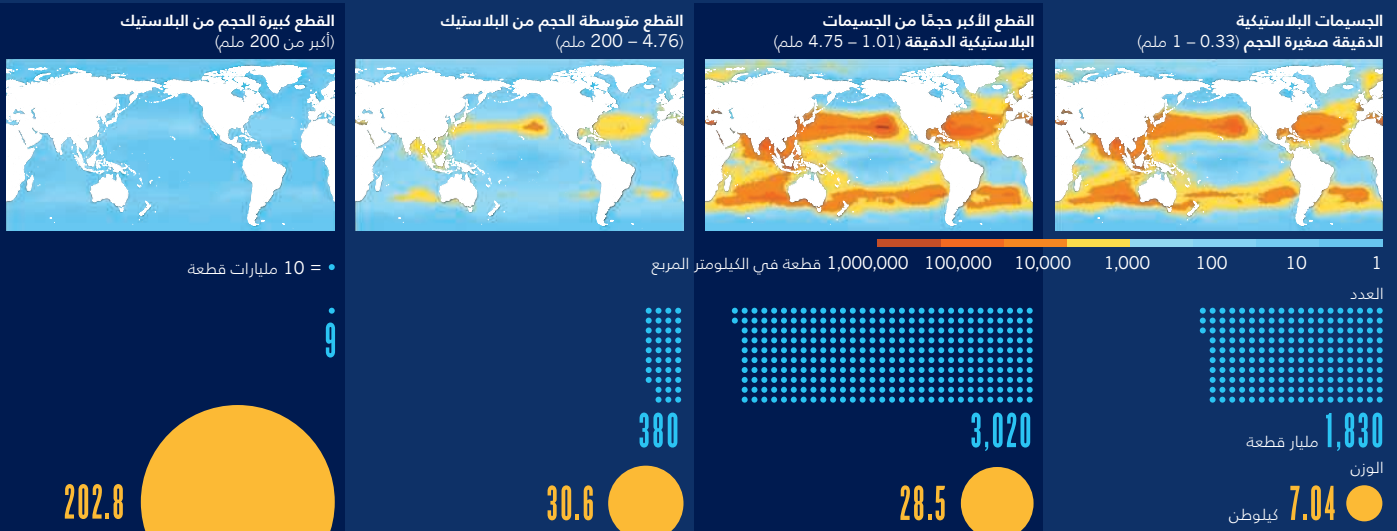
تُرآيد الفلق حول الجسيمات البلاستيكية الدقيقة هذه منذ عام 2004، عندما قام ريتشارد تومسون - الذي يُجرى أبحاثاً عن النفايات البلاستيكية في المحيطات في جامعة بليموث في المملكة المتحدة - بصياغة هذا المصطلح، (وكثيراً ما يُستخدم الآن للإشارة إلى القطع التي يقل قطرها عن 5 مليمتراً). وقد وجد فريقه جسيمات بلاستيكية دقيقة في معظم العينات المأخوذة من 18 شاطئاً من الشواطئ البريطانية، وكذلك في عينات العوالق التي جُمعت من بحر الشمال من تاريخ يعود إلى ستينات القرن العشرين<sup>4</sup>. ومنذ ذلك الحين، ارتفع عدد الأبحاث التي تستخدم هذا المصطلح ارتفاعاً ملحوظاً، ويحاول الباحثون الإجابة على أسئلة تتراوح بين مدى سُميّة هذه المواد، إلى كيفية توزيعها في جميع أنحاء العالم.

### كم تبلغ كميتها؟

إذا كان مسح المحيطات بحثاً عن البلاستيك مكلفاً وصعباً على السطح، فإنه أكثر صعوبة في الأعماق؛ حيث يفتقر الباحثون إلى عيّات من مناطق كثيرة جداً من أعماق البحار، لم تُسَبَر أعوارها على الإطلاق. وحتى إذا ما تمكنوا من مسح كل هذه المناطق، فالتحيز سيكون خفيفاً إلى درجة تستدعي اختبار كميات ضخمة من المياه؛ للحصول على نتائج

## بحر من البلاستيك

قُدّرت دراسة أجريت في عام 2014 أن هناك أكثر من 5 تريليونات قطعة بلاستيكية، تزن أكثر من 250 ألف طن، تطفو على سطح محيطات العالم. تشكل القطع الصغيرة الغالبية العظمى من هذه القطع وفقاً للعدد، ولكن الأجسام الكبيرة تشكل الوزن الأكبر. تُسبب التيارات المحيطية تراكُم المخلفات البلاستيكية في "رقع القمامة" في شمال المحيط الهادئ، وشمال المحيط الأطلنطي.



تلك التأثيرات الضارة في بحث لونغستيد - وهي من 10-80 جسيمًا لكل لتر - لا تزال أعلى بعدة درجات أُسِّيَّة من الغالبية العظمى من القياسات الميدانية. ويوضح أن معظم التقارير تشير إلى أقل من جسيم واحد في اللتر، مضيقًا: "تشير الأدلة التي أراها حاليًا إلى أن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة لا تزال - على الأرجح - في نطاق الحدود البيئية الآمنة في معظم الأماكن".

### ماذا الذي يجب أن نفعله؟

على الرغم من عدم توفر بيانات شاملة حول المخلفات البلاستيكية في المحيطات، فثمة إجماع واسع النطاق بين الباحثين على أنه يتعين على البشر ألا ينتظروا مزيدًا من الأدلة، قبل الإقدام على أي إجراء. ومن ثم، يصبح السؤال هو: كيف؟ ومن بين المشروعات المثيرة للجدل في هذا الصدد؛ المشروع الذي ابتكرته مؤسسة «تنظيف المحيطات» The Ocean Cleanup، وهي مجموعة غير ربحية، تأمل في أن تتمكن بحلول عام 2020 من نشر حازر عائم بطول 100 كيلومتر في رقعة قمامة المحيط الهادئ العظمى، وتزعم أن الحازر سيزيل نصف البلاستيك السطحي هناك.

## «يتعيّن علينا إيقاف هذا التلوث في محطات المعالجة، وفي مدافن النفايات. هذه هي المرحلة التي يجب أن نتدخل فيها».

قُوبِل هذا المشروع بتشكيك من جانب الباحثين؛ حيث يقولون إن البلاستيك في الدوامة المحيطية متحلل لدرجة تجعل استخراجه صعبًا، ويخشون أن يسبب الحازر إزعاجًا لحياة السمك والعوالم. رَجَب بويان سلات - الرئيس التنفيذي لمؤسسة «تنظيف المحيطات» - بذلك النقد، لكنه يقول إن مشروع الحازر لا يزال في مرحلة مبكرة، وثمة نموذج أولي يتم تثبيته حاليًا قبالة الساحل الهولندي. ويضيف: "إننا نستخدم هذا الاختبار ليكون بمثابة منصة للتحقق من إمكانية حدوث أي عواقب سلبية. والسبيل الوحيد لمعرفة ذلك هو التجربة الفعلية".

في بحث نُشر في وقت سابق من هذا العام<sup>12</sup>، أثبت فان سيبيل وزميله بيتر شيرمان أن وضع معدات التنظيف بالقرب من سواحل الصين وإندونيسيا سيكون أكثر فعالية، حيث إنّ قسماً كبيراً من التلوث بالبلاستيك ينشأ هناك، يقول فان سيبيل: "كلما كان التدخل بالقرب من حلقة اقتصاد البلاستيك؛ كان ذلك أفضل. ويتعيّن علينا إيقاف هذا التلوث في محطات المعالجة، وفي مدافن النفايات. هذه هي المرحلة التي يجب أن نتدخل فيها". وُثِّبَ إريكسن في الوضع بمعالجة تلوث الهواء، حيث أدرك الناس منذ وقت طويل أن تقيّة الهواء لا تشكّل حلاً طويل المدى، وبالمثل تبدو تقيّة المحيطات أمرًا غير واقعي، ويضيف: "ما ثبت في جميع أنحاء العالم هو ضرورة التوجه نحو المصدر". وهذا يعني الحدّ من استخدام البلاستيك، وتحسين إدارة النفايات، وإعادة تدوير المواد؛ للحيلولة دون وصولها إلى المياه من الأساس. قد يبدو أن هذا المطلب مبالغ فيه، نظرًا إلى مدى انتشار البلاستيك؛ ولكن بعض العلماء يسمحون لأنفسهم بتصوّر عالم يوضع فيه البلاستيك تحت السيطرة. ووفقًا لبحث أجرته لافندر لو، بالتعاون مع يان فان فرانكر، فإن أنواعًا عاتمة من البلاستيك قد تختفي خلال بضع سنوات<sup>13</sup>. وحينئذٍ، ربما يتمكن شاطئ كأميلو من العودة إلى سابق عهده، نظيفًا من الملوثات، لكن البلاستيك سيكون قد ترك بصمته في صورة طبقات من الجسيمات متناهية الصغر، مغمورة في رواسب قيعان المحيطات. وبمرور الوقت، سيصبح هذا البلاستيك راسخًا في الأرض، كإرث يذكرينا بعصر البلاستيك. ويقول إريكسن: "ستكون هناك طبقة صخرية محيطية بالأرض، تتكون من البلاستيك". ■

دانييل كريسي مراسل صحفي أول لدورية *Nature* في لندن.

1. Carson, H. S., Colbert, S. L., Kaylor, M. J. & McDermaid, K. J. *Mar. Pollut. Bull.* **62**, 1708–1713 (2011).
2. Macfadyen, G., Huntington, T. & Cappell, R. *Abandoned, Lost or Otherwise Discarded Fishing Gear* (UNEP, 2009).
3. Eriksen, M. et al. *PLoS ONE* **9**, e111913 (2014).
4. Thompson, R. C. et al. *Science* **304**, 838 (2004).
5. Jambeck, J. R. et al. *Science* **347**, 768–771 (2015).
6. van Sebille, E. et al. *Environ. Res. Lett.* **10**, 124006 (2015).
7. Moore, C. J., Moore, S. L., Leecaster, M. K. & Weisberg, S. B. *Mar. Pollut. Bull.* **42**, 1297–1300 (2001).
8. Woodall, L. C. et al. *R. Soc. Open Sci.* **1**, 140317 (2014).
9. Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I. & Thompson, R. C. *Earth's Future* **2**, 315–320 (2014).
10. Sussarellu, R. et al. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **113**, 2430–2435 (2016).
11. Lönnstedt, O. M. & Eklöv, P. *Science* **352**, 1213–1216 (2016).
12. Sherman, P. & van Sebille, E. *Environ. Res. Lett.* **11**, 041001 (2016).
13. van Franeker, J. A. & Law, K. L. *Environ. Pollut.* **203**, 89–96 (2015).

درجات أُسِّيَّة في رقعة قمامة المحيط الهادئ العظمى، والمنطقة المماثلة لها في شمال المحيط الأطلنطي، مقارنة بالأماكن الأخرى، ولكن البلاستيك الموجود هنا تم احتسابه خلال عمليات المسح المختلفة، بينما كميات البلاستيك المفقودة هي بطبيعة الحال مفقودة، ولذلك فهي في مكان آخر. بعض هذه الكميات المفقودة يرقد على الأرجح في قيعان المحيطات. وثمة أنواع معينة من البلاستيك تغوص إلى القاع، وحتى تلك التي تبدأ طافية يمكن أن تغطيتها كائنات بحرية، وتغوص إلى الأسفل في نهاية المطاف. وقد أظهر عمل تومبسون أن هناك جسيمات بلاستيكية دقيقة في الرواسب في أعماق المحيطات؛ وهي منطقة لم تحظ بدراسة كافية، ويمكن أن تخفي بعضًا من ملايين الأطنان المفقودة<sup>8</sup>. كما تعثر العريبات الآلية التي تدار عن بُعد بانتظام على أجسام بلاستيكية كبيرة الحجم بين القمامة الغارقة في أعماق الخنادق المحيطية. وقد ينتهي المقامر بجزء كبير من بلاستيك المحيطات على الشواطئ، كما يُكشَف اللثام باستمرار عن بعض قطع البلاستيك الأخرى "الغارقة". وفي عام 2014، شارك تومبسون في تأليف ورقة بحثية تشير إلى أن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة قد تراكمت في جليد المحيط القطبي الشمالي بتركيزات أعلى بعدة درجات أُسِّيَّة من تلك الموجودة حتى في المياه السطحية شديدة التلوث<sup>9</sup>. وتقول لافندر لو: "لدينا الكثير من التخمينات التي تستند إلى معلومات ودراسات" حول أماكن وجود البلاستيك المفقود، "لكن في رأيي، ليس لدينا إجابة محددة على هذا السؤال".

أخذ تومبسون وغيره الآن الدراسة في هذا الشأن إلى أبعد من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة، وهي جسيمات البلاستيك النانوية، أي تلك التي يقل حجمها عن 100 نانومتر. يقول تومبسون: "يجري حاليًا تصنيع جسيمات البلاستيك نانوية الحجم، ولذا.. فعلى الأرجح أن بعضها يتسرب إلى البيئة. هذا بالإضافة إلى تفتت القطع الأكبر"، بيد أن جسيمات البلاستيك النانوية أثبتت صعوبة دراستها؛ فوفقًا لما يقوله تومبسون، يُستخدم الباحثون عادةً نوعًا من التحليل الطيفي؛ للتأكد من أن الأجزاء التي حصلوا عليها من المحيطات مصنوعة من البلاستيك، ولكن هذه الطريقة ليست فعالة مع القطع الأصغر من 10 ميكرومترات تقريبًا. ويأمل تومبسون في معرفة المزيد في إطار المشروع الذي تموّله حكومة المملكة المتحدة، والذي يطلق عليه «ريل ريسك نانو» RealRiskNano، والذي سيدرس مصادر هذه الأجزاء متناهية الصغر، ومسارها إلى البيئة. ويعلق تومبسون قائلًا: "إن يدهشي التأكيد من وجودها فعلاً، ولكن في الوقت الراهن يصعب اكتشافها من العينات البيئية".

### ما هي أضرارها؟

يدرك الباحثون أن المخلفات البلاستيكية في البحار والمحيطات يمكنها إلحاق الأذى بالحيوانات البحرية. فقد أُسْرَت معدات الصيد المفقودة وقتلت مئات الكائنات الحيوانية، من السلاحف إلى عجول البحر، وحتى الطيور. كما تتلصق كائنات بحرية عديدة بقطعًا من البلاستيك، قد تتراكم في جهازها الهضمي. ووفقًا لأحد الأرقام، التي كثيراً ما يُستشهد بها، فإن حوالي 90% من طيور العُلمار البحرية النافقة التي تلقىها الأمواج على شواطئ بحر الشمال كانت أمعاؤها تحتوي على البلاستيك، ولكن ما لا نعرفه يقينًا هو ما إذا كان هذا التلوث ذا تأثيرات كبيرة على جماعات الكائنات البحرية، أم لا.

وقد أثبتت الأبحاث العملية سُميّة الجسيمات البلاستيكية الدقيقة، غير أن هذه الأبحاث غالبًا ما تُستخدم تركيزات أعلى بكثير من تلك الموجودة في المحيطات، ولكن في شهر فبراير من هذا العام، نشر أرنو هوفيت - الذي يدرس اللافقاريات في الوكالة الوطنية الفرنسية للأبحاث البحرية (IFREMER) في بلوزان - عملاً قام فيه بتعرض محار المحيط الهادئ للجسيمات البلاستيكية الدقيقة بتركيزات مماثلة لتلك الموجودة في الترسبات التي تعيش فيها هذه الكائنات. ووجد أن الحيوانات التي تعيش في المياه التي بها تركيزات بلاستيك أنتجت بويضات وحيوانات منوية أقل جودة، كما أنتجت يرقات أقل نسبة 41% مقارنةً بتلك الموجودة في مجموعة التحكم المستخدمة في التجربة<sup>10</sup>. وكانت تلك واحدة من أولى الدراسات التي تثبت وجود صلة مباشرة بين البلاستيك ومشكلات الخصوبة. ويعلق فان سيبيل قائلًا: "لقد تركزت هذه الدراسة أكثرًا كبيرًا". وكذلك فعلت دراسة أجراها في شهر يونيو كل من أونا لونغستيد، وبيتر إيكولوف، المختصين في دراسة علم بيئة السّمك، التي قاما فيها بتعرض يرقات سمك الفرخ إلى تركيزات "مناسبة بيئيًا" من الجسيمات البلاستيكية الدقيقة. وقد أكلت اليرقات البلاستيك، بل وبدأ أنها تقضمه حتى عن الطعام الحقيقي، مما جعلها تنمو ببطء أكبر، وتفشل في الاستجابة لرائحة الحيوانات المفترسة. وبعد 24 ساعة من وُضعها في حوض مع أحد الحيوانات المفترسة التي تتغذى عليها، لم تتمكن سوى 34% من اليرقات التي تتغذت على البلاستيك من النجاة، مقارنةً بنسبة 46% من تلك التي عاشت في المياه النظيفة<sup>11</sup>.

كانت لونغستيد - من جامعة أوسلا في السويد - قد أبدت انزعاجها من صور اليرقات الشفافة التي تظهر فيها بوضوح الكريات البلاستيكية الصغيرة في أحشائها، قائلة: "إنه لأمر فظيع، إنني متعاطفة بقوة مع هذه القضية، ويتعين على أولئك الذين يقولون إن البلاستيك لن يشكل ضررًا في المحيطات إلقاء نظرة على الأدلة مرة أخرى". يشكك بعض العلماء في نتائج ودلالات هذه الدراسة، حيث يقول أليستر جرانت - عالم البيئة في جامعة إيست أنجليا في نورويتش بالمملكة المتحدة - إن معدلات البلاستيك التي أُحدثت



# تعليقات



لمحة من الماضي  
رواية احتفظت بقوتها كمرجع  
لأخلاقيات الأحياء ص. 43

علم الأحياء المجهرية رحلة  
داخل الغابة الميكروبيولوجية في  
داخلنا ص. 42

ملخصات الكتب تقدّم بابرا  
كايسر ملخصات لخمسة كتب منتقاة  
ص. 41

أخلاقيات تقييم دعوة لإعادة إطلاق  
سياسة سد الفجوة بين الرقابة وخطى  
الابتكار المتسارعة ص. 40



KEVIN FRAYER/GETTY

مزارع يرش مبيدًا حشريًا على شجرة تفاح في منطقة هانيوان بالصين.

## نحو نهج جديد لاختبار المخاطر الكيميائية

جون سي. وورنر، وجينيفر كيه. لودويج يقترحان ثلاث طرق، من شأنها أن  
تساعد المخترعين على إنتاج مواد ومنتجات كيميائية أكثر أمنًا.

وتقييم، وترخيص، وتقييد المواد الكيميائية - تُسمى  
اختصارًا «REACH» - الصادرة عن الاتحاد الأوروبي،  
وغيرها من القوانين المماثلة.  
إنّ تحسين الأنظمة واللوائح أمر ضروري؛ لحماية  
الناس والبيئة من المواد الضارة، بيد أنه لا يقدر

قبل 30 عامًا، يفرض القانون المعدّل قدرًا أكبر من  
الشفافية، كما يحث على ضرورة اضطلاع وكالة حماية  
البيئة الأمريكية «EPA» بتقييم المواد الكيميائية  
الموجودة حاليًا في الوقت المحدد. وتطرأ تعديلات في  
الوقت الحالي على تشريعات وقوانين عمليات تسجيل،

في ظل توفر معلومات جديدة حول الآثار الصحية  
والبيئية للمواد الكيميائية، تخضع لوائح السلامة  
حول العالم الآن للمراجعة والتنقيح. ففي شهر يونيو  
الماضي، وقّع الرئيس الأمريكي باراك أوباما أول مشروع  
قانون لتعديل قانون مراقبة المواد السامة منذ صدوره

الكثير للمخترعين الذين تقع على عاتقهم مهمة شاقة؛ ألا وهي إنتاج مواد كيميائية ومنتجات أكثر أمناً. وفي النظام الحالي، يتم تجميع المعلومات الخاصة بالسلامة بعد اختراع المواد الكيميائية، أو - في كثير من الحالات - بعد إدخالها في المنتجات وتوزيعها. أما التفاعلات الجزيئية للمواد الكيميائية داخل المنتجات، فعاداً لا يتم وضعها في الاعتبار، مما يعني أن قوائم المكونات - باعتبارها مصادر للمعلومات المتعلقة بسلامة المنتج - قد تكون مضللة. وهذه العوامل تجعل من المستحيل تقريباً للمخترع أن يتجنب إنتاج مادة كيميائية غير آمنة، أو منتج غير آمن.

إن عمليات تقييم سلامة المنتجات والمواد الكيميائية وإعلام الجمهور بها تحتاج إلى كثير من التغيير. لذا، نطرح هنا ثلاثة أساليب لبدء نقاش بين العلماء، وممثلي قطاع الأعمال، وصناع القرار، حول صحتنا العامة والبيئية المستقبلية.

### ثلاثة طرق للمضي قدماً

**توحيد اختبارات السلامة الكيميائية.** غالباً ما يُثار الجدل حول السلامة الكيميائية حين تقوم المنظمات المختلفة - ومن بينها الشركات، ومراكز البحوث، والهيئات الحكومية - باختبار المركب نفسه بأساليب مختلفة؛ قد يشير أحدها إلى خطورته، بينما يشير آخر إلى سلامته. فعلى سبيل المثال، في عام 2015 صُنِّقت الوكالة الدولية لبحوث السرطان مبيد الأعشاب «جلايفوسيت» glyphosate - المستخدم على نطاق واسع - على أنه «مسرطن بشري محتمل»<sup>2</sup>؛ في حين خلصت وكالات تنظيمية أخرى - منها الهيئة الأوروبية لسلامة الغذاء - إلى أنه "من غير المرجح أن يسبب السرطان". ويمكن التناقض هنا في اختلاف الدراسات التي أجريت لإثبات الأمر، مما يجعل المجتمع العام أكثر حيرة عن أي وقت مضى فيما يتعلق بمدى سلامة مبيد الجلايفوسيت.

تقلل الاختبارات القياسية من استخدام المواد الكيميائية البديلة، التي تضاهي في مشكلاتها المادة الأصلية، أو ربما تكون أسوأ منها. فعلى سبيل المثال.. يتسم بعض النظائر البنوية لثنائي الفينول أ (BPA) - المستخدم في مجموعة متنوعة من المنتجات البلاستيكية - بدرجة من السُمِّية، والتأثيرات الهرمونية المماثلة لمركب ثنائي الفينول أ ذاته. وبالمثل، غالباً ما تُستخدم مركبات الكربون الفلورية الهيدروجينية، ومركبات الكربون الهيدروكلورية الفلورية كبدائل لمركبات الكربون الكلورية الفلورية (CFCs)، وهي مواد كيميائية مستنفدة للأوزون، كانت تُستخدم على نطاق واسع كمبردات، وكمواد دافعة في البخاخات. ولا تزال البدائل تضر بطبقة الأوزون، وإن لم يكن الضرر بقدر ضرر مركبات CFC.

وإضافة إلى ذلك، سيستلزم للمخترعين توفير الوقت والمال، من خلال المعرفة المسبقة بالاختبارات التي يجب أن تُجرى؛ مما يسهل ترشيح الاستثمارات الكبيرة اللازمة لصنع مادة ما.

إن صياغة مجموعة من اختبارات السلامة القياسية المحلية أو الدولية تحتاج إلى إسهامات وتسويات من جانب المؤسسات الصناعية والأكاديمية والحكومية، مثل مجلس الكيمياء الأمريكي، ومجموعة العمل البيئية، ووكالة حماية البيئة، بحيث ستقوم كلها بالتصديق على بعض الاختبارات، مثل تلك المتعلقة بالخصائص الفيزيائية الكيميائية، بينما قد يصعب الاتفاق على اختبارات أخرى، أو لا يتم التأكد منها،

مثل تلك المتعلقة بالمواد المؤثرة على الغدد الصماء، وهي بمثابة جزيئات تحاكي الهرمونات<sup>5</sup>. ويجب تحديد الفجوات الموجودة في المعلومات، مثل منهجيات اختبار المراحل المختلفة من المواد، ووضع آلية لمراجعة وتعديل قائمة الاختبارات بشكل دوري، بناء على العمليات المتاحة لتقييم الجزيئات الفردية المستخدمة من قِبل وكالة حماية البيئة، وقوانين عمليات تسجيل المواد الكيميائية، وتقييمها، وترخيصها، وتقييدها، وكذلك الشركات والهيئات الحكومية.

**اختبار المنتجات النهائية.** لا تمثل المكونات التي تدخل في عملية التصنيع بالضرورة التركيب الكيميائي للمنتج النهائي، إذ تختفي جزيئات؛ وتتفاعل أخرى؛ لتكوّن مركبات جديدة عندما تتعرض لمواد مختلفة، أو لتغيرات في درجة الحرارة والضغط. ويمثل اختبار المنتج النهائي طريقة أفضل لفهم مدى تأثير المنتج على صحة الإنسان، وعلى البيئة. فعلى سبيل المثال، كشفت إحدى الدراسات التي قامت بفحص عيّنة من علب «بيتزا»<sup>6</sup> العديد من المركبات غير المعروفة، التي أثارَت بالتالي بعض التساؤلات حول محتويات المنتجات اليومية، وسلامتها.

يمكن تصنيف المنتج بمقياس من 1 إلى 10 (حيث يشير الرقم 1 إلى أن المنتج غير ضار، بينما يشير الرقم 10 إلى أن المنتج شديد السُمِّية)، وذلك على أساس أداء المنتج في سلسلة من الاختبارات القياسية في فئات مختلفة. وبذلك.. يتم إعلام المستهلكين بمدى سلامة المنتج، ولا يحتاج المودرون إلى الكشف عن أسرار التجارة. وإذا كان أداء أحد المنتجات في اختبار واحد أو أكثر غير مقبول، يمكن للمصنع عندئذ مراجعة سلسلة التوريد، وتحديد المواد المسببة للمشكلات، وإجراء تعديلات عليها.

**إعلان نتائج الاختبارات للعامة.** يجب الكشف عن النتائج الكميّة للاختبارات الكيميائية، واختبارات المنتجات، وعرضها بطريقة غير منحازة. ويجب على المنظمات المعنية - بما في ذلك الوكالات الحكومية، والمنظمات غير الحكومية، والاتحادات التجارية - وضع سياسات وطرق محددة لتفسير البيانات، فعلى سبيل المثال، يمكن أن يحمل المنتج رقماً تصنيفياً يشير إلى احتمال تَسبُّبه في السرطان، واحتوائه على انبعاثات، وإحداث خلل في الغدد الصماء، فإذا قدمت جميع المنتجات في فئة تجارية معينة تلك المعلومات، يمكن للمستهلك حينها اتخاذ قرارات مستنيرة، من خلال مقارنة الأرقام التصنيفية. وينبغي على المستهلكين أو المنظمات غير الحكومية إعداد مبادئ توجيهية بشأن الأرقام التي ينبغي للفرء البحث عنها.

ومن المهم التأكد من إدراك المستهلكين لحقيقة أنه لا يوجد منتج بلا مخاطر. ويجب على المصنِّعين الذين يحصل منتجهم على رقم تصنيفي "غير مقبول" أن يوضِّحو للجمهور ما يبرر تعرُّض البشر والبيئة للمادة المعنية، من وجهة نظرهم. كما يمكن للوكالات الحكومية وغيرها من المجموعات حَظْر منتجات أو فئات بأكملها من المنتجات ذات الأرقام التصنيفية السيئة.

### سبيل التقدم

تتمثل الخطوة الأولى نحو تحسين السلامة الكيميائية في وضع قائمة بالنقاط المأمول الانتهاء عندها، وهي

المعلومات التي نود معرفتها عن منتج ما، مثل السُمِّية الكبدية، أو استنزافه للأوزون، أو احتمال تَسبُّبه في السرطان. ولا ينبغي وضع الكثير من الأهداف التي يستحيل تحقيقها، ولا وضع أهداف قليلة جداً لا مغزى لها.

أما الخطوة الثانية، فتمثل في تحديد اختبارات معينة لكل نقطة انتهاء. وحين لا يمكن التوصل إلى إجماع في الآراء، يجب عندئذ وضع آلية محددة للتوصل إلى اتفاق.

ثالثاً، يجب وضع بروتوكولات معينة توضِّح كيفية تحضير العيّنات، وطرق التحليل. ويتمثل الهدف الرئيس في وضع معايير يمكن الاستعانة بها في إجراء عمليات التدقيق والمراجعة للمختبرات التي تُجرى الفحوص. وينبغي توقع الحالات المختلفة للمادة والأنواع المختلفة من المنتجات.

وفي النهاية، يجب أن يلتقي العلماء بشكل منتظم؛ لتقييم الحالة الراهنة لأحدث ما تم التوصل إليه، واتخاذ القرارات على أساس المعلومات الجديدة التي ربما تشكك في الاختبارات الحالية، أو تقدّم تحسينات عليها. فعلى سبيل المثال، يصادف هذا العام الذكرى السنوية العشرين لأول مؤتمر من مؤتمرات جوردون للكيمياء الخضراء «Green Chemistry Gordon»؛ فمثل هذه الاجتماعات من شأنها أن تمثل منتديات جيدة لمناقشة النجاح التجاري، والتحديات العالقة في مجال الكيمياء المستدامة.

لا شك أن إصلاح الأنظمة الكيميائية مهمة شاقة، لكننا بحاجة إلى وسيلة أفضل لحماية صحة الإنسان والبيئة التي نعيش فيها. ■

**جون سي. وورنر** رئيس وكبير مسؤولي التكنولوجيا، و**جينيفر كيه. لودويج** كاتب تقني علمي في معهد وورنر بابوكوك للكيمياء الخضراء في لمنجوتون، ماساتشوستس، الولايات الأمريكية المتحدة.

البريد الإلكتروني: john.warner@warnerbabcock.com  
jennifer.ludwig@warnerbabcock.com

1. Anastas, P. T. & Warner, J. C. *Green Chemistry: Theory and Practice* (Oxford Univ. Press, 1998).
2. Guyton, K. Z. et al. *Lancet Oncol.* **16**, 490-491 (2015).
3. Rochester, J. R. & Bolden, A. L. *Environ. Health Perspect.* **123**, 643-650 (2015).
4. UNEP. *HFCs: A Critical Link in Protecting Climate and the Ozone Layer* 36 (UNEP, 2011).
5. Schug, T. T. et al. *Green Chem.* **15**, 181-198 (2013).
6. Bengtström, L. et al. *Food Addit. Contam. Part A* **33**, 1080-1093 (2016).

### تصحيح

ذكر مقال «أوقفوا خصخصة بيانات الصحة» - المنشور بقسم (التعليقات) في عدد سبتمبر الماضي (J. T. Wilbanks & E. J. Topol). **535**, 345-348; 2016 (Nature). خطأ أن جهاز «إنلايت» Enlite يرسل الإنسولين في مجرى دم المريض، فور رصده انخفاضاً في مستويات الجلوكوز؛ بيد أنه - في الحقيقة - يوقف إحدى المضخات التي تضخ الإنسولين. كما أن آخر مبلغ قامت بجمعه شركة «23andMe» كان يبلغ 115 مليون دولار أمريكي، وليس 150 مليوناً.

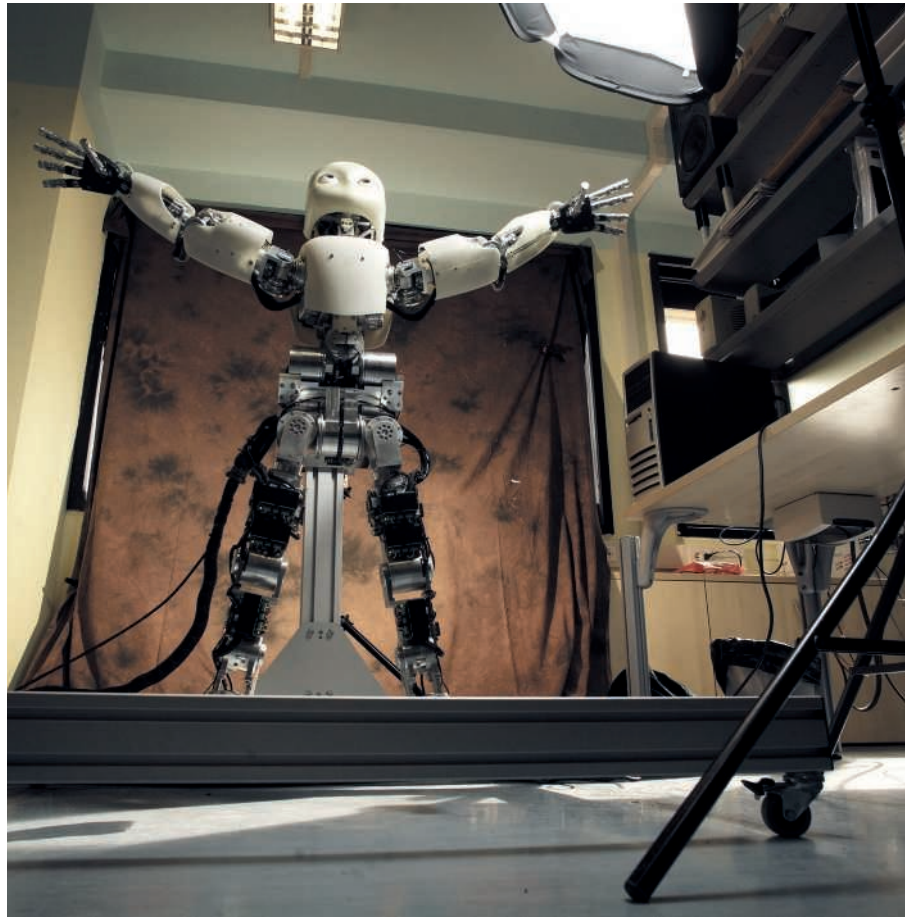


والمهنية الموجودة بالفعل، التي تدرس الأبحاث التي تُجرى على البشر، والأبحاث في مجالات محددة من الابتكار، إلا أن هذه الهيئات لها توجُّه تكنولوجي يركِّز على تحليل التكلفة والفائدة، مع تفسير هذا التوجه تفسيراً ضيق الأفق، والتركيز على العوامل التي يمكن قياسها كمياً، أو تعيين القيمة السوقية لها، أما الأمور غير الملموسة، مثل معنويات العمال، أو صحة المجتمعات، فغالباً ما يتم تجاهلها. وفي الوقت نفسه، كشفت الكوارث التكنولوجية - مثل واقعة تسرُّب النفط في خليج المكسيك في عام 2010؛ نتيجة انفجار منصة «ديب ووتر هورايزون» - عن وجود عيوب في تصوُّر، أو تصميم، أو تنفيذ التكنولوجيا؛ على الأقل عقب وقوع الكوارث. ونظراً إلى أن مثل هذه الإخفاقات غير مقصودة بطبيعتها الحال، فعادةً ما يعمل المخطئون والمظلمون على استثنائها من الدراسة الأخلاقية المتعمقة.

وتوضح جاسانوف في كتابها أن ما نخفق غالباً في فهمه هو أن التكنولوجيا تكون متأثرة بالكامل بالأراء والتقديرية الشخصية التي نضيفها عليها من وجهة نظرنا. فبدلاً من حدس مبتكر تلك التكنولوجيا، الذي ينبئه بالحاجة إلى تحقيق غاية محددة، إلى تطوير الوسائل العملية لتحقيق تلك الغاية - وكذلك تطبيقها، وتوزيعها، وملكيَّتها، وتأثيرها النهائي على المجتمع والعالم ككل - فإن الخيارات المتعلقة بالتكنولوجيا متشابهة بصورة شديدة التعقيد مع الأحكام الشخصية التقديرية في كل مرحلة من مراحلها.

وتنادي جاسانوف بتأسيس هيئة جديدة تماماً للخطاب الأخلاقي، يتخطى دورها تقييم المخاطر التقنية إلى إيلاء المنظور الاقتصادي والثقافي والاجتماعي والديني الأهمية اللازمة. ويُعدُّ هذا الكتاب تدبيراً عميقاً متأبناً لهذه المشكلات، حيث تناقش جاسانوف - بتَمَعْن - نقاط قصور تحليل المخاطر التقليدية مع تحبُّره لصالح الابتكار والقياس الكمي، وتدرس التحديات التي تفرضها تطورات محددة في مجالات التكنولوجيا الحيوية، والهندسة الوراثية، وتكنولوجيا المعلومات في طريق الإشراف والرقابة. ويساعد الكتاب على تحديد الأنماط المتكررة في النقاشات التكنولوجية المعاصرة، وتحديد الجوانب المعرَّضة للخطر في نتائجها.

ومن الصعوبة بمكان صياغة حل لأزمة "العجز الديمقراطي المتسخ" في السياسات التكنولوجية الحالية. والأصعب من ذلك أيضاً هو تنفيذ هذا الحل، كما أن جاسانوف لا تقدِّم خريطة طريق واضحة. وقد تؤدي محاولة اتخاذ كافة جهات النظر الأخلاقية ذات الصلة بعين الاعتبار إلى طريق مسدود، حيث إنه - كما تشير جاسانوف - "لا يزال الكثير من القضايا الأساسية المتعلقة بالصواب والخطأ قيد نزاع شديد". وتتضمن هذه القضايا أسئلة من قبيل: متى بدأت الحياة، ومتى تنتهي؟ وما الذي يشكّل كرامة الإنسان؟ وكيف يمكن تحديد نطاق مسؤولية الإنسان عن البيئة العالمية والأجيال القادمة؟ وفي بعض الأحيان، تسفر المناقشات الأخلاقية المكثفة ليس عن اتفاق في الآراء، وإنما عن عكس ذلك. فعلى سبيل المثال، عقب سنوات من دراسة ومناقشة الكارثة الصناعية التي وقعت في بوبال في الهند في عام 1984، عندما تسربت غازات سامة من مصنع لمبيدات حشرية، تابع لشركة «يونيون كاربايد»، مما أسفر عن مقتل الآلاف، ما زالت النقاشات "تقاوم بشدة أي سرد للأسباب والنتائج يكون مترابطاً

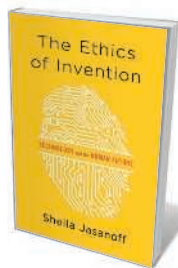


يستخدم الروبوت iCub ذو المواصفات البشرية في الأبحاث المتعلقة بمجال الإدراك والذكاء الاصطناعي.

## الأخلاق

# ترويض التكنولوجيا

يقيم ستيفن أفترجود دراسة لقياس الفجوة ما بين الرقابة، وخطى الابتكار المتسارعة.



أخلاقيات الاختراع:  
التكنولوجيا،  
ومستقبل الإنسان  
شيليا جاسانوف  
دبليو. دبليو.  
نورتون: 2016

لأبعد قدر ممكن. وقد تَعَزَّز هذا الرأي بحقيقة أن هناك تطورات تكنولوجية عديدة أسفرت عن ربح مادي على المدى القصير، حتى وإن ثبت أنها تسبب مشكلات، أو أنها مدمِّرة على المدى البعيد، مثل مركبات الكلوروفلوروكربون، التي تسهم في تآكل طبقة الأوزون، وكانت تُستخدم في أجهزة التبريد، وثبت تأثيرها المدمر على المدى البعيد.

هناك بعض الأمور الاحتمالية التي لا يمكن توقُّعها، نظراً إلى أنها تعتمد على عوامل أخرى؛ فهناك العديد من الهيئات الاستشارية الأخلاقية الحكومية

تسارع خطى الابتكار التكنولوجي بصورة هائلة في مجالات متعددة، بدءاً من الهندسة الوراثية، حتى حروب الإنترنت، بيد أن المناقشات الأخلاقية بشأن دلائلها لا تزال متأخرة، ولا توأكب مسيرة هذا التطور. هذا ما تناقشه شيليا جاسانوف - المهتمة بدراسة همزة الوصل بين العلم، والقانون، والسياسة - في كتابها البحثي الجديد «أخلاقيات الاختراع» *The Ethics of Invention*. تقول جاسانوف إن الأمر لا يقتصر فقط على كون المؤسسات الاستشارية غير مناسبة للقيام بمهمة الإشراف، بل يمتد أيضاً ليشمل فشلنا في التعرف على الأبعاد الأخلاقية الكاملة للسياسات التكنولوجية. وهي تقترح بدء الأمر من جديد، ولكن باتباع نهج جديد.

وتقول جاسانوف إن الأخلاقيات في الابتكار لم تحظ باهتمام مناسب، وهو ما يرجع - جزئياً - إلى الحتمية التكنولوجية، وهو اعتقاد شبه مدرك أنّ الابتكار في جوهره أمر مفيد، وأنه لا بد من دفع حدود التكنولوجيا

# ملخصات كتب

## دماغ الطير: استكشاف ذكاء الطيور

ناثان إيمري آيفي (2016)

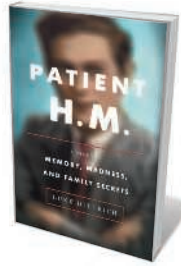
منذ التسعينات، يقف ناثان إيمري - المتخصص في علم الأحياء المعرفية - في صدارة البحوث المتعلقة بذكاء الطيور. وفي هذا الاستعراض المصور بشكل رائع للعلوم الإدراكية، وعلم سلوك الحيوان، والمناقشات الحادة حولهما، يغطي إيمري كل ما يتعلق بـ«القرذ ذي الريش». يقارن أدمغة الطيور بأدمغة الثدييات؛ ليكشف أوجه التشابه الوظيفي في علوم التشريح المتفاوتة بينهما (مشبهًا إياها بالكعك العادي، والكعك المكوّن من عدة طبقات، على التوالي)، ويمر في طريقه على الذاكرة المكانية، وفطرة الهجرة، واستخدام الأدوات، وغير ذلك. وإجمالاً.. يقدّم الكتاب عرضًا بارعًا، بدءًا من رقص طائر *Tetrao tetrix* على السياج، حتى استدراج البومة من نوع *Athene cucularia* إلى الروث.



## المريض إتش. إم.: ذكريات، وجنون، وأسرار عائلية

ليوك ديتريش، مطبعة راندوم هاوس (2016)

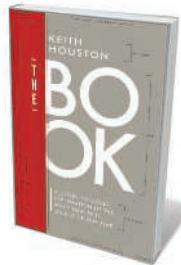
في عام 1953، أسفرت جراحة تجريبية أجريت لهنري مولايوسون عن فقدان ذاكرة حاد لديه. وقد اشتهرت قصته؛ فُسّمِي بالمريض «إتش. إم.»؛ وقامت سوزان كوركين أخصائية المخ والأعصاب بدراسة حالته لما يقرب من 50 عامًا (انظر: D. Draaisma *Nature* 497, 2013; 313-314). يقدّم ليوك ديتريش - جفيد جراح المخ الذي قام بالعملية، وويليام سكوفيل - وجهة نظر مختلفة تمامًا. يعطي ديتريش القصة الرسمية روحًا بإضافة سير ذاتية مختلفة بعض الشيء لكل من سكوفيل المضطرب، ومولايوسون الذي تضرر بشدة، وأحاديث مع كوركين تكشف عن الكثير، إضافة إلى المشاهدات العلمية التي كانت تحدث خلف الكواليس. وبرغم كون هذا الكتاب مزعجًا بعض الشيء، إلا أنه يحمل في طياته توضيحات كثيرة.



## الكتاب

كيث هوستن، مطبعة دبليو دبليو نورتون (2016)

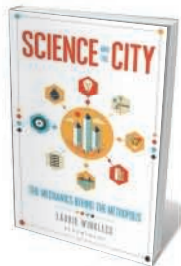
هَيَمَن الكتاب الورقي على المشهد الثقافي، باعتباره الآلة الثقافية التي استخدمها الناس لمدة 1500 سنة. وقد كان هناك سرد تاريخي بارع، ممتع للغاية، عن حضارات بأكملها، قام به كيث هوستن؛ مبيّنًا فيه تطوّر الكتابة، والطباعة، والتغليف، والرسم. إن ابتكار المواد أمر مبهّر، بدءًا من ورق البردي، والجِلْد الرقيق، والورق العادي (الذي يرجع تاريخه إلى القرن الثاني بعد الميلاد في الصين)، حتى الأحبار. ويسخر مامل.. يستعرض مسار تطور تقنيات الإنتاج، بينما يسلّط بهارته الكتابية الدقيقة الضوء على ثورة الطباعة التي أحدثها يوهانس جوتنبرج، انتهاءً بمعجزات الطباعة الحجرية الحديثة.



## العلم والمدينة: ميكانيكا العاصمة

لوري وينكليس، مطبعة بلومزبري سيجما (2016)

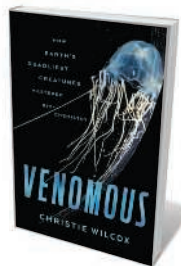
إلى أعلى، «حَوْل»، «رَطَب».. تشير عناوين الفصول تلك في كتاب عالمة الفيزياء لوري وينكليس إلى جولة ارتداد رشيقي، قادمة في طيّات هذه المقدمة التي تدور حول انغماس العُلم في المدن؛ وهو ما يظهر بالفعل في تأملها لتصميم ناطحات سحاب معاكس لاتجاه الرياح، وتقنيات الإمداد بالماء، مثل «شكبات شفق الضباب»، والجسور المصنّعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. وقد يكون العنصر الأكثر تشويقًا في الأمر هو استحضارها لكيفية بناء أنظمة المترو الحديثة، من خلال الغوص بمهارة في التلافيف الكثيفة تحت الأرضية. ربما تثير العناوين الفرعية الغليظة والمصطلحات المهمة الظاهرة بالخط العريض بعض الإزعاج، إلا أن «وينكليس» الذكية قد أدّت واجبها على أكمل وجه.



## سام

كريستي ويلكوكس، مطبعة فارار شتراوس آند جيرو (2016)

يغوص كريستي ويلكوكس - عالم الأحياء التطورية - في بحوث الحيوانات السامة؛ وهي مجموعة تصنيف هجينة شاملة، بدءًا من البلاتينوس (خلد الماء، أو الفأر الأعمى) *Ornithorhynchus anatinus*، الذي يُصدر سمًا يحتوي على 83 مادة سامة، حتى التنين كومودو من نوع *Varanus komodoensis*، الذي يحوي أحد أصنافه مادة مضادة للتخثر؛ تجعل الضحية تزحف إلى حد الجفاف. ربما يصيبنا الرعب من فكرة الموت إثر لدغة أفعى، إلا أن ويلكوكس يدركنا هنا بأن السموم هي "مكتبات معقدة من الجزيئات"، قد تحمل فائدة طبية، وبذلك.. فإن الحفاظ على تنوعها الحيوي يحفظ أيضًا الثروات الميكانيكية الحيوية. **باربرا كايسر**



منطقيًا، بسبب نزاعات سياسية وقانونية وقضائية معقدة. وفي أحيان أخرى، يمكن أن تسفر المشاورات عن توافُق متعدد التوجّه، ومتباين، مثل اعتماد سياسات مختلفة متعلقة بأبحاث الخلايا الجذعية الجنينية البشرية من قِبَل الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، وألمانيا.

وتناقش جاسانوف - بأسلوب مقنع - أنه حتى إذا كان الخطاب الأخلاقي المثالي بعيد المنال، فلا يزال بإمكاننا تحقيق نتائج أفضل مما توصلنا إليه. وتمتد آثار العديد من وسائل التكنولوجيا - في مجالات مثل إنتاج الطاقة، أو علم الروبوتات، أو إدارة المعرفة - إلى ما هو أبعد من مسّعيها، أو المستفيدين منها. ولذا من الضروري إيجاد طريقة لطلب آراء المجموعات المتضررة، وأخذها بعين الاعتبار. ويزداد إدراك العلماء لهذه الحقيقة يوميًا بعد يوم (2016; *Nature* 531, 165-167; J. Kuzma). وترى جاسانوف أن الاعتماد على رأي العاملين في مجال التكنولوجيا فقط سيكون خطأ، نظرًا إلى أن "خيال الخبراء غالبًا ما يكون مقيّدًا بطبيعة خبراتهم". وقد اعتاد مكتب التقييم التكنولوجي - التابع للكونجرس الأمريكي، الذي أُلغِيَ في عام 1995 - على تقييم مجموعة واسعة النطاق من المشكلات التكنولوجية بصورة مستقلة. وفي حين ينظر إليه النقاد بحنين وهم يتحسرون على الأمية العلمية التي تعاني منها سياسات

معاصرة كثيرة، فإن جاسانوف تبدي إعجابًا محدودًا به، وتقول إنه في حالات كثيرة "فشل في خلق حجّز من الخبرات المحايدة التي كان مؤسسوه يحملون بها"، وبدلًا من ذلك "أصبح نغمة أعلى صوتًا وتناقُرًا في سيمفونية الجدل النشاز القائمة".

أما أكثر أجزاء الكتاب إثارة للاهتمام، فيستعرض الآثار التحولية للتكنولوجيا على المستوى الشخصي، أو كما تقول جاسانوف: "اختراعنا تغيّر العالم، وهذا العالم الذي تغيّر.. يغيّرنا". إن التكنولوجيا تحدّد إحساسنا بما هو ممكن، ويمكن أن تعزّز قدراتنا الطبيعية، أو تُضعفها، بل ويمكنها أن تغيّر حجم الدماغ ووظيفته (- *Nature* 531, 573; R. McKinlay). إن خياراتنا التكنولوجية تمثل انعكاسًا لما نحن عليه، ونقطة انطلاق لما سنكون عليه، بل ويمكن أن تعيد التكنولوجيا الناشئة تعريف ما يعنيه أن تكون إنسانًا. وبناءً على العنصر الأكثر قيمة وأهمية بالنسبة لنا - المتمثل في السُّلطة، أو المعرفة، أو الاستدامة، أو المشاركة الاجتماعية، أو الراحة - فإن بعض التكنولوجيا سيخدم مصالحنا جيدًا، في حين أن البعض الآخر يجب استبعاده. ولا شك أن الأخلاق عنصر أساسي في عملية الاختيار.

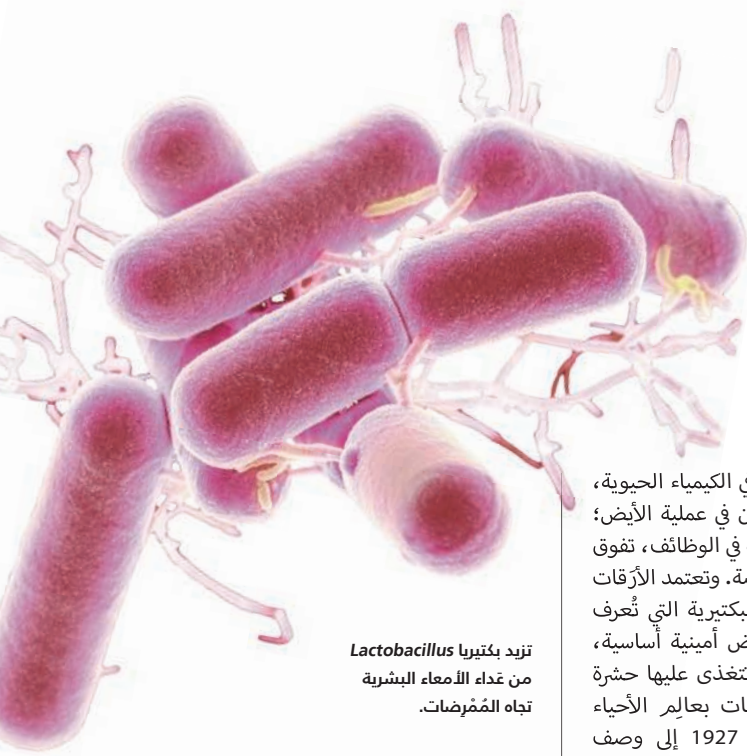
وقد يبدو توسيع نطاق المناقشات الأخلاقية ليتناول التكنولوجيا الجديدة أنه احتمال مخيف، من شأنه أن يعوق مسيرة الابتكار، وأنه - بلا شك - سيثير أسئلة بوتيرة أسرع من وتيرة ظهور الإجابات، إلا أنّ التجربة أثبتت أن العديد من هذه الأسئلة سيكون جديرًا بالطرح. ■

ستيفن أفترجود محلّ أبحاث أوّل في اتحاد العلماء الأمريكيين في واشنطن العاصمة. البريد الإلكتروني: saftergood@fas.org



# حكم الفوغاء

تتناول دراسة لأدریان وولفسون أربعة كتب عن عالم الأحياء المجهرية الذي يتفاعل بداخلنا.



تزيد بكتيريا *Lactobacillus* من غذاء الأمعاء البشرية تجاه المُمْرَضات.

الأمعاء، حيث يحمل الأشخاص البدناء نسبة أكبر من بكتيريا من شعبة Firmicutes، ونسبة أقل من بكتيريا من جنس *Bacteroides*، مقارنةً بال نحفاء، ووفقاً نسبياً في بكتيريا *Akkermansia muciniphila*. وفي عام 2013، اتضح أن الميكروبات الموجودة في الفئران النحيفة بإمكانها مساعدة الفئران السمنة على فقدان الوزن (A. Everard et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA 110, 2013; 9066-9071).

يشرح يونج مدى تأثير العلاقة بين الخلايا والميكروبات المقيمة بينها على نمو الكائن الحي. فالجُبار الأثر الهاواي *Euprymna scolopes* لا يتخذ هيئته الناضجة، إلا في وجود البكتيريا المشعة *Vibrio fischeri* التي تستعمر العضو المضيء في الحبار. ويحتوي لبن الثدي في الإنسان على سكريات مركبة غير قابلة للهضم، وهي الغذاء المفضل لبكتيريا *Bifidobacterium longum infantis*، التي تفرز أحماضاً دهنية قصيرة السلسلة، تؤثر على نفاذ خلايا الأمعاء في الرضع.

في كتاب «الإنسان ككائن مركب *The Human Superorganism*»، يذهب اختصاصي التسمم المناعي رودني دايترت إلى أبعد من ذلك؛ فيؤكد أن الإنسان العاقل *Homo sapiens* هو نوع من الكائنات المركبة، يحتوي على آلاف الأنواع من الميكروبات، ويرى أن دراسة بيولوجيا الميكروبات سوف تتحدى قريباً نظرتنا لما يعنيه أن يكون الكائن الحي إنساناً؛ وستؤدي إلى تحديد العوامل العلاجية. يرى دايترت أن البشر "آلات تخزين للميكروبات"، مصممة لتمرر الكائنات الدقيقة إلى الأجيال القادمة، وأن "الجينوم البشري الثاني" - أي الجينات التي يشفرها الميكروبيوم البشري - يكمن في مجتمع بكتيري مزدهر، يشبهه دايترت في تنوعه بالغابات الاستوائية المطيرة. وحتى في عصر أدوات التحرير الجيني، مثل «كريسبر» CRISPR، ما زال من الصعب تعديل الجينوم البشري، إلا أن دايترت له رأي وجيه، يقول إنه يمكن هندسة الجينومات الميكروبية؛ بغرض معالجة الأمراض البشرية، وإضافة وظائف جديدة للإنسان. وقد تأكدت بالفعل قدرة المواد الأيضية الميكروبية على التحكم في التعبير الجيني البشري، فمثلاً، تساعد مركبات بوتيرات الصوديوم

تسند إلى البكتيريا دور البطولة في الكيمياء الحيوية، فضلاً عن كونها من كبار اللاعبين في عملية الأيض؛ ما يمنح الأجسام العائلة تعددية في الوظائف، تفوق بكثير ما تمنحه إياه جيناتها الخاصة. وتعتمد الأوقات باسم *Aphids* مثلاً على المتكافلات البكتيرية التي تُعرف بـ *Buchnera*؛ لإنتاج أحماض أمينية أساسية، لا توجد في عصارة اللحاء التي تتغذى عليها حشرة الأرقعة. وقد أدت هذه العلاقات بعالم الأحياء الأمريكي إيفان والين في عام 1927 إلى وصف «التكافلية» بأنها مُحرك للإبداع الذي يتيح للبكتيريا تغيير الأنواع العائلة لها.

ورغم أن هناك علماء - مثل لويس باستير، رائد نظرية الجراثيم، وهوارد فلوري، مطور البنسلين - قد زرعوا فينا الخوف من الميكروبات، إلا أن يونج يرى أنه على البشرية رعايتها؛ تقديراً لإسهاماتها في تطوُّرنا لما نحن عليه الآن، وأن علينا النظر إلى الميكروبيوم البشري بصفته عضواً كاملاً ذا وظائف أساسية، مثله مثل الكبد، أو الرئتين، أو الكليتين.

ومن المثير للاهتمام أن يونج يرى أن الخلايا المناعية البشرية لا تشكو من رهاب الدخلاء، وإنما هي أقرب شبهاً بحراس الغابات، من حيث تصادمها الحذر مع الميكروبات بتعديل ديناميكيات تجمعاتها، وبالاستجابة لتقلباتها. ولا يرجع تآكل وانهار الشعاب المرجانية في المياه الدافئة الحامضية إلى الآثار المباشرة للاحتراق العالمي فقط، وإنما أيضاً إلى اختلال العلاقات في التجمعات الميكروبية. وبالمثل، يشير يونج إلى أن هناك أمراضاً بشرية تنشأ من حدوث تغيرات في ديناميكيات التجمعات البكتيرية؛ ما يتسبب في شذوذ في الإيكولوجيا، والتعاون الميكروبي الداخلي. ومن أمثلة ذلك: السمّة، التي تبدو - جزئياً - نتيجة لاختلال في توازن ميكروبات

الفرد يحتوي الجموع: البكتيريا التي تعيش بداخلنا ورؤية أوسع للحياة

إد يونج  
إيكو: 2016.

الإنسان ككائن مركب: كيف يغير الميكروبيوم مفهوم الحياة الصحية بصورة جذرية

رودني دايترت  
دوتون: 2016.

مك الغني بالطفيليات: كيف تتلاعب مخلوقات دقيقة بسلوكنا وتشكل مجتمعاتنا

كاتلين ماكوليف  
هاوتن فملين هاركرورت: 2016.

العلاقة بين العقل والأمعاء: كيف تؤثر الرسائل الخفية داخل أجسادنا في مزاجنا واختياراتنا وصحتنا العامة

إيميران ماير  
هاربر ويف: 2016.

في أوائل تسعينات القرن العشرين، ألقى سيدني برينر - عالم الأحياء الجزيئية - محاضرة في كمبريدج في المملكة المتحدة، أكد فيها على مزايا اكتشاف تتابع الجينوم البشري، سعياً وراء وضع وصفٍ كامل لـ «طاقم الجينات» البشري. وبعد ذلك بـ عدة سنوات، وبالتحديد في عام 2001، نُشر أول تتابع جينومي بشري. وقد كان الافتراض المطروح وقتها أنه سيختزل الهيئة البشرية والوظائف والاختلالات الوظيفية البشرية في صورةٍ محدودة يمكن تبُّعها. وبمرور الوقت، تلاشت هذه الآمال، بعد اكتشاف مستويات متتابعة من التعقيدات المعلوماتية والتنظيمية، شبيهة بالدمى الروسية التي تحوي بداخلها عدة دُمى أصغر فأصغر، بدايةً من علم الوراثة غير الجينية، حتى الحمض النووي الريبي المجهر *microRNA*، وربما لا تمثل الجينات الجينومية المُشَفَّرة للبروتين سوى رأس جبل الجليد.

أتت أحدث الانتقادات لنموذج برينر للهيئة والوظيفة العضويين من اتجاه غير متوقَّع، إذ يبدو أن محتويات طاقم الجينات البشري بدلاً من أن تكون مكثفةً بذاتها، فإنها تتلقى مدداً سخياً من الكثير من العناصر الخارجية. ويأتي هذا المدد السخي من عالم الكائنات الدقيقة المضطرب، وبالتحديد من المُتكافلات التي تتغذى منتجاتها على التشكيلة المتواضعة التي تقدّمها عوائلها. ويستكشف الباحث - عبر أربعة كتب جديدة - آثار هذا الجُعد المعلوماتي الإضافي، وارتباطه بجيناتنا.

يقترح الكاتب العلمي إد يونج في كتابه الرائع «الفرْدُ يحتوي الجموع *I Contain Multitudes*» العالم الغامض والمثير للميكروبات التي تعيش فينا وعلينا، ويذكرنا بأن عدد خلايا جسم الإنسان البالغ 30 تريليون خلية، تفوقه عدداً - وبسهولة - 39 تريليون خلية ميكروبية - أو أكثر - تتخفي داخل الجسم، وبأن

الجينوم البشري يحوي 20,000 جين مُشَفَّر للبروتين، بينما يحمل ضيوفنا غير المدعويين عدداً مهولاً يصل إلى 10 ملايين جين. وقد تَوَصَّلنا إلى معرفة هذا

بفضل علم الجينوم البيئي *metagenomics* - وهو طريقة لاكتشاف تتابع امتدادات حمض نووي ريبوي قصيرة خاصة بالنوع، ابتكرها عالم الفيزياء الحيوية كارل ووز في أواخر ستينات القرن العشرين - الذي ساعد على تحديد البنية الجينومية للمجتمعات الميكروبية في جسم الإنسان.

تَمَنَح البكتيريا عوائلها خصائص متفردة. وتميز تلك البكتيريا جيناتها المنظمة، وقدرتها على التطور السريع، بسبب معدلات التطفر العالية، والانتقال الجيني الأفقي، والتضاعف السريع؛ وكلها مميزات



كليف روبرتسون في دور البطولة في فيلم «تشارلي» 1968، المقتبس من رواية «زهور لألجزنون».

## لمحة من الماضي زهور لألجزنون

يعود بنا أنانيو بتاتشاريا إلى قراءة رواية خيال علمي، تُعتبر بمثابة حجر أساس لأخلاقيات علم الأحياء التجريبي.

ماساتشوستس للتكنولوجيا، وبدعم جزئي من عملاقة الصناعات الغذائية «كويكر أوتس» Quaker oats. وفي هذه الدراسة، تمّ إطعام عشرات الأطفال ممن لديهم صعوبات تتعلّم - في مدرسة والتر إي فيرنالد في والثر بولاية ماساتشوستس - حبوباً غذائية تحتوي على مواد كيميائية مشعّة، تساعد على مراقبة امتصاص أجسامهم للحديد والكالسيوم. ولم يتمّ إخبار الصبية إلا بأنهم بصدد الانضمام إلى نادٍ علمي، ولم يتطرّق نموذج الموافقة المرسل إلى آبائهم إلى ذكّر التعرض للإشعاع. وقد انتهت لجنة من وزارة الطاقة الأمريكية في عام 1994 إلى أنه «من المستبعد جداً» أن يكون الصبية قد تآذوا من الإشعاع، ولكنّ تجاهل حقوقهم الإنسانية - في حد ذاته - أمرٌ فظيع. وكانت هناك تجارب

عاصر كاتب الخيال العلمي دانيال كيز - الذي توفي في عام 2014، وهو في السادسة والثمانين من عمره - ثورات كبرى في العلوم الطبية الحيوية، بدءاً من اكتشاف الشريط اللولبي المزودج للحض النووي DNA، وصولاً إلى إعداد التسلسل الجينومي البشري، لكن الوازع الأخلاقي لم يكن مواكباً لسير الأمور دائماً. وتؤكد رواية كيز، التي تحمل عنوان «زهور لألجزنون» *Flowers for Algernon* - التي أنمّت عامها الخمسين هذا العام - مدى تجاهل الحاجة إلى ذلك الوازع، أو الاستهانة به. من بين الحالات المرصودة دراسة أجرتها جامعة هارفارد بين عامي 1946، و1953، بالتعاون مع معهد

في التحكم في تحوّل الهيموجلوبين المُصنَّع إلى هيموجلوبين جنيني.

لم تتّسع الكائنات الدقيقة بالتجوال في المساحات الواسعة من جسم الإنسان؛ فتوغلت أيضاً في جهازه العصبي. وتؤكد الكاتبة الصحافية كاتلين ماكوليف في كتابها الثري والمثير والمُقلق بعض الشيء «مخك الغنيّ بالتفصيلات *This Is Your Brain on Parasites*» أن رفاقنا الصغار يلعبون دور محرّبي الدُمى؛ فيتحكّمون في أفكارنا، وأحاسيسنا، وتصرفاتنا. قد تختلف نظرتي الآن إلى القطط؛ لعلمي بقدرة الطفيلي *Toxoplasma gondii* الخاص بها على التحكم في السلوك البشري، والتسبب في الإصابة بأمراض عقلية، مثل الفصام. كما أن البشر الحاملين لهذا الطفيل أكثر ميلاً لخرق القوانين، وأكثر تحفظاً وتشككاً، وتلمح ماكوليف براعةً أنه يمكن استخدام الكيماويات عقلية المفعول التي تتجهج الميكروبات، بغرض تطوير عقاقير معالجة للحالة العقلية.

وفي تركيزه على كيفية تسبّب الميكروبات في حالات مرضية مزمنة، مثل الأكم المستمر، ومتلازمة القولون العصبي، صوّر إيميران ماير - اختصاصي الجهاز الهضمي - في كتابه «العلاقة بين العقل والأمعاء *The Mind-Gut Connection*» كلا من المخ والأمعاء بما يعيش فيهما من كائنات دقيقة على أنهما جزء من بنية واحدة شديدة التماسك، على المستويين التشريحي والكيميائي. وهو يؤكّد - وإن كان ذلك بأدلة بدائية - على أن الجهاز العصبي الداخلي - أي شبكة الخلايا العصبية التي تتحكم في الجهاز الهضمي - يعمل كدماغ مصغر، ينقل المعلومات الحسية من الأمعاء إلى الجهاز العصبي المركزي. وكان من المدعش معرفة أن الميكروبات تحوي نسخاً عتيقة من ببتيدات وهرمونات مؤشرة، عُثِر عليها في القناة الهضمية للإنسان، من ضمنها النورادرينالين noradrenaline، والسيروتونين serotonin، والإندورفينات endorphins؛ ما قد يدعم نظرية ماير. يظن ماير أن الأخطاء البرمجية المبكرة في محور (المخ-الأمعاء-الميكروبات) المفترض ربما تسبب في حالات مرضية قد تستفيد من العلاج بواسطة المُتمّمات الحيوية probiotics.

لقد انحدرتنا كبسّر من الميكروبات، وتطورنا في وجودها، وضمنا بعض عناصرها إلى خلايانا. ومن المؤكّد أن تشخيص الميكروبات سيصير اختباراً نمطيّاً، مثله مثل اختبار الدم. ولا ريب أن الكنز الوافر من الجزيئات البكتيرية سوف يُستخدم لتغيير ما نحن عليه الآن، بل وقد يؤثّر رفاقنا «الميكروبيون» في استجاباتنا لعوامل علاجية مهمة، مثل العقاقير المضادة لبروتيني PD-L1، و CTLA4؛ لتنشيط الجهاز المناعي لدى المصابين بالسرطان. وقد تأسست عدة مبادرات إقليمية، منها «المشروع الأمريكي للميكروبيوم البشري»، و«المبادرة الوطنية للميكروبيوم»؛ بغرض دراسة الميكروبيوم البشري. وتعدّ العمليات المعقدة - الخاصة بفهرسة الطبيعة الحيوية للميكروبات، وتوصيفها، ورسم خرائطها، على مستوى العالم - بتيسير وضع تسلسل الجينوم البشري. ويبدو أن ثمة خطة عالمية لتلوح في الأفق. ■

أدريان وولفسون مؤلف كتاب «الحياة بدون جينات *Life Without Genes*».

البريد الإلكتروني: adrianwoolfson@yahoo.com



الأطفال المصابين بصعوبات التعلم. فعندما عاد أحد الطلبة إلى صفه بعد طول غياب، لاحظ كيز أنه نسي كيفية القراءة، وقال عن تلك الواقعة: "كان قد فقد قدرته على القراءة تمامًا، انفطر قلبي". ويبدو أن تعاطفه مع «ألجرئون» تتجَرَّز جزيئًا بسبب واقعة تشريح فأرة في الجامعة؛ فقد أخذ كيز يرتجف حين كَشَفَ تشريحه للفأرة عن وجود "عنقود من الأجنة الصغيرة" في رحمها.

وعلى الرغم من تعاطفه مع كائنات التجارب، بشريَّة كانت أم حيوانية، لا يصوِّر كيز الباحثين بصورة نمطية على أنهم عباقرة أشرار. ورغم أن كيز كان يكتب قبل إرساء الأفكار الحديثة الخاصة بالحصول على موافقة مسبقة في أواخر القرن العشرين، إلا أنه يصوِّر كيف تكبَّد قائد التجربة - عالم النفس اللاهث خلف مستقبله الوظيفي، هارولد نيمر - المشاق للحصول على تصريح من أقارب تشارلي لإجراء عملياته. ويهتم جراح المخ جيسون ستراوس - الذي يُجْري العملية - بالحالة الصحية لتشارلي طوال الوقت. وما يشغل بال كيز هو فشل العلماء المذكورين في روايته في النظر إلى تشارلي باعتباره بشرًا كاملًا، قبل إخضاعه لعملية تحسين مستوى ذكائه تلك. وفي حين لم يشهد إدراك تشارلي لـ«كينونة» ألجربون إلا نموًا، لم يكن نيمر قادرًا على رؤية تشارلي، إلا في صورة مسخ «فرانكنشتاين» لطيف. نرى ذلك الصلف جليًا في أيامنا هذه أحيانًا، حين يخفق الباحثون في تقدير عواقب تجاربهم على نحو شامل (S. Aftergood *Nature* 536, 271-272; 2016). وتشير مجموعة من النتائج إلى أن سلامة قوارض المختبر لم تكن على جدول الأولويات بصورة كافية. فعلى سبيل المثال، تُوضع الفئران في درجة حرارة تبلغ حوالي 20 درجة مئوية، وهو ما يُعدُّ أكثر برودة من درجة الحرارة المناسبة لهم، وهي 30 درجة مئوية (انظر: <http://doi.org/bnh7>; 2013). كما تعاني حيوانات كثيرة من حيوانات المختبر من زيادة في الوزن. وبالإضافة إلى أن هذه الظروف تمس سلامتها، فثمة دليل على أنها يمكن أن تؤدي أيضًا إلى إفساد نتائج التجارب (Nature 464, 19; 2010).

وفي هذا العام، وجهت انتقادات إلى خطط ترمي إلى تخليق جينوم بشري اصطناعي، تمت مناقشتها بين ما يزيد على 100 عالم خلف الأبواب المغلقة، دون أن تركز على التدايعات الأخلاقية (Nature 534, 163; 2016). وقد تركز جدل آخر على سلالة الخلية شائعة الاستخدام «هيلا» HeLa، التي تم استخراجها في عام 1951 من الورم الرجمي الذي أودى بحياة امرأة أمريكية أفريقية تُدعى هينريتا لأكس، على الرغم من أنها لم تمنح أحدًا موافقتها على مثل ذلك الاستخدام. وفي عام 2013، نُشر جينوم سلالة الخلية، دون الحصول على إذن من أقارب لأكس الأحياء.

ومع دخول العالم عصر تحرير الجينوم، فإنه يغري العلماء بالاستئثار بالجدل الأخلاقي مرة أخرى. ولتجنب الانسياق وراء هذا الإغراء، لا أقل من أن يرجع الباحثون إلى رواية كيز المذهلة، وهي العمل الذي لم تتوقف المطابع - وفي ذلك حكمة - عن ضخ نُسخ جديدة منه. ■

أنايو بتاتشاريا مراسل علمي لمجلة «الإيكونوميست»  
The Economist في لندن.  
البريد الإلكتروني:  
ananyobhattacharya@economist.com

أخرى أكثر فظاعة بكثير، منها تجارب مُجرَّمة من جانب الحكومة الأمريكية، إذ لم يتم قط إخبار مئات الرجال الأمريكيين - الذين هم من أصول أفريقية - المشاركين في تجربة توسكيجي لمرض الزهري في ألاباما بين عامي 1932، و1972 بأنهم يعانون من المرض، كما لم تتم معالجتهم، على الرغم من توفّر البنسلين منذ أربعينيات القرن العشرين.

لم تكن «تجربة» توسكيجي لتحدث اليوم أبدًا، بيد أن تجاوزات دراسة ماساتشوستس الأكثر خبثًا - المتمثلة في الإخفاق في اعتبار المشاركين أهدافًا في حد ذاتهم، بدلًا من اعتبارهم وسيلة لتحقيق أهداف الباحثين - تظل مثالًا لعدم الأخلاق. وهذا التعامل الخالي من المشاعر مع البشر وحيوانات المختبر، سعيًا وراء المعرفة العلمية، هو ما التقطه كيز في روايته «زهور لألجرئون».

تقّص الرواية - التي استندت إلى قصة قصيرة، نشرها كيز في عام 1959 - جانبًا من سيرة تشارلي جوردون، البالغ من العمر 32 عامًا، الذي وافق على الخضوع لعملية تجريبية في المخ، من شأنها أن تساعد في التعافي من صعوبات التعلم الشديدة، وتساعد في رفع مستوى ذكائه (كانت درجة ذكائه 68). ولم يكن قد سبق لفرد أن خضع لهذه العملية بنجاح، إلا فأر

مختبر، اسمه «ألجرئون». وبعد العملية، ارتفع معدل ذكاء تشارلي بسرعة؛ واكتسب القدرة على تعلم لغات جديدة، والتمكن من العلوم والآداب. وتبيّن مذكراته - التي تمثل صلب الرواية - وعيه المتنامي بميوله الجنسية وعواطفه، وتحديداً مشاعره تجاه معلّمته السابقة في مركز كلية بيكمان للبالغين المصابين بالتأخر العقلي. وما يكشف مقصد كيز أكثر فأكثر هو تطوّر العلاقة بين تشارلي، وألجرئون، فبعد أن كان تشارلي ساخطاً - في بادئ الأمر - على تفوق ألجرئون العقلي (حيث كان الفأر يغلبه بسهولة في الخروج من المتاهة)، طوّر تشارلي صلة قوية مع زميله في التجربة. وفي أوج عبقريته، يبدأ تشارلي في تفحص التجربة ذاتها، سعيًا لتطويرها، ودفعها إلى الأمام. وفور اكتشافه عيوب التجربة، يختطف ألجرئون؛ ولحماته. وتُعدُّ الانتكاسة التي ينتهي بها الكتاب ساحةً إلى درجة أن خمسة ناشرين رفضوا المخطوطة، قبل أن تجد طريقها إلى النور. وأصبحت الرواية من بين الروايات الأكثر مبيعًا، فقد باعت ما يزيد على 5 ملايين نسخة حتى الآن، وكانت نواة للفيلم الذي نجح نجاحًا ساحقًا «تشارلي» *Charly*، والذي خرج إلى النور في عام 1968، وكان من بطولة كيف روبرتسون. ولا تزال الرواية حاضرة في نقاشات أخلاقيات علوم الأحياء.

حصل كيز على درجة علمية في علم النفس، وأصبح بعد الرواية أستاذًا للكتابة الإبداعية في جامعة أوهايو في أئينا. وبين الفترتين، عمل محررًا لمجلة «مارفل ساينس ستوريز» *Marvel Science Stories* الرخيصة، كما عمل في المجلة المصورة «أتلان كوميكس» *Atlas Comics*، التي انبثقت منها «مارفل كوميكس» *Marvel Comics*.

كما قضى فترة وجيزة في تدريس اللغة الإنجليزية في المدارس الحكومية في مدينة نيويورك. وينبع التعاطف - الذي ساد الرواية - من تجربته في تدريس

NATURE.COM  
وللمزيد حول العلم  
والثقافة، انظر:  
[go.nature.com/  
booksandarts](http://go.nature.com/booksandarts)

nature MIDDLE EAST  
Emerging science in the Arab world



twitter



facebook



google+

Stay up-to-date with  
articles in English and  
Arabic, including:

- Science news
- Research highlights
- Analysis and comment
- Special science portfolios
- Interviews with academics
- Editors' blog
- Science events
- Job search

[nature.com/nmiddleeast](http://nature.com/nmiddleeast)

Sponsored by



SPRINGER NATURE

# أبحاث

## أبناء وآراء

**أنظمة علم الأعصاب** خريطة  
متعددة الأنماط تكشف عن 360 منطقة  
مميزة في قشرة المخ **ص. 46**

**سرطان** التأثير السلبي للسمنة  
على علاج سرطان البنكرياس والتكهن  
بتطوره **ص. 48**

**فيزياء المادة المكثفة** خصائص  
مذهلة للموصلات الفائقة زائدة الإشابة  
ذات الحرارة المرتفعة **ص. 50**



L. K. SANDERS, R. TRUBY, M. WEHNER, R. WOOD & J. LEWIS/HARVARD UNIV.

**الشكل 1 | "الأوكتوبوت":** قام وينر وزملاؤه<sup>3</sup> بتصنيع روبوت على شكل أخطبوط، تم بناؤه بالكامل من مواد مرنة. يضم جسم الروبوت مصدرًا للطاقة يعمل بالوقود السائل، ونظامًا مائعًا يتحكم في النمط الدوري لحركة الأذرع، وتظهر في الصورة مشغلات الحركة، التي تتسبب في رفع الأذرع على شكل مستطيلات أرجوانية اللون. شريط مقياس الرسم: 10 ملر.

### روبوتيات

## جيل الروبوتات المرنة

**تعرّف على الـ"أوكتوبوت".. أول روبوت مصنوع بالكامل من مواد مرنة. يمثل الـ"أوكتوبوت" - الذي يعمل من خلال تفاعل كيميائي، ويتحكم فيه دائرة منطقية مائعة - إيدانًا بميلاد جيل جديد من الروبوتات المرنة، التي قد تتفوق على نظيرتها التقليدية.**

### باربارا مازولاي، وفيرجيليو ماتولي

تُستخدم الروبوتات عادةً في سياق عمليات التصنيع التي تنطوي على بيئات جيدة التنظيم. تسمح لها تلك الظروف بالتحرك وفقًا لإجراءات محددة مسبقًا، مما يحدّ من تفاعلها مع العاملين من البشر لأسباب تتعلق بالسلامة، ولكن إذا ما نُقلت هذه الآلات إلى بيئات "حقيقية" خارج المصانع، سيتعين عليها التعامل مع أوضاع غير محددة، والتكيف مع ظروف متغيرة، والتصرف وفقًا لها، والتفاعل بأمان مع الكائنات الحية، بما في ذلك البشر<sup>1</sup>، وهي مشكلات يصعب حلها باستخدام التكنولوجيا التقليدية التي يُصنع فيها الروبوت من مواد صلبة. وستكون الروبوتات المصنوعة من مواد مرنة قابلة لإعادة

فعلى سبيل المثال، يمكن لأذرع الروبوتات المرنة المستوحاة من الأخطبوط أن تستطيل<sup>4</sup>، ويمكن للروبوتات المرنة التي تحاكي اليسروع أن تتحرك حركة متموجة، وتقفز<sup>5</sup>. في عام 2011، نُشرت<sup>6</sup> تقارير عن محاولة بارزة لتطوير روبوت مرّن البنية تمامًا على أيدي باحثين من المجموعة البحثية نفسها، التي يعمل بها وينر وزملاؤه. في تلك الحالة، كان الروبوت نفسه يتكون حصريًا من مواد مرنة، ولكن تم استخدام نظام "مضخة وصمام" تقليدي؛ لتنفيذ (تفعيل) أنواع مختلفة من الحركة بالهواء المضغوط، وتم توصيل النظام بالروبوت عن طريق كابلات. ويعمل وينر وزملاؤه حاليًا على دفع الحدود التكنولوجية لأبعد من ذلك؛ حيث لا تقتصر الأجزاء المرنة من الروبوت الجديد على جسم الروبوت

التشكّل<sup>2</sup> أكثر قدرة على الإمساك بالأشياء غير المعروفة لها، والتعامل معها، والتحرك على تضاريس وعرة وغير منتظمة، وربما تكون أقل خطرًا على البشر. وفي بحث نُشر في دورية *Nature*، يقدم وينر وزملاؤه<sup>3</sup> أول روبوت يستغني تمامًا عن الهياكل وأنظمة التحكم الصلبة. وتمثل أجزاء الجسم المرنة أهمية كبيرة في عديد من الكائنات الحية في الطبيعة؛ فهناك حيوانات مثل الجبار، ونجم البحر، والديدان، تتكون بالكامل تقريبًا من مواد مرنة وسوائل، مما يزيد من قوتها وقدرتها على التكيف في بيئتها. ولذا ثمة اعتقاد متزايد بأن المواد المرنة قد تساعد تكنولوجيا تصنيع الروبوتات على التفوق على قدراتها الحالية، من خلال السماح للروبوتات بالاستطالة، والانضغاط، والتسلق، والنمو.



على توجيه الأبحاث في هذه الاتجاهات، ومن ثم الإسهام في تشييد أركان المعرفة التي سيرتكز عليها الصرح العلمي لهذا المجال الجديد. ■

**باربارا مازولاي، وفيرجيليو ماتولي** يعملان في مركز

الروبوتات الحيوية الدقيقة بالمعهد الإيطالي للتكنولوجيا، 56025 بوتيفيدرا، بيزا، إيطاليا.  
barbara.mazzolai@iit.it: البريد الإلكتروني:

1. Pfeifer, R., Lungarella, M. & Iida, F. *Science* **318**, 1088–1093 (2007).
2. Rus, D. & Tolley, M. T. *Nature* **521**, 467–475 (2015).
3. Wehner, M. et al. *Nature* **536**, 451–455 (2016).
4. Mazzolai, B., Margheri, L., Cianchetti, M., Dario, P. & Lasch, C. *Bioinspir. Biomim.* **7**, 025005 (2012).
5. Lin, H.-T., Leisk, G. G. & Trimmer, B. *Bioinspir. Biomim.* **6**, 026007 (2011).
6. Shepherd, R. F. et al. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108**, 20400–20403 (2011).

وعودًا كبيرة لعدة تطبيقات، مثل خدمة وفحص الماكينات، وعمليات البحث والإنقاذ، وعمليات الاستكشاف. وقد فتحت الروبوتات المرنة أيضًا المجال لأساليب جديدة لتحسين الصحة وجودة الحياة. وقد أصبحت المناظير المرنة - التي تسمح بالانتقاء والاستطالة في جميع الاتجاهات، وكذلك بتصلب يمكن التحكم فيه - أمرًا واقعيًا بالفعل<sup>11</sup>، وكذلك الأجهزة التقييمية المرنة والمستخدمة في إعادة تأهيل الكاحل والقدم<sup>12</sup>. وقد تساعد النتائج التي توصل إليها وينر وزملاؤه

7. Hecke, M. & Schomburg, W. K. J. *Micromech. Microeng.* **14**, R1–R14 (2004)
8. Qin, D., Xia, Y. & Whitesides, G. M. *Nature Protocols* **5**, 491–502 (2010).
9. Wu, W., DeConinck, A. & Lewis, J. A. *Adv. Mater.* **23**, H178–H183 (2011).
10. Paul, C. *Robot. Auton. Syst.* **54**, 619–630 (2006).
11. Ranzani, T., Gerboni, G., Cianchetti, M. & Mencias, A. *Bioinspir. Biomim.* **10**, 035008 (2015).
12. Park, Y.-L. et al. *Bioinspir. Biomim.* **9**, 016007 (2014).

### أنظمة علم الأعصاب

# خريطة حديثة لقشرة المخ البشري

**خريطة موثقة للوحدات التي تشكل قشرة المخ البشري، تُعدُّ بأن تكون نقطة انطلاق نحو فهم أعمق لوظائف المخ، وما يصيبه من مرض.**

إلى توضيح المسارات العصبية التي تكمن وراء وظيفة وسلوك المخ باستخدام الطرق الأحدث لتصوير الدماغ<sup>3</sup>. يتيح التصوير بالرنين المغناطيسي طريقة لا يضاهاها شيء آخر لكشف المخ. فإمكان آلة تصوير واحدة أن تسجل عدة قياسات مختلفة (تُعرف بالأنماط)، بدءًا من تحديد الكثافة النسبية لأغلفة المايلين العازلة للخلايا العصبية، حتى تحديد سمك قشرة المخ، حيث يختلفان بشدة من منطقة قشرية إلى أخرى. وإضافة إلى ذلك يمكن للتصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي (fMRI) قياس تغيرات تدفق الدم المصاحبة للمهام الذهنية المختلفة، بالإضافة إلى نشاط الدماغ ككل في حالات الراحة، مقدّمًا معلومات حول النشاط العصبي النطاقي المصاحب لحالات الدماغ المختلفة. إن تجميع المؤلفين للمعلومات المستقاة من عدة أنماط للتصوير بالرنين المغناطيسي لا يكفي فقط بتقريب هذا العمل نحو التعريف الكلاسيكي للمنطقة القشرية أكثر من المحاولات السابقة، بل يمتاز أيضًا بعدد من المزايا الرئيسية عن الاستقصاءات الأخرى.

أولاً، بعض الأنماط يكشف حدودًا لا تظهر بشكل واضح مع غيرها. فعلى سبيل المثال، الحد الفاصل بين المنطقتين 3 و3B من القشرة الحسية الجسدية (التي تعالج المعلومات المتعلقة باللمس والألم) يمكن رسمه بسهولة من خلال رسم خرائط المايلين، لكن ليس عن طريق التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي للدماغ في حالة الراحة. ومثال آخر على ذلك.. هو ما قام به جليسر وزملاؤه، إذ ابتكروا تقنية للتصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي للدماغ في حالة الراحة، تقوم برسم خرائط طوبوغرافية للتواصل العصبي

**بي. تي. توماس يوه، وسيمون بي. أيوف**

لقشرة المخ البشري دور أساسي في المعالجة الحسية والحركية، وكذلك الوظائف الذهنية، كفهم اللغة، والتفكير المنطقي؛ وهو مؤشر على مدى التعقيد الذي يميّزنا عن الحيوانات الأخرى. وفي بحث نُشر مؤخرًا، وصف جليسر وزملاؤه<sup>1</sup> خريطة محدّثة لقشرة المخ البشري، وهو تقدّم طال انتظاره، يطرح أطلس مرجعيًا، من شأنه أن يسمح للباحثين المختصين في بنية المخ ووظيفته وتواصله أن يعملوا ضمن إطار عمل مشترك لأنظمة علم الأعصاب.

ولطالما دفع التمايز النطاقي في قشرة المخ إلى ظهور محاولات لتحديد المناطق المتميزة فيها، بدءًا من الدراسات التشريحية العصبية الكلاسيكية في بداية القرن العشرين<sup>2</sup>، حتى الطرق الحديثة غير الباضعة، المستندة إلى التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) داخل الأجسام الحيّة. ويزداد تعقيد هذه المساعي مع إدراك أن كل موقع في المخ يمكن وصفه بمجموعة تكاد تكون غير متناهية من الصفات، تتضمن كثافة بروتينات المستقبل الخاصة بمجموعة متنوعة من جزيئات الناقل العصبي، والاتصالات طويلة المدى بأجزاء أخرى من الدماغ، والتخصص من أجل إتمام الحسابات العصبية التي تدعم وظائف محددة. حاولت غالبية الدراسات السابقة تقريبًا رسم حدود الأجزاء القشرية باستخدام صفة واحدة (الشكل 1)، إلا أن جليسر وزملاؤه قاموا بزيادة النوعية والتنوع بشكل غير مسبوق في بيانات التصوير بالرنين المغناطيسي التي جمعت في إطار مشروع الكونيكوموم البشري "Human Connectome Project"، الذي يهدف

وحدات التشغيل فحسب، ولكن تمتد أيضًا لتشمل نظام التحكم، ومصدر الطاقة، اللذين تم دمجهما في الروبوت. وبهذا يكون هذا الروبوت هو أول روبوت مرّن تمامًا يستطيع العمل بدون أن يكون مقيّدًا بكابلات.

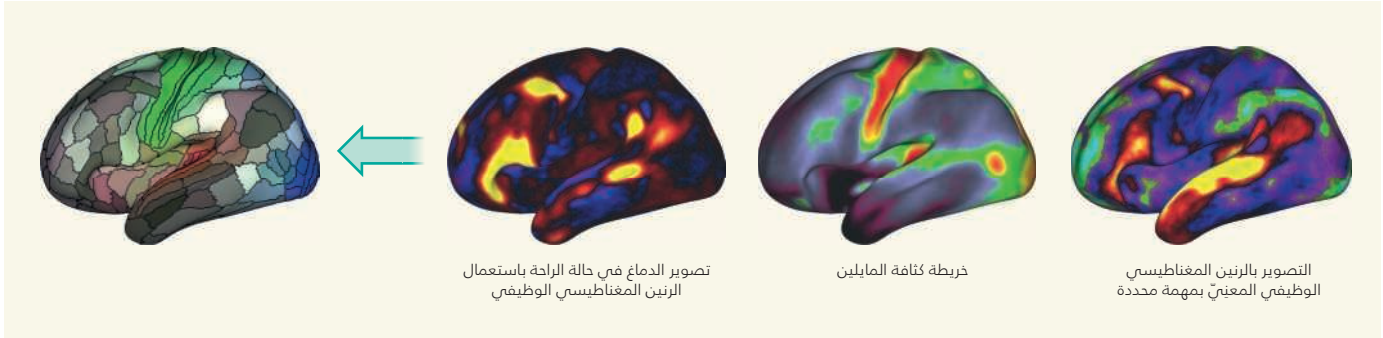
يتملك الروبوت المصمّم على شكل أخطبوط - الذي أُطلق عليه الباحثون اسم "أوكتوبوت" (الشكل 1) - ثمانية أذرع، يتم تحريكها من خلال آلية هوائية تعتمد على عملها على تمدد حجيرات مدمجة قابلة للنفخ، تعمل كمسغلات حركة، وتُدَمَج مشغلات الحركة هذه في شبكة مائعة-هوائية تعمل بوقود سائل (محلول مائي من بيروكسيد الهيدروجين). يمر الوقود عبر حجيرات تفاعل تحتوي على محفز قائم على البلاتين، يؤدي إلى تحلل بيروكسيد الهيدروجين. ينتج عن هذا التحلل أكسجين مضغوط، يقوم بنفخ مشغلات الحركة، وبالتالي توليد حركة الذراع.

يتحكم وينر وزملاؤه في تسلسل حركات الأوكتوبوت باستخدام دائرة مائعة مرنة تمامًا، قائمة على نظام من الصمامات التي تعمل كعناصر للبوابة المنطقية. تقوم الدائرة بتوليد ذبذبات تحوّل تدفق الوقود المضغوط من غرفة تخزين الوقود إلى تدفق يتناوب بين حجيرات التفاعل المختلفة، إلى أن ينفد الوقود من النظام. ومن ثم، فإن الأوكتوبوت يكرر دورات من الحركة، يقوم فيها أولاً برفع أربعة أذرع، في حين يخفض الأربعة الأخرى، ثم العكس (انظر: [go.nature.com/2b3cn3s](http://go.nature.com/2b3cn3s)). وجسم الروبوت بأكمله، بما في ذلك الدوائر المائعة، مصنوع من مواد قائمة على السيليكون، لها خصائص ميكانيكية مختلفة، مصمّمة خصيصًا لتناسب المتطلبات الوظيفية لمختلف الأنظمة الفرعية.

يتطلب صنع روبوتات مرنة مستقلة تحقيق التكامل بين مواد ووظائف مختلفة، مثل أنظمة تشغيل الحركة، والإمداد بالطاقة، والمنطق. ويمثل الأوكتوبوت نظام الحد الأدنى الذي يوضح إمكانات هذا النهج، ولتحقيق التكامل المطلوب، استخدم وينر وزملاؤه مزيجًا من تقنيات التصنيع المتقدمة - بما في ذلك القوالب الدقيقة<sup>7</sup>، والطباعة الحجرية المرنة<sup>8</sup>، والطباعة ثلاثية الأبعاد المدمجة متعددة المواد<sup>9</sup> - لإنتاج هياكل مطاطية مدمجة في القنوات المائعة، تمتد لعدة درجات كمية في مقاييس الطول. وعلى الرغم من تعقيدها الظاهري، فإن إمكانية تخصيص عملية التصنيع هذه حسب الطلب مكّنت مؤلفي البحث من التحقق من صحة التعديلات على التصميم باستخدام أسلوب سريع يعتمد على التجربة والخطأ، بحيث أمكن التوصل إلى التصميم الأمثل للجهاز النهائي بسرعة.

إن استخدام وينر وزملاؤه مواد مرنة وتشكيلات متصلة - انحناءات مستمرة للأذرع لتوليد الحركة، بدلاً من الحركة الناتجة عن هياكل صلبة متصلة ببعضها بواسطة مفاصل دورانية - يُمهّد الطريق لمزيد من التطورات العلمية والتكنولوجية. وتمثل الخطوات التالية في تطوير أنظمة تحكم حاسوبية (مثل دوائر مائعة أكثر تعقيدًا) تسمح بنطاق أكبر من الحركات؛ وتحديد قواعد تصميم جديدة للروبوتات المرنة، واعتماد وتحسين تقنيات التصنيع.

ولا تزال هناك تحديات أخرى.. فعلى سبيل المثال، قد تكون القوى التي يمكن للروبوتات المرنة أن تبذلها على البيئة محدودة، مما قد يحدّ من مجالات استخدامها. وإضافة إلى ذلك، فإن استخدام الدوائر المنطقية المائعة كُنظم تحكم، بدلاً من الإلكترونيات التقليدية، قد يحدّ من تعقيد السلوكيات التي يمكن توليدها. وهناك حاجة أيضًا إلى فهم أفضل لخصائص المواد المرنة، وكيفية تفاعلها مع أنظمة التحكم، ومع البيئة المحيطة؛ وذلك لإنتاج السلوك المطلوب من الروبوت في السياقات الواقعية<sup>10</sup>. ورغم أن الروبوتات المرنة لا تزال في مهدها، فإنها تحمل



**الشكل 1 | رسم خريطة لوظائف الدماغ.** قام جليسر وزملاؤه<sup>1</sup> بتحديد مناطق مميزة في قشرة المخ البشري، باستخدام مجموعة من تقنيات وضع الخرائط الدماغية التي سبق استعمالها بشكل منفصل فقط، وهي تتضمن التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي المعنى بمهمة محددة، ويعطي معلومات عن الوظائف التي تؤديها المناطق المختلفة؛ والكثافة النسبية لمادة المايلين التي تغلف الخلايا العصبية، والتي تعطي معلومات عن البنية القشرية؛ وتصوير الدماغ في حالة الراحة باستعمال الرنين المغناطيسي الوظيفي، الذي

يعطي تفاصيل عن التوصل العصبي في المناطق المختلفة، وما بينها. تقدّم الأنوان الظاهرة في هذه اللوحات الثلاث خريطة حرارية للمقايس؛ والنتيجة هي خريطة ترسم حدود 360 منطقة قشرية مختلفة. تمثل الأنوان المختلفة طريقة ارتباط كل منطقة بالمدخلات الحسية (السمع بالأحمر، واللمس بالأخضر، والرؤية بالأزرق) وبالأنظمة المشاركة في عملية الإدراك (فاتحة وداكنة)، بينما تشير الأنوان المختلفة إلى مناطق تتداخل فيها الأنظمة الوظيفية. (الصورة مأخوذة من المرجع 1).

المادة الرمادية، أو قوة التوصل مع مناطق أخرى - يمكن أن تُحسب الآن، ويمكن أن تشكل مؤشراً قوياً للفروق الفردية في السلوك، أو المرض. إن الأطلس الذي وضعه جليسر وزملاؤه هو أول خريطة متعددة الأنماط تستهدف تحديد المناطق القشرية، وهو بالتالي يمثل تقدماً كبيراً في رسم خرائط المخ البشري. والآن، الأمر متروك للباحثين لاستخدام إطار العمل التشريحي المقدم، ومقارنته بالأساليب البديلة لرسم خرائط المخ البشري، وملء المناطق المحددة بالمعلومات الوظيفية، وتلك المتعلقة بالمرض. وبذلك يمكننا البدء في دمج البيانات متعددة الأنماط؛ لفهم كيف يمكن للفروق الفردية في تنظيم المخ أن تفسّر الاختلافات في الأداء الوظيفي، وفي السلوك والاضطرابات. ■

توجد بها معلومات معروفة ذات صلة - مثل القشرة الحسية الجسدية، والقشرة البصرية - وتلك التي توجد عنها معلومات أقل، مثل قشرة الفص الجبهي، وقشرة الفص الجداري؛ اللتين تحملان أهمية خاصة لكثير من علماء الأعصاب، إذ تقوم هذه المناطق بحساب معظم الدالات الخاصة بالبشر. في الواقع، نظراً إلى تجاهل المؤلفين للمعلومات المستقاة من نمط معين، من أجل مجموعات البيانات الخاصة بهم، وهو الذي يحمل أهمية وظيفية، رغم قيامه بتجزئة المناطق القشرية الكلاسيكية، فإن إجراء المزيد من الاستقصاءات يُعدّ أمراً حاسماً لفهم كيف يمكن تمييز الحدود شديدة الوضوح في نمط واحد فقط عن الضوضاء الخاصة به.

في القشرة البصرية. ويسمح الانتقال الحاد بين مستويات التوصل الطوبوغرافي عبر حدود المنطقة بعمل رسم أكثر وضوحاً للمناطق المنفصلة المشاركة في المراحل المبكرة من المعالجة البصرية، مقارنةً بخرائط المايلين، أو الأساليب التقليدية للتصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي للدماغ في حالة الراحة<sup>4,5</sup>.

ثانياً، يقلّل التقارب عبر الأنماط المختلفة للتصوير بالرنين المغناطيسي من احتمال الخطأ في رسم الحدود، نتيجة للضوضاء، أو لتحيز خاص بميزة معينة، وهو أمر مهم، نظراً إلى الطبيعة غير المباشرة لمعظم الأنماط، فمثلاً، يقيس التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي التغيرات التي تحدث في تدفق الدم، المصاحبة للنشاط العصبي، كمثل للنشاط العصبي نفسه، ونتيجة لذلك كثيراً ما يكون إجراء حسابات معقدة سابقة للمعالجة أمراً ضرورياً للتمييز بين الإشارات والضوضاء. ومن شأن التوافق بين الأنماط أن يزيد الثقة بأن الحدود تعكس الواقع الحيوي، بدلاً من تحيز القياس.

**بي. تي. توماس يوه** يعمل في قسم الهندسة الكهربائية والحاسوبية، مركز أبحاث تقنيات التصوير الإكلينيكي، معهد سنغافورة للتكنولوجيا العصبية، وبرنامج شبكة عمل الذاكرة، جامعة سنغافورة الوطنية، 117456 سنغافورة. **سيمون بي. أيخوف** يعمل في قسم علم الأعصاب الإكلينيكي وعلم النفس الطبي، جامعة هاينريش هاينه، 40225 دوسلدورف، ألمانيا، ومعهد علم الأعصاب والطب (INM-I)، يوليش، ألمانيا. البريد الإلكتروني لكل منهما: s.eickhoff@fz-juelich.de؛ thomas.yeo@nus.edu.sg

وبشكل متصل، وعلى الرغم من أن جليسر وزملاءه قاموا بتحديد 360 منطقة قشرية، إلا أن هذه المناطق يمكن تقسيمها إلى وحدات أصغر، أكثر تجانساً، وأقل تمايزاً عن بعضها البعض. فمثلاً، هناك أجزاء مختلفة من القشرة الحسية الجسدية التي تمثل أجزاء مختلفة من الجسم، يمكن اعتبارها وحدات حسية مختلفة. كما أن هناك الكثير من الأمثلة لمناطق جديدة يتم تحديدها مع ظهور أساليب تكميلية أو أكثر حساسة، وهي مناطق اعتيادية<sup>9</sup>. وهكذا، ما زال العدد "الأمثل" للمناطق التي ينبغي تحديدها غامضاً، ناهيك عن العدد "الصحيح". ونحن نعتقد أن العدد الأمثل قد يكون معتمداً على التطبيق. ومن ثم، فإن ما قام به الباحثون - برغم كونه ابتكارياً - قد لا يكون هو الكلمة النهائية في هذا الموضوع.

وأخيراً، من شأن النهج التكاملي أن يجهّز الباحثين بشكل أفضل لوصف خصائص كل منطقة، كما يتضح من المواد التكميلية الشاملة التي قدّمها جليسر وزملاؤه. وعلى سبيل المثال، يجد المؤلفون أن المنطقة القشرية التي وُصفت في الخمسينات بانخفاض محتواها من المايلين يبدو أنها تشارك في المعالجة اللغوية، كما يتضح من قياسها بالرنين المغناطيسي الوظيفي المعنى بمهمة محددة. ويتسق ذلك مع تحليل إحصائي جرى مؤخراً لأكثر من 10,000 تجربة تصوير، شملت 83 مهمة سلوكية<sup>7</sup>. لذا تمثل خريطة جليسر وزملائه تقارب عقود من الدراسات التشريحية العصبية الكلاسيكية مع الدراسات الحديثة غير الباضعة.

1. Glasser, M. F. et al. *Nature* **536**, 171-178 (2016).
2. Brodmann, K. *Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde: in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues* (J. A. Barth, 1909); English transl. available in Garey, L. J. *Brodmann's Localization in the Cerebral Cortex* (Smith Gordon, 1994).
3. WU-Minn HCP Consortium. *NeuroImage* **80**, 62-79 (2013).
4. Buckner, R. L., Krienen, F. M. & Yeo, B. T. T. *Nature Neurosci.* **16**, 832-837 (2013).
5. Gordon, E. M. et al. *Cereb. Cortex* **26**, 288-303 (2014).
6. Hopf, A. J. *Hirnforsch.* **2**, 311-333 (1956).
7. Yeo, B. T. T. et al. *Cereb. Cortex* **25**, 3654-3672 (2015).
8. Eickhoff, S. B., Thirion, B., Varoquaux, G. & Bzdok, D. *Hum. Brain Mapp.* **36**, 4771-4792 (2015).
9. Amunts, K. *PLoS Biol.* **8**, e1000489 (2010).
10. Wang, D. et al. *Nature Neurosci.* **18**, 1853-1860 (2015).

إن أحد الابتكارات الرئيسة في الدراسة الحالية يتمثل في خوارزمية آلية تسعى لتحديد المناطق القشرية في الأفراد المشاركين، وهي مهمة أكثر تعقيداً بكثير عن وضع خريطة للمخ العادي. وقد حاولت الأعمال السابقة أن تقدّر 10 إلى 20 شبكة وظيفية في الأفراد المشاركين (لمثال على ذلك اطلع على المرجع 10)؛ إلا أن هدف جليسر وزملائه بتقسيم 360 منطقة لهو هدف أكثر طموحاً. كما يعتبر التعرف على التنوعات الحيوية بين الأفراد والتفريق بين هذه البيانات وضوضاء القياس أمراً ضرورياً لفهم العلاقة بين تنظيم الدماغ، والفروق الفردية السلوكية، إضافة إلى التطبيقات الإكلينيكية.

عند التحقق من صحة هذه الخوارزمية، ركّز المؤلفون على جزء صغير فقط من قشرة المخ، ولذا فإن إجراء المزيد من البحوث أمر ضروري. ومع ذلك يمثل عملهم خطوة كبيرة نحو تحديد "واسمات حيوية" فردية للخلل الوظيفي الدماغية، لأن القياسات الكمية الفردية النوعية لكل منطقة - مثل حجم

وعلى النقيض من هذا المجال المزدهر لوضع خرائط للمخ في حالة الراحة، بالاستعانة بالرنين المغناطيسي الوظيفي، الذي ركّز بشكل كبير على الأساليب الأوتوماتيكية تماماً لتقسيم الدماغ إلى أجزاء ذات أنماط توصيلية متجانسة<sup>8</sup>، استخدم جليسر وزملاؤه طريقة نصف آلية، يتم فيها بشكل واضح إدماج المعلومات المسبقة المجمّعة من الدراسات التشريحية العصبية، لتحديد الحدود على خريطتهم. ويُعدّ ذلك تقدماً حاسماً طال انتظاره على المناهج الحسائية العصبية، التي لا تعتمد على المعرفة، إلا أن استخدام المعرفة المسبقة لاختيار الأنماط التي يمكن الوثوق بها في حالات تضارب الأدلة يستتبع مخاطر إدخال التحيز التأكيدي. كما قد يؤدي إلى جودة تفاضلية في وضع الخرائط بين المناطق التي



# الدهون ومصير أورام البنكرياس

في حالة السمّة والإصابة بسرطان البنكرياس، تؤدي التفاعلات الكثيرة بين الخلايا الدهنية والبيئة المكروية الالتهابية المحيطة بالورم إلى تراجع القدرة على التكهّن بتطور المرض، وأيضاً تراجع فعالية العلاج الكيميائي إلى مستوى أقل من المتوسط.

## ميليك كنان أركان

إنّ الانتشار المتزايد للسمّة سيثقل كاهل نظام الرعاية الصحية أكثر مما كان متوقعاً في الماضي، لأنّه اتضح أنّ السمّة تمثل عامل خطر رئيس يؤدي إلى الإصابة بالسرطان؛ حيث ترتفع بشدة لدى من يعانون من السمّة احتمالات الإصابة بأحد أنواع سرطان البنكرياس، المعروف باسم السرطان الغديّ القنوي البنكرياسي، الذي يحتل المرتبة الرابعة بين أكثر مسببات الوفاة المرتبطة بالسرطان شيوعاً. وتعدّ البيئة المكروية الالتهابية سمّة مميزة لمرض السرطان، بيد أنه لا تتوفر معلومات كثيرة عن كيفية إسهام التغيرات في الأنسجة الضامة المحيطة (السدّي) في بدء تكوّن وتطور الأورام في حالة السمّة. وفي تقرير نشرته دورية "كانسر ديسكفري" *Cancer Discovery*، كشف إنسيو وآخرون<sup>2</sup> عن بحثهم في كيفية إسهام الخلايا الدهنية في البيئة المكروية المحيطة بالخلايا السرطانية في بدء تكون الأورام وتطورها لدى الفئران والبشر.

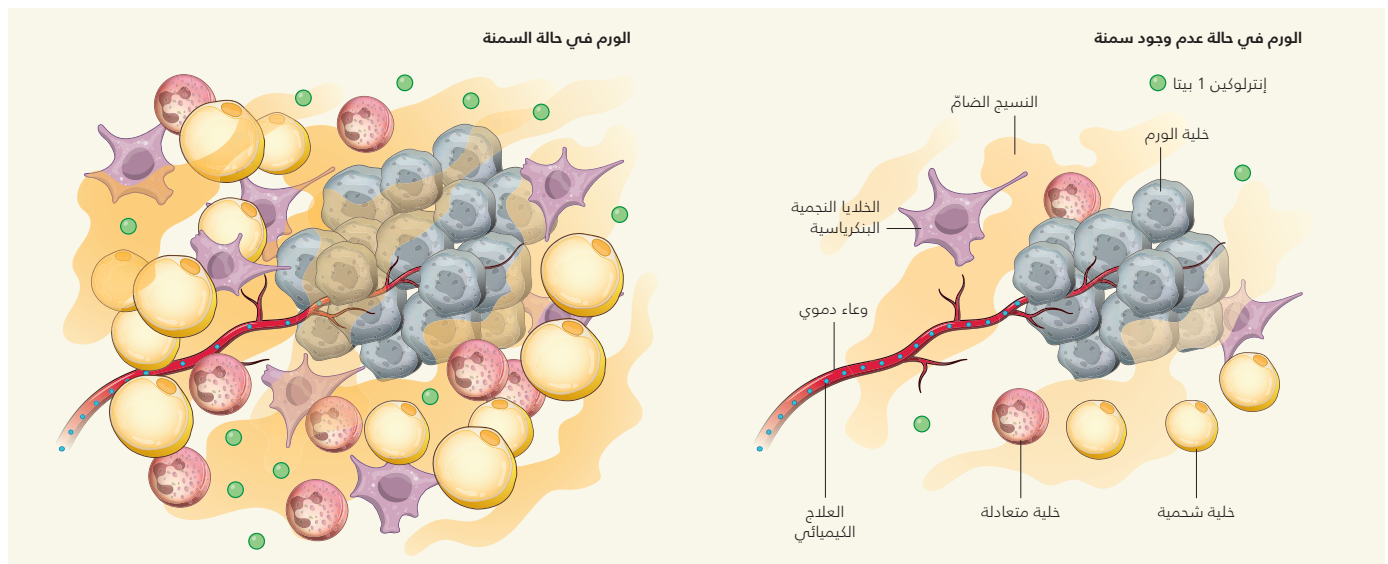
ينطوي تكوّن الورم في البنكرياس على إحداث تشويه هيكلي مذهل للأنسجة، يرجع إلى اختلال الخلايا الغنبيية، التي تحتوي على إنزيمات هاضمة، وتسلل الخلايا المناعية للنسيج، واستجابة تليّفية قوية (ما يعرف أيضاً باسم التليف: تكوّن نسيج ضام زائد، أو بروتين الكولاجين حول الورم)، إضافة إلى ارتفاع مستوى ترسّب مواد النسيج خارج الخلية عن المستوى المعتاد. وعادةً ما ترتبط الأوقات السرطانية في الأشخاص الذين يعانون من السمّة بزيادة محتويات الخلايا

الدهنية (الخلايا الشحمية)، مقارنةً بالأورام في حالة المرضى الذين لا يعانون من السمّة؛ ومع ذلك لا يزال الغموض يكتنف وظيفة هذه الخلايا الدهنية في سرطان البنكرياس. يوضّح إنسيو وزملاؤه أنه في حالة الفئران، تقوم الخلايا الشحمية مع الخلايا المناعية والخلايا النجمية البنكرياسية بإرسال إشارة من خلال بروتين إنترلوكين 1 بيتا (IL-1 $\beta$ )، ومستقبل الأنجيوتنسين AT1؛ لدفع الخلايا المناعية المعروفة باسم "الخلايا المتعادلة" إلى الهجرة إلى البيئة المكروية للورم، الأمر الذي يزيد من الالتهاب والتليف في البيئة المكروية لسرطان البنكرياس بطريقة تؤدي إلى ضعف الاستجابة للعلاج الكيميائي وتراجع القدرة على التكهّن بتطور المرض. وفي الفئران البدينة، اتضح احتواء البيئة المكروية للورم على خلايا شحمية زائدة من حيث الحجم والعدد، ويرجع ذلك جزئياً إلى مهاجمة الأورام للأنسجة الشحمية البيضاء المجاورة. ولاحظ الباحثون زيادة التليف في مناطق الورم، التي تزداد فيها الخلايا الشحمية، أو الواقعة بالقرب من الأنسجة الشحمية، وتشير هذه النتائج إلى أنّ التليف سمّة مميزة للأنسجة الشحمية في الفئران البدينة المصابة بسرطان البنكرياس، وأن تراكم بروتين الكولاجين للنسيج خارج الخلية، الذي يُعدّ أحد مكونات التليف، في محيط الخلايا الدهنية هو أحد السمات المميزة للسمّة. كما توصل إنسيو وزملاؤه إلى أنّ تسلل الخلايا الشحمية إلى البيئة المكروية للورم يرتبط بسوء التكهّن بتطور المرض، وضعف نتائج العلاج لدى المرضى. افترض الباحثون أنّ تراكم الخلايا الشحمية المرتبط

بالسمّة لدى الأشخاص المصابين بسرطان البنكرياس يزيد من التليف، ويعزّز من تطور الورم، ويعوق وصول العلاج الكيميائي وفعالته. وعندما فحصوا النسبة المئوية للأوعية الدموية التي تعرضت للتروية في منطقة معينة من الأورام لدى الفئران؛ وجدوا أنّها قد انخفضت بشكل كبير في الفئران البدينة. ولتحديد ما إذا كانت عرقلة التروية من خلال الأوعية الدموية هي المسؤولة عن ضعف توصيل عوامل العلاج الكيميائي أم لا، قام الباحثون بقياس امتصاص العلاج الكيميائي "فلورويوراسيل-5" لدى الفئران، وتبيّن أنّ السمّة قد حَفِضت من امتصاص الورم للدواء بشكل ملحوظ، مقارنةً بالامتصاص في الحيوانات غير البدينة، ومن ثم يقلل من فعالية العلاج الكيميائي (الشكل 1).

ومن المعتقد أنّ التليف المزمن له دور كبير في تعزيز نمو الورم، وفي إضعاف وصول العقاقير. ومع ذلك تشير الدراسات السابقة إلى أنّ تثبيط التليف المزمن، إمّا عن طريق المركبات المثبطة<sup>3</sup>، أو الطفرات الجينية<sup>4</sup>، قد نتجت عنه زيادة في التثبيط المناعي، وتسارع نمو الورم، وانخفاض فرص البقاء على قيد الحياة، مما يشير إلى أنّ سدّي الورم قد حدّد من نمو الورم.

وعلى النقيض، يشير إنسيو وزملاؤه إلى أنّ تثبيط الممر الرئيس المحفّر للتليف لإشارات مستقبل الأنجيوتنسين AT1 في الفئران أسهم في تثبيط تطور الورم. ويقترح الباحثون أنّ الانتقال إلى نسيج الخلايا المتعادلة المرتبطة بالورم وإنتاج بروتين إنترلوكين 1 بيتا يمثّلان محركين رئيسيين في تنظيم نمو



**الشكل 1 | الخلايا الدهنية تعيد تشكيل البيئة المكروية حول الأورام.** تحدث تروية الأورام عن طريق الأوعية الدموية، وهو ما يسمح لعقاقير العلاج الكيميائي بالدخول. ويفيد إنسيو وآخرون<sup>2</sup> بأنّه في حالة السمّة يكون الوصول إلى أورام البنكرياس مقيداً، بسبب ضعف تروية الأوعية الدموية للورم، مما يؤدي إلى ضعف استجابة الخلايا السرطانية لعقاقير العلاج الكيميائي. وفي حالة السمّة أيضاً تزداد الخلايا النجمية البنكرياسية، والخلايا المناعية، مثل الخلايا المتعادلة، وجزينات بروتين إنترلوكين 1 بيتا

المرسلة للإشارات، وكذلك الخلايا الدهنية الأكبر (الخلايا الشحمية)، وتمارس البيئة المكروية الخلوية الأكثر كثافة في حالة السمّة المزيد من التوتر الميكانيكي على النسيج، وقد تعوق تروية الأوعية الدموية. وينشأ هذا التوتر الميكانيكي بسبب تداخل الإشارات بين الخلايا الشحمية، والخلايا المتعادلة، والخلايا النجمية البنكرياسية، والعناصر الأخرى في البيئة المكروية للنسيج. ويؤدي هذا التداخل إلى زيادة الخلايا الالتهابية، مثل الخلايا المتعادلة، والنسيج الضام الليفي الزائد بجوار الورم.

**مليك كنان أركان** باحثة في معهد الكيمياء الحيوية الثاني بجامعة جوتة، فرانكفورت 60590، ومعهد بيولوجيا الأورام والعلاج التجريبي، مؤسسة جورج سباير هاوس، فرانكفورت 60596، ألمانيا.  
البريد الإلكتروني: arkan@med.uni-frankfurt.de

1. Giovannucci, E. & Michaud, D. *Gastroenterology* **132**, 2208-2225 (2007).
2. Incio, J. et al. *Cancer Discov.* <http://dx.doi.org/10.1158/2159-8290.CD-15-1177> (2016).
3. Rhim, A. D. et al. *Cancer Cell* **25**, 735-747 (2014).
4. Özdemir, B. C. et al. *Cancer Cell* **25**, 719-734 (2014).
5. DuFort, C. C., Paszek, M. J. & Weaver, V. M. *Nature Rev. Mol. Cell Biol.* **12**, 308-319 (2011).
6. Provenzano, P. P. & Hingorani, S. R. *Br. J. Cancer* **108**, 1-8 (2013).
7. Shook, B. et al. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-cellbio-111315-125426> (2016).
8. Guilak, F. et al. *Cell Stem Cell* **5**, 17-26 (2009).

وربما تستقطب تمايز الخلايا المناعية، ووظيفة اختراق الخلايا الشحمية خلال تكون الورم، ودور قصور أيض الطاقة في حالات السمّة.

إن الدراسة التي أجراها إنسيو وزملاؤه تقدّم تفسيرًا خلويًا وجزئيًا منطقيًا؛ لزيادة تفاعل الخلايا الشحمية مع خلايا البيئة المكروية للورم المحفزة للالتهاب، والمحفزة للتليف، التي تعمل بدورها على تسريع تطور المرض، وإعاقة العلاج، لكن يبقى السؤال: هل الاستهداف النظامي للخلايا الشحمية المرتبطة بالورم ممكن بدون التسبب في أضرار جانبية لوظائف المضيف؟ قد تشكّل هذه الأضرار تحديًا كبيرًا في نقل هذه النتائج مباشرة بنجاح، من السياق النظري إلى التجارب الإكلينيكية. ولن يتسنى لنا معرفة ما إذا كان استهداف بروتين إنترولوكين 1 بيتا، أو الخلايا المتعادلة قد يوفر فرصًا للتدخل العلاجي الناجح، أم لا، سوى بمرور الزمن. وفي غضون ذلك يظل أفضل نهج وقائي هو تناول طعام صحي، وممارسة التمرينات الرياضية. ■

### تحفيز كيميائي

## الموقع النشط المراوغ.. في دائرة الضوء

من شأن التعرف على الموقع النشط الخاص بالعامل الحفاز الذي يحتوي على الحديد أن يُضيء الآمال في تصميم عوامل حفازة عملية، يمكن استخدامها في درجة حرارة الغرفة؛ لتحويل الميثان إلى الميثانول، الذي قد يُستخدم كوقود للمركبات.

### جاي إيه. لابنجر

في عام 1997، كسّف بحث علمي عن هيكل يحتوي على الحديد، يمكن إنتاجه في بعض أنواع الزيوليت<sup>2</sup> من أجل تحويل الميثان إلى الميثانول، حتى في درجة حرارة الغرفة (الشكل 1). والزيوليت هو مادة بلورية تحتوي على صفوف منتظمة من المسامات التي يمكنها استضافة المواقع النشطة للعوامل الحفازة. وأحد الجوانب المثيرة للاهتمام في هذا الاكتشاف هو أن الأنواع القابلة للذوبان من إزيمر MMO مبنية على الحديد هي الأخرى، كما أنها تحتوي على مراكز ثنائية المعدن من أكسيد الحديدوز (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) في مواقعها النشطة<sup>3</sup>.

وباستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات الطيفية، أشارت عدة مجموعات بحثية<sup>4,5</sup> إلى أن أنواع الحديد الموجودة في نظام الزيوليت هذا تحتوي على هيكل مماثل ثنائي المعدن، يعرف بمركز  $\alpha$ -Fe(II)، إلا أن مثل هذه الدراسات يصيها بعض التعقيد، بسبب الطبيعة غير المتجانسة للعوامل الحفازة غير المتجانسة؛ إذ يصعب تحديد ما إذا كان ملح طيفي محدد يشير إلى الموقع النشط الفعلي، أم لا، وليس انعكاسًا لموقع "متفرج" خامل، أو ناتجًا غير واضح المعالم لمتوسط الموقعين. استطاع شنايدر وزملاؤه أن يقترحوا هيكلًا مختلفًا جدًا لمركز  $\alpha$ -Fe(II)، ولنوع الوسيط  $\alpha$ -O، الذي يتكون أثناء

للنتائج باستخدام مجموعة من الأساليب. وكخطوة أولى، قام المؤلفون بمراقبة التغيرات في الطيف الضوئي للزيوليت المحتوي على الحديد أثناء تمرير المادة عبر المراحل العديدة للتفاعل المنتج للميثانول. وقد سمح لهم ذلك بربط قمر طيفية محددة بالحالات التفاعلية لنوع الحديد  $\alpha$ -Fe(II)، ولنوع الوسيط  $\alpha$ -O، الذي يتكون أثناء

الورم في هذا السياق، رغم أن التغيرات في التروية الوعائية - نتيجة انخفاض ضغط الدم - لعبت دورًا محدودًا أيضًا. وحين قام الباحثون باستنزاف الخلايا المتعادلة، أو إيقاف نشاط بروتين إنترولوكين 1 بيتا باستخدام العلاج بالأجسام المضادة؛ أعيد تشكيل البيئة المكروية المثبطة للمناعة، وانخفض تطور سرطان البنكرياس. وحين يتم استهداف إشارات مستقبل الأنجيوتنسين AT1 في الفئران، قد تتأثر عمليات أخرى في مسار إشارات هذا المستقبل، من بينها تحول الخلايا الظهارية إلى خلايا اللحمة المتوسطة، أو تمايز الخلايا الشحمية. ومن الممكن أن تكون هذه العمليات مسؤولة عن انخفاض تطور الورم المصاحب للسمّة.

ورغم أن الباحثين ربطوا بين الاستجابة التليفيّة، وحجم الورم، إلا أنه من الصعب تقرير ما الذي يحدث أولًا؛ الاستجابة التليفيّة، أم نمو الورم، لأن الحدّ من تطور الورم سيؤدي في النهاية إلى انخفاض تسلل الخلايا المناعية إلى البيئة المكروية للورم، وانخفاض نسبة التليف. وفي الحالتين، فإن نتائج هذه الدراسة وغيرها من الدراسات<sup>3,4</sup> تعزّز من الحاجة إلى إجراء تقييم إضافي للإسهام الوظيفي للتليف في بدء سرطان البنكرياس وتطوره، لاسيما لدى المرضى المصابين بالسمّة. ويزداد في الوقت الراهن الاعتقاد بأن التغيرات الخلوية الناتجة عن القوى الميكانيكية لها دور في الإصابة بأمراض عديدة<sup>5</sup>، فلاستتباب في التوازن بين القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على الخلايا (حالة التوتر البدني المعروف باسم الاستتباب التوتري) يمكن أن ينظم موت الخلايا المبرمج، وتكاثر الخلايا، والتصاق الخلايا وهجرتها؛ في حين قد يؤدي عدم التنظيم إلى زيادة احتمال التعرض للإصابة بالسرطان. وإضافة إلى ذلك، فإن الإشارات البدنية القادمة من الضغط المبدول بواسطة مكونات النسيج الصلب للبيئة المكروية للورم يمكن أن تضغط الأوعية الدموية؛ مسببة تراجعًا في تروية الورم<sup>6</sup>.

لقد أثبت إنسيو وزملاؤه أن العلاج بواسطة عقار "لوسارتان" - وهو أحد حاصرات مستقبل الأنجيوتنسين AT1 - يمكن أن يقلل من التوتر الميكانيكي على الخلايا، ويقلل من نمو الورم في الفئران المصابة بسرطان البنكرياس. وثمة حاجة إلى إجراء المزيد من الأبحاث؛ لدراسة نوع التحول في نسخ الحمض النووي الناتج عن الاستتباب التوتري في الوسط الخلوي الكثيف للبيئة المكروية للورم في حالة السمّة. ربما يوفر تثبيط القوى الميكانيكية المؤثرة على الخلايا في سرطان البنكرياس دلالات أخرى للعلاج الإكلينيكي المستقبلي. وقد يبدو جَعَل النسيج خارج الخلية للورم طبيعيًا، عن طريق تقليل تَبَسُّب النسيج أكثر فعالية وأمانًا من محاولة التخلص من المكونات السَدَوِيَّة مباشرة.

وتمثل العلاقة بين الخلايا الدهنية، وتنظيم الخلايا الجذعية قضية أساسية أخرى. وتستجيب الخلايا الشحمية البيضاء الناضجة - مستودعات الدهون التي تتحكم في أيض الطاقة - للإشارات الغذائية والهرمونية، من خلال إفراز بروتينات باعثة للإشارات. وتشير الدراسات إلى أن الدهن الشحمي الأبيض له دور في إعادة بناء الأسجة وتنظيم الخلايا الجذعية، مما يضع الخلايا الدهنية في قلب عديد من جوانب تطور السرطان<sup>7</sup>. وتسهم الخلايا الجذعية المتعلقة باللحمة المتوسطة أو الخلايا الجذعية السَدَوِيَّة بشكل كبير في توليد الخلايا الشحمية. كما يمثل التوتر الميكانيكي أحد محفزات توسع بعض مجموعات الخلايا الجذعية<sup>8</sup>.

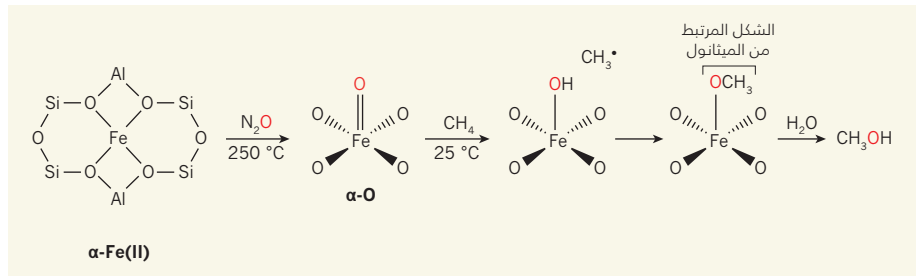
سيكون من المثير للاهتمام تحديد منشأ الخلايا الشحمية في البنكرياس، ومصيرها، والنمط الظاهري لها (ما إذا كانت الخلايا تُكوّن دهونًا بيضاء، أم بنية، وكذلك نوع المركب الذي تفرزه). ومن بين الموضوعات الأخرى الجديدة بالبحث؛ دراسة إسهام الإشارات المستمدة من الخلايا الشحمية، التي تُطوِّع



إضافة إلى ما سبق، وبرغم نجاح الزيوليت المحتوي على الحديد في تشييط الميثان وتفاعله، إلا أن هذه الخطوة ليست - بأي حال من الأحوال - الشرط الأساسي لإتمام عملية تحويل الميثان، ولا هي بالخطوة الأصعب. إن الجانب الديناميكي الحراري والجانب الحركي لهذه التفاعلات يجعلان من الصعب جدًا أكسدة الميثان بصورة انتقائية، وتحويله إلى الميثانول، من دون حدوث أكسدة إضافية تحوِّله إلى ثاني أكسيد الكربون في نهاية المطاف<sup>7</sup>. في الزيوليت، يحدث الأمر بشكل انتقائي، بسبب إحكام وثاق الميثانول في المركز النشط، وتثبيتته، ما يمنعه من التعرض للأكسدة الإضافية في موقع آخر في الزيوليت، إلا أن ذلك يتسبب أيضًا في الحد من معدل عمليات تحويل الميثان؛ ليبقى عند معدلات منخفضة جدًا. كما أن تشغيل هذا النظام بالشكل الحفاز فعليًا سوف يعرض الميثانول لمزيد من الأكسدة، الأمر الذي سوف يقضي غالبًا على الانتقائية في الأمر، كما ظهر<sup>8</sup> حين استُخدم الزيوليت عند درجات حرارة مرتفعة (تفوق 200 درجة مئوية)، لكن يظل ما توصل إليه شنايدر وزملاؤه يقدم معلومات مهمة قد تساعد في تصميم عوامل حفازة لعملية تحويل الميثان إلى الميثانول؛ وهي عملية مرغوبة جدًا. ■

**جاي إيه. لاينجر** يعمل في معهد بيكمان، معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، باسادينا، كاليفورنيا 91125، الولايات المتحدة الأمريكية. البريد الإلكتروني: jal@caltech.edu

1. Snyder, B. E. R. et al. *Nature* **536**, 317–321 (2016).
2. Panov, G. I. et al. *React. Kinet. Catal. Lett.* **61**, 251–258 (1997).
3. Shu, L. et al. *Science* **275**, 515–518 (1997).
4. Dubkov, K. A., Ovanesyan, N. S., Shteinman, A. A., Starokon, E. V. & Panov, G. I. *J. Catal.* **207**, 341–352 (2002).
5. Xia, H. et al. *J. Phys. Chem. C* **112**, 9001–9005 (2008).
6. Vallee, B. L. & Williams, R. J. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **59**, 498–505 (1968).
7. Labinger, J. A. *J. Mol. Catal. A* **220**, 27–35 (2004).
8. Parfenov, M. V., Starokon, E. V., Pirutko, L. V. & Panov, G. I. *J. Catal.* **318**, 14–21 (2014).



**الشكل 1 | تحويل الميثان إلى الميثانول في درجة حرارة الغرفة.** هيكل يحتوي على الحديد<sup>2</sup>، يُدعى  $\alpha\text{-Fe(II)}$ ، يقوم بتحويل الميثان ( $\text{CH}_4$ ) إلى الميثانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )، ويمكن إنتاجه في مادة بلورية ذات مسام دقيقة تُسمى الزيوليت. تؤدي معالجة  $\alpha\text{-Fe(II)}$  بأكسيد النيتروز ( $\text{N}_2\text{O}$ ) عند 250 درجة مئوية إلى إنتاج  $\alpha\text{-O}$ ، الذي يحتوي على نوع من الأكسجين عالي التفاعل (الذرة الحمراء، الآتية في الأصل من أكسيد النيتروز) يستطيع بسهولة أن يزيل ذرة هيدروجين من الميثان عند 25 درجة مئوية. ويترايط جذر الميثيل الناتج ( $\text{CH}_3\cdot$ ) مع الأكسجين؛ لينتج نوعًا مرتبطًا من الميثانول، يمكن استخلاصه بعد ذلك من الزيوليت باستخدام الماء. يذكر شنايدر وزملاؤه<sup>1</sup> أن ذرة الحديد الموجودة في  $\alpha\text{-Fe(II)}$  هي جزء من شكل هندسي مربع مستوي في حلقة من الذرات في الزيوليت؛ وتظهر تلك الذرات حول ذرة الحديد في  $\alpha\text{-Fe(II)}$ ، لكنها لا تظهر في البنية الأخرى التي تحتوي على الحديد. Fe و FeO هو رمز الحديد، و Si و SiO<sub>2</sub> هو رمز السيليكون، بينما Al هو رمز الألومنيوم.

من المنطقي أن ترتبط الفعالية غير المعتادة لهذا النوع (التي تظهر في كسر الروابط ما بين ذرتي الكربون والهيدروجين في الميثان عند درجات الحرارة المنخفضة) بهيكل غير عادي (إذ من النادر أن تُوجد مراكز Fe(II) في شكل مربع مستوي. ويرى المؤلفون أن هذه البنية تفرضها بيئة الزيوليت الصلبة، بما يشبه الطريقة التي تجبر بها البروتينات المواقع النشطة في الإنزيمات المحتوية على معادن على اتخاذ أشكال هندسية غير عادية<sup>9</sup>. كما أن اختلاف هذه البنية تمامًا عن نظيرتها في مراكز الحديد في إنزيمات MMO، برغم تشابه فعالتهما، أمر مشجع؛ إذ يشير إلى أنه بمقدور أنواع متباينة من الحديد أن تحل معضلة تحويل الميثان إلى الميثانول. وبرغم ذلك، لا يمكن النظر إلى منظومة الزيوليت والحديد تلك على أنها فعليًا تحقِّر عملية تحويل الميثان؛ بل هي لا تُعتبر عامل حفاز أصلاً.. فالخطوات المختلفة في هذا التفاعل تتطلب كل واحدة منها ظروفًا مختلفة تمامًا. ولا تكتمل دورة التفاعل - بما في ذلك إطلاق المنتج من الزيوليت - إلا بإضافة خطوة إزالة، ما يخفِّض من معدل عملية تحويل الميثان إلى مستويات غير عملية.

#### فيزياء المواد المكثمة

## الإلكترونيات فائقة التوصيل المفقودة

كان من المعتقد أننا نفهم جيدًا الموصلات الفائقة "زائدة الإشابة" ذات درجات الحرارة المرتفعة، التي لديها كثافة عالية من حاملات الشحنة، لكن ثمة تجربة جديدة تتحدى ما نعرفه عن الفيزياء الكمية في مثل هذه الأنظمة.

#### يان زانن

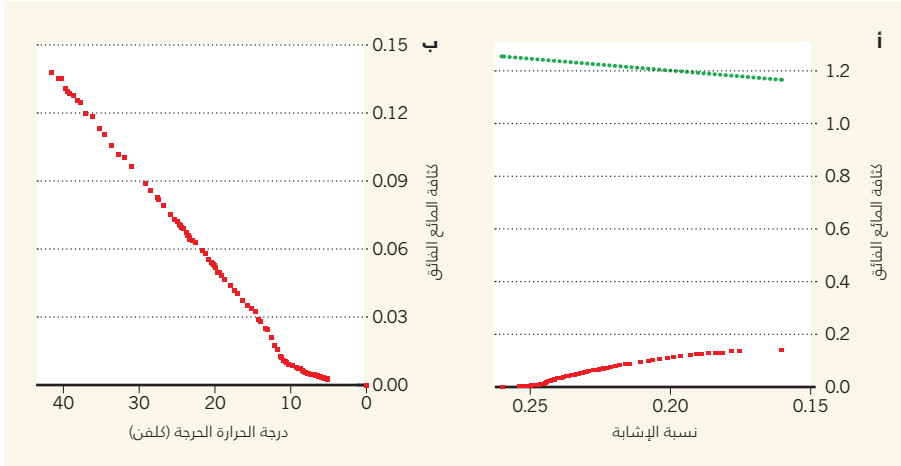
تلك المواد التي تم اكتشافها فائقة التوصيل فقط عند درجات الحرارة المنخفضة (حيث تكون درجة الحرارة الحرجة بضع درجات كلفينية)، ويمكن تفسير سلوكها بنظرية باردين-كوبر-شريفر (BCS)<sup>2</sup>. وكان التوصيل الفائق يُعتبر فصلًا مكتملاً ومنتهيًا حتى الاكتشاف المدهش في عام 1986 لموصلات أكسيد النحاس فائقة التوصيل عند درجات حرارة مرتفعة<sup>3</sup>،

ضع عددًا كبيرًا من الجسيمات الكمية المتفاعلة معًا؛ وسترى أشياء غريبة تحدث. ومن أبرز الأمثلة على ذلك التوصيل الفائق<sup>1</sup>، الذي تعدم فيه المقاومة الكهربائية لبعض المواد عندما تُبرَّد إلى أقل من درجة الحرارة الحرجة ( $T_c$ ). كانت أول

التفاعل، ومن ثم تمكنا من التعرف على الملامح المقابلة في الطيف الذي حصلوا عليه من خلال قياس ازواج اللون الدائري المغناطيسي (MCD)، وهو قياس عالي الحساسية للبنية الجزيئية والإلكترونية لمراكز المعادن الانتقالية، مثل الحديد. وبمقارنة المؤشرات التي تم تحديدها بواسطة قياس MCD - ومدى اعتمادها على درجة الحرارة، وقوة المجال المغناطيسي - مع تلك الخاصة بالمركبات النموذجية التي تمت دراسة بنيتها بصورة دقيقة، خلص المؤلفون إلى أن البنية الأكثر ترجيحًا لنوع الحديد  $\alpha\text{-Fe(II)}$  تحتوي على مركز حديدي أحادي المعدن، نادر جدًا، له شكل مربع مستوي (الشكل 1). أما  $\alpha\text{-O}$ ، فهو شكل هرمي رباعي القاعدة من المركب  $\text{Fe(IV)=O}$ ؛ ينتج عن ارتباط ذرة أكسجين بقمة الهيكل ذي الشكل المربع المستوي.

من خلال مطيافية "موسباور" - Mössbauer - وهي تقنية أخرى، تُستخدم عادة في مجال الكيمياء غير العضوية الحيوية؛ للتعرف على مراكز الحديد - وإلى جانب النتائج الحاسوبية، تم تدعيم ما توصل إليه شنايدر وزملاؤه. وكما حدث في الدراسة السابقة<sup>4</sup>، نتج عن مطيافية "موسباور" عند استخدامها على مركبات الزيوليت المحتوية على الحديد تراكب عدد من الإشارات؛ ما قد يشكل مشكلة، إذ قد يصعب إيجاد أساس منطقي للربط بين الإشارات المختلفة، وأنواع معدنية محددة. ولحسن الحظ، وتمكّن شنايدر وزملاؤه من الربط بين شدة الإشارات الأكبر، وتركيز الأنواع النشطة نسبيًا بصورة دقيقة؛ كما يتضح من كمية المنتج الذي تم الحصول عليه بنهاية التفاعل. ويمنحنا ذلك مزيدًا من الثقة بأن المؤلفين قد حددوا البنية الكيميائية للمراكز النشطة بشكل صحيح، كما يساعد في إظهار قدرة هذا النهج المطيافي متعدد الأوجه في التعرف على العوامل الحفازة غير المتجانسة.

وينبغي علينا أن نتنبه إلى أن النظام قيد الدراسة مناسب للنهج الذي استخدمه المؤلفون تحديدًا، دون غيره؛ وذلك لسببين: أولاً، يحتوي الموقع النشط على جزء كبير من إجمالي كمية أنواع الحديد الموجودة في الزيوليت، بنسبة تقارب 80%، أو أكثر. وثانيًا، يمكن إجراء كل خطوة من خطوات التفاعل على حدة، إذ إنَّ كلا منها يحدث تحت ظروف مختلفة، الأمر الذي يسمح بالربط ما بين هذه الخطوات والتغيرات المطيافية التي تنتج عنها. وأحد هذين الأمرين - أو كلاهما - لا ينطبق - على الأرجح - على باقي أنظمة التحفيز غير المتجانس المثيرة للاهتمام. إن هيكل  $\alpha\text{-Fe(II)}$  المقترح يرضي علماء الكيمياء، إذ إنه



**الشكل 1 | التوصيل الفائق المدهش.** قام بوزوفيتش وآخرون<sup>5</sup> بقياس الخصائص الأساسية لموصلات أكسيد النحاس الفائقة زائدة الإشابة ذات درجة الحرارة المرتفعة. (أ) وقد نجحوا من خلال القياسات التي أجروها في تقدير كثافة المائع الفائق، حيث (اللون الأحمر، يمثل عدد الإلكترونات المشاركة في التوصيل الفائق في كل وحدة خلية؛ ووحدة الخلية هي أصغر بنية تتكرر بشكل دوري في البلورة) كدالة على نسبة الإشابة (مقياس لكثافة حاملات الشحنة). وقد لاحظوا إلكترونات فائقة التوصيل أقل بكثير مما كان متوقعًا، وفقًا لنظرية باردن-كوبر-شريفر (اللون الأخضر). (ب) تُعرض البيانات هنا في صورة مخطّط لكثافة المائع الفائق في مقابل درجة الحرارة الحرجة (درجة الحرارة التي يمكن للمادة - دونها - أن تتصرف كموصل فائق). وتتناسب كثافة المائع الفائق طرديًا مع درجة الحرارة الحرجة، على نطاق إشابة واسع، ولا تتفق النتائج المهمة التي توصل إليها الباحثون مع نظرية باردن-كوبر-شريفر القياسية، وتتطلب تفسيرات جديدة.

تمكّن الباحثون من تحضير عينات شبه مثالية باستخدام تقنيات متطورة. وعن طريق قياس كثافة المائع الفائق، كدالة على عملية الإشابة، وجد الباحثون أن هناك عددًا أقل بكثير من الإلكترونات فائقة التوصيل مما هو متوقع، وفقًا لنظرية باردن-كوبر-شريفر (الشكل 1أ)، حيث تبدو غالبية هذه الإلكترونات مفقودة. قدّم هؤلاء الباحثون أيضًا قانون قياس بسيط (دعنا نطلق عليه "قانون قياس بوزوفيتش")؛ تتناسب كثافة المائع الفائق طرديًا مع درجة الحرارة الحرجة على كامل نطاق الإشابة الزائدة (الشكل 1ب). ونظرًا إلى الأدلة التجريبية التي تشير إلى أن نظرية باردن-كوبر-شريفر تنطبق على هذا النظام<sup>9</sup>، فإن النتائج تُظهر مفارقة، حيث إن قانون قياس بوزوفيتش لا يتوافق في الأساس مع تنبؤات نظرية باردن-كوبر-شريفر، ومن ثم فإنه غير متوقع على الإطلاق. يمكن أن تُحل هذه المفارقة جزئيًا من خلال ثغرة نظرية؛ حيث تصف نظرية ليجت<sup>10</sup> الشروط التي يجب توافرها، حتى تتساوى كثافة المائع الفائق في نظام ما مع مجموع كثافة الإلكترونات. أحد هذه الشروط هو أنه يجب أن يكون النظام ثابتًا انتقاليًا، أي أنه على المستوى الذري يجب أن يكون النظام هو نفسه في كل نقطة في الفضاء.

في الموصلات الفائقة، لا يحدث الثبات الانتقالي على المستوى الذري، لأن نظام الإلكترونات موجود في شبكة دورية تتكون من ذرات، ولكن في الموصلات الفائقة التقليدية تدفع الفيزياء الكمية النشاط الإلكتروني منخفض الطاقة إلى أن يتصرف كما لو كانت الشبكة غير موجودة؛ وبالتالي يتحقق الثبات الانتقالي في صورة تماثل عرضي (تماثل يُرى فقط على نطاقات واسعة)، مما يعني أن موصلات نظرية باردن-كوبر-شريفر الفائقة يجب أن تطيع نظرية "ليجت".

- وعلى أي حال، في حالة موصلات أكسيد النحاس الفائقة ذات درجات الحرارة المرتفعة، تشير نتائج بوزوفيتش وزملائه إلى أن نظام الإلكترونات ككل يظل يتفاعل بقوة، حتى في النظام الذي مر بعملية زيادة الإشابة. ورغم أن مثل هذه الأنظمة قوية التفاعل لا تزال غير مفهومة تمامًا، فهناك أدلة تجريبية تشير إلى أنه في النظر الضعيفة الإشابة لا تنطبق
1. Tinkham, M. *Introduction to Superconductivity* (Dover, 2004).
  2. Bardeen, J., Cooper, L. N. & Schrieffer, J. R. *Phys. Rev.* **106**, 162–164 (1957).
  3. Bednorz, J. G. & Müller, K. A. *Z. Phys. B* **64**, 189–193 (1986).
  4. Keimer, B., Kivelson, S. A., Norman, M. R., Uchida, S. & Zaanen, J. *Nature* **518**, 179–186 (2015).
  5. Božović, I., He, X., Wu, J. & Bollinger, A. T. *Nature* **536**, 309–311 (2016).
  6. Zaanen, J. *Science* **315**, 1372–1373 (2007).
  7. Mott, N. F. *Proc. Phys. Soc. A* **62**, 416–422 (1949).
  8. Vignolle, B. *et al. Nature* **455**, 952–955 (2008).
  9. Chatterjee, U. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108**, 9346–9349 (2011).
  10. Leggett, A. J. *J. Stat. Phys.* **93**, 927–941 (1998).
  11. Uemura, Y. J. *et al. Phys. Rev. Lett.* **62**, 2317–2320 (1989).

حيث تصل درجة الحرارة الحرجة إلى 160 كلفن) التي لا يمكن وصف خصائصها بنظرية باردن-كوبر-شريفر<sup>4</sup>. ومع ذلك، كان من المعتقد أن زيادة إشابة هذه الموصلات الفائقة - وهو ما من شأنه زيادة كثافة حاملات الشحنة زيادة كبيرة، وبالتالي تخفض درجة الحرارة الحرجة لتلك المواد - سيجعلها في توافق مع النظرية<sup>4</sup>. يوضح بوزوفيتش وآخرون<sup>5</sup> في بحث نُشر في دورية *Nature* أنه حتى هذا النظام الذي تعرّض لزيادة الإشابة غريب ومخالف للقاعدة، وهو اكتشاف له آثار على فهمنا الأساسي للتوصيل الفائق.

في علم الإحصاء الكمي، يمكن لجسيمات تُسمى بوزونات أن توجد في الحالة الكمية نفسها، في حين أن جسيمات الفرميون يجب أن تشغل حالات مختلفة، وهو تقييد يُسمى بمبدأ استبعاد باولي. وإذا شغل العديد من البوزونات أدنى حالة طاقة للنظام (وهي حالة تعرف باسم تكاثف بوز)؛ يحدث تضخيم للسلك الكمي المجهرى إلى المقياس العياني الذي يُرى بالعين المجردة، والنتيجة هي التوصيل الفائق.

تشرح نظرية باردن-كوبر-شريفر كيف يمكن للإلكترونات أن تشكل تكاثف بوز، على الرغم من أنها فرميونات. إنّ الحالة الطبيعية للفرميونات هي غاز فيرمي، حيث تملأ الجسيمات أدنى مستويات الطاقة في النظام، وفقًا لمبدأ استبعاد باولي. والحد الفاصل بين مستويات الطاقة المشغولة والشاغرة يُعرف بسطح فيرمي. وحسب نظرية باردن-كوبر-شريفر، عند إدخال تفاعل جذبي صغير بين الإلكترونات في نظام ما، فإن الإلكترونات الأقرب إلى سطح فيرمي ترتبط معًا؛ لتشكيل ما يُسمى بأزواج كوبر<sup>12</sup>. ونظرًا إلى أن أزواج كوبر هذه بوزونات بفاعلية، فإنها تشكل تكاثف بوز.

قد يتوقع المرء أن الجزء الصغير من الإلكترونات الذي يشكل أزواج كوبر هو الذي يسهم فحسب في التوصيل الفائق، ولكن في الواقع جميع الإلكترونات في غاز فيرمي تشارك في هذه العملية. وبالتالي، فإن كثافة الإلكترونات فائقة التوصيل (كثافة المائع الفائق) تساوي تقريبًا مجموع كثافة الإلكترونات، وهو التنبؤ الذي تم تأكيده تجريبيًا في العديد من الموصلات الفائقة "التقليدية"<sup>11</sup>.

إنّ الوضع أقل وضوحًا ومباشرًا في حالة موصلات أكسيد النحاس الفائقة، لأن الإلكترونات في هذه الأنظمة تتفاعل بقوة؛ حيث تتصرف الإلكترونات مثل سيارات على طريق سريع، مشكّلةً ازدحامًا مروريًا (ما يعرف بـ"عازل موت")<sup>7</sup> عندما تكون الكثافة عالية. وتتعادل إشابة النظام لتقليل كثافة السيارات على الطريق السريع؛ مما يؤدي إلى ظهور نوع من الحركة المتقطعة. والنتيجة هي زيادة درجة الحرارة الحرجة مع الإشابة، لتصل إلى أقصى درجة عند مستوى يُعرف بالإشابة المثلى.

في النظم زائدة الإشابة (عندما تزداد الإشابة إلى ما بعد مستوى الإشابة المثلى)، نجد أن السيارات (الإلكترونات) تتحرك بحرية أكبر، ولا تتفاعل بقوة؛ مما يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة الحرجة. وفي هذا النظام ضعيف التفاعل، قد يتوقع المرء أن يصبح النظام متوافقًا مع نظرية باردن-كوبر-شريفر<sup>4</sup>. ويبدو أن هذا الافتراض تآكد عندما لوحظ مباشرة ظهور سطح فيرمي خضع لعملية تكوين أزواج كوبر نموذجية في مجموعة متنوعة من الأنظمة زائدة الإشابة<sup>8,9</sup>. ونظرًا إلى أنه في نظرية باردن-كوبر-شريفر تتساوى كثافة المائع الفائق تقريبًا مع مجموع كثافة الإلكترونات، فينبغي أن تكون كبيرة ومستقلة تقريبًا عن كل من الإشابة، ودرجة الحرارة الحرجة.

يقدم بوزوفيتش وزملائه أول قياسات موثوق فيها لكثافة المائع الفائق في نظام زائد الإشابة. وقد استغرق الحصول على تلك القياسات وقتًا طويلًا، نظرًا إلى صعوبة تحضير هذه المادة، حيث إن أكاسيد النحاس زائدة الإشابة غير مستقرة كيميائيًا، ولكن في إنجاز مثير للإعجاب في هندسة المواد،



## فيزياء

### مولدات طاقة من كبريتيد الموليبيديتم

تُعتبر الاستفادة من فرق الضغط الأسموزي بين المياه العذبة ومياه البحر وسيلة جذابة ومتجددة ونظيفة لتوليد الطاقة، وتُعرف باسم "الطاقة الزرقاء". ويُطلق على ظاهرة حركية كهربية أخرى مسمى "جهد التدفق"، وهو ما يحدث عندما يندفع "كهول" - محلول كهربي - خلال مسام ضيقة، إما عن طريق الضغط التدرّجي، أو الضغط الأسموزي الناتج من تركيز الملح التدرّجي. ولتنفيذ هذه العملية، من المتوقع أن تكون الأغشية المصنوعة من المواد ثنائية الأبعاد هي الأكثر كفاءة، لأن انتقال الماء عبر الأغشية يتدرج عكسياً مع شُمل الغشاء. ويستعرض الباحثون استخدام طبقة واحدة من كبريتيد الموليبيديتم ( $MoS_2$ ) نانوية المسام كمولدات طاقة أسموزية نانوية، وقد لاحظوا وجود تيار إسموزي مستحث كبير، تتج بفعل تدّج الملح بكثافة طاقة تصل إلى مليون واط لكل متر مربع، وهو تيار يمكن أن يُعزى أساساً إلى ذلك الغشاء الرقيق الذي لكبريتيد الموليبيديتم. ويمكن توفير متطلبات الطاقة المنخفضة للأجهزة النانوية الإلكترونية والبصرية عن طريق مولدات طاقة نانوية مجاورة تحصد الطاقة من البيئة المحلية، منها - على سبيل المثال - مجموعة من أسلاك أكسيد الزنك الكهروضغطية النانوية، أو طبقة واحدة من كبريتيد الموليبيديتم. وقد استخدم الباحثون مولدًا لكبريتيد الموليبيديتم نانوي المسام؛ لتشغيل ترانزستور، مقدّمين بذلك نظامًا نانويًا ذاتي التشغيل.

J Feng et al

doi: 10.1038/nature18593

## فلك

### تسخين الطبقات العليا لمناخ المشتري

تُقَدَّر درجات حرارة طبقات الجوّ العليا للكوكب العملاق عند خطوط العرض المتوسطة وحتى المنخفضة بأنها أعلى مما يمكن تفسيره بواسطة المحاكاة المبنية على التسخين الشمسيّ وحده. ولم تتمكن دراسات النمذجة التي تركز على المصادر الإضافية للتسخين من

حلّ هذا التناقض الكبير. كان المتوقع من نقل الحرارة تجاه خط الاستواء من المناطق الشفقية الحارة أن يرفع من درجة حرارة خطوط العرض المنخفضة، إلا أن النماذج أظهرت أن الطاقة الشفقية حبيسة عند خطوط العرض المرتفعة، نتيجة لـ "قوى كوريوليس" ذات التأثير على الكواكب سريعة الدوران. يمثل التسخين الموجي المدفوع من الأسفل مصدرًا محتملًا آخر لإحماء طبقات الجوّ العليا، إلا أن الحسابات الأولية غير حاسمة في حالة المشتري، بسبب الافتقار - غالبًا - إلى القيود المتعلقة بالملاحظة على مُعَامِلَات الموجة. يسجّل الباحثون أن طبقات الجوّ العليا فوق البقعة الحمراء العظيمة للمشتري - التي هي أكبر عاصفة في النظام الشمسيّ - أعلى حرارة بمئات الدرجات المئوية من أيّ مكان آخر على الكوكب. يُعتقَد الباحثون أن هذه البقعة الساخنة يجري إحماؤها من الأسفل بواسطة عمليّة المحو، وهذا الكشف هو بالتالي دليل قويّ على الاقتران بين الطبقات العليا والطبقات السفلى لجوّ المشتري، ربما بسبب الموجات الصوتية، أو موجات الجذب المنبعثة لأعلى.

J O'Donoghue et al

doi: 10.1038/nature18940

## علم الأعصاب

### تقسيم متعدد الأنماط لقشرة المخ

يتطلب فهم قشرة المخ البشري مذهلة التعقيد خريطة - أو تقسيمًا - لمناطقها الفرعية الأساسية، التي تُعرف باسم "المناطق القشرية". وقد كان وضع خريطة مساحة دقيقة هدفًا للعلوم العصبية، ناهز عمره قريبًا من الزمن. وباستخدام صور الرنين المغناطيسي متعدد الأنماط من مشروع الكونيكيتوم البشري (خريطة التشابكات العصبية) HCP، وأسلوب تشريحي

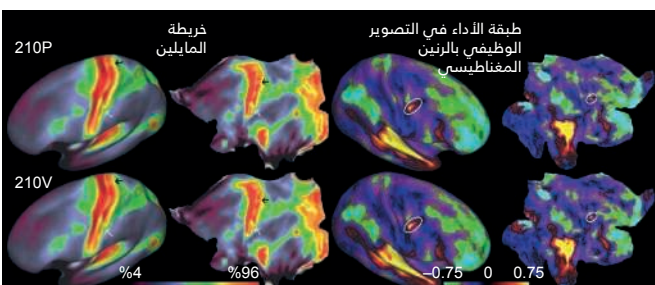
عصبي موضوعي نصف آلي، استطاع الباحثون رسم حدود 180 منطقة في كل نصف كرة مخية، تحدّها تغيّرات حادة في البناء، والوظيفة، والتواصل، والطبوغرافيا في مجموعة مؤشرات مضبوطة بدقة لدى 210 بالغين أصحاء. كما وضعوا مواصفات 97 منطقة جديدة، و83 منطقة سبقت الإشارة إليها باستخدام الفحص المجهرى التالي للموت، أو أساليب دراسية متخصصة نوعية أخرى. ولإتاحة التحديد والتعيين الأوتوماتيكي لهذه المناطق لدى المشاركين الجدد في مشروع الكونيكيتوم البشري وفي الدراسات المستقبلية، عمد الباحثون إلى تدريب مصنّف تعلم آلي، بحيث يتعرف على "البصمة" متعددة الأنماط لكل منطقة قشرية مخية. تمكّن هذا المصنّف من تحريّ وجود 96.6% من المناطق القشرية لدى المشاركين الجدد، واستنسخ تقسيمات المجموعة، وتمكّن بشكل صحيح من تحديد مناطق لدى الأفراد الذين لديهم تقسيمات غير نمطية. إن التوفر المجاني للتقسيمات والمصنّف ستمكّن من تحسين الدقة التشريحية العصبية بشكل كبير؛ من أجل دراسات التنظيم البنيوي والوظيفي للقشرة المخية البشرية وتنوعاتها عبر الأفراد، وفي حالات النمو، والتقدّم في العمر، والمرض.

M Glasser et al

doi: 10.1038/nature18933

### الشكل أسفله | اتساق التفاصيل الحيّزية الدقيقة في مجموعة المؤشرات المستقلة.

خرائط المحتوى النسبي للميلين (نصف الكرة المخية الأيسر)، وخرائط التباين بيتا في التصوير الوظيفي بالرنين المغناطيسي من طبقة تباين اللغة (نصف الكرة المخية الأيمن) على مساحات مضخّمة ومسطحة (العمودان 2، و4). الصفان 1، و2 هما مجموعة المؤشرات المستقاة من مجموعتي بيانات تقسيم 210 (210P)، والتحقق من 210 (210V)، على التوالي. تشير السهام البيضاء والسوداء إلى تنوع متسق في



غلاف عدد 11 أغسطس 2016  
طالع نصوص الأبحاث في عدد 11 أغسطس  
من دورية "Nature" الدولية.

## أحياء مهجورة

### ارتباط SAR11 بنقص أكسجين المحيطات

تشكّل بكتيريا SAR11 "كلاذ" نصف مجموع الخلايا الميكروبية في المحيطات الغنيّة بالأكسجين. كما تنتشر في المناطق ذات القدر الأدنى من الأكسجين "OMZs"، حيث يصير الأكسجين أقلّ من أن يمكن كشفه، وتلعب الميكروبات غير الهوائية أدوارًا حيوية في تحويل النيتروجين المتاح حيويًا إلى غاز النيتروجين. ولم تُلاحظ بعد في بكتيريا SAR11 أي عملية أيض غير هوائي، وما تزال مجهولة كيفية إسهام هذه البكتيريا في التدوير البيوجيوكيميائي للمناطق ذات القدر الأدنى من الأكسجين. كشف التحليل الجينومي لخلايا منفردة من أكبر المناطق ذات الحد الأدنى من الأكسجين في العالم سلاسل جينية غير مميّزة من بكتيريا SAR11، متكيفة على العيش بدون أكسجين، من ضمنها جينات لإنزيمات مختزلة النيترات التنفسية (Nar). وأكد الباحثون تجريبيًا تشفير جينات *nar* SAR11 لبروتينات تحفّز الخطوة الأولى من نزع النيتروجين، المنتجة للنيتريت، وشكّلت حوالي 40% من عمليات نسخ *nar* OMZ، مع وصول النسخ إلى أعلى مستوى في المنطقة الخالية من الأكسجين، ذات أعلى نشاط لاختزال النترات. تربط هذه النتائج بين بكتيريا SAR11، ومسارات فقدان النيتروجين المحيطي، مما يعيد تعريف البيئة الخاصة للمجموعة العضوية الأكثر انتشارًا على كوكب الأرض.

D Tsementzi et al

doi: 10.1038/nature19068

محتوى الميلين ضمن القشرة الحسية الجسدية الأولية ذات الصلة بالموضوع الجسدي. يشير الشكل البيضاوي الأبيض إلى مظاهر صغيرة قابلة للاستساح في نصف الكرة المخية الأيمن في طبقة تباين اللغة. والبيانات متوفرة في الرابط التالي: <http://balsa.wustl.edu>.

#### فيزياء كمية

### بوابة فوتون-فوتون في مرنان بصري

يمثل عدم تأثر تقاطع فوتونين في الفضاء وسيلة مثالية لنقل دقيق للمعلومات، ولكنه يحظر التفاعل بين الفوتونات، لكن تُعدّ هذه الوسيلة ضرورية من أجل عدد كبير من التطبيقات في معالجة المعلومات الكمية البصرية. وقد كان التحدي طويل الأمد هو تحقيق بوابة فوتون-فوتون محددة، وهي عملية منطقية على الحالات الكمية للفوتونات، مسيطر عليها بشكل متبادل. ويتطلب ذلك وجود تفاعل قوي جداً، بحيث يمكن لأي من الفوتونين أن يحوّل طور الآخر بمقدار  $\pi$  زاوية نصف قطرية. في حالة استقطاب البتات الكمية، يرقى هذا إلى قلب مشروط لاستقطاب أي من الفوتونين إلى حالة متعامدة. وحتى الآن، لم يتحقق ذلك، إلا في البوابات الاحتمالية المعتمدة على البصريات الخطية وكاشفات الفوتون، لأنه "لا توجد مادة معروفة أو متوقعة لها خصائص بصرية غير خطية قوية بما فيه الكفاية؛ لتحقيق هذا الانزياح الطوري المشروط". وفي الوقت نفسه، فتح التقدم الهائل في تطوير نُظُم الكَمَر غير الخطية آفاقاً جديدة في تجارب الفوتون-الأحادي، حيث تتراوح أنظمة المنصّات من مصائد ريديريج في مجموعات ذرية إلى الديناميكا الكهربائية الكمية لدَرّة في تجويف. وقد تم الوصول إلى تطبيقات مثل مفاتيح فوتون أحادية، وترانزستورات، وبوابات ثنائية-الفوتون، وكاشفات فوتون غير إتلافية، وموجهات الفوتون، ومزيجات طَوْر غير خطية، ولكن لا تملك أي منها ناقل معلومات مثاليًا (بتات كمية بصرية في أنماط يمكن وصفها). استخدم الباحثون الاقتران القوي بين الضوء-المادة، الذي توفره دَرّة واحدة في مرنان بصري عالي الجودة؛ لتحقيق بروتوكول دوان - كيمبل لبوابة فوتون-فوتون كمية ذات قلب طَوْر عام متحكّم فيه ( $\pi$ ) تحوّل طور (طوري). وقد حققوا دقة بوابة في متوسط  $(3.6 \pm 76.2)$  في المائة، وأثبتوا على وجه التحديد القدرة على قلب استقطاب مشروط، فضلًا عن

توليد تشابك بين فوتونات المدخلات المستقلة. بوابة الفوتون-الفوتون الكمية هي عنصر شامل يعتمد على المنطق الكمي، وبالتالي يمكن أن تؤدي معظم العمليات ثنائية-الفوتون الحالية. وقد تسفر البروتوكولات التحديدية للمعالجة البصرية للمعلومات الكمية عن تطبيقات جديدة، حيث تكون الفوتونات ضرورية، خصوصًا في الاتصالات الكمية لمسافات طويلة، والحوسبة الكمية القياسية. B Hacker et al doi: 10.1038/nature18592

#### تطور

### بزوغ أسرة جينية للإنسان العاقل

عادةً ما تعرّف العلماء على الفروق الجينية، التي تحدّد الجوانب الفريدة للتطور البشري، بواسطة التحليل المُقارن بين جينومات البشر، وجينومات الرئيسات قريبة الصلة بالبشر، وانضمت إلى تلك الجينومات مؤخرًا جينومات أشباه البشر القدماء، لكن ليست كل مناطق الجينوم قابلة لمثل تلك الدراسة، يتسبب التباين المتكرر لعدد النسخ (CNV) عند الكروموسوم 16p11.2 في حوالي 1% من حالات التوحّد، وتتوسّط فيه مجموعة مركّبة من التضاعف القطعيّ، نشأ العديد منها حديثًا خلال تطوّر الجنس البشري. يعيد الباحثون بناء التاريخ التطوّري للموضع الجيني لفرد عائلة (BOLA2)، وتعريفه كجين يتضاعف حصريًا في الإنسان العاقل. قدّر الباحثون أن قِسْمًا يحتوي على 95 ألف زوج قاعدة يحوي BOLA2 قد تضاعف في كل المنطقة الحرجة قبل حوالي 282 ألف سنة، وهو أحد أحدث التغيرات الجينومية في سلسلة أعادت بناء الموضع الجيني بشكل هائل أثناء تطور القردة العليا. حَمَل جميع البشر - الذين تمت دراستهم - نسخة واحدة من التضاعف أو أكثر، استقرت تقريبًا في وقت مبكر في سلالة الإنسان، وهو نمط لا يرّجح أنه قد نشأ بهذه السرعة في غياب الانتخاب ( $P < 0.0097$ ). يكشف الباحثون عن أن تضاعف BOLA2 قد أدّى إلى نسخ التحوار داخل إطار جديد خاصّ بالإنسان، وأن تباين عدد نسخ BOLA2 يرتبط بكل من التعبير عن حمض الريبونوكليك ( $r = 0.36$ )، ومستوى البروتين ( $r = 0.65$ )، وقد حدث أكبر اختلاف في التعبير بين الإنسان والشبانزي في الخلايا الجذعية المشتقة اختباريًا. أظهر تحليل 152 مريضًا يحملون إعادة ترتيب للكروموسوم 16p11.2 أن أكثر من 96%

من نقاط القطع قد حدثت في التضاعف الخاص بالإنسان العاقل. باختصار، فإن التغيّر التضاعفي لموقع BOLA2 في جذر سلالة الإنسان العاقل قبل حوالي 282 ألف سنة قد زاد في الوقت نفسه من عدد نسخ جين مرتبط بتعداد الحديد، وجعلت جنسنا عرضة لإعادة التركيب المتكررة المرتبطة بالإصابة بالأمراض. X Nuttle et al doi: 10.1038/nature19075



غلاف عدد 18 أغسطس 2016 طالع نصوص الأبحاث في عدد 18 أغسطس من دورية "Nature" الدولية.

#### علم الأورام

### الديناميات التسيّلية المُحدّثة للأورام

لا تزال التغيرات في ديناميات الخلية بعد تطوّرها المُسرّطن - الذي يؤدي إلى تطوّر الأورام - غير معروفة حتى يومنا هذا. وباستخدام بشرة الجلد كنموذج، قيّم الباحثون أثر التأثير القنفذي المُسرّطن في تجمّعات الخلايا المتمايزة، وفي قدرتها على التسبب في سرطان الخلايا القاعدية، الذي هو أكثر أنواع السرطان شيوعًا في البشر. وجد الباحثون أن الخلايا الجذعية فقط - لا الخلايا السالفة - تبدأ تكوين الورم بناءً على التأثير القنفذي المسبّب للسرطان. كان هذا الاختلاف بسبب التنظيم الهرمي لنمو الورم في الخلايا الجذعية التي يستهدفها الجين الورمي، الذي يتميز بزيادة الانقسامات المُتناظرة، وازدياد المقاومة المعتمدة على بروتين p53 لموت الخلايا الفسيولوجي؛ مما يؤدي إلى التوسع النسيلى السريع؛ والتحول إلى أورام غازية. وكشّف البحث عن أن قدرة الخلايا التي يستهدفها الجين المُسرّطن على التسبب في تكوين الورم لا تعتمد فقط على بقائها وتوسّعها طويل الأمد، وإنما أيضًا على

الديناميات التسيّلية الخاصة بالخلية السرطانية الأصلية. A Sánchez-Danés et al doi: 10.1038/nature19069

#### علم الأعصاب

### نموذج نمو عصبي لـ "متلازمة ويليامز"

متلازمة ويليامز Williams syndrome هي اضطراب وراثي المنشأ، يصيب النمو العصبي؛ ويتميّز المصاب به بقدرة استثنائية مفردة على التفاعل الاجتماعي، وبمجموعة من القدرات اللغوية والإدراكية المقيّدة والمنقوصة. ويفتقر أغلب المصابين بهذه المتلازمة إلى المجموعة نفسها من الجينات، التي تحمل نقاط قطع في الرابطة الكروموسومية 7q11.23. ولا يزال إسهام جينات معينة في التبادلات التشريحية العصبية والوظيفية - التي تؤدي إلى أمراض سلوكية في البشر - غير معروف بشكل كبير. درس الباحثون الخلايا العصبية السالفة، والخلايا العصبية القشرية المشتقة من مرضى متلازمة ويليامز، التي عادةً ما تطوّر الخلايا الجذعية المحفزة متعددة القدرات. وقد تبين أن الخلايا العصبية السالفة في مرضى "متلازمة ويليامز" تحتاج إلى ضعف الزمن في حالتها التكاثر، والموت الخلوي، مقارنةً بالخلايا العصبية السالفة طبيعية النمو. وبمساعدة فرد مصاب بنوع شاذ من "متلازمة ويليامز"، حدّد الباحثون جينًا واحدًا مرشّحًا أن يكون السبب في الإصابة، وهو FZD9. في المرحلة العصبية، تميّزت الخلايا العصبية القشرية في الطبقة V/VI والمشتقة من مرضى "متلازمة ويليامز" بامتلاكها زوائد عصبية أطول، وعددًا أكبر من الأشواك والتشابكات العصبية، وتذبذبات شاذة للكالسيوم، واتصالًا شبكيًا مُعدّلًا. وقد تأكدت صحة التغيّرات المورفومترية التي لوحظت في الخلايا العصبية المأخوذة من مرضى "متلازمة ويليامز"، بعد اصطباغ جهاز "جولجي" في الخلايا العصبية القشرية في الطبقة V/VI بعد الوفاة. يملأ هذا النموذج من الخلايا الجذعية المحفزة متعددة القدرات في الإنسان الفراغ المعرفي الحالي في مجال البيولوجيا الخلوية لمتلازمة ويليامز، وقد يؤدي إلى رؤية أفضل للأليّة الجزيئية الكامنة وراء الإصابة، ووراء الذكاء الاجتماعي للإنسان. T Chailangkarn et al doi: 10.1038/nature19067

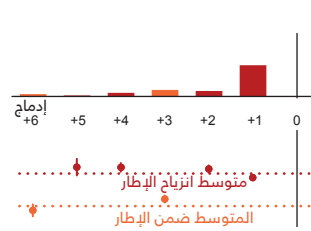
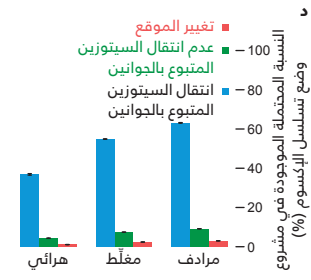
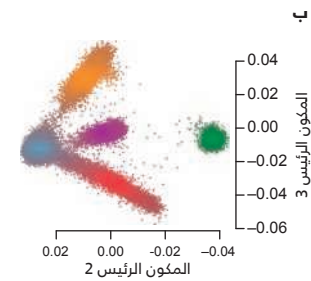


## خلايا شمسية ذات كفاءة عالية

ظهرت مركبات البيروفسكايت العضوية وغير العضوية ثلاثية الأبعاد كإحدى مواد الخلايا الشمسية ذات الغشاء الرقيق الواعدة أكثر من غيرها، نظراً إلى خواصها الضوئية والفيزيائية المميزة، حيث تتميز بكفاءة تحويل طاقة تزيد على 20%، ويؤدخال مزيد من التحسينات تجاه حد "شوكلي-قيصر" في الخلايا الشمسية ذات الوصلة الأحادية، حيث قد تصل الكفاءة إلى 33.5%. وبالإضافة إلى الكفاءة، هناك عامل حاسم آخر للخلايا الكهروضوئية وغيرها من التطبيقات الكهروضوئية، ألا وهو الاستقرار البيئي والضوئي تحت ظروف التشغيل. وقد أظهرت أطوار "رودليسين-بوبر" ذات طبقات أغشية بيروفسكايت ثنائية الأبعاد استقراراً واعداً، ولكن بكفاءة ضعيفة (4.73% فقط). وتُعزى هذه الكفاءة الضعيفة نسبياً إلى تثبيط نقل الشحنة خارج المستوى من الكاثودات العضوية، التي تعمل كطبقات عازلة تفصل بين الألواح الموصلة غير العضوية. واستطاع الباحثون التغلب على هذه المشكلة في طبقات البيروفسكايت بإنتاج أفلام رقيقة من نوعية قريبة من البلورات الأحادية، التي تميل فيها المستويات البلورية المكونة من بيروفسكايت غير عضوي بشدة إلى المحاذاة خارج المستوى، مقارنةً بنقط الاتصال في الخلايا الشمسية المستوية؛ لتسهيل كفاءة نقل الشحنة. وقد توصل الباحثون إلى كفاءة كهروضوئية تصل إلى 12.52% بدون تباطؤ، إضافة إلى ظهور تحسن كبير في استقرار الأجهزة، مقارنةً بنظائرها ثلاثية الأبعاد في اختبارات التعرض للضوء، والرطوبة، والحرارة الشديدة. تحتفظ أجهزة البيروفسكايت ثنائية الأبعاد غير المغلفة بأكثر من 60% من كفاءتها لأكثر من 2,250 ساعة تحت إضاءة مستمرة عيارية (AM1.5G)، مُظهرَةً مزيداً من التحمل الذي يصل إلى 65% رطوبة نسبية، مقارنةً بميلاتها ثلاثية الأبعاد. وعندما يتم تغليف الأجهزة، لا تبدي الأجهزة الطبقة أي تدهور في ظروف الإضاءة AM1.5G المستمرة، أو الرطوبة. ويتوقع الباحثون أن تؤدي هذه النتائج إلى نمو صناعة أغشية رقيقة من البيروفسكايت أحادية البلورة، معالجة بالحلول، طبقية، هجينة، والتي تُعد ضرورية لأجهزة الإلكترونيات الضوئية عالية

## الشكل أسفله | نماذج الاختلافات الوراثية لدى 60,706 أشخاص.

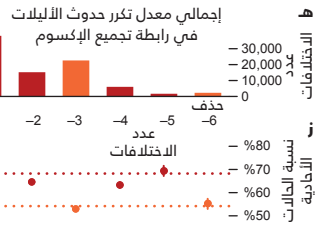
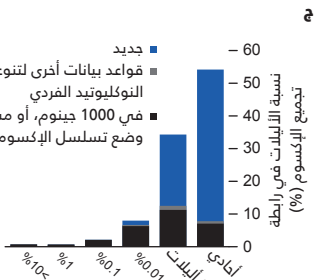
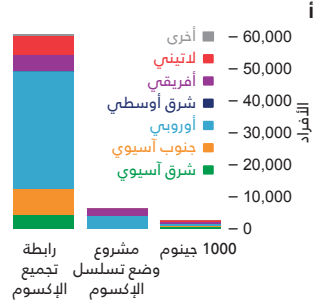
أ. حجم وتنوع مجموعات بيانات الإكسوم المرجعية العامة. تتجاوز رابطة تجميع الإكسوم مجموعات البيانات السابقة من حيث الحجم من أجل كافة المجموعات التي خضعت للدراسة. ب. تحليل العنصر الرئيس (PCA) يقسم أفراد رابطة تجميع الإكسوم إلى خمس مجموعات قارية. ج. يظهر المكون الرئيس 2 والمكون الرئيسي 3. د. إن طيف تكرار حدوث الأليل في رابطة تجميع الإكسوم يسלט الضوء على أن غالبية الاختلافات الوراثية نادرة وجديدة (غائبة عن قواعد البيانات السابقة للاختلافات الوراثية، مثل قاعدة بيانات تنوع النوكليوتيد الفردي (dbSNP). د. نسبة الاختلافات الممكنة الملاحظة في المحتوى الطفرى والمرتبطة الوظيفية. تمكن ملاحظة أكثر من نصف جميع التحولات الممكنة للستوزين المتبوع بالجوانين (CpG). تمثل أعمدة الخطأ إطار الخطأ القياسي للمعدل المتوسط. هـ. ز. الرقم (هـ)، وتكرار التوزع (نسبة الأحادي؛ ز) لحالات الإدماج / الحذف، من حيث الحجم. مقارنة بحالات الإدماج / الحذف ضمن الإطار. فإن اختلافات انزياح الإطار أقل شيوعاً (لديها نسبة أعلى من الأحاديات، وهذا مؤشر بديل للشمية المتوقعة على الناتج الوراثي). وتشير أعمدة الخطأ إلى فواصل ثقة، قدرها 95%.



الطبي والوظيفي لتغيرات تسلسل الحمض النووي. يستعرض الباحثون تجميع وتحليل بيانات تسلسل إكسوم (المنطقة المرمزة للبروتين) الحمض النووي، مستمدة من 60,706 أفراد من سلالات متنوعة، تم وضعها كجزء من مشروع "رابطة تجميع الإكسوم" ExAC. يحتوي هذا الفهرس للتنوعات الوراثية البشرية على ما معدله تنوع واحد بين كل ثماني قواعد إكسومية، ويقدم دليلاً مباشراً على الوجود واسع الانتشار لمعاودة حدوث الطفرات. استخدم الباحثون هذا الفهرس؛ لحساب القياسات الموضوعية لقدرة التسلسلات المختلفة على الإصابة بالأمراض، ولتحديد الجينات المعرّضة لدرجة انتقائية قوية مقابل درجات متنوعة من الطفرة؛ محددين 3,230 جيناً تتميز بنضوب شبه كامل من التنوعات الباترة للبروتين، مع عدم ارتباط 72% من هذه الجينات بنمط مرضي بشري معروف في الوقت الحالي. وأخيراً، يوضح الباحثون أن هذه البيانات يمكن استخدامها من أجل الترشيح المُجدي للتنوعات المحتمل إحداثها للمرض، ومن أجل اكتشاف التنوعات البشرية "القاضية" في الجينات المرمزة للبروتين.

M Lek et al

doi: 10.1038/nature19057



## المجال المغناطيسي المبكر للأرض

تؤكد الملاحظات الأخيرة لدراسة المغناطيسية القديمة للخور وجود مجال مغناطيسي للأرض منذ 3.45 مليار سنة. نشأ المجال المغناطيسي للأرض بفعل الطفو البنيوي الناتج عن نمو اللب الداخلي، ولكن عمر لب الأرض أصغر من أن يفسر وجود المجال المغناطيسي قبل حوالي مليار سنة. تشير النماذج النظرية إلى أن انفصال أكسيد الماغنسيوم - المكون الرئيس لوشاح الأرض - عن اللب وفّر مصدرًا رئيسًا للطاقة اللازمة لنشأة المجال المغناطيسي، ولكن هناك نقص في الأدلة التجريبية على اندماج مكونات الشواح مع اللب. في الواقع، لقد تكون اللب في مرحلة الأرض المنصهرة المبكرة، من خلال الفصل بالجاذبية بين صهبرين غير ممتزجين، أحدهما فلزي، والآخر من السيليكات؛ مما أدى إلى نقل العناصر المُحبّة للحديد من وشاح السيليكات إلى اللب الفلزي، وترك العناصر المُحبّة للخور كما هي. يقدم جيمس بادرو وزملاؤه نتائج تجارب معملية تفيد بأن أكسيد الماغنسيوم يذوب في صهير الحديد المكون لللب الأرض تحت درجات حرارة عالية جدًا. وباستخدام نماذج تكوين اللب، يبين الباحثون أن الأحداث المتطرفة أثناء تكون الأرض - مثل الارتطام الهائل لنيزك، الذي أدى إلى تكون القمر - ربما تكون قد أضافت كميات كبيرة من الماغنسيوم إلى اللب المبكر. ومع انخفاض درجة حرارة اللب؛ حدث انفصال أكسيد الماغنسيوم؛ الذي ترسّب عند الحد الفاصل بين اللب والوشاح؛ منتجًا كمية كبيرة من طاقة الجاذبية بفعل الطفو البنيوي. وكمية الطاقة هذه تكافئ - إن لم تكن تزيد على - كمية الطاقة المنتجة من خلال نمو اللب الداخلي. ويقدم هذا حلاً للغموض وجود مجال مغناطيسي قديم قبل تكون اللب الداخلي للأرض.

J Badro et al

doi: 10.1038/nature18594

## الاختلافات الوراثية المرمزة للبروتين

تعتبر مجموعات البيانات المرجعية واسعة النطاق للاختلافات الوراثية البشرية أساسية من أجل التفسير

الأداء بتكنولوجيا تعمل على استقرار  
عمل الجهاز على المدى الطويل.  
H Tsai *et al*  
doi: 10.1038/nature18306

## كيمياء

## مواقع معدنية في أنظمة غير متجانسة

يمكن لعملية التحفيز الفعالة لتحويل الميثان إلى الميثانول أن تكون ذات آثار اقتصادية بعيدة المدى. ويُعتبر الحديد الذي يحتوي على الزيوليت (ألومينوسيليكات معدنية ميكروية-المسام) من الاختيارات السديدة في هذا الصدد، بسبب قدرته المميزة على إضافة مجموعة هيدروكسيل للميثان بسرعة في درجة حرارة الغرفة؛ لتكوين الميثانول. وتحدث القابلية للتفاعل في مواقع نشطة خارج الشبكة، تُسمى  $\alpha$ -Fe(ii)، يتم تفعيلها من خلال أكسيد النيتروز؛ لتكوين وسيط التفاعل  $\alpha$ -O؛ ومع ذلك، وبالرغم مما يقرب من ثلاثة عقود من البحث، فإن طبيعة تلك المواقع النشطة والعوامل المحددة لتفاعلها الاستثنائي غير واضحة، وتكمن الصعوبة الرئيسية في أن عنصري التفاعل  $\alpha$ -O و  $\alpha$ -Fe(ii) تشكلان تحديًا للتحقق الطيفي.. فتشابه البيانات في تقنيات معينة - مثل التحليل الطيفي بامتصاص الأشعة السينية، والقابلية المغناطيسية - تتعقد بسبب تأثيرات الحديد غير النشط. يوضح الباحثون أن طريقة التحليل الطيفي انتقائية-الموقع، التي تُستخدم بانتظام في الكيمياء الحيوية - غير العضوية، يمكنها التغلب على هذه المشكلة، حيث كُشف التحليل ثنائي اللون الدائري المغناطيسي أن  $\alpha$ -Fe(ii) يمثل مركبًا وحيد النوى، عالي المغزلية، له سطح مربع، يتوسطه  $\text{Fe}(ii)$ ، في حين أن المتفاعل الوسيط،  $\alpha$ -O هو مركب وحيد النوى، عالي المغزلية، ويحتوي على  $\text{Fe}(iv)=O$ ، ويستمد تفاعله الاستثنائي من التنسيق الهندسي الصارم المدعوم بشبكة الزيوليت. وتوضح هذه النتائج قيمة النهج الذي استخدمه الباحثون في استكشاف المواقع الفعالة في الأنظمة غير المتجانسة. كما تشير النتائج إلى أن استخدام قوالب محددة لتفعيل المواقع المعدنية للعمل - منتجًا ما يُعرف بحالة التأهب في سياق الإنزيمات المعدنية - قد يكون وسيلة مفيدة لضبط نشاط المحفزات غير المتجانسة.  
B Snyder *et al*  
doi: 10.1038/nature19059



غلاف عدد 25 أغسطس 2016  
طالع نصوص الأبحاث في عدد 25 أغسطس  
من دورية "Nature" الدولية.

## أحياء مجهرية

## الخريطة الفيروسيّة لكوكب الأرض

الفيروسات هي أكثر الكيانات البيولوجية انتشارًا على كوكب الأرض، إلا أن المصاعب المتعلقة بكشف الفيروسات غير المعروفة، وعزّلها، وتصنيفها عرقلت إجراء استقصاءات مفصلة للخريطة الفيروسيّة العالمية. حَلَّل الباحثون أكثر من 5 تيرابايت من بيانات التتابع الميتاجينومي من 3042 عيّنة متباينة جغرافيًا؛ لتقييم التوزيع العالمي للفيروسات، وتباين النشوء العرقي، وخصوصية العائل فيها. واكتشف الباحثون أكثر من 125 ألف جينوم حمض نووي جزئي فيروسي، من ضمنها أكبر عاثة مكتشفة حتى الآن، فازداد عدد الجينات الفيروسيّة المعروفة 16 ضعفًا. جرى تجميع نصف الجينومات الفيروسيّة الجزئية المتوقعة في مجموعات متميزة جينيًا، تَصَمَّنت غالبيتها جينات غير مرتبطة بالجينات الموجودة في الفيروسات المعروفة. وباستخدام فواصل كريسبر CRISPR، وأزواج حمض نووي ريبوزي انتقالي لربط المجموعات الفيروسيّة بالعائل/العوائل الميكروبيّة، ضاعف الباحثون عدد الشُعَب الميكروبيّة المعروفة عنها قابلية الإصابة بالفيروسات، وتعرّفوا على فيروسات يمكن أن تُعدي كائنات دقيقة تنتمي إلى شُعَب مختلفة. وكُشف تحليل التوزيع الفيروسي في مختلف الأنظمة البيئية عن خصوصية قوية للموطن البيئي في الغالبية العظمى من الفيروسات، إلا أنهم تعرّفوا أيضًا على بعض الأنواع المنتشرة في جميع أنحاء العالم. وتسلط النتائج التي توصل إليها الباحثون الضوء على تباين فيروسي عالمي واسع، وتقدّم رؤية

مفصلة للانتشار البيئي الفيروسي،  
وتفاعلات العائل-الفيروس.  
D Paez-Espino *et al*  
doi: 10.1038/nature19094

## علم الأعصاب

## ما يرتبط بمرض اعتلال الأعصاب

يؤدي اجتثاث بروتين بربون البرايون الخلوي PrPC إلى الإصابة باعتلال الأعصاب المتعدد المُزِيل للميالين، الذي يؤثر على خلايا شوان، بينما يمنع التعبير عن PrPC المحدد بالخلايا العصبية الإصابة بالمرض، مما يشير إلى أن PrPC يعمل من خلية مختلفة من خلال مستقبل غير معروف على خلايا شوان. ويكشف الباحثون عن نقص تركيز cAMP في الأعصاب الوركية في الفئران المفتقرة لبروتين PrPC، ما يشير إلى أنه يعمل من خلال مُسْتَقْبَل مقترن بروتين جي (GPCR). يستثير الذيل الأميني النهائي المرن (الرواسب 23-120) زيادة في cAMP معتمدة على التركيز في خلايا شوان الأولية، في سلالة خلايا شوان SW10 وفي خلايا HEK293T المفردة في التعبير عن GPCR Adrg6 (المعروف أيضًا باسم Gpr126). وعلى العكس، فإن خلايا HEK293T البدائية وخلايا HEK293T المعبرة عن عدة GPCR أخرى لم تتفاعل مع الذيل المرن، كما ألغى اجتثاث Gpr126 من خلايا SW10 استجابة cAMP التي يُحدثها الذيل المرن. يحتوي الذيل المرن على عنقود متعدد الأيونات الموجبة (KKRPKPG)، مشابه للمحفز GPRGKPG في الكولاجين من النوع الرابع في المُنَافس Gpr126. وكان الببتيد المشتق من PrPC المحتوي على KKRKPG (FT<sub>23-50</sub>) كافيًا لإحداث استجابة cAMP معتمدة على Gpr126 في الخلايا وفي الفئران، كما حَسَّن تكوين الميالين في سمكة الزرد (*Danio rerio*) ذات الطفرة الشالّة جزئيًا في Gpr126. إن استبدال رواسب الأيونات الموجبة بالألانين يلغي النشاط البيولوجي لكل من (FT<sub>23-50</sub>) وببتيد الكولاجين من النوع الرابع المُكَافئ له. وتوصّل الباحثون إلى أن PrPC يحسّن اتزان الميالين من خلال تصارع Gpr126 التي تَوَسَّط فيها الذيل المرن. وهذه الملاحظات - إضافة إلى توضيحها للدور الفسيولوجي لبروتين PrPC - ترتبط بنشوء مرض اعتلال الأعصاب المتعدد المُزِيل للميالين، وهو من الأمراض المُوهَّنة الشائعة ذات الخيارات العلاجية المحدودة.  
A Küffer *et al*  
doi: 10.1038/nature19312

## أحياء مجهرية

## لقاح وقائيّ ضد فيروس "زيكا"

فيروس "زيكا" ZIKV هو فيروس مصغّر، مسؤول عن انتشار الوباء الحالي في البرازيل والأمريكتين. ارتبط فيروس "زيكا" سببًا بصغّر حجم الرأس الجيني، وتقييد النمو داخل الرحم، وعبوب أخرى تتعلق بعملية الولادة في كل من البشر والفئران. يُعَدّ التطوير السريع للقاح آمن وفعال ضد فيروس "زيكا" أولوية صحية عالمية، إلا أنه لا يُعرف الكثير عن آليات الوقاية المناعية ضد فيروس "زيكا". يُكشَف الباحثون عن أن جرعة تحصين واحدة بلقاح حمض البلازميد النووي، أو بلقاح فيروس معطل منقى، تُوفّر للفئران القابلة للإصابة حمايةً كاملة ضد إحدى سلالات فيروس "زيكا" المتسببة في الانتشار الوبائي في شمال شرق البرازيل. واتضح مؤخرًا أن هذه السلالة قادرة على عبور المشيمة؛ والتسبب في الإصابة بصغّر حجم الرأس الجيني، وتشوهات خلقية أخرى في الفئران. وقد أنتج الباحثون لقاحات حمض نوويّ تعبر عن الغشاء المبكر لفيروس "زيكا" وغلافه (prM-Env)، إضافة إلى سلسلة من طفرات الحذف. يُقدّم لقاح DNA prM-Env وقاية كاملة ضد فيروس "زيكا"، كما يوضح غياب أي أثر ملحوظ للدم المصاب بالفيروس فيما بعد، والفعالية الوقائية المرتبطة بمعايير الأجسام المضادة للغلاف. وقد منح الانتقال المكتسب لـ IgG المنقى من الفئران الملقحة مناعة سلبية، ولم يُبطل استنفاد خلايا تي الليمفاوية CD4 و CD8 في الفئران الملقحة هذه الوقاية. توضح هذه النتائج أنه يمكن التوصل إلى وقاية ضد فيروس "زيكا" من خلال وحدة فرعية الفيروسات المعطلة في الفئران، حيث تمثل معايير الأجسام المضادة للغلاف ارتباطات مناعية رئيسية في الوقاية. وتشير النتائج التي توصل إليها الباحثون إلى إمكانية تطوير لقاح للبشر ضد فيروس "زيكا".

R Larocca *et al*

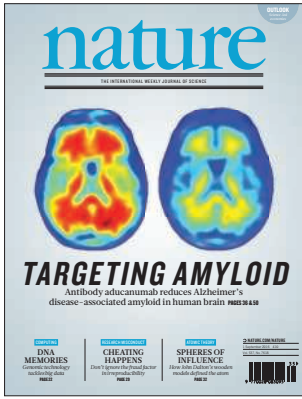
doi: 10.1038/nature18952

## فلك

## كوكب شبيه بالأرض في مدار معتدل

على بُعد 1.295 فرسخًا فلكيًا،  
يوجد النجم القزم الأحمر "قنطور  
الأقرب"، أو "بروكسيما سنتوري"، ( $\alpha$ )





غلاف عدد 1 سبتمبر 2016  
طالع نصوص الأبحاث من عدد 1 سبتمبر  
من دورية "Nature" الدولية.

## علم الأعصاب

السيروتونين يعزّز  
الشعور بالخوف

السيروتونين - المعروف أيضًا باسم 5-هيدروكسي تريبتامين (5-HT) - هو ناقل عصبي يلعب دورًا جوهريًا في تنظيم الانفعالات، غير أنه لم يتم بعد تحديد الدوائر العصبية التي ينظم السيروتونين من خلالها حدوث الحالات المنفّرة. ويكشف الباحثون هنا أن السيروتونين الذي تفرزه نواة الرفاء الظهريّة (5-HT<sup>DRN</sup>) يعزز الشعور بالخوف والقلق، وينسب تجمّعًا ثانويًا من عصبونات الهرمون المُطلق للكونيكتورين (CRF) في النواة الأساسية للخط النهائي (CRF<sup>BNST</sup>) في الفتران. وبالتحديد، يعمل إطلاق السيروتونين الذي تفرزه نواة الرفاء الظهريّة إلى النواة الأساسية للخط النهائي - من خلال بعض الأنشطة عند مُستقبلات السيروتونين 5-HT<sub>2C</sub>RS - على تشغيل دائرة دقيقة مُثبّطة للهرمون المُطلق للكونيكتورين في النواة الأساسية للخط النهائي، التي تعمل على إيقاف مخرجات النواة الأساسية للخط النهائي المضادة للقلق إلى المنطقة السقيفية البطنيّة، وتحت المهاد الجانبيّ. وإضافة إلى ذلك، كشف الباحثون أن تلك الدائرة المثبّطة للهرمون المُطلق للكونيكتورين في النواة الأساسية للخط النهائي هي التي تقف وراء السلوكيات المنفّرة التي تلي التعرض الحاد لمثبطات استرداد السيروتونين الانتقائيّة (SSRIs). ينتقل هذا التأثير المنفّر المبكر من خلال مستقبل الهرمون المُطلق للكونيكتورين من النوع الأول (CRF<sub>1</sub>R)، والمعروف أيضًا بـ CRHR1)، نظرًا إلى أن مقاومة مستقبل الهرمون المُطلق للكونيكتورين من النوع الأول كافية لمنع الزيادات الحادة التي تحفّزها مثبطات استرداد السيروتونين الانتقائيّة. وتكشف هذه النتائج عن وجود

N Abram et al

doi: 10.1038/nature19082

جزء من أجزاء النظام: 20 مرة أطول من عمر الترانسمون transmon، وحوالي 2.2 مرة أطول من عمر الترميز المنطقي غير المصوّب، وحوالي 1.1 أطول من عمر أفضل بنات كمية مادية ( $\langle 0 \rangle$ ، و  $\langle 1 \rangle$  - حالات "فوك" للمرنان). وتوضح نتائج البحث طرق الاستفادة من استخدام كفاءة الأجهزة في ترميز البتات الكمية، بدلًا من مخططات بروتوكول تصحيح الخطأ الكميّ التقليدية. وإضافة إلى ذلك، فإنها تدفع مجال تصحيح الخطأ التجريبي من تأكيد المفاهيم الأساسية إلى استكشاف المقاييس التي تقود أداء النظام، وكذلك تحديات الوصول إلى نظم تتجاوز الأخطاء.

N Ofek et al

doi: 10.1038/nature18949

## علم المناخ

بداية مبكرة لاحترار  
عصر الثورة الصناعية

يقدم تطوّر احترار عصر الثورة الصناعية عبر المحيطات والقارات سببًا للتغيرات المناخية المستقبلية. وتكمن أهميته في قدرته على تحديد حساسية المناخ، والعمليات التي تحكم الاحترار الإقليمي. استخدم الباحثون 1500 سجلّ للمناخ القديم، للكشف عن أن احترار عصر الثورة الصناعية المستديم في المحيطات الاستوائية قد تطوّر أولًا في منتصف القرن التاسع عشر، وتزامن تقريبًا مع الاحترار القاريّ في نصف الكرة الشمالي. تشير البداية المبكرة للاحترار الملحوظ والمستديم في سجلات المناخ القديم والمحاكاة النموذجية إلى أن قوى الدفيئة في احترار عصر الثورة الصناعية قد بدأت في منتصف القرن التاسع عشر تقريبًا، وتضمّنت آلية استجابة محسّنة للمحيطات الاستوائية. وظهّر تطوّر احترار نصف الكرة الجنوبي متأخرًا في إعادة التخليط، إلا أن هذا التأخر الظاهري لا يظنّ في المحاكاة المناخية. وتدلّ نتائج البحث على أن سجلات أدوات القياس قاصرة عن التقييم الشامل للتغيرات المناخية الناشئة عن الأنشطة البشرية، وأنّ - في بعض المناطق - تسببت حوالي 180 سنة من احترار عصر الثورة الصناعية في ارتفاع درجات حرارة السطح فوق قيم درجات الحرارة في العصر قبل الصناعي، حتى مع أخذ التباين الطبيعي في الحسبان.

## فيزياء كمية

تصحيح الخطأ الكميّ  
التقليدي بكفاءة

يمكن أن يتغلب بروتوكول تصحيح الخطأ الكمي (QEC) على الأخطاء التي تعاني منها البتات الكمية، وبالتالي فهو عنصر أساسي من عناصر جهاز الحاسوب الكميّ المستقبلي. ولتنفيذ هذا البروتوكول، يتم ترميز البتات الكمية بوفرة في فضاء بعدي عال باستخدام حالات كمية ذات خصائص تناظر مصمّمة بعناية. تُوفّر قياسات هذه المتغيرات الظاهرة من النوع المتكافئ معلومات متلازمة للخطأ، يمكن بها تصحيح الأخطاء عبر عمليات بسيطة. وقد ظلت نقطة "التعادل" في بروتوكول تصحيح الخطأ الكميّ - التي يتخطى عندها عمر البتات الكمية عُمر مكونات النظام - حتى الآن بعيدة المنال. وعلى الرغم من أن الأعمال السابقة قد أظهرت عناصر بروتوكول تصحيح الخطأ الكمي، فقد ركّزت تلك الأعمال - في المقام الأول - على توضيح دلالات أو خصائص تدرج رموز بروتوكول تصحيح الخطأ الكمي، بدلًا من اختبار قدرة النظام على الحفاظ على البتات الكمية مع مرور الوقت. يستعرض الباحثون نظام بروتوكول تصحيح الخطأ الكمي، الذي يمكنه أن يصل إلى نقطة التعادل عن طريق كبت الأخطاء الطبيعية، بسبب فقدان طاقة البتات الكمية المشفرة منطقيًا في تراكب من حالات قطة شروذنجر لمرنان فائق التوصيل. وتم تطبيق بروتوكول تصحيح الخطأ الكميّ باستخدام ردود الفعل الآتية للترميز، ورصد الأخطاء التي تحدث بشكل طبيعي، وفك الترميز وتصحيحه. وإجراء قياسات تصوير مقطعي كامل، وبدون أيّ انتقاء لاحق، يكون عمر البتات الكمية المصوّبة 320 ميكروثانية، وهو أطول من عمر أي

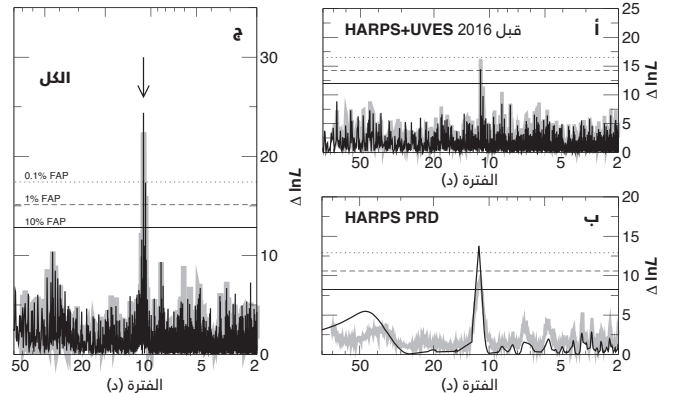
قنطور 70890 HIP، GL 551، C، أو اختصارًا.. "بروكسيما"، وهو أقرب نجم للشمس، وأحد النجوم ذات الكتلة المنخفضة التي تمت دراستها بعناية، حيث يتميز بدرجة حرارة فعلية حول 3050 كلفينًا، وتألّق 0.15 في المائة، مقارنةً بالشمس، ومقياس نصف قطر يُقدّر بـ 14 في المائة من نصف قطر الشمس، وكتلة تبلغ حوالي 12 في المائة من كتلة شمس. وعلى الرغم من أن نجم "بروكسيما" يُعتبر معتدل النشاط، إلا أن فترة دورانه تبلغ حوالي 83 يومًا، وتُعتبر مستويات نشاطه الهادئة ولمعان أشعته السينية قابلة للمقارنة بتلك الخاصة بالشمس. وأورد الباحثون ملاحظاتهم التي تكشف عن وجود كوكب صغير له كتلة لا تقل عن 1.3 من كتلة الأرض، يدور حول نجم "بروكسيما" بفترة تبلغ حوالي 11 يومًا، و0.2 من اليوم، على مسافة تبلغ نصف محوره الرئيس، أي حوالي 0.05 وحدة فلكية. وتقع درجة حرارة توازنه الكوكبي ضمن نطاق يسمح للماء أن يُوجد في صورة سائلة.

G Anglada-Escude et al

doi: 10.1038/nature19106

## الشكل أسفله | استخلاص إشارة

دويلر في 11.2 د. أ. ب، مخططات تردد زمنية لاستخلاص إشارة 11.2 د في بيانات HARPS+ UVES ما قبل عام 2016 (أ) الحملة HARPS PRD (ب). ج، تم الحصول على مخططات التردد الزمنية بعد جمع كل مجموعات البيانات. تمثل الخطوط السوداء إحصاء  $\Delta \ln L$ ، في حين تمثل الخطوط السمكية الرمادية لوجاريتم كثافة الخلفية البايزية (انظر النص.. إزاحة رأسية اختيارية، تم تطبيقها للحصول على مقارنة بصرية للإحصائيين). تمثل الخطوط الأفقية المتصلة (المنقطعة، والمنقطعة) عتبات FAP للتحليل الترددي الإحصائي.



دائرة أساسية مسؤولة عن نقل السيروتونين - الذي تفرزه نواة الرفاء الظهريّة إلى الهيمون المطلق للكونيتوترويين في النواة الأساسية للنخاع النهائي - تتحكم في مشاعر الخوف والقلق، وتقدّم تفسيراً ميكانيكياً محتماً للملاحظات الإكلينيكية للآثار العكسية المبكرة للعلاج بمثبطات استرداد السيروتونين الانتقائية في بعض المرضى الذين يعانون من اضطرابات القلق.

C Marcinkiewicz et al

doi: 10.1038/nature19318

## فيزياء كمية

## نقل الطاقة في نظام بصري-ميكانيكي

يمكن للعمليات الطوبولوجية أن تحقق أهدافاً معينة، دون أن تتطلب تحكماً دقيقاً في التفاصيل التشغيلية المحلية؛ فعلى سبيل المثال، تم استخدامها للتحكم في مراحل هندسية، كما اقترح استخدامها كوسيلة للتحكم في حالة أنظمة معينة داخل فضاءاتها الجزئية المتشعبة، وفي الآونة الأخيرة، أصبح من المتوقع إمكانية استخدام العمليات الطوبولوجية لنقل الطاقة بين الأنماط العادية، شريطة أن يمتلك النظام نوعاً محدداً من التشعب، يُعرف باسم "النقطة الاستثنائية". ويستعرض هذا البحث نقل الطاقة بين نمطين اهتزازيين لجهاز بصري-ميكانيكي عالي التبريد، وذلك باستخدام عمليات طوبولوجية. ويوضح كذلك أن هذا النقل ينشأ عن وجود نقطة استثنائية في طيف الجهاز، وأن هذا النقل غير تبديلي. إن هذه النتائج تفتح آفاق اتجاهات جديدة في التحكم في الأنظمة، كما أنها تتيح إمكانية استكشاف الآثار الديناميكية الأخرى المرتبطة بالنقاط الاستثنائية، بما في ذلك سلوك التذبذبات الحرارية والكمية في المناطق المجاورة لها.

H Xu et al

doi: 10.1038/nature18604

## علم الأعصاب

## تطوير الـ "أدوكانامب" لعلاج ألزهايمر

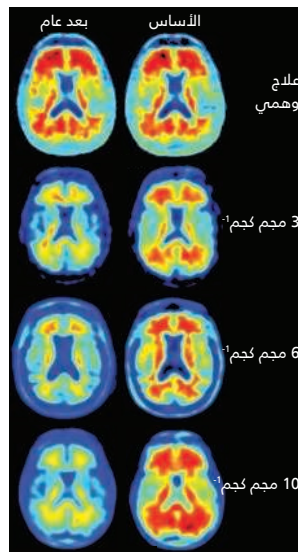
يتصف مرض ألزهايمر بترسيب لويحات أميلويد-بيتا (A $\beta$ )، وتشابك ليفي عصبي في المخ، مصحوب باختلال وظيفي مشبكي، وتلف عصبي. وحتى الآن، لم يثبت نجاح العلاج المناعي بالأجسام المضادة ضد أميلويد-بيتا، بغرض استثارة تصفيته، أو تخفيف سُميته العصبيّة.

وسجّل الباحثون تولّد "أدوكانامب" aducanumab، وهو جسم مضاد بشري وحيد النسيلة، يستهدف انتقائياً أميلويد-بيتا المتكدس. وفي نموذج جيني لفئران مصابة بالألزهايمر، اتضح أن أدوكانامب يدخل المخ؛ فيرتبط بأميلويد-بيتا المتّني، ويقلل نوعي أميلويد بيتا القابل للذوبان، وغير القابل للذوبان بسلوك مرتبط بالجرعة. وفي المرضى المصابين بالألزهايمر من النمط المعتدل، تمكّن العلاج بالترسيب الوريدي لـ "أدوكانامب" شهرياً لمدة عام من تقليل أميلويد بيتا في المخ بسلوك مرتبط بالجرعة وبالوقت، وقد صاحب هذا تباطؤ في التدهور الإكلينيكي، كما يقاسه نظام تقييم الخرف الإكلينيكي، وهو مجموع اختباري "بوكسيز" Boxes، واختبار الحالة العقلية المصغر Mini Mental State Examination. وقد كانت النتائج الأساسية لاختبارات الأمان والتحمّل مرتبطة بشدوذ في التصوير المرتبط بالأميلويد. وتفسّر هذه النتائج التطوير الإضافي لأدوكانامب لعلاج مرض الألزهايمر. وإذا تأكد تباطؤ التدهور الإكلينيكي في المرحلة الثالثة الجارية حالياً؛ فسوف يقدم أدوكانامب دعماً حاسماً لفرضية الأميلويد.

J S evigny et al

doi: 10.1038/nature19323

الشكل أسفله | تقليل لويحات الأميلويد باستخدام أدوكانوماب: صور PET أمثلة للأميلويد عند خط الأساس وعند الأسبوع 52. اختير الأفراد بناء على الانطباع البصري وتغيّرات SUVR بالنسبة للاستجابة على مدى سنة واحدة في كل مجموعة علاج (عدد 40، 32، 30 و32 بالترتيب). يظهر القطاع المحوري مناطق تشريحية في المخ الخلفي، اشتهرت بارتباطها بالإصابة بمرض الألزهايمر. الصور مأخوذة بتقنية SUVR (النسبة القياسية لقيمة الامتصاص).



## فيزياء

## إزالة خامات باستخدام نبضات الليزر

يتيح استخدام نبضات الليزر بالفيمتوثانية الإزالة الدقيقة - بدون تلف حراري - للخامات في مجموعة واسعة من التطبيقات العلمية والطبية والصناعية، إلا أن القدرة المحتملة لها محدودة ببطء سرعات إزالة الخامة، وبدرجة تعقيد تقنية الليزر المستخدمة. ويرجع تعقيد تصميم الليزر إلى الحاجة إلى التغلب على البداية المرتفعة لطاقة النبضات؛ لإنجاز العملية بكفاءة، إلا أن استخدام أشعة ليزر أقوى، لزيادة معدّل إزالة الخامات، يؤدي إلى نتائج غير مرغوبة، مثل الخجب الواسع، والتشعب، والأضرار الجانبية الناتجة عن تراكم الحرارة عند القوى الليزرية الأعلى. وقد تحالّل الباحثون على هذه العقبات باستغلال التبريد فيما يشبه تقنية تُستخدم دورياً في هندسة الفضاء، حيث استخدم الباحثون دقائق فائقة السرعة من نبضات الليزر؛ لإزالة الخامة المستهدفة، قبل أن تشتت الحرارة المتبقية من النبضات السابقة بعيداً عن مكان المعالجة. وقد كشفت التجارب التي أجريت على ركائز متنوّعة أن معدلات التكرار العالية التي تتيح التبريد تقلّل طاقات نبضات الليزر المطلوبة، وتزيد كفاءة عملية الإزالة بمقدار يفوق معاملات الليزر السابق استخدامها. كما عرض الباحثون إزالة أنسجة المخ بمعدل مليمتريين مكعبين للدقيقة، وإزالة عاج الأسنان بمعدل 3 مليمترات مكعبة للدقيقة، دون التسبب في أي تلف حراري.

C Kerse et al

doi: 10.1038/nature18619

## فلك

## طيف انتقال مشترك لكواكب "ترايبست-1"

في الآونة الأخيرة، تم اكتشاف ثلاثة كواكب خارج المجموعة الشمسية بحجم الأرض بالقرب من المنطقة الصالحة للحياة لأقرب نجم قزمي بارد جداً يُسمى "ترايبست-1". لم يتم بعد تحديد طبيعة تلك الكواكب، حيث لم تخضع كُتلها بعد للقياس، ولا توجد أي معلومات رصدية محددة متاحة لعدد الكواكب المحيطة بالأقزام النجمية الباردة جداً، فكواكب "ترايبست-1" هي أول مثال يمر بأمانا. تمتد التنبؤات النظرية لتشمل كامل نطاق الأغلفة

الجوية، من الأجواء المستنفدة إلى الممتدة، التي يهيمن عليها الهيدروجين. ويورد الباحثون ملاحظات رصدية لأطياف الانتقال المشترك لكوكبين داخلين خلال عبورهما المتزامن في 4 مايو 2016، ولكن نقص التفاصيل في أرواح الطيف المشترك يستبعد أجواء خالية من سُحب - أغلبها هيدروجين - لكل كوكب عند مستويات  $\geq 10\sigma$ ؛ وبالتالي من غير المرجح أن يكون لكوكبي ترايبست-1 (ب)، و(ج) غلاف غازي ممتد، لأنهما يحتلان منطقة مُعلّمة من الفضاء، يكون فيها تشكيل السحاب/الضباب على ارتفاعات عالية غير متوقع بشكل كبير في أجواء يهيمن عليها الهيدروجين. وما زالت هناك أجواء عديدة أكثر كثافة، متسقة مع طيف الانتقال قليل التفاصيل من أجواء خالية من سُحب بخار الماء، إلى أجواء تشبه كوكب الزهرة.

J de Wit et al

doi: 10.1038/nature18641

## فيزياء

## تطبيق نقطة استثنائية ديناميكية

تمتلك الأنظمة الفيزيائية ذات الفقد أو الكسب أنماطاً رنانة، تضمحل أو تنمو باطراد مع الزمن. وكلما اندمج نمطان، سواء في ترددتهما الرنان، أم معدّل اضمحلالهما، أمر نوههما؛ تبرز "نقطة استثنائية"، مما يؤدي إلى ظواهر رائعة تتحدّى حُدسنا المادي. وبشكل خاص، من المتوقع ظهور سلوك مثير للاهتمام عند تطبيق نقطة استثنائية ببطء بما فيه الكفاية، مثل حالة التقلّب أو تراكم طور هندي. فقد تم بحث البنية الطوبولوجية للنقاط الاستثنائية تجريبياً، ولكن التطبيق الديناميكي الكامل لمثل هذه النقاط ظل بعيداً عن متناول القياس. وبرهن الباحثون على أن التطبيق الديناميكي لنقطة استثنائية مماثل للتعثر الموجي خلال دليل موجي ثنائي النمط ذي تصميم حديّ وفقد مناسبين، كما قدموا نتائج تجريبية من دليل موجي مكافئ، يوجّه الموجات الواردة حول نقطة استثنائية أثناء عملية الإرسال. وهكذا، يتم تحفيز تعيّر الأنماط، التي تتحوّل هذا الجهاز إلى مفتاح قوي وغير متماثل بين أنماط الدليل الموجي المختلفة. وسوف يمكن هذا العمل من استكشاف فيزياء النقاط الاستثنائية في التحكم في النظم ومخططات تحوّل - في مفترق الطرق - بين البحوث الأساسية، والتطبيقات العملية.

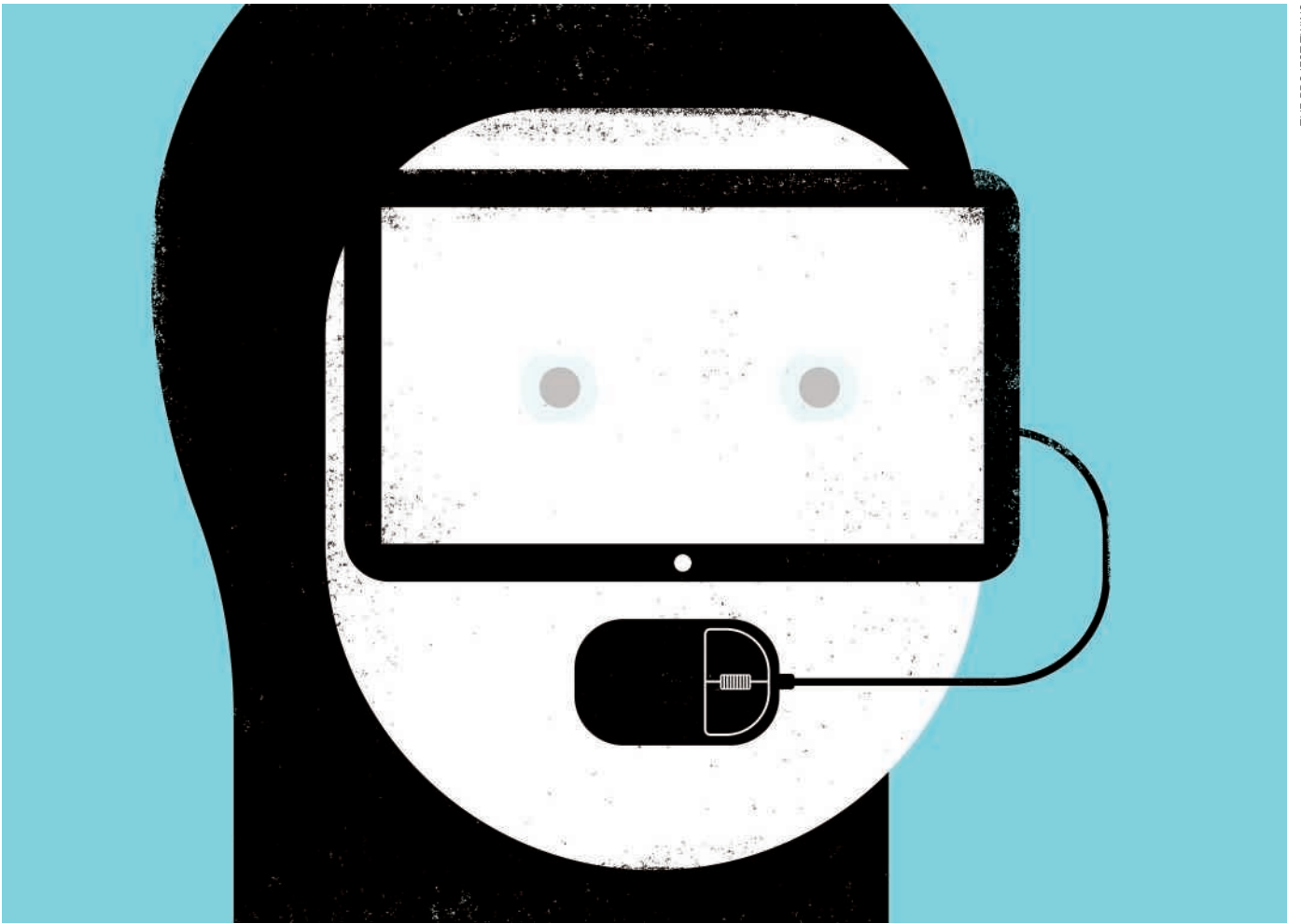
J Doppler et al

doi: 10.1038/nature18605



# الحواسب تراقب الشعاب المرجانية

أدوات تحليل الصور الملتقطة تحت المياه للشعاب المرجانية في مختلف أنحاء العالم تُحدِث طفرة في علوم البيئة البحرية.



THE PROJECT TWINS

### جيف توليفسون

ثمة قمر مدبية زرقاء اللون، تبرز في أحد جوانب الصورة، بينما تظهر رقعة من الأشكال الكثيفة ذات اللون الأرجواني المائل إلى الوردي في مكان آخر بها. وبالنسبة إلى العين غير المدربة، يبدو كل جانب منهما مميّزًا عن الآخر، وأنها لشعاب مرجانية. يشير مانويل جونزاليس-ريفيرو إلى مجموعة ثالثة بالصورة، وهي تلك الأشكال المستديرة المنتفخة، التي تبدو كما لو كانت شعابًا مرجانية، بيد أن سطحها الرمادي الأملس يتعارض مع هذا الاستنتاج، ويقول: "إن النسيج واللون يشيران إلى أننا

على الأرجح - لا ننظر إلى إحدى الشعاب المرجانية، لكننا ننظر إلى طحالب مرجانية قشرية".

إنها صورة بانورامية عالية الدقة، التُقطت في إطار جهود مبادرة "إكس إل كاتلين سي فيو سيرفاي" XL Catlin Survey، وهي مبادرة علمية بدأت في فهرسة الشعاب المرجانية على مستوى العالم في عام 2012. ولقَّههم كيف تستجيب الشعاب المرجانية للعوامل البيئية المختلفة، مثل الصيد الجائر، والتلوث، والاحترار العالمي، وتحمُّض المحيطات، قام فريق مبادرة كاتلين - ومن بينهم العالم البيئي جونزاليس-ريفيرو- بتوثيق مدى وفرة الشعاب المرجانية، وحالتها الصحية، بالإضافة إلى يئنتها، وتنوعها الحيوي، من خلال ملايين اللقطات المأخوذة تحت المياه. إن الأمر سيتطلب عقودًا لفحص كل تلك الصور يدويًا، حتى وإن كانت عين جونزاليس-ريفيرو الخبيرة هي التي تتولى هذه العملية، بيد أن فريق كاتلين يستخدم خوارزمية شبكات عصبية، وهي إحدى أنظمة التعلم المتعمق، التي يتعلم فيها الحاسب كيفية تصنيف ما يراه في صور الشعاب المرجانية. تولَّى قيادة هذا المشروع عالم الحاسب أوسكار بيدجوبوم - من جامعة كاليفورنيا بيركلي - ويمكن للبرنامج أن يُجْري فحصًا سريعًا لألبوم الصور العملاق الخاص

بمبادرة كاتلين - الذي يضم حاليًا حوالي مليون صورة - في غضون عدة شهور فقط.

وهذا البرنامج ليس إلا مثالًا واحدًا على كيفية قيام الباحثين في مجال الشعاب المرجانية باستخدام التقدم في علوم الحاسب والبرمجيات؛ من أجل تسريع عمليات رسم خرائط الشعاب المرجانية تحت الماء في جميع أنحاء العالم. وجنبا إلى جنب مع استخدام التصوير عالي الدقة، وأجهزة الاستشعار التي تجمع البيانات البيولوجية القياسية حول الشعاب المرجانية، يمكن لهذه الأدوات أن تطلق العنان لعصر تتم فيه عمليات جمع البيانات والرصد بشكل شبه آلي، مما يعطي حرية أكبر لعلماء البيئة لقضاء وقت أقل في معالجة البيانات، وتخصيص وقت أكبر لإجراء الأبحاث.

يقول مارك إيكين، وهو مدير برنامج مراقبة الشعاب المرجانية لدى الإدارة الأمريكية الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي "NOAA" في كوليدج بارك في ميريلاند: "إنها خطوة هائلة إلى الأمام، فحين لا تكون مقيّدًا بسرعة البشر في فحص ومعالجة الصور يدويًا، عندها تصبح حصيلة المعلومات أكبر بكثير".

## محيط من البيانات

جاء دخول علماء الشعاب المرجانية إلى عالم البيانات العملاقة في الوقت المناسب تمامًا، فعلماء البيئة البحرية - الذين طالما حدّت أحجام زعانف الغوص وسعة خزانات الأكسجين من جهودهم - يسارعون من أجل توسعة نطاق عمليات المسح؛ بهدف توثيق وفهم الآثار طويلة المدى لارتفاع درجة حرارة مياه المحيطات وتحمّضها. وقد زادت مخاوفهم بشدة بعد حادث ابيضاض الشعاب المرجانية حول العالم، الذي صاحب ظاهرة احتراق "إلنينيو" 2015 - 2016 في المحيط الهادئ الاستوائي.

ويتمثل هدف جونزاليس-ريفيرو في تغطية أكبر قدر ممكن من المناطق؛ من أجل فهم استجابة مختلف الجيود والشعاب المرجانية لتلك الضغوط. ويشير جونزاليس-ريفيرو إلى أن أجهزة الحاسب لن تحل محل العين البشرية أبدًا، كما أنها لن تلغي الحاجة إلى إجراء تحقيقات تفصيلية تحت المياه، بالإضافة إلى الأبحاث المعملية، ولكن بإمكانها تسريع عمليات المسح الميدانية. ويضيف: "ما تحاول فعله هنا هو التوصل إلى حل وسط، حيث نحصل على قدر كافٍ من المعلومات؛ من أجل فهم الشعاب المرجانية، لكن بوتيرة أسرع، وبطريقة أقل تكلفة بكثير". ووفقًا لنتائج بيدجوبوم، التي لم تُنشر بعد، فإننا لن نضطر إلى التنازل عن جودة النتائج، حيث إن نظام التعلم المتعمق يتفق مع عين الإنسان في تحديد السمات الموجودة في صور الشعاب المرجانية بنسبة 81%، وهي نسبة مثيرة للإعجاب بالنظر إلى أنّ من المرجح ألا يتفق اثنان من الخبراء على شيء واحد، سوى بنسبة 84%.

يخطط بيدجوبوم إلى إطلاق الخوارزمية في غضون بضعة أشهر، بحيث تكون متاحة لأي شخص يقوم بإرسال صور على موقعه CoralNet، الذي يستخدم بالفعل أنظمة بمساعدة الحاسب؛ للمساعدة في التحليل الآلي للصور. وستكون هذه الخدمة مجانية، بفضل تمويل الإدارة الأمريكية الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي. وقد قام حوالي 420 مستخدمًا من مختلف المؤسسات - بما في ذلك الإدارة الوطنية نفسها - بالفعل بتحميل حوالي 269 ألف صورة إلى الموقع. ويشير بيدجوبوم إلى أن أفضل النتائج تأتي من استخدام برنامج شبه آلي، يُجري فيه الحاسب عمليات تحليل بسيطة، ثم ينهّ الخبراء إلى الحالات التي لا يكون فيها وثائقًا من النتيجة.

يقول جونزاليس-ريفيرو إن العلوم البحرية بدأت تواكب علوم الأرض في جوانب عديدة، حيث تعمل منذ عقود على تطوير أدوات لجمع كميات هائلة من البيانات من الأقمار

الصناعية والطائرات؛ ومعالجتها، ولكن لا يمكن تحويل تلك البرامج والأجهزة مباشرةً لخدمة البحث في تحليل البحار؛ حيث إن المحيطات تبتلع الضوء، ومن ثم يكون من الصعب دراسة أي شيء فيها سوى الشعاب المرجانية الضحلة من أعلى.

وقد دفع ذلك الباحثين في مجال الشعاب المرجانية إلى تعديل تلك الأدوات، بحيث تناسب أغراضهم. فعلى سبيل المثال، قام عالمًا الفيزياء الحيوية ديفيد كريمير، وأتسوكو كانازاوا - من جامعة ولاية متشيجان في إيست لانسينج - بتعديل جهاز استشعار محمول، كان مصممًا - في الأساس - لاستخدامه في البحوث الزراعية.

وعند استخدام جهاز الاستشعار على الأرض، فإنه يقيس معلومات محدّدة، مثل الظاهرة الفلورية في النباتات، والمحتوى الكربوني في التربة، ودرجة الحرارة والرطوبة في الجو. وثمة حوالي 300 جهاز استشعار مستخدم في 18 دولة حول العالم، وفي كل مرة يقوم باحث أو مسؤول حكومي بقراءة جهاز الاستشعار، تُحمّل تلك البيانات إلى جهاز خادم مركزي؛ من أجل تحليلها.

أما الجهاز المُعدّل، الذي أطلق عليه "كورالسبيكو" CoralaspeQ، فيُطلق أنواعًا مختلفة من الضوء على الشعاب المرجانية، ثم يسجل الإشارة الطيفية العائدة عند 256 طولًا موجيًا، بداية من الأشعة فوق البنفسجية، وصولًا إلى الأشعة تحت الحمراء. ويمكن استخدام تلك البيانات لقياس أنشطة

التمثيل الضوئي للشعاب المرجانية، عن طريق قياس - على سبيل المثال - الظاهرة الفلورية للكوروفيل في الطحالب التكافلية، التي توفر لمضيفها من الشعاب

المرجانية الأكسجين والمواد المغذية. يقول كريمير إن معرفة مقدار أنشطة التمثيل الضوئي التي تحدث، وأين تحدث، من شأنها أن تساعد الباحثين في التعرف على الأنظمة التي تتعرض للضغوط.

وتستخدم تلك الأجهزة مَجَسَّات متاحة في الأسواق، يتم بناؤها بمساعدة الطابعات ثلاثية الأبعاد. وبأمل كريمير وكانازاوا أن يقللًا تكلفة الإصدار الذي يُستخدم تحت الماء من هذا الجهاز - التي تبلغ حاليًا 500 دولار أمريكي - وجعل هذا الإصدار متاحًا لأكثر عدد ممكن من العلماء. يقول كريمير: "إننا بحاجة إلى جيش من الأشخاص؛ لیسجلوا قياسات عالية الجودة".

## الرؤية بمساعدة الحاسب

طوّر عالم الأحياء البحرية الدقيقة أرجون تشينيو نظامًا للتصوير تحت الماء؛ وذلك لجمع بيانات أكثر تفصيلًا عبر طيف إشعاعي أكبر. وبالتالي، يقوم علماء بيئة الشعاب المرجانية بوضع تعليقاتهم على الصور، وبعد ذلك يتم بث المعلومات إلى خوارزمية شبكة عصبية قائمة على أحد برامج التعلم الآلي مفتوحة المصدر، وهي مشابهة للخوارزمية التي طوّرها بيدجوبوم. يقول تشينيو - الذي يعمل في معهد ماكس بلانك لعلم الأحياء البحرية الدقيقة في بريمن بألمانيا - إن نطاق الطيف شديد الاتساع الذي يغطيه الجهاز يعنى أن بإمكانه التقاط معلومات أكثر بكثير من العين البشرية. وهذا يجعل من الأسهل التمييز بين الشعاب المرجانية التي تبدو متشابهة في الصور العادية، ويضيف تشينيو: "على سبيل المثال، نحسم الجدول القائم حول أنواع الشعاب المرجانية التي لم يتم التعرف عليها، وتصنفها ضمن الأنواع التصنيفية المناسبة التي تنتمي إليها، ونشمل كذلك في توقعاتنا الإسفنجيات، والطحالب كبيرة الحجم، والحشائش البحرية". وقد قام آخرون بتعديل البرامج المتاحة في الأسواق، التي

تُستخدم بالفعل في رسم خرائط المناطق الطبيعية، وتحليل الانهيارات الأرضية، عن طريق دخال الصور ثنائية الأبعاد في النماذج ثلاثية الأبعاد. ويستخدم جون بيرنز - طالب الدكتوراة بمعهد الأحياء البحرية، التابع لجامعة هاواي في مانوا - برنامجًا يُطلق عليه "أجيسوفت فوتوسكان" Agisoft PhotoScan، تصل تكلفته إلى 549 دولارًا أمريكيًا؛ للحصول على رخصة الإصدار الاحترافي؛ لاستخدامه في أغراض تعليمية. يقول بيرنز إن ثمة نسخة مجانية من البرنامج متاحة، ولكنها أقل تطورًا. يمكن تحليل تلك النماذج - التي يمكن أن تصل دقتها إلى مليمت واحد عند استخدامها مع كاميرا جيدة - من قِبَل أشخاص أو حواسِب؛ من أجل التعرف على أنواع المرجان، وتحديد المساحة التي يغطيها الحيد المرجاني. ونظرًا إلى أنها نماذج ثلاثية الأبعاد، فيمكن استخدامها أيضًا في تتبع التغيرات البنوية، مثل ابيضاض الشعاب المرجانية، وتحللها، بسبب ارتفاع درجة حرارة المحيطات. وبذلك.. صار لدينا نوع جديد من المعلومات البيئية.

ومن وجهة نظر بيرنز، يكمن جمال هذا الأسلوب في بساطته، حيث يمكن جمع البيانات بسرعة، وبأقل قدر من التدريب. ويقول: "هذا الأسلوب يتيح لك التقاط مئات الآلاف من الصور بكاميرا أحادية العدسة، ثم تجميعها بعد ذلك، وكأنك تقوم بحياتها كلها معًا".

## مخزون من البيانات القياسية

تقول إيميلي دارلينج - عالمة البيئة البحرية لدى جمعية حماية الحياة البرية في مدينة نيويورك - إن التكنولوجيا ليست هي الحل الوحيد لهذه المشكلة، فنظرًا إلى أن هناك جهودًا بحثية منفصلة للقيام بجمع كميات متزايدة من البيانات عن الشعاب المرجانية أكثر من أي وقت مضى، فمن الضروري القيام بجمع مجموعات قياسية من البيانات، وتخزينها في مستودع يمكن للمجتمع بأسره الوصول إليه.

وفي محاولة لجمع بيانات نظامية حول حدث ابيضاض العالمي، الذي وقع مؤخرًا، ابتكرت دارلينج وزملاؤها تقنية بسيطة للغاية، تتمثل في جدول بيانات على برنامج "إكسيل"، يمكن للعلماء في جميع أنحاء العالم استخدامه لتسجيل بيانات مختلفة عن حالة الشعاب المرجانية. وتبدي قيمة وأهمية هذه التقنية في أنه بمجرد خروج العلماء من المياه، يمكنهم الحصول على البيانات وتحليلها على الفور. ولدى دارلينج الآن نتائج متسقة من أكثر من 61 ألف مستعمرة شعاب مرجانية في 13 دولة حول العالم. وقد أظهرت النتائج أن نسبة 58% منها تعرضت للابيضاض.

وأخيرًا، تقول دارلينج إن ما يحتاجه علماء بيئة الشعاب المرجانية هو الاتفاق على ما يمكن اعتباره مخزنًا مركزيًا يحوي المجموعة الكاملة من المعلومات التي يجمعونها من مختلف أنحاء العالم. وتضيف: "إننا بحاجة إلى أماكن، تكون فيها البيانات متاحة، ويسهل الوصول إليها، وتوضّح فيها البيانات موضوعات كاملة، بحيث يمكن للجميع الاطلاع عليها، ومعرفة ما إذا كانت مجهودات حماية الشعاب المرجانية توتّي ثمارها، أم لا. إننا بحاجة إلى أن تتمكن من الإجابة على هذه الأسئلة بوتيرة أسرع كثيرًا". ■

## تصحيح

في موضوع "مَرَوِّجُو الأوراق البحثية" - المنشور بقسم (صندوق الأدوات) في عدد سبتمبر الماضي (Nature 536, 113-114; 2016). كان يتعين توضيح أن موقع Altmetric.com يقوم بجمع البيانات من كل من الاتجاهات السائدة، ووسائل التواصل الاجتماعي.



# مهن علمية

علم الطيران تلميذة عاشقة لعلوم الفضاء تكبر لتتقد مركبة فضائية ص. 63

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: arabicedition.nature.com/events

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: arabicedition.nature.com/jobs

لم تكن هذه مجرد تأملات عارضة، فمجموعة الفرضيات التي وضعتها سايمز تمثل جزءاً لا يتجزأ من بحثها. يساعدها هذا النهج في الوصول إلى الإجابات، وتجذب التركيز على فكرة واحدة فقط؛ وهو اتجاه شائع في مجال العلوم، يمكن أن يؤدي إلى المشكلات. ويتضمن التاريخ أمثلة عديدة لعلماء تغافلوا عن أدلة مهمة، بسبب تشبُّههم تشبُّهًا شديدًا للغاية بفرضيةٍ مالوا إليها. ومن بين الوسائل المستخدمة لتجنب هذا المصير النظر في كثير من الفرضيات المحتملة في وقت واحد.

يقول أنصار منهج فرضيات العمل المتعددة إنه يمنع العلماء من تكوين «رؤية تَفَقِيَّة» tunnel vision، ويمكنهم من تقبُّل احتمال أن تكون فرضيات عديدة صحيحة في الوقت نفسه. وتتطلب ممارسة هذا النهج نوعًا من الانضباط، فعلى الباحثين القيام بعصف ذهني؛ للوصول إلى تفسيرات محتملة لإحدى الظواهر العلمية، قبل جمع البيانات، أو تحليلها، وعليهم أيضًا استخدام أساليب معينة، مثل خلط ترتيب العينات، وجعل البيانات غامضة؛ للمساعدة في مواجهة المحاباة. كما يتطلب هذا النهج أن يبقى العلماء متفتحي الذهن أثناء عملية البحث برمتها، وأن يقوموا باستمرار بتنقيح فرضياتهم.

## تاريخ طويل

تم الإعلان عن منهج فرضيات العمل المتعددة بشكل رسمي في عام 1890 بواسطة عالم الجيولوجيا توماس كراودر تشامبرلين، الذي كان يشغل في تلك الفترة منصب رئيس جامعة ويسكونسن ماديسون. وبناءً على أفكار عالم الجيولوجيا جروف كارل جيلبرت، حُدِّر تشامبرلين من أنه عندما يبتكر العلماء فكرة جديدة، فغالبًا ما تولد لديهم عواطف تجاهها؛ مما قد يؤثر على قدرتهم على العمل بموضوعية. ورأى تشامبرلين أن الحل يتمثل في استحداث مجموعة من الفرضيات، ودراستها. فمن خلال وضع بدائل - كما يقترح - لن يميل العلماء إلى تأييد فكرة واحدة بعينها.

ورغم أن الفكرة لاقت بعض الانتقادات، التي ركزت بشكل رئيس على استحالة إدراك جميع الاحتمالات، ناهيك عن اختبارها، فإن كثيرًا من العلماء يقولون إنها ترتبط ارتباطًا وثيقًا بعصرنا الحاضر. فالضغوط التي يتعرض لها الباحثون للنشر في الدوريات رفيعة المستوى، والفوز بالمنح، وبناء سمعة طيبة.. كل ذلك يمكن أن يشجعهم - بشكل واع، أو غير واع - على السعي للحصول على دعم للأفكار المفضلة لديهم. وقد وجدت دراسة أرسلت إلى خادم نشر ما قبل الطباعة، المعروف باسم arXiv<sup>2</sup>، في شهر يونيو الماضي أنه عندما طرح البرمجون أنواع الحوافز تلك في نموذج، خضعت المجموعات البحثية التي تمت محاكاتها لضغوط مطالبته بإظهار الدعم للأفكار الجديدة بشكل معيب في كثير من الأحيان.

من جانبه، يعتقد عالم البيئة باري بروك - من جامعة تسمانيا بأستراليا - أن إعادة إحياء أفكار تشامبرلين يمكن أن تكون أمرًا مفيدًا. ففي عام 2007، قام بروك بالمشاركة في تأليف ورقة بحثية عن ميزات استخدام منهج فرضيات العمل المتعددة لعلوم القرن ◀



علم البيئة هو أحد المجالات التي تسعى إلى تطبيق منهج بحثي يقوم على فرضيات العمل المتعددة.

البروتوكولات البحثية

## غاية من الفرضيات

إنَّ إعجاب باحث بنظرية معينة قد يغلق طُرُقًا مثمرة للبحث؛ ولذا نقدم هنا سبلًا تمكِّنك من إبقاء عقلك متفتحًا.

### جوليا روزين

- التي تدرس الإدراك الحسي وصُنْع القرار في كلية دارتموث في هانوفر بنيو هامبشير - رغبة في فهم كيفية عبور إناث حشرة الجندب على شريك للتزاوج. اعتقدت سايمز في البداية أن تلك المخلوقات لا بد أنها تمتلك حاسة سمع حساسة للغاية؛ بيد أنها حاولت التوفيق بين أفكار أخرى في الوقت نفسه، وربما تلقت تلك الحشرات دائمًا على نوع معين من النباتات المضيفة، أو لها آليات عصبية تقوم بإلغاء الضوء الموجودة في الخلفية؛ أو لعلاها تستخدم حيلة أخرى مختلفة تمامًا.

الصخب الذي يملأ إحدى الغابات المطيرة في بنما يصمِّر الأذان؛ فالحشرات لا تتوقف عن الصباح، والطيور تصدح بالغناء، والخفافيش تصرخ طوال الليل وسط أجوائه الرطبة؛ بينما تُطلق ذكور حشرة الجندب *Tettigoniidae* نداءات للتزاوج غير منتظمة وقصيرة - أقل من الثانية - لتفادي جذب الحيوانات المفترسة. في وقتٍ ما، راودت باحثة ما بعد الدكتوراة لوريل سايمز

◀ الواحد والعشرين<sup>3</sup>. وهو يرى أنه في حالات عديدة يثمر المنهج عن نتائج ثابتة، أكثر من اختبار الفرضيات الصّغرية، وهو الأمر الذي يكشف فقط عما إذا كان لعامل محدد تأثير ملحوظ، أم لا. وعلى النقيض من ذلك؛ قد يساعد تعدّد الفرضيات العلماء في فهم ما إذا كان ذلك التأثير مهمًا، أم لا، واحتمال أن تكون هناك عدة عوامل تشترك في تسبّبها.

وعلى سبيل المثال، أراد بروك أن يعرف لماذا كانت الثدييات صغيرة الحجم - من قبيل البندكوت بّي اللون (*Isoodon macrourus*) - تختفي من منزته كاكادو الوطني في شمال أستراليا. وكان علماء كثيرون قد أشاروا من قبل إلى الحيوانات المفترسة التي تم جلبها، مثل القطط، وقد بدا ذلك تفسيرًا مقبولًا. وعندما أخذ بروك في الاعتبار فرضيات أخرى، ونظر في البيانات السكانية التاريخية؛ وجد أن دور القطط في هذه المسألة لا يكاد يُذكر، وأن حرائق الغابات الشديدة كانت هي المسؤول الأكبر عن الأمر<sup>4</sup>. يقول: "ستندهش من قلة الدعم الذي تلقاه غالبية الفرضيات التي أتقنت صياغتها".

قد يبدو من الأسهل التفكير في تفسير واحد محتمل فحسب، إلا أن تجاهل النماذج الأخرى يمكن أن يمثل خطورة. يقول بروك: "الأمر ليس فقط في عدم النزاهة، بل سيفقدك أيضًا إلى مسارات استدلالية سيئة".

### مقاومة الإغراءات

إن وُضِعَ منهج تعدّد الفرضيات موضع التنفيذ قد يكون بمثابة تحدٍّ صعب، إذ ينبغي على الباحثين مقاومة حماسهم الطبيعي تجاه أي فكرة مغرية. وتمثل الخطوة الأولى في تخصيص وقت لصياغة فرضيات أخرى، قبل أن يجذب المرء إلى واحدة بعينها. وإن لم يحدث ذلك، فإن تفضيل فرضية معينة قد يؤدي إلى انحراف عملية جمع البيانات، أو تحليلها عند انطلاق المرء نحو ميدان العمل، أو عند بدئه تجربة ما، أو حين يغوص في أعماق إحدى مجموعات البيانات. تقول كاتلين نيكول، عالمة الجغرافيا بجامعة يوتا في مدينة سولت ليك: "إذا كانت لديك فرضية معينة، أو كنت تبحث عن نمط ما، فإنك - في بعض الأحيان - قد لا تلاحظ النمط الحقيقي الموجود فعلاً".

عند وُضِعَ مجموعة من الفرضيات، قد يكون من المفيد التحلّي بالصبر، واستشارة الزملاء في المختبر، وإدراج فرضية قد تبدو غريبة وغير معقولة. كان ويليام موريس ديفيز - عالم الجيولوجيا المتقاعد من جامعة هارفارد في كمبرج بولاية ماساتشوستس - هو أول من ناصر هذه الفكرة في عام 1926، كوسيلة للفكك من التفكير التقليدي. وتندرج منجزات علمية بارزة كثيرة تحت هذا النهج، بما فيها الزعم الذي خرج به ألفريد فيجنر في عام 1912، والذي كان بمثابة أمر مشين في ذلك الوقت؛ حيث أعلن أن القارات تتزحزح عبر سطح الأرض<sup>5</sup> (وهو ما يحدث بالفعل). وكذلك المقترح الذي اعتُبر نوعًا من الهرطقة، والذي طرحه عالم الجيولوجيا جيه. هارلين بريتز في عام 1920، والذي بيّن من خلاله أن فيضًا مدمرًا هو ما أنتج المناظر الطبيعية الحافلة بالقنوات في واشنطن (في الواقع، اجتاحت تلك المنطقة فيضانات عنيفة كثيرة).

من جانبها، ترى سايمز أن استخدام منهج تعدّد الفرضيات يأتي بأفضل النتائج، إذا أتى الباحثون بأفكار تعتمد على إجراءات مختلفة، وطرحوا تنبؤات واضحة. وتوضّح في بحثها أن تفضيل حشرات الجندب لنبات مضيف بعينه ربما يؤدي إلى أن تحمل تلك المخلوقات الطعام نفسه في أحشائها، في حين أن استخدام

الصوت قد يدلّ على أن الإناث منها في بنما لديها آذان أكثر حساسية عن الأنواع الأخرى التي تعيش في غابات تخلو من الخفافيش المفترسة. وبتحديد النتائج المحتملة، يمكن لسايمز تصميم تجاربها بطرق تساعد على تمييز تلك الأفكار. وتقول: "إذا كانت الفرضيات تتعارض مع بعضها، أو كانت كل منها تختلف في آلية عملها عن بقية الفرضيات؛ فإنك حينئذ سوف تتعلم شيئًا جديدًا".

ويؤخّذ نهج فرضيات العمل المتعددة في الاعتبار أثناء معالجة البيانات وتحليلها أيضًا، حين يتوجب على العلماء اتخاذ خطوات أخرى لحماية الموضوعية (انظر: «لا تأخذ بالأفضلية»).

ومن جانبها، ترى ليديا تاكيت - التي تدرس الحفريات البحرية بجامعة ولاية نورث داكوتا في فارجو - أن الحل بسيط، ويشبه تحليل العينات بدون ترتيب. فالعمل عبر تسلسل جيولوجي - وفقًا لترتيب زمني - قادها إلى التعرف مبكرًا على اتجاهات معينة، وتوقّع ما سوف تجده في الطبقات التالية. تقول تاكيت: "أقوم حاليًا بجمع العينات الكلية التي أحتاج إليها، وأرّبها بشكل عشوائي". وهي تقوم بوضع أكواد للعينات، حتى لا تعرف بالضبط من أي طبقة من الطبقات أخذت كل عينة.

ويعتمد باحثون آخرون على أدوات إحصائية.. فبدلًا من استخدام القيم الاحتمالية (*P values*) لرفض النماذج الفردية واحدًا تلو الآخر، يعتنق تريفور برانش - عالم المزارع السمكية بجامعة واشنطن في سياتل - أسلوبًا لاختيار النماذج، يُسمى «مقياس أكايكي للمعلومات» AIC. يحدد هذا المنهج الإحصائي أيّ

### «إذا تعارضت الفرضيات مع بعضها؛ فحينئذ سوف تتعلم شيئًا جديدًا».

## أفكار نافعة

### لا تأخذ بالأفضلية

لتطبيق منهج فرضيات العمل المتعددة، جرّب اتباع النقاط الإرشادية التالية:

- ضع قائمة بالفرضيات المحتملة، قبل جمع بيانات جديدة، أو النظر فيها.
- تحدّث إلى زملائك، وحاول أن تطعن في افتراضاتك، عن طريق وضع فرضية غير معقولة واحدة على الأقل.
- للوصول إلى أعلى كفاءة في التعلم، قم بصياغة فرضيات تكون متميزة عن بعضها البعض قدر الإمكان.
- استخدم أساليب تحليلية تمنعك من الإتيان بأفكار أولية عمّا تخبرك به بياناتك. قد يتضمن ذلك تحليل عينات، بدون ترتيب، أو إلقاء الغموض على بياناتك، أو استخدام اختبارات إحصائية مختلفة.
- قبل النظر في بياناتك، حاول أن تصوغ جميع النتائج المحتملة، وكيف ستختبر كل نتيجة منها على حدة، وتمييزها عن البقية.
- ضغّ في ذهنك أن عدم التوصل إلى نتيجة لا يعدّ نوعًا من الفشل، بل يُعتبر معلومة إضافية. جيه. آر.

مجموعة من النماذج تقدم أفضل شرح للبيانات التي تم جمعها بشأن نظام معقد في الغالب، ويقول برانش إنها طريقة حساسية لتنفيذ منهج فرضيات العمل المتعددة، الخاص بتشامبرلين.

يستخدم بروك «مقياس أكايكي للمعلومات»، إضافة إلى «مقياس بيز للمعلومات» المشابه له، الذي يفيد في التمييز بين بعض النماذج البسيطة. وحين تبدو نماذج عديدة صحيحة، عندها تساعد تلك الأساليب في تقدير أهميتها النسبية، بحيث يمكن استكشاف آثارها المجمعّة من خلال ما يُسمى بـ«الاستدلال متعدد النماذج». ويتضمن ذلك دمج العديد من النماذج المختلفة، والنظر فيها جنبًا إلى جنب؛ لتفسير أكبر قدر ممكن من الأمور.

وغالبًا ما يتخذ علماء الفيزياء وعلماء الفلك تدابير مشددة؛ لمنع تحيّر الباحثين في التحليل أيضًا، فيعتمد صول بيرلموتر - عالم الفيزياء الفلكية بجامعة كاليفورنيا في بيركلي - على البرمجيات، أو على الزملاء؛ لإخفاء الإشارات والدلائل الموجودة في البيانات - التي ربما تكشف عن بعض الأمور - قبل أن يراها. ويُعرف هذا الأسلوب باسم التحليل الأعمى. وقد يتضمن ذلك إضافة أرقام وُضعت عشوائيًا إلى قيم البيانات، أو تغيير تلك القيم بمقادير عشوائية، أو إخفاء المحاور في رسم بياني. إن الهدف من ذلك كله هو التأكد من ألا يرى الباحثون أي شيء يمكنه توجيه أذهانهم نحو تفسير بعينه، كاتجاه أولي مثلاً، أو تلميح لاكتشاف معين.

وقبل إلغاء تعمية البيانات، يجب على العلماء في فريق بيرلموتر توزيع مذكرة، يشرحون فيها فرضياتهم، وكيف يخططون لاختبار تلك الفرضيات، والتمييز بينها. يقول بيرلموتر: "يُمكن الجميع أن يقرروا في وقت مبكر ما إذا كان الأمر يبدو عادلاً، أم لا، بمعنى أنهم لم يتعاملوا مع أي من البدائل بشكل مختلف عن غيرها". وفي العام الماضي، أعلن بيرلموتر، وعالم النفس روبرت ماكون - من جامعة ستانفورد في كاليفورنيا - في مقال نُشر بـقسم التعليقات بدورية *Nature* أن هذا النهج يمكنه الحدّ من تحيّر الباحثين في مجالات كثيرة.

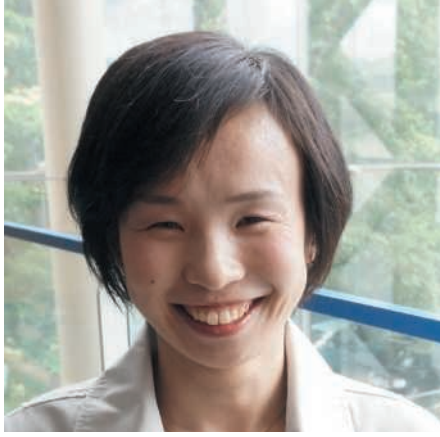
بالطبع، هناك أوضاع لا يكون فيها تعدد الفرضيات مفيدًا، أو حتى ممكّنًا، فإذا صادف الباحثون اكتشافًا غامضًا، قد يبذلون جهودًا مضنية؛ للوصول إلى تفسير واحد مقبول. وحتى إذا كان بإمكان هؤلاء الباحثين الجمع ما بين بعض الفرضيات، فإنه لا يوجد ضمان بأن الفرضية الصحيحة واحدة من بين تلك الفرضيات، وذلك هو السبب في أن الفرضيات ينبغي أن تظل "تعمل"، حتى يمكن تنقيحها في ضوء المعلومات الجديدة.

وتطرح بعض الأوضاع الأخرى تحدّيًا معاكسًا لذلك، ألا وهو وجود عدد كبير جدًّا من الفرضيات. وتبحث فريا بليكمان - عالمة الفيزياء التجريبية بجامعة بروكسل الحرة (الناطقة بالهولندية) - عن جسيمات أولية في منشآت معينة، مثل مصادم الهدرونات الكبير في المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات سيرن CERN، الواقع بالقرب من جنيف السويسرية. وفي مجال تخصصها، طرح العلماء النظريون بالفعل عددًا لا يُحصى من الاحتمالات، بينما تلتخص مهمتها في اكتشاف أيّ من تلك الاحتمالات مدعّم بالأدلة والبراهين.

ولأن هذه النماذج غالبًا ما تكون متعارضة مع بعضها البعض، فعادةً ما تقيّمها بليكمان واحدًا تلو الآخر باستخدام القيم الاحتمالية، وإن كانت تمسك بمستوى عالٍ جدًّا من الدلالة الإحصائية. ففي مجالات معينة، مثل علم النفس، والطب، هناك توجّه متزايد نحو التحلّي عن هذا الأسلوب، إذ يمكن أن يغري الباحثين



# نقطة تحوّل ملاحة الكوكب



بما يشبه المسافة بين الأرض والقمر، و400 كيلومتر في أقرب نقطة). وفي أبعد نقطة كان يمكن للمركبة الفضائية أن تستغرق أكثر من 10 ساعات لتخرج من ظل الكوكب، في حين لا تستطيع بطاريات أكاتسوكي التي تشحن بالطاقة الشمسية، أن تدوم لساعتين كاملتين. فكان علينا أن نعدّل مدار المركبة عدة مرات على مدى الخمسة الأعوام، وأن نقوم بمناورات حتى لا نستهلك عمر البطاريات.

## كم كانت ثققتك في نجاح هذه المهمة؟

كنتُ ما زلت لا أعلم ما إذا كانت محركات أكاتسوكي عملت حقاً أم لا. كانت خططنا الأساسية أن نستخدم المحركات الأربعة على أحد الجانبين، وكنا مستعدين في حال فشلها لتدوير المركبة الفضائية 180 درجة لاستخدام المحركات الأربعة على الجانب الآخر. كنا نراقب سرعة المركبة الفضائية بدقة، ورأينا أن التغيير كان مطابقاً لتوقعاتنا، حتى عرفنا أن أكاتسوكي دخل المدار حول الزهرة بالفعل.

## كيف احتفلتم بهذا الإنجاز؟

في 2010، كنا قد أعددنا للاحتفال، لكننا فشلنا. أما في 2015، فقد جلبت زجاجة من الشمبانيا، لكنني لم أخبر أياً من زملائي، حتى لحظة نجاح العملية. عندها فتحنا الزجاجة وشريناها معا.

## هل مازلت تعملين على أي شيء له علاقة

### بأكاتسوكي؟

نعم، ما زلتُ مسؤولة عن التحكم في توجيه أكاتسوكي حول الزهرة، وهو يغير اتجاهه كل ساعة تقريباً، عندما تكون المركبة في أقرب نقطة من الكوكب. كما أنني مسؤولة عن ضمان أن تكون المركبة الفضائية موجهة بشكل صحيح بما يسمح بإرسال البيانات التي تتحصل عليها إلى الأرض. وتتوقع أن يعيش أكاتسوكي خمسة أعوام أخرى قبل أن يتحطم على سطح الزهرة. ■

## أجرت المقابلة سميرتي مالاباتي

تم تحرير هذه المقابلة بغرض الاختصار والتوضيح.

تعمل شيكاكو هيروس مهندسة فضاء في وكالة استكشاف الفضاء اليابانية «جاسا» JAXA، وترأس الفريق الذي تمكن من توجيه مسبار «أكاتسوكي» Akatsuki إلى مداره حول كوكب الزهرة في 7 ديسمبر 2015. كما قادت المهمة الكوكبية اليابانية الوحيدة الناجحة حتى الآن، حيث أصلحت مسار المركبة الفضائية بعد محاولة إدراج فاشلة في 2010.

## ما الذي دفعك لأن تصبحي مهندسة فضاء؟

عندما كنت في التاسعة من عمري، عرفت من معلمي في المدرسة أن البشر ذهبوا إلى القمر؛ فأصبحت فضولية إزاء الفضاء. وفي عمر الخامسة عشرة، أرسلت خطابات إلى العديد من المختبرات في ناسا، طلباً للنصح حول كيفية الانخراط في أنشطة متعلقة بالفضاء. حالفني الحظ، عندما أجابني مهندس متقاعد من مركز جودارد للرحلات الفضائية التابع لناسا، ونصحتني بأن أذاكر بجد مواد الكيمياء والفيزياء والرياضيات. وعندما بلغت التاسعة عشرة، أعلنت وكالة استكشاف الفضاء اليابانية أنها ستختار 20 طالباً لحضور المؤتمر الدولي الخمسين للملاحة الفضائية في أمستردام، فتقدمت. وقادتي هذه الفرصة في النهاية إلى وظيفة رسمية في الوكالة.

## لماذا كنت متواجدة في غرفة التحكم أثناء فشل

**أكاتسوكي في الدخول إلى مدار كوكب الزهرة في 2010؟**  
أردت أن أنخرط في مهمات في الفضاء العميق. فكنت أذهب إلى غرفة مشروع أكاتسوكي كل يوم فقط لأرى ما إذا كان هناك ما يمكنني فعله. وفي الغالب كنت أستمع فقط. انخرقت المركبة بعيداً عن الزهرة في الوقت الذي كان مقرراً لها أن تدخل مداره، لذا لم تتمكن من تلقي إشارات مستمرة. وعندما حل الوقت المتوقع، لم تتلق أي شيء. مرت ثانية ثم اثنتان ثم ثلاث ... وبعد 15 ثانية، كان الناس يهيمسون: "ماذا يحدث لأكاتسوكي؟" ثم عرفنا أن المحرك الرئيسي لم يعمل كما كان مقرراً له، لذا دخلت المركبة الفضائية في الوضع الآمن وأخذت تتداعى. كانت خيبة الأمل باقية على وجوه العلماء.

## كيف انتهى بك المطاف إلى قيادة عملية

### إعادة الإحياء؟

كنت قد قمت بأعمال لتحليل الحطام الفضائي وتقدير مدى اقترابها عن الأقمار الاصطناعية. جعلتني هذه التجربة خبيرة في تحليل المسارات والمدارات. فحددنا، بناءً على الجاذبية بين الشمس والزهرة، أن أكاتسوكي لن يصل إلى الزهرة مجدداً إلا بعد خمس سنوات. فحاولنا الحفاظ على المركبة الفضائية على أفضل نحو ممكن، خاصة وأن عمرها التصميمي عامان ونصف فقط.

## ماذا كان العائق الأكبر الذي واجهته في تصميم

### المسار الجديد لأكاتسوكي؟

كان مدار المركبة الفضائية قد أصبح طويلاً جداً وبيضاوياً (370 ألف كيلومتر في أبعد نقطة عن الزهرة؛

بالبحث عن منهجيات تحليلية تُخرِج لهم نتائج ذات دلالة، إلا أن بليكمان تقول إن مجتمع الفيزياء قد نجح في القضاء على هذه المشكلة بشكل كبير، من خلال التعمية، وخلق ثقافة مؤمنة جداً بتعدد الفرضيات، لدرجة أن عدم الوصول إلى أي شيء يساوي في الأهمية اكتشاف شيء ما. تقول: "في مجالنا تُعدّ النتيجة الصّفرية نتيجة قيمة".

وفي الواقع، لا ينبغي دائماً أن يُمارس منهج تعدد الفرضيات على المستوى الفردي فقط، بل يمكن أن يحدث عبر مجالات بأكملها، فالمجموعات المختلفة يمكنها تطوير فرضيات متنوعة، طالما ظلت متفتحة الذهن، كما أن عملية مراجعة الأقران يمكنها أيضاً أن تساعد في الترويج للأمر. يقول برانش: "أعتقد أنه من مسؤوليتنا كمحررين ومراجعين أن نأتي ببدائل، وأن نطلب من المؤلفين الذين يبتكرون فرضيات جديدة أن يدرجوا أيضاً بدائل عندما يطرحون تلك الفرضيات للمرة الأولى".

وبغض النظر عن كيفية تطبيقهم للمنهج، يقول عدد كبير من الباحثين إنهم مروا على فكرة تعدد الفرضيات صدفةً أثناء دراساتهم العليا، أو بعد ذلك. لم يكن برانش قد سمع بتلك النظرية قبل السنوات القليلة الماضية، إلا أنها أذهلته للغاية؛ لدرجة أنه كتب مقالاً في العام الماضي، يقول فيه إنه يجب على الباحثين ألا يكتفوا بتفسير واحد شامل لكيفية تأثير المزارع السمكية على شبكات الغذاء البحرية، بل ينبغي عليهم النظر في كيفية تطبيق نماذج مختلفة في مناطق متنوعة حول العالم<sup>7</sup>.

ويقول بعض الباحثين إن مشرفهم قد شجعهم على قراءة نصوص فلسفة العلوم الكلاسيكية، مثل كتاب توماس كون «بنية الثورات العلمية»، المطبوع في (مطبعة جامعة شيكاغو، 1962)، أو كانوا يشجعون المناقشات الخاصة بالجانب العملي من المنهج العلمي، التي كانت تدور في اجتماعات المختبرات، بيد أن كثيراً من العلماء قد يمرّون عبر مسارهم المهني كله، بدون أن يتلقوا أي تدريب رسمي لكيفية تطوير الفرضيات.

وهذا الأمر مؤسف للغاية؛ لأنّ تعلّم منهج تعدد الفرضيات وتطبيقه يمكنه تحسين جودة العمل الذي يقوم به العلماء، إلى جانب تمكين العلماء أنفسهم، وذلك حسب قول سايمز، التي تُشرّط في العام الماضي دليلاً إرشادياً عن تدريس عملية إجراء البحوث. تقول: "دائماً ما تؤلّمني رؤية كيف يتلخّص تعريف الطلاب للنجاح أو الفشل في تأييدهم لفرضية معينة. إنّ الفشل هو ألا تقوم بجمع البيانات التي تحتاجها، والنجاح هو أن تكون قادراً على التمييز ما بين الاحتمالات". ■

## جوليا روزين كاتبة حرة، تقيم في بورتلاند، أوريغون.

1. Chamberlin, T. C. *Science* **15**, 92–96 (1890).
2. Smaldino, P. E. & McElreath, R. Preprint at <https://arxiv.org/abs/1605.09511> (2016).
3. Elliott, L. P. & Brook, B. W. *BioScience* **57**, 608–614 (2007).
4. Pardon, L. G., Brook, B. W., Griffiths, A. D. & Braithwaite, R. W. *J. Animal Ecol.* **72**, 106–115 (2003).
5. Wegener, A. *Petermanns Geogr. Mitt.* **58**, 185–185, 253–256, 305–309 (1912).
6. MacCoun, R. & Perlmutter, S. *Nature* **526**, 187–189 (2015).
7. Branch, T. A. *Fisheries* **40**, 373–375 (2015).
8. Symes, L. B., Serrell, N. & Ayres, M. P. *Bull. Ecol. Soc. Am.* **96**, 352–367 (2015).

# جدران نيجيريا

روابط أسرية.

جيري مي سزال

بينما أسير أسفل التل، أحرق في أطلال مدينة لاجوس، عبر القناع الذي أرتديه، كجزء من بزّي المعدنية الثقيلة. المباني تنهار، وتغرق في البحر. سُحب الدخان الكثيفة تتصاعد إلى السماء. كانت المدينة تعج بالعمل والعمالة الماهرة، لكن كل شيء تلاشى في غضون أسابيع.

الهُت بشدة، بينما أوصل السير أسفل التل. يسيل العرق بغزارة من جسدي، القابع خلف بزة رمادية، مصنوعة من برونز المدافع، تغطيني من مفرق رأسي إلى أخصص قديمي، وتزن مئات الكيلوجرامات. نظام التبريد المعطل يجعلني أسبح في بحر من العرق، ولولا وحدات الهيدروليك المنتشرة حول عمودي الفقري، ما استطعتُ

التحكم في هذه البرّة. والآن يجب عليّ أن أبذل مزيداً من الجهد؛ لأتمكن من السيطرة عليها؛ إذ يبدو لي أنها تمتلك عقلاً يسعى لفرض سيطرته، وذلك بإلغاء الأوامر من شاشة العرض، وتجميد العمل لفترات عشوائية، وفصل بياناتي الحسنة.

أقترّب من المدرسة التي كنتُ أدرس فيها قبل هذا الدمار بسنوات. لم يبق سوى عدد قليل من أشجار النخيل المتناثرة، التي يترنح سعتها تحت هول الرياح العاتية. أستعيد ذكري أحد أيام الثلاثاء الخائفة، عندما حاولت مع تينداي التسلل خارج حجرة الدراسة، وسمعتنا للمرة الأولى أننا نجحنا في القبض على أحد أفراد K'Dasewh. وبعد كل هذه السنين، نجحنا أخيراً في القبض على أحد الغرباء القادمين من الفضاء.

ألمح أشلاء جندي بالقرب من المدرسة، ولوحة فنية كبيرة تغطي الجدار، وكلمات غير مكتملة، تتناثر فوق حطام حَجَر بناء أحمر، بلون الأرض المخضبة بالدماء. الطباشير أيضاً يتناثر فوق الأرض. ورغم أن درع الجندي محطم، فلا يزال ينبض بوهج اللائق الحيوية الزرقاء، بينما تمت بزرته داخل لحمه، كأنها جزء من نسيجه. وانفزلت السباتك المعدنية والأسلاك في جلده الداكن، فيما يشبه الأغصان المعروشة. أنفادي بخطواتي قشور جوز الهند الفارغة؛ لأقرأ المكتوب على بزرته، وأعرف تاريخ موته. مات منذ ثلاثة أشهر تقريباً، وكان يرتدي البرّة قبلها بشهرين فقط، كانا كافيّين ليصل إلى هذه الحالة.

أما أنا، فأعيش داخل بزّي منذ عامين.

يمتلئ جلدي بذكريات احتباسه خلف أغلال بزّاتنا المدرّعة، المشبعة بالحض النووي لكائن فضائي. لقد قاموا بفحص هذه الكائنات، وأخذوا من تقنياتها الحيوية خاصّيّتي الشفاء الذاتي، والقوة المعزّزة، ونقلوها إلينا.

نحنت الفكرة إلى حين.

لم تكن تعرف أن تلك

التقنية تحتاج إلى نسيج

حي؛ لتؤدي وظائفها، وتصلح

NATURE.COM  
تابع المستقبلات:  
@NatureFutures  
go.nature.com/mtodm



ILLUSTRATION BY JACEY

أجاني: "أتمنى لو أستطيع المساعدة، لكننا لا نستطيع أن نسمح لأحد منكم - أيها الحاملون للوباء - بالدخول في المجال الحيوي. لا يمكن أن تترك فيروس التقنية الحيوية يتفشى، لا سيما في المستعمرة الجديدة".

أطبق فمي، وأحكم القبض على ذرعي. أقول بحسرة: "بعد كل ما فعلناه؟" أفتح ذراعي. الدرغ يلفني، كالأغلال حول المعصر. أصبح: "لقد قاتلنا من أجل هذه المدينة، وضّحينا في سبيلها بكل ما نملك".

يهزّ القائد رأسه، ويردف: "ولكن انظر إلى ما حدث. لقد أرسلوا أسطولهم كاملاً إلى المدينة؛ ودمروها". لا يهيم ما فعلناه، ولا ما أبدينا من صلابة وشجاعة في القتال. لم يكن ذلك كله كافياً؛ فقبل أن ندمر آخر قطّعمهم البحرية، كان عالمنا قد تحطّم.

أشربُ لأنظُر إلى السماء. في مكان ما في هذا الكون العملاق، تسكن أسرتي. أتوسّل إلى قائدي: "دعني - على الأقل - أتحدث إلى زوجتي للمرة الأخيرة، أو أبعث برسالة". يجيبني: "مستحيل. لا يمكننا أن نخبرك عن مكان المستعمرة. ماذا لو قبضوا عليك وعدّبوك؟ كما أنّ ذرّك سيحفظ الموقع. كل حاملي الوباء الآخرين يعانون مثلك". أريد أن أصرخ. أريد أن أضحك كالمجنون، لكن حلقي مسدود بكتلة خرسانية، وكل كلمة تحاول الخروج كأنها تُخرج أحشائي معها. ربما بدأت البرّة الآن لتتهم حلقي وأحبابي الصوتية. سأفقد عاجلاً قدرتي على النطق. أخاطبه بيأس: "إذن، أهذا كل شيء؟"، فيجيب، دون أن يقدر حتى على النظر إليّ: "أعتذر إليك بشدة. الوداع يا كوهبان".

يقطع القائد الاتصال، ويتركني هنا. الأصفاد تتوغل في جسدي على نحو أعمق.

يضغط الدرغ والكون بثقلهما على كتفي؛ فأترنح باتجاه الجدار، وأنقط بعض الطباشير. ترتجف يداي بشدة، وأنا أخطّ على عَجَل رسالة إلى أصدقائي، وأسرتي، وشعب نيجيريا بأسره. أخطّهما بسرعة، قبل أن يحبس الدرغ جسدي. أخبرهم أنني أشتاق إليهم، وقد أصبحت الآن جزءاً من هذا العالم، وأؤكد لهم أن كائنات K'Dasewh لن تتمكن أبداً من السيطرة على كوكبنا.

في يوم من الأيام، عندما يعود قومي إلى أرض جديدة ونظيفة، سوف تكون هذه الرسالة في شرف استقبالهم. أتمنى ألا أكون هنا عندما يحدث ذلك.

عيناى لا تستطيعان الرؤية بوضوح، ربما بسبب الدموع، أو بسبب أنّ البرّة تحاول طمس رؤيتي. لا أظن أنني سأعرف على وجه اليقين - أبداً. ■

جيري مي سزال نُشرت أعماله في دوريات، منها: دورية Nature، وأيبس أند آيكس، ولايتسبيد، وغيرها. يعيش في سيدني، أستراليا، ويسعى إلى التحقق الأدبي. يمكن زيارته على: Jeremyszal.com، أو @jeremyszal.

أجسادنا. ولأنه لا يمكن الحصول على الكتلة الحيوية من العدم؛ فقد راحت البرّة تنمو ببطء داخل اللحم، وتشقّ أنفاقاً لها عبر الجروح المتقيحة والأعضاء المتهتكة التي خلّقتها المعركة، وتذوب في جسد مرتديها. ولم يُطَبَّق الحجر الصحي، إلا بعد فوات الأوان.

لا أعرف ما إذا كان لم يزل لديّ لحم، أو كانت الكابلات قد أحاطت بعظامي، مثلما تحيط النباتات المتسلقة بالأشجار. لا أعرف أيضاً ما إذا كانت قد اخترقت دماغي، وأخذت في تدميره، أم لا، في محاولة من البرّة لفرض سيطرتها بصورة كاملة، وإحكام قبضتها عليّ يوماً بعد يوم. لا أعرف، ولا أجد سبيلاً للمعرفة، وهذا أكثر ما يرعبني.

على مدّ البصر، ألمح محيطاً حيوياً، ممتداً فوق الأرض، يحتوي بعض أجزء المستوطنات البشرية الباقية. يُحظر علينا الاقتراب منها حتى مسافة خمسة كيلومترات؛ خوفاً من العدوى. لا تزال هذه المستوطنات تستقبل لاجئين من غانا والكاميرون، لكن معظمهم تم تسكينه بالفعل في مستعمرات خارجية نائية، وكواكب قابلة للسكنى خارج النظام الشمسي.

تعيش زوجتي وطفلاي وسط هؤلاء. ومن المفترض أن يكون بن الآن في السادسة من عمره، وإمبكا في الثامنة، أو ربما التاسعة.

هذه هي المجموعة الأخيرة، التي بقيت على سطح الأرض؛ للتحقق من عدم تخلف أحد، أي أحد غيرنا.

نحنت في الولوج إلى القناة الخاصة بقائدي. استغرق الأمر ثلاث محاولات، لأسجّل الدخول على نحو صحيح. حاولت البرّة إلغاء الأمر، لكنني نجحت في النهاية.

يظهر القائد سومادينا - بوجهه الأشهب - في الجانب الأيمن السفلي من مجال رؤيتي، قائلاً: "لا تزال هناك يا ولدي؟ ظننت أنك مت".

أتمنى لو كنت قد مت بالفعل، لكنني أجبت: "نعم سيدي، لا تزال هنا".